给水排水设计手册. 第二版
第02册. 建筑给水排水

目　录

1 建筑给水

1.1 水质标准 …… 1
1.1.1 生活饮用水水质标准 …… 1
1.1.2 生活杂用水水质标准 …… 2
1.1.3 工业用水水质标准 …… 3
1.2 用水定额和水压 …… 5
1.2.1 居住区生活用水定额 …… 5
1.2.2 住宅生活用水定额 …… 6
1.2.3 集体宿舍、旅馆和公共建筑生活用水定额 …… 6
1.2.4 工业企业建筑生活用水定额 …… 9
1.2.5 生产用水定额 …… 10
1.2.6 冲洗汽车用水定额 …… 10
1.2.7 消防用水定额 …… 10
1.2.8 浇洒道路和绿化用水定额 …… 10
1.2.9 卫生器具一次和一小时用水定额 …… 10
1.2.10 卫生器具给水额定流量 …… 11
1.3 防水质污染 …… 13
1.4 给水系统和给水图式 …… 14
1.4.1 给水系统 …… 14
1.4.2 给水图式 …… 15
1.4.3 给水系统加压及流量调节 …… 19
1.4.4 给水管道布置及附件 …… 22
1.5 管网计算 …… 23
1.5.1 设计流量计算 …… 23
1.5.2 管网水力计算 …… 31
1.6 贮水池和吸水池(井) …… 34
1.6.1 贮水池 …… 34
1.6.2 吸水池(井) …… 36
1.7 水泵和泵房 …… 36
1.7.1 水泵的计算 …… 36
1.7.2 水泵隔振 …… 37
1.7.3 泵房 …… 42
1.8 水箱 …… 44
1.8.1 设置原则 …… 44
1.8.2 水箱容积和设置高度 …… 44
1.8.3 分类和附件 …… 46
1.9 变频调速给水 …… 48
1.9.1 概述 …… 48
1.9.2 特点 …… 48
1.9.3 变频调速给水设备 …… 49
1.10 气压给水 …… 51
1.10.1 特点 …… 51
1.10.2 设备分类 …… 51
1.10.3 设备计算 …… 52
1.10.4 补气式气压给水设备 …… 53
1.10.5 隔膜式气压给水设备 …… 55
1.10.6 气压给水站 …… 56

2 建筑消防

2.1 低层建筑消火栓消防给水系统 …… 57
2.1.1 设置 …… 57
2.1.2 组成和类型 …… 60
2.1.3 组件与要求 …… 63
2.1.4 设计计算 …… 77
2.2 高层建筑消火栓消防给水系统 …… 84
2.2.1 设计原则 …… 84
2.2.2 建筑类别 …… 84
2.2.3 水源与消防给水系统类型 …… 86
2.2.4 组件与要求 …… 90
2.2.5 设计计算 …… 100
2.2.6 消火栓消防给水系统计算实例 …… 106
2.3 闭式自动喷水灭火系统 …… 112
2.3.1 组成 …… 112
2.3.2 设置 …… 113

2.3.3 分类 …… 114
2.3.4 主要组件及使用要求 …… 116
2.3.5 设计与计算 …… 129
2.3.6 其它 …… 152
2.4 开式自动喷水灭火系统 …… 154
2.4.1 雨淋喷水灭火设备的设置 …… 154
2.4.2 水幕设备的设置 …… 154
2.4.3 组成 …… 155
2.4.4 主要组件 …… 157
2.4.5 设计 …… 163
2.4.6 计算 …… 171
2.5 水喷雾灭火系统 …… 178
2.5.1 应用范围及组成 …… 178
2.5.2 设计基本参数 …… 185
2.5.3 喷头、管网及阀门的布置 …… 187
2.5.4 水力计算 …… 190
2.5.5 操作与控制 …… 193
2.5.6 水喷雾灭火系统的验收和维护 …… 193
2.6 泡沫灭火系统 …… 194
2.6.1 灭火方式和系统分类 …… 194
2.6.2 设备与组件 …… 195
2.6.3 低倍数泡沫灭火系统 …… 212
2.6.4 高倍数泡沫灭火系统 …… 233
2.6.5 中倍数泡沫灭火系统 …… 237
2.7 二氧化碳灭火系统 …… 240
2.7.1 分类 …… 241
2.7.2 设备和组件 …… 243
2.7.3 全淹没二氧化碳灭火系统 …… 250
2.7.4 局部应用二氧化碳灭火系统 … 263
2.8 卤代烷 1211 灭火系统 …… 269
2.8.1 概述 …… 269
2.8.2 设计计算公式 …… 271
2.8.3 计算步骤 …… 276
2.9 卤代烷 1301 灭火系统 …… 277
2.9.1 概述 …… 277
2.9.2 设备与组件 …… 277
2.9.3 设计计算与公式 …… 281
2.9.4 计算步骤和示例 …… 301
2.10 卤代烷替代物灭火简介 …… 305
2.10.1 卤代烷灭火剂控制使用的原因 …… 305
2.10.2 卤代烷灭火剂的使用规定 …… 306
2.10.3 卤代烷灭火剂替代物介绍 …… 306
2.11 建筑灭火器配置 …… 308
2.11.1 适用范围 …… 308
2.11.2 严格控制卤代烷 1211、1301 灭火器的配置和使用范围 …… 308
2.11.3 设计程序和内容 …… 310
2.11.4 示例 …… 321
2.12 人民防空地下室消防设计 …… 323
2.12.1 灭火设备的设置范围 …… 323
2.12.2 消防水源和消防用水量 …… 325
2.12.3 消防水池和消防水泵 …… 325
2.12.4 室内消火栓和消防管道的设置 …… 326
2.12.5 水泵接合器和室外消火栓 …… 327
2.12.6 消防排水与排水泵 …… 327
2.12.7 灭火器配置 …… 327
2.13 汽车库消防设计 …… 328
2.13.1 汽车库的种类和防火分类 …… 328
2.13.2 消防系统设置规定和消防用水量 …… 328
2.13.3 室外消防给水系统 …… 330
2.13.4 室内消防给水系统 …… 330
2.13.5 自动喷水灭火系统 …… 331
2.13.6 消防排水系统 …… 331
2.13.7 火灾自动报警设备的设置 …… 331
2.13.8 灭火器设置 …… 332
2.13.9 示例 …… 332

3 热水及饮水供应

3.1 热水用水定额、水温和水质 …… 334
3.1.1 热水用水定额 …… 334
3.1.2 热水水温 …… 336
3.1.3 热水水质 …… 342
3.2 热水供应系统选择 …… 343
3.2.1 热水供应系统分类 …… 343
3.2.2 热水供应系统图示 …… 345
3.3 常用加热、贮热方式 …… 350
3.3.1 常用加热、贮热分类 …… 350

3.3.2 常用的加热方式 …… 351
3.4 热水供应系统计算 …… 354
3.4.1 热水用量 …… 354
3.4.2 耗热量计算 …… 355
3.4.3 热媒耗量计算 …… 355
3.4.4 热水贮存 …… 356
3.4.5 自然循环热水系统计算 …… 357
3.4.6 机械循环热水系统计算 …… 364
3.4.7 热水供应系统计算示例 …… 365
3.5 常用加热设备 …… 372
3.5.1 种类 …… 372
3.5.2 容积式水加热器 …… 372
3.5.3 快速水加热器 …… 375
3.5.4 燃气水加热器 …… 384
3.5.5 电水加热器 …… 387
3.5.6 太阳能水加热器 …… 388
3.5.7 热水系统设计 …… 391
3.5.8 热水水质稳定 …… 396
3.5.9 热水供应系统卫生管理 …… 397
3.6 饮水供应 …… 399
3.6.1 饮水系统分类 …… 399
3.6.2 饮用水水质标准 …… 399
3.6.3 饮水定额 …… 399
3.6.4 饮水温度 …… 399
3.6.5 饮水制备和供应 …… 400
3.6.6 饮水供应计算 …… 402
3.6.7 饮用天然矿泉水 …… 404

4 建筑排水

4.1 排水系统及污水排入城市管道条件 …… 407
4.1.1 排水系统分类 …… 407
4.1.2 排水系统划分与选择 …… 407
4.1.3 污水排入城市管道条件 …… 408
4.2 卫生器具和卫生间 …… 408
4.2.1 卫生器具设置定额 …… 408
4.2.2 卫生器具材质和功能要求 …… 410
4.2.3 卫生器具设置与安装 …… 411
4.2.4 卫生间布置 …… 415
4.3 排水系统水力计算 …… 418
4.3.1 排水量定额 …… 418
4.3.2 设计秒流量 …… 419
4.3.3 排水系统水力计算 …… 422
4.4 排水系统的通气管系统 …… 431
4.4.1 设置通气管系统的目的 …… 431
4.4.2 通气管系统图式 …… 431
4.4.3 设置通气管系统原则 …… 432
4.4.4 通气管管径确定 …… 433
4.4.5 通气管连接与安装 …… 434
4.5 特殊单立管排水系统 …… 435
4.5.1 优缺点 …… 435
4.5.2 采用条件 …… 435
4.5.3 特制配件 …… 436
4.5.4 设计 …… 437
4.6 污、废水泵房及集水池 …… 439
4.6.1 水泵流量选定 …… 440
4.6.2 水泵扬程计算 …… 440
4.6.3 集水池设计参数 …… 441
4.6.4 集水池格栅 …… 443
4.6.5 吸水管与出水管 …… 443
4.6.6 泵房布置 …… 444
4.7 检查口、清扫口、检查井及地漏 …… 446
4.7.1 检查口和清扫口 …… 446
4.7.2 检查井 …… 447
4.7.3 地漏 …… 448

5 屋面雨水

5.1 雨水系统分类 …… 452
5.1.1 外排水系统 …… 452
5.1.2 内排水系统 …… 454
5.2 雨量计算 …… 461
5.2.1 小时降雨厚度 …… 461
5.2.2 汇水面积 …… 479
5.2.3 雨水流量计算 …… 479
5.3 雨水系统水力计算 …… 480
5.3.1 雨水外排水系统水力计算 …… 480
5.3.2 雨水内排水系统水力计算 …… 481
5.3.3 示例 …… 488

6 建筑中水

6.1 适用范围及设计规模 …… 492
6.2 中水水源及其水量、水质 …… 492
6.2.1 中水水源 …… 492

6.2.2 原水水量 …… 493
6.2.3 原水水质 …… 494
6.3 中水应用及水质标准 …… 495
6.3.1 中水应用及要求 …… 495
6.3.2 中水回用水质标准 …… 495
6.4 中水处理工艺及设备 …… 496
6.4.1 中水处理工艺流程选择原则 …… 496
6.4.2 中水处理工艺流程设计 …… 497
6.5 中水管道系统设计 …… 509
6.5.1 原则 …… 509
6.5.2 水量平衡 …… 510
6.6 中水处理站设计 …… 512
6.6.1 位置选择及布置要求 …… 512
6.6.2 隔声、减振及防臭措施 …… 512
6.6.3 安全防护及控制监测 …… 512
6.6.4 示例 …… 513

7 特殊建筑给水排水

7.1 游泳池 …… 515
7.1.1 分类 …… 515
7.1.2 规格 …… 515
7.1.3 水面面积指标 …… 516
7.1.4 用水量定额 …… 517
7.1.5 水质水温标准 …… 518
7.1.6 供水方式 …… 518
7.1.7 循环水处理 …… 522
7.1.8 附属装置 …… 530
7.2 水景设计 …… 537
7.2.1 水景作用 …… 537
7.2.2 水流形态 …… 537
7.2.3 水景基本形式 …… 542
7.2.4 水景工程设计原则 …… 544
7.2.5 喷头设计与计算 …… 544
7.2.6 水景工程计算 …… 549
7.2.7 水景构筑物设计 …… 560
7.2.8 水景工程的运行控制 …… 562
7.2.9 水景工程示例 …… 565
7.3 洗衣房 …… 569
7.3.1 设置目的 …… 569
7.3.2 分类 …… 569
7.3.3 组成 …… 570
7.3.4 位置 …… 570
7.3.5 工艺流程 …… 570
7.3.6 工艺布置 …… 571
7.3.7 洗衣量确定 …… 572
7.3.8 干织品重量 …… 572
7.3.9 设计数据 …… 574
7.3.10 洗衣设备选择 …… 575
7.3.11 洗衣设备布置 …… 575
7.3.12 给水设计 …… 575
7.3.13 热水供给设计 …… 576
7.3.14 排水设计 …… 576
7.3.15 用汽量 …… 576
7.3.16 用电 …… 577
7.3.17 土建设计要求 …… 577
7.3.18 设备与管道连接要求 …… 578
7.3.19 示例 …… 578
7.4 公共浴室 …… 580
7.4.1 分类及组成 …… 580
7.4.2 用水要求 …… 580
7.4.3 设备定额 …… 581
7.4.4 设计小时耗热量 …… 583
7.4.5 供水系统 …… 583
7.4.6 加热方式及加热设备 …… 585
7.4.7 排水设计 …… 588
7.5 防空地下室给水排水 …… 589
7.5.1 总则 …… 589
7.5.2 给水 …… 589
7.5.3 柴油发电机房给水排水 …… 593
7.5.4 洗消 …… 594
7.5.5 排水 …… 596
7.6 健身休闲设施 …… 598
7.6.1 组成 …… 598
7.6.2 桑拿浴 …… 599
7.6.3 蒸汽浴 …… 600
7.6.4 水力按摩浴 …… 601
7.6.5 嬉水乐园 …… 606
7.6.6 示例 …… 608

8 循环水冷却

8.1 适用范围及设计特点 …… 612

8.1.1 适用范围 …… 612
8.1.2 设计特点 …… 612
8.2 设计基础资料 …… 612
8.2.1 气象参数的选择 …… 612
8.2.2 工艺用水要求 …… 615
8.3 系统组成和分类 …… 615
8.3.1 组成 …… 615
8.3.2 分类 …… 616
8.4 设备选型和计算 …… 617
8.4.1 冷却塔 …… 617
8.4.2 循环水泵 …… 621
8.4.3 过滤器 …… 621
8.4.4 除垢装置 …… 621
8.4.5 集水池 …… 623
8.5 冷却塔布置和系统设计 …… 624
8.5.1 冷却塔布置 …… 624
8.5.2 系统设计 …… 625

9 给水局部处理

9.1 范围 …… 627
9.2 内容 …… 627
9.3 方法和特点 …… 628
9.3.1 方法 …… 628
9.3.2 特点 …… 628
9.4 工艺流程选择 …… 628
9.4.1 选择原则 …… 628
9.4.2 基本类型 …… 628
9.5 活性炭吸附 …… 630
9.5.1 活性炭特性 …… 630
9.5.2 性能及活性炭选择 …… 630
9.5.3 活性炭滤柱(过滤器)设计 …… 631
9.6 精细过滤 …… 632
9.6.1 特点 …… 632
9.6.2 设备类型 …… 633
9.6.3 使用要求 …… 635
9.7 局部消毒措施 …… 635
9.7.1 紫外线消毒器 …… 635
9.7.2 二氧化氯消毒器 …… 637
9.8 防垢和除垢 …… 638
9.8.1 防垢 …… 638
9.8.2 除垢 …… 646

10 污水局部处理

10.1 医院污水处理 …… 650
10.1.1 原则 …… 650
10.1.2 医院污水水量和水质 …… 650
10.1.3 工艺流程和设计主要参数 …… 651
10.1.4 消毒 …… 658
10.1.5 特殊废水处理 …… 678
10.2 化粪池 …… 684
10.2.1 设置条件 …… 684
10.2.2 总容积计算 …… 684
10.2.3 单个化粪池容积确定 …… 685
10.2.4 尺寸规定 …… 685
10.2.5 选型 …… 685
10.2.6 型号及外形尺寸 …… 689
10.2.7 布置要求 …… 693
10.3 隔油池(器) …… 693
10.3.1 应用范围 …… 693
10.3.2 隔油池计算 …… 693
10.3.3 构造和选型 …… 694
10.3.4 设置要求 …… 695
10.4 小型沉淀池 …… 695
10.5 降温池 …… 697
10.5.1 设置要求 …… 697
10.5.2 容积计算 …… 697
10.5.3 类型 …… 698
10.6 小型污、废水中和处理 …… 701
10.6.1 要求 …… 701
10.6.2 方法比较和选择 …… 701
10.6.3 酸碱中和当量计算 …… 702
10.6.4 构筑物和中和设备 …… 703
10.7 毛发聚集井(器) …… 705

11 湿陷性黄土区及地震区给水排水

11.1 湿陷性黄土区给水排水 …… 707
11.1.1 黄土湿陷性评价 …… 707
11.1.2 湿陷性黄土地基湿陷等级划分 …… 709
11.1.3 建筑物分类 …… 709
11.1.4 建筑物防护范围 …… 710
11.1.5 建筑工程设计措施 …… 711
11.1.6 给水排水管道设计 …… 711

11.1.7 给水排水构筑物 …… 716
11.1.8 施工及维护管理 …… 717
11.2 地震区给水排水 …… 719
11.2.1 设计地震烈度确定 …… 719
11.2.2 抗震设防一般规定 …… 719
11.2.3 管网设计要求 …… 720
11.2.4 给水排水构筑物、建筑物 …… 724
11.2.5 室内给水排水 …… 725

12 居住小区给水排水

12.1 给水 …… 728
12.1.1 水量、水质和水压 …… 728
12.1.2 水源 …… 731
12.1.3 给水系统 …… 732
12.1.4 给水管道布置与敷设 …… 732
12.1.5 设计流量和管道水力计算 …… 734
12.1.6 给水管道材料及附件 …… 735
12.1.7 水泵房、水池和水塔 …… 735
12.2 排水 …… 736
12.2.1 体制 …… 736
12.2.2 排水量 …… 737
12.2.3 管道布置与敷设 …… 738
12.2.4 管道水力计算 …… 740
12.2.5 管材、检查井、跌水井和雨水口 …… 741
12.2.6 泵房和集水池 …… 744
12.2.7 污水排放 …… 745

13 仪表及设备

13.1 水表和流量计 …… 746
13.1.1 水表 …… 746
13.1.2 流量计 …… 750
13.2 压力表(计)、真空表和温度计 …… 765
13.2.1 压力表和真空表 …… 765
13.2.2 温度计 …… 768
13.3 安全阀 …… 771
13.4 减压阀、调压孔板和节流塞 …… 773
13.4.1 减压阀 …… 773
13.4.2 减压孔板 …… 796
13.4.3 节流管 …… 803
13.4.4 节流塞 …… 804
13.5 节流阀 …… 806
13.6 自动排气阀 …… 806
13.7 液压水位控制阀 …… 807
13.8 止回阀、水力控制阀及柱塞阀 …… 811
13.8.1 止回阀 …… 811
13.8.2 水力控制阀 …… 817
13.8.3 柱塞阀 …… 819
13.9 凝结水疏水装置 …… 820
13.9.1 水封管 …… 820
13.9.2 疏水器 …… 821

14 管 道

14.1 材料 …… 826
14.2 敷设 …… 828
14.2.1 敷设要求 …… 828
14.2.2 安装尺寸 …… 834
14.2.3 敷设的特殊处理 …… 838
14.2.4 支吊架及支座 …… 839
14.2.5 伸缩器和自然补偿管道 …… 848
公司(厂)通信录 …… 854

1 建筑给水

1.1 水质标准

1.1.1 生活饮用水水质标准

生活饮用水水质标准应符合现行的《生活饮用水卫生标准》，见表 1-1。

生活饮用水水质标准　　表 1-1

项目		标准
感官性状和一般化学指标	色	色度不超过 15 度，并不得呈现其它异色
	浑浊度	不超过 3 度，特殊情况不超过 5 度
	臭和味	不得有异臭、异味
	肉眼可见物	不得含有
	pH	6.5～8.5
	总硬度(以碳酸钙计)	450mg/L
	铁	0.3mg/L
	锰	0.1mg/L
	铜	1.0mg/L
	锌	1.0mg/L
	挥发酚类(以苯酚计)	0.002mg/L
	阴离子合成洗涤剂	0.3mg/L
	硫酸盐	250mg/L
	氯化物	250mg/L
	溶解性总固体	1000mg/L
毒理学指标	氟化物	1.0mg/L
	氰化物	0.05mg/L
	砷	0.05mg/L
	硒	0.01mg/L
	汞	0.001mg/L
	镉	0.01mg/L
	铬(六价)	0.05mg/L
	铅	0.05mg/L
	银	0.05mg/L
	硝酸盐(以氮计)	20mg/L
	氯仿①	60μg/L
	四氯化碳①	3μg/L
	苯并(a)比①	0.01μg/L
	滴滴涕①	1μg/L
	六六六①	5μg/L

续表

项　　目		标　　准
细菌学指标	细菌总数	100个/mL
	总大肠菌群	3个/L
	游离余氯	在与水接触30min后应不低于0.3mg/L。集中式给水除出厂水应符合上述要求外，管网末稍水不应低于0.05mg/L
放射性指标	总α放射性	0.1Bq/L
	总β放射性	1Bq/L

① 为试行标准。

主要控制指标分为四类：感官性状和一般化学指标、毒理学指标、细菌学指标和放射性指标。

有些情况下，对生活饮用水某些指标提出更高要求，如一些饭店、宾馆、医院对其总硬度、浊度和细菌含量有更高的要求，这时应对生活饮用水进行进一步的处理。

1.1.2　生活杂用水水质标准

随着工业发展和人民生活水平提高，用水量越来越多，而水资源有限，造成用水紧张。为节约用水，对一些非饮用水和不与身体直接接触的用水，如便器冲洗、地面冲洗、汽车冲洗、浇洒通路、绿地、空调冷却等用水，可采用经处理的生活废水、自备井水、雨水等作为水源，而另设置杂用水供水系统。其水质标准应符合现行的《生活杂用水水质标准》(CJ 25.1—89)，见表1-2。

生活杂用水水质标准　　表1-2

项　　目	厕所便器冲洗，城市绿化	洗车，扫除
浊度，度	10	5
溶解性固体(mg/L)	1200	1000
悬浮性固体(mg/L)	10	5
色度，度	30	30
臭	无不快感觉	无不快感觉
pH值	6.5～9.0	6.5～9.0
BOD_5(mg/L)	10	10
COD_{Cr}(mg/L)	50	50
氨氮(以N计)(mg/L)	20	10
总硬度(以$CaCO_3$计)(mg/L)	450	450
氯化物(mg/L)	350	300
阴离子合成洗涤剂(mg/L)	1.0	0.5
铁(mg/L)	0.4	0.4
锰(mg/L)	0.1	0.1
游离余氯(mg/L)	管网末端水不小于0.2	
总大肠菌群(个/L)	3	3

1.1.3 工业用水水质标准

(1) 生产用水水质标准:因生产过程、工艺设备、产品和水的用途不同,对工业用水的水质要求相差很大。有的生产要求水质很高,如纯水、软化水;有的要求低于生活饮用水标准如设备冷却水。因此,在工业工程设计时,应详细了解和分析生产过程对水质要求,对比水源水质考虑要否对生产用水进行处理。

(2) 锅炉给水水质标准:为防止锅炉和水、汽系统结垢,保证热水或蒸汽的品质,对不同工作压力、结构形式和不同用途的锅炉给水,应有不同的水质要求,并采取不同的措施进行水质处理。

燃用固体燃料的锅壳锅炉水质标准见表 1-3。

燃用固体燃料的锅壳锅炉水质标准 表 1-3

项 目	给 水		锅 水	
	锅内加药处理	锅外化学处理	锅内加药处理	锅外化学处理
悬浮物(mg/L)	≤20	≤5		
总硬度(mmol/L)	≤1.75	≤0.015		
总碱度(mmol/L)			5~11	≤11
pH(25℃)	≥7	≥7	10~12	10~12
溶解固形物①(mg/L)			≤5000	≤5000
相对碱度$\left(\frac{\text{游离 NaOH}}{\text{溶解固形物}}\right)$			≤0.2	≤0.2

① 如测定溶解固形物有困难时,可采用测定氯化物(Cl^-)的方法来间接控制,但溶解固形物与氯化物(Cl^-)间的比值关系须根据试验确定,并应定期复试和修正此比值关系。

燃用固体燃料的水管锅炉、水火管组合锅炉及燃油、燃气的水质标准见表 1-4。

燃用固体燃料的水管锅炉、水火管组合锅炉及燃油、燃气的水质标准 表 1-4

项 目		给 水			锅 水		
工作压力	Pa	①≤98×10^4	>98×10^4 ≤156.8×10^4	>156.8×10^4 ≤254×10^4	①≤98×10^4	>98×10^4 ≤156.8×10^4	>156.8×10^4 ≤254×10^4
	kgf/cm^2	≤10	>10 ≤16	>16 ≤25	≤10	>10 ≤16	>16 ≤25
悬浮物(mg/L)		≤5	≤5	≤5			
总硬度(mmol/L)		≤0.015	≤0.015	≤0.015			
总碱度(mmol/L)	无过热器				≤11	≤10	≤7
	有过热器					≤7	≤6
pH(25℃)		≥7	≥7	≥7	10~12	10~12	10~12
含油量(mg/L)		≤2	≤2	≤2			
溶解氧②(mg/L)		≤0.1	≤0.1	≤0.05			

续表

项目		给水			锅水		
溶解固形物③ (mg/L)	无过热器				<4000	<3500	<3000
	有过热器					<3000	<2500
SO_3^{2-} (mg/L)					10～40	10～40	10～40
PO_4^{3-} (mg/L)						④ 10～30	10～30
相对碱度 $\left(\frac{\text{游离 NaOH}}{\text{溶解固形物}}\right)$					<0.2	<0.2	<0.2

① 当锅炉额定蒸发量不大于 2t/h，采用锅内加药处理时，其给水、锅水应符合表 1-3 规定，但锅水的溶解固形物应小于 4000mg/L。

② 当锅炉额定蒸发量大于 2t/h，均要除氧；额定蒸发量不大于 2t/h 的锅炉应尽量除氧和注意防腐。对于供汽轮机用汽的锅炉给水含氧量，均应不大于 0.05mg/L。若采用化学除氧时，则应监测锅水的亚硫酸根含量。

③ 同表 1-3 注。

④ 仅用于供汽轮机用汽的锅炉。

热水锅炉水质标准见表 1-5。

热水锅炉水质标准　　表 1-5

项目	供水温度			
	≤95℃ 采用锅内加药处理		>95℃ 采用锅外化学处理	
	补给水	循环水	补给水	循环水
悬浮物(mg/L)	≤20		≤5	
总硬度(mmol/L)	≤1.75		≤0.3	
pH(25℃)	≥7	10～12	≥7	8.5～10
溶解氧(mg/L)			≤0.1	≤0.1
含油量(mg/L)			≤2	≤2

(3) 采暖、空调制冷用水水质标准：空调制冷用水分为一次水、二次水。采暖用水只有一次水。因用户使用性质、生产过程、换热器和管路材质、水温要求不同，对水质也有不同要求。但目前仍无统一的水质标准，工程设计时，应根据具体使用情况和原水水质参照有关资料设定用水水质控制标准。

表 1-6 为日本的有关水质标准资料可供设计参考。

(4) 直流冷却水水质标准：直流冷却水主要用于蒸汽冷凝、工业液体和气体冷却、工业设备和产品等的降温。冷却水水质主要为：

1) 悬浮物含量：为减少设备磨损和堵塞，悬浮物颗粒粒径宜小于 0.15mm；但对箱式冷凝器、板式换热器等，其悬浮物含量应为 30～60mg/L。

2) 碳酸盐硬度：当冷却水温度为 20～50℃，游离 CO_2 为 10～100mg/L 时，应为 2～7mg/L，即应使碳酸盐、重碳酸盐和二氧化碳在冷却过程中处于平衡状态。

冷却水、冷水、温水、补给水的水质标准值 表 1-6

项目		冷却水系统			冷水系统	
		循环式		一次式		
		循环水	补给水	一次水	循环水（<20℃）	补给水
基准项目	pH(25℃)	6.5~8.2	6.0~8.0	6.8~8.0	6.8~8.0	6.8~8.0
	电导率 mS/m(25℃)	<80	<30	<40	<40	<30
	μS/cm(25℃)	(<800)	(<300)	(<400)	(<400)	(<300)
	氯化物离子 Cl^- /mg/L	<200	<50	<50	<50	<50
	硫酸离子 SO_4^{2-} /mg/L	<200	<50	<50	<50	<50
	酸消耗量 $CaCO_3$(pH4.8)/mg/L	<100	<50	<50	<50	<50
	全硬度 $CaCO_3$/mg/L	<200	<70	<70	<70	<70
	总硬度 $CaCO_3$/mg/L	<150	<50	<50	<50	<50
	离子状二氧化硅 SiO_2/mg/L	<50	<30	<30	<30	<30
参考项目	铁 Fe/mg/L	<1.0	<0.3	<1.0	<1.0	<0.3
	铜 Cu^{2+} /mg/L	<0.3	<0.1	<1.0	<1.0	<0.1
	硫化物离子 S^{2-} /mg/L	测不出	测不出	测不出	测不出	测不出
	铵离子 NH_4^+ /mg/L	<1.0	<0.1	<1.0	<1.0	<0.1
	残留盐分 Cl/mg/L	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
	游离碳分 CO_2/mg/L	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
	安定度指数	6.0~7.0	—	—	—	—

项目		温水系统				迹象	
		低位中温水系统		高位中温水系统			
		循环水 (20~60℃)	补给水	循环水 (60~90℃)	补给水	腐蚀	积垢
基准项目	pH(25℃)	7.0~8.0	7.0~8.0	7.0~8.0	7.0~8.0	○	○
	电导率mS/m(25℃)	<30	<30	<30	<30	○	○
	μS/cm(25℃)	(<300)	(<300)	(<300)	(<300)		
	氯化物离子 Cl^- /mg/L	<50	<50	<30	<30	○	
	硫酸离子 SO_4^{2-} /mg/L	<50	<50	<30	<30	○	
	酸消耗量 $CaCO_3$(pH4.8)/mg/L	<50	<50	<50	<50		○
	全硬度 $CaCO_3$/mg/L	<70	<70	<70	<70		○
	总硬度 $CaCO_3$/mg/L	<50	<50	<50	<50		○
	离子状二氧化硅 SiO_2/mg/L	<30	<30	<30	<30		○
参考项目	铁 Fe/mg/L	<1.0	<0.3	<1.0	<0.3	○	○
	铜 Cu^{2+} /mg/L	<1.0	<0.1	<1.0	<0.1	○	
	硫化物离子 S^{2-} /mg/L	测不出	测不出	测不出	测不出	○	
	铵离子 NH_4^+ /mg/L	<0.3	<0.1	<0.1	<0.1	○	
	残留盐分 Cl/mg/L	<0.25	<0.3	<0.1	<0.3	○	
	游离碳分 CO_3/mg/L	<0.4	<4.0	<0.4	<4.0	○	
	安定度指数	—	—	—	—	○	○

1.2 用水定额和水压

1.2.1 居住区生活用水定额

居住区综合生活用水定额见表 1-7，居住区生活用水定额见表 1-8。

居住区综合用水定额[L/(人·d)]　　表 1-7

城市规模	特大城市		大城市		中、小城市	
用水情况 / 分区	最高日	平均日	最高日	平均日	最高日	平均日
一	260～410	210～340	240～390	190～310	220～370	170～280
二	190～280	150～240	170～260	130～210	150～240	110～180
三	170～270	140～230	150～250	120～200	130～230	100～170

注：1. 居民生活用水指：城市居民日常生活用水。
2. 综合生活用水指：城市居民日常生活用水和公共建筑用水。但不包括浇洒道路、绿地和其它市政用水。
3. 特大城市指：市区和近郊区非农业人口 100 万及以上的城市。
大城市指：市区和近郊区非农业人口 50 万及以上，不满 100 万的城市。
中、小城市指：市区和近郊区非农业人口不满 50 万的城市。
4. 一区包括：贵州、四川、湖北、湖南、江西、浙江、福建、广东、广西、海南、上海、云南、江苏、安徽、重庆。
二区包括：黑龙江、吉林、辽宁、北京、天津、河北、山西、河南、山东、宁夏、陕西、内蒙古河套以东和甘肃黄河以东的地区。
三区包括：新疆、青海、西藏、内蒙古河套以西和甘肃黄河以西的地区。
5. 经济开发区和特区城市，根据用水实际情况，用水定额可酌情增加。

居住区生活用水定额[L/(人·d)]　　表 1-8

城市规模	特大城市		大城市		中、小城市	
用水情况 / 分区	最高日	平均日	最高日	平均日	最高日	平均日
一	180～270	140～210	160～250	120～190	140～230	100～170
二	140～200	110～160	120～180	90～140	100～160	70～120
三	140～180	110～150	120～160	90～130	100～140	70～110

1.2.2　住宅生活用水定额

住宅生活用水定额及小时变化系数见表 1-9，但在选用时应注意几个问题：

住宅生活用水定额　　表 1-9

卫生器具设置标准	生活用水定额[L/(人·d)]	小时变化系数
有大便器、洗涤盆、无沐浴设备	85～150	3.0～2.5
有大便器、洗涤盆和沐浴设备	130～220	2.8～2.3
有大便器、洗涤盆、沐浴设备和热水供应	170～300	2.5～2.0
高级住宅和别墅	300～400	2.3～1.80

(1) 表中用水量只是住宅本身最高日生活用水量(冷水、热水和饮水量)，未包括建筑物内采暖、空调的用水量。

(2) 影响用水量定额的主要因素是卫生器具完善程度，其次是卫生器具类型、使用人数、卫生习惯、气候条件、地区和水费收取办法等。设计时应加以考虑。若采取包费制时，其用水定额应加大，建议系数为 1.4～1.6。

(3) 当地对住宅生活用水定额有具体规定时，可按当地规定执行。

1.2.3　集体宿舍、旅馆和公共建筑生活用水定额

集体宿舍、旅馆、公共建筑生活用水定额见表 1-10。

集体宿舍、旅馆、公共建筑生活用水定额 表 1-10

序号	建筑物名称	单位	最高日用水量定额	小时变化系数	使用时间(h)	备注
1	集体宿舍					高标准集体宿舍(如在房间内设有给水排水卫生器具等)可参照旅馆采用
	有盥洗室	L/(人·d)	50～100	2.5	24	
	有盥洗室和浴室	L/(人·d)	100～200	2.5	24	用水量不包括食堂、公共浴室、洗衣房等用水
2	普通旅馆、招待所					用水量仅为客房用水，未包括食堂、洗衣房、空调、采暖等项用水 若部分客房设有浴盆，则各类客房用水量应分别计算然后叠加
	有盥洗室	L/(床·d)	50～100	2.5～2.0	24	
	有盥洗室和浴室	L/(床·d)	100～200	2.0	24	
	有浴盆的客房	L/(床·d)	200～300	2.0	24	
3	宾馆					用水量仅为客房用水，未包括厨房、洗衣房、空调、餐厅、水景等项用水 宾馆是指各类高级旅馆、饭店、酒家等
	客房	L/(床·d)	400～500	2.0	24	
4	医院、疗养院、休养所					用水量仅为病房用水，未包括食堂、洗衣房、空调、医疗、药剂制备等用水 传染医院可适当增加用水量 陪住人员应按人数多少，折算成病床数。设有门诊部时，应单独计算用水量
	有盥洗室	L/(床·d)	50～100	2.5～2.0	24	
	有盥洗室和浴室	L/(床·d)	100～200	2.5～2.0	24	
	有浴盆的病房	L/(床·d)	250～400	2.0	24	
5	门诊部、诊疗所	L/(顾客·次)	15～25	2.5	实际工作时间	在不设化验室时，可适当降低用水量
6	公共浴室					各种沐浴方式中以浴盆用水量最多，淋浴次之，浴池最少，故用水量大小应考虑三者数量比例。淋浴器用水量与设置方式有关，单间最大，隔断次之，通间最小。用水量还与服务对象有关，女用较多，男用较少
	有淋浴器	L/(顾客·次)	100～150	2.0～1.5	12	
	有淋浴器，浴池	L/(顾客·次)	80～100	2.0～1.5	12	
	有淋浴器、浴池、浴盆和理发室	L/(顾客·次)	80～170	2.0～1.5	12	
7	理发室	L/(顾客·次)	10～25	2.0～1.5	12	与用水设备多少和男女顾客有关
8	洗衣房	L/kg干衣物	40～80	1.5～1.0	实际工作时间	职工生活用水应另外计算

续表

序号	建筑物名称	单　位	最高日用水量定额	小时变化系数	使用时间(h)	备　注
9	公共食堂 营业食堂 专用食堂	L/(顾客·次) L/(顾客·次)	15～20 10～15	2.0～1.5 2.0～1.5	12 12	用水量不包括冷冻机冷却用水 中餐较西餐用水量大，洗碗机较人工洗餐具用水量大 专用食堂是指工矿企业、机关、学校、居民等团体内部非营业性的食堂
10	幼儿园、托儿所 有住宿 无住宿	L/(儿童·d) L/(儿童·d)	50～100 25～50	2.5～2.0 2.5～2.0	24 10	用水量包括工作人员用水量在内 沐浴方式和次数是决定用水量标准的重要因素 定额为生活用水综合指标
11	办公楼	L/(人·班)	30～60	2.5～2.0	10	用水量不包括空调、食堂等用水量
12	中小学校(无住宿)	L/(学生·d)	30～50	2.5～2.0	10	中小学包括走读中专、中技和职业中学。有住宿的可参照高等学校 用水量不包括大型和生产性实验室、校办工厂、职工宿舍、食堂、洗衣房用水
13	高等学校(有住宿)	L/(学生·d)	100～200	2.5～1.5	24	用水量不包括职工宿舍，实验室、校办工厂等用水 必须单独计算各类建筑的生活用水量时，可按本表其它各项选用。定额为生活用水综合指标
14	电影院	L/(观众·场)	3～8	2.5～2.0	4	用水量已包括工作人员的用水，不包括空调用水
15	剧院	L/(观众·场)	10～20	2.5～2.0	6	用水量已包括工作人员的用水，不包括空调用水
16	菜市场	L/(m^2·次)	2～3	2.5～2.0	12	仅为地面冲洗用水，其它用水另计算，如化冻用水
17	体育场 运动员淋浴 观众	L/(人·次) L/(人·场)	50 3	2.0 2.0	6 6	用水量不包括空调、场地浇洒用水 运动员人数按节假日或大型活动计算 工作人员用水量已包括在观众用水之内，若有住宿时，用水量另行计算
18	游泳池 游泳池补充水 运动员淋浴 观众	每日占水池(容积) L/(人·场) L/(人·场)	10%～15% 60 3	2.0 2.0	6 6	补充水量与游泳池类别、水处理方式有关 游泳池的其它用水量见第7章 工作人员用水量已包括在观众用水之内
19	商场	L/(顾客·次)	1～3	2.5～2.0	12	

在采用本表时，应注意几个问题：

(1) 高等学校、幼儿园、托儿所为生活用水综合指标。

(2) 集体宿舍、旅馆、招待所、医院、疗养院、休养所、办公楼、中小学校均不包括食堂、洗衣房、空调、浇洒道路、绿化等用水。

(3) 表中定额值均为生活用水、生活用热水和饮用水量之和。

(4) 对旅馆、医院、学校、剧院、食堂等生活用水除用水对象外，还包括其工作人员(服务员、医务人员、理发师、炊事员、保育员、教职员等)的生活用水，其用水折算在用水对象的用水量定额内。

(5) 表中未列人的建筑物用水定额可参考类似的建筑物用水定额。

(6) 集体宿舍、旅馆和公共建筑日变化 K_d 很小，认为 $K_d=1$。

(7) 表中定额上下限值，受卫生设备完善程度、地区条件、气候、用水对象和用途不同影响，设计时应合理确定其定额值。

1.2.4 工业企业建筑生活用水定额

(1) 生活用水定额按 25～35L/(人·班)计，小时变化系数为 3.0～2.5，使用时间 8h。

(2) 生活用水量包括洗涤、饮用、便器冲洗等，其用水量与生产性质、劳动强度、环境条件有关。

(3) 工业企业淋浴用水量另行计入，应按表 1-11 选用。

工业企业建筑淋浴用水定额　　表 1-11

级别	车间卫生特征			用水量[L/(人·班)]
	有毒物质	生产粉尘	其它	
1级	极易经皮肤吸收引起中毒的剧毒物质(如有机磷、三硝基甲苯、四乙基铅等)		处理传染性材料，动物原料(如皮毛、肉类、骨加工、生物制品等)	60
2级	易经皮肤吸收或有恶臭的物质，或高毒物质(如丙烯腈、吡啶、苯酚等)	严重污染全身或对皮肤有刺激性的粉尘(如碳黑、玻璃棉等)	高温作业、井下作业	60
3级	其它毒物	一般粉尘(如棉尘)	重作业	40
4级	不接触有毒物质或粉尘，不污染或轻度污染身体(如仪表、机械加工、金属冷加工等)			40

注：虽易经皮肤吸收，但易挥发的有毒物质(如苯等)可按 3 级确定。

(4) 每个淋浴器使用人数参见表 1-12。

每个淋浴器使用人数　　表 1-12

车间卫生特征级别	1 级	2 级	3 级	4 级
每个淋浴器使用人数	3～4	5～8	9～12	13～24

(5) 工业企业建筑卫生器具数量和使用人数参见表 1-13。

工业企业建筑卫生器具设置数量和使用人数　　表 1-13

车间卫生特征级别	每个卫生器具使用人数				
	淋浴器	盥洗水龙头	大便器蹲位	小便器	净身器
1	3～4	20～30	男厕所 100 人以下，每 25 人设一蹲位；100 人以上每增 50 人，增设一个蹲位。女厕所 100 人以下，每 20 人设一蹲位；100 人以上每增 35 人，增设一个蹲位	男厕所每一个大便器，同时设小便器一个（或 0.4m 长小便槽）	女工人数 100～200 人设一具，200 人以上每增 200 人增设一具
2	5～8	20～30			
3	9～12	31～40			
4	13～24	31～40			

1.2.5 生产用水定额

工业企业生产用水定额、水压和水质，应按其工艺设计所需而定。

1.2.6 冲洗汽车用水定额

(1) 冲洗汽车用水定额，应根汽车种类、用途、道路路面等级和沾污程度等因素确定：

小轿车、微型汽车：　250～400L/(辆·d)

公共汽车、大轿车、载重汽车：　400～600L/(辆·d)

(2) 汽车库内存放汽车小于等于 25 辆以下时，应按全部汽车每日冲洗一次计算；存放汽车在 25 辆以上时，每日冲洗汽车数，一般按全部汽车数的 70%～90%计算。

(3) 每辆汽车冲洗一次时间为 10min，同时冲洗汽车数应按汽车台的数量确定。

(4) 当采用手动冲洗水枪进行冲洗时，冲洗水量按冲洗水枪要求确定。无手动冲洗水枪装置时，可考虑按汽车擦洗用水。

(5) 汽车库地面应经常冲洗，冲洗用水定额应考虑到使用性质和冲洗次数，冲洗用水定额按 2～3L/m^2 确定。

1.2.7 消防用水定额

消防用水定额详见第 2 章。

1.2.8 浇洒道路和绿化用水定额

浇洒道路和绿化用水定额，应根据路面、气候、地区、绿化和土壤情况按表 1-14 确定。

浇洒道路和绿化用水定额　　表 1-14

项　　目	用水定额 [L/(m^2·次)]	浇洒次数 (次/d)
浇洒道路和场地用水	1.0～1.5	2～3
绿化用水	1.5～2.0	1～2

1.2.9 卫生器具一次和一小时用水定额

卫生器具一次和一小时用水定额，应根据器具类型、设置场所、使用对象等来采用，见表 1-15。

卫生器具一次和一小时用水定额 表 1-15

序号	卫生器具名称	一次用量 (L)	一小时用水量 (L)	备注
1	大便器			每小时使用 5～18 次，根据使用场所确定
	高水箱	6～9	30～162	
	低水箱	6～9	30～231	
	自闭式冲洗阀	5～8	25～144	
2	大便槽(每蹲位)	11～15		
3	小便器			每小时使用 10～20 次，根据安装场所确定
	自闭式冲洗阀	2～6	20～120	
	自动冲洗水箱	15～30	150～600	自动冲洗水箱为每组小便器的用水量
	普通冲洗阀	2～6	20～120	
4	小便槽(每米长)			
	多孔冲洗管	—	180	
	自动冲洗水箱	3.8	180	
5	污水盆(池)	15～25	45～360	
6	化验盆			
	单联鹅颈龙头		40～60	
	双联鹅颈龙头	—	60～80	
	三联鹅颈龙头	—	80～120	
7	洒水栓			
	*DN*15	60～720	60～720	每次使用 5min 以上
	*DN*20	120～1440	120～1440	
	*DN*25	210～2520	210～2520	

1.2.10 卫生器具给水额定流量

卫生器具给水额定流量、当量、支管管径和流出水头可按表 1-16 选用，但应注意以下问题：

卫生器具给水额定流量、当量、支管管径和流出水头 表 1-16

序号	给水配件名称	额定流量 (L/s)	当量	支管管径 (mm)	配水点前所需流出水头 (MPa)
1	污水盆(池)水龙头	0.20	1.0	15	0.020
2	住宅厨房洗涤盆(池)水龙头	0.20 (0.14)	1.0 (0.7)	15	0.015
3	食堂厨房洗涤盆(池)水龙头	0.32 (0.24)	1.6 (1.2)	15	0.020
	普通水龙头	0.44	2.2	20	0.040

续表

序号	给水配件名称	额定流量 (L/s)	当 量	支管管径 (mm)	配水点前所需流出水头 (MPa)
4	住宅集中给水龙头	0.30	1.5	20	0.020
5	洗手盆水龙头	0.15 (0.10)	0.75 (0.5)	15	0.020
6	洗脸盆水龙头、盥洗槽水龙头	0.20 (0.16)	1.0 (0.8)	15	0.015
7	浴盆水龙头	0.30 (0.20) 0.30 (0.20)	1.5 (1.0) 1.5 (1.0)	15 20	0.020 0.015
8	淋浴器	0.15 (0.10)	0.75 (0.5)	15	0.025~0.040
9	大便器 冲洗水箱浮球阀 自闭式冲洗阀	 0.10 1.20	 0.5 6.0	 15 25	 0.020 按产品要求
10	大便槽冲洗水箱进水阀	0.10	0.5	15	0.020
11	小便器 手动冲洗阀 自闭式冲洗阀 自动冲洗水箱进水阀	 0.05 0.10 0.10	 0.25 0.5 0.5	 15 15 15	 0.015 按产品要求 0.020
12	小便槽多孔冲洗管(每米长)	0.05	0.25	15~20	0.015
13	实验室化验龙头(鹅颈) 单联 双联 三联	 0.07 0.15 0.20	 0.35 0.75 1.0	 15 15 15	 0.020 0.020 0.020
14	净身器冲洗水龙头	0.10 (0.07)	0.5 (0.35)	15	0.030
15	饮水器喷嘴	0.05	0.25	15	0.020
16	洒水栓	0.40 0.70	2.0 3.5	20 25	按使用要求 按使用要求
17	室内洒水龙头	0.20	1.0	15	按使用要求
18	家用洗衣机给水龙头	0.24	1.2	15	0.020

(1) 表中"额定流量"中括弧内数据系指在有热水供应时单独计算冷水或热水管道管径时的数据;其余数据为单独龙头或混合龙头冷水、热水同时开放的数据。普通水龙头是指无热水供应或有热水供应时单管供水方式的数据。

(2) "流出水头"是指在保证额定流量时,在出流控制阀前所需静水压,而不是出口处的水头值。

(3) 浴盆上附设淋浴器时,其额定流量和当量按浴盆计算,不再重复计算浴盆上附设淋浴器的额定流量和当量。

(4) 淋浴器在采用单个蒸汽、煤气、电加热器和喷射式冷、热水混合淋浴器时,其额定流量、当量和流出水头值应按产品性能确定。一般其流出水头可按 0.05~0.12MPa。

(5) 大便器和小便器用自闭式冲洗阀时,其流出水头应按产品性能确定,流出水头可按 0.05MPa。

(6) 洒水栓包括室内、室外洒水栓和汽车冲洗水枪。其流出水头应按产品性能和工艺使用要求确定。一般采取 0.05~0.10MPa。

(7) 充气水龙头是水龙头出口处装有使空气被流出水流卷吸入混合出流配件的节水型水龙头,出水为水、气混合液,具有节约用水(一般可节水 30%),减弱冲击力,增强去污力的特点。其额定流量按产品性能确定。

(8) 给水配件的种类、构造、规格和材质,近年来有很大发展。球阀式的结构先后发展为瓷片式和轴筒式,这对给水配件的参数(额定流量和流出水头)影响较大。在设计时应予特别加以重视。参考国外资料和一些产品性能,其流出水头往往大于表中数据,一般流出水头可按 0.05~0.10MPa 考虑。

(9) 在满足使用要求和保持给水排水系统正常运行的前提下,应采用节水型卫生器具和给水配件。

(10) 在选用本表数据时,应综合考虑影响给水流量的因素,以确定合理性。其影响因素主要有:给水用途、用水习惯、地区差异、管径、管内水压力、龙头型式和材料、龙头开启程度及冷水、热水供应系统等。

1.3 防水质污染

对不同用途的用户和设备应供应不同的水质。对与人体直接接触和饮用的,如饮水、开水、烹饪、盥洗、沐浴等应供应生活饮用水水质标准;此外如洗涤、冲洗卫生器具、汽车冲洗、绿化、浇洒道路、空调冷却等用水,可采用非生活饮用水。工业用水很复杂,根据不同生产过程、产品性质有不同的水质要求,应根据工艺需要合理地采用不同的水质和不同的处理方法。原则上在工程设计中应把不同水质的给水系统分开设置,这是防水质污染最为彻底的措施。具体应注意以下问题:

(1) 采用的管材、配件、设备、接口材料等不应对水质有所污染。非饮用水管道接出的龙头、阀门等应有明显的标志。

(2) 给水系统在验收前应进行清洗和封闭。

(3) 严禁生活饮用水管道与大便器、小便器等直接连接。在可能的情况下,可用非饮用水(如中水)冲洗卫生器具。

(4) 生活饮用水不得因回流而被污染,其具体措施:

1) 给水管配水出口不得被任何液体或杂质所淹没。

2) 给水管配水出口高出设备溢流水位的最小空气何隙,不得小于配水出水口处给水管管径的 2.5 倍。

3) 特殊器具和生产设备在不可能设置最小空气间隙时,应采取各种有效办法进行隔断

处理，如：在防污染隔断器（阀）、断流水箱、进压力容器前，加设止回阀等。

4）生活饮用水管道应避开有毒或可能被污染区。当不能避开时，应采取有效的措施，以防止对生活饮用水的污染。如对管道做防护处理，将管道外加防护套管或敷设于封闭管沟内。

5）生活饮用水管道不得与非饮用水管道连接。在特殊情况下必须以饮用水作为工业备用水源时，两种管道连接处，应采取断流和其它防水质污染的措施：

① 采用防污染隔断阀。

② 采用加设二个阀门，其间加设排水短管和阀门。

③ 使生活饮水管道水压高于生产水管水压。

（5）室内地下生活饮用水贮水池与化粪池的净距，不得小于10m。当净距不能保证时，应采取生活贮水池不被污染的措施。如提高贮水池标高，使其高于化粪池；化粪池采用钢筋混凝土结构等。

（6）生活饮用水池（水箱）及附件的防水质污染：

1）水池（水箱）材料和内涂材料不应对水质有污染。

2）人孔盖应密封并加锁，通气管应有防止昆虫进入的过滤网等。

3）溢流管不应直接接入排水系统，应有断流措施，如加设断流水箱（池），防污隔断阀。溢流管的溢流水更不能排入生活饮用水池。

1.4 给水系统和给水图式

1.4.1 给 水 系 统

（1）给水系统的划分：

1）给水系统应根据用户对水质、水压、水量和水温的要求，并结合外部给水系统的具体情况来划分。基本给水系统有：生活给水系统、生产给水系统和消防给水系统。

2）根据建筑物用水的不同要求，各种给水系统可划分为：

① 生活给水系统划分为：生活给水系统、生活饮用水系统、杂用水系统、生活洁净水系统等。

② 生产给水系统划分为：生产给水系统、直流给水系统、循环给水系统、复用水给水系统、软化水给水系统、纯水给水系统等。

③ 消防给水系统划分为：消火栓给水灭火系统、自动喷水灭火给水系统（包括湿式、干式、预作用、水幕等系统）、水喷雾灭火给水系统、泡沫灭火给水系统（低泡、中泡、高泡灭火系统）和蒸汽灭火系统等。

3）根据具体情况，经过技术经济的综合比较，可采用合理的共用系统。如生活生产给水系统、生活消防给水系统、生产消防给水系统和生活、生产和消防给水系统。

（2）给水系统划分的原则：

1）建筑给水系统应尽量利用外部给水管网水压直接供水。在外部供水压力不能满足建筑物和居住小区水压要求时，则建筑物下层或地势较低的部分建筑物，应尽量利用外部水压供水，而上层或地势较高的部分建筑物则采取加压和流量调节装置供水。

2) 除高层建筑物和消防要求较高的大型建筑物及生产性建筑物外，一般消防给水宜与生活、生产给水合并为一个系统。

3) 生活、生产、消防给水系统中管道、配件和附件所承受的水压，均不得大于产品的允许工作压力。

高层建筑生活给水的竖向分区，应根据使用要求、设备材料性能、维护管理条件、建筑层数和高度以及室外给水水压等因素合理确定。一般最低处卫生器具给水配件静水压宜控制在：

① 住宅、旅馆、饭店、公寓、医院等及其类似的建筑：0.3～0.35MPa。

② 办公楼等：0.35～0.45MPa。

4) 若静水压超过以上数据时，可采用分区供水或加设减压措施(节流孔板、减压阀、调节阀、节流塞、缩小管径、采用有减压功能的给水龙头等)，以使用水装置和卫生器具的流出水头，接近或等于额定流量时流出水头。

5) 生产给水的最大静水压力，应按工艺设备的要求确定。

6) 在生产工艺不允许间断供水，且其它给水系统的水质、水压、水量能满足生产要求时，可将生活及其它给水系统作为生产给水的备用水源。但要解决生产给水对生活给水系统的污染及回流问题。

7) 工业企业在无外部生活给水系统时，可从未被污染的生产给水系统取水，并经处理后使其符合生活饮用水标准的要求。

8) 生产给水系统应优先设置循环或重复利用的给水系统，并应利用其余压。

9) 消火栓给水灭火系统在最低消火栓处静水压力不应大于 0.8MPa，当大于此值时应考虑分区供水；消火栓栓口出水压力大于 0.5MPa 时，消火栓处应设减压装置。

10) 自动喷水灭火系统管网压力不应大于 1.20MPa。

1.4.2 给 水 图 式

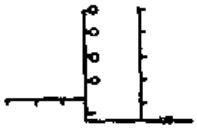
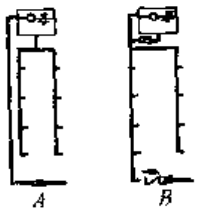
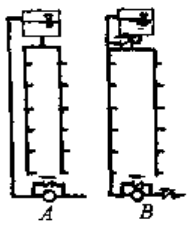
(1) 给水管网布置方式：给水系统按水平配水干管的敷设位置，可以布置成下行上给式、上行下给式和环状供水式三种管网方式。其主要优缺点见表 1-17。

管网布置方式　　表 1-17

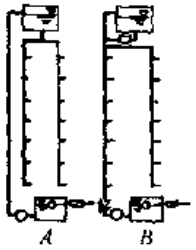
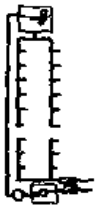
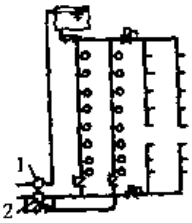
名称	特征及使用范围	优缺点
下行上给式	水平配水干管敷设在底层(明装、埋设或沟敷)或地下室天花板下 居住建筑、公共建筑和工业建筑，在利用外网水压直接供水时多采用这种方式	图式简单，明装时便于安装维修，最高层配水的流出水头较低，埋地管道检修不便
上行下给式	水平配水干管敷设在顶层天花板下或吊顶内，对于非冰冻地区，也有敷设在屋顶上的，对于高层建筑也可设在技术夹层内 设有高位水箱的居住，公共建筑，机械设备或地下管线较多的工业厂房多采用这种方式	最高层配水点流出水头较高 安装在吊顶内的配水干管可能因漏水，结露损坏吊顶和墙面，要求外网水压稍高一些，管材消耗稍多一些
环状式	水平配水干管或配水立管互相连接成环，组成水平干管环状或立管环状，在有两个引入管时，也可将两个引入管通过配水立管和水平配水干管相连通，组成贯穿环状 高层建筑，大型公共建筑和工艺要求不间断供水的工业建筑常采用这种方式，消防管网有时也要求环状式	任何管段发生事故时，可用阀门关断事故管段而不中断供水，水流通畅，水头损失小，水质不易因滞流变质 管网造价较高

(2) 给水图式：现列出的给水图式为基本图式，实际情况复杂得多，应根据工程中具体因素和使用要求、依据规范而选择具体的供水方案，以达到经济、技术上合理的目的。见表1-18。

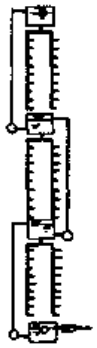
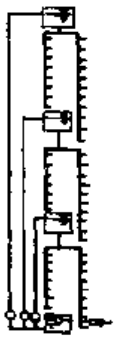
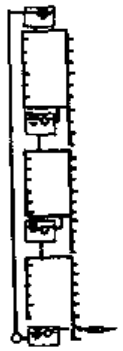
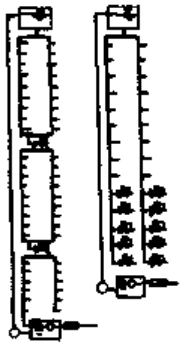
常用给水图式　　表 1-18

名　称	图　式	供水方式说明	优　缺　点	适　用　范　围	备　注
直接供水方式		与外部给水管网直连，利用外网水压供水	供水较可靠，系统简单，投资省，安装、维护简单，可充分利用外网水压，节省能源 内部无贮备水量，外网停水时内部立即断水	下列情况下的单层和多层建筑： 外网水压、水量能经常满足用水要求，室内给水无特殊要求	在外网压力超过允许值时，应设减压装置
单设水箱供水方式		与外网直连、利用外网压力供水，同时设高位水箱调节流量和压力	供水较可靠，系统较简单，投资较省，安装、维护较简单，可充分利用外网水压，节省能源 需设高位水箱，增加结构荷载，若水箱容积不足，图式 A 可能造成上、下层同时停水	下列情况下的多层建筑： 外网水压周期性不足，室内要求水压稳定，允许设置高位水箱的建筑。图式 A 还可用于外网压力过高，需要减压时	图式 B 的引入管上应装止回阀。若外网水压有可能进一步降低时，宜在引入管上预留加压口
层设水箱供水方式 下层直接供水、上		与外网直连，利用外网水压供水，上层设水箱调节水量和水压	供水较可靠，系统较简单，投资较省，安装、维护简单，可充分利用外网水压，节省能源 需设高位水箱，增加结构荷载，顶层和底层都要设横干管	外网水压周期性不足，允许设置高位水箱的多层建筑	水箱仅为上层服务，容积可较小一些
设水泵和水箱供水方式		水泵自外网直接抽水加压，利用高位水箱调节流量，在外网水压高时也可直接供水	水箱贮备一定水量，停水停电时可延时供水，供水可靠，可充分利用外网水压，节省能源 安装、维护较麻烦，投资较大；有水泵振动和噪声干扰；需设高位水箱，增加结构荷载	下列情况下的多层建筑： 外网水压经常或间断不足，外网允许直接抽水，允许设置高位水箱的建筑。图式 A 用于室内要求水压稳定时	在外网水压有可能将水送至水箱时，水泵应设旁通管，旁通管上设止回阀 图式 B 的引入管上应设止回阀，以防止水箱内贮水倒流

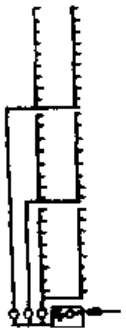
续表

名称	图式	供水方式说明	优缺点	适用范围	备注
水箱的供水方式 设水池、水泵和		外网供水至水池，利用水泵提升和水箱调节流量	水池，水箱贮备一定水量，停水、停电时可延时供水，供水可靠，供水压力较稳定 不能利用外网水压，能源消耗较大，安装、维护较麻烦，投资较大。有水泵振动、噪声干扰	下列情况下的多层或高层建筑： 外网水压经常不足，且不允许直接抽水，允许设置高位水箱的建筑	图式 B 的水泵出口应设止回阀，以防水箱贮水倒流
部分加压供水方式 设水池、水泵和水箱		下层与外网直连，利用外网水压直接供水，上层利用水泵提升，水箱调节流量	水池、水箱、贮备一定水量，停水、停电时上层可延时供水，供水可靠。可利用部分外网水压，能源消耗较省 安装维护较麻烦，投资较大，有水泵振动、噪声干扰	下列情况下的多层或高层建筑： 外网水压经常不足且不允许直接抽水，允许设置高位水箱的建筑	在外网水压季节性不足供下层用水有困难时，可将上下层配管连通，并设阀门隔断，在水压低时打开阀门由水箱供下层用水
气压给水装置供水方式		利用水泵自外网直接抽水加压，利用气压水罐调节流量和控制水泵运行	供水可靠且卫生，不需设高位水箱，可利用外网水压 变压式气压给水水压波动较大，水泵平均效率较低，能源消耗量大	下列情况下的多层建筑： 外网水压经常不足，用水压力允许有一定的波动，不宜设置高位水箱的建筑	气压给水也可设计成恒压式水泵也可设计成间接抽水式
水泵、水箱的供水方式 下层直接供水、上层设		下层直接供水，上层利用水泵加压水箱调节流量，消防时启动消防水泵供水	供水可靠，消防管道环形供水，生活用水压力稳定，可充分利用外网水压，节省能源 安装维护较麻烦，投资较大，有水泵振动、噪声干扰	下列情况下的多层和高层建筑： 外网允许直接抽水，允许设置高位水箱，消防与生活允许共用一个给水系统	消防管网呈环状，并要求有两根供水管与管网连接，图中 1 为生活水泵，2 为消防水泵
分区并联单管供水方式		分区设置高位水箱，集中统一加压，单管输水至各区水箱，低区水箱进水管上装设减压阀	供水可靠，管道、设备数量较少，投资较省，维护、管理较简单 未利用外网水压，低区压力损耗过大，能源消耗量大，水箱占用建筑上层使用面积	下列情况下的高层建筑： 允许分区设置高位水箱且分区不多的建筑，外网不允许直抽，电价较低的地区	低区水箱进水管上宜设减压阀，以防浮球阀损坏和减缓水锤作用。在可能条件下，下层应利用外网水压直接供水

续表

名　称	图　式	供水方式说明	优　缺　点	适　用　范　围	备　注
分区串联供水方式		分区设置水箱和水泵，水泵分散布置，自下区水箱抽水供上区用水	供水较可靠，设备、管道较简单，投资较省，能源消耗较小 水泵设在上层，振动、噪声干扰较大，占用建筑上层使用面积较大，设备分散，维护管理不便，上区供水受下区限制	允许分区设置水箱和水泵的高层建筑（如高层工业建筑等）	水泵设计应有消声减振措施，在可能条件下，下层应利用外网水压直接供水
分区并联供水方式		分区设置水箱和水泵，水泵集中布置（一般设在地下室内）	各区独立运行互不干扰，供水可靠，水泵集中布置便于维护管理，能源消耗较小 管材耗用较多，水泵型号较多，投资较贵，水箱占用建筑上层使用面积	允许分区设置水箱的各类高层建筑广泛采用	水泵宜采用相同型号不同级数的多级水泵，在可能条件下，下层应利用外网水压直接供水
分区水箱减压供水方式		分区设置水箱，水泵统一加压，利用水箱减压，上区供下区用水	供水较可靠，设备、管道较简单，投资较省，设备布置较集中，维护管理较方便 下区供水受上区的限制，能源消耗较大	允许分区设置水箱，电力供应充足，电价较低的各类高层建筑	在可能条件下，下层应利用外网水压直接供水，中间水箱进水管上最好安装减压阀，以防浮球阀损坏和减缓水锤作用
分区减压阀减压供水方式		水泵统一加压，仅在顶层设置水箱，下区供水利用减压阀减压	供水可靠，设备、管材较少，投资省，设备布置集中，便于维护管理，不占用建筑上层使用面积 下区供水压力损耗较大，能源消耗较大	电力供应充足，电价较低的各类高层建筑	根据建筑物形式，减压阀可有各种设置方式，如输水管减压、配水立管减压、配水干管减压、配水支管减压等

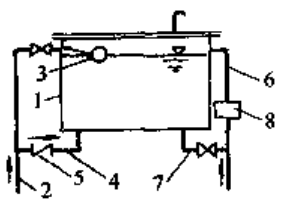
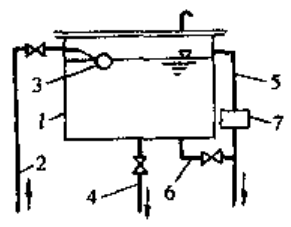
续表

名称	图式	供水方式说明	优缺点	适用范围	备注
分区无水箱供水方式		分区设置变速水泵或多台并联水泵，根据水泵出水量或水压，调节水泵转速或运行台数	供水较可靠，设备布置集中，便于维护管理，不占用建筑上层使用面积，能源消耗较省 水泵型号、数量较多，投资较费，水泵控制调节较麻烦	各种类型的高层建筑	水泵宜用出水流量或压力控制和调节
设管道泵部分加压供水方式		与外网直连，下层利用外网水压直接供水，上层用管道泵加压供水	供水较可靠，可充分利用管网水压，节省能源，管道泵体型小，不需专用房间，维护管理简单 管道泵抽水时，引入管水压会有所降低，需设高位水箱，故增加结构荷载	外网水压经常不足，允许直接抽水，允许设置高位水箱的多层建筑	对用水较均匀的建筑，也可不设水箱

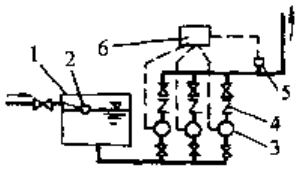
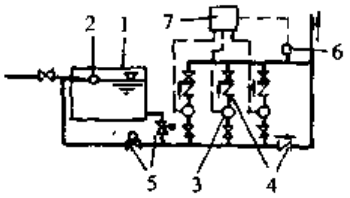
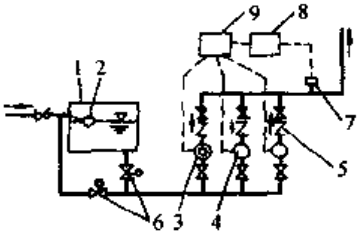
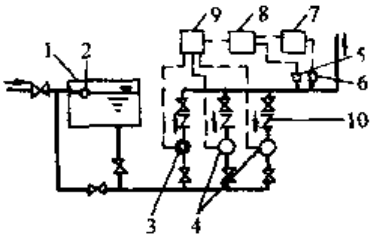
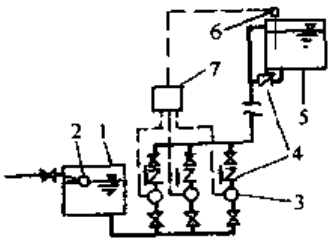
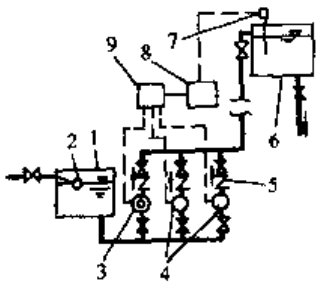
1.4.3 给水系统加压及流量调节

在建筑物外部给水管网的水压或流量经常或间断不足，不能满足内部或建筑小区内用水要求时，应设置给水加压和流量调节装置。常用的加压和流量调节装置有：贮水池、吸水池（井）、水泵、水箱（低位和高位）、变频调速给水和气压给水设备。将在以后各节中详细叙述。常用的加压和流量调节装置见表 1-19。

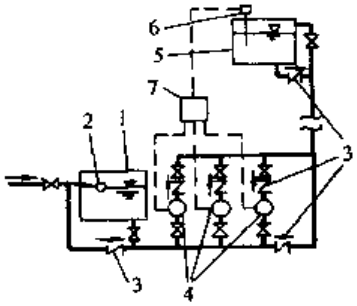
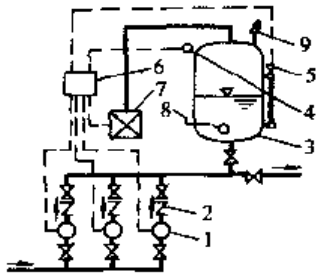
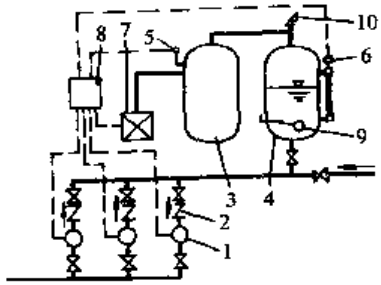
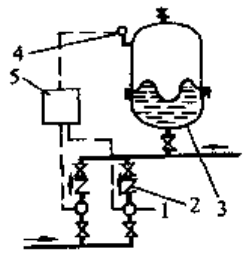
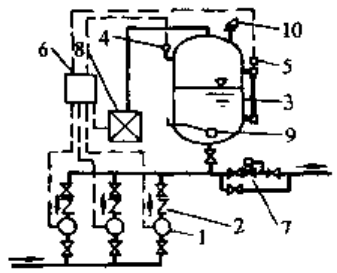
常用加压和流量调节装置　　表 1-19

名称		示意图	主要组成	适用范围和作用
1	2	3	4	5
单设高位水箱的装置	进出水管合用		1—高位水箱或水塔；2—进水管；3—浮球阀；4—出水管；5—止回阀；6—溢流管；7—泄水管；8—受水器	外部管网水压或流量间断性不足时，起流量调节作用
	进出水管分开		1—高位水箱或水塔；2—进水管；3—浮球阀；4—出水管；5—溢流管；6—泄水管；7—受水器	外部管网水压或流量间断性不足时，起流量调节作用。外部管网水压过高或压力波动过大时，起减、调压作用。可能造成回流污染时，起断流作用

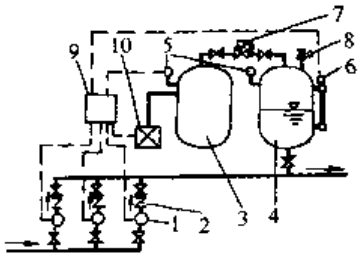
续表

名称		示意图	主要组成	适用范围和作用
1	2	3	4	5
单设水泵的装置	恒速泵间接抽水		1—贮水或吸水池；2—浮球阀；3—恒速泵；4—止回阀；5—压力变送器；6—控制器	外部管网水压经常不足，不允许自外部管网直接抽水时，起加压作用。外部管网流量间断不足时，起流量调节和加压作用
	恒速泵与直供结合		1—贮水或吸水池；2—浮球阀；3—恒速泵；4—止回阀；5—电动阀；6—压力变送器；7—控制器	外部管网水压间断不足，除消防外，不允许直接抽水时。在压力不足时用水泵加压，可满足要求时直接供水，消防时直接抽水
	变速泵出口压力控制		1—贮水池或吸水池；2—浮球阀；3—变速泵；4—恒速泵；5—止回阀；6—电动阀；7—压力变送器；8—调节器；9—控制器	外部管网水压经常不足时，起加压和流量调节作用。在内部管网较短、压力损失相对较小，仅需控制水泵出口压力时
	变速泵用水点压力控制		1—贮水池或吸水池；2—浮球阀；3—变速泵；4—恒速泵；5—压力变送器；6—流量变送器；7—演算器；8—调节器；9—控制器；10—止回阀	外部管网压力经常不足时，起加压和流量调节作用。内部管网较长，因流量不同管道压力损失变化较大，要求控制用水点处压力时
水泵与水箱结合的装置	恒速泵间接抽水		1—贮水池或吸水池；2—浮球阀；3—恒速泵；4—止回阀；5—高位水箱（水塔）；6—液位信号器；7—控制器	外部管网压力经常不足或流量间断不足时，用以调节流量和加压。外部管网不允许直接抽水时，用以断流和加压。有条件设置高位水箱的建筑物
	变速泵间接抽水		1—贮水或吸水池；2—浮球阀；3—变速泵；4—恒速泵；5—止回阀；6—高位水箱（水塔）；7—液位信号器；8—调节器；9—控制器	外部管网压力经常不足或流量间断不足时，用以加压和流量调节。外部管网不允许直接抽水时，用以断流和加压。有条件设置高位水箱的建筑物

续表

名称		示意图	主要组成	适用范围和作用
1	2	3	4	5
水泵与水箱结合的装置	恒速泵间接抽水与直供相结合		1—贮水或吸水池；2—浮球阀；3—止回阀；4—恒速泵；5—高位水箱或水塔；6—液位信号器；7—控制器	外部管网压力或流量间断不足时，用以流量调节和加压。有条件设置高位水箱的建筑物
气压给水装置	单罐变压式		1—水泵；2—止回阀；3—气压水罐；4—压力信号器；5—液位信号器；6—控制器；7—补气装置；8—排气阀；9—安全阀	外部管网压力经常不足时，用以加压和流量调节。用水压力允许有一定波动时
	双罐变压式		1—水泵；2—止回阀；3—贮气罐；4—气压水罐；5—压力信号器；6—液位信号器；7—补气装置；8—控制器；9—排气阀；10—安全阀	外部管网压力经常不足时，用以加压和流量调节。用水压力允许有一定波动时
	单罐隔膜式		1—水泵；2—止回阀；3—隔膜式气压水罐；4—压力信号器；5—控制器	外部管网压力经常不足时，用以加压和流量调节。用水压力允许有一定波动时
	单罐恒压式		1—水泵；2—止回阀；3—气压水罐；4—压力信号器；5—液位信号器；6—控制器；7—压力调节阀；8—补气装置；9—排气阀；10—安全阀	外部管网压力经常不足时，用以加压和流量调节。适用于用水压力要求较稳定的建筑物

续表

名　称		示　意　图	主　要　组　成	适用范围和作用
1	2	3	4	5
气压给水装置	双罐恒压式		1—水泵；2—止回阀；3—贮气罐；4—气压水罐；5—压力信号器；6—液位信号器；7—压力调节器；8—排气阀；9—控制器；10—补气装置	外部管网力经常不足时，用以加压和流量调节。适用于用水压力要求较稳定的建筑物

注：气压水罐和贮气罐，根据具体情况可以设计成立式或卧式。

1.4.4　给水管道布置及附件

(1) 给水管道布置：

1) 给水管道的布置应考虑安全供水、水质不被污染、管道不被破坏、生产不受影响和设备便于维护检修等因素。

2) 室内给水管网供水应根据建筑物供水安全要求设计成环状管网、枝状管网或贯通枝状管网，同时引入管应采取相应的措施。如环状管网和枝状管网应有二条或二条以上引入管，或采取贮水池或增设第二水源等。

3) 给水管道的布置，不得妨碍生产操作、交通运输和建筑物的使用。不应布置在遇水会引起燃烧、爆炸或损坏的设备上方。如配电室、配电设备、仪器仪表上方。

4) 给水管道不得穿越设备基础、风道、烟道，橱窗、壁柜、木装修等。不得敷设在排水沟内，不得穿过伸缩缝、沉降缝。如必须穿过时应采取以下措施，如：预留钢套管、采用可曲挠配件、上方留有足够沉降量等。

5) 给水管道可明设或暗设。暗设时，给水管应敷设于吊顶、技术层、管沟和竖井内。卫生设备支管可敷设在墙内。暗装时应考虑管道及附件的安装、检修可能性，如吊顶留活动检修口，竖井留检修门。

6) 给水管与其它管道共架或同沟敷设时，给水管应敷设在排水管、冷冻水管上面或热水管，蒸汽管下面。

7) 给水管穿过地下室外墙或构筑物墙壁时，应采用防水套管。穿过承重墙或基础，应预留洞口并留足沉降量。

8) 给水管宜设计成 0.002～0.005 坡度，坡向泄水处。

9) 有结露可能的地方，应采取防结露措施，如吊顶内，卫生间内和一些可能受水影响的设备上方等处。有可能冰冻的地方，应考虑防冻措施。

(2) 附件：

1) 给水管网上应设置阀门：如引入管、水表前后和立管；环状管网分干管、枝状管网的连通管；居住和公共建筑中，从立管接有 3 个或 3 个以上的配水管；工艺要求设阀门的生产设备配水管或配水支管。

2) 阀门的选择：管径小于等于 50mm 时，宜采用闸阀或球阀；管径大于 50mm 时，宜采

用闸阀或蝶阀;在双向流动和经常启闭管段上,宜采用闸阀或蝶阀,不经常启闭而又需快速启闭的阀门,应采用快开阀。

3) 蝶阀:蝶阀是新发展起的阀门,它具有体积小、重量轻、开启容易和少占位置等优点。在工程中可广泛采用。其密封材质有软密封(如内衬橡胶、聚四氟乙烯等)和硬密封(如弹性钢圈等)。阀门材质有铸铁、碳钢和不锈钢等。阀门型式有手动、电动和气动等。应根据工程需要合理采用。

4) 止回阀设置:止回阀应装设在:相互连通的两条或两条以上的和室内连通的每条引入管上;利用室外管网压力进水的水箱,其进水管和出水管合并为一条的出水管道上;消防水泵接合器的引入管和水箱消防出水管上;生产设备可能产生的水压高于室内给水管网水压的配水支管上;水泵出水管和升压给水方式的水泵旁通管上。

新型节能止回阀、缓闭止回阀、防水锤止回阀等,可在工程设计中推广使用。

5) 减压阀的设置:减压阀设置在要求阀后降低水压的部位。减压阀有减动压、静压之分,采用时应合理选择。用于给水分区的减压阀和用于消防系统的减压阀应采用同时减静压和动压的品种,如比例式减压阀。

比例式减压阀的设置应符合以下要求:减压阀宜设置两组,其中一组备用;减压阀前后装设阀门和压力表;阀前应装设过滤器;消防给水减压阀后应装设泄水龙头,定期排水;不得绕过减压阀设旁通管;阀前后宜装设可曲挠橡胶接头。

6) 水表:水表是计量水量、节约用水的措施。应在有水量计量要求的建筑物装设水表。有的地方已明文规定,对工厂或民用建筑物要实现二级或三级计量。设计时,应按当地有关部门的要求做好水量计量工作。

直接由市政管网供水的独立消防给水系统的引入管上,可不装设水表。住宅建筑应在配水管上和分户管上设置水表,按三表宜集中设在公共部位,尽量不进户的精神,分户水表宜设在户门外。如设于管道井、分层集中设于走道的壁龛内、水箱间。当分户水表必须设置在户内时,则其数字显示宜设在户门外或有物业管理的部门处以便查表。

1.5 管 网 计 算

1.5.1 设计流量计算

(1) 最高日用水量 Q_d

最高日用水量按式(1-1)计算:

$$Q_d=\frac{mq_d}{1000}\quad(m^3/d) \tag{1-1}$$

式中 m——设计单位数(如人数、床位数等);

q_d——用水定额,见表 1-9、10。

采用公式(1-1)应注意以下几点:

1) 该公式适用于各类建筑物用水、汽车库汽车冲洗用水、绿化用水、道路浇洒用水。

2) 对于多功能的建筑物,如商住楼、宾馆、大会堂、影剧院等,应分别按不同建筑物的用水量定额,计算各自的最高日用水量,然后将同时用水者叠加,取最大一组用水量作为整幢

建筑物的最高日用水量。

3）对一幢建筑可用于几种功能时，应按耗水量最大的功能计算。

4）一幢建筑物的服务人数超过范围时，设计单位数应按实际单位数计算，如集体宿舍内附设公共浴室，该浴室还为其它人员服务时，其浴室用水量应按全部服务对象计算。

5）建筑物实际用水项目超出或少于范围时，其用水量应作相应增减。如医院、旅馆增设洗衣房时应增加洗衣房的用水量。

6）设计单位数应由建设单位或建筑专业提供。当无法取得数据时，在征得建设单位同意下，可按卫生器具一小时用水量和每日工作时数来确定最高日用水量。

（2）工业企业生产用水量：应根据工业生产工艺、设备、工作制度、供水水质和水温等因素并结合供水系统状况来选择和确定生产用水量。

（3）消防用水量：见第2章。

（4）最大小时生活用水量：最大小时用水量按式(1-2)计算：

$$Q_h = \frac{Q_d}{T}K \quad (m^3/h) \tag{1-2}$$

式中　Q_h——最大小时用水量(m^3/h)；

Q_d——最高日用水量(m^3/d)或最大班用水量(m^3/班)；

T——每日或最大班用水时间(h)；

K——小时变化系数，见表1-9、10。

（5）生活给水设计秒流量：

1）住宅、集体宿舍、旅馆、宾馆、医院、幼儿园、办公楼、学校等建筑物生活给水设计秒流量，应按式(1-3)计算：

$$q_g = 0.2\alpha\sqrt{N_g} + KN_g \quad (L/s) \tag{1-3}$$

式中　q_g——设计秒流量(L/s)；

α、K——根据建筑物用途而定的系数，见表1-20；

N_g——计算管段的卫生器具给水当量总数，见表1-16。

根据建筑物用途而定的系数值　　表1-20

建筑物名称		α值	K值
普通住宅	有大便器、洗涤盆和无沐浴设备	1.05	0.0050
	有大便器、洗涤盆和沐浴设备	1.02	0.0045
	有大便器、洗涤盆、沐浴设备和热水供应	1.1	0.0050
高级住宅和别墅		1.1	0.0050
幼儿园、托儿所		1.2	0
门诊部、诊疗所		1.4	
办公楼、商场		1.5	
学　校		1.8	
医院、疗养院、休养所		2.0	
集体宿舍、旅馆、招待所、宾馆		2.5	
部队营房		3.0	

采用公式(1-3)应注意几点：

① 如计算值小于该管段上一个最大卫生器具给水额定流量时，应采用一个最大的卫生器具给水额定流量作为设计秒流量。

② 如计算值大于该管段上按卫生器具给水额定流量累加所得流量值时，应按卫生器具给水额定流量累加所得流量值采用。

③ 在已知计算管段卫生器具当量总数和建筑物类别时，也可由表 1-21 查得该管段的生活给水设计秒流量。

生活给水设计秒流量计算(L/s) 表 1-21

序号	住宅				幼儿园托儿所	诊疗所门诊部	办公楼商场	学校	医院疗养院休养所	集体宿舍旅馆	部队营房
	1类 $\alpha=1.05$ $K=0.0050$	2类 $\alpha=1.02$ $K=0.0045$	3类 $\alpha=1.00$ $K=0.0040$	4类 $\alpha=1.10$ $K=0.0055$	$\alpha=1.2$	$\alpha=1.4$	$\alpha=1.5$	$\alpha=1.8$	$\alpha=2.0$	$\alpha=2.5$	$\alpha=3.0$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1								(按管段连接的各卫生器具给水额定流量的叠加值计算)			
2	0.31	0.30	0.29	0.30	0.34	0.40					
3	0.38	0.37	0.36	0.40	0.42	0.48	0.52				
4	0.44	0.43	0.42	0.46	0.48	0.56	0.60	0.72	0.80		
5	0.49	0.48	0.47	0.52	0.54	0.63	0.67	0.80	0.89		
6	0.54	0.53	0.51	0.57	0.59	0.69	0.73	0.88	0.98		
7	0.59	0.57	0.56	0.62	0.63	0.74	0.79	0.95	1.06	1.32	
8	0.63	0.61	0.60	0.67	0.68	0.79	0.85	1.02	1.13	1.41	
9	0.68	0.65	0.64	0.71	0.72	0.84	0.90	1.08	1.20	1.50	
10	0.71	0.69	0.67	0.75	0.76	0.89	0.95	1.14	1.26	1.58	1.90
11	0.75	0.73	0.71	0.79	0.80	0.93	0.99	1.19	1.33	1.66	1.99
12	0.79	0.76	0.74	0.83	0.83	0.97	1.04	1.25	1.39	1.73	2.08
13	0.82	0.79	0.77	0.86	0.87	1.01	1.08	1.30	1.44	1.80	2.16
14	0.86	0.83	0.80	0.90	0.90	1.05	1.12	1.35	1.50	1.87	2.24
15	0.89	0.86	0.83	0.93	0.93	1.08	1.16	1.39	1.55	1.94	2.32
16	0.92	0.89	0.86	0.97	0.96	1.12	1.20	1.44	1.60	2.00	2.40
17	0.95	0.92	0.89	1.00	0.99	1.15	1.24	1.48	1.65	2.06	2.47
18	0.98	0.95	0.92	1.03	1.02	1.19	1.27	1.53	1.70	2.12	2.55
19	1.01	0.97	0.95	1.06	1.05	1.22	1.31	1.57	1.74	2.18	2.62
20	1.04	1.00	0.97	1.09	1.07	1.25	1.34	1.61	1.79	2.24	2.68
22	1.09	1.06	1.03	1.15	1.13	1.31	1.41	1.69	1.88	2.35	2.81
24	1.15	1.11	1.08	1.21	1.18	1.37	1.47	1.76	1.96	2.45	2.94
26	1.20	1.16	1.12	1.26	1.22	1.43	1.53	1.84	2.04	2.55	3.06
28	1.25	1.21	1.17	1.32	1.27	1.48	1.59	1.90	2.12	2.65	3.17
30	1.30	1.25	1.22	1.37	1.31	1.53	1.64	1.97	2.19	2.74	3.29
32	1.35	1.30	1.26	1.42	1.36	1.58	1.70	2.04	2.26	2.83	3.39
34	1.39	1.34	1.30	1.47	1.40	1.63	1.75	2.10	2.33	2.92	3.50
36	1.44	1.39	1.34	1.52	1.44	1.68	1.80	2.16	2.40	3.00	3.60
38	1.48	1.43	1.38	1.57	1.48	1.73	1.85	2.22	2.47	3.08	3.70
40	1.53	1.47	1.42	1.61	1.52	1.77	1.90	2.28	2.53	3.16	3.79

续表

序号	住宅				幼儿园托儿所	诊疗所门诊部	办公楼商场	学校	医院疗养院休养所	集体宿舍旅馆	部队营房
	1类 $\alpha=1.05$ $K=0.0050$	2类 $\alpha=1.02$ $K=0.0045$	3类 $\alpha=1.00$ $K=0.0040$	4类 $\alpha=1.10$ $K=0.0055$	$\alpha=1.2$	$\alpha=1.4$	$\alpha=1.5$	$\alpha=1.8$	$\alpha=2.0$	$\alpha=2.5$	$\alpha=3.0$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
42	1.57	1.51	1.46	1.66	1.56	1.81	1.94	2.33	2.59	3.24	3.89
44	1.61	1.55	1.50	1.70	1.59	1.86	1.99	2.39	2.65	3.32	3.98
46	1.65	1.59	1.54	1.75	1.63	1.90	2.03	2.44	2.71	3.39	4.07
48	1.69	1.63	1.58	1.79	1.66	1.94	2.08	2.49	2.77	3.46	4.16
50	1.73	1.67	1.61	1.83	1.70	1.98	2.12	2.55	2.83	3.54	4.24
52	1.77	1.71	1.65	1.87	1.73	2.02	2.16	2.60	2.88	3.61	4.33
54	1.81	1.74	1.69	1.91	1.76	2.06	2.20	2.65	2.94	3.67	4.41
56	1.85	1.78	1.72	1.95	1.80	2.10	2.24	2.69	2.99	3.74	4.49
58	1.89	1.81	1.76	1.99	1.83	2.13	2.28	2.74	3.05	3.81	4.57
60	1.93	1.85	1.79	2.03	1.86	2.17	2.32	2.79	3.10	3.87	4.67
62	1.96	1.89	1.82	2.07	1.89	2.20	2.36	2.83	3.15	3.94	4.72
64	2.00	1.92	1.86	2.11	1.92	2.24	2.40	2.88	3.20	4.00	4.80
66	2.04	1.95	1.89	2.15	1.95	2.27	2.44	2.92	3.25	4.06	4.87
68	2.07	1.99	1.92	2.19	1.98	2.31	2.47	2.97	3.30	4.12	4.95
70	2.11	2.02	1.95	2.23	2.01	2.34	2.51	3.01	3.35	4.18	5.02
72	2.14	2.05	1.99	2.26	2.04	2.38	2.55	3.05	3.39	4.24	5.09
74	2.18	2.09	2.02	2.30	2.06	2.41	2.58	3.10	3.44	4.30	5.16
76	2.21	2.12	2.05	2.34	2.09	2.44	2.62	3.14	3.49	4.36	5.23
78	2.24	2.15	2.08	2.37	2.12	2.47	2.65	3.18	3.53	4.42	5.30
80	2.28	2.18	2.11	2.41	2.15	2.50	2.68	3.22	3.58	4.47	5.37
82	2.31	2.22	2.14	2.44	2.17	2.54	2.72	3.26	3.62	4.53	5.43
84	2.34	2.25	2.17	2.48	2.20	2.57	2.75	3.30	3.67	4.58	5.50
86	2.38	2.78	2.20	2.51	2.23	2.60	2.78	3.34	3.71	4.64	5.56
88	2.41	2.31	2.23	2.55	2.25	2.63	2.81	3.38	3.75	4.69	5.63
90	2.44	2.34	2.26	2.58	2.28	2.66	2.85	3.42	3.79	4.74	5.69
92	2.47	2.37	2.29	2.62	2.30	2.69	2.88	3.45	3.84	4.80	5.75
94	2.51	2.40	2.32	2.65	2.33	2.71	2.91	3.49	3.88	4.85	5.82
96	2.54	2.43	2.34	2.68	2.35	2.74	2.94	3.53	3.92	4.90	5.88
98	2.57	2.46	2.37	2.72	2.38	2.77	2.97	3.56	3.96	4.95	5.94
100	2.60	2.49	2.40	2.75	2.40	2.80	3.00	3.60	4.00	5.00	6.00
105	2.68	2.56	2.47	2.83	2.46	2.87	3.07	3.69	4.10	5.12	6.15
110	2.75	2.63	2.54	2.91	2.52	2.94	3.15	3.78	4.20	5.24	6.29
115	2.83	2.71	2.60	2.99	2.57	3.00	3.22	3.86	4.29	5.36	6.43
120	2.90	2.77	2.67	3.07	2.63	3.07	3.29	3.94	4.38	5.48	6.57
125	2.97	2.84	2.74	3.15	2.68	3.13	3.35	4.02	4.47	5.59	6.71
130	3.04	2.91	2.80	3.22	2.74	3.19	3.42	4.10	4.56	5.70	6.84
135	3.11	2.98	2.86	3.30	2.79	3.25	3.49	4.18	4.65	5.81	6.97
140	3.18	3.04	2.93	3.37	2.84	3.31	3.55	4.26	4.73	5.92	7.10
145	3.25	3.11	2.99	3.45	2.89	3.37	3.61	4.33	4.82	6.02	7.22
150	3.32	3.17	3.05	3.52	2.94	3.43	3.67	4.41	4.90	6.12	7.35

续表

序号	住宅				幼儿园托儿所	诊疗所门诊部	办公楼商场	学校	医院疗养院体养所	集体宿舍旅馆	部队营房
	1类 $\alpha=1.05$ $K=0.0050$	2类 $\alpha=1.02$ $K=0.0045$	3类 $\alpha=1.00$ $K=0.0040$	4类 $\alpha=1.10$ $K=0.0055$	$\alpha=1.2$	$\alpha=1.4$	$\alpha=1.5$	$\alpha=1.8$	$\alpha=2.0$	$\alpha=2.5$	$\alpha=3.0$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
155	3.39	3.24	3.11	3.59	2.99	3.49	3.73	4.48	4.98	6.22	7.47
160	3.46	3.30	3.17	3.66	3.04	3.54	3.79	4.55	5.06	6.32	7.59
165	3.52	3.36	3.23	3.73	3.08	3.60	3.85	4.62	5.14	6.42	7.71
170	3.59	3.42	3.29	3.80	3.13	3.65	3.91	4.69	5.22	6.52	7.82
175	3.65	3.49	3.35	3.87	3.17	3.70	3.97	4.76	5.29	6.61	7.94
180	3.72	3.55	3.40	3.94	3.22	3.76	4.02	4.83	5.37	6.71	8.05
185	3.78	3.61	3.46	4.01	3.26	3.81	4.08	4.90	5.44	6.80	8.16
190	3.84	3.67	3.52	4.08	3.31	3.86	4.14	4.96	5.51	6.89	8.27
195	3.91	3.73	3.57	4.14	3.35	3.91	4.19	5.03	5.59	6.98	8.38
200	3.97	3.78	3.63	4.21	3.39	3.96	4.24	5.09	5.66	7.07	8.49
205	4.03	3.84	3.68	4.28	3.44	4.01	4.30	5.15	5.73	7.16	8.59
210	4.09	3.90	3.74	4.34	3.48	4.06	4.35	5.22	5.80	7.25	8.69
215	4.15	3.96	3.76	4.41	3.52	4.11	4.40	5.28	5.87	7.33	8.80
220	4.21	4.02	3.85	4.47	3.56	4.15	4.45	5.34	5.93	7.42	8.90
225	4.28	4.07	3.90	4.54	3.60	4.20	4.50	5.40	6.00	7.50	9.00
230	4.33	4.13	3.95	4.60	3.64	4.25	4.55	5.46	6.07	7.58	9.10
235	4.39	4.18	4.01	4.67	3.68	4.29	4.60	5.52	6.13	7.66	9.20
240	4.45	4.24	4.06	4.73	3.72	4.34	4.65	5.58	6.20	7.75	9.30
245	4.51	4.30	4.11	4.79	3.76	4.38	4.70	5.63	6.26	7.83	9.39
250	4.57	4.35	4.16	4.85	3.79	4.43	4.74	5.69	6.32	7.91	9.49
255	4.63	4.41	4.21	4.92	3.83	4.47	4.79	5.75	6.39	7.98	9.58
260	4.69	4.46	4.26	4.98	3.87	4.51	4.84	5.80	6.45	8.06	9.67
265	4.74	4.51	4.32	5.04	3.91	4.56	4.88	5.86	6.51	8.14	9.77
270	4.80	4.57	4.37	5.10	3.94	4.60	4.93	5.92	6.57	8.22	9.86
275	4.86	4.62	4.42	5.16	3.98	4.64	4.97	5.97	6.63	8.29	9.95
280	4.91	4.67	4.47	5.22	4.02	4.69	5.02	6.02	6.69	8.37	10.04
285	4.97	4.73	4.52	5.28	4.05	4.73	5.06	6.08	6.75	8.44	10.13
290	5.03	4.78	4.57	5.34	4.09	4.77	5.11	6.13	6.81	8.51	10.22
295	5.08	4.83	4.62	5.40	4.12	4.81	5.15	6.18	6.87	8.59	10.31
300	5.14	4.88	4.66	5.46	4.16	4.85	5.20	6.24	6.93	8.66	10.39
305	5.19	4.94	4.71	5.52	4.19	4.89	5.24	6.29	6.99	8.73	10.48
310	5.25	4.99	4.76	5.58	4.23	4.93	5.28	6.34	7.04	8.80	10.56
315	5.30	5.04	4.81	5.64	4.26	4.97	5.32	6.39	7.10	8.87	10.65
320	5.36	5.09	4.86	5.70	4.29	5.01	5.37	6.44	7.16	8.94	10.73
325	5.41	5.14	4.91	5.75	4.33	5.05	5.41	6.49	7.21	9.01	10.82
330	5.46	5.19	4.95	5.81	4.36	5.09	5.45	6.54	7.27	9.08	10.90
335	5.52	5.24	5.00	5.87	4.39	5.12	5.49	6.59	7.32	9.15	10.98
340	5.57	5.29	5.05	5.93	4.43	5.16	5.53	6.64	7.38	9.22	11.06
345	5.63	5.34	5.09	5.98	4.46	5.20	5.57	6.69	7.43	9.29	11.14
350	5.68	5.39	5.14	6.04	4.49	5.24	5.61	6.73	7.48	9.35	11.22

续表

序号	住宅				幼儿园托儿所 $\alpha=1.2$	诊疗所门诊部 $\alpha=1.4$	办公楼商场 $\alpha=1.5$	学校 $\alpha=1.8$	医院疗养院休养所 $\alpha=2.0$	集体宿舍旅馆 $\alpha=2.5$	部队营房 $\alpha=3.0$
	1类 $\alpha=1.05$ $K=0.0050$	2类 $\alpha=1.02$ $K=0.0045$	3类 $\alpha=1.00$ $K=0.0040$	4类 $\alpha=1.10$ $K=0.0055$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
355	5.73	5.44	5.19	6.10	4.52	5.28	5.65	6.78	7.54	9.42	11.30
360	5.78	5.49	5.23	6.15	4.55	5.31	5.69	6.83	7.59	9.49	11.38
365	5.84	5.54	5.28	6.21	4.59	5.35	5.73	6.88	7.64	9.55	11.46
370	5.89	5.59	5.33	6.27	4.62	5.39	5.77	6.92	7.69	9.62	11.54
375	5.94	5.64	5.37	6.32	4.65	5.42	5.81	6.97	7.75	9.68	11.62
380	5.99	5.69	5.42	6.38	4.68	5.46	5.85	7.02	7.80	9.75	11.70
385	6.05	5.74	5.46	6.43	4.71	5.49	5.89	7.06	7.85	9.81	11.77
390	6.10	5.78	5.51	6.49	4.74	5.53	5.92	7.11	7.90	9.87	11.85
395	6.15	5.83	5.55	6.54	4.77	5.56	5.96	7.15	7.95	9.94	11.92
400	6.20	5.88	5.60	6.60	4.80	5.60	6.00	7.20	8.00	10.00	12.00
405	6.25	5.93	5.64	6.65	4.83	5.63	6.04	7.24	8.05	10.06	12.07
410	6.30	5.98	5.69	6.71	4.86	5.67	6.07	7.29	8.10	10.12	12.15
415	6.35	6.02	5.73	6.76	4.89	5.70	6.11	7.33	8.15	10.19	12.22
420	6.40	6.07	5.78	6.82	4.92	5.74	6.15	7.38	8.20	10.25	12.30
425	6.45	6.12	5.82	6.87	4.95	5.77	6.18	7.42	8.25	10.31	12.37
430	6.50	6.17	5.87	6.93	4.98	5.81	6.22	7.47	8.29	10.37	12.44
435	6.55	6.21	5.91	6.98	5.01	5.84	6.26	7.51	8.34	10.43	12.51
440	6.60	6.26	5.96	7.03	5.03	5.87	6.29	7.55	8.39	10.49	12.59
445	6.65	6.31	6.00	7.09	5.06	5.91	6.33	7.59	8.44	10.55	12.66
450	6.70	6.35	6.04	7.14	5.09	5.94	6.36	7.64	8.49	10.61	12.73
455	6.75	6.40	6.09	7.20	5.12	5.97	6.40	7.68	8.53	10.67	12.80
460	6.80	6.45	6.13	7.25	5.15	6.01	6.43	7.72	8.58	10.72	12.87
465	6.85	6.49	6.17	7.30	5.18	6.04	6.47	7.76	8.63	10.78	12.94
470	6.90	6.54	6.22	7.35	5.20	6.07	6.50	7.80	8.67	10.84	13.01
475	6.95	6.58	6.26	7.41	5.23	6.10	6.54	7.85	8.72	10.90	13.08
480	7.00	6.63	6.30	7.46	5.26	6.13	6.57	7.89	8.76	10.95	13.15
485	7.05	6.68	6.34	7.51	5.29	6.17	6.61	7.93	8.81	11.01	13.21
490	7.10	6.72	6.39	7.56	5.31	6.20	6.64	7.97	8.85	11.07	13.28
495	7.15	6.77	6.43	7.62	5.34	6.23	6.67	8.01	8.90	11.12	13.35
500	7.20	6.81	6.47	7.67	5.37	6.26	6.71	8.05	8.94	11.18	13.42
550	7.67	7.26	6.89	8.18	5.63	6.57	7.04	8.44	9.38	11.73	14.07
600	8.14	7.70	7.30	8.69	5.88	6.86	7.35	8.82	9.80	12.25	14.70
650	8.60	8.13	7.70	9.18	6.12	7.14	7.65	9.18	10.20	12.75	15.30
700	9.06	8.55	8.09	9.67	6.35	7.41	7.94	9.52	10.58	13.23	15.87
750	9.50	8.96	8.48	10.15	6.57	7.67	8.22	9.86	10.95	13.69	16.43
800	9.94	9.37	8.86	10.62	6.79	7.92	8.49	10.18	11.31	14.14	16.97
850	10.37	9.77	9.23	11.09	7.00	8.16	8.75	10.50	11.66	14.58	17.49
900	10.80	10.17	9.60	11.55	7.20	8.40	9.00	10.80	12.00	15.00	18.00
950	11.22	10.56	9.96	12.01	7.40	8.63	9.25	11.10	12.33	15.41	18.49
1000	11.64	10.95	10.32	12.46	7.59	8.85	9.49	11.38	12.65	15.81	18.97

续表

序号	住宅				幼儿园托儿所	诊疗所门诊部	办公楼商场	学校	医院疗养院休养所	集体宿舍旅馆	部队营房
	1类 $\alpha=1.05$ $K=0.0050$	2类 $\alpha=1.02$ $K=0.0045$	3类 $\alpha=1.00$ $K=0.0040$	4类 $\alpha=1.10$ $K=0.0055$	$\alpha=1.2$	$\alpha=1.4$	$\alpha=1.5$	$\alpha=1.8$	$\alpha=2.0$	$\alpha=2.5$	$\alpha=3.0$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1050	12.05	11.34	10.68	12.90	7.78	9.07	9.72	11.67	12.96	16.20	19.44
1100	12.46	11.72	11.03	13.35	7.96	9.29	9.95	11.94	13.27	16.58	19.90
1150	12.87	12.09	11.38	13.79	8.14	9.50	10.17	12.21	13.56	16.96	20.35
1200	13.27	12.47	11.73	14.22	8.31	9.70	10.39	12.47	13.86	17.32	20.78
1250	13.67	12.84	12.07	14.65	8.49	9.90	10.61	12.73	14.14	17.68	21.21
1300	14.07	13.21	12.41	15.08	8.65	10.10	10.82	12.98	14.42	18.03	21.63
1350	14.74	13.57	12.75	15.51	8.82	10.29	11.02	13.23	14.70	18.37	22.05
1400	14.86	13.93	13.08	15.93	8.98	10.48	11.22	13.47	14.97	18.71	22.45
1450	15.25	14.29	13.42	16.35	9.14	10.66	11.42	13.71	15.23	19.04	22.8
1500	15.63	14.65	13.75	16.77	9.30	10.84	11.62	13.94	15.49	19.36	23.24
1550	16.02	15.01	14.07	17.19	9.45	11.02	11.81	14.17	15.75	19.69	23.62
1600	16.40	15.36	14.40	17.60	9.60	11.20	12.00	14.40	16.00	20.00	24.00
1650	16.78	15.71	14.72	18.01	9.75	11.37	12.19	14.62	16.25	20.31	24.37
1700	17.16	16.06	15.05	18.42	9.90	11.54	12.37	14.84	16.49	20.62	24.74
1750	17.53	16.41	15.37	18.83	10.04	11.71	12.55	15.06	16.73	20.92	25.10
1800	17.91	16.75	15.69	19.23	10.18	11.88	12.73	15.27	16.97	21.21	25.46
1850	18.28	17.10	16.00	19.64	10.32	12.04	12.90	15.48	17.20	21.51	25.81
1900	18.65	17.44	16.32	20.04	10.46	12.20	13.08	15.69	17.44	21.79	26.15
1950	19.02	17.78	16.63	20.44	10.60	12.36	13.25	15.90	17.66	22.08	26.50
2000	19.39	18.12	16.94	20.84	10.73	12.52	17.42	16.10	17.89	22.36	26.83

④ 对综合功能的建筑物，含有二种或以上不同用途的建筑，其 α、K 值，可采用加权平均法求得总引入管的数值。按式(1-4)、式(1-5)计算：

$$\alpha=\frac{\alpha_1 N_1+\alpha_2 N_2+\cdots\cdots+\alpha_n N_n}{\Sigma N} \tag{1-4}$$

$$K=\frac{K_1 N_1+K_2 N_2+\cdots\cdots+K_n N_n}{\Sigma N} \tag{1-5}$$

式中 α_1、α_2、α_n，K_1、K_2、K_n 为综合楼不同用途部分的 α、K 值；

N_1、N_2、N_n 为综合楼不同用途部分的给水当量总数。

⑤ 当大便器采用自闭式冲洗阀时，按式(1-6)计算：

$$q_g=0.2\sqrt{N_g}+1.2 \tag{1-6}$$

式中 q_g——计算管段的给水设计秒流量(L/s)；

N_g——计算管段的卫生器具给水当量总数；

1.2——一个自闭式冲洗阀给水额定流量(L/s)。

⑥ 当建筑物内除生活用水外，其它的用水(如空调、化验室、设备用水等)，应将其水量加入设计秒流量中。

2) 工业企业生活间、公共浴室、洗衣房、公共食堂、实验室、影剧院、体育场等建筑生活给水设计秒流量，按式(1-7)计算：

$$q_g = \Sigma q_0 n_0 b \quad (L/s) \tag{1-7}$$

式中 q_g——计算管段的设计秒流量(L/s)；

q_0——同类型的一个卫生器具给水额定流量(L/s)见表 1-16；

n_0——同类型卫生器具数；

b——卫生器具的同时给水百分数，见表 1-22～25。

工业企业生活间、公共浴室、洗衣房卫生器具同时给水百分数　　表 1-22

卫生器具名称	同时给水百分数(%)		
	工业企业生活间	公共浴室	洗衣房
洗涤盆(池)	如无工艺要求时，采用 33	15	25～40
洗手盆	50	20	—
洗脸盆、盥洗槽水龙头	60～100	60～100	60
浴盆	—	50	—
淋浴器	100	100	100
大便器冲洗水箱	30	20	30
大便器自闭式冲洗阀	5	3	4
大便槽自动冲洗水箱	100	—	—
小便器自动冲洗阀	50	—	—
小便器自动冲洗水箱	100	—	—
小便槽多孔冲洗管	100	—	—
净身器	100	—	—
饮水器	30～60	30	30

影剧院、体育场、游泳池卫生器具同时给水百分数　　表 1-23

卫生器具名称	同时给水百分数(%)		卫生器具名称	同时给水百分数(%)	
	电影院、剧院	体育场、游泳池		电影院、剧院	体育场、游泳池
洗手盆	50	70	小便器手动冲洗阀	50	70
洗脸盆	50	80	小便器自动冲洗水箱	100	100
淋浴器	100	100	小便槽多孔冲洗管	100	100
大便器冲洗水箱	50	70	小卖部的污水盆(池)	50	50
大便器自闭式冲洗阀	10	15	饮水器	30	30
大便槽自动冲洗水箱	100	100			

公共饮食业卫生器具和设备同时给水百分数　　表 1-24

卫生器具和设备名称	同时给水百分数(%)	卫生器具和设备名称	同时给水百分数(%)
污水盆(池)、洗涤盆(池)	50	小便器	50
洗手盆	60	煮锅	60
洗脸盆	60	生产性洗涤机	40
淋浴器	100	器皿洗涤机	90
大便器冲洗水箱	60	开水器	90

实验室卫生器具同时给水百分数　　表 1-25

卫生器具名称	同时给水百分数(%)	
	科学研究实验室	生产实验室
单联化验龙头	20	30
双联或三联化验龙头	30	50

1.5.2 管网水力计算

(1) 计算目的:在于确定给水管网各管段的管径,求得通过设计秒流量时造成的水头损失,复核室外给水管网水压是否满足使用要求,选定加压装置所需扬程和高位水箱的设置高度。

(2) 计算要求:

1) 根据建筑物类别正确选用生活给水设计秒流量公式。

2) 充分利用室外给水管网的水压。

3) 经过技术经济比较选取合理的供水方案。

4) 应满足室内管网中最不利配水点所需水压。

5) 对允许断水的给水管网,引入管应按同时使用率计算。对不允许断水的给水管网,如从几条引入管供水时,应假定其中一条被关闭时,其余引入管应能通过全部用水量。

6) 引入管管径不宜小于 *DN*20。

7) 确定管径时,应使设计秒流量通过计算管段时的水流速度符合下列要求:

① 生活和生产给水管道:干管不宜大于 2.0m/s;当有防噪声要求,且管径小于或等于 25mm 时,其流速可采用 0.8~1.0m/s。

② 消火栓系统给水管道水流速度不宜大于 2.5m/s。

③ 自动喷淋系统管道流速不宜大于 5.0m/s,其配水支管流速不得大于 10m/s。

8) 建筑物尤其是高层建筑物卫生器具承受不同的压力,应根据卫生器具承压能力而采取分区给水的措施和减压措施。

9) 当外部给水压力不足时,应采取措施,如设水池、水泵加压或其它加压措施,在管网计算时应予考虑。

(3) 计算步骤:

1) 根据建筑物类别选择生活给水设计秒流量公式,并正确计算设计秒流量。

2) 确定建筑物给水的方案和管材。

3) 绘制给水流程图或系统图。

4) 根据计算管段的设计秒流量、室外管网能保证的水压和最不利点的所需水压及管道流速,确定管径。

5) 计算管道的水头损失。

6) 确定建筑物供水的所需水压,用以校核室外供水压力或室内加压设备的压力参数。

(4) 管道水头损失:

1) 单位长度水头损失:

① 给水钢管和铸铁管的单位水头损失,按式(1-8)、式(1-9)计算:

当 $v<1.2$m/s 时,

$$i=0.00000912\frac{v^2}{d_j^{1.3}}\left(1+\frac{0.867}{v}\right)^{0.3}\quad(\text{MPa/m}) \tag{1-8}$$

当 $v\geqslant1.2$m/s 时,

$$i=0.0000107\frac{v^2}{d_j^{1.3}}\quad(\text{MPa/m}) \tag{1-9}$$

式中　i——管道单位长度的水头损失(MPa/m)；

v——管道内平均水流速度(m/s)；

d_j——管道计算内径(m)。

② UPVC 塑料管单位长度的水头损失按式(1-10)计算：

$$i=0.00000915\frac{Q^{1.774}}{d_j^{4.774}}\quad(\text{MPa/m}) \tag{1-10}$$

式中　i——塑料管的单位长度的水头损失(MPa/m)；

Q——计算管段的计算流量(m^3/s)；

d_j——管道计算内径(m)。

③ 为简化计算，塑料给水管的单位长度水头损失可按图 1-1 查得。

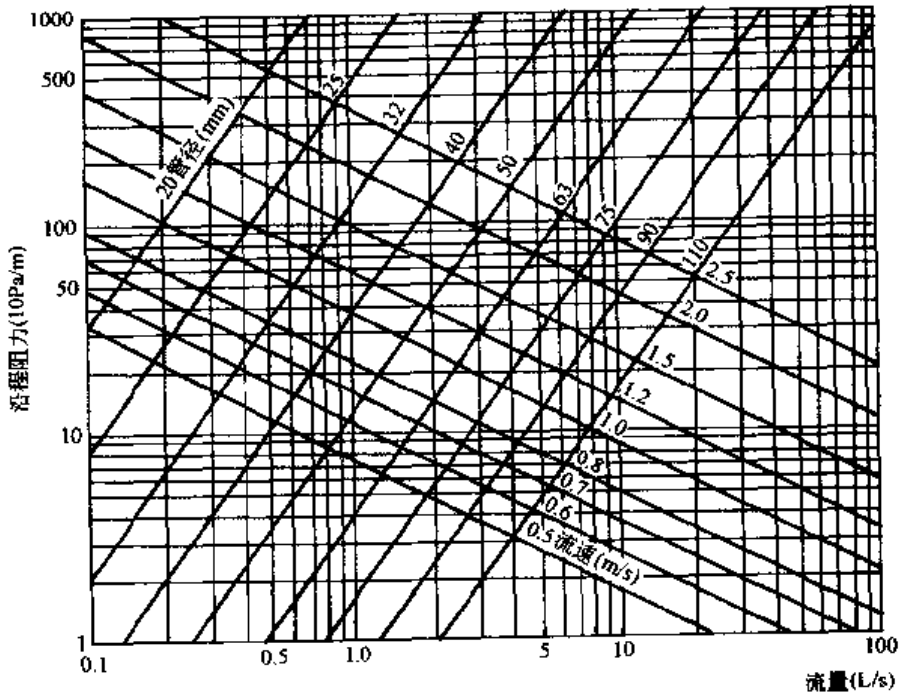


图 1-1　建筑给水硬聚氯乙烯管道水力计算图(公称压力 1.0MPa)

④ 为简化计算、钢管和铸铁管及 UPVC 塑料管、铜管等单位长度的水头损失可查表得出，详见给排水设计手册第 1 册《常用资料》。

2) 管道局部水头损失：

① 给水管局部水头损失应按式(1-11)计算：

$$h_1=0.01\Sigma\xi\frac{v^2}{2g}\quad(\text{MPa}) \tag{1-11}$$

式中　h_1——管道各局部水头损失之和(MPa)；

$\Sigma\xi$——管道局部阻力系数之和；

v——平均水流速度，一般指局部阻力后(水流方向)的平均水流速度(m/s)；

g——重力加速度(m/s^2)。

在已知 $\Sigma\xi$ 和流速值时，也可由表 1-26 查得局部水头损失值。

局部水头损失计算

表 1-26

v (m/s)	$\Sigma\xi$ 为下列值时局部水头损失值(10^{-5}MPa)																		
	0.5	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	17	20
0.60	0.0092	0.0184	0.0220	0.0257	0.0294	0.0331	0.0367	0.0551	0.0735	0.0918	0.1101	0.1285	0.1468	0.1652	0.1835	0.2203	0.2753	0.3120	0.3671
0.70	0.0125	0.0250	0.0300	0.0350	0.0400	0.0450	0.0500	0.0749	0.1000	0.1249	0.1499	0.1749	0.1999	0.2248	0.2598	0.2998	0.3747	0.4247	0.4997
0.80	0.0163	0.0326	0.0392	0.0457	0.0522	0.0587	0.0653	0.0979	0.1305	0.1632	0.1958	0.2284	0.2610	0.2937	0.3263	0.3916	0.4895	0.5547	0.6526
0.85	0.0184	0.0368	0.0442	0.0516	0.0589	0.0663	0.0737	0.1105	0.1473	0.1842	0.2210	0.2579	0.2947	0.3315	0.3684	0.4420	0.5526	0.6262	0.7367
0.90	0.0206	0.0413	0.0496	0.0578	0.0661	0.0743	0.0826	0.1239	0.1652	0.2065	0.2478	0.2891	0.3304	0.3717	0.4129	0.4956	0.6195	0.7021	0.8260
0.95	0.0230	0.0460	0.0552	0.0644	0.0736	0.0828	0.0920	0.1380	0.1841	0.2301	0.2761	0.3221	0.3681	0.4141	0.4601	0.5522	0.6902	0.7822	0.9203
1.00	0.0255	0.0510	0.0612	0.0714	0.0816	0.0918	0.1020	0.1530	0.2039	0.2549	0.3059	0.3569	0.4079	0.4589	0.5099	0.6118	0.7648	0.8668	1.0197
1.10	0.0308	0.0617	0.0740	0.0864	0.0987	0.1110	0.1234	0.1851	0.2468	0.3085	0.3702	0.4319	0.4935	0.5552	0.6169	0.7403	0.9254	1.0488	1.2339
1.20	0.0367	0.0734	0.0881	0.1028	0.1175	0.1322	0.1468	0.2203	0.2937	0.3671	0.4405	0.5139	0.5874	0.6608	0.7342	0.8810	1.1013	1.2481	1.4684
1.30	0.0431	0.0862	0.1034	0.1206	0.1379	0.1551	0.1723	0.2585	0.3447	0.4308	0.5170	0.6032	0.6893	0.7755	0.8617	1.0340	1.2925	1.4648	1.7233
1.40	0.0500	0.0999	0.1199	0.1399	0.1599	0.1799	0.1999	0.2998	0.3997	0.4997	0.5996	0.6995	0.7995	0.8994	0.9993	1.1992	1.4990	1.6988	1.9986
1.50	0.0574	0.1147	0.1377	0.1606	0.1835	0.2065	0.2294	0.3442	0.4589	0.5736	0.6883	0.8030	0.9177	1.0325	1.1472	1.3766	1.7208	1.9502	2.2944
1.60	0.0653	0.1305	0.1566	0.1827	0.2088	0.2349	0.2610	0.3916	0.5221	0.6526	0.7831	0.9137	1.0442	1.1747	1.3052	1.5663	1.9579	2.2189	2.6105
1.70	0.0737	0.1473	0.1768	0.2063	0.2358	0.2652	0.2947	0.4420	0.5894	0.7367	0.8841	1.0314	1.1788	1.3261	1.4735	1.7682	2.2102	2.5049	2.9470
1.80	0.0826	0.1652	0.1982	0.2313	0.2643	0.2973	0.3304	0.4956	0.6608	0.8260	0.9912	1.1564	1.3216	1.4867	1.6519	1.9823	2.4779	2.8083	3.3039
1.90	0.0920	0.1841	0.2209	0.2577	0.2945	0.3313	0.3681	0.5522	0.7362	0.9203	1.1044	1.2884	1.4725	1.6565	1.8406	2.2087	2.7609	3.2190	3.6812
2.00	0.1020	0.2039	0.2447	0.2855	0.3263	0.3671	0.4079	0.6118	0.8158	1.0197	1.2237	1.4276	1.6315	1.8355	2.0394	2.4473	3.0591	3.4670	4.0789
2.20	0.1234	0.2468	0.2961	0.3455	0.3948	0.4442	0.4935	0.7403	0.9871	1.2339	1.4806	1.7274	1.9742	2.2209	2.4677	2.9613	3.7016	4.1951	4.9354
2.40	0.1468	0.2937	0.3524	0.4111	0.4699	0.5286	0.5874	0.8810	1.1747	1.4684	1.7621	2.0557	2.3494	2.6431	2.9368	3.5241	4.4052	4.9925	5.8736
2.60	0.1723	0.3447	0.4136	0.4825	0.5515	0.6204	0.6893	1.0340	1.3787	1.7233	2.0680	2.4126	2.7573	3.1020	3.4466	4.1360	5.1700	5.8593	6.8933
2.80	0.1999	0.3997	0.4797	0.5596	0.6396	0.7195	0.7995	1.1992	1.5989	1.9986	2.3984	2.7981	3.1978	3.5976	3.9973	4.7967	5.9959	6.7954	7.9946
3.00	0.2294	0.4589	0.5506	0.6424	0.7342	0.8260	0.9177	1.3766	1.8355	2.2944	2.7532	3.2121	3.6740	4.1299	4.5889	5.5065	6.8831	7.8008	9.1774

为了简化计算，管道局部水头损失之和，一般可以根据经验采用沿程水头损失的百分数进行估计见表 1-27。

局部水头损失占沿程水头损失的百分数　　表 1-27

管网类型		局部水头损失占沿程水头损失的百分数(%)	备注
独用	生活给水管网	25～30	
	生产给水管网	20	
	消火栓消防给水管网	10	
	自动喷水灭火系统消防给水管网	20	
共用	生活、消防共用给水管网	20	
	生产、消防共用给水管网	15	
	生活、生产消防共用给水管网	20	

(5) 建筑物室内给水管网所需水压：一般要选择管网中若干个较不利的配水点进行水力计算，经比较后确定最不利配水点，以保证所有配水点的水压要求。

室内给水管网所需的水压按式(1-12)计算：

$$H = H_2 + H_3 + 0.01(H_1 + H_4) \quad (\text{MPa}) \tag{1-12}$$

式中　H——建筑给水引入管前所需水压(MPa)；

H_1——最不利配水点与引入管的标高差(m)；

H_2——管网内沿程和局部水头损失之和(MPa)；

H_3——水表的水头损失(MPa)计算方法见第 13 章；

H_4——最不利配水点所需流出水头(m)，按表 1-16。

另外，应考虑一定的富裕水头，一般按 0.01～0.03MPa 计。

对于居住建筑的生活给水管网，在进行方案设计时，其所需水压也可根据建筑层数由表 1-28 估计所需最小水压值。

按建筑层数确定建筑给水管网所需水压　　表 1-28

建筑层数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
最小服务水头(kPa)	100	120	160	200	240	280	320	360	400	440

注：二层以上每增高一层增加 40kPa。

由式(1-12)计算出的室内管网所需水压 H，与室外能够供给的水压(H_0)有较大差别时，应对室内管网的某些管段的管径作适当调整。当 H_0 大于 H 时，为充分利用室外管网水压；应在允许流速范围内，缩小某些管段(一般要缩小较大的管段)的管径。当 H_0 小于 H 时，但相差不大时，为避免设置局部升压装置，可放大某些管段(一般要放大较小的管径)，以减小管网水头损失。若相差较大，应考虑设置升压装置。

1.6　贮水池和吸水池(井)

1.6.1　贮 水 池

(1) 贮水池容积：贮水池的有效容积与室外供水能力、用户要求和建筑物性质、生活调

节水量、消防贮备水量和生产事故时用水量有关。一般可按式(1-13)、式(1-14)计算：

$$V_y \geqslant (Q_b - Q_g) T_b + V_x + V_s \tag{1-13}$$

$$Q_g T_t \geqslant (Q_b - Q_g) T_b \tag{1-14}$$

式中 V_y——贮水池有效容积(m^3)；

Q_b——水泵的出水量(m^3/h)；

Q_g——外部供水能力(m^3/h)；

T_b——水泵运行时间(h)；

V_x——火灾延续时间内，室内外消防用水量之和(m^3)；

V_s——生产事故备用水量(m^3)；

T_t——水泵运行间隔时间(h)。

在资料不足时，贮水池的调节容积$(Q_b - Q_g) T_b$，一般可按大于建筑物日用水量的10%。

(2) 贮水池的设置：

1) 在室外供水管网能满足建筑物用水量要求时，可不设贮水池，只设置吸水池(井)。

2) 贮水池总容积包括：有效容积、被结构体(梁、柱、隔墙)所占用的容积及水面的上空间的容积。

3) 贮水池一般由钢筋混凝土制成，也有采用各类钢板或玻璃钢制成。贮水池所用材料不得对其贮水水质造成任何污染。池内壁防止对水质造成污染常有喷刷无毒瓷釉涂料、饮用水用油漆，或贴食品级玻璃钢和贴瓷砖等。

4) 贮水池应设置在远离对其可能有污染的地方。贮水池应设进水管、出水管、通气管、溢流管、泄水管(有可能时)、人孔(应加盖加锁)、爬梯和液位计。溢流管排水应有断流措施和防虫网，溢流管口径应比进水管大一级。

5) 贮水池宜作吸水坑(井)，以充分利用其有效容积，吸水坑深不宜小于0.8m。

6) 贮水池应设计成保证池内水经常流动，防止死角。进水管、出水管宜在相对的位置设置，不宜靠近。贮水池一般宜作成二格，或在池内作成隔板。在贮水量足够的前提下，减少水池容积，以防贮水时间过长，水质变坏。在采用不设高位水箱生活供水的系统(如变频调速泵、气压供水等)，宜在贮水池出水管上设置二次消毒装置。

7) 专用消防贮水池可利用游泳池、水景喷泉水池等。消防贮水池包括室外消防贮水量时，应设有供消防车取水用吸水口。

8) 生活、生产和消防共用贮水池，应有保证消防水平时不被动用的措施，如设置液位计停止生活供水泵；或在生活水泵吸水管上面有小孔见图1-2。

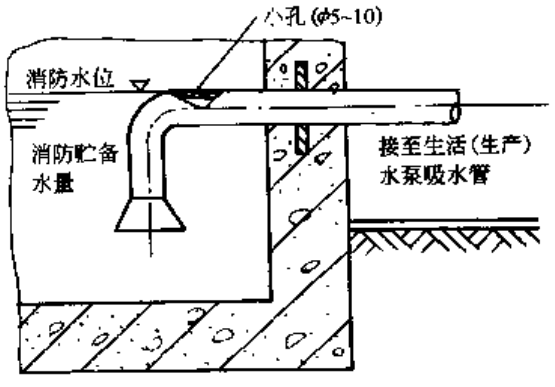


图1-2 在生活或生产水泵吸水管上开孔

9) 贮水池宜设溢流液位和低液位及报警信号。

10) 贮水池利用管网压力进水时，其进水管上应装浮球阀或液压阀，一般不宜少于2个，其直径与进水管直径相同。

1.6.2 吸 水 池（井）

(1) 吸水池(井)有效容积不得小于最大一台或多台同时工作水泵 3min 的出水量。对于小泵，吸水池(井)容积可适应放大、宜按水泵出水量 5～10min 计算。

(2) 吸水池(井)的布置：

1) 吸水池(井)的进水量应大于水泵的吸水量。

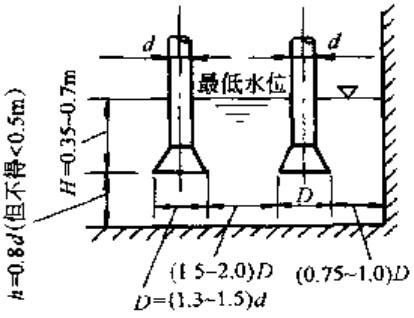


图 1-3　吸水管在吸水池(井)中布置的最小尺寸

2) 吸水管与吸水池(井)池壁间距，吸水管管间距，应根据吸水管的数量、管径、管材、接口方式、布置、安装、检修和水泵正常工作(防止水浅而导致水泵工作时进气)的要求确定。

3) 吸水池(井)宜设计成自灌式吸水方式。

4) 生活给水用吸水池(井)内壁材料应对水质不能有任何污染。

5) 个别城市如有断水可能时，吸水池(井)的容积应考虑可能断水延续时间的贮存水量。

6) 吸水池(井)布置的最小尺寸见图 1-3。

1.7 水 泵 和 泵 房

1.7.1 水 泵 的 计 算

(1) 水泵的扬程计算：水泵扬程的选择，应满足建筑物最不利配水点或消火栓等所需的水压和水量。

1) 水泵与高位水箱结合供水时，其水泵扬程按式(1-15)计算：

$$H_b \geqslant H_s + 0.01\left(H_y + \frac{v^2}{2g}\right) \quad (\text{MPa}) \tag{1-15}$$

式中 H_b——水泵扬程(MPa)；

H_y——扬水高度(m)，即贮(吸)水池最低水位至高位水箱入口的几何高差；

H_s——水泵吸水管和出水管(至高位水箱入口)的总水头损失(MPa)；

v——水箱入口流速(m/s)。

2) 当水泵单独供水时，其水泵扬程按式(1-16)计算：

$$H_b \geqslant H_s + 0.01(H_y + H_c) \quad (\text{MPa}) \tag{1-16}$$

式中 H_b——水泵扬程(MPa)；

H_y——扬水高度(m)，即贮(吸)水池最低水位至最不利配水点处的或消火栓等的几何高差；

H_c——最不利配水点或消火栓要求的流出水头(m)；

H_s——水泵吸水管和出水管至最不利配水点处或消火栓处的总水头损失(MPa)。

3) 水泵直接从室外给水管网吸水时，水泵扬程应考虑外网的最小水压，同时应按外网可能最大水压核算水泵扬程是否会对管道、配件和附件造成损害。

(2) 水泵出水量计算：

1) 在水泵后无流量调节装置时，如变频调速供水方式，应按设计秒流量计算。

2) 在水泵后有水箱等流量调节装置时，一般应按最大小时流量计算。在用水量较均匀，高位水箱容积允许适当加大，且在经济上合理时，也可按平均小时流量计算。

3) 采用人工操作水泵运行时，则应根据水泵运行时间按式(1-17)计算：

$$Q_b = \frac{Q_d}{T_b} \tag{1-17}$$

式中 Q_b——水泵出水量(m^3/h)；

Q_d——最高日用水量(m^3)；

T_b——水泵每天运行时间(h)。

(3) 水泵设置：

1) 室外管网允许直接吸水时，水泵宜直接从室外管网吸水。但应保证室外给水管网压力不低于0.1MPa(从地面算起)，特别是消防水泵。

2) 当水泵直接从室外管网吸水时，应在吸水管上装阀门、止回阀和压力表，并应绕水泵设置装有阀门的旁通管，见图1-4。

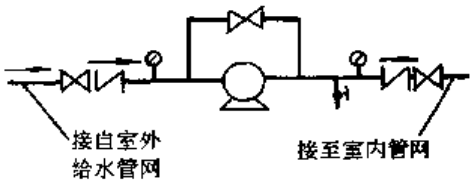


图1-4 水泵直接自外部管网抽水时管道连接方式

3) 水泵宜设计成自动运行方式。间接吸水时(如从贮水池)，应设计成自灌式。在不可能设计成自灌式时，可设计成抽吸式。这时应加设引水装置，以保证水泵正常运行，如底阀、水环式真空泵、水上式底阀和在吸水管上设置阀门等。

4) 每台水泵宜设计单独吸水管(特别是消防泵应有单独吸水管)，若设计成共用吸水管一般至少二条，并设连通管与每台泵吸水管连接，水泵吸水水平管变径处，应采取偏心异径管并使管顶平。吸水管应有向水泵不断上升的坡度。吸水管内水流速度一般为1.0～1.2m/s。

5) 每台水泵出水管上应装设止回阀、阀门和压力表。并宜设防水锤措施，如气囊式水锤消除器、缓闭止回阀等。出水管水流速度一般为1.2～2.0m/s。

6) 备用泵设置应根据建筑物重要性、供水安全性和水泵运行可靠性等确定。一般高层建筑物、大型民用建筑物、居住小区和其它大型给水系统应设备用泵。备用泵容量应与最大一台水泵相同。生产和消防水泵的备用泵设置应按工艺要求和"消防规范"确定。

7) 考虑因断水可能会引起事故情况时，除应设备用泵外，还应有不间断电源设施；当电网不能满足时，应设有其它动力备用供电设备。

8) 在有安静要求的房间，对其上、下和毗邻的房间内，不得设置水泵；如在其它房间设置水泵时，应采用水泵的隔振措施。

1.7.2 水泵隔振

(1) 隔振目的：为减少水泵运转时对周围环境的影响，应对水泵运行进行隔振处理。水泵运行振动的影响主要在以下几方面：

1) 对工作环境和人身健康的影响。

2) 对建筑物结构的危害。

3) 对设备、仪表、仪器正常工作的影响。

(2) 隔振的要求：

1) 应符合国家有关规范，如《建筑给水排水设计规范 GBJ 15—87》1997 年版和《水泵隔振技术规程》。

2) 采取的隔振措施应使水泵运行扰动频率和固有频率的频率比 $\lambda = f/f_n$ 大于 2，(一般以 2～5 为好)。这样有较好的隔振效率(80%～90%)和防止共振效果。

3) 隔振系统的振动量应按有关标准规定，在无标准可查时，一般控制振动速度：稳态时，v 小于 10mm/s；开机停机时，v 小于 15mm/s。

4) 支承结构的振动许可值，应根据使用性质的类别按标准确定。

5) 隔振设计应使传到支承结构上的扰力尽可能小，控制隔振效率 η 在 80～85% 为好。

(3) 水泵机组隔振主要方式：

1) 综合治理：水泵机组振动和噪声是多种因素造成的。有机组的正确选用，也有安装、管理和维修等因素。因此综合治理能有效地降低振动产生的影响。

2) 区分主次：隔振以振源的选择和控制为主，防治为辅；隔振以机组隔振为主，隔声吸声为辅；隔振技术以设备隔振为主，管道和支架隔振为辅。

3) 技术配套：水泵机组隔振包括机组隔振、管道安装可曲挠接头、管道支架采用弹性吊架及管道穿墙处的隔振等方式。

(4) 水泵机组隔振：

1) 选用低噪声和高品质的水泵。这是降低噪声和控制振源最好的办法。

2) 水泵机组隔振的主要组成见图 1-5、6。主要由隔振基座(惰性块)、隔振垫(隔振器)及固定螺栓等组成。

3) 卧式水泵隔振：卧式水泵隔振宜加设隔振垫或隔振器、加设隔振基座。弹簧隔振器应采用阻尼弹簧隔振器，橡胶隔振器应采用剪力型。隔振垫应采用双向剪力型。隔振垫(隔振器)放在隔振基座和混凝土基础之间，且应用钢板分隔开。具体做法见《水泵隔振及其安装图集》(98SS657)。

4) 立式水泵隔振：立式水泵隔振优先推荐阻尼弹簧隔振器，其上端与隔振基座和钢垫板用螺栓固定，其下端与混凝土基础用螺栓固定。

小型立式水泵或细长比小于 3 的立式水泵，可采用硬度为 40°的橡胶隔振垫。隔振垫与水泵机组底座、钢垫板和地面均不粘接，但隔振基座与水泵底座间用螺栓固定。

底座独立设置的多台水泵，其混凝土基础可共用。具体做法见《立式水泵隔振及其安装图集》(95SS658)。

(5) 隔振垫和隔振器的性能要求：用于水泵隔振的隔振垫和隔振器应符合下列要求：

1) 弹性性能优良、刚度低。

2) 承载力大、强度高，阻尼适当。

3) 性能稳定，耐久性能好。

4) 抗酸碱、油的侵蚀能力良好。

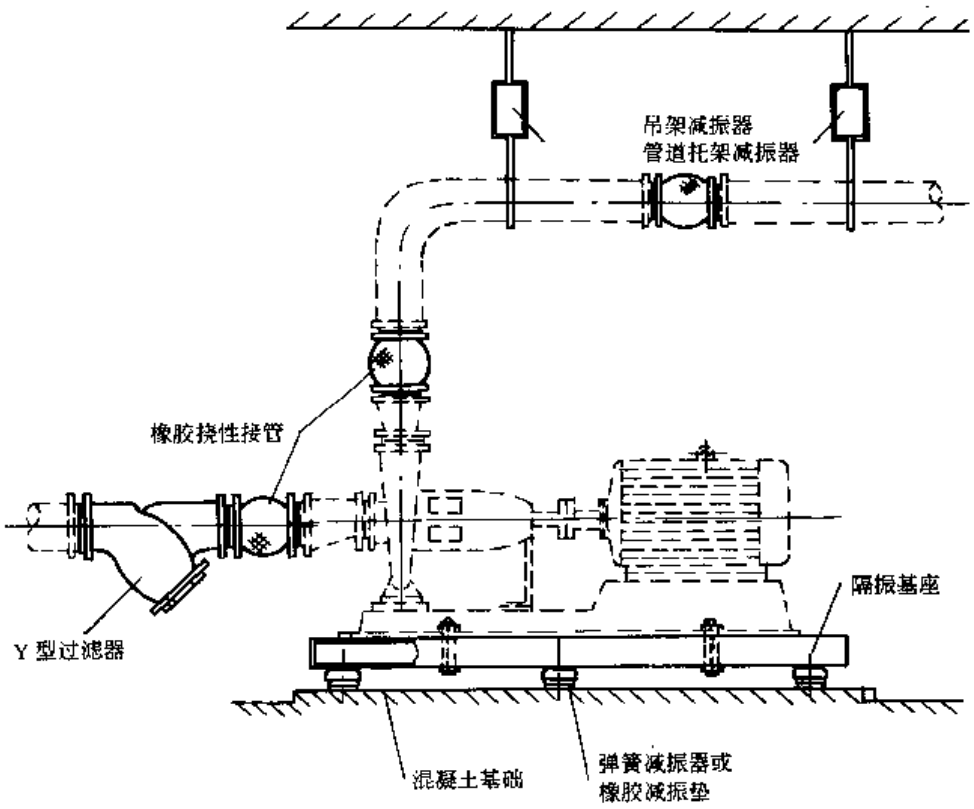


图 1-5 卧式水泵减振

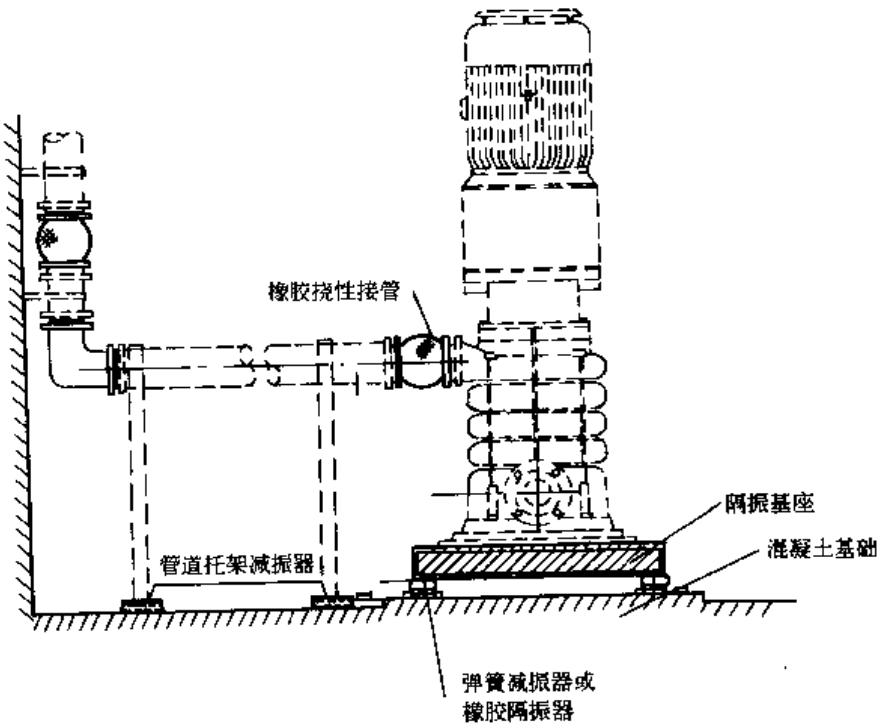


图 1-6 立式水泵减振

5) 取材容易。

6) 加工制作和维修、更换方便。

(6) 隔振垫：

1) 隔振垫型式：国内生产的橡胶隔振垫由丁腈橡胶制成。它是以剪切受力为主的隔振元件。其硬度有40°、60°、80°三种规格，基本单元尺寸为85mm×85mm×20mm。

隔振垫可根据水泵机组性能、质量计算确定，采用单层、多层设置方式。各层之间应加设钢板，厚6mm，钢板尺寸每边比隔振垫大20mm，并用胶粘剂将隔振垫肋部点粘在钢板上。

隔振元件支承点数量应为偶数，且不小于4个。各支承点的隔振元件，其型号、规格、性能应完全一致。每个支承点承受的荷载应尽量相等。

一般隔振垫性能为：阻尼比 D 约为0.08；工作温度 $-20\sim+60$℃；固有频率 $f_n=5.0\sim18.0$Hz。

2) 隔振垫计算：

① 水泵的扰动频率按式(1-18)计算：

$$f=\frac{n}{60}\quad(\text{Hz}) \tag{1-18}$$

式中　n——水泵转速(r/min)。

② 支承点(隔振垫)的荷载按式(1-19)计算：

$$P=\frac{W}{n_1}\quad(\text{N}) \tag{1-19}$$

式中　$W=W_1+W_2$(N)；

W_1——水泵机组静质量(N)；

W_2——隔振基座静质量(N)；

n_1——隔振垫支承点数量。

③ 支承点单位荷载 P_1 按式(1-20)计算：

$$P_1=\frac{P}{F}\quad(\text{Pa}) \tag{1-20}$$

式中　F——初选 n_1 个隔振垫的面积(m^2)。

④ 按厂家产品隔振垫计算曲线，求出隔振垫的静态压缩量和固有频率 f_n。

⑤ 求出频率比$\frac{f}{f_n}$，宜在2.0～5.0。

⑥ 水泵运行时的隔振数据见表1-29。

水泵运行时的隔振数据　　表1-29

水泵配带功率(kW)	地下室、工厂		两层以上建筑	
	隔振效率(%)	f/f_n	隔振效率(%)	f/f_n
$N\leqslant2.2$	70	2.1	90	3.5
$N>3.7$	80	2.5	95	5.0

(7) 隔振器：

1) 隔振器型式：目前广泛使用的隔振器常用橡胶隔振器、阻尼弹簧隔振器等。

橡胶隔振器是由金属框架和外包橡胶复合而成的隔振器，能耐油、海水、盐雾和日照等。应具有承受垂直力、剪力的功能。阻尼比 D 约为 0.08，额定荷载下的静变形小于 5mm。

阻尼弹簧隔振器是由金属弹簧隔振器外包橡胶复合而成。具有钢弹簧隔振器的低频率和橡胶隔振器的大阻尼的双重优点。它能消除弹簧隔振器存在的共振时振幅激增现象和解决橡胶隔振器固有频率较高应用范围狭窄的问题，是较好的隔振器。阻尼比 D 约 0.07，工作温度为 $-30\sim+100$℃，固有频率为 2.0～5.0Hz，荷载范围为 110～35000N。

2) 隔振器计算：

① 总质量按式(1-21)计算：

$$W = Q + 1.5R \tag{1-21}$$

其中

$$Q = Q_1 + Q_2 \tag{1-22}$$

W——水泵机组和隔振基座总质量(N)；

Q_1——水泵机组质量(N)；

Q_2——隔振基座质量(N)；

R——水泵运转时的扰力(N)。

在一般振动要求难于取得设备扰力时，可以近似采用

$$Q_1 + 1.5R = Q_1\beta \tag{1-23}$$

则

$$W = Q_1\beta + Q_2 \tag{1-24}$$

式中 β——动荷系数($\beta=1.1\sim1.4$)，可以根据水泵机组质量 Q_1 和扰动频率 f 大小来确定。Q_1 大而 f 小时，β 值可取小些；Q_1 小而 f 大时，β 值可取大些。

② 每个支承点的荷载 P 按式(1-25)计算：

$$P = \frac{W}{n_1} \quad (\text{N}) \tag{1-25}$$

式中 n_1——支承点数量。

③ 按厂家隔振器曲线查得：隔振器固有频率 f_n，予压变形 F_1，静载变形 F_2。

④ 计算扰动频率 f 按式(1-26)计算：

$$f = \frac{n}{60} \quad (\text{Hz}) \tag{1-26}$$

式中 n——为水泵转速(r/min)。

⑤ 计算 λ(频率比)按式(1-27)计算：

$$\lambda = \frac{f}{f_n} \tag{1-27}$$

⑥ 按厂家隔振器特性曲线，λ 与传递率 η_0 及隔振效率 T 曲线，可查得 η_0、T。其隔振效率 T 宜在 80%～90%。

$$T = (1-\eta_0)100\% \tag{1-28}$$

⑦ 计算隔振器压缩变形量按式(1-29)计算：

$$\Delta F = F_2 - F_1 \tag{1-29}$$

⑧ 计算隔振器安装后的高度 H_s 按式(1-30)计算：

$$H_s = H - \Delta F \quad (mm) \tag{1-30}$$

式中　H_s——隔振器安装后高度(mm)；

H——隔振器安装前高度(mm)；

ΔF——隔振器安装后的压缩变形量(mm)。

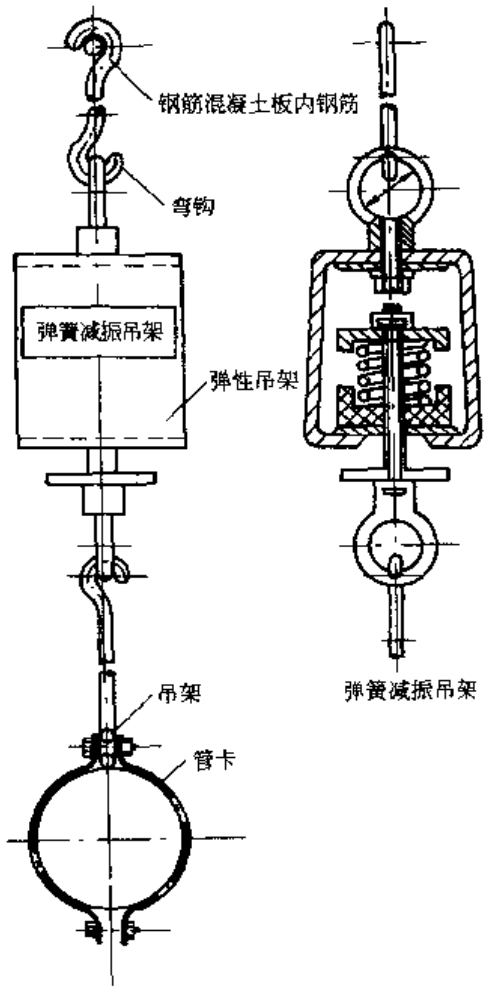


图 1-7　弹性吊架

(8) 管道隔振：

1) 水泵进、出水管应加设隔振措施。常用橡胶可曲挠接头做为隔振和检修水泵的措施。该种产品已有多种型式和规格。水泵进水管采用可曲挠橡胶接头；水泵出水管宜采用可曲挠橡胶异径接头，可曲挠橡胶弯头及可曲挠橡胶接头。

可曲挠橡胶接头应根据工作压力、爆破压力、真空度、适用介质温度和介质性质及工作环境等因素确定。

可曲挠橡胶接头安装后应处于自然状态。管道重量不应由接头承担，而应由支、吊架支撑。可曲挠接头外壁严禁油漆和做保温。

2) 管道支、吊架：应采用有隔振功能的支、吊架，使管道在液体流动时，降低对楼板、墙壁的振动见图 1-7。

3) 管道穿墙的隔振：管道穿墙处应留有孔洞，常采用在管道外包隔振橡胶带或在孔洞内填充柔性填料。

1.7.3 泵　　房

(1) 水泵基础：水泵基础设计必须安全稳固，标高、尺寸准确，以保证水泵运行稳定，安装检修方便。其形式分有带有共用底盘和无底盘二种。

1) 带有共用底盘的水泵基础：基础长度为底盘长度加 0.2～0.3m，基础宽度为底盘宽度加 0.3m，基础高度为底盘地脚螺栓埋入长度加 0.10～0.15m。

2) 无底盘的大、中型水泵基础：基础长度为水泵和电机最外端螺孔间距加 0.40～0.60m，并长于水泵和电机总长，基础宽度为最外端螺孔间距(取其宽者)加 0.40～0.60m，基础高度为地脚螺栓埋入长度加 0.10～0.15m，质量应大于水泵和电动机总质量的 2.5～4.5 倍。

3) 基础顶面应高出泵房地面 0.10～0.20m。

4) 水泵基础一般采用 C15 混凝土浇灌，预留螺孔待地脚螺栓埋入后(应在水泵到货后核对水泵螺孔是否与图纸一致，方能浇灌基础和预留螺孔)，用 C20 细石混凝土填灌固结。

5) 地脚螺栓埋入基础长度为大于 20 倍螺栓直径，螺栓叉尾长大于 4 倍螺栓直径。

6) 预留地脚螺栓孔：螺孔中心距基础边缘大于 0.15～0.20m，而基础螺孔边缘与基础

边缘间距应大于0.10～0.15m。螺孔尺寸一般为100mm×100mm或150×150mm。螺孔深度大于螺栓埋入总长度30～50mm。

7）水泵基础下面的土壤应夯实。基础浇捣后必须注意养护，达到强度后才能进行安装。

8）水泵需做隔振基础时，其做法详见第1.7.2节。

（2）水泵布置：

1）电动机容量小于或等于20kW，或水泵吸水口直径小于或等于100mm，其机组一侧与墙面之间可不留通道；两台相同机组可设在同一基础上彼此不留通道，基础周围应有宽度不小于0.7m的通道。不留通道的机组突出部分与墙壁间的净距，或相邻两个机组的突出部分之间的净距，不得小于0.2m。

2）电动机容量大于20kW或水泵吸水口直径大于100mm，水泵布置见表1-30。

机组布置间距　　表1-30

序号	布置情况		最小间距
1	两水泵机组基础间通道的净距	电动机容量为20～55kW	不小于0.8m（电动机容量小于20kW时，距离可适当减小）
		电动机容量大于55kW	不小于1.2m
2	相邻两水泵机组突出基础部分的净距及机组突出部分与墙壁的净距	电动机容量小于55kW	应保证水泵轴或电动机转子在检修时能够拆卸，并不小于0.8m
		电动机容量大于55kW	同上要求，并不小于1.2m
3	设专用检修场地时		应根据机组外形尺寸决定，并应在周围设有不小于0.7m的通道
4	当考虑就地检修时		每个机组的一侧应有一条大于水泵机组宽度0.5m的通道，并应保证泵轴和电动机转子在检修时的拆卸
5	泵房主要人行通道宽度		≥1.2m
6	配电盘前面通道宽度 1. 低压 2. 高压		 >1.5m >2.0m
7	辅助泵（真空泵、排水泵等）		一般利用泵房内的空地，不增加泵房尺寸，这种机组可靠墙设置，只要一边留出通道

（3）泵房：

1）一般泵房包括水泵间、配电间和辅助用房。对小型泵房的配电、控制和值班室可以合并。

2）泵房平面布置应考虑：满足水泵机组、管路和附件、其它辅助设备（如消毒设备、就地控制盘、仪表，各类压力罐等）、排水设施、通风采暖设施、供电和起吊设施等布置和安装的要

求，并留有足够检修场地。

3) 应根据泵房重要性采取合适的耐火等级，一般可按一、二级耐火等级设计。泵房应设安装所需门或洞。消防泵房应设有直通室外的出口。

4) 泵房应设排水设施，如设排水沟(宜加箅子)、集水坑和提升排水设备(如采用潜污泵、水射器等)等。排水沟坡度为0.01。

5) 泵房配电间、值班室及迴辅助用房采暖温度，一般可按16～18℃设计；当水泵间无需人值班时可取5～8℃；有人巡迴值班时，可适当提高采暖温度。

泵房应充分利用自然通风。设计换气通风时，其换气次数不少于6次/h。需要机械通风时，应通过计算确定机械通风设备性能。

6) 泵房高度的确定：应考虑水泵机组高度、管路及附件的安装高度、设备起吊时所需高度、泵房与吸水池等相互的高差、建筑物内泵房所处位置的层高、设备安装和检修的高度等因素。

在无起重设备时，泵房高度应不小于3.0m；在有吊车起重设备时，其高度应通过计算确定(一般起吊物底部与越过的固定物顶部之间的净距应大于0.5m)。

7) 泵房内起重设备，可参见下列数据：起重量小于0.5t时，可设固定吊钩或移动吊架；起重量为0.5～2.0t时，可设置手动起重设备；起重量大于2.0t时，设置电动起重设备。

8) 在需要时，可考虑泵房建筑的隔声隔振措施。

9) 泵房内设置消毒和加药设备，应按有关规定设置单独隔离房间和进行防腐处理。

1.8 水　　箱

1.8.1 设 置 原 则

(1) 室外供水压力周期性不足，设置水箱或水池以解决建筑物用水。

(2) 室外供水压力经常不足，需设水泵加压。为减少水泵启动次数而需贮存一定调节水量。

(3) 高层，大型建筑物采用分区给水时，应考虑贮存一定调节水量和按消防规范要求贮存消防水量时而设水箱。

(4) 根据使用要求而需设水箱，以保持恒压供水的。如一些生产企业要求采取恒压供水方式，或调节冷、热水的水压和水温情况。

1.8.2 水箱容积和设置高度

(1) 有效容积：

1) 生活和生产专用高位水箱：水箱有效容积，理论上应根据用水和流入水流量变化曲线确定，但实际上这种曲线很难获得，所以常按经验确定。常用经验数据和计算公式如下：

① 水泵自动运行时按式(1-31)计算：

$$V_t \geqslant 1.25 \frac{Q_b}{4n_{max}} \quad (m^3) \tag{1-31}$$

式中　V_t——高位水箱的有效(调节)容积(m^3)；

Q_b——水泵的出水量(m^3/h)；

n_{max}——水泵一小时内最大启动次数。

根据水泵电机容量及其启动方式、供电系统大小和负荷性质等确定。在水泵可以直接启动，且对供电系统无不利影响时，可选用较大值，一般宜采用 6～8 次/h。也可按式(1-32)估算：

$$V_t = (Q - Q_b)T + Q_b T_b \quad (m^3) \tag{1-32}$$

式中 Q——设计秒流量(m^3/h)；

Q_b——水泵的出水量(m^3/h)；

T——设计秒流量的持续时间(h)，在无资料时可按 0.5h 计算；

T_b——水泵最短运行时间(h)，在无资料时可按 0.25h 计算。

对于生活用水 V_t 也可按不小于最高日用量的 5%计算。

按以上方法确定的水箱有效容积，往往相差很大，尤其是按式(1-31)计算的结果要小的多，只有在确保自动控制装置安全可靠时才能使用。

② 水泵人工操作时，按式(1-33)计算：

$$V_t = \frac{Q_d}{n} - T_b Q_m \quad (m^3) \tag{1-33}$$

式中 Q_d——最高日用水量(m^3/d)；

n——水泵每天启动次数，由设计确定；

T_b——水泵启动一次的运行时间(h)，由设计确定；

Q_m——水泵运行时段内平均小时用水量(m^3/h)。

对于生活用水 V_t 也可按不小于最高日用水量的 12%计算。仅在夜间进水的水箱，生活用水贮量应按用水人数和用水量标准确定。

③ 单设水箱时，按式(1-34)计算：

$$V_t = Q_m T \tag{1-34}$$

式中 Q_m——由于管网压力不足，需要由水箱供水的最大连续平均小时用水量(m^3/h)；

T——需要由水箱供水的最大连续时间(h)。

由于外部管网的供水能力相差很大，水箱有效容积应根据具体情况分析确定。在按上式计算确实有困难时，有时可按最大高峰用水量确定，有时可按全天用水量的 1/2 确定，有时可按夜间进水白天全部由水箱供水确定。

在水箱需要贮备事故用水时，则高位水箱的有效容积除上述容积外，还应根据使用要求增加事故贮水量。生产事故贮水量应按工艺要求确定。

2) 生活或生产水箱兼作消防贮备时：在生活或生产水箱兼作消防用水贮备时，则水箱的有效容积除包括前述生活或生产调节水量外，还需贮备消防专用水量，这部分水平时不准动用，要时刻贮备待用，其容积参见第 2 章。

(2) 设置高度：

1) 水箱的设置高度，应使其最低水位的标高满足最不利配水点或消火栓的流出水头要求，按式(1-35)计算：

$$Z_x \geqslant Z_b + H_c + H_s \quad (m) \tag{1-35}$$

式中　Z_x——高位水箱最低水位的标高(m)；

Z_b——最不利配水点的标高(m)；

H_c——最不利配水点需要的流出水头(m)；

H_s——水箱出口至最不利配水点总水头损失(m)。

2) 对于贮备消防用水的水箱，在满足消防流出水头确有困难时，应采取其它适当措施满足消防要求(详见第2章)。

1.8.3 分类和附件

(1) 分类：

1) 水箱按形状分类分有圆形、方形、矩形、球形等不同形式水箱。

2) 水箱按水箱材质分有钢筋混凝土、热镀锌钢板、玻璃钢、搪瓷钢板、塑料、不锈钢等不同材质水箱。

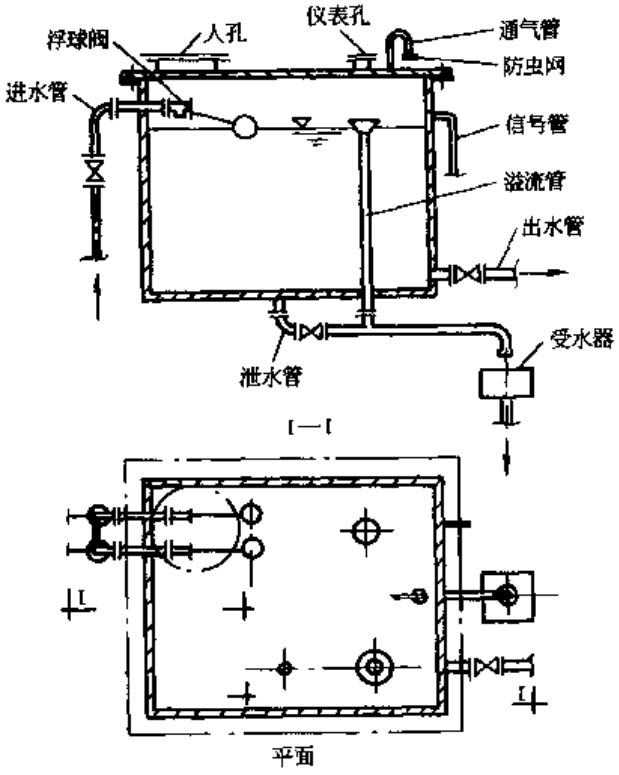


图 1-8　水箱附件示意

3) 水箱按承压能力分有非承压(开口)、承压二种。

4) 水箱按保温分有保温和不保温二种。

5) 水箱按用途分有贮水箱、吸水水箱、膨胀水箱、断流水箱、冲洗水箱、平衡水箱、补水水箱、冷水箱、热水箱等。

(2) 附件：水箱附件一般设有进水管、出水管、溢流水管、泄水管、通气管、水位信号装置、人孔、仪表孔见图 1-8。

1) 进水管及浮球阀：进水管一般从箱壁接入。当水箱利用管网压力进水时，进水管入口应装浮球阀。浮球阀数量一般不少于两个，且管径应与进水管管径相同。在浮球阀前装设阀门，以便检修。

当水箱利用水泵加压供水、并利用水箱水位信号装置自动控制水泵运行时，可不装设浮球阀。

水箱水位上部应留有一定空间，以便安装浮球阀。

浮球阀种类繁多，材质也有多种，可适应不同用途。隔膜式、液压式水位控制阀是使用较广的一种型式。它利用压差原理在小浮球阀动作后启动大的进水阀门。

小浮球阀可安装在水箱(水池)内的高液位以上部位，以控制液面高度。进水阀可另安装在水箱(水池)上或水箱(水池)外部。见图 1-9、10。

2) 出水管及止回阀：出水管可从箱壁或箱底接出。出水管内底应高出水箱内底不小于50mm，并应装设阀门。贮水箱兼作消防贮水时，应有保证消防水量不被动用的措施，如采用液位计控制水泵启动，采用顶上打孔的虹吸管破坏真空而停止出水等。与消防合用的水

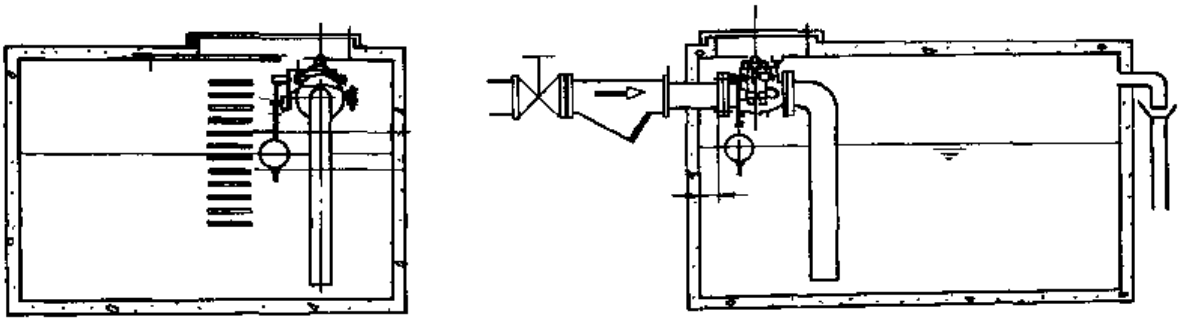


图 1-9　装于池中的控制阀

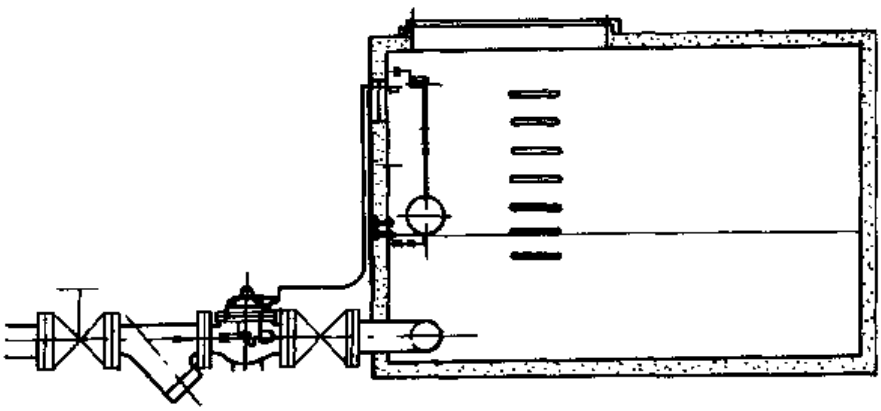


图 1-10　装于池外的控制阀

箱，出水管应设止回阀。当消防时，水箱中出现消防低水位情况应能确保止回阀启动。

3）溢流管：溢流管宜从箱壁接出。管径应比进水管大一级。溢流管上不得装设阀门。溢流管口最好做成朝上喇叭形，沿口应比最高水位高 20～30mm。其出口处应设网罩，并采取断流排水或间接排水方式。

4）通气管：供生活饮用水的水箱应设密封箱盖，箱盖上应设检修人孔和通气管。通气管可伸至室内或室外，但不得伸到有有害气体的地方。管口应有防止灰尘、昆虫和蚊蝇进入的滤网，一般将管口朝下。通气管上不得装阀门、水封等。通气管不得与排水系统和通风管道连接。

5）泄水管：应从水箱底部接出，并应装阀门。泄水管可与溢流管相连，但不得与排水系统直接连接。

6）水位信号装置：一般应在水箱侧壁上安装玻璃液位计，用以就地指示水位。若水箱液位与水泵连锁，则应在水箱内设液位计。常用的液位计有浮球式、杆式、电容式和浮子式等。液位计停泵液位应比溢流水位低不少于 100mm，启泵液位应比设计最低水位高不小于 200mm。

（3）水箱设置：

1）对非钢筋混凝土水箱应放置在混凝土、砖的支墩或槽钢（工字钢）上，其间宜垫以石棉橡胶板、塑料板等绝缘材料。支墩高度不宜小于 600mm，以便管道安装和检修。

2) 水箱间应满足水箱的布置和加压、消毒设施要求，见表 1-31。

水箱布置间距 (m)　　表 1-31

水箱形式	水箱外壁至墙面的距离		水箱之间的距离	水箱顶至建筑结构最低点的距离
	设浮球阀一侧	无浮球阀一侧		
圆　形	0.8	0.5	0.7	0.6
方形或矩形	1.0	0.7	0.7	0.6

注：在水箱旁装有管道时，表中距离应从管道外表面算起。

水箱间应有良好的通风条件，室内气温应大于 5℃。水箱间高度应满足水箱顶距梁下不小于 600mm 的空间。

3) 水箱应设人孔密封盖，并应设保护其不受污染的防护措施。水箱出水若为生活饮用水时，应加设二次消毒措施(如设置臭氧消毒、加氯消毒、加次氯酸钠发生器消毒、二氧化氯发生器消毒、紫外线消毒等)，并应在水箱间留有该设备放置和检修位置。

4) 贮存生活饮用水时，水箱内壁材质不应对水质污染，可以考虑采取衬砌或涂刷涂料等措施，如喷涂瓷釉涂料、食品级玻璃钢面层，无毒的饮用水油漆和贴瓷砖等。并应取得当地卫生防疫站批准。

1.9 变 频 调 速 给 水

1.9.1 概　　述

变频调速给水是国内十几年来发展起来的新型给水方式，已被广泛应用于居住区、高层大厦、工矿企业、农村、城镇的生活给水和一些生产工艺有特殊要求的生产给水系统。它有明显的节能效果。凡需增压的给水系统，为了节能，均可采用变频调速给水系统。随着我国科技发展和生产能力的提高，变频调速给水控制方式也从一般逻辑电子电路控制方式，发展到可编程序控制器控制方式；从一台泵固定变频发展到按可编程序自动切换变频的方式，使之运行更可靠、更合理、更加节能。

1.9.2 特　　点

(1) 设备时刻监测供水量。在变压(或恒压)给水条件下，经过微机控制水泵机组的工作状态和转速，使之处于高效节能的运行状态，避免了电能的浪费。水泵在微机和变频控制器控制下软启动，启动电流小(一般不超过额定工作电流的 110%)，能耗少。与常规继电接触器控制相比，节电约 10%～30%。

(2) 以微机控制水泵运行，调整速度快，控制精度高。一般恒压给水系统给水压力误差 ±0.02MPa。

(3) 水泵的软启动，降低了对电网供电容量的要求，减少了水泵机组的机械冲击和磨损及水泵切换时的振荡现象，因而延长了设备的使用寿命。

(4) 设备一般均具有变频自动、工频自动、手动三种操作方式，且以微机控制运行，使之管理简便，运行可靠。

(5) 变频给水具有软启动、有过载、短路、过压、欠压、缺相、过热和失速保护功能，在异常情况下的声、光信号报警，且有自检、故障判断功能，设备运行更加安全可靠。

(6) 设备一般均为一体化装置，体积小，占地少。

1.9.3 变频调速给水设备

(1) 设备组成：一般变频调速给水机组由主工作泵、辅助工作泵、气压罐(自动补气式和隔膜式)、压力开关安全阀、控制柜和管道配件等组成。图 1-11 为自动补气式的变频调速给水机组流程。

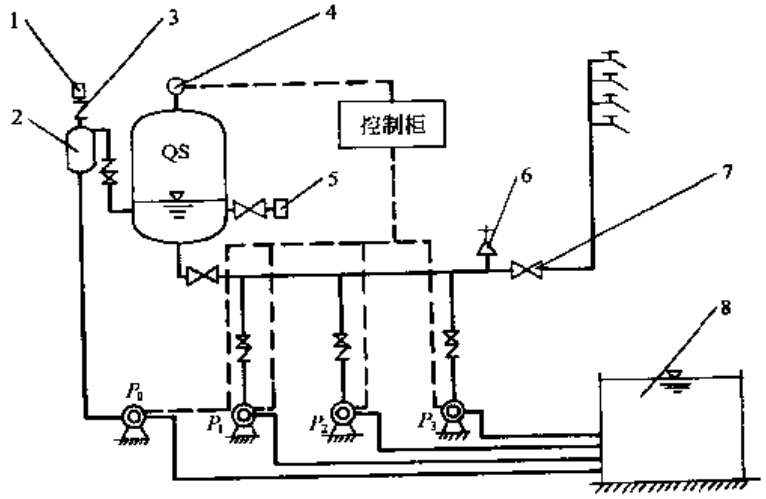


图 1-11 自动补气变频调速给水流程

1—吸气阀；2—补气罐；3—止回阀；4—压力开关；5—自动排气阀；6—安全阀；7—闸阀；8—贮水池

P_0—辅助水泵；P_1～P_3—主水泵

变频调速给水系统选用隔膜式气压罐作为调节装置时，见图 1-12。

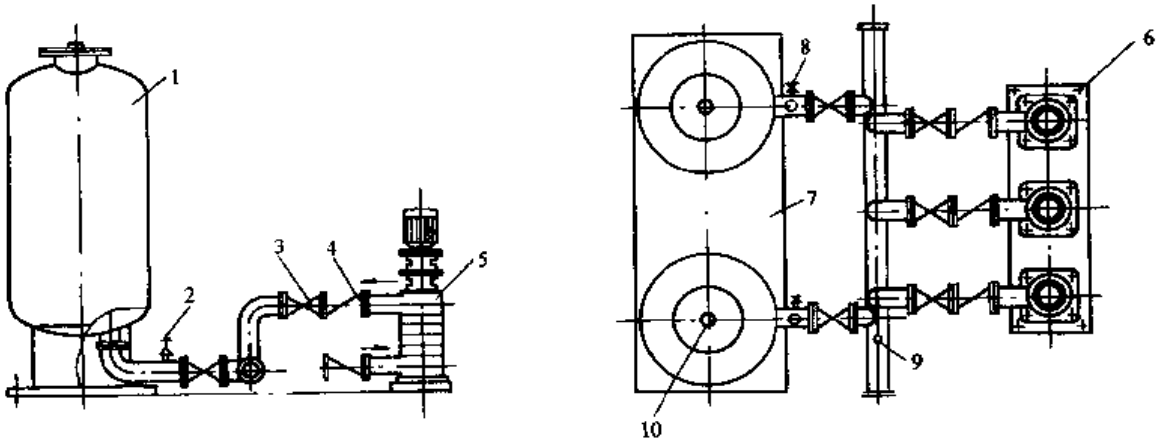


图 1-12 隔膜式变频给水装置

1—隔膜式气压罐；2—安全阀；3—阀门；4—止回阀；5—水泵；6—泵基座；

7—气压罐基座；8—放水阀；9—压力开关；10—补气阀门

(2) 变频调速供水设计：

1) 水泵选择:变频调速给水泵组的设计流量:对生活、生产给水应按设计秒流量确定;对生活、生产和消防共用给水除保证消防用水量外,还应满足生活、生产用水量的要求。

变频调速给水泵不宜大于三台,宜设备用泵。每台水泵出水量宜按设计流量的 1/3 选泵。若为二台工作,每台水泵出水量宜按设计流量 1/2 选泵。

为节能,如夜间用水量较小的情况,宜设气压罐和小泵(辅助泵)以保持出水量和给水压力。小泵流量应按气压罐贮备调节水量和每小时水泵启动次数为 6～8 次来选择。气压罐贮备调节容积应考虑到用户昼夜用水量的变化和管网漏水情况。

对于中、小型变频调速机组,一般几台水泵组装在同一底座上,水泵宜选用立式多级泵。对于大型变频调速给水,水泵可分开单独设置基础,水泵可选用高效节能立式泵或卧式泵。组装式变频调速给水机组,见图 1-13。

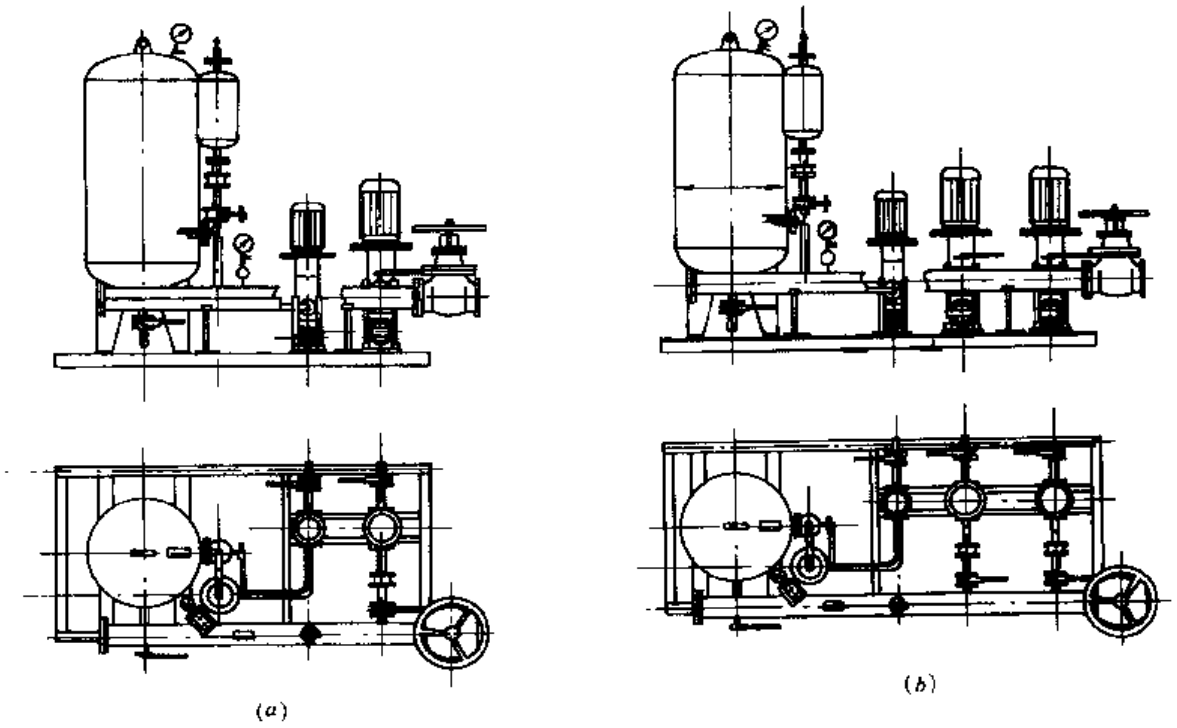


图 1-13　组装式变频调速给水机组
(a)、(b)为两组组装方式

水泵工作点应在水泵工作曲线高效区范围内,且宜在该范围右侧。

水泵恒压工作线值应能满足用户最不利点压力所需流出水头,以此计算在满足设计秒流量下水泵的工作压力。

在需要控制噪声的建筑物内,水泵应做减振处理。对组装式机组可在基础下采取减振做法(如橡胶隔振垫、隔振器和弹簧减振器等措施)。对于单独设置水泵的基础,可分开设置减振措施。水泵出水管应做隔振吊、支架,以免使噪声传出水泵房。

2) 设备附件:变频调速泵机组附件主要有止回阀、阀门、气压罐用安全阀、压力表、压力控制器、管道和底座。一般组装式设备均由厂家组装好供货。

压力控制器一般有二个触点,可根据具体压力进行调整。对恒压变量机组给水压力误

差宜在±0.02MPa左右。压力开关可设在供水机房或管网末端。在选择量程时,宜按压力值选在表盘中间部位,以提高测量精度。

安全阀按设计工作压力加上0.05~0.08MPa来调定其释放压力,同时应把其泄压水排至机房排水沟。

3) 控制柜及供电:控制柜是变频调速机组的核心部分,一般由供货厂家按水泵功率配套供应。控制柜主要由变频调速器、微机、调节器、各类开关、继电器、接触器、指示灯等电子元、器件组成。

控制柜可与机组同座安装,也可单独设置。其工作环境应通风良好,室温在5~40℃,湿度小于85%,且无结露,便于观察、检修和操作。柜于前后应有足够的检查维修空间。

对于变频调速机组应有双电源或双回路供电,以保证机组安全运行。电路应有良好接地,其接地电阻不大于10Ω。

1.10 气 压 给 水

1.10.1 特 点

气压给水设备是给水系统中的一种利用密闭贮罐内空气的可压缩性贮存、调节和压送水量的装置,其作用相当于高位水箱和水塔。它适用于工业、民用给水、居住小区、高层建筑、农村、施工现场等等凡需要加压供水的场所。其优点:

(1) 施工、安装简便,便于工程扩建、改建和拆迁。

(2) 气压罐可设置在任何高度。

(3) 给水压力在一定范围内可进行调节。

(4) 地震区建筑、隐蔽工程、临时建筑和具有艺术要求的建筑,不宜设置水箱、水塔,均可采用气压给水。

(5) 水质不易被污染(与水箱、水塔相比)。

(6) 便于实现自动控制和集中管理,维护管理方便。

其缺点:

(1) 给水压力变动较大。变压式气压给水的压力变动较大时,可能影响给水配件使用寿命。

(2) 气压罐调节容积小。有效容积一般只占总容积的1/6~1/3。

(3) 给水安全性较差。一旦发生断电或自控失灵,断水机率较大。

(4) 经常费用较高。水泵频繁启动,且不可能在水泵高效区运行,平均效率较低,能耗较大。

1.10.2 设 备 分 类

气压给水设备的分类:按压力稳定情况可分为变压式和定压式两种。

(1) 变压式气压给水设备:在用户对水压没有特殊要求时,一般常采用变压式给水设备,见图1-14。罐内空气压力随给水工况变化,给水系统处于变压状态工作。

气压罐中的水被压缩空气压送至给水管网,随着罐内水量减少,空气体积膨胀,压力减

小。当压力降至最小工作压力时，压力继电器动作，使水泵启动。水泵出水除供用户外，多余部分进入气压罐，空气又被压缩，压力上升。当压力升至最大工作压力时，压力继电器动作，使水泵关闭。

(2) 定压式气压给水设备：在用户要求水压稳定时，可在变压式给水设备的给水管上安装调压阀，调节阀后水压在要求范围内，使管网处于恒压下工作，见图 1-15。

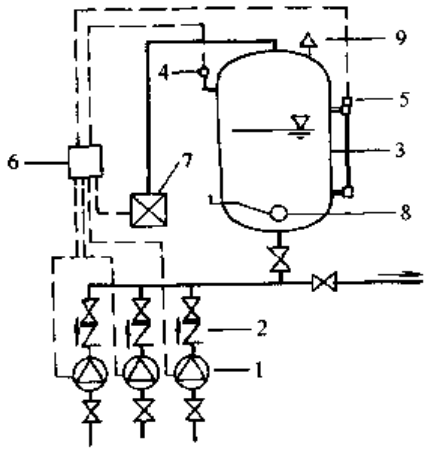


图 1-14　单罐变压式

1—水泵；2—止回阀；3—气压水罐；4—压力信号器；5—液位信号器；6—控制器；7—补气装置；8—排气阀；9—安全阀

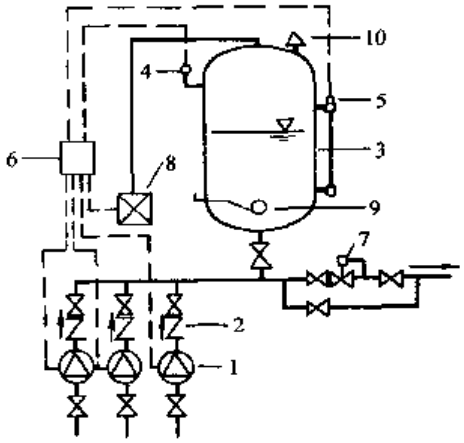


图 1-15　单罐定压式

1—水泵；2—止回阀；3—气压水罐；4—压力信号器；5—液位信号器；6—控制器；7—压力调节阀；8—补气装置；9—排气阀；10—安全阀

1.10.3 设 备 计 算

气压给水设备计算如下：

(1) 气压罐的各项容积按式(1-36)～式(1-40)计算。计算简图见图 1-16。

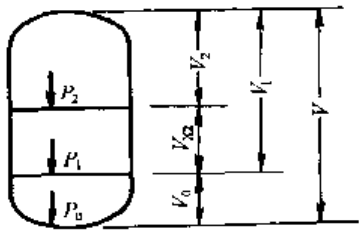


图 1-16　计算简图

$$V_{x2}=\frac{Cq_b}{4n}\quad(m^3) \tag{1-36}$$

$$V=\frac{\beta V_{x2}}{1-\alpha_b}=\frac{P_1P_2}{(P_2-P_1)P_0}V_{x2}\quad(m^3) \tag{1-37}$$

$$V_1=\frac{V_{x2}}{1-\alpha_b}=\frac{P_2}{P_2-P_1}V_{x2}\quad(m^3) \tag{1-38}$$

$$V_2=\frac{\alpha_b}{1-\alpha_b}V_{x2}=\frac{P_1}{P_2-P_1}V_{x2}\quad(m^3) \tag{1-39}$$

$$V_0=\frac{\beta-1}{1-\alpha_b}V_{x2}=\frac{(P_1-P_0)P_2}{(P_2-P_1)P_0}V_{x2}\quad(m^3) \tag{1-40}$$

式中　V_{x2}——气压罐的调节水容积(m^3)；

V——气压罐总容积(m^3)；

V_1——设计最低工作压力时罐内空气容积(m^3)；

V_2——设计最高工作压力时罐内空气容积(m^3)；

V_0——水的保护容积，即设计最低工作压力时罐内水容积(m^3)；

q_b——工作水泵的计算流量(m^3/h),其值应为工作泵组中最大一台水泵在气压罐最高工作压力和最低工作压力之和的一半时的流量;

n——水泵在1h内启动次数,宜采用6~8次;

C——安全系数,宜采用1.0~1.3;

α_b——气压罐内最低工作压力与最高工作压力比,

$$\alpha_b=\frac{P_1}{P_2} \tag{1-41}$$

一般为0.65~0.85,有特殊要求时可取0.5~0.9。

β——气压罐容积系数,

$$\beta=\frac{P_1}{P_0}=\frac{V_0}{V_1} \tag{1-42}$$

补气式卧式气压罐宜为1.25,补气式立式气压罐宜为1.10,隔膜式气压罐宜为1.05;

P_0——气压罐的初始压力(绝对压力,MPa),即启动气压罐时罐内充气压力;

P_1——气压罐内最低工作压力(绝对压力,MPa),其值按管网最不利点所需水压计算见式(1-42)。

$$P_1=(10H_1+H_2+H_3+H_4)/1000 \quad \text{(绝对压力,MPa)} \tag{1-43}$$

式中 H_1——水源最低水位至管网最不利配水点的高差(m);

H_2——由水源最低水位至管网最不利配水点的管路沿程水头损失(kPa);

H_3——由水源最低水位至管网最不利配水点的局部水头损失(kPa);

H_4——最不利配水点用水设备的流出水头(kPa);

P_2——气压罐内最高工作压力(绝对压力,MPa)见式(1-44)。

$$P_2=\frac{P_1}{\alpha_b} \quad \text{(MPa)} \tag{1-44}$$

(2) 水泵选择:工作水泵按给水系统最大小时用水量、所需扬程和设备运行方式等因素选择配置,应设自动开关装置,并宜配置备用水泵。多台运行时,应采用递次交替和并联运行方式。

水泵出水量应在其扬程 $H=\frac{P_1+P_2}{2}$ 时等于大于给水系统最大小时用水量的1.2倍,且应在水泵的高效区内工作。

水泵运行台数与气压罐的总容积有关。水泵台数越多,气压罐的总容积越少,但增加水泵台数会使配电和建筑面积增大,因此应进行技术经济比较以选择合理的水泵工作台数和气压罐的数量。

应根据机房位置要求,考虑水泵是否应做减振处理。

1.10.4 补气式气压给水设备

为确保气压罐内空气量,补气式气压给水设备应经常向气压罐内充气。充气的方式有利用空压机、出水管积存空气、水射器和补气罐等几种:

(1) 利用空气压缩机补气:由于罐内空气量减少,当水位超过最高工作压力的水位时,

由水位继电器启动空气压缩机向罐内补气，使水位下降；当水位降低至最高水位时，空气压缩机关闭，停止补气。

空气压缩机性能应根据气压罐总容积和罐内压力而定。其工作压力为罐内最高工作压力 1.2 倍为宜。一般气压罐补气量很小，选用小型号空气压缩机即可满足补气要求，补气空气压缩机排气量，可按表 1-32 选用。

补气空气压缩机选择　　表 1-32

气压水罐总容积(m^3)	空气压缩机排气量(m^3/min)	气压水罐总容积(m^3)	空气压缩机排气量(m^3/min)
3.0	0.05	11.5～16.5	0.25
3.5～5.5	0.10	17.0～29.5	0.40
6.0～11.0	0.15	30.0～45.0	0.60

当设有压空管道时，也可从压空管道上接入用以补充所需空气量，但应装设阀门和电磁阀，同时在空气管上应装设过滤器，以确保空气不对水质造成污染。

采用空气压缩机补气时，对定压式气压给水设备的压缩机不宜小于 2 台，其中一台备用。对变压式气压给水设备可不设备用空气压缩机组。生活给水气压给水设备采用的空气压缩机应为无油润滑型。

(2) 利用水泵出水管中积存空气补气：借装在水泵出水管上的止回阀进气。当水泵停止工作时，出水管中水位下降，形成负压，止回阀开启进气。当水泵启动后，出水管内形成正压使其中空气进入气压罐内。每启动一次水泵都补入一次空气。图 1-17 列出了几种补气方式。

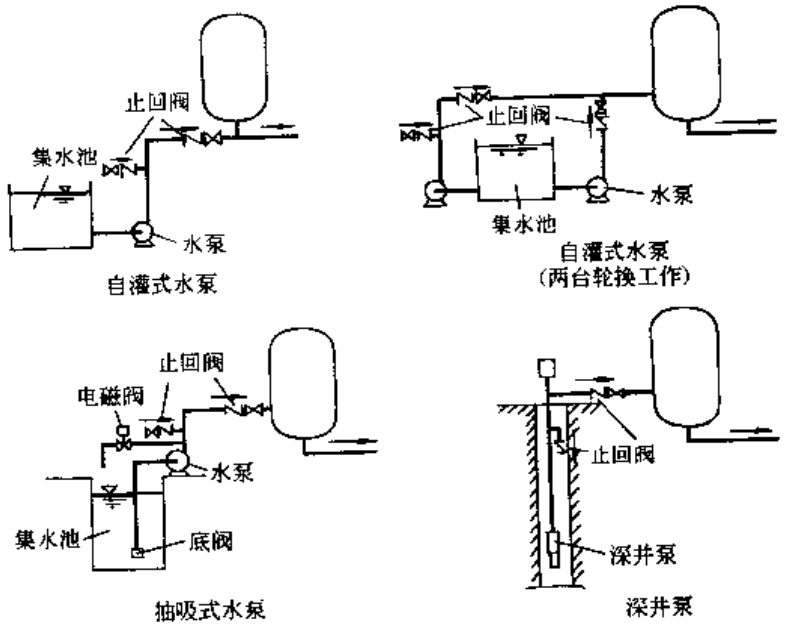


图 1-17　利用水泵出水管中积存空气补气方式

(3) 水射器补气：图 1-18 所示为在水泵出水管的旁道管上装设补气水射器。当水泵运行时，水射器吸入空气补入罐内。调节水泵出水管上阀门的开启度，即可控制进入水射器的

空气量。

(4) 设置补气罐自动补气：目前该种补气方法很多。增设补气罐可以增大补气量。一般补气罐容积约为气压罐容积的 2% 左右。补气罐应设于贮水池最高水位以上 200mm。图 1-19 示出其中一种补气罐的补气方式。

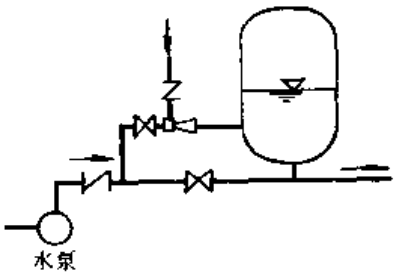


图 1-18 利用水射器补气方式

(5) 排气：补气式气压给水设备气压罐需设排气装置。排气装置设置是为排除罐内多余的空气，以保障最低的工作水位和避免空气进入给水管网，造成故障。一般分为手动和自动排气两种。

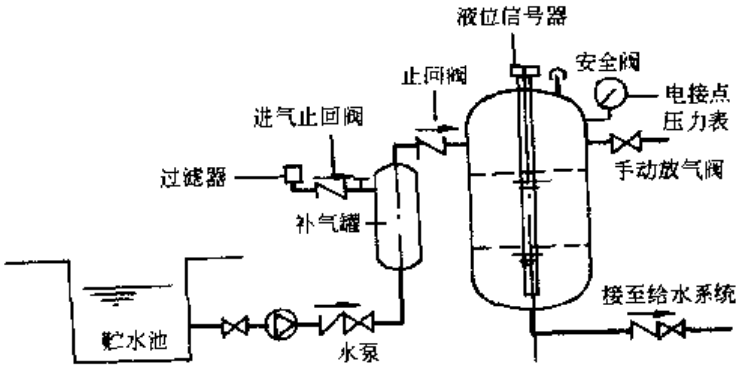


图 1-19 设补气罐的补气方式

手动排气阀是由管理人员定期打开排气阀门放出多余空气。

自动排气装置的作用是在最低水位以下时，自动排出罐内多余空气。常用自动排气装置是在最低工作水位下处装设自动排气阀；或在最低工作水位下处设置电触点，由此发出动作信号使电磁阀动作自动排气。目前装设自动排气阀者较多，也灵活方便。

(6) 其它附件：气压罐给水系统应装设密闭人孔、压力表、调压阀、安全阀、泄水阀。

对定压式气压给水系统可在进气管或出水管上装设自动调压阀。安全阀宜放置在给水管路上。补气式气压罐进水管上应装设止回阀，在罐体上宜装设水位计。用于生活气压给水设备，其补气罐或空气压缩机的进气口处应设空气过滤器。

1.10.5 隔膜式气压给水设备

(1) 构造和工作原理：隔膜式气压给水设备是在气压罐内装设橡胶隔膜将水与空气分开，预先充入压缩空气，使隔膜压缩；当设备工作时，气压罐内进入压力水，使隔膜充水膨胀而压缩隔膜外部空气；当向管网供水时，利用被压缩的空气把隔膜再行压缩，使其水室中水被压缩进入管网。隔膜气压罐构造，见图 1-20。

(2) 设备特点：

1) 不需要补气和排气装置。

2) 罐内水与空气由隔膜分开，可避免了空气对水的污染。

3) 与补气式气压给水相比，自控简单、造价较低、维护管理较方便。

4) 与补气式气压给水相比，气压罐容积系数小，在罐内水容积相同情况下，气压罐的总

容积可减少10%～20%。

5）因气压罐内空气部分不与水接触，可适当降低罐体的防腐要求，节约了成本。

鉴于以上特点，目前隔膜式气压给水设备被广泛应用。但在选用时要特别注意隔膜的性能。它应有足够的抗张拉强度和抗疲劳强度；要有不透水性能和化学稳定性，对水质不造成影响。

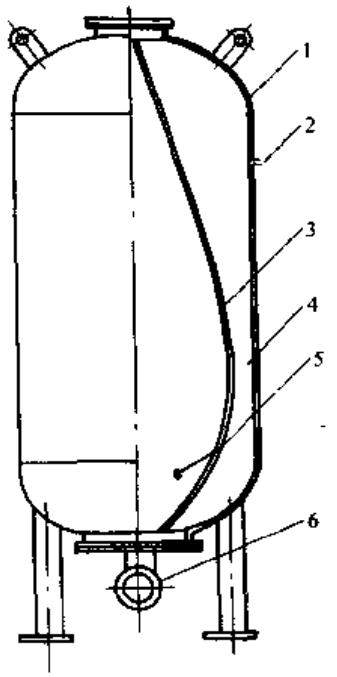


图1-20　隔膜式气压罐构造
1—气压罐；2—充气口；3—橡胶隔膜；4—气室；5—水室；6—进出水口

1.10.6　气压给水站

（1）气压给水站布置：

1）给水站宜设置在给水区域中心地带和靠近水源。

2）给水站内给水管道宜明设，以便维护和检修。

3）给水站布置应合理、紧凑，要考虑检修和安装的场地。

4）站内地面要有坡度，坡向排水沟。若不能重力排除积水时，应设置排水坑和水泵提升设施。

5）给水站的设备布置参见水泵房和水箱的布置设计。气压罐罐顶至建筑结构最低点的距离不宜小于1.0m，罐壁与墙面的净距不得小于0.7m。

6）当气压给水设备必须位于贮水池顶盖上时，应有保护贮水池不被污染的防护和隔振措施。

7）位于居住小区的独立给水站，其设备的噪声要符合《城市区域环境噪声标准》。当噪声超过标准时应采取降低噪声措施。设置在民用建筑内的气压给水设备的噪声源主要是水泵机组，其对给水站墙体及门窗外的噪声应小于50dB。采取的防止噪声传递的措施主要有：在有防振或有安静要求的房间上下或毗邻的房间内，不设置给水站；水泵机组应设置橡胶隔振垫，隔振器；在水泵吸水管和出水管上，设置可曲挠橡胶接头；管道设弹性隔振支架；穿墙和穿楼板处，采取固体传声隔振措施；必要时应对建筑采取隔声、吸声装置。

（2）给水站的通风、采暖：采暖地区的气压给水设备室，室内应有采暖措施。无人值班时室内设计温度大于5℃，有人值班时室内设计温度为16～18℃，相对湿度不宜大于85%。给水站内应通风良好，其换气次数不应小于6次/h。

（3）供电和照明：不允许间断给水的泵房应设双电源；如不可能时，应设备用动力设备，其能力应能满足发生事故时的用水要求；消防用气压给水设备应设双电源或双回路供电，以保证设备正常运行。

在运行时，室内照明标准宜为100lx。检修用电源宜设置成低压安全电源，如设36V低压安全插座。

2 建 筑 消 防

2.1 低层建筑消火栓消防给水系统

9层及9层以下的住宅(包括底层设置商业服务网点的住宅)、建筑高度不超过24m的其它民用建筑,以及建筑高度超过24m的单层公共建筑,单层、多层和高层工业建筑的室内消火栓给水系统,称为低层建筑消火栓消防给水系统。

2.1.1 设 置

低层建筑消火栓消防给水系统的设置分述如下:

(1) 应设室内消火栓消防给水系统的建筑物:

1) 厂房、库房、高度不超过24m的科研楼(存有与水接触能引起燃烧爆炸的物品除外)。

2) 超过800个座位的剧院、电影院、俱乐部和超过1200个座位的礼堂、体育馆。

3) 体积超过5000m^{3}的车站、码头、机场建筑物以及展览馆、商店、病房楼、门诊楼、图书馆、书库等。

4) 超过7层的单元式住宅,超过6层的塔式住宅、通廊式住宅、底层设有商业网点的单元式住宅。

5) 超过5层或体积超过10000m^{3}的教学楼等其它民用建筑。

6) 国家级文物保护单位的重点砖木或木结构的古建筑。

(2) 可不设室内消火栓消防给水系统的建筑物:

1) 耐火等级为一、二级,且可燃物较少的丁、戊类厂房和库房(高层工业建筑除外)。

2) 耐火等级为三、四级,且建筑体积不超过3000m^{3}的丁类厂房和建筑体积不超过5000m^{3}的戊类厂房。

3) 室内没有生产、生活给水管道,且室外消防用水取自贮存池,同时建筑体积不超过5000m^{3}的建筑物。

(3) 建筑物内设置消火栓系统的特殊情况:

1) 在一座一、二级耐火等级的厂房内,如有生产性质不同的部位时,可根据各部位的特点确定设置或不设置室内消防给水。

2) 严寒地区非采暖的厂房、库房的室内消火栓,可采用干式系统,但在进水管上应设快速启闭装置,管道最高处应设排气阀。

3) 设有空调系统的旅馆、办公楼,以及超过1500个座位的剧院、会堂,其闷顶内安装有面灯部位的马道处,宜增设消防卷盘。

(4) 生产厂房和储存库房的火灾危险性分类及举例见表 2-1～4。

生产的火灾危险性分类　　表 2-1

生产类别	火灾危险性特征
甲	使用或产生下列物质的生产： 1. 闪点＜28℃的液体 2. 爆炸下限＜10%的气体 3. 常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质 4. 常温下受到水或空气中水蒸气的作用，能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 5. 遇酸、受热、撞击、摩擦、催化以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂 6. 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质 7. 在密闭设备内操作温度等于或超过物质本身自燃点的生产
乙	使用或产生下列物质的生产： 1. 闪点≥28℃至＜60℃的液体 2. 爆炸下限≥10%的气体 3. 不属于甲类的氧化剂 4. 不属于甲类的化学易燃危险固体 5. 助燃气体 6. 能与空气形成爆炸性混合物的浮游状态的粉尘、纤维、闪点≥60℃的液体雾滴
丙	使用或产生下列物质的生产： 1. 闪点≥60℃的液体 2. 可燃固体
丁	具有下列情况的生产： 1. 对非燃烧物质进行加工，并在高热或熔化状态下经常产生强辐射热、火花或火焰的生产 2. 利用气体、液体、固体作为燃料或将气体、液体进行燃烧作其它用的各种生产 3. 常温下使用或加工难燃烧物质的生产
戊	常温下使用或加工非燃烧物质的生产

注：1. 在生产过程中，如使用或产生易燃、可燃物质的量较少，不足以构成爆炸或火灾危险时，可以按实际情况确定其火灾危险性的类别。

2. 一座厂房内或防火分区内有不同性质的生产时，其分类应按火灾危险性较大的部分确定，但火灾危险性大的部分占本层或本防火分区面积的比例小于 5%（丁、戊类生产厂房的油漆工段小于 10%），且发生事故时不足以蔓延到其它部位，或采取防火措施能防止火灾蔓延时，可按火灾危险性较小的部分确定。

丁、戊类生产厂房的油漆工段，当采用封闭喷漆工艺时，封闭喷漆空间内保持负压、且油漆工段设置可燃气体浓度报警系统或自动抑爆系统时，油漆工段占其所在防火分区面积的比例不应超过 20%。

储存物品的火灾危险性分类　　表 2-2

储存物品类别	火灾危险性的特征
甲	1. 闪点＜28℃的液体 2. 爆炸下限＜10%的气体，以及受到水或空气中水蒸气的作用，能产生爆炸下限＜10%气体的固体物质 3. 常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质 4. 常温下受到水或空气中水蒸气的作用能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 5. 遇酸、受热、撞击、摩擦以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂 6. 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质
乙	1. 闪点≥28℃至＜60℃的液体 2. 爆炸下限≥10%的气体 3. 不属于甲类的氧化剂 4. 不属于甲类的化学易燃危险固体 5. 助燃气体 6. 常温下与空气接触能缓慢氧化，积热不散引起自燃的物品

续表

储存物品类别	火灾危险性的特征
丙	1. 闪点≥60℃的液体 2. 可燃固体
丁	难燃烧物品
戊	非燃烧物品

注：难燃物品、非燃物品的可燃包装重量超过物品本身重量1/4时，其火灾危险性应为丙类。

生产的火灾危险性分类举例 表2-3

生产类别	举例
甲	1. 闪点＜28℃的油品和有机溶剂的提炼、回收或洗涤部位及其泵房，橡胶制品的涂胶和胶浆部位，二硫化碳的粗馏、精馏工段及其应用部位，青霉素提炼部位，原料药厂的非纳西汀车间的烃化、回收及电感精馏部位，皂素车间的抽提、结晶及过滤部位，冰片精制部位，农药厂乐果厂房、敌敌畏的合成厂房，磺化法糖精厂房、氯乙醇厂房，环氧乙烷、环氧丙烷工段，苯酚厂房的磺化、蒸馏部位、焦化厂吡啶工段，胶片厂片基厂房，汽油加铅室，甲醇、乙醇、丙酮、丁酮异丙醇、醋酸乙酯、苯等的合成或精制厂房，集成电路工厂的化学清洗间(使用闪点＜28℃的液体)，植物油加工厂的浸出厂房 2. 乙炔站，氢气站，石油气体分馏(或分离)厂房，氯乙烯厂房，乙烯聚合厂房，天然气、石油伴生气、矿井气、水煤气或焦炉煤气的净化(如脱硫)厂房压缩机室及鼓风机室，液化石油气罐瓶间，丁二烯及其聚合厂房，醋酸乙烯厂房，电解水或电解食盐厂房，环己酮厂房、乙基苯和苯乙烯厂房，化肥厂的氢氮气压缩厂房，半导体材料厂使用氢气的拉晶间，硅烷热分解室 3. 硝化棉厂房及其应用部位，赛璐珞厂房，黄磷制备厂房及其应用部位，三乙基铝厂房，染化厂某些能自行分解的重氮化合物生产，甲胺厂房，丙烯腈厂房 4. 金属钠、钾加工厂房及其应用部位，聚乙烯厂房的一氯二乙基铝部位、三氯化磷厂房，多晶硅车间三氯氢硅部位，五氧化磷厂房 5. 氯酸钠、氯酸钾厂房及其应用部位，过氧化氢厂房，过氧化钠、过氧化钾厂房，次氯酸钙厂房 6. 赤磷制备厂房及其应用部位，五硫化二磷厂房及其应用部位 7. 洗涤剂厂房石蜡裂解部位，冰醋酸裂解厂房
乙	1. 内点≥28℃至＜60℃的油品和有机溶剂的提炼、回收、洗涤部位及其泵房，松节油或松香蒸馏厂房及其应用部位，醋酸酐精馏厂房，己内酰胺厂房，甲酚厂房，氯丙醇厂房，樟脑油提取部位，环氧氯丙烷厂房，松针油精制部位，煤油罐桶间 2. 一氧化碳压缩机室及净化部位，发生炉煤气或鼓风炉煤气净化部位，氨压缩机房 3. 发烟硫酸或发烟硝酸浓缩部位，高锰酸钾厂房，重铬酸钠(红钒钠)厂房 4. 樟脑或松香提炼厂房，硫磺回收厂房，焦化厂精萘厂房 5. 氧气站，空分厂房 6. 铝粉或镁粉厂房，金属制品抛光部位，煤粉厂房、面粉厂的碾磨部位，活性炭制造及再生厂房，谷物筒仓工作塔，亚麻厂的除尘器和过滤器室
丙	1. 闪点≥60℃的油品和有机液体的提炼、回收工段及其抽送泵房，香料厂的松油醇部位和乙酸松油脂部位，苯甲酸厂房，苯乙酮厂房，焦化厂焦油厂房，甘油、桐油的制备厂房，油浸变压器室，机器油或变压油灌桶间，柴油灌桶间，润滑油再生部位，配电室(每台装油量＞60kg的设备)，沥青加工厂房，植物油加工厂的精炼部位 2. 煤、焦炭、油母页岩的筛分、转运工段和栈桥或储仓，木工厂房，竹、藤加工厂房，橡胶制品的压延、成型和硫化厂房，针织品厂房，纺织、印染、化纤生产的干燥部位，服装加工厂房，棉花加工和打包厂房，造纸厂备料、干燥厂房，印染厂成品厂房，麻纺厂粗加工厂房，谷物加工房，卷烟厂的切丝、卷制、包装厂房，印刷厂的印刷厂房，毛涤厂选毛厂房，电视机、收音机装配厂房，显像管厂装配工段烧枪间，磁带装配厂房，集成电路工厂的氧化扩散间、光刻间，泡沫塑料厂的发泡、成型、印片压花部位，饲料加工厂房

续表

生产类别	举　　例
丁	1. 金属冶炼、锻造、铆焊、热轧、铸造、热处理厂房 2. 锅炉房，玻璃原料熔化厂房，灯丝烧拉部位，保温瓶胆厂房，陶瓷制品的烘干、烧成厂房，蒸汽机车库，石灰焙烧厂房，电石炉部位，耐火材料烧成部位，转炉厂房，硫酸车间焙烧部位，电极锻烧工段配电室(每台装油量≤60kg的设备) 3. 铝塑材料的加工厂房，酚醛泡沫塑料的加工厂房，印染厂的漂炼部位，化纤厂后加工润湿部位
戊	制砖车间，石棉加工车间，卷扬机室，不燃液体的泵房和阀门室，不燃液体的净化处理工段，金属(镁合金除外)冷加工车间，电动车库，钙镁磷肥车间(焙烧炉除外)，造纸厂或化学纤维厂的浆粕蒸煮工段，仪表、器械或车辆装配车间，氯里昂厂房，水泥厂的轮窑厂房，加气混凝土厂的材料准备、构件制作厂房

储存物品的火灾危险性分类举例　　表 2-4

储存物品类别	举　　例
甲	1. 己烷、戊烷，石脑油，环戊烷，二硫化碳，苯，甲苯，甲醇，乙醇，乙醚，蚁酸甲酯、醋酸甲酯、硝酸乙酯、汽油、丙酮，丙烯，乙醚，60度以上的白酒 2. 乙炔，氢，甲烷，乙烯，丙烯，丁二烯、环氧乙烷，水煤气，硫化氢，氯乙烯，液化石油气，电石，碳化铝 3. 硝化棉，硝化纤维胶片，喷漆棉，火胶棉，赛璐珞棉，黄磷 4. 金属钾，钠，锂，钙，锶，氢化锂，四氢化锂铝，氢化钠 5. 氯酸钾，氯酸钠，过氧化钾，过氧化钠，硝酸铵 6. 赤磷，五硫化磷，三硫化磷
乙	1. 煤油，松节油，丁烯醇，异戊醇，丁醚，醋酸丁酯，硝酸戊酯，乙酰丙酮，环己胺，溶剂油，冰醋酸，樟脑油，蚁酸 2. 氨气、液氯 3. 硝酸铜，铬酸，亚硝酸钾，重铬酸钠，铬酸钾，硝酸，硝酸汞，硝酸钴，发烟硫酸，漂白粉 4. 硫磺，镁粉，铝粉，赛璐珞板(片)，樟脑，萘，生松香，硝化纤维漆布，硝化纤维色片 5. 氧气，氟气 6. 漆布及其制品，油布及其制品，油纸及其制品，油绸及其制品
丙	1. 动物油，植物油，沥青，蜡，润滑油，机油，重油，闪点≥60℃的柴油，糠醛，>50度至<60度的白酒 2. 化学、人造纤维及其织物，纸张，棉、毛、丝、麻及其织物，谷物，面粉，天然橡胶及其制品，竹、木及其制品，中药材，电视机，收录机等电子产品，计算机房已录数据的磁盘储存间，冷库中的鱼、肉间
丁	自熄性塑料及其制品，酚醛泡沫塑料及其制品，水泥刨花板
戊	钢材，铝材，玻璃及其制品，搪瓷制品，陶瓷制品，不燃气体，玻璃棉，岩棉，陶瓷棉，硅酸铝纤维，矿棉，石膏及其无纸制品，水泥，石，膨胀珍珠岩

2.1.2 组成和类型

(1) 组成：低层建筑消火栓消防给水系统通常由消防供水水源(市政给水管网、天然水源、消防水池)，消防供水设备(消防水箱、消防水泵、水泵接合器)，室内消防给水管网(进水管、水平干管、消防竖管等)以及室内消火栓(水枪、水带、消火栓、消火栓箱等)四部分组成见图 2-1。其中消防水池、消防水箱和消防水泵的设置需根据建筑物的性质、高度以及市政给水的供水情况而定。

(2) 类型：

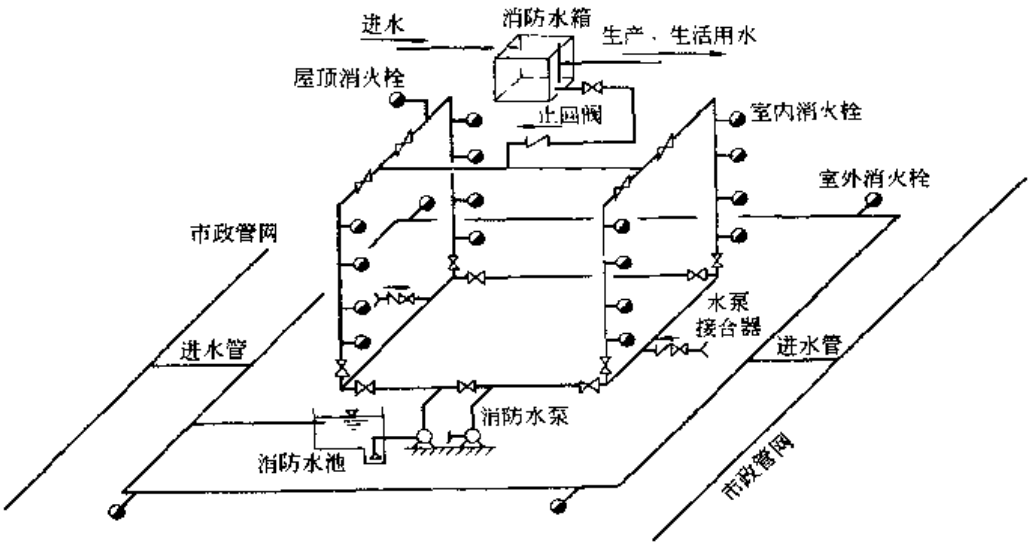


图 2-1 低层建筑消火栓消防给水系统组成示意

1) 低压消火栓给水系统(见图 2-2):在该系统中,市政管网供水量能满足消防室外用水要求,水压大于等于 0.1MPa,但不能满足室内消防水压要求,故需借助消防车从室外消火栓取水灭火或利用室内消防水泵加压后灭火。

在这种系统中,消防管网一般与生产、生活给水合并使用,适用于各类建筑。

2) 高压消火栓给水系统(见图 2-3):在这种系统中,市政给水管网或室外高位水池的供水量和供水压力能满足室内、外消防时的用水要求,一般采用与生产、生活合并的给水系统,但当最大供水压力大于 0.6MPa 或大于平时生产、生活用水要求的水压时,系统应分开。

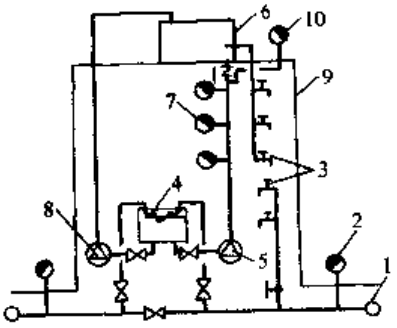


图 2-2 低压消火栓给水系统

1—市政给水管;2—室外消火栓;3—室内生活用水点;4—室内水池;5—消防水泵;6—水箱;7—室内消火栓;8—生活水泵;9—建筑物;10—屋顶试验用消火栓

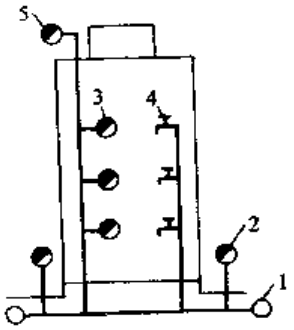


图 2-3 高压消火栓给水系统

1—室外环管;2—室外消火栓;3—室内消火栓;4—生活给水点;5—屋顶试验用消火栓

消防给水系统由于与生产、生活合并,其水质应符合生活饮用水和生产用水水质标准。

3) 临时高压消火栓给水系统(见图 2-4):消防给水系统与生产、生活给水系统合并时,其水质应符合生活饮用水和生产用水水质标准。

4) 无加压泵和水箱的室内消火栓给水系统(见图 2-5):当室外给水管网的水压和水量

任何时候都能满足室内最不利点消火栓的设计水压和水量时采用。特点是常高压，消火栓打开即可用。

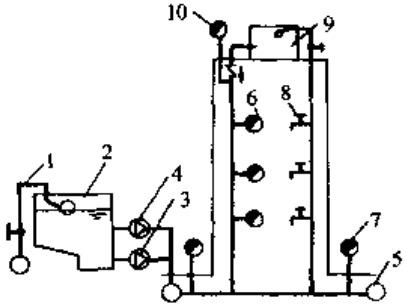


图 2-4　临时高压消火栓给水系统
1—市政管网；2—水池；3—消防水泵组；4—生活水泵组；5—室外管网；6—室内消火栓；7—室外消火栓；8—生活用水；9—高位水箱和补水管；10—屋顶试验用消火栓

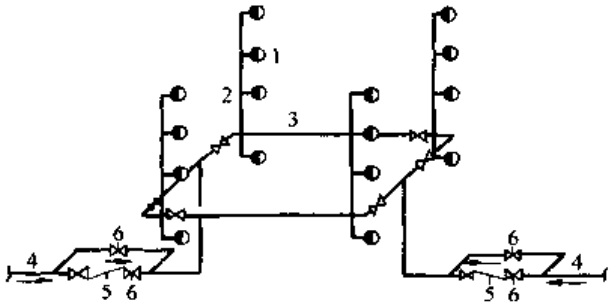


图 2-5　无加压泵和水箱的室内消火栓给水系统
1—室内消火栓；2—室内消防竖管；3—干管；4—进户管；5—止回阀；6—旁通管及阀门

5) 设有水箱的室内消火栓给水系统(见图 2-6)：常用在水压变化较大的城市或居住区。当生活、生产用水量达到最大时，室外管网不能保证室内最不利点消火栓的压力和流量；而当生活、生产用水量较小时，室外管网的压力又较大，能向高位水箱补水。因此，常设水箱调节生活、生产用水量，同时储存 10min 的消防用水量，水箱应有确保消防用水不被动用的技术措施。

6) 设有消防水泵和消防水箱的室内消火栓给水系统(见图 2-7)：当室外给水管网的水压和水量经常不能满足室内消火栓给水系统的水压和水量要求，或室外采用消防水池作为消防水源时，室内应设置消防水泵加压，同时设置消防水箱，储存 10min 的消防用水量。

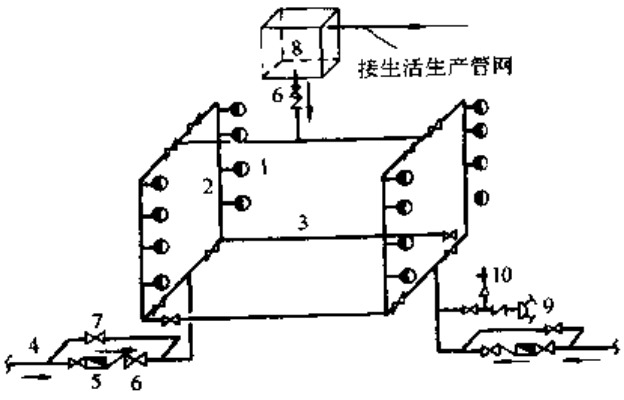


图 2-6　设有水箱的室内消火栓给水系统
1—室内消火栓；2—消防竖管；3—干管；4—进户管；5—水表；6—止回阀；7—旁通管及阀门；8—水箱；9—水泵接合器；10—安全阀

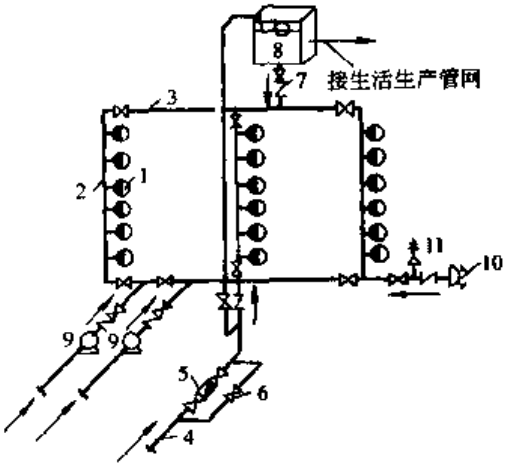


图 2-7　设有消防水泵和水箱的室内消火栓给水系统
1—室内消火栓；2—消防竖管；3—干管；4—进户管；5—水表；6—旁通管及阀门；7—止回阀；8—水箱；9—消防水泵；10—水泵接合器；11—安全阀

这种给水系统，生活、生产给水和消防给水宜分开设置水泵。此时水泵应保证供应生活、生产、消防用水的最大秒流量，并应满足室内管网最不利点消火栓的水压和水量。

2.1.3 组件与要求

低层建筑消火栓消防给水系统的组件与要求如下：

(1) 室外消火栓：

1) 室外消火栓规格，见表 2-5。

室外消火栓规格　　表 2-5

参数 / 类别	型号	公称压力 (MPa)	进水口 DN (mm)	出水口(栓口)		计算出水量 (L/s)
				口径 DN(mm)	个数(个)	
地上式	SS100-1.0	1.0	100	65	2	10～15
				100	1	
	SS100-1.6	1.6	100	65	2	10～15
				100	1	
	SS150-1.0	1.0	150	65	2	15
				150	1	
	SS150-1.6	1.6	150	65	2	15
				150	1	
地下式	SX100×65-1.0	1.0	100	65	1	10～15
				100	1	
	SX100×65-1.6	1.6	100	65	1	10～15
				100	1	

2) 室外消火栓的设置要求：

① 室外消火栓的间距，室外低压系统不应超过 120m，高压系统不应超过 60m。

② 室外消火栓应沿道路设置，道路宽度超过 60m 时，宜在道路两边设置，并靠近十字路口。

③ 沿消防车道设置的消火栓，应尽量设在建筑物一侧。消火栓距路边不宜大于 2m，距建筑物外墙不宜小于 5m。

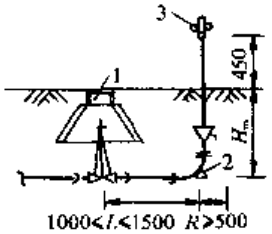
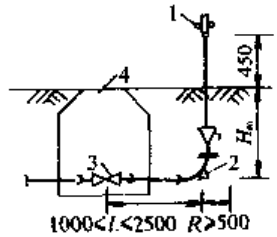
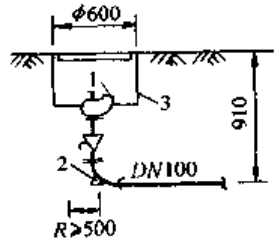
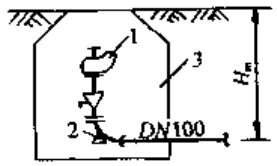
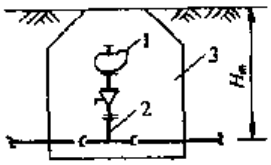
④ 室外消火栓的保护半径不应超过 150m；在市政消火栓保护半径 150m 以内，如室外消防用水量不超过 15L/s 时，可不设室外消火栓。

⑤ 室外地上式消火栓应有一个直径为 150mm 或 100mm 和两个直径为 65mm 的栓口。室外地下式消火栓应有直径为 100mm 和 65mm 的栓口各 1 个，并有明显的标志。

⑥ 人防工程消火栓设置见第 2.12 节，汽车库消火栓设置见第 2.13 节。

3) 室外消火栓安装简图见表 2-6。

室外消火栓安装简图(国标图集 88S162)　　表 2-6

图号	图名	说明	图示
88S162/1-3		目录、总说明	
88S162/4	室外地上式消火栓安装图(浅 100 型)[消火栓 SS100-1.0(1.6)型]	1. 管道最小覆土 H_m 为： SS100-1.0 型　550mm SS100-1.6 型　800mm SS150-1.0 型　640mm SS150-1.6 型　890mm 若要加大埋深，在栓体和底座间可加设配套法兰短管，每节长 250mm，最多 7 节 2. 适用冰冻深度≤200mm 的地区	 1—阀门套管；2—弯管底座；3—室外地上式消火栓
88S162/5	室外地上式消火栓安装图(浅 150 型)[消火栓 SS150-1.0(1.6)型]		
88S162/6	室外地上式消火栓安装图(深 100 型)[消火栓 SS100-1.0(1.6)型]	1. 管道覆土深度 H_m： 深 100 型 1050～2800mm 深 150 型 1140～2890mm 深度可由配套法兰接管调整，每节 250mm，最多 7 节 2. 适用冰冻深度＞200mm 地区 3. 阀门井 D=1200mm，详国标 S143	 1—室外地上式消火栓；2—弯管底座；3—阀门；4—阀门井
88S162/7	室外地上式消火栓安装图(深 150 型)[消火栓 SS150-1.0(1.6)型]		
88S162/9	室外地下式消火栓安装图(浅 100 型)[消火栓 SX100×65-1.0(1.6)]①	适用冰冻深度≤400mm 地区	 1—室外地下式消火栓；2—弯管底座；3—阀门井
88S162/11	室外地下式消火栓安装图(深 100 Ⅰ型)[消火栓 SX100×65-1.0(1.6)型]①	1. 适用冰冻深度大于 400mm 地区 2. 管道覆土深度 H_m 可由 1200～2950mm，可由配套法兰接管调整，节管每段长 250mm，最多 7 节 3. 圆形阀门井 D=1200mm，详见图册 S143 4. 消火栓用 90°弯管与给水干管连接	 1—室外地下式消火栓；2—弯管底座；3—阀门井
88S162/13	室外地下式消火栓安装图(深 100 Ⅱ型)[消火栓 SX100×65-1.0(1.6)型]①	1. 适用条件、覆土深度、阀门井和消火栓选型同 88S162/11 2. 消火栓用三通与给水干管直接连接	 1—室外地下式消火栓；2—三通；3—阀门井

① 图集中消火栓型号为 SX100 型，只有一个 $DN100$ 出水口，不符合低规第 8.3.2 条规定，设计时建议采用 SX100×65-1.0(1.6)型。

4）室外消火栓的防冻措施：我国北方寒冷地区的室外消火栓都选用地下式，并采用的保温井见图 2-8、9。

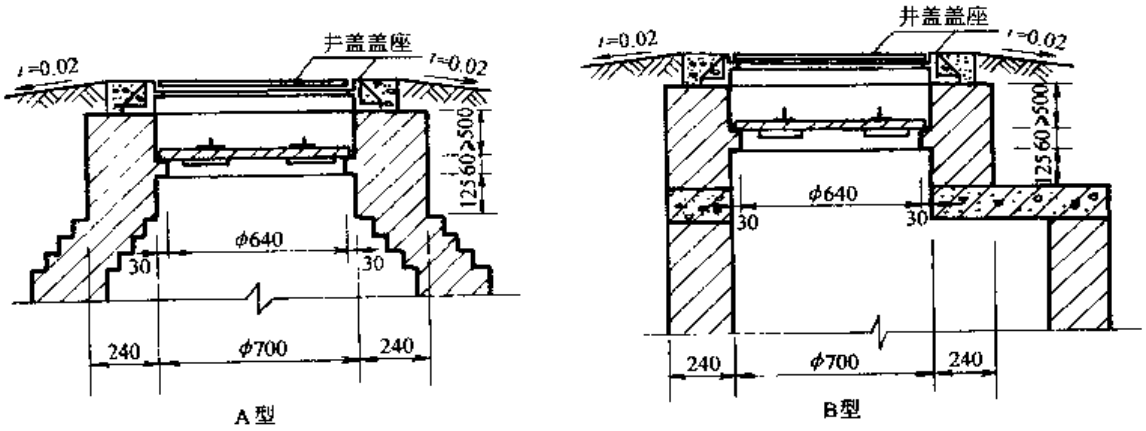


图 2-8 砖砌保温井口

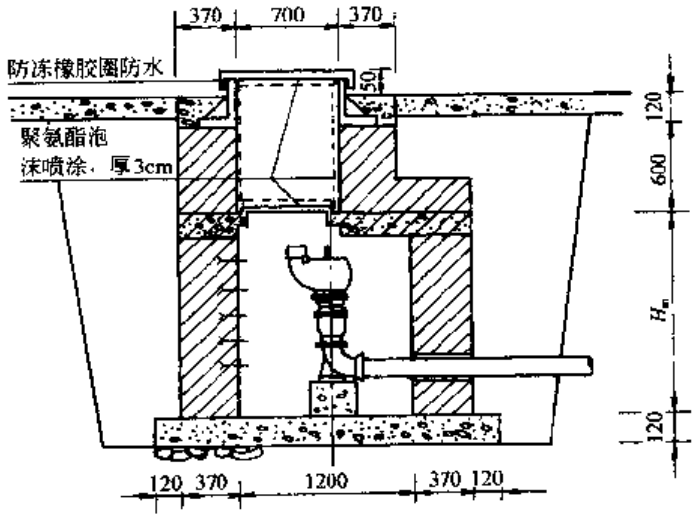


图 2-9 保温井

（2）室内消火栓：

1）室内消火栓规格见表 2-7。室内消火栓安装组件见表 2-8。

室内消火栓规格选用 表 2-7

每支水枪出水量	消 火 栓	龙 带	直流水枪	龙带接口
≥5L/s	SN65	*DN*65	*DN*65×19(QZ19)	KD65
<5L/s	SN50	*DN*50	*DN*50×13(QZ13) 或 *DN*50×16(QZ16)	KD50

2）室内消火栓的设计原则：设有消防给水的建筑物，其各层（无可燃物的设备层除外）均应设置消火栓。

3）消火栓间距和允许采用水枪充实水柱数：

① 高度不超过 24m，且体积不超过 5000m^3 的库房内消火栓的布置，允许采用一支水枪

的充实水柱到达室内任何部位。

室内消火栓安装图组件(国标 87S163)　　表 2-8

构件名称	材　料	规　格	单 位	数　量		备　注
				单 栓	双 栓	
消火栓箱	1. 铝合金—钢 2. 钢 3. 木制	根据采用的安装方式和内部组件定				装饰标准高的建筑宜用钢或铝合金—钢
室内消火栓	铸铁	SN50 或 SN65 型 (P_N=1.6MPa)	个	1	2	
直流水枪	铝或铜	QZ16/ϕ13、ϕ16 QZ19/ϕ16、ϕ19	个	1	2	
水 龙 带	1. 麻质衬胶 2. 涤纶聚氨脂衬里	1) DN50 或 DN65 2) L=15m 或 20、25m	条	1	2	
水龙带接口	铝	KD50 或 KD65				
挂　架						
消防按钮		防水型				

ⅰ. 当室内只设一排消火栓时,其布置见图 2-10。消火栓的间距可按式(2-1)计算:

$$S_1=2\sqrt{R^2-b^2} \quad (m) \tag{2-1}$$

式中　S_1——一排消火栓一股水柱的消火栓间距(m);

R——消火栓的保护半径(m);

b——消火栓的最大保护宽度(m)。

ⅱ. 当室内宽度较宽,需要布置多排消火栓时,其布置见图 2-11。消火栓的间距可按式(2-2)计算:

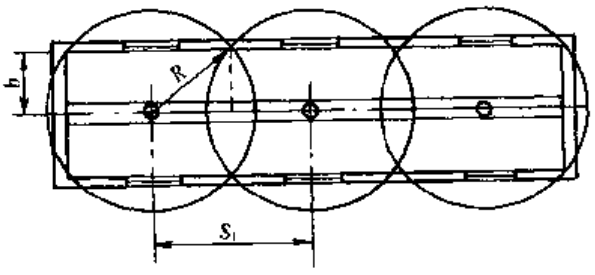


图 2-10　一股水柱时的消火栓布置间距

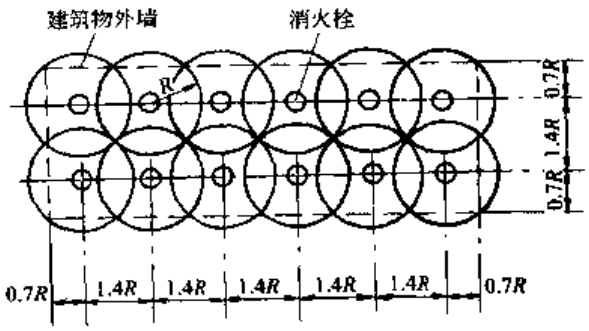


图 2-11　多排消火栓一股水柱时的消火栓布置间距

$$S_n=\sqrt{2}R=1.414R \quad (m) \tag{2-2}$$

式中　S_n——多排消火栓一股水柱时的消火栓间距(m);

② 除了高度不超过 24m,且体积不超过 5000m^3 的库房外,其它低层和多层工业与民用

建筑室内消火栓的布置，应保证相邻两根竖管上的两支水枪的充实水柱同时到达室内任何部位。

ⅰ．当室内只设有一排消火栓时，其布置见图 2-12。消火栓的间距可按式(2-3)计算：

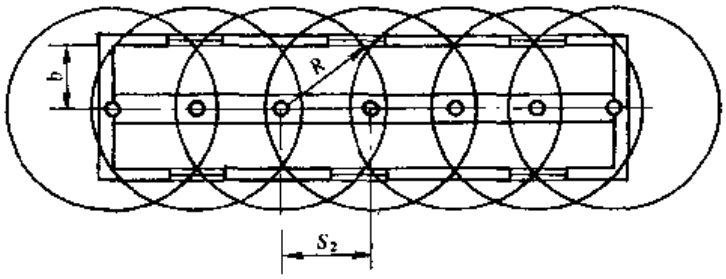


图 2-12 两股水柱时的消火栓布置间距

$$S_2=\sqrt{R^2-b^2}\quad(\mathrm{m})\qquad(2\text{-}3)$$

式中 S_2———一排消火栓二股水柱时的消火栓间距(m)。

ⅱ．当室内需要多排消火栓时，其布置见图 2-13。

在进行消火栓的布置时，需注意计算所得的消火栓间距，还应以下列的最大间距进行校核：

高层工业建筑、高架库房、甲、乙类厂房，室内消火栓最大间距为 30m；其它单层和多层建筑，室内消火栓最大间距为 50m。

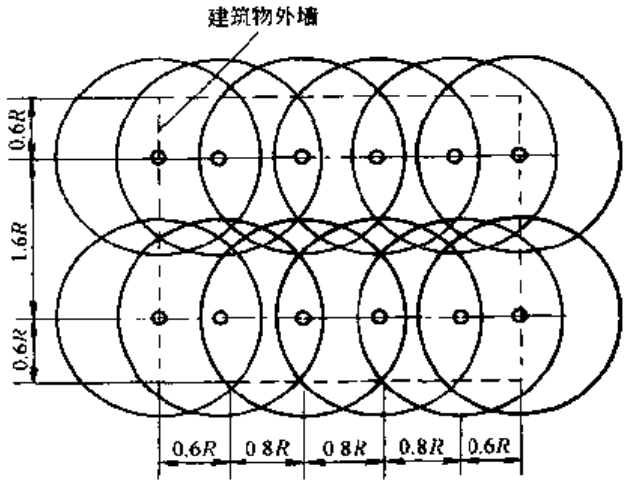


图 2-13 多排消火栓两股水柱时的消火栓布置间距

4) 消火栓水枪充实水柱的长度要求：水枪的充实水柱长度应由计算确定，一般不应小于 7m；甲、乙类厂房、超过六层的民用建筑、超过四层的厂房和库房，不应小于 10m；高层工业建筑、高架库房内水枪的充实水柱不应小于 13m。

5) 室内消火栓的设置位置：室内消火栓宜设置在明显易于取用地点。走道、楼梯间附近，消防电梯前室，冷库的常温穿堂或楼梯间内。如为平屋顶建筑宜在屋顶(有防冻措施后)设置试验检查用消火栓。剧院、礼堂等的消火栓应布置在舞台口两侧和观众厅内，在其休息室内不宜设消火栓，以利发生火灾时人员疏散。

6) 消火栓栓口安装高度为离地面 1.1m，其出水方向宜向下或与设置消火栓的墙面成 90°角。

7) 同一建筑物内应采用统一规格的消火栓、水枪和水带。每根水带的长度不应超过 25m。

8) 室内消火栓栓口处的静水压力不应超过 0.80MPa，如超过时，应采取分区给水系统。

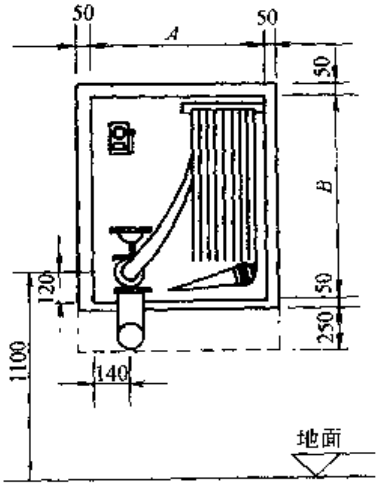


图 2-14　消火栓留洞尺寸

注：B、A 为箱体高、宽外缘尺寸，深度根据暗装、半明装要求定。

消火栓栓口处出水压力超过 0.5MPa 时，应有减压设施。

9）消火栓箱的留洞尺寸，见图 2-14。

10）消防卷盘性能和设置标准：消防卷盘的规格、性能见表 2-9。

在低层建筑中，设有空调系统的旅馆、办公楼，以及超过 1500 个座位的剧院、会堂，其闷顶内安装有面灯部位的马道处，宜增设消防卷盘。

（3）消防给水管道：

1）室外消防给水管道：

① 各类建筑的室外消防给水管道均应成环状布置，可在建筑物周围成环，也可与市政管网成环，其布置见图 2-15。当低层建筑和汽车库在建设初期或室外消防用水量不大于 15L/s 和人防工程室内消防用水总量不大于 10L/s，且成环布置有困难时，可枝状布置。

消防卷盘规格、性能　　表 2-9

型号		胶管规格			喷嘴口径 (mm)	工作压力 (MPa)	有效射程 (m)	流量 (L/s)	消火栓型号
		内径 (mm)	长度 (m)	盘径 (mm)					
SGX24		19	25	868	6~8	1	15	0.2~1.26	SN25（SNA25）
GX1-3	480	19	20	480	6	1	15.3	0.2~1.26	SN25
			25		7		16.2		
	570	19	30	570	8		17.1		

② 环状管网和输水干管及向环状管网输水的输水管均不应少于两条，当其中一条发生故障时，其余的干管应仍能通过消防用水总量。

对于低层建筑在建设初期或室外消防用水量不大于 15L/s，当采用两条市政给水管和两条进水管有困难时，允许由一条市政给水管上引出一条进水管。

③ 进水管（市政给水管与建筑物周围给水管网的连接管）的管径，按式(2-4)计算：

$$D_j=\sqrt{\frac{4Q}{\pi(n-1)v_j}}\quad(\mathrm{m}) \tag{2-4}$$

式中　D_j——进水管（连接管）管径（m）；

Q——生活、生产和消防用水总量（m^3/s）；

v_j——进水管水流速度（m/s）。一般不宜大于 2.5m/s；

n——进水管的数目，且 $n>1$。

室外进水管的最小管径不应小于 100mm。室外消防给水管道的管径也不应小于 100m。

④ 环状管道应用阀门分成若干独立段，每段内消火栓的数量不宜超过 5 个。对于一般单体建筑，消火栓较少时，至少应用阀门将环网分成能独立工作的两段。

2）室内消防给水管道：

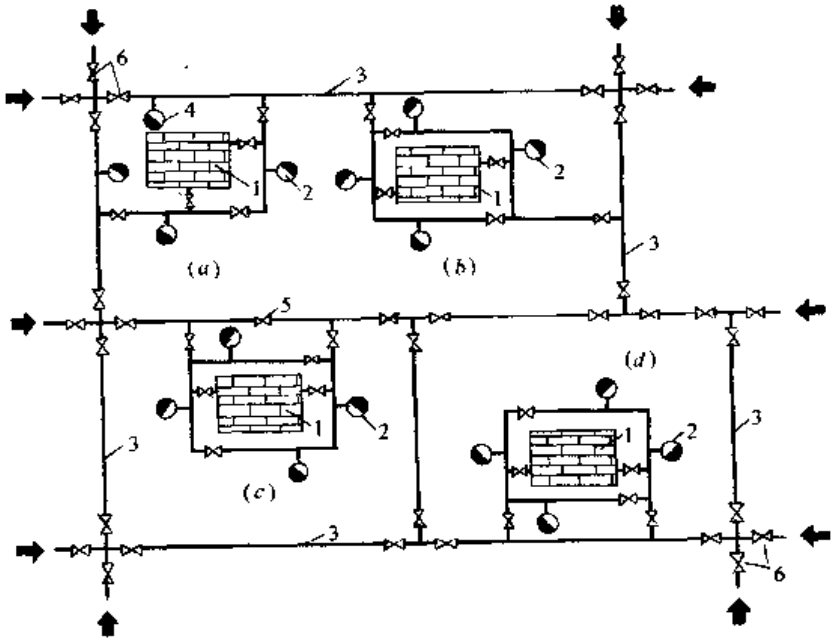


图 2-15 环状给水管网布置示意

(a)室外给水管道与市政给水管成环(从不同市政给水管段引入);
(b)室外给水管道在建筑物周围成环(从不同市政给水管段引入);
(c)室外给水管道在建筑物周围成环(从同一方向,不同市政管段引入);
(d)室外给水管道在建筑物周围成环(从同一方向,同一市政管段引入,只能作枝状给水管计)
1—建筑物;2—室外消火栓;3—市政给水环管;4—市政消火栓;5—分段阀;6—阀门

① 室内消火栓超过 10 个且室内消防用水量大于 15L/s 时,室内消防给水管道至少应有两条进水管与室外环状管网连接,并应将室内管道连成环状或进水管与室外管道连成环状。当环状管网的一条进水管发生事故时,其余的进水管应仍能供应全部用水量。环状管网连接的做法,见图 2-16、17。

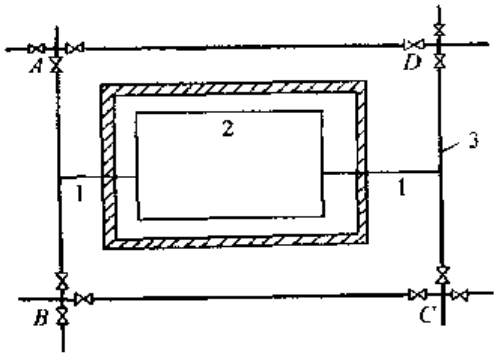


图 2-16 室内管网与室外管道的连接

ABCD—室外环状管道的一环;1—进水管;2—室内环状管网;3—室外环状管道

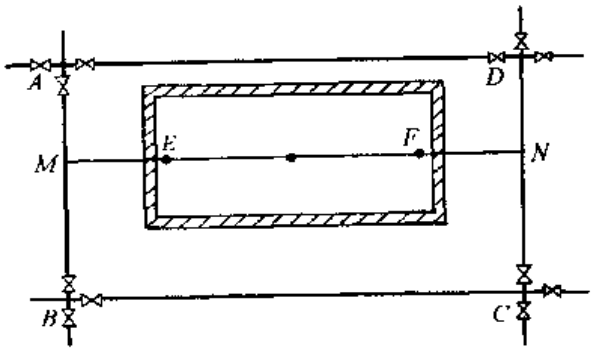


图 2-17 利用进水管与室外管网连成环状

ABCD—室外环状管网;*EF*—室内消防给水管道;*ME*、*FN*—进水管

七至九层的单元住宅和不超过 8 户的通廊式住宅,给水管可为枝状,进水管可用一条。

② 超过六层的塔式和通廊式住宅,超过五层或体积超过 10000m^3 的其它民用建筑,超过四层的厂房和库房,当室内消防竖管为两根或多于两根时,应至少每两根竖管相连组成环

状管道。

③ 高层工业建筑室内消防竖管应成环状，且管道的直径不应小于 100mm。

④ 室内消防给水管道应采用消防阀门分成若干独立段。某段消防给水管道损坏时，停止使用的消火栓数量每层不应超过 5 个，这时阀门布置见图 2-18。

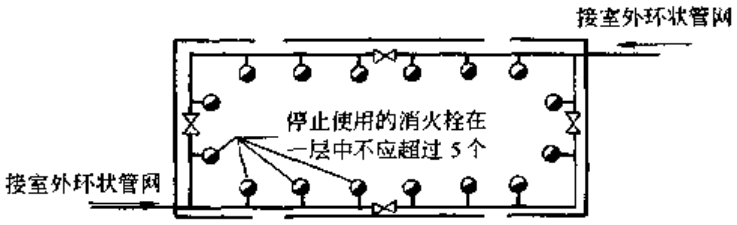


图 2-18　单层建筑内消防给水管网阀门布置

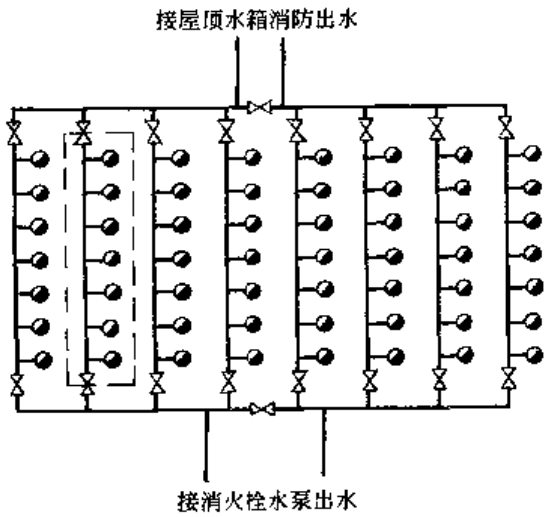


图 2-19　阀门垂直布置

多层建筑及高层工业建筑室内的某段给水管道损坏时，关闭的竖管不应超过 1 条（立管总数超过 3 条时，可关闭不相邻的 2 条）。阀门应经常处于开启状，并应有明显的启闭标志。这时管网中的阀门布置见图 2-19、20，而图 2-21 的阀门布置方式是不可取的，因为如需维修虚线框中的立管，将会影响到右侧竖管的供水，无法保证消防的安全需要。

⑤ 室外环状给水管网能保证室内消防用水要求时，可直接从室外消防给水管网取水，但应经当地市政部门同意。若室外管网能满足消防流量要求，而不能满足水压要求，需设加压水泵时，消防水泵也可直接从室外消防管网取水，加压后供应室内消防用水，可不设置调节水池。

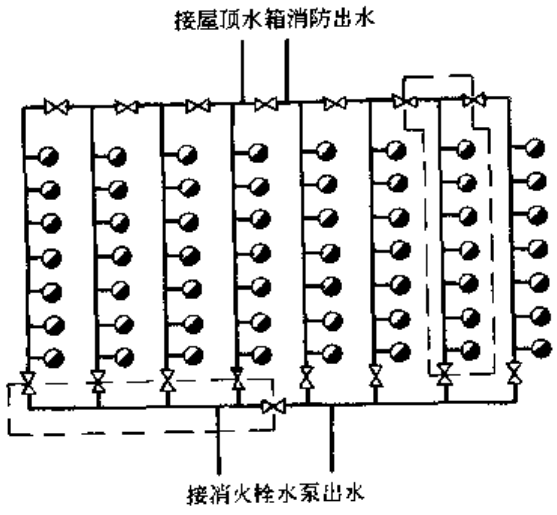


图 2-20　阀门水平与垂直布置

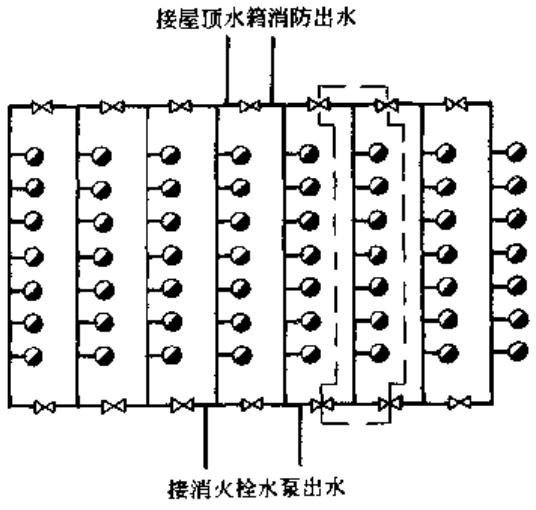


图 2-21　阀门水平布置

⑥ 建筑消防竖管的直径，应按灭火时最不利处消火栓出水(不包括屋顶消火栓)进行计算确定。每根竖管最小流量不小于5L/s时，按最上一层消火栓出水进行计算；每根竖管最小流量不小于10L/s时，按最上两层消火栓出水计算；每根竖管最小流量不小于15L/s时，应按最上三层消火栓出水计算。建筑的室内消火栓最不利点和流量分配，见表2-10。

多层建筑最不利点计算流量分配　　表2-10

室内消防计算流量 (水枪数×每支水枪流量)(L/s)	最不利消防竖管出水枪数 (支)	相邻消防竖管出水枪数 (支)
1×5	1	
2×2.5	2	
2×5	2	
3×5	2	1
4×5	2	2
6×5	3	3

注：1. 出两支水枪的竖管，如设置双出口消火栓时，最上一层按双出口消火栓进行计算。

2. 出三支水枪的竖管，如设置双出口消火栓时，最上一层按双出口消火栓加相邻下一层一支水枪进行计算。

独立的消火栓系统消防管道的直径以消防秒流量确定。对于消防用水与其它用水合并的室内管道，当其它用水达到最大秒流量时，该管道应仍能供应全部消防用水量。此时的淋浴用水量可按计算用水量的15%计算，洗刷用水量可不计算在内。

⑦ 消防引入管上设置的计量装置，不应降低引入管的过水能力。装在引入管上的水表，应能通过设计用水量。水表的额定流量，应按生活、生产用水量的最高日最大小时流量和消防最大秒流量之和计算，并用生活用水和生产用水平均小时流量的6%～8%校核水表的灵敏度。

水表两侧和水表的旁通管上应设阀门，以确保水表检修时能通过消防用水。若旁通管上的阀门在火警时能自动开启，则水表可按生活用水和生产用水的需要进行选择。

⑧ 消防给水管要注意管道的防冻。对于敷设在寒冷地区室温低于4℃场所(包括厂房、库房等)的管道，应采取防冻措施。如采用干式系统，在进水管上应设快速开启阀(如蝶阀)，管道最高处应设排气阀，最低处应设放空阀，平时将管网放空。

在最冷月平均温度不低于－5℃的采暖地区，其非采暖的厂房、库房的室内消防给水管，可采用加厚保温层外加空气隔热层双重保温的措施防冻，见图2-22；也可采用管道外加电阻丝加热的防冻保温措施。

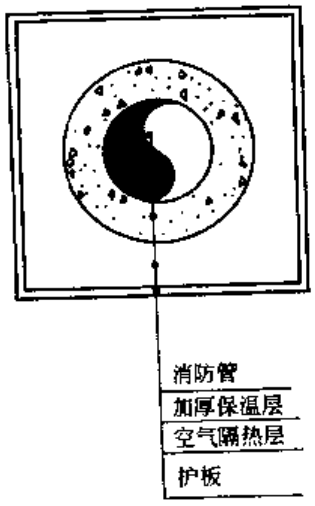


图2-22 室内消防给水管双重保温措施

⑨ 消防给水管的管材。当消防用水与生活用水合并时，应采用衬塑镀锌钢管；而当为消防专用时，一般采用无缝钢管、热镀锌钢管、焊接钢管。但最大工作压力超过1.0MPa时，应采用无缝钢管或镀锌无缝钢管。

⑩ 消防管道安装完成后的水压试验压力为1.5倍工作压力；试验压力表应位于系统或试验部分的最低部位。

⑪ 室内消火栓给水管网与自动喷水给水管网宜分开

设置。如有困难，应在报警阀前分开设置。

(4) 消防水箱：

1) 低层建筑物的室外消防给水系统为常高压给水系统，当即能保证建筑物内最不利消火栓和自动喷水灭火系统等的水量和水压时，可不设消防水箱。设置临时高压给水系统的建筑物，应设消防水箱(或气压水罐)。

2) 室内消防水箱包括气压水罐水塔，分区给水系统的分区水箱的有效容积应储存10min的室内消防用水量。当室内消防用水量小于等于25L/s，经计算水箱储水量超过12m³时，仍采用12m³；当室内消防用水量大于25L/s，经计算水箱储水量超过18m³时，仍采用18m³。

3) 消防水箱应设在建筑物的最高部位，且应为重力自流的水箱。

4) 消防用水和其它用水合并的水箱，应有消防用水不作他用的技术措施。具体做法见图2-23～25。

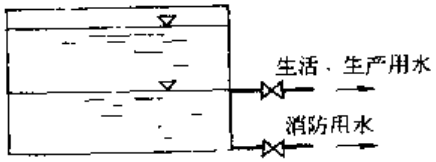


图2-23　消防-生产、生活共用水箱出水管安装方式(一)

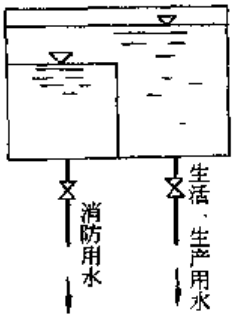


图2-24　消防-生产、生活共用水箱出水管安装方式(二)

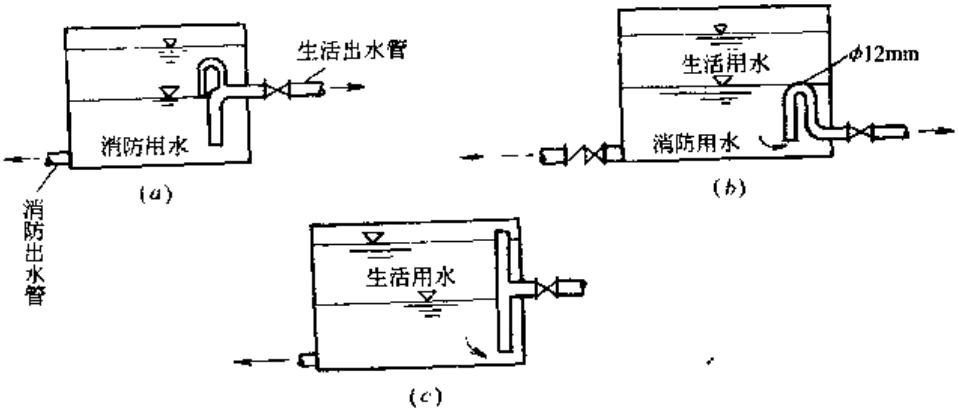


图2-25　共用水箱生活和消防出水管安装方式
(a)、(b)、(c)为不同出水管安装方式

5) 消防水箱应利用生产或生活给水管补水，严禁采用消防水泵补水。

发生火灾后，由消防水泵供给的消防用水，不应进入消防水箱，以保证室内消火栓和自动喷水灭火系统等有足够的水压和水量。为此，在消防水箱的消防用水的出水管上，应设置止回阀，只允许水箱内的水进入消防管网，防止消防管网的水进入水箱。并且，止回阀设置

的高度应保证其的正常工作。

(5) 消防水池：

1) 消防水池的设置条件：具有下列情况之一者应设消防水池：

① 自市政给水管道引出的进水管不能保证消防流量要求，或天然水源因水位太低、水量太少与枯水季节等不能保证消防用水量要求时。

② 市政给水管道为枝状或只有一条进水管，且室内外消防用水量超过 25L/s。

2) 消防水池的容量应满足在火灾延续时间内消防用水总量的要求。当消防水池有二条补水管，在火灾情况下能连续供水时，消防水池的容量可以减去火灾延续时间内补充的水量。该补水量应按管径较小的补水管计算。如水压不同时按补水量较小的补水管计算。当室外给水管网无资料时，补水量可按水池补水管(管径小的一条)管径在流速为 1m/s 时的流量计算。消防水池的最小容量不宜小于 $36m^3$。

3) 消防水池的补水时间不宜超过 48h，但缺水地区可延长到 96h。

4) 消防水池总容量超过 $1000m^3$ 时，应分设成两个。消防水池的布置方式，见图 2-26。

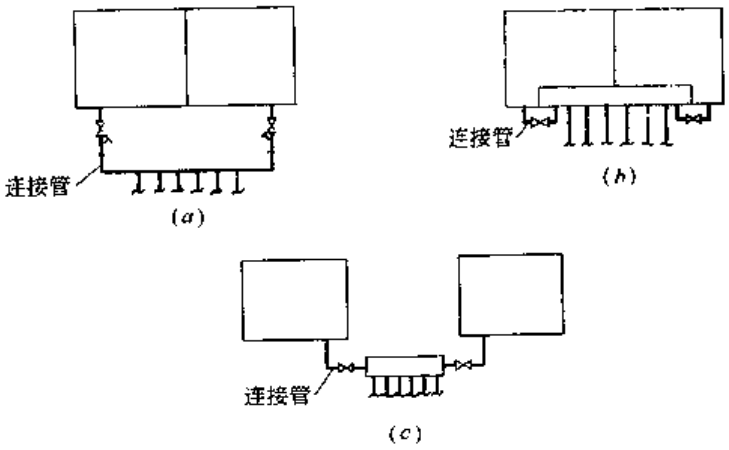


图 2-26 消防水池布置方式

(a)、(b)、(c)为不同的布置方式

注：图中连接管均应按消防总流量选管径。

5) 供消防车取水的消防水池应设取水口或取水井，其水深应保证消防车的消防水泵吸入高度不超过 6.00m。

取水口或取水井的位置与被保护建筑的外墙距离不宜小于 15m；与甲、乙、丙类液体储罐的距离不宜小于 40m；与液化石油气储罐的距离不宜小于 60m，若有防止辐射热的保护设施时，可减为 40m。

6) 供消防车取水的消防水池，保护半径不应大于 150m。

7) 为防止生活、生产水质污染，消防水池一般与生活、生产、工艺用水储水池分开设置。

当消防用水与其它用水共用水池时，应有确保消防用水不被动用的技术措施。具体做法参见消防水箱的有关内容。还应采取防止水质变坏的措施。

8) 当消防水池是供二幢或二幢以上建筑物的消防用水时，其容量应满足消防用水量较大一幢建筑物的消防用水要求。

9) 利用游泳池、喷水池、循环冷却水池等专用水池兼作消防水池时，其功能须全部满足

上述要求外，应保持全年有水、不得放空(包括冬季)。

10) 在寒冷地区的室外消防水池应有防冻措施：消防水池必须有盖板，盖板上须覆土保温；人孔和取水口设双层保温井盖。

(6) 消防水泵：

1) 当消防给水管网与生产、生活给水管网合用时，生产、生活、消防水泵的流量不小于生产、生活最大小时用水量和消防用水量之和。

当消防给水管网与生产、生活给水管分别设置时，消防水泵的流量应不小于消防用水量。

2) 消防水泵的扬程应根据在满足消防用水量的前提下，保证最不利点消火栓所需水压值确定。

3) 消防水泵泵组的吸水管不应少于两条，其中一条损坏时，其余的吸水管应仍能通过全部用水量。两条吸水管的设置，见图 2-27。高压和临时高压消防给水系统，其每台工作消防水泵应有独立的吸水管。

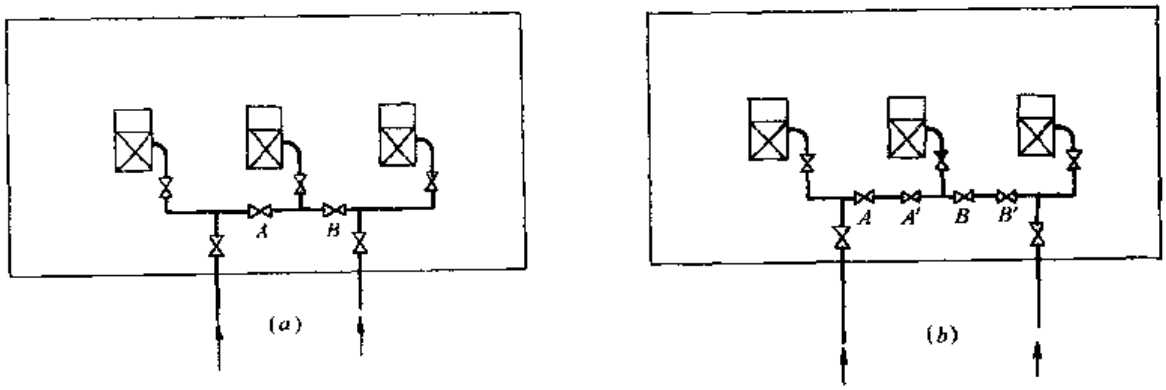


图 2-27　泵站吸水管路阀门布置

(a)保证一台水泵供水时的阀门布置；(b)保证两台水泵供水时的阀门布置；A、B、A′、B′—阀门

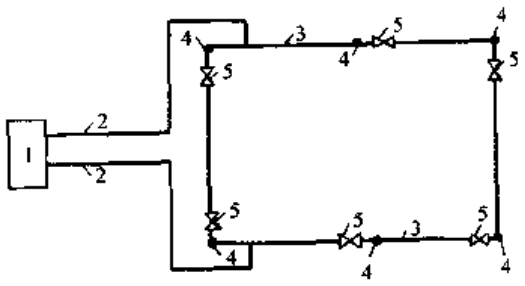


图 2-28　消防泵房出水管与环状管网连接示意

1—泵房；2—出水管；3—室内管网；4—消防竖管；5—消防阀门

4) 消防水泵泵组应设不少于两条出水管与消防环状管网连接。当其中一条出水管检修时，其余的出水管应仍能供应全部用水量。见图 2-28、29。此时，泵房内的管路阀门布置，见图 2-30。

5) 消防水泵宜采用自灌式引水，在自灌式引水的水泵吸水管上应装设阀门。

6) 消防水泵的压水管上应设止回阀、闸阀(或蝶阀)以及试验和检查用的放水阀门和压力表。放水阀的口径为 *DN*65。

7) 当市政给水管网能满足消防时用水量要求，且市政部门同意水泵可从市政环形干管直接吸水时，消防泵应直接从室外给水管网吸水。消防水泵直接从室外管网吸水时，水泵扬程计算应考虑利用室外管网的最低水压，并以室外管网的最高水压校核水泵的工作情况。

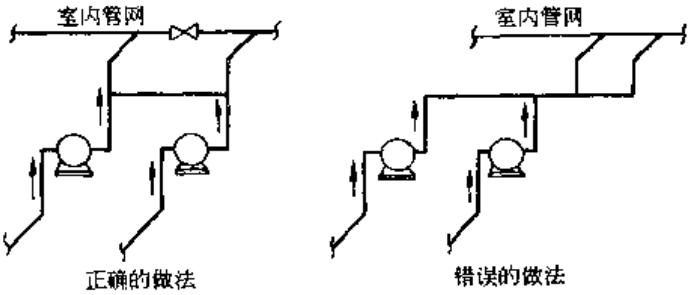


图 2-29 消防泵出水管与室内管网联接方法

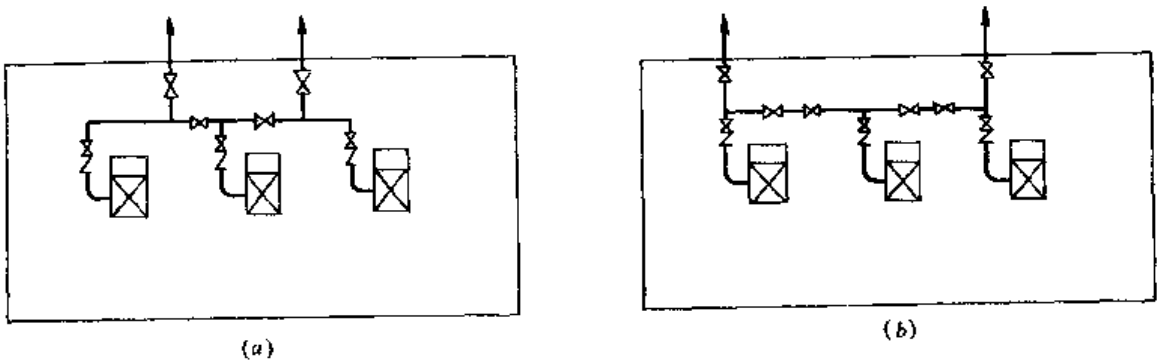


图 2-30 泵站出水管路阀门布置

(a)保证一台水泵供水时的阀门布置;(b)保证两台水泵供水时的阀门布置

8) 消防水泵宜选用特性曲线较平缓的泵型。

9) 消防水泵应设备用泵,其工作能力不应小于一台主要泵。但符合下列条件之一时,可不设备用泵:

① 室外消防用水量不超过 25L/s 的工厂,仓库。

② 七层至九层的单元式住宅。

③ 高度不超过 24m,且体积不超过 5000m^3 的库房。

④ 耐火等级不低于二级的丁、戊类厂房和库房。

10) 消防水泵应保证在火警后 5min 内开始工作,并在火场断电时仍能正常运转。设有备用泵的消防泵站或泵房,应设备用动力,若采用双电源或双回路供电有困难时,可采用内燃机作动力。

11) 水泵吸水管的流速可采用 1～1.2m/s($DN<250$mm)或 1.2～1.6m/s($DN\geqslant 250$mm)。

水泵出水管的流速可采用 1.5～2.0m/s。

12) 消防水泵房应设直通室外的出口。设在楼层上的消防水泵房应靠近安全出口。

13) 消防水泵房宜设有与本单位消防队直接联络的通信设备。

(7) 水泵接合器:消防水泵接合器是消防队使用消防车从室外水源或市政给水管取水,向室内管网供水的接口。

1) 设置要求:超过四层的厂房和库房、高层工业建筑、设有消防管网的住宅及超过五层的其它民用建筑,应设消防水泵接合器。

2) 水泵接合器的品种与技术参数,见表 2-11。

消防水泵接合器的技术数据　　表 2-11

型号		工作压力 (MPa)	直径 (mm)	水带接口 (mm)	安全阀 (mm)	闸阀 (mm)
地上式	SQ100	1.6	100	65	25	20
	SQ150	1.6	150	80	32	25
地下式	SQX100	1.6	100	65	25	20
	SQX150	1.6	150	80	32	25
墙壁式	SQB100	1.6	100	65	25	20
	SQB150	1.6	150	80	32	25

3) 每栋建筑物的水泵接合器数量 n 按式(2-5)计算：

$$n=\frac{Q}{q}\quad(个) \tag{2-5}$$

式中　n——水泵接合器的数量(个)；

Q——室内消火栓消防用水量(L/s)；

q——每个水泵接合器供水量(L/s)，一般取 10～15L/s。

4) 设置位置：

① 水泵接合器应设在室外便于消防车接近、使用、不妨碍交通的地点。除墙壁式水泵接合器外，距建筑物外墙应有一定距离，一般不宜小于 5m。

② 水泵接合器四周 15～40m 范围内，应有供消防车取水的室外消火栓或消防水池。

5) 水泵接合器应与室内消防环网连接，在连接的管段上均应设止回阀、安全阀、闸阀和泄水阀。止回阀用于防止室内消防给水管网的水回流至室外管网。安全阀用于防止管网压力过高。

6) 水泵接合器有地上式、地下式和墙壁式三种安装三式，见图 2-31。

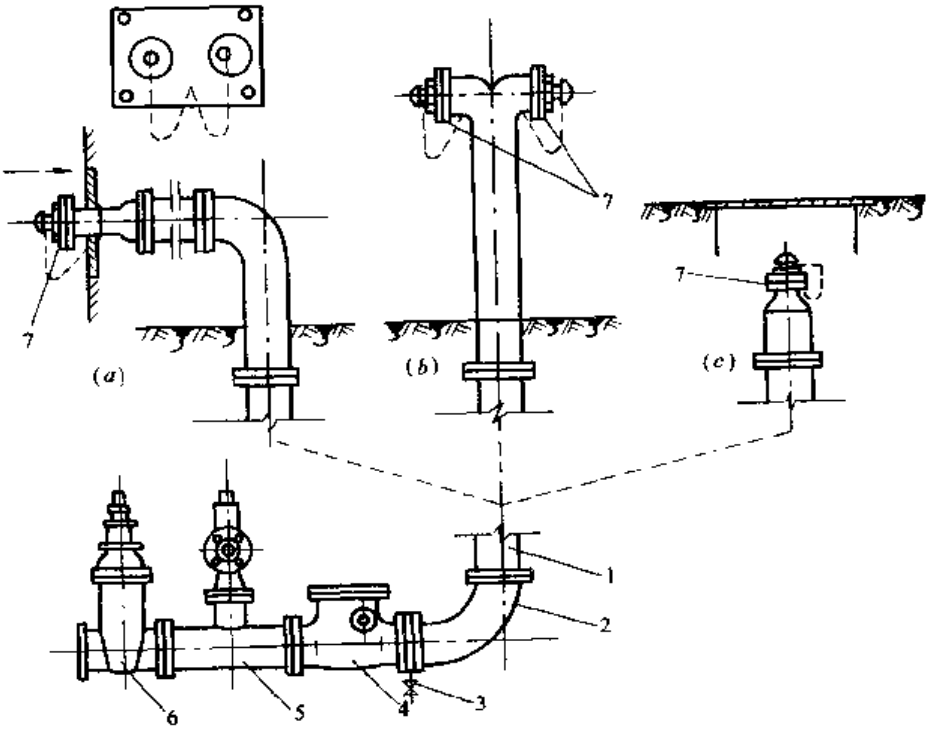


图 2-31　消防水泵接合器外形

(a)SQB 型墙壁式；(b)SQ 型地上式；(c)SQX 型地下式

1—法兰接管；2—弯管；3—放水阀；4—升降式止回阀；5—安全阀；6—楔式闸阀；7—进水用消防接口

7) 当多个水泵接合器并联设置时，应有适当间距，以便停放消防车和满足消防车转弯半径的需要。

2.1.4 设 计 计 算

低层建筑消火栓消防给水系统设计计算：

(1) 低层建筑消火栓消防用水量，火灾延续时间和火灾发生次数：

1) 室外消防用水量：

① 城镇、居住区室外消防用水量不应小于表 2-12 规定。

城镇、居住区室外消防用水量 **表 2-12**

人 数（万人）	同一时间内的火灾次数(次)	一次灭火用水量（L/s）	人 数（万人）	同一时间内的火灾次数(次)	一次灭火用水量（L/s）
≤1.0	1	10	≤40.0	2	65
≤2.5	1	15	≤50.0	3	75
≤5.0	2	25	≤60.0	3	85
≤10.0	2	35	≤70.0	3	90
≤20.0	2	45	≤80.0	3	95
≤30.0	2	55	≤100.0	3	100

注：城镇的室外消防用水量应包括居住区、工厂、仓库(含堆场、贮罐)和民用建筑的室外消火栓用水量。

② 工厂、仓库和民用建筑的室外消防用水量见表 2-13。

低层建筑室外消火栓用水量 **表 2-13**

耐火等级	建筑物名称及类别		一次灭火用水量(L/s) 建筑物体积(m^3) ≤1500	1501～3000	3001～5000	5001～20000	20001～50000	>50000
一、二级	厂房	甲、乙	10	15	20	25	30	35
		丙	10	15	20	25	30	40
		丁、戊	10	10	10	15	15	20
	库房	甲、乙	15	15	25	25	—	—
		丙	15	15	25	25	35	45
		丁、戊	10	10	10	15	15	20
	民用建筑		10	15	15	20	25	30
三级	厂房或库房	乙、丙	15	20	30	40	45	—
		丁、戊	10	10	15	20	25	35
	民用建筑		10	15	20	25	30	—
四级	丁、戊类厂房或库房		10	15	20	25	—	—
	民用建筑		10	15	20	25	—	—

注：1. 室外消火栓用水量应按消防用水量最大的一座建筑物或一个防火分区计算。成组布置的建筑物应按消防需水量较大的相邻两座计算。

2. 火车站、码头和机场的中转库房，其室外消火栓用水量应按相应耐火等级的丙类物品库房确定。

3. 国家级文物保护单位的重点砖木、木结构的建筑物室外消防用水量，按三级耐火等级民用建筑物消防用水量确定。

③ 易燃、可燃材料露天、半露天堆场，可燃气体贮罐区的室外消防用水量，见表 2-14。

堆场、贮罐区的室外消火栓用水量　　表 2-14

名称		总贮量或总容量	消防用水量(L/s)
粮食(t)	圆筒仓土圆囤	30～500	15
		501～5000	25
		5001～20000	40
		20001～40000	45
	席茓囤	30～500	20
		501～5000	35
		5001～20000	50
棉、麻、毛、化纤百货(t)		10～500	20
		501～1000	35
		1001～5000	50
稻草、麦秸、芦苇等易燃材料(t)		50～500	20
		501～5000	35
		5001～10000	50
		10001～20000	60
木材等可燃材料(m^3)		50～1000	20
		1001～5000	30
		5001～10000	45
		10001～25000	55
煤和焦炭(t)		100～5000	15
		>5000	20
可燃气体储罐或储罐区(m^3)	湿式	501～10000	20
		10001～50000	25
		>50000	30
		≤10000	20
		10001～50000	30
		>50000	40

2) 室内消防用水量：室内消火栓用水量应根据同时使用水枪数量和充实水柱长度，由计算确定，但不应小于表 2-15 的规定。

低层建筑室内消火栓用水量和水枪充实水柱 表 2-15

建筑物名称	高度、层数、体积或座位数	消火栓用水量(L/s)	同时使用水枪数量(支)	每支水枪最小流量(L/s)	每根竖管最小流量(L/s)	水枪充实水柱不应小于(m)
厂房	高度≤24m、体积≤10000m³ 高度≤24m、体积>10000m³ 高度>24m至50m 高度>50m	5 10 25 30	2 2 5 6	2.5 5 5 5	5 10 15 15	(1)一般7 (2)甲、乙类厂房和>四层的厂房10 (3)高层工业建筑13
科研楼、试验楼	高度≤24m、体积≤10000m³ 高度≤24m、体积>10000m³	10 15	2 3	5 5	10 10	(1)一般7 (2)>六层为10
库房	高度≤24m、体积≤5000m³ 高度≤24m、体积>5000m³ 高度>24m至50m 高度>50m	5 10 30 40	1 2 6 8	5 5 5 5	5 10 15 15	(1)一般10 (2)高架库房13
车站、码头、机场建筑物和展览馆等	5001~25000m³ 25001~50000m³ >50000m³	10 15 20	2 3 4	5 5 5	10 10 15	(1)一般7 (2)>六层为10
商店、病房楼、教学楼等	5001~10000m³ 10001~25000m³ >25000m³	5 10 15	2 2 3	2.5 5 5	5 10 10	(1)一般7 (2)>六层为10
剧院、电影院、俱乐部、礼堂、体育馆等	801~1200个 1201~5000个 5001~10000个 >10000个	10 15 20 30	2 3 4 6	5 5 5 5	10 10 15 15	(1)一般7 (2)>六层为10
住宅	7~9层	5	2	2.5	5	10
其它建筑	≥6层或体积≥10000m³	15	3	5	10	一般7,>六层为10
国家级文物保护单位的重点砖木,本结构的古建筑	体积≤10000m³ 体积>10000m³	20 25	4 5	5 5	10 15	(1)一般7 (2)>六层为10

注：1. 丁、戊类高层工业建筑室内消火栓的用水量可按本表减少10L/s,同时使用水枪数量可按本表减少2支。

2. 增设消防水喉设备,可不计入消防用水量。

3) 火灾延续时间：低层建筑火灾的延续时间见表2-16规定。

火灾延续时间　　表 2-16

	建筑类型	火灾延续时间(h)不小于	备注
低层建筑	居住区、工厂、丁、戊类仓库	2	建规 8.3.4 条
	甲、乙、丙类物品仓库、可燃气体贮罐和煤、焦炭露天堆场	3	
	易燃、可燃材料露天、半露天堆场(不包括煤、焦炭露天堆场)	6	
	甲、乙、丙类液体贮罐： 1. 浮顶罐、地下和半地下固定顶立式罐、覆土贮罐和直径不超过 20m 地上固定顶立式罐 2. 直径>20m 的地上固定顶立式罐	4 6	建规 8.2.6 条
	液化石油气贮罐	6	建规 8.2.7 条
村镇建筑	甲、乙、丙类液体贮罐和易燃、可燃材料堆场	4	村规 6.0.6 条
	其它建筑	2	
汽车库		2	车规 6.1.12 条
人防工程	室内消防水池(最小容量≤36m³)	1	防规 6.4.2 条
	自动喷水灭火系统	1	建规 8.3.4 条

4) 同一时间内的火灾次数：工厂、仓库和民用建筑在同一时间内的火灾次数，不应小于表 2-12、17 中的规定。

同一时间内的火灾次数　　表 2-17

名称	基地面积(ha)	附有居住区人数(万人)	同一时间内的火灾次数	备注
工厂	≤100	≤1.5	1	按需水量最大的一座建筑物(或堆场、贮罐)计算
		>1.5	2	工厂、居住区各一次
	>100	不限	2	按需水量最大的两座建筑物(或堆场、贮罐)计算
仓库民用建筑	不限	不限	1	按需水量最大的一座建筑物(或堆场、贮罐)计算

注：采矿、选矿等工业企业，如各分散基地有单独的消防给水系统时，可分别计算。

(2) 室外高压消防给水系统消火栓栓口水压计算：室外高压消防给水系统管网内经常维持足够高的压力，火灾灭火时不需使用消防车或其它移动式消防水泵加压，而直接由消火栓接出水带、水枪灭火。

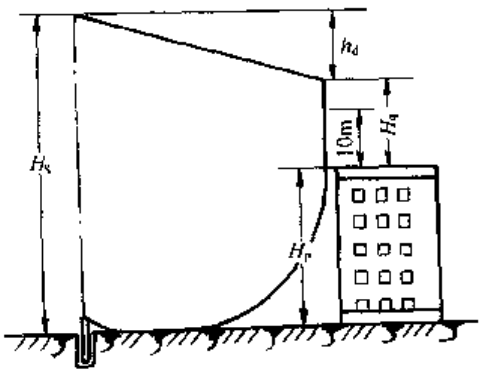


图 2-32　消火栓压力计算示意

根据实践，为有效地扑救火灾和保证消防人员安全，在生活、生产和消防用水量为最大且水枪布置在保护范围内建筑物最高处时，水枪的充实水柱不应小于 10m。

在计算压力时，应采用口径为 65mm，长度为 120m(6 条 20m 长的水带)的绵纶或衬胶水带和喷嘴口径为 19mm 的水枪，每支水枪的流量不小于 5L/s，见图 2-32。

室外高压消防给水系统最不利点消火栓栓口最低的压力应按式(2-6)计算：

$$H_s = H_p + H_q + h_d \quad (\text{MPa}) \tag{2-6}$$

式中 H_s——室外最不利点消火栓栓口最低的压力(MPa)；

H_p——消火栓地面与最高屋面(最不利点)地形高差所需静水压(MPa)；

H_q——19mm 水枪，充实水柱不小于 10m，每支水枪的流量不小于 5L/s 时，水枪喷嘴所需要的压力(MPa)；

h_d——衬胶水带直径 *DN*65、长 120m、Q = 5L/s 时的消防水带的水头损失(MPa)。

(3) 室内消火栓栓口水压计算：

1) 室内消火栓栓口的最低水压，按式(2-7)计算：

$$H_{xh} = h_d + H_q = A_d L_d q_{xh}^2 + \frac{q_{xh}^2}{B} \quad (\text{kPa}) \tag{2-7}$$

式中 H_{xh}——消火栓栓口的最低水压(kPa)；

h_d——消防水带的水头损失(kPa)；

H_q——水枪喷嘴造成一定长度的充实水柱所需水压(kPa)；

A_d——水带的比阻，按表 2-18 采用；

水带比阻 A_d值 **表 2-18**

水带口径 (mm)	比阻 A_d 值	
	维尼龙帆布或麻质帆布水带	衬胶的水带
50	0.1501	0.0677
65	0.0430	0.0172

L_d——水带的长度(m)；

q_{xh}——水枪喷嘴射出流量(L/s)；

B——水枪水流特性系数，见表 2-19。

水枪水流特性系数 B 值 **表 2-19**

喷嘴直径(mm)	9	13	16	19	22	25
B 值	0.0079	0.0346	0.0793	0.158	0.2834	0.4727

2) 充实水柱长度计算：

① 水枪充实水柱长度 S_k，见图 2-33 并按式(2-8)计算：

$$S_k = \frac{H_1 - H_2}{\sin\alpha} \quad (\text{m}) \tag{2-8}$$

式中 S_k——水枪充实水柱长度(m)；

H_1——室内最高着火点离地面高度(m)；

H_2——水枪喷嘴离地面高度(m)，一般为 1m；

α——水枪的上倾角，一般可采用 45°，最大上倾角不应大于 60°。

当 α 为 45°时，公式(2-8)转化为

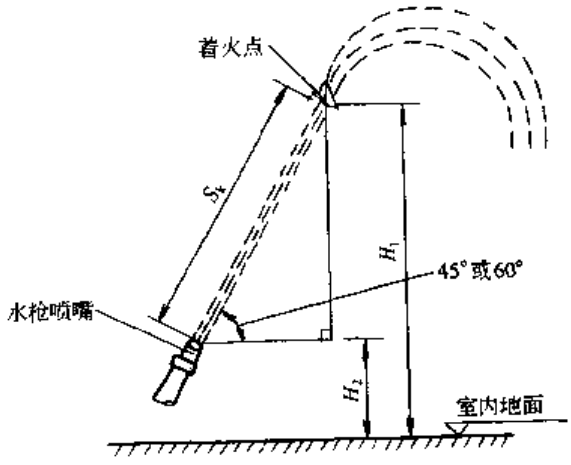


图 2-33 倾斜射流的 S_k

$$S_k = \frac{H_1 - H_2}{\sin 45^\circ} = 1.41(H_1 - H_2) \quad (m) \tag{2-9}$$

② 不同的充实水柱有不同的压力和流量。表 2-20 表示在不同喷嘴口径的直流水枪，与其充实水柱长度 S_k 相应的压力和流量值。

直流水枪与其 S_k 相应的压力和流量　　表 2-20

充实水柱 S_k(m)	不同喷嘴口径的压力和流量					
	13mm		16mm		19mm	
	压 力 (MPa)	流 量 (L/s)	压 力 (MPa)	流 量 (L/s)	压 力 (MPa)	流 量 (L/s)
6.0	0.079	1.7	0.078	2.5	0.074	3.5
7.0	0.094	1.8	0.090	2.7	0.088	3.8
8.0	0.110	2.0	0.103	2.9	0.103	4.1
9.0	0.127	2.1	0.123	3.1	0.118	4.3
10.0	0.147	2.3	0.137	3.3	0.132	4.6
11.0	0.167	2.4	0.157	3.5	0.147	4.9
11.3	—	—	—	—	0.154	5.0
11.5	0.177	2.5	—	—	—	—
12.0	0.186	2.6	0.172	3.8	0.167	5.2
12.5	0.211	2.7	0.191	4.0	0.181	5.4
13.0	0.235	2.9	0.216	4.2	0.201	5.7
13.5	0.260	3.0	0.235	4.4	0.221	6.0
14.0	0.289	3.2	0.260	4.6	0.240	6.2
15.0	0.324	3.4	0.284	4.8	0.265	6.5
15.5	0.363	3.6	0.314	5.1	0.289	6.8
16.0	0.407	3.8	0.348	5.3	0.319	7.1

不同室内净高下所需的水枪充实水柱 S_k，见表 2-21。

不同室内净高的水枪充实水柱长度 S_k 计算值(按 $\alpha = 45^\circ$ 计)　　表 2-21

室内每层净高 H_1(m)	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
$S_{k(m)}$	2.83	3.54	4.24	4.95	5.66	6.36	7.07	7.78	8.49	9.20	9.90	10.61
室内每层净高 H_1(m)	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5
$S_{k(m)}$	11.31	12.02	12.73	13.44	14.14	14.85	15.56	16.26	16.97	17.68	18.38	19.09
室内每层净高 H_1(m)	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5
$S_{k(m)}$	19.8	20.51	21.21	21.92	22.63	23.33	24.04	24.75	25.46	26.16	26.87	27.58
室内每层净高 H_1(m)	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0					
$S_{k(m)}$	28.28	29.00	29.70	30.41	31.11	31.82	32.53					

③ 为便于计算和校核，也可查充实水柱长度 S_k，水枪喷嘴所需水压 H_q 及喷嘴出流量 q_{xh} 三者关系曲线，见图 2-34，此图只适用于麻质水带。

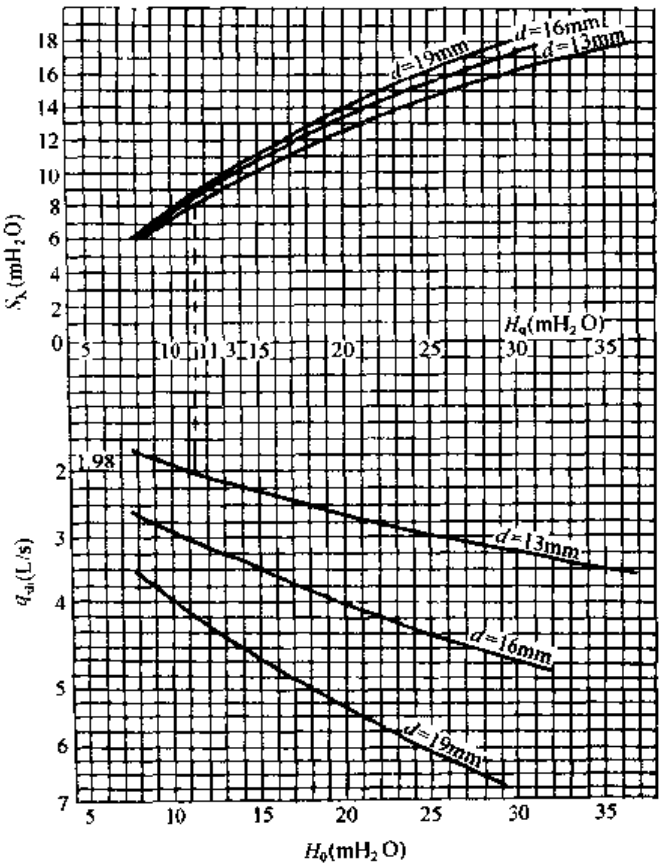


图 2-34 S_k-H_q-q_{xh}计算关系曲线

(4) 室内消火栓保护半径计算：室内消火栓的保护半径，按式(2-10)计算：

$$R = L_d + L_s \quad (m) \qquad (2\text{-}10)$$

式中 R——消火栓保护半径(m)；

L_d——水带铺设长度(m)。考虑到水带的转弯曲线，应为水带长度乘以折减系数 0.8；

L_s——水枪充实水柱长度在平面上的投影长度(m)。当水枪倾角为 45°时，$L_s = 0.71S_k$。

(5) 消防水池的容积计算：消防水池的有效容积(扣除水池中被立柱、隔墙、梁、导流墙等构件所占据以及水池下部无法被消防水泵所取用的那部分容积)，按式(2-11)计算：

$$V = (Q_x - Q_p)t\,\frac{3600}{1000} \quad (m^3) \qquad (2\text{-}11)$$

式中 V——消防水池有效容积(m^3)；

Q_x——室内、外消防用水总量(L/s)；

Q_p——在火灾延续时间内可连续补充的水量(L/s)；

t——火灾延续时间(h)，见表 2-16。

(6) 消防管道的水头损失计算：

1) 管道沿程水头损失：当消防给水管道采用钢管或铸铁给水管时，其管道沿程水头损失由式(2-12)计算确定：

$$H_f = iL = 0.0000107\,\frac{v^2}{d_j^{1.3}}L \quad (MPa) \qquad (2\text{-}12)$$

式中 H_f——管道沿程水头损失(MPa)；

i——管道单位长度的水头损失(MPa/m)；

L——管道长度(m)；

v——管道内的平均水流速度(m/s)；

d_j——管道计算内径(m)；

单位长度管道的水头损失 i，也可由水力计算表查出。

2) 管道局部水头损失：管道局部水头损失 H_j 可按沿程水头损失的百分比进行估算。

2.2 高层建筑消火栓消防给水系统

十层及十层以上的居住建筑(包括首层设置商业服务网点的住宅)和建筑高度超过24m的公共建筑等的室内消火栓给水系统,称为高层建筑室内消火栓给水系统。当高层建筑的建筑高度超过250m时,建筑设计采取的特殊的防火措施,应提交国家消防主管部门组织专题研究、论证。

2.2.1 设 计 原 则

高层建筑消防给水灭火设计原则,见表2-22。

高层建筑消防给水灭火设计原则　　表2-22

序　号	灭火设计原则	说　　明
1	预防为主、防消结合	尽量避免和防止火灾的发生
		尽快尽早扑灭火灾
		限制火灾在最小范围内
2	按建筑高度区分	建筑高度小于等于24m时,可用解放牌消防车直接进行灭火 按低层建筑和多层建筑进行灭火设计
		建筑高度大于24m时,解放牌消防车不能直接进行灭火 按高层建筑进行灭火设计
		建筑高度小于等于50m时,解放牌消防车通过水泵接合器向室内消防给水管网供水灭火
		建筑高度大于50m时,解放牌消防车难以通过水泵接合器向室内消防给水管网供水,必须进一步加强内部消防设施
		建筑高度大于24m且小于等于100m时,按高层建筑进行灭火设计
		建筑高度大于100m时,按超高层建筑进行灭火设计
3	外救与自救	建筑高度小于等于24m,可用解放牌消防车直接扑灭火灾,灭火立足于外救
		建筑高度大于24m,解放牌消防车不能直接进行灭火,应立足于室内消防给水设施自救
4	以水为主要灭火剂	在各种灭火剂中,用水为灭火剂具有使用方便、灭火效果好、价格便宜、器材简单等优点,为建筑灭火主要灭火剂
5	消火栓灭火系统为主	在以水为灭火剂的消防给水系统中,消火栓灭火系统在灭火效果和扑灭火灾的迅速及时方面不及自动喷水灭火系统,但工程造价低,节省投资,适合我国国情,为我国建筑灭火采用的主要灭火系统

2.2.2 建 筑 类 别

(1) 从消防角度划分,建筑类别见表2-23。

建 筑 类 别 表 2-23

建筑分类			特征
按建筑高度区分	低层建筑		九层及九层以下的住宅(包括底层设置商业服务网点的住宅) 建筑高度不超过24m的其它民用建筑以建筑高度超过24m的单层公共建筑 单层、多层和高层工业建筑
	高层建筑		十层及十层以上的住宅建筑(包括首层设置商业服务网点的住宅) 建筑高度超过24m的公共建筑
按建筑性质区分	民用建筑	住宅建筑	以户为单元的居住建筑
		公共建筑	公众进行工作、学习、商业、治疗等活动和交往的建筑

注：1. 建筑高度指从室外地面至女儿墙顶部、屋面面层或檐口的高度。
屋顶上的瞭望塔、冷却塔、水箱间、微波天线间、电梯机房、排风和排烟机房和楼梯出口小间等不计入建筑高度和层数内。
建筑物的地下室、半地下室的顶板面高出室外地面不超过1.5m时，不计入层数内。
2. 本表建筑分类指消防专业分类，而非建筑专业分类划分方法。
3. 与高层建筑直接连接的裙房，建筑高度超过24m时，其消防要求按高层建筑确定。

(2) 根据功能的不同，建筑类别见表2-24。

建 筑 类 别 表 2-24

序号	名称	说明
1	综合楼	使用功能在两种及两种以上的建筑
2	商住楼	下层为商业营业厅、上层为住宅或办公楼的建筑
3	高级旅馆	建筑标准高、功能复杂、火灾危险性较大，设有空气调节系统具备星级条件的旅馆
4	高级住宅	建筑标准高和设有空气调节系统的住宅。建筑标准高包括：装修复杂，满铺地毯，家具陈设高档
5	网局级电力调度楼	可调度若干省(自治区)电力业务的工作楼
6	重要办公楼、科研楼、档案楼	性质重要(国家、省、市级经济集团实体、有关国防、国计民生的重要科研、贵重物品存放楼等)、建筑标准高(与普通建筑相比，造价相差悬殊)、设备、资料贵重(主要指高、精、尖的设备，重要资料主要指机密性大，价值高的资料)火灾危险性大，发生火灾后损失大，影响大
7	裙房	与高层建筑直接相连的建筑高度不超过24m的附属建筑
8	商业服务网点	建筑面积不超过300m^{2}的百货店、副食品及粮店、邮政所、储蓄所、饮食店、理发店、小修门市部等公共服务用房

(3) 高层民用建筑根据其使用性质、火灾危险性、疏散和扑救难度等进行分类。建筑类别见表2-25。

高层民用建筑类别　　表 2-25

名　称	一　类	二　类
居住建筑	高级住宅 十九层及十九层以上的普通住宅	十层至十八层的普通住宅
公共建筑	1. 医院 2. 高级旅馆 3. 建筑高度超过 50m 或每层建筑面积超过 1000m² 的商业楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼 4. 建筑高度超过 50m 或每层建筑面积超过 1500m² 的商住楼 5. 中央级和省级(含计划单列市)广播电视楼 6. 网局级和省级(含计划单列市)电力调度楼 7. 省级(含计划单列市)邮政楼、防灾指挥调度楼 8. 藏书超过 100 万册的图书馆、书库 9. 重要的办公楼、科研楼、档案楼 10. 建筑高度超过 50m 的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等	1. 除一类建筑以外的商业楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼、商住楼、图书馆、书库 2. 省级以下的邮政楼、防灾指挥调度楼、广播电视楼、电力调度楼 3. 建筑高度不超过 50m 的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等

2.2.3　水源与消防给水系统类型

(1) 消防给水水源：高层建筑消防给水水源，按表 2-26 选用。

高层建筑消防给水水源　　表 2-26

序　号	消防给水水源	选 用 条 件	技 术 要 求
1	给水管网	室外有生活、生产或消防给水管网，并能供给消防用水，一般情况下应优先采用	1. 室外消防给水管道为环状 2. 进水管不宜少于两条，并宜从两条不同方向的市政给水管引入
2	消防水池	1. 市政给水管道和进水管或天然水源不能满足消防用水量 2. 市政给水管道为枝状或只有一条进水管(二类建筑的住宅除外) 3. 建筑高度超过 100m 的超高层建筑 4. 生活、生产和消防用水量达到最大时，室外低压消防给水管道的水压不能保证不小于 0.10MPa(从室外地面算起) 5. 不允许消防水泵从室外给水管网直接吸水	1. 有足够的有效容积 2. 便于消防车和消防水泵吸水 3. 有确保消防用水量不被它用的技术措施 4. 寒冷地区应有防冻措施
3	天然水源	1. 天然水源丰富 2. 与建筑物距离较近	1. 确保枯水期最低水位时消防用水量 2. 取水方便，在最低水位时能吸上水 3. 水中不含易燃，可燃液体 4. 悬浮物杂质不应堵塞喷头孔口 5. 寒冷地区应有可靠防冻措施 6. 取水设施有相应保护设施

(2) 消防给水系统类型：

1) 高层建筑室内消火栓给水系统按给水服务范围分为两类：

① 独立的室内消火栓给水系统：即每幢高层建筑设置一个单独加压的室内消火栓给水系统。这种系统安全性高，但管理分散，投资较大。在地震区、人防要求较高的建筑物以及重要的建筑物内，宜采用这种独立的室内消火栓给水系统。

② 区域集中的消火栓给水系统：即数幢或数十幢高层建筑物共用一个加压泵房的消火栓给水系统。这种系统便于集中管理，节省投资，但在地震区可靠性较低。在有合理规划的高层建筑区，可采用区域集中的高压或临时高压消防给水系统。

2) 按建筑高度分类：根据建筑物的高度，消火栓给水系统可分为分区给水方式和不分区给水方式两种消防给水系统。

① 不分区消防给水系统：建筑高度超过 24m，而不超过 50m 的高层建筑一旦发生火灾时，消防队使用一般消防车(解放牌消防车)从室外消火栓或消防水池取水，通过水泵接合器向室内管道送水，仍可加强室内管网的供水能力，协助扑救室内火灾。因此，建筑高度不超过 50m，或最低消火栓处的静水压力不超过 0.8MPa 时，可采用不分区给水方式的给水系统，见图 2-35。

有黄河牌或交通牌等大型消防车的地区，由于该消防车能协助扑救高度达 80m 的建筑的火灾，因此，当建筑高度超过 50m 而不超过 80m 时，消防给水系统也可不分区。

② 分区消防给水系统：建筑高度超过 50m 的消火栓给水系统，难以得到一般消防车的供水支持扑灭火灾。为加强给水系统的供水能力，保证供水安全和火场灭火用水，应采用分区给水系统，见图 2-36。

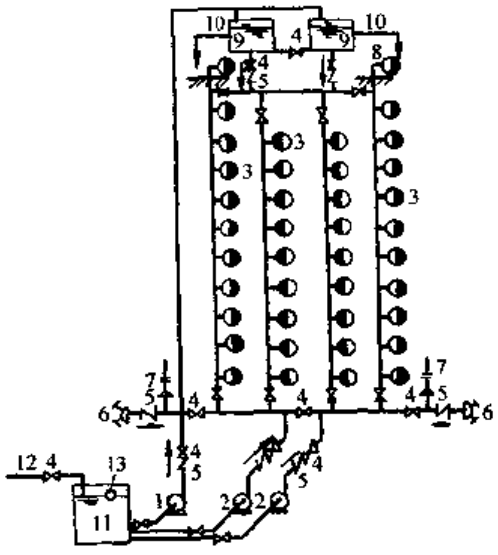


图 2-35 不分区消火栓给水系统

1—生活、生产水泵；2—消防水泵；3—消火栓和水泵远距离启动按钮；4—阀门；5—止回阀；6—水泵接合器；7—安全阀；8—屋顶消火栓；9—高位水箱；10—至生活、生产管网；11—贮水池；12—来自城市管网；13—浮球阀

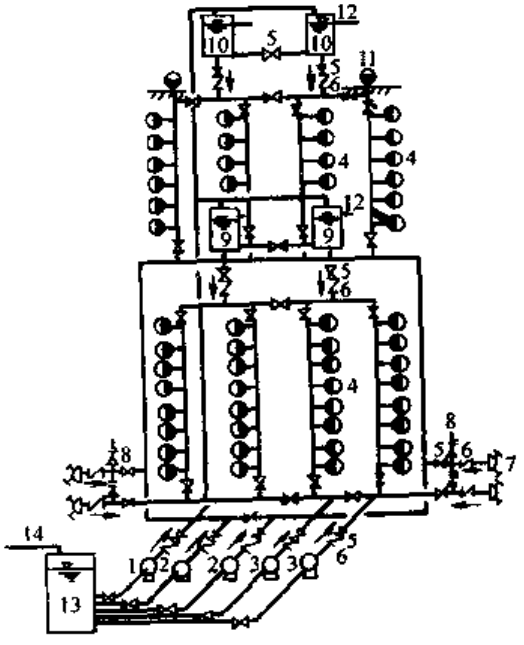


图 2-36 分区给水消火栓给水系统

1—生活、生产水泵；2—二区消防泵；3—一区消防泵；4—消火栓及远距离启动水泵按钮；5—阀门；6—止回阀；7—水泵接合器；8—安全阀；9—一区水箱；10—二区水箱；11—屋顶消火栓；12—至生活、生产管网；13—水池；14—来自城市管网

3) 按消防给水压力分：高层建筑消防给水系统按压力分为二类：高压消防给水系统、和临时高压消防给水系统。

① 高压消防给水系统：又称常高压消防给水系统。这种系统的消防给水管网内经常保持足够的压力，扑灭火灾时，不需使用消防车或其它移动式水泵加压，直接由消火栓接上水带和水枪灭火。当建筑物或建筑群附近有山丘，与山丘顶上消防水池（标高高于高层建筑一定数值）相连接的消防给水系统可形成高压消防给水系统。

② 临时高压消防给水系统：

ⅰ．消防给水管网内经常保持足够的消火栓栓口所需的静水压力，压力由稳压泵或气压给水设备等增压设备维持。在水泵房内设有专用高压消防水泵，火灾时启动消防水泵，使管网的压力满足消防水压的要求。对水压的要求同高压消防给水系统。

ⅱ．消防给水管网内平时水压不高，在水泵房内设有高压消防水泵，发生火灾时启动高压消防水泵，满足管网消防水压、水量的要求。

(3) 高层（建筑高度大于 50m）和超高层（建筑高度大于 100m）建筑消火栓给水系统设计：

1) 给水垂直分区的高度：高层建筑消火栓栓口的静水压力不应超过 0.8MPa，高层建筑竖向分区高度一般宜在 45～55m 范围内。

2) 并联和串联给水的适用性：

① 并联给水：给水管网竖向分区，每区分别用各自专用水泵提升供水。它的优点是水泵布置相对集中于地下室或首层，管理方便，安全可靠。缺点是高区水泵扬程较高，需用耐

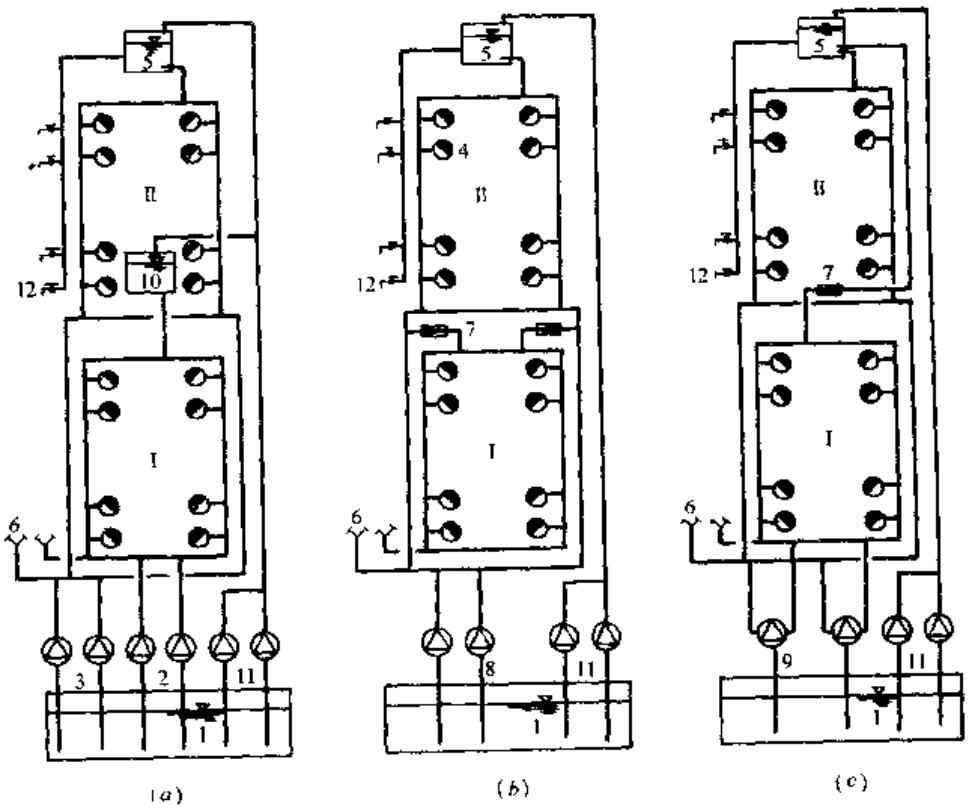


图 2-37　高层建筑消火栓分区给水图式举例

(a)采用不同扬程的水泵分区；(b)采用减压阀分区；(c)采用多级多出口水泵分区

1—水池；2—低区水泵；3—高区水泵；4—室内消火栓；5—屋顶水箱；6—水泵接合器；7—减压阀；8—消防水泵；9—多级多出口水泵；10—中间水箱；11—生活给水泵；12—生活给水

高压管材与管件，对于高区超过消防车供水压力的上部楼层消火栓，水泵接合器将失去作用。供水的安全性不如串联的好。一般适用于分区不多的高层建筑。如建筑高度 100m 以内的高层建筑，见图 2-37(*a*)(*b*)(*c*)；或超高层建筑顶部 100m 范围内，见图 2-38(*c*)。

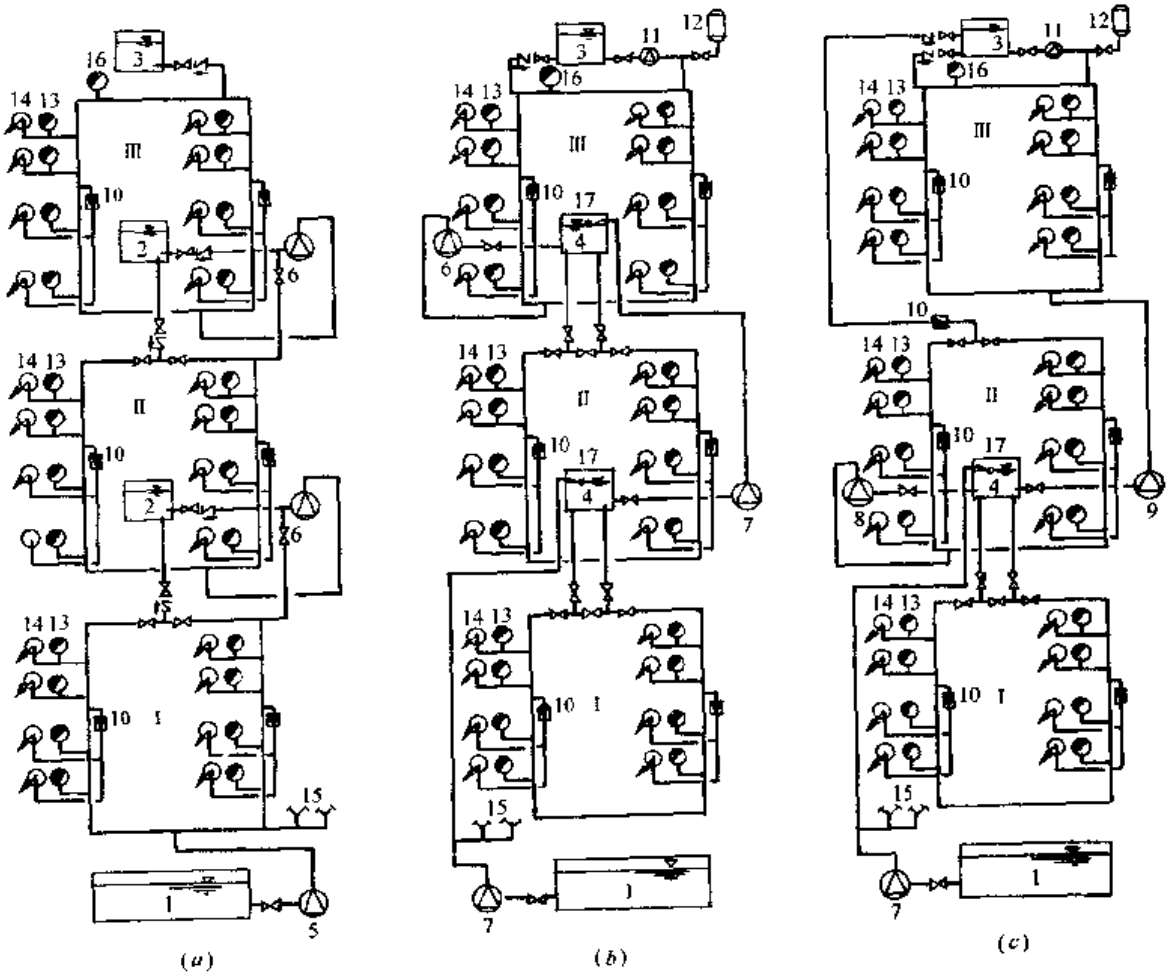


图 2-38 超高层建筑消火栓分区给水图式举例

(*a*)消防水泵直接串联给水；(*b*)消防水泵间接串联给水；(*c*)消防水泵混合给水

1—消防水池；2—中间水箱；3—屋顶水箱；4—中间转输水箱；5—消防水泵；6—中、高区消防水泵；7—低、中区消防水泵兼转输；8—中区消防水泵；9—高区消防水泵；10—减压阀；11—增压水泵；12—气压罐；13—室内消火栓；14—消防卷盘；15—水泵接合器；16—屋顶消火栓；17—浮球阀

② 串联给水：竖向各区由水泵直接串联向上[见图 2-38(*a*)]或经中间水箱转输再由泵提升的间接串联[见图 2-38(*b*)]两种给水方式。它们的优点是不需要高扬程水泵和耐高压的管材、管件；可通过水泵接合器并经各转输泵向高区送水灭火。它的供水可靠性比并联好。缺点是水泵分散在各层，管理不便；消防时下部水泵应与上部水泵联动，安全可靠性较差。一般适用于建筑高度超过 100m，消防给水分区超过二个区的超高层建筑。

当采用水泵直接串联时，应注意管网供水压力因接力水泵在小流量高扬程时出现的最大扬程叠加。管道系统的设计强度应满足此要求。

当采用水泵间接串联时，中间转输水箱同时起着上区输水泵的吸水池和本区消火栓给水贮水箱的作用，该两部分水量都是变值，为安全计，转输水箱的容积宜适当放大，建议按

0.5～1.0h 的消防流量计，且不小于 $36m^3$。并使下区水泵输水流量适当大于上区消防水量。另外，为防止水箱输入水量大于输出水量时水量大量流失，水箱进水管上应设双浮球阀，并在此浮球阀前引一小流量出水管（DN25～DN40）进入转输水箱，以防止输水泵在浮球阀关闭状态下长期运转引起水泵升温过高，其做法见图 2-39；也可将溢流水引回消防水池（与生活用水合用水池时不得回流，以防池水受污染）。

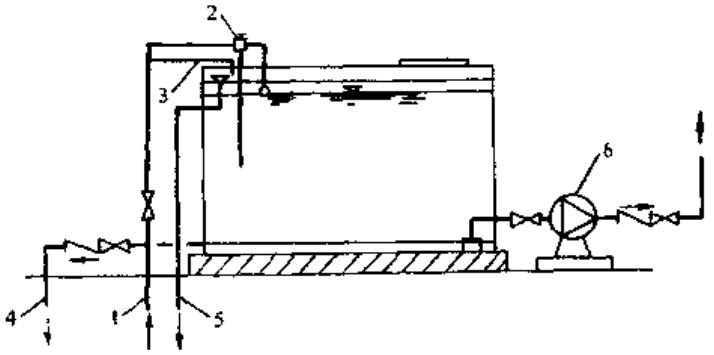


图 2-39　间接串联转输水箱进水管

1—进水管（2 根）；2—浮球阀（2 个）；3—进水支管（DN25～40）；4—出水管（2 根）（下区管网供水管）；5—溢水管；6—转输水泵（2 台，一用一备）

2.2.4 组件与要求

高层建筑消火栓消防给水系统组件与要求：

（1）室外消火栓：

1）室外消火栓的数量：高层建筑周围需设立的室外消火栓，应保证供应建筑物室外、室内两部分消防用水量。其中，室外消防用水量供消防车水枪之用，室内消防用水供消防车取自管网水后通过消防车水泵接至建筑物的水泵接合器，供室内消防设备灭火之用。因此，高层建筑周围室外消火栓的数量，可由式（2-13）确定（消防车从消防水池取水时除外）：

$$n \geqslant \frac{Q}{Q_q} + n_j \quad （个） \tag{2-13}$$

式中　n——室外消火栓的数量（个）；

Q——室外消防用水量，由表 2-27 查到；

Q_q——每个室外消火栓的用水量 10～15L/s；

n_j——水泵接合器数量。

2）室外消火栓的布置要求：在消火栓周围为了给消防队员留有操作场地，同时便于操作，消火栓距建筑物外墙不宜小于 5m，且不超过 40m。

消防车吸水管长度为 3～4m，为了便于消防车直接从消火栓取水，室外消火栓距路边不宜大于 2m。

3）在上述范围内的市政消火栓可计入室外消火栓的数量。

（2）室内消火栓：

1）高层建筑和裙房的各层除无可燃物的设备层外，每层均应设置室内消火栓。

2）高层建筑的消防电梯前室应设消火栓。

消火栓给水系统的用水量 **表 2-27**

高层建筑类别	建筑高度(m)	消火栓用水量(L/s)		每根竖管最小流量(L/s)	每支水枪最小流量(L/s)
		室外	室内		
普通住宅	≤50	15	10	10	5
	>50	15	20	10	5
1. 高级住宅 2. 医院 3. 二类建筑的商业楼、展览楼、综合楼、财贸金融楼、电信楼、商住楼、图书馆、书库 4. 省级以下的邮政楼、防灾指挥调度楼、广播电视楼、电力调度楼 5. 建筑高度不超过 50m 的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等	≤50	20	20	10	5
	>50	20	30	15	5
1. 高级旅馆 2. 建筑高度超过 50m 或每层建筑面积超过 1000m² 的商业楼、展览楼、综合楼、财贸金融楼、电信楼 3. 建筑高度超过 50m 或每层建筑面积超过 1500m² 的商住楼 4. 中央和省级(含计划单列市)广播电视楼 5. 网局级和省级(含计划单列市)电力调度楼 6. 省级(含计划单列市)邮政楼、防灾指挥调度楼 7. 藏书超过 100 万册的图书馆、书库 8. 重要的办公楼、科研楼、档案楼 9. 建筑高度超过 50m 的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等	≤50	30	30	15	5
	>50	30	40	15	5

注：建筑高度不超过 50m，室内消火栓用水量超过 20L/s，且设有自动喷水灭火系统的建筑物，其室内、外消防用水量可按表减少 5L/s。

超高层建筑的避难层、避难区，以及停机坪应设消火栓。

3）高层建筑的屋顶应设一个装有压力显示装置的检查用的消火栓，采暖地区该消火栓可设在顶层出口处或水箱间内。

4）室内消火栓应设在楼内走道、楼梯附近等明显易于取用的地方。

5）消火栓的间距应由计算确定（见第 2.1.3 节有关内容），应保证同层任何部位有两个消火栓的水枪充实水柱同时到达，同时满足高层建筑不应大于 30m，裙房不应大于 50m 的间距要求。

6）消火栓的水枪充实水柱应通过水力计算确定（见第 2.1.4 节有关内容和表 2-20），且建筑高度不超过 100m 的高层建筑不应小于 10m；建筑高度超过 100m 的高层建筑不应小于 13m。

7）消火栓栓口的静水压力不应大于 0.8MPa。在高层建筑内当消火栓栓口静水压力大

于 0.8MPa 时，应采取分区给水系统。消火栓栓口的出水压力大于 0.5MPa 时，消火栓处应设减压装置。

8) 室内消火栓应采用同一型号规格。消火栓直径采用 65mm，水枪喷嘴口径不应小于 19mm，配备的水带长度不应超过 25m。

9) 在高层建筑内要控制双阀双出口型消火栓代替两股水柱。在高层建筑中一般在以下两种情况下使用双阀双出口型消火栓：

① 在每层楼的端部可采用双阀双出口型消火栓，见图 2-40。

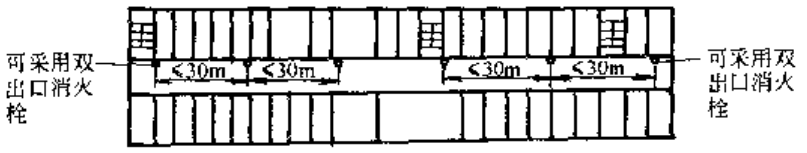


图 2-40　双出口消火栓布置示意

② 在建筑高度不超过 50m，且每层面积不超过 650m²（或 8 户）的普通塔式住宅，如设两条消防竖管有困难时，可设一条，且采用双阀双出口型消火栓。

10) 室内消火栓栓口距地面高度宜为 1.10m。栓口出水方向宜向下或与设置消火栓的墙面相垂直。

11) 临时高压给水系统的每个消火栓处或附近应设直接启动消防水泵的按钮，并应设有保护按钮的设施。安装于消火栓处的手动消防按钮外形见图 2-41，产品性能参数：使用环境温度为 −25～50℃；相对湿度为 95%；接点容器为 AC500V、5A，DC220V、5A；额定电压为 AC220V、380V，DC24V 可根据用户需要设置。

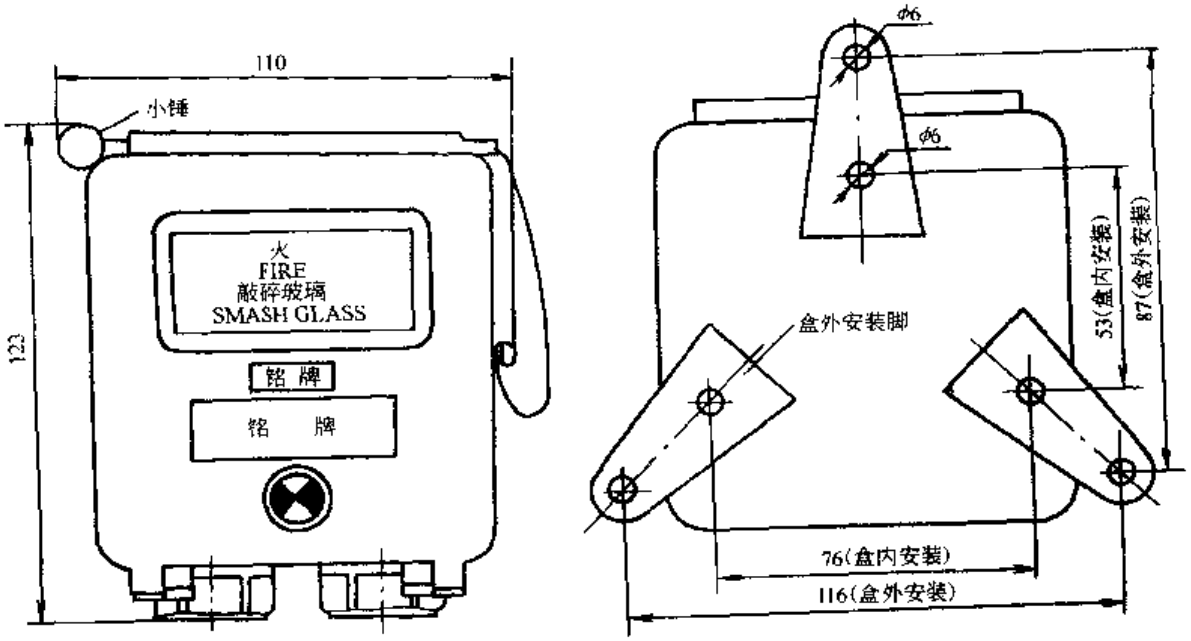


图 2-41　手动报警按钮外形

12) 高层建筑中的高级旅馆、重要的办公楼、一类建筑的商业楼、展览楼等和建筑高度超过 100m 的其它高层建筑，其楼内应设消防卷盘。在高层建筑的避难层也应设消防卷盘。

① 消防卷盘的技术性能，见表 2-28。

小口径消防卷盘规格性能 表 2-28

型 号	工作压力 (MPa)	有效射程 (m)	流 量 (L/s)	卷盘直径 (mm)	胶管长度 (m)	胶管内径 (mm)	水枪出水口径 (mm)	摇动力矩 (N·m)	转动力矩 (N·m)
SP20	≤0.8	≥6	≥0.3	450	20	φ19	φ6	≤16	≤8
SP25					25				
SP30				500	30				
XS460-20	≤1	6.7～17.5	0.3～1.26		20	φ19 进水管 DN25	φ6～8		

② 消防卷盘的用水量可不计入消防用水总量。

③ 消防卷盘的规格和配套装置要求：

ⅰ．栓口直径宜为 25mm。

ⅱ．胶管内径不小于 19mm。

ⅲ．胶管长度不应超过 40m，一般可取 25、30m。

ⅳ．水枪喷嘴直径不应小于 6mm，一般取 8mm。

④ 消防卷盘一般设置在走道、楼梯口附近等显眼便于取用的地点。消防卷盘的设置间距应保证室内地面任何部位有一股水流到达。

(3) 消防给水管道：

1) 室外消防给水管道：高层建筑的室外消防给水管道应独立构成环状管网，或与市政给水管道共同构成环状管网。其进水管不宜少于两条，并宜从两条市政给水管道引入，当其中一条进水管发生故障时，其余进水管应仍能保证全部用水量。室外消防给水管道的成环方式，见图 2-15。

2) 室内消防给水管道：

① 高层建筑的室内消防给水系统应与生活、生产给水系统分开，独立设置。

② 室内消防给水管道应布置成环(垂直或立体成环状，成环方式见图 2-42、43)保证供水干管和每条竖管都能双向供水。

室内消防给水环状管网的进水管不应少于两根，并宜从建筑物的不同方向引入。若在不同方向引入有困难时，宜接至竖管的两侧。若在两根竖管之间引入两根进水管时，应在两根进水管之间设分隔阀门(平时常开，只在发生事故或检修时暂时关

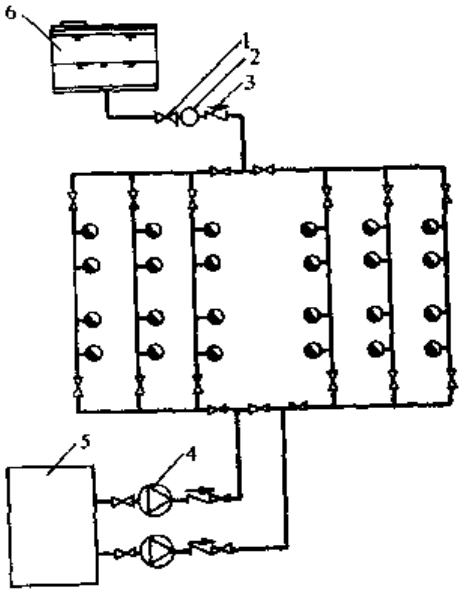


图 2-42 室内消防垂直成环网和阀门布置示意

1—阀门；2—水流指示器(视需要设)；3—止回阀；4—水泵；5—贮水池；6—高位水箱

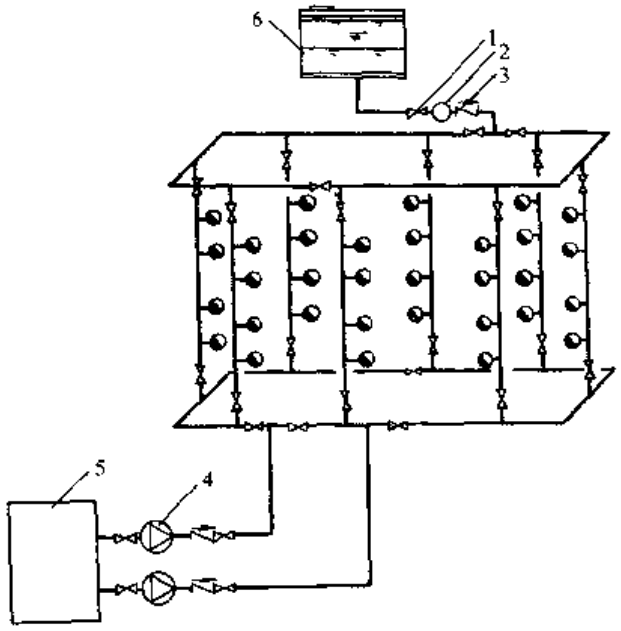


图 2-43　室内消防立体成环网和阀门布置示意
注：1～6 符号说明同图 2-42。

闭)。当其中一根发生故障时，其余的进水管应能保证消防用水量和水压的要求。

③ 消防竖管的布置，应保证同层相邻两个消火栓水枪的充实水柱，同时到达被保护范围内的任何部位。十八层及十八层以下，每层不超过 8 户、建筑面积不超过 650m² 的塔式住宅，当设两根消防竖管有困难时，可设一根竖管，但必须采用双阀双出口型消火栓。

④ 消防竖管的直径应按通过流量经计算确定，其最小流量见表 2-30。当计算出来的消防竖管直径小于 100mm 时，应考虑消防车通过水泵接合器往室内管网送水的可能性，仍采用 100mm。

⑤ 高层建筑室内消防给水管道应采用阀门分成若干独立段。阀门的布置应使管道在检修时，被关闭的竖管不超过一根。当竖管超过四根时，可关闭不相邻的两根竖管。

与高层主体建筑相连的附属建筑(裙房)内，因阀门关闭而停止使用的消火栓在同层中不超过 5 个。

⑥ 当高层建筑内同时设有消火栓给水系统和自动喷水灭火系统时，应将室内消火栓给水系统与自动喷水灭火系统分开设置，如有困难，可合用消防水泵，但在自动喷水灭火系统的报警阀前(沿水流方向)必须分开设置。

⑦ 室内消防给水管道的阀门应经常处于开启状态，并应有明显的启闭标志。一般常采用明杆闸阀、蝶阀、带关闭指示的信号阀等。

(4) 消防水箱：消防水箱是保证室内消防给水设备扑救初期火灾的水量和水压的有效设施。高层建筑中的消防水箱有屋顶水箱、分区中间水箱中间转输水箱和分区减压水箱。

1) 采用高压给水系统的高层建筑，可以不设屋顶消防水箱。而对于采用临时高压给水系统(独立设置或区域集中)的高层建筑物，均应设置屋顶消防水箱。

2) 高层和超高层建筑中，在采用串联水泵消防给水时，应设置中间水箱或中间转输水箱。

3) 高层建筑中，当消火栓栓口的静水压力超过 0.80MPa 时，除采用减压阀进行分区外，也可采用设置减压水箱的方式进行分区。

4) 区域集中的临时高压消防给水系统，当最高建筑物屋顶水箱设置高度能满足其它建筑消防水压要求时，其它建筑物内可不设屋顶消防水箱。当不能满足其压力要求时，如几幢相同高度的建筑群，每幢建筑宜按要求设置屋顶消防水箱。

5) 为防止生活、生产用水水质污染，消防水箱不宜与其它用水的水箱合用，若消防与生活水、生产用水合用水箱，应有确保消防贮水不被他用的技术措施。此时水箱出水管的做

法，见图 2-25。另外，还要采取防止水质变坏的措施。

6）高层建筑物内的消防水箱最好采用两个。如一个水箱检修时，仍可保存必要的消防用水。尤其是重要的高层建筑以及建筑高度超过 50m 的建筑物，设置两个消防水箱分贮消防用水是完全必要的。在设置两个消防水箱贮存消防用水时，应用连通管在水箱底部进行连接，并在连通管上设阀门，此阀门应处于常开状态，见图 2-44。

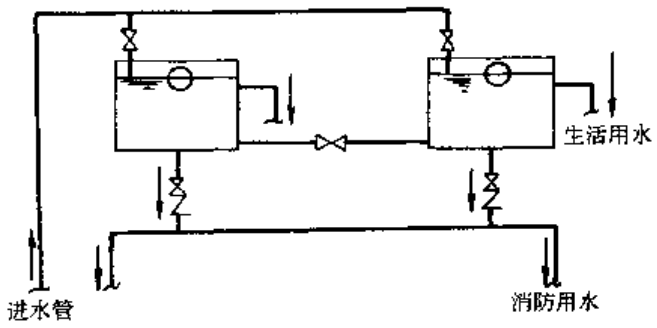


图 2-44 两个消防水箱的管道连接

7）消防水箱宜用生活、生产给水管道充水。除串联消防给水系统外，发生火灾时由消防水泵供给的消防用水不应进入高位消防水箱。因此，消防水箱的出水管上应设置防止消防水泵的供水进入水箱的止回阀。

8）水箱的容积：

① 屋顶消防水箱：

ⅰ．一类公共建筑不应小于 $18m^3$。

ⅱ．二类公共建筑和一类居住建筑不应小于 $12m^3$。

ⅲ．二类居住建筑不应小于 $6m^3$。

② 分区中间消防水箱：采用并联给水方式的分区中间消防水箱的容积应与屋顶消防水箱相同。

串联给水系统的分区中间水箱，其容积建议不小于 0.5～1h 的消防用水量，且不小于 $36m^3$。

③ 分区减压消防水箱：分区减压消防水箱在配管时，应满足进水量大于出水量，故可不考虑消防储水，满足浮球阀件等安装即可，但一般不小于 $5m^3$。

9）水箱的设置高度：高位消防水箱的设置高度应保证最不利点消火栓静水压力。当建筑高度不超过 100m 时，高层建筑最不利点消火栓静水压力不应低于 0.07MPa；当建筑高度超过 100m 时，高层建筑最不利点消火栓静水压力不应低于 0.15MPa。

（5）消防增压设备：当高层建筑的消防水箱设置不能保证建筑物内最不利点消火栓的静水压力时，应在水箱附近设增压设施。增压设施目前有增压水泵（又称稳压泵）和气压给水装置两类。

增压水泵的出水量，对消火栓给水系统不应大于 5L/s，对自动喷水灭火系统不应大于 1L/s，以利系统消防主泵及时启动供水。

气压罐的调节水容量宜为 450L，以利及时启动泵站的消防主泵。

（6）消防水池：

1）消防水池的设置条件：

① 市政给水管道和进水管见图 2-1 或天然水源不能满足消防用水量时。

② 市政给水管道为枝状或只有一条进水管（二类居住建筑除外）。

2）消防水池有效容量的确定：当室外给水管网能保证室外消防用水量时，消防水池的有效容量应满足在火灾延续时间内室内消防用水量的要求；当室外给水管网不能保证室外

消防用水量时，消防水池的有效容量应满足火灾延续时间内室内消防水量和室外消防用水量的不足部分之和的要求；当室外管网不仅能保证室外消防用水量，而且在火灾延续时间内还能连续向消防水池补充水时，消防水池的有效容量应为室内消防用水量减去火灾延续时间内能向消防水池连续补水的水量。消防水池总容量超过 500m³ 时，应分设成两个。每个池子的有效容积为总有效容积的 1/2。

3) 供消防车取水的消防水池应设取水井或取水口，其水深应保证水泵吸水高度不超过 6m，取水井有效容积不得小于消防车上最大一台(组)水泵 3min 的出水量。

4) 消防水池取水口或取水井的位置距被保护建筑物，一般不宜小于 5m，最好也不大于 40m。对于区域或集中高压给水系统，其距离不宜超过 100m。

5) 消防水池的其它设置要求，同第 2.1 节"低层建筑消火栓消防给水系统"中关于消防水池的内容。

(7) 消防水泵和消防水泵房：

1) 消防水泵应设置备用水泵，其工作能力不应小于其中最大一台消防工作泵。

2) 消防水泵应采用自灌式吸水。

一组消防水泵，吸水管不应少于两条，当其中一条损坏或检修时，其余吸水管应仍能通过全部水量。在吸水管上应设阀门。

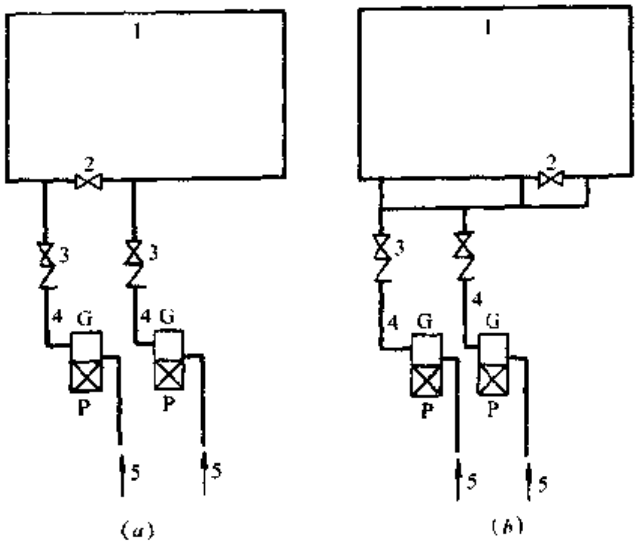


图 2-45　消防水泵与室内管网的联结方法

(a)正确的布置方法；(b)不正确的布置方法

P—电动机；G—消防水泵；1—室内管网；2—消防分隔阀门；3—放水阀；4—阀门和单向阀；5—出水管

3) 消防水泵房应设不少于两根供水管与室内环形管网连接，见图 2-45。在供水管上应装设试验用和检查用压力表和 *DN*65 的放水阀。

4) 当市政给水环形干管允许直接吸水时，消防水泵应直接从室外给水管网吸水。直接吸水时，水泵扬程计算应考虑室外给水管网的最低水压，并以室外给水管网的最高水压校核水泵的工作情况。与室外给水管网直接连接的吸水管上应设阀门。

5) 高层建筑消防给水系统应采取防超压措施。一般采用的具体措施如下：

① 合理布置消防给水系统，减小竖向分区的给水压力值。

② 采用多台水泵并联运行的工作方式。

③ 选用流量——扬程曲线平缓的水泵作消防水泵。

④ 提高管道和附件承压能力。

⑤ 在消防水泵的供水管上设置安全阀或其它泄压装置。

⑥ 在消防水泵的供水管上设回流管泄压，回流水流入消防水泵吸水池。

6) 当消防水泵房设在首层时，其出口宜直通室外。当设在地下室或其它楼层时，其出口应直通安全出口。

(8) 水泵接合器：

1) 高层建筑的室内消火栓给水系统和自动喷水灭火系统均应设水泵接合器。室内消防给水系统采取竖向分区供水时，在消防车供水压力范围内的每个分区均需分别设置水泵接合器。只有采用串联消防给水方式时，可仅在下区设水泵接合器供全楼使用。

2) 水泵接合器应与室内消防环网连接，连接点应尽量远离固定消防水泵出水管与室内管网的接点。

3) 当采用墙壁式水泵接合器时，其中心高度距室外地坪为 700mm，接合器上部墙面不宜是玻璃窗或玻璃幕墙等易破碎材料，以防火灾时，破碎玻璃砸下损坏水龙带或砸伤消防人员。当必须在该位置设置水泵接合器时，其上部应有有效遮挡保护措施。

4) 当室内消火栓系统和自动喷水灭火系统或不同消防分区的水泵接合器集中布置时，应有明显的标志加以区分。

5) 水泵接合器宜采用地上式；当采用地下式水泵接合器时，应有明显标志。水泵接合器的其它设置要求，同低层建筑消防给水系统的水泵接合器。

(9) 消防给水系统和消火栓的减压：

1) 在高层建筑中，消火栓栓口的静水压力不应大于 0.80MPa，当大于 0.80MPa 时，应采取分区给水系统。消火栓栓口的出水压力大于 0.50MPa 时，消火栓处应设减压装置。

2) 消防给水系统的减压措施：

① 当采用减压阀减压分区给水方式时，应满足下列要求：

ⅰ. 不宜超过两个分区。

ⅱ. 应采用质量可靠能减动、静压的减压阀。

减压阀分区与管道的连接，见图 2-46、47。

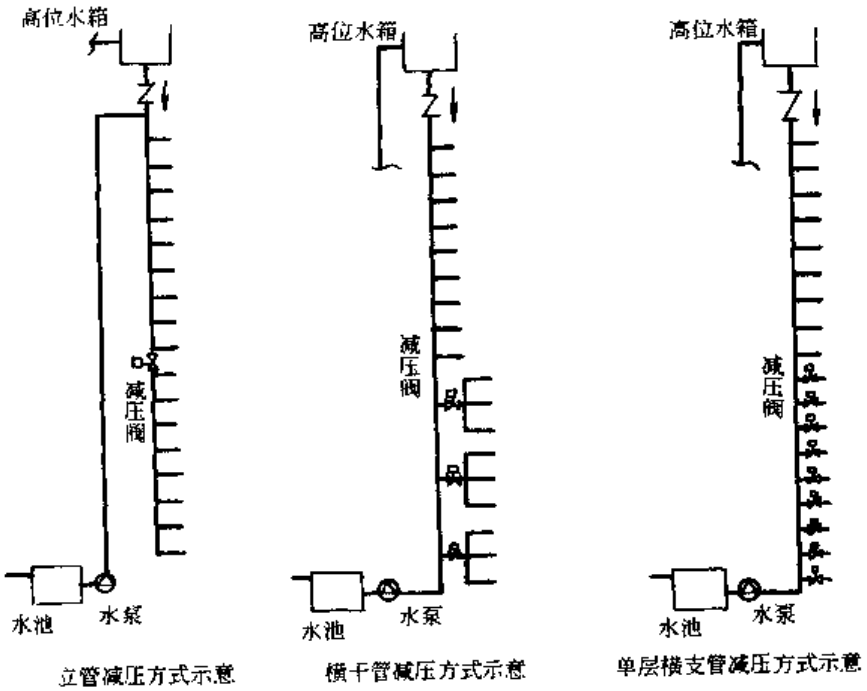


图 2-46 水箱单向供水减压阀设置

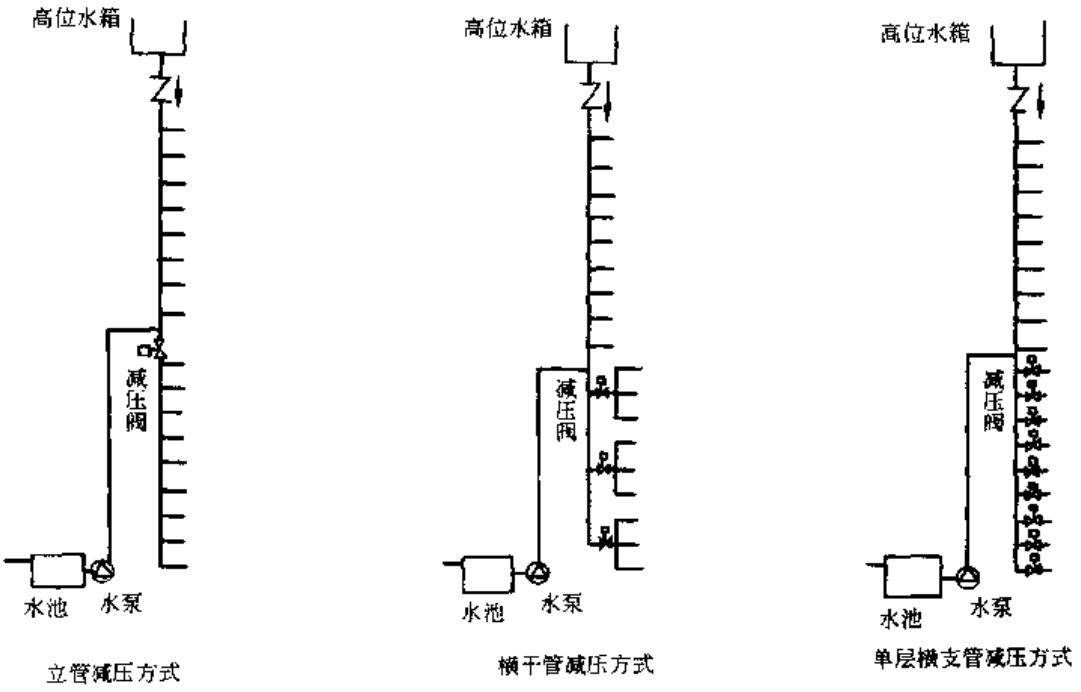


图 2-47　水泵、高位水箱双向供水减压阀设置

② 用于分区消防给水的减压阀，其安装应符合如下要求：

ⅰ. 减压阀组宜由二个减压阀并联安装组成。二个减压阀应交换使用，互为备用。

ⅱ. 减压阀前后应装设检修阀门，宜装设软接头或伸缩节，便于检修安装。

ⅲ. 减压阀前应装设过滤器，并应便于排污。过滤器宜采用 40 目滤网。

ⅳ. 减压阀前后应装设压力表。

ⅴ. 减压阀宜垂直安装，且孔口应置于易观察检查之方向。若要水平安装，透气孔应朝下以防堵塞。

ⅵ. 减压阀组后(沿水流方向)，应设泄水阀，并于设计中注明，每隔 3～4 个月泄水运行一次，以防杂质沉积损坏减压阀。

减压阀组的安装，见图 2-48。

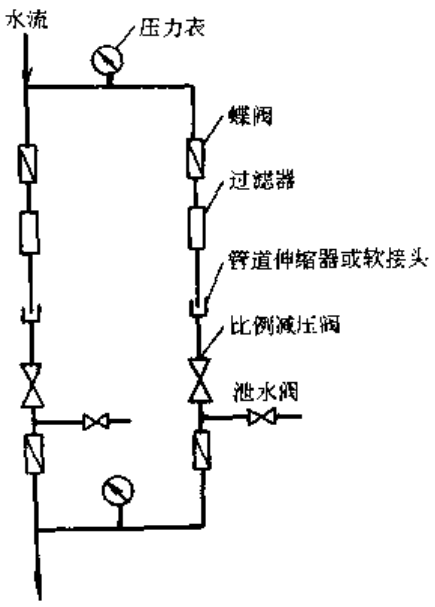


图 2-48　减压阀组安装

3) 消火栓处的减压措施：消火栓处的减压装置一般有减压阀(见图 2-46、47 中的单层横支管减压方式)和减压孔板。消火栓处设置减压孔板的目的是消除剩余水头，保证消防给水系统均衡供水，达到消防水量合理分配等目的。

减压孔板用不锈钢等材料制作。

4) 减压稳压消火栓(摘自北京海淀惠普机电技术开发公司产品样本)：室内减压稳压消火栓是新研制的新型消火栓。它的外形与一般消火栓相同，但集消火栓与减压阀于一身，完全不需人工调试，只需消火栓的栓前压力保持在 0.4～0.8MPa 的范围内，其栓口出口压力就会保持在

0.3±0.05MPa 的范围内，且 SN65 消火栓的流量不小于 5L/s。

该减压稳压消火栓的栓体内部采用了内活塞套、活塞及弹簧组成的减压装置。活塞的底部受进水水压的作用，上部受弹簧力作用，活塞的侧壁上开有特别设计的泄水孔，且可在活塞套中上、下滑动。当旋启手轮，打开消火栓时见图 2-49，若进水端水压 P_1 较大，其作用于活塞底部的水压力大于弹簧的弹性张力，活塞在活塞套内向上滑动，此时活塞侧壁上的泄水孔受活塞套遮挡，泄水孔的有效流通面积减小，水流阻力增大，故栓后的压力 P_2 减小；反之，若进水端水压 P_1 较小见图 2-50，弹簧张力就会大于活塞底部的水压力，活塞就向下滑动，此时泄水孔被活塞套遮挡部分减小，泄水孔的有效流通面积增大，水流阻力减小，故栓后的压力 P_2 增大。

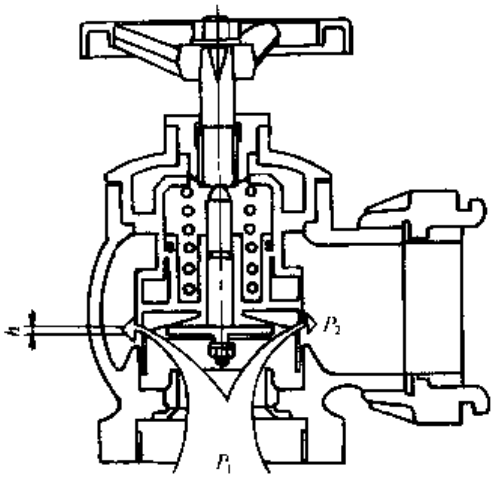


图 2-49

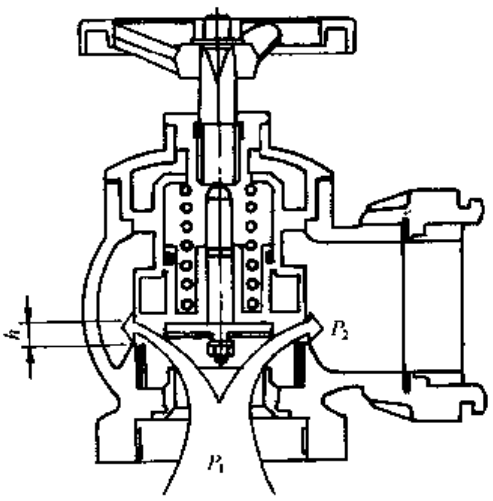


图 2-50

减压稳压消火栓的产品技术参数，见表 2-29。栓前、栓后的压力曲线（P_1-P_2 曲线），见图 2-51。

表 2-29

固定接口 (MPa)	SN65 内扣式消防接口
试验压力	2.4
公称压力	1.6
进水口压力	0.4～0.8
出水口压力	0.3
稳压精度	±0.05
流量(L/s)	>5

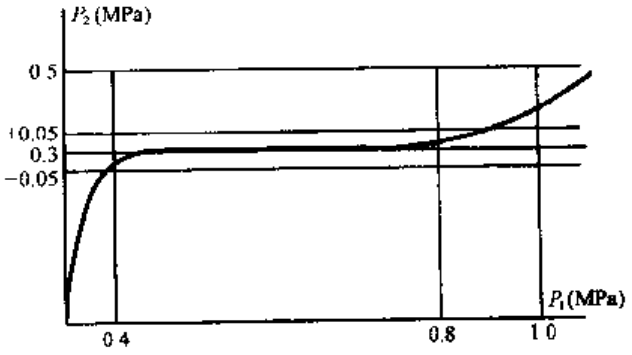


图 2-51 减压、稳压消火栓 P_1-P_2 曲线

注：压力曲线图表示当栓前压力 P_1 为 0.4～0.8MPa 时，栓后压力 P_2 稳定在 0.3MPa，稳压精度 ±0.05MPa。即使栓前压力大到 1.0MPa，栓后压力也不会超过 0.5MPa。

(10) 远距离启动消防水泵设备：为了在火灾发生后能迅速提供消防管网所需的水量和

水压，必须设置远距离启动消防水泵的设备。

1）在高层建筑的每个室内消火栓处，应设置消防水泵启动按钮。

2）建筑物内的消防控制中心，均应设置远距离启动或停止消防水泵运转的设备。

(11）消防排水：

1）消防排水的主要来源：

① 消防给水系统如室内消火栓、自动喷水灭火系统喷头等设施，在灭火时的流出量。

② 生活、生产给水系统用水设备的使用者在火灾发生时，由于救火、紧急疏散等原因，未关闭用水设备而引起的用水继续出流和溢流现象。

③ 室内贮水装置或设备因火灾破坏而流出的水量。

④ 火灾造成排水管道损坏，无法正常排水带来的积水现象。

2）消防排水的措施：

① 消防电梯间前室门口宜设挡水设施。

② 消防电梯的井底应设排水设施。

ⅰ．当有条件将消防电梯井底的积水排向室外雨水道或排向低于消防电梯井底的废水井时，可直接排放。为防止雨水倒灌，排放管应在室外适当地方装设止回阀。但消防电梯井底的排水管不得与散发气味的生活污水系统相连接。

ⅱ．消防电梯井底积水不能直接排放时，宜在井底旁边（无条件时也可在井底下部）设容量不小于 $2m^3$ 的排水坑。

ⅲ．排水坑内设排水泵。消防排水泵应符合下列要求：消防排水泵宜选用潜水泵；宜设备用泵，也可安装一台、库存一台，当消防用水量不超过 25L/s 时，可不设备用泵；消防排水泵的流量不应小于 10L/s；消防排水泵的启、闭可采用自动控制与就地手动控制两种控制方法。

2.2.5 设 计 计 算

高层建筑消火栓消防给水系统设计计算步骤：

(1）高层建筑消火栓消防用水量，火灾延续时间：

1）高层民用建筑物分类的规定：高层民用建筑根据其使用性质、火灾危险性、疏散和扑救难度等分为两类，见表 2-25。

2）高层建筑消火栓消防用水量：

① 高层民用建筑消火栓消防用水量，不应小于表 2-27 的要求。

② 高层建筑采用消火栓灭火时，火灾延续时间规定如下：

ⅰ．商业楼、展览楼、综合楼、一类建筑的财贸金融楼、图书馆、书库，重要的档案楼、科研楼和高级旅馆的火灾延续时间，应按 3h 计算。

ⅱ．其它高层建筑，可按 2h 计算。

(2）消防给水管网管径的确定：在确定消防给水管网管径前，首先要选定建筑物的最高、最远的两个或多个消火栓作为计算最不利点，同时确定室内消火栓系统，并按照消防规范规定的室内消防用水量确定通过各管段的流量，即进行流量分配。流量分配的原则，见表 2-30。

高层和超高层建筑最不利点计算流量分配 表 2-30

室内消防计算流量 (L/s)	最不利消防竖管出水枪数 (支)	相邻消防竖管出水枪数 (支)	次相邻消防竖管出水枪数 (支)
10	2		
20	2	2	
25	3	2	
30	3	3	
40	3	3	2

注：1. 出两支水枪的竖管，如设置双出口消火栓时，最上一层按双出口消火栓进行计算。

2. 出三支水枪的竖管，如设置双出口消火栓时，最上一层按双出口消火栓加相邻下一层一支水枪进行计算。

对于高层建筑，当确定通过各管段流量时，还应考虑以下几个因素：

1）火灾期间消防水流实际存在两种不同的流向，即火灾初期的 10min 以内，由高位水箱向管网供水，此时水流是自上而下流动；当消防水泵启动后，消防用水改由水泵供水，此时水流是自下而上流动。

2）灭火期间，某段管路发生临时故障，消防水流需要绕行而改变原来的流量分配。

3）扑救火灾时，消防车通过水泵接合器向室内管网供水的可能性。

在全面分析并确定消防管网能满足各管段流量需要后，即可按流量公式 $Q=\frac{1}{4}\pi d^2 v$ 来计算各管段的管径，或查水力计算表。消防管道内水的流速不宜大于 2.5m/s。

消防管道进行水力计算时，其沿程阻力损失的计算方法与给水管网相同，管道的局部阻力损失，通常可按沿程阻力损失的 10% 估算。如需精确计算，则应按局部阻力损失公式计算。

(3) 消防给水系统的增压设备计算和选用：

1）增压水泵加气压水罐的增压设施：在高层建筑中，当消防水箱的高度与最不利点消火栓处静水压力不能满足《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—97)关于建筑高度不超过 100m 的高层建筑不应低于 0.07MPa，建筑高度超过 100m 的高层建筑不应低于 0.15MPa 的规定时，一般常在靠近高位水箱的顶层采用增压泵加气压水罐的方法增压。这时设备的计算和选用方法如下：

① 增压泵的设计参数：

ⅰ. 增压泵的流量 Q：

ⅰ）消火栓系统专用时，$Q=5$L/s。

ⅱ）自动喷水灭火系统专用时，$Q=1$L/s。

ⅱ. 增压泵的扬程：当增压设施为消火栓系统专用或为消火栓系统与自动喷水灭火系统合用时，按气压罐内消防贮水容积下限水位(见图 2-52、53 中的 h_1)时，仍能保证消火栓栓口处充实水柱的压力(图 2-52 中的 P_1)计算；当增压设施为自动喷水灭火专用时，按气压罐内消防贮水容积下限水位(图 2-52、53 中的 h_1)时，仍能保证最不利喷头 5m 的工作压力计算。

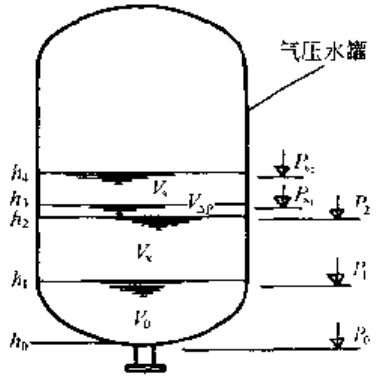


图 2-52　补气式气压水罐

V_x—贮水容积；P_0—起始压力；P_1—最低工作压力；P_2—最高工作压力，灭火消防水泵启动压力；P_{s_1}—稳压水容积下限压力，稳压消防水泵启动压力；P_{s_2}—稳压水容积上限压力，稳压消防水泵停止压力；V_s—稳压水容积；V_{sp}—缓冲水容积；V_0—不动水容积；h_1—消防贮水容积下限水位；h_2—消防贮水容积上限水位；h_3—稳压水容积下限水位；h_4—稳压水容积上限水位

② 气压水罐各项参数的设计计算：

ⅰ．容积：气压水罐应设有消防贮水容积、稳压水容积、缓冲水容积；补气式气压水罐还应有不动水容积。上述各水容积及相应的压力和水位见图 2-52，2-53。

ⅰ）总容积按式(2-14)计算：

$$V=\frac{\beta V_{xf}}{1-\alpha_b}\quad(m^3)\qquad(2\text{-}14)$$

式中　V——消防气压水罐总容积(m^3)；

V_{xf}——消防水总容积，等于贮水容积、稳压水容积及缓冲水容积之和(m^3)；

β——气压水罐的容积系数，其值如下：

① 立式气压水罐：1.10。

② 卧式气压水罐：1.25。

③ 隔膜式气压水罐：1.05。

α_b——工作压力比，宜为 0.5～0.9。

ⅱ）贮水容积 V_x 按下列计算：

① 消火栓给水系统不少于 300L。

② 自动喷水灭火系统不少于 150L。

消火栓给水系统与自动喷水灭火系统合用时不少于 450L。

ⅲ）稳压水容积 V_s 不少于 50L。

ⅱ．压力：

ⅰ）最低工作压力 P_1(按表压计)应保证最不利处消火栓口的水枪充实水柱或自动喷水灭火喷头所需的水压要求。

ⅱ）最高工作压力 P_2 按式(2-15)计算：

$$P_2=\frac{P_1+0.098}{1-\dfrac{\beta V_x}{V}}-0.098\qquad(2\text{-}15)$$

式中　P_2——最高工作压力，即消防水泵的启动压力(表压，MPa)；

P_1——最低工作压力(MPa)；

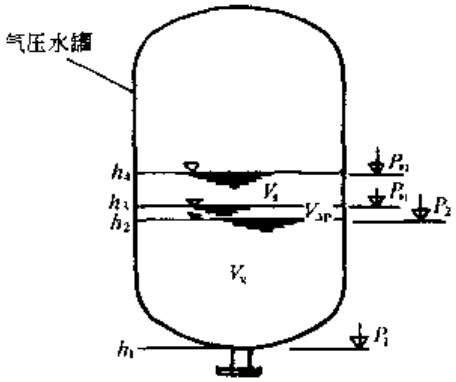


图 2-53　隔膜式气压水罐

图中符号含义说明同图 2-52。

V_x——消防贮水容积(m^3)；

V——气压水罐总容积(m^3)；

β——容积系数。

ⅲ）增压泵启动压力 P_{s_1} 按 $P_{s_1}=P_2+0.02MPa$ 取值；

ⅳ）增压泵停止压力 P_{s_2} 按 $P_{s_2}=P_{s_1}+0.05MPa$ 取值；同时应符合V_x 不少于 50L 的规定。

设计中初选带气压水罐的增压设施时，可参考表 2-31 中参数选用。

带气压水罐的增压设施选用 **表 2-31**

罐体直径 DN (mm)	罐体总容积 V (L)	有效贮水容积 V_x (L)	消火栓充实水柱 S_k (m)	最低工作压力 P_1 (MPa)	消防加压泵启泵压力 P_2 (MPa)	增压泵开泵压力 P_{s_1} (MPa)	增压泵停泵压力 P_{s_2} (MPa)	备 注
800	840	300	7	0.14－h	0.30－h	0.32－h	0.37－h	消火栓系统专用
			10	0.20－h	0.39－h	0.41－h	0.46－h	
			13	0.24－h	0.46－h	0.48－h	0.53－h	
	1000	300	7	0.14－h	0.26－h	0.28－h	0.33－h	
			10	0.20－h	0.34－h	0.36－h	0.41－h	
			13	0.24－h	0.41－h	0.43－h	0.48－h	
1000	1440	300	7	0.14－h	0.21－h	0.23－h	0.28－h	消火栓系统专用
			10	0.20－h	0.29－h	0.31－h	0.36－h	
			13	0.24－h	0.34－h	0.36－h	0.41－h	
	1700	300	7	0.14－h	0.20－h	0.22－h	0.27－h	
			10	0.20－h	0.27－h	0.29－h	0.34－h	
			13	0.24－h	0.32－h	0.34－h	0.39－h	
1200	2500	300	7	0.14－h	0.18－h	0.20－h	0.25－h	消火栓系统专用
			10	0.20－h	0.25－h	0.27－h	0.32－h	
			13	0.24－h	0.29－h	0.31－h	0.36－h	
	3000	300	7	0.14－h	0.17－h	0.19－h	0.24－h	
			10	0.20－h	0.24－h	0.26－h	0.31－h	
			13	0.24－h	0.28－h	0.30－h	0.35－h	
1000	1440	450	7	0.14－h	0.26－h	0.28－h	0.33－h	消火栓系统与自动喷水系统合用
			10	0.20－h	0.35－h	0.37－h	0.42－h	
			13	0.24－h	0.42－h	0.44－h	0.49－h	

续表

罐体直径 DN (mm)	罐体总容积 V (L)	有效贮水容积 V_x (L)	消火栓充实水柱 S_k (m)	最低工作压力 P_1 (MPa)	消防加压泵启泵压力 P_2 (MPa)	增压泵开泵压力 P_{s_1} (MPa)	增压泵停泵压力 P_{s_2} (MPa)	备　注
1000	1700	450	7	$0.14-h$	$0.24-h$	$0.26-h$	$0.31-h$	消火栓系统与自动喷水系统合用
			10	$0.20-h$	$0.32-h$	$0.34-h$	$0.39-h$	
			13	$0.24-h$	$0.38-h$	$0.40-h$	$0.45-h$	
1200	2500	450	7	$0.14-h$	$0.20-h$	$0.22-h$	$0.27-h$	消火栓系统与自动喷水系统合用
			10	$0.20-h$	$0.28-h$	$0.30-h$	$0.35-h$	
			13	$0.24-h$	$0.33-h$	$0.35-h$	$0.40-h$	
	3000	450	7	$0.14-h$	$0.19-h$	$0.21-h$	$0.26-h$	
			10	$0.20-h$	$0.26-h$	$0.28-h$	$0.33-h$	
			13	$0.24-h$	$0.32-h$	$0.34-h$	$0.39-h$	
800	840	150	5*	$0.10-h$	$0.15-h$	$0.17-h$	$0.22-h$	自动喷水系统专用
	1000	150	5*	$0.10-h$	$0.14-h$	$0.16-h$	$0.21-h$	
600	370	150	5*	$0.10-h$	$0.24-h$	$0.26-h$	$0.31-h$	

注：1. 表中带*数据表示自动喷水灭火系统最不利喷头处的工作压力(MPa)。

2. 表中"最低工作压力 P_1"指保证最不利消火栓或最不利喷头的水量，充实水柱所需的最低工作压力(含管道阻力损失)。

3. 表中 P_1，P_2，P_{s_1}，P_{s_2}均按增压设施位于屋顶间计算而得，如增压设施位于地下室或其它地点，应重新计算。

4. 表中"h"为消防水箱的最低水位与最不利消火栓或喷头的高差和水头损失(MPa)。

5. 气压水罐采用立式罐，当采用卧式罐时，须重新计算。

2) 单设增压水泵的增压设施：在采用单设增压水泵的增压设施时，要求有质量好和可靠性高的增压水泵、阀门和控制系统。并且宜两套装置并联安装，其中一套运行，另一套备用。

① 增压水泵的设计参数：

ⅰ. 增压泵的流量 Q：增压泵的流量 Q 与增压水泵加气压水罐的设施一样，采用如下流量值：

ⅰ) 消火栓系统专用时，$Q=5$L/s。

ⅱ) 自动喷水灭火系统专用时，$Q=1$L/s。

ⅱ. 增压泵的扬程：当增压泵位于屋顶水箱间或屋顶设备层时，增压泵的扬程即为增压水泵加气压水罐设施时的最低工作压力 P_1。

当增压泵同消防主泵均位于消防水泵房时，增压泵扬程同消防主泵。

② 增压水泵的控制：

ⅰ. 增压泵的开启与关闭，可由安装在消防泵出水管上的压力开关自动控制。当压力下降值为低于消防管网工作压力 0.07MPa 时增压泵开启，当恢复到工作压力时关闭增压

泵。当压力下降值为0.10MPa时，消防水泵开启，而增压泵停止工作。

ⅱ．当增压泵为两台时，宜控制两台泵定时或依次轮换启动。

ⅲ．消防主泵开启后应同时关闭增压泵。

ⅳ．消防主泵和增压泵的工作状态，不仅要在机房控制盘上显示，同时也应在楼内消防控制室内显示。

(4) 室内消火栓的减压计算：

1) 室内消火栓剩余水头的计算：室内消火栓栓口压力过大带来两方面不利。其一出水压力增大，水枪的反作用力也大，将使人难以操作；其二出水压力增大，消火栓出水量也增大，将会使消防水箱的储水量在较短时间内被用完。因此，消除消火栓栓口剩余水压是十分必要的。减压后消火栓栓口的出水压力应在 H_{xh}～0.50MPa 之间（H_{xh}为消火栓栓口要求的最小灭火水压）。消火栓剩余压力计算应从两种工况来分析。

当水泵由下向上管网供水时，按式(2-16)计算：

$$H_{xsh}=H_b-H_{xh}-h_z-\Delta h \quad (MPa) \tag{2-16}$$

式中 H_{xsh}——计算层最不利点消火栓栓口剩余水压(MPa)；

H_b——水泵在设计流量时的扬程(MPa)；

H_{xh}——消火栓栓口所需最小灭火水压(MPa)；

h_z——计算消火栓与水泵最低吸水面之间的高程差引起的静水压(MPa)；

Δh——水经水泵到计算层最不利点消火栓之间管道沿程和局部水头损失之和(MPa)。

当由消防水箱向下供水时，按式(2-17)计算：

$$H_{xsh}=h_z-H_{xh}-\Delta h \quad (MPa) \tag{2-17}$$

式中 H_{xsh}——计算层最不利点消火栓栓口的剩余水压(MPa)；

h_z——消防水箱最低水位与计算层最不利点消火栓栓口之间高差引起的静水压(MPa)；

H_{xh}——消火栓栓口所需最小灭火水压(MPa)；

Δh——由消防水箱至计算层最不利点消火栓之间的管道沿程和局部水头损失之和(MPa)。

消火栓系统内压力和流量是个多变值，工程设计中可以简化一些。减压计算中，出水压力超过0.5MPa的消火栓不必每层计算，可以每隔3～5层选用同一规格的孔板，只要满足栓口出水压力在 H_{xh}～0.5MPa 之间即可。

2) 减压孔板的计算与选择，见第13.4节。

(5) 消防水泵扬程的计算：消防水泵的扬程应在满足消防流量的条件下，保证最不利点消火栓的水压要求。可按式(2-18)计算：

$$H_b=H_q+h_d+h_g+h_z \quad (MPa) \tag{2-18}$$

式中 H_b——消防水泵的扬程(MPa)；

H_q——最不利点消火栓消防水枪喷嘴所需最低水压(MPa)；

h_d——消防水带的水头损失(MPa)；

h_g——消防给水管网在最不利点流量分配情况下，从消防泵出口至最不利点消火栓

间的沿程和局部阻力损失(MPa)；

h_z——消防水池最低水位与最不利点消火栓之间的高程差(MPa)。

消防竖管的流量分配，见表 2-30。水枪喷嘴压力、水带压力损失的计算方法，见“低层建筑消火栓消防给水系统”的有关室内消火栓栓口水压计算部分内容。

消防水泵的出口压力，按上述方法计算后，还应按最不利管段在检修(或损坏)时进行水力校核计算。

当消防水泵直接从市政管网吸水时，上述方法计算所得的扬程还需扣除市政管网的最低水压，并以市政管网的最高水压校核，以防系统超压。

2.2.6 消火栓消防给水系统计算实例

【例 1】 有一栋十六层高层塔式民用住宅楼，住宅楼层高为 2.8m，考虑暖气走管，在八层和十六层层高取 3.1m，室内外高差取 1.2m。每层 9 户，建筑面积为 720m²。试设计其室内消防给水系统。

【解】 (1) 消防管的设置：

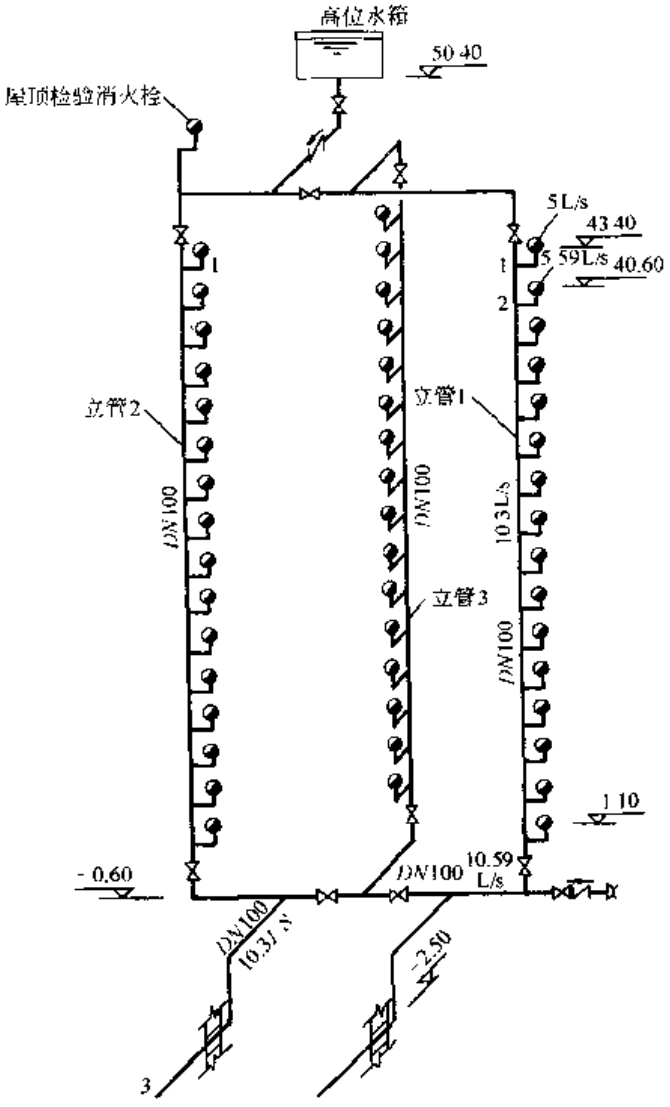


图 2-54　消火栓消防给水系统

该建筑为建筑高度小于等于 50m 的普通住宅，属二类民用高层建筑。由于每层住宅多于 8 户，建筑面积超过 650m²，故楼内至少设 2 条消防竖管。结合楼内平面布置，根据应保证同层相邻两个消火栓的水枪的充实水柱，同时达到被保护范围内的任何部位的规定，楼内每层平面设 2 条消防竖管即可，同时在消防电梯前室另设 1 条消防竖管，全楼共设 3 条消火栓消防竖管。其消火栓消防给水系统见图 2-54。

市政给水管网水压不能直接供至建筑物最高处，所以在楼外与其它高层住宅楼一起设立区域集中临时高压消防给水系统，并在楼内设屋顶消防水箱。发生火灾前 10min 消防用水由屋顶消防水箱供水，火灾发生后，在使用消火栓的同时，按下直接启动消防水泵的按钮，在报警的同时启动区域高压消防给水泵房中的消防水泵，续供 10min 以后的消防用水。

(2) 屋顶水箱的设置与计算：

1) 水箱的容积：对于二类居住建筑，水箱有效容积取 6m³。

2) 水箱的设置高度：根据“当建筑

高度不超过100m时,高层建筑最不利点消火栓静水压力不应低于0.07MPa"的规定,水箱箱底的设置高度取:

$$43.4+7.0=50.4\text{m}$$

(3) 消火栓及管网的计算:

1) 底层消火栓所承受的静水压力为50.40－1.10=49.30<80m,因此该消火栓系统可不分区。

2) 最不利点消火栓栓口的压力计算:设图2-54中的3点为消防用水入口,那么立管1的顶层1号消火栓为最不利点;室内消火栓选用SN65型、水枪为QZ19、衬胶水带*DN*65长25m,根据规范规定1号消火栓水枪充实水柱不应低于10m,查表2-20,此时该消火栓栓口压力为0.135MPa,水枪流量为4.6L/s,不足5.0L/s;根据规范规定一支消火栓流量应为5.0L/s,因此要提高压力,增大水枪流量q_{xh}至5L/s;根据式(2-7)计算1号消火栓栓口最低水压,查表2-18,$A_d=0.0172$,查表2-19,$B=0.158$,水龙带长$L_d=25\text{m}$。则

$$\begin{aligned}H_{xh}&=A_dL_dq_{xh}^2+\frac{q_{xh}^2}{B}\\&=0.0172\times25\times5^2+\frac{5^2}{0.158}=10.75+158.22\\&\doteq169.97\text{kPa}\doteq0.17\text{MPa}\end{aligned}$$

所以1号消火栓栓口最低压力为0.17MPa。

3) 消防给水管网管径的确定:查表2-27,楼内消火栓消防用水量为10L/s。立管上出水枪数为2支。虽然,对于用水量10L/s,选用*DN*80钢管即可(流速$v=2.01\text{m/s}$),但根据规范规定,高层建筑室内消防竖管管径不应小于100mm,故决定将消防进水管及竖管都选用*DN*100钢管。

4) 消防给水管网入口压力的计算:在图2-54系统图中,消防用水从3点入口时,16层1号消火栓是最不利点。

该处的压力为$H_1=0.17\text{MPa}$,流量5L/s。

十五层2号消火栓的压力H_2应等于H_1+(层高2.8m)+(十五～十六层的消防竖管的水头损失)。

*DN*100钢管,当$q=5\text{L/s}$时,查表水力坡降$i=0.00749$,则

$$\begin{aligned}H_2&=17+2.8+0.00749\times(1+10\%)\\&=19.82\text{m}=0.20\text{MPa}\end{aligned}$$

十五层消火栓的消防出水量为

$$H_{xh}=A_dL_dq_{xh}^2+\frac{q_{xh}^2}{B}$$

$$q_2=\sqrt{\frac{H_2}{A_dL_d+\frac{1}{B}}}=\sqrt{\frac{19.82}{0.0000172\times25+\frac{1}{1.58}}}=5.59\text{L/s}$$

2点与3点之间的流量:$q=q_1+q_2=5+5.59=10.59\text{L/s}$,*DN*100钢管,水力坡降$i=0.0285$,管道长65.5m。则2～3点之间水头损失为

$$65.5\times0.0285\times(1+10\%)=2.05(\text{m})=0.02\text{MPa}$$

消防给水管网入口3点所需水压为

$$[43.40-(-2.50)]+17+(0.02+2.05)=64.97(\text{m})\doteq 0.65\text{MPa}$$

从上计算可知，十六层消火栓栓口动水压力为0.17MPa；十五层消火栓栓口压力为0.19MPa。同理，十四层消火栓处的压力应等于 H_2+(层高2.8)+(14～15层)消防竖管的水头损失，应为

$$19.82+2.8+2.8\times 0.0285\times(1+10\%)=22.7\text{m}\doteq 0.23\text{MPa}$$

同理，计算出从十三层至一层的消火栓口动水压力。各消火栓的剩余压力即为动水压力减去保证消火栓流量为5L/s时栓口的水压为17m。将计算结果列于表2-32。从表2-32中看出：一～五层的消火栓动水压力超过0.50MPa，有必要设置减压孔板。

计算第五层的消火栓给水管上设置的减压孔板。

已知第五层消火栓的水量5L/s，管径 *DN*65 剩余水压为 $H=0.33$MPa，则 $v=1.51$m/s。

根据公式(13-20)，修正计算得出：

$$H_1=\frac{H}{v^2}\times 1=\frac{0.33}{1.51^2}=0.145\text{MPa}$$

查表13-40，当消火栓支管管径为 *DN*65 时，选用21mm孔径的孔板。将一～四层各消火栓动水压力分别减去0.33MPa，所得减压后的实际压力见表2-32。压力均小于0.50MPa，所以1～4层减压孔板孔径也是21mm。竖管2和消防前室竖管上消火栓减压孔板的设置与竖管1相同。

从理论上说，还应该考虑检修或有事故时，消防用水通过立管2供至1处消火栓的情况，但因管网的水头损失值相差甚微，为了简化计算，该过程从略。

另外一种计算工况，是消火栓消防用水从高位水箱由上而下供水，此时若仍从消火栓动水压力超过50m才设减压孔板，全楼基本上可不设减压孔板，但是这样在使用较低楼层的消火栓时，消防水箱的贮水量会在较短时间内被用完，因此是不合理的。故也有从剩余压力超过0.17MPa(即消火栓出水量为5L/s时的栓口压力)的楼层开始设置减压孔板的做法。按此大致可从十层以下开始设减压孔板，既能保证高位水箱在火灾开始时的用水时间，也能使消火栓的栓口压力维持在 H_{xh}～0.50MPa之间。

消火栓压力计算　　表2-32

消火栓所在楼层	消防水泵从下而上供水			
	动水压力 (MPa)	剩余压力 (MPa)	减压后的实际水压 (MPa)	孔板孔径 (mm)
十六	0.17	0		
十五	0.19	0.02		
十四	0.23	0.06		
十三	0.26	0.09		
十二	0.28	0.11		
十一	0.31	0.14		
十	0.34	0.17		
九	0.37	0.20		
八	0.40	0.23		
七	0.43	0.26		
六	0.46	0.29		
五	0.50	0.33	0.17	*d*21
四	0.51		0.18	*d*21
三	0.55		0.22	*d*21
二	0.58		0.25	*d*21
一	0.62		0.29	*d*21

(4) 水泵接合器的选定：楼内消火栓消防用水量为 10L/s，每个水泵接合器的流量为 10～15L/s，故选用 1 个水泵接合器即可，采用外墙墙壁式，型号为 SQB 型，*DN*100。

【例 2】 有一座建筑高度超过 100m 的超高层多功能民用建筑，楼内设有消火栓和自动喷水灭火系统。因受屋顶建停机坪的限制，建在屋顶设备层内的高位水箱的设置高度不能满足《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95)"关于楼内最不利点消火栓静水压力不应低于 0.15MPa"的规定。设计拟采用在设备层内设置增压泵加气压水罐的方法解决楼内顶上几层消火栓系统水压不足的问题。试设计计算该增压设施。

楼内顶层设备层的标高及设备层内增压设施的布置见图 2-55。气压水罐采用立式补气式水罐。经计算从增压水泵出口至最不利消火栓，当增压系统启动时的水流水头损失为 2.0m。

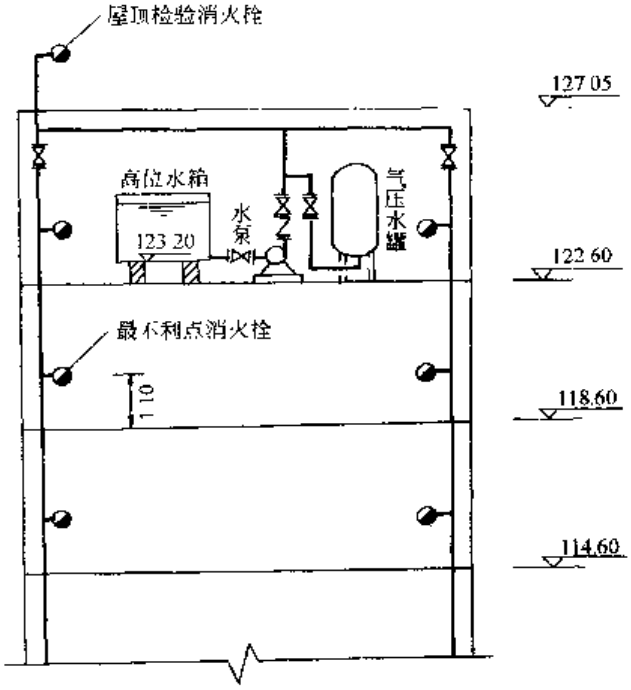


图 2-55 消火栓系统增压设施流程

【解】

(1) 求最不利点消火栓的栓口压力：根据《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95)，最不利点消火栓的水枪充实水柱不应小于 13m，采用 ϕ19mm 水枪喷嘴和长 25m 直径 65mm 麻质帆布水带。查表 2-20 得此时消火栓流量为 $q_{xh}=5.7$L/s，栓口压力 $H_{xh}=23.59$m。

(2) 求增压系统的最低工作压力 P_1：

$$P_1=(23.59+2)-(123.20-119.70)=22.09\text{m}$$
$$=0.221\text{MPa(相对压力)}$$
$$=0.321\text{MPa(绝对压力)}$$

(3) 求气压水罐充水时的初始压力 P_0：令 $\beta=\dfrac{p_1}{p_0}=1.10$ 有 $P_0=\dfrac{p_1}{\beta}=\dfrac{0.321}{1.10}=$ 0.292MPa(绝对压力)

(4) 初算气压水罐的总容积 V：

$$V=\frac{\beta V_{xf}}{1-\alpha_b}$$

$$V_{xf}=V_x+V_{\Delta p}+V_s$$

式中 V——消防气压水罐总容积(m^3)；

V_{xf}——消防水总容积，等于消防贮水容积，稳压水容积，缓冲水容积之和(m^3)；

V_x——消防贮水容积，对消火栓消防而言，

$$V_x=0.3\text{m}^3$$

V_s——稳压水容积，取 0.05m³；

$V_{\Delta p}$——缓冲水容积，要计算 V 值先假定 $V_{\Delta p}=0.03\text{m}^3$；

α_b——工作压力比，取 0.7。

代入后得：

$$V_{xf}=0.3+0.05+0.03=0.38\text{m}^3$$

$$V=\frac{1.10\times0.38}{1-0.7}=1.393\text{m}^3$$

(5) 求在最低工作压力 P_1 下的水罐内空气容积 V_1，见图 2-56。即

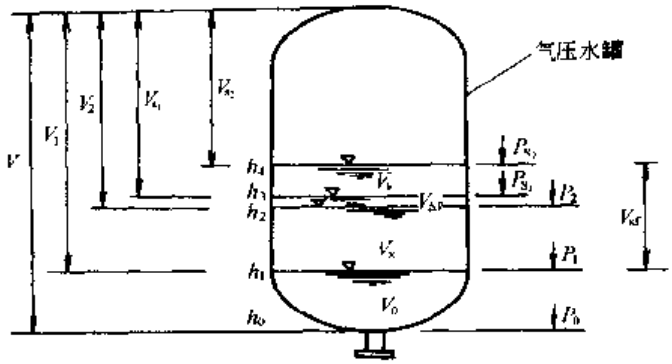


图 2-56　气压水罐示例

V、V_1、V_2、V_{s_1}、V_{s_2}——相应 P_0、P_1、P_2、P_{s_1}、P_{s_2}压力下的空气容积；

h_0、h_1、h_2、h_3、h_4——相应 P_0、P_1、P_2、P_{s_1}、P_{s_2}压力下的水位；

P_0、P_1、P_2、P_{s_1}、P_{s_2}——罐内气压见图 2-52、53；

V_0、V_x、$V_{\Delta p}$、V_s、V_{xf}——水容积见图 2-52、53

$$P_1V_1=P_0V$$

$$V_1=\frac{P_0V}{P_1}=\frac{0.292\times1.393}{0.321}$$

$$=1.267\text{m}^3$$

(6) 求最高工作压力 P_2(消防主泵启动压力)，见图 2-56。

$$V_2=V_1-V_x$$

$$=1.267-0.30$$

$$=0.967\text{m}^3$$

$$P_2V_2=P_1V_1$$

$$P_2=\frac{P_1V_1}{V_2}=\frac{0.321\times1.267}{0.967}$$

$$=0.421\text{MPa(绝对压力)}$$

(7) 求稳压水泵启动压力 P_{s_1}下的罐内空气容积 V_{s_1}，见图 2-56。

$$P_{s_1}=P_2+0.02$$

$$=0.421+0.02$$
$$=0.441\text{MPa(绝对压力)}$$
$$P_{s_1}V_{s_1}=P_2V_2$$
$$V_{s_1}=\frac{P_2V_2}{P_{s_1}}=\frac{0.421\times0.967}{0.441}=0.923\text{m}^3;$$

(8) 求算假定工况下的缓冲水容积 $V'_{\Delta p}$，并校核初算时原假定值 $V_{\Delta p}$。即

$$V'_{\Delta p}=V_2-V_{s_1}=0.967-0.923=0.044\text{m}^3$$

原假定 $V_{\Delta p}$为 0.03m^3，有误差，需重新假定 $V'_{\Delta p}=0.044\text{m}^3$，重复计算过程。

(9) 再次假定 $V'_{\Delta p}=0.044\text{m}^3$，重复计算过程，得如下结果：

$$V_{xf}=0.394\text{m}^3;\quad V=1.445\text{m}^3;$$
$$V_1=1.314\text{m}^3;\quad V_2=1.014\text{m}^3;$$
$$P_2=0.416\text{MPa};\quad P_{s_1}=0.436\text{MPa};$$
$$V_{s_1}=0.967\text{m}^3;\quad V''_{\Delta p}=0.047\text{m}^3。$$

$V''_{\Delta p}$与二次假定值比较接近，采用。

(10) 求稳压水泵停止压力 P_{s_2}下的罐内空气容积 V_{s_2}，见图 2-56。即

$$P_{s_2}=P_{s_1}+0.05$$
$$=0.436+0.05$$
$$=0.486\text{MPa}$$
$$P_{s_2}V_{s_2}=P_{s_1}V_{s_1}$$
$$V_{s_2}=\frac{P_{s_1}V_{s_1}}{P_{s_2}}=\frac{0.436\times0.967}{0.486}$$
$$=0.868\text{m}^3$$

(11) 校核稳压水容积 V_s 为

$$V_s=V_{s_1}-V_{s_2}=0.967-0.868=0.099\text{m}^3>0.05\text{m}^3$$

满足稳压水容积 V_x 不少于 50L 的规定，设计取值合理。

(12) 确定气压水罐的尺寸：

依据 $V=1.445\text{m}^3$ 选气压水罐，选用 $\phi1000$ 气压水罐，查表 2-31 及图 2-56，两端封头容积为 $0.141\times2=0.282\text{m}^3$。

圆柱形段容积：

$$V_{柱}=1.445-0.282=1.163\text{m}^3$$

圆柱形段长度：

$$L=\frac{4V}{\pi D^2}=\frac{4\times1.163}{3.14\times10^2}$$
$$=1.48\text{m}$$

气压水罐尺寸见图 2-57。

椭圆形封头参数，见表 2-33。

椭圆形封头参数　表 2-33

D	hB	V
400	100	0.008
600	150	0.028
800	200	0.073
1000	250	0.141
1200	300	0.240
1400	350	0.379
1600	400	0.562
1800	450	0.795
2000	500	1.040

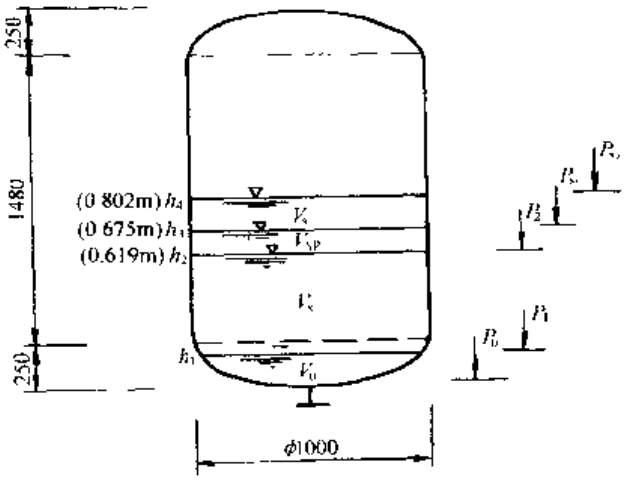


图 2-57

(13) 确定气压水罐中各工况下的水位：

1) 求对应系统最低工作压力 P_1 的水位 h_1：

$$V_0 = V - V_1 = 1.445 - 1.314 = 0.131\text{m}^3 < 0.141\text{m}^3$$

则 h_1 在水罐下封头的尺寸内。

2) 求对应系统消防主泵开启压力 P_2 的水位 h_2：

$$V_0 + V_x = 0.131 + 0.300 = 0.431\text{m}^3$$

$$h_2 = 0.25 + \frac{4\times(0.431-0.141)}{3.14\times 1.00^2} = 0.619\text{m}$$

3) 求对应系统稳压泵开启压力 P_{s_1} 的水位 h_3：

$$V_0 + V_x + V_{\Delta p} = 0.131 + 0.300 + 0.044 = 0.475\text{m}^3$$

$$h_3 = 0.25 + \frac{4\times(0.475-0.141)}{3.14\times 1.00^2} = 0.675\text{m}$$

4) 求对应系统稳压泵停止压力 P_{s_2} 的水位 h_4：

$$V_0 + V_x + V_{\Delta p} + V_s = 0.131 + 0.300 + 0.044 + 0.099 = 0.574\text{m}^3$$

$$h_4 = 0.25 + \frac{4\times(0.574-0.141)}{3.14\times 1.00^2} = 0.802\text{m}$$

计算结果，标在图 2-56 中。

2.3　闭式自动喷水灭火系统

2.3.1　组　　成

闭式自动喷水灭火系统，一般由闭式喷头、管网、报警阀门系统、探测器、加压装置等组成，见图 2-58。发生火灾时，建筑物内温度上升，当室温升高到足以打开闭式喷头上的闭锁装置时，喷头即自动喷水灭火，同时报警阀门系统通过水力警铃和水流指示器发出报警信

号、压力开关启动相应给水管路上阀或消防水泵组。

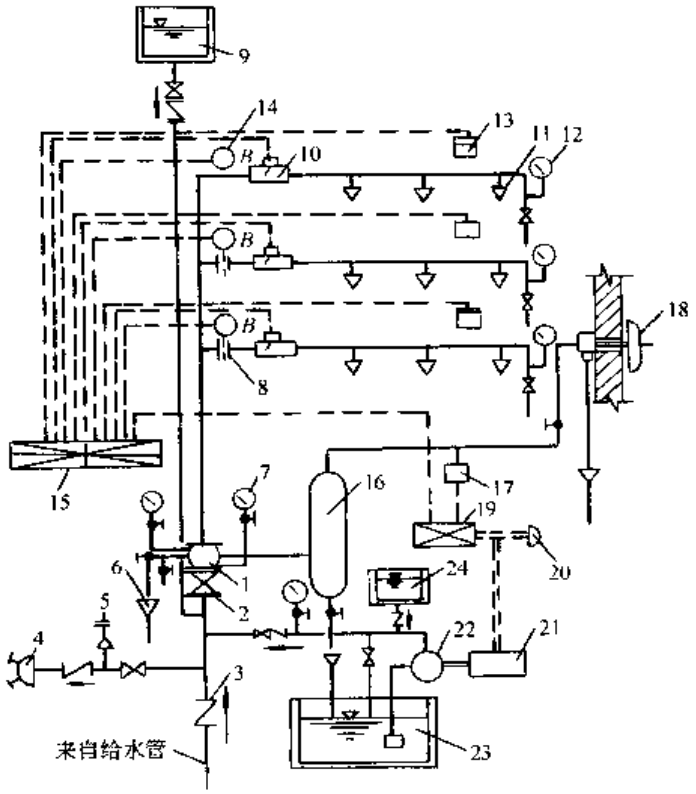


图 2-58 闭式自动喷水灭火系统示意(湿式)

1—湿式报警阀;2—闸阀;3—止回阀;4—水泵接合器;5—安全阀;6—排水漏斗;7—压力表;8—节流孔板;9—高位水箱;10—水流指示器;11—闭式喷头;12—压力表;13—感烟探测器;14—火灾报警装置;15—火灾收信机;16—延迟器;17—压力继电器;18—水力警铃;19—电气自控箱;20—按钮;21—电动机;22—水泵;23—蓄水池;24—水泵灌水箱

2.3.2 设 置

闭式自动喷水灭火系统设置的部位:

(1) 等于或大于 50000 纱锭的棉纺厂的开包、清花厂房。

(2) 等于或大于 5000 锭的麻纺厂的分级、梳麻车间。

(3) 服装,针织高层厂房。

(4) 面积超过 1500m^2 的木器厂房。

(5) 火柴厂的烤梗、筛选部位。

(6) 泡沫塑料厂的预发、成型、切片、压花部位。

(7) 每座占地面积超过 1000m^2 的棉、毛、丝、麻、化纤、毛皮及其制品库房。

(8) 每座或每个防火隔间的占地面积超过 600m^2 的火柴库房。

(9) 建筑面积超过 500m^2 的可燃物品的地下库房。

(10) 可燃、难燃物品的高架库房、高层库房(冷库、高层卷烟成品库房除外)。

(11) 省级以上或藏书量超过 100 万册图书馆的书库。

(12) 超过 1500 个座位的剧院观众厅、舞台上部(屋顶采用金属构件时)、化妆室、道具室、储藏室、贵宾室。

(13) 超过 2000 个座位的会堂或礼堂的观众厅、舞台上部、储藏室、贵宾室。

(14) 超过 3000 个座位的体育馆观众厅的吊顶上部、贵宾室、器材间、运动员休息室。

(15) 省级邮政楼的邮袋库。

(16) 每层面积超过 3000m² 或建筑面积超过 9000m² 的百货商场、展览大厅。

(17) 设有空气调节系统的旅馆、综合办公楼的走道、办公室、餐厅、商店、库房和无楼层服务员的客房。

(18) 飞机发动机试验台的准备部位。

(19) 建造高度超过 100m 的高层建筑物，除面积小于 5.00m² 的卫生间、厕所和不宜用水扑救的部位外，均应设自动喷水灭火系统。

(20) 建造高度不超过 100m 的一类高层建筑物及其裙房的下列部分，除普通住宅和高层建筑物中不宜用水扑救的部位外，应设自动喷水灭火系统：

1) 公共活动用房。

2) 走道、办公室和旅馆的客房。

3) 可燃物品库房。

4) 高级住宅的居住用房。

5) 自动扶梯底部和垃圾道顶部。

(21) 二类高层建筑物中的商业营业厅、展览厅等公共活动用房和建筑面积超过 200m² 的可燃物品房。

(22) 高层建筑物中经常有人停留或可燃物较多的地下室房间。

(23) 国家级文物保护单位的重点砖木或木结构建筑。

2.3.3 分　　类

自动喷水灭火系统分类一般有湿式、干式、干湿兼用、预作用等。

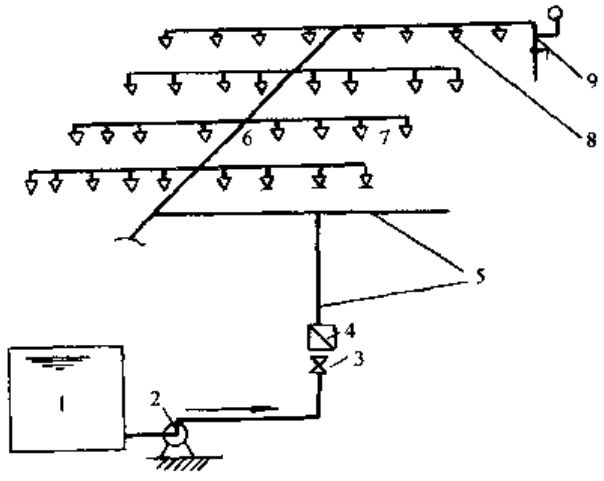


图 2-59　湿式喷水灭火系统示意

1—水池；2—水泵；3—总控制阀门；4—湿式报警阀；5—配水干管；6—配水管；7—配水支管；8—闭式喷头；9—末端试水装置

(1) 湿式喷水灭火系统：该系统在喷水管网中经常充满有压力的水。失火时，闭式喷头的闭锁装置熔化脱落，水即自动喷出灭火，同时发出火警信号。湿式喷水灭火系统(见图 2-59)适用于常年温度不低于 4℃ 且不高于 70℃ 的建筑物和场所。湿式报警装置最大工作压力为 1.20MPa。

(2) 干式喷水灭火系统：该系统平时喷水管网充满有压的气体，只是在报警阀前的管道中经常充满有压的水。干式喷水灭火系统(见图 2-60)适用于环境在 4℃ 以下或 70℃ 以上面不宜采用湿式喷水灭火系统的地方，其喷头应向上安装(干式悬吊型喷头除外)。

干式报警装置最大工作压力不超过 1.20MPa。干式喷水管网容积不宜超过 1500L，当设有排气装置时，不宜超过 3000L。阀后充气压力与管网供水压力关系(见图 2-61)：

(3) 干湿兼用式喷水灭火系统：用于年采暖期少于 240d 的不采暖房间。冬季闭式喷水管网中充满有压气体，面在温暖季节则改为充水，其喷头应向上安装。

干湿两用报警装置最大工作压力不超过 1.6MPa，喷水管网容积不宜超过 3000L，阀后充气压力与管网供水压力应相匹配(见表 2-34)。

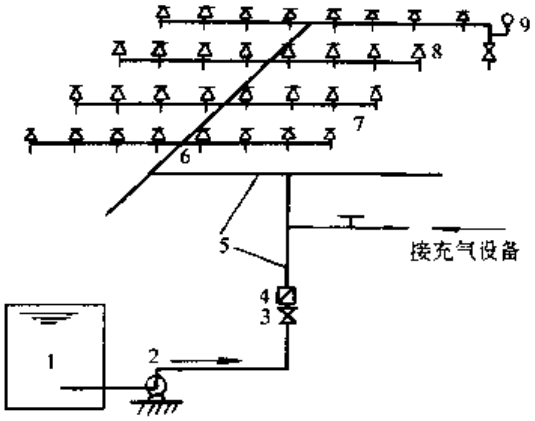


图 2-60 干式喷水灭火系统示意

1—水池；2—水泵；3—总控制阀；4—干式报警阀；5—配水干管；6—配水管；7—配水支管；8—闭式喷头；9—末端试水装置

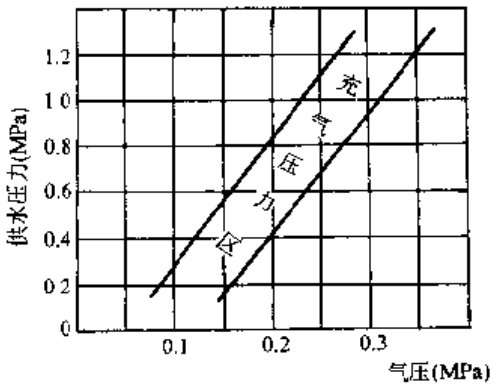


图 2-61 充气压力与管网供水压力关系

充气压力与管网供水压力关系 表 2-34

供水压力(MPa)	充气压力(MPa)	供水压力(MPa)	充气压力(MPa)
0.20	0.16	1.00	0.30
0.40	0.19	1.20	0.33
0.60	0.23	1.40	0.37
0.80	0.26	1.60	0.40

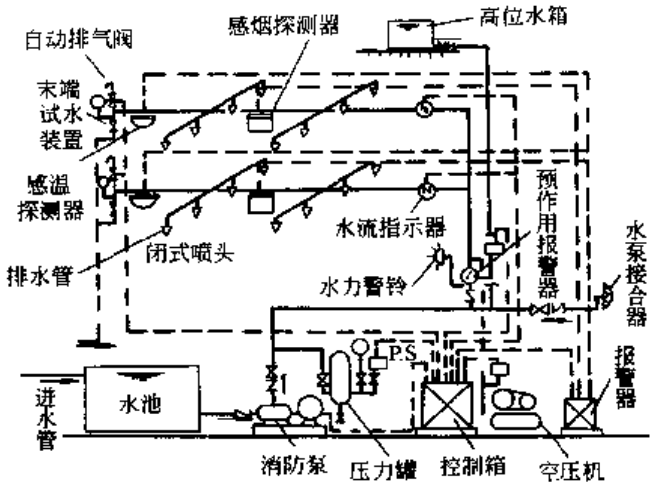


图 2-62 预作用系统示意

(4) 预作用喷水灭火系统：喷水管网中平时不充水，而充以有压或无压的气体。发生火

灾时，由感烟（或感温、感光）火灾探测器报警，同时发出信息开启报警信号，报警信号延迟30s证实无误后，自动启动预作用阀门而向喷水管网中自动充水。当火灾温度继续升高，闭式喷头的闭锁装置脱落，喷头即自动喷水灭火。不允许有水渍损失的建筑物、构筑物宜采用预作用喷水灭火系统。

预作用系统应符合下列要求：

1）在同一区域内应相应设置火灾探测装置和闭式喷头。

2）在预作用阀门之后的管道内充有压力气体时，宜先注入少量清水封闭阀口，再充入压缩空气或氮气，其压力不宜超过0.03MPa。

3）火灾时探测器的动作应先于喷头的动作。

4）当火灾探测系统发生故障时，应不影响自动喷水灭火系统的正常工作。

5）系统应设有手动操作装置。

6）预作用喷水灭火系统管线的最长距离，按系统充水时间不超过3min、流速不小于2m/s确定。

对于湿式系统、干式系统、干湿式系统，根据需要在其保护区内设置感烟（或感温、感光）的火灾探测器。用于火灾预先报警。

2.3.4 主要组件及使用要求

2.3.4.1 闭式喷头

闭式喷头是闭式自动喷水灭火系统的关键组件，系通过热敏释放机构的动作而喷水。喷头由喷水口、温感释放器和溅水盘组成。

喷头根据感温元件、温度等级、溅水盘形式等进行分类。

（1）按感温元件分：目前我国生产的有两种感温元件作为闭式喷头的闭锁装置，一是易熔合金锁片，二是玻璃球。

1）易熔合金喷头：易熔合金喷头是在热的作用下，使易熔合金熔化脱落而开启喷水（见图2-63）。

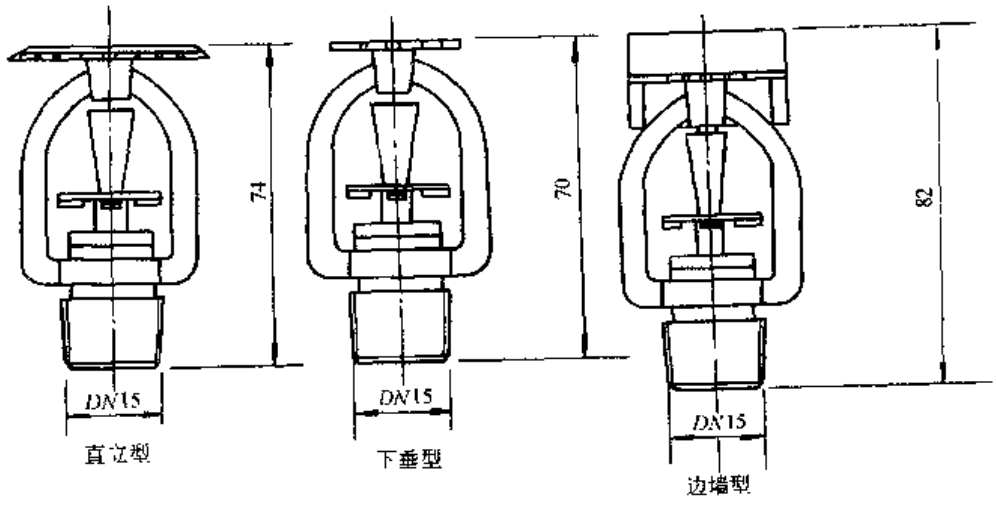


图2-63　易熔金属元件闭式喷头

2）玻璃球喷头：玻璃球喷头是在热的作用下，使玻璃球内的液体膨胀产生的压力，导致玻璃球爆破脱落而开启喷水。玻璃球泡内的工作液体通常用的是酒精和乙醚（见图 2-64、65）。

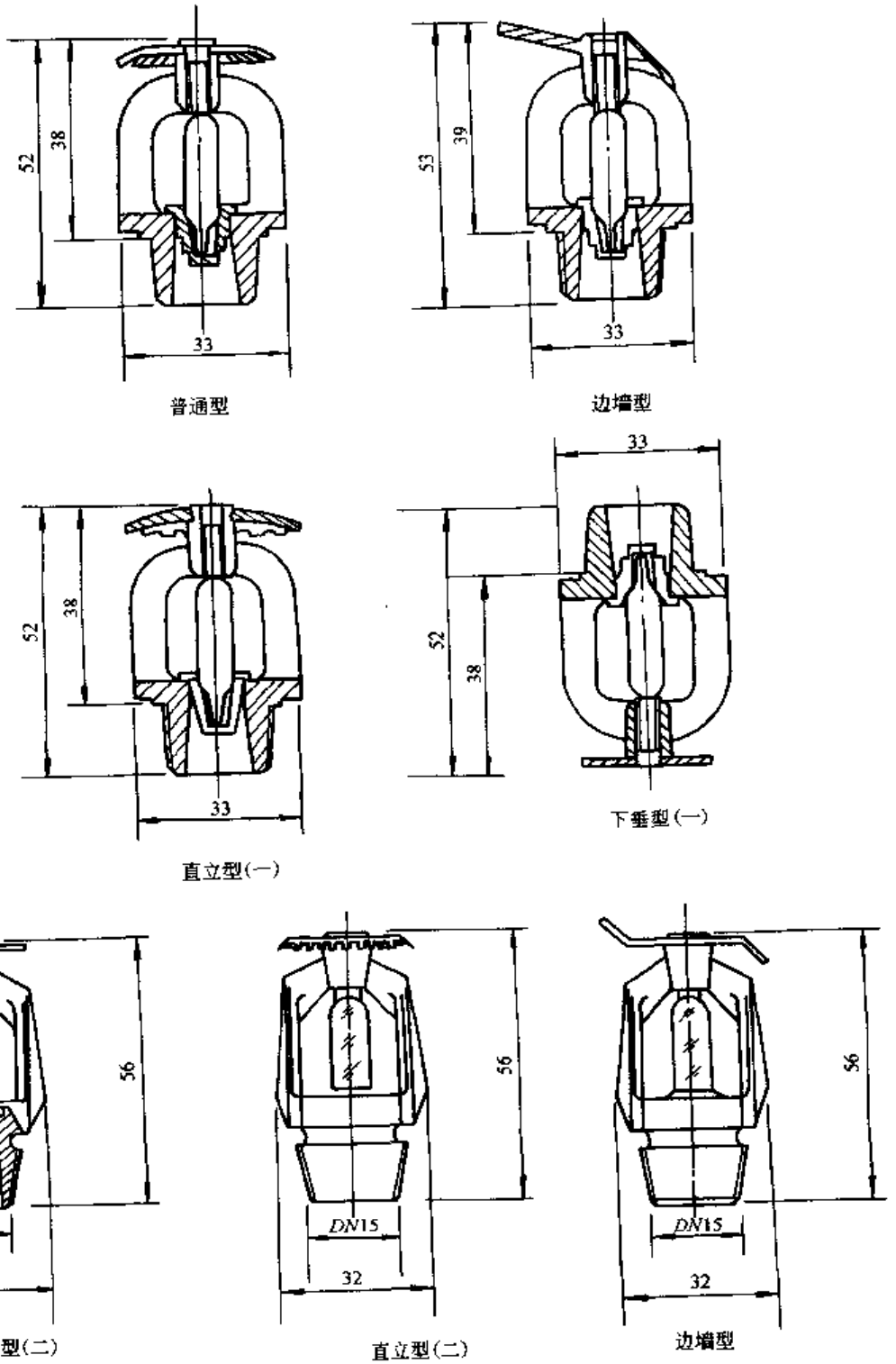


图 2-64 玻璃球闭式喷头(一)

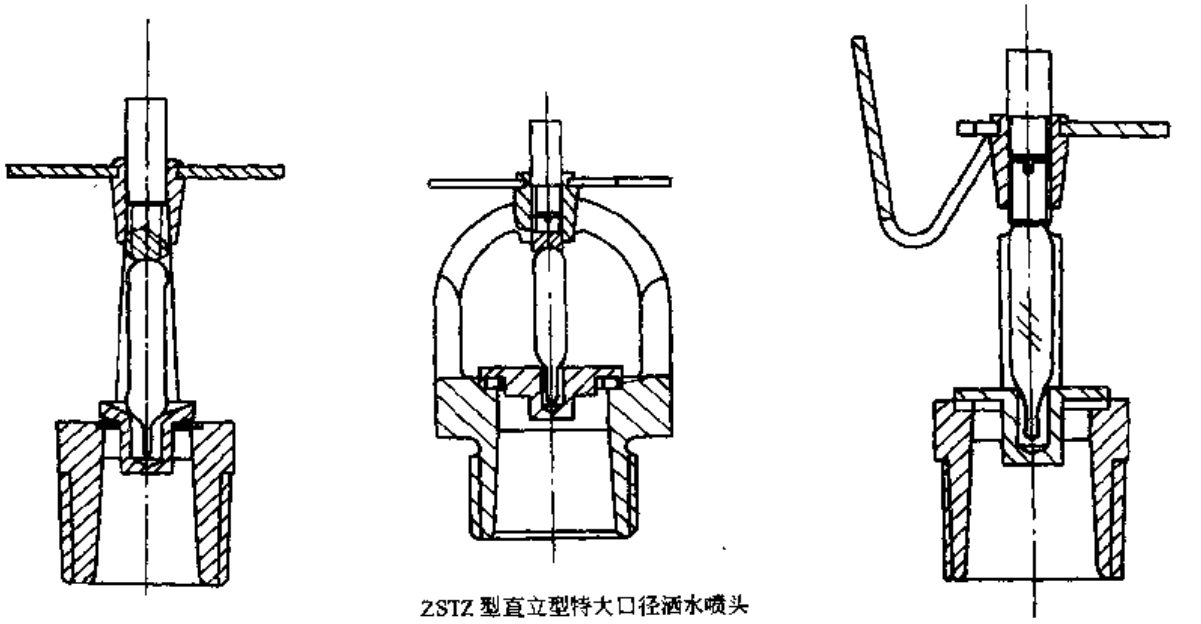


图 2-64　玻璃球闭式喷头(二)

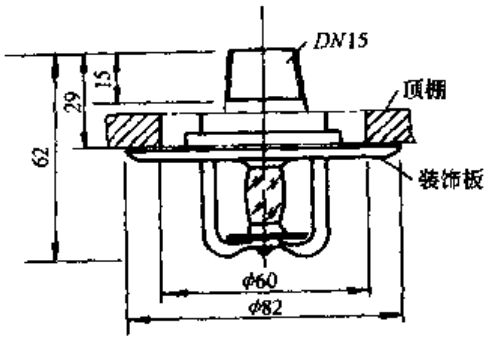


图 2-65　装饰性闭式喷头

(2) 按感温级别分:在不同环境温度场所内设置喷头时,喷头公称动作温度应比环境最高温度高 30℃左右。各种喷头动作温度和色标,见表 2-35。

各种喷头的动作温度和色标　　表 2-35

类　别	公称动作温度(℃)	色　标	接管直径 DN(mm)	最高环境温度(℃)	连接形式
易熔合金喷头	55～77	本　色	15	42	螺　纹
	79～107	白　色	15	68	螺　纹
	121～149	蓝　色	15	112	螺　纹
	163～191	红　色	15		螺　纹
玻璃球喷头	57	橙　色	15	27	螺　纹
	68	红　色	15	38	螺　纹
	79	黄　色	15	49	螺　纹
	93	绿　色	15	63	螺　纹
	141	蓝　色	15	111	螺　纹
	182	紫红色	15	152	螺　纹

(3) 喷头种类：目前国内外生产的各种主要喷头，见表 2-36。

国内外生产的各种主要喷头 表 2-36

系列	喷头名称	主要技术特征	安装方式	应用范围
玻璃球喷头	直立型喷头	喷头溅水盘呈环形向下，20%～40%的水喷向顶棚，60%～80%的水喷向地面	喷头直立安装在配支管上方	上、下方均需保护的场所
	下垂型喷头	喷头溅水盘呈平板状，大部分水喷向地面，仅有极少部分喷向顶棚	喷头安装在配水管下方	天花板不需要喷水保护的场所
	上、下通用型喷头	喷头溅水盘成伞状，40%～60%的水喷向地面，少量水喷向天花板	喷头既可朝上安装也可朝下安装	适用于地面和天花板都需保护的场所
	边墙型喷头	溅水盘的形式很多，水流经溅水盘后向一侧喷洒，少量水润湿安装喷头的墙面	喷头安装在房间的侧边	层高小的走廊、房间或不能在房间中央顶部布置喷头的地方
	装饰型喷头平齐型、隐避型	喷头开启，溅水盘可下降一定距离，喷头出流经溅水盘洒向地面(见图 2-64)	喷头与天棚平齐，隐避在天棚内	豪华宾馆、饭店、住宅、商店等美观要求极高的部位
	吊顶型喷头	带有装饰盘，装饰盘有聚热作用	安装于隐蔽在吊顶内的供水支管上	建筑美观要求较高的部位如宾馆的客厅、餐厅、写字间及高级商场
	鹤嘴柱式喷头	溅水盘较小，不易被灰尘、纤维堵塞，喷头的保护面积较小		用于排气箱、输气管、风道等场所，也可用于纤维或粉尘较多的车间
易熔合金喷头	直立型喷头	溅水盘成杯型，向下，喷头经溅水盘向上向下均匀布水，向上的少部分射向天花板后又有部分折射向下洒水	喷头直立安装在配水管上方	上、下方均需保护的场所
	下垂型喷头	溅水盘呈平板状，喷头出流经溅水盘后，成半球面向下喷洒，只有极少数喷向顶棚	喷头悬吊安装在配水支管下方	顶棚不需要防护的场所，每只喷头的保护面积比直立型喷头大
	老式喷头(又称弧形溅水盘喷头)	喷头溅水盘呈弧形，喷口出流大部分洒向地面，少部分洒向天花板后反射回地面		这种喷头目前很少使用
	带枢轴的直立喷头	这种喷头口径较小，功能与直立型喷头相同		

续表

系　列	喷头名称	主要技术特征	安　装　方　式	应　用　范　围
易熔合金喷头	边墙型喷头	边墙型喷头分为垂直边墙型喷头和水平边墙型喷头；喷头喷出的水流经溅水盘后，除向保护对象一侧均匀布水外，还向边墙的一定范围内喷水	垂直边墙型喷头的本体直立安装在配水支管上，水平边墙型喷头水平安装在配水支管上	层高小的走廊、房间或不能在房间中央顶部布置喷头的地方
	平齐装饰喷头	喷头开启，溅水盘下降一定距离，喷头出流经溅水盘洒向地面（见图 2-64）	喷头安装在与吊顶齐平的位置；安装时用特别的扳手，否则喷头易损坏；为安装喷头，在吊顶上需留一个 60mm 直径的孔洞	豪华宾馆、饭店、住宅、商店等美观要求极高的部位
	干式下垂型喷头（平齐干式下垂型、干式下垂型和 45°干式下垂型）	由闭式喷头与特殊短管组成，短管包括活动套管、小球环、主球等，当喷头开启时，短管的活动套管落下，小球环脱离，主球下落，水即从喷口喷出	向下安装在配水支管上；在吊顶下安装干式下垂型喷头时，应预留 33～57mm 的孔洞	干式下垂型和 45°干式下垂型喷头适用于一般干式和预作用自动喷水灭火系统，或安装在配水管在采暖区、而喷头伸到冻结区场所；平齐型、干式下垂型喷头主要安装在有装饰要求，且又必须采用干式垂型喷头的场所
	大水滴喷头	大水滴喷头有一个复式溅水盘，直径 92.1mm，从喷口喷出的水流经溅水盘后形式一定比例的大小水滴，均匀喷向保护区；喷头孔口直径 16.3mm，喷头的流量特性系数 $k=160$	喷头一般直立安装	适用于湿式，预作用等系统，特别是火灾时燃烧较猛烈的大空间场所；大水滴能有效地穿透火焰，直接接触着火场，有效地降低着火的表面温度，大水滴喷头的温级一般为 138℃，安装环境温度不得超过 107℃
	无溅水盘多孔喷头	一种新的普及型喷头		适用于有装饰要求的场所
	快速反应喷头	喷头的感温元件采用薄而面积大、强度高的金属片（集热片）和熔点低的易熔合金焊锡制成		用于住宅、医院等场所和高架仓库，火灾时能快速感应火灾并迅速出水灭火

2.3.4.2 报警阀

当发生火灾时，随着闭式喷头的开启喷水，报警阀也自动开启发出流水信号报警，其报警装置有水力警铃和电动报警器两种。前者用水力推动打响警铃，后者用水压启动压力继电器或水流指示器发出报警信号。

(1) 湿式报警阀(充水式报警阀):适用于在湿式自动喷水灭火系统立管上安装。目前国产的有导孔阀型和隔板座圈型两种形式。湿式报警阀原理见图 2-66,安装示意见图 2-67。

湿式报警阀平时阀芯前后水压相等(水通过导向管中的水压平衡小孔保持阀板前后水压平衡),由于阀芯的自重和阀芯前后所受水的总压力不同,阀芯处于关闭状态(阀芯上面的总压力大于阀芯下面的总压力)。发生火灾时,闭式喷头喷水,由于水压平衡小孔来不及补水,报警阀上面的水压下降,此时阀下水压大于阀上水压,于是阀板开启,向洒水管网及洒水喷头供水,同时水沿着报警阀的环形槽进入延迟器,这股水首先充满延迟器后才能流向压力继电器及水力警铃等设施,发出火警信号并启动消防水泵等设施。若水流较小,不足以补充从节流孔板排出的水,就不会引起误报。

(2) 干式报警阀(充气式报警阀):充气式报警阀适用于在干式自动喷水灭火系统立管上安装。其原理和安装示意见图 2-68、69。

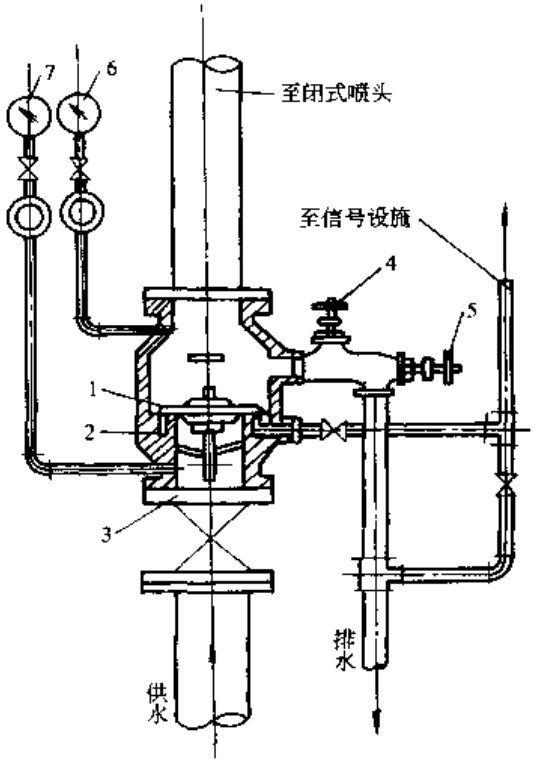


图 2-66 湿式报警阀原理示意

1—报警阀及阀芯;2—阀座凹槽;3—控制阀;4—试铃阀;5—排水阀;6—阀后压力表;7—阀前压力表

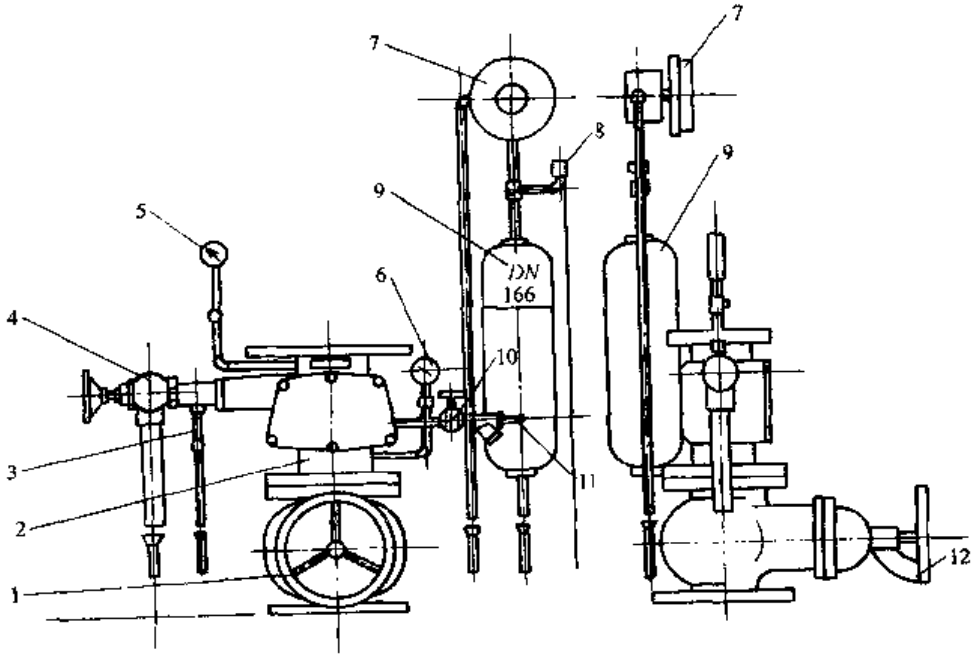


图 2-67 湿式报警阀安装示意

1—控制阀;2—报警阀;3—试警铃阀;4—放水阀;5、6—压力表;7—水力警铃;8—压力开关;9—延时器;10—警铃管阀门;11—滤网;12—软锁

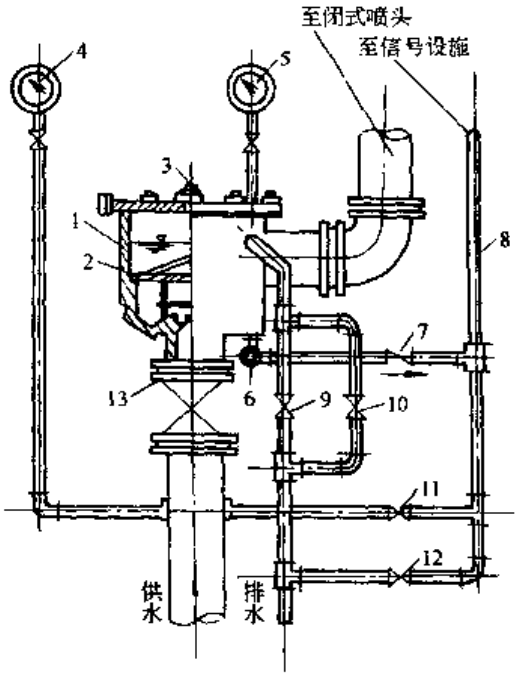


图 2-68　干式报警阀原理示意

1—阀体；2—差动双盘阀板；3—充气塞；4—阀前压力表；5—阀后压力表；6—角阀；7—止回阀；8—信号管；9、10、11—截止阀；12—小孔阀；13—控制阀

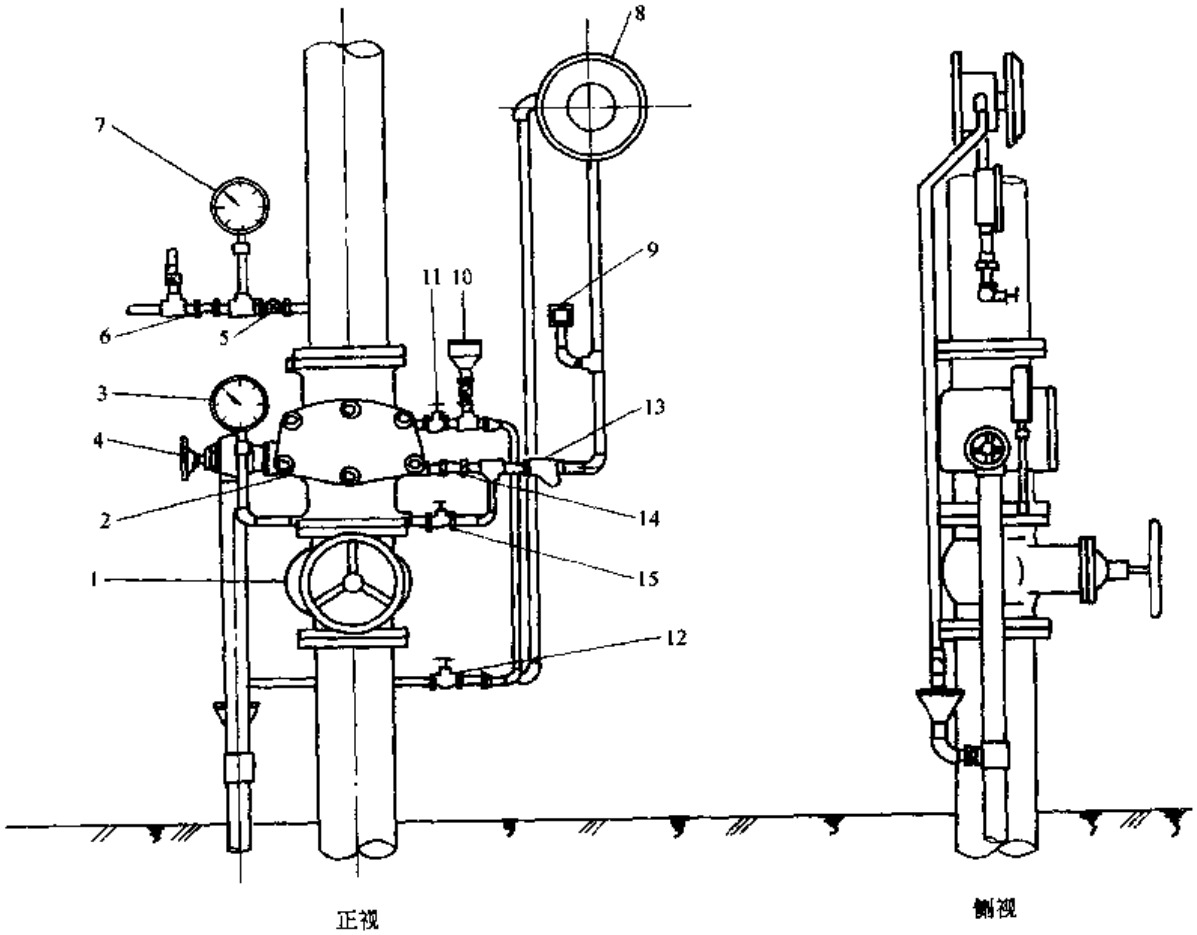


图 2-69　干式报警阀装置安装示意

1—控制阀；2—干式报警阀；3—阀前压力表；4—放水阀；5—截止阀；6—止回阀；7—压力开关；8—水力警铃；9—压力继电器；10—注水漏斗；11—注水阀；12—截止阀；13—过滤器；14—止回阀；15—试警铃阀

阀体 1 内装有差动双盘阀板 2，以其下圆盘关闭水，阻止从干管进入喷水管网，以上圆盘承受压缩空气，保持干式阀处于关闭状态。上圆盘的面积为下圆盘面积的 8 倍，因此，为了使上下差动阀板上的作用力平衡并使阀保持关闭状态，闭式喷洒管网内的空气压力应大于水压的 1/8，并应使空气压力保持恒定。

当闭式喷头开启时，空气管网内的压力骤降，作用在差动阀板上圆盘上的压力降低，因此，阀板被推起，水通过报警阀进入喷水管网由喷头喷出，同时水通过报警阀座上的环形槽进入信号设施进行报警。

(3) 干湿式报警阀(充气充水式报警阀)：充气充水式报警阀适用于在干湿式喷水系统立管上安装。其原理和安装示意见图 2-70、71。

充气充水式报警阀，由充水式报警阀与充气式报警阀依次连接而成。在温暖季节用充

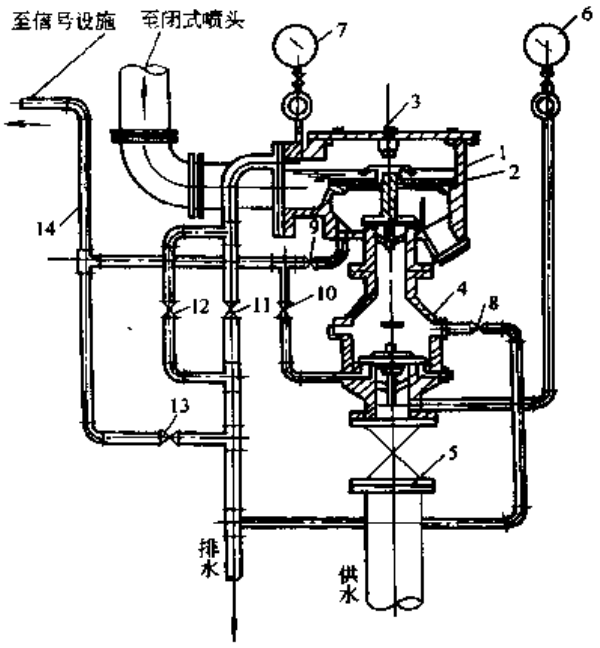
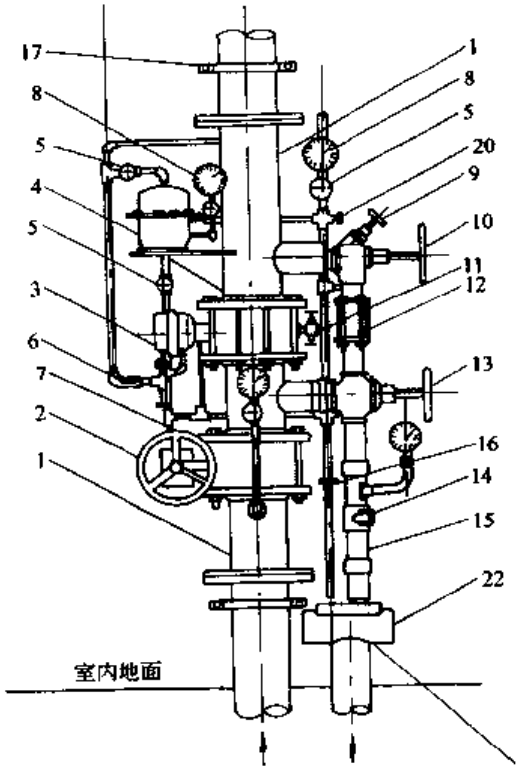


图 2-70 干湿式报警阀原理示意

1—干式报警阀；2—差动阀板；3—充气塞；4—湿式报警阀；5—控制阀；6—阀前压力表；7—阀后压力表；8、9、10、11、12—截止阀；13—小孔阀；14—信号管



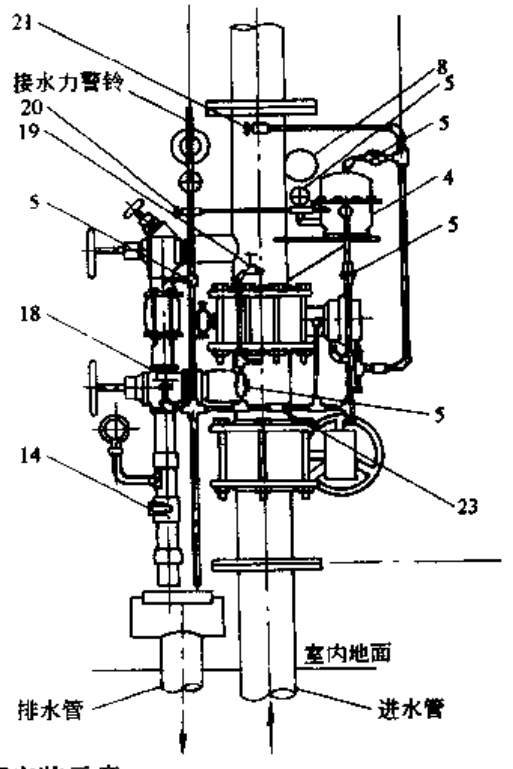


图 2-71 干湿式报警阀安装示意

1—装配管；2—信号蝶阀；3—干湿二用阀；4—加速器；5—截止阀；6—排气阀；7—加速器限制孔；8—压力表；9—试验阀；10—泄放试验阀；11—排水阀；12—挠性接头；13—泄放试验阀；14—泄放试验管；15—泄放排水管；16—固定支架；17—固定支架；18—压力开关；19—注水阀；20—注水试验阀；21—压缩空气接头；22—排水漏斗；23—止回阀

水式装置，在寒冷季节则用充气式装置。

当装置转为充气系统时，充气式报警阀的上室和闭式喷水管网充满压缩空气，充水式报警阀和充气式报警阀的下室充满水，当闭式喷头开启时，压缩空气从喷水管网中喷出，使管网中的压力下降，当气压降到供水压力的 1/8 以下时，作用在阀板上的力的平衡受到破坏，阀板被水推起，而进入喷水管网，并通过截止阀 9 和信号管 14 进入信号设施。

当装置转为充水系统时，差动阀板 2 从充气式报警阀中取出，全部闭式喷水管网、充气和充水式报警阀中均充满水。当闭式喷头开启时，喷水管网中的压力下降，充水式报警阀的盘形阀板升起，水经喷水管网由喷头喷出，同时水流经过环形槽、截止阀 10 和管道 14 进入信号设施。

(4) 预作用阀：一般是将雨淋阀出水口上端接配一套同规格的湿式报警阀构成一套预作用系统。

预作用工作系统的工作原理：未发生火灾时，为防止管道和闭式喷头渗漏，系统侧管路中充满低压压缩空气，压力范围一般为 $0.1\sim0.25\times10^5$Pa；火灾发生时，安装在保护区的火灾探测器首先发出火警报警信号，火灾报警控制器在接到报警信号后发出指令信号，打开雨淋阀，使水压入管内，并在很短的时间内完成充水过程，同时系统压力开关动作接通声光显示盒，显示管网中已充水，使系统转变为湿式系统。这时火灾继续发展，闭式喷头破碎就打开喷水，同时水力警铃报警。这种系统特别适用于不允许出现误喷的重要场所。

2.3.4.3 水流报警装置

用感烟、感温、感光火灾探测器可报知在哪里发生了火灾。而用水流报警装置可报知闭式自动喷水灭火系统中哪里的闭式喷头已开启喷水火火。

(1) 水力报警器：水力报警器(即水力警铃)与报警阀配套使用。水力警铃的使用技术要求：

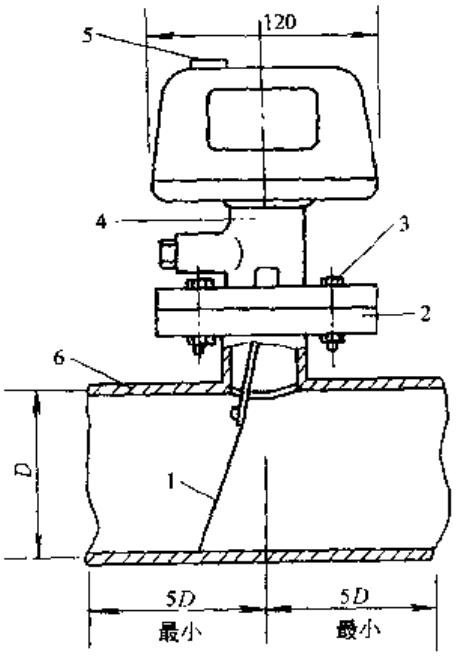


图 2-72　浆状水流指示器

1—桨片；2—法兰底座；3—螺栓；4—本体；5—接线孔；6—喷水管道

1) 20 个喷头以上的喷水系统都需要设一个警铃。

2) 在水力警铃的管路中需要设计过滤器以防止入口上的喷孔堵塞，它应该安装在靠近报警阀或延迟器的一个易于接近的地方以便定期清理。

3) 警报管路必须是 *DN*20 的耐腐蚀管(镀锌钢管)最大长度包括接头在内不得大于 20m，水力警铃与各报警阀之间高度不得大于 5m。

4) 警铃适宜一个系统安装一只警铃，最多不宜超过三个系统共用一个警铃。

(2) 电动水流报警器：

1) 桨状水流指示器(见图 2-72)：主要由桨片、法兰底座、螺栓、本体和电气线路等构成，桨面与水流方向垂直。当某处发生火灾时，喷头开启喷水，管道中的水流动，引起桨片随水流而动作，接通延时电路；在预定 15～20s 延时后，继电器触点吸合，发出电信号。延时发讯可消除管内瞬间水压波动可能引

起的误报。

桨状水流指示器，多用于湿式自动喷水灭火系统，不宜用于干式系统和预作用系统。因为在干式系统的预作用系统中，平时管道中没有水，火灾时，当报警阀自动开启后，由于管道中水流的突然冲击，有可能使桨片或其它机械部件遭到损坏。当湿式系统第一次充水或检修后重新充水时，所以都应该防止水流的突然冲击。

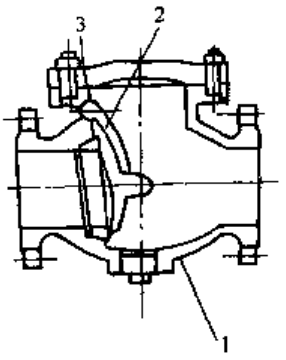


图 2-73 水流动作阀
1—阀体；2—阀板；3—主轴

2) 水流动作阀(见图 2-73)：当管道中有水流通过时，阀板摆动，阀的主轴随之旋转，由微型开关的动作而发出电信号。水流动作阀可用于任何系统中，不会因水流冲击而造成损坏。

水流指示器的规格，目前使用得最多的是桨状水流指示器。我国生产的水流指示器有 *DN*50、70、80、100、125、150mm；

有些厂家生产的水流指示器，可通过自行调节桨片的长度，安装在不同直径管道上。

水流指示器的工作电压一般为直流 24V。

3) 压力开关(压力继电器)：一般安装在延迟器与水力警铃之间的信号管道上，必须垂直安装。当闭式喷头启动喷水时报警阀亦即启动通水，水流通过阀座上的环形槽流入信号管和延迟器，延迟器充满水后，水流经信号管进入压力继电器，压力继电器接到水压信号，即接通电路报警，并可启动消防泵。电动报警在系统中可作为辅助报警装置，不能代替水力报警装置。

2.3.4.4 延迟器

安装在报警阀与水力警铃之间的信号管道上，用以防止水源发生水锤时引起水力警铃的误动作。当湿式阀因压力波动瞬时开放时，水首先进入延迟器，这时由于进入延迟器的水量很少，会很快经延迟器底部的节流孔排出，水就不会进入水力警铃或作用到压力开关，从而起到防止误报的作用。只有当湿式报警阀保持其开启状态，经过报警通道的水不断的进入延迟器，经过一段延迟时间由顶部的出口流向水力警铃和压力开关才发出警报。

为了防止水流波动过大时产生误报警的可能性，设计时可在系统中再串联一个延时器。

2.3.4.5 管网检验装置

一般是由管网末端的放水阀和压力表组成，用于检验报警阀，水流指示器等在某个喷头作用下是否能正常工作。

2.3.4.6 加速器

加速器是一个压力控制快开装置(见图 2-74)。它的基本功能就是"加速"干式阀的打开，使水立即进入喷头喷水。若没有加速器，干式阀的打开时间滞后，延缓喷头喷水影响灭火。在管路系统的容积超过 1892.5L 的所有干式系统中都必须使用加速器。

2.3.4.7 信号蝶阀控制阀

该阀是专门为自动喷水灭火系统设计制造，一般放在各报警阀入水口下端。该阀具有开启速度快、密封性能好(密封垫为防水橡胶)等特点，并还特别设计和安装了信号控制盒，当阀门开启和关闭时均能发出报警信号。控制阀的电信号装置应连接到消防报警中心。

1.6 型对夹式偏心信号蝶阀(摘自北京天达机电设备研究所北京天达京丰技术开发有限公司产品样本)：

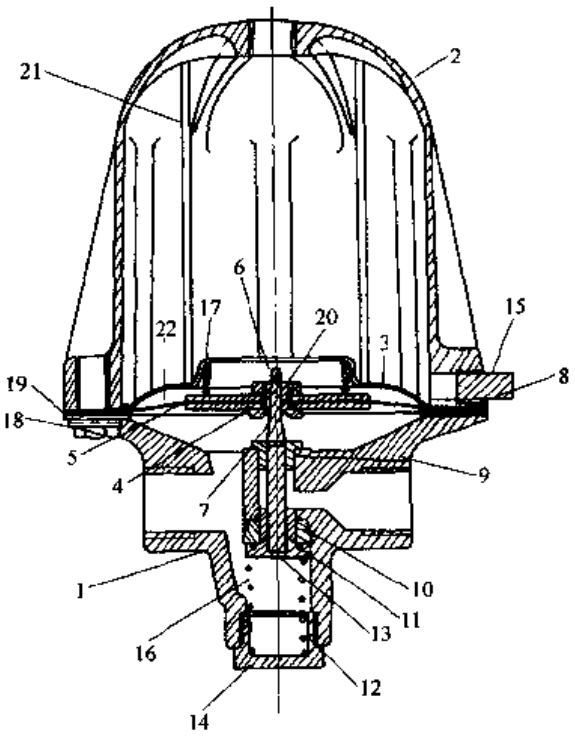


图 2-74　加速器

1—体;2—上室;3—膜片挡板;4—膜片衬套;5—膜片垫圈;6—柱塞;7—柱塞 O 型密;8—橡胶垫;9—体衬套;10—排出座封件;11—排出座密封件;12—排放口密封件;13—柱塞密封件;14—排放口堵;15—1/8″排放口堵;16—排放弹簧;17—膜片挡圈弹簧;18—六角螺栓;19—垫圈;20—螺母;21—挡板套筒;22—膜片

1) 外形及主要连接尺寸,见图 2-75、表 2-37。

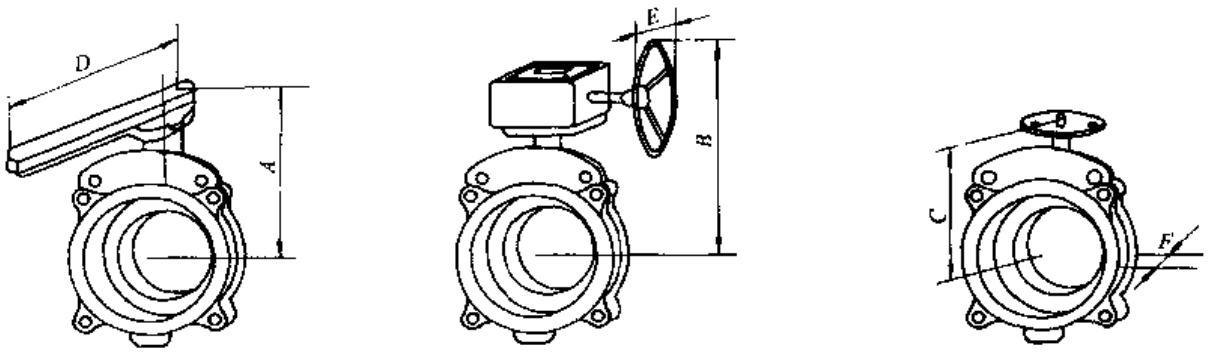


图 2-75　1.6 型对夹式偏心信号蝶阀

1.6 型对夹式偏心信号蝶阀外形尺寸　　表 2-37

DN	A	B	C	D	E	F	重量
50	130	175	130	200	125	43	5
65	150	196	150	200	125	46	6
80	165	235	162	200	160	64	10
100	200	240	195	250	160	64	12
125	210	260	205	250	200	70	14
150	220	280	210	250	200	76	19
200	250	350	240	250	200	89	30
250	280	385	270	300	250	114	48
300	340	445	330	300	250	114	60

2) 技术参数,见表 2-38。

1.6型对夹式偏心信号蝶阀技术参数 表 2-38

公称压力 (MPa)	强度试验		密封试验		工作温度 (℃)	适用介质	信号电压 (V)	信号电流 (A)
	国标	企标	国标	企标				
1.6	2.4	5.0	1.76	4.0	-15~75 -15~120 -15~160	水、油、气	24	0.5

2.3.4.8 火灾探测器

火灾探测器接到火灾信号后，通过电气自控装置进行报警或启动消防设备。

(1) 火灾探测器的类型：

1) 感烟式火灾探测器分有离子感烟式和光电感烟式火灾探测器两类。根据其灵敏度分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级。选用时要根据环境特点来确定。

2) 感温式火灾探测器分有定温式、差温式、差定温式三种。

3) 火焰探测器分有紫外火焰探测器及红外火焰探测器。

4) 可燃气体探测器。

(2) 火灾探测器的适用条件：

1) 选用火灾探测器种类的基本原则：

① 假如是在火灾初期有阻燃阶段，产生大量的烟和少量的热，很少或没有火焰辐射的场所，应选用感烟式火灾探测器。

② 假如是在火灾发展迅速，产生大量的热、烟和火焰辐射的场所，可选用感温式火灾探测器、感烟式火灾探测器、火焰探测器之任一种，或选用这几种火灾探测器的组合。

③ 假如是在火灾发展迅速，有强烈的火焰辐射和有少量的烟、热的场所，应选用火焰探测器。

④ 假如是在火灾形成和发展特点不可预料的场所，可以先进行模拟试验，然后再根据试验结果确定选用何种火灾探测器。

2) 根据房间不同高度，可按表 2-39 选择火灾探测器。

根据房间高度选择探测器 表 2-39

房间高度 h (m)	感烟探测器	感温探测器			火焰探测器
		一级	二级	三级	
$12<h\leqslant20$	不适合	不适合	不适合	不适合	适合
$8<h\leqslant12$	适合	不适合	不适合	不适合	适合
$6<h\leqslant8$	适合	适合	不适合	不适合	适合
$4<h\leqslant6$	适合	适合	适合	不适合	适合
$h\leqslant4$	适合	适合	适合	适合	适合

3) 在散发可燃气体和可燃蒸汽的场所，宜选用可燃气体火灾探测器。

4) 下列场所宜选用离子感烟式火灾探测器或光电感烟式火灾探测器：

① 饭店、旅馆、教学楼、办公楼的厅堂、卧室、办公室等。

② 电子计算机房、通讯机房、电影或电视放映室等。

③ 楼梯、走道、电梯机房等。

④ 书库、档案库等。

⑤ 有电器火灾危险的场所。

5) 下列场所宜选用感温式火灾探测器：

① 相对湿度经常高于95%。

② 可能发生无烟火灾。

③ 有大量粉尘。

④ 在正常情况下有烟和蒸汽滞留。

⑤ 厨房、锅炉房、发电机房、茶炉房、烘干车间等。

⑥ 汽车库等。

⑦ 吸烟室、小会议室等。

⑧ 其它不宜安装感烟式火灾探测器的厅堂和公共场所。

6) 下列场所宜选用火焰探测器：

① 火灾时有强烈的火焰辐射。

② 无阻燃阶段的火灾。

③ 需要对火灾作出快速反应。

7) 当有自动联动装置或自动灭火时，宜采用感烟、感温、火焰探测器(同类型或不同类型)的组合。

8) 下列场所不宜选用离子感烟式火灾探测器：

① 相对湿度长期大于95%。

② 气流速度大于5m/s。

③ 有大量粉尘、水雾滞留。

④ 可能产生腐蚀性气体。

⑤ 在正常情况下有烟滞留。

⑥ 产生醇类、醚类、酮类等有机物质。

9) 下列场所不宜选用光电感烟式火灾探测器：

① 可能产生黑烟。

② 大量积聚粉尘。

③ 可能产生蒸汽和油雾。

④ 在正常情况下有烟滞留。

⑤ 存在高频电磁干扰。

10) 可能产生阻燃火或者如发生火灾不及早报警将造成重大损失的场所，不宜选用感温式火灾探测器；温度在0℃以下场所，不宜选用定温式火灾探测器；正常情况下温度变化较大的场所，不宜选用差温式火灾探测器。

11) 下列场所不宜选用火焰探测器：

① 可能发生无焰火灾。

② 在火焰出现前有浓烟扩散。

③ 探测器的镜头易被污染。

④ 探测器的“视线”易被遮挡。

⑤ 探测器易受阳光或光源直接或间接照射。

⑥ 在正常情况下有明火作业以及X射线、弧光等影响。

12) 在下列场所可不设火灾探测器：

① 厕所、浴室等。

② 不能有效地探测火灾的场所。

③ 不便维修和使用的场所(重点部位除外)。

2.3.5 设计与计算

2.3.5.1 基本设计数据

闭式自动喷水灭火系统的设计，应保证被保护建筑物的最不利点喷头有足够的喷水强度。各危险等级的设计喷水强度、作用面积和喷头设计压力，应符合表 2-40 的规定。

自动喷水灭火系统的基本设计数据　　表 2-40

危险等级		设计喷水强度 ($L/min \cdot m^2$)	作用面积 (m^2)	喷头设计压力 (Pa)	设计喷水量 (L/s)
严重危险级	生产建筑物	10.0	300	9.8×10^4	50.0
	贮存建筑物	15.0	300	9.8×10^4	75
中危险级		6.0	200	9.8×10^4	20.0
轻危险级		3.0	180	9.8×10^4	9.0

注：1. 当闭式自动喷水灭火系统的实际作用面积小于表中规定时，可按实际用水量计算。

2. 雨淋喷水灭火系统应按严重危险级计算。

3. 最不利点处喷头最低工作压力不应小于 0.05MPa。

2.3.5.2 喷水流量：

闭式自动喷水灭火系统的喷水流量和压力，不低于表 2-40。

2.3.5.3 喷头选用与布置：

(1) 选用喷头时应注意下列情况：

1) 应严格按环境温度来选用喷头的温级，选用的喷头的公称动作温度应比安装环境的最高温度高 30℃左右。对于安装在特殊场合，如大型炊事设备及通风空调系统附近的喷头，应实测使用位置的最高环境温度，以选择合适的公称动作温度。

在蒸汽压力小于 0.1MPa 的散热器附近 2m 以内的空间，宜采用高温级喷头(121～149℃)；2～6m 以内在空气热流趋向的一面采用中温级喷头(79～107℃)。

在设有保温的蒸汽管道上方 0.76m 两侧 0.3m 以内的空间，应采用中温级喷头(79～107℃)。在低压蒸汽安全阀旁 2m 以内，采用高温级喷头(121～149℃)。

在既无绝热措施(或隔热性能比较差)，又无通风的木板或瓦楞铁皮房顶的闷顶、不通风的密闭空间和阁楼内以及受到日光曝晒的玻璃天窗下，应采用中温级喷头(79～107℃)。

在不通风的橱窗内和在装有高功率电气照明设备的天花板处，应装设中温级喷头。

2) 在设置喷头的场所应注意防止腐蚀性气体的腐蚀，对有腐蚀介质存在的场所，应对喷头进行防腐处理或选用耐腐蚀的喷头，或选用特殊的防腐喷头。

3) 应保护喷头不受外力撞击。在易于被碰撞的地方，可以选用直立型喷头，或设喷头防护罩等。

4) 有特殊要求的场合，应根据安装环境的特点，选用特殊喷头。如燃烧比较猛烈的场所，可选大水滴喷头；有装饰要求的地方，可选用吊顶型喷头、平齐型喷头等装饰性喷头；高

架仓库，或火灾对生命会产生严重威胁的场所要求喷头快速动作的，可选用快速反应喷头；有冻结危险的场所要求喷头向下安装时，应选用干式下垂型喷头；走道、标准客房等狭长场所，可选用边墙型喷头；易被灰尘、纤维堆积的狭长气流区，应选用鹤嘴柱式喷头。

(2) 喷头布置：

1) 喷头之间的水平距离应根据不同火灾危险等级确定。其布置形式可采用正方形、长方形或菱形布置方式。

① 正方形布置见图 2-76，其间距按式(2-19)计算：

$$S=2R\cos 45^\circ \quad (\mathrm{m}) \qquad (2\text{-}19)$$

式中　R——喷头计算喷水半径(m)；

S——喷头间距(m)。

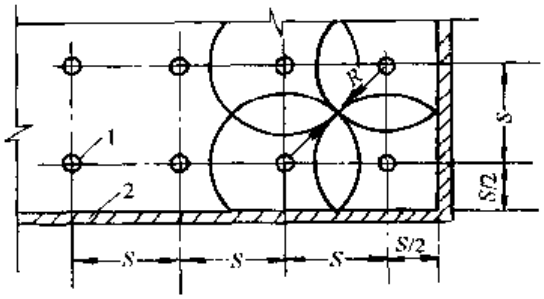


图 2-76　正方形布置示意

1—喷头；2—墙壁

② 采用长方形布置时，每个长方形对角线之长度不应超过 $2R$，见图 2-77；喷头与边墙的距离不应超过喷头间距的一半。

③ 菱形布置见图 2-78。

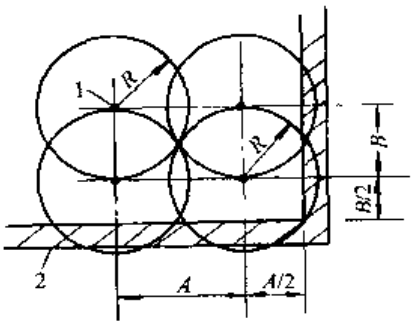


图 2-77　长方形布置示意

1—喷头；2—墙壁

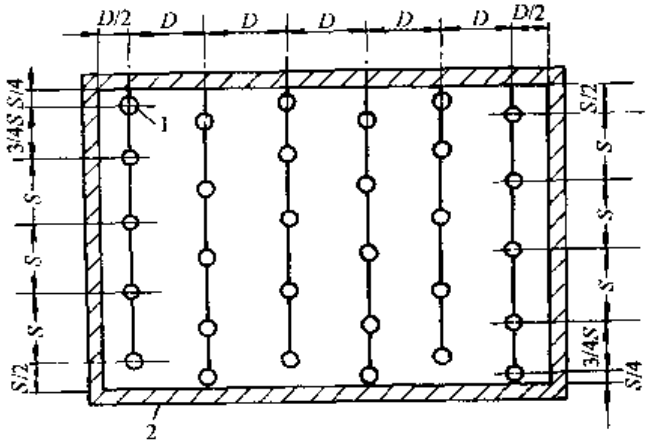


图 2-78　菱形布置示意

1—喷头；2—墙壁

2) 不同火灾危险等级的喷头布置的数据，见表 2-41。

不同火灾危险等级的喷头布置的数据　　表 2-41

火灾危险等级	喷水强度 [L/(min·m²)]	每只喷头保护面积 (m²)	喷头间距 (m)	喷头与墙壁距离 (m)
轻危险级	3.0	21.0	4.6	2.3
中危险级	6.0	12.5	3.6	1.8
严重危险级	10.0~15.0	5.4~8.0	2.3~2.8	1.1~1.4

注：1. 表中间距是正方形布置时的喷头间距。

2. 喷头与墙壁的距离不宜小于 60cm。

3) 在同一层平面内，设有两个或两个以上的自动喷水灭火系统时，其系统间相邻处的喷头间距，不应超过 50cm。

4) 喷头(装饰性喷头除外)溅水盘与吊顶、楼板、屋面板的距离，不宜小于 7.5cm，也不宜大

于15cm;但楼板、屋面板如为耐火极限不低于0.50h的非燃烧体时,其距离不宜大于30cm。

5) 在倾斜的屋面板(或吊顶)下安装喷头时,喷头与其顶板面应垂直安装,其间距按水平投影距离计算。当屋面板坡度大于1:3时,如在屋脊处75cm距离范围内无喷头,则应在屋脊处增设一排喷头。

6) 当喷头溅水盘高于附近梁底标高或高于宽度小于1.2m的通风道腹面时,喷头溅水盘高于梁底、通风道腹面的最大垂直距离,见表2-42。

喷头溅水盘高于梁底、通风管道腹面的最大垂直距离 表2-42

喷头与梁、通风管道的水平距离(mm)	喷头溅水盘高于梁底、通风管道腹面的最大垂直距离(mm)	喷头与梁、通风管道的水平距离(mm)	喷头溅水盘高于梁底、通风管道腹面的最大垂直距离(mm)
300~600	25	1200~1350	180
600~750	75	1350~1500	230
750~900	75	1500~1680	280
900~1050	100	1680~1830	360
1050~1200	150		

当通风道宽度大于1.2m时,喷头应安装在其腹面以下部位。

当喷头安装在不到顶隔断附近时,喷头与隔断的水平距离和最小垂直距离,见表2-43。

喷头与隔断的水平距离和最小垂直距离 表2-43

水平距离(mm)	150	225	300	375	450	600	750	>900
最小垂直距离(mm)	75	100	150	200	236	313	336	450

7) 在墙上门、窗、洞口设置喷头时,喷头距洞口上表面和墙面的距离均不应超过15cm,距墙面的距离不宜小于7.5cm,并不大于15cm。

8) 在仓库中,喷头溅水盘与其下方被保护物的垂直距离应符合下列要求:

① 距难燃物品的堆垛,不小于45cm。

② 距可燃物品的堆垛,不小于90cm。

③ 在可燃或难燃物品堆垛之间应设一排喷头,且堆垛边与喷头的垂线水平距离不应小于30cm。

9) 高架仓库内的喷头布置应符合下列要求:

① 在屋面板下安装的喷头,其间距不应超过2.0m。

② 贮存可燃物品时,分层安装喷头的垂直高度不应超过4m。

③ 贮存难燃物品时,分层安装喷头的垂直高度不应超过6m。

④ 分层板上如有孔洞、缝隙,应在该处喷头上方设置集热板。

⑤ 还应符合本节中8)项中所列要求。

10) 舞台、闷顶等部位的喷头布置:

① 舞台的喷头布置应符合下列要求:

ⅰ. 舞台的葡萄棚下部,宜布置雨淋喷水灭火系统。

ⅱ. 葡萄棚以上如为金属承重构件时,应在屋面板下面布置闭式喷头。

ⅲ. 舞台口和舞台与侧台、后台的隔墙上的洞口处,应设水幕系统。

② 室内净空高度超过 8m 的大空间建筑物，在其顶板或吊顶下可不设喷头。

11) 装有闭式自动喷水灭火系统的建筑物内，当吊顶、闷顶至楼板或屋面板的净距超过 80cm，且其内有可燃物、甲、乙、丙类液体管道、电缆、可燃气体管道时，应在吊顶、闷顶内设置喷头。

12) 装有闭式自动喷水灭火系统的建筑物内，在自动扶梯、螺旋梯穿过楼板的部位，应设置喷头或水幕分隔；在电梯、升降机等顶板部位应设喷头。

13) 装有闭式自动喷水灭火系统的建筑物，与其相连的下列部位应安装喷头：

① 存放、装卸可燃物的货棚。

② 运送可燃物的通廊。

14) 装有闭式自动喷水灭火系统的建筑物内，有下列情况的部位应安装喷头：

① 宽度超过 80cm 的挑廊的下面。

② 喷头下方有宽度超过 80cm 的矩形风道或直径超过 1m 的圆形风道的下面。

15) 边墙型喷头布置：

① 在吊顶、屋面板、楼板下安装边墙型喷头时，其两侧 1m 范围内和墙面垂直方向 2m 范围内，均不应有障碍物。

② 喷头距吊顶、楼板、屋面板的距离应不小于 10cm，也不应大于 15cm，距边墙的距离宜为 5～10cm。

③ 沿墙布置喷头时，其间距和保护面积不应超过表 2-44 的规定。

边墙型喷头间距　　表 2-44

火灾危险等级	喷头间距 (m)	每个喷头的保护面积(m^2)
轻危险级	4.6	14
中危险级	3.6	8

注：喷头与端墙的距离，应为本表间距的一半。

④ 宽度不超过 3.6m 的房间，可沿房间长向布置一排喷头。

⑤ 宽度超过 3.6m 但不超过 7.2m 的房间，应沿房间长向的两侧各装一排喷头；宽度超过 7.2m 的房间，应在房间中增设标准喷头。

16) 喷头与建筑物部件或与其它物品的间距，见图 2-79。

17) 喷头应安装在生产设备的上方，如果由于设备并列或重叠造成隐蔽空隙宽度大于 1m 时，该处也设喷头，见图 2-80。

18) 输送易燃或可燃物的水平管或与垂线夹角大于 30 度的管道，当在管内壁设置喷头时，喷头应沿管道全长布置，其间距不应大于 3m。

19) 输送易燃且易爆物质的管道，喷头宜布置在管道外部的上方。

20) 为防止喷头和管道三通间产生沉垢堵塞，当水质较差时，喷头宜向上安装，一般水质可向下安装。

21) 采用防火卷帘代替防火墙时，其防火卷帘应符合防火墙耐火极限的判定条件或在两侧设闭式自动喷水灭火系统，其喷头间距不应小于 2.00m。

2.3.5.4 管道与报警阀的布置

(1) 供水管道与报警阀：

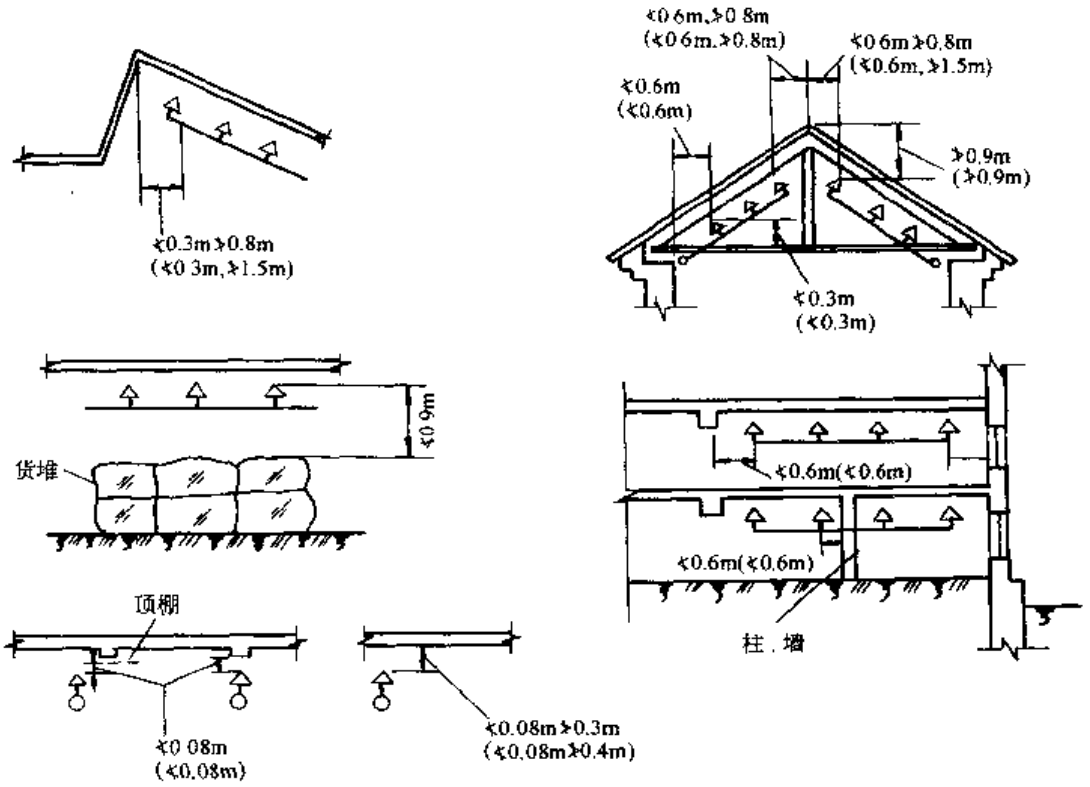


图 2-79 喷头与建筑物部件或其它物品的间距

注：图中所示未带括号数字表示建筑物是非燃烧体，带括号数字表示建筑物是难燃烧体和燃烧体。

1）建筑物内的供水干管一般宜布置成环状，进水管不宜少于两条。当一条进水管发生故障时，另一条进水管仍能保证全部用水量和水压。在自动喷水管网上应设置水泵接合器。

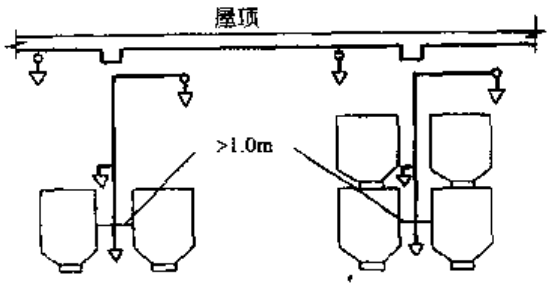


图 2-80 生产设备中的喷头布置

环状供水干管应设分隔阀。阀门的布置应保证某段供水管检修或发生事故时，半闭报警阀的数量不超过 3 个，分隔阀应设在便于维修、易于接近的地点。分隔阀应经常处于开启状态，且应有明显的启闭标志，最好采用信号阀。

2）每个闭式自动喷水灭火系统应设有控制阀、报警阀、水力警铃和系统试验装置。进水控制阀应设有开、关指示装置。在报警阀前后和系统试验装置上，应装设校验用的仪表。水力警铃宜装在报警阀附近，连接管道应采用镀锌钢管，长度不超过 6m 时，管径应为 15mm；超过 6m 时，管径为 20mm。连接水力警铃管道的总长度不应超过 20m。应设置延迟器等防止误报警的设施。

每个自动喷水灭火系统，应设水流指示器和信号阀，压力开关等辅助电动报警装置，但电动报警器不得代替水力警铃。

3）报警阀应设在没有冰冻危险、管理维护方便的房间内，距地面高度 0.8～1.5m。设在生产车间中的报警阀、闸阀以及其附属设备，应设有保护装置，以防止冲撞损坏和误动作。

4）室内消火栓给水管网与闭式自动喷水灭火设备报警阀后的管网，应分开独立设置。

报警阀后的配水管上不应设阀门。

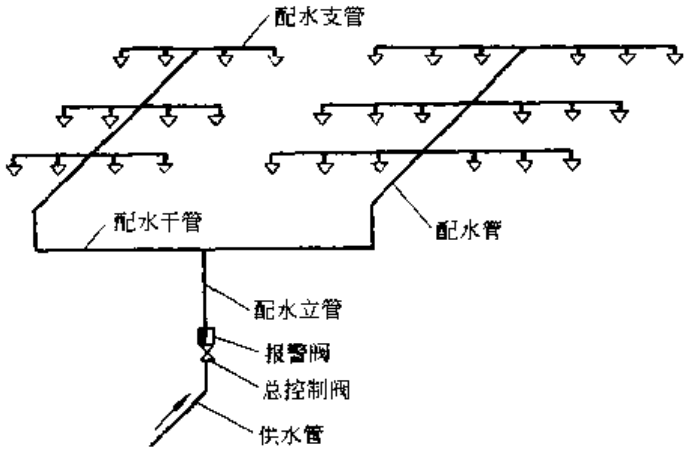


图 2-81　管段名称

5）闭式自动喷水灭火系统的每个报警阀控制的喷头数，不宜超过 800 个；有排气装置的干式系统不宜超过 500 个；但无排气装置的干式系统，不宜超过 250 个。

(2) 喷水管网：管段名称见图 2-81。

1）配水立管：最好设在配水干管的中央。

2）配水管：宜在配水干管的两侧均匀分布。

3）配水支管：宜在配水管两侧均匀分布。

4）布置时应考虑管件施工与维护方便。

(3) 管道负荷：

1）每根配水支管或配水管的直径均不应小于 25mm。

2）每根配水支管设置的喷头数应符合下列要求：

① 轻危险级建筑物不应超过 8 个。

② 普通危险级建筑物不应超过 8 个。

③ 严重危险级建筑物不应超过 6 个。

④ 同一配水支管向吊顶上下布置喷头时，其上下侧的喷头数各不超过 8 个。

(4) 管道排水：

1）喷水系统的管道应设有坡度坡向配水立管，以便泄空。充水系统管道坡度应不小于 0.002。充气系统管道的坡度：配水支管应不小于 0.004；配水管和配水干管应不小于 0.002。

2）在寒冷地区引至外墙的排水管，其排水阀以后的管段至少应有 1.2m 的长度设在室内，以防阀门受冻。

3）如充水系统的管道有局部下弯，则当下弯管段内喷头数少于 5 个时，可在管道上设置有丝堵的排出口。当喷头数为 5～20 个时，宜设置排水阀排水口；当喷头数多于 20 个时，宜设置带有排水阀的排水管，并接至排水管道。排水阀和排水管管径，见表 2-45。

排水阀和排水管管径(mm)　　表 2-45

给水立管管径	排水管管径	辅助排水管管径
≥100	50	25
65～80	32	25
50	32	20

注：局部下弯的管道，应设置辅助排水管。

2.3.5.5　管材及其安装

(1) 管材：报警阀以后的管道应采取镀锌钢管或镀锌无缝钢管。

(2) 管道连接:湿式系统:当管子公称直径小于或等于 100mm 时,应采用螺纹连接;当管子公称直径大于 100mm 时,可采用焊接或法兰连接方式焊接镀锌层破坏处宜另外镀锌,或涂防腐漆。干式、预作用系统宜用焊接。连接后,均不得减小管道的通水横断面积。不同管径管道的连接,避免采用补心,而应采用异径管。在弯头上不得采用补心,当需要采用补心时,在三通上可用一个补心,四通上至多用两个补心。公称直径大于 50mm 的管道不宜采用活接头。

(3) 试验压力:

1) 当系统设计工作压力等于或小于 1.0MPa 时,水压强度试验压力应为设计工作压力的 1.5 倍,并不应低于 1.4MPa;当系统工作压力大于 1.0MPa 时,水压强度试验压力应为该工作压力加 0.4MPa。达到试验压力后,稳压 30min,目测管网无泄漏和无变形,且压力降不应大于 0.05MPa。

2) 系统水压严密性试验应在水压强度试验和管网冲洗合格后进行。试验压力应为设计工作压力,稳压 24h,应无泄漏。

3) 气压试验的介质宜采用空气或氮气,气压严密性试验的试验压力应为 0.28MPa,且稳压 24h,压力降不应大于 0.01MPa。

(4) 管道支吊架与防晃支架:

1) 吊架与支架的位置以不妨碍喷头喷水效果为原则。一般吊架距喷头的距离应大于 0.3m,距末端喷头的间距应小于 0.75m。

2) 管道支架或吊架的间距,见表 2-46。

支架或吊架的最大间距 **表 2-46**

公称管径(mm)	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
间距(m)	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	6.0	6.5	7.0	8.0	9.5	11.0	12.0

3) 每米钢管和水的重量,见表 2-47。

每米钢管和水的重量 **表 2-47**

公称管径 *DN* (mm)	每米管和水的重量 (kg)	公称管径 *DN* (mm)	每米管和水的重量 (kg)
20	1.88	65	9.72
25	2.98	80	13.09
32	4.10	100	19.04
40	5.16	125	27.95
50	7.04	150	36.45

4) 一般在喷头之间的每段配水支管上至少应装一个吊架。但其间距小于 1.8m 时,允许每隔一段配置一个吊架;若邻近配水管上设吊架时配水支管上第一个喷头前的管段长度小于 1.8m 时,可隔段设吊架。吊架的间距应不大于 3.6m,见图 2-82。

5) 配水支管的末梢管段和邻近配水管管段上没有吊架的配水支管,其第一个管段,不论其长度如何,均应设置吊架,见图 2-82。

6) 在坡度大的屋面下安装的配水支管,如用短立管与配水管相连,则该配水支管应采

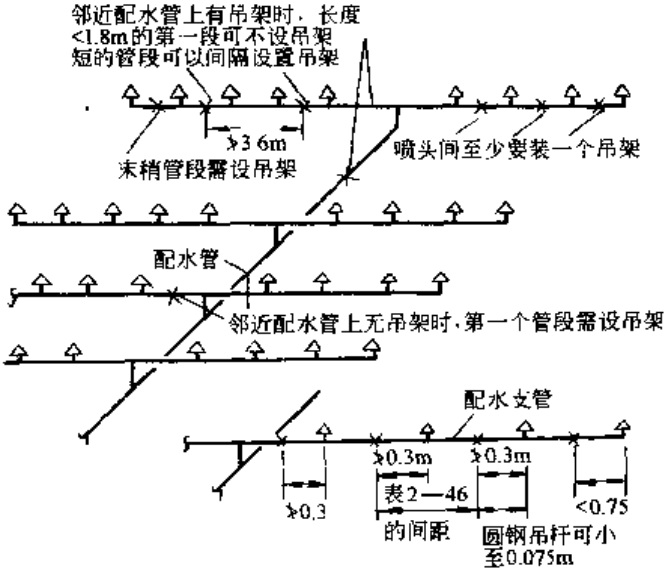


图 2-82　配水支管管段上吊架布置

取止滑措施，以防短立管与配水管受扭折推力，见图 2-83。

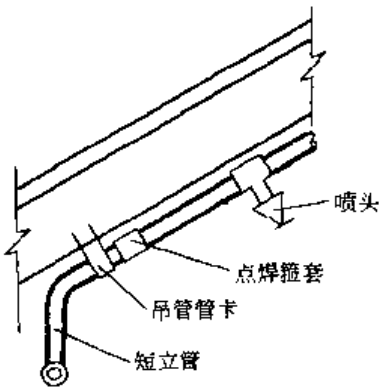
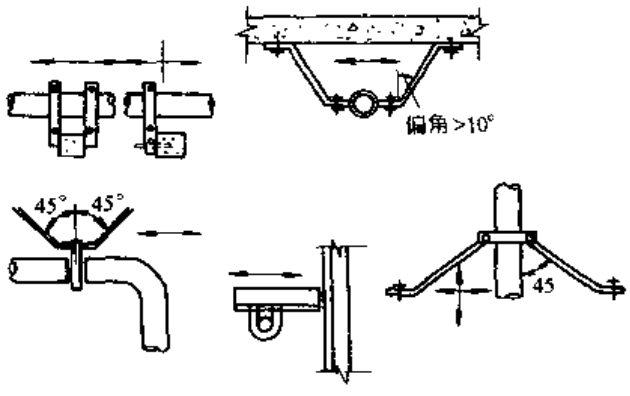


图 2-83　斜立配水支管的支架

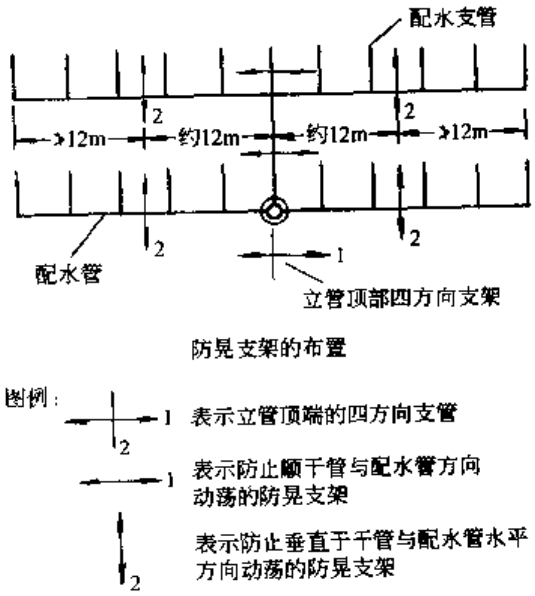
7）为防止喷头喷水时管道产生大幅度的晃动，在配水立管、配水干管与配水支管上应再附加防晃支架。如管道支架为长度小于 150mm 的单杆吊卡，则可不考虑防晃措施，见图 2-84。

8）当管子的公称直径等于或大于 50mm 时，每段配水干管或配水管设置防晃支架不应少于 1 个；当管道改变方向时，应增设防晃支架。

9）防晃支架应能承受管道、管子零件、阀门及管内水的总重量和 50%水平方向推动力而不损坏或产生永久性变形，其形



防晃支架



防晃支架的布置

图 2-84　管道防晃支架

式见图 2-84。

(5) 当喷头的公称直径小于 10mm 时，应在配水干管或配水管上安装过滤器。

2.3.5.6 节流装置

有多层喷水管网时，低层喷头流量大于高层喷头的流量，会造成不必要的浪费，应采用减压孔板或节流管等技术措施，以均衡各层管段的流量。

(1) 减压孔板的计算，见第 13.4 节。设置减压孔板时，应符合下列要求：

1) 应设置在直径为 50mm 及 50mm 以上的水平管道上。

2) 孔板应安装在水流转弯处下游一侧的直管段上，其距离不应小于安装管段管径的两倍。

(2) 节流管的选型及计算，见第 13.4 节。

2.3.5.7 管道充气和排气

干式喷水灭火系统及干湿式交替喷水灭火系统的每组管网容积，不应超过 1500L。如果设有加速排气装置时，可增至 3000L。

对于干式及干湿式交替系统的管道，可用空气压缩机充气，其给气量应不小于 $0.15m^3/min$。在空气压缩站能保证不间断供气时，也允许由空气压缩站供应。

在配水管的顶端，宜设自动排气阀。

2.3.5.8 监测装置

自动喷水灭火系统的下列部位应予监测：

(1) 系统控制阀的开启状态。

(2) 消防水泵电源供应和工作情况。

(3) 水池、水箱的消防水位。

(4) 干式喷水灭火系统的最高和最低气压。

(5) 预作用喷水灭火系统的最低气压。

(6) 报警阀和水流指示器的动作情况。

2.3.5.9 消防给水

(1) 消防给水水源要求：

自动喷水灭火系统的给水水源，应能确保系统的用水量和水压要求，当用天然水源作为自动喷水灭火系统水源时，应考虑水中的悬浮物、杂质不致堵塞喷头出口。被油污染或含其它易燃、可燃液体的天然水源不得用作给水水源。

(2) 消防贮水池：

1) 消防水池的设置条件：

① 给水管道和天然水源不能满足消防用水量时。

② 给水管道为枝状或只有一条进水管道(二类居住建筑除外)时。

2) 消防水池有效容量的确定：当室外给水管网能保证室外消防用水量时，消防水池的有效容量应满足火灾延续时间内室内消防用水量；火灾延续时间按 1h 计算。在发生火灾时能保证连续送水时，水池容量可减去火灾延续时间内连续补充的水量。当室外给水管网不能保证室外消防用水量时，消防水池的有效容量应满足火灾延续时间内室外、室内消防用水量之和。

消防水池的其它设置要求同“2.1 低层建筑消火栓消防给水系统”。

(3) 高位消防水箱：

1) 自动喷水灭火系统，在下列情况下，可不设消防水箱：

① 水源能保证系统的水量和水压要求。

② 设有稳压泵、气压给水装置的轻危险级或中危险级建筑物。

2) 设置临时高压给水系统的建筑物，应设高位消防水箱(可与其它消防用水合用)。其容量应按 10min 室内消防用水量计算，但可不超过 $18m^3$(严重危险级除外)。

自动喷水灭火系统消防用水与其它用水合用水箱时，其水量及其它要求同“2.2 高层建筑消火栓消防给水系统”。

(4) 消防水泵：

1) 每台消防水泵应设独立的吸水管，吸水管上的控制阀不应采用蝶阀。水泵的出水管上应设试验和检查用的仪表和排水阀门，消防水泵泵组的总出水管上还应安装压力表和泄压阀；安装压力表时还应加设缓冲装置，压力表和缓冲装置之间应安装旋塞，压力表量程应为工作压力的 2～2.5 倍。消防水泵应采用自灌式吸水。

2) 消防水泵房内应设备用泵，其工作能力不应小于主要消防泵，并应有备用电源或备用动力设施。

(5) 自动喷水灭火系统中的稳压设施：

1) 当建筑中的自动喷水灭火系统中没设高位水箱或所设的高位水箱不能满足最不利点喷头水压要求时，系统要设置稳压泵加气压罐和单设稳压泵的稳压设施。

2) 稳压泵流量：$Q=1L/s$　气压罐有效容量：150L。

3) 稳压设备计算同“2.2 高层建筑消火栓消防给水系统”。

(6) 水泵接合器：自动喷水灭火系统应设置水泵接合器，其数量应按自动喷水灭火系统的消防用水量与接合器规格型号和允许流速计算确定，但不应小于 2 个。目前已有水泵接合器产品 SQ、SQX 和 SQB 三个型号，*DN*100×65×65 及 *DN*150×80×80 两种双接头规格，允许流速为 2.0m/s、2.5m/s 和 3.0m/s，计算水泵接合器的数量见表 2-48。

计算水泵接合器数量　　表 2-48

建筑物危险等级	自动喷水灭火系统设计流量(L/s)	$v=2.0m/s$		$v=2.5m/s$		$v=3.0m/s$	
		*DN*100×65×65	*DN*150×80×80	*DN*100×65×65	*DN*150×80×80	*DN*100×65×65	*DN*150×80×80
		$Q=15.5L/s$	$Q=35.0L/s$	$Q=19.4L/s$	$Q=44.0L/s$	$Q=23.0L/s$	$Q=52.0L/s$
轻危险级	$\frac{3\times180\times1.3}{60}=11.7$	$\frac{11.7}{15.5}=0.8$ 个		$\frac{11.7}{19.4}=0.6$ 个		$\frac{11.7}{23}=0.5$ 个	
中危险级	$\frac{6\times200\times1.3}{60}=26.0$	$\frac{26.0}{15.5}=1.7$ 个		$\frac{26}{19.4}=1.3$ 个		$\frac{26}{23}=1.1$ 个	
严重危险级	$\frac{10\times300\times1.3}{60}=65.0$		$\frac{65.0}{350}=1.9$ 个		$\frac{66}{44}=1.5$ 个		$\frac{65}{52}=1.3$ 个
	$\frac{15\times300\times1.3}{60}=97.5$		$\frac{97.5}{350}=2.8$ 个		$\frac{97.5}{44}=2.2$ 个		$\frac{97.5}{52}=1.9$ 个

水泵接合器应设在便于同消防车连接的地方，其周围 15～40m 内应设室外消火栓或消防水池。

墙壁式消防水泵接合器不应安装在玻璃幕墙下方。

2.3.5.10 水力计算

(1) 消防用水流量：

1) 各危险等级的系统喷水灭火计算用水流量，见表 2-40。

2) 设置自动喷水灭火系统的建筑物，同时必须设置消火栓。消火栓和自动喷水灭火系统的用水总流量应按同时使用计算。

3) 当建筑物内还同时设有水幕等消防系统时，应视这些系统是否同时作用来确定这些消防用水流量是否相加。

4) 消防用水通常按两种情况进行计算，即平时供水和加压供水。前者指火灾发生至消防水泵开动时 10min 内的供水情况，一般用贮在高位水箱、水塔、气压贮罐等贮水设备内的水供给。后者指消防水泵开动后的供水情况。

(2) 喷头出水量：

1) 玻璃球喷头出水量(喷头直径为 15mm 时)按式(2-20)计算：

$$q = K\sqrt{10P} \quad (\text{L/min}) \qquad (2\text{-}20)$$

式中 q——喷头出水量(L/min)；

P——喷头处水压(MPa)；

K——喷头流量特性系数，当喷头公称直径为 15mm，$K=80$ 时，可根据喷头处水压，查图 2-85 得出喷头流量(L/min)。

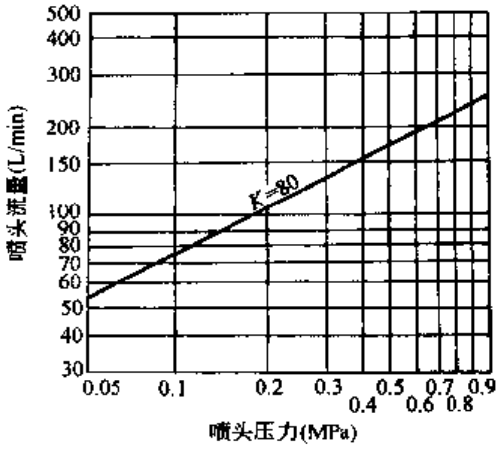


图 2-85 $K=80$ 喷头压力-流量曲线

按式(2-20)算出各种水压下的喷头出水量，列于表 2-49。

玻璃球喷头各种水压时的出水量($d=15$mm) 表 2-49

喷头工作压力($\times 10^4$Pa)	3.92	4.41	4.90	5.39	5.88	6.37	6.86	7.35	7.84	8.33	8.82	9.31
喷头出水量(L/min)	50.60	53.67	56.57	59.33	61.97	64.50	66.93	69.28	71.55	73.76	75.89	77.97
喷头工作压力($\times 10^4$Pa)	9.80	10.29	10.78	11.27	11.76	12.25	12.74	13.23	13.72	14.21	14.70	
喷头出水量(L/min)	80.00	81.98	83.90	85.79	87.64	89.44	91.21	92.95	94.66	96.33	97.98	

2) 喷头直径为 12.7mm 的易熔合金喷头出水量，按式(2-21)计算：

$$q = 100\sqrt{BH} \quad (\text{L/s}) \qquad (2\text{-}21)$$

式中 q——喷头出水量(L/s)；

H——喷头工作压力(Pa)；

B——喷头特性系数[$L^2/(s^2\cdot m)$]。

按式(2-21)算出各种水压下的喷头出水量，列于表 2-50。

易熔合金喷头在各种水压时的喷头出水量 表 2-50

喷头工作压力(kPa)	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95
喷头出水量(L/s)	0.86	0.91	0.96	1.01	1.05	1.10	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.32
喷头工作压力(kPa)	1.0	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	
喷头出水量(L/s)	1.36	1.39	1.42	1.45	1.49	1.52	1.55	1.58	1.60	1.63	1.66	

(3) 管道流量计算：

1) 自动喷头灭火系统设计流量计算，宜符合下列规定：

① 自动喷水灭火系统流量宜按最不利位置作用面积和喷水强度计算。作用面积宜采用正方形或长方形。当采用长方形布置时，其长边应平行于配水支管，边长宜为作用面积值平方根的 1.2 倍。

注：1. 走道内仅布置一排喷头时，计算动作喷头数每层不宜超过 5 个；

2. 雨淋喷水灭火系统和水幕系统应按每个设计喷水区域内的全部喷头同时开启喷水计算

② 对轻危险级和中危险级建筑物、构筑物的自动喷水灭火系统进行水力计算时，应保证作用面积内的平均喷水强度不小于表 2-40 的规定。但其中任意四个喷头组成的保护面积内的平均喷水强度不应大于也不应小于上表规定数值的 20%。

③ 对严重危险级建筑物、构筑物的自动喷水灭火系统进行水力计算时，应保证作用面积内任意四个喷头的实际保护面积内的平均喷水强度，不应小于表 2-40 的规定。

2) 闭式自动喷水灭火系统设计秒流量，应按下列方法计算：

① 从系统设计最不利点的喷头开始计算，至表 2-40 所列假定作用面积所包括的最后一个喷头为止，依次计算沿程、局部水头损失和各喷头处的压力、流量值。

② 系统设计秒流量应满足式(2-22)要求：

$$Q_{设计}=1.15\sim1.30Q_{理论}\quad(L/s) \tag{2-22}$$

式中　$Q_{设计}$——系统设计秒流量(L/s)；

$Q_{理论}$——喷水强度与假定作用面积的乘积(L/s)。

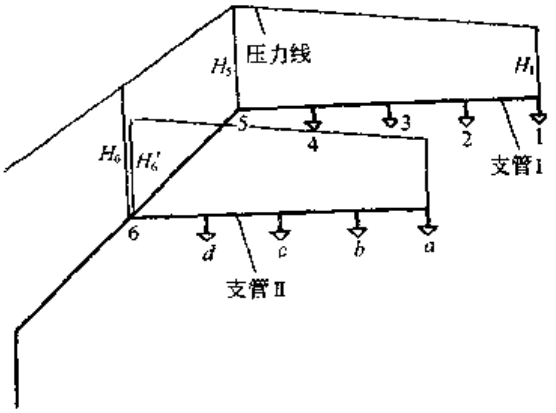


图 2-86　计算原理图

3) 以特性系数法计算管网流量：

① 喷头的特性系数确定后，可由喷头处管网的水压值求得喷头之出流量。现以图 2-86 为例解释说明如下：

ⅰ. 支管Ⅰ尽端的喷头 1 为整个管系的最不利点，在规定的工作水头 H_1 作用下，其出流量为

$$q_1=\sqrt{BH_1}$$

ⅱ. 喷头 2 的出流量为

$$q_2=\sqrt{B(H_1+h_{1\text{-}2})}=\sqrt{BH_2}$$

ⅲ. 喷头 3、4 的出流量，同理为

$$q_3=\sqrt{B(H_2+h_{2\text{-}3})}=\sqrt{BH_3}$$

$$q_4=\sqrt{B(H_3+h_{3\text{-}4})}=\sqrt{BH_4}$$

$$H_5=H_4+h_{4\text{-}5}$$

$$Q_{4\text{-}5}=q_1+q_2+q_3+q_4$$

ⅳ. $h_{1\text{-}2}$、$h_{2\text{-}3}$、$h_{3\text{-}4}$相应为 $Q_{1\text{-}2}(=q_1)$、$Q_{2\text{-}3}(=q_1+q_2)$、$Q_{3\text{-}4}(=q_1+q_2+q_3)$通过各该段所造成的水头损失。

ⅴ. 同样，若以支管Ⅱ尽端喷头 a 为最不利点，H_1' 为规定的喷头工作水头，可对支管

Ⅱ进行计算，得到 H'_6 及 $Q_{d\text{-}6}$之值。

② 管系特性系数 B_g：管系特性系数可由管系流量总输出处(点)及该处(点)所应具有之水压值求得：

$$B_g=\frac{Q^2_{(n-1)\sim n}}{H_n}$$

式中 B_g——管系特性系数($L^2/s^2\cdot m$)

$Q_{(n-1)\sim n}$——$(n-1)\sim n$ 管段流量；

H_n——节点 n 水压(m)。

上式 B_g 值表明管系的输水性能。当管系在另一水压(H''_n)作用下时，即可由已知之 B_g 值求出此时管系的流量为

$$Q''_{(n-1)\sim n}=\sqrt{B_g H''_n}$$

仍以图 2-86 为例，说明管系特性系数之应用。

ⅰ．计算点 5 处无出流流量，也即为支管Ⅰ的管系流量 $Q_{4\text{-}5}$。

ⅱ．在计算点 6 处，水压为 $H_6=H_5+h_{5\text{-}6}$，通过管段 5-6 的流量为 $Q_{5\text{-}6}=Q_{4\text{-}5}$。

ⅲ．支管Ⅱ的管系特性系数为

$$B_{g\text{Ⅱ}}=\frac{Q^2_{d\text{-}6}}{H_6}$$

ⅳ．由于计算点 6 接出支管Ⅱ，故在水压 H_6 下，通过该点应输出流量为：

$$q_6=Q_{5\text{-}6}+\sqrt{B_{g\text{Ⅱ}}H_6}$$

ⅴ．将上两式合并整理：

$$q_6=Q_{5\text{-}6}+Q_{d\text{-}6}\sqrt{\frac{H_6}{H'_6}}$$

此式是指通过计算点 6 所供给的流量由两股组成，其中供给的支管Ⅱ的流量由于实际水压非 H'_6 而是 H_6，所以必须进行修正，该修正系数为$\sqrt{\frac{H_6}{H'_6}}$

ⅵ．在图 2-86 中，由于支管Ⅰ、Ⅱ的水力情况完全相同(喷头构造、数量、管段、长度、管径、标高等)。因此，$Q_{d\text{-}6}=Q_{4\text{-}5}$，$H'_6=H_5$，也即 $B_{g\text{Ⅰ}}=B_{g\text{Ⅱ}}$。若将此关系代入上式，即得

$$q_6=Q_{5\text{-}6}-Q_{5\text{-}6}\sqrt{\frac{H_6}{H_5}}$$

$$=Q_{5\text{-}6}\left(1+\sqrt{\frac{H_6}{H_5}}\right)$$

ⅶ．其后各段流量，再分别依次逐段进行计算。

(4) 水压和流速的规定：

1) 水压：对闭式自动喷水灭火系统，最不利点处喷头的工作水头，一般为 9.8×10^4Pa，最小不应小于 4.9×10^4Pa。

2) 流速：管内允许流速，钢管一般不大于 5m/s，但配水支管水流速度在个别情况下不应超过 10m/s。

为计算简便，可用表 2-51 流速系数值直接乘以流量，校核流速是否超过允许值，表达式

(2-23)为

$$v = K_c Q \quad (\text{m/s}) \tag{2-23}$$

式中　K_c——流速系数(m/L)；

Q——流量(L/s)。

流速系数 K_c 值　　表 2-51

钢管管径(mm)	15	20	25	32	40	50	70
K_c(m/L)	5.85	3.105	1.883	1.05	0.8	0.47	0.283
钢管管径(mm)	80	100	125	150	200	250	
K_c(m/L)	0.204	0.115	0.075	0.053			
铸铁管管径(mm)		100	125	150	200	250	
K_c(m/L)		0.1273	0.0814	0.0566	0.0318	0.021	

(5) 管道单位长度的水头损失：在 $v \geqslant 1.2$m/s 时，管道单位长度的水头损失，可按式(2-24)计算：

$$i = 0.0000107 \frac{v^2}{d_j^{1.3}} \quad (\text{MPa/m}) \tag{2-24}$$

式中　i——管道单位长度的水头损失(MPa/m)；

v——管道内的平均水流速度(m/s)；

d_j——管道计算内径(m)。

(6) 管道比阻值(A)，见表 2-52。

管道比阻值　　表 2-52

焊接钢管			铸铁管		
公称管径 (mm)	A $Q(\text{m}^3/\text{s})$	A $Q(\text{L/s})$	公称管径 (mm)	A $Q(\text{m}^3/\text{s})$	A $Q(\text{L/s})$
15	8809000	8.809	75	1709	0.001709
20	1643000	1.643	100	365.3	0.0003653
25	436700	0.4367	150	41.85	0.00004185
32	93860	0.09386	200	9.029	0.000009029
40	44530	0.04453	250	2.752	0.000002752
50	11080	0.01108	300	1.025	0.000001025
70	2898	0.002893			
80	1168	0.001168			
100	267.4	0.0002674			
125	86.23	0.00008623			
150	33.95	0.00003395			

(7) 管道沿程水头损失计算：

1) 沿程水头损失，按式(2-25)计算：

$$h = iL \quad (\text{MPa}) \tag{2-25}$$

式中　h——沿程水头损失(MPa)；

i——管道单位长度的水头损失(MPa/m)；

L——计算管段长度(m)。

2) 沿程水头损失按式(2-26)计算：

$$h = ALQ^2 \quad (\text{MPa}) \tag{2-26}$$

式中 h——沿程水头损失(MPa)；

A——管道比阻值，见表 2-52；

L——计算管段长度(m)；

Q——计算管段流量(L/s)。

(8) 管段局部水头损失计算：局部水头损失(h_1)按沿程水头损失的 20% 取用($h_1 = 0.2h$)。

(9) 供水管或消防水泵处的计算压力：

$$H_b = H + 0.01H_z + \Sigma h + H_k \quad (\text{MPa}) \tag{2-27}$$

式中 H_b——供水管或消防水泵处的计算压力(MPa)；

H——最远最高喷水喷头的计算压力(MPa)；

H_z——最远最高喷水喷头与供水管或消防水泵中心之间的几何高差(m)；

Σh——喷水系统的管道沿程水头损失和局部水头损失的总和(MPa)；

H_k——报警阀的压力损失(MPa)，见表 2-53。

各种报警阀的压力损失 表 2-53

阀门名称	阀门直径(mm)	计算公式 ($H_k = 0.01B_kQ^2$)(MPa)
湿式报警阀	100	$H_k = 0.00302Q^2$
湿式报警阀	150	$H_k = 0.00869Q^2$
干湿两用报警阀	100	$H_k = 0.00726Q^2$
干湿两用报警阀	150	$H_k = 0.00208Q^2$
干式报警阀	150	$H_k = 0.0016Q^2$

注：1. 计算公式中 B_k 为设备的比阻值，应按各生产厂家所提供的数据采用，表中所列数值仅供参考。

2. 表中 Q 以 L/s 计。

自动喷水灭火系统管网的工作压力，不应超过 1.2MPa。

(10) 简化计算：为了简化自动喷水灭火系统管道水力计算，我国《自动喷水灭火系统设计规范》条文说明中推荐了适用于规范的管道估算，见表 2-54 作为设计参考。

管道估算 表 2-54

危险等级 / 允许安装喷头数(个) / 管径 DN(mm)	轻危险级	中危险级	严重危险级
25	2	1	1
32	3	3	3
40	5	4	4
50	10	10	8
65	18	16	12
80	48	32	20
100	按水力计算	60	40
125		按水力计算	>40

(11) 计算步骤及例题：

1) 计算步骤：

① 绘制管路透视图。

② 从最不利区(点)开始，编定节点号码(喷水的喷头处，管径变更处，管道分支连接处)。

③ 按特性系数法进行水力计算，管系流量从最不利点开始，逐段增加到系统规定的设计秒流量为止，计算该流量下管系的水头损失。

④ 校核各管段之允许流速，超过规定值时予以调整。

⑤ 总计管系所需流量及所需水头，对供水设备进行计算。

2) 计算例题：【例】 喷水系统枝状管道水力计算(按加压供水情况)。

管道透视见图 2-87，假定计算流量为 30L/s，列表计算见表 2-55。

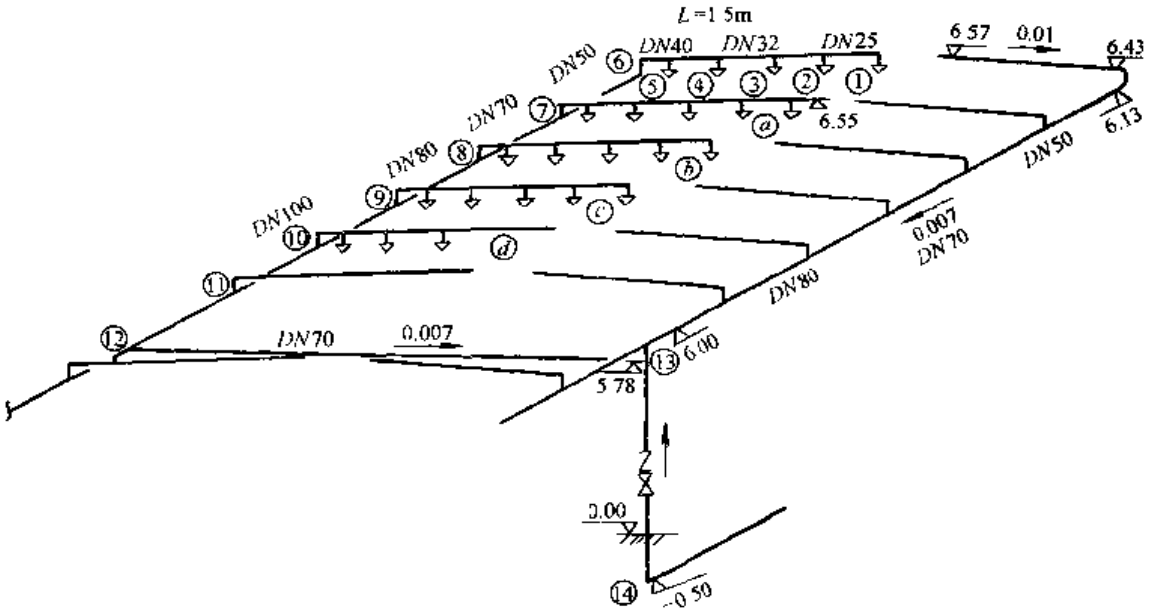


图 2-87　管道透视图

注：图中管段长度除所注外，皆为 3m。

计算结果，在立管与埋地管交点 14 处需 $H=0.445$MPa(未计局部水头损失及报警阀水头损失)。但在进行流速校核后，需将管段 8-9、9-10、10-11 管径进行放大，修改计算。各管段流速(m/s)，见表 2-56。

修改后，14 点所需总水头为

$$\begin{aligned} H_b &= H + 0.01H_z + \Sigma h + H_k \\ &= 0.05 + 0.071 + 1.2 \times 0.248 + 0.00302 \times 9 \\ &= 0.445\text{MPa} \end{aligned}$$

供水加压设备计算从略。

【例】 喷水系统环形管网水力计算(按加压供水情况)。

管网透视图见图 2-88，假定计算流量为 30L/s，列表计算见表 2-57。

计算结果，环内水头损失闭合差：

喷水系统枝状管道水力计算 表 2-55

节点	管段	特性系数 B, B_g	节点水压 H (10^{-2} MPa)	流量 节点 q (L/s)	流量 管段 Q (L/s)	流量 q^2, Q^2	管径 DN (mm)	管道比阻 A (L/s)	管段长度 L (m)	水头损失 h (10^{-2} MPa)	标高差 h_b (m)	计算式
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
①		0.184	5	0.96		0.92						$q^2①=BH①=0.184\times5=0.92$
	①－②				0.96	0.92	25	0.4367	3	1.20	0.03	$h①-②=AL①-②Q^2①-②=0.4367\times3\times0.92=1.20$
②		0.184	6.23	1.07		1.14						$H②=H①+h①-②+hb①-②=5+1.20+0.03=6.23$ $q^2②=0.184\times6.23=1.14$
	②－③				2.03	4.12	32	0.0939	3	1.16	0.03	$Q②-③=Q①-②+q②=0.96+1.07=2.03$ $h②-③=0.0939\times3\times4.10=1.16$
③		0.184	7.42	1.17		1.36						$H③=6.23+1.16+0.03=7.42, q^2③=0.184\times7.42=1.36$
	③－④				3.20	10.24	32	0.0939	3	2.90	0.03	$Q③-④=2.03+1.17=3.20, h③-④=0.0939\times3\times10.24=2.90$
④		0.184	10.35	1.38		1.90						$H④=7.42+2.90+0.03=10.35, q^2④=0.184\times10.35=1.90$
	④－⑤				4.58	20.98	40	0.045	3	2.83	0.03	$Q④-⑤=3.20+1.38=4.58, h④-⑤=0.045\times3\times20.98=2.83$
⑤		0.184	13.21	1.56		2.43						$H⑤=10.35+2.83+0.03=13.21, q^2⑤=0.184\times13.21=2.43$
	⑤－⑥				6.14	37.70	50	0.011	1.8	0.75	0.32	$Q⑤-⑥=4.58+1.56=6.14, h⑤-⑥=0.011\times1.8\times37.70=0.75$
⑥		2.64	14.28	6.14		37.70						$H⑥=13.21+0.75+0.32=14.28, B_g①-⑥=Q^2⑤-⑥/H⑥=\frac{37.70}{14.28}=2.64$
	⑥－⑦				6.14	37.70	50	0.011	3	1.24	0.02	⑥点无出流　$h⑥-⑦=0.011\times3\times37.70=1.24$
⑦			15.54	12.53								$H⑦=14.28+1.24+0.02=15.54, q⑦=Q⑦-⑧=12.53$
	侧支管 @－⑦	2.64			6.39	40.70						因 $B_g①-⑥=B_q@-⑦$ 故 $Q@-⑦=\sqrt{B_g①-⑥\times H⑦}=\sqrt{2.64\times15.54}=\sqrt{40.70}=6.39$
	⑦－⑧				12.53	157.00	70	0.0029	3	1.36	0.02	$Q⑦-⑧=6.14+6.39=12.53, h⑦-⑧=0.0029\times3\times157=1.36$

续表

节点	管段	特性系数 B,B_g	节点水压 $H(10^{-2}$ MPa)	流量 节点 q (L/s)	流量 管段 Q (L/s)	q^2,Q^2	管径 DN (mm)	管道比阻 A (L/s)	管段长度 L (m)	水头损失 h (10^{-2} MPa)	标高差 h_b (m)	计算式
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
⑧			16.92	19.21								$H⑧=15.54+1.36+0.02=16.92, q⑧=Q⑧-⑨=19.21$
	侧支管 ⓑ-⑧	2.64			6.68	44.70						$Qⓑ-⑧=\sqrt{2.64\times16.92}=\sqrt{44.70}=6.68$
	⑧-⑨				19.21	369.00	70	0.0029	3	3.20	0.02	$Q⑧-⑨=12.53+6.68=19.21 \quad h⑧-⑨=0.0029\times3\times369=3.20$
⑨			20.14	26.51								$H⑨=16.92+3.20+0.02=20.14, q⑨=Q⑨-⑩=26.51$
	侧支管 ⓒ-⑨	2.64			7.30	53.17						$Qⓒ-⑨=\sqrt{2.64\times20.14}=\sqrt{53.17}=7.30$
	⑨-⑩				26.51	702.77	80	0.0012	3	2.53	0.02	$Q⑨-⑩=19.21+7.30=26.51, h⑨-⑩=0.0012\times3\times702.77=2.53$
⑩			22.69	30								$H⑩=20.14+2.53+0.02=22.69, q⑩=Q⑩-⑪=30$
	侧支管 ⓓ-⑩	2.64			3.49							为使管系流量符合设计值 30L/s,定⑩点侧支管ⓓ-⑩流量为 30-26.51=3.49
	⑩-⑪				30	900.00	80	0.0012	3	3.24	0.02	$Q⑩-⑪=26.51+3.49=30, h⑩-⑪=0.0012\times3\times900=3.24$
⑪			25.95	30								$H⑪=22.69+3.24+0.02=25.95$
	⑪-⑭				30	900.00	100	0.0003	39.28	10.60	6.53	$Q⑪-⑭=30, 39.28=3+30+6.28, 6.53=0.03+0.22+6.28$ $h⑪-⑭=0.0003\times39.28\times900=10.60$
⑭			43.08	30						Σ31.01	Σ7.07	$H⑭=25.95+10.60+6.53=43.08$
修改计算												

续表

节点	管段	特性系数 B，B_g	节点水压 $H(10^{-2}$ MPa)	流量 节点 q (L/s)	流量 管段 Q (L/s)	流量 q^2，Q^2	管径 DN (mm)	管道比阻 A (L/s)	管段长度 L (m)	水头损失 h $(10^{-2}$ MPa)	标高差 h_b (m)	计算式
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	⑧－⑨				19.21	369.00	80	0.0012	3	1.33	0.02	h'⑧－⑨$=0.0012\times3\times369=1.33$
⑨			18.27	26.12								H'⑨$=16.92+1.33+0.02=18.27$
	侧支管 ⓒ－⑨				6.91	48.50						Q'ⓒ－⑨$=\sqrt{2.64\times18.27}=\sqrt{48.5}=6.91$
	⑨－⑩				26.12	681.00	100	0.0003	3	0.61	0.02	Q'⑨－⑩$=19.21+6.91=26.12$，h'⑨－⑩$=0.0003\times3\times681.00=0.61$
⑩			18.90	30								H'⑩$=18.27+0.61+0.02=18.90$
	侧支管 ②－⑩				3.88		100					定分支流量为 $30-26.12=3.88$
	⑩－⑪				30	900.00		0.0003	3	0.81	0.02	Q'⑩－⑪$=26.12+3.88=30$　h'⑩－⑪$=0.0003\times3\times900=0.81$
⑪			19.73	30			100					H'⑪$=18.90+0.81+0.02=19.73$
	⑪－⑭				30	900.00		0.0003	39.28	10.60	6.53	h'⑪－⑭$=0.0003\times39.28\times900=10.60$
⑭			36.86	30						Σ24.79	Σ7.07	H⑭$=19.73+10.60+6.53=36.86$

注：根据计算，Q②－⑩$=\sqrt{2.64\times22.69}=7.76$　Q⑩－⑪$=26.51+7.76=34.27>30$
但假定消防计算用水量为 30L/s，所以计算至 30L/s，流量即可满足要求，不必再增大。

各管段计算流速　　表 2-56

管　段	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-14
管　径 (mm)	25	32	32	40	50	50	70	70	80	80	100
流　速 (m/s)	1.81	2.13	3.35	3.75	2.90	2.90	3.55	5.45①	5.40①	6.12①	3.45

① 超过允许流速 5m/s。

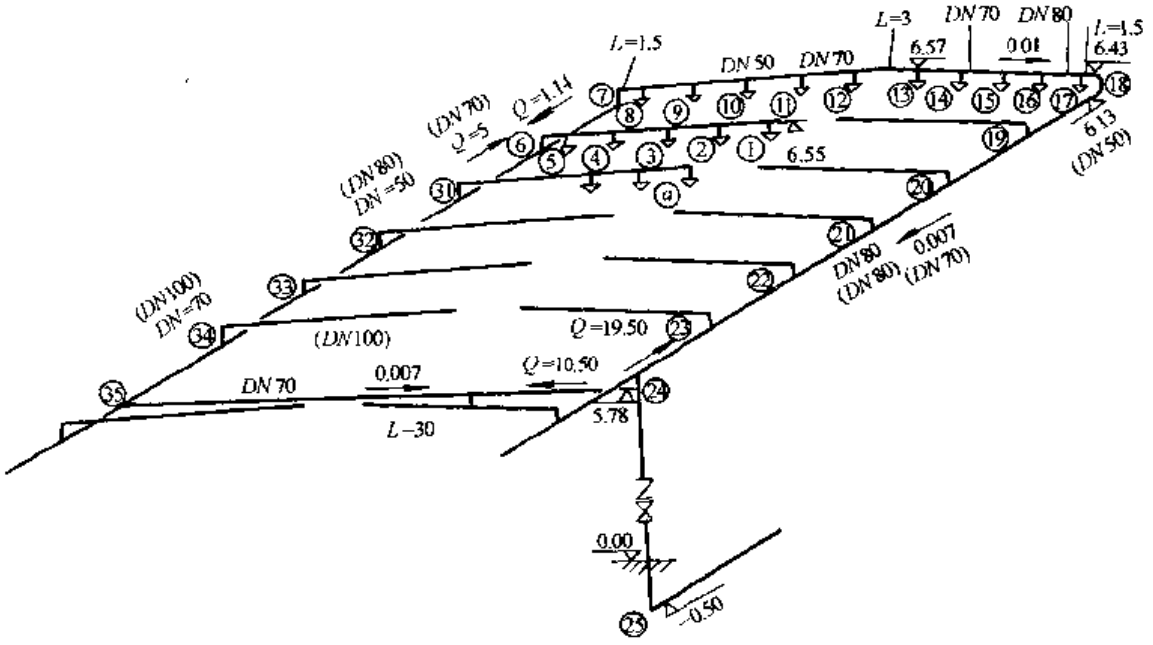


图 2-88　管道透视图

注：1. 括号内数字为枝状管道计算结果。

2. 图中管段长度除所注外，皆为 3m。

$$\Delta h = \frac{30.52 - 29.44}{\frac{30.52 + 29.44}{2}}$$

$$= \frac{1.08}{29.85} = 3.6\% < 5\%$$

此闭合差值在允许范围内，不需再调整计算，可见 25 点所需总水头为

$$H_b = H + 0.01H_z + \Sigma h + H_k$$

$$= 0.05 + 0.071 + 1.2 \times 0.305 + 0.00302 \times 9$$

$$= 0.514\text{MPa}$$

供水加压设备计算从略。

喷水系统环状管道水力计算 **表 2-57**

节点	管段	特性系数 B, B_g	节点水压 H (10^{-2} MPa)	流量 节点 q (L/s)	流量 管段 Q (L/s)	流量 q^2, Q^2	管径 DN (mm)	管道比阻 A (L/s)	管段长度 L (m)	水头损失 h (10^{-2} MPa)	标高差 h_b (m)	计算式
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	①－⑤									Σ8.09	Σ0.12	同表 2-25 中①－⑤
⑤			13.21									$H⑤=5+8.09+0.12=13.21$
	⑤－⑥				6.14	37.70	50	0.011	1.8	0.75	0.32	$h⑤-⑥=0.011\times1.8\times37.70=0.75$
⑥		2.64	14.28	6.14		37.70				Σ8.84	Σ0.44	$H⑥=13.21+0.75+0.32=14.28$, $B_g①-⑥=Q^2⑤-⑥/H⑥=\frac{37.70}{14.28}=2.64$
												⑥－⑦－⑫－⑱－㉕ 右半环
	⑥－⑦				1.14	1.30	50	0.011	3	0.04	－0.02	$h⑥-⑦=0.011\times3\times1.30=0.04$（假定由右半环输配给⑥点流量为 1.14，进行试算）
⑦			14.30	1.14								$H⑦=14.28+0.04-0.02=14.30$
	⑦－⑧				1.14	1.30	50	0.011	1.8	0.03	－0.32	$h⑦-⑧=0.011\times1.8\times1.30=0.03$
⑧		0.184	14.01	1.60		2.58				0		$H⑧=14.30+0.03-0.32=14.01$, $q^2⑧=0.184\times14.01=2.58$
	⑧－⑨				2.74	7.50	50	0.011	3	0.25	－0.03	$Q⑧-⑨=1.14+1.60=2.74$, $h⑧-⑨=0.011\times3\times7.50=0.25$
⑨		0.184	14.23	1.62		2.63						$H⑨=14.01+0.25-0.03=14.23$, $q^2⑨=0.184\times14.23=2.63$
	⑨－⑩				4.36	19.00	50	0.011	3	0.63	－0.03	$Q⑨-⑩=2.74+1.62=4.36$, $h⑨-⑩=0.011\times3\times19=0.63$
⑩		0.184	14.83	1.66		2.74						$H⑩=14.23+0.63-0.03=14.83$, $q^2⑩=0.184\times14.83=2.74$
	⑩－⑪				6.02	36.24	50	0.011	3	1.20	－0.03	$Q⑩-⑪=4.36+1.66=6.02$, $h⑩-⑪=0.011\times3\times36.24=1.20$
⑪		0.184	16.00	1.72		2.95						$H⑪=14.83+1.20-0.03=16.00$, $q^2⑪=0.184\times16=2.95$
	⑪－⑫				7.74	59.90	70	0.0029	3	0.52	－0.03	$Q⑪-⑫=6.02+1.72=7.74$, $h⑪-⑫=0.0029\times3\times59.90=0.52$

续表

节点	管段	特性系数 B,B_g	节点水压 H (10^{-2} MPa)	流量 节点 q (L/s)	流量 管段 Q (L/s)	流量 q^2,Q^2	管径 DN (mm)	管道比阻 A (L/s)	管段长度 L (m)	水头损失 h (10^{-2} MPa)	标高差 h_b (m)	计算式
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
⑫		0.184	16.49	1.74		3.04						$H⑫=16.00+0.52-0.03=16.49, q^2⑫=0.184\times16.49=3.04$
	⑫-⑬				9.48	90.00	70	0.0029	3	0.78	0	$Q⑫-⑬=7.74+1.74=9.48, h⑫-⑬=0.0029\times3\times90-0.78$
⑬		0.184	17.27	1.78		3.18						$H⑬=16.49+0.78=12.27, q^2⑬=0.184\times17.27=3.18$
	⑬-⑭				11.26	126.70	70	0.0029	3	1.10	0.03	$Q⑬-⑭=9.48+1.78=11.26, h⑬-⑭=0.0029\times3\times126.7=1.10$
⑭		0.184	18.40	1.84		3.40						$H⑭=17.27+1.10+0.03=18.40, q^2⑭=0.184\times18.40=3.40$
	⑭-⑮				13.10	171.60	70	0.0029	3	1.49	0.03	$Q⑭-⑮=11.26+1.84=13.10, h⑭-⑮=0.0029\times3\times171.60=1.49$
⑮		0.184	19.92	1.92		3.67						$H⑮=18.40+1.49+0.03=19.92, q^2⑮=0.184\times19.92=3.67$
	⑮-⑯				15.02	225.60	70	0.0029	3	1.97	0.03	$Q⑮-⑯=13.10+1.92=15.02, h⑮-⑯=0.0029\times3\times225.60=1.97$
⑯		0.184	21.92	2.01		4.04						$H⑯=19.92+1.97+0.03=21.92, q^2⑯=0.184\times21.92=4.04$
	⑯-⑰				17.03	290.00	80	0.0012	3	1.04	0.03	$Q⑯-⑰=15.02+2.01=17.03, h⑯-⑰=0.0012\times3\times290=1.04$
⑰		0.184	22.99	2.05		4.22						$H⑰=21.92+1.04+0.03=22.99, q^2⑰=0.184\times22.99=4.22$
	⑰-⑱				19.08	364.00	80	0.0012	1.8	0.76	0.32	$Q⑰-⑱=17.03+2.05=19.08, h⑰-⑱=0.0012\times1.8\times364=0.76$
⑱			24.07									$H⑱=22.99+0.76+0.32=24.07$
	⑱-⑲				19.08	364.00	80	0.0012	3	1.33	0.02	$h⑱-⑲=0.0012\times3\times364=1.33$⑲点无出流，$Q⑱-⑲=Q⑰-⑱=19.08$
⑲			25.42									$H⑲=24.07+1.33+0.02=25.42$
	侧支管⑥-⑲				0.42							假定分配给⑲点侧支管流量为0.42

续表

节点	管段	特性系数 B,B_g	节点水压 H (10^{-2} MPa)	流量 节点 q (L/s)	流量 管段 Q (L/s)	流量 q^2,Q^2	管径 DN (mm)	管道比阻 A (L/s)	管段长度 L (m)	水头损失 h (10^{-2} MPa)	标高差 h_b (m)	计算式
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	⑲－㉕				19.50	370.00	80	0.0012	21.28	9.46	6.61	h⑲－㉕ = 0.0012 × 21.28 × 370 = 9.46，21.28 = 3 × 5 + 6.28，6.61 = 0.11 + 0.22 + 6.28
㉕			Σ41.49							Σ29.44	Σ7.05	H㉕ = 25.42 + 9.46 + 6.61 = 41.49
												⑥－㉚－㉝－㉕ 左半环
	⑥－㉚				5.0	25.0	50	0.011	3	0.83	0.04	h⑥－㉚ = 0.011 × 3 × 25 = 0.83，左半环输配给⑥点流量为 Q⑤－⑥－Q⑥－⑦ = 6.14 － 1.14 = 5.0
㉚			15.15	5.0								H㉚ = 14.28 + 0.83 + 0.04 = 15.15
	ⓐ－㉚				5.5							为使设计流量 Q = 30，故分配给侧支管ⓐ－㉚流量为 Qⓐ－㉚ = 30 － Q⑲－㉕－Q⑥－㉚ = 30 － 19.5 － 5.0 = 5.5
	㉚－㉝				10.5	110.25	50	0.011	6	7.30	0.04	Q㉚－㉝ = 5 + 5.5 = 10.5　h㉚－㉝ = 0.011 × 6 × 110.25 = 7.30
㉝												H㉝ = 15.15 + 7.30 + 0.04 = 22.49
	㉝－㉕				10.5	110.25	70	0.0029	42.28	13.55	6.53	h㉝－㉕ = 0.0029 × 42.28 × 110.25 = 13.55，42.28 = 6 + 30 + 6.28，6.53 = 0.04 + 0.21 + 6.28
㉕			Σ42.57	10.5						Σ30.52	Σ7.05	H㉕ = 22.49 + 13.55 + 6.53 = 42.57

2.3.6 其　它

《自动喷水灭火系统设计规范》修订本送审稿已完成，下面将其重要的修改内容列出，供设计参考。

2.3.6.1 设置场所火灾危险等级

(1) 新规范对自动喷水灭火系统设置场所划分为下列火灾危险等级：

1) 轻危险级

2) 中危险级：Ⅰ级，Ⅱ级。

3) 严重危险级：Ⅰ级，Ⅱ级。

4) 仓库危险级：Ⅰ级，Ⅱ级，Ⅲ级。

(2) 设置场所火灾危险等级举例见表 2-58。

设置场所危险等级举例　　表 2-58

危险等级		设置场所举例
轻危险级		旅馆、科研实验楼、办公楼、教学楼、博物馆、美术馆、健身场所、计算机房、通讯机房、电子工业洁净厂房、影剧院和音乐厅及礼堂(舞台除外)、住宅等
中危险级	Ⅰ级	高层民用建筑中的旅馆、办公楼、综合楼、邮政楼、金融电信楼、指挥调度楼、广播电视楼(塔)；医院、疗养院、娱乐场所、木结构古建筑、国家文物保护单位、图书馆(书库除外)、档案馆、展览馆(厅)、建筑面积小于 10000m² 的商场、小于 2000m² 的地下商场；食品、家用电器、玻璃制品厂等的备料与生产车间，且室内净空高度不超过 4m；火车站、飞机场、码头的旅客休息楼(厅)；钢结构屋架、冷藏库等
	Ⅱ级	舞台(葡萄架除外)、书库、建筑面积 10000m² 及以上的商场、2000m² 及以上的地下商场；汽车库及修车库、棉毛麻丝及化纤的纺织、织物及制品厂生产车间；谷物加工、烟草及制品、饮用酒(啤酒除外)、皮革及制品、造纸及纸制品、制药厂等的备料与生产车间；室内净空高度超过 4m 的中Ⅰ级场所
严重危险级	Ⅰ级	棉毛麻丝及化纤厂备料车间、木材木器及胶合板厂、印刷厂、酒精制品厂等的备料与生产车间、使用可燃液体的车间等
	Ⅱ级	固体易燃物品备料及生产车间、易燃液体喷雾操作区域、可燃的气溶胶制品、溶剂、油漆、塑料及制品、橡胶及制品、沥青制品厂等的备料及生产车间、摄影棚、舞台葡萄架下部及易燃材料制作的景观展厅等
仓库(含棚库)	Ⅰ级	木箱、纸箱包装的不燃物品、仓储式商场的货架区等
	Ⅱ级	食品、烟酒、木材、纸、皮革、谷物及制品、棉毛麻丝化纤及制品、家用电器、电缆、钢塑混合材料制品、各种塑料瓶盒包装的不燃物品及各类物品混杂储存的仓库等
	Ⅲ级	塑料、橡胶及制品、沥青制品等

2.3.6.2 设计基本参数

(1) 民用建筑和厂房自动喷水灭火系统的设计基本参数，见表 2-59。

民用建筑和厂房自动喷水灭火系统的设计基本参数 表 2-59

设置场所危险等级		喷水强度 [L/(min·m²)]	系统作用面积 (m²)	喷头工作压力 (MPa)
轻危险级		4	160	0.10
中危险级	Ⅰ级	6		
	Ⅱ级	8		
严重危险级	Ⅰ级	12	250	
	Ⅱ级	16		

注：轻、中危险级系统最不利喷头最低工作压力不应低于0.05MPa。

1）装设网络状、条栅状等敞开式吊顶的场所，在顶板下布置喷头的系统，其喷水强度应按表2-59规定值的1.3倍确定。

2）干式系统的作用面积，应按表2-59规定值的1.3倍确定，雨淋系统中每个雨淋阀控制的喷水面积不宜大于表2-59中的系统作用面积。

(2) 堆垛与货架储物仓库自动喷水灭火系统的设计基本参数见表2-60。

堆垛与货架储物仓库自动喷水灭火系统的设计基本参数 表 2-60

仓库危险级	货品最大堆积高度 (m)	室内最大净空高度 (m)	喷水强度 [L/(min·m²)]	系统作用面积 (m²)	喷头工作压力 (MPa)
Ⅰ级	4.5	9.0	12	200	0.10
Ⅱ级			16	300	
Ⅲ级	3.5	6.5	20	260	

民用建筑和厂房中物品堆积高度超过3m的部位，其喷水强度应按表2-60中对应的仓库级系统的规定值确定。

2.3.6.3 喷头布置

(1) 直立、下垂型喷头的布置应符合下列规定：同一根配水支管上喷头的间距及相邻配水支管的间距应根据系统的喷水强度、喷头的流量系数、工作压力确定，并不应大于表2-61的规定，且不宜小于2.4m(保护防火卷帘、门窗等分隔物的除外)；同一根配水支管上喷头或配水支管的最大间距见表2-61。

同一根配水支管上喷头或配水支管的最大间距 表 2-61

喷水强度 [L/(min·m²)]	正方形布置的边长 (m)	矩形或平行四边形布置的长边边长 (m)	一只喷头的最大保护面积 (m²)	喷头与端墙的最大距离 (m)
4	4.4	4.6	20.0	2.2
6	3.6	4.4	12.5	1.8
8	3.4	3.6	11.5	1.7
12~20	3.0	3.6	9.0	1.5

注：保护防火卷帘、门窗等分隔物及货架内设置的闭式喷头，间距不得小于2m。

(2) 快速响应早期灭火喷头的溅水盘与顶板的距离，见表2-62。

快速响应早期灭火喷头的溅水盘与顶板的距离　　表 2-62

喷头安装方式	直立		下垂	
	不应小于	不应大于	不应小于	不应大于
溅水盘与顶板的距离(mm)	100	150	150	360

(3) 闭式喷头适用场所的最大净空高度，见表 2-63。

闭式喷头适用场所的最大净空高度　　表 2-63

设置场所	闭式喷头适用场所的最大净空高度(m)
民用建筑和厂房	8
仓库	9
采用快速响应早期灭火喷头的仓库	12

注：保护室内钢屋架的闭式喷头，不受净空高度的限制。

(4) 标准边墙型喷头的布置，见表 2-64。

标准边墙型喷头的最大保护跨度与间距　　表 2-64

设置场所危险等级	轻级	中Ⅰ级
配水支管上喷头的最大间距(m)	3.6	3.0
单排喷头的最大保护跨度(m)	3.6	3.0
两排相对喷头的最大保护跨度(m)	7.2	6.0

注：1. 两排相对喷头应交错布置。

2. 室内跨度大于两排相对喷头的最大保护跨度时，应在两排相对喷头中间增设一排喷头。

2.4 开式自动喷水灭火系统

开式自动喷水灭火系统(又称雨淋系统，包括水幕系统)。通常用于燃烧猛烈、蔓延迅速的某些严重危险建筑物或场所。

2.4.1 雨淋喷水灭火设备的设置

应设雨淋喷水灭火设备的场所：

(1) 火柴厂的氯酸钾压碾厂房。

(2) 建筑面积超过 100m^2 生产和使用硝化棉、喷漆棉、火胶棉、赛璐珞胶片、硝化纤维的厂房。

(3) 建筑面积超过 60m^2 或储存重超过 2t 的硝化棉、喷漆棉、火胶棉、赛璐珞胶片、硝化纤维库房。

(4) 日装瓶数量超过 3000 瓶的液化石油贮配站的罐瓶间、实瓶库。

(5) 超过 1500 个座位的剧院和超过 2000 个座位的会堂舞台的葡萄架下部。

(6) 建筑面积超过 400m^2 的演播室、录音室。

(7) 建筑面积超过 500m^2 的电影摄影棚。

(8) 乒乓球厂的轧坯、切片、磨球、分球检验部位。

2.4.2 水幕设备的设置

应设水幕设备的场所：

(1) 超过 1500 个座位的剧院和超过 2000 个座位的会堂、礼堂的舞台口，以及与舞台相连的侧台、后台门窗洞口。

(2) 应设防火墙等防火分隔物而无法设置的开口部位。

(3) 防火卷帘或防火幕的上部。

当采用耐火极限高的复合防火卷帘、带内水冷却的汽雾复合防火卷帘作防火分隔时，在征得当地消防主管部门认可的条件下，防火卷帘上部可不加水幕设备。

(4) 高层建筑物中超过 800 个座位的剧院、礼堂的舞台口宜设防火幕或水幕分隔。

一组开式自动喷水灭火系统的开式喷头，由温感、烟感等火灾探测器接到火灾信号后，通过自动控制雨淋阀(又称成组作用阀)而一齐自动喷水灭火，不仅可以扑灭着火处的火源，而且可以同时自动向整个被保护的面积上喷水，从而防止了火灾的蔓延和扩大。

开式自动喷水灭火系统，按其喷水形式可分为：

(1) 雨淋系统：用于扑灭大面积火灾。

(2) 水幕系统：用于阻火、隔火、冷却防火隔绝物和局部灭火。

按淋水管网的充水与否可分为：

(1) 开式充水系统：用于易燃易爆的特殊危险的场所。要求快速动作，高速灭火。

(2) 开式空管系统：用于一般火灾危险的场所。

开式自动充水灭火系统设置的房间，应保证冬季室温在 4.0℃以上。

2.4.3 组　　成

开式自动喷水灭火系统，一般由火灾探测自动控制传动系统、自动控制雨淋阀系统、带开式喷头的自动喷水灭火系统三部分组成，见图 2-89。系统组件使用说明见表 2-65。

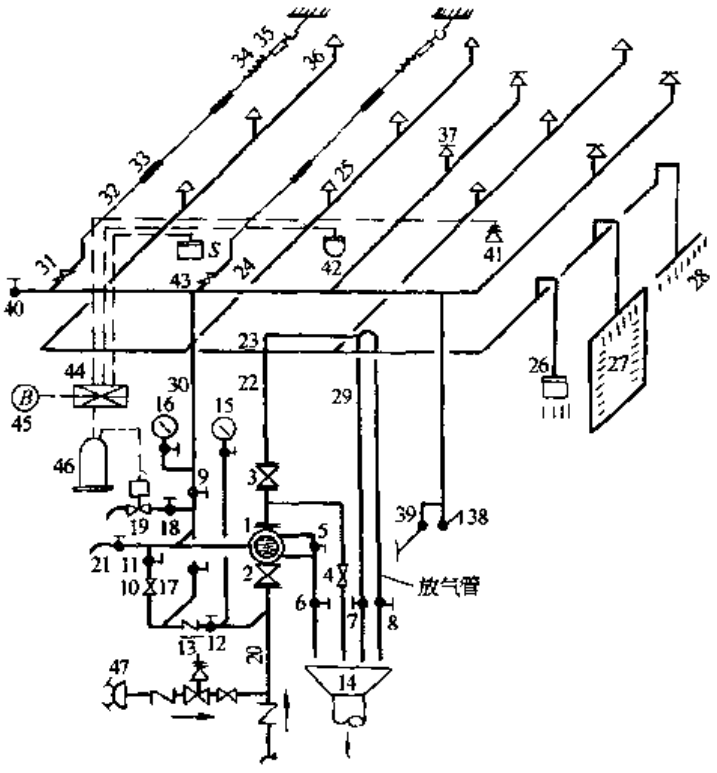


图 2-89 开式自动喷水灭火系统示意

系统组件使用说明　　表 2-65

编号	组件名称	用途	工作状态	
			平时	失火时
1	雨淋阀	自动控制消防供水	常闭	自动开启
2	闸阀	进水闸阀	常开	开
3	闸阀	出水闸阀	常开	开
4	闸阀	试水闸阀	常闭	闭
5	截止阀	淋水管充水	微开	微开
6	截止阀	系统放水	常闭	闭
7	截止阀	系统溢水	微开	微开
8	截止阀	系统放气	微开	微开
9	截止阀	传动管网检修	常开	开
10	小孔闸阀(孔 3mm)	传动系统补水	阀闭孔开	阀闭孔开
11	截止阀	检修	常开	开
12	截止阀	检修	常开	开
13	止回阀	传动系统稳压	开	开
14	漏斗	排水	排水	排水
15	压力表	测供水管水压	两压力表相等	水压大
16	压力表	测传动管水压		水压小
17	截止阀	传动管注水	常闭	闭
18	截止阀	检修	常开	开
19	电磁阀	电动控制	常闭	开
20	供水干管	供水	供水	供水
21	水嘴	试水	关	关
22	配水立管	配水	水满管或空管	均充满水
23	配水干管	配水		
24	配水支管	配水		
25	开式喷头	雨淋灭火	不出水	自动喷水
26	淋水器	局部灭火	不出水	自动喷水
27	淋水环	阻火隔火	不出水	自动喷水
28	水幕	阻火灭火	不出水	自动喷水
29	溢流管	淋水管网充水	每秒溢流 3 滴水	溢水
30	传动管	传动控制	有压力水	流水
31	传动阀门	传动管网泄压	常闭	开启
32	钢丝绳			
33	易熔锁封	探测火灾	闭锁	熔断
34	拉紧弹簧	保持 25kg 拉力	拉力 25kg	拉力为 0
35	拉紧联接器			
36	钢丝绳钩子			
37	闭式喷头	探测火灾并泄压	闭锁	锁封脱落放水泄压
38	手动开关	人工控制泄压	常闭	人工开启
39	长柄手动开关	冰冻地区室外人控	常闭	人工开启
40	截止阀	放气用	常闭	闭
41	感光探测器	开启电磁阀	不动作	动作
42	感温探测器	开启电磁阀	不动作	动作
43	感烟探测器	开启电磁阀	不动作	动作
44	收信机			
45	报警装置			报警
46	自控箱			
47	水泵接合器		常闭	开

开式自动喷水灭火系统的供水方式可为屋顶水箱、室外水塔或高地水池等(贮存火灾初期10min的消防用水量)。当室外管网的流量和水压能满足室内最不利点灭火用水量和水压要求时,也可不设屋顶水箱等贮水设施。

开式自动喷水灭火系统的工作时间采用1h。起火10min后50min内的消防用水量,可由具有足够流量和压力的室外管网,以及具有足够容积的高位蓄水池和用消防水泵加压的低位贮水池等供给。

开式系统在平时(未失火时)传动管中充满了与进水管中相同压力的水。此时,雨淋阀由于传动系统中的水压作用而紧闭着。失火时,火灾探测器接到火灾信号后,通过传动阀(或闭式喷头、电磁阀等)自动的释放掉传动管中有压力的水,使传动系统中的水压骤然降低,由于传动系统与进水管相连通的 $d=3$mm 的小孔阀来不及向传动系统中补水,于是雨淋阀在进水管水压推动下瞬间自动开启,自动向淋水管网中供水,所有开式喷头、水幕管等一齐同时喷水灭火。

2.4.4 主 要 组 件

2.4.4.1 雨淋阀

雨淋阀是开式自动喷水灭火系统中的关键设备,有下列类型:

(1) 隔膜式雨淋阀(见图2-90):隔膜式雨淋阀启动灭火后,可以借水压力自动复位,其主要技术数据见表2-66。

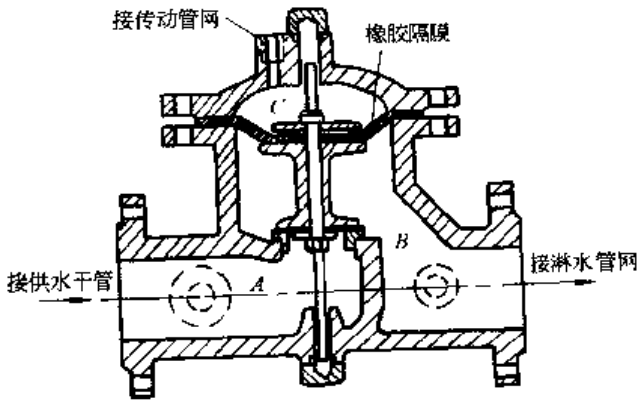


图2-90 隔膜式雨淋阀

隔膜式雨淋阀主要技术数据 表2-66

项目		阀门规格(mm)		
		DN65	DN100	DN150
启动时间(ms)	水压0.138MPa	301	221	236
	水压0.5MPa	132	108	148
自动复位时间(s)	水压0.138MPa	7.68		
	水压0.5MPa	5.52	20.60	51.94
局部阻力系数 ξ		8.01	8.04	7.49
夹布橡胶隔膜厚度(mm)		2	3	4
隔膜的爆破压力(MPa)		3.5	2.0	2.2
隔膜的行程(mm)		36	44	52

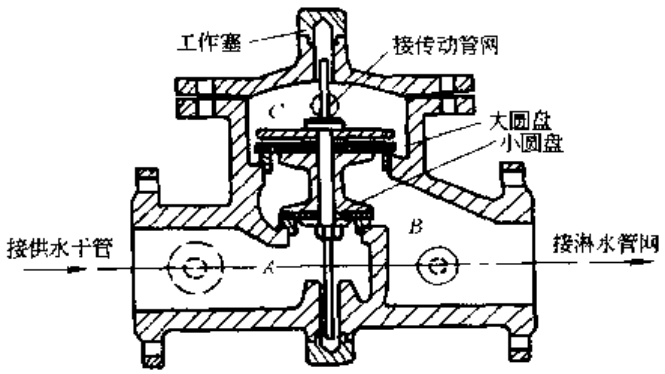


图 2-91　双圆盘雨淋阀

(2) 双圆盘雨淋阀(见图 2-91):双圆盘雨淋阀是 50 年代引进国外的产品,由于该阀复位手续烦琐,劳动量大,目前一般不宜采用。

(3) ZSFG 型雨淋阀(见图 2-92):ZSFG 雨淋阀启动灭火后,可以通过外部复位器进行复位。该雨淋阀有二种型号:ZSFG—100/D、ZSFG—150/D,最大工作压力为 1.6MPa。

(4) ZSY/SL-02 系列雨淋控水阀(摘自北京首安消防工程有限公司产品样本)(见图 2-93):该雨淋控水阀设计充分考虑了工业消防的特殊要求,通过了公安部组织的科学技术成果鉴定,同通用雨淋阀相比,具有以下优点:

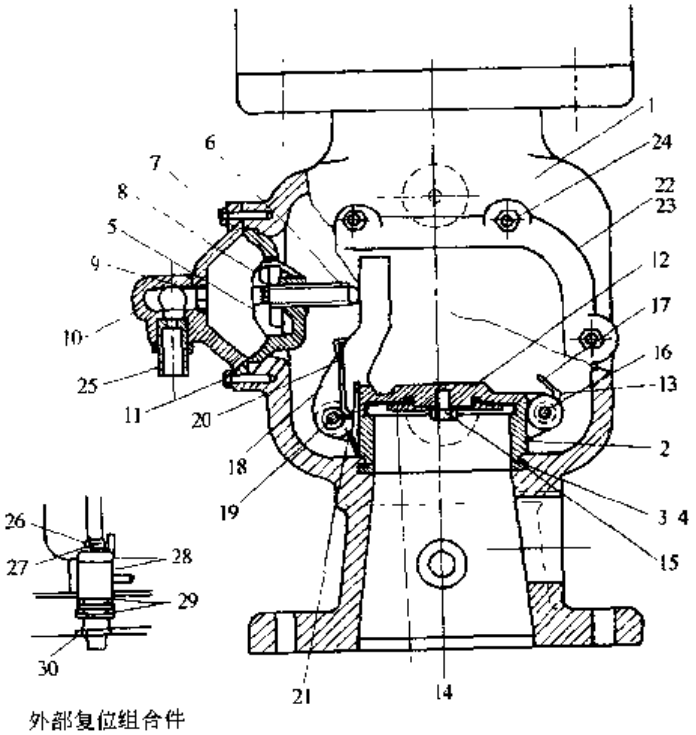


图 2-92　ZSFG 型雨淋阀

1—阀体;2—阀座;3—O 型密封圈;4—润滑脂;5—活塞;6—顶杆;7—支架;8—隔膜;9—过滤网;10—隔膜室盖;11—隔膜室盖螺栓;12—阀瓣;13—阀瓣密封垫;14—固定板;15—螺栓;16—销轴;17—阀瓣弹簧;18—转臂;19—转臂销;20—转臂弹簧;21—螺柱;22—垫片;23—阀盖;24—阀盖螺钉;25—节流器;26—复位器;27—螺柱;28—复位组件;29—O 型圈;30—挡圈

1) 开启时间短。

2) 可水平、竖直安装,管路布置方便,适合于电缆隧道、地下油库等狭窄场合。

3) 非电控远程手动功能能够保证雨淋阀在火灾现场电控失灵而又无法现场紧急手动

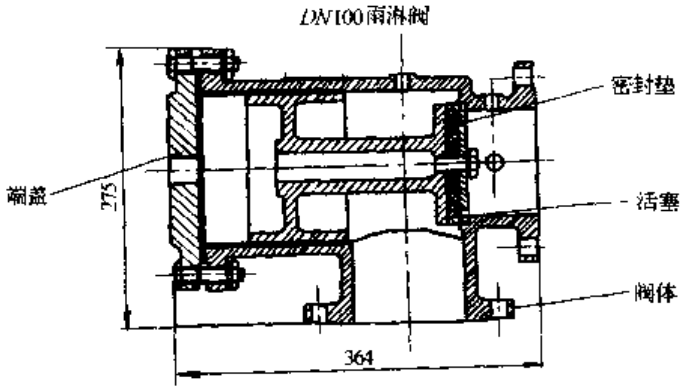


图 2-93 ZSY/SL-02 系列雨淋控水阀

的情况下，在远处安全点启闭雨淋阀。

4）自动控制复位功能能够保证进行持续灭火。

5）计算流体力学技术在阀内水流通道设计中的应用，使水力摩阻损失降为最低。

6）体积小，结构简单，工作稳定可靠，使用寿命长。

该雨淋控水阀技术参数，见表 2-67。

雨淋控水阀技术参数 表 2-67

规　格	DN40	DN50	DN80	DN100	DN150	DN200
水力摩阻(MPa)	0.040	0.040	0.040	0.035	0.035	0.035
最大工作压力(MPa)	1.2					
试验工作压力(MPa)	2.4					
外接法兰	按国标 GB 9113.3—88					
一般环境	球墨铸铁加不锈钢衬套					
腐蚀环境	整体不锈钢					

(5) ZSFW 温感雨淋阀：ZSFW 温感雨淋阀是自动喷水灭火系统中的控制阀门，是一种定温动作的雨淋阀，主要应用于门洞、窗口、防火卷帘门等处作防火分隔、降温雨淋控制阀门，也可用于设备、区域的定向防火分隔，一个 ZSFW 温感雨淋阀可接的喷头数量根据其型号和喷头喷水口径确定。该雨淋阀分有 ZSFW—32、ZSFW—40、ZSFW—50、ZSFW—65 型。

2.4.4.2 火灾探测传动控制系统

(1) 带易熔锁封的钢丝绳传动系统，见图 2-94。

1）带易熔锁封的钢丝绳传动控制系统，安装在房间的整个天花板下面。用拉紧弹簧和连接器，使钢丝绳保持 25kg 的拉力，从面使传动阀保持密闭状态。

当易燃物着火时，室内温度上升，易熔锁封被溶化，钢丝绳系统断开，传动阀开启放水，传动管网内水压骤降，雨淋阀自动开启，所有开式喷头向被保护的整个面积上一齐自动喷水灭火。

易熔锁封的低熔点合金的溶化温度常用的是 72℃。它用于环境温度不超过 38℃的场所。

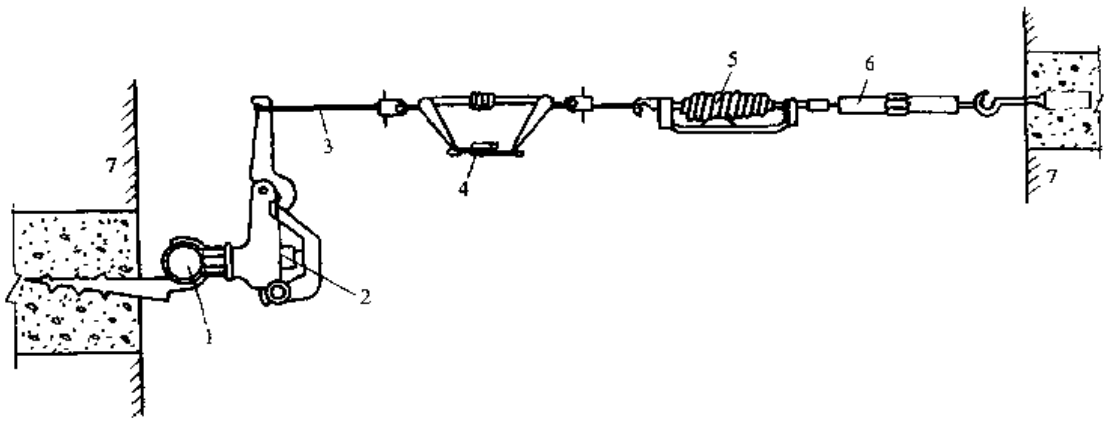


图 2-94　易熔锁封的钢丝绳传动系统

1—传动管网;2—传动阀;3—钢丝绳;4—易熔锁封;5—拉紧弹簧;6—拉紧连接器;7—墙壁

2) 安装要求:着火时热气流上升,一般天花板下面温度首先升高,所以规定易熔锁封距天花板不大于 400mm,但当建筑物又高又大时(如天花板距地面大于 15m 时),由于室内气流晃动,在高处的易熔锁封不易熔断,会影响雨淋系统的启动时间,所以对于高大厂房安装这种温感探测器时,应采取相应措施,如在天花板下面设置垂直气流挡板。

当易燃物固定在室内局部场所加工或存放时,在不妨碍操作及交通的情况下,易熔锁封也可直接安装在易燃物上面不太高的地方。

对于极易燃烧的工业生产来说,这种温感火灾探测器的灵敏度是不够用的。因此,应与其它感光火灾探测器等配合使用。

(2) 带闭式喷头的传动控制系统:用带易熔元件的闭式喷头或带玻璃球塞的闭式喷头,作为开式自动喷水灭火系统探测火灾的感温元件,是一种较好的控制系统,见图 2-95。

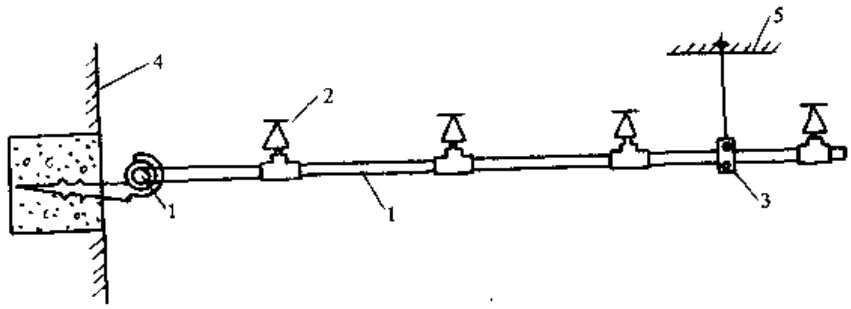


图 2-95　闭式喷头的传动控制系统

1—传动管网;2—闭式喷头;3—管道吊架;4—墙壁;5—顶棚

这种传动控制系统,当易燃物着火后,室内温度上升到一定值时,闭式喷头的闭锁装置自行脱落,放水,使传动管网中的水压降低,雨淋阀即自动开启。

这两种闭式喷头公称动作温度的选用,同闭式自动喷水灭火系统。它们的感温灵敏度与易熔锁封式的灵敏度相似,安装位置也相似。但安装维护管理比较方便,投资比易熔锁封式节省 50%～70%。

闭式喷头的水平距离一般为3m，距顶棚的距离不大于150mm。装置闭式喷头的传动管的直径：当传动管充水时为25mm；充气时为15mm。传动管应有不小于0.005的坡度坡向雨淋阀。

(3) 火焰、烟感、温感等火灾探测器电动控制系统，由电气或自控专业设计。

(4) 手动旋塞传动控制系统：发生火灾时，如果火焰、烟感、温感等火灾探测器尚未动作，当有人发现火灾时，可用人工打开旋塞，使传动管网放水泄压，启动成组作用阀喷水灭火。

手动旋塞开关，旋转90°即可放水泄压，因而可以快速放水启动雨淋系统灭火。

在设计时，采用何种传动控制系统或把几种传动控制系统联合使用，要视具体情况而定，但设置自动控制系统时，必须同时设置手动控制装置。

2.4.4.3 自动喷水系统的喷水器和喷头

(1) 喷水器：喷水器的类型应根据灭火对象的具体情况进行设计和选择。有些喷水器已有定型产品，有些可在现场加工制作，见图2-96。

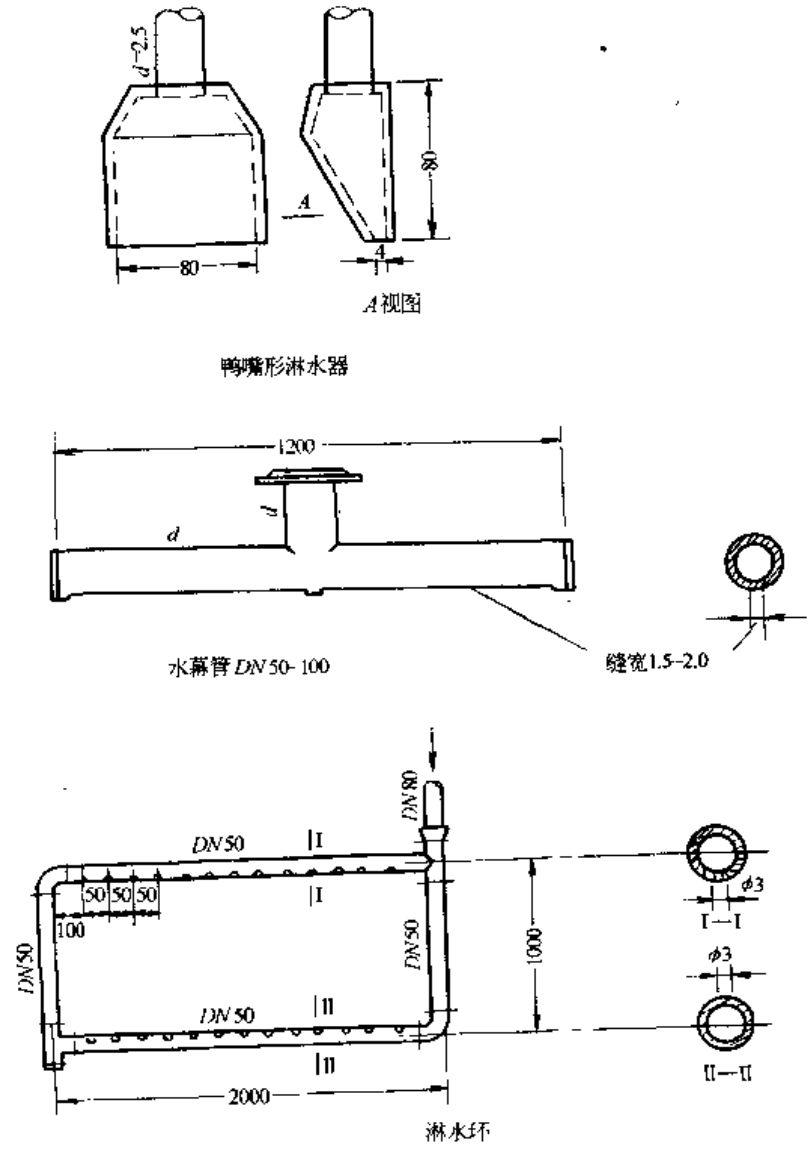


图2-96 各种喷水器

(2) 喷头:喷头分有开式和水幕喷头两种。开式喷头见图 2-97;水幕喷头及喷头流量曲线见图 2-98。

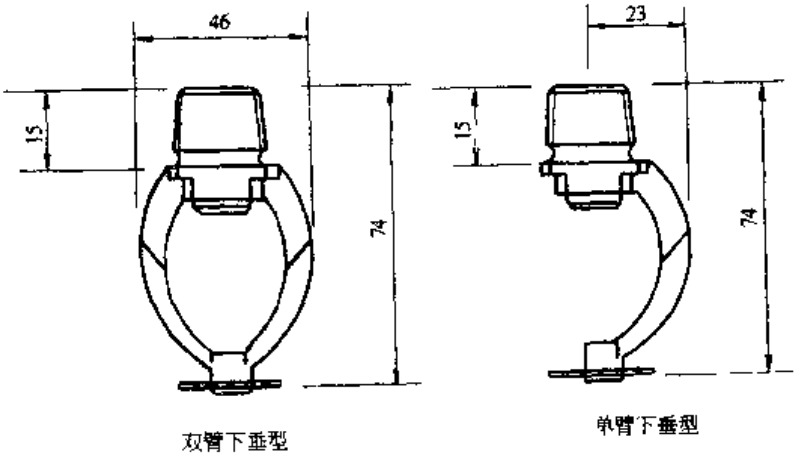


图 2-97　开式喷头

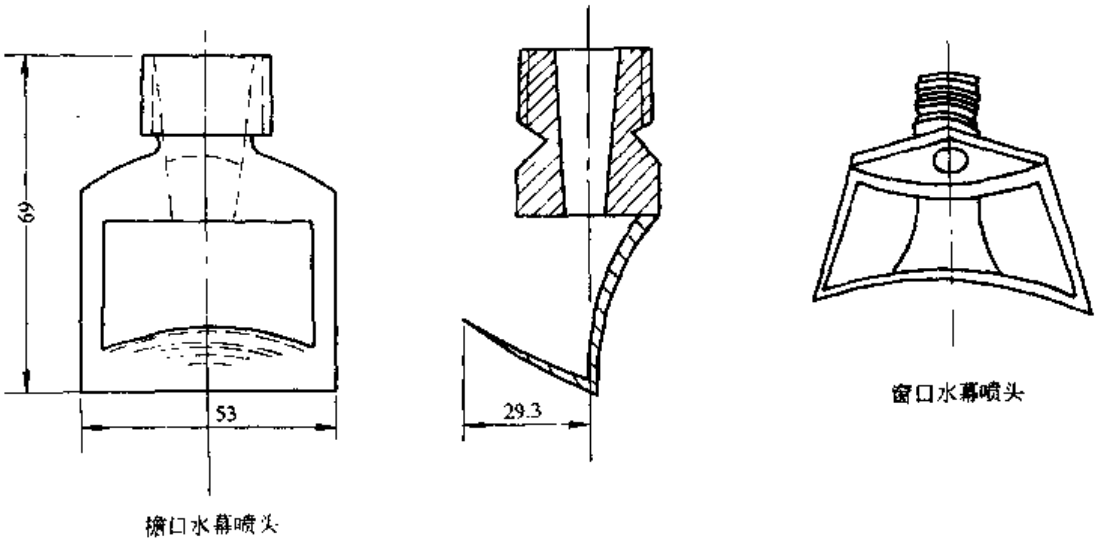


图 2-98　水幕喷头及喷头流量曲线(一)

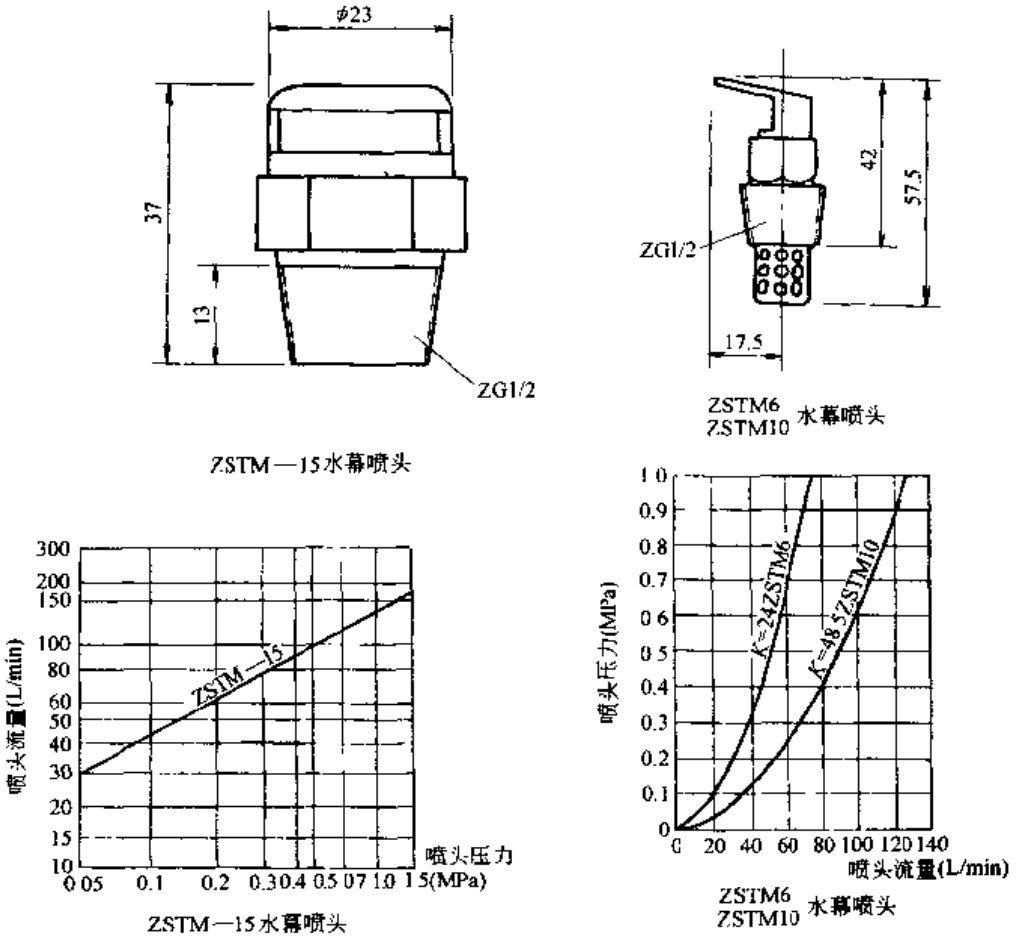


图 2-98 水幕喷头及喷头流量曲线(二)

2.4.5 设 计

2.4.5.1 系统控制方式的分类及选用

根据生产、加工、贮存易燃物品的性质、数量、火灾危险程度、建筑物面积、建筑结构的耐火等级以及操作情况等选择下列各种不同的系统。

(1) 手动控制方式:只设有开式喷头和手动控制阀,是一种最简单的开式喷水系统。适用于工艺危险性小、给水干管直径小于 50mm、且失火时有人在现场操作的情况。当发生火灾时,由人工及时地打开旋塞,达到灭火目的。见图 2-99。

(2) 手动水力控制方式:当给水干管的直径≥65mm 时,应采用手动水力传动的成组作用阀。系统设有开式喷头、带手动开关的传动管网和雨淋阀。适用于保护面积较大,工艺危险性较小,失火时尚能来得及用人工开启雨淋装置时采用。见图 2-100。

(3) 自动控制方式:设有开式喷头、易熔锁封(或闭式喷头、火焰、感温、感烟火灾探测器)自控的传动管网、手动开关以及雨淋阀。见图 2-95。

2.4.5.2 传动控制系统的设置

(1) 带易熔锁封钢丝绳的传动管网布置:雨淋阀的自动开启,由传动管中的压力降来实现。易熔锁封传动管直径采用 25mm。为了防止传动管泄水后所产生的静水压力影响雨淋阀的开启,因此,充水传动管网的最高标高,不能高于雨淋阀处压力的 1/4。在传动管网标

高过高时，雨淋阀便无法启动。充气传动管网标高不受限制。

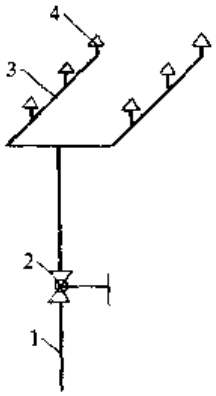


图 2-99　手动旋塞控制方式
1—供水管；2—手动旋塞；
3—配水管网；4—开式喷头

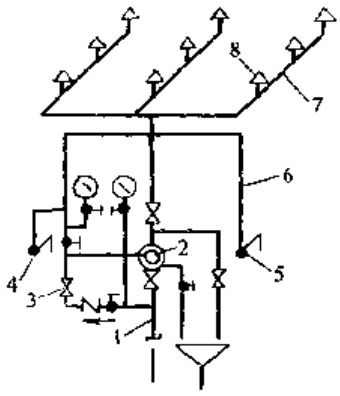


图 2-100　手动水力控制方式
1—供水管；2—雨淋阀；3—小孔闸阀；4、5—手动开关；
6—传动管网；7—配水管网；8—开式喷头

充水传动管道应敷设成大于 0.005 的坡度，坡向雨淋阀；并应在传动管网的末端或最高点设置放气阀。以防止传动管中积存空气、延缓传动作用时间，影响雨淋阀的及时开启。

充水传动管道不能布置在冬季有可能冻结而又不采暖的房间内。

易熔锁封钢丝绳控制系统的传动管要承受 25kg 的拉力，所以一般都沿墙固定。

(2) 易熔锁封的布置：为使房间内任何一处起火时，都能及时开启雨淋喷水系统。故易熔锁封也应象喷头一样均匀地分布在整个被保护面积上，其水平间距：在有爆炸危险的生产房间内不得超过 2.5m；在无爆炸危险的生产房间内不得超过 3m。而在特别容易起火的生产设备附近，还应适当增设易熔锁封。

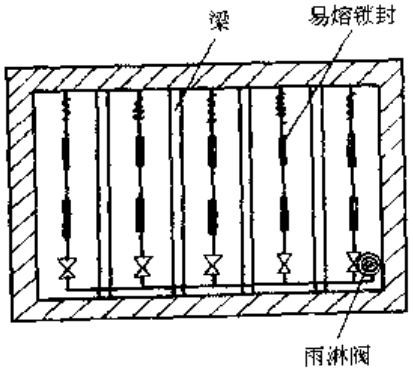


图 2-101　易熔锁封按跨度布置

带钢丝绳的易熔锁封，通常布置在淋水管的上面。易熔锁封与顶棚之间的距离不得大于 0.4m。如果结构突出物(如梁)的突出部分大于 0.35m 时，则钢丝绳应布置在两突出物之间，见图 2-101。当顶棚为人字形时，钢丝绳应顺顶棚安装，中间用吊环吊起，以使易熔锁封距顶棚不超过 0.4m，见图 2-102(a)。易熔锁封的位置应避免受各种机械损伤。

如遇保护面积为长方形时，钢丝绳也可以沿长方向布置。在钢丝绳长度超过 10m 时，应每隔 7～8m 增设吊环，以防钢丝绳下垂。为了保证易熔锁封熔化后不被吊环卡住，设于易熔锁封与传动阀之间的吊环与该易熔锁封之间的距离应不小于 1.5m，见图 2-102(b)。

易熔锁封的公称动作温度，应根据房间内在操作条件下可能达到的最高气温选用，见表 2-68。

易熔锁封选用温度　　表 2-68

公称动作温度(℃)	适用环境温度(℃)	公称动作温度(℃)	适用环境温度(℃)
72	顶棚下不超过 38	141	顶棚下不超过 107
100	顶棚下不超过 65		

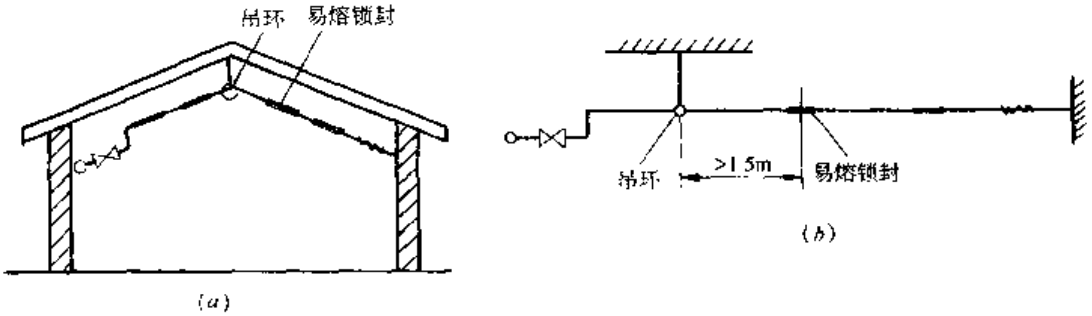


图 2-102 易熔锁封的布置

(a)易熔锁封的人字形布置;(b)钢丝绳吊环的布置

(3) 带闭式喷头的传动管网的布置:当采用闭式喷头作为开式自动喷水灭火系统的火灾探测器时,每个闭式喷头探测火灾的服务面积:在无爆炸危险的房间内建议采用 $9m^2$;在有爆炸危险的房间内建议采用 $6m^2$。装置闭式喷头的传动管的直径:当传动管充气时,采用 *DN*15;充水时,采用 *DN*25。喷头宜向上安装,喷头溅水盘与吊顶、楼板或屋面板之间距,应大于 150mm。传动管应有不小于 0.005 的坡度坡向成组作用阀。充水的传动管最高点宜设放气阀门。

(4) 火焰、烟感、温感电动控制系统布置:各种火灾探测器的布置,以及自控系统的设计,应由电气或自控专业设计。传动管上的电磁阀应尽量靠近雨淋阀。在有防爆要求的场所,应采用防爆电磁阀。设置电磁阀的环境相对湿度应不大于 80%。

(5) 传动管网上手动开关的布置:开式自动喷水灭火系统,必须同时设置手动装置(即手动 90 度旋塞,*DN*20)。手动旋塞应设在有人操作的地点、外门附近及经常有人来往的通道处。也可把手动旋塞引至室外,从室外开启雨淋系统。若冬季可能冰冻时,应将旋塞设在室内,将其手柄接长至室外。见图 2-103。

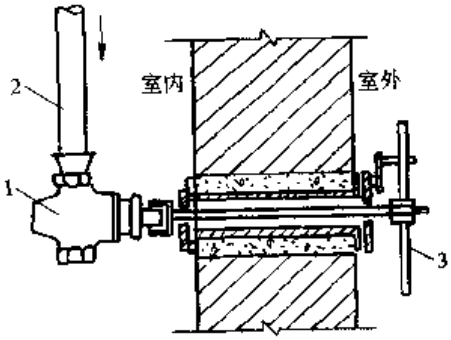


图 2-103 长柄手动开关

1—旋塞 $d=20$;2—传动管网 $d=25$;3—长柄手动开关室外操作装置

(6) 传动管网上放气阀的设置:如果充水传动管网中积有空气将延缓传动管网的泄压时间,从而延缓雨淋阀的开启。所以凡是危险性作业生产的开式自动灭火系统,在充水传动管网的末端或最高点应设放气阀。一般生产作业场所,传动管网上可不设放气阀。充气传动管网不设放气阀。

(7) 当雨淋阀处的供水压力不能满足传动管网水平管高度的四倍要求时,可将传动管网充以压缩空气来代替充水。充气传动管网的充气压力与供水压力,见表 2-69。

传动管网的充气压力与供水压力 表 2-69

最大供水压力 (MPa)	传动管网气压范围 (MPa)	雨淋阀脱开时气压范围 (MPa)
0.4 0.6	0.33~0.4	0.02~0.14 0.05~0.17
0.8 1.0 1.2	0.63~0.7	0.08~0.20 0.11~0.23 0.14~0.26

充气传动管网系统，见图 2-104。

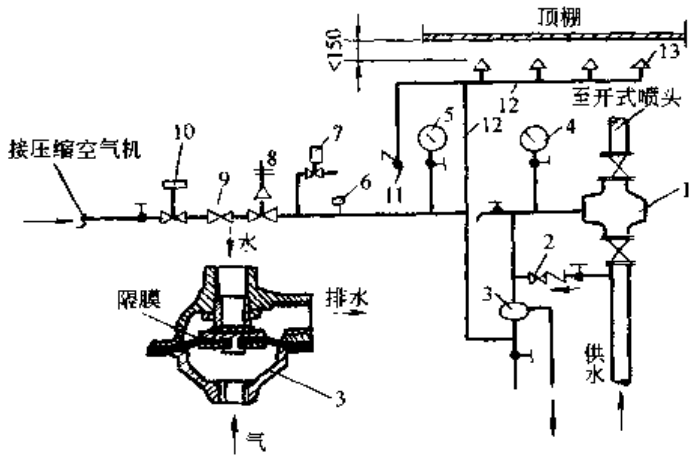


图 2-104　充气传动系统示意

1—雨淋阀；2—小孔闸阀；3—气动开关；4、5—压力表；6—压力报警器；7—电磁阀；8—安全阀；9—小孔闸阀；10—压力调节器；11—手动开关旋塞；12—充气传动管网；13—闭式喷头

2.4.5.3　雨淋阀的设置

开式自动喷水灭火系统的雨淋阀，应设在冬季室温不低于 4℃的房间，并靠近易于操作的地方。

(1) 手动旋塞控制阀门的布置：手动旋塞在失火时必须由人工打开，其位置必须设于通道门口附近或其它便于安全开启的地点。

(2) 水力传动雨淋阀的布置：雨淋阀旁边有不少附属阀件等，安装时要占一定的面积，所以雨淋阀应安装在便于操作，不妨碍工艺生产的场所。当采用电动传动控制时，电磁阀的安装应注意电气的防爆和防水要求。不同直径的单个雨淋阀安装所需占地面积，见表 2-70。

雨淋阀安装占地面积　　表 2-70

雨淋阀直径 d(mm)	长　度　(m)	宽　度　(m)
65	1.6	0.8
100	1.8	0.9
150	2.0	1.0

(3) 雨淋阀的并联设施：当一组开式自动喷水系统的水量超过 *DN*150 雨淋阀的供水能力时，可用几个雨淋阀的并联安装来满足要求。

1) 雨淋阀并联安装示例，见图 2-105。

2) 用传动管网连接使雨淋阀并联安装，见图 2-106。

2.4.5.4　淋水管网的设置

雨淋阀前的供水干管通常采用环状管网。在一组雨淋系统中，雨淋阀不超过 3 个时，也允许采用枝状管网。环状管网应设置检修闸阀，检修时关闭的雨淋阀的数量，应不超过 2 个。

(1) 开式喷头的平面布置：在空管式雨淋系统中，喷头可向上或向下安装，在充水式雨淋系统中，喷头应向上安装。

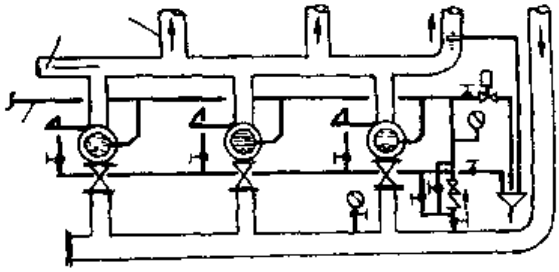


图 2-105 雨淋阀并联安装示例

1—雨淋阀;2—止回阀;3—小孔闸阀;
4—电磁阀;5、6—压力表;7—传动管网

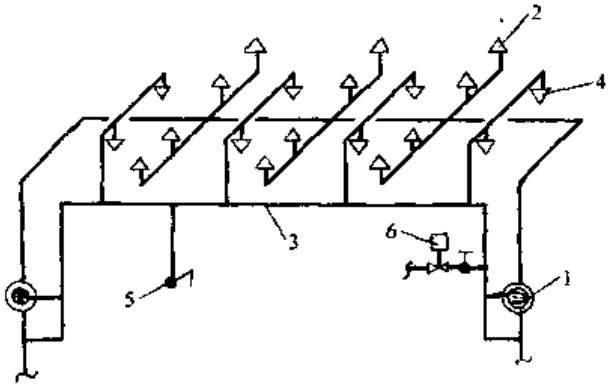


图 2-106 用传动管网连接的雨淋阀并联安装示例

1—雨淋阀;2—开式喷头;3—传动管网;
4—闭式喷头;5—手动开关;6—电磁阀

开式自动喷头灭火系统中,最不利点喷头的供水压力应不小于 0.05MPa。

决定喷头数量的关键是单位面积上所需的淋水强度,布置喷头的主要任务在于将一定强度的水均匀的喷淋于整个被保护的面积上。

喷头一般采用正方形布置,见图 2-107。根据每个喷头的保护面积,决定喷头的各种间距。

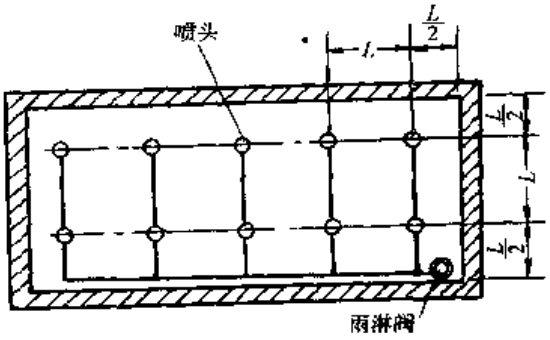


图 2-107 开式喷头的平面布置

(2) 干、支管的平面布置:每根配水支管上装设的喷头数不宜超过 6 个,每根配水干管的一端所负担配水支管的数量亦不应多于 6 根,以免水量分配不均匀。干管的平面布置,见图 2-108。

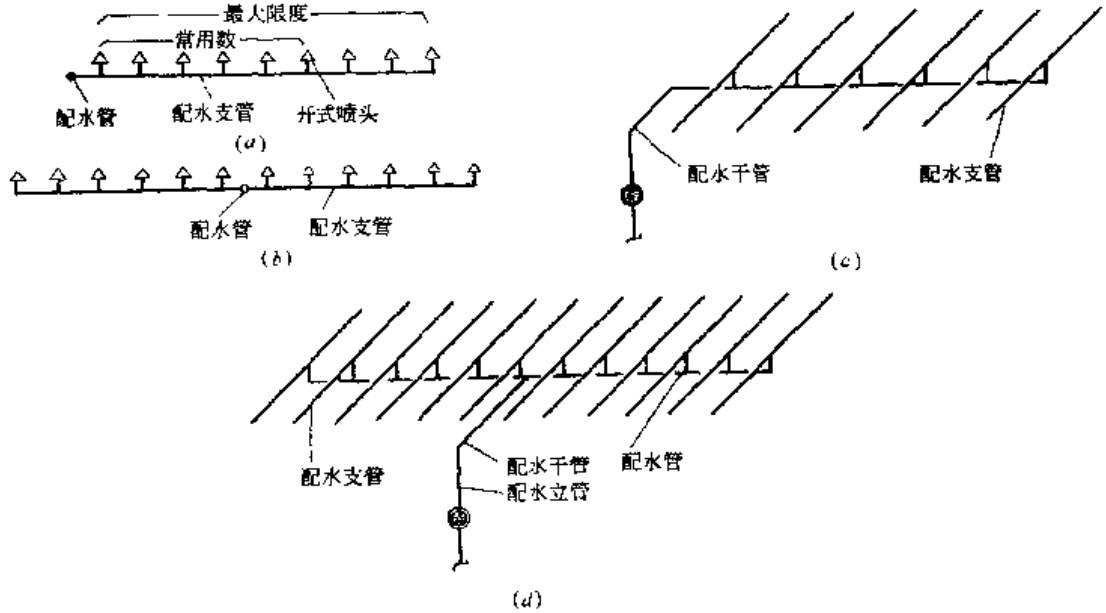


图 2-108 喷头与干、支管的平面布置

(a)为当喷头数 6~9 个时的布置形式;(b)为当喷头数 6~12 个时的布置形式;
(c)为当配水支管≤6 条时的布置形式;(d)为当配水支管为 6~12 条时的布置形式

(3) 喷头与配水支管的立面布置：配水支管及喷头的立面布置，必须充分考虑屋盖或楼板的结构特点，一般都安装在楼盖突出部分(如梁)的下面，而且充水式淋水管的喷头都安装在同一标高上，喷头均向上安装，以保证管中平时都充满水。当喷头直接安设在梁底下时，喷头顶盖与梁底或其它结构突出物之间的距离一般应不小于 0.08m，见图 2-109。

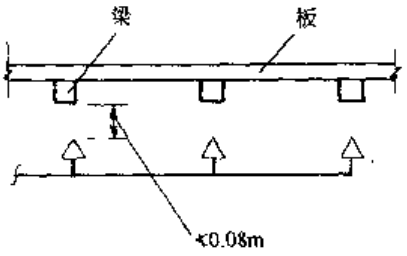


图 2-109　喷头的竖向布置

当喷头必须高于梁底布置时，喷头与梁边的水平距离与喷头顶盖高出梁底的距离有关，见表 2-71、图 2-110。

喷头与梁边的距离　　表 2-71

喷头与梁边的水平距离 L(m)	喷头顶盖高出梁底的距离 h(m)	喷头与梁边的水平距离 L(m)	喷头顶盖高出梁底的距离 h(m)
0~0.3	0	1.05~1.2	0.15
0.3~0.6	0.025	1.2~1.35	0.175
0.6~0.75	0.05	1.35~1.5	0.225
0.75~0.9	0.075	1.5~1.65	0.275
0.9~1.05	0.10	1.65~1.8	0.35

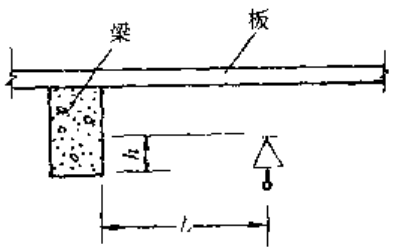


图 2-110　喷头高出梁底时的布置

当喷水管下面有较大平台、风管、设备等时，应在平台、风管、设备下增设喷头。例如当正方形风管宽度大于 0.8m，圆形风管直径大于 1m 时，应在风管下增设喷头。

(4) 水幕消防系统的设置：水幕消防给水系统是将水喷洒成水帘、水幕形状，用以冷却隔断火源，一般安装在舞台口、防火卷帘以及需要设水幕保护的门、窗、孔、洞。例如，在同一厂房内，具有不同生产类型，且面积超过规定，而工艺过程要求不允许设防火隔墙时，常采用水幕设备作为隔火设施；在库房内利用水幕设备，将库房分成若干区，防止火灾蔓延，在剧院舞台口上方设置水幕，阻止舞台火势向观众厅蔓延；在门、窗、孔、洞等处以轻便耐火材料门窗代替防火门窗，并安装水幕设施增强其耐火性能。

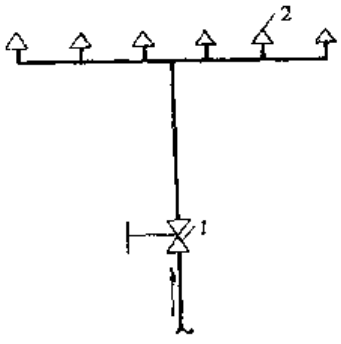


图 2-111　手动控制系统
1—手动控制阀门；
2—水幕喷头或开式喷头

水幕消防给水系统一般由水幕喷头、管网和控制阀组成。水幕消防控制阀采用手动闸阀；在无人看管和易燃易爆场所，应采用自动开启闸阀的设施，并同时设置手动操作装置。见图 2-111、112。

1) 水幕系统的用水量，应符合下列要求：

① 当水幕作为保护作用或配合防火幕和防火卷帘进行防火隔断时，其用水量不应小于 0.5L/(s·m)。

② 舞台口和孔洞面积超过 3m² 的开口部位以及防火水幕带的水幕用水量不宜小于 2L/(s·m)。

2) 水幕喷头应均匀布置，并应符合下列要求：

① 水幕作为保护使用时，喷头成单排布置，并喷向被保护对象。

② 舞台口和孔洞面积超过 $3m^2$ 的开口部位的水幕喷头，应在洞口内外侧成双排布置。

③ 每组水幕系统的安装喷头数不应超过 72 个。

④ 在同一配水支管上应设置相同口径的水幕喷头。

保护建筑物的水幕喷头有窗口水幕喷头和檐口喷头。

窗口水幕喷头用于保护立面或斜面(墙、窗、门、防火卷帘等)，常采用口径为 6、8、10、12.7、16mm。

窗口水幕喷头应设在窗口顶下 50mm 处。中间层和底层窗口的水幕喷头与窗口玻璃面的距离，见图 2-113。

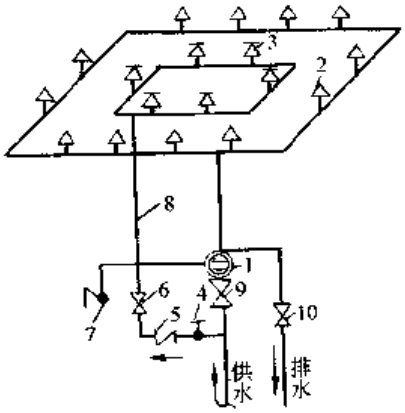


图 2-112 自动控制系统

1—雨淋阀；2—水幕喷头或开式喷头；3—闭式喷头；4—截止阀；5—止回阀；6—小孔闸阀；7—手动开关；8—传动管网；9—总控制阀；10—闸阀

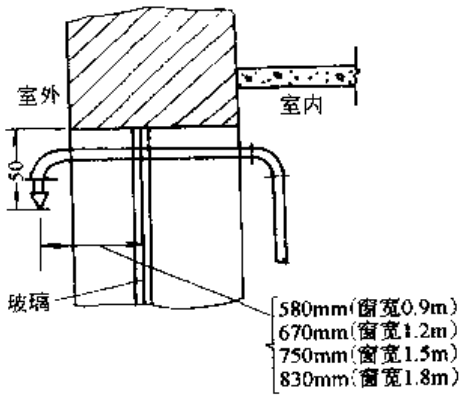


图 2-113 窗口水幕喷头距窗玻璃面的距离

各层窗口水幕喷头口径的选择，见表 2-72。

各层窗口水幕喷头口径的选择 表 2-72

层序 \ 类型 \ 层数	小口径喷头(mm)										大口径喷头(mm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
最高一层	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	12.7	12.7	16	12.7	16	12.7	16	12.7	16	12.7
次一层		8	8	10	10	10	10	10	10	10		—	—	—	—	—	—	—	—	—
次一层			6	8	8	8	10	10	10	10			—	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
次一层				8	8	8	8	8	8	10				—	—	—	—	—	—	—
次一层					6	6	8	8	8	8					—	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
次一层						6	6	8	8	8						—	—	—	—	—
次一层							6	6	6	8							—	12.7	12.7	12.7
次一层								6	6	6								—	—	—
次一层									6	6									—	12.7
次一层										6										—

注：1. 本表是按照窗宽 1m，水幕喷头压力为 5m，并在窗口的正中只设置一个水幕喷头而制订的。

2. 当窗口宽度大于 1m 或窗中间有竖框形成障碍时，可按照窗口每 1m 宽度的平均水幕流量不少于 0.5L/s，安装二个或多于两个水幕喷头。

3. 使用小口径窗口水幕喷头，每层窗口都应设置；而采用大口径时，可以隔层设置；对于层数为奇数的建筑其最下两层可不设喷头。

4. 水幕喷头口径一般是自最高一层向下逐渐减少。采用大口径水幕喷头布置时，其最小口径应不小于 12.7mm。采用小口径水幕喷头时，当只有一层水幕喷头时，其最小口径应不小于 10mm。

5. 当窗口上方有遮阳板或窗框深缩在墙内时，最好不采用大口径水幕喷头布置，否则应在不能淋湿部分增设小口径水幕喷头。

檐口水幕喷头用于保护上方平面(例如屋檐和吊顶等),常采用口径为 12.7、16、19mm。檐口水幕喷头应布置在顶层窗口或檐口板下约 200mm 处,其布置要求见图 2-114。

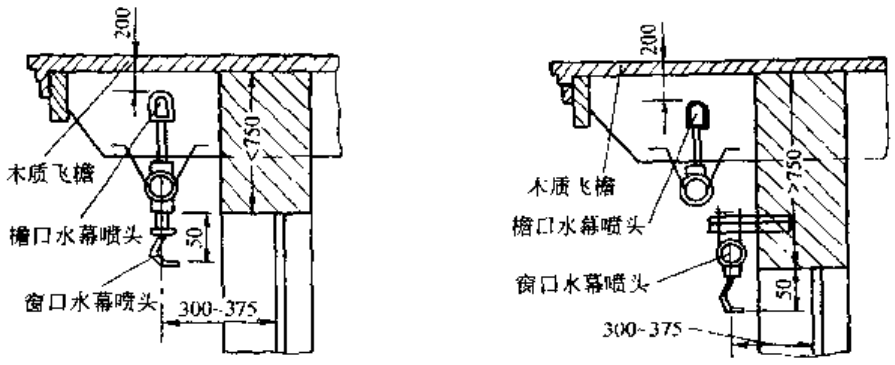


图 2-114　檐口水幕喷头的布置

檐口水幕喷头应根据檐口下挑檐梁的间距,选择不同的口径,所需水幕喷头的口径和数量,应符合表 2-73 的要求。

檐口下挑梁间水幕头的布置　　表 2-73

檐口下挑檐梁间距(m)	2.5	2.5~3.5	>3.5	
檐口水幕喷头口径(mm)	12.7	16	12.7	16
水幕喷头数(个)	1	1	每 2.5m 一个	每 3.5m 一个

注:檐口下挑梁间宜采用大口径水幕喷头。如果供水困难,采用小口径水幕喷头时,应保证檐口挑梁间每米宽度的水幕流量不小于 0.5L/s。

建筑物转角处的阀门和止回阀的布置,应符合图 2-115 的要求,即在建筑物的某一侧开启水幕喷头时相邻侧的邻近一排窗口水幕喷头也应同时开启。

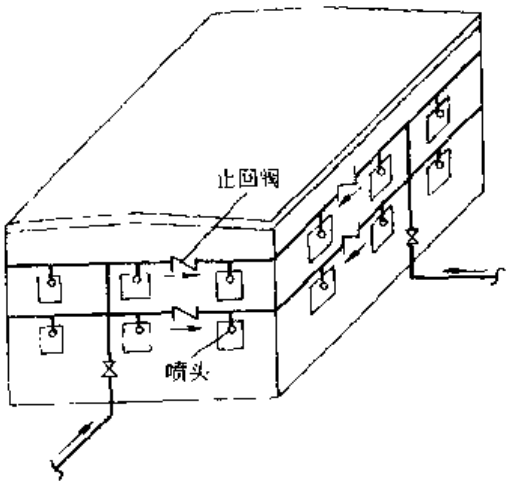


图 2-115　建筑物转角处阀门的布置

水幕管道最大水幕喷头负荷数,见表 2-74。

管道最大水幕喷头负荷数 表 2-74

水幕喷头口径(mm)	最大负荷数(个)									
	管道公称直径(mm)									
	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
6	1	3	5	6						
8	1	2	4	5						
10	1	2	3	4						
12.7	1	2	2	3	8(10)	14(20)	21(36)	36(72)		
16			1	2	4	7	12	22(26)	34(45)	50(72)
19				1	3	6	9	16(18)	24(32)	35(52)

注：1. 本表是按喷头压力为 0.05MPa，流速不大于 5m/s 的条件下计算的。

2. 括号中的数字系按管道流速不大于 10m/s 计算的。

(5) 两层淋水管的设置：如淋水管是充水式的，为保证两层淋水管的水平管段在平时都充满水，则第二层的给水干管上应装设止回阀或把给水管做成水封状，见图 2-116。

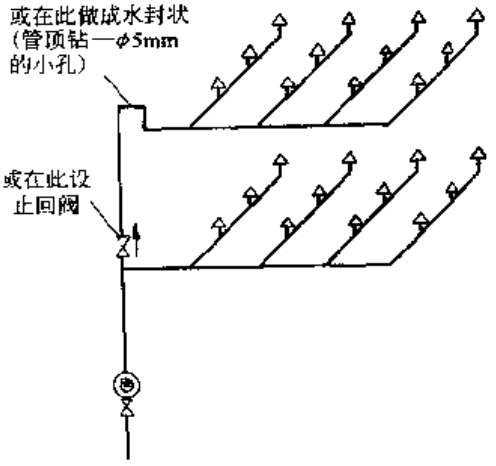


图 2-116 二层淋水管充水措施

(6) 溢水管、放气管的设置：为了便于判明淋水管中是否充满水及排出淋水管中的空气，一般在雨淋阀旁设有溢流管和放气管。向淋水管充水后并不将注水阀完全关闭，而使溢流管中不断有水滴滴出，一般保持每秒钟有 2～3 滴水滴出，即表明淋水管中是充满水的。只有充满水的淋水管，才能保证失火时及时喷水。不过，溢流管的标高应低于喷头喷口标高 50mm 左右。溢流管的排水应接至漏斗后排入下水道。在南方不冰冻地区，可以排入室外散水明沟。

(7) 放水装置：管网中充水的雨淋系统用于一年中室内温度都在 4℃以上的房间。如果冬季不采暖的房间，雨淋管有被冻结的可能性，则在冬季时应将淋水管中的水放空。如果消防要求不允许放空时，则房间内必须采暖。但可利用放水装置把淋水管网中的水放空进行检修。

(8) 节流装置的采用要求同闭式自动喷水灭火系统。

2.4.6 计 算

开式自动喷水灭火系统的水力计算，应按照一组中所有开式喷头或水幕喷头同时作用进行计算。

当建筑物内设有多组雨淋系统时，应按最大一组雨淋系统计算所需水压和水量，作为设计消防水箱、消防水泵等的依据。

充水传动管网一律采用 *DN*25 的管道，但利用闭式喷头作为传动控制时，充气传动管网可采用 *DN*15 的管道。

计算方法：

(1) 开式喷头出流量计算：各种不同直径的喷头在不同压力下具有不同的出水量，喷头流量计算，按式(2-28)计算：

$$Q = 10\mu F\sqrt{2gH} \quad (m^3/s) \tag{2-28}$$

式中　Q——喷头出流量(m^3/s)；

μ——喷头流量系数，采用0.7；

F——喷口截面积(m^2)；

g——重力加速度(9.81m/s^2)；

H——喷口处水压(MPa)。

将不同直径喷头的截面积代入式(2-28)，可得表2-75所列公式。

不同直径开式喷头的计算公式　　表2-75

喷头直径(mm)	计算公式(L/s)	喷头直径(mm)	计算公式(L/s)
12.7	$Q=3.92\sqrt{H}$	10	$Q=2.43\sqrt{H}$

注：当利用闭式喷头去掉闭锁装置后作为开式喷头使用时，其喷头出水量应按式(2-21)计算。

最不利点喷头的水压，一般不应小于0.05MPa，不同直径的喷头在不同水压下的出水量，见表2-76。

***DN*12.7、*DN*10喷头压力、流量**　　表2-76

*DN*12.7			
压力 H (10kPa)	流量 Q(L/s)	压力 H (10kPa)	流量 Q(L/s)
3.00～3.03	0.68	4.73～4.83	0.86
3.04～3.12	0.69	4.84～4.95	0.87
3.13～3.21	0.70	4.96～5.06	0.88
3.22～3.30	0.71	5.07～5.18	0.89
3.31～3.39	0.72	5.19～5.29	0.90
3.40～3.49	0.73	5.30～5.41	0.91
3.50～3.58	0.74	5.42～5.53	0.92
3.59～3.68	0.75	5.54～5.65	0.93
3.69～3.78	0.76	5.66～5.77	0.94
3.79～3.88	0.77	5.78～5.89	0.95
3.89～3.98	0.78	5.90～6.02	0.96
3.99～4.08	0.79	6.03～6.14	0.97
4.09～4.19	0.80	6.15～6.27	0.98
4.20～4.29	0.81	6.28～6.40	0.99
4.30～4.40	0.82	6.41～6.53	1.00
4.41～4.50	0.83	6.54～6.66	1.01
4.51～4.61	0.84	6.67～6.79	1.02
4.62～4.72	0.85	6.80～6.92	1.03

续表

DN12.7			
压 力 H (10kPa)	流 量 Q(L/s)	压 力 H (10kPa)	流 量 Q(L/s)
6.93~7.06	1.04	10.69~10.84	1.29
7.07~7.19	1.05	10.85~11.01	1.30
7.20~7.33	1.06	11.02~11.18	1.31
7.34~7.47	1.07	11.19~11.35	1.32
7.48~7.61	1.08	11.36~11.53	1.33
7.62~7.75	1.09	11.54~11.70	1.34
7.76~7.89	1.10	11.71~11.87	1.35
7.90~8.04	1.11	11.88~12.05	1.36
8.05~8.18	1.12	12.06~12.23	1.37
8.19~8.33	1.13	12.24~12.41	1.38
8.34~8.48	1.14	12.42~12.59	1.39
8.49~8.62	1.15	12.60~12.77	1.40
8.63~8.77	1.16	12.78~12.95	1.41
8.78~8.93	1.17	12.96~13.13	1.42
8.94~9.08	1.18	13.14~13.32	1.43
9.09~9.23	1.19	13.33~13.50	1.44
9.24~9.39	1.20	13.51~13.69	1.45
9.40~9.55	1.21	13.70~13.88	1.46
9.56~9.70	1.22	13.89~14.07	1.47
9.71~9.86	1.23	14.08~14.26	1.48
9.87~10.02	1.24	14.27~14.46	1.49
10.03~10.18	1.25	14.47~14.65	1.50
10.19~10.35	1.26	14.66~14.85	1.51
10.36~10.51	1.27	14.86~15.00	1.52
10.52~10.68	1.28		
DN10			
3.00~3.02	0.42	4.11~4.27	0.50
3.03~3.17	0.43	4.28~4.44	0.51
3.18~3.31	0.44	4.45~4.62	0.52
3.22~3.46	0.45	4.63~4.79	0.53
3.47~3.62	0.46	4.80~4.97	0.54
3.63~3.78	0.47	4.98~5.16	0.55
3.79~3.94	0.48	5.17~5.35	0.56
3.95~4.10	0.49	5.36~5.54	0.57

续表

DN10			
压　力　H　(10kPa)	流　量 Q(L/s)	压　力　H　(10kPa)	流　量 Q(L/s)
5.55～5.73	0.58	9.82～10.07	0.77
5.74～5.93	0.59	10.08～10.33	0.78
5.94～6.13	0.60	10.34～10.60	0.79
6.14～6.34	0.61	10.61～10.87	0.80
6.35～6.55	0.62	10.88～11.14	0.81
6.56～6.76	0.63	11.15～11.41	0.82
6.77～6.97	0.64	11.42～11.69	0.83
6.98～7.19	0.65	11.70～11.97	0.84
7.20～7.41	0.66	11.98～12.26	0.85
7.42～7.64	0.67	12.27～12.55	0.86
7.65～7.86	0.68	12.56～12.84	0.87
7.87～8.10	0.69	12.85～13.14	0.88
8.11～8.33	0.70	13.15～13.34	0.89
8.34～8.57	0.71	13.44～13.74	0.90
8.58～8.81	0.72	13.75～14.04	0.91
8.82～9.06	0.73	14.05～14.35	0.92
9.07～9.31	0.74	14.36～14.66	0.93
9.32～9.56	0.75	14.67～14.98	0.94
9.57～9.81	0.76	14.99～15.00	0.95

(2) 水幕喷头出流量按(式 2-29)计算：

$$q = \sqrt{BH} \quad (\text{L/s}) \tag{2-29}$$

式中　q——喷头出流量(L/s)；

H——喷口处压力(10kPa)；

B——喷头特性系数，见表 2-77，并按式(2-30)计算：

水幕喷头的特性系数　　表 2-77

d(mm)	μ	$B[\text{L}^2/(\text{s}^2\cdot\text{m})]$	$\sqrt{B}[\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m}^{1/2})]$
6	0.95	0.0142	0.119
8	0.95	0.044	0.210
10	0.95	0.1082	0.329
12.7	0.95	0.286	0.535
16	0.95	0.717	0.847
19	0.95	1.418	1.190

$$\sqrt{B}=\mu\frac{1}{4}d^2\sqrt{2g}\times\frac{1}{1000}\quad[\mathrm{L/(s\cdot m^{1/2})}] \tag{2-30}$$

式中 μ——流量系数；

d——喷头出口直径(mm)；

g——9.8m/s^2。

最不利点水幕喷头的压力一般应不小于0.05MPa，水幕喷头的出流量见表2-78。

水幕喷头的出流量(L/s) 表2-78

喷头出口直径 d(mm)			6	8	10	12.7	16	19
喷头出口断面(cm^2)			0.25	0.45	0.70	1.30	2.00	2.70
出流量(L/s)	喷头处水压(10kPa)	3	0.21	0.36	0.57	0.93	1.47	2.06
		4	0.24	0.42	0.66	1.08	1.70	2.37
		5	0.27	0.47	0.74	1.20	1.90	2.66
		6	0.29	0.51	0.81	1.32	2.08	2.91
		7	0.32	0.56	0.87	1.42	2.25	3.15
		8	0.34	0.59	0.93	1.52	2.40	3.36
		9	0.36	0.63	0.99	1.61	2.55	3.56
		10	0.38	0.66	1.04	1.70	2.69	3.75

(3) 淋水管网直径估算：按喷头数量可初步确定淋水管网直径，见表2-79。

根据开式喷头的数量估算淋水管直径 表2-79

喷头直径(mm) \ 管道直径 DN(mm)	25	32	40	50	70	80	100	150
12.7	2	3	5	10	20	26	40	>40
10	3	4	9	18	30	46	80	>80

(4) 淋水管网的水力计算：

1) 管道单位长度的水头损失 i，按式(2-3)计算：

$$i=0.0000107\times\frac{v^2}{d_j^{1.3}}\quad(\mathrm{MPa/m}) \tag{2-31}$$

式中 i——管道单位长度的水头损失(MPa/m)；

v——管道内的平均水流速度(m/s)，$v\geqslant1.2$m/s；

d_j——管道计算内径(m)。

2) 管道比阻值(A)：管道比阻值(A)见表2-80。

管道比阻值 表2-80

焊接钢管			铸铁管		
公称管径(mm)	$A(Q\mathrm{m^3/s})$	$A(Q\mathrm{L/s})$	公称管径(mm)	$A(Q\mathrm{m^3/s})$	$A(Q\mathrm{L/s})$
15	8809000	8.809	75	1709	0.001709
20	1643000	1.643	100	365.3	0.0003653
25	436700	0.4367	150	41.85	0.00004185
32	93860	0.09386	200	9.029	0.000009029

续表

焊接钢管			铸铁管		
公称管径(mm)	$A(Qm^3/s)$	$A(QL/s)$	公称管径(mm)	$A(Qm^3/s)$	$A(QL/s)$
40	44530	0.04453	250	2.752	0.000002752
50	11080	0.01108	300	1.025	0.000001025
70	2898	0.002893			
80	1168	0.001168			
100	267.4	0.0002674			
125	86.23	0.00008623			
150	33.95	0.00003395			

3) 计算管段的沿程水头损失：

① 沿程水头损失，按式(2-32)计算：

$$h = iL \quad (\text{MPa}) \tag{2-32}$$

式中 h——沿程水头损失(MPa)；

i——管道单位长度的水头损失(MPa/m)；

L——计算管段长度(m)。

② 沿程水头损失按式(2-33)计算：

$$h = ALQ^2 \quad (\text{MPa}) \tag{2-33}$$

式中 A——管道比阻值(s^2/L^2)，见表 2-80；

L——计算管段长度(m)；

Q——计算管段流量(L/s)。

4) 管道的局部水头损失(h_1)，按沿程水头损失的 20%采用，$h_1 = 0.2h$。

(5) 雨淋阀的水头损失计算：

1) 带手柄旋塞的局部水头损失，按式(2-34)计算：

$$h_0 = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (\text{MPa}) \tag{2-34}$$

式中 h_0——旋塞的局部水头损失(MPa)；

ξ——阻力系数，采用 1.7；

v——通过旋塞的流速(m/s)；

g——重力加速度(m/s^2)。

2) 雨淋阀的局部水头损失计算，见表 2-81。

雨淋阀的局部水头损失计算　　**表 2-81**

阀门直径(mm)	双圆盘阀	隔膜阀
*DN*65	$h = 0.48Q^2$	$h = 0.371Q^2$
*DN*100	$h = 0.0634Q^2$	$h = 0.0664Q^2$
*DN*150	$h = 0.014Q^2$	$h = 0.0122Q^2$

注：表中单位 Q 以 L/s 计，h 以 kPa 计。

在具有两层雨淋管时，止回阀的局部水头损失也应计算，其 ξ 值应根据所选用的止回阀形式和直径确定。

(6) 水力计算的步骤(见图 2-117)：

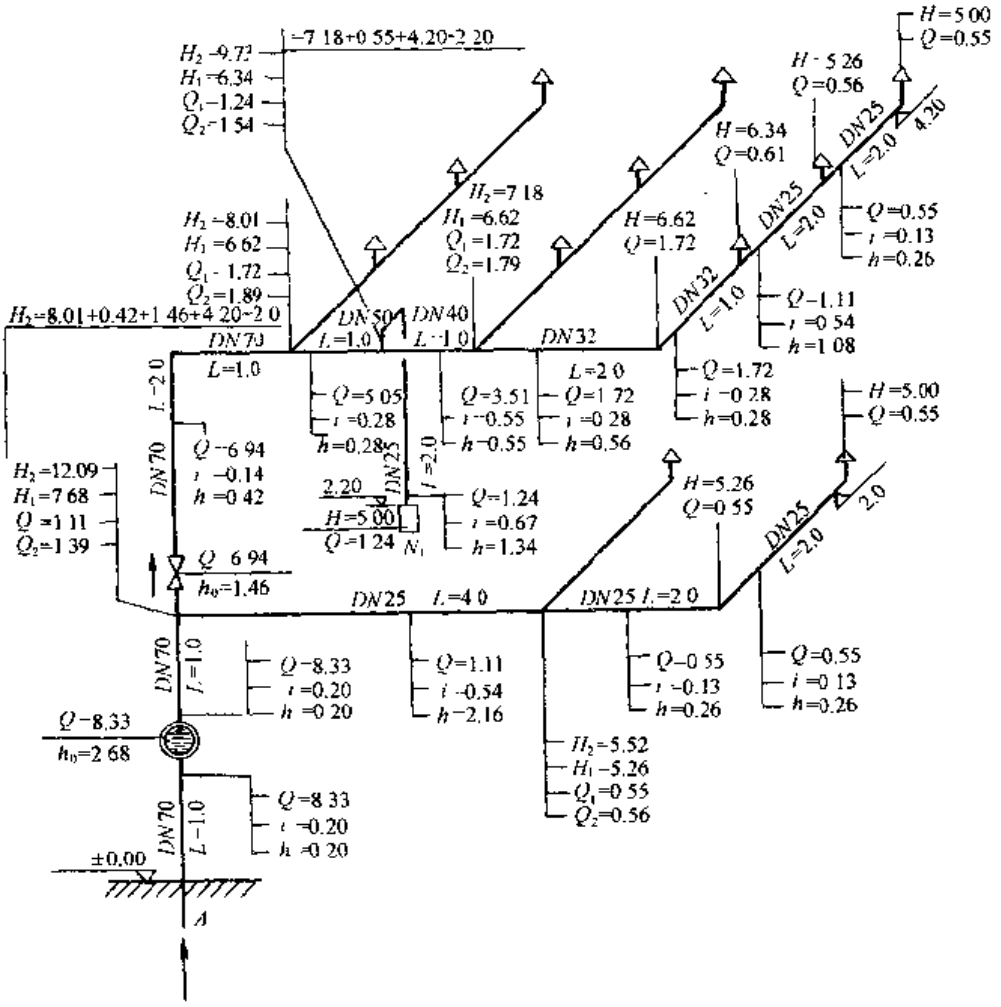


图 2-117 淋水管网计算图

注：图中 h 单位以 m 计，Q 以 L/s 计。

1) 首先假定最不利点喷头处要求的压力为 0.05MPa，求该喷头的出流量；再以此流量，求喷头①—②之间管段的水头损失。

2) 以第一喷头处所需压力加喷头①—②之间管段的水头损失，作为第二喷头处的压力，以求第二个喷头的流量。此两个喷头流量之和作为喷头②—③之间管段的流量，以求该管段中的水头损失。以后依此类推，计算所有喷头及管道的流量和压力。

3) 当自不同方向计算至同一点出现有不同压力时，则低压力方向管段的总流量，应按式(2-35)修正：

$$\frac{H_1}{H_2}=\frac{Q_1^2}{Q_2^2},\quad Q_2=Q_1\sqrt{\frac{H_2}{H_1}} \tag{2-35}$$

式中 H_1——低压方向管段的计算压力(MPa)；

Q_1——低压方向管段的计算流量(L/s)；

H_2——高压方向管段的计算压力(MPa)；

Q_2——所求低压方向管段的修正流量(L/s)。

(7) 开式自动喷水灭火系统雨淋阀处所需水压按式(2-36)计算：

$$H = 1.2\Sigma h + h_0 + h_1 + 0.01h_2 \tag{2-36}$$

式中 H——雨淋阀处所需水压(MPa)；

1.2——管道局部阻力系数；

Σh——至最不利点的管道沿程水头损失(MPa)；

h_0——雨淋阀的局部水头损失(MPa)；

h_1——最不利点喷头最低工作压力(MPa)；

h_2——最不利点喷头的位置高度(m)。

(8) 计算举例，见图 2-117。

管网流量：$Q = 8.33$L/s

入口压力：$H = 1.2\Sigma h + h_0 + h_1 + h_2$

$= [1.2(8.01 - 5.00 + 0.42 + 0.20 + 0.20) + 1.46 + 2.68 + 5.00 + 4.20] \times 10$

$= 179.4$kPa

2.5 水喷雾灭火系统

2.5.1 应用范围及组成

(1) 水喷雾灭火作用：利用高压水经过各种形式的雾化喷头，可喷射出雾状水流，雾状水粒的平均粒径一般在 100～700μm 之间。水雾喷在燃烧物上，一方面进行冷却，另一方面使燃烧物和空气隔绝，产生窒息面起灭火作用。

(2) 应用范围：

1) 水喷雾灭火系统可用于扑救固体火灾，闪点高于 60℃ 的液体火灾和电气火灾；并可用于可燃气体；甲、乙、丙类液体的生产、输送、贮存、装卸设施等的防护冷却。

2) 高层建筑内的下列房间应设置水喷雾灭火系统：

① 燃油、燃气的锅炉房。

② 可燃油油浸电力变压器室。

③ 充可燃油的高压电容器和多油开关室。

④ 自备发电机房。

3) 水喷雾系统防护目的与雾滴粒径举例见表 2-82。

水喷雾系统防护目的与雾滴粒径举例　　表 2-82

防护对象		灭火		抑制灭火		防止蔓延		预防着火	
		粗	微	粗	微	粗	微	粗	微
航空工业	发动机试验室		0		0				
	喷气喷射试验室		0		0				

续表

防护对象		灭火		抑制灭火		防止蔓延		预防着火	
		粗	微	粗	微	粗	微	粗	微
化学工业	蒸馏塔(含烁光柱)			0	0	0		0	
	蒸凝热交换器蒸馏斧			0	0	0		0	
	蒸压器			0	0	0		0	
	油加热装置	0		0	0			0	
	贮罐			0	0			0	
	各种装置及支柱台架			0	0			0	
	各种阀			0	0			0	
	泵类			0	0			0	
	集合管			0	0			0	
	离架油罐冷却塔			0	0			0	
	压力过滤机	0		0	0	0		0	
	离心式分离器		0	0	0	0		0	
	硝化纤维素制品								
电气机械	变压器	0	0	0	0	0	0	0	0
	油浸断路器	0	0			0	0	0	0
	电动机	0	0			0			
	发电机	0	0			0			
	液压系统	0	0	0	0	0		0	0
制粉工业	滚筒	0	0			0	0	0	0
	机械设备	0	0			0	0	0	0
	压力机	0	0			0	0	0	0
	干燥机	0	0			0	0	0	0
	挤压机	0	0			0	0	0	0
	一般机器	0	0			0	0	0	0
	分离塔	0	0			0	0	0	0
精炼工厂	装车场			0	0	0		0	
	配管系统			0	0	0		0	
	泵房			0	0	0		0	
	槽			0	0	0		0	
	分离罐			0	0	0		0	
	贮罐			0	0	0		0	
船舶	机械室一般舱室	0	0	0	0	0		0	0
	火药库	0	0					0	0
	起重塔	0	0					0	0

续表

防护对象		灭火		抑制火火		防止蔓延		预防着火	
		粗	微	粗	微	粗	微	粗	微
其它工业	硫磺仓库	0	0	0	0	0		0	
	干燥炉	0	0						
	肥皂干燥炉	0							
	铝轧机	0	0						
	空调过滤材料	0	0						
	大豆挤榨机	0	0						
	延展机、拔模机			0	0	0		0	
	搅拌混合装置	0	0						
	粉尘收集器	0	0						
	淬火油槽	0	0						
	地下仓库	0	0						
	大豆、亚麻籽油调合装置	0	0						

4) 水喷雾消防设备在下列情况下不能使用：

① 不适宜用水扑救的物质，可划分为两类，第一类为过氧化物，如过氧化钾、过氧化钠、过氧化钡、过氧化镁，这些物质遇水后会发生剧烈分解反应，放出反应热并生成氧气。当与某些有机物、易燃物、可燃物、轻金属及其盐类化合物接触能引起剧烈的分解反应，由于反应速度过快可能引起爆炸或燃烧。

第二类为遇水燃烧物质，这类物质遇水能使水分解，夺取水中的氧与之化合，并放出热量和产生可燃气体造成燃烧或爆炸的恶果。这类物质主要有：金属钾、金属钠、金属钙、碳化钙(电石)、碳化铝、碳化钠、碳化钾等。

② 使用水雾会造成爆炸或破坏的场所，这里主要指以下几种情况：

ⅰ. 高温密闭的容器内或空间内，当水雾喷入时，由于水雾的急剧汽化使容器或空间内的压力急剧升高，造成破坏或爆炸的危险。

ⅱ. 对于表面温度经常处于高温状态的可燃液体，当水雾喷射至其表面时会造成可燃液体的飞溅，致使火灾蔓延。

(3) 系统组成：水喷雾灭火系统根据需要，可设计成固定式的和移动式的两种装置。移动式喷头可作为固定式装置的辅助喷头。

固定式水喷雾灭火系统的启动方式，根据需要可设计成自动控制系统或手动控制系统。但自动控制系统必须同时设置手动操作装置。手动操作装置应设在火灾时容易接近便于操作的地方。

固定式水喷雾灭火自动控制系统，一般由有火灾探测自动控制系统的高压水给水设备、雨淋阀、雾状水喷头等组成。

温感闭式喷头自动控制灭火系统图式，参见图 2-118、表 2-83。

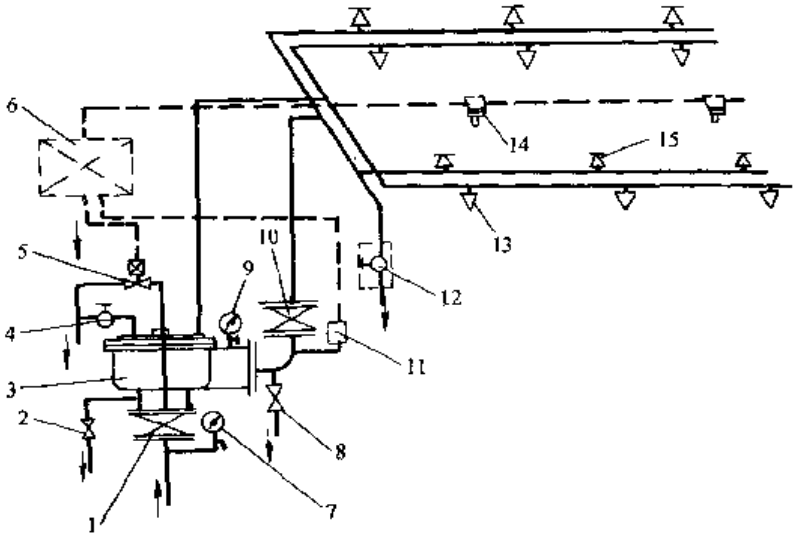


图 2-118 温感闭式喷头自动控制灭火系统图式

温感闭式喷雾自动控制灭火系统主要部件与功能 表 2-83

编号	名 称	用 途	工作状态	
			平 时	灭火时
1	蝶阀(或截止阀)	进水总阀	常开	开
2	截止阀(13mm)	系统准备,充水时排气	常闭	闭
3	雨淋阀	消防供水,自动控制	常闭	开
4	球阀(10mm)	手动控制雨淋阀开启	常闭	开(手动时)
5	电磁阀(10mm)	自动控制雨淋阀开启	常闭	开
6	报警灭火控制盘	接收火警信号,发出指令	工作	工作
7	压力表	测供水管水压	有压力指示	有压力指示
8	截止阀(40mm)	检查雨淋阀功能时放水用	常闭	闭
9	压力表	测阀的出口压力	无压力指示	有压力指示
10	蝶阀(或截止阀)	系统准备,调试时使用	常开	开
11	压力开关	输送水流压力信号,启动水泵和报警	常开	闭
12	球阀(10mm)	现场手动控制雨淋阀开启	常闭	开(手动时)
13	水雾喷头	喷水雾灭火或冷却	不出水	出水
14	火灾探测器	探测火灾,发出火警信号	探测	维持
15	温感闭式喷头	探测火灾,破裂时开启雨淋阀	闭	开

1) 水雾喷头:水雾喷头是水喷雾灭火系统中一个重要组成元件。它在一定的水压下工作,将流经的水分散成为细小的水滴喷成雾状,按照一定的雾化角均匀喷射并覆盖在相应射程范围内的保护对象外表面上,达到灭火、抑制火势和冷却保护的目的。

喷头的类型较多,各个厂家分类也不一样。根据使用不同场所有不同的喷头。下面列举北京首安工业消防工程有限公司生产的几种喷头性能及水力参数作为参考。

① ZSTWB/SL-S221 系列电缆隧道专用水雾喷头:适用于电缆隧道的环境条件。其外形结构及主要技术参数,见图 2-119、表 2-84。

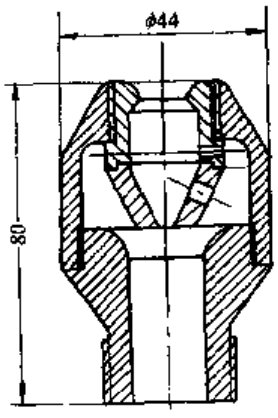


图 2-119 外形结构

ZSTWB/SL-S221 系列电缆隧道专用水雾喷头主要技术参数　　**表 2-84**

流量(L/min)		40	50	63	80
流量系数		21.3	26.7	33.7	42.8
连接螺纹		ZG3/4"	ZG3/4"	ZG3/4"	ZG3/4"
雾化角(°)		90		120	
正常工作压力范围(MPa)		0.2～0.8			
材料	一般环境	黄　铜			
	腐蚀环境	黄铜镀镍			
	高温高湿环境	不 锈 钢			

② ZSTWB/SL-S222 系列高闪点油类专用水雾喷头：其外形结构及主要技术参数，见图 2-120、表 2-85。

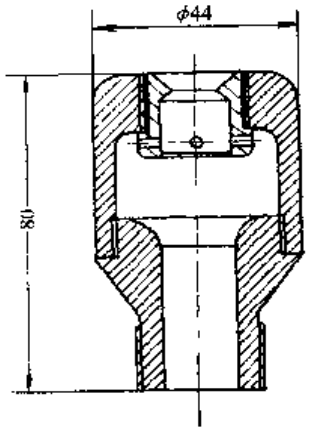


图 2-120　外形结构

ZSTWB/SL-S222 系列高闪点油类专用水雾喷头主要技术参数　　**表 2-85**

流量(L/min)		40	50	63	80
流量系数		21.3	26.7	33.7	42.8
连接螺纹		ZG3/4"	ZG3/4"	ZG3/4"	ZG3/4"
雾化角(°)		90		120	
正常工作压力范围(MPa)		0.2～0.8			
材料	一般环境	黄　铜			
	腐蚀环境	黄铜镀镍			
	高温高湿环境	不 锈 钢			

③ ZSTWB/SL-S223 系列油浸变压器专用水雾喷头：其外形结构和主要技术参数，见图 2-121、表 2-86。

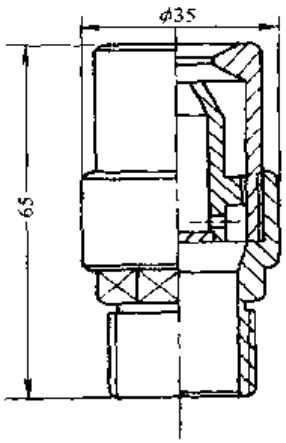


图 2-121 外形结构

ZSTWB/SL-S223 系列油浸变压器专用水雾喷头主要技术参数 **表 2-86**

流量(L/min)		50	63	80
流量系数		26.7	33.7	42.8
连接螺纹		ZG3/4″	ZG3/4″	ZG3/4″
雾化角(°)		90	120	
正常工作压力范围(MPa)		0.2～0.8		
材料	一般环境	黄 铜		
	腐蚀环境	黄铜镀镍		
	高温高湿环境	不锈钢		

④ ZSTWB/SL-225 系列动态传输皮带专用喷头：其外形结构及主要技术参数，见图 2-122、表 2-87。

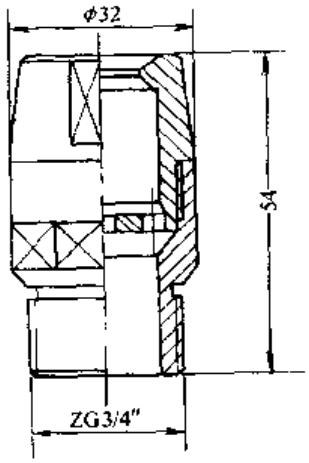


图 2-122 外形结构

ZSTWB/SL-S225 系列动态传输皮带专用喷头主要技术参数　　表 2-87

流量(L/min)		30	40	50	63
流量系数		16.0	21.4	26.7	33.8
连接螺纹		ZG3/4″	ZG3/4″	ZG3/4″	ZG3/4″
雾化角(°)		60	90		120
正常工作压力范围(MPa)		0.2~0.8			
材料	一般环境	黄　铜			
	腐蚀环境	黄铜镀镍			
	高温高湿环境	不锈钢			

⑤ ZSTWB/SL-S232 系列防护冷却专用水雾喷头：其外形结构及主要参数，见图 2-123、表 2-88。

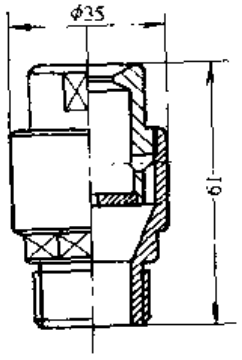


图 2-123　外形结构

ZSTWB/SL-S232 系列防护冷却专用水雾喷头主要技术参数　　表 2-88

流量(L/min)		10	22	30	80
流量系数		7.1	15.6	21.2	56.6
连接螺纹		ZG1/2″	ZG1/2″	ZG3/4″	ZG3/4″
雾化角(°)		90	120		150
正常工作压力范围(MPa)		0.1~0.5			
材料	一般环境	黄　铜			
	腐蚀环境	黄铜镀镍			
	高温高湿环境	不锈钢			

2）雨淋阀：在水喷雾灭火系统中普遍采用雨淋阀控制水雾喷射。雨淋阀的有关参数，详见第 2.4 节。

3）火灾探测及传动控制：目前国内水喷雾灭火系统常用的火灾探测器及传动控制方式如下：

① 缆式线型定温火灾探测器：对于外形不规整的变压器、多层并列排布的电缆，宜采用该种探测器。一般将缆式探测器缠绕在被保护对象的外表面上，尽量使其紧密连接。对变压器，应缠绕在发热最严重的部位；对电缆，则采用正弦波方式均匀缠绕，使其与被保护电缆

多点接触。火灾报警控制器置于消防值班室内，实行 24h 监控。为防止误报常采用自动报警，人工灭火控制，即当探测器报警时，由消防值班人员确认火情后，遥控让雨淋阀上的电磁阀动作，使水雾喷头喷雾灭火。

② 光感火灾探测器：白酒燃烧时产生烟雾少，形成兰色氧化焰极强。使用烟感火灾探测效果极差。试验表明，温感自动火灾探测器在点火 10s 以后才开始反应，不能满足扑救白酒初期火灾的需要。光感自动报警设备反应灵敏，点火 0.1～数秒钟即响应，见表 2-89。故宜采用光感火灾探测器。为增加报警可靠性，防止误动作，将红外火焰探测器和紫外火焰探测器联用。单独使用一种火焰探测器只能报警，两种探测器同时动作，水喷雾灭火系统才能响应，效果甚佳。

光感型探测器探测距离及响应时间　　表 2-89

名　称	红外光电开关 JGD—NT1	紫外火灾探测器 JB—QB—20	备　注
探测距离(m)	20	10	
响应时间(s)	0.1～0.5	2.5～18	

③ 可燃气体浓度探测器：乙炔，液化石油气瓶库内，一旦发生泄漏，高速喷出的气流，可产生静电火花，有可能点燃可燃气体造成火灾爆炸事故。采用 QJ—D 可燃气体浓度探测器，当可燃气体浓度达 0.8%时，开启防爆轴流风机排风换气，降低可燃气体浓度；当可燃气体浓度上升至 1.2%时，自动开启水喷雾系统，以降低室内温度，稀释可燃气体的浓度，可达到防爆、防火的效果。

④ 带闭式喷头的传动控制系统：用带易熔元件的闭式喷头或带玻璃球的闭式喷头作为喷雾灭火系统探测火灾的感温元件，是一种较好的装置。

闭式喷头传动控制系统中传动管可充水、亦可充气。后者用于有防冻要求的地区。闭式喷头宜采用响应时间指数(RTI)低，玻璃球直径小的快速反应喷头，以满足扑救初期火灾的需要。传动管的长度不宜大于 300m，公称直径宜为 15～25mm。传动管上闭式喷头之间的距离不宜大于 2.5m。

⑤ 手动控制系统：采用雨淋阀控制的水喷雾灭火系统中，还应带有手动旋塞，人工(应急)操作喷雾灭火。手动旋塞应设在主要出入口处，明显而易于操作的场所，火灾时容易接近，便于操作的地方。

上述控制系统、根据需要可单独设置；亦可联合设置。自动控制系统必须同时设置手动(应急)操作装置。当响应时间大于 60s 时，可采用手动遥控和应急操作两种控制方式。

2.5.2 设计基本参数

(1) 保护面积的确定：

1) 水喷雾灭火系统保护对象的保护面积，应按其外表面面积确定，并应符合下列规定：

① 当保护对象外形不规则时，应按包容保护对象的最小规则形体的外表面面积确定。

② 变压器的保护面积，除应按扣除底面面积外的变压器外表面面积确定外，尚应包括油枕、冷却器的外表面面积和集油坑的投影面积。

③ 分层敷设的电缆保护面积，应按整体包容的最小规则形体的外表面面积确定。

④ 可燃气体和甲、乙、丙类液体的灌装间、装卸台、泵房、压缩机房等的保护面积，应按使用面积确定。

⑤ 输送机皮带的保护面积，应按上行皮带的上表面面积确定。

⑥ 开口容器的保护面积，应按液面面积确定。

2）喷雾强度和持续喷雾时间：

① 水喷雾消防系统的喷雾强度和持续喷雾时间，应根据防护目的和保护对象确定，并不小于表 2-90 的规定。

设计喷雾强度与持续喷雾时间　　**表 2-90**

防护目的	保护对象		设计喷雾强度 [L/(min·m²)]	持续喷雾时间 (h)
灭火	固体火灾		15	1
	液体火灾	闪点 60～120℃ 的液体	20	0.5
		闪点高于 120℃ 的液体	13	
	电气火灾	油浸式电力变压器、油开关	20	0.4
		油浸式电力变压器的集油坑	6	
		电缆	13	
防护冷却	甲乙丙类液体生产、储存、装卸设施		6	4
	甲乙丙类液体储罐	直径 20m 以下	6	4
		直径 20m 及以上		6
	可燃气体生产、输送、装卸、储存设施和灌瓶间、瓶库		9	6

② 移动式水喷雾灭火系统每个喷头的喷水量不小于 350L/min，喷头数不少于两个。

③ 各类易燃液体的灭火要求：

ⅰ．非水溶性高燃点液体的灭火：对闪点高于 45℃ 的易燃液体，喷雾水必须克服火焰的向上气流，取得足够的推力以到达燃烧液体。为此，喷雾水必须在液体表面附近形成，或者大部分喷雾有足够的力量向下喷射，以避免偏移和在火焰中蒸发。要做到这点的重要因素是水滴的大小和喷雾的推力。同时还要考虑到火焰的向上卷流和风（在室外条件下）以及喷雾水在火焰中的蒸发。喷雾的推力是喷嘴反作用力和喷雾宽度的函数。很明显在距喷嘴一定距离处，喷雾推力大约等于卷吸气流的推力。为使喷雾有效的穿过火焰，中等水滴必须大于 0.4mm。喷雾穿过速度分布得越均匀，穿透能力就越强。喷雾水滴大于 0.8mm 时，会引起大水滴将燃料溅出表面所引起的“溅火”问题，造成了即使在平均液体温度低于闪点后还会继续燃烧的后果。

燃油燃烧 15～30min 时，就会形成“热区”。当喷雾水射到表面已形成“热区”的易燃液体深处时，会产生水在液体表层下沸腾，并使易燃液体“飞溅”的重大危险。因此，必须强调迅速检测并在形成“热区”之前将火扑灭。

高闪点油类灭火时，根据燃料和具体情况，水雾的供给强度为 9.6～72L/(min·m²)。喷雾水滴的直径为 0.4～0.8mm。

ⅱ．非水溶性低闪点液体的灭火：对闪点低于45℃液体的灭火，使喷雾水滴穿过火焰区，用向水滴传热的方法而直接冷却火焰区。对石油和苯，喷雾水滴必须穿透到火焰的底部。

扑灭这类液体的喷雾水滴应不大于0.3mm。

ⅲ．水溶性液体火灾的扑灭：这类液体是用喷雾水滴与易燃液体表面直接混合降温冷却的方法灭火。扑灭这类液体的喷雾水滴直径应不大于0.4mm。

ⅳ．用水喷雾系统防护来自邻近火灾热辐射点燃的火灾危险时，对保护暴露的油冷却设备和贮槽、石油或液化石油气贮存库、原油、精制酒精等的大型贮槽的防护，推荐对暴露表面采用9.6L/(min·m²)的供给强度。

(2) 水雾喷头工作压力和灭火系统的响应时间：

1) 水雾喷头的工作压力，当用于灭火时不应小于0.35MPa；用于防护冷却时不应小于0.2MPa。

2) 水喷雾灭火系统的响应时间，当用于灭火时不应大于45s；当用于液化气生产、贮存装置或装卸设施防护冷却时不应大于60s；用于其它设施防护冷却时不应大于300s。

(3) 水喷雾系统防火分区：目前尚无有关规范，以下是在一些设计中所采用的数据，仅供参考：

1) 一般按流量分区：一个区最大流量按70～80L/s；有的国家采用小于160L/s。

2) 对于电缆隧道，分区长度不大于50m；有的国家采用25m。

2.5.3 喷头、管网及阀门的布置

(1) 喷头布置：

1) 合理地布置水雾喷头，可以使喷雾均匀地完全覆盖保护对象，确保喷雾强度。因此，水雾喷头的布置是保证系统有效工作的一项重要措施，也是系统设计的一个重要环节。

水雾喷头的布置数量按保护对象的保护面积，喷雾强度和选用喷头的流量特性经计算确定；水雾喷头的位置根据喷头的雾化角、有效射程按满足喷雾直接喷射并完全覆盖保护对象表面布置。当计算确定的布置数量不能满足上述要求时，应适当增设喷头数量。

2) 喷嘴及其管道与高压电气设备带电(裸露)部分的安全距离应满足表2-91的要求，并应符合SDJ—85《高压配电设计技术规程》的有关规定。

喷嘴及管道与高压电气设备的安全距离　　表2-91

电　压 (V)	安全距离 (cm)	电　压 (V)	安全距离 (cm)
～7500	15	73000～88000	132
7500～15000	30	88000～110000	163
15000～25000	43	110000～132000	196
25000～37000	61	132000～154000	220
37000～50000	61	154000～187000	270
50000～73000	112	187000～220000	315

3) 水喷雾系统的喷头，配管及管夹均应接地，接地电阻应在16Ω以下。

4) 户外电气设备的灭火水雾喷头布置，要考虑气象条件的影响，如风力、风向等。在寒冷地区要解决灭火设备及管路的防冻问题。在风沙较大的地区水雾喷头上应加保护罩。在喷射时，保护罩在水压作用下可自行脱落。

5) 水雾喷头与保护对象之间的距离，不得大于水雾喷头的有效射程。

6) 水雾喷头的平面布置方式可为矩形或菱形。当按矩形布置时，水雾喷头之间的距离不应大于1.4倍水雾喷头的水雾锥底圆半径；当按菱形布置时，水雾喷头之间的距离不应大于1.7倍水雾喷头的水雾锥底圆半径。水雾喷头的平面布置方式见图2-124。水雾锥底圆半径，应按式(2-36)计算：

$$R = B\mathrm{tg}\frac{\theta}{2} \quad (\mathrm{m}) \tag{2-36}$$

式中　R——水雾锥底圆半径(m)；

B——水雾喷头的喷口与保护对象之间的距离(m)；

θ——水雾喷头的雾化角(°)，θ 取值范围为30°、45°、60°、90°、120°。

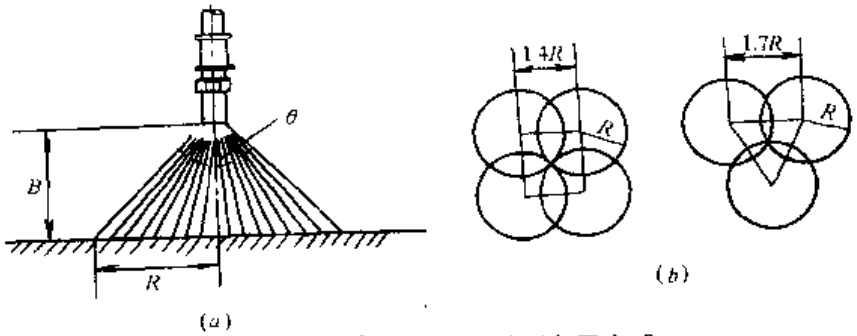


图2-124　水雾喷头的平面布置方式

(a)水雾喷头的喷雾半径；(b)水雾喷头间距及布置形式

R—水雾锥底圆半径(m)；B—喷头与保护对象的间距(mm)；

θ—喷头雾化角

7) 当保护对象为油浸式电力变压器时，水雾喷头布置应符合下列规定：

① 水雾喷头应布置在变压器的周围，不宜布置在变压器顶部。

② 保护变压器顶部的水雾，不应直接喷向高压套管。

③ 水雾喷头之间的水平距离与垂直距离，应满足水雾锥相交的要求。

④ 油枕、冷却器、集油坑应设水雾喷头保护。

设计一套变压器的水喷雾灭火系统是比较困难的。最主要原因是它的不规则形状和要照顾到保持对高压电器的距离。变压器的表面对喷出来的水雾干扰极大，比保护油罐设计要复杂。为此必须适当多用一些水雾喷头。所以，实际喷水量要比计算喷水量高。在系统设计前，最好取得变压器的顶部、侧面和底部的详图，将变压器的形状归纳为简单的几何图形，决定不同形状的变压器面积。如果变压器的形状凹凸不平，而且有很多突出物，也可以将图形略为放大。简化的变压器图形，除了底部外，所有露出来的面积都要计算，然后将管道包围着这个几何图形。

变压器通常被一圈一圈的管道包围，所有喷头必须安装在适当位置，以符合设计要求。布置的准则是要达到足够的喷雾强度和完全覆盖保护面积，但又不会过量，通常最顶一层的管道是安装于变压器最顶部附近。

设计中最重要而必须考虑的是喷头及管道与电器设备之间的安全距离，所有喷嘴及管道与非绝缘的电力部件或带电部分的距离必须符合要求。最好避免管道横越变压器的顶部，所以大部分顶部喷头的设计都是从旁边安装的，但是横越散热器之间的管道是允许的。水雾最好避免直接喷在带电高压套管上。

水雾喷在平滑而垂直的表面上是最理想的，但变压器有很多配件或形状突出部位，可能会影响喷雾不能完全覆盖。这时便须加装喷头，以补充对突出部位布水的不足。

最初的设计面积和喷水量，往往比布置水雾喷头后的喷水量少。如果水量过多或过少，可调整喷头的口径或压力，以便得出一个最理想的设计水量。因为变压器的不规则形状，可能使喷头的数目比预期的多，同时为了要照顾到喷头与管道对带电设备的安全距离，可能喷头的数量是不能减少的，这时，实际需要的流量会比最初设计的多。变压器水雾喷头布置，见图 2-125。

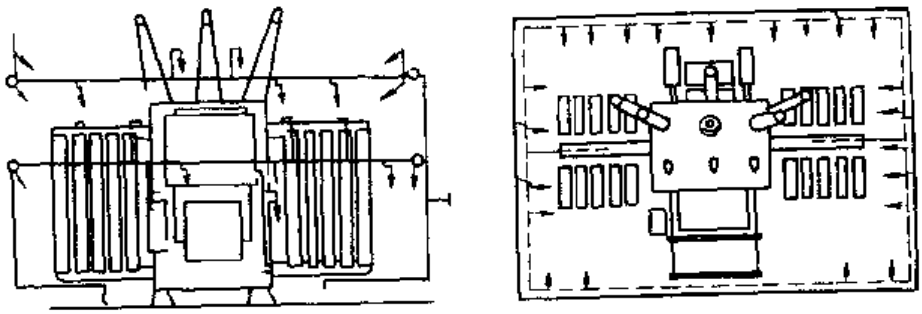


图 2-125 变压器水雾喷头布置示意

8) 当保护对象为可燃气体和甲、乙、丙类液体贮罐时，水雾喷头与储罐外壁之间的距离不应大于 0.7m。

9) 当保护对象为球罐时，水雾喷头布置应符合下列规定：

① 水雾喷头的喷口应面向球心。

② 水雾锥沿纬线方向应相交，沿经线方向应相接。

③ 当球罐的容积等于或大于 1000m^3 时，水雾锥沿纬线方向应相交，沿经线方向宜相接，赤道以上环管之间的距离不应大于 3.6m。

④ 无防护层的球罐钢支柱和罐体液位计、阀门等处，应设水雾喷头保护。

10) 当保护对象为电缆时，喷雾应完全包围电缆。

11) 当保护对象为输送机皮带时，喷雾应完全包围输送机的机头、机尾和上、下行皮带。

(2) 管网与阀门：

1) 雨淋阀等控制阀：

① 一般用水喷雾系统防护的大型设备：贮罐、变压器、电缆隧道等应设置独立的控制阀。当设备之间有防火墙隔开时，则应按独立的防护系统进行设计。

② 控制阀应布置在距防护物水平距离 15m 以外的地方。控制阀安装高度以 0.8～1.5m 为宜，应选择比较安全和容易接近的场所。

③ 控制阀应有明显的启闭标志。

④ 雨淋阀组应设在环境温度不低于4℃，并有排水设施的室内或专用阀室内。

2）雨淋阀前的管道应设置过滤器，当水雾喷头无滤网时，雨淋阀后的管道亦应设过滤器。过滤器滤网应采用耐腐蚀金属材料，滤网的孔径应为4.0～4.7目/cm^2。

3）给排水管网：

① 水喷雾灭火系统的用水可由市政给水管网、工厂消防给水管网、消防水池或天然水源供给，并应确保持续喷雾时间内所需用水量。

② 当水喷雾供水系统需设加压泵时，加压泵应按消防泵的要求设置。

③ 雨淋阀后的管道上不应设置其它用水设施。

④ 给水管道应设泄水阀、排污口。

⑤ 过滤器后的管道，应采用内外镀锌钢管，且宜采用丝扣连接；公称直径大于100mm的管道，当采用丝扣连接有困难或无法采用丝扣连接时，可用法兰连接。

⑥ 水喷雾灭火系统的取水设施，应采取防止被杂物堵塞的措施，寒冷地区的水喷雾灭火系统的给水设施应采取防冻措施。

⑦ 设置水喷雾灭火系统的场地，应设排水设施，同时应有防止被保护介质——如油、液化石油气等外溢的措施。

⑧ 消防给水管网应设置稳压设施，使平时管内保持一定压力。

4）消防水池、消防水泵等设计，参见第2.3节有关部分。

2.5.4 水 力 计 算

（1）系统的设计流量：

1）水雾喷头的流量，按式(2-37)计算：

$$q = K\sqrt{10P} \quad (\text{L/min}) \tag{2-37}$$

式中　q——水雾喷头的流量(L/min)；

P——水雾喷头的工作压力(MPa)；

K——水雾喷头的流量系数，取值由生产厂提供。

2）保护对象的水雾喷头的计算数量，应按式(2-38)计算：

$$N = \frac{SW}{q} \tag{2-38}$$

式中　N——保护对象的水雾喷头的计算数量；

S——保护对象的保护面积(m^2)；

W——保护对象的设计喷雾强度[L/(min·m^2)]。

3）系统的计算流量，应按式(2-39)计算：

$$Q_j = 1/60\sum_{i=1}^{n} q_i \quad (\text{L/s}) \tag{2-39}$$

式中　Q_j——系统的计算流量(L/s)；

n——系统启动后同时喷雾的水雾喷头的数量；

q_i——水雾喷头的实际流量(L/min)，应按水雾喷头的实际工作压力 p_i(MPa)计算。

4）当采用雨淋阀控制同时喷雾的水雾喷头数量时，水喷雾灭火系统的计算流量，应按系统中同时喷雾的水雾喷头的最大用水量确定。

5) 系统的设计流量应按式(2-40)计算：

$$Q_s = kQ_j \quad (L/s) \tag{2-40}$$

式中 Q_s——系统的设计流量(L/s)；

k——安全系数，应取 1.05～1.10。

(2) 管道水力计算：

1) 钢管管道的沿程水头损失，应按式(2-41)计算：

$$i = 0.0000107 \frac{v^2}{D_j^{1.3}} \quad (MPa/m) \tag{2-41}$$

式中 i——管道的沿程水头损失(MPa/m)；

v——管道内水的流速(m/s)，宜取 $v \leqslant 5m/s$；

D_j——管道的计算内径(m)。

2) 配水干管和配水管内水流速度不宜超过 5m/s。需要减压的管道内的水流速度不应超过 7m/s。对于球形液化石油气贮罐环状配水干管的水流速度不宜超过 2m/s，以保证同一环路喷头喷水的均匀性。

3) 管道的局部水头损失，宜采用当量长度法计算(可参考表 2-92)，或按管道沿程水头损失的 20%～30%计算。

局部水头损失当量长度(管材系数 $C=120$)(m) 表 2-92

名称	管件直径 (mm)											
	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250	300
45°弯头	0.3	0.3	0.6	0.6	0.9	0.9	1.2	1.5	2.1	2.7	3.3	4.0
90°弯头	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	3.1	3.7	4.3	5.5	6.7	8.2
90°长弯头	0.6	0.6	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4	2.7	4.0	4.9	5.5
三通、四通	1.5	1.8	2.4	3.1	3.7	4.6	6.1	7.6	9.2	10.7	15.3	18.3
蝶阀				1.8	2.1	3.1	3.7	2.7	3.1	3.7	5.8	6.4
闸阀				0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8
止回阀	1.5	2.1	2.7	3.4	4.3	4.9	6.7	8.3	9.8	13.7	16.8	19.8
U型过滤器	12.3	15.4	18.5	24.5	30.8	36.8	49	61.2	73.5	98	122.5	
Y型过滤器	11.2	14	16.8	22.4	28	33.6	46.2	57.4	68.6	91	113.4	

注：本表根据美国 NFPA—15 表 A—7—2(d)等值长度表综合编制，过滤器部分是根据日本资料 $C=100$ 的数值经换算成 $C=120$ 的数据列入。

4) 雨淋阀的局部水头损失，应按式(2-42)计算：

$$h_r = B_R Q^2 \quad (MPa) \tag{2-42}$$

式中 h_r——雨淋阀的局部水头损失(MPa)；

B_R——雨淋阀的比阻值，取值由生产厂提供；

Q——雨淋阀的流量(L/s)。

5) 系统管道入口或消防水泵的计算压力，应按式(2-43)计算：

$$H = \Sigma h + h_0 + Z/100 \quad (MPa) \tag{2-43}$$

式中 H——系统管道入口或消防水泵的计算压力(MPa)；

Σh——系统管道沿程水头损失与局部水头损失之和(MPa)；

h_0——最不利点水雾喷头的实际工作压力(MPa)；

Z——最不利点水雾喷头与系统管道入口或消防水池最低水位之间的高程差，当系统管道入口或消防水池最低水位高于最不利点水雾喷头时，Z 应取负值(m)。

(3) 管道减压措施：

1) 管网减压设施包括减压阀、减压孔板和节流管等。详见第 13.4.2 节。

2) 减压孔板宜采用圆缺型孔板。减压孔板的圆缺孔应位于管底，孔板前水平直管段长度不应小于该管段直径的 2 倍。

(4) 水力计算：

1) 按照被保护对象计算被保护的面积，确定喷雾强度及持续喷雾时间。

2) 按被保护面积、喷雾强度和选用喷头的特性确定喷头的数量及布置。

3) 画出系统布置图，然后进行水力计算，计算步骤见第 2.4 节。

4) 计算举例，见图 2-126。

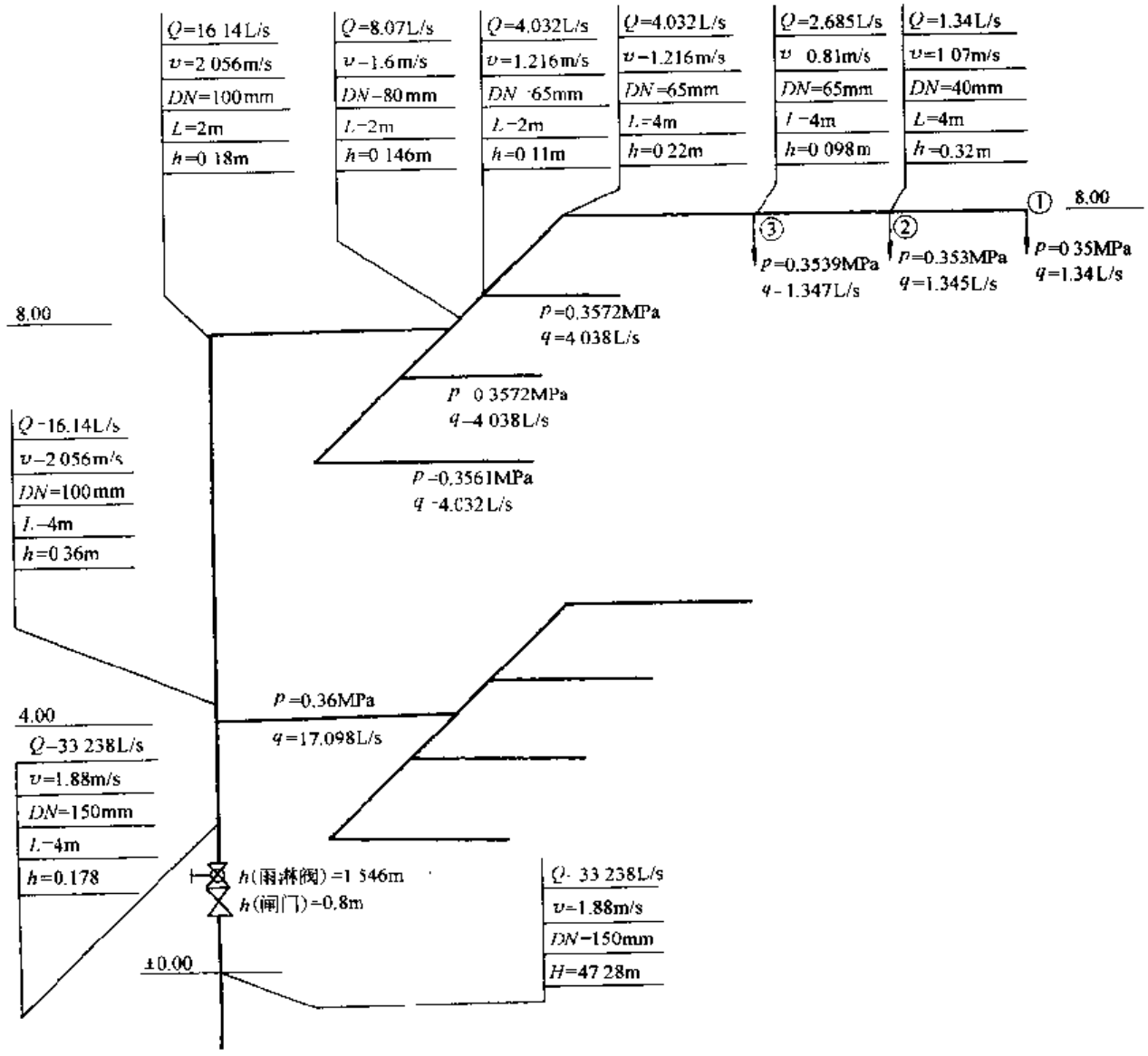


图 2-126　水力计算图

2.5.5 操作与控制

(1) 水喷雾灭火系统应设有自动控制、手动控制和应急操作三种控制方式。当响应时间大于60s时,可采用手动控制和应急操作两种控制方式。

三种控制方式:

1) 自动控制:指水喷雾灭火系统的火灾探测、报警部分与供水设备、雨淋阀组等部件自动联锁操作的控制方式。

2) 手动控制:指人为远距离操纵供水设备、雨淋阀组等系统组件的控制方式。

3) 应急操作:指人为现场操纵供水设备、雨淋阀组等系统组件的控制方式。

(2) 火灾探测与报警应按现行的国家标准《火灾自动报警系统设计规范》的有关规定执行。

(3) 火灾探测器可采用缆式线型定温火灾探测器、空气管式感温火灾探测器或闭式喷头。当采用闭式喷头时,应采用传动管传输火灾信号。

传动管直接启动系统:传动管和雨淋阀的控制腔直接连接,雨淋阀控制腔与传动管同时降压,雨淋阀在其入口水压作用下开启,并联锁启动系统。

传动管间接启动系统:传动管的压降信号通过压力开关传输至报警控制器启动系统。

(4) 传动管的长度不宜大于300m,公称直径宜为15~25mm。传动管上闭式喷头之间的距离不宜大于2.5m。

(5) 当保护对象的保护面积较大或保护对象的数量较多时,水喷雾灭火系统宜设置多台雨淋阀,并利用雨淋阀控制同时喷雾的水雾喷头数量。

(6) 保护液化气贮罐的水喷雾灭火系统的控制,除应能启动直接受火罐的雨淋阀外,尚应能启动距离直接受火罐1.5倍罐径范围内邻近罐的雨淋阀。

(7) 分段保护皮带输送机的水喷雾灭火系统,除应能启动起火区段的雨淋阀外,尚应能启动起火区段下游相邻区段的雨淋阀,并应能同时切断皮带输送机的电源。

(8) 水喷雾灭火系统的控制设备应具有下列功能:

1) 选择控制方式。

2) 重复显示保护对象状态。

3) 监控消防水泵启、停状态。

4) 监控雨淋阀启、闭状态。

5) 监控主、备用电源自动切换。

2.5.6 水喷雾灭火系统的验收和维护

(1) 设备、管道的验收:

1) 水喷雾灭火系统中所采用的各种消防产品、消防电子产品如水雾喷头,雨淋阀、限经孔板、压力开关、火灾探测器、闭式喷头等均应符合"公安部、国家标准局、建设部"有关规定,并具有消防产品质量监督检测中心所颁发的质量检验合格证。

2) 给水、压缩空气、排水管道的施工质量,应符合《自动喷水灭火系统施工及验收规范》及《采暖与卫生工程施工及验收规范》的要求。

3) 由于水喷雾灭火系统中给水管道压力较高,管道安装完毕后应认真进行管道冲洗及

水压试验。试验要求应按《自动喷水灭火系统施工及验收规范》执行。

4）在系统安装完后，正式验收之前，安装者必须进行排水试验，报警试验和漏水试验。

5）应重视支、吊架的设计。喷头之间每段管段的配管，均应有吊架，且考虑支吊架的防晃问题，应按《自动喷水灭火系统施工及验收规范》执行。

6）喷头安装用填料应采用聚四氟乙烯胶带，顺时针方向缠绕三整圈，不允许用麻线作填料。

（2）维护与检修：

1）水喷雾灭火系统每半年进行一次喷雾试验，检查整个系统运行情况。

2）每季度应对过滤器水雾喷头、控制阀以及火灾探测器等进行检修一次，并填写检修记录存档。

3）配管内的水要定期更换，以防水对管道产生腐蚀。

4）每天对水喷雾灭火系统进行一次巡检，观测有无渗漏水现象，压力表指针是否正常，阀门标记是否正确等。

5）水喷雾灭火系统应建立一套完整的操作、维护、检验的规程，操作人员应随时对照检查。

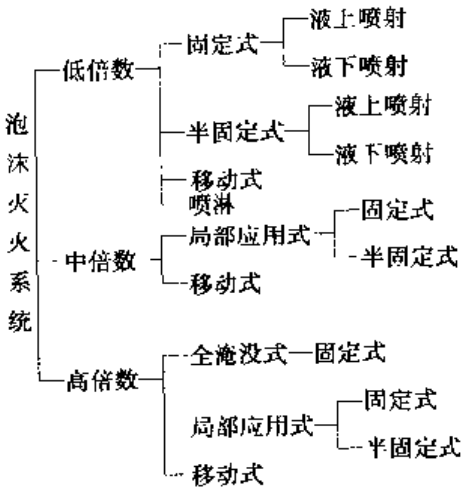
2.6 泡沫灭火系统

泡沫灭火剂有化学泡沫灭火剂和空气泡沫灭火剂两大类。目前化学泡沫灭火剂主要是充填于100L以下的小型泡沫灭火器（如MP型、MPT型灭火器），用以扑救小型初期火灾。大型泡沫灭火系统以采用空气泡沫灭火剂为主。本节主要介绍这类泡沫灭火系统。

空气泡沫灭火的原理是泡沫液与水通过特制的比例混合器混合成泡沫混合液，经泡沫产生器与空气混合产生泡沫，再通过不同的方式最后覆盖在燃烧物质的表面或者充满发生火灾的整个空间形成泡沫层。由于泡沫层的冷却、隔绝氧气和抑制燃料蒸发等作用而使火灾熄灭。

2.6.1 灭火方式和系统分类

泡沫灭火方式和系统分类分述如下：



2.6.2 设备与组件

泡沫灭火系统设备与组件：

(1) 泡沫液：根据泡沫液的发泡倍数可分为低倍数泡沫液(发泡倍数＜20)、中倍数泡沫液(发泡倍数 20～200)和高倍数泡沫液(发泡倍数 201～1000)三种。

1) 低倍数泡沫液：常用的低倍数泡沫液的种类、性能及使用范围，见表 2-93、图 2-127。

低倍数泡沫液种类、性能及使用范围　　表 2-93

类别	名称	型号	混合比(%)	发泡倍数	储存温度(℃)	配制泡沫混合液所用水的性质	适用范围	备注
蛋白泡沫液	6%植物蛋白泡沫液 6%动物蛋白泡沫液	YE6	6	7～9	0～40	淡水、海水	非水溶性甲、乙、丙类液体	用于液上喷射及喷淋
	3%动物蛋白泡沫液	YE3	3					
氟蛋白泡沫液		YEF3	3	8.6	0～40	淡水、海水	非水溶性甲、乙、丙类液体	可用于液下、液上喷射吸喷淋
		YEF6	6	8.5				
水成膜泡沫液		AFFF FFFP	1、3、6 3、6	液上喷射：6～10 液下喷射：2～4 喷淋：6～10	0～40	淡水、海水	非水溶性甲、乙、丙类液体	可用于液上、液下喷射及喷淋
抗溶性泡沫液	金属皂型抗溶泡沫液	KR-765	6～7	≥6	0～40	淡水	用于水溶性甲、乙、丙类液体。主要适用于扑救乙醇、甲醇、丙酮、醋酸乙酯，但不宜用于扑救低沸点的醛、醚及有机酸、胺类等液体的火灾	液上喷射，适用环泵式比例混合器和有隔膜的压力比例混合器
	凝胶型抗溶泡沫液	YEKJ-6A	≥6		0～40	淡水	用于扑救醇、酯、酮、醛、醚、胺、有机酸等极性溶剂火灾，并可用来扑救非极性的烃类(油品)火灾	液上喷射，可配用环泵式、平衡式、管线式比例混合器，也能用带隔膜的压力比例混合器
	抗溶氟蛋白泡沫液	YEDF-6	6			淡水、海水	适用于非水溶性、水溶性的甲、乙、丙类液体	液上喷射(用于扑救非水溶性液体火灾时也可采用液下喷射)，可配用各种比例混合器，若罐区内既有油罐又有醇类罐时选用它最合适

注：混合比为泡沫液在泡沫混合液中所占的体积百分比。

2）高倍数泡沫液：目前国内高倍数泡沫液的种类和性能见表 2-94。高倍数泡沫液既可用于高倍数泡沫灭火系统，也可用于中倍数泡沫灭火系统。

高倍数泡沫液性能　　表 2-94

类　别	型　号	混合比（%）	发泡倍数（倍）	25%析液时间（min）	备　注
淡水型	YEGZ3A	3	600～700	≥3	利用新鲜空气发泡
	YEGD3	3	600	5.5	
	YEGZ3B	3	850～900	≥3	
	YEGZ6A(6C)	6	600～700	≥6	
	YEGZ6B	6	850～900	≥3	
	YEGD6	6	665	7.0	
	TYP-1				
	TYP-2				
耐海水型	YEGZ3D	3	590～770	14.5	
	YEGZ6D	6	670～880	14.0	
	YEGH6	6	510	6.6	
耐温耐烟型					利用热烟气发泡

高倍数泡沫灭火系统一般推荐采用混合比为 3%的泡沫液，配制泡沫液的水温宜为 5～38℃。

3）中倍数泡沫液：中倍数泡沫液国内现有 YEZ(8)A、B 型两种，主要用在油罐灭水。配制泡沫混合液的水温宜为 5～38℃。

(2) 泡沫比例混合器：泡沫比例混合器是空气泡沫灭火系统的关键设备之一。它的分类和型号见表 2-95。

泡沫比例混合器　　表 2-95

类　别	名　称	型　号
负压类	环泵式泡沫比例混合器	PH
	管线式泡沫比例混合器	PHF，PHX
正压类	压力式泡沫比例混合器	PHY、PHJ
	平衡压力式比例混合器	PHP

注：压力式泡沫比例混合器有一种是与泡沫贮罐配套供应的，又称为贮罐式压力比例混合器。

1）环泵式泡沫比例混合器：环泵式负压比例混合方式是目前应用最广泛的混合方式。它固定安装在水泵出水管和进水管之间的旁通管上，利用水射器原理将泡沫液按比例吸进水泵吸水管路与水形成混合液，并被送至泡沫产生器。它的安装形式和要求见图 2-127。

在选用环泵式泡沫比例混合器时，应注意如下几点：

① 消防泵与水池的位置关系有两种。当消防泵安装高于消防水位时（高度不应超过 1m），消防泵采用抽吸式吸水，由于环泵式泡沫比例混合器出口是接在消防泵的吸水管上，故比例混合器的背压为零或负压。当消防泵的安装低于消防水位，即消防泵采用自灌式引水时，此时水泵吸水管内是正压。根据环泵式泡沫比例混合器的性能，当比例混合器进口压力为 0.7MPa 时，其出口背压不大于 0.02MPa；当进口压力为 0.9MPa 时，其出口背压不大于 0.03MPa。否则，泡沫液和水就不能按 6:94 的比例混合，甚至水会从比例混合器扩散管

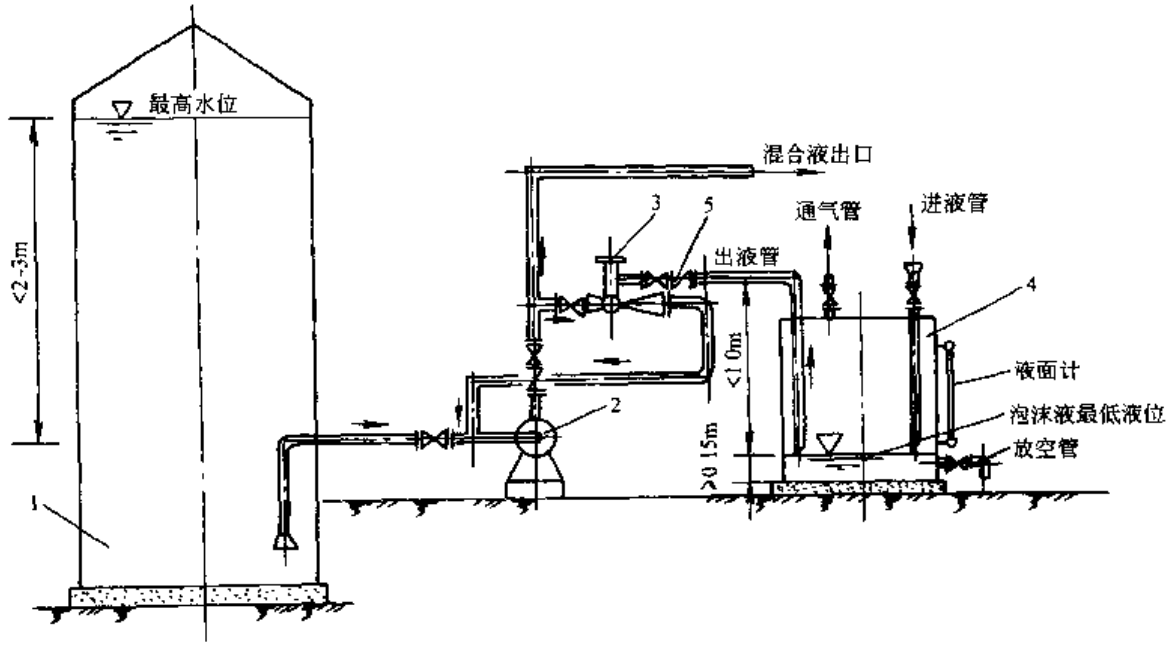


图 2-127 环泵式泡沫比例混合器安装

1—贮水罐;2—泡沫混合液泵;3—泡沫比例混合器;4—泡沫液贮罐;5—止回阀

倒入泡沫液罐。所以,水池的最高水位不得高于水泵吸入口 2~3m,而且吸液管上必须有防止水倒流入泡沫液贮罐的措施,一般安装有止回阀和阀门。在吸液管上应装真空压力表或真空表。

② 环泵式比例混合器一般采用混合比 6%型泡沫水成膜泡沫灭火剂,主要物理性质及灭火参数见表 2-96。

水成膜泡沫灭火剂主要物理性质及灭火系数 表 2-96

项目		1 号轻水	5 号轻水
密度(20℃)		0.992	0.992
粘度(20℃)(10^{-3}Pa·s)		4.8	4.8
pH 值		8.4	8.4
凝固点(℃)		-3	-3
沉淀物(%)		0.2	0.2
沉降物(%)		痕迹量	痕迹量
稳定性	沉降物(%)	0.24	0.22
	沉淀物(%)	痕迹量	痕迹量
6%的混合液的表面张力(20℃)(10^{-3}Pa·s)		16.0	14.9
发泡倍数		7.5	7.0
25%析液时间(min)		3.0	3.0
90%火焰控制时间(s)		25	24.5
灭火时间(s)		40	36
抗烧时间(min)		75	75

要注意的是，水成膜泡沫液不适用于扑救遇水燃烧物质的火灾、水溶性液体火灾、气体火灾和带电设备的火灾。

③ 供环泵式比例混合器做动力的水泵的流量应包括比例混合器的循环流量，一般按计算流量（即泡沫混合液流量见第 2.6.3.1 节）的 1.1 倍计算。

④ 安装环泵式比例混合器宜设有不少于一个的备用量。

环泵式比例混合器的构造，见图 2-128。

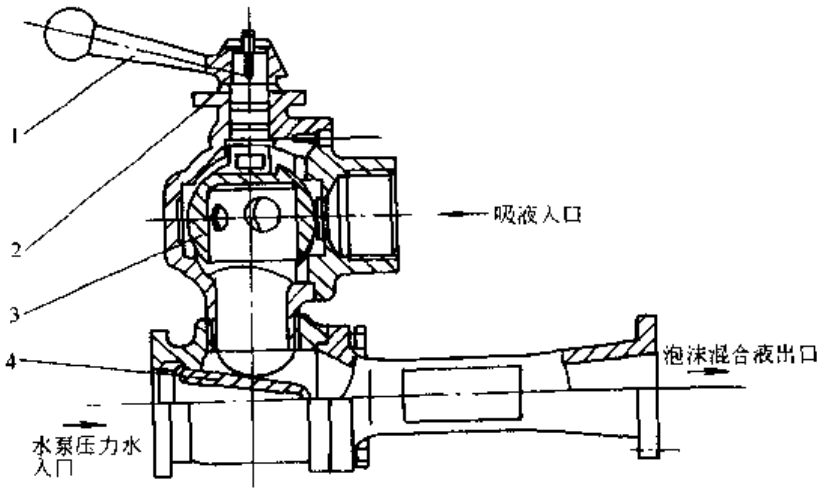


图 2-128　环泵式泡沫比例混合器

1—调节手柄；2—指示牌；3—调节球阀；4—喷嘴

环泵式比例混合器的主要性能参数，见表 2-97。

环泵式泡沫比例混合器主要性能参数　　表 2-97

型　　号	PH32					PH48				PH64			
泡沫混合液流量(L/s)	4	8	16	24	32	16	24	32	48	16	32	48	64
泡沫液流量(L/s)	0.24	0.48	0.96	1.44	1.92	0.96	1.44	1.92	2.88	0.96	1.92	2.88	3.84
进口工作压力(MPa)	0.6～1.4												
出口工作压力(MPa)	0～0.05												

注：它的流量可以用调节手柄来调节。

2）管线式泡沫比例混合器：管线式泡沫比例混合器一般安装在消防水带之间或消防泵和泡沫发生器之间的水带或管道上。是一种可移动的便携式比例混合器。其安装位置见图 2-129。

在使用管线式泡沫比例混合器时，需注意：

① 管线式泡沫比例混合器的进水压力范围为 0.6～1.2MPa。

② 比例混合器的压力损失可按水进口压力的 35%计算。

③ 比例混合器应水平安装。

④ 为避免系统的压力过大，推荐采用衬胶水带连接。

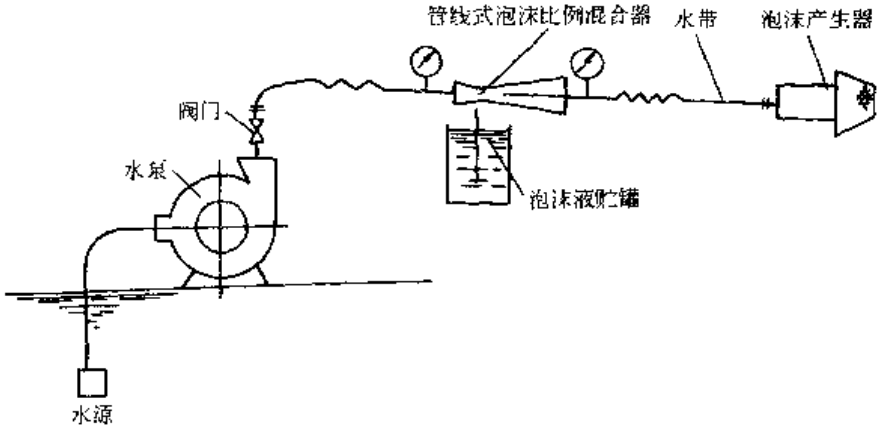


图 2-129 管线式泡沫比例混合器安装使用示意

3) 压力式泡沫比例混合器：压力式泡沫比例混合器有两种安装形式。图 2-130 为带贮罐式压力比例混合器，用在低倍数泡沫灭火系统中。图 2-131 的压力式比例混合器用在高倍数泡沫灭火系统。

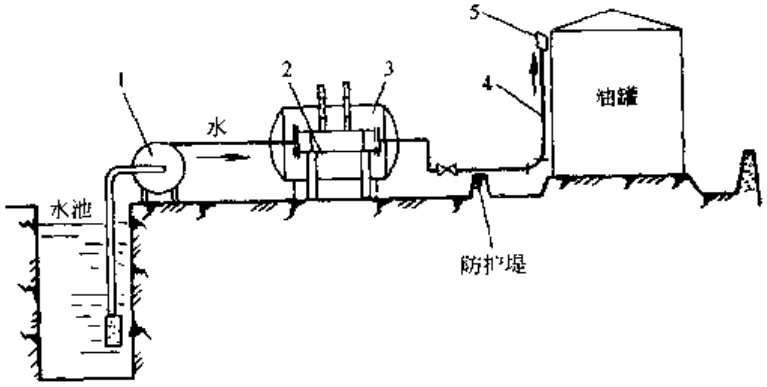


图 2-130 用于低倍数泡沫灭火系统的贮罐式压力比例混合器

1—水泵；2—压力比例混合器；3—泡沫液贮罐；4—泡沫混合液管；5—泡沫产生器

压力式比例混合器进水压力范围：高倍数系统为 0.5～1.0MPa，低倍数系统为 0.6～1.2MPa。泡沫液进口压力应超过进水压力，其超过数值宜为 0.1MPa。

在泡沫喷淋系统中，火灾发生时，喷头开启的数目不总是一样的，可能是一个，也可能是一个分区，或是整个作用面积内的所有喷头。而对于泡沫喷淋系统，不论流量和压力如何变化，都要求有一个精确的混合比，因此，在泡沫喷淋系统中，宜采用压力式大范围比例混合器。这种混合器能确保在很大流量范围内的混合比精度。其外形尺

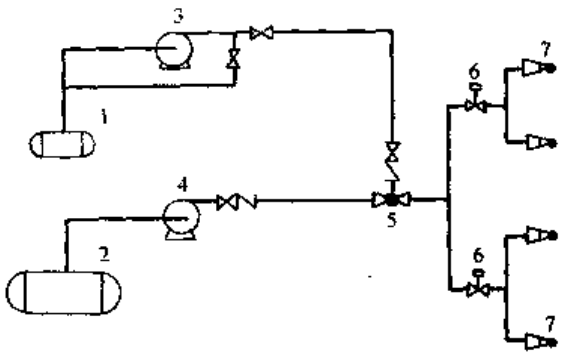


图 2-131 用于高倍数泡沫灭火系统的压力比例混合器

1—泡沫液贮罐；2—水罐；3—泡沫液泵；4—水泵；5—压力比例混合器；6—电磁阀；7—高倍数泡沫发生器

寸和性能规格见图 2-132、表 2-98、99、

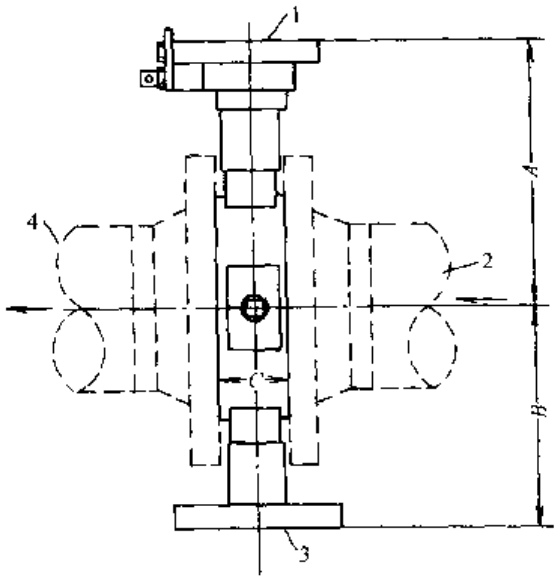


图 2-132　大范围比例混合器示意

1—泡沫液进口；2—主水管进口；
3—进贮罐置换水出口；4—混合液出口

大范围比例混合器外形尺寸　　**表 2-98**

类　型	A(mm)	B(mm)	C(mm)
ZPHY-100/50	209	173	70
ZPHY-150/50	241	198	70
ZPHY-200/80	291	243	82
ZPHY-250/80	323	276	82

大范围比例混合器性能规格　　**表 2-99**

类　型	泡沫液进口管径 (mm)	水进口管径 (mm)	混合液流量 Q(L/min)		重　量 (kg)	比例混合器局部阻力 (MPa)
			最　小	最　大		
ZPHY-100/50	50	100	75	1875	22	$Q(L/min)\times0.000045$
ZPHY-150/50	50	150	100	4200	26	$Q(L/min)\times0.00002$
ZPHY-200/80	80	200	125	7500	30	$Q(L/min)\times0.00001$
ZPHY-250/80	80	250	150	11700	44	$Q(L/min)\times0.0000068$

注：大范围比例混合器的最大工作压力为 1.6MPa。

4）平衡压力式泡沫比例混合器：这种比例混合器在国外应用较多，国内产品品种少，使用也较少。它由平衡压力调节阀和比例混合器两部分组成。由于平衡压力调节阀的作用，使进入比例混合器的泡沫液流量随水的流量的增减而增减，使泡沫液和水能自动地保持一定的混合比。

平衡压力比例混合器水的进口压力范围为 0.5～1.0MPa。泡沫液进口压力宜超过水

进口压力 0.1MPa，但不应超过 0.2MPa。

四种泡沫比例混合器的适用场所，可参见表 2-100。

泡沫比例混合器的适用场所　　表 2-100

灭火系统类型 \ 混合器种类		环泵式（PH 系列）	管线式（PHF PHX 系列）	压力式（PHY PHJ ZPHY 系列）	平衡压力式（PHP 系列）
低倍数泡沫系统	固定式	√		√	√
	半固定式			√	
	移动式		√		
	喷淋	√		√	
高倍数泡沫系统	全淹没式			√	√
	局部应用式		√	√	√
	移动式		√		
中倍数泡沫系统	局部应用式	√			√
	移动式		√		
	油罐灭火	√			

（3）泡沫产生器和泡沫喷头：

1）泡沫产生器：低倍数泡沫产生器主要用在油罐灭火中，分液上喷射和液下喷射两种。液上喷射式泡沫产生器装在油罐壁上部，泡沫混合液通过泡沫产生器后与空气混和产生空气泡沫，进入油罐覆盖在油层表面而达到灭火效果。液下喷射式泡沫产生器装在进罐前的泡沫混合液管道的中部，泡沫混合液通过产生器时产生负压吸入空气形成空气泡沫，克服管道阻力和油层静压力喷入液下，再浮到油面上灭火。

中倍数泡沫产生器与低倍数泡沫产生器一样，主要用在油罐的灭火。它也装在油罐壁的上部，泡沫混合液喷洒到发泡网后吸入大量空气形成空气泡沫，进入油罐灭火。

高倍数泡沫由于发泡倍数大，靠负压吸入空气制造泡沫已不适应。高倍数泡沫产生器是通过产生器内的喷嘴组将泡沫混合液均匀喷洒在发泡网上，利用风扇的鼓风作用，将空气与发泡网上的泡沫混合液混合形成空气泡沫，扑灭火灾。

根据驱动风扇的动力不同，高倍数泡沫产生器可分为电动式和水轮式两种。电动式高倍数泡沫产生器（PF20、BGP-200 型）产泡量范围大（200～2000m^3/min），产泡倍数高（一般在 600 倍以上），一般用于保护区域容积较大的固定式灭火系统。为了保护电动机，应采用防护区外的新鲜空气，不使用火灾区域内的热烟气产泡，以防损坏电机。水轮式高倍数泡沫产生器（PF4、PFS3、PFS4 和 PSF10 等型号）是利用混合液喷射时的反作用力驱动风扇。它的产泡量范围较小（40～400m^3/min）、产泡倍数较低（200～800 倍），但使用范围广，不仅可用新鲜空气产泡，也可用热烟气产泡。有些水轮式高倍数泡沫产生器内还带比例混合器，使用起来更为方便。

固定安装在飞机库、汽车库、地下工程及仓库中的高倍数泡沫产生器，常用的有 PF20、PF4、PFS3、PFS4 和 PSF10 等型号，它们的构造图见图 2-133、134，性能参数见表 2-101～105。

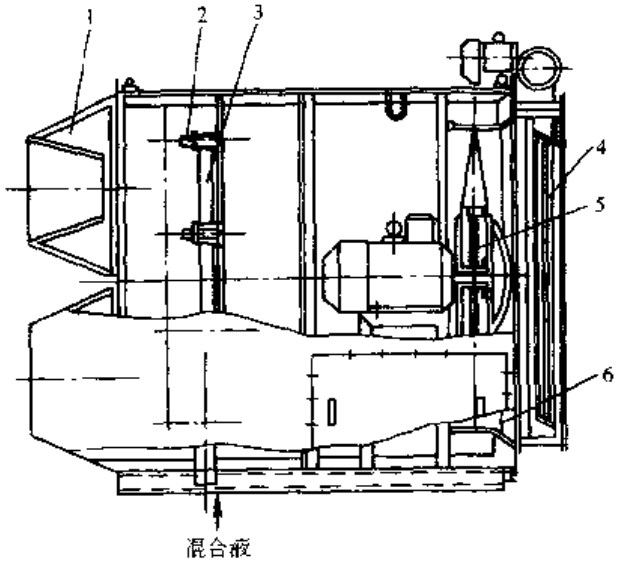
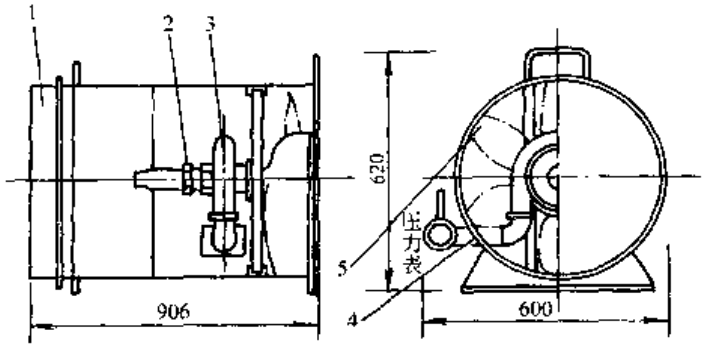
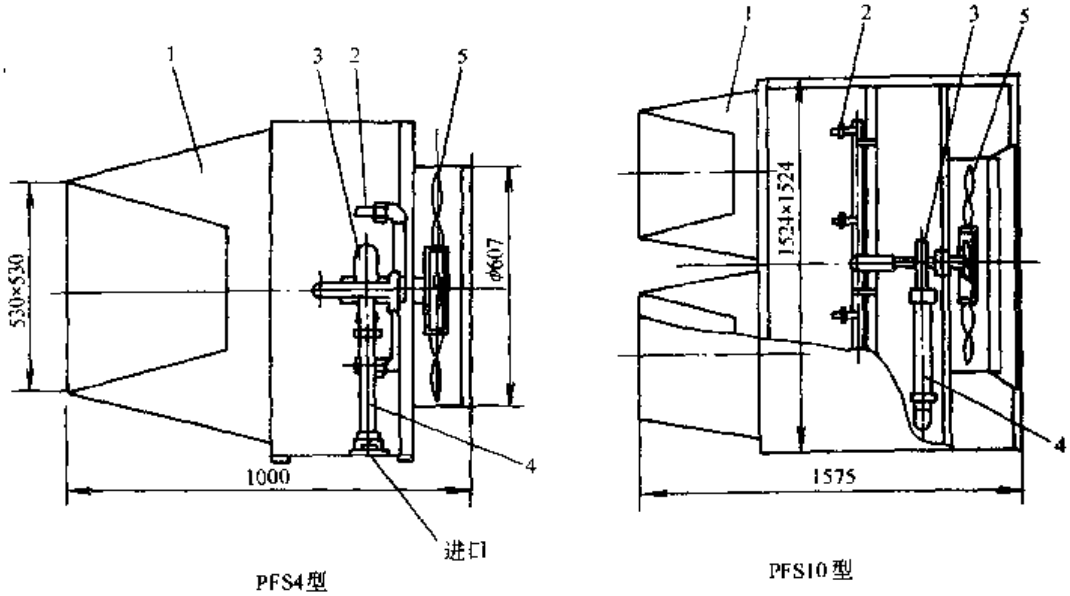


图 2-133　PF20 型高倍数泡沫产生器结构

1—发泡网；2—雾化喷嘴；3—混合液管组；4—多叶调节阀；5—叶轮组；6—导风筒



PFS3型



PFS4型　　PFS10型

图 2-134　PFS 型高倍数泡沫产生器

1—产泡网；2—喷嘴；3—水轮机；4—进液管；5—叶轮

PF20 型泡沫产生器主要性能参数 表 2-101

型 号	标定工作压力(喷嘴处)(MPa)	泡沫混合液流量(m^3/min)	发泡量(m^3/min)	发泡倍数	混合比(%)	电机功率(kW)
PF20	0.2	1.35～1.50	800～1000	600～1000	3,6	17

注：该产生器和 PHY20 型比例混合器配套使用。

PF4 型泡沫产生器主要性能参数 表 2-102

型 号	产生器进水口压力(MPa)	水流量(L/min)	产泡倍数	混合比	产泡量(m^3/min)
PF4	0.3～1.0	150～300	500～800	3%	100～200

PF4 型泡沫产生器供水参数与发泡性能的关系 表 2-103

进口水压力(MPa)	水流量(L/min)	吸液量(L/min)	混合比(%)	产泡量(m^3/min)	产泡倍数(倍)	水轮机转数(r/min)
0.3	156	4.4	2.7	105	655	1870
0.4	174	5.0	2.8	119	664	2170
0.5	195	6.0	3.0	140	697	2480
0.6	214	6.6	3.0	155	703	2720
0.7	229	7.0	3.0	170	720	2840
0.8	246	7.5	3.0	180	710	3070
0.9	264	8.0	2.9	200	735	3250
1.0	280	8.5	2.9	220	762	3440

PFS 系列泡沫产生器主要性能参数 表 2-104

型 号	进口压力(MPa)	产泡量(m^3/min)	泡沫混合液流量(L/min)	混合比(%)	产泡倍数
PFS3	0.3～1.0	40～100	100～230	3 或 6	350～650
PFS4		100～200	130～300		650～900
PFS10		180～400	350～760		400～700

PFS 系列泡沫产生器供水参数与发泡性能关系 表 2-105

型 号	数据 / 性能 / 进液压力(MPa)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
PFS3	混合液流量(L/min)	108	129	143	160	175	190	202	212
PFS4		145	164	189	206	223	240	255	270
PFS10		390	460	510	560	610	660	710	740
PFS3	产泡量(m^3/min)	44	57	72	88	94	107	119	128
PFS4		108	124	150	172	186	200	216	237
PFS10		192	235	299	333	388	430	441	447
PFS3	产泡倍数(倍)	407	442	504	550	537	563	589	604
PFS4		745	756	793	835	834	833	847	878
PFS10		492	511	586	595	628	652	621	604
PFS3	水轮机转数(r/min)	1040	1340	1470	1630	1770	1890	2000	2060
PFS4		1600	1850	2170	2440	2590	2790	2910	3120
PFS10		860	1030	1200	1330	1400	1520	1600	1680

2）泡沫喷头：泡沫喷头用于泡沫喷淋系统。泡沫喷头一般分为吸气型喷头和非吸气型喷头两类。吸气型喷头根据泡沫喷洒方向的不同，可分为顶喷式（从上向下喷洒泡沫）、水平式（水平喷洒泡沫）和弹射式（放置在地面上，垂直向上和水平喷洒泡沫）三种。非吸气型喷头又有旋流型、撞击型、扩散型和喷洒型四种。它们都可悬挂，也可侧挂，一般不安装在地面上。

两类喷头的区别在于：吸气型泡沫喷头能够吸入空气，泡沫混合液经过空气的机械搅拌作用，再加上喷头前金属网的阻挡作用形成泡沫。而非吸气型泡沫喷头没有吸空气的结构，从喷头喷出的是雾状的泡沫混合液。由于没有空气机械搅拌作用，所以泡沫倍数比吸气型喷头的低。非吸气型泡沫喷头可用水雾喷头代替。

两类喷头的另一个区别是所适用的泡沫液种类不同。吸气型喷头对所有低倍数泡沫液均可使用，而非吸气型喷头只能用水成膜泡沫液。两类喷头的构造，见图 2-135、136。

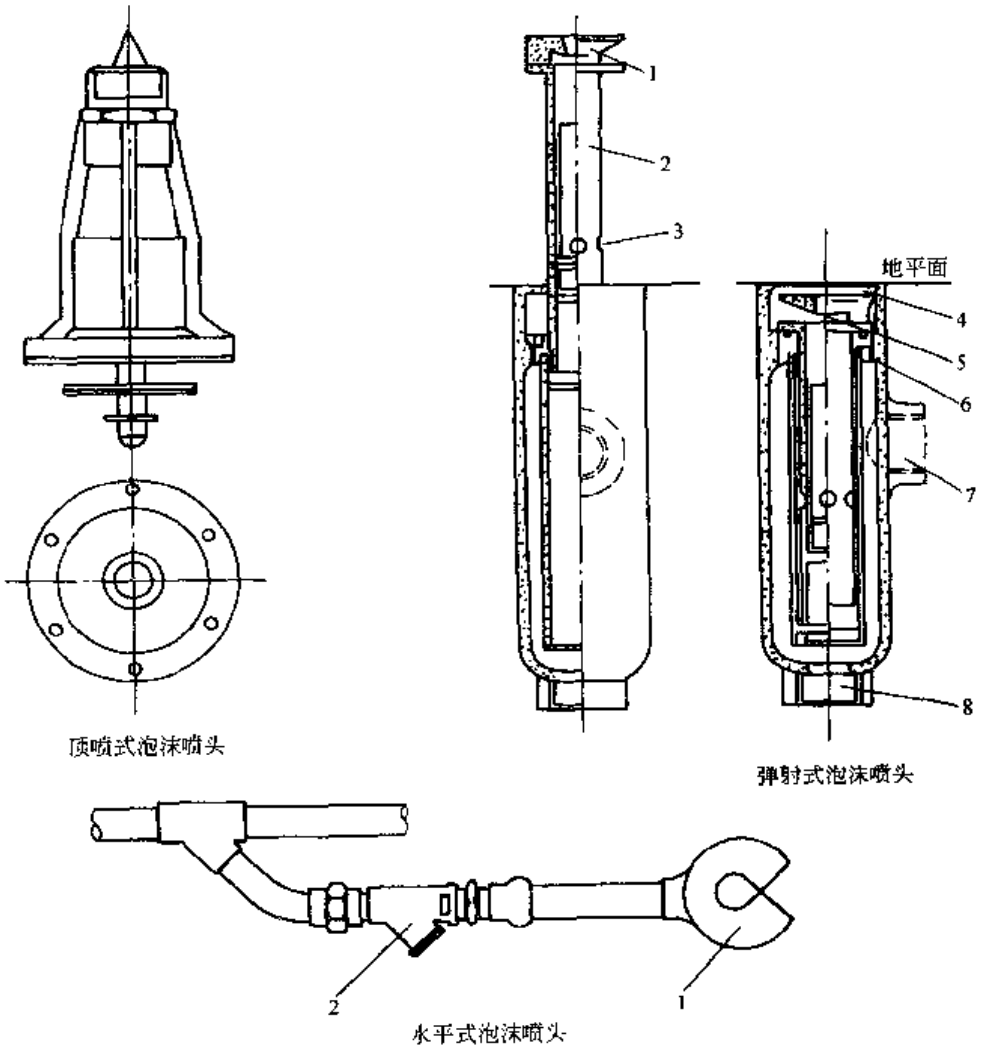


图 2-135　吸气型喷头

1—泡沫喷头；2—自吸式泡沫产生器；3—导流板；4—泡沫管；5—空气入口；6—弹射盖；7—弹射盖周边蜡封；8—螺丝定位器

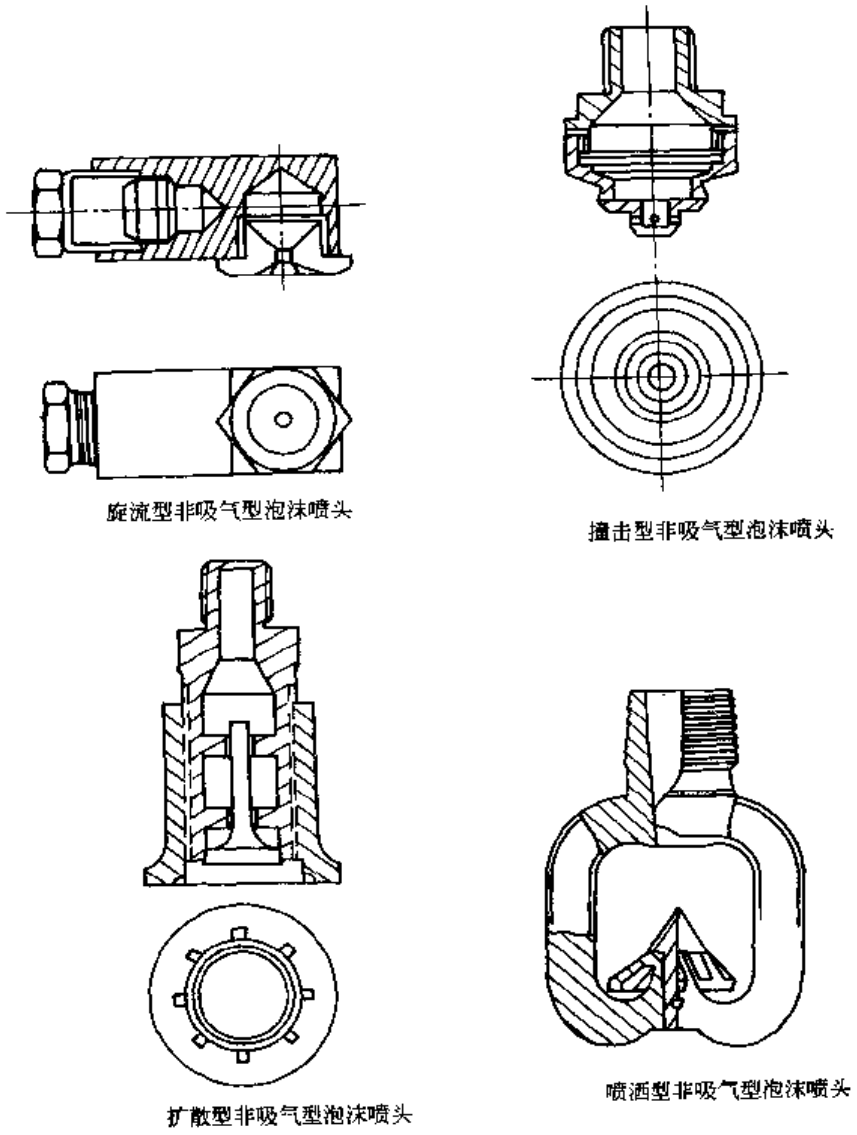


图 2-136 非吸气型喷头

目前国内生产的 ZTP 系列空气泡沫——水喷淋头既可用来喷射泡沫，又可用来做水喷淋喷头。其性能见表 2-106。

ZTP 系列喷头主要性能参数 表 2-106

型 号	工作压力 (MPa)	混合液流量 (L/min)	产泡倍数	泡沫覆盖直径 (m)
ZTP10(悬式) ZTPD10(倒式)	0.3	69	≥3	≥4
ZTP12(悬式) ZTPD12(倒式)	0.3	104	≥3	≥4

顶喷式吸气型喷头分有网式和筒式。其结构见图 2-137～141，性能与流量特性见表 2-

107、108。

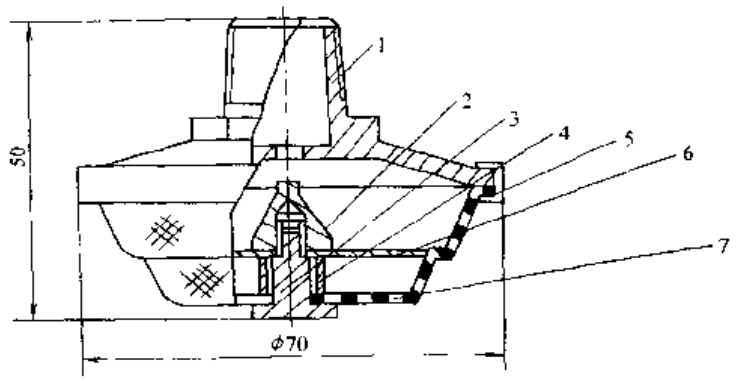


图 2-137　网式泡沫喷头结构

1—本体;2—分液帽;3—定位螺钉;4—定位套;5—溅液板;6—固定盘;7—发泡网罩

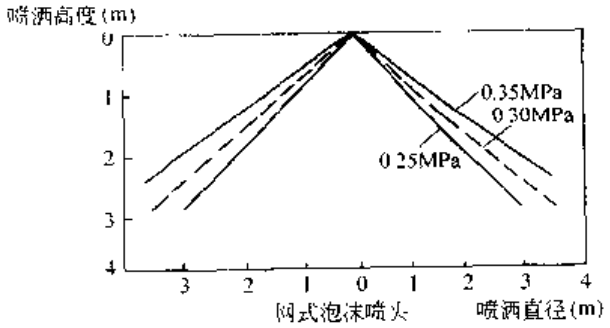


图 2-138　网式泡沫喷头覆盖直径曲线

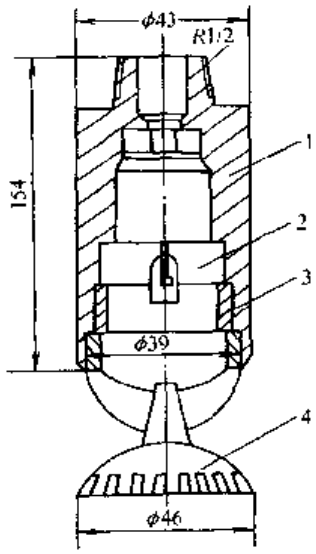


图 2-139　筒式泡沫喷头结构

1—本体;2—泡沫击散器;3—顶套;4—扩散器

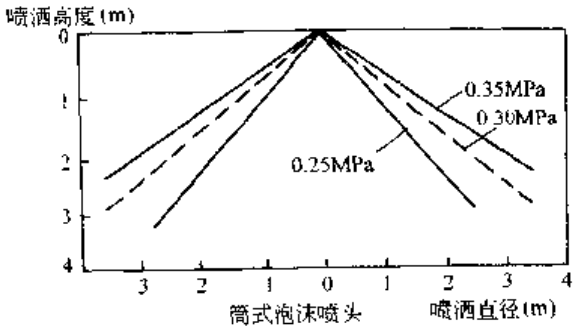


图 2-140　筒式泡沫喷头覆盖直径曲线

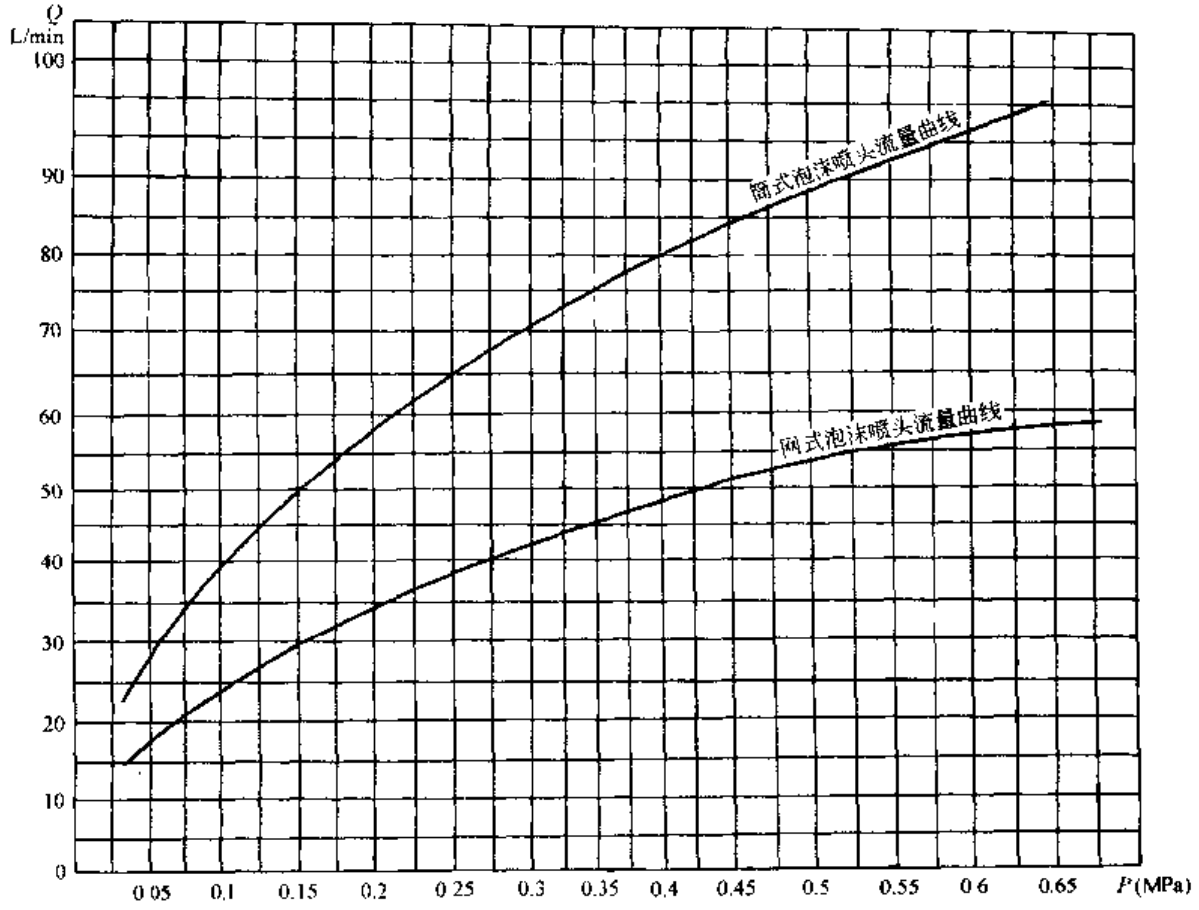


图 2-141 泡沫喷头流量特性曲线

网式泡沫喷头性能参数 **表 2-107**

名　　称	网 式 泡 沫 喷 头
型　　号	ZPWX—15
标定工作压力下的喷液量	0.25MPa,35L/min
上下限压力、流量值	上限值 0.6MPa,54L/min 下限值 0.25MPa,35L/min
安装高度范围	2～5m
安 装 间 隔	正方形安装时最大间距 3m
喷头连接螺纹尺寸	$\frac{1}{2}$"
适用泡沫药剂	各种泡沫药剂都适用
流量特性系数 K 值	22

简式泡沫喷头性能参数　　表 2-108

名　　称	简 式 泡 沫 喷 头
型　　号	ZPTX—15
标定工作压力下的喷液量	0.25MPa,64L/min
上下限压力、流量值	上限值 0.6MPa,100L/min 下限值 0.25MPa,64L/min
安 装 高 度	2—5m
安 装 间 距	正方形安装时最大间距 3m
喷头连接螺纹尺寸	$\frac{1}{2}$"
适用泡沫药剂	各种泡沫药剂都适用
流量特性系数 K 值	41

(4) 雨淋阀：在泡沫灭火系统中，用在开式泡沫喷淋系统中。当火灾发生时，由于感温或感烟探头发出信号打开雨淋阀上的电磁阀，或者由于作为感知元件的闭式水喷头破裂出水，使雨淋阀两侧产生压差，打开雨淋阀使泡沫混合液通过泡沫喷头洒向着火点，扑灭火灾。雨淋阀的构造和性能介绍见第 2.4 节有关内容。

(5) 空气泡沫枪、泡沫钩管和泡沫炮：空气泡沫枪(PQ 型)是移动式泡沫灭火系统的重要而轻便的消防器材。它的管牙接口与水带相接，供给水和泡沫液混合后便可用来产生和喷射空气泡沫。它采用混合比 6% 的低倍数泡沫液。

泡沫钩管(PG 型)也是一种移动式泡沫灭火设备，常和泡沫消防车配合使用。主要用来扑救油罐火灾，尤其当油罐掀顶，罐顶的泡沫发生器被拉坏后，常用该设备来替代。

泡沫炮可固定安装在炼油、化工区域内，也可固定架设在泡沫消防车上。它射出的泡沫量大、射程远，是对固定泡沫灭火系统的较好补充。

(6) 泡沫液贮罐和贮水池：泡沫液贮罐是平时贮存泡沫液的容器。不管哪种泡沫液对金属均有不同程度的腐蚀作用，因此泡沫液贮罐宜采用耐腐蚀材料，如玻璃钢。当采用普通碳素钢板制作时，其内壁应作防腐处理。

泡沫液贮罐有常压和压力之分。当采用环泵式、管线式或平衡压力式比例混合器时，应选用常压贮罐；而采用压力式泡沫比例混合器时，应选用压力贮罐。

贮罐有卧式和立式两种。选用时根据加液方式和现场条件而定。若贮罐可做成半地下式且人工加液时，宜采用卧式贮罐；若采用泵送液时，卧式和立式贮罐都可采用。贮罐的形状通常采用圆柱形罐体，在条件不许可时也可采用方形容器。常压贮罐上应设置加液孔、人孔、出液管(也可作进液管用)、放空管或排渣孔、溢流管、取样口、呼吸阀或带控制阀的通气管及液面计。压力贮罐上应设安全阀、排渣孔、进料孔、人孔和取样孔，但不设液面计。出泡沫液的管可以从贮罐的上部、中部或下部伸进罐内，但罐内的管口应保证高出贮罐底 15cm 以上，以防止泡沫液中的沉淀物或杂物堵塞出液管。为防止罐内进空气导致泡沫液变质，通气管(宜采用 DN50mm 管)上的阀门(阀门可采用电磁阀或电动阀门)平时是关闭的，但在开泵前必须打开。放空管直径一般选用 DN150mm，溢流管直径应不小于进液管的直径。为了便于定期取样分析泡沫液的质量，应在贮罐的高、低液位处各设 DN15mm 取样口一个。卧式和立式泡沫液贮罐见图 2-142、143。

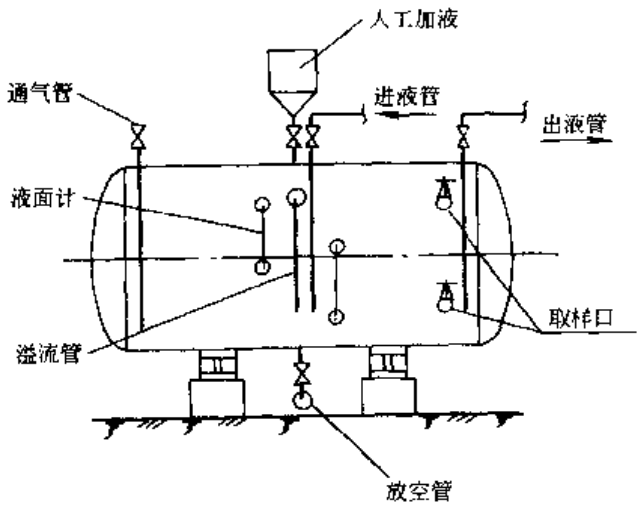


图 2-142 常压泡沫液贮罐

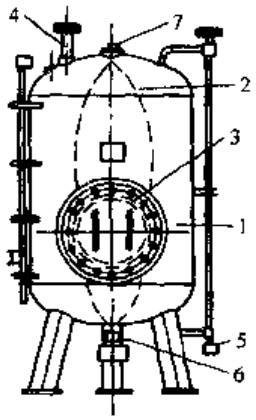


图 2-143 泡沫液贮罐

1—罐体;2—滤网;3—人孔;4—泡沫液注入孔;5—泡沫液出口;6—排水用短管;7—排气口

另外,有一种泡沫液贮罐与压力式比例混合器组合在一起,可由厂家配套供应。贮罐有卧式和立式两种形式。罐内又分有有隔膜和无隔膜。其作用原理:隔膜式是利用泵的水压力挤压隔膜排出泡沫液;无隔膜式是用水置换出泡沫液,通过比例混合器以设定的比例将混合成的泡沫混合液喷出。这类泡沫液贮罐和比例混合器的组合装置,见图 2-144、145。

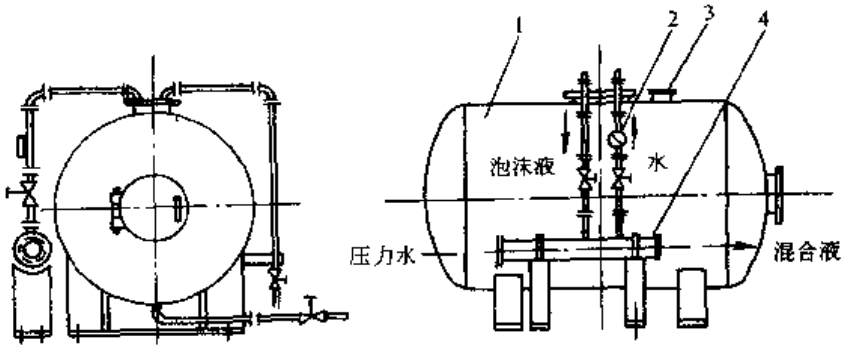


图 2-144 贮罐式压力比例混合器外形

1—泡沫液贮罐;2—压力表;3—加液口;4—比例混合器

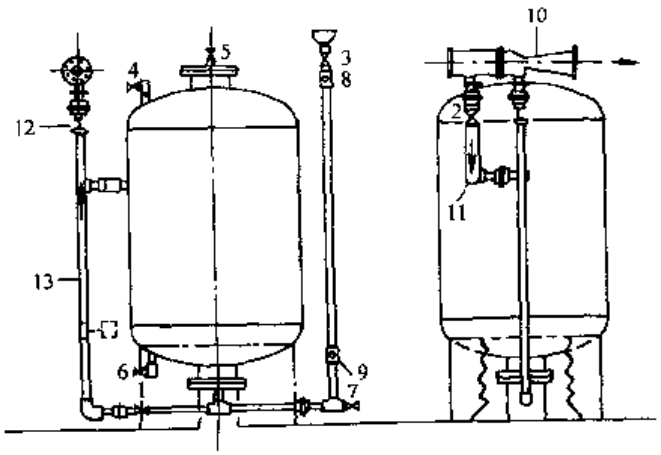


图 2-145 泡沫原液桶示意

1—出液管截止阀;2—压力水截止阀;3—补充管截止阀;4—罐体通气阀;5—隔膜液体通气阀;6—泄水阀;7—泡沫液排放阀;8—上部观察孔;9—下部观察孔;10—比例混合器;11—压水管;12—喷射止回阀;13—出液管

在半固定式或移动式泡沫灭火系统中，有时在比例混合器的下方需配用小容量的泡沫液贮存桶。此种贮存桶可选用聚乙烯塑料桶或不锈钢桶。

贮水池内的水主要用作制备泡沫混合液。在油罐区内，当外部给水管网不能供给罐体的冷却用水时，贮水池容积还需考虑供给罐体的消防冷却用水。贮水池的有效容积应超过计算用水贮量的 1.15 倍。

泡沫消防系统的贮水池可以单建，也可以与消防水用的贮水池合建。但不得与生活用水池合建，以防止泡沫液进入生活用水池内。水池总容量超过 1000m³ 时，应分设两个。两个水池间用连通管连接，中间装阀门。水池的补水时间不应超过 48h。贮水池一般采用钢筋混凝土结构，也可采用金属结构。同给水水池一样，泡沫灭火系统的贮水池也应有进水管、出水管、溢流管、排空管、通气管、人孔、水位指示计和低液位报警装置(引入泡沫泵站内)。

(7) 水泵和泡沫液泵：在泡沫灭火系统中水泵和泡沫液泵的设置与比例混合器的种类有关。在使用环泵式泡沫比例混合器的系统中，水泵和泡沫液泵是合一的，泵起着水和泡沫液的吸入、混合和输送作用。在使用管线式比例混合器和贮罐式压力比例混合器的系统中，只设置水泵，水泵输送的是水，经过比例混合器后形成泡沫混合液。在压力式比例混合器和平衡压力比例混合器的系统中，水泵和泡沫液泵需单独设置，分别将水和泡沫液压送至比例混合器形成泡沫混合液后送往泡沫产生器。

水泵可采用普通清水泵。根据计算流量和采用比例混合器(或泡沫产生器)的工作压力、水管及水带的水头损失、以及水池最低水位与比例混合器(或泡沫产生器)之间的高程差之和求得泵所需的总扬程来选择水泵。

泡沫液泵宜采用耐腐蚀泵。泡沫液对泵体不应产生腐蚀、起泡和胶粘现象，要特别注意泵密封材料的种类。泡沫液泵的流量、扬程计算和选泵类同水泵。

在选择水泵和泡沫液泵时应注意：当系统保护的贮罐大小不一，或保护几个大小不同的防护区时，水泵和泡沫液泵应按最大一个贮罐或防护区来选择，并且宜选用特性曲线平缓的泵。

(8) 管道和附件：

1) 泡沫液管道的工作压力：

① 低倍数系统：一般为 0.7MPa 左右。

② 中倍数系统、高倍数系统：不宜超过 1.2MPa。

2) 管道内液体流速和管径：

① 管道内液体流速控制范围，见表 2-109。

管道内液体流速范围　　表 2-109

系统 \ 规定		管内流速	其它
低倍数灭火系统	泡沫混合液管道	不宜大于 3m/s，也不得低于 2m/s	管道长度不宜超过 200m，输送时间不得超过 100s
	泡沫液管道(液下喷射)	一般不大于 3m/s	
中、高倍数灭火系统	水　管	主管道内流速不宜超过 5m/s，在支管道内流速不应超过 10m/s	
	泡沫混合液管道		
	泡沫液管道		

② 在知道泡沫混合液管内流量后，按表 2-110 选择管径。

泡沫混合液管管径选择 **表 2-110**

泡沫混合液流量(L/s)	泡沫混合液管管径(mm)	泡沫混合液流量(L/s)	泡沫混合液管管径(mm)
4	65	16	100
8	80	24	150

3) 管材：泡沫灭火系统管道管材的选择同管道的工作状态，即干式和湿式有关。所谓干式管道，即在平时无火警时管内无液体介质的管道。反之，在平时无火警时管内充满泡沫混合液的管道称湿式管道。两类管道的管材及防腐等要求，见表 2-111。

管材的选择及要求 **表 2-111**

管道种类 \ 管材及要求		管材		防腐要求	其它
干式管道	低倍数灭火系统	焊接钢管		管外壁应进行防腐处理	
	中倍数灭火系统	无缝钢管	管道过滤器与泡沫发生器之间宜选用不锈钢管		
	高倍数灭火系统	镀锌钢管			
湿式管道	低、中、高倍数灭火系统	不锈钢管或碳素钢管		采用碳素钢管时，内、外均应进行防腐处理	在寒冷季节有冰冻的地区，应采取防冻措施

当管道采用法兰连接时，其垫片应采用石棉橡胶垫片。

4) 管道附件的设置：各类系统中阀、过滤器等管道附件的设置要求，见表 2-112。

管道附件的设置要求 **表 2-112**

使用场合 \ 管道附件	控制阀	管道过滤器	止回阀	压力开关	压力表	备注
压力式或平衡压力式比例混合器的水和泡沫液入口	设	设	设	设	设（在管道过滤器两端）	
管线式比例混合器入口前		设			设（在管道过滤器两端）	
高倍数灭火系统泡沫发生器前	设	设			设（在管道过滤器两端）	

(9) 泡沫泵站：固定式泡沫灭火系统均设泡沫泵站。在设计泡沫泵站时，应注意以下几点：

1) 泡沫泵站宜与消防水泵房合建。

2) 泡沫消防泵宜采用自灌式引水启动。每台泡沫消防泵都应有自己的吸水管，以提高

可靠性，减少互相影响。吸水管上应设置真空压力表或真空表。对自灌式启泵，吸水管上应设阀门。出水管上应设置压力表、止回阀和阀门。当泡沫消防泵出水管管径大于 300mm 时，宜采用电动、气动或液动阀门。

3）泡沫消防泵的出水管应设回流管，以防止超压和停泵时发生水锤作用。在回流管上设安全阀或泄压阀。

4）泡沫泵站内宜配置泡沫枪，用以扑灭泵站及附近的火灾及检测混合液的性能指标。

5）泡沫泵站应有双电源或双回路供电，消防泵的电源应与其它用电的线路分开。

6）泡沫泵站应设有与本单位消防站或消防值班室直接联络的通讯设备。

7）设备和管线的涂色规定：泡沫消防泵、给水管道涂绿色；泡沫混合液管道、泡沫管道、泡沫液贮罐、泡沫比例混合器涂红色。

2.6.3 低倍数泡沫灭火系统

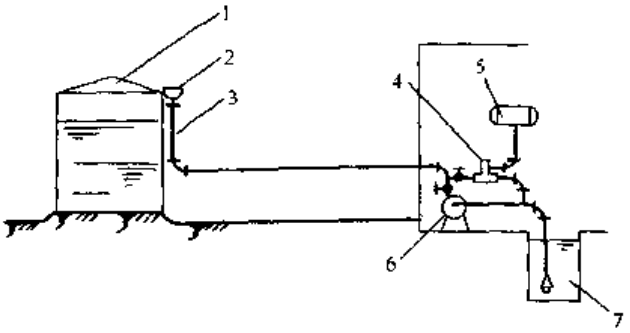


图 2-146　固定式液上喷射泡沫灭火系统

1—油罐；2—泡沫产生器；3—泡沫混合液管道；4—比例混合器；5—泡沫液罐；6—泡沫混合液泵；7—水池

低倍数泡沫灭火系统可分为固定式、半固定式、移动式和喷淋四类。其中固定式又有液上或液下喷射泡沫灭火系统（见图 2-146、147）主要用于室外油罐或溶剂罐的灭火，其工作过程是油罐或溶剂罐起火后，用自动或手动装置启动水泵，打开泵出口阀门，由环泵式泡沫比例混合器将水和泡沫液以一定的比例混合，再通过管道输送到位于油罐内壁上方（液上）或管道中间（液下）的泡沫产生器，形成的空气泡沫覆盖于油面之上，将火窒息。

半固定式泡沫灭火系统也分液上或液

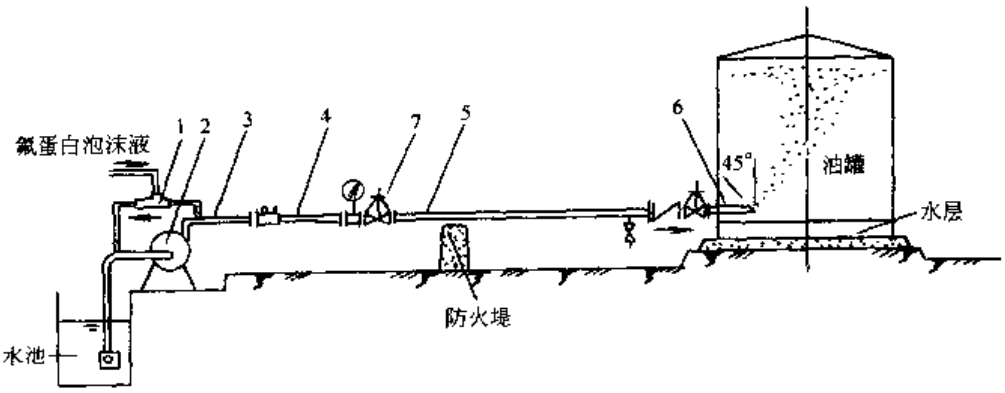


图 2-147　固定式液下喷射泡沫灭火系统

1—环泵式比例混合器；2—泡沫混合液泵；3—泡沫混合液管道；4—液下喷射泡沫产生器；5—泡沫管道；6—泡沫注入管；7—背压调节阀

下喷射两种，其工作原理与固定式相同，不同的是将泡沫产生器、泡沫混合液管道等随油罐固定安装，而将泡沫混合液泵、比例混合器及泡沫液、水等由消防车现场提供，见图 2-148。

移动式泡沫灭火系统的水源取自室外消火栓、消防水池或天然水源；而泡沫混合液、泡沫混合器、泵、水带、泡沫枪或泡沫钩管等均由泡沫消防车在现场提供。

移动式泡沫灭火系统主要是作为固定式、半固定式泡沫灭火系统的辅助灭火设施，可设置在室外油罐区，也可设在地下汽车库。当设在地下汽车库时，水源可取自室内消火栓，每层宜设置移动式泡沫管枪 2 支。平时泡沫管枪、存有泡沫液的贮罐、泡沫比例混合器、水带等应集中存放在便于取用的地点。

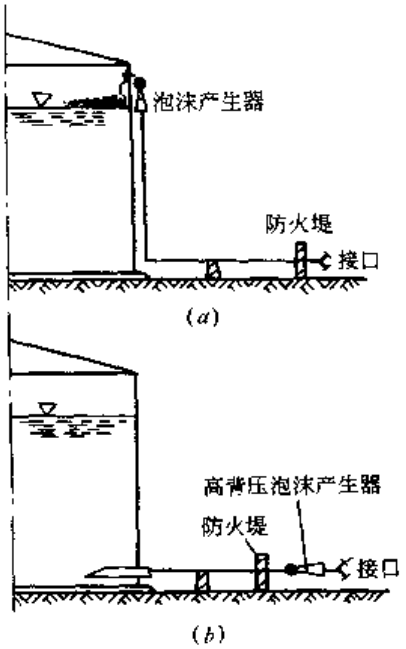


图 2-148 半固定式泡沫灭火系统
(a)液上喷射；(b)液下喷射

泡沫喷淋系统是低倍数泡沫灭火的又一种类型。它是通过喷头将泡沫均匀地喷洒在物体表面，用以在灭火初期保护或扑救由易燃、可燃液体引起的火灾。比如油泵房、燃油锅炉房、地下汽车库等。这些场合主要是油类引起的火灾，又由于易燃、可燃物品堆放复杂，使得泡沫流动受到阻挡，故设置泡沫喷淋系统比较适宜。泡沫喷淋系统作为一种新的消防技术，比自动喷水灭火系统更可靠、更优越，提高了灭火性能，节省了用水量，并能局部代替卤代烷灭火系统。它在建筑消防领域中的运用越来越引起人们的关注，也是本节介绍的重点。

2.6.3.1 固定式液上喷射泡沫灭火系统

(1) 适用范围：独立油库的地上固定顶立式贮罐或地上浮顶油罐以及油罐区防火堤内等火灾危险性大的场所。该系统是目前国内油罐灭火中采用最广泛的一种形式。缺点是，当油罐发生爆炸时，泡沫产生器或泡沫混合液立管有可能被拉坏，造成火灾失控。

(2) 设计计算：

1) 扑救贮罐火灾所需的泡沫混合液流量 Q_1：

$$Q_1 = FI \quad (\text{L/min}) \tag{2-44}$$

式中 Q_1——泡沫混合液流量(L/min)；

F——贮罐的燃烧面积(m^2)；

对固定顶罐、浅盘式和浮盘采用易熔材料制作的内浮顶贮罐，

$$F = \frac{\pi D_G^2}{4}$$

式中 D_G——罐的直径(m)；

对外浮顶贮罐，单、双盘式内浮顶贮罐，F 应按罐壁与泡沫堰板之间的环形面积计算；

I——泡沫混合液供给强度[$L/(min \cdot m^2)$]；

对固定顶罐、浅盘式和浮盘采用易熔材料制作的内浮顶贮罐，见表 2-113。

泡沫混合液供给强度　　**表 2-113**

液体类别		供给强度 I[L/(min·m²)]
非水溶性	甲、乙类	6.0
	丙类	
水溶性	丙酮、丁醇	12.0
	甲醇、乙醇、丁酮丙烯腈、乙酸乙酯	

注：表中未列出的水溶性液体，其泡沫混合液供给强度由试验确定。

液体的火灾危险性分类见表 2-114：

液体的火灾危险性分类　　**表 2-114**

储存液体火灾危险性类别	举例
甲	汽油、苯、甲苯、甲醇、乙醇、乙醚、丙酮、己烷、戊烷、环戊烷石脑油、二硫化碳、甲酸甲酯、乙酸甲酯、硝酸乙酯、60度及以上白酒等
乙	煤油、液氯、甲酸、冰醋酸、丁醚、异戊醇、丁烯醇、环己胺、乙酸丁酯、硝酸戊酯、松节油、溶剂油、樟脑油等
丙	闪点≥60℃的柴油、重油、机油、润滑油、植物油、动物油、蜡、沥青、糠醛、50度至60度的白酒等

对外浮顶贮罐，单、双盘式内浮顶贮罐，见表 2-115。

表 2-115

泡沫产生器		供给强度 I [L/(min·m²)]
型号	混合液流量 (L/min)	
PC4	240	12.5
PC8	480	

2）贮罐配置的泡沫产生器个数 n_1：对于固定顶罐、浅盘式和浮盘采用易熔材料制作的内浮顶贮罐：

$$\begin{cases} n_1 = \dfrac{Q_1}{q_1}, \text{圆整后取值} \\ n_1 \geqslant n_0 (\text{泡沫产生器最少设置数，见表 2-116}); \end{cases}$$

式中　q_1——每个泡沫产生器的流量(L/min)；

泡沫产生器最少设置数量 n_0　　**表 2-116**

贮罐直径(m)	泡沫产生器设置数量(个)	贮罐直径(m)	泡沫产生器设置数量(个)
<10	1	21～25	3
10～20	2	26～35	4

对于外浮顶贮罐，单、双盘式的内浮顶贮罐：

$$\begin{cases} n_1 = \dfrac{Q_1}{q_1}, \text{圆整后取值} \\ \dfrac{\text{贮罐圆周长}}{n_1} \leqslant \text{泡沫产生器的最大保护周长 } L, \text{见表 2-117。} \end{cases}$$

不能满足上述要求时，则增加 n_1 值。

泡沫产生器的最大保护周长 L 表 2-117

泡沫产生器型号	保护周长 L(m)	泡沫产生器型号	保护周长 L(m)
PC4	18	PC8	36

3) 泡沫混合液设计流量 $Q_{1设}$：根据实际采用的泡沫产生器数量 n_1，泡沫混合液设计流量 $Q_{1设}$，按式(2-45)计算：

$$Q_{1设} = n_1 q_1 \quad (\text{L/min}) \tag{2-45}$$

4) 扑救流散液体火灾所需泡沫混合液流量 Q_2，按式(2-46)计算：

$$Q_2 = n_2 q_2 \quad (\text{L/min}) \tag{2-46}$$

式中 n_2——配备的 PQ8 型泡沫枪支数，见表 2-118；

泡沫枪设置数量 表 2-118

贮罐直径(m)	配备 PQ8 型泡沫枪数(支)	贮罐直径(m)	配备 PQ8 型泡沫枪数(支)
<23	1	>33	3
23~33	2		

q_2——每支 PQ8 型泡沫枪的泡沫混合液流量，即 488L/min。

5) 系统所需的泡沫混合液流量 Q，按式(2-47)计算：

$$Q = Q_{1设} + Q_2 \quad (\text{L/min}) \tag{2-47}$$

6) 泡沫混合液总量 W，按式(2-48)计算：

$$W = W_1 + W_2 + W_G \quad (\text{m}^3) \tag{2-48}$$

式中 W_1——扑救贮罐火灾所需的泡沫混合液量(m^3)；

$$W_1 = Q_{1设} t_1 \times \frac{1}{1000} \quad (\text{m}^3) \tag{2-49}$$

式中 t_1——贮罐的泡沫混合液连续供给时间(min)，不小于表 2-119 所规定的数值；

贮罐泡沫混合液连续供给时间 表 2-119

液体类别		连续供给时间(min)
非水溶性	甲、乙类	40
	丙类	30
水溶性	丙酮、丁醇	30
	甲醇、乙醇、丁酮、丙烯腈、乙酸乙酯	25

W_2——扑救流散液体火灾的泡沫混合液量(m^3)；

$$W_2 = Q_2 t_2 \times \frac{1}{1000} \quad (\text{m}^3) \tag{2-50}$$

式中　t_2——扑救流散火灾的泡沫混合液连续供给时间(min)，不小于表 2-120 所规定的数值；

扑救流散液体火灾泡沫混合液连续供给时间　　表 2-120

贮罐直径(m)	连续供给时间(min)	贮罐直径(m)	连续供给时间(min)
<23	10	>33	30
23~33	20		

W_G——充满管道所需的泡沫混合液量(m^3)；

$$W_G = \frac{1}{4}\pi d^2 L$$

式中　d——泡沫混合液输送管道内径(m)；

L——泡沫混合液输送管道长度(m)。

7) 泡沫液总贮量 W_p，按式(2-51)计算：

$$W_p = Wb\% \quad (m^3) \tag{2-51}$$

式中　$b\%$——采用的泡沫液混合比，一般多用 6% 的混合比。

计算泡沫液总贮量，一般以最不利情况(最大的罐，或最远的罐)作为计算对象。对不同情况进行核算、比较，才能确定泡沫液的总贮量。当扑救流散液体火灾是采用泡沫消防车等其它手段时，则 W 计算时可扣去 W_2 值。

8) 贮水池容积 W_q 的计算：对于只设泡沫消防泵房，消防冷却水量由外部给水管网或另建消防水泵房供水时，可按配制泡沫混合液所需的水量来确定水池有效容量。

$$W_s = W(1 - b\%) \tag{2-52}$$

式中　W_s——配制泡沫混合液所需的水量(m^3)；

$b\%$——采用的泡沫液混合比。

若泡沫混合液和消防水泵共建一个泵房，合建一个水池时，则水池的容量应包括三部分：

$$W_q = W_s + W_z + W_L \tag{2-53}$$

式中　W_q——合建水池的总容积(m^3)；

W_z——着火油罐的冷却用水量(m^3)；

W_L——邻近油罐的冷却用水量(m^3)。

W_z、W_L 的计算可查阅《石油库设计规范》、《石油化工企业设计防火规范》等有关规范的规定。

9) 比例混合器与泡沫混合液管道的确定：根据计算得出的泡沫混合液流量 Q，查比例混合器的产品样本和表 2-110，确定比例混合器的型号、个数及泡沫混合液管道的管径。

国内目前采用环泵式比例混合器较多。在确定比例混合器个数时，应考虑备用，备用量可按 25% 考虑，但不少于一个。

10) 泵的参数计算与选择：根据泡沫混合液流量 Q 确定泵的流量。当采用环泵式比例混合器时，泵的流量应为 $1.1Q$。

泵的扬程，按式(2-54)计算：

$$H = h_0 + \Sigma h + h_{吸} + 0.01Z \tag{2-54}$$

式中 H——泵所需的扬程(MPa)；

h_0——最不利点的泡沫产生器的工作压力(MPa)；

Σh——泡沫混合液管道的沿程水头损失和局部水头损失之和(MPa)；

$h_{吸}$——泵的吸入水头损失(MPa)；

Z——最不利泡沫产生器与吸水池最低水位的高程差(m)。

(3) 其它规定：

1) 有关防火堤的规定：

有关防火堤的规定，见表2-121；

有关防火堤的规定　　表2-121

防火堤内坡脚线与罐的距离	立式贮罐	$\frac{1}{2}H$(罐壁高)
	卧式贮罐	≥3m
防火堤内的有效容积	固定顶罐	≥最大贮罐容积
	浮顶罐或内浮顶罐	≥最大一个贮罐容积的一半
	同时设有固定顶罐、浮顶罐和内浮顶罐时	应取以上两款的较大值
防火堤高度	立式贮罐	有效容积计算高度加0.2m，且不宜低于1m
	卧式贮罐	≥0.5m

2) 贮罐泡沫混合液管道做法规定：有关贮罐泡沫混合液管道安装示意，见图2-149。

3) 泡沫混合液管引至防火堤外的规定：装于固定顶罐、浅盘式和浮盘式内浮顶罐的泡沫灭火系统，每个泡沫产生器应采用独立的混合液管道引至防火堤外，且泡沫混合液立管的下部宜用金属软管与水平管道连接。对于外浮顶罐，单、双盘内浮顶罐，泡沫产生器独立设置的泡沫混合液立管，其下端每两根立管可以合并成一根管道引至防火堤外，并在立管与水平管道连接处，可不设金属软管。

(4) 示例：

【例】 某工厂罐区内设有1000m³的拱顶罐2个，罐内装轻柴油。油罐的外形尺寸参数如下：

底圈直径　　11.58m

罐壁高度　　10.58m

燃烧面积　　105.32m²

两罐的中心距离22m，泡沫泵房距两罐中心线45m，见图2-150。若泡沫系统用水和油罐的冷却用水均由泡沫泵房供给，试设计计算该泡沫灭火系统。

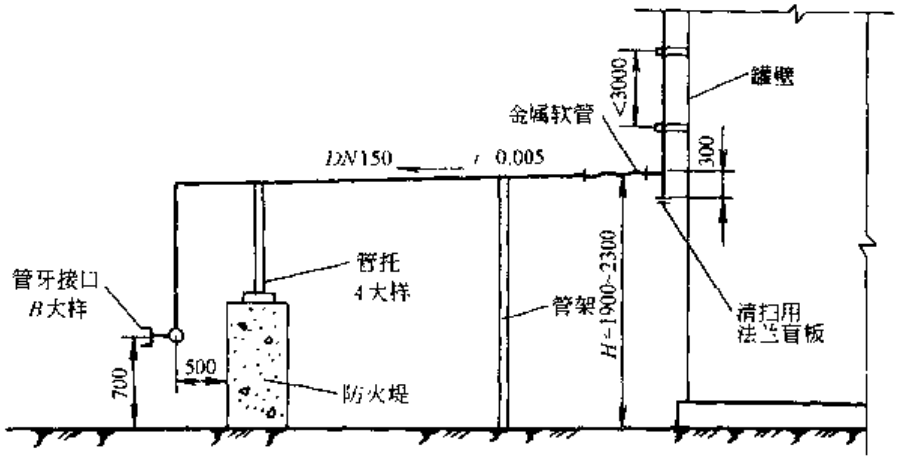
【解】 本设计采用固定式低倍数液上喷射泡沫灭火系统。

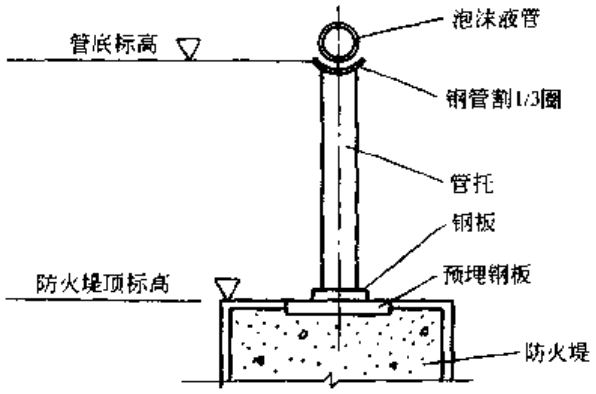
1) 防火堤的设置及核算：根据立式贮罐至防火堤内堤脚线的距离不应小于罐壁高度一半的规定，取防火堤内的净尺寸为46.0×24.0m。

在计算防火堤内的有效容积时，应扣除另一贮罐的占地面积，故防火堤的计算高度为

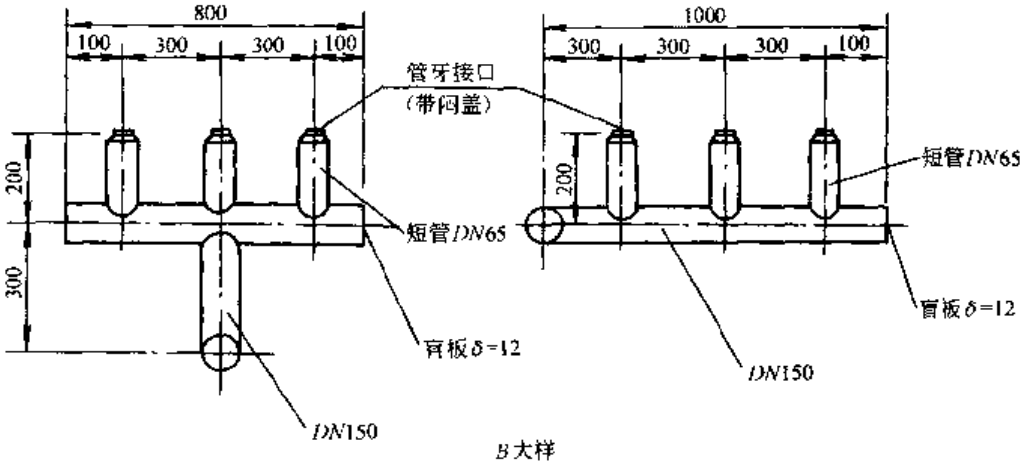
$$h = \frac{1000}{46\times24 - \frac{1}{4}\times3.14\times11.58^2} = 1.0\text{m}$$

防火堤的实高取1.2m。





A大样



B大样

(a)　(b)

图 2-149　空气泡沫混合液管道安装示意

(a)、(b)为接管的两种形式

2) 泡沫混合液流量计算：

① 扑救贮罐火灾所需的泡沫混合液流量 Q_1 为

$$Q_1 = FI = 105.32\text{m}^2 \times 6.0\text{L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2) = 631.92\text{L/min} = 10.532\text{L/s}$$

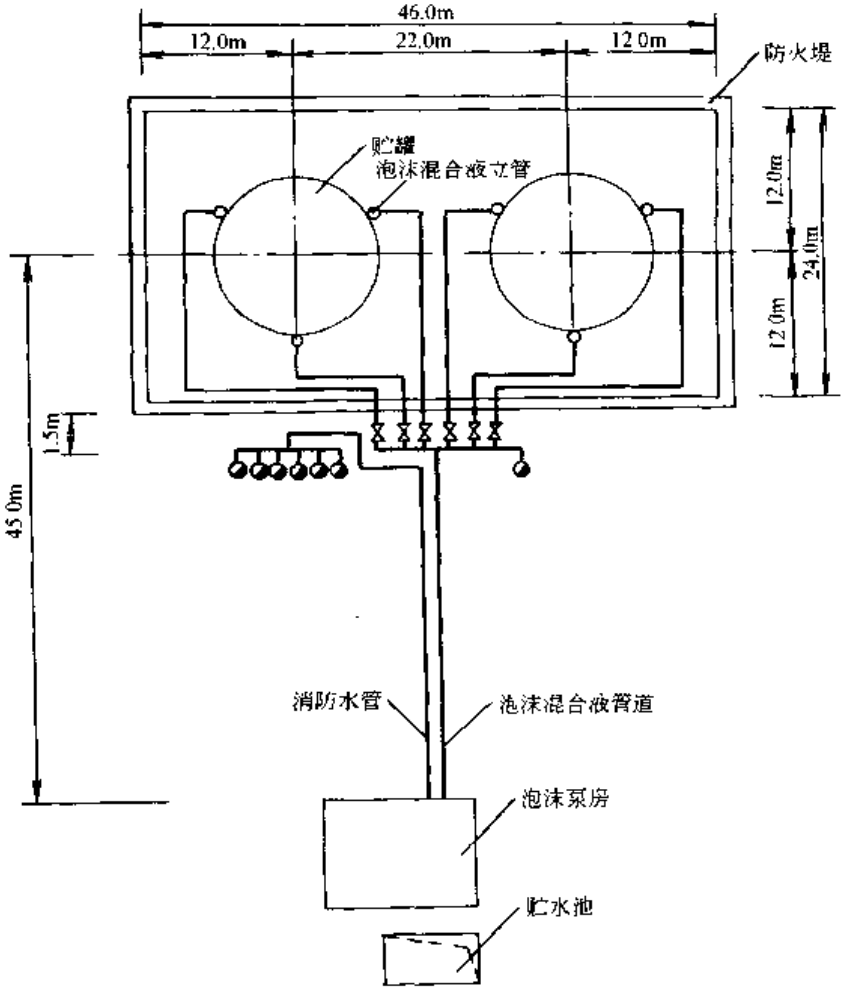


图 2-150

选用 PC4 型横式液上喷射型空气泡沫产生器，查产品样本 $q_1=4\text{L/s}$，则泡沫产生器的个数：

$$n_1=\frac{Q_1}{q_1}=\frac{10.532}{4}=2.633\text{ 个}$$

实取 $n_{1设}=3$。

则
$$Q_{1设}=n_{1设}q_1=12\text{L/s}=720\text{L/min}$$

② 扑救流散液体火灾所需泡沫混合液流量 Q_2 为

$$Q_2=n_2q_2$$

查表 2-118，需配套的 PQ8 型泡沫枪的支数 $n_2=1$ 支，每支泡沫枪的泡沫混合液流量 $q_2=8\text{L/s}$。

得
$$Q_2=1\times8=8\text{L/s}=480\text{L/min}$$

③ 系统所需的泡沫混合液流量 Q 为

$$Q=Q_{1设}+Q_2=20\text{L/s}$$

3) 泡沫液总贮量计算：

① 泡沫混合液总量 W：

ⅰ．扑救贮罐火灾所需的泡沫混合液量 W_1：查表 2-119，拱顶罐泡沫连续供给时间不应小于 40min，则

$$W_1 = Q_{1设} t_1 = 720 \times 40 = 28800\text{L} = 28.8\text{m}^3$$

ⅱ．扑救流散火灾的泡沫混合液量 W_2：查表 2-120，扑救贮罐直径＜23m 油罐罐区流散火灾泡沫连续供给时间，不应小于 10min。则

$$W_2 = Q_2 t_2 = 480 \times 10 = 4800\text{L} = 4.8\text{m}^3$$

ⅲ．充满管道所需的泡沫混合液量 W_G：按泡沫混合液管道的流速不大于 3m/s 的要求确定管径。

泵房至防火堤外分配管：

$Q = 20\text{L/s}$，采用 $\phi 114 \times 4$ 钢管，$i = 0.107$

分配管至各泡沫产生器支管：

$Q = 4\text{L/s}$，采用 $\phi 75 \times 3.75$ 钢管，$i = 0.0468$

至最远泡沫产生器：

$\phi 114 \times 4$ 钢管 36m，$\phi 75 \times 3.75$ 钢管 45m

管道容积 W_G：

$$\Sigma \frac{\pi}{4} d_i^2 L_i = \frac{3.14}{4}(0.106^2 \times 36 + 0.068^2 \times 45) = 0.48\text{m}^3$$

则泡沫混合液总量：

$$W = W_1 + W_2 + W_G = 28.8 + 4.8 + 0.48 = 34.08\text{m}^3$$

② 泡沫液总量 W_p：采用 6%型蛋白泡沫液，则

$$W_p = W \times 6\% = 34.08 \times 6\% = 2.04\text{m}^3$$

4) 比例混合器的选择：$Q = 20\text{L/s}$。查比例混合器产品样本，选用 2 台 PH32 型环泵式泡沫比例混合器，一台指针指在“16”，一台指针指在“4”，即可满足要求。

5) 泡沫混合液泵的选择：

① 按罐顶空气泡沫产生器工况计算：

ⅰ．泵的流量：　$Q_{泵} = 1.1Q = 22\text{L/s}$

ⅱ．泵的扬程：　$H_{泵} = h_0 + \Sigma h + h_{吸} + 0.01Z$

ⅲ．PC4 型泡沫产生器工作压力：$h_0 = 0.5\text{MPa}$

ⅳ．泡沫混合液管道的水头损失(沿程＋局部)：

$$\Sigma h = 1.2 \times (36 \times 0.107 + 45 \times 0.00468) = 4.88\text{m} = 0.0488\text{MPa}$$

ⅴ．泵吸水管水头损失：　$h_{吸} = 0.5\text{m} = 0.005\text{MPa}$

ⅵ．最不利泡沫产生器与吸水池最低水位的高程差：$Z = 13.5\text{m}$

$$H_{泵} = 0.5 + 0.0488 + 0.005 + 0.01 \times 13.5 = 0.689\text{MPa}$$

② 按泡沫枪工况计算：

ⅰ．泵的流量：　$Q_{泵} = 22\text{L/s}$

ⅱ．泵的扬程：　$H'_{泵} = h'_0 + \Sigma h' + h_{吸} + h_{带} + 0.01Z'$

ⅲ．PQ8 型泡沫枪工作压力：　$h'_0 = 0.7\text{MPa}$

ⅳ．泡沫混合液管道的水头损失(沿程＋局部)：

$$\Sigma h' = 1.2 \times 36 \times 0.107 = 4.62\text{m} = 0.0462\text{MPa}$$

Ⅴ. 泡沫混合液泵吸水管水头损失：$h_{吸} = 0.5\text{m} = 0.005\text{MPa}$

Ⅵ. 衬胶水龙带水头损失： $h_{带} = 4.7\text{m} = 0.047\text{MPa}$

Ⅶ. 泡沫枪位置与吸水池最低水位的高程差：$Z' = 2.5\text{m}$

$$H'_{泵} = 0.7 + 0.0462 + 0.005 + 0.047 + 0.01 \times 2.5 = 0.832\text{MPa}$$

按 $Q_{泵}$和$H'_{泵}$选择泡沫混合液泵。

6) 水泵的选择：油罐冷却采用移动冷却方式。根据《石油库设计规范》(修订本)，固定顶着火油罐冷却水供给强度为0.6L/(s·m)，计算长度为油罐周长；相邻不保温油罐冷却水供给强度为0.35L/(s·m)，计算长度为油罐周长的一半。则

油罐的冷却水量：

$$Q_{冷} = 0.6 \times 3.14 \times 11.58 + 0.35 \times 3.14 \times 11.58 \times \frac{1}{2}$$

$$= 28.18\text{L/s}$$

油罐的周长为36.36m，每支水枪能保护8～10m油罐壁，则冷却着火油罐需4支水枪，冷却相邻油罐需2支水枪。

水枪采用 ϕ16mm 口径，15m 充实水柱，25m 长、*DN*65mm 衬胶水带。每支水枪流量4.8L/s，水枪进口水压0.29MPa，水带水头损失0.01MPa。

冷却用水输水管采用 *DN*150mm 给水铸铁管，长为38m。当通过流量 $Q_{冷} = 4.8 \times 6 = 28.8\text{L/s}$ 时，水力坡降 $i = 0.0347$。消火栓与吸水池最低水位的高程差2.5m，泵吸入管的水头损失取0.5m，则水泵的扬程：

$$H_{冷} = 0.29 + 0.01 + 0.01 \times (2.5 + 0.5 + 1.2 \times 0.0347 \times 38)$$

$$= 0.346\text{MPa}$$

按 $Q_{冷}$和$H_{冷}$选择水泵。

7) 水池容积计算：

① 配制泡沫混合液所需的水量 W_s：

$$W_s = W(1 - 6\%) = 34.08 \times 94\% = 32.04\text{m}^3$$

② 油罐冷却所需的水量 W_t：按《石油库设计规范》(修订本)规定，直径小于20m的固定顶罐，冷却水供给时间为4h。

$$W_t = \frac{1}{1000} \times 28.8 \times 3600 \times 4 = 414.72\text{m}^3$$

③ 水池在冷却时间内的补充水量 W_0：水池补充水管采用 *DN*100mm 铸铁给水管，有保证的补水流量为30m³/h。

$$W_0 = 30 \times 4 = 120\text{m}^3$$

水池的有效容积 V 应为

$$V = W_s + W_t - W_0 = 32.04 + 414.72 - 120 = 326.76\text{m}^3$$

选用400m³矩形钢筋混凝土水池1座。水池采用半地下式(使水泵及泡沫液混合泵能自灌)，其最高水位与泡沫混合液泵吸入口的高程差控制在3m以内。

2.6.3.2 固定式液下喷射泡沫灭火系统

(1) 适用范围：该系统适用于独立油库的地上固定顶立式常压贮罐。

(2) 设计计算：该系统的设计计算除以下内容外，其余同液上喷射系统。

1) 计算扑救贮罐火灾所需泡沫混合液流量 Q_1 时，泡沫混合液供给强度 I 和连续供给时间 t，见表 2-122。

贮罐泡沫混合液供给强度和连续供给时间　　表 2-122

泡沫混合液供给强度 I[L/(min·m²)]	连续供给时间 t(min)
6	30

根据确定的泡沫产生器数量和产品样本提供的液下泡沫产生器的泡沫混合液工作流量求得 $Q_{1设}$。

2) 泡沫喷射口的设计：根据算得的 $Q_{1设}$及产泡倍数求得泡沫量 Q_{pL}。

$$Q_{pL}=Q_{1设}X \quad (L/s) \tag{2-55}$$

式中　X——产泡倍数，按 3 倍计算；

每个喷射口的直径 $D_{喷}$，按式(2-56)计算：

$$D_{喷}=\sqrt{\frac{4Q_{pL0}}{\pi v}} \quad (m) \tag{2-56}$$

式中　$D_{喷}$——喷射口直径(m)；

Q_{pL0}——每个喷射口的泡沫流量(L/s)，并换算成(m^3/s)为

$$Q_{pL0}=\frac{Q_{pL}}{n} \tag{2-57}$$

v——泡沫进入油品的流速(m/s)，一般不应小于 3m/s；

n——喷射口设置数量，根据表 2-123 选定。

喷射口设置数量　　表 2-123

贮罐直径(m)	喷射口数量(个)	贮罐直径(m)	喷射口数量(个)
<23	1	>33	3
23～33	2		

3) 泡沫管道的计算：根据算得的 Q_{pL}及 $D_{喷}$计算泡沫管道的阻力损失，按式(2-58)计算：

$$h_0=CQ_{pL}^{1.72} \tag{2-58}$$

式中　h_0——泡沫管道单位长度水头损失(Pa/10m)；

C——管道水头损失系数，见表 2-124；

Q_{pL}——泡沫流量(L/s)。

泡沫管道水头损失系数 C　　表 2-124

管　径　(mm)	管道水头损失系数 C	管　径　(mm)	管道水头损失系数 C
100	12.920	250	0.210
150	2.140	300	0.111
200	0.555	350	0.070

泡沫管道上阀门和部分管件的当量长度，可按表 2-125 确定。

泡沫管道上阀门和部分管件的当量长度 **表 2-125**

当量长度(m) / 公称直径(mm) / 管件种类	150	200	250	300
闸阀	1.25	1.50	1.75	2.00
90°弯头	4.25	5.0	6.75	8.00
旋启式止回阀	12.00	15.25	20.50	24.50

泡沫管道的沿程和局部损失之和 H_3，按式(2-59)计算：

$$H_3 = 10^{-1} \times h_0 L_G \quad (\text{Pa}) \tag{2-59}$$

式中 L_G——管道的长度和配件的当量长度之和(m)。

4) 泡沫产生器 出口压力(即背压)H_P，按式(2-60)计算：

$$H_P = \frac{H_1}{10^6} + \frac{H_2}{10^2} + \frac{H_3}{10^6} \tag{2-60}$$

式中 H_P——泡沫产生器出口压力(MPa)，一般控制 $H_P < 0.175$MPa；

H_1——罐内油品的静压头(Pa)，

$$H_1 = \gamma h \quad (\text{Pa}) \tag{2-61}$$

其中 γ——油品重度(N/m³)，各厂生产的各种油品其 γ 值均不相同，设计时应取得所贮存油品的 γ 值来进行计算，表 2-126 中数字仅供参考；

各种油品 γ 值参考数据 **表 2-126**

名称	汽油	航煤	灯煤	轻柴油	重柴油	燃料油
重度(N/m³)	7250~7300	7750~8000	8100	8100~8400	8400~8600	9000~9200

h——喷射口与贮罐最高液面的垂直高差(m)；

H_2——泡沫产生器与油罐内泡沫喷射口的高程差(m)；

H_3——泡沫管道的沿程和局部损失之和(Pa)。

(3) 泡沫喷射口的做法规定：液下泡沫喷射口宜采用向上斜口型，其斜口角度宜为 45°，喷射管伸入罐内的长度不得小于喷射管直径的 10 倍。当只有一个喷射口时，喷射口宜设在贮罐中心；当设有一个以上喷射口时，应均匀设置，且各喷射口的流量应大致相同。泡沫喷射口的安装高度，应在贮罐水垫层之上。见图 2-151。

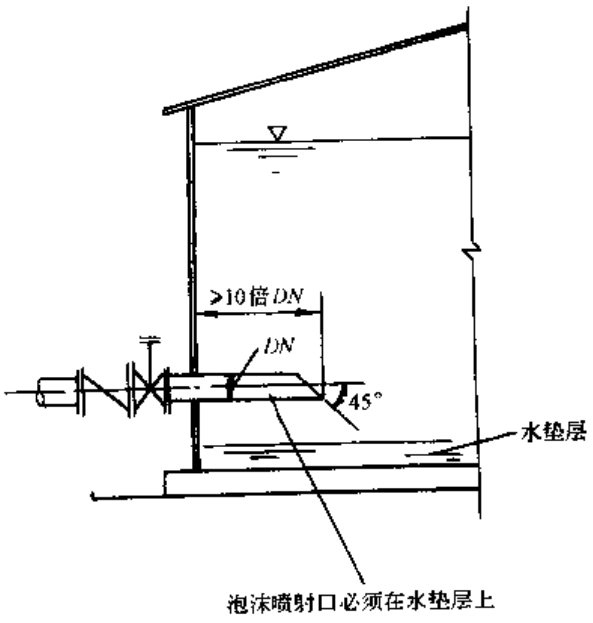


图 2-151 液下喷射口位置

图 2-152 为一例低倍数液下喷射泡沫灭火系统泵房布置。

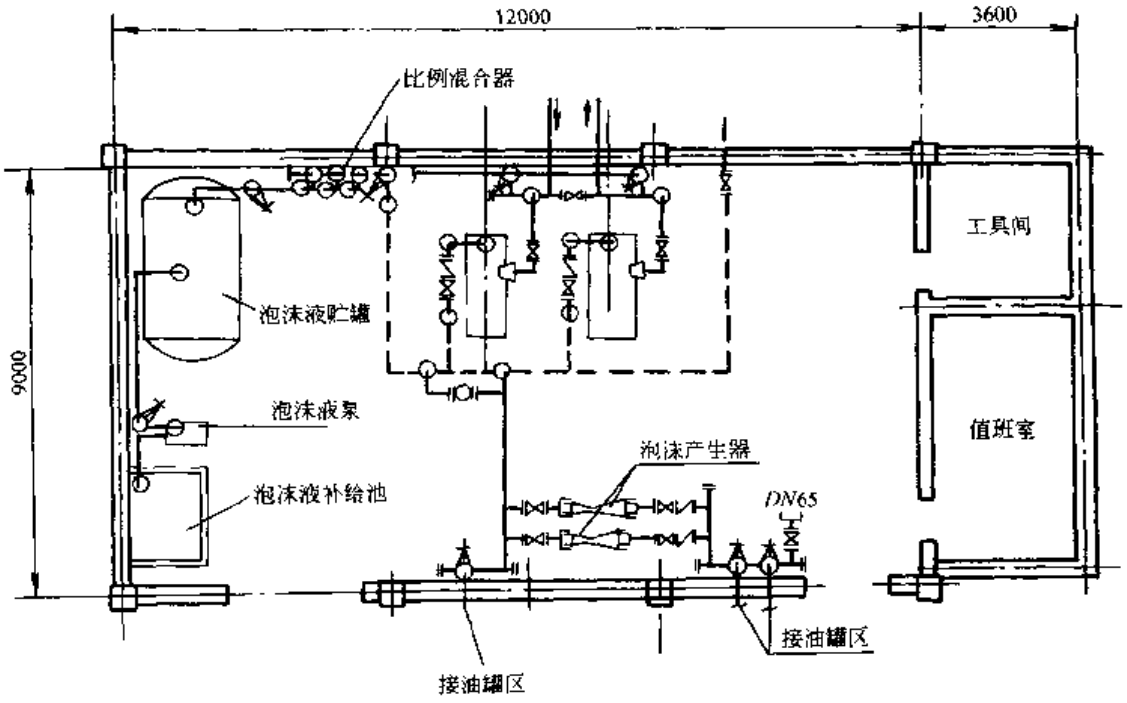


图 2-152　液下喷射泡沫灭火系统泵房布置

2.6.3.3　泡沫喷淋系统

(1) 适用范围:泡沫喷淋系统是通过泡沫喷头将泡沫均匀地喷洒在物体表面,用以初期保护或扑救由甲、乙、丙类液体(液体的火灾危险分类见表 2-114)引起的火灾,如油品栈桥、卧式油罐、油泵房、燃油锅炉房等场合。由于这些场合易燃、可燃物品堆放复杂,使得泡沫流动受到阻挡,又不宜用水灭火,故设置泡沫喷淋系统比较合适。

(2) 系统与组成:泡沫喷淋灭火系统有闭式系统和开式系统两种类型。

1) 闭式泡沫喷淋灭火系统:闭式泡沫喷淋系统一般由水池、水泵、泡沫贮存罐、泡沫比例混合器、湿式报警阀、水流指示器、管道、闭式喷头及末端试验装置等组成,见图 2-153。当有火情发生时,位于保护区的闭式喷头破裂喷水,启动该区域的水流指示器向消防控制室报警;又由于水流通过引起湿式报警阀阀芯前后水压不平衡,使湿式报警阀开启,由湿式报警阀上的水力警铃发出声响报警,压力开关启动水泵,打开泡沫贮罐进口至喷头喷出灭火。

在闭式泡沫喷淋系统中,闭式喷头、水流指示器、湿式报警阀等组件与闭式自动喷水灭火系统是相同的,在此不再介绍。应该指出的是,对泡沫系统来说,不论流量和压力如何变化,都要求有一个精确的混合比。闭式泡沫喷淋系统火情发生时,喷头开放的数量不是固定数,可能只有 1 个或几个,也可能作用面积内的喷头全部开放。因此,宜采用能确保在流量变化范围较大时仍能保证混合比精度的大范围比例混合器。

2) 开式泡沫喷淋灭火系统:开式泡沫喷淋系统根据水泵启动控制方法的不同可分为探头式和感知式两种。前者是利用安装于保护区内的感温、感烟探头发出信号,打开雨淋阀上的电磁阀及消防水泵,见图 2-154。

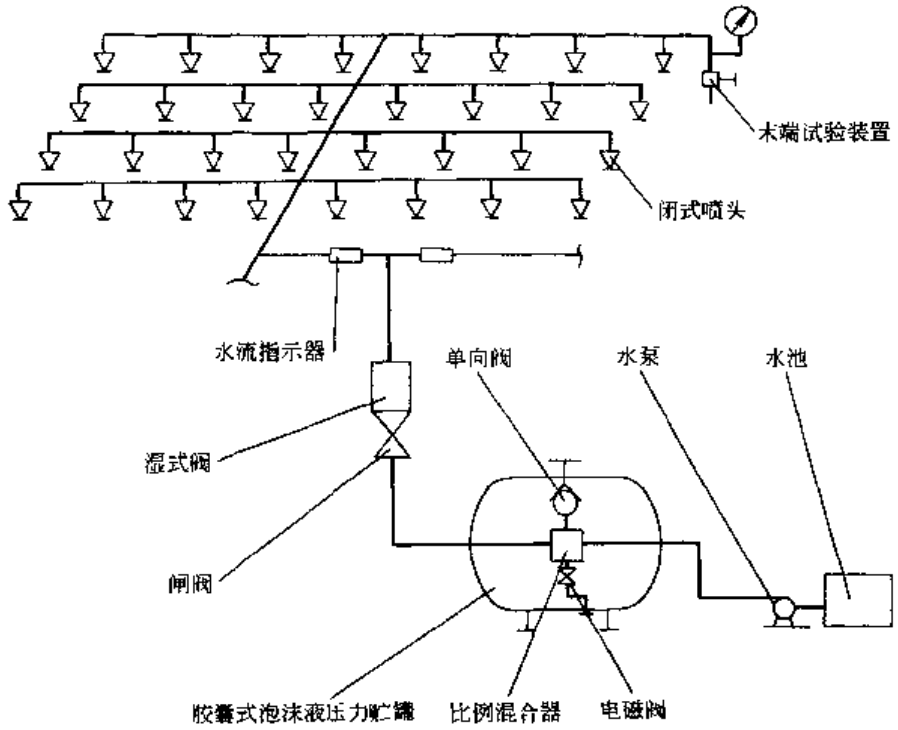


图 2-153 闭式泡沫喷淋灭火系统

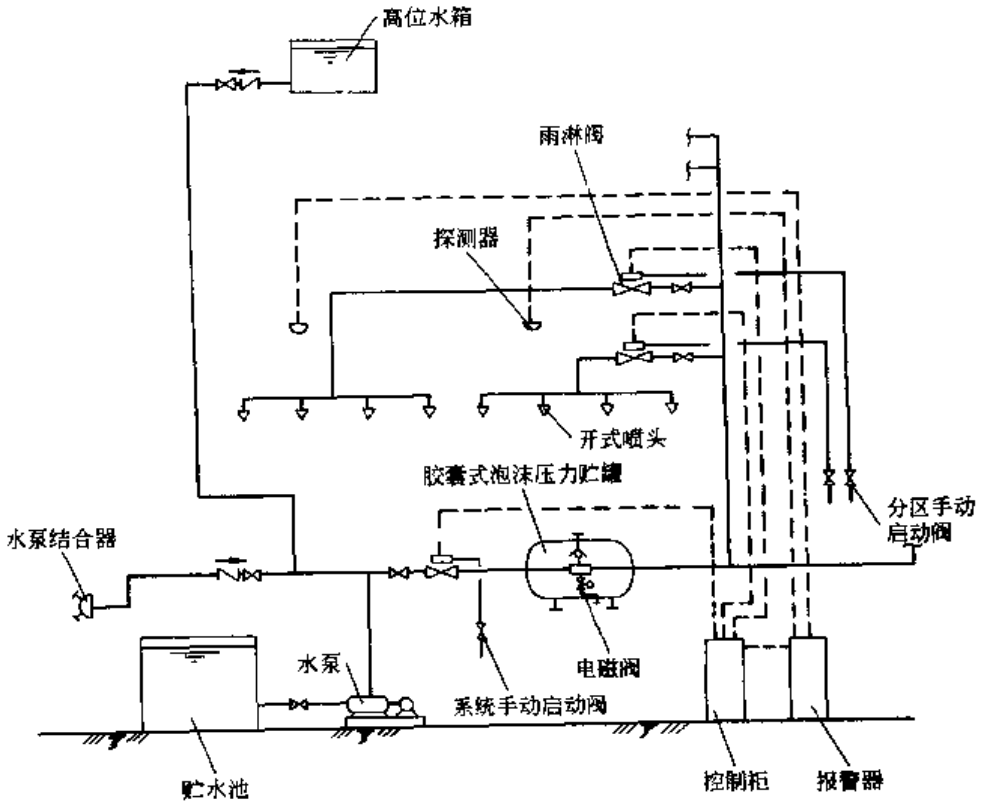


图 2-154 开式(探头式)泡沫喷淋灭火系统

在雨淋阀上的电磁阀打开的同时，水泵和泡沫液贮罐上的电磁阀也同时打开，这时经过压力比例混合器的泡沫混合液就不断地通过管道和喷头喷送至保护区灭火。另一种则是利用安装在天花板下的闭式喷水喷头，在发生火灾时，感温元件破裂后，由喷头喷出水流，引起管路内的水压变化而使雨淋阀动作，并由报警阀发出警报，压力开关动作，水泵启动。这时泡沫与水的混合液即流入管网，经泡沫喷头喷出灭火；见图 2-155。这种系统中采用的感知闭式喷头是动作温度为 68～74℃ 的普通闭式水喷头，喷头溅水盘距楼板距离约为 7.5～15cm。其布置形式和安装个数与泡沫喷头相同。

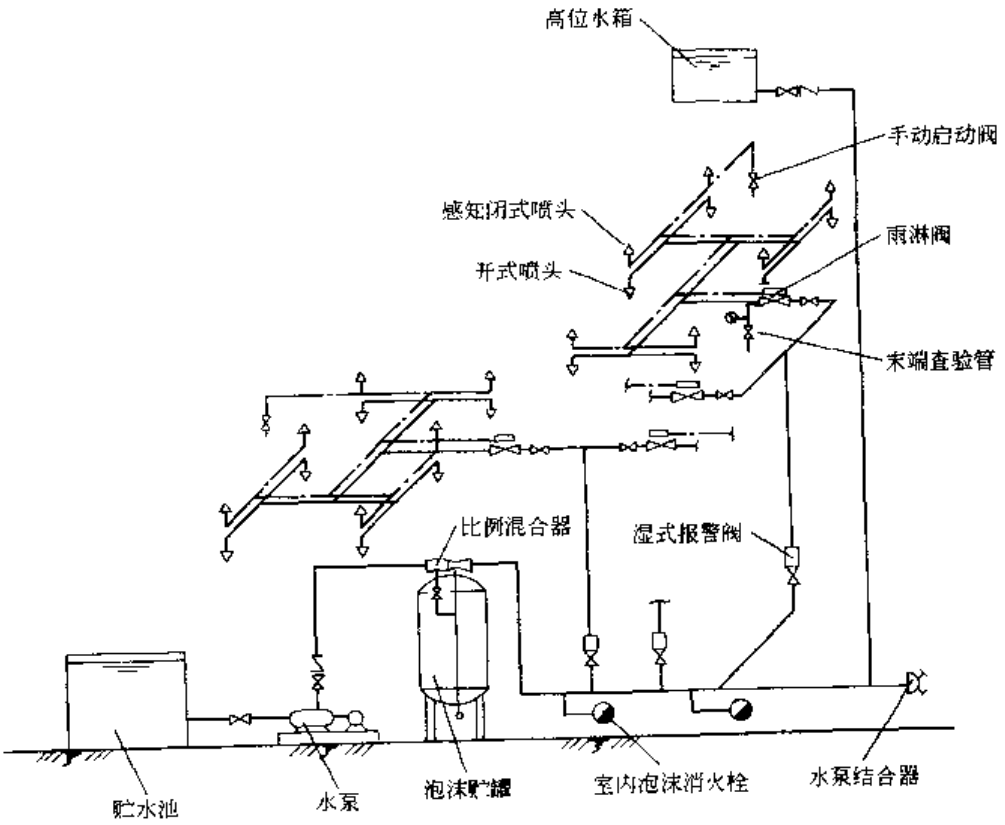


图 2-155　开式(感知喷头式)泡沫喷淋灭火系统

开式泡沫喷淋系统的设置，需注意几个问题：

① 整个开式系统可以是一个区，也可以分成几个分区，即几个子系统。这要视泡沫喷淋系统保护的面积而定。每个子系统一般可由 6～9 个喷头组成。每个喷头的保护面积为 9～10m^2。在开式系统的每个子系统中都应设雨淋阀。而在用感知水喷头的开式系统中，每个子系统同时还需设报警阀。当泡沫喷头动作或查验管测试时能发出报警信号。

② 开式系统的泡沫喷头可采用网式或筒式泡沫喷头。当采用开式洒水喷头时，泡沫液只能用水成膜型泡沫(AFFF)。

③ 在开式系统中，虽然不存在单个泡沫喷头喷洒的情况。但在着火时，是一个子系统喷洒、还是几个子系统同时喷洒，情况也不易确定。为了保证泡沫混合液有一个精确的混合比，建议采用大范围比例混合器。

④ 与自动喷水灭火系统喷水管网的末端需设置末端试水装置一样，开式泡沫喷淋系统

在每个子系统雨淋阀的一侧也应接出末端查验管，其作用是测试动作状态下的压力是否符合标准。查验管管径为 *DN*20mm，其上装有 *DN*20mm 球阀和压力表各 1 个。

⑤ 为了防止在失火时系统失灵，在每个分区的感知喷头管道上都应设手动启动开关，其作用为紧急时手动启动雨淋阀使泡沫喷出。手动启动开关的装置高度，一般距地面 0.8～1.5m，主体是一个 *DN*15mm 球阀。球阀设在带玻璃面板的箱体内，上面注明操作方法。

⑥ 为了保持系统处于伺服状态，开式系统雨淋阀前的管网内必须时刻充水。采取的措施有两条：一是将管网与高位水箱相连，其高度需满足雨淋阀或报警阀对水压的要求；二是在设主水泵的同时设稳压泵，设置方法可参照自动喷水灭火系统的有关做法。

(3) 设计计算：

1) 泡沫混合液流量计算与泡沫喷头数量确定：

① 初算泡沫混合液流量，按式(2-62)计算：

$$Q_L = IS \quad (L/min) \tag{2-62}$$

式中 Q_L——喷淋系统泡沫混合液初算流量(L/min)；

I——泡沫混合液供给强度[L(min·m^2)]。

对于建筑消防，一般由燃料油引起火灾，I 不小于 8L/(min·m^2)；

S——为保护区域面积(m^2)，即泡沫喷头的作用面积，可参照《自动喷水灭火系统设计规范》中三种不同火灾危险等级确定。当保护区域较小，其面积小于三种危险等级的作用面积时，按实际面积确定。

② 泡沫喷头数量确定：首先，根据保护区域平面尺寸布置喷头，一般每 10m^2 左右至少设置 1 个。有的泡沫喷头产品介绍，正方形布置时最大安装间距为 3m。这样就能求得保护区域内喷头设置的总数和该危险等级作用面积内喷头数 N。则设计混合液流量 $Q_{L设}$，按式(2-63)计算：

$$Q_{L设} = Nq_L \quad (L/min) \tag{2-63}$$

式中 $Q_{L设}$——设计泡沫混合液流量(L/min)；

q_L——所选喷头的工作流量(L/min)，一般可选取喷头标定工作压力下的喷液量。

若 $Q_{L设}=(1\sim1.5)Q_L$，说明喷头的选型和布置合理。否则，就要增加喷头数量，或根据喷头流量曲线，重新选择符合混合液流量要求的喷头工作压力。

2) 泡沫混合液量 W_L 按式(2-64)计算：

$$W_L = Q_{L设}t_L \quad (L) \tag{2-64}$$

式中 W_L——泡沫混合液量(L)；

t_L——连续供给泡沫混合液的时间(min)，对蛋白泡沫液和氟蛋白泡沫液，t_L 不应小于 10min。

3) 泡沫液量 W_p 计算和泡沫液贮罐选用，按式(2-65)计算：

$$W_p = W_L b\% \quad (L) \tag{2-65}$$

式中 W_p——泡沫液量(L)；

$b\%$——采用的泡沫混合比，在泡沫喷淋系统中有 3% 和 6% 两种，3% 用于扑灭非极性溶剂的火灾，6% 用于扑灭火溶性或极性溶剂火灾。

泡沫液贮罐的有效容积应为 $1.15W_p$。由于贮罐上的泡沫液出口管其管口距罐底高出0.15m,故有效容积应扣除管口以下的容积。

4) 配制泡沫混合液的水量和水池容积:当泡沫泵房与消防水泵房分开设置时,水池的有效容积应大于、等于配制泡沫混合液所需用水量的1.15倍。即

$$W_s \geqslant \frac{1.15}{1000} W_L(1-b\%) \quad (m^3) \tag{2-66}$$

式中　W_s——配制泡沫混合液所需的水量(m^3)。

若泡沫泵房与消防水泵房合建,并合用一个水池时,水池的容量除了配制泡沫混合液的水量外,还应包括消火栓、自动喷水灭火系统和水幕系统等的水量。

5) 比例混合器与泡沫混合液管道的确定:根据计算得到的泡沫混合液流量 $Q_{L设}$,查比例混合器的产品样本,确定型号和个数。在泡沫喷淋系统中,宜采用贮罐式大范围压力比例混合器,其性能见表2-99。

泡沫喷淋管道系统的水力计算可参考自动喷水灭火系统的计算方法。泡沫混合液管道直径选择,可查表2-110。管道材质可选用碳素钢管,内外进行防腐。

6) 泵的计算与选择:泵的流量即为泡沫混合液的流量 $Q_{L设}$。当采用环泵式比例混合器时,泵的流量应为 $1.15Q_{L设}$。

泵的扬程,按式(2-67)计算:

$$H = h_0 + \Sigma h_w + h_r + h_p + 0.01Z \quad (MPa) \tag{2-67}$$

式中　H——泵的计算扬程(MPa);

h_0——最不利泡沫喷头所需的工作压力(MPa);

h_p——大范围比例混合器的局部水头损失(MPa);

Σh_w——泡沫喷淋系统管道沿程水头损失和局部水头损失之和(MPa),由于泡沫混合液的粘度与水相近,故泡沫混合液管道的沿程和局部水头损失可查有关给水管道的计算公式与图表;

h_r——报警阀的局部水头损失(MPa),报警阀的局部水头损失的计算公式,见表2-53;

Z——最不利喷头与水池最低水位的高差(m)。

(4) 示例:

【例】 在高层公共建筑地下室有一间12m×9m的燃油锅炉房,需采用泡沫喷淋灭火系统加以保护。泡沫泵房就设在同层不远的房间内,试进行泡沫消防系统的设计计算。

【解】 根据现场情况,系统采用开式泡沫喷淋系统。

1) 燃油锅炉房内的泡沫喷头及管道布置,见图2-156。泡沫喷淋系统图,见图2-157。

2) 初算泡沫混合液流量 Q_L:对于燃油锅炉房,取 $I=8L/(min\cdot m^2)$;

$$S=(12-0.24)\times(9-0.24)=103m^2$$

$$Q_L=IS=8\times103=824L/min$$

3) 泡沫喷头数量的确定:燃油锅炉房内共布置12个泡沫喷头,则每个泡沫喷头的流量至少为 $\frac{Q_L}{N}=\frac{824}{12}=68.7L/min$。

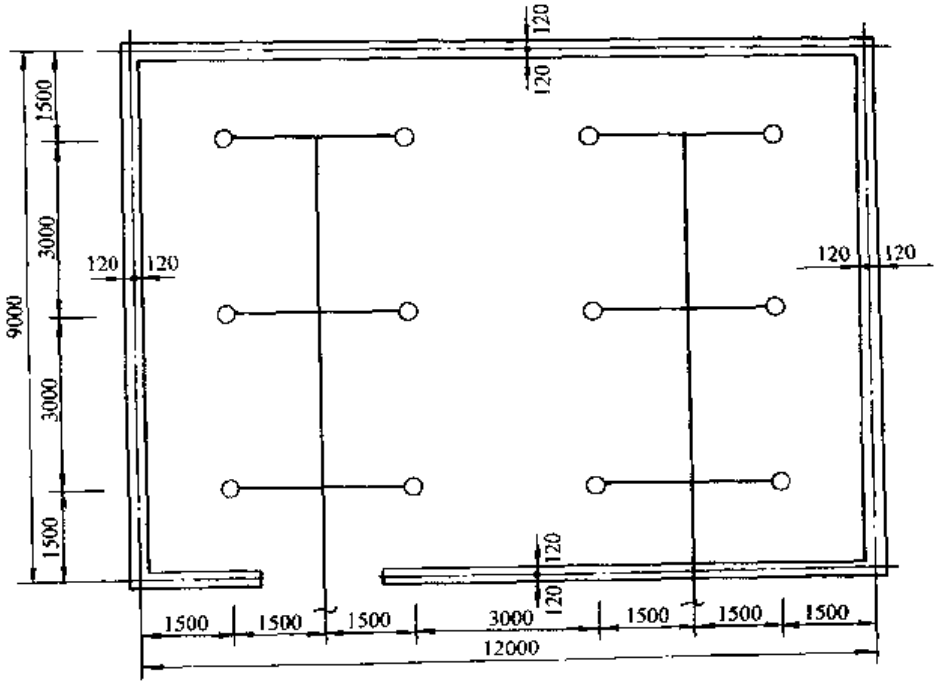


图 2-156 燃油锅炉房泡沫喷头布置

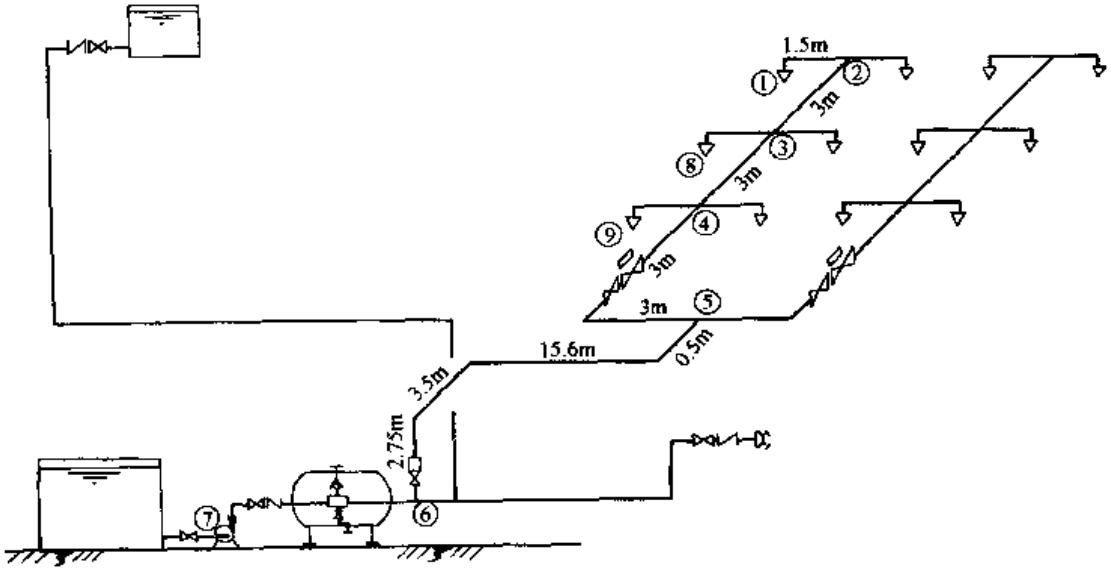


图 2-157 泡沫喷淋系统

选用 ZPTX-15 型筒式喷头(见表 2-108)。查产品流量曲线(见图 2-141),当喷头工作压力为 0.3MPa 时,其流量为 70L/min,能满足要求。

4) 系统管道的选择与计算:在计算泡沫混合液管道的沿程水头损失时,管道比阻值,可查表 2-127。

管道比阻值　　表 2-127

管材种类	公称管径 (mm)	A $Q(m^3/s)$	A $Q(L/s)$
镀锌(焊接)钢管	15	8909000	8.909
	20	1643000	1.643
	25	436700	0.4367
	32	93860	0.09386
	40	44530	0.04453
	50	11080	0.01108
	70	2898	0.002893
	80	1168	0.001168
	100	267.4	0.0002674
	125	86.23	0.00008623
	150	33.95	0.00003395
铸铁管	75	1709	0.001709
	100	365.3	0.0003653
	150	41.85	0.00004185
	200	9.029	0.000009029
	250	2.752	0.000002752
	300	1.025	0.000001025
无缝钢管	114×5.0	296.2	0.0002962
	140×5.5	93.61	0.00009361
	159×5.5	44.95	0.00004495
	219×6.0	7.517	0.000007517

计算局部水头损失时，管件当量长度，可查表 2-128。

管件局部水头损失当量长度(m)　　表 2-128

名称	DN(mm)										
	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250
45°弯管	0.21	0.21	0.43	0.43	0.64	0.64	0.86	1.1	1.5	1.9	2.4
90°弯管	0.43	0.64	0.86	1.1	1.3	1.5	2.2	2.6	3.1	3.9	4.8
三通或四通管	1.1	1.3	1.7	2.2	2.6	3.3	4.3	5.4	6.6	7.6	10.9
蝶阀	—	—	—	1.8	2.1	3.1	3.7	2.7	3.1	3.7	5.8
闸阀	—	—	—	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.9	1.2	1.5
止回阀	1.5	2.1	2.7	3.4	4.3	4.9	6.7	8.3	9.8	13.7	16.8
报警阀	—	—	—	6	12	—	18	24	30	46	62

采用自动喷水火火系统管网的水力计算方法进行如下计算：

①-②段：

$q_{12}=70\text{L/min}$，采用 $DN20\text{mm}$ 热镀锌钢管，

$A=1.643$，$l_{12}=1.5\text{m}$，

$$h_{w12}=Al_{12}q_{12}^2=1.643\times1.5\times\left(\frac{70}{60}\right)^2=3.35\text{m}$$

②-③段：

$q_{23}=140\text{L/min}$，采用 $DN25\text{mm}$ 热镀锌钢管，

$A=0.4367$，$l_{23}=3\text{m}$，$l_{三通}=1.1\text{m}$

$$h_{w23}=A\Sigma lq_{23}^2=0.4367\times(3+1.1)\times\left(\frac{140}{60}\right)^2=9.75\text{m}$$

喷头⑧的流量：在忽略①-②、⑧-③段压力降差值的情况下，以喷头①工作压力加 h_{w23} 的值查喷头流量曲线，得 $q_{83}=80\text{L/min}$。

③-④段：

$q_{34}=70\times2+80\times2=300\text{L/min}$，采用 $DN32\text{mm}$ 热镀锌钢管，

$A=0.09386$，$l_{34}=3\text{m}$，$l_{三通}=1.3\text{m}$

$$h_{w34}=A\Sigma lq_{34}^2=0.09386\times(3+1.3)\times\left(\frac{300}{60}\right)^2=10.09\text{m}$$

喷头⑨的流量：在忽略⑨-④与①-②段压力降差值的情况下，以喷头①工作压力加 h_{w23}、加 h_{w34} 的值查喷头流量曲线，得 $q'_{94}=88\text{L/min}$，此时 $h_{w94}=1.643\times1.5\times\left(\frac{88}{60}\right)^2=5.30\text{m}$。

喷头⑨的实际工作压力为 $30+9.75+10.09+(5.30-3.35)=51.8\text{m}$，查流量曲线得 $q_{94}=90\text{L/min}$。

④-⑤段：

$q_{45}=300+90\times2=480\text{L/min}$，采用 $DN50\text{mm}$ 热镀锌钢管，

$$A=0.01108,\quad l_{45}=3\text{m},\quad l_{三通}=2.2\text{m},\quad l_{弯头}=1.1\text{m}$$

$$l_{闸阀}=0.3\text{m},\quad h_{自喷}=2\text{m}$$

$$h_{w45}=A\Sigma lq_{45}^2=0.01108\times(3+2.2+1.1+0.3)\times\left(\frac{480}{60}\right)^2+2=6.68\text{m}$$

⑤-⑥段：

$q_{56}=2q_{45}=960\text{L/min}$，采用 $DN80\text{mm}$ 热镀锌钢管，

$A=0.001168$，$l_{56}=0.5+15.6+3.5+2.75=22.35\text{m}$

$l_{三通}=2.6\text{m}$，$l_{弯头}=3\times1.3=3.9\text{m}$

$$h_{w56}=A\Sigma lq_{56}^2=0.001168\times(22.35+2.6+3.9)\times\left(\frac{960}{60}\right)^2=8.62\text{m}$$

$$l_{报警}=12\text{m}$$

$$h_{报警}=0.001168\times12\times\left(\frac{960}{60}\right)^2=3.59\text{m}$$

⑥-⑦段：

$q_{67}=960\text{L/min}$，采用 $DN100\text{mm}$ 热镀锌钢管，

$A=0.0002674$，$l_{67}=4.5\text{m}$，$l_{三通}=4.3\text{m}$

$l_{闸阀}=0.6\text{m}$，$l_{止回}=6.7\text{m}$

$$h_{w67}=A\Sigma l q_{67}^2=0.0002674\times(4.5+4.3+0.6+6.7)\times\left(\frac{960}{60}\right)^2=1.10\text{m}$$

大范围比例混合器 $h_{f比}=0.000045\times960=0.0432\text{MPa}=4.32\text{m}$

①-⑦段总阻力损失：

$$\begin{aligned}\Sigma h_w&=h_{w12}+h_{w23}+h_{w34}+h_{w45}+h_{w56}+h_{w67}\\&=3.35+9.75+10.09+6.68+8.62+1.10\\&=39.59\\&=0.396\text{MPa}\end{aligned}$$

5) 泡沫混合液量 W_L 的计算：根据管网水力计算，$Q_{L设}=960\text{L/min}$，t_L 取 10min，

$$W_L=Q_{L设}t_L=960\times10=9600\text{L}$$

6) 泡沫液量 W_p 的计算和泡沫液贮罐的选用：泡沫混合比 b 取用 3%，

$$W_p=W_Lb\%=9600\times3\%=288\text{L}$$

泡沫液贮罐的有效容积应为 $1.15\times288=331.2\text{L}$。选用 $\phi600$，总长度 $L=2000\text{mm}$，容积为 400L 的卧式囊式贮罐一台。

7) 配制泡沫混合液水量 W_s 和水池容积：

$$\begin{aligned}W_s&\geqslant1.15\times\frac{1}{1000}W_L(1-b\%)\\&=1.15\times\frac{1}{1000}\times9600\times(1-3\%)\\&=10.7\text{m}^3\end{aligned}$$

由于不与水消防系统合用水池，故选用长×宽×高为 3000mm×2000mm×2000mm，有效容积为 11.10m^3 的玻璃钢水箱作为泡沫喷淋系统的吸水池。

8) 比例混合器的选择：选用 ZPHY-100/50 型大范围比例混合器 1 台。该比例混合器在 75～1875L/min 的流量范围内，都有较精确的混合比。

9) 水泵的扬程计算和水泵选择：水泵的扬程按下式计算：

$$H=h_0+\Sigma h_w+h_r+h_p+0.01Z$$

泡沫喷头的工作压力 $h_0=0.3\text{MPa}$；

大范围比例混合器局部水头损失 $h_p=0.043\text{MPa}$；

报警阀的局部水头损失 $h_r=0.036\text{MPa}$；

管线水头损失之和 $\Sigma h_w=0.396\text{MPa}$；

泡沫喷头与水池最低水位的高差 Z 取 3m。则

$$\begin{aligned}H&=0.3+0.396+0.043+0.036+0.01\times3\\&=0.805\text{MPa}\end{aligned}$$

水泵按 $Q=57.6\text{m}^3/\text{h}$、$H=80.5\text{m}$ 进行选择。

10) 泡沫喷淋系统的控制系统：该开式泡沫喷淋系统采用在保护区内布置感温、感烟探头的方式对系统进行控制。感温、感烟探头的布置应符合《火灾自动报警系统设计规范》的规定。当火灾发生时，感温、感烟探头在报警的同时，打开雨淋阀上的电磁阀，启动水泵产生泡沫灭火。

2.6.4 高倍数泡沫灭火系统

高倍数泡沫灭火系统是一种新型的泡沫灭火系统。它的特点是渗透力强、水渍损失小、灭火效率高、重量轻、对人无毒，并且不污染环境。

高倍数泡沫灭火系统可适用于下列场合：

(1) 固体物质仓库：如电气设备及器材仓库、高架立体仓库、汽车库、冷藏库、纺织品及棉花仓库等。

(2) 存放贵重仪器设备和物品房间：如计算机房、图书档案库、大型邮政楼、贵重仪器设备仓库等。

(3) 飞机检修机库和飞机发动机试验车间。

(4) 地下工程：如地下铁道、地下仓库、地下商店、电缆沟等。

(5) 矿井、地下坑道。

(6) 火灾危险厂房：如石油化工厂、油泵房、锅炉房、油漆厂、橡胶厂、原子能发电厂等。

高倍数泡沫灭火系统不用于扑救由硝化纤维、炸药等化学物质和强氧化剂，钾、钠、镁、钛和五氧化二磷等活泼金属和化学物质，封闭的带电设备等引起的火灾，也不用于扑救立式油罐内的火灾。

2.6.4.1 全淹没式泡沫灭火系统

(1) 系统与组成：全淹没式高倍数泡沫灭火系统特别适合于在不同高度上都存在火灾危险的大范围的封闭空间和有固定围墙或其它围挡设施的场所。

该系统一般采用固定式，由水泵、泡沫液泵、水池(或水箱)、泡沫液贮罐、比例混合器、泡沫产生器以及相应的管道、阀门、管道过滤器、压力开关等，再配以火灾探测器、报警装置和控制装置等组成。

该系统是将高倍数泡沫按规定的高度充满保护区域，并保持泡沫到需要的时间。在保护区域内的高倍数泡沫以全淹没的方式封闭火灾区域，阻止连续燃烧所必须的新鲜空气接近火焰，使其窒息、冷却，达到控制和扑灭火灾的目的。

(2) 设计与计算：

1) 泡沫混合液流量 Q_h 计算：

① 泡沫最小供给速率 R：

扑救 A 类(普通固体可燃物)和 B 类(油脂及可燃液体)火灾的高倍数泡沫灭火系统泡沫供给速率，按式(2-68、69)计算：

$$R=\left(\frac{V}{T}+R_S\right)C_NC_L \quad (m^3/min) \tag{2-68}$$

$$V=SH-V_g \quad (m^3) \tag{2-69}$$

式中 R——泡沫供给速率(m^3/min)；

V——淹没体积(m^3)；

S——防护区地面面积(m^2)；

H——泡沫淹没深度(m)：

ⅰ. 对 A 类火灾，H 不应小于最高保护对象的 1.1 倍，且应高出最高保护对象最高点 0.6m 以上；

ⅱ．对B类火灾的汽油、煤油、柴油或苯等 H 应高于起火部位2m，其它可燃液体 H 应由试验确定；

V_g——固定的机器设备等不燃物体所占的体积(m^3)；

T——淹没时间(min)，指从高倍数泡沫产生器开始喷发泡沫至充满防护区域内规定的淹没体积所需的时间。T 不宜超过表2-129规定的时间；

淹 没 时 间　　表 2-129

可　燃　物	单　位	高倍数泡沫灭火系统单独使用	高倍数泡沫灭火系统与自动喷水灭火系统联合使用
闪点不超过40℃的液体	min	2	3
闪点超过40℃的液体	min	3	4
发泡橡胶、发泡塑料、成卷的织物或皱纹纸等低密度可燃物	mm	3	4
成卷的纸、压制牛皮纸、涂料纸、纸板箱(袋)纤维圆筒、橡胶轮胎等高密度可燃物	min	5	7

C_N——泡沫破裂补偿系数，宜取1.15；

C_L——泡沫泄漏补偿系数，宜取1.05～1.2；

R_S——喷水造成的泡沫破泡率(m^3/min)：

ⅰ．当高倍数泡沫灭火系统与自动喷水灭火系统联合使用时，按式(2-70)计算：

$$R_S = L_S Q_R \quad (m^3/min) \tag{2-70}$$

其中　L_S——泡沫破泡率与水喷头排放速率之比，应取0.0748m^3/min；

Q_R——预计动作的最大水喷头数目的总流量。

ⅱ．当高倍数泡沫灭火系统单独使用时 R_S 可为零。

② 泡沫产生器的数量按式(2-71)计算：

$$N = \frac{R}{r} \quad (台) \tag{2-71}$$

其中　N——防护区泡沫产生器设置的计算数量(台)；

r——每台泡沫产生器在设定平均进口压力下的产泡量(m^3/min)。可查产品样本。实际选用产生器的台数 $N_{实}$ 应大于计算值。

③ 防护区的泡沫混合液流量 Q_h，按式(2-72)计算：

$$Q_h = N_{实} q_h \quad (L/min) \tag{2-72}$$

式中　Q_h——泡沫混合液流量(L/min)；

q_h——每台泡沫产生器在设定平均进口压力下泡沫混合液流量(L/min)。由产品样本可得。

2) 泡沫液总贮量计算：

① 防护区产泡用泡沫液流量 Q_p，按式(2-73)计算：

$$Q_p = KQ_h \tag{2-73}$$

式中　Q_p——泡沫液流量(L/min)；

K——混合比，根据所采用的泡沫液型号确定，一般宜采用3%泡沫液。

② 泡沫液贮量 W_p，按式(2-74)计算：

$$W_p = Q_p t \quad (L) \tag{2-74}$$

式中 W_p——泡沫液贮量(L)；

t——泡沫液和水连续供给时间(min)，可查表2-130。

泡沫液和水的连续供给时间 **表2-130**

系统名称	连续供给时间 t(min)	
	扑救A类火灾	扑救B类火灾
全淹没式	>25	>15
局部应用式	>12	>12

注：当局部应用式高倍数泡沫灭火系统用于控制液化石油气和液化天然气流淌火灾时，系统泡沫液和水的连续供应时间应超过40min。

3）水量计算：

① 防护区产泡用水流量 Q_S，按式(2-75)计算：

$$Q_S = Q_h(1 - K) \quad (L/min) \tag{2-75}$$

式中 Q_S——产泡用水流量(L/min)。

② 水贮量 W_S 按式(2-76)计算：

$$W_S = Q_S t \quad (L) \tag{2-76}$$

选用贮水设备时，其有效容积应超过计算水量的1.15倍。配制泡沫混合液的水温宜为5～38℃。

其它如水泵、泡沫液泵、比例混合器和管道、附件的计算及选用，可参照低倍数泡沫灭火系统的有关内容。

2.6.4.2 局部应用式泡沫灭火系统

局部应用式泡沫灭火系统有固定和半固定两种形式。工作时与全淹没式灭火系统基本相同，区别在于全淹没式系统灭火时是将防护区全部淹没，而局部应用式系统是在一个大防护区内进行局部应用，即服务范围较小。比如用于扑灭大厂房内火灾危险较大的试验间、地板下空间、高层建筑下层的汽车库、敞口罐、沟槽内火灾等。

局部应用式泡沫灭火系统的计算方法和公式，可参照全淹没式高倍数泡沫灭火系统，但要注意泡沫液和水连续供应时间的不同。当用于扑救A类和B类火灾时，系统泡沫液和水连续供应时间应超过12min；当控制液化石油气和液化天然气流淌火灾时，系统泡沫液和水连续供应时间应超过40min。

2.6.4.3 移动式泡沫灭火系统

该系统可单独设置，也可作为全淹没式和局部应用式灭火系统的补充使用，是建筑物内部火灾、地下工程火灾以及地面上由于燃烧液体泄漏引起的流淌火灾常用、简便而有效的灭火手段。采用的前提是火灾场所周围，应有固定或临时设置，用不燃或难燃材料组成的围挡。

移动式系统一般由手提式(或车载式)泡沫产生器、比例混合器、泡沫液桶、水罐消防车(或手抬机动泵)、水带、泡沫枪或泡沫钩管等组成，全部设备都是可移动的。

2.6.4.4 示例

【例】 某大型单层仓库内，单独设有一个贵重物品贮存库区需重点保护。该库区的平面尺寸为 20m×8.1m，四周有砖围墙隔断，但不封顶。围墙高 2.8m，贵重物品最大堆高 1.8m，物品以纸箱包装。仓库 24h 有人值班。该贵重物品库区拟采用高倍数泡沫灭火系统，试设计此灭火系统。

【解】 考虑到该仓库附近有专职城市消防队，且仓库 24h 有人值班，该贵重物品贮存库区采用半固定式局部应用高倍数泡沫灭火系统较为合适。其中，高倍数泡沫产生器、管道过滤器、阀门、管路、管牙接口固定安装，而比例混合器、水带、泡沫液桶及水源等由发生火灾时到现场的消防车供给。其工作原理，见图 2-158。

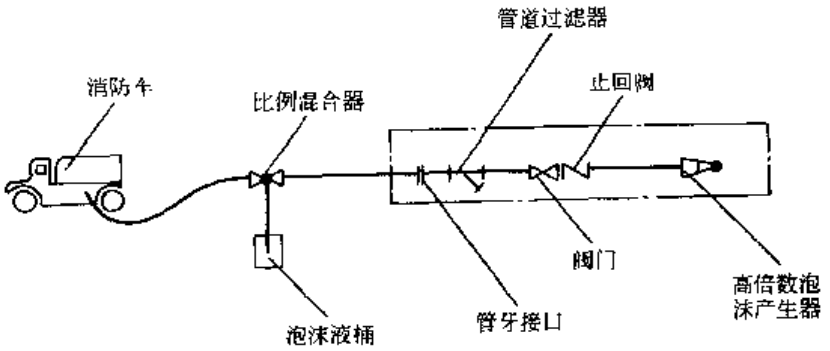


图 2-158

(1) 泡沫混合液流量计算：

1) 泡沫最小供给速率 R：贵重物品贮存库区面积 $S=20\times8.1=162\text{m}^2$；

泡沫淹没深度应高于物品最大堆高 0.6m 以上，即 $H=2.4\text{m}$；

物品以纸箱包装，故 $V_g=0$；

淹没体积 $V=162\times2.4=388.8\text{m}^3$；

淹没时间查表 2-129，纸箱包装的物体，取 $T=5\text{min}$；

C_N 取 1.15，C_L 取 1.12，R_S 为 0。代入式(2-68)后得

$$R=\frac{388.8}{5}\times1.15\times1.12=100.15\text{m}^3/\text{min}$$

2) 确定泡沫产生器：查样本，选用 PFS4 型水轮驱动式高倍数泡沫产生器 1 台。当泡沫混合液进液压力为 0.3MPa 时，产泡量为 $108\text{m}^3/\text{min}$，混合液流量 145L/min，产泡倍数 745 倍。

泡沫产生器安装在保护库区的砖围墙上，安装高度为 3.0m。具体位置要求灭火时泡沫能比较均匀地在整个防护区内形成。

3) 防护区泡沫混合液流量 Q_h：

当 $N_{实}=1$ 时，

$q_h=145\text{L/min}$。代入式(2-72)得

$$Q_h=1\times145=145\text{L/min}$$

(2) 泡沫液总贮量计算：采用 3%泡沫液，得 $Q_p=KQ_h=0.03\times145=4.35\text{L/min}$。

查表 2-130，泡沫液连续供给时间 $t=12\text{min}$，则泡沫液贮量：

$$W_p = Q_p t = 4.35 \times 12 = 52.2\text{L}$$

据此配置火灾现场需用的泡沫液贮罐。

(3) 水量计算：

1) 发泡用水流量 Q_S：

$$Q_S = (1-K)Q_h = (1-0.03) \times 145 = 140.65\text{L/min}$$

2) 水贮量 W_s：

$$W_s = Q_s t = 140.65 \times 12 = 1.69\text{m}^3$$

消防车水罐需要容积为 $1.69 \times 1.15 = 1.94\text{m}^3$。

(4) 比例混合器选择：查样本，选用 PHF4 型负压比例混合器 1 台与 PFS4 型水轮驱动式高倍数泡沫产生器配套使用。发生火灾时，接在消防车出水口，然后用水带与管牙接口连接。

(5) 管道及附件的选用：泡沫混合液流量 $Q_h = 145\text{L/min} = 8.7\text{m}^3/\text{h}$。

从管牙接口至管道过滤器选用 *DN*50mm 热镀锌钢管，从管道过滤器至泡沫产生器之间选用 $\phi 57 \times 4.5$mm 的不锈钢管。管道过滤器、阀门和止回阀的公称直径均为 *DN*50mm。管牙接口接至仓库墙外，便于消防车接近的地方。

2.6.5 中倍数泡沫灭火系统

该系统的组成、扑救对象及使用场所和高倍数灭火系统基本相同。唯一不同之处是中倍数灭火系统还能扑救立式钢制贮油罐内的火灾，图 2-159 为中倍数泡沫产生器安装示意。当用于扑救油罐内火灾时，其组成基本上与低倍数泡沫灭火系统相同；而当用于其它防护区时，又与局部应用式高倍数泡沫系统相似。

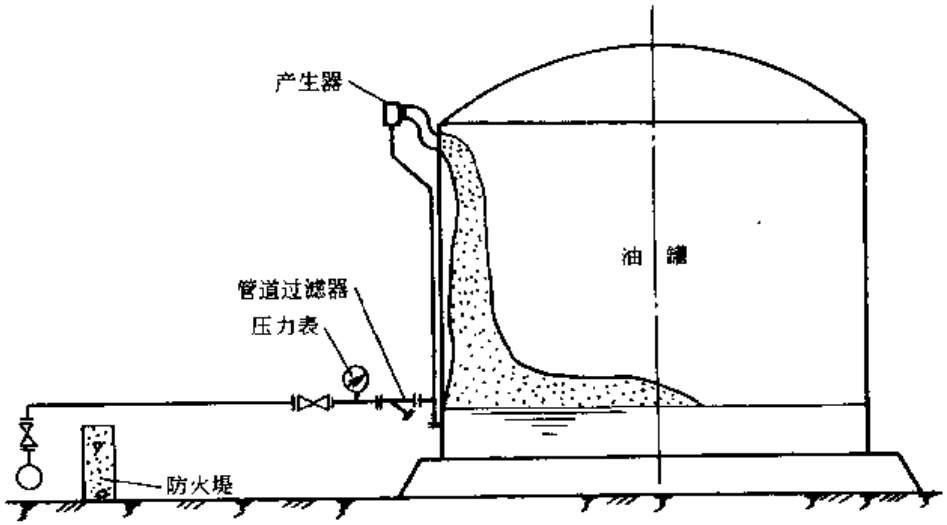


图 2-159 中倍数泡沫产生器安装示意

2.6.5.1 油罐灭火系统

中倍数泡沫灭火系统用于扑救油罐火灾时，按泡沫混合液供给强度计算。

(1) 泡沫混合液流量计算：

1) 扑救贮罐火灾所需的泡沫混合液流量 Q_1，按式(2-77)计算：

$$Q_1 = FI \quad (\text{L/min}) \tag{2-77}$$

式中　Q_1——泡沫混合液流量(L/min)；

F——油罐防护面积(m^2)，拱顶罐、浅盘式内浮顶罐按油罐截面积计算；外浮顶罐和单、双盘内浮顶罐按环形面积计算；

I——泡沫混合液供给强度，应大于 4L/(min·m^2)，水溶性 B 类火灾应由试验确定。

贮罐配置的中倍数泡沫产生器个数，n_1 按式(2-78)计算：

$$n_1 = \frac{Q_1}{q_1} \quad (\text{个}) \tag{2-78}$$

式中　q_1——每个泡沫产生器在额定工作压力下泡沫混合液流量。查样本，折算成 L/min。

对于外浮顶罐和单、双盘内浮顶罐，除了根据上式计算泡沫产生器的个数 n_1 外，还需根据泡沫产生器的最大保护周长进行核算，超过时还需增加泡沫产生器的个数。泡沫产生器的保护周长见表 2-131。

泡沫产生器的保护周长　　表 2-131

泡沫产生器型号	泡沫混合液流量(L/s)	保护周长(m)
PZ-1.5	1.5	20
PZ-3	3	40

一般来说，500m^3 以下油罐可设一个泡沫产生器；500m^3 以上的油罐宜设两个以上泡沫产生器。对固定顶罐宜集中在一侧布置，对外浮顶罐宜沿周边均匀布置。见图 2-160。

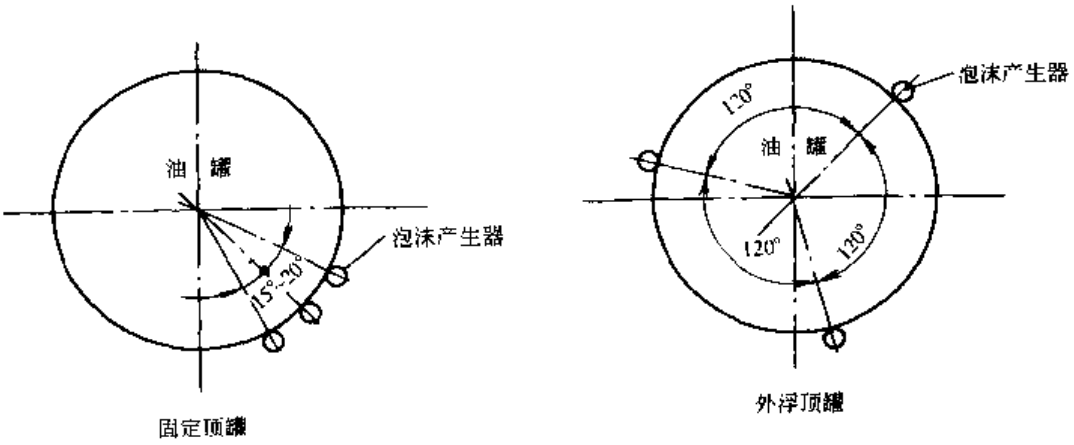


图 2-160　产生器布置示意

根据实际采用的泡沫产生器数量 $n_{1实}$，求出贮罐设计供给的泡沫混合液流量 $Q_{1设}$。

$$Q_{1设} = n_{1实} q_1 \quad (\text{L/min}) \tag{2-79}$$

2) 扑救流散液体火灾所需泡沫混合液流量 Q_2：根据《石油库设计规范》(修订本)规定，扑救贮罐区内流散火灾所需泡沫枪数量和连续供给时间，不应小于表 2-132 的数值。从而求得 Q_2。

流散火灾泡沫枪规定 表 2-132

油罐直径(m)	泡沫枪型号	泡沫枪数量(支)	连续供给时间(min)
≤15	PZS-3	1	7.5
>15	PZS-3	2	15

3) 系统所需的泡沫混合液流量 Q,按式(2-80)计算:

$$Q = Q_{1设} + Q_2 \quad (L/min) \tag{2-80}$$

(2) 泡沫液总贮量计算:在计算泡沫液总贮量时,应考虑罐区内最不利点的灭火情况,即选择罐区内最大一个油罐灭火和充满最远一个油罐的管路所需的泡沫液量。若考虑扑救流散液体火灾,应再包括该部分的泡沫液量作为泡沫液的总贮量。按式(2-81)~式(2-84)计算:

$$W_p = W_D + W_G + W_L \quad (L) \tag{2-81}$$

$$W_D = Q_{1设} t_1 K \quad (L) \tag{2-82}$$

$$W_G = \frac{\pi}{4} d^2 L K \quad (L) \tag{2-83}$$

$$W_L = Q_2 t_2 K \quad (L) \tag{2-84}$$

式中 W_p——系统用泡沫液的最小贮备量(L);

W_D——最大一个油罐用泡沫液的贮备量(L);

W_G——泡沫液贮罐至最远油罐泡沫产生器之间管道中的泡沫液量(L);

W_L——扑救流散液体火灾所需的泡沫液量(L);

d——泡沫混合液输送管内径(m);

L——泡沫混合液输送管长度(m);

K——泡沫液的混合比,当采用6%型中倍数泡沫液时,取0.08;

t_1、t_2——分别表示扑灭罐体火灾和扑救流散液体火灾所需的最小喷放时间,见表2-133。

泡沫的最小喷放时间 表 2-133

规范名称	火灾类别	时间(min)
高倍数,中倍数泡沫灭火系统设计规范	油罐火灾	15
	流散的B类火灾,不超过100m² 流淌的B类火灾	10

(3) 系统用水最小贮备量 W_S,按式(2-85)计算:

$$W_S = \frac{1-K}{K} \frac{W_p}{1000} \quad (m^3) \tag{2-85}$$

式中 W_S——系统用水贮备量(m^3)。

在油罐区内还应考虑油罐冷却用水量,确定原则,可查《石油库设计规范》(修订本)有关条款。

目前中倍数泡沫灭火系统用于油罐灭火时,一般采用环泵式比例混合器为多。有关比例混合器、泵、泡沫液贮罐、水池、泡沫混合液管道等的选择,可参照低倍数泡沫灭火系统的

有关内容。

2.6.5.2 其它防护区灭火系统

除油罐区外，中倍数泡沫灭火系统其它防护区的设计，可按泡沫供给速率进行计算。

(1) 泡沫混合液流量计算：

1) 泡沫最小供给速率 R 按式(2-86)计算：

$$R = ZS \quad (m^3/min) \tag{2-86}$$

式中 Z——泡沫增高速率(m/min)，宜取 0.3，水溶性 B 类火灾由试验确定；

S——防护区面积(m^2)。

2) 确定泡沫产生器：防护区的中倍数泡沫产生器的最少设置台数 n 按式(2-87)计算：

$$n = \frac{R}{r_z} \quad (个) \tag{2-87}$$

式中 r_z——每台中倍数泡沫产生器在额定工作压力下的产泡量(m^3/min)，查产品样本可得。

3) 防护区泡沫混合液流量 Q_h：

$$Q_h = n_{实} q_h \quad (L/min) \tag{2-88}$$

式中 $n_{实}$——实际采用的泡沫产生器台数；

q_h——每台中倍数泡沫产生器在额定压力下的泡沫混合液流量(L/min)。查产品样本可得。

(2) 泡沫液总贮量计算：

1) 防护区发泡用泡沫液流量 Q_p，按式(2-89)计算：

$$Q_p = Q_h K \quad (L/min) \tag{2-89}$$

式中 K——混合比，目前在该类中倍数系统中一般采用 3% 或 6% 的高倍数泡沫液，故 K 取 0.03 或 0.06。

2) 泡沫液贮量 W_p，按式(2-90)计算：

$$W_p = Q_p t \quad (L) \tag{2-90}$$

式中 t——泡沫最小喷放时间，应大于 12min。

计算泡沫液总贮量时，不需另外计算管道内的泡沫液量，按最大一个防护区计算得到的泡沫液最小贮备量，即是系统用泡沫液的最小贮量。但在确定泡沫液贮罐时，其容积应有一定的余量。

(3) 水量计算：

1) 防护区发泡用水流量 Q_s，按式(2-91)计算：

$$Q_s = Q_h(1 - K) \quad (L/min) \tag{2-91}$$

2) 系统用水最小贮备量 W_s，按式(2-92)计算：

$$W_s = Q_s t \quad (L) \tag{2-92}$$

在选用水池或水箱时，其有效容积应超过 W_s 的 1.15 倍。

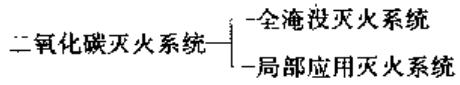
2.7 二氧化碳灭火系统

二氧化碳灭火系统是气体消防的一种，灭火主要靠窒息作用，并有一定的冷却降温作

用。适宜于扑救气体火灾、液体或可熔化固体(如石蜡、沥青)火灾、固体表面火灾及部分固体(如棉花、纸张)的深位火灾,以及电气火灾。不能扑救诸如含氧化剂的化学品(如硝化纤维、火药等)、活泼金属(如钾、钠、镁、钛、锆等)和金属氢化物(如氢化钾、氢化钠等)的火灾。

2.7.1 分 类

(1) 按防护区特征分类:

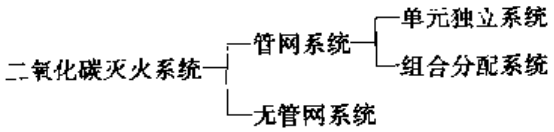


两种灭火系统比较见表 2-134。

二氧化碳灭火系统比较 表 2-134

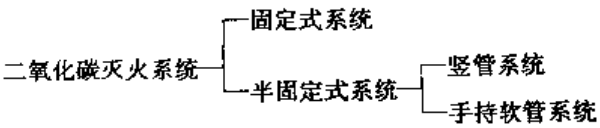
系统 / 比较项目	全淹没灭火系统	局部应用系统
灭火剂喷放状态	气态二氧化碳喷放	二氧化碳液相喷放
保护区域条件	较好的封闭条件	对封闭无限制条件
灭火方式	气态二氧化碳充满整个封闭空间	喷放出来的二氧化碳直接、集中地施放到正在燃烧的物体上
喷嘴	全淹没式喷嘴	局部保护式专用喷嘴
灭火控制条件	封闭空间内的二氧化碳浓度必须高于被保护物质要求的灭火浓度	燃烧物的表面应达到一定的灭火剂供给强度,并延续一定的时间
适用火灾种类	能扑灭表面火灾和深位火灾	只能扑灭表面火灾

(2) 按系统结构特点分类:



单元独立系统是用一套灭火剂贮存装置保护一个防护区的灭火系统。组合分配系统是由一套灭火剂贮存装置保护多个防护区,其系统总的灭火剂贮存量按照需要灭火剂最多的一个防护区配置。无管网灭火系统(见图 2-161、162)是将灭火剂贮存容器、控制阀门和喷嘴等组合在一起的灭火装置。它是一种定型产品,不需要进行流体计算,其保护对象多是狭小的空间或重要设备。

按系统结构特点另一种分类:



管网系统均为是固定式。竖管系统是一种与灭火剂供给源无永久性连接的灭火系统。手持软管系统则是由固定灭火剂供给源与软管、喷嘴等组成,见图 2-163。它可用于增援固

定灭火系统扑救危险火灾，但不能取代固定灭火系统。

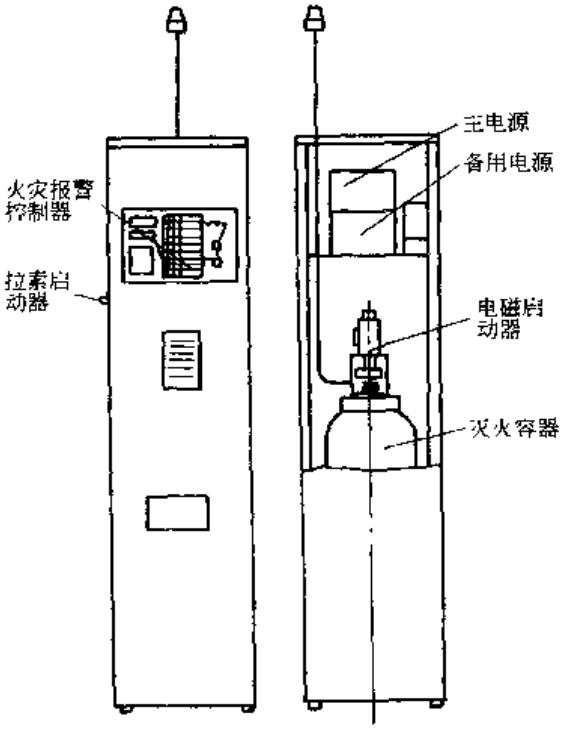


图 2-161　无管网灭火柜外形

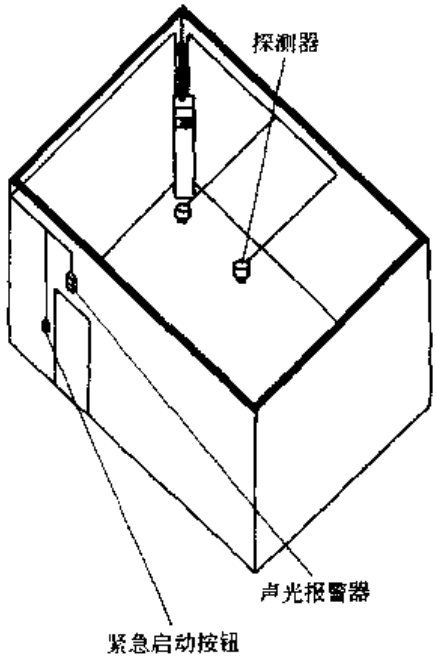


图 2-162　无管网灭火柜安装布置

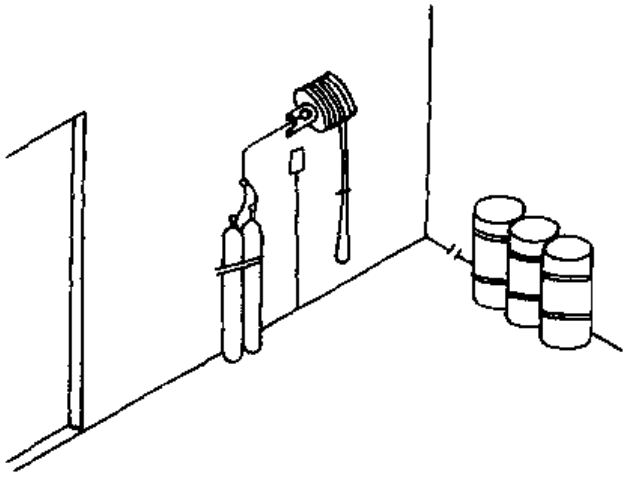


图 2-163　二氧化碳手持软管灭火系统保护油料仓库

(3) 按贮压等级分类：

二氧化碳灭火系统 ┬ 高压贮存系统
　　└ 低压贮存系统

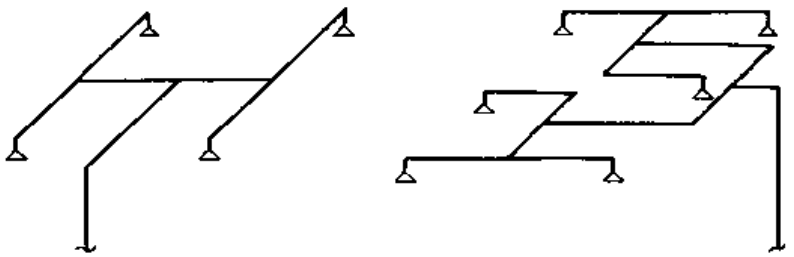
高压贮存系统在室温 21℃时，其贮存压力为 5.17MPa。低压贮存系统的贮存压力为 2.07MPa，贮存温度要求在 -18℃。由于保存技术复杂，目前我国低压贮存系统多为进口装置。

(4) 按管网布置形式分类：

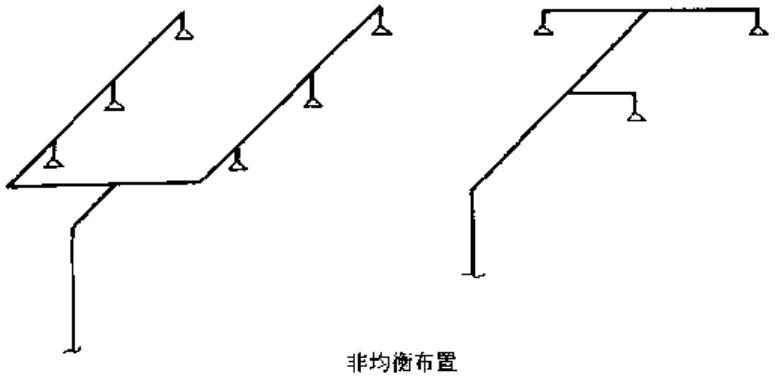
二氧化碳灭火系统 ┬ 均衡系统
　　└ 非均衡系统

在均衡系统中，从贮存容器到每个喷嘴的管道长度(或等效长度)均应大于从贮存容器到最远喷嘴最长管道长度(或等效长度)的 90%，同时每个喷嘴的平均设计质量流量均应相等。不满足上述任一条件时，均属非均衡系统。非均衡系统的二氧化碳管网属随机二相流，其水力计算较复杂。为了简化设计计算，在系统布置时宜优先考虑采用均衡系统。

均衡系统与非均衡系统的管网布置，见图 2-164。



均衡布置



非均衡布置

图 2-164 二氧化碳灭火系统管网布置

2.7.2 设备和组件

二氧化碳管网灭火系统主要有二氧化碳贮存容器、启动气瓶装置、管道、阀门和其它附件、喷嘴、应急操作机构及探测、报警、控制器等组成。

(1) 二氧化碳贮存容器：其分高压和低压贮存容器两种。

1) 高压贮存容器：其贮存压力为 5.17MPa，贮存容器为无缝钢质容器，耐压值为 22.05MPa。为目前国内普遍采用。其规格和最大充装量，见表 2-135。

二氧化碳高压系统容器规格及最大充装量 表 2-135

贮存容器容积(L)	32	40	45	50	82.5
最大充装量(kg)	20	25	28	31	55

注：二氧化碳充装率为 0.6～0.67kg/L。

为了保证高压贮存容器灭火效果，应定期检查容器泄漏情况，并设有称重装置。常用称重装置有拉力弹簧秤和杠杆式称重两种。两者可以是携带式，也可以是固定式的，见图 2-165、166。

2) 低压储存容器：其贮存压力为 2.07MPa，但需控制在 －20～－18℃ 的低温环境。因此，贮存容器外还需套以密封的钢制外壳，中间填充绝热材料。在容器的内腔上部还应盘以制冷管，由附近的制冷系统专门制冷。由于低压贮存容器系统复杂，均系国外产品。低压贮存容器的二氧化碳充装密度很高，可达 0.90～0.95kg/L。其称重要用专门地秤来实现。二氧化碳低压贮存系统，见图 2-167。

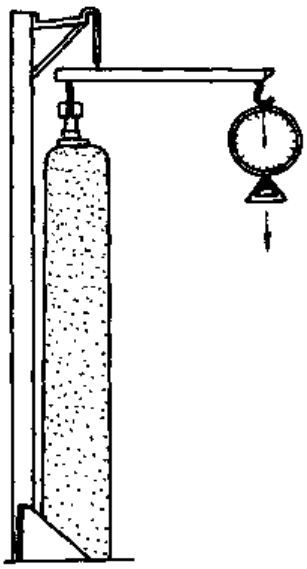


图 2-165　拉力弹簧秤称重

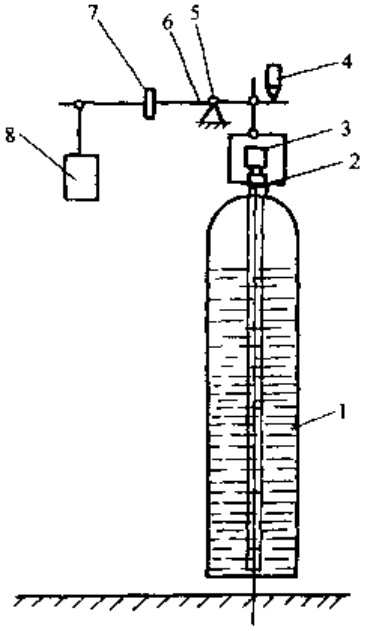


图 2-166　杠杆式称重机构

1—贮瓶;2—吊架;3—瓶阀;4—微动开关;5—支点;6—杠杆;7—游砣;8—平衡砣

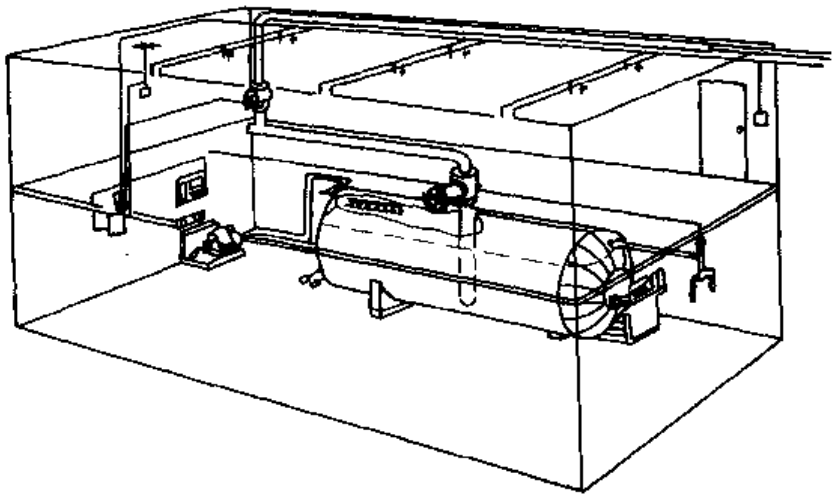


图 2-167　二氧化碳灭火系统低压贮存装置

(2) 启动装置:二氧化碳灭火系统贮存容器的启动方式有多种,按启动动力可分电启动和气启动两种。

1) 当采用电启动方式时,当接收到两种或两路火灾信号后,执行控制盘向火灾区发出声光警报并经延时后,启动主动灭火容器瓶上电磁启动器,由主动灭火容器瓶中流出的灭火剂,带动从动灭火容器瓶的气启动器开启,释放灭火剂灭火。

2) 当采用气启动方式时,尚需设置内装氮气的气启动小钢瓶。用于单元独立系统时,首先由气启动小钢瓶释放出氮气,打开主动贮存容器的容器阀,然后再由主动贮存容器释放

的气体，通过充气管路打开从动贮存容器的容器阀。此时，主、从动贮存容器一起释放灭火剂灭火。在用于组合分配系统时，气启动小钢瓶在打开主动贮存容器容器阀之前，先打开选择阀，从选择阀出气孔逸出的气体，再依次开打主从动贮存容器。

气启动小钢瓶内氮气充装压力，一般不超过 0.8MPa。一个气启动小钢瓶最多能启动 10 个以内的贮存容器。

(3) 喷嘴：喷嘴按灭火系统的保护方式分为全淹没式喷嘴和局部应用式喷嘴。全淹没式喷嘴能将灭火剂均匀地喷射到整个防护区的封闭空间。它又有带喷管和不带喷管两种。局部应用式喷嘴只是将灭火剂以扇形或锥形方式喷射到特定的被保护物周围的局部范围内。其形式有架空型和槽边型两种。

局部应用式的架空型喷嘴，宜垂直于保护对象的表面布置。当需要采用非垂直位置布置时，与保护对象表面的夹角不应小于 45°。在 45°～90°范围内成任一角度 φ 时，喷嘴的瞄准点(见图 2-168 中 E_1、E_2 点)至保护对象表面边缘的距离(图 2-168 中的 L_1)应取等于喷头正方形保护面积的边长(见图 2-168 中的 L)乘以表 2-136 中的瞄准系数 K_m，即 $L_1 = K_m L$。

架空型喷头的瞄准系数　　表 2-136

安装角 φ(°)	瞄准系数 K_m	安装角 φ(°)	瞄准系数 K_m
45～60	0.25	75～90	0.375～0.5
60～75	0.25～0.375		

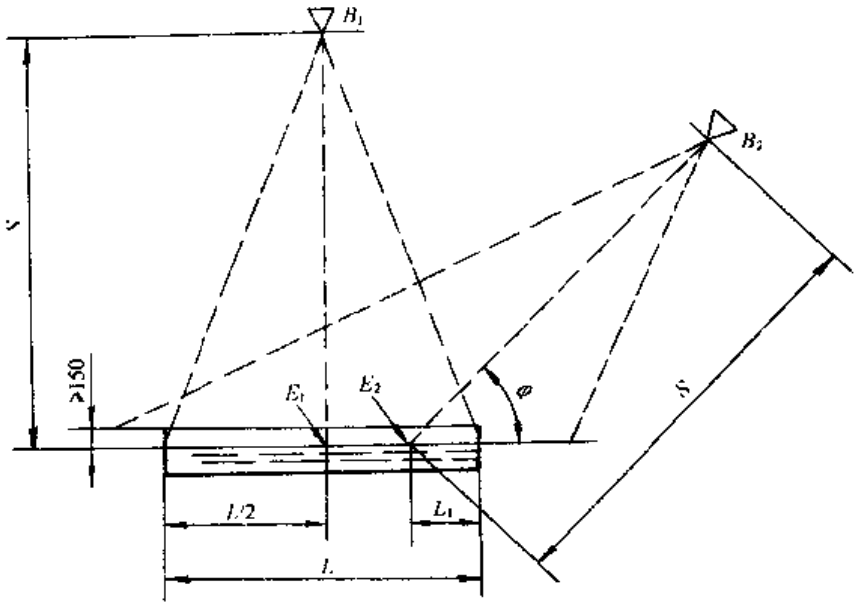


图 2-168　架空型喷头位置示意

B_1、B_2—喷头布置位置；E_1、E_2—喷头瞄准点；S—喷头出口至瞄准点距离；L—单个喷头正方形保护面积的边长；L_1—瞄准点至保护对象边缘的距离；φ—喷头安装角

喷嘴的最小工作压力，高压贮存系统为 1.4MPa，低压贮存系统为 1.0MPa。

全淹没式喷嘴的接管口径有 *DN*10mm、*DN*15mm、*DN*20mm 和 *DN*25mm 四种。局部应用式喷嘴的接管口径有 *DN*10mm、*DN*15mm 和 *DN*20mm 三种。

全淹没式无喷管喷头和全淹没式喷管喷头，见图 2-169、170。该类喷头的喷洒保护半径和应用高度，见表 2-137、138。

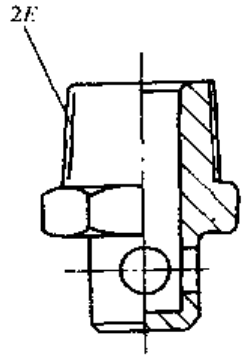


图 2-169　全淹没式无喷管喷头

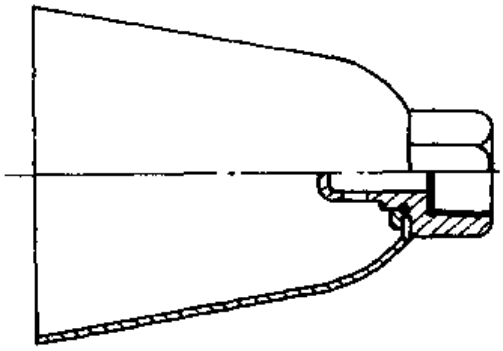


图 2-170　全淹没式喷管喷头

全淹没式无喷管喷头的喷洒保护半径和应用高度　　表 2-137

型　号	接管尺寸	当量标准号	喷口计算面积 (cm^2)	保护半径 (m)	应用高度 (m)
EQT(W)-5	(阳)ZG3/8"	7	0.4	5.5	~3
EQT(W)-6	(阳)ZG3/8"	7⁺(7.5)	0.45	5.5	~3
EQT(W)-7	(阳)ZG3/8"	8	0.53	6	~3.5
EQT(W)-8	(阳)ZG1/2"	8⁺(8.5)	0.6	6	~3.5
EQT(W)-9	(阳)ZG1/2"	9	0.67	6.5	~4
EQT(W)-10	(阳)ZG1/2"	9⁺(9.5)	0.75	6.5	~4
EQT(W)-11	(阳)ZG3/4"	10	0.8	5.5	~3
EQT(W)-12	(阳)ZG3/4"	11	1.0	6	~3.5
EQT(W)-13	(阳)ZG3/4"	12	1.2	6	~3.5
EQT(W)-14	(阳)ZG3/4"	13	1.39	6.5	~4

全淹没式喷管喷头规格的喷洒保护半径和应用高度　　表 2-138

型　号	接管尺寸	当量标准号	喷口计算面积 (cm^2)	保护半径 (m)	应用高度 (m)
EQT-5	(阴)ZG3/8"	5	0.12	1.7	~4
EQT-6	(阴)ZG3/8"	6	0.18	1.7	~4
EQT-7	(阴)ZG3/8"	7	0.24	1.7	~4
EQT-8	(阴)ZG1/2"	8	0.32	1.7	~4
EQT-9	(阴)ZG1/2"	9	0.4	2.2	~5
EQT-10	(阴)ZG1/2"	10	0.49	2.2	~5

局部用架空型喷头及槽边型喷头外形，见图 2-171、172。其喷洒直径及应用高度，见表 2-139、140。

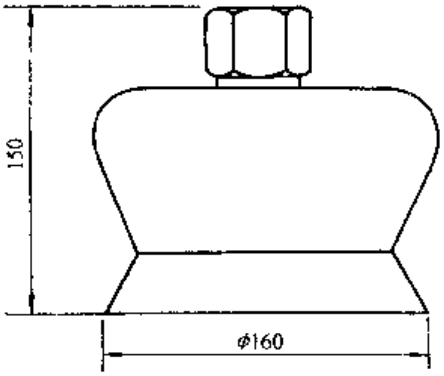


图 2-171 架空型喷头

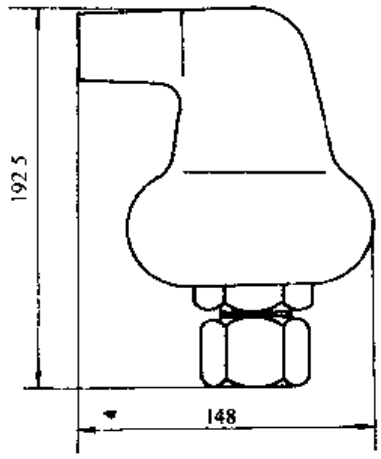


图 2-172 槽边型喷头

局部用架空型喷头的喷洒直径及应用高度 表 2-139

型 号	Ⅰ 短		Ⅱ 短	
	喷洒直径(m)	应用高度(m)	喷洒面积(m×m)	应用高度(m)
ZTEJ-5～ZTEJ-9				
ZTEJ-10～ZTEJ-12	2	1～3	1×2	1～3
ZTEJ-13～ZTEJ-16	2.5	1～4	1.2×2.5	1～4
ZTEJ-18～ZTEJ-26	3	1～5	1.5×3	1～5

槽边型喷头的保护面积及流量范围 表 2-140

型 号	保护面积(m×m)	流量范围(kg/s)
ZTEC-5～ZTEC-9	0.5×1	0.2～0.4
ZTEC-10～ZTEC-12	0.5×1	
ZTEC-13～ZTEC-15	0.6×1.2	
ZTEC-16～ZTEC-20	0.7×1.4	
ZTEC-22～ZTEC-26	0.8×1.6	

注：全淹没式喷管喷头、局部用架空型喷头及槽边型喷头的接管尺寸，标准号及等效喷孔面积均与全淹没式无喷管喷头的相同。

(4) 管道：二氧化碳灭火系统中采用软管和金属管两种管道。

1) 排放软管：排放软管是联接容器阀与集流管的重要部件。由于是软管连接，它允许贮存容器与集流管之间的安装间距存在一定的误差。另外，排放软管的上端装有止回阀，见图 2-173。在组合分配系统中，当贮存容器在释放灭火剂时，可防止无关的贮存容器误喷射。排放软管采用符合国家标准的不锈钢软管，接口口径有 *DN*25、*DN*50、*DN*80 三种。

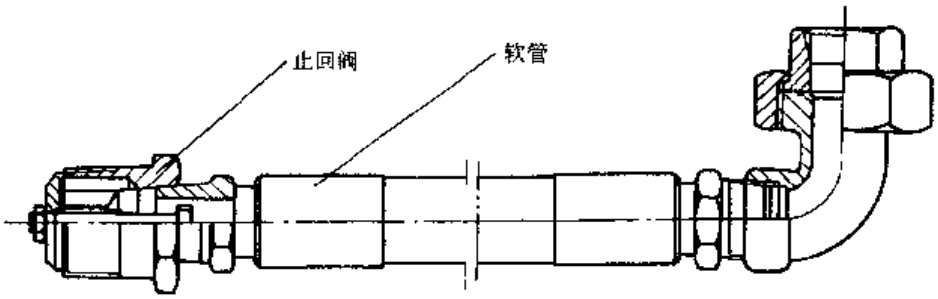


图 2-173　排放软管示意图

2）金属管道：除排放软管外，灭火系统其它部位应采用金属管道。

高压与低压二氧化碳灭火系统的贮存压力分别为 5.17MPa 与 2.07MPa。金属管道一般采用内外镀锌无缝钢管，并符合国家标准《冷拔或冷轧精密无缝钢管》(GB 8163)的要求。连接各排放软管与选择阀的集流管，工作压力不应小于 12MPa。自各选择阀至防护区的输送管，工作压力应大于管道的输送压力。管道的连接可采用法兰连接、螺纹连接或焊接。公称直径等于或小于 80mm 的管道，宜采用中、高压螺纹连接；公称直径大于 80mm 的管道，宜采用法兰连接。无缝钢管采用法兰连接时，应在焊接法兰后再进行内、外镀锌处理。

当防护区环境对镀锌层有腐蚀和特殊要求时，管道也可采用不锈钢管、铜管或其它抗腐蚀的材料。当系统管道设置在可燃气体、蒸气或有爆炸危险粉尘的场所时，应设防静电接地。

(5) 阀和附件：

1）容器阀：它是指安装在贮存容器上的阀门，用来封闭及释放气体灭火剂。其结构有差动式和膜片式两种。容器阀的启动器根据启动形式不同，有电磁启动器、手气启动器、拉索启动器、气启动器和电爆启动器等五种。为满足不同的系统组合需要，还可将以上两种或两种以上启动器组合起来使用。具体组合方式见图 2-197 和卤代烷 1301 灭火系统第 2.9.2 节有关内容。

2）选择阀：选择阀是组合分配系统中用以控制灭火剂在发生火灾的防护空间内释放的阀门。在每个防护区所对应的集流管的排出支管上，均应设置选择阀。该阀平时处于关闭状态，当该防护区发生火灾时，由控制盘启动开启选择阀，使气体灭火剂通过排出支管进入火灾区域，扑灭火灾。选择阀应比容器阀先开启。

选择阀有电动式和气动式两种。在工程实践中，一般使用气动式较多。启动控制气源可以是贮存容器中的 CO_2 气体或启动小钢瓶中的 N_2。为了减小局部阻力损失，有时也以气动球阀、气动蝶阀等代替选择阀使用。

选择阀规格有 *DN*32、*DN*40、*DN*50、*DN*65、*DN*80、*DN*100、*DN*125 和 *DN*150 八种。选用时，应与排出支管公称直径相同，一般采用法兰联接。

3）压力开关：压力开关一般设置在选择阀的阀前或阀后，将压力信号转换成电气信号，用来检测和传递选择阀的动作状态。

4）安全阀：安全阀一般装置在贮存容器的容器阀上或组合分配系统的集流管上。在组合分配系统的集流部分，由于选择阀平时处于关闭状态，所以从容器阀的出口处至选择阀进

口端之间，就形成一个封闭空间，在此空间内形成危险的高压压力，为防止贮存容器发生误喷射，因此在集流管末端设置一个安全阀或泄压装置（见图 2-178），当压力值超过规定值时，安全阀自动开启泄压，保证管网系统的安全。

5）止回阀：在二氧化碳灭火系统中使用的止回阀，有液流和气流两种。液流止回阀每个贮存容器都应装设一个，装在连接容器阀和集流管之间的排放软管上，见图 2-178。它的作用是防止灭火剂回流到空瓶或从卸下的贮瓶接口处泄漏火火剂；另外，当发生火灾开始喷放二氧化碳灭火剂时，防止与未发生火灾防护区相连接的贮存容器的误喷射。气流止回阀由阀体、弹簧、定心座、钢球等组成，见图 2-174。它主要用于组合分配系统中，以控制启动气瓶放出的高压气体，有选择地打开容器阀和选择阀。

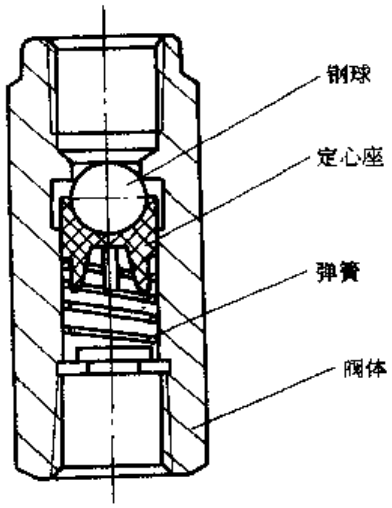


图 2-174 气路止回阀示意

6）减压阀：减压阀一般用于高压启动装置中。当采用高压钢瓶的氮气、二氧化碳气体，或灭火剂气体作为系统的启动控制气源时，必须将高压氮气或二氧化碳适当压减才能供气动选择阀、气启动器、手气启动器等气动部件使用，因此必须安装减压阀。

减压阀有高、低压两种。高压减压阀进口压力一般为 5.0MPa，低压减压阀进口压力为 2.5MPa，出口压力均在 0.8MPa 左右。

7）手动小球阀：组合分配系统的选择阀的气源，一般用电磁阀开启。为保险起见，电磁阀要再并联一个手动小球阀。万一启动时电磁阀发生故障，可以人工开启小球阀，接通启动气体管路，从而保证能可靠及时开启选择阀。

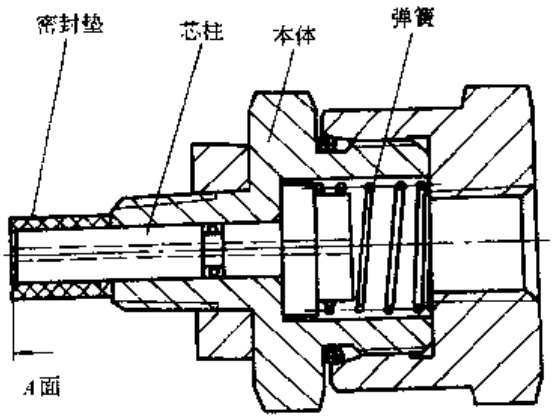


图 2-175 气体隔绝器的结构原理

8）气体隔绝器：在灭火系统各主动贮存容器的容器阀上都必须安装一个气体隔绝器，见图 2-175。它的作用是防止当其它主动贮存容器或另外一组贮存容器启动喷射二氧化碳灭火剂时，不会由于排放软管上止回阀的密封不严，导致从动贮存容器的意外误喷射。气体隔绝器应安装在容器阀上的压力出口上。

（6）紧急启动器：紧急启动器是在二氧化碳灭火系统自动探测报警装置一旦失灵，或在其它紧急情况下需人工启动灭火系统时使用。该启动器内部装有气源瓶、电按钮、开关、微动开关等，同时具有启动前报警功能。紧急启动器宜安装在被保护区域的门外侧，但与贮存容器组的最远距离不得超过 100m。其工作电压为直流 24V。

（7）探测报警控制系统：一套完整的二氧化碳等气体消防灭火系统，除了灭火剂贮存容器、容器阀、喷嘴、管道等组件外，还必须配备由火灾探测器、声光报警器、报警控制盘等组成

的探测报警系统和由执行控制盘、多功能气启动盘、电磁阀、继电器，及其它附件组成的执行控制系统。

当保护区发生火灾时，某个感烟或感温探测器最先捕捉到火警信息，传输给报警控制设备；继而另一个探测器也捕捉到火警信息，传输给报警控制设备。在报警控制设备接到两个以上独立火灾信号后，即发出火灾警报，并同时发出灭火指令，在延时 20～30s 后，启动灭火系统向保护区喷放二氧化碳灭火剂。延时 20～30s 是让人们安全撤离灭火区。

二氧化碳灭火系统的启动，可采用自动控制、手动控制或机械应急操作三种方式。经常有人值班的局部施放系统的防护场所，可采取手动控制方式。在采用自动控制的灭火系统中，一定要同时设有手动控制或机械应急操作启动装置。手动控制装置一般设在防护区门外便于操作的地方。机械应急启动装置设置在容器阀的顶部（如手气启动器、电爆启动器等）。

2.7.3 全淹没二氧化碳灭火系统

全淹没二氧化碳灭火系统适用于无人居住或工作人员在发生火灾后 30s 内能撤出的防护区。常见的应用场合有：厂房、地下室、通讯、广播、电视机房、电子计算机房、贵重设备室、精密仪器室、图书档案室等。

（1）系统与组成：全淹没灭火系统是由一套二氧化碳灭火剂贮存装置在规定时间内，向防护区喷射一定浓度和体积的灭火剂，并均匀地充满整个防护区空间，形成有效灭火浓度，再保持到要求的时间，以扑灭防护区空间内任意部位的火灾。全淹没系统的防护区必须是一个封闭良好的空间。

全淹没系统可以用一套装置保护一个防护区，也可以由一套装置保护多个防护区。前者叫单元独立系统（见图 2-176），后者称组合分配系统（见图 2-177）。图 2-178 为组合分配系统的控制程序。从图 2-178 中可看出：在 1#、2#、4# 主动容器瓶上，装有手气启动器和电

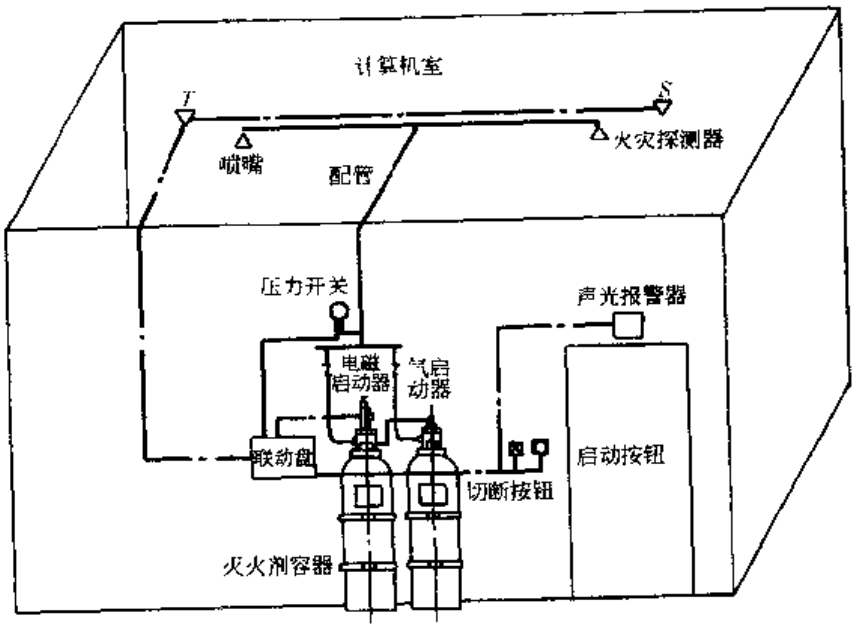


图 2-176　单元独立灭火系统

磁启动器，在3#从动容器瓶上装有气启动器。当甲防护区发生火灾时，执行盘分别开启2#选择阀和4#瓶上的电磁启动器，使4#瓶里的灭火剂释放灭火；当乙防护区发生火灾时，执行盘分别开启3#选择阀和2#瓶上的电磁启动器，使2#、3#、4#三个瓶里的灭火剂释放灭火；当丙防护区发生火灾时，执行盘分别开启1#选择阀和1#瓶上的电磁启动器，使1#、2#、

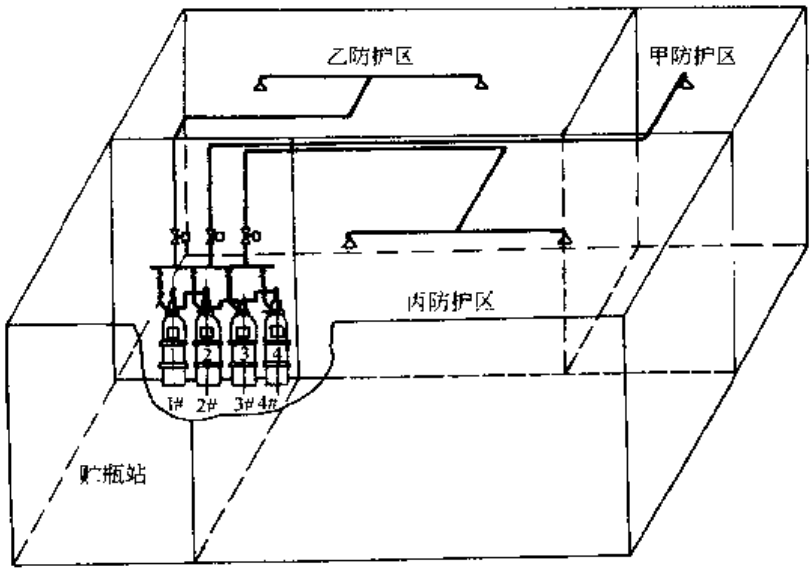


图2-177 组合分配系统布置

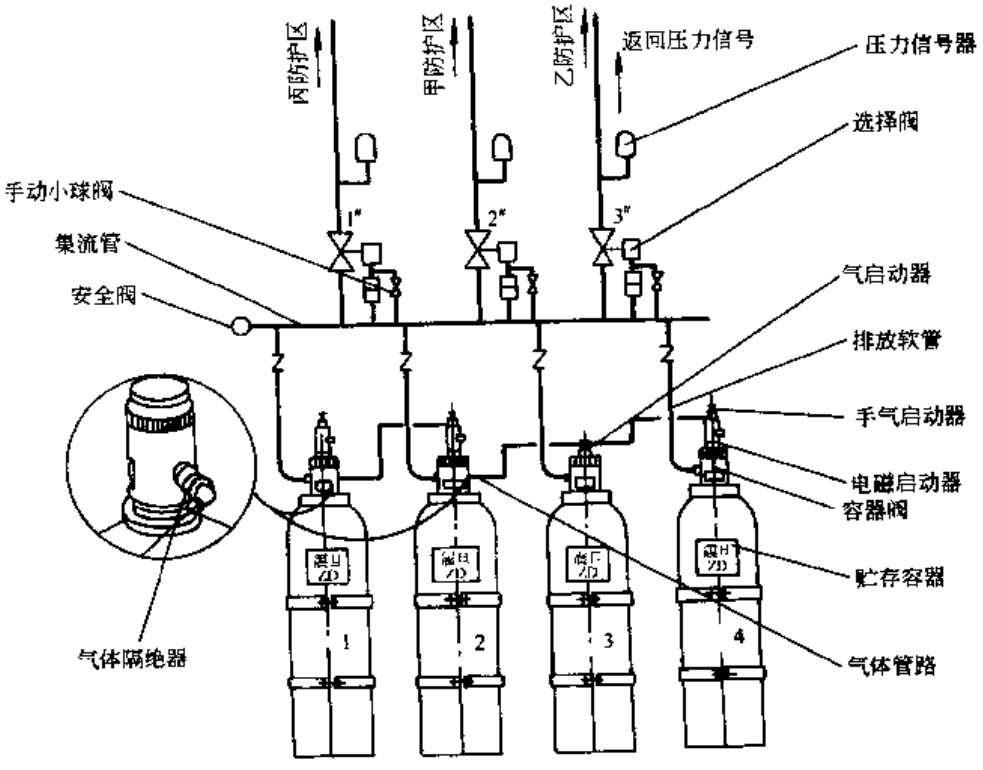


图2-178 组合分配系统控制程序

3#、4#四个瓶里的灭火剂释放灭火。

(2) 设计与计算：

1) 二氧化碳灭火剂用量计算：对于全淹没系统，二氧化碳灭火总用量一般为设计灭火用量、流失补偿量、管网和贮存容器内剩余量之和。

① 设计灭火用量：设计灭火用量 m，按式(2-93)计算：

$$m = K_b(0.2A + 0.7V) \quad (\text{kg}) \tag{2-93}$$

式中　m——二氧化碳设计用量(kg)；

K_b——可燃物的物质系数，可查表 2-141；

二氧化碳灭火物质系数和设计浓度　　表 2-141

可燃物质	物质系数 K_b	二氧化碳灭火设计浓度(%)	抑制时间(min)	可燃物质	物质系数 K_b	二氧化碳灭火设计浓度(%)	抑制时间(min)
1. 液体与气体类				煤油	1.0	34	
丙酮	1.0	34		甲烷	1.0	34	
乙炔	2.57	66		醋酸甲酯	1.03	35	
航空燃油 115/45	1.06	36		甲醇	1.22	40	
苯、粗苯	1.1	37		甲基丁烯-1	1.06	36	
丁二烯	1.26	41		甲基乙基甲酮	1.22	40	
丁烷	1.0	34		甲基酯	1.18	39	
丁烷-1	1.1	37		戊烷	1.03	35	
二硫化碳	3.03	72		丙烷	1.06	36	
一氧化碳	2.43	64		丙烯	1.06	36	
煤气、天然气	1.1	37		淬火油、润滑油	1.0	34	
环丙烷	1.1	37		2. 固体类			
柴油	1.0	34		纤维材料	2.25	62	20
乙醚	1.22	40		棉花	2.0	58	20
二甲醚	1.22	40		纸、皱纹纸	2.25	62	20
二甲苯	1.47	46		颗粒状塑料	2.0	58	20
乙烷	1.22	40		聚苯乙烯	1.0	34	
乙醇	1.34	43		聚氨基甲酸酯(硬化的)	1.0	34	
二乙醚	1.47	46		3. 特种场合			
乙烯	1.6	49		电缆室、电缆通道	1.5	47	10
二氯乙烯	1.0	34		数据贮存区	2.25	62	20
环氧乙烯	1.8	53		电子计算机设备	1.5	47	10
汽油	1.0	34		电气开关和配电室	1.2	40	10
己烷	1.03	35		发电机及其冷却设备	2.0	58	至停转
庚烷	1.03	35		油浸变压器	2.0	58	
氢	3.3	75		输出终端打印设备(区域)	2.25	62	20
硫化氢	1.06	36		喷漆和干燥设备	1.2	40	
异丁烷	1.06	36		纺织机	2.0	58	
异丁烯	1.0	34		电器绝缘材料	1.5	47	10
二异丁甲酸酯	1.0	34		皮毛贮存间	3.30	75	20
JP-4	1.06	36		吸尘装置	3.30	75	20

0.2——流失影响系数(kg/cm²)；

0.7——基本用量系数(kg/cm²)；

A——防护区的计算表面积(m²)，按式(2-94)计算：

$$A = A_v + 30A_k \quad (m^2) \tag{2-94}$$

其中 A_v——防护区的总表面积(m²)，包括密闭空间的所有侧面、地面和顶面的总表面积；

A_k——防护区开口的总面积(m²)；

30——开口补偿系数；

V——防护区的计算容积(m³)，按式(2-95)计算：

$$V = V_g + V_n \quad (m^3) \tag{2-95}$$

其中 V_g——防护区的净容积，应为总容积减去空间内永久性建筑构件的体积(m³)；

V_n——通风带来的附加体积，指在二氧化碳喷放时间和保持的时间内，机械通风送入或抽出的空气量(m³)。若灭火前风机与报警联锁停转，则 $V_n=0$。

以上设计灭火用量公式(2-93)～式(2-95)的适用条件是全淹没系统防护区的开口面积 A_k 不得超过总表面积 A_v 的3%，且开口位置不能在底面。若超过3%，按局部应用系统设计更为经济、合理。

当防护区属于高温或低温环境时，按式(2-93)计算的灭火剂设计用量应有所增加：当环境温度高于100℃时，每高出5℃增加2%；低于－20℃时，每低1℃增加2%。

② 二氧化碳灭火剂的剩余量：贮存容器的剩余量一般按设计用量的8%计算。管网较短时，管网剩余量可忽略不计。

2) 二氧化碳灭火系统管网计算：

① 贮存容器个数 n_p，按式(2-96)计算：

$$n_p = 1.1m'/r_0V_0 \quad (个) \tag{2-96}$$

式中 n_p——贮存容器个数；

m'——二氧化碳灭火剂贮存用量(kg)，应为二氧化碳设计灭火用量与剩余量之和，即 $m' = 1.08m$；

V_0——单个贮存容器的容积(L)，可查表2-135；

r_0——贮存容器中二氧化碳的充装率(kg/L)，对于高压贮存系统，取 $r_0 = 0.6$～0.67kg/L；

1.1——为灭火剂贮存量和实用量比值的经验数据。

若计算所得贮存容器个数为小数，则应取整数。

② 输送干管的平均流量计算：输送干管的平均质量流量，可按式(2-97)计算：

$$Q_0 = m/t \quad (kg/min) \tag{2-97}$$

式中 Q_0——干管质量流量(kg/min)；

t——二氧化碳喷射时间(min)，喷射时间对于均衡管网系统，即从喷嘴处开始喷出以液相为主的灭火剂至喷嘴处出现纯气体的持续时间。对于非均衡管网系统，喷射时间指的是，末端喷嘴(指离贮存容器最远的喷射)处开始喷出以液相为主的灭火剂至始端喷射(指离贮存容器最近的喷嘴)出现纯气体的持续

时间。全淹没系统二氧化碳的喷放时间不应大于 1min。当扑救固体火灾时，喷放时间不应大于 7min，并应在前 2min 内使二氧化碳的浓度达到 30%。

在均衡管网系统中，每个喷嘴的平均质量流量相等，故各个支管的平均流量可由它负担的喷嘴数乘单个喷嘴流量而得。

③ 初定管径：二氧化碳管网流体为二相流，水力计算比较复杂。为减少反复计算，推荐按公式(2-98)初定管径：

$$D=(1.5\sim2.5)\sqrt{Q}\quad(\text{mm}) \tag{2-98}$$

式中　D——管道内径(mm)，计算值如不符合无缝钢管的规格口径，还要向管道规格口径圆整；

Q——设计质量流量(kg/min)。

④ 二氧化碳管道压力降计算：

ⅰ. 公式计算法：

$$Q^2=\frac{0.8725\times10^{-4}D^{5.25}Y}{0.04319D^{1.25}Z+L} \tag{2-99}$$

式中　Y——压力系数[(MPa·kg)/m³]，可查表 2-142、143。

Z——密度系数，可查表 2-142、143；

高压贮存(5.17MPa)系统各压力点的 Y、Z 值　　表 2-142

压　力　(MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]	Z
5.17	0	0
5.10	55.4	0.0035
5.05	97.2	0.0600
5.00	132.5	0.0825
4.75	303.7	0.210
4.50	461.6	0.330
4.25	612.9	0.427
4.00	725.6	0.570
3.75	828.3	0.700
3.50	927.7	0.830
3.25	1005.0	0.950
3.00	1082.3	1.086
2.75	1150.7	1.240
2.50	1219.3	1.430
2.25	1250.2	1.620
2.00	1285.5	1.840
1.75	1318.7	2.140
1.40	1340.8	2.590

低压贮存(2.07MPa)系统各压力点的 Y、Z 值 表 2-143

压 力 (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]	Z
2.07	0	0
2.00	66.5	0.12
1.90	150.0	0.295
1.80	220.1	0.470
1.70	278.0	0.645
1.60	328.5	0.820
1.50	369.6	0.994
1.40	404.5	1.169
1.30	433.8	1.344
1.20	458.4	1.519
1.10	478.9	1.693
1.00	496.2	1.868

D——管道内径(mm);

L——管段的计算长度(m),应为管段实长与管道附件当量长度之和,管路附件的当量长度见表 2-144。

管路附件当量长度 表 2-144

管道公称通径 (mm)	螺纹连接			焊接		
	90°弯头 (m)	三通的直通部分 (m)	三通的侧通部分 (m)	90°弯头 (m)	三通的直通部分 (m)	三通的侧通部分 (m)
15	0.52	0.3	1.04	0.24	0.21	0.64
20	0.67	0.43	1.37	0.33	0.27	0.85
25	0.85	0.55	1.74	0.43	0.34	1.07
32	1.13	0.7	2.29	0.55	0.46	1.4
40	1.31	0.82	2.65	0.64	0.52	1.65
50	1.68	1.07	3.42	0.85	0.67	2.1
65	2.01	1.25	4.09	1.01	0.82	2.5
80	2.50	1.56	5.06	1.25	1.01	3.11
100				1.65	1.34	4.09
125				2.04	1.68	5.12
150				2.47	2.01	6.16

为了便于计算,可将公式(2-99)转换成公式(2-100)为

$$Y_2 = Y_1 + ALQ^2 + B(Z_2 - Z_1)Q^2 \tag{2-100}$$

$$A = \frac{1}{0.8725 \times 10^{-4} D^{5.25}} \tag{2-101}$$

$$B = \frac{4950}{D^4} \tag{2-102}$$

式中　Y_1——计算管段始端的 Y 值；

Y_2——计算管段终端的 Y 值；

Z_1——计算管段始端的 Z 值；

Z_2——计算管段终端的 Z 值。

公式计算法求管道压力的步骤是：

始端 P_1 $\xrightarrow{\text{查表 2-142}}$ 得 Y_1、Z_1 $\xrightarrow{\text{从 } D \text{ 求得 } A、B\text{，并代入式(2-100)}}$ 得 Y_2 = 数值 M + 含 Z_2 的未知项 $\xrightarrow{\text{忽略 } Z_2\text{，将 } Y_2 \approx M \text{ 查表 2-142}}$ 得 Z_2 $\xrightarrow{\text{补充计算含 } Z_2 \text{ 的未知项}}$ 重新得 Y_2 $\xrightarrow{\text{查表 2-142}}$ 得终端 P_2。

若始端与终端有高差，则增加或减去高程压力校正值后，即为终点的压力值。

ⅱ. 图解法：使用图解法时，先计算出各计算管段的比管长 $L/D^{1.25}$ 和比流量 Q/D^2 值。取管网的起点压力等于容器的贮存压力，以第二计算管段的始端压力等于第一计算管段的终端压力，又可找出第二计算管段的终端压力，如此类推，直至求得系统最末端的压力。图解法计算时采用图 2-179、180。两个计算曲线图，中间数值可采用内插法。

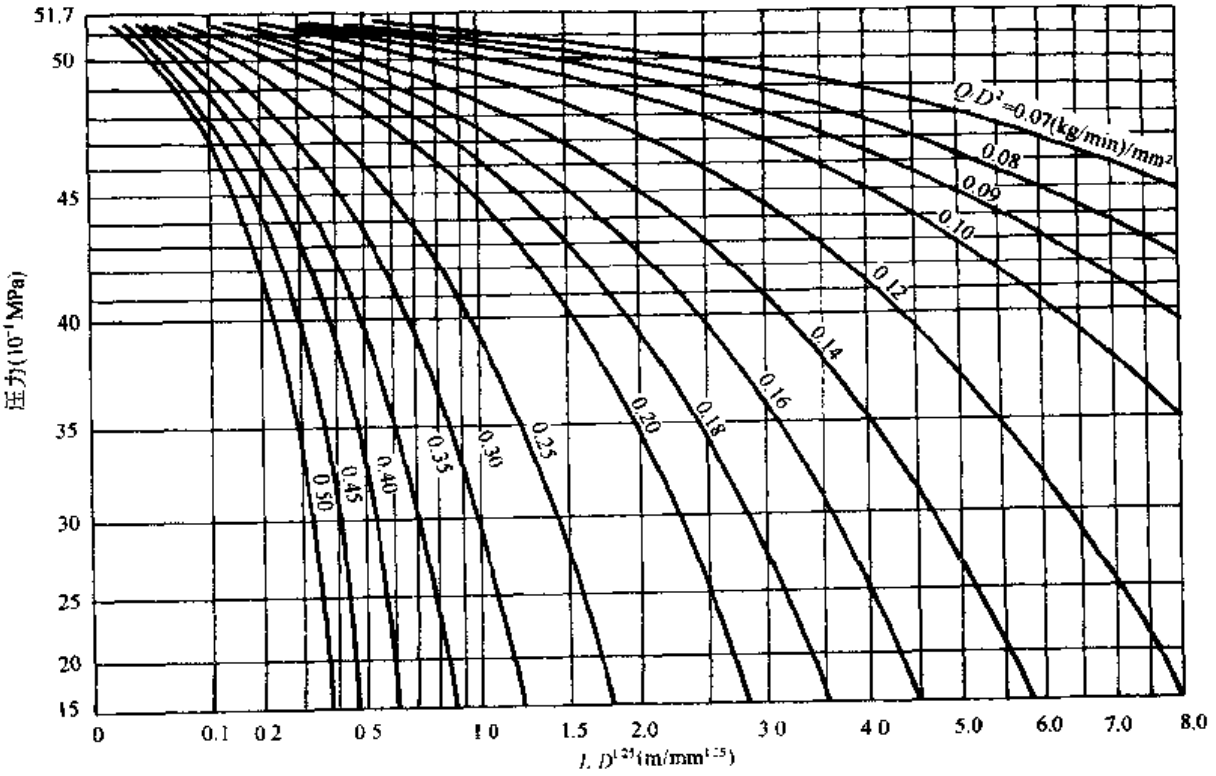


图 2-179　5.17MPa 贮压下的管路压力降

如图 2-181 的均衡式全淹没式二氧化碳灭火系统，利用图解曲线进行管网计算的方法，见图 2-182。

⑤ 高程压力校正：二氧化碳管网流体计算中，对正常敷设的管道坡度所引起的势能水头损失可忽略不计，但对管段两端显著高程差所引起的高程水头差值不能忽略，应进行高程压力校正并计入已计算管段的终端压力。当二氧化碳向上流动时取负值；当二氧化碳向下流动时取正值。

高程压力校正值等于管段两端的高程差与校正系数的乘积。高程校正系数，见表 2-145、146。

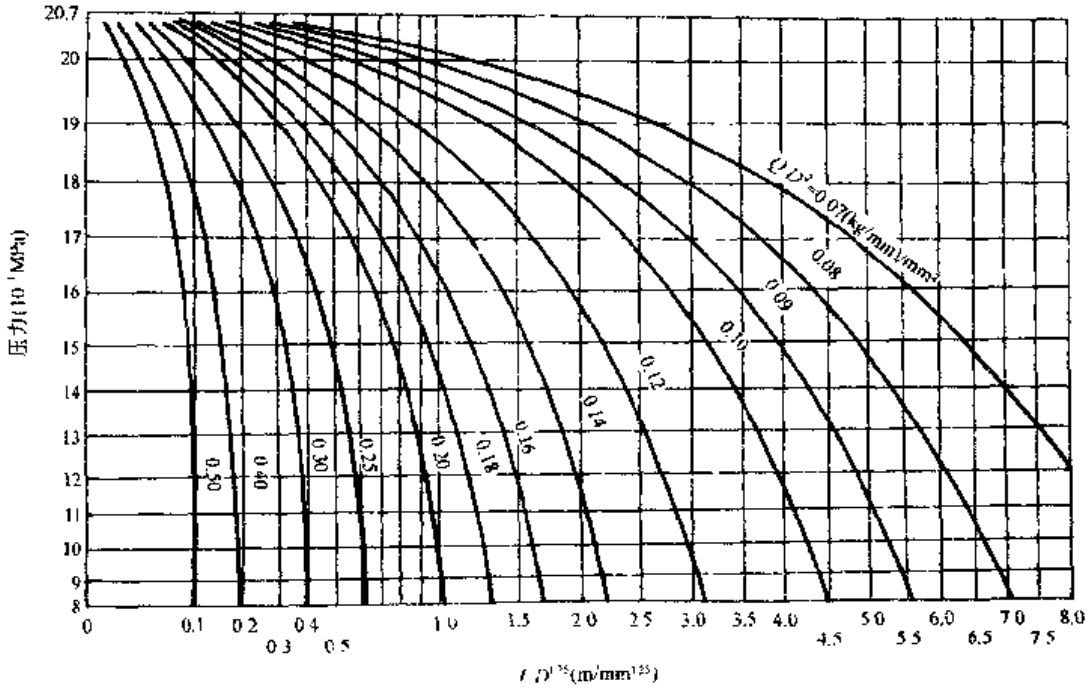


图 2-180 2.07MPa 贮压下的管路压力降

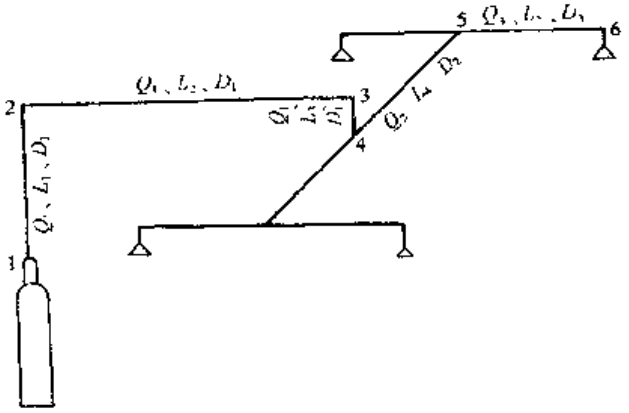


图 2-181 均衡式系统计算

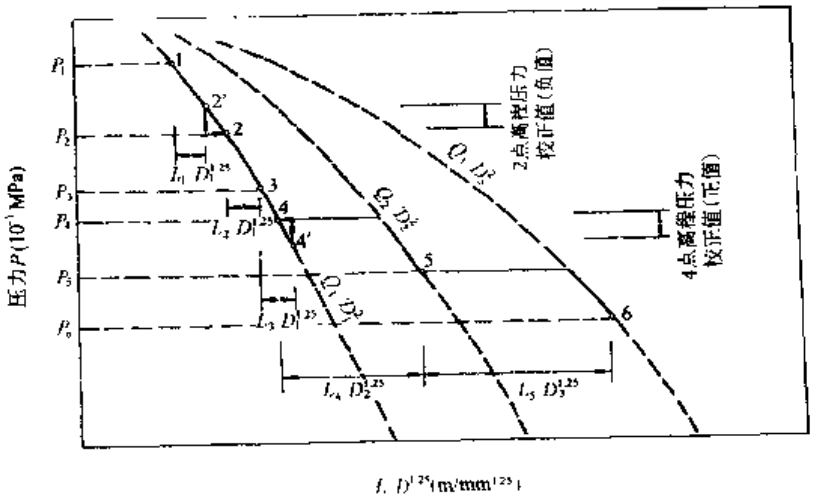


图 2-182 图解法计算管网压力过程图解曲线

高压贮存(5.17MPa)系统各压力下高度所引起的压力校正值　　表 2-145

管段平均压力(MPa)	5.17	4.83	4.48	4.14	3.79	3.45	3.10	2.76	2.41	2.07	1.72	1.40
高度所引起的压力校正值(MPa/m)	0.0080	0.0068	0.0058	0.0049	0.0040	0.0036	0.0028	0.0024	0.0019	0.0016	0.0012	0.0010

低压贮存(2.07MPa)系统各压力下高度所引起的压力校正值　　表 2-146

管段平均压力(MPa)	2.07	1.93	1.79	1.65	1.52	1.38	1.24	1.10	1.00
高度所引起的压力校正值(MPa/m)	0.01	0.0078	0.0060	0.0047	0.0038	0.0030	0.0024	0.0019	0.0016

在查用表 2-145、146 时，管段的平均压力应取管段始点压力和终点压力的平均值。

⑥ 喷射压力和等效孔口喷射率：喷嘴入口压力即是系统最末管段(或支管)终端压力。喷嘴入口压力应满足二氧化碳灭火系统喷嘴性能的技术要求。对于高压贮存系统喷嘴压力不应小于 1.4MPa；对于低压贮存系统喷嘴压力不应小于 1.0MPa。如不能满足时，可改变管路布置，管道流量、管道直径重新计算。

不同喷嘴入口压力下，高压和低压贮存系统的等效孔口喷射率数据见表 2-147、148。

高压贮存(5.17MPa)系统等效孔口喷射率　　表 2-147

喷头入口压力(10^{-1}MPa)	喷射率[kg/(min·mm²)]	喷头入口压力(10^{-1}MPa)	喷射率[kg/(min·mm²)]
51.7	3.255	32.8	1.223
50	2.703	31	1.139
48.3	2.401	29.3	1.062
46.5	2.172	27.6	0.9843
44.8	1.993	25.9	0.9070
43.1	1.839	24.1	0.8296
41.4	1.705	22.4	0.7593
39.6	1.589	20.7	0.6890
37.9	1.487	17.2	0.5484
36.2	1.396	14	0.4833
34.5	1.308		

低压贮存(2.07MPa)系统等效孔口喷射率 表 2-148

喷头入口压力 (10^{-1}MPa)	喷射率 [kg/(min·mm²)]	喷头入口压力 (10^{-1}MPa)	喷射率 [kg/(min·mm²)]
20.7	2.967	15.2	0.9175
20	2.039	14.5	0.8507
19.3	1.670	13.8	0.7910
18.6	1.441	13.1	0.7368
17.9	1.283	12.4	0.6869
17.2	1.164	11.7	0.6412
16.5	1.072	11	0.5990
15.9	0.9913	10	0.5400

⑦ 计算喷嘴孔口尺寸：喷嘴孔口尺寸通过等效孔口喷射率求得，其计算见公式(2-103)：

$$F = Q_i / q \quad (\text{mm}^2) \tag{2-103}$$

式中 F——等效孔口面积(mm^2)；

Q_i——喷嘴流量(kg/min)；

q——等效孔口喷射率[kg/(min·mm^2)]。

当求得等效孔口面积后，即可从产品手册中选取与等效孔口面积等值，喷射性能符合设计规定的喷嘴。

(3) 要求与规定：

1) 对防护区的要求：

① 全淹没防护区的面积一般不宜大于 500m^2，总容积不宜大于 2000m^3。

② 在全密闭空间施放二氧化碳灭火剂时，空间内的压强会迅速增加，因此全淹没灭火系统建筑物最高允许压强应满足表 2-149 的要求。

建筑物最高允许压强 表 2-149

建筑类别	最高允许压强(Pa)	建筑类别	最高允许压强(Pa)
轻型建筑	1200	拱顶建筑	4800
标准建筑	2400		

③ 对全密闭防护区，宜设置泄压口。泄压口的大小，可按式(2-104)计算：

$$A = 0.0076 \frac{Q_t}{\sqrt{P_t}} \quad (\text{m}^2) \tag{2-104}$$

式中 A——泄压口面积(m^2)；

Q_t——防护区二氧化碳喷射速率(kg/min)；

P_t——防护区围护结构允许压强(Pa)，根据建筑物类别查表 2-149 可得。

对有门窗的防护区，因门窗有缝隙，一般不用设置泄压口。

2) 对贮瓶间的要求：

① 全淹没灭火系统贮存容器一般应设置在专用贮瓶间内。贮瓶间要靠近防护区，环境温度要求在0～49℃。

② 在贮瓶间内贮存容器和集流管的布置要对称，见图2-183。这样才能保证计算的正确性，否则就会由于两侧等效长度的不一致，而引起偏差。

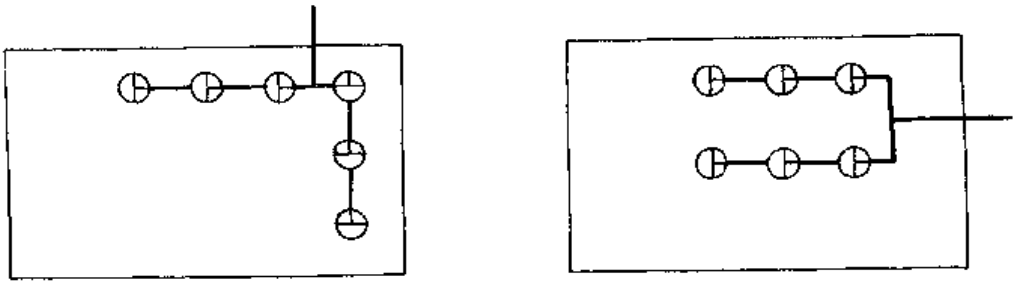


图2-183　贮瓶间的贮存容器布置

③ 贮瓶间出口应直接通向室外或疏散走道。室内保持干燥和良好通风，避免阳光直射贮存容器。

3) 对管道的要求：

① 二氧化碳输送管道分流出口时应采用图2-184正确布置形式，而不得采用错误布置形式。

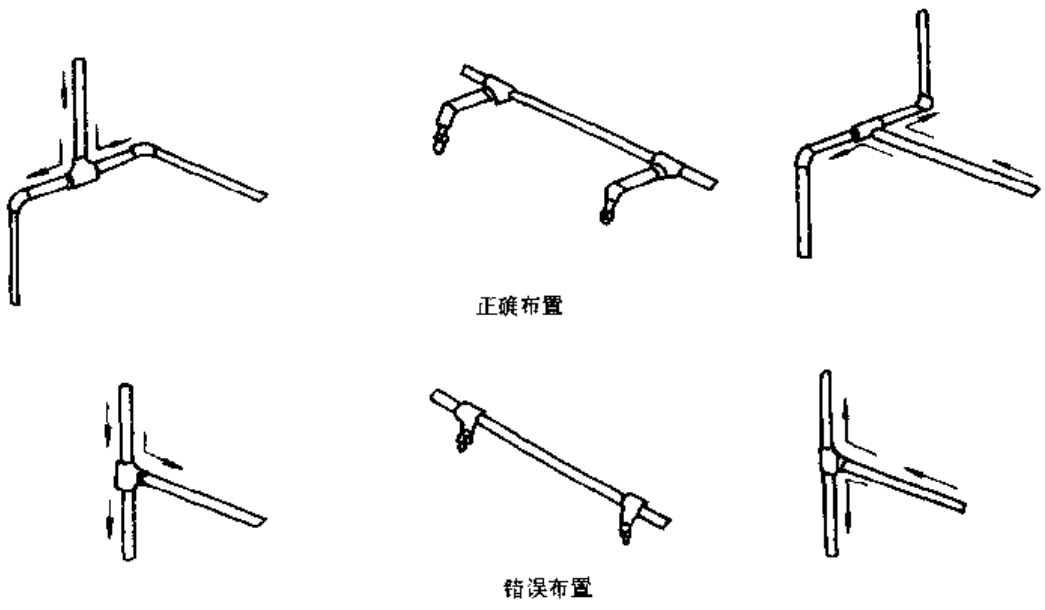


图2-184　分流出口布置

② 输送管道支、吊架之间的最大间距应符合表2-150的要求。

支、吊架之间的最大间距 表 2-150

管道公称直径(mm)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	150
最大间距(m)	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.4	3.5	3.7	4.3	5.2

喷嘴与支架间的管道长度不应大于 500mm。

③ 灭火系统的管网尽可能设计成均衡布置。因为均衡布置可简化管网流体计算，使一个多喷嘴系统简化成单个喷嘴系统进行计算。另外，在喷放时可提高灭火剂的均布程度，同时还能减少管网内的灭火剂剩余量。

当现场条件不允许时，管网也可采用非均衡布置，此时每个喷嘴的喷放流量是不同的，需逐个计算，比较复杂。

④ 当系统管道设置在可燃气体、蒸气或有爆炸危险粉尘的场所时，应设防静电接地。

⑤ 管道穿过墙壁、楼板处应安装套管。穿过墙壁的套管长度应比墙壁厚度长出 20～25mm。穿过楼板的套管应高出地面 50mm。管道与套管间的间隙应用不燃材料填塞密实。管道不宜通过建筑变形缝，必须通过时应做好变形处理。

⑥ 喷射管道应均匀涂刷红色防锈漆，管道吊杆和支架刷黑色防锈漆。

(4) 示例：

【例】 有一间电气开关与配电室需采用二氧化碳灭火系统进行保护。开关配电室净尺寸长、宽、高分别为 8m、6m 和 4m。贮瓶间就设在隔壁。该室除设有宽 2m、高 2.5m 的门外，均为密闭。试设计计算该灭火系统。

【解】 根据题意将系统设计为高压贮存全淹没系统。

1) 全淹没系统开口面积的核算：

系统总表面积：$8\times4\times2+6\times4\times2+8\times6\times2=208\text{m}^2$

开口(门)表面积：$2\times2.5=5\text{m}^2$

开口面积占总表面积的比例：$\dfrac{5}{208}=0.024<3\%$

符合全淹没系统防护区开口面积的规定。由于门缝的存在，不再考虑设置泄压口。

2) 二氧化碳设计灭火用量：

$$m=K_b(0.2A+0.7V)$$

查表 2-141，$K_b=1.2$

$$A=A_v+30A_k=208+30\times5=358\text{m}^2$$

$$V=V_g+V_n=8\times6\times4+0=192\text{m}^3$$

$$m=1.2\times(0.2\times358+0.7\times192)=247.2\text{kg}$$

3) 二氧化碳贮存用量：

$$m'=1.08\text{m}=266.98\text{kg}$$

4) 灭火剂钢瓶数量：

$$n_p=1.1m'/r_0V_0$$

r_0 取 0.67，高压贮存钢瓶选用容积为 50L。

$$n_p=1.1\times266.98/0.67\times50=8.8\text{ 个}$$

圆整后采用 9 个 50L 容积的钢瓶。

5) 输送管道平均流量计算:根据喷嘴产品样本数据和被保护区的条件,设置四个全淹没喷嘴,其系统布置见图 2-185。系统的喷放时间 $t=1\text{min}$。

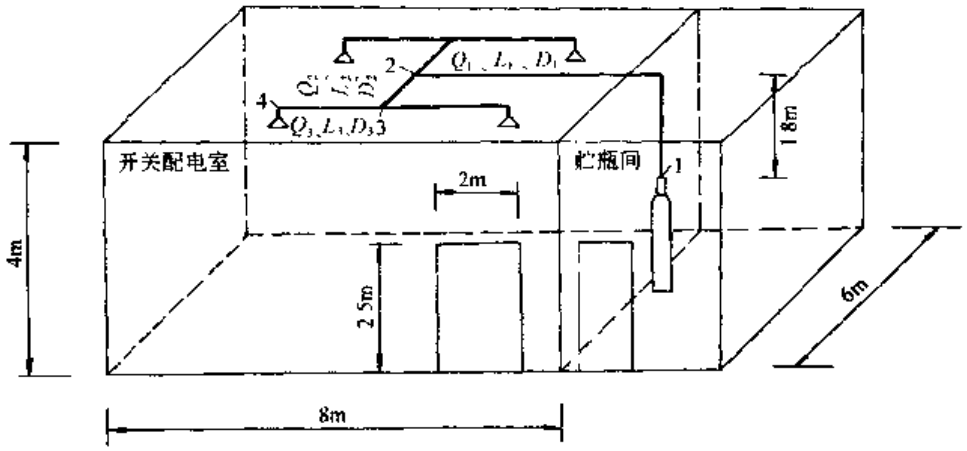


图 2-185

输送干管 1-2 平均流量:　$Q_1=m/t=247.2\text{kg/min}$

输送支管 2-3 平均流量:　$Q_2=123.6\text{kg/min}$

输送支管 3-4 平均流量:　$Q_3=61.8\text{kg/min}$

6) 初定管径:输送干管 1-2:$D=2\sqrt{Q_1}=2\sqrt{247.2}=31.4\text{mm}$

选用 $\phi32\times2.5$ 无缝钢管(因距离短,圆整时向小直径靠),内径 $D_1=27\text{mm}$

输送支管 2-3:　$D=2\sqrt{123.6}=22.2\text{mm}$

选用 $\phi25\times2.5$ 无缝钢管,内径 $D_2=20\text{mm}$

输送支管 3-4:　$D=2\sqrt{61.8}=15.7\text{mm}$

选用 $\phi18\times2.5$ 无缝钢管,内径 $D_3=13\text{mm}$

7) 各管段的主要设计参数,见表 2-151。

各管段设计参数　　表 2-151

管段编号	1-2	2-3	3-4
设计质量流量 Q(kg/min)	247.2	123.6	61.8
管道内径 D(mm)	27	20	13
实际管长(m)	6.3	1.5	2.0
管件当量长度(m)	0.85	1.37	1.56
计算管长 L(m)	7.15	2.87	3.56

8) 求 2 点的压力 P_2(采用公式法):1 点的压力即贮存钢瓶出口压力,对于高压贮存系统 $P_1=5.17\text{MPa}$。查表 2-142,得 $Y_1=0$,$Z_1=0$

从 $D_1=27\text{mm}$ 得

$$A_1=\frac{1}{0.8725\times10^{-4}D_1^{5.25}}=\frac{1}{0.8725\times10^{-4}\times27^{5.25}}=3.504\times10^{-4}$$

$$B_1=\frac{4950}{D_1^4}=\frac{4950}{27^4}=9.314\times10^{-3}$$

代入公式(2-100),得

$$Y_2=Y_1+A_1L_1Q_1^2+B_1(Z_2-Z_1)Q_1^2$$
$$=0+3.504\times10^{-4}\times7.15\times247.2^2+9.314\times10^{-3}(Z_2-0)\times247.2^2$$
$$=153.10+569.2Z_2$$

忽略未知项 Z_2,以 $Y_2=153.10(\text{MPa}\cdot\text{kg})/\text{m}^3$,查表 2-142 得 $Z_2=0.0978$,重新代入 Y_2 式得

$$Y_2=153.10+569.2\times0.0978=208.77(\text{MPa}\cdot\text{kg})/\text{m}^3$$

再查表 2-142,得 $P'_2=4.889\text{MPa}$

1-2 管段的平均压力:$\overline{P}=\frac{1}{2}(5.17+4.889)=5.030\text{MPa}$

查表 2-145,高程压力校正系数为 $0.0748\times10\text{MPa/m}$

高程压力校正值:

$0.0748\times10^{-1}\times1.8=0.013\text{MPa}$

2 点的最终压力:$P_2=5.030-0.013=5.017\text{MPa}$

9) 求 3 点的压力 P_3:以 2 点的压力 P_2 查表 2-142,得 $Y_2=120.5$,$Z_2=0.0749$

从 $D_2=20$ 得 $A_2=1.694\times10^{-3}$,$B=3.094\times10^{-2}$

代入式(2-100)得

$$Y_3=Y_2+A_2L_2Q_2^2+B(Z_3-Z_2)Q_2^2$$
$$=120.5+1.694\times10^{-3}\times2.87\times123.6^2+3.094\times10^{-2}(Z_3-0.0749)\times123.6^2$$
$$=159.37+472.7Z_3$$

忽略未知项 Z_3,以 $Y_3=159.37$,查表 2-142,得 $Z_3=0.1025$。代入公式得

$$Y_3=159.37+472.7\times0.1025=207.82(\text{MPa}\cdot\text{kg})/\text{m}^3$$

再查表 2-142,得 $P_3=4.890\text{MPa}$

10) 用同样方法求 4 点的压力 P_4:

$$P_4=4.447\text{MPa}$$

喷嘴的压力符合高压贮存系统喷射压力不应小于 1.4MPa 的要求。

11) 确定喷嘴的等效孔口喷射率:查表 2-147,当喷嘴压力为 4.447MPa 时,喷嘴的等效喷射率 q 为 $1.963\text{kg}/(\text{min}\cdot\text{mm}^2)$

12) 计算喷嘴孔口尺寸:

$$F=Q_3/q=61.8/1.963=31.48\text{mm}^2$$

查产品手册,实际选用喷嘴的等效喷孔面积为 49.5mm^2,所以实际喷放时间比 1min 短一些。

2.7.4 局部应用二氧化碳灭火系统

局部应用二氧化碳灭火系统适用于不宜采用全淹没二氧化碳灭火系统的场合,例如保护较大防护区的某个危险部位,经常有人的场合及室外设备等。具体应用场合有:轧机、淬火槽、喷漆棚、注油变压器、反应釜、实验设备、易燃蒸汽排放口等。

(1) 系统与组成：与全淹没灭火方式不同，局部应用灭火方式是采用专门的喷头，使喷放出来的二氧化碳以液态直接、集中地施放到正在燃烧的物体上。它要求喷放的二氧化碳能穿透火焰，并在燃烧物体的表面上达到一定的供给强度，延续一定的时间，使得燃烧熄灭。

局部应用灭火方式保护的对象，无需实行封闭。但需注意，该方式只能用于扑灭表面火灾，不可用于扑救深位火灾。

局部应用灭火系统通常由二氧化碳贮存设备、管道、喷嘴及相应的探测和控制设备组成。图 2-186 为二氧化碳局部应用灭火系统的实例简图。

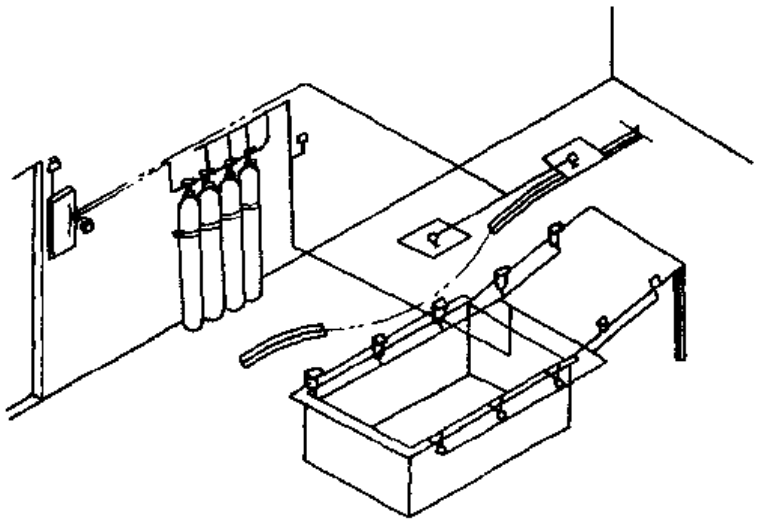


图 2-186　二氧化碳局部应用灭火系统保护浸渍槽

(2) 设计计算公式：局部应用系统的设计计算分为面积法和体积法。当着火部位是比较平直的表面时，宜采用面积法；当着火对象是不规则物体时，宜采用体积法。

1) 面积法：用面积法设计时，首先应确定所需保护的面积。计算保护面积时应将火灾的临界部分考虑进去，必要时还得包括火灾可能蔓延到的部位。

① 喷头数量和布置：根据现场条件在确定了喷头距保护对象设计高度的前提下，查阅产品手册可得喷头的额定保护面积(一般为正方形)，采取保护面积边界相接的方法进行排列，使其完全覆盖被保护对象表面。当所保护对象的物质系数 K_b 大于 1 时，应将单个喷头额定保护面积除以 K_b，以其所得的正方形面积来进行覆盖排列。

喷头数量，可按式(2-105)计算：

$$n_t = K_b \frac{S_L}{S_i} \quad (个) \tag{2-105}$$

式中　n_t——喷头数量(个)；

K_b——物质系数，可查表 2-141；

S_L——保护面积(m^2)；

S_i——单个喷头在设计高度下的保护面积(m^2)。

② 二氧化碳设计用量：二氧化碳灭火剂的设计用量，按式(2-106)计算：

$$M = t\Sigma Q_i \tag{2-106}$$

式中 M——灭火剂设计用量(kg);

t——喷射时间(min)。对于一般保护对象为0.5min;对于燃点温度低于沸点温度的液体和可溶化固体的火灾,t 不应小于1.5min;

Q_i——各个喷头的设计流量(kg/min)。

当所用喷头规格型号相同时,则按式(2-107)计算:

$$M = n_t Q_i t \quad (\text{kg}) \tag{2-107}$$

③ 管网流体计算方法与全淹没系统相同。但计算结果必须满足喷头在设计流量(设计安装高度)时的入口压力要求。否则,需进一步调整管径,重新进行计算。

2) 体积法:用体积法设计时,首先要围绕保护对象设定一个假想的封闭罩。假想封闭罩应有实际的底(如地板),其周围和顶部如没有实际的围护结构(如墙等),则假想罩的每个"侧面"和"顶盖"都应距离被保护物不小于0.6m。这个假想封闭罩的容积即为体积法设计计算的体积(封闭罩内具体保护对象所占的体积不应扣除)。

① 喷射强度:

ⅰ. 当被保护对象的物质系数 $K_b = 1$,全部侧面有实际围封时,喷射强度可取 4kg/(min·m³)。

ⅱ. 当被保护对象物质系数 $K_b = 1$,所设定的封闭罩其侧面完全无实际围封结构时,喷射强度可取 16kg/(min·m³)。

ⅲ. 当设定的封闭罩侧面只有部分实际围封结构,则喷射强度介于上述两者之间,其喷射强度可通过围封系数来确定。围封系数是指实际围护结构的侧面积与假想封闭罩总侧面积的比值,按式(2-108)计算:

$$K_w = \frac{A_p}{A_t} \tag{2-108}$$

式中 K_w——围封系数;

A_p——设定封闭罩侧面实际存在的围封面积(m²);

A_t——设定封闭罩侧面存在的实际围封面积与假定围封面积之和(m²)。

喷射强度,可按式(2-119)计算:

$$q_v = K_b(16 - 12K_w) \tag{2-109}$$

式中 q_v——喷射强度(kg/(min·m³);

K_b——物质系数。

② 二氧化碳设计用量:二氧化碳设计用量,应按式(2-110)计算:

$$M = V_L q_v t \quad (\text{kg}) \tag{2-110}$$

式中 M——二氧化碳设计用量(kg);

V_L——封闭罩内的计算体积(m³);

t——喷射时间(min)。

③ 灭火剂贮存容器的确定:对于高压贮存系统,贮存容器个数按式(2-111)计算:

$$N_p = 1.4M/r_0V_0 \quad (\text{个}) \tag{2-111}$$

式中 N_p——贮存容器个数;

r_0——储存容器中二氧化碳充装率(kg/L)。对于高压贮存系统,取 $r_0 = 0.6$~

0.67kg/L；

V_0——单个贮存容器的容积(L)，可查表 2-135。

计算所得的 N_p 为小数时，可采取为整数。

低压贮存系统由于难于满足局部应用灭火系统喷头所要求的喷放压力，故很少在局部应用系统中设计采用。

④ 喷头的数量和布置：喷头的数量和布置，应使二氧化碳分布均匀，并满足喷射强度和设计用量的要求。

⑤ 管网流体计算方法与全淹没系统相同。

(3) 要求和规定：

1) 局部应用二氧化碳灭火系统的防护区面积不宜大于 $25m^2$，最多不应超过 $50m^2$。具有主体火灾的防护区，其防护体积不宜大于 $50m^3$，最多不应超过 $100m^3$。

2) 在计算二氧化碳贮存量时，对于常温下工作的二氧化碳管道，不考虑管道的二氧化碳蒸发量；对于环境温度超过 45℃ 且无绝热层保护的二氧化碳管道，系统中计算二氧化碳的贮存量应加上管道二氧化碳的蒸发量。蒸发量的计算公式，见式(2-112)：

$$M_v = \frac{M_g C_p (T_1 - T_2)}{H} \quad (kg) \tag{2-112}$$

式中 M_v——二氧化碳在管道中的蒸发量(kg)；

M_g——受热管网的管道质量(kg)；

C_p——管道金属材料的比热(kJ/(kg·℃))，钢管可取 0.46kJ/(kg·℃)；

T_1——二氧化碳喷射前管道的平均温度(℃)，可取环境平均温度；

T_2——二氧化碳平均温度(℃)，可取 15.6℃；

H——二氧化碳蒸发潜热(kJ/kg)，可取 150.7kJ/kg。

3) 局部应用系统在流体计算时，若二氧化碳管线较短，高压容器出口初压可视为容器的贮存压力；若二氧化碳管线较长，应通过计算管网的体积，运用气体定量 $P_1V_1 = P_2V_2$，对出口初压进行校正。

4) 在运用体积法计算二氧化碳灭火剂的用量时，封闭罩的设定方法直接关系到围封系数和封闭罩体积的大小，也会影响到灭火剂的用量。见图 2-187 中的保护对象，用体积法计算时，应分别按东、西、北三面有围封，西、北二面有围封和只有北面一面有围封三种情况分别进行计算系统的灭火剂用量，并取其中的较小值。

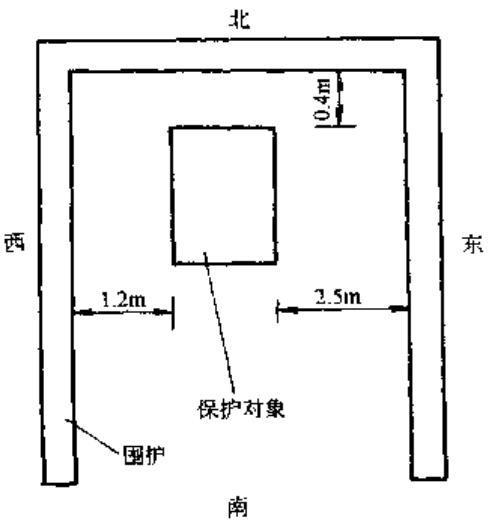


图 2-187　体积法封闭罩计算示意

(4) 示例：

【例】 某机械加工厂车间内有一淬火槽长 6.2m、宽 1.6m。槽内易燃液体的物质系数 $K_b = 1$。采用局部应用二氧化碳灭火系统对其进行保护。喷头安装高度为 2.5m。试设计计算该灭火系统。

【解】 1) 喷头的选择与计算：查产品手册，局部应用架空型喷头。当安装高度为 2.5m 时，每个喷

头的保护范围为1.8m×1.8m的正方形面积。据此在淬火槽上方布置4个喷头即能覆盖整个保护区，其布置见图2-188。

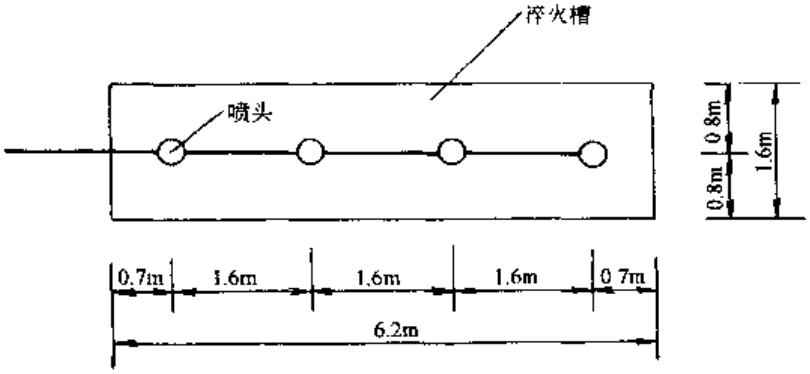


图2-188 局部应用系统实例

决定选用8号喷头，等效孔口面积为31.68mm^2，在安装高度为2.5m时，喷头的设计流量 $Q_i=45.31$kg/min，喷射率 $q=1.43$kg/(min·mm^2)，喷头的入口压力应为3.68MPa。

2）二氧化碳设计用量的确定：

$$M=n_t Q_i t=4\times45.31\times0.5=90.6\text{kg}$$

3）二氧化碳灭火剂贮存量计算：由于系统的二氧化碳管道在常温下工作，不考虑管道的二氧化碳蒸发量。故贮存量为

$$M'=1.4M=126.8\text{kg}$$

4）二氧化碳贮存容器的确定：高压二氧化碳贮存器的剩余量，按设计用量的8%计算，则二氧化碳灭火剂的总贮存量为

$$126.8+90.6\times8\%=134.0\text{kg}$$

选用50L二氧化碳贮存器4个，则贮存容器的充装率为0.67，符合要求。

5）根据车间平面布置情况画出局部应用系统计算简图，见图2-189。

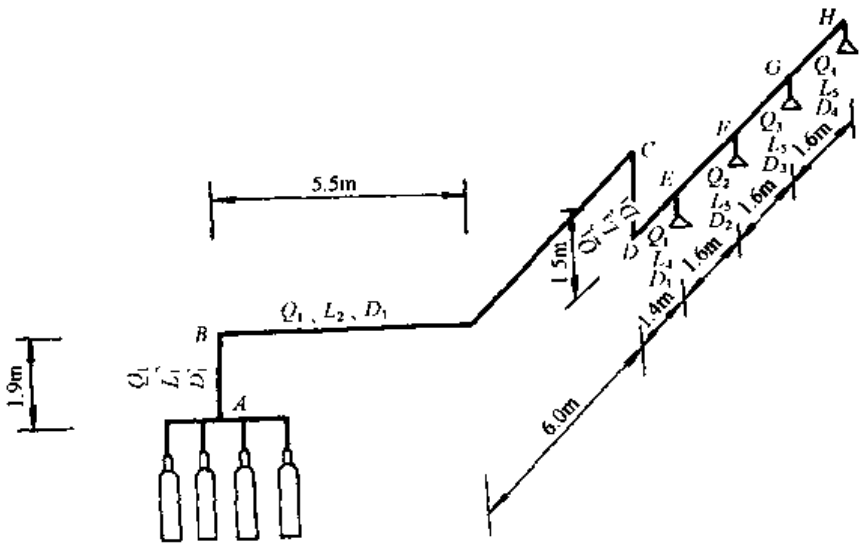


图2-189 局部应用系统计算示意

6) 各管段的流量及管径的初选，见表 2-152。

初选各管段流量及管径　　表 2-152

管段编号	流量 (kg/min)	管道内径 (mm)
A-B	$Q_1=45.31\times4=181.24$	$D_1=27$　($\phi32\times2.5$)
B-C	$Q_1=181.24$	$D_1=27$　($\phi32\times2.5$)
C-D	$Q_1=181.24$	$D_1=27$　($\phi32\times2.5$)
D-E	$Q_1=181.24$	$D_1=27$　($\phi32\times2.5$)
E-F	$Q_2=45.31\times3=135.93$	$D_2=22$　($\phi27\times2.5$)
F-G	$Q_3=45.31\times2=90.62$	$D_3=20$　($\phi25\times2.5$)
G-H	$Q_4=45.31$	$D_4=17$　($\phi22\times2.5$)

7) 各管段的管长度，见表 2-153。

各管段管长度　　表 2-153

管段编号	公称通径 (mm)	管道实长度(mm)	当量长度 (m)	计算管长度(m)
A-B	25	1.9	1.74	3.64
B-C	25	11.5	0.85×2	13.2
C-D	25	1.5	0.85	2.35
D-E	25	1.4	0.85	2.25
E-F	20	1.6	0.43	2.03
F-G	20	1.6	0.43	2.03
G-H	15	1.6	0.3	1.90

8) 二氧化碳贮存容器出口压力的校正：由于二氧化碳输送管道较长，当贮存容器容器阀开启后，二氧化碳充满整个系统管路，引起体积膨胀，故出口压力应比贮存压力有所降低，喷放初压可用气体定理进行计算：

$$P_1V_1=P_2V_2$$

式中　P_1——贮存容器贮存压力为 5.17MPa(绝对压力)；

V_1——贮存容器总容积为 $V_1=4\times0.05=0.2\text{m}^3$；

V_2——整个系统管路体积与贮存容器总容积之和(本题忽略排放软管和集流管的体积)。

$$V_2=0.2+\frac{3.14}{4}\times(0.027^2\times16.3+0.022^2\times1.6+0.02^2\times1.6+0.017^2\times1.6)$$

$$=0.214\text{m}^3$$

得喷放时的初压：

$$P_2=\frac{P_1V_1}{V_2}=\frac{5.17\times0.2}{0.214}=4.832\text{MPa}$$

9) 求 B 点的压力：

$P_A=4.832$MPa,查表2-142,得 $Y_1=247.55$(MPa·kg)/m^3,$Z_1=0.168$

$D_1=27$mm,代入公式(2-101)、式(2-102)得

$$A_1=\frac{1}{0.8725\times10^{-4}\times27^{5.25}}=3.504\times10^{-4}$$

$$B_1=\frac{4950}{27^4}=9.314\times10^{-3}$$

代入式(2-100)得

$$Y_2=238.05+305.9Z_2$$

忽略未知项 Z_2,以 $Y_2=238.05$ 查表2-142,得 $Z_2=0.161$,代入 Y_2 式得 $Y_2=287.30$

再查表2-142,得 $P'_B=4.774$MPa

由于 B 点比 A 点高,需进行高程压力修正。

A-B 间,$\overline{P}=\frac{1}{2}(P_A+P'_B)=4.803$MPa,查表2-145,得高程压力校正系数为 0.067×10^{-1}MPa/m,B 点的高程压力校正值为 $0.067\times10^{-1}\times1.9=0.013$MPa

$$P_B=4.774-0.013=4.761\text{MPa}$$

10) 求 C 点的压力:$P_B=4.761$MPa,查表2-142,得 $Y_2=296.17$,$Z_2=0.204$。$A_2=A_1=3.504\times10^{-4}$,$B_2=B_1=9.314\times10^{-3}$

代入式(2-100)得

$$Y_3=385.70+305.9Z_3$$

同样,忽略未知项 Z_3,以 $Y_3=385.70$(MPa·kg)/m^3 查表2-142,得 $Z_3=0.273$,代入 Y_3 式得 $Y_3=469.21$,查表2-142,得 $P_C=4.476$MPa

同理,可以依次求出 D、E、F、G、H 点的压力:

$P_D=4.479$MPa,$P_E=4.465$MPa,$P_F=4.447$MPa,$P_G=4.418$MPa,$P_H=4.397$MPa

本题也可使用图2-182,采用图解法进行计算,结果基本一致,但精度稍差。

11) 喷头前压力的校核:计算结果显示,最远喷头前压力为4.397MPa,大于8号喷头要求的入口压力3.68MPa,满足要求。

另外,不难看出,最不利喷头(H)的全程阻力损失 h_{max} 和最有利喷头(E)的全程阻力损失 h_{min} 满足以下关系:

$$\frac{h_{max}-h_{min}}{h_{max}}>0.1$$

故系统属于非均衡系统。

2.8 卤代烷1211灭火系统

2.8.1 概 述

卤代烷1211灭火剂的化学名称为二氟一氯一溴甲烷,化学式为:$CBrClF_2$。它的灭火机理主要是通过抑制燃烧的化学反应过程,使燃烧化学反应链中断而达到灭火的目的。因此,与传统的窒息或冷却等灭火方法(比如二氧化碳灭火剂)相比,只要用较少的剂量就可达到

灭火目的。

在工程实践中，卤代烷 1211 常用的灭火系统有全淹没和局部应用系统。其设置和方法与二氧化碳系统类同。对于比较小的被保护区，也可采用无管网系统。无管网系统是一种预制定型系统，象灭火器一样。一般将灭火剂贮存容器、控制和释放部件组装在一起，见图 2-190。可根据防护区大小直接选用，不需进行大量的管网计算。无管网系统适用于被保护区面积小于 100m^2，总容积在 300m^3 以下的场合，且一个防护区内的设置数不应超过 8 个。

卤代烷 1211 灭火系统一般由灭火剂贮存装置、灭火剂自动或手动控制装置以及喷洒、输送管网三部分组成。其系统组件（见图 2-191）其中容器阀、选择阀、喷嘴、止回阀、集流管、控制装置等，均已在二氧化碳灭火系统中作过介绍。

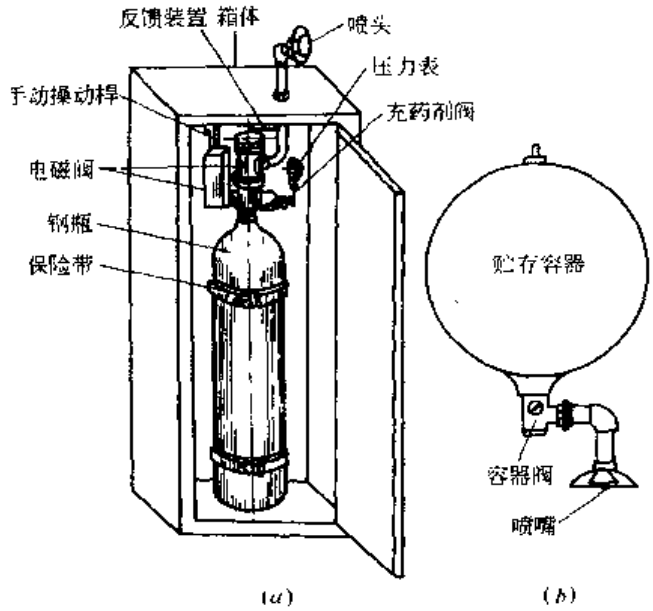


图 2-190　无管网卤代烷灭火系统
(a)箱式；(b)悬挂式

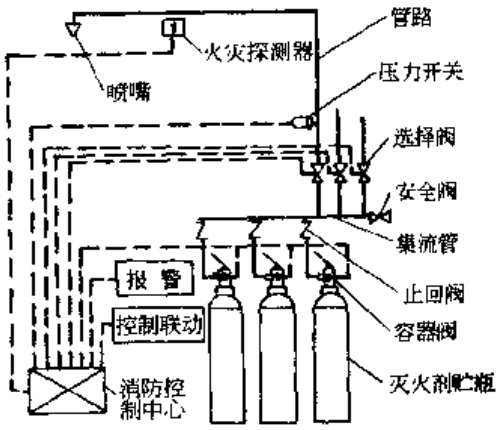


图 2-191　卤代烷灭火系统组成示意

贮存容器为贮压式贮罐，卤代烷 1211 与增压用的氮气共同贮存在一个容器中。根据被防护区的大小、远近，灭火系统的贮存压力分 1.05、2.50、4.00MPa 三个压力等级。在卤代烷 1211 灭火系统中，常采用的充装密度（容器内灭火剂质量与容器容积之比）和充装比（指在 20℃时贮存容器内液态灭火剂的体积与容器容积之比），见表 2-154。

卤代烷 1211 充装密度及充装比　　表 2-154

贮存压力 (MPa)	充装密度 (kg/m^3)	充 装 比
1.05	1100～700	0.5～0.6
2.50	1470～700	0.5～0.8
4.00	1470～700	0.5～0.8

贮存容器的构造，见图 2-192。

卤代烷 1211 灭火系统中管网采用的管材，应根据系统贮存压力和使用环境进行选择，见表 2-155。

根据我国 1992 年制定的《保护臭氧层物质逐步淘汰国家方案》，我国将在 2005 年实现

完全停止哈龙生产。因此，在设计时应根据《建筑设计防火规范》(GBJ 16—87、1997 年版)、《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95、1997 年版)、《人民防空工程设计防火规范》(GB 50098—98)，严格控制卤代烷 1211、1301 灭火系统的使用场所。有条件时，采用二氧化碳或卤代烷替代药剂等其它气体灭火系统来替代卤代烷灭火系统。

管材选择　　表 2-155

	贮压等级	管　材	连接方式	
			$DN \leqslant 80mm$	$DN > 80mm$
普通防腐区	1.05MPa	加厚镀锌焊接钢管	螺纹连接	法兰连接
	2.50MPa 4.00MPa	镀锌无缝钢管		
有腐蚀性气体或蒸汽的防护区	不　限	不锈钢管铜管		

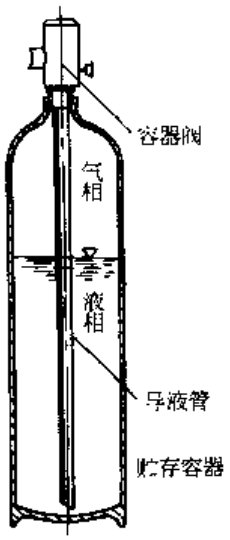


图 2-192　贮存容器构造

2.8.2 设计计算公式

卤代烷 1211 局部保护灭火系统是贮存装置通过管网与喷嘴直接向火灾危险区喷射一定量灭火剂的灭火系统。本节介绍的是全淹没式系统的设计计算。

(1) 灭火剂总用量按式(2-113)计算：

$$M_Z = M_S + M_B \quad (kg) \tag{2-113}$$

式中 M_Z——系统灭火剂总用量(kg)；

M_B——系统灭火剂备用量(kg)；只有在重点保护对象的防护区或超过 8 个防护区的组合分配系统应有备用量，并不应小于设计用量；

M_S——灭火剂设计用量(kg)。设计用量，按式(2-114)计算：

$$M_S = M_{SM} + M_L + M_Y \quad (kg) \tag{2-114}$$

其中 M_L——防护区灭火剂流失补偿量(kg)，全淹没系统的防护区不宜开口，若有开口，且灭火剂分界面下降到设计高度的时间小于规定的灭火剂浸渍时间时，应予以开口流失补偿；反之就不需补偿。另外，当防护区内在灭火过程中有机械通风时，还需考虑机械通风引起的补偿量；

M_Y——系统管网和贮存容器内灭火剂剩余量(kg)，当管网是均衡布置时，管网中灭火剂的剩余量可视为零；当管网是非均衡布置时，其管网剩余量应等于当气、液分界点移动到最近喷嘴时，各支管中其它气、液分界点到各支管最末喷嘴之间的各管段容积与 1211 液体密度的乘积。贮存容器内灭火剂剩余量应为容器内引升管口以下剩余灭火剂量与贮存容器数的乘积，对于常用的 40L 贮存钢瓶，每个容器的灭火剂剩余量，可按 1kg 计算；

M_{SM}——设计灭火剂用量(kg)，按式(2-115)计算：

$$M_{SM} = K_C \frac{\varphi V}{1 - \varphi \mu} \quad (kg) \tag{2-115}$$

其中　φ——灭火剂 1211 的设计浓度(%),见表 2-156、157;

建筑物的设计灭火浓度(%)　　**表 2-156**

图书馆、档案库、珍藏室、文物资料库	7.5
交配电室、通讯机房、电子计算机房	5

可燃气体及可燃液体火灾的设计灭火浓度　　**表 2-157**

物质名称	设计浓度(%)	物质名称	设计浓度(%)
甲烷	5.0	甲基醋酸乙酯	5.0
乙烷	6.0	二乙醚	5.3
丙烷	5.4	苯	5.0
丁烷	5.0	甲苯	5.0
异丁烷	5.0	乙苯	5.0
乙烯	8.2	混合二甲苯	5.0
丙烯	6.2	氯苯	5.0
甲醇	9.8	苯甲醇	5.0
乙醇	5.4	乙腈	5.0
丙醇	5.2	丙烯腈	5.6
异丙醇	5.0	1-氯-2.3-环氧丙烷	6.6
丁醇	5.3	硝基甲烷	5.9
二甲基丙醇	5.2	N·N-二甲基甲酰胺	5.0
异丁醇	5.0	二硫化碳	5.0
戊醇	5.0	变质(含甲醇)酒精	5.0
己醇	5.4	石油溶剂(油漆用)	5.0
乙二醇	5.0	航空涡轮用汽油	5.0
戊烷	5.0	航空汽油	5.0
庚烷	5.0	航空涡轮用煤油	5.0
已烷	5.0	航空用重煤油	5.0
2.2.5-三甲基己烷	5.0	石油醚	5.0
丙酮	5.0	汽油(辛烷值 98)	5.0
戊二酮-[2.4]	5.0	环己烷	5.0
丁酮	5.0	萘烷	5.0
醋酸乙酯	5.0	异丙基硝酸酯	9.0
乙酰醋酸乙酯	5.0		

V——防护区空间减去永久性建构筑物体积后的最大净容积(m^3);

μ——防护区在海拔高度为 0m 和最低环境温度下,灭火剂蒸汽的比容积(m^3/kg),可按式(2-116)计算:

$$\mu = 0.1287 + 0.000551\theta \quad (m^3/kg) \tag{2-116}$$

其中　θ——最低环境温度(℃);

K_C——海拔高度修正系统，按式(2-117)计算：

$$K_C = 5.3788\times10^{-9}\times H^2 - 1.1975\times10^{-4}\times H + 1 \tag{2-117}$$

其中 H——防护区的海拔高度(m)。

(2) 管网流体计算：卤代烷1211灭火系统管网主要包括贮存容器、管道和喷嘴三部分。管网流体计算的主要任务是确定贮存容器的贮存压力 P_{od}、充装比 R、各管段管径 D 和各喷嘴的孔口面积 A 四个参数。

1) 喷嘴及管网的灭火剂设计质量流量：系统设计质量流量，按式(2-118)计算：

$$q_{md} = \frac{M_{SML}}{t_d} \quad (kg/s) \tag{2-118}$$

式中 q_{md}——系统设计质量流量(kg/s)；

M_{SML}——设计灭火剂用量 M_{SM}和流失补偿量 M_L 之和(kg)；

t_d——灭火剂喷射时间(s)，喷射时间的含义与二氧化碳灭火系统相同，可参见第2.7.3节。对于可燃气体和甲、乙、丙类液体火灾的防护区和国家级、省级文物资料库、档案库、图书馆的珍藏室，取 $t_d\leqslant10s$；而对于一般既不存在爆炸危险，也不会很快形成深位火灾的其它防护区，取 $t_d\leqslant15s$。

对于均衡管网系统，单个喷嘴的质量流量按式(2-119)计算：

$$q_{mn} = \frac{M_{SML}}{nt_d} \quad (kg/s) \tag{2-119}$$

式中 q_{mn}——单个喷嘴的设计质量流量(kg/s)；

n——系统喷嘴的总个数。

各管段的设计质量流量，按式(2-120)计算：

$$q_i = n' q_{mn} \quad (kg/s) \tag{2-120}$$

式中 q_i——各管段内通过的质量流量(kg/s)；

n'——各管段所带的喷嘴数量(个)。

2) 管径初选公式：管径初选时应使其单位管道长度的压力损失控制在3～12kPa/m的范围内。可按式(2-121)进行计算：

$$D = 26.4\sqrt{\frac{q_i}{V}} \quad (mm) \tag{2-121}$$

式中 D——管道内径(mm)，计算结果应圆整到管道规格的实际内径；

V——设计流速，一般为2.5～4.5m/s。设计质量流量较大时取大值，反之取小值。

若选用的是镀锌钢管，也可查图2-193曲线初选管道。

3) 贮存容器的压力：在施放灭火剂的过程中，贮存容器内的压力 P_{td}，始终应符合式(2-122)的关系：

$$P_{td} = \frac{P_{0d}V_0}{V_0 + V_t} \quad (绝对压力，MPa) \tag{2-122}$$

式中 P_{0d}——灭火剂喷放前，贮存容器内灭火剂的贮存绝对压力(MPa)；

V_0——施放灭火剂前容器内的气相容积(m^3)；

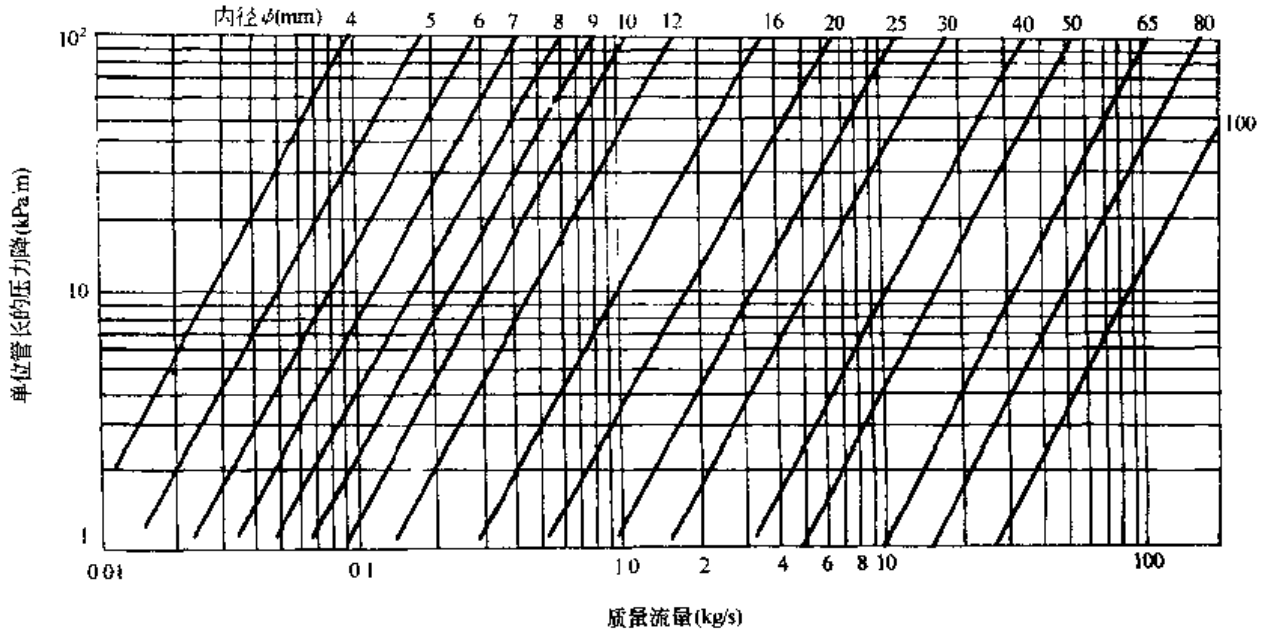


图 2-193　镀锌钢管内灭火剂的质量流量与阻力损失的关系

V_t——施放过程中，贮存容器气相容积的增量(m^3)；

其中，当灭火剂施放开始时，贮存容器内的压力，按式(2-123)计算：

$$P_{0p}=\frac{P_{0d}\left(V_n-\dfrac{M_S}{\rho}\right)}{V_n-\dfrac{M_S}{\rho}+\Sigma V_i}\quad\text{(绝对压力，MPa)}\tag{2-123}$$

式中　V_n——贮存容器的总容积(m^3)；

ΣV_i——管网中所有管道的容积之和(m^3)；

ρ——灭火剂 1211 在贮存温度时的液体密度(kg/m^3)，可查表 2-158。

在系统的灭火剂喷出 50%时，贮存容器内的压力，按式(2-124)计算：

$$P_t=\frac{1-r}{1-\dfrac{r}{2}}P_{0d}\quad\text{(绝对压力，MPa)}\tag{2-124}$$

在系统喷射结束时，贮存容器内的压力，按式(2-125)计算：

$$P_{te}=\frac{1-r}{1+\dfrac{V_{p0}}{V_0}}P_{0d}\quad\text{(绝对压力 MPa)}\tag{2-125}$$

V_{p0}——喷射结束时管道内充气部分的容积，即从贮存容器出口至各管段内气、液分界点之间的管道容积之和(m^3)；

r——充装比；

4) 管道的压力损失：管道的压力损失，可按式(2-126)计算：

卤代烷1211的液体密度与温度的关系 表2-158

温 度 (℃)	液体密度(kg/m³)	温 度 (℃)	液体密度(kg/m³)
-60	2060	40	1750
-40	2020	69	1670
-20	1970	80	1580
0	1900	100	1470
20	1830	153.8	713

$$P_L=\left[12+0.82D+37.7\left(\frac{D}{q_i}\right)^{0.25}\right]\frac{q_i^2}{D^5}L\times10^2 \quad (\text{MPa}) \tag{2-126}$$

式中 P_L——管段的沿程压力损失和局部压力损失之和(MPa)；

D——管道内径(mm)；

q_i——计算管段内灭火剂的设计质量流量(kg/s)；

L——管道计算长度(m)，

$$L=L_1+\Sigma L_2$$

其中 L_1——管段实际长度(m)；

ΣL_2——管段内管件、阀门等当量长度之和(m)，可查产品手册得出。

5) 高程压差，按式(2-127)计算：

$$P_h=0.01795H \quad (\text{MPa}) \tag{2-127}$$

式中 P_h——高程压差(MPa)；

H——高程变化值(m)，以流动方向向上取正值，向下取负值。

6) 喷嘴孔口面积的确定：喷嘴孔口面积的确定与喷嘴处的工作压力有关。喷嘴的设计压力，按式(2-128)计算：

$$P_n=P_t-\Sigma P_L-\Sigma P_h \quad (\text{绝对压力,MPa}) \tag{2-128}$$

式中 P_n——喷嘴设计压力(绝对压力，MPa)；

P_t——当灭火剂1211喷放50%时，贮存容器内的压力值(绝对压力，MPa)；

ΣP_L——诸管段沿程压力损失和局部压力损失之和(MPa)，在初选喷嘴孔口面积时，ΣP_L可为单位长度压力损失P_p/L与管道计算长度L之和的乘积，即$\Sigma P_L=\frac{P_p}{L}\Sigma L$，面$P_p/L$一般可取0.007MPa/m；

ΣP_h——诸管段高程压差之和(MPa)。

在求得喷嘴设计压力P_n后，喷嘴孔口面积，按式(2-129)确定：

$$A=\frac{16.53q_{mn}}{C_d\sqrt{P_n}} \quad (\text{mm}^2) \tag{2-129}$$

式中 A——喷嘴孔口面积(mm²)；

C_d——喷嘴的流量系数，由产品生产厂家提供。

7) 喷射时间的验算：卤代烷1211灭火系统管网流体计算是在假设灭火剂喷射时间和初选管道直径的前提下计算出来的，故还必须校验满足以下三个条件：

$$t'_d \leqslant (1+10\%)t_d \tag{2-130}$$

$$P'_{t_n} > P_e \quad (\text{即 } P_n \geqslant 0.32\text{MPa}) \tag{2-131}$$

$$t_p \leqslant 10\text{s} \tag{2-132}$$

式中　t'_d——验算后的喷射时间(s)；

t_d——设定的喷射时间(s)；

P'_{t_n}——灭火剂喷完时，贮存容器的计算压力(绝对压力，MPa)；

P_e——喷嘴最低工作压力，即0.32MPa；

t_p——灭火剂充满管网的时间(s)。按式(2-133)计算。

$$t_p = \Sigma \frac{L_1 \pi D^2}{4 V_v} \quad (\text{s}) \tag{2-133}$$

其中　L_1——管段实际管长(m)；

D——管道内径(m)；

V_v——灭火剂充满管道时该管段内的体积流量(m^3/s)。

若以上三个条件不能满足时，应通过调整喷嘴孔口、管道内径、贮存压力或充装比反复进行计算，直至得到满意结果。

2.8.3 计 算 步 骤

卤代烷1211灭火系统的计算内容和步骤归纳如下：

(1) 根据火灾种类和保护对象选定系统型式。确定防护区的面积、容积及可燃物的性质与设计灭火浓度，计算设计灭火剂用量与流失补偿量。

(2) 根据防护区的具体情况，布置管网和喷嘴。

(3) 选择灭火剂喷射时间、贮存压力、充装比、贮存容器。

(4) 计算喷嘴及各管段的设计质量流量，并依此初选各管段的管径。

(5) 计算管网的沿程和局部压力损失、高程压差、管网的始点压力，依此计算出喷嘴的设计压力。

(6) 通过计算，根据产品手册确定喷嘴孔口面积和直径。

(7) 选取最不利喷嘴的三个工作压力，计算出管网总质量流量与容器贮存压力的对应关系曲线。

(8) 计算灭火剂的剩余量，调整容器的容积，计算充装比和贮存容器的容积，以及管网的容积。

(9) 计算灭火剂充满管网时容器内的气相容积和压力，以及灭火剂的质量流量和体积流量。

(10) 验算灭火剂充满管网的时间。

(11) 逐秒推算灭火剂分布管网内的气相容积，验算灭火剂的喷射时间和喷嘴的最低工作压力。

(12) 调整系统中的管径或喷嘴压力或贮存压力、充装比，反复进行计算，直至灭火剂喷射时间、充满管网时间和喷嘴工作压力都满足要求为止。

2.9 卤代烷 1301 灭火系统

2.9.1 概 述

卤代烷 1301 灭火剂是三氟一溴甲烷(化学式 CF_3Br)的简称。它的灭火机理与卤代烷 1211 类同。与 1211 灭火剂不同之处在于:

(1) 1301 的毒性比 1211 小。当 1211 的体积浓度达到 4%～5%时,将会使人有轻微的中毒反应,而 1301 在体积浓度不大于 7%时,还允许在有人的场所内直接应用。

(2) 1301 的饱和蒸汽压比 1211 大得多。为保持喷射处呈液态喷射,灭火剂在贮瓶内需要有更高的贮存压力。通常在 20℃ 的环境温度下,贮瓶的贮存压力有 2.5MPa 和 4.2MPa 两个等级。而 1211 系统一般采用 1.05MPa 和 2.50MPa,只有在系统较大或输送距离较远时才使用 4.00MPa 的贮压等级。

(3) 1211 系统基本上属液相输送,而 1301 系统则为气液两相输送。因此,1301 系统的各主要部件的耐压和密封性要求更为严格,并必须具有更大的流通能力。

(4) 1301 的价格比 1211 高。

卤代烷 1301 灭火剂有优异的灭火性能,至今为止尚未找到在性能上接近或超过它的灭火剂替代物。即便是这样,为了减少对大气臭氧层的破坏,应严格控制卤代烷 1301 灭火系统的使用范围。

卤代烷 1301 灭火系统按灭火方式,可分为全淹没灭火系统和局部应用灭火系统两类,此两类系统均属于管网输送系统。按其结构特点又有组合分配与独立单元之分。国内目前使用较多的是全淹没灭火系统,以下介绍其组成和计算方法。

2.9.2 设 备 与 组 件

(1) 贮存容器:国内已生产的卤代烷 1301 灭火剂的贮存容器规格较多。贮存容器在排放时必须有支架固定,可以单瓶固定,也可成组固定见图 2-194、195。贮存容器的规格和安装尺寸,见表 2-159。

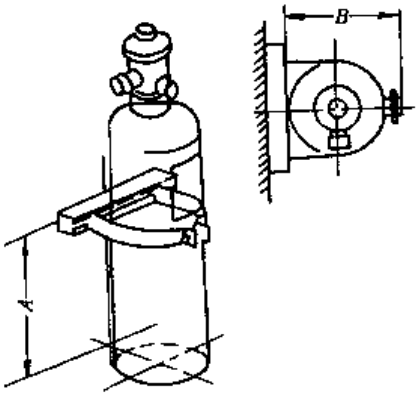


图 2-194 单瓶固定架

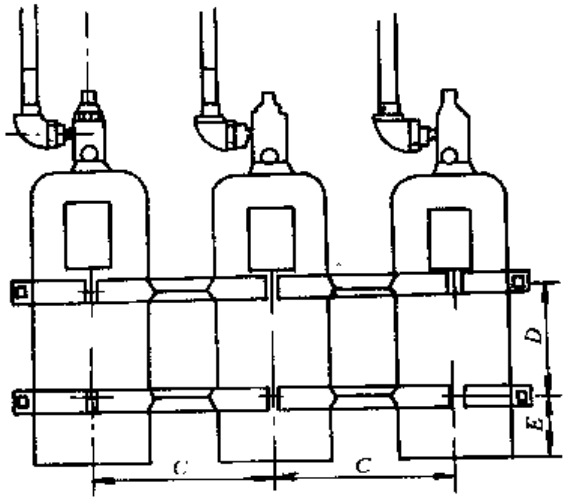


图 2-195 多瓶组安装方式

1301 钢瓶规格和安装尺寸　　表 2-159

贮存容器灭火剂充装量(kg)	钢瓶容积(L)	A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)	E(mm)
8	7.5	203	200	406	127	102
15	13.5		264			
25	22.5	305			229	203
33	30.0	356	297		254	250
40	37.0	457			270	
85	76.0	508	366		432	305
155	138.5	762	448	490	584	
270	242.5	889	548	559	711	

贮存容器可在环境温度为－40～54℃范围内工作。贮存装置应布置在不易受机械、化学损伤的场所，宜设在靠近防护区的专用贮瓶间内。该房间的耐火等级不应低于二级，并应有直接通向室外或疏散走道的出口。

(2) 容器阀与瓶头阀：卤代烷灭火系统的容器阀是指灭火剂贮存容器上的阀门，用于封存并控制释放容器内的灭火剂。瓶头阀是指启动专用小钢瓶上的阀门，用于封存并控制释放小钢瓶内的启动气体。

容器阀的启动方式分有电动式、气动式、手动式、电引爆式等，见图 2-196。采用较多的是气动式和手动式。瓶头阀的启动方式分有电动式、手动式和电引爆式等。

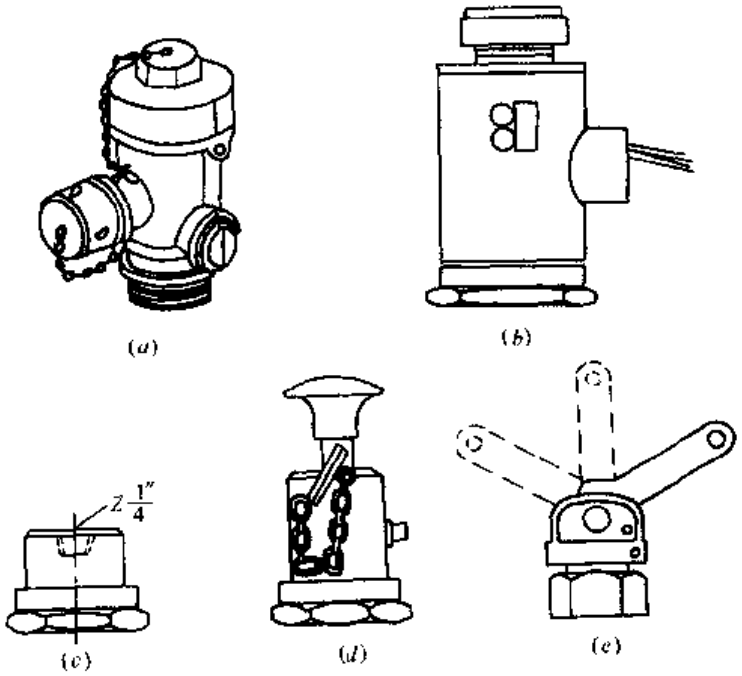


图 2-196　容器阀主体和启动器

(a) 容器阀主体；(b) 电磁启动器；(c) 气动启动器；(d) 手动、气动启动器；(e) 手动启动器

为了设定不同的控制和操作方法，可将容器阀不同的启动方式进行不同的组合，见图 2-197。

在贮存容器上或容器阀上，应设泄压装置和压力表。组合分配系统的集流管也应设泄

压装置。泄压装置的动作压力规定如下：

贮存压力为 2.50MPa 时，应为 6.8±0.34MPa。

贮存压力为 4.20MPa 时，应为 8.8±0.44MPa。

(3) 喷嘴：喷嘴的结构形式较多，用于卤代烷 1301 灭火剂的一般有孔口型、管口型和裂隙型等。

径射孔口型喷嘴，是沿径向向四周喷射，喷洒形状为平面，适用于空间高度较低的防护区。直流孔口型喷嘴，是垂直向下喷射，喷洒形状为圆锥形；螺旋雾化型喷嘴，是喷洒形状为倒圆锥形；这两种喷嘴适用于空间高度较高的防护区。侧流管口型喷嘴、180°裂缝型喷嘴、双孔径射孔口型喷嘴的喷洒形状为半圆形，适用于安装在墙边。单孔径射孔口型喷嘴、90°裂缝型喷嘴的喷洒形状为扇形，适用于安装在墙角。

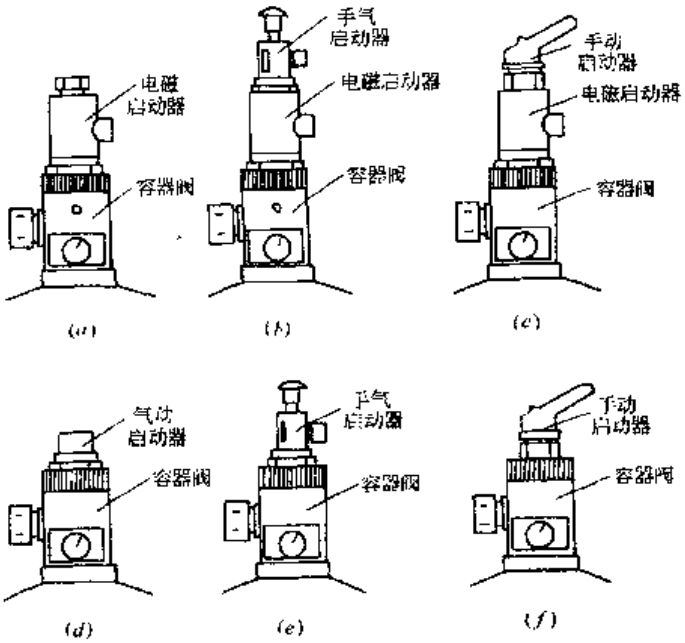


图 2-197 不同启动方式组合的启动器

(a) 电动式容器阀；(b) 电动、手动、气动式容器阀；(c) 电动、手动式容器阀；(d) 气动式容器阀；(e) 手动、气动式容器阀；(f) 手动式容器阀

一般防护区的吊顶内和地板下，空间高度较低，宜选用径射孔口型或裂缝型喷嘴。对于空间较高或有吊顶时，可根据需要选择各种型号的喷嘴。

喷嘴的布置应根据防护区的大小、形状和生产厂提供的喷嘴保护面积和高度设置条件确定。防护区内任何欲防护的位置，均应在喷嘴的有效覆盖面积之内，连接喷嘴的管网应尽量缩短。

喷嘴各种不同布置位置的有效覆盖面积，见图 2-198～200。

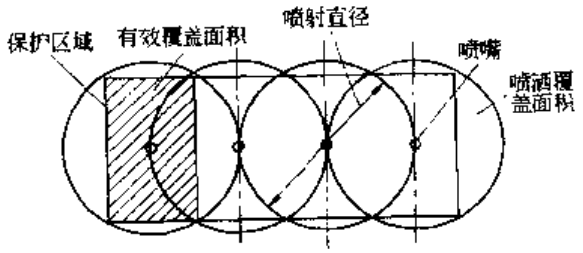


图 2-198 喷嘴不靠墙布置位置的有效覆盖面积

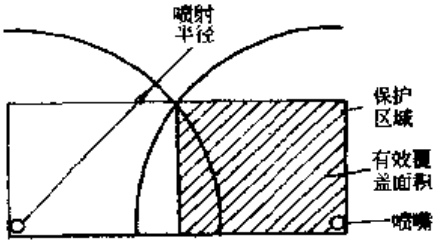


图 2-199 喷嘴位于墙角布置位置的有效覆盖面积

(4) 管道：卤代烷 1301 灭火系统管道的管材需满足表 2-160 所列的要求选用。

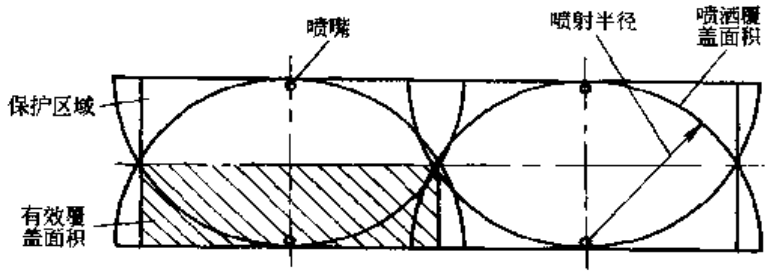


图 2-200　喷嘴位于墙边布置位置的有效覆盖面积

卤代烷 1301 灭火系统的管材选用　　表 2-160

	管径(mm)	贮压等级		管道质量标准
		2.50MPa	4.20MPa	
普通防护区	≤50	加厚镀锌焊接钢管	镀锌无缝钢管	符合《低压流体输送用镀锌焊接钢管》(GB 3091)和符合《冷拔或冷轧精密无缝钢管》(GB 3629)、《无缝钢管》(YB231—70)的技术要求且内外镀锌
	>50	镀锌无缝钢管		
含腐蚀镀锌层气体的防护区	不限	不锈钢管、铜管		符合《不锈钢无缝钢管》、《控制铜管》或《拆制铜管》技术要求的管道

加厚镀锌钢管和镀锌无缝钢管的规格，见表 2-161、162。

加厚镀锌钢管规格　　表 2-161

公称直径		外径	壁厚	工作压力	水压试验	连接形式	内径	容积	重量
mm	in	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(in)	(mm)	($10^{-3}m^3$/m)	(kg/m)
20	$\frac{3}{4}$	26.75	3.50	2.0	3.0	ZG$\frac{3}{4}$	19.75	0.31	2.01
25	1	33.5	4.00	2.0	3.0	ZG1	25.5	0.51	2.91
32	$1\frac{1}{4}$	42.25	4.00	2.0	3.0	ZG1$\frac{1}{4}$	34.25	0.92	3.77
40	$1\frac{1}{2}$	48.0	4.25	2.0	3.0	ZG1$\frac{1}{4}$	39.5	1.23	4.58
50	2	60.0	4.50	2.0	3.0	ZG2	51.0	2.04	6.16
65	$2\frac{1}{2}$	75.5	4.50	2.0	3.0	ZG2$\frac{1}{2}$	66.5	3.47	7.88
80	3	88.5	4.75	2.0	3.0	ZG3	79.0	1.9	9.81
100	4	114.0	5.00	2.0	3.0	ZG4	104.0	8.5	13.44

无缝钢管规格 表2-162

公称直径		管道外径	实际内径（mm）	
mm	in	（mm）	第一种壁厚系列	第二种壁厚系列
15	1/2	22	16	14
20	3/4	27	21	19
25	1	34	27	25
32	1¼	42	35	33
40	1½	48	41	38
50	2	60	52	49
65	2½	76	66	63
80	3	89	78	74
90	3½	102	90	86
100	4	114	102	98
125	5	140	128	122
150	6	168	154	146

一般规定公称直径小于、等于80mm的管道和管件，宜采用螺纹连接；公称直径大于80mm的管道采用法兰连接，法兰垫片可采用《氧气站设计规范》中推荐的垫片。

另外，由于卤代烷1301灭火剂在管道中呈气—液两相流态，为了防止灭火剂在管道分流处发生两相不稳定分离，在管道分流处有一定的分流规定，其做法见二氧化碳灭火系统图2-184。

在通向每个防护区的主管道上，应设压力信号装置或流量信号装置。

卤代烷1301灭火系统的组件与带电部件之间的最小间距应符合表2-163的规定。

系统组件与带电部件之间的最小间距 表2-163

标称线路电压(kV)	最小间距(m)	标称线路电压(kV)	最小间距(m)
≤10	0.18	220	1.90
35	0.34	330	2.90
110	0.94	500	3.60

注：1. 海拔高度高于1000m的防护区，高度每增加100m，表中的最小间距应增加1%。

2. 设置在有爆炸危险场所内的管网系统，应设防静电接地装置。

2.9.3 设计计算与公式

(1) 灭火剂设计用量计算：灭火剂设计用量应包括设计灭火用量（或设计惰化用量）、系统流失补偿量和剩余量，按式(2-134)计算：

$$M_S = M_{SM} + M_{LK} + M_{LF} + M_{YG} + M_{YR} \tag{2-134}$$

式中 M_S——系统灭火剂设计用量(kg)；

M_{SM}——灭火剂设计灭火用量(kg)；

M_{LK}——灭火剂开口流失补偿量(kg)；

M_{LF}——灭火剂机械通风流失补偿量(kg)；

M_{YG}——管网内灭火剂剩余量(kg)；

M_{YR}——贮存容器内灭火剂剩余量(kg)。

用于重点防护对象防护区的卤代烷1301灭火系统与超过八个防护区的一个组合分配系统，应设备用量。备用量不应小于设计用量。

1）灭火剂设计灭火用量 M_{SM}的计算：可按式(2-135)计算：

$$M_{SM}=\frac{\varphi}{1-\varphi\mu}\frac{V}{}\quad(\text{kg}) \tag{2-135}$$

式中　φ——灭火剂设计浓度(%)，可查表2-164确定；若防护区是图书、档案和文物资料库等，φ宜采用7.5%；若是变配电室、通信机房、电子计算机房等防护区，φ宜采用5.0%；当一个防护区几种可燃物质共存时，设计灭火浓度或设计惰化浓度，应按其最大者确定；

可燃气体和甲、乙、丙类液体防护区的卤代烷1301设计灭火浓度和设计惰化浓度　　表2-164

物质名称	设计灭火浓度(%)	设计惰化浓度(%)
丙　酮	5.0	7.6
苯	5.0	5.0
乙　醇	5.0	11.1
乙　烯	8.2	13.2
正己酮	5.0	
正庚烷	5.0	6.9
甲　烷	5.0	7.7
甲　醇	9.4	
硝基甲烷	7.6	
丙　烷	5.0	6.7
异丙醇	5.0	
甲　苯	5.0	
混合二甲苯	5.0	
氢		31.4

注：表中灭火浓度是在101.3kPa压力和规定温度条件下，扑灭某种可燃物质火灾所需最少灭火剂与该灭火剂和空气混合气体的体积比。惰化浓度(即抑爆峰值)是在101.3kPa压力和规定温度条件下，不管可燃气体或蒸气与空气处于何种配比，均能抑制燃烧或爆炸所需最少灭火剂与该灭火剂和空气混合气体的体积百分比。设计灭火或设计惰化浓度不应小于最小灭火浓度或最小惰化浓度的1.2倍，且应不小于5%。

V——防护区最大净容积(m^3)；

μ——防护区最低环境温度下灭火剂蒸气的比容(m^3/kg)，按式(2-136)计算：

$$\mu=(5.3788\times10^{-9}H^2-1.1975\times10^{-4}H+1)^n\times(0.14781+0.000567\theta) \tag{2-136}$$

式中　θ——防护区的环境温度(℃)；

H——防护区海拔高度的绝对值(m)；

n——海拔高度指数：

海拔高度低于海平面300m的防护区：$n=-1$；

海拔高度高于海平面300m的防护区：$n=1$；

海拔高度在-300～300m的防护区：可取 $n=0$。

在确定 φ 值时，应判别防护区是否有爆炸危险。防护区无爆炸危险时 φ 取设计灭火浓度；有爆炸危险时 φ 取设计惰化浓度。当防护区符合下述条件之一时，防护区一般不存在爆炸危险：

① 防护区内可燃气体或可燃液体蒸气的最大浓度小于燃烧下限的一半时；

② 防护区内可燃性液体的闪点超过防护区的最高环境温度时。

2) 灭火剂开口流失补偿量 M_{LK} 的计算：我国《卤代烷1301灭火系统设计规范》(GBJ 50163—92)规定，全淹没系统的防护区不宜开口。但在实际工程中，可能有不能关闭的开口，这些开口必将造成灭火剂的流失。喷入防护区内的卤代烷灭火剂容易与空气形成均匀的混合物，在外力作用下，这些混合气体通过开口流出，周围的空气通过开口流入防护区并向高处聚集。进入防护区的新鲜空气和防护区内含有卤代烷灭火剂的混合气体之间形成一个分界面。随着时间的变化，分界面逐渐下降。

开口流失补偿，应根据分界面下降到设计高度的时间确定。当大于规定的灭火剂浸渍时间时，就不需补偿灭火剂；如小于规定的灭火剂浸渍时间时，应予以补偿。补偿方法和计算公式如下：

① 过量喷射法及计算：过量喷射补偿法系指在卤代烷1301灭火剂喷射时间内，向防护区释放高于设计浓度的灭火剂，以补偿预计损失的灭火剂，使防护区在要求的灭火剂浸渍时间内，仍能保持灭火剂设计浓度的喷射方法。

此时，过量喷射灭火剂初始浓度 φ_0 求算方法步骤如下：

ⅰ．几何参数 Y，按式(2-137)计算：

$$Y=\frac{Kb}{3V}\sqrt{2gh^3} \tag{2-137}$$

式中 K——开口流量系数，取0.66；

b——开口总宽度(m)；

V——防护区净容积(m^3)；

h——开口高度(m)；

g——重力加速度(m/s^2)，取9.81m/s^2。

ⅱ．确定浸渍时间 t_s：各种火灾所需要的浸渍时间，一般应由试验确定。《卤代烷1301灭火系统设计规范》(GBJ 50163—92)规定，固体火灾时，浸渍时间不应小于10min；可燃气体火灾和甲、乙、丙类液体火灾时，浸渍时间必须大于1min。

ⅲ．由 Y、t_s 值查图2-201或图2-202曲线，求得过量喷射时的灭火剂初始浓度 φ_0。

ⅳ．再用式(2-138)计算设计灭火用量和开口流失补偿量。

$$M_{SM}+M_{LK}=\frac{\varphi_0}{1-\varphi_0}\frac{V}{\mu} \tag{2-138}$$

式中 φ_0——灭火剂初始浓度。

② 延续喷射法及计算：延续喷射补偿法系指在灭火剂喷射时间后，为补偿防护区流失

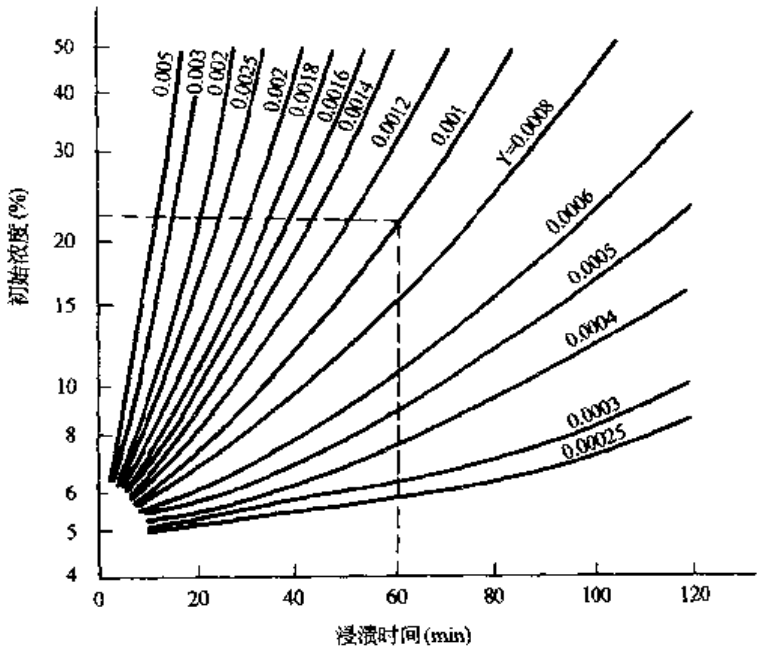


图 2-201　有机械搅拌的防护区内，保持 5% 的卤代烷 1301 设计浓度，灭火剂浸渍时间与初始浓度的关系

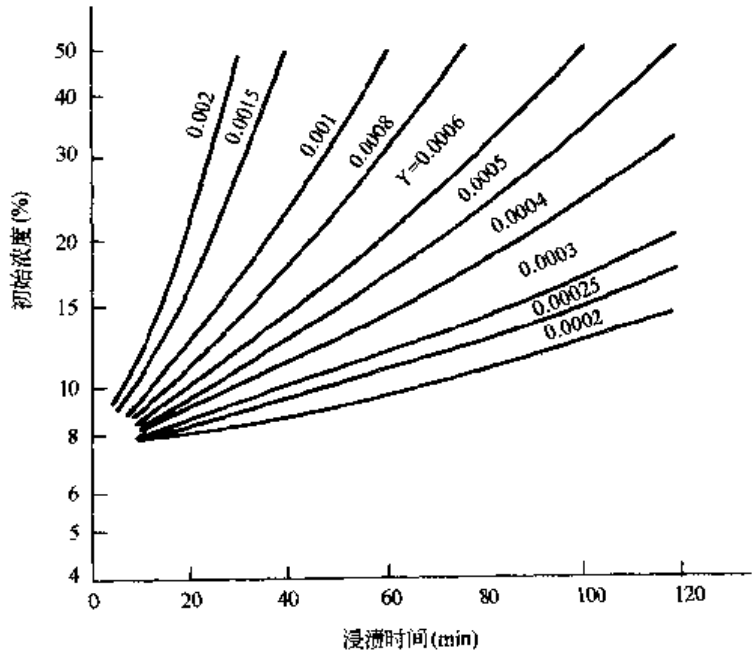


图 2-202　有机械搅拌的防护区内，保持 7.5% 的卤代烷 1301 设计浓度，灭火剂的浸渍时间与初始浓度的关系

的灭火剂，使其在要求的灭火剂浸渍时间内，保持设计浓度恒定所采取的灭火剂喷射的方法。它所需要补偿的灭火剂量比过量喷射法少，但需要另设一套能保持以恒定速率喷射灭火剂的辅助管网系统。

延续喷射法在延续喷射时间里所需要的灭火剂流量，按式(2-139)计算：

$$q_{mf}=0.0084h^{1.53}\varphi^{1.51}b \quad (kg/s) \tag{2-139}$$

式中 q_{mf}——延续喷射灭火剂流量(kg/s)；

h、φ、b 意义同上。

延续喷射所需的灭火剂量：

$$M_{LK}=q_{mf}t_s \quad (kg) \tag{2-140}$$

式中 t_s——灭火剂浸渍时间(min)，确定方法同前。

3) 通气流失补偿量 M_{LF}的确定：机械通风流失补偿也有过量喷射法和延续喷射法两种。

① 过量喷射法：过量喷射法灭火剂开始喷射时的初始浓度 φ_0，按式(2-141)计算：

$$\varphi_0=\varphi e^{Et_s/V} \quad (\%) \tag{2-141}$$

在整个喷射时间内的设计质量流量 q_m 按式(2-142)计算：

$$q_m=\frac{\varphi_0 E}{\mu(1-\varphi_0)(1-e^{-Et_d/V})} \quad (kg/s) \tag{2-142}$$

过量喷射所需的灭火剂量：

$$M_{SM}+M_{LF}=q_m t_d \quad (kg) \tag{2-143}$$

式中 t_d——灭火剂喷射时间(s)。喷射时间的含义与二氧化碳灭火系统相同，可参见第2.7.3节内容。气体和液体火灾防护区不应大于10s；文物资料库、档案库、图书馆的珍藏库不宜大于10s；其它防护区不宜大于15s。

② 延时喷射法：延时喷射法灭火剂在喷射时间内和浸渍时间内必须有不同的质量流量。

灭火剂在喷射时间内的质量流量 q_{m_1}，按式(2-144)计算：

$$q_{m_1}=\frac{\varphi E}{\mu(1-\varphi)(1-e^{-Et_d/V})} \quad (kg/s) \tag{2-144}$$

在浸渍时间内的质量流量 q_{m_2}，按式(2-145)计算：

$$q_{m_2}=\frac{\varphi E}{\mu(1-\varphi)} \quad (kg/s) \tag{2-145}$$

式中 φ——灭火剂设计浓度；

μ——防护区最低环境温度下的比容积(m^3/kg)；

E——机械通风的体积流量(m^3/s)；

V——防护区净容积(m^3)；

e——自然对数底，$e=2.718$。

延时喷射所需的灭火剂量 M_{SM}，按式(2-146)计算

$$M_{SM}+M_{LF}=q_{m_1}t_a+q_{m_2}t_s \quad (kg) \tag{2-146}$$

4) 管网内灭火剂剩余量 M_{YG}的计算：管网中灭火剂1301剩余量计算步骤如下：

① 求出有灭火剂剩余量管段的总容积。

② 以卤代烷1301在设计温度下的饱和蒸气压作为有剩余量管段中灭火剂的平均剩余压力。

③ 根据灭火剂的初始贮存压力、充装密度和有剩余量管段中灭火剂的平均剩余压力，

从图 2-208、209 查出有剩余量管段中灭火剂的平均密度。

④ 将有剩余量管段的总容积乘以灭火剂的平均密度，即可求出管网中灭火剂的剩余量。

5) 贮存容器内灭火剂剩余量 M_{YR}的确定：贮存容器内灭火剂剩余量，不同厂家、不同规格的容器不尽相同，一般可按 1.4～1.8kg1301 火火剂考虑。

(2) 防护区开口补偿的确定原则：防护区是否需要开口流失补偿，应根据分界面下降到设计高度的时间确定。当该时间大于规定的灭火剂浸渍时间时，不需要补偿灭火剂；小于规定的灭火浸渍时间时，则应予以补偿。

分界面的设计高度应大于防护区内被保护物的高度，且不应小于防护区净高的二分之一。

当一个防护区墙上开有一个开口，或几个底标高相同、高度相等的开口时，分界面下降到设计高度的时间按式(2-147)计算：

$$t = 0.5\frac{H_t - H_d}{YH_t}\left\{\frac{[1+(1+4.14\varphi)^{\frac{1}{3}}]^3}{4.14\varphi}\right\}^{\frac{13}{2}} \quad (s) \tag{2-147}$$

式中 t——分界面下降到设计高度的时间(s)；

H_t——防护区净高(m)；

H_d——设计高度(m)；

φ——灭火剂设计浓度；

Y——开口的几何参数。

(3) 贮存容器的选择与计算：

1) 贮存压力：卤代烷灭火剂贮存压力系指增压的氮气压力和卤代烷的饱和蒸气压之和。一般来说，保护面积较小、管线距离不太长的 1301 灭火系统，宜选用 2.5MPa(表压)的贮存压力；防护区面积较大、管线较长、灭火剂用量较大的 1301 灭火系统，由于管网系统的压力损失和扩容压力降较大，宜选用 4.2MPa(表压)的贮存压力。

2) 充装密度：卤代烷 1301 灭火系统的充装密度一般在 1125～600kg/m^3 范围内选定。

3) 贮存容器个数计算：在先设定了充装密度后，贮存容器的总容积，按式(2-148)计算：

$$V_n = \frac{M_S}{\rho_0} \quad (m^3) \tag{2-148}$$

式中 V_n——贮存容器的总容积(m^3)；

M_S——灭火剂设计用量(kg)；

ρ_0——充装密度(kg/m^3)。

贮存容器的个数应先选择贮存容器型号、规格，然后按式(2-149)计算：

$$n = \frac{V_n}{V_i} \tag{2-149}$$

式中 V_i——单个贮存容器容积(m^3)；

n——贮存容器的个数。

若计算出的贮存容器个数不是整数时，应在适用范围内调整灭火剂的充装密度，使之凑为整数。

(4) 灭火剂的设计质量流量：在卤代烷 1301 灭火系统设计完成前，任何时刻的灭火剂质量流

量均不可能求出，通常把灭火剂在整个施放过程中的平均质量流量看作是中期工作状态(即从贮存容器出流 50%灭火剂至喷嘴喷出 50%灭火剂这一瞬间)时灭火剂的设计质量流量。

防护区内所需的灭火剂设计质量流量由式(2-150)计算：

$$q_{mar}=\frac{M_{SM}+M_{LK}+M_{LF}}{t_d} \quad (kg/s) \tag{2-150}$$

当一个防护区内有多个封闭空间时，各封闭空间的灭火剂设计质量流量，按式(2-151)计算：

$$q_i=\frac{V_i}{V}q_{mar} \quad (kg/s) \tag{2-151}$$

式中 V——防护区净容积(m^3)；

V_i——单个封闭空间净容积(m^3)；

单个贮存容器灭火剂设计质量流量，按式(2-152)计算：

$$q_{mT}=\frac{M_{SM}+M_{LK}+M_{LF}}{nt_d} \quad (kg/s) \tag{2-152}$$

式中 n——贮存容器个数；

t_d——灭火剂喷射时间(s)。

单个喷嘴灭火剂设计质量流量，按式(2-153)计算(对于非均衡管网系统，喷嘴的灭火剂设计质量流量由设计条件决定)：

$$q_{mN}=\frac{M_{SM}+M_{LK}+M_{LF}}{n_1 t_d} \quad (kg/s) \tag{2-153}$$

式中 n_1——喷嘴个数。

(5) 初选管径：初选管径，按式(2-154)计算：

$$D=(12.7\sim18.0)\sqrt{q_{mP}} \tag{2-154}$$

式中 D——管道内径(mm)；

q_{mP}——管道内灭火剂的设计质量流量(kg/s)。

管道内卤代烷 1301 灭火剂流体的流态必须呈紊流，形成紊流所限用的最大管径可按图 2-203 确定，并调整采用各种规格管道的实际管径。

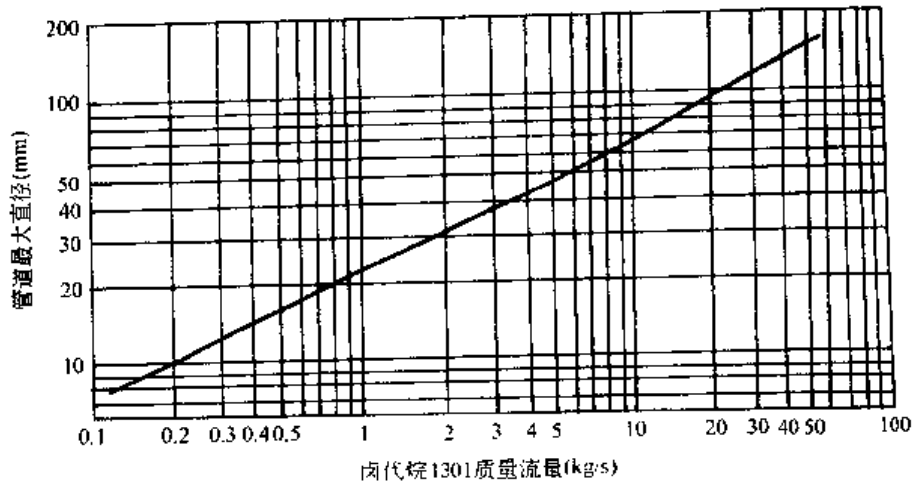


图 2-203 保持紊流状态的最大管径

卤代烷1301管网系统常用的管道规格、内径和容积等参数，可查表2-165。

钢管的内径与容积　　**表2-165**

公称管径		壁厚40号		壁厚80号	
in	mm	实际内径(mm)	容积(m^3/m)	实际内径(mm)	容积(m^3/m)
1/8	6	6.8	0.036×10^{-3}	5.5	0.024×10^{-3}
1/4	8	9.2	0.067×10^{-3}	7.7	0.047×10^{-3}
3/8	10	12.5	0.123×10^{-3}	10.7	0.090×10^{-3}
1/2	15	15.8	0.196×10^{-3}	13.6	0.152×10^{-3}
3/4	20	20.9	0.343×10^{-3}	18.8	0.278×10^{-3}
1	25	26.6	0.556×10^{-3}	24.3	0.464×10^{-3}
$1\frac{1}{4}$	32	35.1	0.968×10^{-3}	32.5	0.830×10^{-3}
$1\frac{1}{2}$	40	40.9	1.314×10^{-3}	38.1	1.140×10^{-3}
2	50	52.9	2.165×10^{-3}	49.3	1.909×10^{-3}
$2\frac{1}{2}$	65	62.7	3.088×10^{-3}	59.0	2.734×10^{-3}
3	80	77.9	4.766×10^{-3}	73.7	4.266×10^{-3}
$3\frac{1}{2}$	90	90.1	6.376×10^{-3}	85.4	5.728×10^{-3}
4	100	102.3	8.219×10^{-3}	97.2	7.420×10^{-3}
5	125	128.2	12.908×10^{-3}	112.3	11.747×10^{-3}
6	150	154.1	18.351×10^{-3}	146.3	16.810×10^{-3}

(6) 管网三通分流时分流质量流量的校正：卤代烷1301灭火系统管网中，当采用分流三通分流(见图2-204)、且任一分流支管的设计质量流量小于三通进口总流量的60%时，或当采用直流三通分流(见图2-206)、且直流支管的设计质量流量大于进口总流量的60%时，可以不进行分流流量校正。否则，应加以校正，校正系数可从图2-205、207查得。

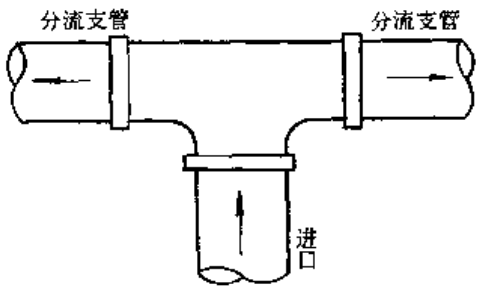


图2-204　分流三通分流方式示意

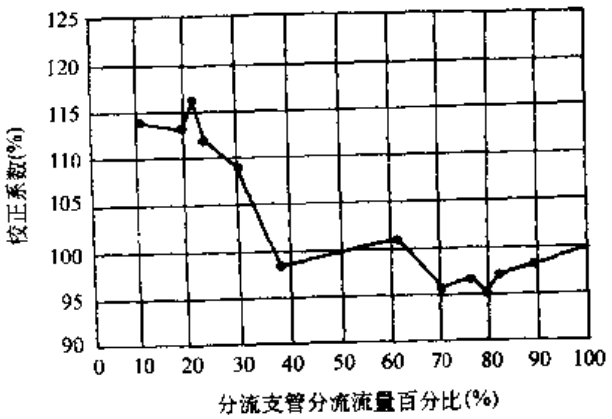


图2-205　分流三通分流流量偏差校正系数

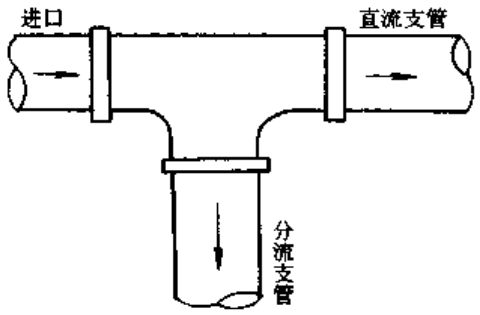


图 2-206 直流三通分流方式示意

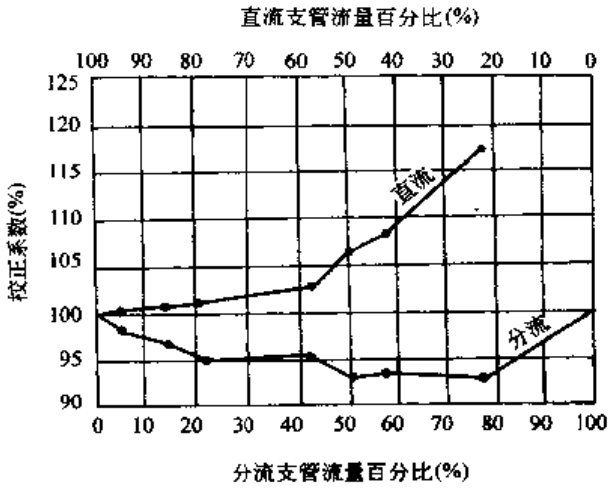


图 2-207 直流三通分流流量偏差校正系数

(7) 管道压力损失公式：管网计算应根据中期容器压力和该压力下的瞬时流量进行。该瞬时流量可采用平均设计流量(即中期工作状态时灭火剂的设计质量流量)。

卤代烷1301灭火剂管道压力损失，按式(2-155)计算：

$$Y_2 = Y_1 + Lq_{mP}^2/C_1 + C_2 q_{mP}^2(Z_2 - Z_1) \tag{2-155}$$

式中 q_{mP}——管段内灭火剂的设计质量流量(kg/s)；

Y_1、Y_2——管段起点与终点的压力系数[(MPa·kg)/m^3]；

Z_1、Z_2——管段起点与终点的密度系数；

L——管段的计算长度(m)；

C_1、C_2——钢管系数。

公式(2-155)仅适用于钢管压力损失的计算。运用公式(2-155)，结合高程压差校正，可从贮存容器的压力开始，逐点计算至喷嘴处(管网末端)的压力 P_N。

卤代烷1301灭火剂管道压力损失，除了用公式计算外，还可用查图的方法解决。钢管和钢管内卤代烷1301质量流量与压力损失的关系曲线，见《卤代烷1301灭火系统设计规范》(GB 50163—92)的附录四。同时要根据充装密度与管网内灭火剂百分比确定压力损失修正系数(见规范附录四附图)，对压力损失值进行修正。

压力损失计算公式中有关参数确定方法如下：

1) 压力系数 Y 和密度系数 Z：

不同贮存压力、充装密度时，压力系数 Y、密度系数 C 与管道内压力 P 的关系，可由表2-166～174查得。

贮存压力为2.5MPa、充装密度为1000～1125kg/m^{3}时的 Y 和 Z 值 表2-166

P	Y[(MPa·kg)/m^3]										Z
(MPa)	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
1.9	97.2	82.1	66.8	51.4	36.0	20.4	4.6	0	0	0	0.046
1.8	242.2	228.3	214.2	200.0	185.6	171.2	156.6	141.9	127.1	112.2	0.127
1.7	375.2	362.4	349.6	336.6	323.5	310.3	296.9	283.4	269.8	256.1	0.220

续表

P (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]										Z
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
1.6	495.5	484.0	472.5	460.8	448.9	436.9	424.9	412.6	400.3	387.8	0.327
1.5	620.8	592.6	582.4	472.0	561.4	550.8	540.0	529.1	518.0	506.8	0.449
1.4	697.0	688.2	679.2	670.1	660.9	651.5	642.0	632.4	622.7	612.8	0.587
1.3	778.5	770.9	763.2	755.4	747.4	739.3	731.1	722.8	714.8	705.7	0.740
1.2	848.1	841.6	835.1	828.4	821.6	814.7	807.7	800.6	793.4	786.0	0.907
1.1	906.5	901.1	895.6	890.1	884.4	878.6	872.7	866.7	860.6	854.4	1.086
1.0	955.0	950.6	946.1	941.4	936.7	931.9	927.0	922.0	917.0	911.8	1.278
0.9	994.9	991.2	987.5	983.8	979.9	976.0	971.9	967.8	963.7	959.4	1.482
0.8	1027.2	1024.2	1021.2	1018.2	1015.1	1011.9	1008.6	1005.3	1001.9	998.4	1.698
0.7	1053.0	1050.6	1048.3	1045.8	1043.4	1040.8	1038.2	1035.5	1032.8	1030.0	1.931
0.6	1073.3	1071.4	1069.6	1067.7	1065.7	1063.7	1061.7	1059.6	1057.4	1055.2	2.183
0.5	1088.9	1087.5	1086.1	1084.6	1083.1	1081.6	1080.0	1078.4	1076.7	1075.0	2.460

贮存压力为 2.5MPa、充装密度为 856～999kg/m³ 时的 Y 和 Z 值　　**表 2-167**

P (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]										Z
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
2.0	60.4	45.0	29.4	13.8	0	0	0	0	0	0	0.025
1.9	208.8	194.5	180.0	165.4	150.8	136.0	121.1	106.1	90.9	75.7	0.097
1.8	346.3	333.1	319.7	306.3	292.7	279.0	265.2	251.3	237.2	223.1	0.179
1.7	472.3	460.2	448.1	435.8	423.3	410.8	398.1	385.4	372.5	359.5	0.273
1.6	586.3	575.4	564.5	553.4	542.1	530.8	519.4	507.8	496.1	484.2	0.380
1.5	687.9	678.3	668.6	658.7	648.7	638.6	628.4	618.1	607.6	597.0	0.502
1.4	777.4	769.0	760.4	751.8	743.0	734.2	725.2	716.0	706.8	697.4	0.637
1.3	854.9	847.7	840.3	832.8	825.3	817.6	809.8	801.8	793.8	785.6	0.787
1.2	921.2	915.1	908.8	902.4	896.0	889.4	882.7	875.9	869.0	862.0	0.950
1.1	977.2	972.0	966.8	961.4	956.0	950.4	944.8	939.1	933.2	927.3	1.126
1.0	1023.9	1019.6	1015.3	1010.8	1006.3	1001.7	996.9	992.1	987.3	782.3	1.314
0.9	1062.4	1058.9	1055.3	1051.7	1047.9	1044.1	1040.2	1036.3	1032.2	1028.1	1.514
0.8	1093.7	1090.9	1088.0	1085.0	1082.0	1078.9	1075.7	1072.5	1069.2	1065.8	1.727
0.7	1118.8	1116.6	1114.3	1111.9	1109.5	1107.0	1104.5	1101.9	1099.2	1096.5	1.957
0.6	1138.6	1136.8	1135.0	1133.2	1131.3	1129.3	1127.3	1125.3	1123.2	1121.0	2.206
0.5	1153.8	1152.5	1151.1	1149.7	1148.2	1146.7	1145.2	1143.6	1142.0	1140.3	2.400

贮存压力为2.5MPa、充装密度为700～849kg/m³时的Y和Z值 表2-168

P (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]										Z
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
2.1	22.9	7.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0.008
2.0	173.9	159.2	144.5	129.6	114.6	99.6	84.4	69.2	53.8	38.4	0.072
1.9	314.9	301.3	287.5	273.7	259.7	245.7	231.5	217.2	202.9	188.4	0.145
1.8	445.5	432.9	420.2	407.4	394.5	381.5	368.4	355.2	341.9	328.4	0.228
1.7	565.0	553.6	542.0	530.3	518.5	506.6	494.6	482.5	470.3	457.9	0.322
1.6	673.1	662.9	652.4	641.9	631.3	620.5	609.6	598.7	587.6	576.3	0.428
1.5	769.7	760.6	751.3	742.0	732.5	722.9	713.2	703.3	693.4	683.3	0.548
1.4	854.8	846.8	838.7	830.5	822.1	813.7	805.1	796.4	787.6	778.7	0.681
1.3	928.8	921.9	914.9	907.7	900.5	893.2	885.7	878.2	870.5	862.7	0.828
1.2	992.3	986.4	980.4	974.3	968.1	961.8	955.4	948.9	942.3	935.0	0.988
1.1	1046.1	1041.2	1036.1	1030.9	1025.7	1020.4	1014.9	1009.4	1003.8	998.1	1.160
1.0	1091.2	1087.0	1082.8	1078.5	1074.2	1069.7	1065.1	1060.5	1055.8	1051.0	1.344
0.9	1128.4	1125.0	1121.6	1118.0	1114.4	1110.7	1107.0	1103.1	1099.2	1095.2	1.540
0.8	1158.9	1156.1	1153.3	1150.4	1147.5	1144.5	1141.4	1138.2	1135.0	1131.8	1.750
0.7	1183.3	1181.1	1178.9	1176.6	1174.2	1171.8	1169.3	1166.8	1164.2	1161.6	1.976
0.6	1202.6	1200.9	1199.2	1197.3	1195.5	1193.6	1191.6	1189.6	1187.6	1185.5	2.223
0.5	1217.5	1216.2	1214.9	1213.5	1212.1	1210.6	1209.1	1207.5	1205.9	1204.3	2.497

贮存压力为2.5MPa、充装密度为600～699kg/m³时的Y和Z值 表2-169

P (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]										Z
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
2.1	138.2	123.2	108.2	93.2	78.0	62.7	47.3	31.9	16.4	7	0.051
2.0	282.2	268.2	254.1	240.0	225.7	211.3	196.9	182.3	167.7	153.0	0.116
1.9	416.7	403.7	390.6	377.4	364.1	350.7	337.2	323.6	309.9	296.1	0.190
1.8	541.1	529.1	517.0	504.8	492.6	480.2	467.7	455.1	442.4	429.6	0.273
1.7	654.9	644.0	633.0	621.9	610.7	599.3	587.9	576.3	564.7	552.9	0.367
1.6	757.9	748.1	738.2	728.1	718.0	707.8	697.4	686.9	676.4	665.7	0.473
1.5	849.9	841.2	832.4	823.4	814.4	805.3	796.0	786.6	777.2	767.6	0.592
1.4	931.2	923.5	915.8	907.9	899.9	891.9	883.7	875.4	867.0	858.5	0.723
1.3	1002.0	995.3	988.6	981.8	974.9	967.8	960.7	953.5	946.1	938.7	0.867
1.2	1062.9	1057.3	1051.5	1045.6	1039.7	1033.6	1027.5	1021.3	1014.9	1008.5	1.024
1.1	1114.8	1110.0	1105.1	1100.1	1095.1	1090.0	1084.7	1079.4	1074.0	1068.5	1.192
1.0	1158.3	1154.3	1150.2	1146.1	1141.9	1137.5	1133.1	1128.7	1124.1	1119.6	1.372
0.9	1194.4	1191.1	1187.8	1184.3	1180.8	1177.3	1173.6	1169.9	1166.1	1162.3	1.565
0.8	1224.0	1221.3	1218.6	1215.8	1212.9	1210.0	1207.0	1204.0	1200.9	1197.7	1.772
0.7	1247.9	1245.7	1243.5	1241.3	1239.0	1236.6	1234.2	1231.7	1229.2	1226.7	1.995
0.6	1266.8	1265.1	1263.4	1261.6	1259.8	1257.9	1256.0	1254.1	1252.0	1250.0	2.239
0.5	1281.5	1280.2	1278.9	1277.5	1276.1	1274.7	1273.2	1271.6	1270.1	1268.5	2.507

贮存压力为 4.2MPa、充装密度为 1000～1121kg/m³ 时的 Y 和 Z 值　　表 2-170

P (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]										Z
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
2.8	122.7	107.5	92.3	77.0	61.7	46.3	30.9	15.4	0	0	0.026
2.7	271.7	257.1	242.3	227.5	212.7	197.8	182.9	167.9	152.9	137.8	0.057
2.6	415.6	401.5	387.3	373.0	358.7	344.3	329.9	315.5	300.9	286.4	0.094
2.5	554.1	540.5	526.8	513.1	499.4	485.5	471.7	457.7	443.8	429.7	0.135
2.4	686.8	673.8	660.7	647.6	634.4	621.2	607.9	594.5	581.1	567.6	0.180
2.3	813.6	801.2	788.7	776.2	763.6	751.0	738.3	725.5	712.7	699.8	0.229
2.2	934.1	922.3	910.5	898.6	886.7	874.6	862.6	850.4	838.2	825.9	0.282
2.1	1048.1	1037.0	1025.8	1014.6	1003.3	991.9	980.5	969.0	957.4	945.8	0.340
2.0	1155.3	1144.9	1134.4	1123.9	1113.3	1102.6	1091.8	1081.0	1070.1	1059.1	0.403
1.9	1255.6	1245.9	1236.1	1226.2	1216.3	1206.3	1196.3	1186.1	1175.9	1165.7	0.473
1.8	1348.7	1339.7	1330.6	1321.5	1312.3	1303.0	1293.7	1284.3	1274.8	1265.2	0.551
1.7	1434.5	1426.2	1417.9	1409.5	1401.0	1392.5	1383.9	1375.2	1366.4	1357.6	0.636
1.6	1513.0	1505.4	1497.9	1490.2	1482.5	1474.6	1466.8	1458.8	1450.8	1442.7	0.731
1.5	1584.1	1577.3	1570.4	1563.5	1556.5	1549.4	1542.3	1535.1	1527.8	1520.4	0.834
1.4	1647.9	1641.9	1635.7	1629.5	1623.3	1616.9	1610.5	1604.0	1597.4	1590.8	0.948
1.3	1704.7	1699.3	1693.9	1688.4	1682.8	1677.2	1671.5	1665.7	1659.9	1653.9	1.071
1.2	1754.6	1749.9	1745.2	1740.3	1735.4	1730.5	1725.5	1720.4	1715.2	1710.0	1.205
1.1	1798.0	1793.9	1789.8	1785.6	1781.4	1777.1	1772.7	1768.3	1763.8	1759.2	1.351
1.0	1835.2	1831.8	1828.2	1824.7	1821.0	1817.3	1813.6	1809.8	1805.9	1802.0	1.509
0.9	1866.8	1862.9	1860.9	1857.9	1854.3	1851.7	1848.5	1845.3	1842.0	1838.6	1.681
0.8	1893.2	1890.7	1888.3	1885.8	1883.2	1880.6	1877.9	1875.2	1872.5	1869.6	1.869
0.7	1914.8	1912.9	1910.8	1908.8	1906.7	1904.5	1902.4	1900.1	1897.2	1895.5	2.077
0.6	1932.3	1930.7	1929.1	1927.5	1925.8	1924.1	1922.3	1920.5	1918.6	1916.8	2.309
0.5	1945.9	1944.7	1943.5	1942.2	1940.9	1939.6	1938.2	1936.8	1935.3	1933.8	2.570

贮存压力为 4.2MPa、充装密度为 850～999kg/m³ 时的 Y 和 Z 值　　表 2-171

P (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]										Z
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
3.0	101.2	86.0	70.8	55.5	40.2	24.8	9.4	0	0	0	0.019
2.9	250.8	236.0	221.2	206.4	191.5	176.5	161.6	146.5	131.5	116.4	0.048
2.8	395.8	381.5	367.2	352.8	338.3	323.9	309.3	294.8	280.1	265.5	0.079
2.7	536.1	522.3	508.4	494.5	480.6	466.6	452.5	438.4	424.2	410.1	0.144
2.6	671.4	658.1	644.7	631.3	617.9	604.4	590.8	577.2	563.6	549.8	0.151
2.5	801.5	788.7	775.9	763.0	750.1	737.1	724.1	711.0	697.8	684.6	0.193
2.4	926.1	913.8	901.6	889.3	876.9	864.5	852.0	839.4	826.8	814.2	0.238
2.3	1045.0	1033.3	1021.6	1009.9	998.1	986.2	974.3	962.3	950.3	938.2	0.287
2.2	1157.9	1146.9	1135.8	1124.7	1113.5	1102.2	1090.9	1079.5	1068.0	1056.5	0.341
2.1	1264.7	1254.3	1243.9	1233.3	1222.8	1212.1	1201.4	1190.6	1179.8	1168.9	0.400
2.0	1365.2	1355.4	1345.6	1335.7	1325.8	1315.8	1305.7	1295.5	1285.3	1275.1	0.464
1.9	1459.1	1450.0	1440.8	1431.6	1422.3	1413.0	1403.5	1394.0	1384.5	1374.9	0.534
1.8	1546.3	1537.9	1529.4	1520.9	1512.2	1503.6	1494.8	1486.0	1477.1	1468.1	0.610
1.7	1626.8	1619.1	1611.3	1603.4	1595.5	1587.4	1579.4	1571.2	1563.0	1554.7	0.695

贮存压力为4.2MPa、充装密度为850～999kg/m³时的Y和Z值 表2-172

P (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]										Z
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
1.6	1700.5	1693.5	1686.3	1679.1	1671.9	1664.5	1657.1	1649.7	1642.1	1634.5	0.787
1.5	1767.5	1761.1	1754.6	1748.1	1741.5	1734.8	1728.1	1721.3	1714.5	1707.5	0.888
1.4	1827.7	1822.0	1816.2	1810.3	1804.4	1798.4	1792.3	1786.2	1780.0	1773.8	0.999
1.3	1881.4	1876.3	1871.1	1865.9	1860.7	1855.3	1849.9	1844.5	1838.9	1833.3	1.119
1.2	1928.8	1924.3	1919.8	1915.2	1910.5	1905.8	1901.1	1896.2	1891.3	1886.4	1.249
1.1	1970.1	1966.2	1902.3	1958.3	1954.3	1950.2	1946.0	1941.8	1937.5	1933.2	1.391
1.0	2005.8	2002.4	1999.1	1995.6	1992.1	1988.6	1985.0	1981.4	1977.7	1973.9	1.545
0.9	2036.1	2033.3	2030.4	2027.5	2024.6	2021.6	2018.5	2015.4	2012.2	2009.0	1.713
0.8	2061.6	2059.2	2056.9	2054.4	2052.0	2049.4	2046.9	2044.2	2041.6	2038.9	1.896
0.7	2082.6	2080.7	2078.7	2076.8	2074.7	2072.6	2070.5	2068.3	2066.1	2063.9	2.098
0.6	2099.6	2098.1	2096.5	2094.9	2093.3	2091.6	2089.9	2088.1	2086.3	2084.5	2.325
0.5	2112.9	2112.8	2110.5	2109.3	2108.0	2106.7	2105.4	2104.0	2102.6	2101.1	2.583

贮存压力为4.2MPa、充装密度为700～849kg/m³时的Y和Z值 表2-173

P (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]										Z
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
3.2	79.7	64.5	49.3	34.1	18.8	3.4	0	0	0	0	0.013
3.1	229.4	214.6	199.8	184.9	170.0	155.0	140.0	125.0	109.9	94.8	0.039
3.0	375.1	360.7	346.3	331.8	317.3	302.8	288.2	273.5	258.9	244.2	0.067
2.9	516.7	502.7	488.7	474.6	460.6	446.4	432.3	418.0	403.8	389.5	0.098
2.8	653.8	640.3	626.7	613.1	599.5	585.8	572.0	558.3	544.4	530.6	0.131
2.7	786.3	773.2	760.1	747.0	733.8	720.6	707.3	694.0	60.6	667.2	0.166
2.6	913.9	901.4	888.8	876.1	863.4	850.7	837.9	825.1	812.2	799.2	0.205
2.5	1036.5	1024.5	1012.4	1000.3	988.1	975.9	963.6	951.2	938.8	926.4	0.247
2.4	1153.9	1142.4	1130.8	1119.2	1107.6	1095.9	1084.1	1072.2	1060.4	1048.5	0.293
2.3	1265.7	1254.8	1243.8	1232.8	1221.7	1210.5	1199.3	1188.0	1176.7	1165.3	0.343
2.2	1372.0	1361.6	1351.2	1340.7	1330.2	1319.6	1308.9	1298.2	1287.4	1276.6	0.397
2.1	1472.3	1462.6	1452.7	1442.6	1432.9	1422.9	1412.8	1402.7	1392.5	1382.3	0.456
2.0	1566.7	1557.5	1548.3	1539.0	1529.7	1520.3	1510.8	1501.3	1491.7	1482.0	0.520
1.9	1654.9	1646.4	1637.8	1629.1	1620.4	1611.6	1602.7	1593.8	1584.8	1575.8	0.590
1.8	1736.9	1729.0	1721.0	1713.0	1704.9	1696.7	1688.5	1680.2	1671.8	1663.4	0.667
1.7	1812.6	1805.3	1797.9	1790.5	1783.0	1775.5	1767.9	1760.2	1752.5	1744.7	0.751
1.6	1881.9	1875.2	1868.5	1861.8	1854.9	1848.0	1841.0	1834.0	1826.9	1819.8	0.842
1.5	1944.9	1938.9	1932.8	1926.7	1920.5	1914.2	1907.9	1901.5	1895.0	1888.5	0.942
1.4	2001.8	1996.4	1990.9	1985.4	1979.8	1974.1	1968.4	1962.6	1956.8	1950.9	1.050
1.3	2052.6	2047.7	2042.9	2037.9	2033.0	2027.9	2022.8	2017.6	2012.4	2007.1	1.168
1.2	2097.5	2093.2	2088.9	2084.6	2080.2	2075.7	2071.2	2066.6	2062.0	2057.3	1.296
1.1	2136.8	2133.1	2129.4	2125.6	2121.7	2117.8	2113.8	2109.8	2105.8	2101.6	1.435
1.0	2170.8	2167.6	2164.4	2161.1	2157.8	2151.4	2151.0	2147.5	2144.0	2140.4	1.585
0.9	2199.8	2197.1	2194.4	2191.6	2188.8	2185.9	2183.0	2180.0	2177.0	2173.9	1.750
0.8	2224.3	2222.0	2219.7	2217.4	2215.0	2212.6	2210.1	2207.6	2205.1	2202.5	1.930
0.7	2244.5	2242.7	2240.8	2238.9	2236.9	2234.9	2232.9	2230.8	2228.7	2226.5	2.128
0.6	2261.0	2259.5	2258.0	2256.4	2254.9	2253.2	2251.6	2249.9	2248.1	2246.4	2.348
0.5	2274.0	2272.9	2271.7	2270.5	2269.2	2267.9	2266.6	2265.3	2263.9	2262.5	2.594

贮存压力为 4.2MPa、充装密度为 600～699kg/m³ 时的 Y 和 Z 值　表 2-174

P (MPa)	Y[(MPa·kg)/m³]										Z
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
3.4	68.9	53.7	38.6	23.3	8.1	0	0	0	0	0	0.011
3.3	218.3	203.5	188.7	173.8	158.9	144.0	129.1	114.1	99.0	84.0	0.034
3.2	364.2	349.8	335.3	320.8	306.3	291.7	277.1	262.5	247.8	233.1	0.059
3.1	506.3	492.3	478.2	464.1	449.9	435.8	421.5	407.2	392.9	378.6	0.086
3.0	644.5	630.9	617.2	603.5	589.7	575.9	562.1	548.2	534.3	520.3	0.115
2.9	778.6	765.4	752.1	738.8	725.5	712.1	698.6	685.2	671.7	658.1	0.146
2.8	908.3	895.5	882.7	869.9	856.9	844.0	831.0	818.0	804.9	791.9	0.180
2.7	1033.6	1021.3	1008.9	996.5	984.0	971.5	959.0	946.4	3.7	921.0	0.217
2.6	1154.1	1142.3	1130.4	1118.5	1106.5	1094.5	1082.4	1070.2	1058.1	1045.8	0.257
2.5	1269.8	1258.5	1247.1	1235.7	1224.2	1212.6	1201.0	1189.4	1177.7	1165.9	0.300
2.4	1380.5	1369.6	1358.8	1347.8	1336.8	1325.8	1314.7	1303.6	1292.4	1281.1	0.347
2.3	1485.9	1475.6	1465.2	1454.8	1444.4	1433.8	1423.3	1412.7	1402.0	1391.3	0.397
2.2	1585.9	1576.1	1566.3	1556.5	1546.5	1536.6	1526.5	1516.5	1506.3	1496.1	0.452
2.1	1680.3	1671.1	1661.9	1652.6	1643.2	1633.8	1624.3	1614.8	1605.2	1595.6	0.511
2.0	1769.0	1760.4	1751.8	1743.0	1734.2	1725.4	1716.5	1707.5	1698.5	1689.4	0.576
1.9	1852.0	1843.9	1835.9	1827.7	1819.5	1811.2	1802.9	1794.5	1786.1	1777.6	0.646
1.8	1929.0	1921.6	1914.1	1906.5	1898.9	1891.2	1883.5	1875.7	1867.9	1859.9	0.723
1.7	2000.2	1993.3	1986.4	1979.4	1972.4	1965.3	1958.2	1951.0	1943.7	1936.4	0.807
1.6	2065.4	2059.1	2052.8	2046.4	2040.0	2033.5	2027.0	2020.3	2013.7	2006.9	0.897
1.5	2124.7	2119.1	2113.3	2107.5	2101.7	2095.8	2089.8	2083.8	2077.7	2071.6	0.996
1.4	2178.3	2173.2	2168.0	2162.8	2157.6	2152.2	2146.8	2141.4	2135.9	2130.3	1.103
1.3	2226.2	2221.7	2217.1	2212.4	2207.7	2203.0	2198.1	2193.3	2188.3	2183.3	1.219
1.2	2268.7	2264.7	2260.6	2256.5	2252.4	2248.1	2243.9	2239.5	2235.2	2230.7	1.345
1.1	2306.0	2302.5	2298.9	2295.3	2291.7	2288.0	2284.2	2280.4	2276.6	2272.7	1.481
1.0	2338.3	2335.3	2332.2	2329.1	2325.9	2322.7	2319.5	2316.2	2312.8	2309.4	1.629
0.9	2365.9	2363.4	2360.8	2358.1	2355.4	2352.7	2349.9	2347.0	2344.2	2341.2	1.791
0.8	2389.3	2387.2	2385.0	2382.7	2380.5	2378.1	2375.8	2373.4	2370.9	2368.5	1.969
0.7	2408.7	2406.9	2405.1	2403.3	2401.4	2399.5	2397.5	2395.5	2393.5	2391.4	2.165
0.6	2424.5	2423.1	2421.6	2420.1	2418.6	2417.1	2415.5	2413.8	2412.2	2410.5	2.383
0.5	2437.1	2436.0	2434.8	2433.6	2432.4	2431.2	2429.9	2428.6	2427.3	2425.9	2.629

2) 管段计算长度：由于灭火剂流经容器、连接软管、选择阀、弯头、三通等配件时会形成局部压力损失，因此管段计算长度应为管道实际长度和由局部压力损失折算的当量长度之和，可按式(2-156)计算：

$$L = L_1 + \Sigma L_2 \quad (\text{m}) \tag{2-156}$$

式中　L——管段的计算长度(m)；

L_1——管段实际长度(m)；

ΣL_2——管段内局部压力损失的当量长度之和(m)。

管道配件的当量长度，按式(2-157)计算：

$$L_2 = K_L D \tag{2-157}$$

式中　D——管道内径(mm)；

K_L——当量长度系数，可查表2-175、176得出。

焊接钢管弯头的当量长度系数 表2-175

管配件	当量长度系数 K_L	管配件	当量长度系数 K_L
45°弯头(长曲率半径)	0.0058	90°弯头(短曲率半径)	0.0125
45°弯头(短曲率半径)	0.0080	180°弯头(长曲率半径)	0.0121
90°弯头(长曲率半径)	0.0090	180°弯头(短曲率半径)	0.0168

螺纹管接头的当量长度系数 表2-176

管配件	当量长度系数 K_L	管配件	当量长度系数 K_L
45°弯头	0.015	管接头	0.01
90°弯头(长曲率半径)，直流三通	0.02	侧流三通	0.09
90°直角弯头	0.06		

阀门的当量长度由生产厂家提供，而贮存容器钢瓶硬件的当量长度，见表2-177。

钢瓶硬件的当量长度、高度、容积 表2-177

型号 ZS	至集合管进口的当量长度 (m)	至集合管进口的高度 (m)	总容积(m^3)① (不包括钢瓶)
8	5.5	1.31	0.00059
15	5.5	1.29	0.00057
25	5.5	1.56	0.00074
33	5.5	1.53	0.00071
40A	5.5	1.37	0.00067
40	15.1	(短排放管)1.30	0.0026
		(长排放管)1.68	0.0034
85	15.1	(短排放管)1.55	0.0031
		(长排放管)1.93	0.0039
155	15.1	(短排放管)1.69	0.0033
		(长排放管)2.07	0.0042
270	32.9	2.21	0.0128
70C	6.0	2.06	0.00116

① 总容积包括虹吸管、瓶头阀、排放软管组和单向阀容积之和。

3) 钢管系数 C_1 和 C_2：钢管系数 C_1、C_2 仅与管道内径有关，其可查表2-178，也可按式(2-158)、式(2-159)计算：

钢管系数 表2-178

管道内径 (mm)	C_1	C_2
10	431.0×10^{-5}	180
12	1.122×10^{-2}	86
14	2.521×10^{-2}	46
16	5.038×10^{-2}	27
18	9.433×10^{-2}	17
20	16.40×10^{-2}	11
25	52.92×10^{-2}	4.6

续表

管道内径(mm)	C_1	C_2
30	1.378	2.2
35	3.096	1.2
40	6.241	0.7
45	11.58	0.43
50	20.14	0.29
55	33.22	0.19
60	52.45	0.14
65	79.85	0.1
70	117.80	740.0×10^{-4}
75	169.30	560.0×10^{-4}
80	237.50	440.0×10^{-4}
85	326.50	340.0×10^{-4}
90	440.80	270.0×10^{-4}
95	585.50	220.0×10^{-4}
100	766.40	180.0×10^{-4}
120	1996.0	86.0×10^{-4}
150	6441.0	35.0×10^{-4}

$$C_1=2.424\times10^{-8}D^{5.25} \tag{2-158}$$

$$C_2=1.782\times10^{6}/D^{4} \tag{2-159}$$

式中　D——管道内径(mm)。

4) 灭火剂密度 ρ：管道内的灭火剂密度指的是卤代烷 1301 液体和蒸气二相混合液的密度。该值可根据贮存容器不同的贮存压力等级和管内的压力值，通过查图 2-208、209 得出。

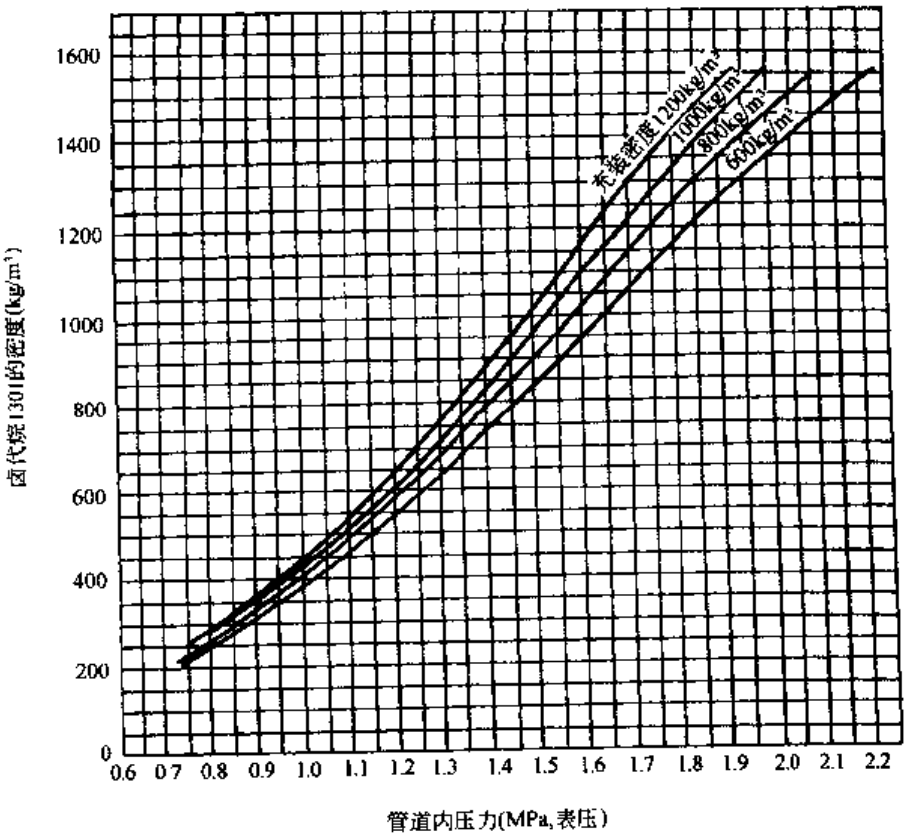


图 2-208　2.5MPa 系统管道内卤代烷 1301 的密度

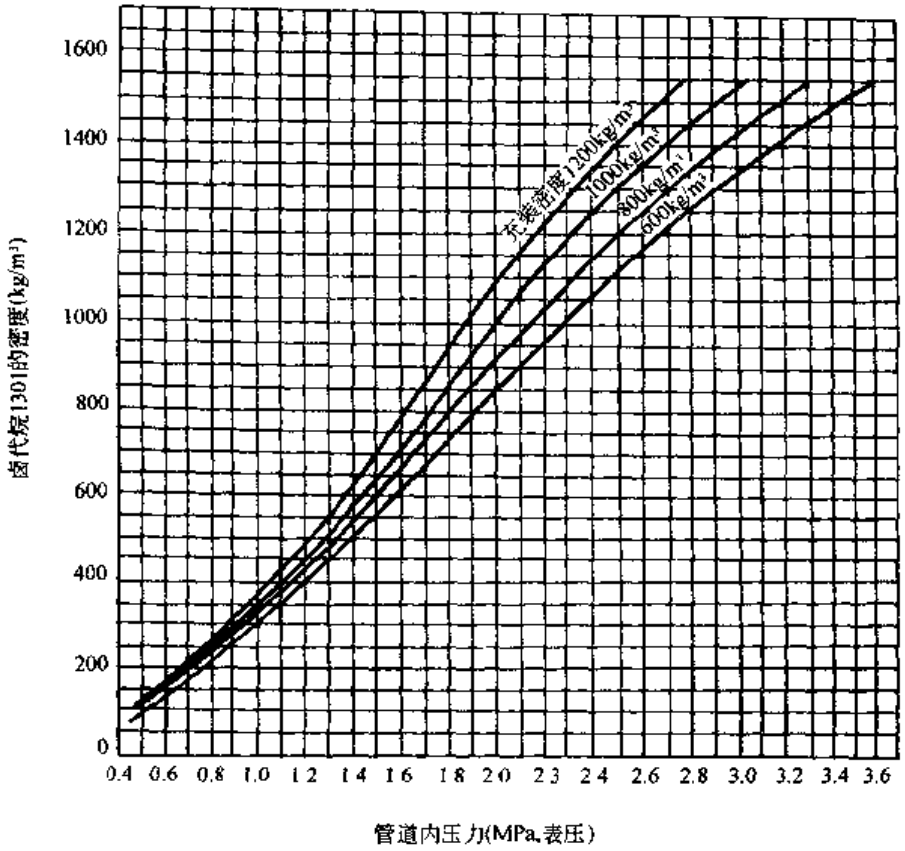


图 2-209 4.2MPa 系统管道内卤代烷 1301 的密度

5) 容器平均压力 P_t:容器平均压力是管道压力损失计算时初始流动状态时的压力,即当贮存容器出流 50%灭火剂时,贮存容器内所具有的压力,见表 2-179。

容器平均压力(MPa) **表 2-179**

卤代烷 1301 贮存压力 (MPa)	充装密度 (kg/m^3)			
	1000~1125	850~999	700~849	600~699
4.2	2.88	3.07	3.26	3.45
2.5	1.97	2.04	2.12	2.20

(8) 高程压差修正 P_h:当管道有高程变化时,应在该管段压力损失计算前,对高程压差的影响进行修正。高程压差按式(2-160)计算。

$$P_h = 10^{-6}\rho Hg \quad (MPa) \tag{2-160}$$

式中 P_h——高程压差(MPa);

ρ——高程差变化起点灭火剂密度(kg/m^3);

H——高程变化值(m)(向下取负值,向上取正值);

g——重力加速度(m/s^2),$g=9.81m/s^2$。

(9) 管道内灭火剂百分比计算:管网内灭火剂百分比是表示管网的容积对中期容器压力影响大小的参数。其定义为灭火剂从喷嘴中喷出 50%时,管网内的灭火剂质量与灭火剂设计用量之比。管道内灭火剂百分比不仅用于确定平均贮存压力,而且也是验算管网流体

计算精确度的重要参数。

当已知管网内各段卤代烷 1301 的平均密度(检验计算精度)时,管道内灭火剂百分比,按式(2-161)计算:

$$C_e = \frac{\sum_{i=1}^{N} \overline{\rho}_i V_{P_i}}{M_S} \times 100\% \tag{2-161}$$

式中　C_e——管道内灭火剂百分比(质量%);

$\overline{\rho}_i$——管段内灭火剂平均密度(kg/m³);

M_S——灭火剂的设计用量(kg);

V_{P_i}——管段内容积(m³),见表 2-165,也可按式(2-162)计算:

$$V_P = \frac{\pi}{4} \times 10^{-6} D^2 L_1 \quad (m^3) \tag{2-162}$$

其中　D——管道内径(mm);

L_1——管段实际长度(m)。

在管网计算开始,管道诸端点压力未确定,而 $\overline{\rho}_i$ 也不能求得时,管道内灭火剂百分比 C'_e,可用式(2-163)近似计算:

$$C'_e = \frac{K_1}{\frac{M_S}{\sum_{i=1}^{N} V_{P_i}} + K_2} \times 100\% \tag{2-163}$$

式中　K_1、K_2——管道内灭火剂百分比系数;

当贮存压力为 2.5MPa 时,

$$K_1 = 1229 - 0.07\rho_0$$

$$K_2 = 32 + 0.3\rho_0$$

当贮存压力为 4.2MPa 时,

$$K_1 = 1123 - 0.04\rho_0$$

$$K_2 = 80 - 0.3\rho_0$$

其中　ρ_0——卤代烷 1301 的充装密度(kg/m³);

$\sum_{i=1}^{N} V_{P_i}$——管网总容积(m³)。

(10) 管网起点压力 P_{B_y}:卤代烷 1301 管道压力计算,选择平均贮存压力作为管网计算的起点压力。这个平均贮存压力是指喷嘴在喷出 50% 灭火剂时贮存容器具有的压力。系统喷放开始,灭火剂充填管道后,贮存容器内气相体积增大,压力下降。因此,管网起点压力 P_{B_y}(即平均贮存压力)不仅与贮存压力、充装密度有关,还与管道内灭火剂的百分比有关。已知贮存容器的贮存压力等级、充装密度和管道内灭火剂百分比,可从图 2-210 中查得管网起点压力。

(11) 喷嘴孔口面积的确定:喷嘴的孔口面积根据厂家提供的喷嘴特性数据方式的不同,有两种计算方法:

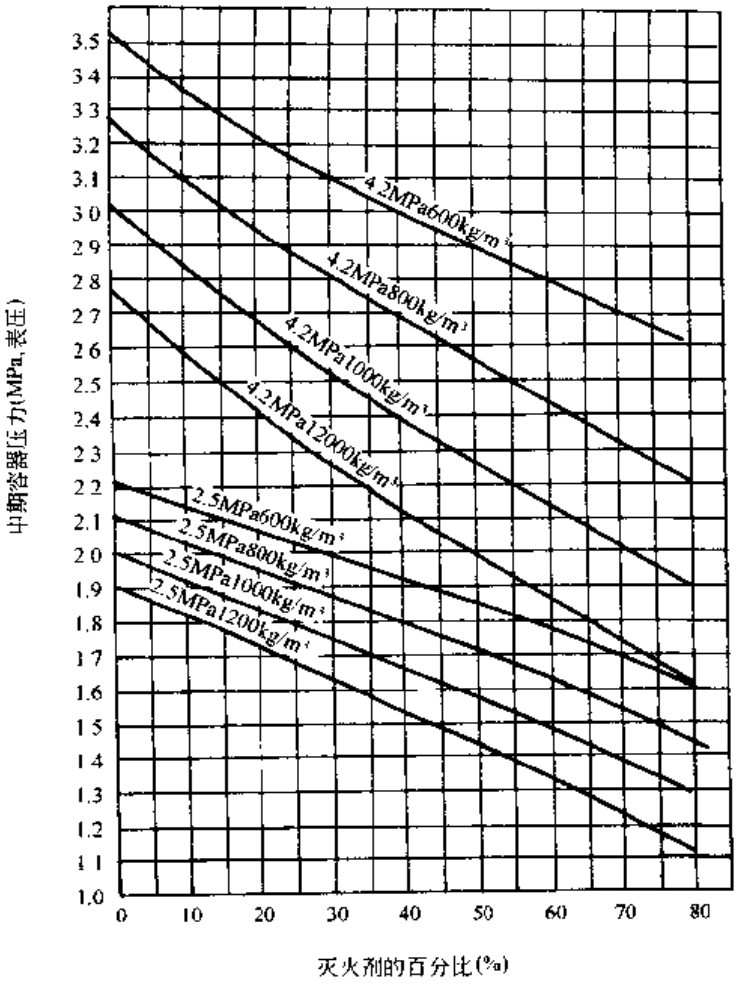


图 2-210 平均容器压力与管道内灭火剂百分比

1) 当喷嘴特性数据用实际比流量表示时,喷嘴孔口面积,按式(2-164)计算:

$$A = \frac{q_{mN}}{R_0} \quad (mm^2) \tag{2-164}$$

式中 A——喷嘴的孔口面积(mm^2);

q_{mN}——单个喷嘴的平均设计流量(kg/s);

R_0——喷嘴在设计压力下的实际比流量($kg/s \cdot mm^2$)。生产厂家常以表格或曲线形式给出。

2) 当喷嘴特性数据用流量系数表示时按式(2-165)计算:

$$A = \frac{q_{mN}}{C_d R} \quad (mm^2) \tag{2-165}$$

式中 C_d——喷嘴的流量系数,由厂家提供;

R——开口管道的理论比流量[$kg/(s \cdot mm^2)$],可查图2-211。

求得孔口面积后,喷嘴的孔口直径,按式(2-166)计算:

$$d = 2\sqrt{\frac{A}{\pi n_2}} \quad (mm) \tag{2-166}$$

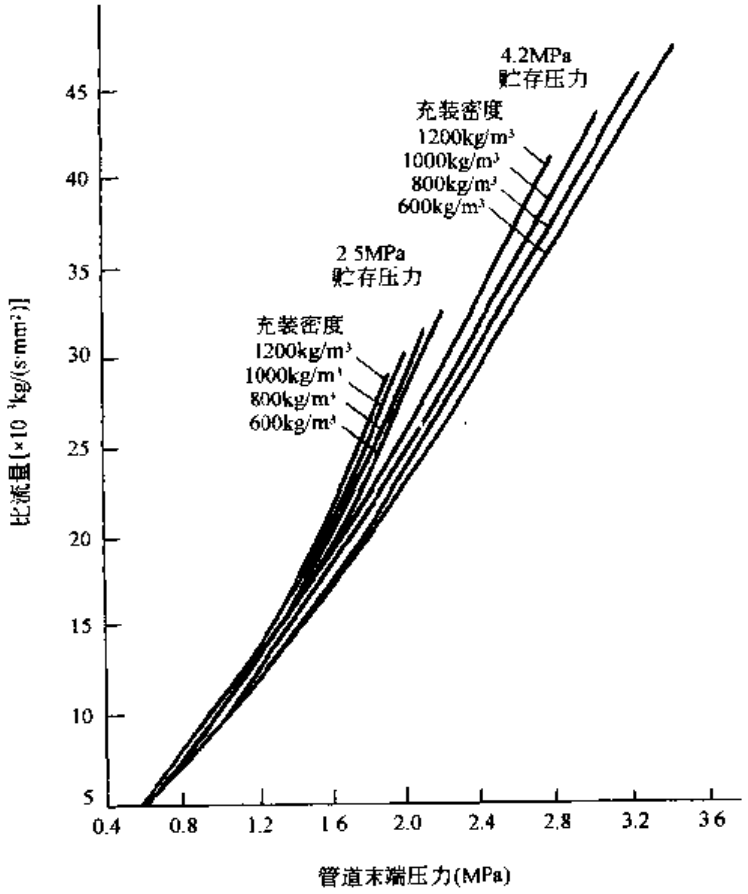


图 2-211　开口管道的理论比流量

式中　d——喷嘴的孔口直径(mm)；

n_2——喷嘴的开孔数。

选用的喷嘴直径，一般与连接管管径相同。

(12) 管网系统验算：

1) 管网末端压力验算：管网末端压力验算就是通过管网压力计算得到的管网末端压力 P_N 与通过假设贮存压力、充装密度和计算管道内灭火剂百分比得到的管网起点压力 P_{a_v} 比值的验算。

判断式如下：

$$\frac{P_N}{P_{a_v}}=0.5 \text{ 最佳}$$

$$\frac{P_N}{P_{a_v}}>0.5 \text{ 尚可}$$

$$\frac{P_N}{P_{a_v}}<0.5 \text{ 不可}$$

式中　P_N——管网末端压力(MPa)；

P_{a_v}——管网起点压力(MPa)。

$\frac{P_N}{P_{a_v}}$比值的调整，大多通过管径的调整来实现。当$\frac{P_N}{P_{a_v}}<0.5$时，缩短管路或放大管径；当$\frac{P_N}{P_{a_v}}>0.5$时，可减小管径。

2) 管道内灭火剂百分比验算：通过管网流体计算求得的管网内灭火剂百分比 C_e，应与管道开始计算时，近似计算得到的 C_e 进行比较，并应满足下式要求；

对于均衡管网系统 $C'_e - C_e \leqslant \pm 3\%$

对于非均衡管网系统 $C'_e - C_e \leqslant \pm 1\%$

如不能满足精度要求，则应以验算的 C'_e 为基础，重新进行管网流体计算。

关于均衡系统与非均衡系统的分类，可见二氧化碳灭火系统第 2.7.1 节有关内容。

(13) 防护区内卤代烷 1301 最大浓度 φ_{max} 的验算：《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》规定，经常有人工作的防护区，当人员不能在 1min 内撤出时，施放的卤代烷 1301 的最大浓度不应大于 10%。为此，从安全角度出发，需按式(2-167)予以验证：

$$\varphi_{max} = \frac{M_{SM}\mu_{max}}{V} \times 100\% \tag{2-167}$$

式中 φ_{max}——防护区内卤代烷 1301 的最大浓度(%)；

M_{SM}——卤代烷 1301 设计灭火用量或设计惰化用量(kg)；

μ_{max}——防护区内最高环境温度下卤代烷 1301 蒸气的比容(m^3/kg)，可按式(2-136)计算；

V——防护区内的最小净容积(m^3)。

2.9.4 计算步骤和示例

卤代烷 1301 灭火系统的计算包括灭火剂用量的计算和管网系统的计算两部分内容。

2.9.4.1 计算步骤

(1) 管网系统的计算主要是确定管网系统的四个参数：

1) 贮存容器的贮存压力。

2) 贮存容器的充装密度。

3) 管网中各管段的直径。

4) 喷嘴的面积或孔径。

(2) 计算确定的四个参数，又必须满足三个要求：

1) 喷射均匀要求。

2) 工作压力要求。

3) 管网内灭火剂百分比要求。

(3) 管网系统的计算步骤概括如下几点：

1) 对各喷嘴分配平均设计流量。

2) 绘制管网透视图，给节点编号。

3) 根据喷嘴的平均设计流量，对管段进行流量分配。

4) 根据分配的流量选择管径。

5) 初定贮存压力和充装密度。

6) 以贮存容器为始点进行管网压力计算。

7) 参数校核。

8) 计算喷嘴面积和孔口数量。

2.9.4.2 示例

【例】 某工程采用卤代烷 1301 全淹没灭火系统保护。根据防护区的大小和喷嘴有效覆盖面积,防护区内需设置 4 个喷嘴。管道布置为均衡系统,见图 2-212。已知设计灭火剂用量为 78.4kg,不需要进行流失补偿。要求的喷射时间为 10s。试设计计算该卤代烷 1301 灭火系统。

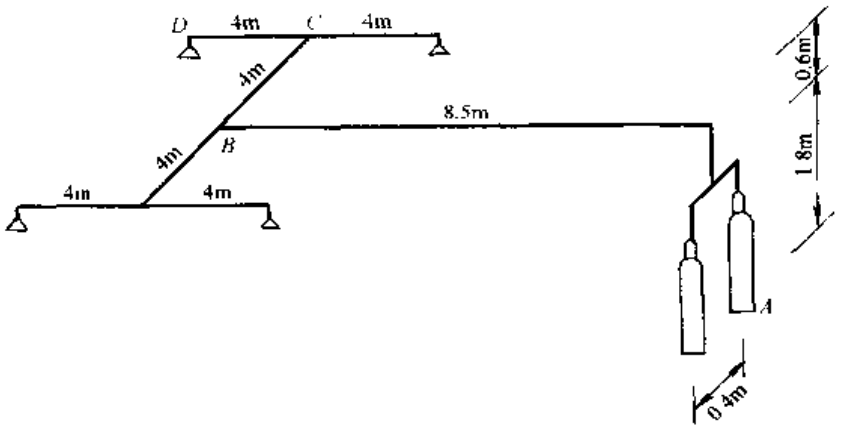


图 2-212

【解】

(1) 根据题意,喷射时间 $t_d=10s$。

(2) 管网系统较小,取贮存压力 $P_{0_q}=2.5MPa$(表压)。

(3) 求贮存容器容积和充装密度:选用 2 个 $V_t=37L$ 的贮存容器,则

$$V_n=nV_t=2\times0.037=0.074m^3$$

$$\rho_0=\frac{M_{SM}}{V_n}=\frac{78.4}{0.074}=1059kg/m^3$$

ρ_0 符合充装密度的范围要求(1125～600kg/m³)。

(4) 求单个喷嘴灭火剂的设计质量流量:由于是均衡系统,各个喷嘴的质量流量相等。则

$$q_{mN}=\frac{M_{SM}}{n_1t_d}=\frac{78.4}{4\times10}=1.96kg/s$$

(5) 管网系统流量分配:

管段 A-B:　$q_{m_p}=4\times1.96=7.84kg/s$

管段 B-C:　$q_{m_p}=2\times1.96=3.92kg/s$

管段 C-D:　$q_{m_p}=1\times1.96=1.96kg/s$

(6) 初选管径:采用公式(2-154)计算:

管段 A-B:$D=(12.7\sim18.0)\sqrt{q_{m_p}}=35.6\sim50.4mm$

管段 B-C：$D=25.1\sim35.6$mm

管段 C-D：$D=17.8\sim25.2$mm

查表2-165，采用“壁厚40号管”。各管段选用的规格、内径和单位长度体积，见表2-180。

表2-180

管段编号	公称直径(mm)	管道内径(mm)	单位长度容积(m^3/m)
A-B	40	40.9	1.314×10^{-3}
B-C	32	35.1	0.968×10^{-3}
C-D	25	26.6	0.556×10^{-3}

(7) 求管道总容积：

$$\sum_{i=1}^{N} V_{P_i}=1.314\times10^{-3}\times(0.6+8.5)+0.968\times10^{-3}\times8.0+0.556\times10^{-3}\times16.0$$

$$=0.027\text{m}^3$$

(8) 初算管道内灭火剂百分比：

$$C_c=\frac{K_1}{\dfrac{M_{SM}}{\sum_{i=1}^{N} V_{P_i}}+K_2}$$

$$K_1=1229-0.07\rho_0=1229-0.07\times1059=1155$$

$$K_2=32+0.3\rho_0=32+0.3\times1059-350$$

代入后得：

$$C_c=\frac{1155}{\dfrac{78.4}{0.027}-350}=35\%$$

(9) 求管网起点压力 P_{a_v}压力：查图2-210，当 $P_{0_c}=2.5$MPa、$\rho_0=1059\text{kg/m}^3$、$C_c=35\%$时，管网起点压力 $P_{a_v}=1.68$MPa。

(10) 管段 A-B 压力损失计算：

1) 高程差压力校正：由于管段 A-B 有高程差，先求高程差校正值。

A 点压力 $P_{a_v}=1.68$MPa，查图2-208，得 $\rho=1230\text{kg/m}^3$；则

$$P_h=10^{-6}\times\rho Hg=10^{-6}\times1230\times2.4\times9.81=0.03\text{MPa}$$

2) 管段起点压力：

$$P_1=P_{a_v}-P_h=1.68-0.03=1.65\text{MPa}$$

3) 求管段起点 Y_1 和 Z_1：查表2-166，当 $P_1=1.65$MPa 时，$Y_1=436.9(\text{MPa}\cdot\text{kg})/\text{m}^2$、$Z_1=0.327$

4) 求钢管系数：查表2-178，当 $D=40.9$mm 时，$C_1=6.241$、$C_2=0.7$

5) 求管段计算长度 L：实际管长 $L_1=0.6+8.5=9.1$m

局部压力损失包括钢瓶硬件、弯头3个、侧流三通2个，查表2-175～177，当量长度为

$$\Sigma L_2=5.5+0.06\times3\times40.9+0.09\times2\times40.9=20.2\text{m}$$

$$L=L_1+\Sigma L_2=9.1+20.2=29.3\text{m}$$

6) 初算管段终点 Y_2：

$$Y_2 = Y_1 + Lq_{m_p}^2/C_1 + C_2 q_{m_p}^2(Z_2 - Z_1)$$
$$= 436.9 + 29.3 \times 7.84^2/6.241 + 0.7 \times 7.84^2(Z_2 - 0.327)$$
$$= 711.4 + 43.0Z_2$$

7) 初算管段终点 P_2 和 Z_2：查表 2-166，当 $Y_2 = 711.4$ (MPa·kg)/m³ 时，$P_2 = 1.38$MPa、$Z_2 = 0.74$

8) 复算管段终点 Y'_2：

$$Y'_2 = 711.4 + 43.0 \times 0.74 = 743.2(\text{MPa·kg})/\text{m}^3$$

9) 复算管段终点 P'_2 和 Z'_2：以 Y'_2 的值，再查表 2-166，得 $P'_2 = 1.34$MPa、$Z'_2 = 0.648$（用内插法求得）。

(11) 管段 B-C 压力损失计算：管段 B-C 没有高程差，故 Y'_2 和 Z'_2 可作为管段 B-C 起点 Y_1 和 Z_1：

1) 查表 2-178，当 $D = 35.1$mm 时，$C_1 = 3.096$、$C_2 = 1.2$

2) $L = 4.0 + 0.09 \times 1 \times 35.1 = 7.16$（一个侧流三通）

3) $Y_2 = Y_1 + Lq_{m_p}^2/C_1 + C_2 q_{m_p}^2(Z_2 - Z_1)$
$= 743.2 + 7.16 \times 3.92^2/3.096 + 1.2 \times 3.92^2 \times (Z_2 - 0.648)$
$= 766.8 + 18.4Z_2$

4) 查表 2-166，当 $Y_2 = 766.8$(MPa·kg)/m³ 时，$P_2 = 1.32$MPa、$Z_2 = 0.740$

5) $Y'_2 = 766.8 + 18.4 \times 0.74 = 780.4$(MPa·kg)/m³

6) 再查表 2-166，当 $Y'_2 = 780.4$(MPa·kg)/m³ 时，$P'_2 = 1.30$MPa、$Z'_2 = 0.740$

(12) 同理可算出 C-D 管段压力损失；D 点的压力 $P'_2 = 1.24$MPa

(13) 管网系统验算：

1) 管网末端压力验算：管网末端压力：$P_N = 1.24$MPa

管网起点压力：$P_{a_v} = 1.68$MPa

$$\frac{P_N}{P_{a_v}} = \frac{1.24}{1.68} = 0.74 > 0.5$$

经验算，选择的管径是足够的。如需要，也可减小局部管段的管径后，重新进行管网流体计算。本例不再作调整。

2) 管道内灭火剂百分比验算：各管段参数的计算结果，列于表 2-181。

表 2-181

管段编号	起点压力 P_1(MPa)	终点压力 P_2(MPa)	平均压力 $\bar{P}$(MPa)	平均密度 $\bar{\rho}_i$(kg/m³)	管道内容积 V_{P_i}(m³)
A-B	1.65	1.34	1.50	980	0.014
B-C	1.34	1.30	1.32	750	0.0077
C-D	1.30	1.24	1.27	680	0.0090

$$C'_c = \frac{\sum_{i=1}^{N} \bar{\rho}_i V_{P_i}}{M_0} = \frac{980 \times 0.014 + 750 \times 0.0077 + 680 \times 0.0090}{78.4} = 32.7\%$$

已知初算：$C_e=35\%$，即

$$C_e - C'_c = 35\% - 32.7\% = 2.3\% < 3\%$$

计算精度满足要求。

(14) 求喷嘴孔口面积：查产品厂家提供的喷嘴实际比流量曲线，当 $P_N=1.24$MPa 时，喷嘴实际比流量 $R_0=0.0152$kg/(s·mm^2)，则喷嘴孔口面积：

$$A=\frac{q_{mN}}{R_0}=\frac{1.96}{0.0152}=129\text{mm}^2$$

若选用四孔喷嘴，则喷嘴孔口直径为

$$d=2\sqrt{\frac{A}{\pi n_2}}=2\sqrt{\frac{129}{3.14\times 4}}=6.4\text{mm}$$

(15) 管网计算结果汇总，见表 2-182。

管网流体计算结果　　表 2-182

贮存容器	灭火剂设计用量 M_0(kg)	78.4
	贮存压力 P_{0t}(表压)(MPa)	2.5
	充装密度 ρ_0(kg/m^3)	1059
	贮存容器个数 n(个)	2
	每个容器容积 V_t(L)	37
管道	管段 A-B 管道内径(mm)	40.9
	管段 B-C 管道内径(mm)	35.1
	管段 C-D 管道内径(mm)	26.6
喷嘴	喷嘴个数 n_1(个)	4
	喷嘴直径 D(mm)	26.6
	孔口面积 A(mm^2)	129
	孔口直径 d(mm)	6.4
	孔口数 n_2(个)	4

2.10 卤代烷替代物灭火简介

2.10.1 卤代烷灭火剂控制使用的原因

国外对卤代烷灭火剂的使用和研究可以追溯到本世纪初。在多种卤代烷中，卤代烷 1301 和 1211 的综合性能较好，灭火效果好，毒性低。其最大优点是对保护物体不产生损坏和污染，常被广泛应用于怕水和灭火后不会留任何痕迹的电子计算机房、图书档案和文物资料储藏等场所。

卤代烷 1301、1211 这类高效、低毒又广受欢迎的灭火剂，被限制使用和退役的根本原因，是由于它们对大气臭氧层的破坏、产生温室效应、相当长的停留时间，其最终结果是恶化地球环境，损害人类健康。

我国从 60 年代开始研制卤代烷灭火剂，1987 年颁布《卤代烷 1211 灭火系统设计规范》(GBJ 110—87)，1992 年颁布《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》(GB 50163—92)。我国是《蒙特利尔议定书》(修正案)的签约国，根据我国 1992 年制定的《保护臭氧层物质逐步淘汰国家方案》，我国将在 2005 年实现完全停止卤代烷 1211 灭火剂，2010 年停止卤代烷 1311

灭火剂的生产。

2.10.2 卤代烷灭火剂的使用规定

根据《保护臭氧层物质逐步淘汰国家方案》,我国从1992年起着手进行卤代烷过渡性和永久性替代物的研制,以二氧化碳和其它气体灭火剂以及泡沫、干粉等灭火剂作为卤代烷的替代物,并对有关防火规范的修正等作了一系列工作。据此,在卤代烷永久性替代物出现之前,为了缩小卤代烷的使用范围,《建筑设计防火规范》(GBJ 16—87,1997年版)和《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95,1997年版)对卤代烷灭火剂的使用场所作了严格的规定。

(1) 应设置气体灭火系统,且允许使用卤代烷1211、1301灭火系统只限于下列的部位:

1) 省级或超过100万人口城市广播电视发射塔楼内的微波机房、分米波机房、米波机房、变配电室和不间断电流(UPS)室。

2) 国际电信局、大区中心、省中心和一万路以上的地区中心的长途程控交换机房、控制室和信令转接点室。

3) 二万线以上的市话汇接局和六万门以上的市话端局程控交换机房、控制室和信令转接点室。

4) 中央及省级治安、防灾和网局级及以上的电力等调度指挥中心的通信机房和控制室。

5) 主机房的建筑面积不小于140m^{2}的电子计算机房中的主机房和基本工作间的记录磁、纸介质库。

6) 在重要部位和场所中,设有发生火灾后会严重影响生产和生活的关键设备的其它特殊重要设备室。比如化工厂中的中央控制室和单台容量300MW机组及以上容量的发电厂的电子设备间、控制室、计算机房及继电器室等。

(2) 应设置二氧化碳等气体灭火系统,但不得采用卤代烷1211、1301灭火系统的部位:

1) 省级或藏书量超过100万册的图书馆的特藏库。

2) 中央和省级档案馆中的珍藏库和非纸质档案库。

3) 大、中型博物馆中的珍品库房。

4) 一级纸绢质文物的陈列室。

5) 中央和省级广播电视中心内,建筑面积不小于120m^{2}的音像制品库房。

对于已经或将要配置的卤代烷设备、过期失效应报废的卤代烷设备中的卤代烷、卤代烷设备定期试压与检修时的卤代烷的回收,都应由国家中心贮存或指定的机构回收、贮存和统一处理。

2.10.3 卤代烷灭火剂替代物介绍

(1) 卤代烷灭火系统的传统替代技术:

1) 水喷雾系统。

2) 二氧化碳灭火系统。

3) 泡沫灭火系统。

4) 干粉灭火系统。

(2) 卤代烷灭火剂替代物介绍：

1) 卤代烷灭火剂替代物的八项基本要求：

① 对环境无危害：

ⅰ. 不破坏臭氧层：ODP(臭氧消耗潜能值)≤0.05 或 ODP=0。

ⅱ. 不产生温室效应：GWP(温室效应潜能值)宜低于 CFC11 或 CO_2 值，起码应相当，不能超过太多。

ⅲ. 在大气中的存留时间宜短。

② 对人体无毒性危害，或仅有轻微的影响。即替代物本体及其分解产物的毒性均应低于或最高等于 1301 本体及其分解产物的相应毒性，一定不能偏高。

③ 不可燃、灭火效能高，灭火浓度接近或达到 1301 者为该项的最佳选择。

④ 喷射后应能全部蒸发(挥发)和气化。

⑤ 应属可液化的气体或具有与液化气体相类似的特性。

⑥ 贮存稳定性良好，包括其热稳定性和化学稳定性。

⑦ 与弹性密封元件的相容性良好。

⑧ 成本低，价格不高于现用卤代烷和市场需求量大者优选。

2) 新的卤代烷替代灭火剂：完全达到上述八项基本要求的卤代烷替代物尚未找到，目前国际上技术比较成熟，达到某项或某几项替代物要求的卤代物灭火剂候选替代物有十余种。其中各项指标较为合理且有一定推广价值的仅有 INERGEN(烟烙尽)和 FM—200 等八种，见表 2-183。

新的哈龙替代灭火剂　　表 2-183

商品名称	符　号	分子式或组分	ODP	GWP	最小设计浓度(%V/V)	NOAEL(%V/V)	LOAEL(%V/V)	大气中存活寿命(a)
FM200	HFC-227_{ea}	C_3F_7H	0	2050	7	9.0	10.5	31
CEA410	FC-3-1-10	C_4F_{10}	0	5500	6	40	>40	2600
FE13	HFC-23	CHF_3	0	9000	16	30	>50	280
FH241	HCFC124	C_2HCLF_4	0.022	440	8.5	1	2.5	7
FE25	HFC-125	C_2HF_5	0	3400	10.9	7.5	10	41
NAFSⅢ	HCFCA 型	HCFC-22,82% HCFC-123,4.75% HCFC-124,9.5% organic 3.75%	0.05	1600	8.6	10	>10	16
Triodide Ldoguard	FIC-1311	CF_3I	5	0	5.0	0.2	0.4	1.15day
Inergen	IG-541	$N_2$52% Ar40% $CO_2$8%	0.008(max)	0	37.5		—	N/A

注：NOAEL 是未观察到不良反应的浓度(或称无副作用的最高浓度)；LOAEL 为可观察到不良反应的浓度(或称有副作用的最低浓度)；ODP 是臭氧耗损潜能值；GWP 是全球温室效应潜能值。

对这八种替代药剂，各国所持态度也不一致。北欧的丹麦、瑞典等国规定不让使用含化学物质的卤代烷替代品，而只能用 INERGEN；美国推荐使用 FM-200 较多；其它一些国家也有推荐 NAFS-Ⅲ等。

如今国际上采用 INERGEN 的已有 39000 多个工程，FM-200 已有 35000 多个工程。该两种灭火剂已经通过中国国家固定灭火系统和耐火构件质量监督检查中心的检测，并已在一些工程的灭火系统中开始使用。

2.11 建筑灭火器配置

2.11.1 适 用 范 围

(1) 建筑灭火器配置适用范围如下：

1) 新建、改建、扩建和已建成的生产、使用、贮存可燃物的各类工业与民用建筑物。

2) 已安装消火栓和灭火系统(包括水喷淋、水喷雾、水幕、泡沫、干粉、卤代烷、二氧化碳、氮气、水蒸气等固定式、半固定式、悬挂式、柜箱式的有管网或无管网灭火装置)的各类建筑物，仍需配置灭火器作早期防护。

3)《建筑设计防火规范》第 8.4.2 条规定允许不设室内消防给水的建筑物。

(2) 建筑灭火器配置不适用范围如下：

1) 生产、贮存火药、炸药、弹药、火工品、花炮的厂房和库房。

2) 九层及九层以下的普通住宅，包括集体宿舍和单位公寓等同类同层建筑物。若此类建筑物有条件(如经费、保管、维修、定期换药和试压)时，也可按规范配置设计灭火器，但目前暂不强求。

3) 飞机、轮船、火车、汽车等交通工具和军用装备。

2.11.2 严格控制卤代烷 1211、1301 灭火器的配置和使用范围

卤代烷 1211、1301 灭火器虽是高效、"安全"、"洁净"的双功能灭火器。但是，为了贯彻"蒙特利尔议定书"精神，实现我国在 2005 年淘汰 1211，2010 年淘汰 1301 灭火剂的任务。国家规定：从 1995 年 10 月 1 日起，在下述非必要使用卤代烷灭火剂的场所，一律不准配置卤代烷 1211、1301 灭火器。

(1) 民用建筑类：

1) 电影院、剧院、会堂、礼堂、体育馆的观众厅。

2) 医院门诊部、住院部。

3) 学校教学楼、幼儿园与托儿所的活动室。

4) 办公楼。

5) 车站、码头、机场的候车、候船、候机厅。

6) 高级旅馆的公共场所、走廊、客房。

7) 商店。

8) 十层以上的普通住宅。

9) 百货楼、营业厅、综合商场。

10) 图书馆一般书库。

11) 展览厅。

12) 高级住宅。

13) 燃油、燃气锅炉房。

14) 旅馆。

(2) 工业建筑类：

1) 橡胶制品的涂胶和胶浆部位；压延成型和硫化厂房。

2) 橡胶、塑料及其制品库房。

3) 植物油加工厂的浸出厂房；植物油加工精练部位。

4) 黄磷、赤磷制备厂房及其应用部位。

5) 樟脑或松香提炼厂房、焦化厂精萘厂房。

6) 煤粉厂房和面粉厂房的碾压部位。

7) 谷物筒仓工作塔、亚麻厂的除尘器和过滤器室。

8) 散装棉花堆场。

9) 稻草、芦苇、麦秸等堆场。

10) 谷物加工厂房。

11) 饲料加工厂房。

12) 粮食、食品库房。

13) 高锰酸钾、重铬酸钠厂房。

14) 过氧化钠、过氧化钾、次氯酸钙厂房。

15) 可燃材料工棚。

16) 甲、乙类液体贮罐、桶装堆场。

17) 柴油、机器油或变压器油罐桶间。

18) 润滑油再生部位或沥青加工厂房。

19) 闪点≥60℃的油品和其它丙类液体贮罐、桶装库房或堆场。

20) 泡沫塑料厂的发泡、成型、印片、压花部位。

21) 化学、人造纤维及其织物和棉、毛、丝、麻及其织物的库房。

22) 酚醛泡沫塑料的加工厂房。

23) 化纤厂后加工润湿部位；印染厂的漂炼部位。

24) 木工厂房和竹、藤加工厂房。

25) 纸张、竹、木及其制品的库房或堆场。

26) 造纸厂或化纤厂的浆粕蒸煮工段。

27) 玻璃原料熔化厂房。

28) 陶瓷制品的烘干、烧成厂房。

29) 金属(镁合金除外)冷加工车间。

30) 钢材库房及堆场。

31) 水泥库房。

32) 搪瓷、陶瓷制品库房。

33) 难燃烧或非燃烧的建筑装饰材料库房。

34) 原木堆场。

在新设计的非必要使用卤代烷 1211、1301 灭火器的场所，视火灾种类和现场具体情况，选用干粉、二氧化碳和水成膜泡沫等灭火器。对于已经应用卤代烷 1211、1301 灭火器的现

有建筑物，可根据各地实际情况，视不同使用对象，可分别选用上述几种灭火器来替代。

2.11.3 设计程序和内容

2.11.3.1 确定各灭火器配置场所的危险等级

(1) 工业建筑：工业建筑危险等级的定性分级原则，见表 2-184。

工业建筑危险等级的定性分级原则　　表 2-184

危险等级	分级原则				相当于 GBJ 16—87(1997 年版)规范分类
	火灾危险性	可燃物数量	火灾蔓延速度	灭火难易程度	
严重危险级	大	多	迅速	难	甲、乙类物品的生产厂房和贮存库房
中危险级	较大	较多	较迅速	较难	丙类物品的生产厂房和贮存库房
轻危险级	较小	较少	较缓慢	较易	丁、戊类物品的生产厂房与贮存库房

生产、贮存物品的甲、乙、丙、丁、戊类火灾危险性分类，可查《建筑设计防火规范》附录三。

工业建筑危险等级的分级举例，见表 2-185。

工业建筑危险等级的分级举例　　表 2-185

危险等级	举例	
	厂房和露天、半露天生产装置区	库房和露天、半露天堆场
严重危险级	1. 闪点＜60℃的油品和有机溶剂的提炼、回收、洗涤部位及其泵房、罐桶间 2. 橡胶制品的涂胶和胶浆部位 3. 二硫化碳的粗馏、精馏工段及其应用部位 4. 甲醇、乙醇、丙酮、丁酮、异丙醇、醋酸乙酯、苯等的合成或精制厂房 5. 植物油加工厂的浸出厂房 6. 洗涤剂厂房石蜡裂解部位、冰醋酸裂解厂房 7. 环氧氢丙烷、苯乙烯厂房或装置区 8. 液化石油气罐瓶间 9. 天然气、石油伴生气、水煤气或焦炉煤气的净化(如脱硫)厂房压缩(机)室及鼓风机室 10. 乙炔站、氢气站、煤气站、氧气站 11. 硝化棉、赛璐珞厂房及其应用部位 12. 黄磷、赤磷制备厂房及其应用部位 13. 樟脑或松香提炼厂房、焦化厂精萘厂房 14. 煤粉厂房和面粉厂房的碾磨部位 15. 谷物筒仓工作塔、亚麻厂的除尘器和过滤器 16. 氯酸钾厂房及其应用部位 17. 发烟硫酸或发烟硝酸浓缩部位 18. 高锰酸钾、重铬酸钠厂房 19. 过氧化钠、过氧化钾、次氯酸钙厂房 20. 各工厂的总控制室、分控制室 21. 可燃材料工棚	1. 化学危险物品库房 2. 装卸原油或化学危险物品的车站、码头 3. 甲、乙类液体贮罐、桶装堆场 4. 液化石油气贮罐区、桶装堆场 5. 散装棉花堆场 6. 稻草、芦苇、麦秸等堆场 7. 赛璐珞及其制品、漆布、油布、油纸及其制品、油绸及其制品库房 8. 60 度以上的白酒库房

续表

危险等级	举例	
	厂房和露天、半露天生产装置区	库房和露天、半露天堆场
中危险级	1. 闪点≥60℃的油品和有机溶剂的提炼、回收工段及其抽送泵房 2. 柴油、机器油或变压器油罐桶间 3. 润滑油再生部位或沥青加工厂房 4. 植物油加工精炼部位 5. 油浸变压器室和高、低压配电室 6. 工业用燃油、燃气锅炉房 7. 各种电缆廊道 8. 油淬火处理车间 9. 橡胶制品压延、成型和硫化厂房 10. 木工厂房和竹、藤加工厂房 11. 针织品厂房和纺织、印染、化纤生产的干燥部位 12. 服装加工厂房和印染厂成品厂房 13. 麻纺厂粗加工厂房和毛涤厂选毛厂房 14. 谷物加工厂 15. 卷烟厂的切丝、卷制、包装厂房 16. 印刷厂的印刷厂房 17. 电视机、收录机装配厂房 18. 显象管厂装配工段烧枪间	1. 闪点≥60℃的油品和其它丙类液体贮藏、桶装库房或堆场 2. 化学、人造纤维及其织物、棉、毛、丝、麻及其织物的库房 3. 纸张、竹、木及其制品的库房或堆场 4. 火柴、香烟、糖、茶叶库房 5. 中药材库房 6. 橡胶、塑料及其制品的库房 7. 粮食、食品库房及粮食堆场 8. 电视机、收录机等电子产品及其它家用电器产品的库房 9. 汽车、拖拉机停车库 10. 60度以下的白酒库房 11. 低温冷库
中危险级	19. 磁带装配厂房 20. 泡沫塑料厂的发泡、成型、印片、压花部位 21. 饲料加工厂房 22. 汽车加油站	
轻危险级	1. 金属冶炼、铸造、铆焊、热轧、锻造、热处理厂房 2. 玻璃原料熔化厂房 3. 陶瓷制品的烘干、烧成厂房 4. 酚醛泡沫塑料的加工厂房 5. 印染厂的漂炼部位 6. 化纤厂后加工润湿部位 7. 造纸厂或化纤厂的浆粕蒸煮工段 8. 仪表、器械或车辆装配车间 9. 不燃液体的泵房和阀门室 10. 金属(镁合金除外)冷加工车间 11. 氟里昂厂房	1. 钢材库房及堆场 2. 水泥库房 3. 搪瓷、陶瓷制品库房 4. 难燃烧或非燃烧的建筑装饰材料库房 5. 原木堆场

注：1. 未列入本表的工业建筑灭火器配置场所可按照类似建筑确定其危险等级。
2. 本表中的甲、乙、丙类液体的范围，应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》的规定。

(2) 民用建筑：民用建筑危险等级的划分原则，见表2-186。

民用建筑危险等级的定性分级原则 表2-186

危险等级	分级原则					
	使用性质	火灾危险性	可燃物数量	用电用火	火灾蔓延速度	灭火难易程度
严重危险级	重要	大	多	多	迅速	难
中危险级	较重要	较大	较多	较多	较迅速	较难
轻危险级	普通	较小	较少	较少	较缓慢	较易

民用建筑危险等级的分级举例，见表 2-187。

民用建筑危险等级的分级举例　　表 2-187

危险等级	举　例
严重危险级	1. 重要的资料室、档案室 2. 设备贵重或可燃物多的实验室 3. 广播电视演播室、道具间 4. 电子计算机房及数据库 5. 重要的电信机房 6. 高级旅馆的公共活动用房及大厨房 7. 电影院、剧院、会堂、礼堂的舞台及后台部位 8. 医院的手术室、药房和病历室 9. 博物馆、图书馆的珍藏室、复印室 10. 电影、电视摄影棚
中危险级	1. 设有空调设备、电子计算机、复印机等的办公室 2. 学校或科研单位的理化实验室 3. 广播、电视的录音室、播音室 4. 高级旅馆的其它部位 5. 电影院、剧院、会堂、礼堂、体育馆的放映室 6. 百货楼、营业厅、综合商场 7. 图书馆、书库 8. 多功能厅、餐厅及厨房 9. 展览厅 10. 医院的理疗室、透视室、心电图室 11. 重点文物保护场所 12. 邮政信函和包裹分捡房、邮袋库 13. 高级住宅 14. 燃油、燃气锅炉房 15. 民用的油浸变压器室和高、低压配电室
轻危险级	1. 电影院、剧院、会堂、礼堂、体育馆的观众厅 2. 医院门诊部、住院部 3. 学校教学楼、幼儿园与托儿所的活动室 4. 办公楼 5. 车站、码头、机场的候车、候船、候机厅 6. 普通旅馆 7. 商店 8. 10 层及 10 层以上的普通住宅

注：未列入本表的民用建筑灭火器配置场所，可按照表 2-186 确定。

2.11.3.2　确定各灭火器配置场所的火灾种类

(1) 火灾种类划分：火灾种类应根据物质及其燃烧特性划分为以下几类：

1) A类火灾：指含碳固体可燃物，如木材、棉、毛、麻、纸张等燃烧的火灾。

A类火灾工业建筑场所的举例，见表2-188。

存在A类火灾危险的工业建筑场所举例 表2-188

序号	场所举例	序号	场所举例
1	木工厂房和竹、藤加工厂房	7	印刷厂印刷厂房
2	针织、纺织、化纤生产厂房	8	纸张、竹、木及其制品的库房
3	服装加工厂房和印染厂房	9	人造纤维及其织物的库房，棉、毛、丝、麻及其织物的库房
4	麻纺厂粗加工厂房和毛涤厂选毛厂房	10	火柴、香烟、糖、茶叶库房
5	谷物加工厂房	11	中药材库房
6	卷烟厂的切丝、卷制、包装厂房	12	橡胶、塑料及其制品的库房

A类火灾民用建筑场所的举例，见表2-189。

存在A类火灾危险的民用建筑场所举例 表2-189

序号	场所举例	序号	场所举例
1	资料室、档案室	7	图书馆、美术馆
2	旅馆客房	8	百货楼、营业厅、商场
3	电影院、剧院、会堂、礼堂的舞台及后台	9	邮政信函和包裹分检房、邮袋库
4	医院的病历室	10	文物保护场所
5	博物馆	11	教学楼
6	电影、电视摄影棚	12	办公楼

2) B类火灾：指甲、乙、丙类液体，如汽油、煤油、柴油、甲醇、乙醚、丙酮等燃烧的火灾。

B类火灾工业建筑场所的举例，见表2-190。

存在B类火灾危险的工业建筑场所举例 表2-190

序号	场所举例	序号	场所举例
1	甲、乙、丙类油品和有机溶剂的提炼、回收、洗涤部位及其泵房、罐桶间	5	工业用燃油锅炉房
2	甲醇、乙醇、丙酮、丁酮、异丙醇、醋酸乙酯、苯的合成或精制厂房	6	柴油、机器油或变压器油罐桶间
3	植物油加工厂的浸出厂房和精炼厂房	7	油淬火处理车间
4	白酒库房	8	汽车加油库、修车间

B类火灾民用建筑场所的举例，见表2-191。

存在B类火灾危险的民用建筑场所举例 表2-191

序号	场所举例	序号	场所举例
1	民用燃油锅炉房	4	厨房的烹调油锅灶
2	使用甲、乙、丙类液体和有机溶剂、试剂的理化试验室及库房	5	民用的油浸变压器室、充油电容器室、注油开关室
3	房修公司的油漆间及其库房	6	汽车加油站

3) C类火灾：指可燃气体，如煤气、天然气、甲烷、丙烷、乙炔、氢气等燃烧的火灾。

C类火灾工业建筑场所的举例，见表2-192。

存在C类火灾危险的工业建筑场所举例　　表2-192

序号	场所举例	序号	场所举例
1	天然气、石油伴生气、水煤气或焦炉煤气的净化(如脱硫)厂房、压缩机室和鼓风机室	3	液化石油气罐桶间
2	乙炔站、氢气站、煤气站、氧气站	4	工业用燃气锅炉房

C类火灾民用建筑场所的举例，见表2-193。

存在C类火灾危险的民用建筑场所举例　　表2-193

序号	场所举例	序号	场所举例
1	厨房的液化气瓶灶、煤气灶和沼气灶	2	民用液化气站、罐瓶间

4) D类火灾：指可燃金属，如钾、钠、镁、钛、锆、锂、铝镁合金等燃烧的火灾。

5) 带电火灾：带电火灾系指电气元件与设备燃烧的火灾。如电器(含家用电器)、电子元件、电子电器设备(电子计算机、复印机、电传打字机、通讯机、发电设备、电动机、变压器、配电盘、电控仪表装置等)及电线电缆等，燃烧时仍带电的火灾。所谓"带电"应包括高压和低压电以及直流和交流电，可不计顶挂、壁挂的日常照明灯具。

假若带电设备在起火后或开始喷射灭火剂之前确已切断电源，则可视为不带电火灾，可按与之同时存在的相应的A或B类火灾进行灭火器配置设计。

(2) 灭火器类型的选择：在确定火灾种类的基础上，选择灭火器类型。各种灭火器的适用性，见表2-194。

灭火器适用性　　表2-194

灭火器类型 / 灭火机理 / 火灾种类	水型		干粉型		泡沫型	二氧化碳
	清水	酸碱	磷酸铵盐	碳酸氢钠	化学泡沫	
A类火灾 系指含碳固体可燃物燃烧的火灾。如木材、棉、毛、麻、纸张等	适用 水能冷却，并穿透燃烧物而灭火，可有效防止复燃		适用 粉剂能附着在燃烧物的表面层，起到窒息火焰作用，隔绝空气，防止复燃	不适用 碳酸氢钠对固体可燃物无粘附作用，只能控火不能灭火	适用 具有冷却和覆盖燃烧物表面，与空气隔绝的作用	不适用 灭火器喷出的二氧化碳量少，无液滴，全是气体，对A类基本无效
B类火灾 系指甲、乙、丙类液体燃烧的火灾。如汽油、煤油、柴油、甲醇、乙醚、丙酮等	不适用 水流冲击油面，会激溅油火，致使火势蔓延，灭火困难		适用 干粉灭火剂能快速窒息火焰，还有中断燃烧过程的链反应的化学活性		半适用 覆盖燃烧物表面，使燃烧物表面与空气隔绝，可有效灭火。由于极性溶剂破坏泡沫，故不适用	适用 二氧化碳靠气体堆积在燃料表面，稀释并隔绝空气

续表

灭火器类型 / 灭火机理 / 火灾种类	水型		干粉型		泡沫型	二氧化碳
	清水	酸碱	磷酸铵盐	碳酸氢钠	化学泡沫	
C类火灾 系指可燃气体燃烧的火灾。如煤气、天然气、甲烷、丙烷、乙炔、氢气等	不适用 灭火器喷出的细小水流对立体型的气体火灾作用很小，基本无效		适用 喷射干粉灭火剂能快速扑灭气体火焰，具有中断燃烧过程的链反应的化学活性		不适用 泡沫对平面火灭火有效，但灭立体型气体火基本无效	适用 二氧化碳窒息灭火，不留残渍，不损坏设备

此外，D类火灾即金属燃烧的火灾，目前还没有定型的灭火器产品。国外扑灭D类火灾主要有粉状石墨灭火器和专用干粉灭火器。在国内尚未有这类灭火器的情况下，可采用干砂或铸铁末代替。

扑救带电火灾应选用二氧化碳、干粉型灭火器。

(3) 选择灭火器时应注意几点：

1) 不同灭火剂的灭火速度不同。干粉灭火剂灭火速度较快，而二氧化碳灭火剂和泡沫灭火剂灭火速度较慢。

2) 灭火剂的选择应考虑对被保护对象的污损程度。通常水、泡沫、干粉灭火器喷射后对贵重物品或电气设备有可能产生水渍、污染和腐蚀作用，而二氧化碳灭火剂灭火后不留痕迹，不污损被保护物品，不腐蚀精密设备。

3) 选择灭火器要注意灭火剂的正常使用温度范围。灭火剂的使用温度范围，见表2-195。

灭火剂的使用温度范围 **表2-195**

灭火剂类型		使用温度范围（℃）
水		4～55
酸碱灭火剂		4～55
化学泡沫灭火剂		4～55
干粉灭火剂	贮气瓶式喷洒	－10～55
	贮压式喷洒	－20～55
二氧化碳灭火剂		－10～55

4) 在同一个灭火器配置场所的计算单元，尤其是同一个灭火器设置点，尽量配置同一类型操作方法相同的灭火器。当需配置不同类型的灭火器时，应注意它们的相容性，不相容的灭火器不能在一起使用。表2-196列出不相容灭火剂的种类。

不相容的灭火剂的种类 **表2-196**

类型	不相容的灭火剂	
干粉与干粉	磷酸铵盐	碳酸氢钠、碳酸氢钾
干粉与泡沫	碳酸氢钾、碳酸氢钠	蛋白泡沫
	碳酸氢钾、碳酸氢钠	化学泡沫

2.11.3.3 测算各单元的保护面积

灭火器配置的计算单元有独立单元、组合单元和混火单元之分。它们的划分原则和举例，见表 2-197。

计算单元划分的原则与举例　　表 2-197

单元名称	划 分 原 则	举　例
独立单元	1. 与同一楼层的其它场所的火灾种类和危险等级有一个不同或两者均不同 2. 与同一楼层的其它场所的使用性质、工艺布局和保护面积也不等同	1. 机关办公楼层中的电子计算机房 2. 科研办公楼层中的理化实验室 3. 生产车间的总控制室等
组合单元	1. 同一楼层中的各个场所的火灾种类和危险等级均相同 2. 同一楼层中的各个场所的使用性质、工艺布局基本等同	1. 宾馆的标准客房楼层 2. 机关的普通办公楼层 3. 工厂同类产品的装配间楼层等
混火单元	1. 在一个场所(房间)或区域内，同时同地有可能发生 A、B 两类重合火灾者 2. 虽在一个房间内但 A 类、B 类火灾不相重合者，则不属此单元，可按各自的独立单元划区分别计算	1. 家具厂的油漆车间 2. 自选商场中的油类和酒类的木制货柜 3. 汽车库(汽车油箱中的油类和汽车内的座椅等物质有可能发生 A、B 类混火)

在建筑物室内灭火器配置中的保护面积，系指建筑物的实际净使用面积，不包括该计算单元外围墙体及该单元所有隔墙的占地面积。可燃物露天堆垛，甲、乙、丙类液体贮罐，可燃气体贮罐按堆垛、贮罐占地面积计算。

2.11.3.4 计算各单元所需灭火级别

灭火级别定量和定性表示灭火器的灭火能力。灭火级别是采用科学试验方法，即用灭火器扑救相应的标准火试验模型的火来确定的。灭火器的灭火级别由数字和字母组成，数字表示灭火级别的大小，字母表示灭火级别的单位及适用扑救火灾的种类。目前世界各国现行国家标准仅有 A 和 B 二类灭火级别。1A 和 1B 是灭火器扑救 A 类火灾、B 类火灾的最低灭火级别，也是灭火级别的基本单位值。我国现行标准系列规格灭火器的灭火级别有 3A、5A、8A、13A、21A……55A 等和 1B、2B、3B、4B、5B……120B 等两个系列。

灭火器配置场所各单元所需的灭火级别，也就是发生火灾初期所需灭火器的灭火能力。按照最小配置级别和保护距离的规定要求，就能计算和确定灭火器的规格和数量。

灭火器配置场所计算单元所需灭火级别的计算公式如下：

(1) 地面建筑：

$$Q = K\frac{S}{U} \quad (\text{A 或 B}) \tag{2-168}$$

式中　Q——灭火器配置单元所需的灭火级别，A 或 B；

S——灭火器配置单元的保护面积(m^2)；

U——A 类火灾或 B 类火灾的灭火器配置场所相应危险等级的灭火器配置基准(m^3/A 或 m^2/B)，可查表 2-198；

A、B类灭火器的定额配置基准 表 2-198

危险等级	严重危险级	中危险级	轻危险级
每A最大保护面积(m^2/A)	10	15	20
每B最大保护面积(m^2/B)	5	7.5	10

K——修正系数，无消火栓和灭火系统时，$K=1.0$；

设有消火栓时，$K=0.7$；

设有灭火系统时，$K=0.5$；

设有消火栓和灭火系统或为可燃物露天堆垛，甲、乙、丙类液体贮罐，可燃气体贮罐时，$K=0.3$。

(2) 地下建筑：

$$Q=1.3K\frac{S}{U}\quad(\text{A或B}) \tag{2-169}$$

式中 1.3——增配系数。

目前世界各国包括中国，仅就灭火器对A类火灾和B类火灾的灭火效能作了定级，规定了灭火级别。而对于C、D两类火灾，至今均无灭火级别定级值。其中C类火灾的特性与B类火灾有所近似，故C类配置场所灭火器的配置，可参照B类配置场所的灭火器配置基准执行。

2.11.3.5 确定各单元的灭火器设置点

(1) 灭火器的设置要求：

1) 灭火器应设置在明显和便于取用，且不影响安全疏散的地点。比如房内墙边、走廊、楼梯间、电梯前室、门厅等处。不宜放在房间中央或墙角处，并避开门窗、风管和工艺设备等。

2) 灭火器不应设置在潮湿或强腐蚀性的地点，如必须设置时，应有相应的保护措施。

3) 灭火器的设置应相对集中。不宜过分集中，即将某单元的灭火器都放置在一个房间内或某一个角落；也不宜过分分散，即将灭火器一具一具地分散排放。

4) 手提式灭火器的设置方式有挂钩、托架和箱式三种。灭火器箱可以暗装、明设或落地摆设。

(2) 灭火器的保护距离：保护距离是指灭火器配置单元(或场所)内，任一着火点到最近灭火器设置点的行走距离。它与发生火灾的种类、建筑物的危险等级以及灭火器的型式(是手提式还是推车式)有关，与设置的灭火器的规格和数量无关。A、B类火灾配置场所灭火器最大保护距离，见表2-199。

灭火器最大保护距离(m) 表 2-199

灭火器类型 / 危险等级	手提式灭火器		推车式灭火器	
	A类火灾	B类火灾	A类火灾	B类火灾
严重危险级	15	9	30	18
中危险级	20	12	40	24
轻危险级	25	15	50	30

设置在C类火灾配置场所的灭火器，其最大保护距离与B类火灾的相同。

(3) 灭火器设置点的确定方法：根据保护距离确定灭火器设置点的方法有三种：

1) 保护圆设计法：保护圆设计法一般用在火灾种类和危险等级相同，且面积较大的车间、库房，以及同一楼层中性质特殊的独立单元，比如计算机房、理化实验室等。

方法是将所选的灭火器设置点作为圆心，以灭火器的最大保护距离作为半径画圆，如能将灭火器配置单元完全包括进去，则所选的设置点符合要求。图2-213为一个工业建筑A类火灾轻危险级厂房，采用保护圆法确定灭火器设置点的例子。

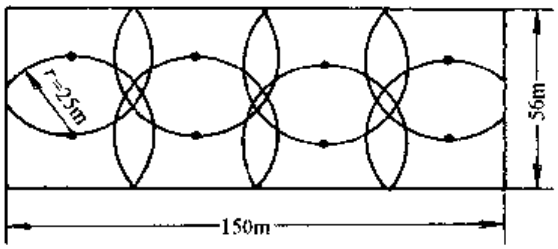


图2-213　保护圆设计法确定设置点示意

在运用保护圆法确定灭火器的设置点时，要尽量采用设置点少的方案。对于有柱子的独立单元常以柱子为圆心作为设置点，并注意保护圆不得穿过墙和门。

2) 实际测量设计法：实际测量设计法一般用在有隔墙或隔墙较多的组合单元内。比如有成排办公室或客房的办公楼或旅馆等。

方法是在建筑物平面图上，实际测量建筑物内任何一点与最近灭火器设置点的距离是否在最大保护距离之内。若有多种灭火器设置点的方案，应采用设置点较少的方案。组合单元采用实际测量设计法确定灭火器设置点，见图2-214。

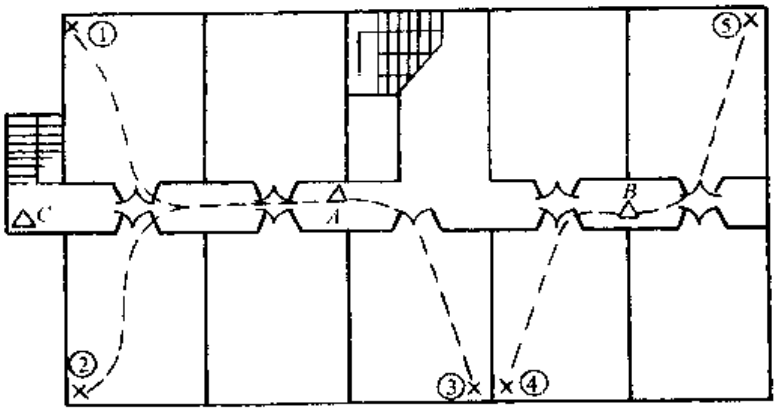


图2-214　实际测量设计法确点设置点示意

△—灭火器设置点；×—距设置点的最远点

3) 保护圆结合实际测量设计法：该法是将上述两种方法结合在一起使用。原则上采用保护圆设计法，仅当碰到门、墙等阻隔使保护圆设计法不适用时，再局部采用实际测量设计法。

2.11.3.6　计算每个灭火器设置点的灭火级别

每个灭火器设置点的灭火级别，按式(2-170)：

$$Q_e = \frac{Q}{N} \quad (\text{A 或 B}) \tag{2-170}$$

式中 Q_e——每个设置点的灭火级别，A 或 B；

Q——灭火器配置单元所需的灭火级别，A 或 B；

N——灭火器配置场中设置点的数量。

2.11.3.7 确定每个设置点灭火器的类型、规格和数量

(1) 国产灭火器的灭火级别和规格型号：国产灭火器的灭火级别和规格型号，见表 2-200。

灭火器的灭火级别 表 2-200

灭火器类型		灭火剂充装量		灭火级别		型号规格
		L	kg	A类火灾	B类火灾	
水（清水，酸碱）	手提式	7	—	5A	—	MS7(MSQ7)
		9	—	8A	—	MS9(MSQ9)
泡沫（化学泡沫）	手提式	6	—	5A	2B	MP6
		9	—	8A	4B	MP9
	推车式	40	—	13A	18B	MPT40
		65	—	21A	25B	MPT65
		90	—	27A	35B	MPT90
干粉（碳酸氢钠）	手提式	—	1	—	2B	MFN1
		—	2	—	5B	MFN2
		—	3	—	7B	MFN3
		—	4	—	10B	MFN4
		—	5	—	12B	MFN5
		—	6	—	14B	MFN6
		—	8	—	18B	MFN8
		—	10	—	20B	MFN10
	推车式	—	25	—	35B	MFNCT25
		—	35	—	45B	MFNCT35
		—	50	—	65B	MFNCT50
		—	70	—	90B	MFNCT70
		—	100	—	120B	MFNCT100
干粉（磷酸铵盐）	手提式	—	1	3A	2B	MFAC1
		—	2	5A	5B	MFAC2
		—	3	5A	7B	MFAC3
		—	4	8A	10B	MFAC4
		—	5	8A	12B	MFAC5
		—	6	13A	14B	MFAC6
		—	8	13A	18B	MFAC8
		—	10	21A	20B	MFAC10
	推车式	—	25	21A	35B	MFAT25
		—	35	27A	45B	MFAT35
		—	50	34A	65B	MFAT50
		—	70	43A	90B	MFAT70
		—	100	55A	120B	MFAT100
二氧化碳（CO_2）	手提式	—	2	—	1B	MT2
		—	3	—	2B	MT3
		—	5	—	3B	MT5
		—	7	—	4B	MT7
	推车式	—	20	—	8B	MTT20
		—	25	—	10B	MTT25

(2) 灭火器的配置原则：

1) 灭火器的配置必须符合不同火灾种类和危险等级的最小配置规格，见表 2-201。

灭火器最小配置规格　　表 2-201

危险等级	严重危险级	中危险级	轻危险级
A类灭火器每具最小配置灭火级别	5A	5A	3A
B类灭火器每具最小配置灭火级别	8B	4B	1B

2) 一个灭火器配置场所内的灭火器不应少于 2 具。每个设置点的灭火器不宜多于 5 具。

3) 灭火器的灭火剂充装量和灭火级别是不连续的。计算时出现两种规格的中间值时，应上靠选配较大规格的灭火器。

4) 选择灭火器的规格应考虑使用人员的素质。比如钢铁厂可以选规格较大的灭火器，而纺织厂可以选用较小规格的灭火器，以适应使用人员的体质，有利于迅速扑灭初起火灾。

2.11.3.8　验算各设置点和配置单元实际配置灭火器的灭火级别

完成灭火器配置的初步设计计算后，应该根据《建筑灭火器配置设计规范》的有关规定，对计算单元和设置点实配灭火级别进行验算。

(1) 计算单元：计算单元内实配灭火器的灭火级别应满足式(2-171)的要求：

$$Q_t = \sum_{i=1}^{n} Q_i \geqslant Q \quad (\text{A 或 B}) \tag{2-171}$$

式中　Q_t——单元实配灭火级别(A 或 B)；

Q_i——单元内实配的各具灭火器的灭火级别(A 或 B)；

n——单元内实配的所有灭火器的总具数；

Q——单元所需灭火级别的计算值(A 或 B)。

式(2-171)的意义是：每个灭火器配置场所的独立计算单元或组合计算单元实际配置的所有灭火器的同类灭火级别的总和，应大于、等于该场所所需配置灭火器灭火级别的计算值。

(2) 设置点：设置点上实配灭火器的灭火级别应满足式(2-172)的要求：

$$Q_S = \sum_{i=1}^{n'} Q'_i \geqslant Q_e \quad (\text{A 或 B}) \tag{2-172}$$

式中　Q_S——设置点实配灭火级别(A 或 B)；

Q'_i——设置点实配的各具灭火器的灭火级别(A 或 B)；

n'——设置点实配的所有灭火器的总具数；

Q_e——设置点灭火级别计算值(A 或 B)。

上式的意义是：每个灭火器设置点实际配置的所有灭火器的同类灭火级别的总和不得小于设置点灭火器灭火级别的计算值。

2.11.3.9　确定每具灭火器的设置方式和要求，在设计图上标明其类型、规格、数量与设置位置

将灭火器配置的设计计算结果，采用设计平面图标记法标在平面图上。

(1) 灭火器的图示符号，见表 2-202、203。

基 本 符 号 表 2-202

编 号	符 号	名 称	编 号	符 号	名 称
1.1		手提式灭火器	1.2		推车式灭火器

灭 火 器 符 号 表 2-203

编 号	符 号	名 称	编 号	符 号	名 称
3.1		清水灭火器	3.7		推车式泡沫灭火器
3.2		泡沫灭火器	3.8		推车式 BC 类干粉灭火器
3.3		BC 类干粉灭火器	3.9		推车式 ABC 类干粉灭火器
3.4		ABC 类干粉灭火器	3.10		推车式卤代烷灭火器
3.5		卤代烷灭火器	3.11		推车式二氧化碳灭火器
3.6		二氧化碳灭火器			

(2) 平面图标记方法：在建筑灭火器配置设计平面图上，可用灭火器的图示符号、灭火器的类型、规格和数字的组合来表示该设置点所配置灭火器的类型、规格和数量。例如，在某设置点需配置 2 具 2kg 干粉(碳酸氢钠)灭火器，则在设计平面图该设置点附近适当部位写上，▲ MFN2×2。

当某单元各设置点的灭火器配置相同时，可在平面图上只标记一处，其它设置点只标符号而省略灭火器的类型、规格和数量，但应在设计图说明中注明。配置如有一项不相同时，必须每点标记，不能省略。

2.11.4 示 例

【例】 某中学教学大楼第三层的设计平面图，见图 2-215。该楼层内各房间均系教室与教师办公室。在楼层两侧的楼梯旁各安装室内消火栓 1 个。为了加强该楼层扑救初起火灾的灭火效能，要求为该楼层进行灭火器配置设计。

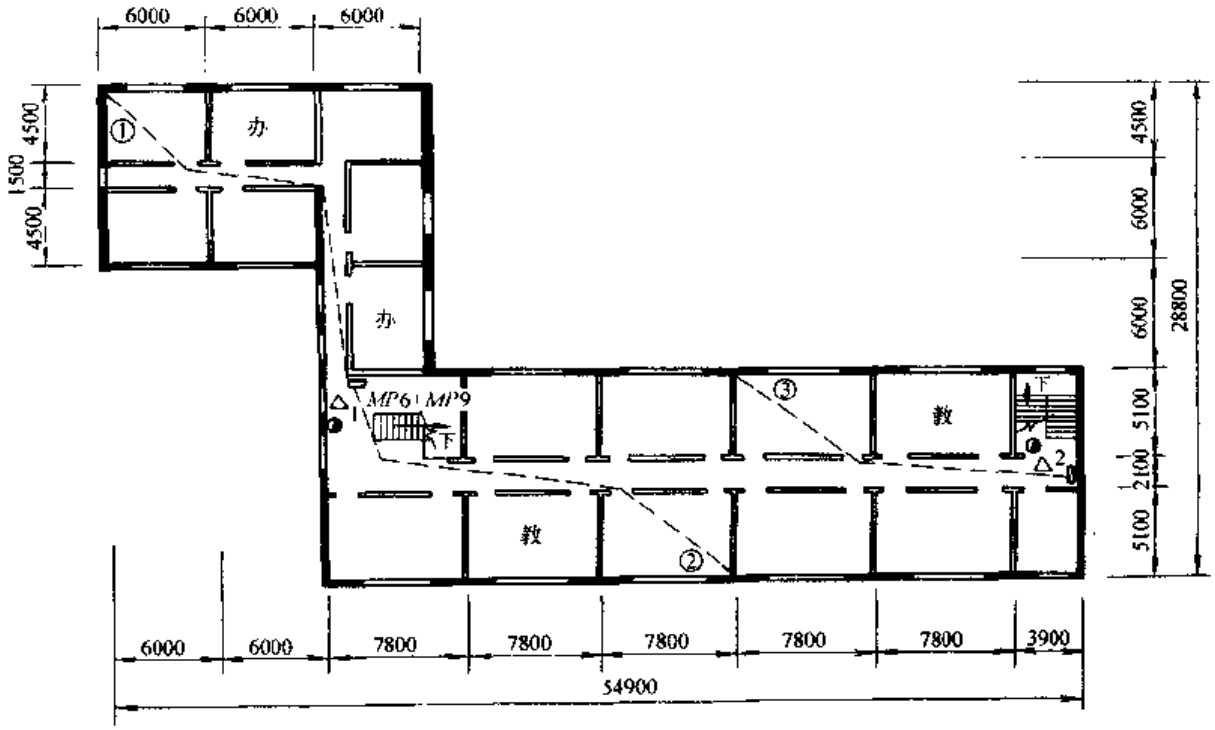


图 2-215

【解】 设计计算步骤如下：

(1) 确定该楼层的危险等级：查表 2-187，教室与教师办公室均为轻危险级民用建筑。

(2) 确定该楼层可能发生的火灾种类：教室和办公室内多为固体可燃物，故火灾为 A 类火灾。

(3) 划分灭火器配置场所的计算单元：教室、办公室和走廊等的危险等级和火灾种类均相同，该楼层可作为一个组合单元来进行灭火器配置的设计与计算。

(4) 计算该组合单元的保护面积：根据图 2-215 的尺寸，建筑物外墙厚为 370mm，内隔墙厚为 240mm，求得该组合单元的保护面积 $S=664\text{m}^2$。

(5) 计算该组合单元需配灭火级别：该教育大楼为地面建筑，其需配置灭火级别按下式计算：

$$Q=K\frac{S}{U}$$

由于楼层两侧设有室内消火栓，$K=0.7$。

A 类火灾、轻危险级时，查表 2-198，灭火器的定额配置基准 $U=20\text{m}^2/\text{A}$。代入后得：

$$Q=0.7\times\frac{664}{20}=23.24(\text{A})$$

(6) 确定该单元的灭火器设置点：查表 2-199，该单元 A 类火灾、轻危险级、手提式灭火器的最大保护距离为 25m。采用实际测量设计法，若在 Δ1、Δ2 两处设灭火器时，最远处①、②、③处都在最大保护距离之内（见图 2-215 中的虚线路程），故 Δ1、Δ2 作为灭火器设置点为合理。

(7) 计算每个灭火器设置点的灭火级别：

$$Q_e = \frac{Q}{N} = \frac{23.24}{2} = 11.62 \quad (A)$$

(8) 确定每个设置点灭火器的类型、规格和数量：查表 2-200，结合教室、办公室内均系普通 A 类可燃物，故选手提式化学泡沫灭火器。Δ1 和 Δ2 处均配置 MP6 和 MP9 各 1 具。

(9) 验算：

1) 该单元实配灭火器的灭火级别验算：

$$Q_t = \sum_{i=1}^{n} Q_i = (5A + 8A) \times 2 = 26(A) > 23.24 \quad (A)$$

2) 每个设置点上实配灭火器的灭火级别验算：

$$Q_S = \sum_{i=1}^{n'} Q_i' = 5A + 8A = 13(A) > 11.62 \quad (A)$$

3) 在设置点每具灭火器的最小灭火级别为 5A，大于轻危险级最小灭火级别为 3A 的规定。

4) 该组合单元内配置灭火器总数 n 等于 4 具大于 2 具，符合规范要求。

5) 在每个设置点上配置灭火器数 n' 等于 2 具小于 5 具，也符合规范要求。

(10) 确定灭火器的设置方式，在设计平面图上标明灭火器的类型、规格和数量：在 Δ1、Δ2 两处设 XML8-2 型落地灭火器箱各 1 个，每个灭火器箱内各放置 MP6 和 MP9 泡沫灭火器各 1 具。箱底距楼面高 0.15m。

在设计平面图上标上 Δ1、Δ2 的位置，因图纸拥挤，灭火器的类型、规格和数量从略，但需在设计说明中注明。

2.12 人民防空地下室消防设计

人民防空工程(以下简称人防工程)是指具有防护标准级别的防空地下建筑(地下室)。一般均为高层和多层地面建筑下附建的人防地下室，也有全埋在室外自然地面下单建的人防地下室。人防工程一般都有平战结合功能，即在战时符合防护功能要求；在平时应充分满足使用功能要求。

人防工程位于地下，处在与地面建筑不同的环境，人员疏散、火灾扑救比地面建筑困难，因此，一般比地面建筑的防火要求更高。为了防止和减少火灾对人防工程的危害，人防工程必须遵照《人民防空工程设计防火规范》(GB 50098—98)进行设计。

2.12.1 灭火设备的设置范围

(1) 下列人防工程和部位应设室内消火栓：

1) 使用面积超过 300m² 的商场、医院、旅馆、展览厅、旱冰场、体育场、舞厅、电子游艺场等。

2) 使用面积超过 450m² 的餐厅、丙类和丁类生产车间、丙类和丁类物品库房(物品分类见《建筑设计防火规范》附录三、四)。

3) 电影院、礼堂。

4) 消防电梯间前室。

(2) 下列人防工程和部位应设自动喷水灭火设备：

1) 使用面积超过 1000m² 的商场、医院、旅馆、餐厅、展览厅、旱冰场、体育场、舞厅、电子游艺场、丙类生产车间、丙类和丁类物品库房等。

2) 超过 800 个座位的电影院、礼堂的观众厅、且吊顶下表面至观众席地面高度不超过 8m 时，舞台面积超过 200m² 时。

3) 代替防火墙的防火卷帘的上部。

(3) 柴油发电机房、变配电室和图书、资料、档案等特藏库房，宜设置二氧化碳等气体灭火系统，但不应采用卤代烷 1211、1301 灭火系统。

重要通信机房和电子计算机房应设置气体灭火系统。

在设置灭火设备时，需要说明几点：

① 对于使用面积大于 1000m² 的人防工程，除按规定设置自动喷水灭火系统外，同时还应设置室内消火栓。

② 当设置气体消防灭火设备时，应注意灭火剂的毒性。

③ 在防火卷帘或防火门的上部，常采用温感雨淋阀加水幕喷头系统，起到防火隔断及局部降温保护作用。该系统的安装，见图 2-216。

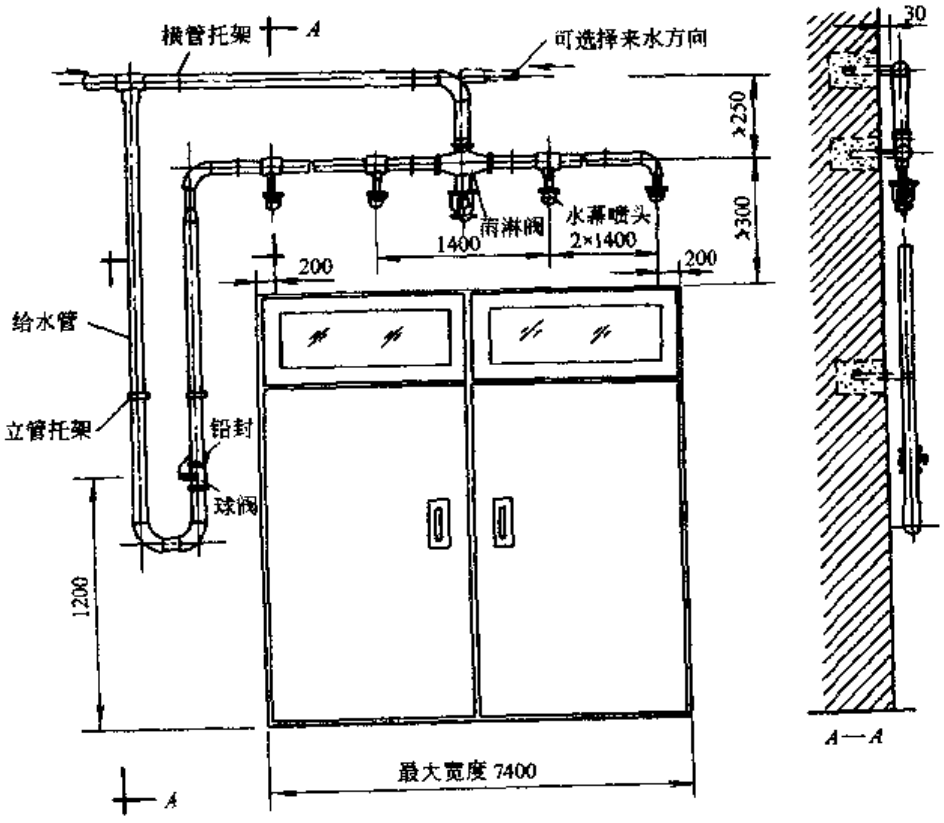


图 2-216　防火门灭火设备设置示意

2.12.2 消防水源和消防用水量

(1) 消防水源：人防工程的消防用水可由市政给水管道、人防工程内、外水源井、消防水池或地表水源供给。

人防工程消防用水首选是利用市政给水管供给。我国大部分城市市政给水压力一般在0.18~0.3MPa范围，再加上人防工程和地面的高差，市政给水一般均能满足人防消防给水的水压要求，无需设消防给水泵。但一定要经计算，使市政给水管道的供水量和水压都能满足最不利点灭火设备(消火栓或自动喷水灭火系统喷头)的要求。

少数人防工程在工程内或工程外设有自备水井。当这些水井作为消防水源时，若水质符合要求，并取得市政主管部门同意或采取一定防护措施后，可和市政给水管道相连接，使消防给水具有双水源，以提高其可靠性。只有在市政给水管和水井都不能满足消防用水量要求时，才考虑在人防工程内或附近合适位置设消防水池，或利用就近的天然湖泊、河流、小溪等地表水。利用天然水源供水时，应确保枯水期最低水位时仍能满足消防用水量。

(2) 室内消火栓最小用水量，见表2-204。

室内消火栓最小用水量　　表2-204

工程类别	体积或座位数	同时使用水枪数量(支)	每支水枪最小流量(L/s)	消火栓用水量(L/s)
商场、展览厅、医院、旅馆、公共娱乐场所(电影院、礼堂除外)、小型体育场所	$<1500m^3$	1	5.0	5.0
	$\geqslant1500m^3$	2	5.0	10.0
丙、丁、戊类生产车间、自行车库	$\leqslant2500m^3$	1	5.0	5.0
	$>2500m^3$	2	5.0	10.0
丙、丁、戊类物品库房、图书资料档案库	$\leqslant3000m^3$	1	5.0	5.0
	$>3000m^3$	2	5.0	10.0
餐厅	不限	1	5.0	5.0
电影院、礼堂	≥800座	2	5.0	10.0

注：增设的消防水喉设备，其用水量可不计入消防用水量。

自动喷水灭火系统的用水量，可根据人防工程内建筑物的功能确定的危险等级来决定，详细内容见第2.3节。

人防工程内设有室内消火栓、自动喷水等灭火系统时，其消防用水量应按需要同时开启上述设备用水量之和计算。

2.12.3 消防水池和消防水泵

(1) 消防水池的设置条件：

1) 当市政给水水量或天然水源不能确保消防用水时，应设消防水池；

2) 当市政给水为枝状管道或人防工程只有一条进水管时，若室内消防用水总量不大于10L/s时，可以不设置消防水池。

(2) 消防水池容量：消防水池的容量按1h消防用水量计算。在发生火灾时能保证连续向水池补水的条件下，消防水池的容量可按1h消防用水量减去1h的补水量计算，但水池的

最小容量不应小于 $36m^3$。

对于消防用水与机械、生活、空调等其它用水合并使用的水池，应有确保消防用水不被他用的技术措施。

消防水池的补水时间，不应超过 48h。

(3) 消防水泵：

1) 在设有消防水池的临时高压消防给水系统中需设消防水泵。消防水泵应设备用泵，备用水泵的工作能力不应小于主要消防水泵。但当消防用水量不超过 25L/s 时，可以不设备用泵。

2) 每台消防水泵应设独立的吸水管，采用自灌式吸水。但当采用新技术和新设备能达到同一目的时，也可代替自灌式吸水，比如采用经过消防部门鉴定的自吸式消防给水泵等措施。

为了方便试验和检查消防水泵，在消防水泵的出水管上应装设放水阀门和进消防水池的回流水管。

2.12.4 室内消火栓和消防管道的设置

(1) 管道：

1) 人防地下室的消防管道可以单独设置，也可与其它用水合并使用。当消防用水和其它用水合并使用时，管道的供水能力应为其它用水的最大时流量加上消防用水量。人防工程中的其它用水，通常是指生活用水、空调用水、柴油发电机室用水，一般不包括淋浴用水量。

2) 人防地下室室内的消火栓数量较少时，消防管道可以枝状布置。当人防室内消火栓超过 10 个时，消防给水管宜布置成环状，且人防工程的进水管宜设两条，当其中一条进水管发生故障时，另一条应仍能供给全部消防用水量。结合人防工程布置的特点，消防给水管道在进入围护结构后，一般布置成上行下给型式、沿墙明装。

3) 人防地下室与上部建筑合用一个消防系统时，要避免人防工程内消防系统超压。当消火栓处的静水压力超过 0.5MPa 时，应设减压设施。在消防干管上减压宜采用减压稳压阀。选减压阀时在阀前后压差条件下，减压阀的通过流量应满足消防流量要求。在消火栓处减压可采用减压阀、减压孔板或减压消火栓。

4) 人防地下室内的消防管道，应采用热镀锌钢管。当消防和其它用水合用给水管道时，若管内水温低、环境湿度大，可能产生结露时，应采取相应的防结露措施。

5) 根据《人民防空地下室设计规范》(GB 50038—94)第 3.1.6 条规定，与防空地下室无关的管道，不宜穿过人防围护结构。当因条件限制需要穿过其顶板时，只允许给水、采暖、空调冷媒管道穿过，且其公称直径不得大于 75mm。凡进人防空地下室的管道及其穿过的人防围护结构，均应采取防护密闭措施。

6) 当人防工程内设有自动喷水灭火系统时，室内消火栓给水管道应与自动喷水灭火系统的管道分开独立设置；有困难时，可合用消防泵，但消火栓给水管道必须在自动喷水灭火系统的报警阀前(沿水流方向)分开设置。

(2) 阀门：

1) 室内消防管道上的阀门设置要合理，可用阀门将管道分成若干独立管段。当其中某

管段损坏关阀修理时，停止使用的消火栓最多不宜超过 5 个。

2）人防工程室内消防系统由室内自备水井和市政给水管共同供水时，应在两水源的管道连接处设置有效的隔断措施（如设两个阀门，并在中间设置排水口等）。

3）人防工程的消防给水引入管，宜从人防工程的出入口引入，并在防护密闭门内侧设置防爆波闸阀。当进水管由人防地下室的外墙或顶板引入时，应在外墙或顶板的内侧设防爆波闸阀。防爆波闸阀一般可用公称压力不小于 1MPa 的阀门代替。防爆波阀门应设在便于操作处，并应设有明显标志。

（3）消火栓：

1）消火栓及其附件应根据人防工程室内消火栓用水量（查表 2-204）来配置。采用 65mm 口径的消火栓和 19mm 的水枪。充实水柱长度要求不小于 10m，每根水龙带长度不应超过 25m。且同一工程应采用统一规格的消火栓、水枪和水带。

2）人防工程室内消火栓的布置间距应通过计算确定。当保证同层相邻两支水枪的充实水柱同时到达被保护范围内的任何部位时，间距不应大于 30m；当保证有一支水枪的充实水柱到达室内任何部位时，间距不应大于 50m。不应使用双出口消火栓来代替两支水枪。

3）设有消防水泵时，每个消火栓处应设置启动水泵的按钮。为了防止误动按钮，应将按钮放在消火栓箱内或设在带有玻璃面罩的龛盒内。

2.12.5 水泵接合器和室外消火栓

规模较大的人防工程或设有自动喷水灭火设备的人防地下室，当消防总用水量超过 10L/s 时，应在工程外设水泵接合器，同时设室外消火栓。水泵接合器及配套的室外消火栓距地下室出入口不宜小于 5m，面室外消火栓距路边不宜超过 2m，且在距水泵接合器 40m 距离以内。另外，水泵接合器和室外消火栓应设在便于消防车使用的地点。

水泵接合器和室外消火栓的数量，应由人防工程内消防用水量确定。每个水泵接合器的流量按 10～15L/s 计算。室外消火栓的设置数量应保证水泵接合器的用水量。

2.12.6 消防排水与排水泵

设有消防给水的人防工程，必须设置消防排水设施。消防排水设施宜与生活排水设施合并设置，兼作消防排水的生活污水泵（含备用泵），总排水量应满足消防排水量的要求。合并的污水集水池容积按生活污水量计算，并用 5min 的消防排水量复核，取其中最大值。

排水干管或污水集水池应设通气管，通气管宜接入排风竖井。通气管如需穿过防空地下室围护结构时，在其内侧应设公称压力不小于 1MPa 的阀门，通气管的管径不宜小于污水泵出水管管径，并不得小于 75mm。

2.12.7 灭火器配置

为了有效地扑救初起火灾，人防工程内应根据不同的物质火灾、不同场所工作人员的特点，配置不同类型的灭火器。具体设计时，按现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》的有关规定执行。

2.13 汽车库消防设计

通常所指的汽车库是汽车库、修车库和停车场的总称。汽车库的消防设计必须符合《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》(GB 50067—97)的条文规定。

2.13.1 汽车库的种类和防火分类

(1) 汽车库的种类：

1) 汽车库：停放由内燃机驱动且无轨道的客车、货车、工程车等汽车的建筑物。

2) 修车库：保养、修理由内燃机驱动且无轨道的客车、货车、工程车等汽车的建(构)筑物。

3) 停车场：停放由内燃机驱动且无轨道的客车、货车、工程车等汽车的露天场地和构筑物。

4) 地下汽车库：室内地坪面低于室外地坪面高度超过该层车库净高一半的汽车库。

5) 高层汽车库：建筑高度超过 24m 的汽车库或设在高层建筑内地面以上楼层的汽车库。

6) 机械式立体汽车库：室内无车道且无人员停留的、采用机械设备进行垂直或水平移动等形式停放汽车的汽车库。

7) 复式汽车库：室内有车道、有人员停留的，同时采用机械设备传送，在一个建筑层里叠 2～3 层存放车辆的汽车库。

8) 敞开式汽车库：每层车库外墙敞开面积超过该层四周墙体总面积的 25% 的汽车库。

还有的汽车库平时停车，战时作仓库或人员掩蔽所的平战结合人防工程。无论何种型式的汽车库，都需进行消防系统设计。

(2) 防火等级分类：汽车库的防火分类，见表 2-205。

车库的防火分类　　表 2-205

数量 / 类别 / 名称	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
汽车库(辆)	>300	151～300	51～150	≤50
修车库(车位)	>15	6～15	3～5	≤2
停车场(辆)	>400	251～400	101～250	≤100

注：汽车库的屋面亦停放汽车时，其停车数量应计算在汽车库的总车辆数内。

2.13.2 消防系统设置规定和消防用水量

不同种类与规格的汽车库、停车库设置消防灭火系统的要求和消防用水量，见表 2-206。

在执行表 2-206 所列规定时，应注意设置了自动喷水灭火系统和其它固定式灭火系统的汽车库、停车库，仍需按规定设消火栓给水系统。

汽车库、停车库消防要求和消防用水量 表 2-206

消防系统 \ 车库种类		汽车库				修车库			
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
室外消火栓系统	应设时的消防水量	消防用水量≥20L/s		消防用水量≥15L/s	消防用水量≥10L/s	消防用水量≥20L/s		消防用水量≥15L/s	消防用水量≥10L/s
	可不设置的车库种类	1. 耐火等级为一、二级且停车数不超过5辆的汽车库 2. 在市政消火栓保护半径150m以内的汽车库				1. 耐火等级为一、二级的Ⅳ类修车库 2. 在市政消火栓保护半径150m以内的修车库			
室内消火栓系统	应设时的消防水量	消防用水量≥10L/s，且应保证相邻两个消火栓的水枪充实水柱能同时到达室内任何部位			消防用水量≥5L/s，且保证一个消火栓的水枪充实水柱能到达室内任何部位	消防用水量≥10L/s，且应保证相邻两个消火栓的水枪充实水柱能同时到达室内任何部位		消防用水量≥5L/s，且保证一个消火栓的充实水柱能到达室内任何部位	
	可不设置的车库种类				耐火等级为一、二级且停车数不超过5辆的汽车库			耐火等级为一、二级的Ⅳ类修车库	
自动喷水灭火系统	应设置的车库种类	1. Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类地上汽车库 2. 停车数超过10辆的地下汽车库 3. 机械式立体汽车库或复式汽车库 4. 采用垂直升降梯作汽车疏散出口的汽车库				Ⅰ类修车库			
	应设时的消防水量	自动喷水灭火系统按中危险级考虑，消防设计流量20L/s				自动喷水灭火系统按中危险级考虑，消防设计流量20L/s			
其它固定式灭火系统	泡沫喷淋系统	Ⅰ类地下汽车库宜设置泡沫喷淋灭火系统				Ⅰ类修车库宜设置泡沫喷淋灭火系统			
	高倍数泡沫灭火系统	地下汽车库可采用高倍数泡沫灭火系统							
	二氧化碳气体灭火系统	机械式立体汽车库可采用二氧化碳等气体灭火系统							
		设置了泡沫喷淋、高倍数泡沫、二氧化碳等灭火系统的汽车库、修车库可不设自动喷水灭火系统							

2.13.3 室外消防给水系统

(1) 市政给水管道和天然湖泊、河流、小溪等都可作为汽车库的消防水源。利用天然水源作消防水源时，应确保在枯水期最低水位时的消防用水量，并应有通向天然水源的道路和可靠的取水设施。

(2) 在缺少市政给水管道和其它天然水源，或者发生火灾时，市政给水管道或天然水源不能满足汽车库室内、外消防用水量时，汽车库应设消防水池作为消防水源。消防水池的有效容积应满足火灾延续时间内室内、外消火栓及自动喷水灭火系统的用水总量，即 2h 消火栓的用水量及 1h 自动喷水灭火设备的用水量之和。当汽车库内还设有其它固定式灭火系统时，还需加上这些设备在一次灭火过程中的用水量。在发生火灾时，市政给水管能确保连续供水，消防水池容积可减去火灾延续时间内连续补充的水量。

消防用水后，消防水池的补水时间不宜超过 48h。

(3) 汽车库的室外消防给水一般采用低压给水系统。此时，室外给水管道的给水压力在灭火时不得低于 0.1MPa(地面算起)。在一些距离城市消防队较远，本单位又没有专职消防队，以及市政给水管网供水压力不足的情况下，才考虑采用常高压或临时高压室外消防给水系统。此时，管道的压力应保证当消防用水量达到最大时，最不利点水枪的充实水柱不小于 10m。消防加压水泵房的设置，应符合《建筑设计防火规范》的有关规定。

2.13.4 室内消防给水系统

(1) 汽车库、修车库所使用的室内消火栓口径应为 65mm，水枪口径应为 19mm，水龙带长度根据需要确定，但最长不应超过 25m。水枪的充实水柱为 10m。

消火栓设置的位置、栓口高度以及管网中阀门的设置应符合《建筑设计防火规范》的要求。

(2) 汽车库、修车库室内消火栓的间距不应大于 50m，但高层汽车库和地下汽车库的室内消火栓间距不应大于 30m。当室内设置的消火栓数量超过 10 个时，室内消火栓管道应布置成环状，并应有两条进水管与室外管道相连接。

(3) 四层以上的多层汽车库、高层汽车库以及地下汽车库，其室内消防给水管网应设水泵接合器。水泵接合器的数量根据室内消防用水量确定，每个水泵接合器的流量按 10～15 L/s计算。

水泵接合器应有明显标志，并应设在便于消防车使用的地点，其周围 15～40m 范围内应有室外消火栓或消防水池。

(4) 汽车库、修车库的室内消防给水，当市政管网压力和水量不足时，需要设置临时高压消防给水系统。该系统由加压设施、消防水箱等组成。当采用屋顶消防水箱时，其水箱容量应能贮存 10min 的室内消防用水量，当计算消防用水量超过 $18m^3$ 时仍可按 $18m^3$ 确定。消防用水与其它用水合并的水箱，应采取保证消防用水不作它用的技术措施。

在临时高压给水系统中，每个消火栓处应设直接启动消防水泵的按钮，并应设有保护按钮的设施。

发生火灾后由消防水泵供给的消防用水，不应进入消防水箱。

2.13.5 自动喷水灭火系统

(1) 喷头布置的规定:

1) 绝大多数汽车库的停车位置是固定的,故喷头应设置在汽车库停车位置的上方。

2) 机械式立体汽车库、复式汽车库的喷头除在屋面板或楼板下按停车位的上方布置外,还应按停车的托板位置分层布置,且应在喷头的上方设置集热板。根据需要,既要有下喷式喷头,也可有侧喷式喷头的布置。

3) 错层式、斜楼板式汽车库的车道、坡道上方均应设置喷头。

(2) 自动喷水灭火系统最不利点喷头的压力不宜小于 0.1MPa。

(3) 当室外消防给水管道的压力不能满足室内自动喷水灭火系统的水压要求时,也应采用临时高压给水系统供水。其加压设施、消防水箱的设置应符合《自动喷水灭火系统设计规范》的有关规定。

(4) 汽车库、修车库自动喷水消防管网通常可在梁板下明设,供水立管可沿墙柱明设。

2.13.6 消防排水系统

(1) 消防排水的特点:

1) 汽车库、修车库内消防排水的机率很小,但冲洗地面的排水或其它意外事故排水会经常发生,所以汽车库内的消防排水需与冲洗地面排水结合起来考虑。

2) 地面以上的汽车库、修车库排水可采用自流排出,而对于地下汽车库,其排水需通过提升后排入室外排水系统。

(2) 地面、楼面排水管渠:汽车库、修车库的地面排水,应按发生大面积排水考虑。在底层车库(无地下建筑)和地下汽车库,一般在纵向或横向成排车位的端部设混凝土排水明沟(尺寸较大的车库,中间可适当增设排水明沟)。明沟的宽度 200~250mm,上盖钢板或重型铸铁篦子。明沟起端深 75mm,纵坡不小于 0.003。明沟排出管管径一般不小于 *DN*150。

多层汽车库底层以上的各层停车库,由于楼板结构的限制不能做排水明沟时,可利用楼面的面层或垫层做浅弧形水沟,纵坡不小于 0.003,并在最低处设地漏。各层排水经横管、立管收集后排至底层汇流集水坑或接入底层排水横管。

(3) 集水池和排水泵:集水池和排水泵只有在车库排水需提升后排出室外时才需要设置。

集水池的容积先按 0.5~1.0h 冲洗地面排水计算,再以 5min 消防排水量进行校核,取其中的大者作为集水池的最小容积。

排水泵宜采用潜污泵。其中 1 台供提升地面冲洗水用,另设 1~2 台消防排水泵。消防排水量不应小于消防给水量的 50%。潜污泵扬程由计算确定,并富裕 1~2m。

集水池的水位应引至值班室内显示,潜污泵应有可靠的电源保证。

(4) 隔油沉淀池:汽车库、修车库的排水一般都掺混着浮油,因此在排水进入集水池前,宜设置汽车冲洗污水隔油沉淀池。隔油沉淀池的选用与做法参见国家标准图 93S217。

2.13.7 火灾自动报警设备的设置

Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类地下汽车库、多层汽车库和底层汽车库,宜设火灾自动报警设备,探测器宜

选用感温探测器。报警信号引至消防控制室。

2.13.8 灭火器设置

(1) 汽车库属于中危险等级的防火场所。

(2) 汽车库内停车场所发生的火灾为B类火灾，而在值班、管理等办公室可能发生A类火灾。汽车库作为一个组合计算单元进行灭火器配置时，选择的灭火器应兼顾能扑灭A、B类火灾。

(3) 地下汽车库灭火器的配置数量，应按其相应的地面汽车库的规定增加30%。

(4) 汽车库、修车库灭火器配置的设计计算和具体设置规定见2.11节有关内容。

2.13.9 示　例

【例】 单建式地下汽车库，见图2-217。外墙为钢筋混凝土墙，内隔墙为砖墙。设计停车量28辆，有1台简易升降机。室外市政给水管网能满足室内消防设施的水量及水压要求。试进行室内消防设计。

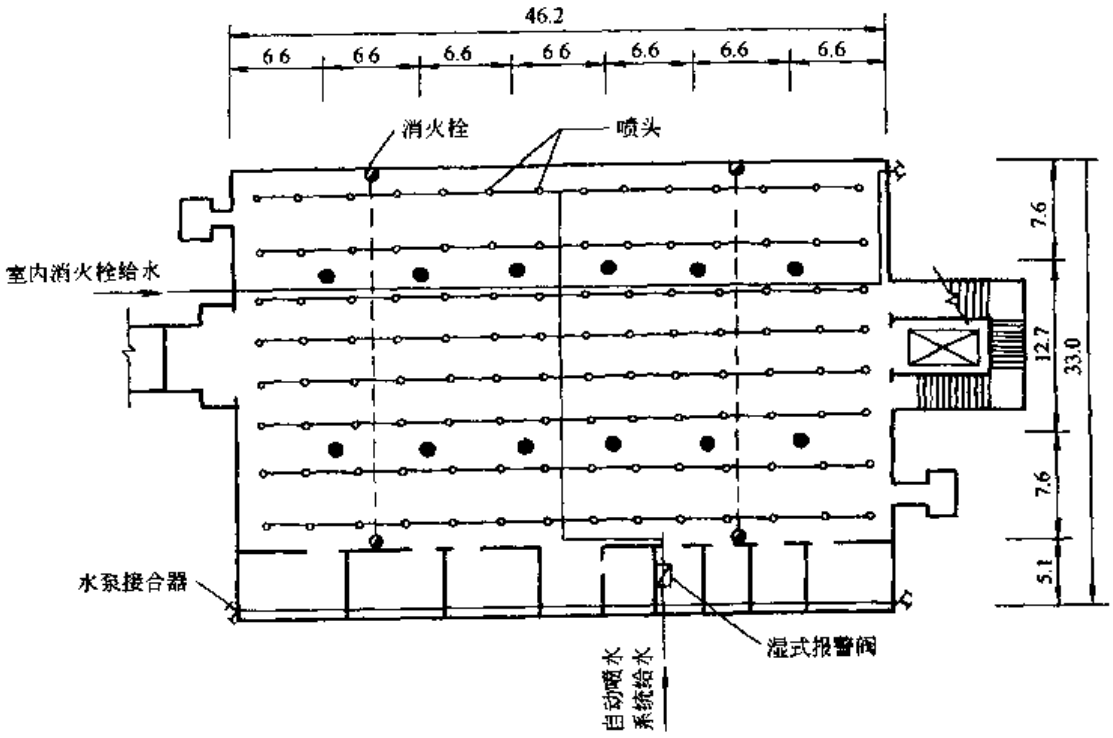


图2-217　消防给水布置

【解】 (1) 确定汽车库防火分类：查表2-205，汽车库属Ⅳ类防火。

(2) 消火栓消防用水量：

室外：　10L/s；

室内：　5L/s。

(3) 室内消火栓给水系统：Ⅳ类汽车库，应保证有1个消火栓的水枪充实水柱到达汽车库内任何部位。消火栓的布置间距最大不超过30m。据此在汽车库内布置4个消火栓，位

置见图 2-217。并在汽车库外适当位置设水泵接合器井 1 座，与室内的消火栓管道连接。

消火栓口径为 65mm，水枪口径为 19mm，配以 25m 衬胶水带。

室内消火栓系统进水管采用 *DN*65mm 镀锌钢管。

(4) 自动喷水灭火系统：汽车库属于“停车数超过 10 辆的地下汽车库”，故应设自动喷水灭火系统。系统按中危险级设计。考虑在汽车停车位置上方设置喷头，结合柱网尺寸，喷头布置距离为 3.8m×3.3m，共设 112 个闭式喷头，喷头布置位置及管道走向，见图 2-217。

自动喷水灭火系统的消防用水量为 20L/s，进水干管采用 *DN*100 镀锌钢管。

按照规定，在汽车库外设置水泵接合器井 2 座，与室内的自动喷水灭火系统干管连接。

(5) 消防排水系统：

1) 排水明沟：在汽车库两侧端墙处设宽 200mm 的排水明沟，排水沟起端深 75mm，纵坡 $i=0.005$。上面盖以重型铸铁篦子。

2) 排水管：采用 *DN*150mm 排水铸铁管或 UPVC 排水管，纵坡取 0.01。

3) 隔油沉淀池：选用长×宽($L\times B$)=2600×1200mm 汽车冲洗污水隔油沉淀池 1 座。

4) 集水池：冲洗地面考虑 2 股水柱，每股 2～2.5m^3/h，1h 的排水量约为 5m^3。

室内消防给水量(包括消火栓和自动喷水系统)为 25L/s，5min 的消防排水量为 7.5m^3。

决定选用长×宽为 4.5m×2m 的集水池 1 座，水深 0.9m，有效容积 8.1m^3。

5) 排水泵：冲洗地面水排水泵选用流量为 6m^3/h，扬程为 10m 的潜污泵 1 台。

消防排水泵选用流量为 20m^3/h，扬程为 10m 的潜污泵 2 台。

汽车库排水系统的布置，见图 2-218。

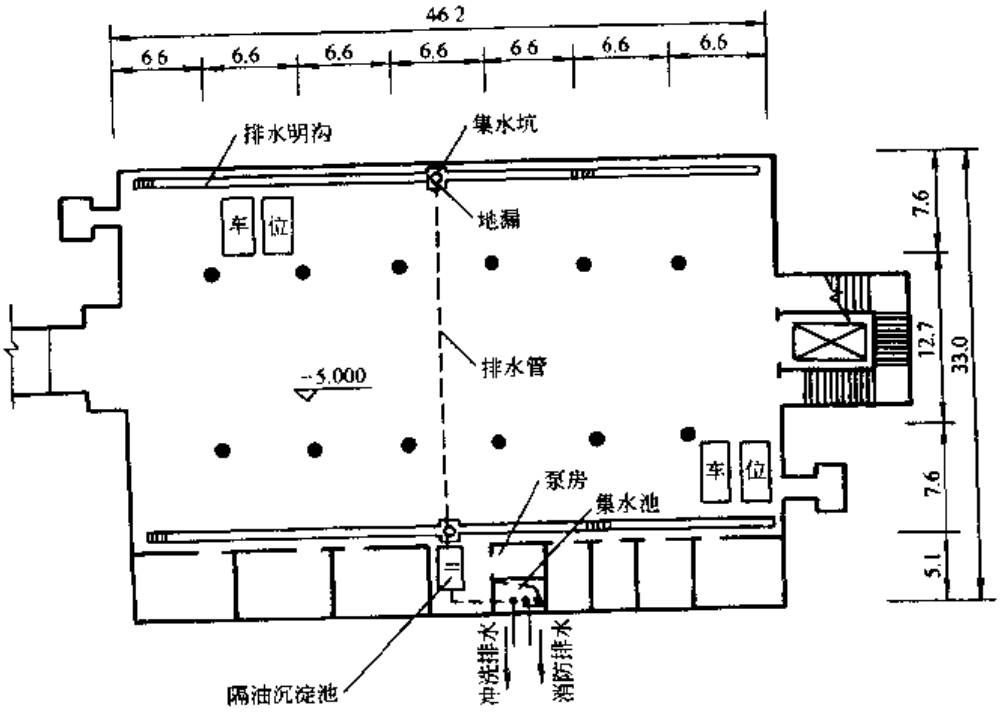


图 2-218 消防排水布置

(6) 灭火器设置的设计计算从略，可参见第 2.11 节有关内容。

3 热水及饮水供应

3.1 热水用水定额、水温和水质

3.1.1 热水用水定额

热水用水定额应根据卫生设备完善程度、热水供水方式(全天供应、定时供应、集中供应或分散供应等)、当地气候条件和生活习惯等确定。

(1) 集中供应热水时,各类建筑的热水用水定额,见表 3-1。表 3-1 中所列用水量已包括在表 1-9 中各项用水量定额中。表中计算热水水温为 60℃。其它有关说明详见第 1.2.3 节。

热水用水定额　　表 3-1

序　号	建筑物名称	单　位	60℃的用水定额(最高日)(L)
1	普通住宅、每户设有沐浴设备	每人每日	85～130
2	高级住宅和别墅、每户设有沐浴设备	每人每日	110～150
3	集体宿舍		
	有盥洗室	每人每日	27～38
	有盥洗室和浴室	每人每日	38～55
4	普通旅馆、招待所		
	有盥洗室	每床每日	27～55
	有盥洗室和浴室	每床每日	55～110
	设有浴盆的客房	每床每日	110～162
5	宾馆		
	客房	每床每日	160～215
6	医院、疗养院、休养所		
	有盥洗	每病床每日	30～65
	有盥洗室和浴室	每病床每日	65～130
	设有浴盆的病房	每病床每日	160～215
7	门诊部、诊疗所	每病人每次	5～9
8	公共浴室		
	设有淋浴器、浴盆、浴池及理发室	每顾客每次	55～110

续表

序 号	建筑物名称	单 位	60℃的用水定额(最高日)(L)
9	理发室	每顾客每次	5～13
10	洗衣房	每公斤干衣	16～27
11	公共食堂		
	营业食堂	每顾客每次	4～7
	工业、企业、机关、学校食堂	每顾客每次	3～5
12	幼儿园、托儿所		
	有住宿	每儿童每日	16～32
	无住宿	每儿童每日	9～16
13	体育场		
	运动员淋浴	每人每次	27

(2) 集中供应热水时，卫生器具一次和一小时热水用水定额及水温，见表3-2。

卫生器具的一次和小时热水用水定额及水温 表3-2

序 号	卫生器具名称	一次用水量(L)	小时用水量(L)	水温(℃)
1	住宅、旅馆			
	带有淋浴器的浴盆	150	300	40
	无淋浴器的浴盆	125	250	40
	淋浴器	70～100	140～200	37～40
	洗脸盆、盥洗槽水龙头	3	30	30
	洗涤盆(池)	—	180	50
2	集体宿舍			
	淋浴器：有淋浴小间	70～100	210～300	37～40
	无淋浴小间	—	450	37～40
	盥洗槽水龙头	3～5	50～80	30
3	公共食堂			
	洗涤盆(池)	—	250	50
	洗脸盆：工作人员用	3	60	30
	顾客用	—	120	30
	淋浴器	40	400	37～40
4	幼儿园、托儿所			
	浴盆：幼儿园	100	400	35
	托儿所	30	120	35
	淋浴器：幼儿园	30	180	35
	托儿所	15	90	35
	盥洗槽水龙头	1.5	25	30
	洗涤盆(池)	—	180	50

续表

序　号	卫生器具名称	一次用水量(L)	小时用水量(L)	水温(℃)
5	医院、疗养院、休养所			
	洗手盆	—	15～25	35
	洗涤盆(池)	—	300	50
	浴盆	125～150	250～300	40
6	公共浴室			
	浴盆	125	250	40
	淋浴器：有淋浴小间	100～150	200～300	37～40
	无淋浴小间	—	450～540	37～40
	洗脸盆	5	50～80	35
7	理发室			
	洗脸盆		35	35
8	实验室			
	洗脸盆		60	50
	洗手盆		15～25	30
9	剧院			
	淋浴器	60	200～400	37～10
	演员用洗脸盆	5	80	35
10	体育场			
	淋浴器	30	300	35
11	工业企业生活间			
	淋浴器：一般车间	40	360～540	37～40
	脏车间	60	180～480	40
	洗脸盆或盥洗槽水龙头：			
	一般车间	3	90～120	30
	脏车间	5	100～150	35
12	净身器	10～15	120～180	30

表 3-2 中用水量均为使用水温时的水量。一般车间是指《工业企业设计卫生标准》中规定的 3、4 级卫生特征车间；脏车间是指 1、2 级卫生特征车间。各种卫生器具的冷热水额定流量、当量、支管管径和流出水头，见表 1-15。

(3) 生产热水用水定额、用水量和小时变化系数，应根据工艺要求或同类型生产实际数据确定。

3.1.2 热 水 水 温

(1) 热水使用温度：

1) 生活热水使用温度：各种卫生器具使用水温，按表 3-2 确定。其中淋浴器使用水温，应按气候条件，使用对象和使用习惯确定。在计算耗热量和热水用量时，一般按 40℃

计算。

洗衣机用热水与洗涤衣物的布料有关，一般棉、麻宜在 50～60℃，绢丝宜 35～45℃；毛料宜 35～40℃；人造纤维宜 30～35℃。

餐厅厨房用热水水温与水的用途有关，一般洗碗机宜用 60℃，餐具过清宜用 70～80℃，餐具消毒宜用大于 80℃，一般洗涤宜用 50℃。

汽车冲洗用水，在寒冷地区宜用 20～25℃热水。

2）生产用热水使用温度：

生产用热水使用温度，应根据工艺要求或同类型实践数据确定。

(2) 热水供应温度：集中热水供应系统的热水供水设备（水加热器、热水锅炉等）出口的最低温度应保证热水管网最不利配水点的水温不低于使用水温要求。考虑到系统管道等热损失，加热设备出口与配水点最低水温的温差，一般不得大于 15℃。

过高的加热设备出口温度虽可增加蓄热量，减少热水供应量，但也会使加热设备和管道热损失增大，容易发生烫伤事故，增加管道腐蚀和结垢的可能性。表 3-3 列出加热设备最高出水温度和配水点最低水温。

热水锅炉或水加热器最高出水水温和配水点最低水温　　表 3-3

水质处理情况	热水锅炉和水加热器出口最高水温（℃）	配水点最低水温（℃）
毋需水质处理或有水质处理	75	50
需水质处理但无水质处理	60	50

热水水温按其使用性质可分为盥洗用、沐浴用和洗涤用，其相应的所需水温见表 3-4。

表 3-4

盥洗用（洗脸盆、盥洗槽、洗手盆用水）（℃）	30～35
沐浴用（浴盆、淋浴器用水）（℃）	35～40
洗涤用（洗涤盆、洗涤池用水）（℃）	50～60

因此，当热水供应系统供沐浴和盥洗用水时，配水点处最低水温可低于表 3-3 中的 50℃要求，而不会影响使用。当配水点处最低水温降低时，热水锅炉或水加热器出口处的最高水温亦可相应降低，这有助于缓解硬水地区的结垢，也可以减少因温差而引起的热损失。

当个别要求水温较高的设备，如洗碗机，餐具过清，餐具消毒等，可用供热水系统一般水温的热水采取进一步加热或单独加热方式获得高水温。

对于工业企业用生产热水水温应按工艺生产要求而定。

(3) 冷水计算温度：冷水计算温度以当地最冷月平均水温资料确定。在无资料时，可参照表 3-5 确定。

冷水计算温度　　表 3-5

地区	地面水温度(℃)	地下水温度(℃)
黑龙江、吉林、内蒙古的全部，辽宁的大部分，河北、山西、陕西偏北部分，宁夏偏东部分	4	6～10
北京、天津、山东全部，河北、山西、陕西的大部分，河南北部，甘肃、宁夏、辽宁的南部，青海偏东和江苏偏北的一小部分	4	10～15
上海、浙江全部，江西、安徽、江苏的大部分，福建北部，湖南、湖北东部，河南南部	5	15～20
广东、台湾全部，广西大部分，福建、云南的南部	10～15	20
贵州全部，四川、云南的大部分，湖南、湖北的西部，陕西和甘肃秦岭以南地区，广西偏北的一小部分	7	15～20

(4) 冷热水比例计算：在冷热水混合时，应以配水点用水要求水温和水量(参见表 3-2)和当地冷水计算水温和水量换算出热水应供应水温和水量，得到要求一定水温下的热水用量。

若以混合水量为 100%，则所需热水量占混合水量的百分数，按式(3-1)计算：

$$K_r = \frac{t_h - t_L}{t_r - t_L} 100\% \tag{3-1}$$

式中　t_h——混合水水温(℃)；

t_L——冷水水温(℃)；

t_r——热水水温(℃)。

所需冷水量占混合水量的百分数，按式(3-2)计算，

$$K_L = 1 - K_r \tag{3-2}$$

根据式(3-1)编制了表 3-6。表中上行数值为热水量占混合水量的百分数，下行为冷水量占混合水量的百分数。

当供给热水温度为 55、60、65、70、75、80℃时热水量及冷水量占混合水量百分数　表 3-6

混合水温(℃) \ 冷水温(℃)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
55℃																
25	40	39	38	36	35	33	32	31	29	27	25	23	21	19	17	14
	60	61	62	64	65	67	68	69	71	73	75	77	79	81	83	86
30	50	49	48	47	46	45	43	42	41	39	38	36	34	32	31	29
	50	51	52	53	54	55	57	58	59	61	62	64	66	68	69	71
35	60	59	58	58	57	56	55	54	52	51	50	49	47	46	45	43
	40	41	42	42	43	44	45	46	48	49	50	51	53	54	55	57
37	64	63	62	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	51	50	49
	36	37	38	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	49	50	51

续表

混合水温(℃) \ 冷水温(℃)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
55℃																
40	70	69	68	68	67	67	66	65	64	63	63	62	61	60	58	57
	30	31	32	32	33	33	34	35	36	37	37	38	39	40	42	43
42	74	73	72	72	72	71	70	70	69	68	68	67	66	65	64	63
	26	27	28	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	35	36	37
45	80	80	79	79	78	78	77	77	76	76	75	75	74	73	72	72
	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	27	28	28
50	90	90	89	89	89	89	89	89	88	88	88	88	88	87	87	86
	10	10	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	13	13	14
55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
60℃																
25	36	35	34	33	31	30	29	27	26	24	22	20	19	17	15	13
	64	65	66	67	69	70	71	73	74	76	78	80	81	83	85	87
30	45	44	45	42	41	40	39	37	36	35	32	31	30	29	27	25
	55	56	57	58	59	60	61	63	64	65	68	69	70	71	73	75
35	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	44	43	42	41	39	38
	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	56	57	58	59	61	62
37	58	57	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	45	44	43
	42	43	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	55	56	57
40	64	63	62	62	61	60	59	58	57	57	56	55	54	52	51	50
	36	37	38	38	39	40	41	42	43	43	44	45	46	48	49	50
42	67	67	66	65	65	64	63	62	62	61	60	59	58	57	56	55
	33	33	34	35	35	36	37	38	38	39	40	41	42	43	44	45
45	73	72	72	71	71	70	69	69	68	67	67	66	65	64	64	63
	27	28	28	29	29	30	31	31	32	33	33	34	35	36	36	37
50	82	81	81	81	80	80	80	79	79	78	78	77	77	76	76	75
	18	19	19	19	20	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25
55	91	91	91	90	90	90	90	90	89	89	89	89	89	88	88	88
	09	09	09	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12
60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
65℃																
25	33	32	31	30	29	27	26	25	23	22	20	18	17	15	13	12
	67	68	69	70	71	73	74	75	77	78	80	82	83	85	87	88

续表

混合水温(℃) \ 冷水温(℃)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
65℃																
30	42	41	40	39	38	36	35	34	33	31	30	29	27	26	24	22
	58	59	60	61	62	64	65	66	67	69	70	71	73	74	76	78
35	50	41	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	37	36	35	33
	50	59	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	63	64	65	67
37	53	52	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	40	39	37
	47	48	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	60	61	63
40	58	58	57	56	55	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	44
	42	42	43	44	45	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	56
42	62	61	60	60	59	58	57	56	56	55	54	53	52	51	50	48
	38	39	40	40	41	42	43	44	44	45	46	47	48	49	50	52
45	67	66	65	65	64	64	63	62	62	61	60	59	58	57	56	54
	33	34	35	35	36	36	37	38	38	39	40	41	42	43	44	46
50	75	75	74	74	73	73	72	72	71	71	70	69	69	68	67	65
	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30	31	31	32	33	35
55	83	83	83	82	82	82	81	81	81	80	80	80	79	79	78	76
	17	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	20	21	21	22	24
60	92	92	91	91	91	91	91	91	90	90	90	90	90	90	89	87
	08	08	09	09	09	09	09	09	10	10	10	10	10	10	11	13
65	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
70℃																
25	31	30	29	27	26	25	24	22	21	20	18	17	15	13	12	11
	69	70	71	73	74	75	76	78	79	80	82	83	85	87	88	89
30	38	37	37	36	35	33	32	31	30	29	27	26	25	23	22	20
	62	63	63	64	65	67	68	69	70	71	73	74	75	77	78	80
35	46	45	44	44	43	42	41	40	39	38	36	35	34	33	31	30
	54	55	56	56	57	58	59	60	61	62	64	65	66	67	69	70
37	49	48	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	34
	51	52	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	66
40	54	53	52	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40
	46	47	48	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
42	57	56	56	55	54	53	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44
	43	44	44	45	46	47	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56

续表

混合水温(℃) \ 冷水温(℃)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
70℃																
45	62	61	60	60	59	58	58	57	56	55	55	54	53	52	51	50
	38	39	40	40	41	82	42	43	44	45	45	46	47	48	49	50
50	69	69	68	68	67	67	66	66	65	64	64	63	62	62	61	60
	31	31	32	32	33	33	34	34	35	36	36	37	38	38	39	40
55	77	77	76	76	75	75	75	74	74	73	73	72	72	71	71	70
	23	23	24	24	25	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30
60	85	84	84	84	84	83	83	83	82	82	82	82	81	81	80	80
	15	16	16	16	16	17	17	17	18	18	18	18	19	19	20	20
65	92	92	92	92	92	92	92	91	91	91	91	91	91	91	90	90
	08	08	08	08	08	08	08	09	09	09	09	09	09	09	10	10
75℃																
25	29	28	26	25	24	23	22	21	19	18	17	15	14	12	11	09
	71	72	74	75	76	77	78	79	81	82	83	85	86	88	89	91
30	36	35	34	33	32	31	30	29	27	26	25	24	22	21	20	18
	64	65	66	67	68	69	70	71	73	74	75	76	78	79	80	82
35	43	42	41	40	39	33	38	37	36	35	34	32	31	30	29	27
	57	58	59	60	61	62	62	63	64	65	66	68	69	70	71	73
37	46	45	44	41	42	42	41	40	39	38	37	36	35	33	32	31
	54	55	56	59	58	58	59	60	61	62	63	64	65	67	68	69
40	50	49	48	48	47	46	45	45	44	43	42	41	40	39	38	36
	50	51	52	52	53	54	55	55	56	57	58	59	60	61	62	64
42	53	52	51	51	50	49	48	48	47	46	45	44	43	42	41	40
	47	48	49	49	50	51	52	52	53	54	55	56	57	58	59	60
45	57	57	56	55	55	54	53	52	52	51	50	49	48	47	46	45
	43	43	44	45	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53	54	55
50	64	63	63	63	62	62	61	60	60	59	58	58	57	56	55	55
	36	37	37	37	38	38	39	40	40	41	42	42	43	44	45	45
55	71	71	71	70	70	69	69	68	68	67	67	66	66	65	64	64
	29	29	29	30	30	31	31	32	32	33	33	34	34	35	36	36
60	80	79	78	77	77	77	77	76	76	75	75	75	74	74	73	73
	20	21	22	23	23	23	23	24	24	25	25	25	26	26	27	27
65	86	86	85	85	85	85	84	84	84	84	83	83	83	82	82	82
	14	14	15	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	18	18	18

续表

混合水温(℃) \ 冷水温(℃)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
80℃																
25	27	26	25	24	23	21	20	19	18	17	15	14	13	11	10	09
	73	74	75	76	77	79	80	81	82	83	85	86	87	89	90	91
30	33	32	32	31	30	29	28	27	25	24	23	22	21	19	18	17
	67	68	68	69	70	71	72	73	75	76	77	78	79	81	82	83
35	40	39	38	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	27	26	25
	60	61	62	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	73	74	75
37	43	42	41	40	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	28
	57	58	59	60	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	72
40	47	46	45	45	44	43	42	41	40	39	38	38	37	36	35	33
	53	54	55	55	56	57	56	59	60	61	62	62	63	64	65	67
42	49	49	48	47	47	46	45	44	43	42	42	41	40	39	38	37
	51	51	52	53	53	54	55	56	57	58	58	59	60	61	62	63
45	53	53	52	52	51	50	49	49	48	47	46	45	45	44	43	42
	47	47	48	48	49	50	51	51	52	53	54	55	45	56	57	58
50	60	60	59	58	58	57	57	56	55	55	54	53	52	52	51	50
	40	40	41	42	42	43	43	44	45	45	46	47	48	48	49	50
55	67	66	66	65	65	64	64	63	63	62	61	61	60	60	59	58
	33	34	34	35	35	36	36	37	37	38	39	39	40	40	41	42
60	73	73	73	72	72	71	71	71	70	70	69	69	68	68	67	67
	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30	31	31	32	32	33	33
65	80	80	80	79	79	79	79	78	78	77	77	77	76	76	76	75
	20	20	20	21	21	21	21	22	22	23	23	23	24	24	24	25

3.1.3 热 水 水 质

热水水质是考虑热水是否易结垢和对管道、设备是否腐蚀的重要因素，由于水加热后，温度升高使钙、镁盐类溶解度降低，易形成水垢而附在管壁和设备内壁上，降低管道输送能力和设备的导热系数，同时水温升高，会使溶解氧逸出，增加水的腐蚀性。

热水的硬度太低，会使沐浴时人体感到不舒服。决定热水能否结垢影响因素有硬度、温度、水量、流速、管道粗糙度，溶解气体，pH 等。但主要因素是硬度和水温，因此在设计热水供应系统时，应对原水水质做全面的分析。

根据分析和运行状况，一般热水供应系统中水的总硬度在 90～150mg/L(以 $CaCO_3$ 计)对人体较为合适。当总硬度大于 150mg/L(以 $CaCO_3$ 计)时，水垢不但在加热器中形成，而且会在管网中产生。

因此，通常把水分为软水、稍硬水、硬水和极硬水四类，见表 3-7。

水的硬度 表 3-7

总硬度(mg/L，以 $CaCO_3$ 计)	0～75	75～150	150～300	300 以上
类　别	软　水	稍 硬 水	硬　水	极 硬 水

水温也是影响能否结垢的主要因素，当水加热到 40℃ 时重碳酸盐便开始分解析出，如果加热到 70℃ 时，这种分解加快，形成碳酸盐沉渣，一部分附在锅炉或水加热器壁上；另一部则随热水进入管道，附在管壁、阀门、三道、弯头处，这些地方结垢最为严重。通常在不采取水质软化的情况下，为减少管道的结垢，加热器出口温度不宜大于 60℃。

对热水供应的水质要求是：水质应符合《生活饮用水卫生标准》；集中热水供应系统的热水在加热前，水质是否处理，应根据水质、水量、水温和使用要求经技术经济比较确定；按 60℃ 计算的日用水量大于 $10m^3$ 时，原水总硬度大于 350mg/L(以 $CaCO_3$ 计)时，洗衣房用水应进行水质处理，其它用水宜进行水质处理；按 60℃ 计算的日用水量小于 $10m^3$ 时，其原水可不进行水质处理；对热水溶解氧要求较高时，应采取除氧措施。

3.2 热水供应系统选择

3.2.1 热水供应系统分类

(1) 按热水系统供应范围分类：

1) 局部热水供应系统：即采用各种小型加热器在用水场所就地加热，供局部范围内的一个或几个用水点使用的热水系统。例如，采用小型煤气加热器、蒸汽加热器、电加热器、炉灶、太阳能加热器等，供给单个厨房、浴室、生活间等用水。对于大型建筑，同样也可以采用很多局部热水供应系统分别对各个用水场所供应热水。

局部热水供应系统的优点是：设备、系统简单，造价低；维护管理容易、灵活；热损失较小；改建、增设较容易。缺点是：一般加热设备的热效率较低，热水成本较高；使用不够方便舒适；每个用水场所需设置加热装置，占用建筑总面积较大；因卫生器具同时使用率较高，设备总容量较大。

局部热水供应系统适用于热水用水量较小且较分散的建筑，如一般单元式居住建筑，小型饮食店、理发馆、医院、诊疗所等公共建筑和布置较分散的车间卫生间等工业建筑。

2) 集中热水供应系统：集中热水供应系统就是在锅炉房、热交换站或加热间将水集中加热，通过热水管网输送至整幢或几幢建筑的热水供应系统。

其优点是：加热和其它设备集中设置，便于集中维护管理；一般设备热效率较高，热水成本较低；卫生器具的同时使用率较低，设备总容量较小，各热水使用场所不必设置加热装置，占用总建筑面积较少；使用较为方便舒适。其缺点是：设备、系统较复杂，建筑投资较大；需要有专门维护管理人员；管网较长，热损失较大；一旦建成后，改建、扩建较困难。

集中热水供应系统适用于热水用量较大，用水点比较集中的建筑，如较高级居住建筑、旅馆、公共浴室、医院、疗养院、体育馆、游泳池、大型饭店等公共建筑，布置较集中的工业企

业建筑等。

3）区域热水供应系统：区域热水供应系统，即水在热电厂、区域性锅炉房或热交换站集中加热，通过市政热水管网输送至整个建筑群、居民区、城市街坊或整个工业企业的热水供应系统。在城市或工业企业热力网的热水水质符合用水要求，热力网工况允许时，也可从热力网直接取水。

其优点是：便于集中统一维护管理和热能的综合利用；有利于减少环境污染；设备热效率和自动化程度较高；热水成本低，设备总容量小，占用总面积少；使用舒适方便，保证率高。其缺点是：设备、系统复杂，建设投资高；需要较高的维护管理技术水平；改建、扩建困难。

区域热水供应系统适用于建筑布置较集中，热水用量较大的城市和工业企业。

（2）按热水管网的循环方式分类：为保证热水管网中的水随时保持一定的温度，热水管网除配水管道外，根据具体情况和使用要求还应设置不同形式的回水管道。当配水管道停止配水时，使管网中仍维持一定的循环流量，以补偿管网热损失，防止温度降低过多。常用的循环管网和循环方式有以下几种：

1）全循环管网：全循环管网即所有配水干管、立管和分支管都设有相应回水管道，可以保证配水管网任意点水温的热水管网。在配水分支管很短，或一次用水量较大时（如浴盆等），或对水温没有特殊要求时，分支管也可不设回水管道。

全循环管网适用于要求能随时获得设计温度热水的建筑，如旅馆、高层民用建筑、医院、疗养院、托儿所等。

2）半循环管网：半循环管网仅热水干管设有回水管道，只能保证干管中的设计温度的热水管网。

半循环管网适用于对水温要求不甚严格，支管、分支管较短，用水较集中或一次用水量较大的建筑，如某些工业企业的生产和生活用水，一般住宅和集体宿舍等。

3）非循环管网：非循环管网即不设回水管道的热水管网。

非循环管网适用于连续用水的建筑，如公共浴室、某些工业企业的生产和生活用热水等。

（3）按热水管网运行方式分类：

1）全天循环方式：全天循环即全天任何时刻，管网中都维持有不低于循环流量的流量，使设计管段的水温在任何时刻都保持不低于设计温度。

2）定时循环方式：定时循环即在集中使用以前，利用水泵和回水管道使管网中已经冷却的水强制循环加热，在热水管道中的热水达到规定温度后再开始使用的循环方式。

（4）按热水管网循环动力分类：

1）自然循环方式：自然循环即利用热水管网中配水管和回水管内的温度差所形成的自然循环作用水头（自然压力）。使管网内维持一定的循环流量，以补偿热损失，保持一定供水温度。

因一般配水管与回水管内的水温差仅为10～15℃，自然循环作用水头值很小。所以实际使用自然循环的很少，尤其对于中、大型建筑采用自然循环有一定的困难。

2）机械循环方式：机械循环即利用水泵强制水在热水管网内循环，造成一定的循环流量，以补偿管网热损失，维持一定水温。

目前实际运行的热水供应系统，多数采用这种循环方式。

(5) 按热水供应系统是否敞开分类：

1) 闭式热水供应系统：闭式热水供应系统，就是在所有配水点关闭后，整个系统与大气隔绝，形成密闭系统，所以水质不易受外界污染。但这种系统若设计、运行不当会使水温、水压升高超过要求造成事故，所以必须设置温度或压力安全阀。

2) 开式热水供应系统：开式热水供应系统，就是在所有配水点关闭后，系统内的水仍与大气相连通。如设有高位热水箱的系统、设有开式膨胀水箱或膨胀管的系统，因水温不可能超过 100℃，水压也不会超过最大静水压力或水泵压力，所以不必另设安全阀。

(6) 按热水管网布置图式分类：热水管网的布置图式与给水管网相似，也可布置成上行下给式、下行上给式，分区供水式等。

3.2.2 热水供应系统图示

(1) 选择热水供应系统的主要原则：

1) 热水供应系统选择，应根据使用要求(如建筑物类别、性质、建筑标准、使用对象，用水设备情况、供水制度)，耗热量及用水点分布情况(如集中热水供应系统一般应用在使用要求高、耗热量大，用水点分布较密集或较连续，热源条件充分的场合)；局部热水供应系统一般应用在使用要求不高，用水范围小，用水点数量少且分散，热源条件不够理想的场合；结合热源情况确定(如热源类别、热源来源、热源温度、供热制度和供热量)。

2) 集中热水供应系统的热源，当条件允许时，应首先利用工业余热、废热、地热和太阳能。这是从我国基本国策(节约能源)出发。以地热水为热源时，应按地热水的水温、水质、水量、水压采取相应的技术措施。以太阳能为热源的集中热水供应系统，应另行增设一套加热装置。

3) 在没有条件利用工业余热、废热或太阳能时，应优先采用能保证全年供热能力的热力管网作为热源。在只能有采暖期供热的热力管网时，应考虑其它措施(如设锅炉)以保证热水的供应。

4) 当无上述可利用的热源时，才考虑设置专用锅炉房。

5) 局部热水供应系统的热源宜采用热媒水、蒸汽、燃气、燃油、炉灶全热、太阳能和电。

6) 采用蒸汽直接加热方式，应符合下列条件：当不回收凝结水经技术经济比较合理时，蒸汽中不应含油质和有害物质；加热时应采用消声加热混合器，其所产生的噪声不超过建筑物对噪声允许值。

7) 对于居住类建筑，如住宅、医院、疗养院、旅馆、宾馆等，当给水压力大于 0.35MPa 时，或压力波动较大时，宜设置高位冷水箱，调压阀等减压稳压措施。

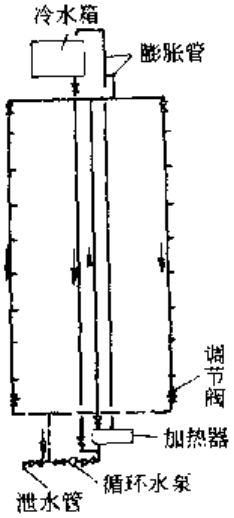
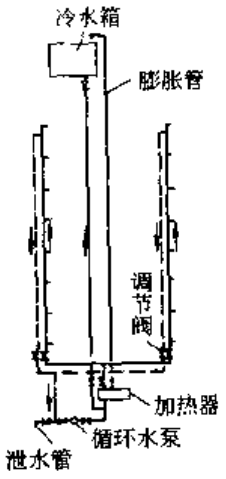
8) 对于高层建筑，热水供应系统的分区应与给水系统分区相同。为均衡冷水、热水压力，热水系统的水源应由相应区给水系统供给。

9) 集中热水供应系统的建筑物，用水量较大的集中浴室、洗衣房、厨房等，以及要求不间断供应热水房间(如医院手术室、产房)，宜设置单独的热水管网和局部加热设备。

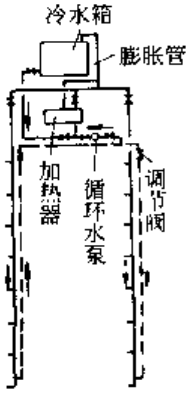
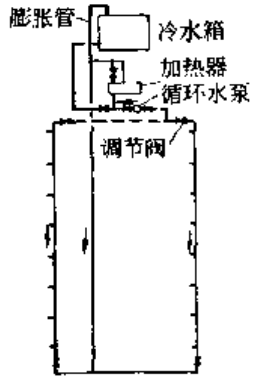
10) 当给水管道的水压变化较大且用水点要求水压稳定时，宜采用开式热水供应系统。

(2) 热水供应系统综合图式，见表 3-8。

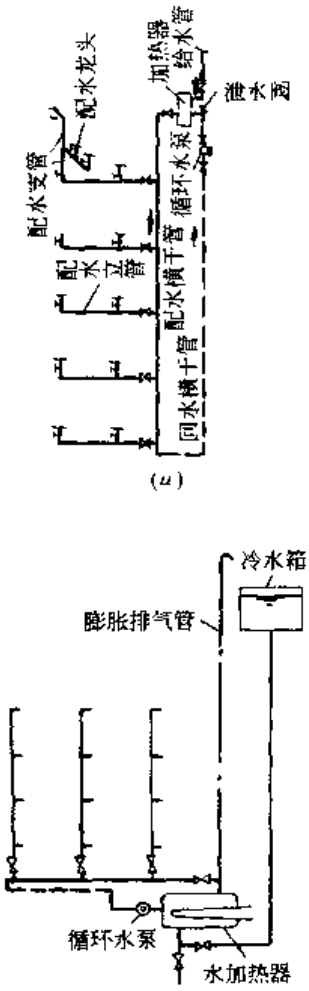
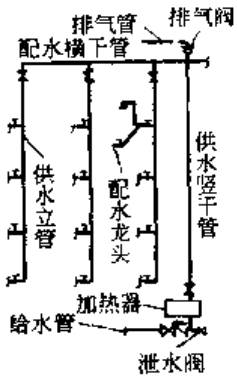
热水供应系统综合图式　　表 3-8

名称	图　式	适用条件	优缺点	备　注
（一）开式上行下给全循环		1. 配水干管可以敷设在顶层吊顶内或吊顶下时，或在顶层设有技术层时 2. 加热和贮存设备等可以设在底层或地下室内时 3. 对水温要求较严格的建筑物 4. 一般用于五层及五层以上的多层建筑或高层、超高层建筑的某一分区	1. 管材用量较少 2. 水头损失较小，有利于热水的自然循环 3. 可保证各配水点的水温要求 4. 供水横干管设在顶层，安装、检修不便 5. 若供水干管设在吊顶内，可能因漏水影响美观甚至损坏吊顶	1. 配水干管应有不小于 0.003 的坡度，坡向最好与水流方向相反，否则流速应小于 0.8m/s 2. 在不能利用最低配水点泄水时，应在系统最低点设有泄水装置 3. 为使各回路循环水头损失相平衡，距加热器较远的立管可以适当放大管径，或在每根立管末端设调节阀或节流孔板，或将回水干管逆向布置 4. 在某配水立管设有大流量配水点时，为防止循环短路和逆向流动而影响其它回路，在其它回路末端宜设置止回阀 5. 加热器出口水温宜采用自动调节
（二）开式下行上给全循环		1. 供水干管不能设在顶层或设在顶层不能检修时 2. 供回水干管有条件设在底层管沟内或地下室内时 3. 对水温要求较严格且有条件设置循环水泵时 4. 一般用于五层及五层以上的多层建筑及高层超高层建筑的底区	1. 可保证各配水点的水温 2. 管网安装、维修较方便 3. 可利用最高配水龙头排气，不需另设排气装置 4. 如水压较低，在下层大量用水时，可能影响上层出水量甚至形成负压吸入空气 5. 耗用管材较多 6. 循环水头损失较大，不利于自然循环	1. 在分支管不设循环管道时，一般回水立管是自最高分支点下约 0.5m 处与配水立管连接，以便集存空气 2. 为使各回路循环水头损失相均衡，距加热器较远的各立管可以适当放大管径，或将回水干管逆向配管，或在每根回水立管上设调节阀或节流孔板 3. 在不能利用最低配水点泄水时，应在系统最低点设有泄水装置

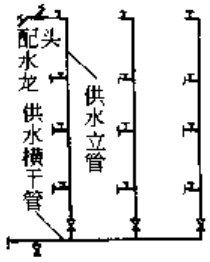
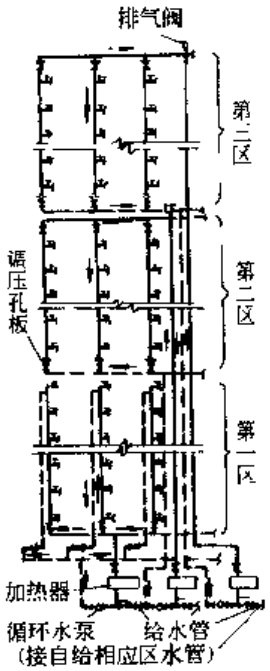
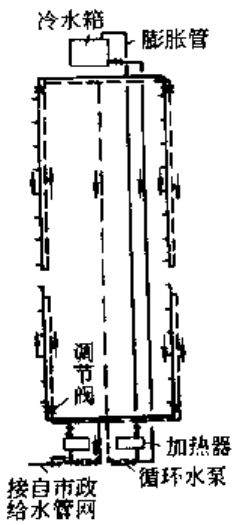
续表

名称	图式	适用条件	优缺点	备注
(三)开式上行下给全循环(顶层加热)		1. 有条件在顶层设置加热、贮存设备、循环水泵和供、回水干管时 2. 对水温要求较严格时 3. 一般用在顶层设有技术层的高层建筑或超高层建筑的最高区	1. 可保证配水点水温 2. 可降低加热器和贮水设备内的水压 3. 设备布置集中便于集中维护管理 4. 可利用最低配水龙头泄水 5. 管材耗用较多 6. 占用上层使用面积较多,且在上层设置加热、循环设备,对消声减振等处理不利 7. 必须设循环水泵,不能自然循环	1. 配水干管应有不小于0.003的坡度,坡向最好与水流方向相反,否则水流速度应小于0.8m/s 2. 为使各回路水头损失相均衡,距加热器较远的立管可适当放大管径,或将回水干管逆向配管 3. 每根回水立管的末端应设有调节阀或节流孔板
(四)开式下行上给全循环(顶层加热)		1. 有条件在顶层设置加热、贮存设备、循环泵和回水干管时和有条件在底层管沟或地下室内设置供水干管时 2. 对水温要求较严格时 3. 一般用于设有技术层的高层建筑或超高层建筑的最高区	1. 可保证配水点水温 2. 可降低加热、贮存设备器的压力,管材消耗较少 3. 设备布置集中,便于维护管理 4. 占用上层使用面积较多,而且在上层设加热、循环设备对消声减振等处理不利 5. 在下层大量用水时,若水压不足会影响上层用水,甚至形成负压吸入空气	1. 管网最高点应设置排气装置,排气时会有少量水带出,应有排水措施 2. 配水干管应有不小于0.003的坡度,坡向最好与水流方向相反,否则流速应小于0.8m/s 3. 在不能利用最低配水点泄水时,应在系统最低点设泄水装置 4. 为使各回路循环水头损失相均衡,距加热器较远的立管可适当放大管径,或将回水干管逆向配管 5. 在某些配水立管接有大流量配水点时,为防止循环短路和逆向流而影响其它回路宜在其末端设止回阀 6. 配水立管末端应设调节阀或节流孔板

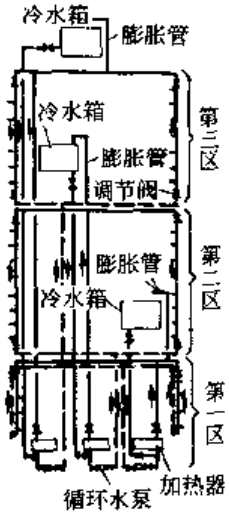
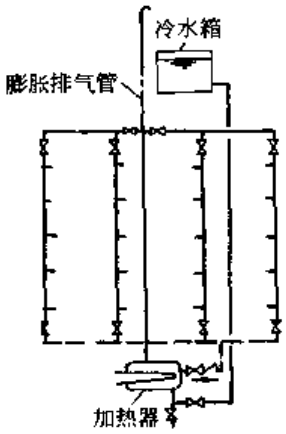
续表

名称	图　式	适用条件	优　缺　点	备　注
(五) 闭式下行上给半循环		1. 供水和回水横干管有条件设在底层管沟或地下室内时 2. 对水温要求不太严格时 3. 一般用于低于五层且分支管长度不大时	1. 管网安装维修较方便 2. 可利用顶层配水点排气 3. 系统较简单，耗用管材较少 4. 仅能保证供水横干管中的设计水温，在立管和分支管较长时，配水温度变化较大	1. 在不能利用最低配水点泄水时，应在系统最低点设泄水装置 2. 横干管应有不小于0.003的坡度坡向加热器
(六) 闭式上行下给非循环		1. 供水横干管有条件设在顶层的建筑 2. 对热水温度要求不严格的建筑，如洗衣房、五层以下的其它建筑 3. 连续用热水的建筑，如公共浴室、某些工业建筑 4. 定时大量用热水的建筑，如工业企业淋浴室	1. 耗用管材少，投资省 2. 管网简单，安装维修方便 3. 间断和不均匀用水时，不能随时供给一定温度的热水 4. 若供水横干管敷设在吊顶内则维修不便，一旦漏水，有碍美观甚至损坏吊顶	1. 管网最高点应设排气装置，并注意排气时会有少量的水带出 2. 配水横干管的排气方向最好与水流方向一致，否则流速应小于0.8m/s，以利气体顺利排出，坡度不得小于0.003

续表

名称	图式	适用条件	优缺点	备注
(七)闭式下行上给非循环		1. 有条件在底层管沟或地下室内敷设横干管的建筑 2. 对热水温度要求不严格的建筑 3. 连续使用热水的建筑 4. 定时使用大量热水的建筑	1. 可利用顶层配水龙头排气,不必另设排气装置 2. 管材耗用少,投资省 3. 管网简单,安装维修方便 4. 间断和不均匀用水时,供水温度不稳定	1. 在不能利用最低配水龙头泄水时,系统最低点应设泄水装置 2. 供水横干管应有不小于0.003的坡度,最好使水流方向与排气方向一致,否则流速应限制在0.8m/s以内
(八)闭式集中并联		1. 每区最高层有条件设置横干管且地下室有条件布置配、回水横干管和加热等设备时 2. 对水温要求较严格时,采用调速水泵供水,不设高位水箱的高层建筑	1. 可不设技术层,减少占用使用面积 2. 第二、三区的加热器承受水压较大 3. 第一区厨房、洗衣房等用水量大,用水制度不同的房间与上层客房、办公室等共用一个系统,运行管理不便,还可能影响上层的正常使用 4. 参见前述有关图式说明	1. 横干管应有不小于0.003的坡度,坡向应便于排气 2. 系统最低点应设泄水装置 3. 应采取措施使各回路循环水头损失相均衡 4. 在不能利用最高配水点排气时,系统最高点应设排气装置
(九)集中并联混合式		1. 顶层设有技术层中间层不能设技术层和敷设横干管时 2. 外部管网水压较高且较稳定时 3. 对供水温度要求较严格时 4. 地下室有条件设置集中加热、贮存等设备时 5. 各类高层建筑均可采用	1. 设备布置较集中,便于维护管理 2. 可利用外部管网的给水压力,能源消耗少 3. 不占用中间各层的使用面积 4. 高区加热设备承受内压较大 5. 管材消耗量较多	1. 横干管应有不小于0.003的坡度,坡向应有利于气体排出 2. 在分支管不设循环管道时,回水立管一般宜在最高分支点下0.5m处与配水立管相接 3. 不能用配水点泄空的系统,应在最低点设泄水装置 4. 应采取措施使各回路的循环水头损失相均衡

续表

名称	图　式	适用条件	优　缺　点	备　注
(十)开式并联上行下给全循环		1. 有条件在顶层和中间层设置技术层时 2. 加热、贮存等设备可以设在底层或地下室时 3. 对热水温度要求较严格的建筑 4. 各类高层和超高层建筑广泛采用	1. 冷、热水压力稳定,可保证各配水点的水温要求 2. 供水安全可靠 3. 设备布置较集中,便于维护管理 4. 管材用量较少 5. 高区加热设备承受压力较高	同图式(一)各条备注
(十一)自然循环热水供应系统		其作用水头很小,适用于加热设备在配水点以下,且为低层的建筑,使用很少。可用于热水锅炉和热水罐的循环管道	1. 不设循环水泵 2. 易产生短路循环,较难调节平衡 3. 回水管径较大 4. 系统温降较大 5. 作用水头很小	

3.3　常用加热、贮热方式

3.3.1　常用加热、贮热分类

(1) 热媒通常主要分有:蒸汽,高、低温热水,燃气,煤,油,太阳能和电。

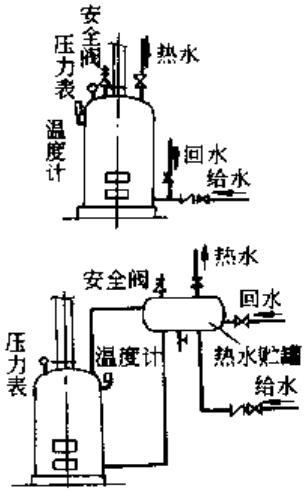
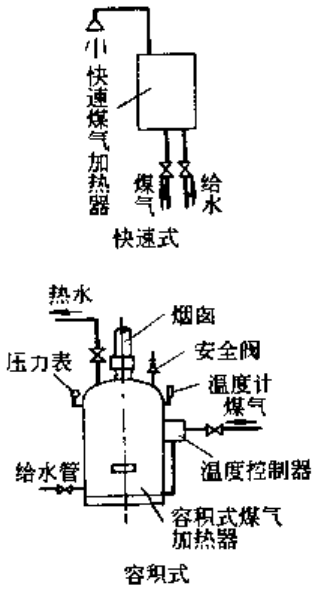
(2) 从热水贮存方式分可有非贮存和贮存之别。非贮存即为设有贮存容量如快速加热,半即热式等加热器;贮存即加热器有一定的贮存热水容量、如水箱、容积式加热器等。

(3) 从加热方式有直接加热(如汽水混合器、水箱内直接加热、电加热器)和间接加热之分(如快速、半即热和容积式加热器)。

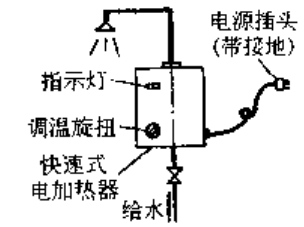
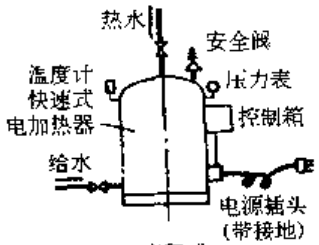
3.3.2 常用的加热方式

常用的加热方式，见表 3-9。

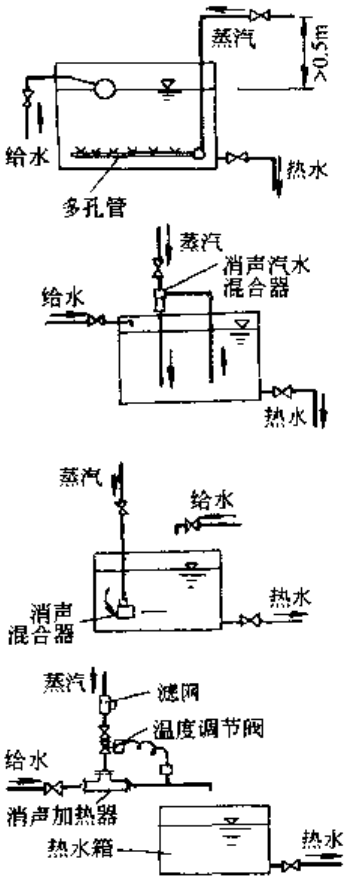
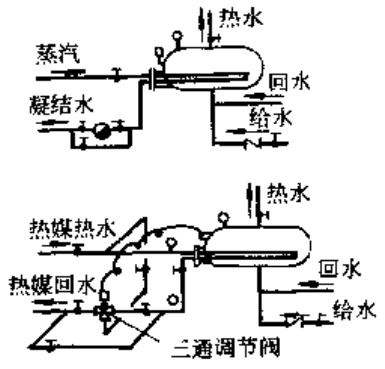
常用的加热方式　　表 3-9

名称	图　式	适用条件	优　缺　点	注意事项
（一）燃油燃煤热水锅炉加热		1. 用水较均匀，耗热量不大（一般小于 380kW，即小于 20 个淋浴器的耗热量）的单层和多层建筑 2. 常用于小型浴室、饮食店、理发馆等	1. 设备、管道简单，投资较省 2. 热效率较高，运行费用较低 3. 运行稳定、安全、噪音低、维修管理简单 4. 当给水水质较差时结垢（或腐蚀）较严重，当煤质较差时炉膛腐蚀较严重 5. 运行卫生条件较差，劳动强度较大 6. 若不设热水箱则供水温度波动较大	1. 锅炉应有消烟除尘措施，符合《工业企业三废、排放标准》的有关规定 2. 锅炉结构应符合《锅炉压力容器安全监督暂行条例》要求 3. 锅炉应便于清除水垢 4. 在燃料含硫量大于 1% 时，不宜选用铜质锅炉 5. 热水贮罐底部应高于锅炉最高点的标高 6. 在用水较均匀时可不设热水贮罐
（二）燃气加热器加热		1. 耗热量较小（一般小于 76kW，即小于 4 个淋浴器的耗热量）的用户 2. 常用于居住建筑、办公楼、饮食店、理发馆等	1. 设备、管道简单、使用方便，不需专人管理 2. 热效率较高，噪音低 3. 烟尘少、无炉灰，比较清洁卫生 4. 若安全措施不完善或使用不当，易发生烫伤和煤气事故 5. 当水质较差时，易产生结垢（或腐蚀） 6. 若没有自动调节装置，则出水温度波动较大	1. 加热器应有一定的安全措施，防止煤气泄漏、过热、超压等事故 2. 煤气加热器的设置应符合《城市煤气设计规定》的规定 3. 工厂车间、疗养院、休养所、学校、幼儿园、锅炉房及旅馆的单间浴室，不得使用单个煤气热水器

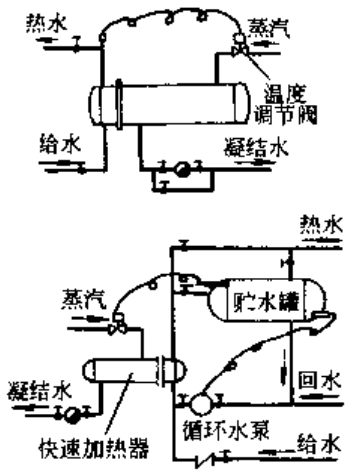
续表

名称	图　式	适用条件	优　缺　点	注意事项
(三)电加热器加热	 快速式  容积式	一般因电力的单位热价较高和供应不富余，所以只用在特殊情况下，如燃料和其它热源供应困难而电力有富余的地区、不允许产生烟气的地方等	1. 使用方便、卫生、安全 2. 不产生二次污染 3. 一般单位热价较高	加热器应有一定的安全措施，防止加热元件干烧、漏电等事故 加热器应有功率调节装置，以适应不同原水、用水温度和流量要求
(四)太阳能加热器加热	详见第3.5.6节	1. 日照条件较好，燃料供应困难或价格较贵的地区适合推广应用 2. 一般常用于公共浴室、理发室、小型饮食行业、住宅和其它特殊情况下	1. 运行经济、节省能源消耗 2. 没有二次污染问题 3. 设备、管道简单，维护运行简单，安全 4. 我国绝大多数地区不能全年应用，必须与其它加热方式结合使用 5. 集热面积大，受天气影响，应用范围受到了一定的限制 6. 基建投资较贵，钢材耗量较多	

续表

名称	图式	适用条件	优缺点	注意事项
(五)汽-水混合加热		1. 耗热量较小(一般小于380kW，即小于20个淋浴器的耗热量)、对噪声要求不严格的建筑，如公共浴室、洗衣房、工业企业等 2. 近几年由于低噪音汽-水混合器的生产，对噪音要求较严格的建筑，如旅馆、医院、学校、办公楼等也有采用 3. 蒸汽品质符合卫生要求时，凝结水不必回收或回收不合理时	1. 设备、管道简单、投资省 2. 热效率较高 3. 加热设备不易结垢堵塞，维修管理较方便 4. 若不采取有效措施，则噪声较大；但若采用低噪声混合器，一般可将噪声降低到70dB以下 5. 凝结水不能回收，增加了蒸汽锅炉给水处理负荷 6. 若蒸汽品质不好，水质会受蒸汽的污染	1. 应了解蒸汽品质是否满足用水要求 2. 应采取必要的消音隔振措施 3. 蒸汽管道应从被加热水位0.5m以上接入，以防蒸汽凝缩时吸入热水 4. 蒸汽管道的最低点应设有疏水装置，以免管道内积存凝结水造成水锤现象 5. 当采用闭式水罐加热时，冷水应经冷水箱供给，蒸汽压力应保证经常大于罐内水压
(六)容积式加热器加热		1. 要求供水温度稳定、噪声低的建筑，如旅馆、医院、住宅、办公楼等 2. 耗热量较大(一般大于380kW)，的工业企业、公共浴室、洗衣房等 3. 在有市政热力网的热水或蒸气作热媒时，各类建筑均可采用	1. 加热器具有一定贮存容积，出水温度稳定 2. 设备可承受一定水压、噪声低，所以可设在任何位置，布置方便，灵活 3. 蒸汽凝结水或热媒热水可以回收，水质不受热媒的污染 4. 供水一般是通过壳程，水头损失较小 5. 热效率较低、传热系数较小，体积大，占地面积大 6. 设备、管道较复杂，投资较高，维修管理较麻烦	1. 宜装设自动温度调节器，以防出水温度过高和浪费热媒 2. 加热器除装设温度计、压力表外，对于闭式系统还应装安全阀 3. 在经冷水箱供水时，冷水箱的底标高应高于上行配水干管

续表

名称	图　式	适用条件	优　缺　点	注意事项
(七)快速加热器加热		1. 热水用水量较大且较均匀的工业企业和大型公共建筑 2. 热力网容量较大，可充分保证热媒供应的建筑 3. 水质较好，加热器结垢不严重时	1. 热效率较高，传热系数较大，结构紧凑，占地面积小 2. 热媒可回收，可减少锅炉给水处理的负担，且水质不受热媒的污染 3. 在水质较差时，加热器结垢较严重 4. 若用水不均匀或热媒压力不稳定，水温不易调节 5. 一般水是通过管程，水头损失较大 6. 设备管道较复杂，投资较高，维护管理较麻烦	1. 宜装设自动温度调节器，以防止出水温度过高和浪费热媒 2. 对于多行程快速加热器，宜采用偶数行程，以方便管道连接和检修 3. 应注意复核供水压力，以满足最不利配水点的水压要求 4. 加热器除装设温度计、压力表外，对于闭式系统还应装安全阀

3.4　热水供应系统计算

3.4.1　热　水　用　量

(1) 住宅、集体宿舍、旅馆、医院、幼儿园、办公楼、学校等用热水量，可按式(3-3)计算：

$$Q_h = K_h \frac{mq_r}{T} \quad (L/h) \tag{3-3}$$

式中　Q_h——最大小时热水用量(L/h)；

m——用水计算单位数；

q_r——热水用水定额(见表 3-1)；

T——热水供应时间(h)，对全日供应热水时，$T=24h$；

K_h——小时变化系数，对全日供应热水时，K_h 值可按表 3-10、11、12 选用。

住宅的热水小时变化系数 K_h 值　　表 3-10

居住人数 m	100	150	200	250	300	500	1000	3000
K_h	5.12	4.49	4.13	3.88	3.70	3.28	2.86	2.48

旅馆的热水小时变化系数 K_h 值　　表 3-11

床位数 m	150	300	450	600	900	1200
K_h	6.84	5.61	4.97	4.58	4.19	3.90

医院的热水小时变化系数 K_h 值 表 3-12

床位数 m	50	75	100	200	300	500
K_h	4.55	3.78	3.54	2.93	2.60	2.23

必须说明几点：

1) 非全日供应热水的小时变化系数，可参照当地同类型建筑用水变化情况具体确定。

2) 当旅馆、医院、疗养院已有卫生器具数时，可按卫生器具同时使用百分数计算、旅馆客房卫生间内浴盆可按 30%～50%计，其它器具不计；医院、疗养院病房卫生间的浴盆可按 25%～50%计，其它器具不计。

3) 不同类型建筑，由同一供热站供应热水时，应考虑建筑物之间热水供应的同时使用百分数。

4) 以上参数系按全日供应热水时考虑，不适用于定时供应热水的情况。

(2) 工业企业生活间、公共浴室、学校、剧院、体育馆(场)等集中热水供应系统热水量，按式(3-4)计算：

$$Q_h = \Sigma \frac{q_h n_0 b}{100} \quad (L/h) \tag{3-4}$$

式中 Q_h——最大小时热水用量(L/h)；

q_h——卫生器具小时用水量(L/h)；

n_0——同类型卫生器具数；

b——卫生器具同时使用百分数，公共浴室和工业企业生活间、学校、剧院及体育馆(场)等浴室内淋浴器和洗脸盆均应按 100%计算，旅馆客房卫生间内浴盆按 60%～70%计，其它器具不计；医院、疗养院的病房内卫生间的浴盆按 25%～50%计，其它器具不计。非全日供应热水的卫生器具同时使用百分数，可参照当地同类型建筑用水变化情况确定。

(3) 集中热水供应系统由容积式或半容积式水加热器加热水，或由快速式、半即热式水加热器加热水，但附设有贮水容器且容积符合要求时，设计热水量按上述公式计算。当无附设贮水容器时，应按设计秒流量确定。

3.4.2 耗热量计算

耗热量按式(3-5)计算：

$$Q = \frac{CQ_h(t_r - t_L)}{3.6} \quad (W) \tag{3-5}$$

式中 Q——设计小时耗热量(W)；

C——水的比值[J/(kg·℃)]，为 4.187[kJ/(kg·℃)]；

Q_h——设计小时热水用量(L/h)；

t_r——热水温度(℃)，按表 3-2 选用；

t_L——冷水温度(℃)，按表 3-5 选用。

3.4.3 热媒耗量计算

(1) 蒸汽直接加热的热媒耗量，按式(3-6)计算：

$$G = (1.10 \sim 1.20)\frac{3.6Q}{i_m - i_r} \quad (kg/h) \tag{3-6}$$

式中　G——蒸汽耗量(kg/h)；

Q——设计小时耗热量(W)；

i_m——蒸汽热焓(kJ/kg)，按表 3-13 选用；

i_r——蒸汽与水混合后的热水热焓(kJ/kg)　$i_r = t_r C$(kJ/kg)。

(2) 蒸汽间接加热的热媒耗量，按式(3-7)计算：

$$G = (1.10 \sim 1.20)\frac{3.6Q}{i_m - i_n} \quad (kg/h) \tag{3-7}$$

式中　G——蒸汽耗量(kg/h)；

Q——设计小时耗热量(W)；

i_m——蒸汽热焓(kJ/kg)，按表 3-13 选用；

i_n——蒸汽凝结水热焓(kJ/kg)，按表 3-13 选用。

饱和蒸汽性质　　表 3-13

绝对压力 (MPa)	饱和蒸汽温度 (℃)	热　焓(kJ/kg)		蒸汽的汽化热 (kJ/kg)
		液　体	蒸　汽	
0.1	100	419	2679	2260
0.2	119.6	502	2707	2205
0.3	132.9	559	2726	2167
0.4	142.9	601	2738	2137
0.5	151.1	637	2749	2112
0.6	158.1	667	2757	2090
0.7	164.2	694	2767	2073
0.8	169.6	718	2773	2055
0.9	174.5	739	2777	2038

(3) 高温热水间接加热的热媒耗量，按式(3-8)计算：

$$G = (1.10 \sim 1.20)\frac{3.6Q}{C(t_1 - t_2)} \quad (L/h) \tag{3-8}$$

式中　G——高温热水的耗量(L/h)；

Q——设计小时耗热量(W)；

t_1——高温热水进口水温(℃)；

t_2——高温热水出口水温(℃)；

C——水的比热[4.187kJ/(kg·℃)]。

3.4.4　热　水　贮　存

(1) 热水的贮存：在设计热水供应系统时，一般应考虑供热量的贮存，以便充分发挥锅炉和水加热器的潜力和保障不同时间不同用水情况的热水的供应。贮水器的容积，应根据

日热水用量小时变化曲线及锅炉、水加热器的工作制度和供热量以及自动温度调节装置等因素计算确定。由于很难取得这样的变化曲线，一般根据热源充沛程度和加热设备能力以及用水变化规律、管理水平等因素综合考虑后决定。若热源充沛，加热设备产水量足以供应热水管网的设计秒流量，用水均匀并实行自动控制，则可不需贮热容积，但实际上很难有此理想状况，一般均以设置贮热量的办法，以解决热水供求矛盾。

(2) 集中供应热水系统中，当小时供热量等于设计小时耗热量时，热水贮水器(如水箱和水加热器)贮存容积，可按经验计算确定。

1) 住宅、集体宿舍、旅馆、医院和公共浴室的贮水器贮热量不得小于45min的设计小时耗热量，按式(3-9)计算：

$$V \geqslant \frac{0.75 \times 3.6Q}{C(t_r - t_L)} \quad (L) \tag{3-9}$$

式中 V——贮水器容积(L)；

Q——设计小时耗热量(W)；

t_r——热水水温(℃)；

t_L——冷水水温(℃)；

C——水的比热[4.187kJ/(kg·℃)]。

2) 工业企业淋浴室贮水器的贮热量不得小于30min的设计小时耗热量，按式(3-10)计算：

$$V \geqslant \frac{0.5 \times 3.6Q}{C(t_r - t_L)} \quad (L) \tag{3-10}$$

式中符号含义同前。

3) 随着水加热器和加热水箱的技术发展，新型贮水加热器加热效率提高，贮水器的贮热量有所不同，最小贮热量，不得小于表3-14的规定。

贮水器的贮热量 表3-14

加热设备	工业企业淋浴室	其它建筑物
容积式水加热器	≥30min设计小时耗热量	≥45min设计小时耗热量
有导流装置的容积式水加热器	≥20min设计小时耗热量	≥30min设计小时耗热量
半容积式水加热器	≥15min设计小时耗热量	≥15min设计小时耗热量
半即热式水加热器	—	—
快速式水加热器	—	—

4) 当热媒按设计秒流量供应，如半即热式水加热器，且有完善可靠的温度调节装置和热源充沛时，可不考虑贮水器容积。

5) 半即热式和快速式水加热器用于洗衣房或者热源供应不充分时，应设贮水器贮存热量。

3.4.5 自然循环热水系统计算

(1) 计算目的：

验证热水循环系统能否通过自然循环实现。因此必须通过计算确定回水管道的管径，复核配水管道的管径，求算自然循环作用水头(自然压力)和循环的水头损失，以确定自然循

环能否实现。

(2) 计算主要参数和要求：

1) 在计算热水供应系统的最大小时热水用量和热水管道的设计秒流量基础上，采用“热水管道水力计算表”进行热水供应系统的计算。

2) 配水管网的最大温度差，即加热设备出水温度与最不利计算点的温差，应根据系统的大小和循环方式确定，一般采用5～15℃，对自然循环热水系统宜采用较大值。

3) 回水管道温度降，一般采用5℃。

4) 回水管道的管径，对于自然循环系统应采用比配水管径小一号，但最小不小于20mm。

5) 热水管道的单位长度水头损失，可按式(3-11)式(3-12)计算：

当 $v<0.44$m/s时：

$$i=0.00000897\frac{v}{d_j^{1.3}}\left(1+\frac{0.3187}{v}\right)^{0.3} \tag{3-11}$$

当 $v\geqslant0.44$m/s时：

$$i=0.000010524\frac{v^2}{d_j^{1.3}} \tag{3-12}$$

式中　i——单位长度水头损失(MPa/m)；

v——流速(m/s)；

d_j——管道计算内径(m)。

热水管道水头损失与冷水管道水头损失不同点在于：热水管道有结垢，腐蚀等情况需要考虑，结垢和腐蚀直接影响管径和阻力系数。为了方便，热水管道水头损失，可查《给水排水设计手册》第1册《常用资料》列出的“热水管水力计算表”。

6) 热水管道内的水流速度，不宜大于1.5m/s。当管径小于及等于25mm时，宜采用0.6～0.8m/s。

7) 热水管道局部水头损失，可按式(3-13)计算：

$$h=\xi\frac{rv^2}{2g}\quad(\text{mm}) \tag{3-13}$$

式中　ξ——局部阻力系数；

r——热水密度(kg/m^3)；

g——重力加速度(m/s^2)；

v——流速(m/s)。

局部水头损失与管材、系统设置有关，一般估算时，可按系统沿程水头损失15%～20%采用。

8) 随着我国工业发展和人民生活水平提高，在建筑物内热水管道逐步采用薄壁紫铜管和附件，其单位长度水头损失，可参考式(3-14)、式(3-15)计算：

$v<0.44$m/s时，

$$R=10(1+0.3187/K_cQ)^{0.3}A_0Q^2\quad(\text{Pa/m}) \tag{3-14}$$

$v\geqslant0.44$m/s时，

$$R=10AQ^2\quad(\text{Pa/m}) \tag{3-15}$$

式中　K_c——流速系数；

A_0——$v<0.44$m/s时比阻，$A_0=5.511\times10^{-7}d^{-5.3}$；

A——$v\geqslant0.44$m/s时比阻。

K_c、A_0、A 可参考表3-15选用。表3-15列出推荐中英两国热水紫铜管的水力参数。

推荐中英两国热水铜管水力参数 表3-15

DN (mm)	外径 (mm)	壁厚 (mm)	d (mm)	比阻 A_0	流速系数 K_c	$Q_{0.44}$ (L/s)	比阻 A
15	16	1.0	14	3688	6.495	0.06774	4327
20	22	1.5	19	730.9	3.526	0.1248	857.5
25	28	1.5	25	170.7	2.037	0.2160	200.2
32	35	1.5	32	46.12	1.243	0.3540	54.12
40	44	2.0	40	14.14	0.7956	0.5530	16.59
50	55	2.0	51	3.900	0.4894	0.8991	4.576
65	70	2.5	65	1.078	0.3013	1.460	1.265
80	85	2.5	80	0.3588	0.1989	2.212	0.4210
100	105	2.5	100	0.1100	0.1273	3.456	0.1290
125	133	2.5	128	0.02972	0.07770	5.663	0.03487
150	159	30	153	0.01154	0.05438	8.091	0.01354
英国X系列	15	0.7	13.6	4300	6.883	0.06393	5045
	18	0.8	16.4	1594	4.733	0.09296	1871
	22	0.9	20.2	528.3	3.120	0.1410	619.8
	28	0.9	26.2	133.1	1.854	0.2373	156.2
	35	1.2	32.6	41.80	1.198	0.3673	49.04
	42	1.2	39.6	14.91	0.8118	0.5420	17.49
	54	1.2	51.6	3.666	0.4781	0.9203	4.301
	67	1.2	64.6	1.114	0.3050	1.443	1.307
	76.1	1.5	73.1	0.5787	0.2382	1.847	0.6790
	108	1.5	105	0.08490	0.1155	3.810	0.09962
	133	1.5	130	0.02737	0.07533	5.841	0.03212
	159	2.0	155	0.01078	0.05299	8.303	0.01264

近来，热浸镀锌铜管在生活热水系统应用逐步被淘汰，新型塑料管发展并取代之，比较常用于热水系统的管材主要有聚乙烯管(PEX)、聚丙烯管(PP-R)、聚丁烯(PB)管、钢塑复合管和铝塑复合管等，同时已有行业标准，其计算公式和计算表，可参见有关设计标准，规定等。

(3) 计算：

1) 计算各管段终点水温，按式(3-16)计算：

$$t_z=t_c-\Delta t \quad (℃) \tag{3-16}$$

式中 t_z——计算管段终点水温(℃)；

t_c——计算管段起点水温(℃)；

Δt——计算管段温度降(℃)。

$$\Delta t = M\frac{\Delta T}{\Sigma M} \tag{3-17}$$

式中　M——计算管段温降因素，

$$M = \frac{L(1-\eta)}{D} \tag{3-18}$$

其中　L——计算管段长度(m)；

D——计算管段管径(mm)；

η——保温系数，不保温时 $\eta=0$，较简单保温时 $\eta=0.6$，较好保温时 $\eta=0.7\sim0.8$。

ΣM——计算管段温降因素之和；

ΔT——配水管网最大温度降(℃)。

2) 计算管段的热损失，按式(3-19)计算：

$$W = \pi DLK(1-\eta)(t_m - t_K) \quad (kJ/h) = L(1-\eta)\Delta W \tag{3-19}$$

式中　W——管段的热损失(kJ/h)；

D——管段计算外径(m)；

L——计算管段长度(m)；

K——无保温时管段传热系数，约为 41.87～43.96[kJ/(m²·h·℃)]；

t_m——计算管段的平均水温(℃)；

t_K——计算管段周围的空气温度(℃)，无资料时可按表 3-16 采用。

管道周围的空气温度　　表 3-16

管道敷设情况	t_K(℃)	管道敷设情况	t_K(℃)
采暖房间内明管敷设	18～20	敷设在不采暖的地下室内	5～10
采暖房间内暗管敷设	30	敷设在室内地下管沟内	35
敷设在不采暖房间的顶棚内	采用一月份室外平均气温		

ΔW——不保温时单位长度管道的热损失[kJ/(h·m)]，在已知 $\Delta t = t_m - t_K$ 和管道公称直径时，可从表 3-17 查出。

不保温热水管道的单位长度热损失[kJ/(h·m)]　　表 3-17

温差 Δt (℃)	水煤气钢管直径(mm)(上行公称管径，下行外径)										
	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
	21.25	26.75	33.5	42.25	48	60	75.5	88.5	114	140	165
30	86	108	136	171	195	243	306	359	462	567	669
32	92	116	145	183	208	259	326	383	493	605	713
34	98	123	154	194	221	275	347	407	524	643	758
36	103	130	163	206	234	292	367	430	554	681	802
38	109	137	172	217	247	308	388	454	585	719	847
40	115	145	181	229	260	324	408	478	616	753	892

续表

温差 Δt (℃)	水煤气钢管直径(mm)(上行公称管径,下行外径)										
	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
	21.25	26.75	33.5	42.25	48	60	75.5	88.5	114	140	165
42	121	152	190	240	273	340	428	502	647	794	936
44	126	159	199	252	286	357	449	526	678	832	981
46	132	166	208	263	299	373	469	550	708	870	1025
48	138	174	217	274	312	389	490	574	739	908	1070
50	144	181	226	286	325	405	510	598	770	946	1115
52	149	188	235	297	338	422	530	622	801	983	1159
54	155	195	244	309	351	438	551	646	832	1021	1204
56	161	203	253	320	364	454	571	670	862	1059	1248
58	167	210	262	331	377	470	592	693	893	1097	1293
60	172	217	272	343	390	486	612	717	924	1135	1337
62	178	224	281	354	403	503	632	741	955	1173	1382
64	184	231	290	366	416	519	653	765	986	1210	1427
66	189	239	299	377	429	535	673	789	1016	1248	1471
68	195	246	308	388	442	551	694	813	1047	1286	1516
70	201	253	317	400	454	567	714	837	1078	1324	1560
72	207	260	326	411	467	584	734	861	1109	1362	1605
74	213	267	335	423	480	600	755	885	1140	1400	1649
76	218	275	344	434	493	616	775	909	1170	1437	1694
78	224	282	353	446	506	632	796	933	1201	1475	1739
80	230	289	362	457	519	648	816	956	1232	1513	1783
82	236	296	371	468	532	665	836	980	1263	1551	1828
84	241	304	380	480	545	681	857	1004	1294	1589	1872
86	247	311	389	491	558	697	877	1028	1324	1626	1917
88	253	318	398	503	571	713	898	1052	1355	1664	1962
90	258	325	407	514	584	730	918	1076	1386	1702	2006

3) 计算循环流量:

① 管网总循环流量:管网总循环流量携带的有效热量,应等于循环配水管网总的热损失(一般为设计小时耗热量的5%~10%),按式(3-20)计算:

$$q_x=\frac{\Sigma W}{C\Delta T}=\frac{\Sigma W}{C(t_1-t_2)} \quad (\mathrm{L/h}) \tag{3-20}$$

式中 q_x——管网总循环流量(L/h);

ΣW——循环配水管网的总热损失(kJ/h);

t_1、t_2——加热器出口和循环配水管最不利计算点的水温(℃);

C——水的比热 $C=4.187[\mathrm{kJ/(kg\cdot℃)}]$。

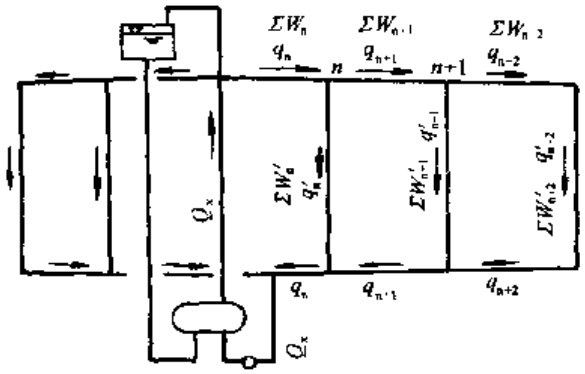


图 3-1　循环流量计算图

② 计算管段的循环流量计算原则：

ⅰ．从水加热器后的第一个节点开始，依次进行分配。

ⅱ．对任一节点，流向该节点的各循环流量之和等于流离该节点的各循环流量之和，见图 3-1。

任一节点的循环流量，按式(3-21)计算：

$$q_n = q_{n+1} + q'_n \tag{3-21}$$

ⅲ．对任一节点，各分支管段的循环流量与其以后全部循环配水管的热损失之和成正比关系，按式(3-22)计算：

$$q_{n+1} = q_n \frac{\Sigma W_{n+1}}{\Sigma W_{n+1} + \Sigma W'_n} \quad (\mathrm{L/h}) \tag{3-22}$$

式中　q_n——流向节点 n 的循环流量(L/h)；

q_{n+1}、q'_n——流出节点 n 的循环流量(L/h)；

ΣW_{n+1}、$\Sigma W'_n$——流出节点 n 的各分支管的热损失之和(kJ/h)。

4) 复核各管段的终点水温，按(3-23)计算：

$$t'_z = t_c - \frac{W}{Cq} \quad (℃) \tag{3-23}$$

式中　t'_z——各管段终点水温(℃)；

t_c——各管段起点水温(℃)；

W——各管段热损失(kJ/h)，见式(3-19)；

q——各管段循环流量(L/h)，见式(3-21、22)。

如果与估算各管段终点水温相差太大，应重复上述计算。重复运算时，可假定各管段终点水温 t_z''，按式(3-24)计算：

$$t_z'' = \frac{t_z + t_z'}{2} \quad (℃) \tag{3-24}$$

5) 循环水头计算：

① 第二循环管自然循环水头：在管路中通过循环流量时所产生的水头损失，按式(3-25)计算：

$$H = H_P + H_x = 10\left(\Sigma RL + \Sigma\xi \frac{v^2\gamma}{2g}\right) \quad (\mathrm{Pa}) \tag{3-25}$$

式中　H——最不利计算循环回路总水头损失(Pa)；

H_P——循环流量通过配水环路的水头损失(Pa)；

H_x——循环流量通过回水环路的水头损失(Pa)；

R——单位长度沿程水头损失(Pa/m)；

L——管段长度(m)；

ξ——局部阻力系数；

v——循环流速(m/s)；

g——重力加速度(m/s²)；

γ——60℃时热水密度(kg/m³)。

② 第二循环管自然循环作用水头：由于热水在管道内流动时的热损失，使水温逐渐降低，密度逐渐增加，因而在供水和回水立管间产生重力水头差，该水头差即所谓自然循环作用水头，它是驱使自然循环的动力，其数值大小可按式(3-26)、式(3-27)计算：

ⅰ．对于上行下给式管网(见图 3-2)：

$$H_{zy}=10\Delta h(\gamma_3-\gamma_4)\quad(\text{Pa}) \tag{3-26}$$

式中 Δh——上行横干管中点至水加热设备或热水贮罐中心的标高差(m)。

γ_3、γ_4——最远配水立管和配水主立管中水的平均密度(kg/m³)。

ⅱ．对于下行上给上管网(见图 3-3)：

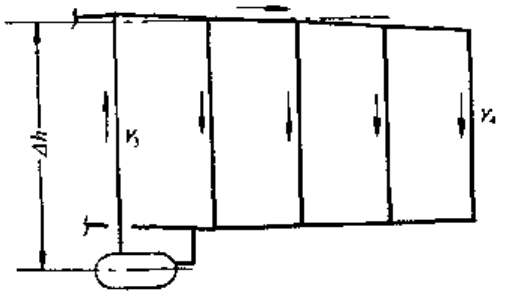


图 3-2 上行下给式管网自然循环作用水头计算

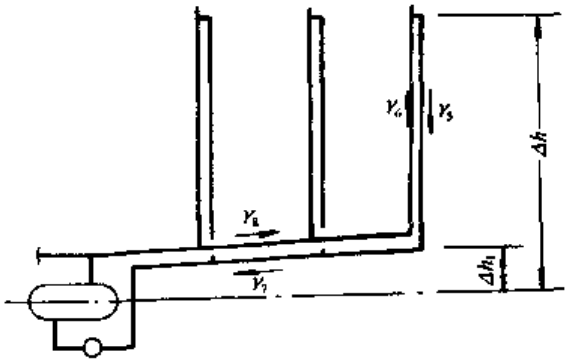


图 3-3 下行上给式管网自然循环作用水头计算

$$H_{zy}=10(\Delta h-\Delta h_1)(\gamma_5-\gamma_6)+10\Delta h_1(\gamma_7-\gamma_8)\quad(\text{Pa}) \tag{3-27}$$

式中 Δh——热水贮罐或加热设备的中心至立管顶部的标高差(m)。

Δh_1——最远回水立管底部与加热设备或热水贮罐中心的标高差(m)。

γ_5、γ_6——最远回水和配水立管中水的平均密度(kg/m³)。

γ_7、γ_8——下行回水和配水横干管中水的平均密度(kg/m³)。

③ 形成自然循环的条件：考虑到自然循环作用水头应有一定的富裕和技术经济上的合理性，一般形成自然循环的条件应符合式(3-28)的规定：

$$H_{zy}\geqslant 1.35(H+H_j) \tag{3-28}$$

式中 H_j——加热设备的水头损失(Pa)，一般对于容积式水加热器、热水锅炉和热水贮罐可忽略不计。对于其它加热设备应视具体情况经计算确定。

当计算结果不能满足上述条件时，可将管径适当放大，减少沿程水头损失，使上述条件得到满足。但是，在自然循环作用水头与自然循环水头损失相差甚大时，放大管径在经济上就显得不合理。这时宜设置循环水泵，采用机械强制循环。

一般热水供应系统，由于自然循环作用水头往往很小(常为几百至几千 Pa)，所以对于上行下给式管网在上行横干管长度小于 50m，对于下行上给式管网在下行横干管长度小于 35m 时，且加热设备设在最低配水点以下时，才考虑采用自然循环。

表 3-18 是根据计算列出的自然循环适用范围，可供设计参考。表中高差 Δh，对于上行

下给式为加热设备中心至上行横干管中点的高差；对于下行上给式为加热设备中心至最远回水立管顶部的高差。最大长度 L 为加热设备至最远配水立管的横干管的展开长度。

自然循环的应用范围　　表 3-18

高差 Δh(m)	最大长度 L(m)		高差 Δh(m)	最大长度 L(m)	
	上行式	下行式		上行式	下行式
2	5	4	20	47	33
5	12	8	23	54	38
8	19	13	26	61	43
11	26	18	29	68	48
14	33	23	32	75	52
17	40	28	35	82	57

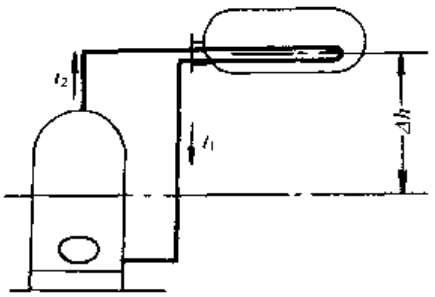


图 3-4　连接热水锅炉与加热器的热媒管道

④ 第一循环管道计算：第一循环管道是连接锅炉与加热器的热媒（热水或蒸汽）管道，也可以是连接热水锅炉与贮水器（热水贮罐或热水箱）的热水管道。现分别不同情况叙述如下：

ⅰ．连接热水锅炉与加热器的热媒（热水）管道：如图 3-4 所示，其循环流量和循环作用水头，按式(3-29)、式(3-30)计算：

$$Q_x=\frac{W}{C(t_2-t_1)}\quad(\mathrm{L/h}) \tag{3-29}$$

$$H_{zy}=10\Delta h(\gamma_1-\gamma_2)\quad(\mathrm{Pa}) \tag{3-30}$$

式中　W——热水锅炉的最大发热量(kJ/h)，其值应等于或大于设计小时供热量；

C——水的比热 $C=4.187\mathrm{kJ/(kg\cdot℃)}$；

t_1——加热器回水水温(℃)；

t_2——加热器或贮水器进水水温(℃)；

Δh——加热器内加热盘管中心与热水锅炉中心的标高差(m)；

γ_1、γ_2——相应温度 t_1、t_2 时水的密度$(\mathrm{kg/m^3})$。

ⅱ．连接热水锅炉与贮水器的热水管道：如图 3-5 所示，其循环流量和循环作用水头的计算公式与式(3-29)，或式(3-30)相同、但其中 Δh 应为热水贮罐中心与热水锅炉中心的标高差；t_2、t_1 应分别为热水锅炉出口与回水温度。

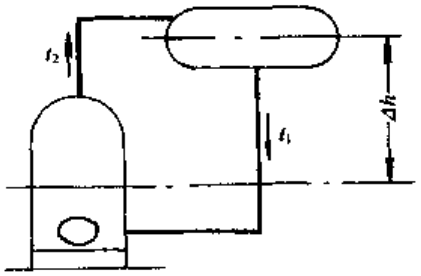


图 3-5　连接热水锅炉与贮水器的管道

求出循环流量和循环作用水头后，可用与第二循环管网同样的方法确定管径。

3.4.6　机械循环热水系统计算

机械循环与自然循环的计算方法和程序大致相同，也要如前述先求出管网总热损失，总循环流量、各管段循环流量和循环水头损失。然后再按下述方法计算循环水泵流量和

扬程。

(1) 全天循环：全天循环就是在整个供应热水期间，或每天较长时间内不断进行水循环的循环方式。

循环水泵流量，按式(3-31)计算：

$$q_b \geqslant q_x + q_f \quad (L/h) \tag{3-31}$$

循环水泵扬程，按式(3-32)计算：

$$H_b \geqslant \left(\frac{q_x + q_f}{q_x}\right)^2 H_P + H_x \quad (Pa) \tag{3-32}$$

式中 q_x——管网总循环流量(L/h)；

q_f——附加流量(L/h)，即为在管网用水点用水时，可能对整个管网的正常工作状态(如流管及水温)有所影响而增加的部分流量。一般取设计小时用水量的15%；

H_P——循环流量通过配水管网的水头损失(Pa)；

H_x——循环流量通过回水管网的水头损失(Pa)。

(2) 定时循环：定时循环就是每天在规定供应热水之前，将管网中已经变冷了的存水抽回加热的循环方式。

循环水泵流量按式(3-33)计算：

$$q_b \geqslant (2 \sim 4)V \quad (L/h) \tag{3-33}$$

循环水泵扬程按式(3-34)计算：

$$H_b \geqslant H_P + H_x + H_j \quad (Pa) \tag{3-34}$$

式中 V——循环管网的水容积(L)，应包括配水和回水管网的容积，但不包括无回水管道的各管段和贮水器、加热设备的容积；

H_b——循环水泵扬程(Pa)；

H_j——加热设备的水头损失(Pa)，见第3.5节；

H_P、H_x符号含义同式(3-32)。

(3) 机械循环管网设计应注意事项：

1) 通常循环水泵所需扬程很小，若循环水泵扬程选择过高，则容易在管网某些部位形成负压，影响正常使用。所以一般应选用低扬程水泵如管道泵等。

2) 配水管的允许温度降，在采用机械循环时可适当减小，一般取5℃左右。

3) 在计算机械循环管网时，一般不考虑自然循环作用水头的影响。

4) 机械循环的回水管管径，一般可比相应的配水管管径小2号，但不得小于20mm。

5) 循环水泵应设置在回水干管上，宜设置备用泵。

3.4.7 热水供应系统计算示例

(1) 自然循环管网计算示例：

【例】 某五层疗养院建筑，采用容积水加热器加热，以蒸汽为热媒。管网选用上行下给式立管循环。给水管网进口水压为0.3MPa。配水横干管敷设在五层的顶棚下，有保温(η=0.6)，室内气温为20℃，各立管明装不保温。回水横干管敷设在地下室顶棚下，有保温(η=0.6)，气温15℃。各管段长度及所负担的卫生器具种类和数量，见表3-19配水管网水力

计算。要求确定各管段的管径；核算给水管网进口水压；求各管段循环流量和最不利点实际水温；核算自然循环条件是否满足(热水管网，见图 3-6)。

配水管网水力计算　　表 3-19

节点编号	管段编号	管段长度(m)	用具数量		当量总数	用水量(L/s)	管径(mm)	流速(m/s)	沿程水头损失		备注
			洗脸盆($N=0.8$)	浴盆($N=1.0$)					单位损失(kPa/m)	管段损失(kPa)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1′-1	1.0	1	1	1.8	0.36	20	1.27	2.85	2.85	$h_2=2.85+40.0$
2	1-2	3.6	1	1	1.8	0.36	25	0.73	0.25	0.90	$=42.85$
3	2-3	3.6	2	2	3.6	0.72	32	0.84	0.61	2.20	$h_3=42.85\times0.3$
4	3-4	3.6	3	3	5.4	0.93	32	1.08	0.98	3.53	$=12.86$
5	4-5	3.6	4	4	7.2	1.08	32	1.28	1.28	4.61	
7	5-7	8.0	5	5	9.0	1.20	40	1.00	0.69	5.52	
8	7-8	14.0	10	10	18.0	1.70	50	0.87	0.36	5.04	
9	8-9	4.0	15	15	27.0	2.08	50	1.06	0.55	2.20	
10	9-10	3.0	20	20	36.0	2.40	50	1.22	0.73	2.19	
11	10-11	12.0	25	25	45.0	2.68	50	1.36	0.88	10.56	$\Sigma=40.01$
12	11-12	6.0	35	35	63.0	3.18	70	0.95	0.32	1.92	
水①	12-水	18.0	70	70	126.0	4.49	70	1.35	0.61	10.98	
29	水-29	1.0	70	70	126.0	4.49	70	1.33	0.61	0.61	
31	29-31	3.0	70	70	175.0②	5.29	80	1.07	0.33③	0.99	

① 代表水加热器。

② 指两个阀开的当量总数。

③ 由冷水水力计算表查得的水头损失。

注：1. 计算秒流量公式采用：$q=0.2\alpha\sqrt{N}=0.4\sqrt{N}$(L/s)，在 $N\leqslant4$ 时，按卫生设备 100%同时给水计算。

2. 局部水头损失按沿程水头损失的 30%计算。

【解】

1) 对管网各节点进行编号，见图 3-6。

2) 配水管网水力计算：方法步骤与给水管网计算相同，数据见表 3-19。

最不利配水点(本系统为节点 5′)要求给水管网进口处的总水头为流出水头 h_1、沿程水头损失 h_2、局部水头损失 h_3、水表水头损失 h_4 和标高差 h_5 之和：

$$H=h_1+h_2+h_3+h_4+h_5$$
$$=19.62+42.65+12.86+15.21+161.87$$
$$=252.41\text{kPa}<300\text{kPa}$$

故给水管网进口处水压可以满足使用要求。

3) 计算系统温度降：

设计水加热器出口水温 $t_1=70℃$

最不利配水点水温 $t_2=55℃$

故 $\Delta T=t_1-t_2=70-55=15℃$

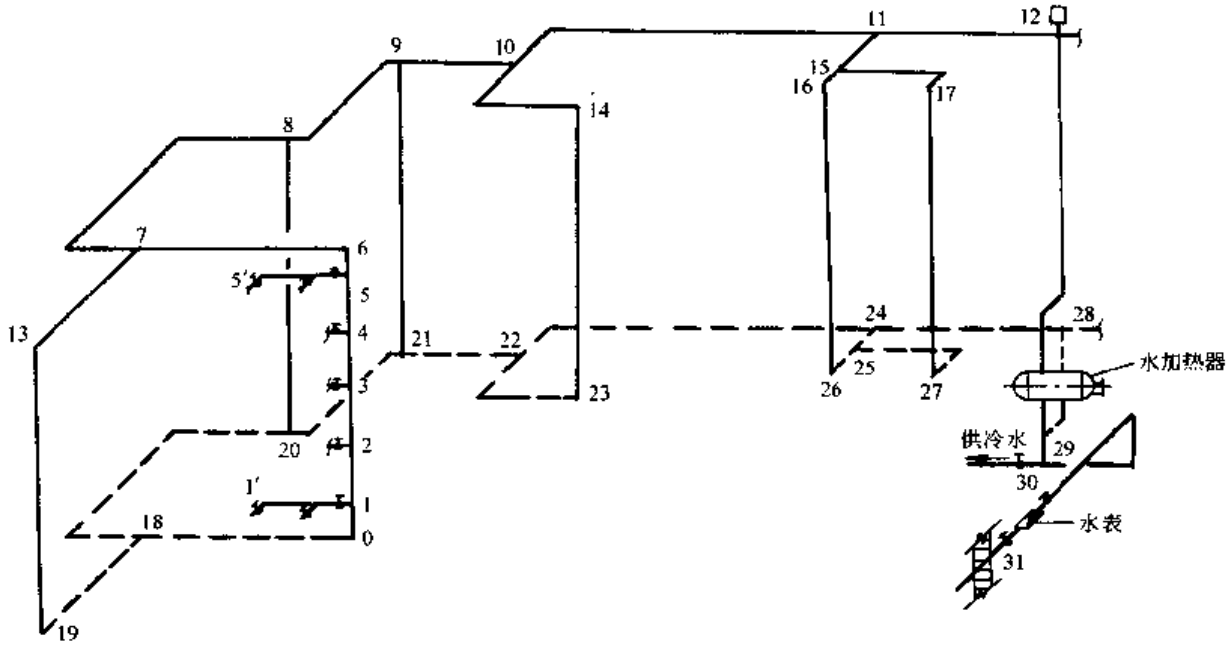


图 3-6 自然循环管网计算示例

0～31 为管段节点编号

4）确定回水管管径：拟采用自然循环，回水管管径采用比相应配水管管径小一号。见表 3-20 配水管网损失计算。

配水管网热损失计算 表 3-20

节点编号	管段编号	管段长度 L(m)	管径 DN (mm)	保温系数 η	温降因素 M 正向	温降因素 M 侧向	节点水温 t_z (℃)	管段平均水温 t_m (℃)	气温 t_k (℃)	温差 Δt (℃)	热损失 (kJ/h) 每米 ΔW	热损失 (kJ/h) 正向 W	热损失 (kJ/h) 侧向 W'	热损失 (kJ/h) 累计 ΣW	循环流量 q_n (L/h)	节点水温 t_L' (℃)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0							55									54.5
1	0～1	1.4	20	0	0.07		56	55.5	20	35.5	130	182		182	111	54.9
2	1～2	3.6	25	0	0.144		58	57	20	37	168	605		787	111	56.2
3	2～3	3.6	32	0	0.113		59.5	58.7	20	38.7	222	799		1586	111	57.9
4	3～4	3.6	32	0	0.113		61.1	60.3	20	40.3	230	828		2414	111	59.7
5	4～5	3.6	32	0	0.113		62.7	61.9	20	41.9	240	864		3278	111	61.6
6	5～6	2.2	40	0	0.055		63.5	63.1	20	43.1	280	616		3894	111	62.9
7	6～7	6.2	40	0.6	0.062		64.4	63.9	20	43.9	114	707		4601	111	64.4
19	19～13	18		0		0.608	55	59.3	20	39.3			3894	3894	107	54.5
13	13～7	5	40	0.6		0.05	63.7	64.1	20	44.1	114		570	4464	107	63.2
8	7～8	14	50	0.6	0.112		66	65.2	20	45.2	146	2044		11109	218	66.6

续表

节点编号	管段编号	管段长度 L(m)	管径 DN (mm)	保温系数 η	温降因素 M 正向	温降因素 M 侧向	节点水温 t_Z (℃)	管段平均水温 t_m (℃)	气温 t_k (℃)	温差 Δt (℃)	热损失 (kJ/h) 每米 ΔW	热损失 (kJ/h) 正向 W	热损失 (kJ/h) 侧向 W'	热损失 (kJ/h) 累计 ΣW	循环流量 q_n (L/h)	节点水温 t_L' (℃)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
20	20～8	18		0		0.608	55	60.5	20	40.5			4013	4013	79	54.6
9	8～9	4	50	0.6	0.032		66.5	66.3	20	46.3	150	600		15722	297	67.1
21	21～9	18		0		0.608	55	60.8	20	40.8			4043	4043	77	54.6
10	9～10	3	50	0.6	0.024		66.8	66.7	20	46.7	152	456		20221	374	67.4
23	23～24	18		0		0.608	55	60.5	20	40.5			4013	4013	86	54.7
14	14～10	5	40	0.6		0.05	65.9	66.3	20	46.3	120		600	4613	86	65.7
11	10～11	12	50	0.6	0.096		68.1	67.5	20	47.5	154	1848		26682	460	68.4
26	26～16	18		0		0.608	55	61.4	20	41.4			4102	4102	73	55
16	16～15	0.5	40	0.6		0.004	67.8	67.8	20	47.8	125		63	4165	73	68
27	27～17	18		0		0.608	55	61.8	20	41.8			4142	4142	77	54.6
17	17～15	2	40	0.6		0.02	67.5	67.7	20	47.7	124		248	4390	77	67.4
15	15～11	1	50	0.6		0.008	67.9	68	20	48	156		156	8711	150	68.2
12	11～12	6	70	0.6	0.034		68.6	68.3	20	48.3	197	1182		36575	610	69.3
	右环	184.7											36575	36575	610	
水	12～水	18	70	0.6	0.103		70	69.3	20	49.3	201	3618		76768	1221	70
	合计				1.071										1221	

5) 估算各管段终点水温：先求出各管段温降因素 M 值，按式(3-18)计算：

得
$$M_{0\text{-}1}=\frac{L(1-\eta)}{D}=\frac{1.4}{20}=0.07$$

把各管段计算 M 值填入表 3-19 中(第 6、7 项)。

后按与各管段温降因素成比例计算各管段温度降和终点水温：

$$t_1=t_0+M_{0\text{-}1}\frac{\Delta T}{\Sigma M}=55.0+0.07\times\frac{15}{1.071}=56.0℃$$

$$t_2=56.0+0.144\times\frac{15}{1.071}=58.0℃$$

将结果填入表 3-20(第 8 项)。

6) 计算各管段热损失：先算出各管段的平均水温列入第 9 项。

按式(3-19)计算：

$$W=\pi DLK(1-\eta)(t_m-t_k)=L(1-\eta)\Delta W$$

得
$$W_{0\text{-}1}=1.4\times(1-0)\times130=182\text{kJ/h}$$

把数据列入表第 13、14 项，(ΔW 可由表 3-17 查出)。

7) 计算总循环流量：按式(3-20)计算：

$$q_{水\text{-}12}=\frac{\Sigma\Delta W}{C\Delta T}=\frac{76768}{4.19\times 15}=1221\text{L/h}$$

8) 计算各管段的循环流量：从水加热器后第一个节点开始，依次分配各节点的循环流量，按式(3-22)计算：

得
$$q_{11\sim 12}=q_{水\text{-}12}\frac{\Sigma W_{11\sim 12}}{\Sigma W_{11\sim 12}+\Sigma W_{右环}}=1221\times\frac{36575}{36575+36575}=610\text{L/h}$$

依次计算，将结果列入第16项。

9) 复算终点水温，按式(3-23)计算：

得
$$t'_{12}=t'_{水\text{-}12}-\frac{W_{水\text{-}12}}{Cq_{水\text{-}12}}=70-\frac{3618}{4.19\times 1221}=69.3℃$$

依次计算后列入表第17项。

计算结果可知，各终点水温均在要求范围内，复算水温与估算水温(第8项)差约0.5℃。

10) 计算自然循环水头损失：按式(3-25)计算，其结果列于表3-21。

循环水头损失计算 **表3-21**

	管段编号	管段长度 L(m)	管径 DN (mm)	循环流量 q(L/h)	沿程水头损失 每米 (Pa)	沿程水头损失 管段 (Pa)	流速 v (m/s)	局部阻力水头损失 局部阻力系数 ξ	局部阻力水头损失 $\Sigma\xi$	局部阻力水头损失 损失值 Z (Pa)
配水管道	水～12	18	70	1221	3.00	54.00	0.1	突然收缩0.5 90°弯头2×1.0 阀门0.5	3	15.00
	12～11	6	70	610	0.92	5.50	0.051	傍流三通1.5 阀门0.5	2	2.80
	11～10	12	50	460	2.18	26.2	0.066	直流三通1.0 90°弯头1.0	2	3.70
	11～9	3	50	374	1.40	4.20	0.052	傍流三通1.5	1.5	2.20
	9～8	4	50	297	0.90	3.60	0.042	直流三通1.0 90°弯头2×1.0	3	2.40
	8～7	14	50	218	0.48	6.70	0.031	直流三通1.0 90°弯头2×1.0	3	1.50
	7～5	8.4	40	111	0.50	4.20	0.026	直流三通1.0 90°弯头1.0 阀门0.5	2.5	1.00
	5～2	10.8	32	111	1.14	12.30	0.036	直流三通3×1.0	3	2.00
	2～1	3.6	25	111	5.08	18.30	0.064	直流三通1.0	1.0	2.00
	1～0	1.4	20	111	21.80	30.50	0.115	直流三通1.0 阀门0.5	1.5	10.80

续表

	管段编号	管段长度 L(m)	管径 DN (mm)	循环流量 q(L/h)	沿程水头损失 每米 (Pa)	沿程水头损失 管段 (Pa)	流速 v (m/s)	局部阻力水头损失 局部阻力系数 ξ	局部阻力水头损失 $\Sigma\xi$	局部阻力水头损失 损失值 Z (Pa)
回水管道	0-18	6.2	20	111	21.80	135.00	0.115	90°弯头 2	2	14.00
	18～20	14	40	218	1.80	25.20	0.051	汇流三通 3.0 90°弯头 2×1.0	5	6.50
	20～21	4	40	297	3.40	13.60	0.07	汇流三通 3.0 90°弯头 2×1.0	5	13.00
	21～22	3	40	374	5.40	16.20	0.086	汇流三通 3.0	3.0	10.00
	22～24	12	40	460	8.18	98.20	0.11	汇流三通 3.0 90°弯头 1.0	4	22.00
	24～28	5	50	610	3.72	18.60	0.087	汇流三通 3.0 阀门 0.5	3.5	14.00
	28～29	2	50	1221	15.30	30.60	0.18	汇流三通 3.0 阀门 0.5 止回阀 7.5	11	178.00
	29～水	1	70	1221	3.00	3.00	0.1	旁流三通 1.5 阀门 0.5 突然扩大 1.0	3	15.00
	合　计					505.90				315.90

则 $H=505.9\text{Pa}+315.9\text{Pa}=821.8\text{Pa}$

11) 计算自然循环作用水头：按式(3-26)计算：

$$H_{zr}=10\Delta h(r_3-r_4)=10\times 18(983.24-977.50)=1033.2\text{Pa}$$

最远配水立管中水的平均温度 $t_3=\dfrac{56+63.5}{2}=59.75℃$

最远配水立管中水的平均密度 $\gamma_3=983.24\text{kg/m}^3$

配水主立管中水的平均温度 $t_4=\dfrac{70+68.3}{2}=69.3℃$

配水主立管中水的平均密度 $\gamma_4=977.50\text{kg/m}^3$

$$\Delta h=18\text{m}$$

12) 校核自然循环条件，$H_{zr}\geqslant 1.35H$，(按式 3-28)计算：

得 $$1.35H=1.35\times 821.8\text{Pa}=1109.43\text{Pa}$$

计算结果：$H_{zr}<1.35H$，不能满足自然循环条件，故应改为机械循环供水方案。

(2) 机械循环计算示例：把上述示例以强制循环管网计算，采用强制循环时，回水管管径可缩小 2 号，水加热器出口与最远配水点的温降可减小，采用 5～10℃，热水立管可采用保温。本示例除回水管径缩小外，系统温降仍采用 15℃，热水立管仍不保温，以便应用自然循环管网计算示例中的数据。

【解】

1) 配水管网水力计算同自然循环管网计算示例，见表 3-19。

2) 配水管网热损失和循环流量同自然循环管网计算示例，见表 3-20。

3) 管网的循环水头损失，见表 3-22。

循环水头损失计算 表 3-22

	管段编号	管段长度 L (m)	管径 DN (mm)	循环流量 q(L/h)	沿程水头损失 每米 (Pa)	沿程水头损失 管段 (Pa)	流速 v (m/s)	局部阻力水头损失 局部阻力系数 ξ	局部阻力水头损失 $\Sigma\xi$	局部阻力水头损失 损失值 Z (Pa)
配水管道	水～12	18	70	1221	3.00	54.00	0.1	突然收缩 0.5 90°弯头 2×1.0 阀门 0.5	3	1.50
	12～11	6	70	610	0.92	5.50	0.051	傍流三通 1.5 阀门 0.5	2	2.80
	11～10	12	50	460	2.18	26.20	0.066	直流三通 1.0 90°弯头 1.0	2	3.70
	10～9	3	50	374	1.40	4.20	0.052	傍流三通 1.5	1.5	2.20
	9～8	4	50	297	0.90	3.60	0.042	直流三通 1.0 90°弯头 2×1.0	3	2.40
	8～7	14	50	218	0.48	6.70	0.031	直流三通 1.0 90°弯头 2×1.0	3	1.50
	7～5	8.4	40	111	0.50	4.20	0.026	直流三通 1.0 90°弯头 1.0 阀门 0.5	2.5	1.00
	5～2	10.8	32	111	1.14	12.30	0.036	直流三通 3×1.0	3	2.00
	2～1	3.6	25	111	5.08	18.30	0.064	直流三通 1.0	1.0	2.00
	1～0	1.4	20	111	21.80	30.50	0.115	直流三通 1.0 阀门 0.5	1.5	10.80
	合 计					165.50				43.40
回水管道	0～18	6.2	20	111	21.80	135.00	0.115	90°弯头 2.0	2	14.00
	18～20	14	25	218	19.00	266.00	0.125	汇流三通 3.0 90°弯头 2×1.0	5	39.20
	20～21	4	32	297	8.00	32.00	0.095	汇流三通 3.0 90°弯头 2×1.0	5	22.60
	21～22	3	32	374	12.50	37.50	0.125	汇流三通 3.0	3	23.90
	22～24	12	32	460	19.90	238.80	0.15	汇流三通 3.0 90°弯头 1.0	4.0	45.20
	24～28	5	40	610	14.00	70.00	0.14	汇流三通 3.0 阀门 0.5	3.5	34.30
	28～29	2	40	1221	59.00	118.00	0.29	汇流三通 3.0 阀门 0.5 止回阀 7.5	11	472.0
	29～水	1	70	1221	3.00	3.00	0.1	傍流三通 1.5 阀门 0.5 突然扩大 1.0	3	15.00
	合 计					900.00				627.00

4) 由表 3-22 可得出结果：按管网热损失计算的循环流量通过配水管网的水头损失为

$$H_P = 165.50 + 43.40 = 208.90\text{Pa}$$

按管网热损失计算的循环流量通过回水管网的水头损失为

$$H_x = 900 + 627 = 1527.0\text{Pa}$$

5）确定循环附加流量：配水点的水温，平均在59℃时，每床位每日热水用水量，按表3-1，取220L，最大小时热水用水量为

$$Q_h = K_h \frac{mq_r}{24} = 2 \times \frac{280 \times 220}{24} = 5133\text{L/h}$$

循环附加流量取最大小时热水用水量的15%。

$$q_f = 0.15 \times 5133 = 761\text{L/h}$$

6）计算循环水泵流量和扬程：循环水泵流量为

$$Q_b = 1221 + 761 = 1982\text{L/h}$$

循环水泵扬程为

$$H_b = H_P\left(\frac{q_x + q_f}{q_x}\right)^2 + H_x = 208.9 \times \left(\frac{1221 + 761}{1221}\right)^2 + 1527.0$$

$$= 2077.50\text{Pa} = 2.08\text{kPa}$$

3.5　常用加热设备

3.5.1　种　　类

常用加热设备种类有：容积式水加热器（容积式和半容积式加热器）、快速水加热器（快速式、半即热式、板式和螺旋管式加热器）、燃气水加热器、电水加热器、太阳能水加热器等。

随着工业技术的发展，新的材料和结构的采用，目前出现多种新型式的高效率加热器，如波节管换热器、弹性管束换热器等。

从材质上分有碳钢制造，不锈钢碳钢复合材质，碳钢内衬铜或喷铜、喷铝材质。加热盘管有碳钢制造、铜制造、不锈钢制造等。

因此，设计加热设备时，应根据设计要求，参照各厂家生产的设备资料合理选择高效、节能、减少结垢和便于维修的加热设备。

3.5.2　容积式水加热器

（1）常用型式：容积式水加热器常用型式，见表3-23。

容积式水加热器常用型式　　表3-23

种　类	型　　式	总　容　积 (m^3)	公称直径 (mm)	最大工作压力(MPa)			换热面积 (m^2)
				壳　　程	管　　程		
					蒸　汽	高温水	
卧式	单盘管	0.5～16.0	600～2200	0.60	0.40		0.86～11.91
	双盘管	5.00～15.00	1400～2200	0.60	0.40		10.62～38.96
	浮动盘管	1.0～12.0	1000～2000	0.6～1.20	0.4	1.50	4.0～39.0
	弹性管束	2.00～8.00	1200～2000	1.0	0.6	1.0	

续表

种类	型式	总容积 (m^3)	公称直径 (mm)	最大工作压力(MPa)			换热面积 (m^2)
				壳程	管程		
					蒸汽	高温水	
立式	单盘管	1.50~10.00	1200~2000	0.6~1.0	0.4	1.60	2.11~22.90
	双盘管	3.0~8.0	1200~2000	0.60~1.00	0.4	1.60	5.90~36.40
	浮动盘管	0.8~10.0	900~2000	0.6~1.50	0.6	1.50	4.1~49.0
	弹性管束	2.00~8.00	1200~2000	1.0	0.6	1.0	

(2) 容积式水加热器计算：

1) 换热面积，按式(3-35)计算：

$$F=1.1\sim1.2\frac{Q}{\varepsilon K\Delta t}\quad(m^2) \tag{3-35}$$

式中 Q——设计小时耗热量(W)；

ε——由于水垢、热媒分布不均匀等影响传热效率的系数，一般采用0.8~0.6；

K——传热系数[$W/(m^2\cdot℃)$]，K 值对加热器换热影响很大，主要取决于热媒种类和压力、热媒和热水流速、换热管材质和热媒出口凝结水水温等；K 值应按厂家提供的参数选用；对于普通容积式加热器 K 值，参见表3-24；

普通容积式加热器 K 值 表3-24

热媒种类		热媒流速 (m/s)	被加热水流速 (m/s)	$K[W/(m^2\cdot℃)]$	
				钢盘管	铜盘管
蒸汽压力 (MPa)	≤0.07	—	<0.1	640~698	756~814
	>0.07	—	<0.1	698~756	814~872
热水温度 70~150(℃)		<0.5	<0.1	326~349	384~407

注：表中 K 值是按盘管内通过热媒和盘管外通过被加热水。

Δt——热媒与被加热水的计算温差，可按其算术平均温度采用，见式(3-36)：

$$\Delta t=\frac{t_{mc}+t_{mz}}{2}-\frac{t_L+t_r}{2}\quad(℃) \tag{3-36}$$

式中 t_{mc}、t_{mz}——热媒的初温和终温(℃)，见表3-25；

t_L、t_r——被加热水的初温和终温(℃)。

表3-25

热媒 / 换热器种类	饱和蒸汽				热网热水 (℃)	
	$P\leqslant0.07$(MPa)		$P>0.07$(MPa)			
	t_{mc}	t_{mz}	t_{mc}	t_{mz}	t_{mc}	t_{mz}
普通容积式水加热器	100℃	100℃	t_b	t_b	70~150	55~75
双盘管加热器	t_b	80℃	t_b	80℃	70~150	55~75
浮动盘管加热器	t_b	60℃	t_b	60℃	70~150	55~70
弹性管束换热器	t_b	45℃	t_b	45℃	70~150	45℃

注：1. t_b 为蒸汽饱和温度(℃)。

2. 热媒初温和终温的温差应大于10℃。

2）水头损失：因容积式水加热器中被加热水的流速很小，且其流程较短，其水头损失很小，一般在0.05～0.2m，常可忽略不计。

3）热媒耗量：见第3.4.3节。

4）示例：

【例1】 ① 已知条件：被加热水平均流量 $Q_h=8500L/h$，冷水温度 $t_L=15℃$，热水水温 $t_r=60℃$，热媒为蒸汽，压力 $P=0.2MPa$(表压)，全天供热。

② 要求：选择适当的容积式水加热器。

③ 计算：

ⅰ．设计小时耗热量 Q，按式(3-5)为

$$Q=\frac{CQ_h(t_r-t_L)}{3600}=\frac{4187\times8500\times(60-15)}{3600}$$
$$=445kW$$

ⅱ．计算温度差：蒸汽的饱和温度 $t_b=133℃$，

$$\Delta t=\frac{t_{mc}+t_{mz}}{2}-\frac{t_L+t_r}{2}=133-\frac{15+60}{2}=95.5℃$$

ⅲ．换热面积 F：K 取 $860W/(m^2\cdot℃)$，

得
$$F=1.2\frac{Q}{\epsilon K\Delta t}=1.2\frac{445\times1000}{0.7\times860\times95.5}=9.26m^2$$

ⅳ．贮水容积：按式(3-10)计算为

$$V=\frac{0.5\times3.6Q}{C(t_r-t_L)}=\frac{0.5\times3.6\times445\times1000}{4187\times(60-15)}=4.25m^3$$

ⅴ．加热器选用：选6#卧式容积式水加热器二台，其贮水容积为 $3m^3\times2=6.0m^3$，实际换热面积 $F=4.8m^2\times2=9.6m^2$，换热管管径 $\phi38\times3$，长度为2730mm，加热器直径 $DN1200$。

ⅵ．热媒耗量：按式(3-7)计算为

$$G=1.15\frac{3.6Q}{i_m-i_n}=1.15\frac{3.6\times445}{2726-559}=850kg/h$$

i_m、i_n 查表3-13(在0.3MPa绝对压力下)得出。

【例2】 ① 已知条件：被加热水平均流量 $Q_h=14000L/h$，冷水温度 $t_L=10℃$，热水水温 $t_r=55℃$，热媒为热网热水，水温 $t_{mc}=85℃$，终温 $t_{mz}=65℃$，全天供热。

② 要求：选择合适的浮动盘管水水加热器。

③ 计算：

ⅰ．设计小时耗热量 Q：按式(3-5)为

$$Q=\frac{CQ_h(t_r-t_L)}{3600}=\frac{4187\times14000\times(55-10)}{3600}=733kW$$

ⅱ．计算温度差 Δt 为

$$\Delta t=\frac{t_{mc}+t_{mz}}{2}-\frac{t_L+t_r}{2}=\frac{85+65}{2}-\frac{10+55}{2}=42.5℃$$

ⅲ．换热面积 F：

K 值取 $1100W/(m^2\cdot℃)$，

得 $$F=1.2\frac{Q}{\varepsilon K\Delta t}=1.2\frac{733\times1000}{0.7\times1100\times42.5}=26.9\text{m}^2$$

ⅳ. 贮水容积:按式(3-10)计算为

$$V=\frac{0.5\times3.6Q}{C(t_r-t_L)}=\frac{0.5\times3.6\times733\times1000}{4.187\times(55-10)}=7.0\text{m}^3$$

ⅴ. 选加热器:选浮动盘管水水加热器共二台,其贮水容积 $3.5\times2=7.0\text{m}^3$,实际换热面积 $F=14.01\times2=28.02\text{m}^2$,加热器直径 *DN*1400。

ⅵ. 热媒耗量:按式(3-7)计算为

$$G=1.2\frac{3.6Q}{C(t_1-t_2)}=1.2\frac{3.6\times733\times1000}{4.187\times(85-65)}=37800\text{kg/h}=37.8\text{kg/h}。$$

3.5.3 快速水加热器

(1) 快速水加热器常用型式,见表 3-26。

快速水加热器常用型式 表 3-26

型式	换热面积(m^2)	工作压力(MPa)	规格	压力降(MPa)
管式	(单排) 0.50~4.80	0.4~0.6	*DN*50~80	0.02~0.08
螺旋管式	7.0~84.0	0.4~1.0	*DN*400~800	0.01~0.06
波节管式	14.0~600.0	0.5~1.0	*DN*500~800	0.005~0.06
板式	(单板) 0.1~1.3	0.4~1.0	(单板) 245×658~ 2195×815mm	0.1~0.2
螺旋板式	5.5~60.0	0.25~1.0	(板宽) 400~1200mm	0.01~0.06
浮动盘管半即热式	2.90~40.0	0.6~1.50	*DN*400~800	0.005~0.03

(2) 各种型式水加热器见图 3-7~13。

(3) 常用快速水加热器主要特点:

1) 管式水加热器:该加热器在我国发展较早,构造面单,加工容易,造价较低。对需要快速换热的场所过去使用较普遍。材质常用碳钢制造,还有不锈钢制造,其换热管有碳钢、铜和不锈钢制造。但对进水水质有一定要求,因换热管小,在一些地区水质硬度大时易结垢,一般在几个月到一年应清洗。在结垢后影响出水量,水头损失上升较快。占地较大,见图 3-7。

2) 螺旋管式水加热器:该加热器是在一个或几个筒体内敷设换热管,以螺旋槽管代替光滑管束,管内流体因管外流体螺旋线流动而受到周期性扰动产生湍流脉动运动,减薄了管内传热边界层,强化了传热效果。管内流体由于螺旋槽管作用形成螺旋线运动而提高了传热效率。使传热系数提高较大,因而也减少了传热面积。但同样存在因水质易结垢和不好清洗问题,见图 3-11。

3) 波节管式水加热器:该加热器的换热管以不锈钢薄壁波节管代替了传统的光管,使管子内外冷热流体的湍流程度增加,其传热系数大为提高。因采用较大直径的不锈钢管,使其截面积增大,流体阻力小,堵塞可能性减小,便于检修时清洗。由于换热管的伸缩,对减少

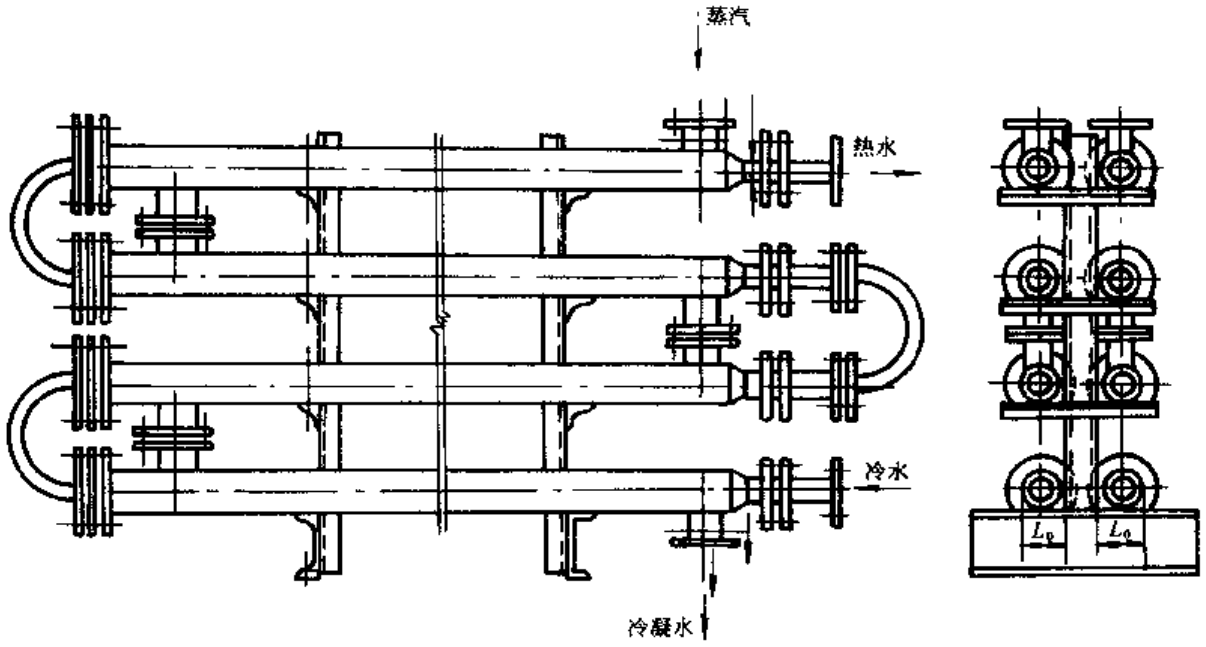


图 3-7　管式水加热器

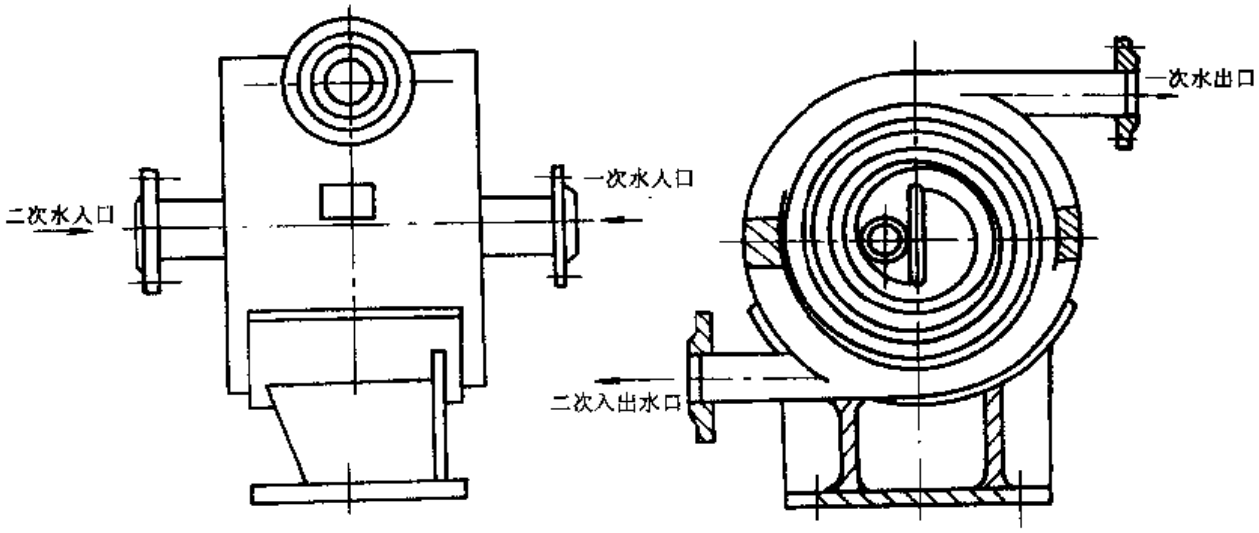


图 3-8　螺旋板式水加热器

结垢有一定好处，见图 3-9。

4）板式水加热器：由不同规格的定型板片叠压而成的加热器，由于板片表面成波纹状，诱导流体成紊流状态，从而提高了换热效率。但不易清除板间由于水质硬度较大而引起的结垢。水头损失较大也是不利的因素，见图 3-12。

5）螺旋板式水加热器：该加热器换热板为螺旋型，在板内外各通过不同的流体（或蒸汽），以达换热目的。换热效果较好；体积较小，占地省。但在曲水质硬度较大时易结垢，且清洗不太容易，见图 3-8。

6）浮动盘管半即热式加热器：这是近来发展起来的较新型快速加热器，其主要特点是

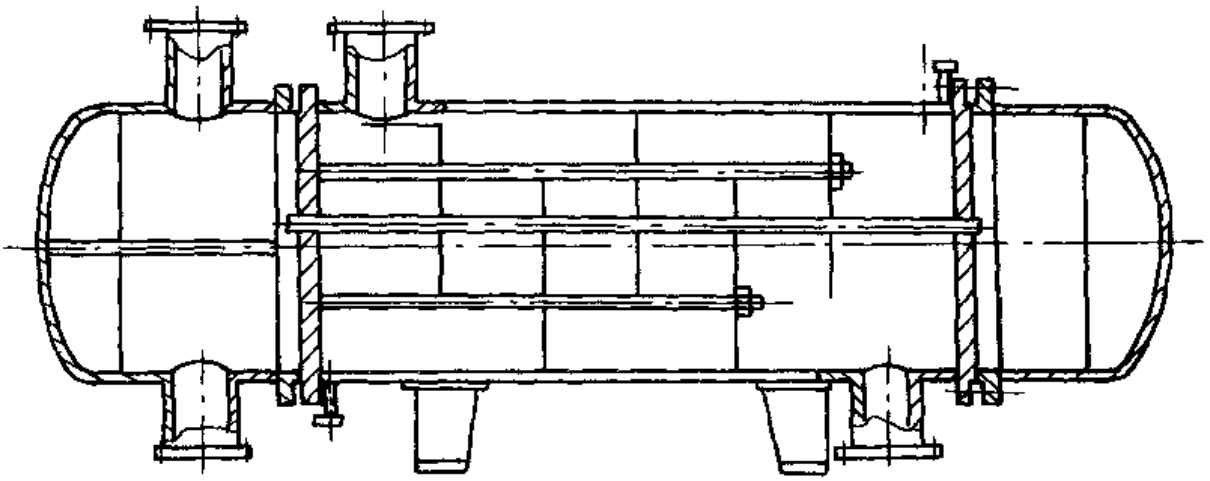


图 3-9 波节管式水加热器

换热管采用浮动盘管(材质有铜、不锈钢制),使被加热水产生扰动,强化了传热效果。由于壳体内盘管可以上下浮动,再加上盘管壁间相互的摩擦冲动,可使盘管外壁的污垢自行脱落,具有一定的自动除垢功能。凝结水回水温度低(50～60℃),能回收总换热量 15%的凝结水热量,具有较大节能效益,有些浮动盘管加热器可不装疏水器。体积小,占地面积小。有较少的贮存水量,能迅速加热以满足使用要求。是目前较好的快速加热器,见图 3-10。

7) 弹性管束加热器(摘自山东格致热工设备有限公司产品样本):它是一种新型高效换热器,利用自由振动防止振动破坏的基础上进而提出了利用流体诱导振动强化传热的新方法。其目的是利用流体流动诱导的弹性管束振动在扰动水流提高对流换热系数的同时,利用振动变形清除传热表面结垢,降低污垢热阻,实现复合强化传热。弹性管束的振动是对流体产生扰动的固定范围低频振动。因此,传热系数比一般换热器提高 3 倍以上,其传热系数见表 3-27。

弹性管束换热器传热系数 K[W/(m²·℃)] 表 3-27

技 术 条 件	汽-水换热器	水-水换热器	汽-水容积式换热器
蒸汽压力 0.2～0.6MPa 水流量在设计负荷 50%～120%	3800～5500	3100～4500	3500～5100

弹性管束在运行过程中,不仅受到水流的激发面产生垂直于盘管平面的面外振动,还会由于流体在盘管内部的充斥与流动产生平面内的伸缩,即面内振动,盘管伸缩所产生的盘管局部变形是减少污垢的主要原因。弹性管束的污垢热阻一般只有普通光管的 1/3,因而是一种优良的传热迅速、结构灵活、金属耗量低、节能和无噪声的换热器。

(4) 快速水加热器计算:

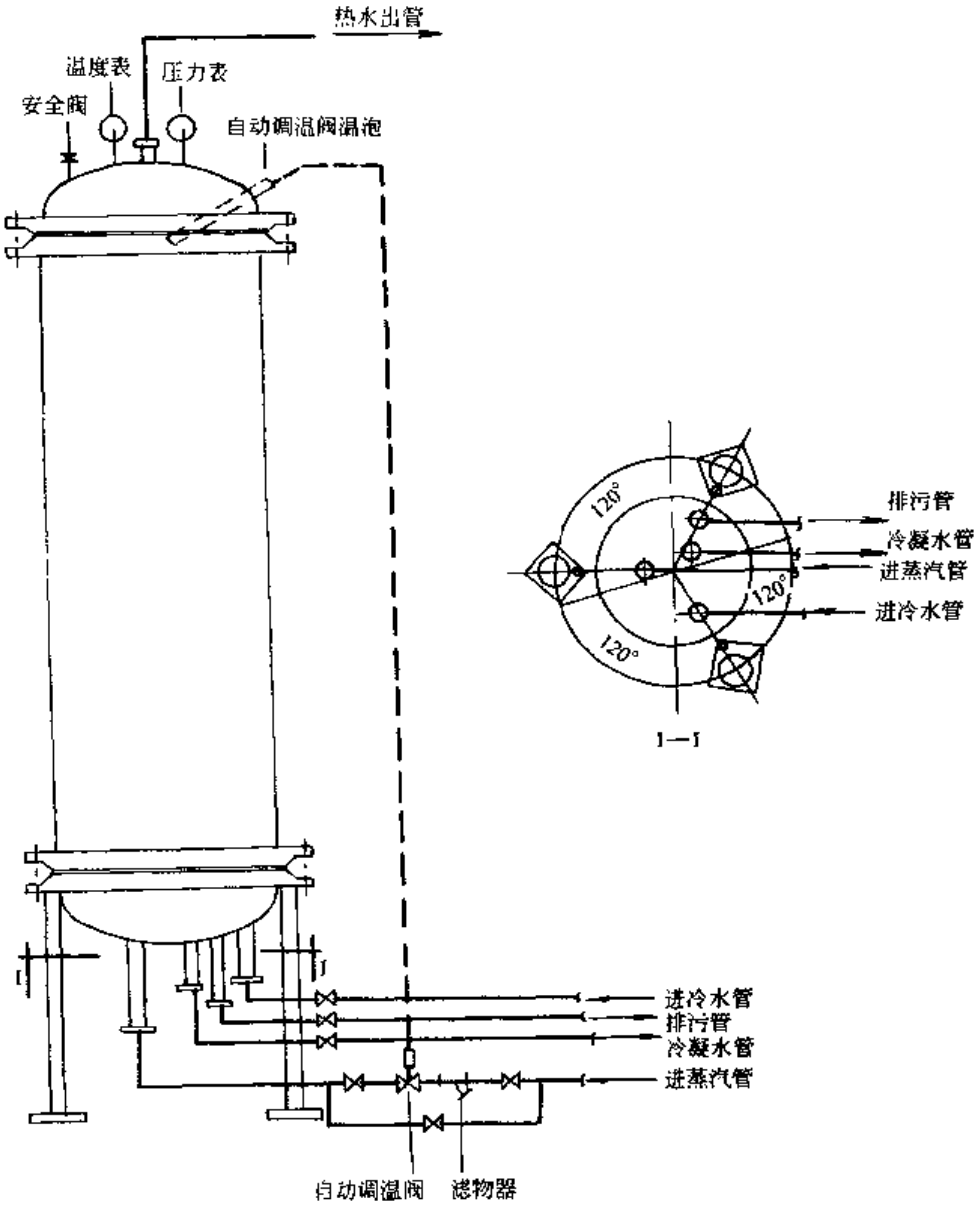


图 3-10　浮动盘管半即热换热器

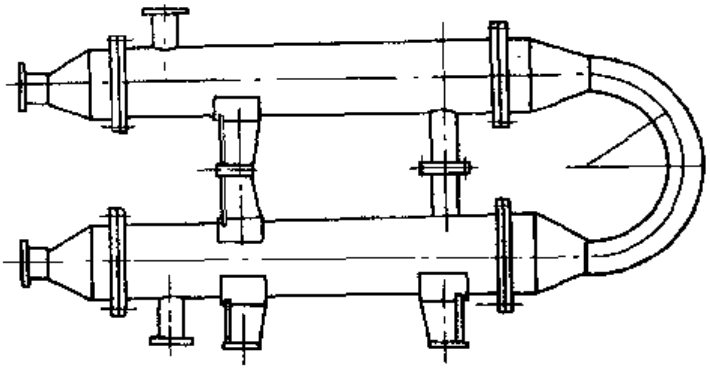


图 3-11　螺旋管式水加热器

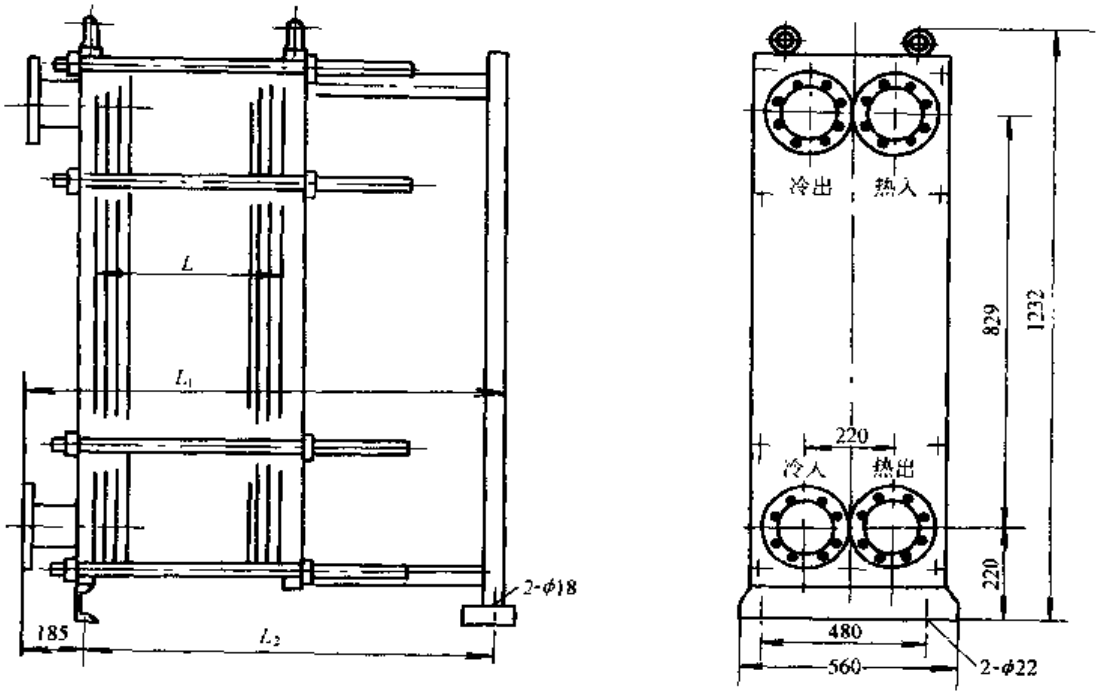


图 3-12 板式水加热器

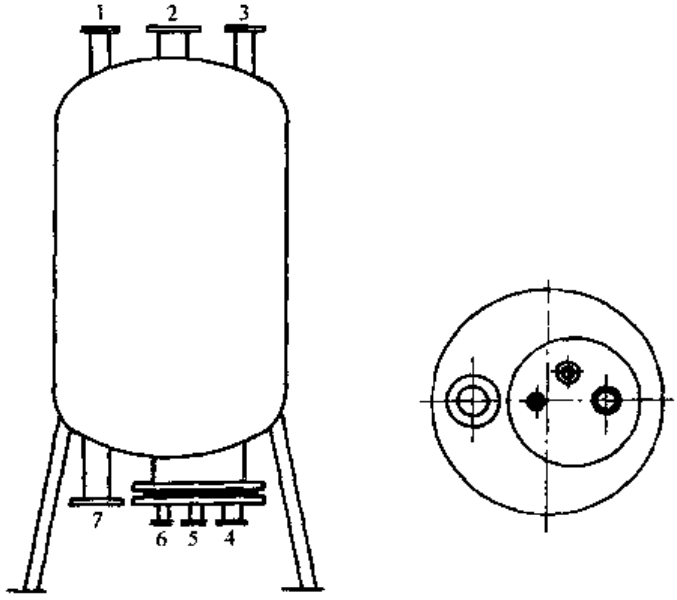


图 3-13 弹性管束换热器

1—旁通管路;2—被加热水出口;3—安全阀接口;4—加热介质进口;5—排污接口;6—加热介质出口;7—被加热水进口

1) 换热面积 F:计算公式同式(3-35),但其中传热系数、热媒与被加热水的计算温度差和传热效率系数应做如下计算:

① 传热系数 K:

ⅰ．传热系数 K 按式(3-37)计算：

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1}+\sum\frac{\delta}{\lambda}+\frac{1}{\alpha_2}}\quad[\mathrm{W/(m^2\cdot℃)}] \tag{3-37}$$

式中　α_1——热媒至管壁的放热系数[$\mathrm{W/(m^2\cdot℃)}$]；

α_2——管壁至被加热水的放热系数[$\mathrm{W/(m^2\cdot℃)}$]；

α_1、α_2 的计算方法参照《工业锅炉房设计手册》进行。

δ——管壁厚度(m)；

λ——管壁的导热系数[$\mathrm{W/(m^2\cdot℃)}$]，

钢管：45～58；

黄铜管：81～116；

紫铜管：349～465；

水垢：0.6～2.3；

铁锈：～1.1；

ⅱ．传热系数的概略值：在不要求精确计算时，传热系数的概略值，按表 3-28 采用。

快速水加热器传热系数概略值　　表 3-28

被加热水的流速(m/s)	传热系数 K[$\mathrm{W/(m^2\cdot℃)}$]							
	热媒为热水时，热媒流速(m/s)						热媒为蒸汽时的蒸汽压力(kPa)	
	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	≤100	>100
0.5	1105	1279	1400	1512	1628	1686	2733/2152	2558/2035
0.75	1244	1454	1570	1745	1919	1977	3431/2675	3198/2500
1.0	1337	1570	1745	1977	2210	2326	3954/3082	3663/2908
1.5	1512	1803	2035	2326	2558	2733	4536/3722	4187/3489
2.0	1628	1977	2210	2558	2849	3024	—/4361	/4129
2.5	1745	2093	2384	2849	3198	2489	—	—

注：表中热媒为蒸汽时，分子为两回程汽-水快速加热器将被加热水温度升高 20～30℃时的传热系数，分母为四回程汽-水快速加热器将被加热水温度升高 60～65℃的传热系数。

② 计算温度差(平均对数温度差)，按式(3-38)计算：

$$\Delta t_j=\frac{\Delta t_{max}-\Delta t_{min}}{\ln\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}\quad(℃) \tag{3-38}$$

式中　Δt_{max}——热媒和被加热水在加热器一端的最大温度差(℃)；

Δt_{min}——热媒和被加热水在加热器另一端的最小温度差(℃)，对于汽-水快速加热器，其值应大于 5℃；对于水-水快速加热器，其值应大于 10℃。

在已知 Δt_{max} 和 Δt_{min} 时，其平均对数温度差 Δt_j 也可由图 3-14 查得。

③ 传热效率系数可按下值采用：

对于汽-水快速加热器　　$\varepsilon=0.8\sim0.6$

对于水-水快速加热器　　$\varepsilon=0.65\sim0.6$

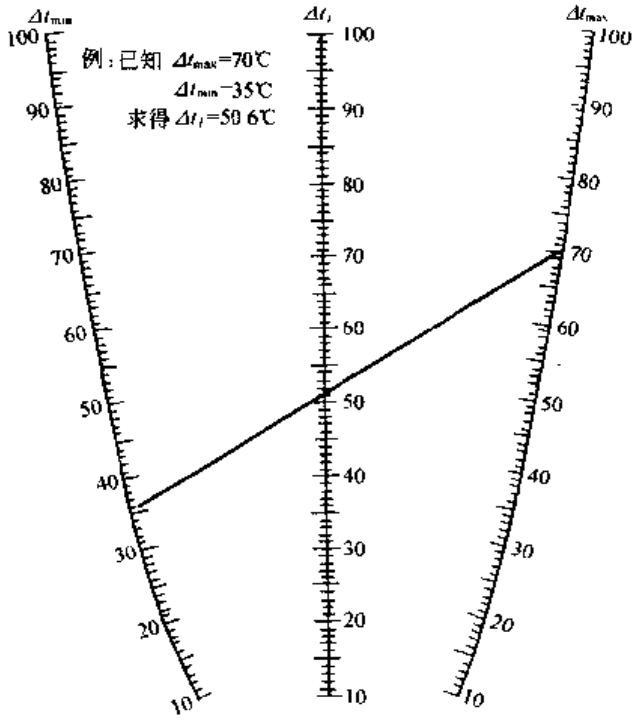


图 3-14 平均对数温度差计算

2）水头损失：

① 管程水头损失，按式(3-39)计算：

$$\Sigma\Delta H_n = 10\times\left(\frac{\lambda L}{d_n}+\Sigma\xi\right)\frac{v_n^2\gamma_m}{2g}\quad(\text{Pa}) \tag{3-39}$$

式中 λ——摩阻系数，对于钢管可取 0.03，对于铜管可取 0.02；

L——被加热水的流程总长度(m)，等于传热管长度乘回程数；

d_n——传热管内径(m)；

v_n——被加热水在传热管内的流速(m/s)，一般采用 1～3m/s；

γ_m——被加热水在平均温度时的密度(kg/m^3)；

g——重力加速度(m/s^2)。

$\Sigma\xi$——局部阻力系数之和，各处局部阻力系数 ξ 值，见表 3-29。

局部阻力系数 ξ 值 表 3-29

回 程	局 部 阻 力 的 形 式	ξ 值
管 程	与管束垂直的水室进口或出口	0.75
	由水室到管束，或由管束到水室	0.50
	经水室转 180°	1.50
	经水室转 180°，由一管束到另一管束	2.50
	经弯头转 180°	0.50
	经弯头转 180°，由一管束到另一管束	1.50

续表

回　程	局　部　阻　力　的　形　式	ξ　值
壳　程	与管束垂直进入管间	1.50
	与管束垂直流出管间	1.00
	在管间由一段到另一段	2.50
	在管间绕过横向隔板	0.50～1.00
	在管间绕过纵向隔板	1.50
	垂直流过管束	见注

注：1．在管束交错排列时，

$$\xi=(4.0+6.6m)\mathrm{Re}^{-0.28}(X_1<X_2) \tag{3-40}$$

$$\xi=(5.4+3.4m)\mathrm{Re}^{-0.28}(X_1>X_2) \tag{3-41}$$

2．在管束顺直排列时，

$$\xi=(6+9m)\left(\frac{X_1}{d_w}\right)^{0.23}\mathrm{Re}^{-0.26} \tag{3-42}$$

其中　m——垂直流向的管子排数；

X_1——排内管子的净距；

X_2——各排间管子的净距；

Re——雷诺数，

$$\mathrm{Re}=\frac{v_w d}{\nu}=\frac{v_w d\gamma}{\mu g} \tag{3-43}$$

ν——运动粘度(m^2/s)；

μ——动力粘度[$(kg\cdot s)/m^2$]；

γ——相应温度时水的密度(kg/m^3)；

v_w——垂直管束的流速(m/s)，

$$v_w=\frac{Q}{Fx}3600=\frac{3600Q}{0.785D_n^2-d_w\Sigma L}\quad(m/s) \tag{3-44}$$

其中　Q——流量(m^3/h)；

D_n——加热器外壳内径(m)；

d_w——加热管外直径(m)；

ΣL——管束在直径为 D_n 的水平圆面积上投影总长度(m)；

d——当量直径(m)，

$$d=\frac{4Fx}{2\Sigma L}=\frac{1.57D_n^2}{\Sigma L}-2d_w \tag{3-45}$$

② 壳程(管间)水头损失：对于水-水快速加热器，还应计算壳程的水头损失，按式(3-46)计算：

$$\Delta H_w=10\times\left(\frac{\lambda L v_s^2\gamma_m}{d\times 2g}+\Sigma\xi\frac{v_w^2\gamma_m}{2g}\right)\quad(Pa) \tag{3-46}$$

式中　ξ——局部阻力系数，见表 3-28；

v_w——与 ξ 相应的流速(m/s)，对于进、出管间为接管内流速，对垂直流过管束时的流速，按式(3-44)计算，绕过隔板时的流速，采用隔板迎水流侧的流速。

λ——实际摩阻系数，

$$\lambda = \beta \lambda_m \tag{3-47}$$

其中 β——修正系数，

新钢管(线性粗糙度 $k=1$)：$\beta=1.00$；

新铜管：$\beta=1.15$；

旧铜管：$\beta=1.30$；

旧钢管：$\beta=1.15\sim1.56$；

λ_m——新铜管的摩阻系数，

$$\lambda_m = \frac{1}{(1.81\times \lg Re - 1.5)^2} \tag{3-48}$$

Re——雷诺数，

$$Re = \frac{v_s d}{\nu} = \frac{v_s d \gamma_m}{\mu g} \tag{3-49}$$

v_s——顺管束的流程(m/s)；

$$v_s = \frac{3600Q}{0.785(D_n^2 - nd_w^2)} \quad (m/s) \tag{3-50}$$

d——当量直径(m)；

$$d = \frac{4Fx}{\rho} = \frac{D_n^2 - nd_w^2}{D_n + Ld_w} \tag{3-51}$$

式中 n——管束的加热管根数；

3) 热媒耗量：计算方法与容积式加热器相同，见第 3.4.3 节。

4) 计算示例：

【例】 ① 已知条件：加热器的供水量为 $Q=7.2m^3/h$，供水温度 $t_r=60℃$，冷水温度 $t_L=15℃$，蒸汽入口压力 $P=0.4MPa$(绝对压力)，相应饱和蒸汽温度 $t_s=143℃$。拟采用大型单管式汽-水快速加热器。

② 计算要求：确定加热面积，选择合适的水加热器，计算蒸汽小时耗量和水头损失。

③ 计算过程：

ⅰ．平均对数温差：

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} = \frac{128-83}{\ln \frac{128}{83}} = 104℃$$

ⅱ．传热系数：

被加热水的流速为：$v=1.51m/s$

传热系数值，查表 3-28 得：

$$K = 3500W/(m^2\cdot℃) = 3.5kW/(m^2\cdot℃)$$

ⅲ．换热面积：

$$F = 1.2\frac{Q}{3600\varepsilon K\Delta t_m}$$
$$= 1.2\frac{4.187\times 7200(60-15)}{3600\times 0.7\times 3.50\times 104}$$
$$= 1.8m^2$$

Ⅳ. 采用大型单管式汽-水快速加热器，选择 2 号 4 行程两台，单程有效长度 3000mm，实际传热面积为 $1.27\times 2=2.58m^2$，传热管 ϕ34mm×3.5mm。

Ⅴ. 蒸汽耗量：

$$G = 1.2\frac{3.6Q}{i_m - i_n}$$
$$= \frac{1.2\times 4.187\times 7200(60-15)\times 3.6}{(2738-601)\times 3600}$$
$$= 762.0kg/h$$

Ⅵ. 管程水头损失：

局部阻力系数之和 $\Sigma\xi = 5\times 0.5 = 2.5$

水的流程长度 $L = 4\times 3 = 12$

水头损失：

$$\Delta H_n = 10\left(\frac{\lambda L}{d_n} + \Sigma\xi\right)\frac{v_n^2\gamma_m}{2g}$$
$$= \left(\frac{0.03\times 12}{0.027} + 2.5\right)\times\left(\frac{1.512\times 992}{2\times 9.81}\right)$$
$$= 18250Pa = 18.25kPa$$

3.5.4 燃气水加热器

(1) 燃气的种类：

1) 按生产方式分有：天然气(直接从自然界获得的燃气—气井气、油田伴生气、矿井气等)、人造燃气(以煤或石油经加工而产生的燃气—炼焦煤气、直立炉气、混合煤气、发生炉气、水煤气等)、液化石油气(为煤油厂的副产品，在常温下加压至 0.7～0.8MPa 大气压即可液化)。

2) 按燃气压力分有：低压煤气($P\leqslant 5kPa$，表压)；中压煤气($5kPa < P\leqslant 150kPa$，表压)、次高压煤气($150kPa < P\leqslant 300kPa$，表压)、高压煤气($300kPa < P\leqslant 800kPa$，表压)。

一般城市用加热器为低压煤气和中压煤气。

(2) 燃气加热的特点：

1) 燃气加热的优点：

① 可减少对环境的污染。

② 输送方便和卫生。

③ 燃烧速度快、温度高，加热器体积小，便于调节火力，容易实现自动化。

④ 热效率高，一般可达 75%～85%。

2) 燃气加热的缺点：

① 易发生爆炸，应有安全装置。

② 用户无贮存设施，中断供气时无法使用。

(3) 常用燃气水加热器：

1) 快速燃气加热器：一般安装在用水点就地加热，可随时点燃并可立即取得热水，供一个或几个配水点使用。常用于家庭、浴室、医院手术室等局部热水供应。有多种定型产品，主要由燃烧器、燃烧室、加热盘管、传热片、安全供应装置、外壳和排烟罩等组成，见图 3-15。

2) 容积式燃气水加热器：该加热器具有一定的贮水容积，可供几个配水点或整个管网供水。使用前应预先加热。可用于住宅、公共建筑和工业企业的局部和集中热水供应。主要由燃烧器、燃烧室、点火装置、安全控制装置、温度调节器、温度计、压力表、防风排烟罩、贮水箱、烟管和扩流板组成，见图 3-16。

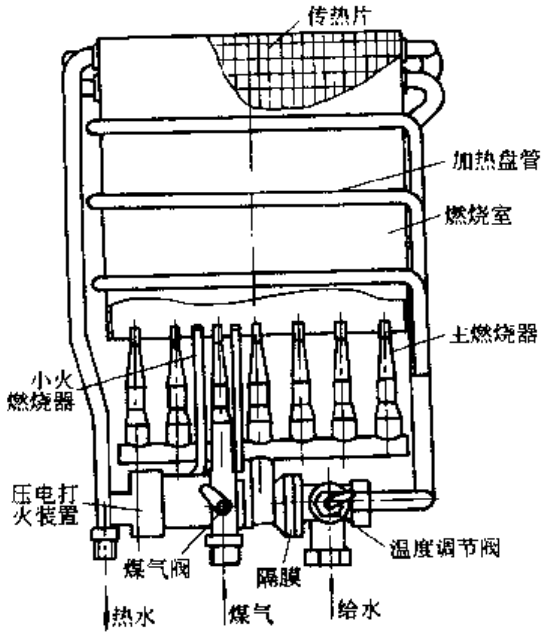


图 3-15 快速式煤气加热器

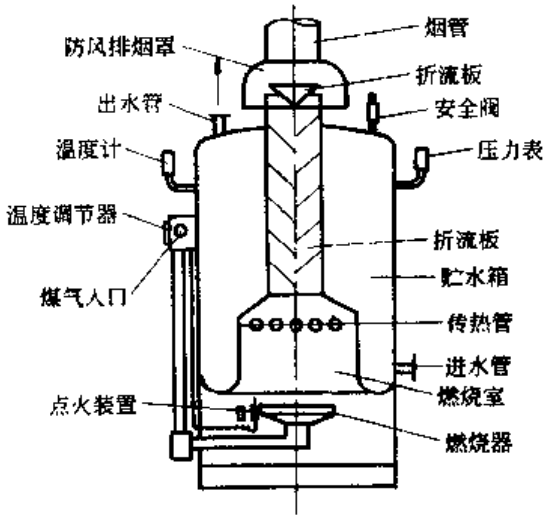


图 3-16 容积式煤气加热器

(4) 燃气水加热器的计算：

1) 燃具热负荷，按式(3-52)计算：

$$Q=\frac{KWC(t_2-t_1)}{3.6\eta\tau}\quad(\mathrm{W}) \tag{3-52}$$

式中 W——被加热水的重量(kg)；

τ——升温所需时间(h)；

t_2、t_1——被加热水的初、终温度(℃)；

C——水的比热[4.187kJ/(kg·℃)]；

K——安全系数(1.28～1.40)；

η——燃具热效率，对容积式水加热器 η 大于 75%，快速水加热器 η 大于 70%，开水器 η 大于 75%；

Q——燃具热负荷(W)。

2) 燃气耗量按式(3-53)计算：

$$\phi=\frac{Q}{Q_d}\quad(\mathrm{m^3/h}) \tag{3-53}$$

式中 Q_d——燃气的低热值，见表 3-30。

燃气主要性能　　表 3-30

燃气种类			相对密度	热值 (kJ/m³)	
				高热值	低热值
人造燃气	煤制气	炼焦煤气	0.3623	19835.5	17631.50
		直立炉气	0.4275	18059.0	16148.0
		混合煤气	0.5178	15423.0	13869.0
		发生炉气	0.8992	6008.0	5748.7
		水煤气	0.5418	11460.0	10391.0
	油制气	催化制气	0.4156	18486.0	16533.7
		热裂化制气	0.6116	37982.0	34806.0
天然气	四川干气		0.5750	40434.0	36470.0
	大庆石油伴生气		0.8954	528736.0	48420.0
	天津石油伴生气		0.7503	48114.0	43676.6
液化石油气	北京		1.9545	123773.0	115150.0
	大庆		1.9542	122377.0	113867.0

(5) 设置小型燃气水加热器的主要要求：

1) 每台加热器应设有观察孔，以便观察小火和主燃烧器的燃烧情况。

2) 应采用主火的自动点燃、熄灭和安全保护措施，以防燃气泄漏。

3) 燃气加热器的燃烧器在 0.5～1.5 倍燃气额定压力范围内使用时，其燃烧热效率不应低于 55%(一般市售产品为 75%～85%)，当过剩空气系数 α 为 1 时，燃烧烟气中 CO 含量小于 0.05%。

4) 每台加热器宜采用单独的烟道，当多台合用一个烟道时，应保证排气时互不影响。加热器不得和使用固体燃料的设备共用一套排烟设施。公共建筑容易积聚煤气的地方，应设置防爆装置。

5) 排烟管道的水平段长度不大于 3.0m，坡度应不小于 0.01，坡向加热器；高度不小于 0.5m；弯头数量不得多于 3 个。

6) 居民生活用加热器连接的通气软管长度宜小于 2.0m，当使用液化石油气时，应采用耐油软管。

7) 宜设置燃气压力调节器，以防燃气压力不稳定出现燃烧不完全或回火。

8) 容积式加热器宜设有温度调节器，水温高于设计要求时，自动切断气源，低于设计要求时自动点火加热。还应设有水位计、温度计、泄水阀、安全阀或其它泄压装置。

9) 居民生活用加热器不应安装在地下室和卧室内。

10) 液化石油气瓶不宜放在有煤火炉的房间内。

11) 安装燃气快速水加热器的房间高度不应低于 2.60m。

12）安装燃气水加热器的厨房，应在门或墙的下部设百页窗，或在门与地面之间留有不小于 200cm^2 的间隔。

13）快速热水器不得安装在易燃墙上。安装在耐火墙上时，与墙的净距应大于 2cm。安装在非燃墙上时，其净距应大于 3cm，同时应用耐火隔热板隔开，隔板四周应比热水器外壳大 10cm。

14）容积式热水器不得靠近易燃墙体，距耐火墙的净距不得小于 15cm，靠近非燃墙体时之间应用隔热材料隔开。热水器前应留有大于 1.0m 的过道。

15）民用生活用气房间允许安装的燃气用具热负荷和换气次数，可按表 3-31 采用。

燃气用具热负荷与换气次数　　表 3-31

房间换气次数(次/h)	1	2	3	4	5
允许热负荷[kJ/(m^3·h)]	1675	2094	2513	2931	3350

3.5.5 电水加热器

（1）常用电水加热器：

1）快速电水加热器：快速电水加热器无贮水容积或贮水容积很小，不需在使用前预先加热，在接通水路和电源后即可得到被加热的热水。使用安装方便、热损失小、容易调节出水温度、体积小。但电耗大，尤其在一些缺电地区使用受到限制。目前市场上该种热水器种类较多，适合家庭和工业、公共建筑单体热水器使用。

2）容积式电水加热器：该种加热器具有一定的贮水容积，其容积可由 10L 到 10m^3。应在使用前预先加热，当贮水达到所需水温后才开始使用，同时不断进入冷水补充或使用到一定程度后再进行第二次加热。体积大，有贮水容积，耗电量较小。一般适用于局部供水和管网供水系统。

（2）电水加热器计算：

1）快速电水加热器耗电功率，按式(3-54)计算：

$$N=(1.10\sim1.20)\frac{3600q(t_r-t_L)C}{3617\eta}\quad(\text{kW}) \tag{3-54}$$

式中 q——热水流量(L/s)；

t_L、t_r——被加热水初、终温度(℃)；

C——水的比热[4.187kJ/(kg·℃)]；

η——加热器效率，一般为 0.95～0.98；

3617——热功当量[kJ/(kW·h)]。

2）容积式电水加热器耗电功率：

① 只在使用前加热，使用过程中不再加热时，按式(3-55)计算：

$$N=(1.10\sim1.20)\frac{V(t_r-t_L)C}{3617\eta T}\quad(\text{kW}) \tag{3-55}$$

式中 V——加热器容积(L)；

T——加热时间(h)。

② 若除使用前加热外，在使用过程中还继续加热时，按式(3-56)计算：

$$N=(1.10\sim1.20)\frac{(3600qT_1-V)(t_r-r_L)C}{3617\eta T_1}\quad(\text{kW})\tag{3-56}$$

式中　T_1——热水使用时间(h)。

③ 需要预热时间(T_2)可按下式计算,按式(3-57)计算:

$$T_2=(1.10\sim1.20)\frac{v(t_r-t_L)C}{3617\eta N}\quad(\text{kW})\tag{3-57}$$

式中符号含义同前。

(3) 设计注意事项:

1) 必须有安全可靠的接地措施,一般接地电阻应不大于 0.1Ω,泄漏电流应不小 0.25mA。

2) 电源火线必须有过电流保护装置,用户电表必须满足通过使用的电流负荷。

3) 电水加热器应有过热安全保护措施,如温度达到一定值自动切断电源和温度降低自动通电措施。应有避免无水干烧的保护措施。应装有温度调控电功率和电压装置。

4) 在没有安全泄压措施时,加热器出水管不得装阀门,以防压力过高发生事故。

5) 加热器应有电源指示灯、水温指示等信号。

6) 加热器所用接触水的材质应对人体是安全的。

3.5.6　太阳能水加热器

(1) 特点和分类:

1) 特点:太阳能水加热器是将太阳能转换成热能并将水加热的装置。其特点是:结构简单、维护方便、节省燃料、运行费用低、不存在环境污染问题。其缺点是:受天气、季节、地理位置等影响不能连续稳定运行,为满足用户要求需配置贮热和辅助加热措施。占地面积较大,布置受到一定的限制。

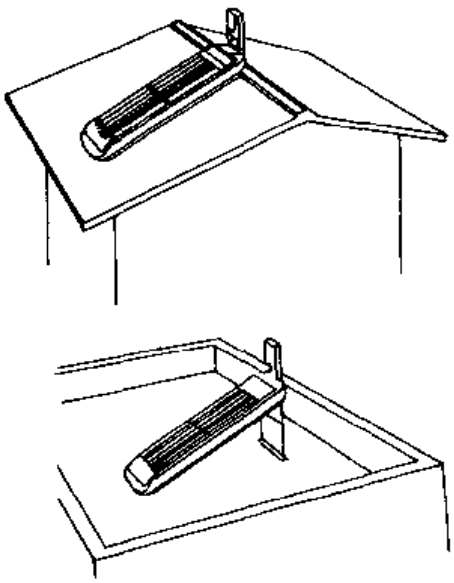


图 3-17　装配式太阳能水加热器

2) 分类:

① 按组合形式分有:

ⅰ. 装配式太阳能水加热器:一般为小型热水器,即把集热器、贮热水箱和管路由工厂装配出售。适于家庭和分散使用场所,目前市场上有多种产品,见图 3-17。

ⅱ. 组合式太阳能水加热器:即是把集热器、贮热水箱、循环水泵、辅助加热设备按系统要求分别设置而组成的太阳能水加热器系统。适用于大面积供应热水系统和集中供应热水系统。见图 3-18～20。

② 按热水循环系统分有:

ⅰ. 自然循环太阳能水加热器:该加热器是靠水温差产生的热虹吸作用进行水的循环加热。运行安全可靠、不需用电和专人管理。但贮热水箱必须装在集热器上面,同时使用的热水会受到时间和天气的影响,见图 3-18。

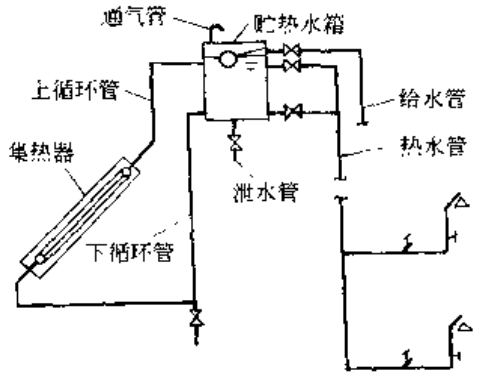


图 3-18 自然循环太阳能水加热器

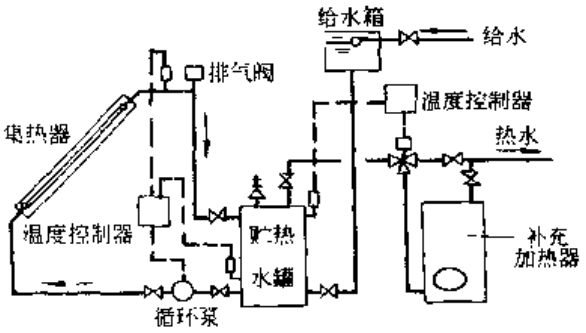


图 3-19 直接加热机械循环太阳能水加热器

ⅱ．机械循环太阳能水加热器：该加热器是利用水泵强制水进行循环的系统。贮热水箱和水泵可放置在任何部位。系统制备热水效率高，产水量大。为克服天气对热水加热的影响，可增加辅助加热设备，如煤气加热、电加热和蒸气加热等措施。适用于大面积和集中供应热水场所，见图 3-19、20。

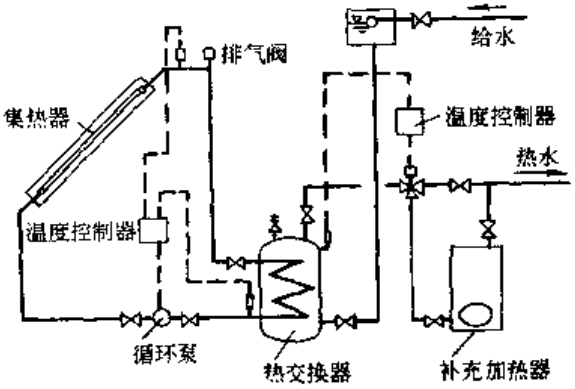


图 3-20 间接加热机械循环太阳能水加热器

(2) 太阳能水加热器系统组成和设计：

1) 集热器：集热器是太阳能水加热器主体，它由集热管、集热板、外壳、保温层、透明罩板组成。集热管常用材料有铜管、不锈钢管、塑料管、铜铝复合管。集热板是主要的集热组件，应有良好的导热性，不易锈蚀。常用材料有不锈钢板、铝板、钢板等。外壳材料常用钢板、铝板、塑料、玻璃钢等。保温材料常用玻璃棉、泡沫塑料、岩棉等。多台集热器应并联设置，不应串联设置。

2) 贮热水箱：

① 自然循环用贮热水箱：为贮存吸收的热量，便于产生自然循环和稳定水压，设置贮热水箱是必要的。常用材料有塑料、ABS、玻璃钢、不锈钢板等。其设计要点：

ⅰ．贮热水箱，底部应高于集热器顶部 200～400mm。

ⅱ．水箱应设置给水管、循环水管、热水管、泄水管、通气管。给水管应从水箱底部引入，或采取给水箱及漏斗配水方式。见图 3-21。

ⅲ．热水管应从水箱上部流出，接管高度一般比上循环管低 50～100mm。为保障水箱内水能全部被利用，同时应从水箱底部接出热水管与上部热水管相接。

ⅳ．上循环管接至水箱上部，一般比水箱顶低 200mm 左右，但要保证正常循环时淹没在水面以下。

ⅴ．下循环管自水箱底部接出，出水管宜高出底部 50mm 以上。

ⅵ．水箱应尽量靠近集热器，尽量缩短上循环管的长度。

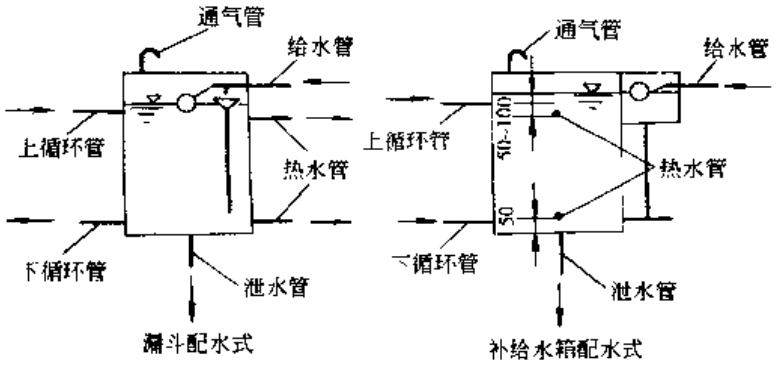


图 3-21　贮热水箱

ⅶ. 水箱宜装温度计、水位计和其它信号及控制仪表。

ⅷ. 上下循环管应有大于 0.01 的坡度，坡向水箱。

② 机械循环用贮热水箱：贮热水箱与一般给水用水箱相同，可以放置在任何部位。

3) 水泵：机械循环系统应设置循环水泵。循环水泵的流量，一般按集热器面积每平方米 0.015～0.02L/s 计。宜安装在室内，安装在室外时，应有防护措施。水泵的扬程应计算确定，水泵宜采用热水泵。常用泵为管道泵，立式泵等。

4) 管路：太阳能水加热系统管材常用有不锈钢管、ABS 管、塑料管、铜管等。应设置必要的阀门、排气阀、止回阀及自动控制所需的感温元件和电磁阀等。

5) 系统的自动控制：为实现自动控制，机械循环加热系统应装设感温元件和电磁阀及控制箱，见图 3-19、20。

感温元件宜装在集热器上集水管出口处，并与水泵运行联锁。

所有设备、阀门等应能承受系统的工作压力和温度要求。

(3) 系统的计算：

1) 热水需用量计算，详见第 3.4 节。

2) 集热器面积的确定：集热器面积应根据集热器产品的性能、当地的气象条件、日照季节、日照时间、热水用量和水温等因素确定。根据实验对以下几种集热器的产水量和水温，列于表 3-32。

几种集热器的产水量和水量　　表 3-32

集热器	产水量[kg/(m²·d)]	产水温度(℃)
钢管板	70～90	40～50
扁盒	80～110	40～60
铜管板	80～100	40～60
铜铝复合管板	90～120	40～65

3) 自然循环系统作用水头，按式(3-58)计算：

$$\Delta H = 10\Delta h(\gamma_1 - \gamma_2) \quad (\text{Pa}) \tag{3-58}$$

式中　Δh——集热器与贮热水箱中心标高差(m)；

γ_1、γ_2——集热器进水、出水的平均密度(kg/m³)。

因要达到热水温度需要经过多次循环，实际进水、出水温差仅为3～5℃，一般进水、出水的平均容重差可按温差3℃计算。

4）循环流量，按式(3-59)计算：

$$Q \geqslant 0.015F \quad (L/s) \tag{3-59}$$

式中 F——集热器的集热面积(m^2)；

Q——循环流量(L/s)。

5）形成自然循环条件应为

$$\Delta H \geqslant (1.10 \sim 1.15)H \quad (Pa) \tag{3-60}$$

式中 ΔH——自然循环作用水头(Pa)；

H——自然循环总水头损失(Pa)。

如不能达到上式的要求，为进行自然循环，应适当加大循环管的管径、减少管路水头损失和抬高贮热水箱高度即增大 ΔH 值。

6）贮热水箱容积，按式(3-61)计算：

$$V = (50 \sim 100)F \quad (L) \tag{3-61}$$

式中 F——集热器的集热面积(m^2)。

(4) 集热器设置：

1）集热器设置方位：在我国，集热器的最佳布置方位是朝向正南，其偏差允许范围在±15°以内。

2）集热器的倾角 θ：在春夏秋季使用时，$\theta = \phi - (5 \sim 10°)$ (3-62)

全年使用时，$\theta = \phi + (5 \sim 10°)$ (3-63)

式中 ϕ——为当地的地理纬度。

3）集热器的设置位置应避开其它建筑物的阴影，建筑物阴影长度(即集热器前不受物体遮挡最小距离)，按式(3-64)、式(3-65)计算：

$$L = H\cot\alpha \quad (m) \tag{3-64}$$

$$\sin\alpha = \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos t \tag{3-65}$$

式中 H——建筑物高度(m)，从集热器设置平面算起；

α——太阳高度角(°)；

δ——赤纬(°)，即中午时分太阳与赤道平面角的夹角，冬至和夏至时最大，分别为$-23°27'$和$+23°27'$。春分和秋分时最小为0°。

ϕ——当地的地理纬度(°)；

t——时角(°)，从中午起算，上午为负、下午为正。其数值等于离开中午的时间数乘以15°。

4）集热器应避免设在烟囱等的下风向和风口。

5）对于大中型集热器，四周应留有大于0.7m的通道。

6）一般常将集热器设在平屋顶上，在坡屋顶的方位和倾角适合时，也可设在坡屋顶上。

7）对于小型家用集热器也可利用向阳晒台栏杆和墙面设置。

3.5.7 热水系统设计

(1) 热水系统组成：热水系统主要由热源、换热器、输送管道、配水设施(卫生洁具)、水

箱、阀门、水泵及专用的附件(热水和热源的供应量的控制、系统排气、热水膨胀和管道伸缩的附件)组成。

(2) 加热器(水-水换热、气-水换热):

1) 加热器一般宜按设计小时耗热量选用二台工作。医院的热水供应系统不得少于二台,当一台检修时,其余各台的总供热能力不得少于设计小时耗热量 50%。

2) 加热器的贮热量,见表 3-14。

3) 集中热水供应系统,由容积式或半容积式水加热器加热水;或由快速式、半即热式水加热器加热水,附有贮水器且贮热量符合要求时,其设计小时耗热量,按式(3-5)、式(3-6)计算。集中热水供应系统,由快速式或半即热式水加热器加热水,热源充足、且有完善可靠的温度自动调节装置、不附有贮水器时,其设计小时耗热量,应由设计秒流量确定。但用于洗衣房时,仍应设贮水器贮存热量。

4) 容积式水加热器或加热水箱,其计算容积应附加 20%～25%。当采用有导流装置的容积式水加热器时,其计算容积应附加 10%～15%。当采用半容积式水加热器,或带有强制罐内水流循环装置的容积式水加热器时,其计算容积可不需附加。

5) 加热器应设温度计、压力表、安全阀等附件。开式热水供应系统的热水锅炉和容积式水加热器可不设安全阀。需要时,加热器还应设有真空阀。按不同种类的加热器,可以设置或不设置疏水器(蒸汽做为热媒时)。对要求出水水温稳定和提高管理水平时,应设置热媒供应的自动调节装置。

6) 自动温度调节装置有直接式自动调温装置(如自力式自动调温装置)和电动式自动调温装置。

直接式自动调温装置是由温包感温元件和调节阀组成。温包内装有低沸点液体,插在加热器热水管道出口或热水管道中,根据温度的变化而产生压力变化,由其毛细导管传至调节阀,使之阀门开启度不同而调节热媒的供应量。一般温度控制精度小于 2℃,见图 3-22。

电动式自动调温装置,由电接点压力式温度计、电动调节阀和控制装置组成。由电接点压力温度计的温包插在加热器的热水出水管中,当温度变化引起压力变化,使之电接点压力温度计上下触点分别接通,接通电动调节阀使主动作以调节热媒的供应量,见图 3-23。

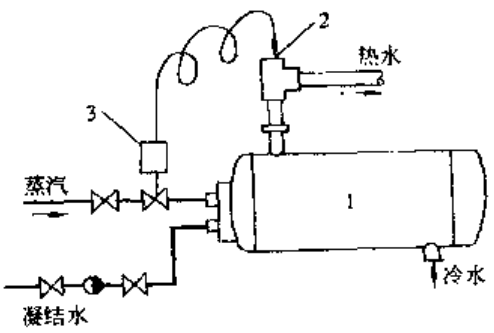


图 3-22　直接式自动调温装置

1—加热器;2—温包;3—自动调节阀

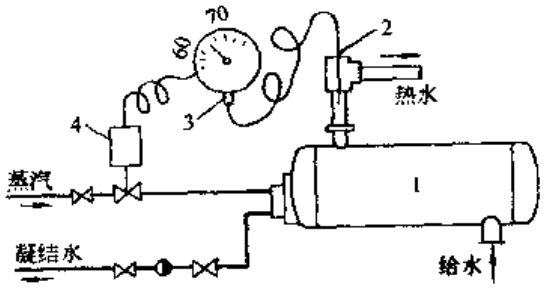


图 3-23　电动式自动调温装置

1—加热器;2—温包;3—电触点压力式温度计;4—电动调节阀

另一类调节装置是用于热水与冷水混合,已有厂家生产,常用于小型的局部热水供应,如公共浴室的单管供水系统中。在混合器后混合水管道外装上感温元件以控制混合水水

温，传至控制器以调节冷水管上的电磁阀，补给冷水以达合适的混合水温，见图 3-24。

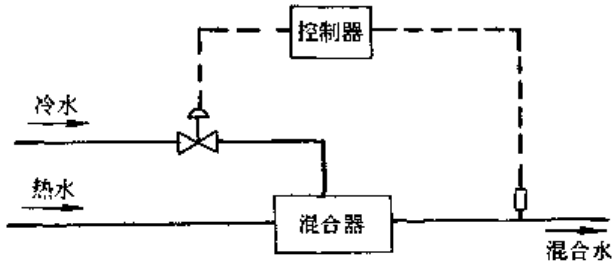


图 3-24 控制器调节冷、热水混合

(3) 热水供应系统及附件：

1) 热水管道内流速不宜大于 1.5m/s，当管径小于及等于 25mm 时，其流速宜为 0.6～0.8m/s，以免产生噪声和水击现象。

2) 管材：可采用薄壁铜管、聚丁烯管、聚丙烯管、ABS 管或铝塑复合管等。

3) 热水管道应按具体情况设置管道伸缩器、管道的固定支架和活动导向支架，以补偿热水管道的伸缩，伸缩器的设置见第 14 章。

金属管道的热伸缩量，按式(3-66)计算：

$$\Delta L = \alpha(t_2 - t_1)L \quad (\text{mm}) \tag{3-66}$$

式中 α——金属的线膨胀系数[mm/(m·℃)]，

钢管：0.012；

铜管：0.02；

t_2——管道内热水最高温度(℃)；

t_1——安装管道时环境温度(℃)，安装在室内时取 −5℃，安在室外时应取冬季采暖室外计算温度；

L——计算管段长度(m)。

钢管水平安装时，活动导向支座最大间距，可参见表 3-33。

活动导向支座的最大间距(m) 表 3-33

管径(mm)	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
保温管	1.5	2	2	2.5	3	3	4	4	4.5	5	6
不保温管	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	6	6.5	7	8

4) 为排除管内气体(溶解氧和二氧化碳)，横干管应有 >0.003 的坡度，坡向应考虑便于泄水和排除管内气体。且应在上行下给的干管顶端设排气装置(如自动排气阀)，下行上给的热水配水系统，应利用最高配水点放气，可不设排气装置。

5) 在管网最低点，应设泄水装置或利用最低配水点泄水，以便检修。

6) 设有循环管道的下行上给式热水系统，其回水立管应在最高配水点以下 0.5m 处与配水立管连接，以利于最高配水点放气。上行下给式热水系统只需将循环管道与各立管连接。

7) 对有集中热水供应的住宅、公寓、饭店、写字楼、工业设施应设置总水表和各单元分水表，对于高档的公共建筑，热水计量宜纳入楼宇监控系统。

8) 热水管网应在下列管段装设阀门，以便调节各管段水温、水量：

① 配水或回水环形管网的分干管。

② 配水立管和回水干管。

③ 居住建筑和公共建筑中从立管接出的支管上(但配水点不得超过 10 个)。

④ 需要检修的设备进出口。

9) 热水管网在下列管段上，应装设止回阀：

① 为防止加热设备升压或由冷水管网压力降低而产生倒流，应在水加热器或贮水器的冷水供水管装止回阀。

② 机械循环回水管上。

③ 混合器的冷、热水供水管上。

10) 设备和管道保温：

① 热水配水管、回水管、加热器、贮水器、热媒管道及阀门等附件应做保温处理。

② 常用保温材料：常用保温材料应是导热系数小，重量轻、吸水率小、有一定机械强度、施工简便和价格低廉。常用的保温材料和性能，列于表 3-34。选用时可根据工程情况综合技术、经济因素统一考虑。

常用保温材料性能　　表 3-34

序　号	名　　称	密　度 (kg/m^3)	导热系数方程式 [W/(m·℃)]	使用温度范围 (℃)
1	岩棉制品	80～100	0.046	−268～700
2	超细玻璃棉制品	40～60	$0.03+0.00023t_p$	≤400
3	玻璃纤维制品	130～160	$0.041+0.00017t_p$	≤350
4	矿渣棉制品	150～200	$0.05+0.0002t_p$	≤350
5	硬聚氨酯泡沫塑料(自熄)	<45	≤0.04	−150～120
6	聚苯乙烯泡沫塑料(自熄)	24	$0.034+0.00014t_p$	−60～70
7	软木制件	200～250	0.06	−40～60
8	水泥珍珠岩制品	～350	$0.058+0.00026t_p$	≤650
9	水泥蛭石制品	≤500	$0.093+0.00025t_p$	≤800
10	泡沫混凝土制品	≤500	$0.126+0.0003t_p$	≤300
11	硅藻土制品	≤450	$0.104+0.00021t_p$	≤800
12	石棉硅藻土胶泥	≤660	$0.151+0.00014t_p$	≤800
13	石棉灰胶泥	≤600	0.13	≤800
14	橡塑胶管壳(自熄)	87	0.0381	−40～105

注：t_p——保温层材料工作时平均温度(℃)。

③ 热水和蒸汽管道保温层厚度，按式(3-67)、式(3-68)计算：

$$D\ln\frac{D}{d}=\frac{2\lambda(t_1-t_2)}{\alpha_1(t_2-t_0)} \tag{3-67}$$

$$\delta=\frac{D-d}{2} \tag{3-68}$$

式中 D——保温层外径(m)；

d——管道外径(m)；

λ——保温层导热系数[W/(m²·℃)]；

t_1——管道式设备外表面温度(℃)；

t_2——保温层外表面温度(℃)；

t_0——周围空气温度(℃)；

α——保温层外表面放热系数[W/(m²·℃)]，$\alpha_1=11.6$W/(m²·℃)；

δ——保温层厚度。

④ 设备保温层厚度按式(3-69)计算：

$$\delta=\frac{\lambda(t_1-t_2)}{\alpha_1(t_2-t_0)} \tag{3-69}$$

⑤ 保温层表面热损失按式(3-70)、式(3-71)计算：

管道：
$$q=\frac{\pi(t_1-t_0)}{\frac{1}{2\lambda}\ln\frac{D}{d}+\frac{1}{\alpha_1 D}} \tag{3-70}$$

设备：
$$q=\frac{t_1-t_0}{\frac{\delta}{\lambda}+\frac{1}{\alpha_1}} \tag{3-71}$$

式中 q——单位热损失(W/m)。

⑥ 保温层表面温度按式(3-72)、式(3-73)计算：

管道：
$$t_2=t_0+\frac{q}{\pi\alpha_1 D} \tag{3-72}$$

设备：
$$t_2=t_0+\frac{q}{\alpha_1} \tag{3-73}$$

11) 热水管道穿建筑物顶棚、楼板、墙壁和基础时均应加套管，以免管道伸缩时损坏建筑物结构和设备。

12) 为了减少管道结垢和腐蚀，常采用以下措施：在进加热器前的冷水管中加设除垢器(静电、电子除垢器、磁水器)；对部分被加热的冷水进行软化处理(加设软水器)；利用加药设备投加阻垢缓蚀剂(如由聚磷酸盐和硅酸盐合成的“归丽晶”)等。从已建的工程看，阻垢的效果明显。有关除垢器和软水器，可参见第9章。

13) 解决热水供应系统热水膨胀的措施：冷水被加热后，水的体积膨胀，会使管网和设备造成超压。为解决此问题，在工程设计中常用的措施，采用加设膨胀管或压力膨胀水罐。

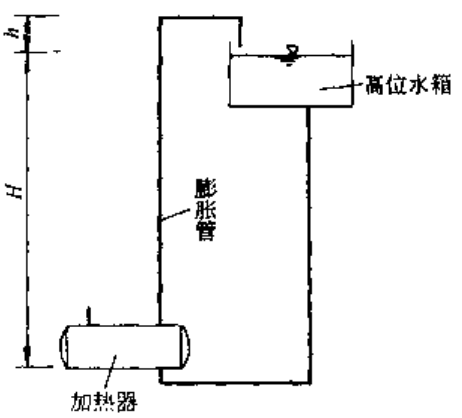


图 3-25 膨胀管的设置

① 膨胀管：膨胀管设于热水供应的开式系统，在加

热器上引出膨胀管连至建筑物高位冷水箱上，热水膨胀后，其膨胀的热水排至高位冷水箱，见图 3-25。

图 3-25 中高出水箱液位 h，可由式(3-74)计算：

$$h=1.2H\left(\frac{\gamma_L}{\gamma_r}-1\right)\quad(\mathrm{m}) \tag{3-74}$$

式中　H——加热器底部至冷水箱最高液位的高度(m)；

γ_L——冷水的密度(kg/m³)；

γ_r——热水的密度(kg/m³)。

膨胀管设置要求：膨胀管上严禁装设阀门；膨胀管如有冰冻可能时，应采取保温措施；膨胀管最小管径，可按表 3-35 选用。

膨胀管最小管径　　表 3-35

锅炉或水加热器的传热面积(m²)	<10	10～15	16～20	>20
膨胀管最小管径(mm)	25	32	40	50

② 压力膨胀水罐：膨胀管虽然可以解决水被加热后体积膨胀问题，但膨胀管高出水箱高度过高或受建筑物高度限制，至使其应用不广泛。随着气压式水罐(隔膜式和气压式)出现，较好地解决了这个问题。尤其适合闭式热水供应系统，见图 3-26。

隔膜式压力罐可放置在水加热器冷水进水管上或放在回水总管上。其总容积按式(3-75)、式(3-76)计算：

$$V=\frac{V_p}{1-\frac{P_1}{P_2}}\quad(\mathrm{L}) \tag{3-75}$$

$$V_p=\left(\frac{1}{\gamma_r}-\frac{1}{\gamma_L}\right)V_0\quad(\mathrm{L}) \tag{3-76}$$

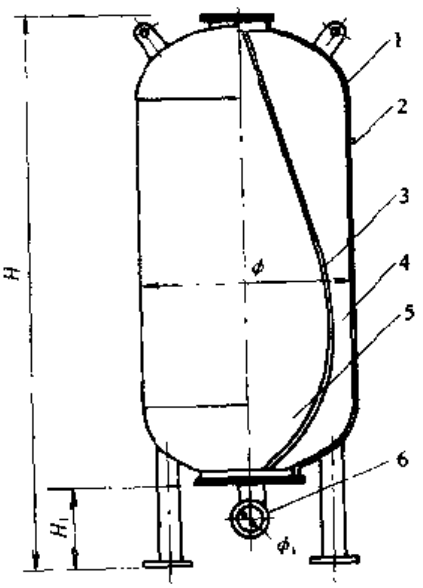


图 3-26　隔膜式压力罐

1—气压罐；2—充气口；3—橡胶隔膜；4—气室；5—水室；6—进出水口

式中　V——压力罐的总容积(L)；

V_p——热水的总膨胀量(L)；

γ_L——冷水密度(kg/L)；

γ_r——热水密度(kg/L)；

V_0——热水系统总容量(L)；

P_1——压力罐放置位置的管内压力(MPa，绝对压力)；

P_2——压力罐放置位置的管内最大允许压力(MPa，绝对压力)；

$P_2=0.9$ 安全阀设定绝对压力(MPa)。

3.5.8　热水水质稳定

(1) 热水系统的结垢和腐蚀问题：热水是由城市自来水加热而成。自来水和被加热的

水经过管网输送而使水质变差，其主要是由管网材质及贮存和贮热设备对水质的污染；水被加热后，水中暂时硬度造成的结垢污染等。热水供应系统产生的结垢和腐蚀会使热水供应系统造成：色度增加，会有“红水”“黄水”出现，污染卫生洁具，有异味，洗衣质量下降；管道腐蚀，细菌繁殖，危害人体健康；结垢后阻塞管路，传热效率下降，能耗上升。

通过实际调查，以上现象是普遍存在，不仅给用户带来热水使用的麻烦，而且造成了经济损失，一般热水系统使用年限为 7～10a。因此在热水系统的设计中采取必要的措施防止结垢和腐蚀是很必要的。

(2) 热水供应系统的水质稳定措施：对于有结垢倾向的水，即朗格里尔指数大于零，或稳定指数小于 6 的水，采用软化处理。目的是用钠离子代替水中的成垢因素(钙、镁离子)，从而有效防止热交换器和管道堵塞。由于水中钙、镁离子减少，水中的溶解氧、CO_2、Cl^- 对金属的腐蚀失去了缓冲作用，由原来结垢型的水变成腐蚀型的水。办法是采用非金属管道和有防腐衬里的管道和设备，如塑料管和复合管等。

其它的措施是在热水系统和循环水系统中加装一些设备，如采用磁场效应使碳酸钙盐不在设备、管道中沉积；采用离子交换法去掉钙、镁离子的含量等。主要的设备有：

1) 磁化处理器：采用稀土永磁材料制成内磁式超强力磁处理装置和组合式强力磁水器。

2) 静电或电子水处理器。

3) 在水中投加稳定剂，如归丽晶等。

(3) 归丽晶：归丽晶是近年来由德国公司研制的一种饮用水添加剂，可以防止饮用水、热水的结垢和防锈。

归丽晶是由聚磷酸盐和硅酸盐经物理法加工而成。经过国际卫生组织和我国卫生部门的检验，达到食品级的添加剂，完全可以投加到饮用水中，对人体无任何影响。

归丽晶在水中的作用主要是有阻垢和缓蚀作用。其原理：

1) 阻垢作用：一是防止 $CaCO_3$ 的晶核生成；二是防止 $CaCO_3$ 的晶体成长；三是分散 $CaCO_3$ 的晶体，阻滞其聚凝在一起。

2) 缓蚀作用：一是聚磷酸盐对铁离于有封闭作用，可与亚铁离子结合，阻碍向氢氧化铁的转移，有效地防止“红水”出现；二是聚磷酸对氢氧化铁的分散作用，清洗已有的铁锈生长过程中抑制“红水”发生。归丽晶中硅酸盐可以在锈块表面形成硅膜，控制铁锈脱落的数量，并使脱落的微量铁锈在聚磷酸盐的分散效应作用下排出系统。

归丽晶的使用条件：水中碳酸盐硬度不超过 360mg/L($CaCO_3$ 计)；水温不超过 80℃；控制由于 O_2、CO_3、Cl_2 引起的腐蚀；使用的原水不应是脱盐水或纯水。

一般归丽晶中含有 65% 的 P_2O_5，其对热水系统的投加量为 1～3mg/L。

在工程上应用的归丽晶加药设备较多，基本上是水经加药罐时，使归丽晶溶解，其投加量由水的流量自动调节。加药罐容量为 0.5～200L，内装 0.5～200kg 的归丽晶，适应水流量为 0.1～30m^3/h。

3.5.9 热水供应系统卫生管理

(1) 水被加热后水质变化：被加热水水温在 60℃ 以上，水中细菌几乎都死亡。但随水温增高，水中余氯消失。试验证明，为消毒投加在自来水中氯也随水温增高至使水中产生的三

卤甲烷、甲醛、二氯乙酸、三氯乙酸和氯醛等增加；热水供应设备和供水系统因存在死区和滞留时间造成细菌繁殖，这些对人体带来的危害日益严重，研究水被加热的水质恶化和采取措施是热水系统设计重要的问题。

三氯甲烷等是自来水消毒加氯与水中含动植物有机物通过细菌作用分解而生成的致癌物质。国外资料表明，经过多次调查化验结果，三氯甲烷在水被加热后含量随之增加，因而控制和提高自来水的水质指标是解决问题的根本办法，我国的"生活饮用水标准"近年来经过修定，水质指标也逐步要求严格。

另一个问题是由于热水供应设备和供水系统设计中选材不太合理，而造成热水供应的滞留水问题。如回水系统太长而造成死区，加热贮热设备选型过大，热水滞留时间较长，管材选用不合理等而造成滞留水问题。调查和化验结果表明，水中细菌开始繁殖，其中主要是产生了对人体极有危害的"军团病属菌"，在热水设备如淋浴喷头工作时产生雾气，"军团病属菌"随人的呼吸进人肺部而发病(称为军团病)，严重时造成死亡。据调查资料，英国旅馆、医院、办公楼和住宅的热水系统中40%～70%检出军团病属菌，比利时约有50%的热水系统被污染，我国也发现了由于军团病属菌感染肺炎死亡的实例。因此对热水供应系统设计中如何减少和避免热水水质恶化和采取对策是热水供应设计中重要的问题。

(2) 热水供应系统设计中减少和避免水质再次被污染的对策：

1) 从节省能源考虑，供应热水水温为60℃为好，系统设计回水水温应在55℃以上(包括热水制备和贮存设备)。这样可以保持水中细菌完全被杀死。

2) 系统设计尽量防止死水区，回水干、支管应尽量缩短，使管网中热水尽量流动，避免滞留水的存在。管网末端不设不经常使用的器具。

3) 贮水设备容量不易过大，有条件时贮水设备可选用2个或以上，使之有适宜的换水次数。停运时，对水箱等要进行清洗和消毒，加热至设定热水温度并应保持2h以后方可使用。

4) 贮水设备内应作防腐层，其防腐层不应对水质有任何污染，如采用瓷釉涂料和食品级防腐漆等。

5) 热水循环水泵应设2台，并且应按经常是交替工作和平均开动。

6) 回水干、支管应分别设置流量调节阀，使之各干、支管的热水流量均等，避免死水区和滞留水的出现。

7) 换热器的膨胀管不宜接人生活冷水箱和热水箱，宜设单独膨胀水箱。

8) 水龙头宜采用混合型式、不产生水雾的淋浴喷头和泡沫喷头，以便尽量减少洗浴时卫生间的雾气，调查资料表明由于管中滞留水形成水雾会被人体吸人，而发现的军团病属菌多在滞留水中繁殖，采用混合水龙头可以降低出水水温而减少水雾形成。

9) 管材的选择应考虑对热水水质有无污染。近年来，我国一些省市已先后发布了以非金属管代替原使用较为普遍热浸镀锌钢管，推荐使用的管材主要有：聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯、铝塑复合管以及铜管和钢塑复合管等。

10) 大浴池和旋涡浴池，要求水温在35～40℃，此水温适宜细菌繁殖，需设循环过滤设备和消毒装置。该系统设计时，应有排除配管中全部积水的措施。

11) 宜维持系统中余氯在1～2mg/L。

12) 重视维护管理，定期检验水质，细菌指标化验和余氯检测。

3.6 饮 水 供 应

3.6.1 饮水系统分类

(1) 按饮水水温分类：主要有饮用开水、饮用温水、饮用净水和饮用冷饮水。

(2) 按饮用水来源分类：主要有城市自来水和矿泉水。

(3) 按系统分类：有局部供应和管网供应系统。

3.6.2 饮用水水质标准

饮用水水质标准应满足《生活饮用水卫生标准》和《饮用净水水质标准》(CJ 94—1999)要求。

3.6.3 饮 水 定 额

饮水定额和小时变化系数，根据建筑物的性质和地区的条件，按表 3-36 选用。

饮水定额和小时变化系数 表 3-36

建筑物名称	单 位	饮水定额(L)	小时变化系数 K
热 车 间	每人每班	3~5	1.5
一 般 车 间	每人每班	2~4	1.5
工 厂 生 活 间	每人每班	1~2	1.5
办 公 楼	每人每班	1~2	1.5
集 体 宿 舍	每人每日	1~2	1.5
教 学 楼	每学生每日	1~2	2.0
医 院	每病床每日	2~3	1.5
影 剧 院	每观众每场	0.2	1.0
招待所、旅馆	每客人每日	2~3	1.5
体育馆(场)	每观众每日	0.2	1.0

注：1. 小时变化系数系指饮水时间内的变化系数。

2. 对制备冷饮水时冷凝器的冷却水量另计。

3.6.4 饮 水 温 度

(1) 开水：应将水烧至 100℃，并持续 3min。计算温度按 100℃计。

(2) 饮用温水：一般采用 50~55℃，我国使用很少。

(3) 饮用净水：采用城市自来水经处理、消毒饮用。水温一般在 10~30℃。国内一些饭店、宾馆和居住小区已采用此种饮用水。

(4) 冷饮水：对饮用冷水经冷却设备冷却供应的饮水。一般水温采用 7~15℃。国内除一些工矿企业夏季劳保用水和一些饭店采用外，用者较少。目前，采用供应冰块或贮于冰箱内的成瓶矿泉水者较多，不仅卫生，而且费用较低。

3.6.5　饮水制备和供应

(1) 开水制备：

1) 开水供应系统描述：从加热方式分有直接加热(如开式容器)和间接加热。一般均采用间接加热。从热媒分有煤、燃气、蒸汽和电等。配合这几种热媒加热的开水炉(器)，目前我国已有多种产品，设计时应考察产品性能和许可证，以便合理选用。

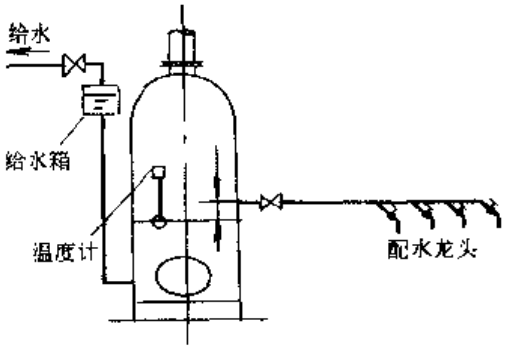


图 3-27　单设开水炉的开式系统

开水供应多采用设置集中开水供应点分装供应开水和设于各处开水间的分散供应开水方式。前者耗热量小，节约燃料，便于管理，投资省；但取用不方便，水温不易保证。目前许多工矿企业采用该种方式。后者取用方便，水温易保证；但不便管理，投资较大。目前饭店、办公楼、医院、学校和一些工矿企业较多采用该种方式，见图3-27～29。

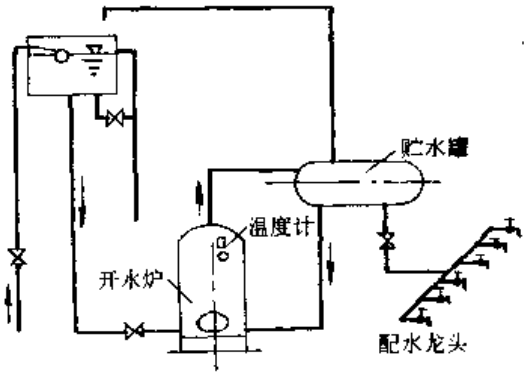


图 3-28　开水炉与贮水罐合用的开式系统

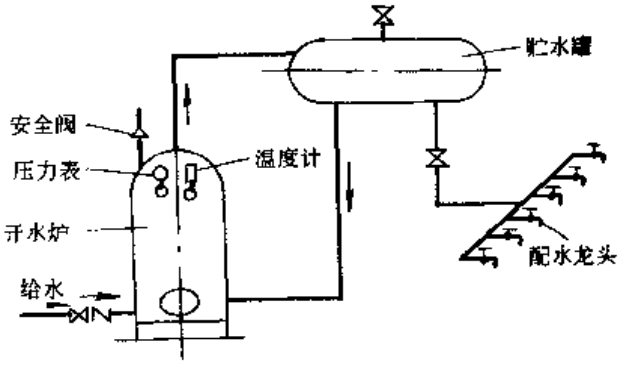


图 3-29　开水炉与贮水罐合用的闭式系统

集中式循环开水制备和输送方式是将制备的开水经管道和配件输送至各饮用点，见图3-30。便于集中管理，但输送管道应保温并应防止二次污染。

2) 开水制备设计：开水器(炉)及供应系统和开水间设计时，应注意以下问题：

① 建筑物开水供应系统的选择应根据具体工程情况进行经济和技术比较后决定。

② 对开水器(炉)应设置给水管、出水管或配水龙头、泄水管、溢水管、通气管(或沸水箱)、水位计和温度计。对闭式开水器(炉)还应设压力表和安全阀。给水管应设水表和阀门，宜设除垢器(当水质硬度较高时)。当采用不同热媒时，应按规定设置不同的计量，安全措施。

③ 开水供应系统配管应采用铜管、不锈钢管、铝塑复合管和相应附件。配水龙头宜采用快开式。管道应进行保温处理。

④ 开水器(炉)溢水管、排水管不应与排水系统直接连接，而应采用间接排水方式。

⑤ 开水器(炉)应根据不同的热媒采用相应的排烟、通风措施，如燃气开水炉应设有排

烟管引至室外。

⑥ 开水饮用间严禁设在厕所内，宜单独设置。开水制备间宜设在建筑物靠外墙的房间内。房间大小应考虑设备安装、操作空间及燃料堆放场地（如热媒为煤炭时）。分散式供应开水的开水间间距不宜大于80m。开水制备间应有良好的通风、照明，地面和墙面应进行防水处理，地面应有排水措施。

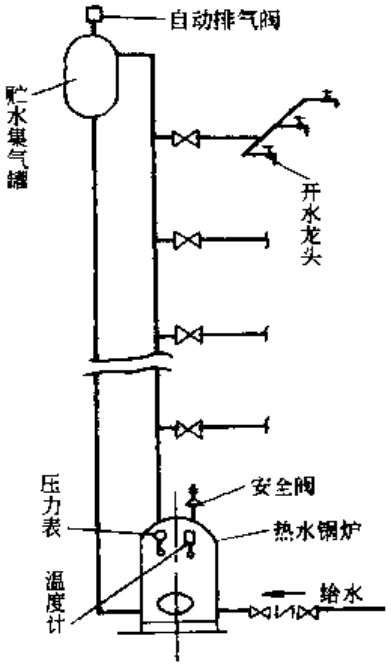


图3-30 开水炉与集气罐合用的循环闭式系统

（2）冷饮水和饮用温水制备：

1）系统描述：冷饮水和饮用温水即是把自来水经过滤消毒后加以冷却降温或加热（或烧开）降温处理达所需水温的饮用水。也与开水供应系统一样，有集中制备分装和集中制备管道输送供应方式之分。我国多采用集中制备分装的方式。不仅可以节省投资，便于管理，而且容易保证所需水温。

2）制备流程：

① 饮用温水的制备流程，见图3-31。

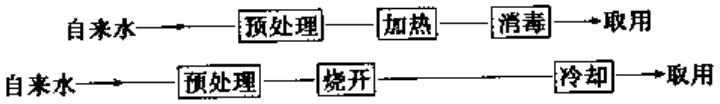


图3-31 饮用温水制备流程

② 冷饮水制备流程，见图3-32。

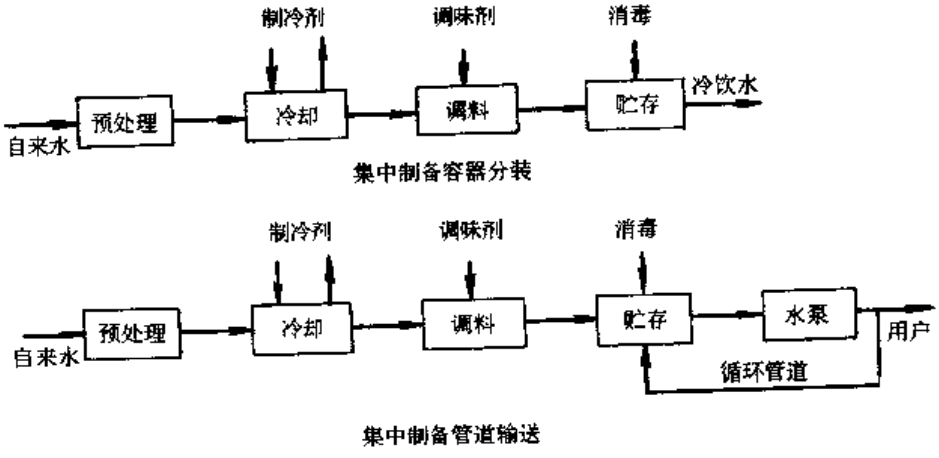


图3-32 冷饮水的制备流程

3）几点说明：

① 预处理：主要有活性炭、砂滤、陶瓷滤芯、电渗析等，应按不同的原水（自来水）水质和需用水质进行选择不同的过滤处理方式。

② 消毒:宜采用紫外线消毒。对于集中循环供应系统,应在制备冷饮水前供水管和系统循环回水管上分设消毒措施。

③ 加热与烧开水:宜采用蒸汽、燃气和电加热方式。

④ 冷却:对于小型冷饮水的冷却,可采用成品冷饮水机。其余冷却可采用制冷机组冷却。

集中冷饮水供应系统见图 3-33。

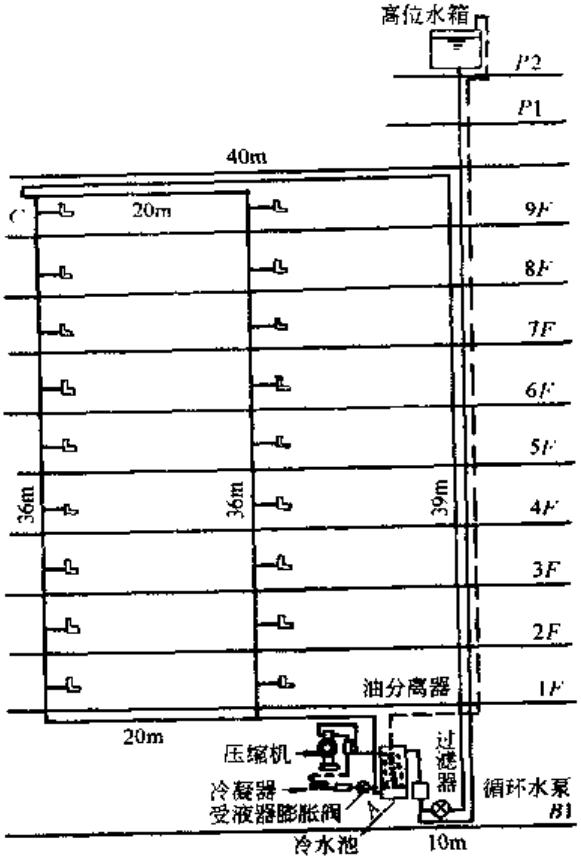


图 3-33　集中冷饮水供应系统

⑤ 管道应采用铜管、不锈钢管、铝塑复合管和相应附件。

(3) 饮用净水制备:与开水供应系统一样,有集中制备分装和集中制备管道输送供应方式之分。只是取消了其中的冷却设备。其消毒应在设备(过滤后)的供水管上和循环回水管上加设紫外线消毒器,以防二次污染。

管道应采用铜管、不锈钢管、铝塑复合管和相应附件。

3.6.6　饮水供应计算

(1) 开水系统的计算:

1) 开水需用量,按式(3-77)计算:

$$Q_h=\frac{NqK}{T}\quad(\mathrm{L/h}) \tag{3-77}$$

式中　N——设计饮用水人数(人);

q——饮水定额，见表 3-35；

K——小时变化系数，见表 3 35；

T——开水供应时间(h)。

2) 设计小时耗热量 W，按式(3-78)计算：

$$W=\frac{\alpha\Delta t Q_h C}{3600}\quad(\text{kW}) \tag{3-78}$$

式中 Δt——冷水和开水温度差(℃)；

Q_h——开水需用量(L/h)；

C——水的比热，$C=4.187\text{kJ/(kg}\cdot\text{℃)}$；

α——热损失系数，取 $\alpha=1.05\sim1.20$。

3) 热媒耗量，参见第 3.4 节。

(2) 冷饮水系统计算：

1) 冷饮水需用量，按式(3-77)计算。

2) 制冷量，按式(3-79)计算：

$$W=(W_1+W_2+W_3+W_4)(1+\alpha)\quad(\text{W}) \tag{3-79}$$

式中 W_1——冷饮水冷负荷，按式(3-78)计算；

W_2——输送管道冷损失负荷(W)；

W_3——冷水箱冷损失负荷(W)。

为计算选用方便，W_2、W_3 可按表 3-37 选用。

输送管道及冷水箱冷损失负荷 表 3-37

管　径(mm)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
钢管 W_2[W/(m·℃)]	0.21	0.23	0.27	0.30	0.28	0.33	0.38	0.43	0.51	0.59	0.68
冷水箱 W_3[W/(m²·℃)]	0.86										

注：上表数据为保温层传热系数 0.04W/(m·℃)，表面放热系数 10W/(m·℃)，保温房厚度，管道 15～32mm 为 30mm，管径 40～150mm 为 40mm，冷水箱为 50mm。

W_4——循环水泵的冷损失负荷(W)，按水泵电动机功率 1kW 的冷损失负荷为 1.16W 计；

α——安全系数，取 $\alpha=0.1\sim0.2$。

3) 冷饮水箱：冷饮水箱即可作为冷饮水冷冻用，也可作为贮存用，其容积可按冷饮水小时流量的一半考虑。

作为冷冻用时，其冷却盘管面积，按式(3-80)计算：

$$F=1.10\sim1.25\frac{W}{K\Delta t}\quad(\text{m}^2) \tag{3-80}$$

式中 W——设计制冷量(W)；

K——传热系数[W/(m²·℃)]，一般按 500～600W/(m²·℃)；

Δt——平均对数温度差(℃)，

$$\Delta t=\frac{\Delta t_{max}-\Delta t_{min}}{\ln\dfrac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}\quad(\text{℃}) \tag{3-81}$$

其中　Δt_{max}——冷媒和被冷却水在冷饮水箱中的最大温度差(℃)；

Δt_{min}——冷媒和被冷却水在冷饮水箱中最小温度差(℃)，其值应不低于5～6℃。

4）循环水泵：水泵流量和扬程与水泵设置位置有关。

① 循环水泵设置在回水管上时(常用此设计方法)，其循环流量按式(3-82)计算：

$$Q_P=\frac{W-W_1}{t_2-t_1}\quad(L/h) \tag{3-82}$$

式中　W——设计制冷量(W)；

W_1——冷饮水冷负荷(W)；

t_2——冷饮水回水温度(℃)；

t_1——冷饮水供水温度(℃)，一般 $t_2-t_1=3\sim4$℃。

② 循环水泵设置在供水管上时，其循环流量按式(3-83)计算：

$$Q_P=\frac{W-W_1}{t_2-t_1}+Q_h\quad(L/h) \tag{3-83}$$

式中　Q_h——设计冷饮水需用量(L/h)；

其余符号含义同式(3-8)。

③ 水泵扬程：应按最不利供水、回水管道通过该管道的设计冷饮水需要量和循环流量之和时最大水头损失计算确定。循环管道流速控制在1.0m/s以内。

3.6.7　饮用天然矿泉水

(1) 定义和分类：

1）定义：饮用天然矿泉水是一种矿物资源，是来自地下深部循环的天然露头或经人工揭露的深部循环的地下水。以含有一定量的矿物盐或微量元素或二氧化碳气体为特征，在通常情况下，其化学成分、流量、温度等动态应相对稳定。在保证原水卫生细菌学指标安全的条件下开采和灌装的饮用水。

2）分类：饮用天然矿泉水区别于人工制备，填加一些矿物盐的人工合成洁净水。本节主要介绍饮用天然矿泉水。

① 盐类矿泉水：可溶性固体大于1000mg/L的天然矿泉水，如重碳酸盐类、硫酸盐类和氯化物类矿泉水。

② 特殊天然矿泉水：可溶性固体含量小于1000mg/L，但水中含有表3-38中所列一种以上含量达到规定标准的化学成分为特殊天然矿泉水。

天然矿泉水化学成分　　表3-38

化学成分	命名标准(mg/L)	化学成分	命名标准(mg/L)
游离二氧化碳	1000	偏硅酸	>50
锂	>1	碘	>1
锶	>5	硒	>0.01
溴	>5	锌	>5

(2) 饮用天然矿泉水标准：应按国家《饮用天然矿泉水标准》(GB 8537—87)和国家《生活饮用水卫生标准》及《饮用净水水质标准》(CJ 94—1999)执行。

1）饮用天然矿泉水的界限指标，见表 3-39。

饮用天然矿泉水界限指标 **表 3-39**

项 目	指标(mg/L)	项 目	指标(mg/L)
锂	≥0.2	偏硅酸	≥25
锶	≥0.2	硒	≥0.01
锌	≥0.2	游离二氧化碳	≥250
溴	≥1	矿化度	≥1000
碘	≥0.2		

注：凡符合上表各项指标之一者，可称为饮用天然矿泉水。但锶含量在 0.2～0.4mg/L 范围和偏硅酸含量在 25～30mg/L 范围，各自都必须具有水温在 20℃以上或水的同位素测定年龄在 10a 以上的附加条件，方可称为饮用天然矿泉水。

2）感官要求：

① 色：色度不超过 15 度，并不得呈现其它异色。

② 浑浊度：不超过 5 度。

③ 臭和味：不得有异臭、异味，应具有本矿泉水的特征性口味。

④ 肉眼可见物：不得含有异物，允许有极少量的天然矿物盐沉淀。

3）某些元素和组分的限量指标，见表 3-40。

元素和组分的限量指标 **表 3-40**

项 目	指 标	项 目	指 标
锂	<5mg/L	汞	<0.001mg/L
锶	<5mg/L	银	<0.05mg/L
碘	<1mg/L	硼(以 H_3BO_3 计)	<30mg/L
锌	<5mg/L	硒	<0.05mg/L
铜	<1mg/L	砷	<0.05mg/L
钡	<5mg/L	氟化物(以 F^- 计)	<2.5mg/L
镉	<0.01mg/L	耗氧量(以 O_2 计)	<3mg/L
铬(Ⅵ)	<0.05mg/L	硝酸盐(以 NO_3^- 计)	<45mg/L
铅	<0.05mg/L	镭 226 放射性	<1.1Bq

注：贝克勒尔(Bq)为放射性活度单位，是指每秒发生一次衰变的放射性活度。

4）污染物指标，见表 3-41。

污染物指标 **表 3-41**

项 目	指 标	项 目	指 标
酚类化合物(以苯酚计)	<0.002mg/L	亚硝酸盐(以 NO_2^- 计)	<0.005mg/L
氰化物(以 CN 计)	<0.01mg/L	总 β 活性	<1.5Bq/L

5）微生物指标，见表 3-42。

微生物指标　　表 3-42

项　目	指　标	项　目	指　标
细菌总数	<100 个/mL	大肠菌群	<3 个/L

（3）饮用天然矿泉水的制备：

1）开发饮用天然矿泉水应有一年以上每 15d 观测一次的水温、水量、水位（压力）的动态资料。

2）应有一年以上丰水期、枯水期的水质全分析报告。

3）水源地必须设立卫生防护带。卫生防护带内严禁排灌工业、生活废水和使用农药。严禁修建渗水厕所、渗水坑、堆放废渣或铺设污水管道，并不得有破坏水源地水文地质条件的活动。

4）尽可能利用矿泉压力自流涌出地面，如必须采用水泵抽取时，则其采水量应低于水源的最大可开采量。水泵、管道、设备等均应采用不对矿泉水水质有任何污染的材质（如采用不锈钢）。

5）应进行饮用天然矿泉水消毒处理，常采用紫外线、臭氧等对水质无影响的消毒措施。

6）饮用天然矿泉水除了去除不稳定的元素、如铁和硫化物，用物理方法去除游离二氧化碳或部分去除外，不得做任何人工处理或添加物质。

7）应对水源水质和饮用天然矿泉水水质做全面对比分析，经过技术经济比较，以选择合理的制备流程，用以去除原水中不稳定元素和超标元素。某矿泉水厂采用深井天然矿泉水做为原水，其 Mn、Fe、Ca 超标。其制备流程见图 3-34。

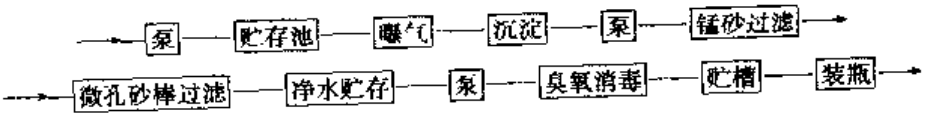


图 3-34　某矿泉水厂制备流程

4 建筑排水

4.1 排水系统及污水排入城市管道条件

4.1.1 排水系统分类

排水系统分类可按排除的污水性质分为：

(1) 粪便污水排水系统：排除大、小便器(槽)以及与此相似的卫生设备排出的污水。

(2) 生活废水排水系统：排除洗涤设备、淋浴设备、盥洗设备及厨房等废水。

(3) 生活污水排水系统：排除粪便污水与生活废水的合流排水系统。

(4) 雨水排水系统：排除屋面的雨雪水系统。

(5) 工业废水排水系统：排除生产污水和生产废水的排水系统。

1) 生产污水指：

① 水质在生产过程中被化学杂质污染的水，如含氰污水、酸、碱污水等。

② 水质被机械杂质(悬浮物及胶体物)污染的水，如水力除灰污水，滤料洗涤污水等。

2) 生产废水指：可循环或重复使用的较洁净的工业废水，如一般冷却废水。

4.1.2 排水系统划分与选择

4.1.2.1 排水系统划分

排水系统划分可分为分流制和合流制两种。

(1) 分流制：指粪便污水与生活废水，生产污水与生产废水在建筑物内分别排至建筑物外。

(2) 合流制：指粪便污水与生活废水，生产污水与生产废水在建筑物内合流后排至建筑物外。

4.1.2.2 排水系统选择

(1) 排水系统采用分流制或合流制、要根据污水性质、污染程度、结合室外排水制度和有利于综合利用及处理要求等确定。如：

1) 当城市有污水处理厂时，生活废水与粪便污水宜采用合流制排出。

2) 当城市无污水处理厂时，粪便污水一般与生活废水采用分流制排出，粪便污水应经化粪池处理。

3) 当建筑物采用中水系统时，根据中水的用水对象及所选用的原排水水质分质排出。

4) 当冷却废水量较大而需循环或重复使用时，宜将其设置成单独的管道系统。

5) 生活污水和工业废水，如按污水净化标准或按处理构筑物的污水净化要求允许或需要混合排出时，可合流排出。

6) 密闭的雨水系统内不允许排入生产废水及其它污水。

7) 在居住建筑物和公共建筑物内，生活污水管道和雨水管道一般均单独设置。粪便污水不得和雨水合流排出。

8) 在室外为合流制，而室内生活污水必须经局部处理(化粪池)后才能排入室外合流制下水道时，有条件时应尽量将生活废水与粪便污水分别设置管道。公共食堂的污水在除油前应与粪便污水分别排除。

9) 在无生活污水排水管道时，洗浴水可排入工业废水管道。

10) 比较洁净的生产废水如冷却水和饮水器的废水可排入雨水管道。

(2) 建筑物内的下列排水设备(或系统)，需经单独处理后方可排至建筑物外的排水系统：

1) 公共食堂的厨房洗涤废水及含油量较多的生活废水。

2) 汽车库及汽车修理间排出的含有泥砂、矿物质及大量机油类的废水。

3) 不符合《医院污水排放标准》的医院污水。

4) 排水温度超过 40℃ 的锅炉、水加热设备排污水。

5) 工业废水中含酸碱、有毒、有害物质的工业排水。

4.1.3 污水排入城市管道条件

工业废水和生活污水排入城市管道应符合下列要求：

(1) 水温不高于 40℃。

(2) 不腐蚀管道，pH 值为 6～10。

(3) 不阻塞管道。

(4) 不致产生易燃、爆炸和有毒气体。

(5) 不伤害养护工作人员。

(6) 不影响污水的利用、处理和排放。

(7) 对伤寒、痢疾、炭疽、结核、肝炎等病原体，必须严格消毒灭除。

(8) 放射性物质，应严格按照《放射性防护规定》执行。

(9) 工业废水排入城市排水管道，除满足上述规定外，还应符合《工业企业设计卫生标准》和《工业'三废'排放试行标准》的有关规定。

污水排放不符合上述各项有关标准时，应当处理。

4.2 卫生器具和卫生间

4.2.1 卫生器具设置定额

卫生器具设置定额应符合"工业企业设计卫生标准"和建筑设计要求；工业废水受水器的设置定额应按工艺要求确定。

表 4-1～5 为各类建筑卫生器具的设置标准。

工业企业生活间卫生器具设置数 表 4-1

男		女			
使用人数	大便器数	使用人数	大便器数	使用人数	净身器
20人以下	1	10人以下	1	100～200	1
21～50	2	11～30	2	201～300	2
51～75	3	31～50	3	301人以上	每增加100～200人增设一个
76～100	4	51～75	4		
101～1000	100名以上每增加50名增设一个	76～100	5		
1001人以上	1000名以上每增加60名增设一个	101～1000	100名以上每增加35名增设一个		
		1001人以上	1001名以上每增加45名增设一个		

注：1. 污水池—男女厕所内需各设一个。

2. 小便器—男厕所内设置，数量同大便器。

公共建筑中每一卫生器具的使用人数 表 4-2

序号	建筑类别	大便器		小便器	洗脸盆	盥洗龙头	淋浴器
		男	女				
1	集体宿舍	18	12	18		5	20～40
2	旅馆	12～15	10～12	12～15		由设计决定	15～25
3	医院	15	12	15	6～8		10～20
4	门诊部	75	50	50			
5	办公建筑	40	20	30	40		
6	汽车客运站	100	80	100			—
7	百货公司	100	80	80			—
8	电影院	150	50	50	200		—
9	剧院、俱乐部	75	50	25～40	100		—

餐馆、饮食店、食堂每一卫生器具使用人数 表 4-3

类别 \ 器具 / 等级		洗手间中洗手盆	洗手水龙头	洗碗水龙头	厕所中大、小便器
餐馆	一、二级	≤50座设1个，>50座时每100座增设1个			≤100座时设男大便器1个，小便器1个，女大便器1个，>100座时每100座增设男大便器1个，小便器1个，女大便器1个
	三级		≤50座设1个，>50座时每100座增设1个		

续表

类别 \ 器具 / 等级		洗手间中洗手盆	洗手水龙头	洗碗水龙头	厕所中大、小便器
饮食店	一　级	≤50 座设 1 个 >50座时每 100 座增设 1 个			
	二　级		≤50 座设 1 个 >50座时每 100 座增设 1 个		
食　堂	一　级		≤50 座设 1 个 >50座时每 100 座增设 1 个	≤50 座设 1 个 >50座时每 100 座增设 1 个	
	二　级		≤50 座设 1 个 >50座时每 100 座增设 1 个	≤50 座设 1 个 >50座时每 100 座增设 1 个	

工业企业建筑每个淋浴器使用人数　　表 4-4

车间卫生特征级别	1　级	2　级	3　级	4　级
每个淋浴器使用人数	3～4	5～8	9～12	13～24

注：车间卫生特征级别：1 级指极易经皮肤吸收引起中毒的剧毒物质(如有机磷、三硝基甲苯、四乙基铅等)；处理传染性材料、动物原料(如皮毛等)。2 级指易经皮肤吸收或有恶臭的物质(如丙烯腈、吡啶苯酚等)；严重污染全身或对皮肤有刺激的粉尘(如炭黑、玻璃棉等)；高温作业、井下作业。3 级指其它毒物、一般粉尘和重作业等。4 级指不接触有毒物质或粉尘，不污染或轻度污染身体(如仪表、金属冷加工、机械加工等)。

中小学校、幼儿园每一卫生器具使用人数　　表 4-5

幼　儿　园		中　小　学　校			
			大　便　器		
儿童人数	大　便　器	总　人　数	男	女	小便器
20 人以下	8	100 人以下	25	20	20
21～30	12	101～200	30	25	20
31～75	15	201～300	35	30	30
76～100	17	301～400	50	35	35
101～125	21				

注：厕所内均需设污水池一个。

4.2.2　卫生器具材质和功能要求

(1) 卫生器具的材质应耐腐蚀、耐摩擦、耐老化，具有一定的强度，不应含有对人体有害成分。

(2) 设备表面要光滑、不易积污纳垢，沾污后要容易清洗。

(3) 在完成卫生器具的功能——如大便器的功能是彻底地清洗掉便器内的粪便和保持

便器清洁外，应尽量节约用水和减少噪声。

(4) 要便于安装、维修。

(5) 如在卫生器具内设有存水弯时，则存水弯内要保持一定的水封深度。

4.2.3 卫生器具设置与安装

(1) 大便槽及小便槽：

1) 大便槽：为一般低档的公共建筑(如学校、集体宿舍、火车站)及其它公共厕所中常使用的卫生器具。大便槽较其它型式大便器的造价低，而且由于使用集中冲洗水箱，用水量及漏水量均较少。

大便槽平、立面见图 4-1，一般槽宽为 200 ~ 250mm，起端槽深为 350 ~ 400mm，槽底坡度应不小于 0.015；大便槽的末端应设高出槽底 15mm 的挡水坎，在排水口处设有水封装置，水封高度不宜小于 50mm。

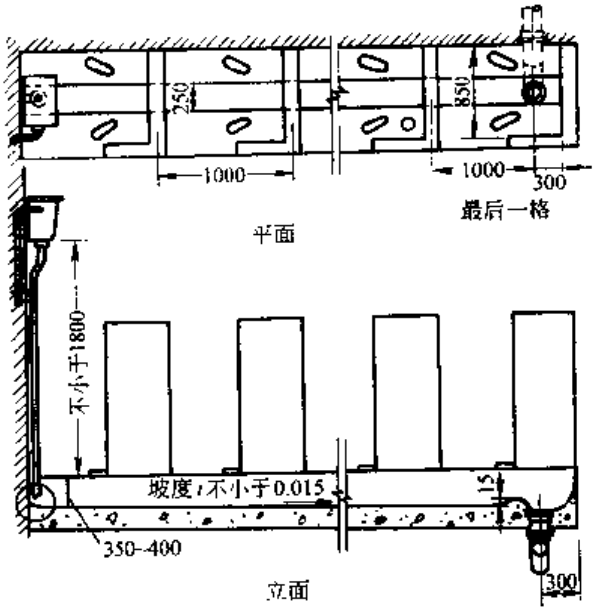


图 4-1 大便槽

2) 小便槽：公共建筑和工业企业男厕内，应设置小便器或小便槽。因小便槽具有造价低、好管理的优点，故一般低档厕所采用较多。小便槽的起点深度不得小于 100mm，宽度不得小于 300mm，槽底坡度不得小于 0.01，按每 0.5m 长度相当一个小便器计算。小便槽排水口下应设有水封装置，排水管管径不小于 75mm。在离地面 1.10m 的高度处沿墙敷设管径不小于 20mm 的多孔冲洗管。孔径为 2mm，孔的间距应为 100～120mm，孔的方向应与墙面成 45°角。小便槽宜设置自动冲洗水箱定时冲洗。详图见《给水排水标准图集》90S342。

3) 自动冲洗水箱：大、小便槽宜采用自动冲洗水箱定时冲洗。

大便槽冲洗水量和冲洗管、排水管管径，见表 4-6。

大便槽的冲洗水量冲洗管和排水管管径 表 4-6

蹲 位 数	每蹲位每次冲洗水量 (L)	冲洗管管径 (mm)	排水管管径 (mm)
≤3	15	40	100
4~8	12	50	150
9~12	11	70	150

注：1. 若采用水泥或陶土排水管，则其管径一律不得小于 150mm。

2. 每个大便槽的蹲位数不宜大于 12 个，否则管径过大，冲洗困难。

小便槽自动冲洗水箱容量见表 4-7。

小便槽自动冲洗水箱容量　　表 4-7

小便槽长度(m)	≤4	≤6	≤10
容量(L)	15	20	30

(2) 卫生器具的选用与安装：

1) 卫生器具应根据建筑标准、气候特点、生活习惯等合理选用。

2) 大便器选用应符合下列要求：

① 建筑标准要求较高的套房或对噪声有特殊要求的卫生间内，应设置旋涡虹吸式连体型大便器。

② 公共卫生间内当设置坐便器时，应选用加长型坐式大便器。

③ 医院、医疗卫生机构的公共卫生间内，应设置脚踏式自闭式冲洗阀冲洗的坐式或蹲式大便器。

④ 老人公寓、养老院、托老所的卫生间内应设置手抓按钮的温水净身风干式坐式大便器。

⑤ 自闭式冲洗阀冲洗的大便器，其给水压力不得小于 0.05MPa。

⑥ 幼儿园、托儿所内的大便器应采用儿童型便器。

⑦ 应选用节水型大便器，冲洗水箱一次冲洗量应小于等于 9L，推荐 6L。

3) 小便器和小便槽设置应符合下列要求：

① 公共建筑、工业企业卫生间内设置的小便器，应采用自闭式冲洗阀冲洗或红外感应自动冲洗。

② 医院、医疗机构卫生间内的小便器应采用红外感应自动冲洗。

③ 车站、码头、长途汽车站的公共厕所内或工业企业卫生间，如设置小便槽，应采用冲洗水箱冲洗或脚踩式冲洗阀冲洗。

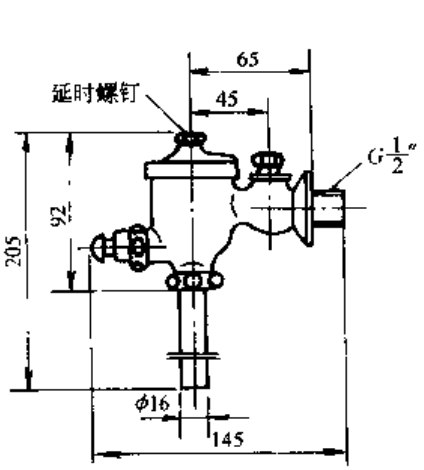
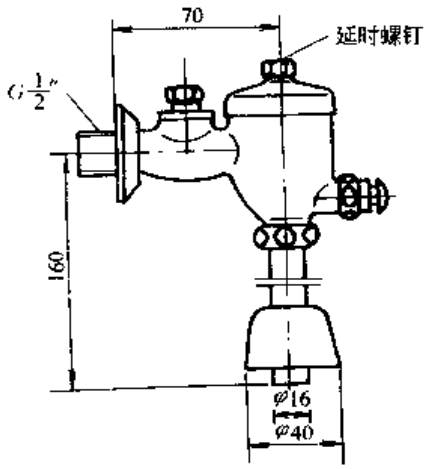
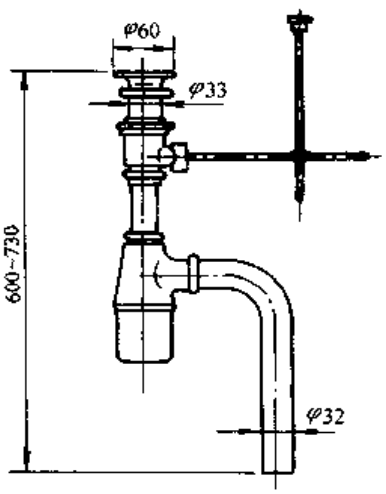
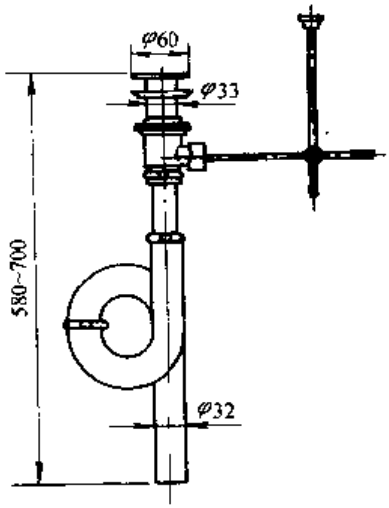
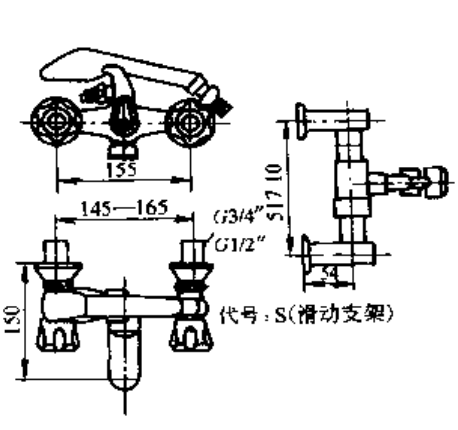
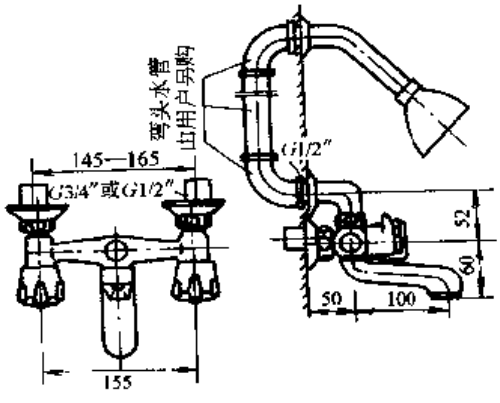
④ 教学楼的厕所内宜采用小便槽，冲洗水箱冲洗。

4) 几种卫生器具配件选用，见表 4-8。

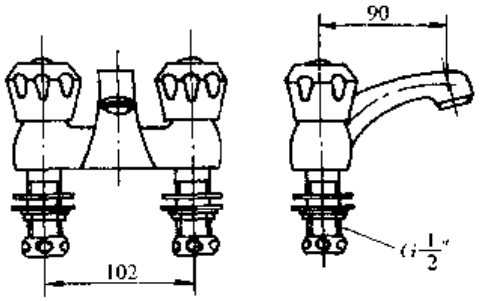
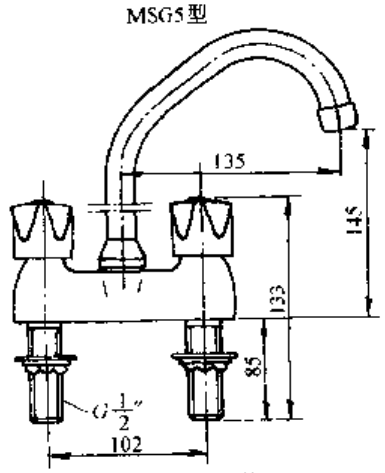
几种卫生器具配件　　表 4-8

名称	图　　例	特　　点
大便器冲洗阀	270 延时螺钉 115 39 64 30 Z(G1″) 114 防污器 φ32 YZF($A_1B_1C_1$)型 60 延时螺钉 G$\frac{3}{4}$″(G1″) 防污器 φ32 YZF($B_{11}C_1$、$B_{11}C_1$)型	1. 给水压力在 0.05～0.6MPa 范围内都能进行高强度冲洗 2. 有延时自闭功能，延时范围 3～15s 3. 有调节冲洗水量的作用，调节范围 5～15L 4. 有防止给水管道污染的防污器，可取代高、低水箱式冲洗器

续表

名称	图例	特点
小便器冲洗阀	 LG1型  LG1-2型	1. 给水压力在 0.05 ~ 0.6 MPa 范围内都能进行冲洗 2. 有延时自闭功能，延时范围 2~6s 3. 有调节冲洗水量的作用，调节范围 0.3~3L 4. 结构紧凑、美观大方、灵敏可靠
面盆存水弯	 瓶式提拉式面盆存水弯  S型提拉式面盆存水弯	1. 瓶式面盆存水弯水封量大，能减少虹吸对水封的破坏 2. 清洗方便，逆时针转动瓶式存水弯的下体，就能方便地取下清除存水弯内的杂物 3. 瓶式存水弯还能作一定距离的上下滑动，旋松 S 型存水弯的连接螺母后，存水弯能作 180° 角的转动，便于土建安装 4. 拉动提拉杆能使排水阀启闭自如
浴盆给水阀	 yG1S型  yG1-3型	1. 使用寿命长，阀芯采用高强度耐磨陶瓷密封元件 2. 使用方便，只需轻轻转动 90° 角，就能实现龙头可靠启闭；拨动中间分水阀把手，可灵活接通淋浴喷头或浴盆龙头；升降支架可根据淋浴的需要上下滑动喷头

续表

名称	图　　例	特　　点
洗脸盆水嘴	 MSG5型  MSG4型	1. 使用寿命长，采用高强度耐磨陶瓷密封元件 2. 使用方便，只需转动 90 度角，就能实现水嘴的启闭 3. 水嘴装有防溅充气装置，使水束柔和节约用水

注：本表选自广西平南县水暖器材厂部分配件产品。

5）卫生器具给水配件的安装高度，见表 4-9。

卫生器具给水配件的安装高度　　表 4-9

序号	卫生器具名称		给水配件距地(楼)面高度(mm)
1	坐便器	挂箱冲落式	250
		挂箱虹吸式	250
		坐箱式(亦称背包式)	200
		延时自阀式冲洗阀	792(穿越冲洗阀上方支管 1000)
		高水箱	2040(穿越冲洗水箱上方的支管 2300)
		连体旋涡虹吸式	100
2	蹲便器	高水箱	2150(穿越水箱上方支管 2250)
		自闭式冲洗阀	暗装：台阶面至阀 900
			明装：台阶面至阀 900
			穿越冲洗阀上方支管至台阶面 1900
		高水箱平蹲式	2040(穿越水箱上方支管 2140)
		低水箱	800
3	小便器	立式自闭冲洗阀	1115
		立式自动冲洗水箱	2400(穿越水箱上方支管 2600)
		挂式自动冲洗水箱	2300(穿越水箱上方支管 2500)
		挂式手动冲洗阀	1050(穿越阀门上方支管 1200)
		半挂式自闭冲洗阀	唐山 1200，太平洋 1300，石湾 1200
		半挂式光电控制冲洗阀	唐山 1300，太平洋 1400，石湾 1300(穿越支管加 150)

续表

序号	卫生器具名称		给水配件距地(楼)面高度(mm)
4	小便槽	冲洗水箱进水阀	2350
		手动冲洗阀	1300
5	大便槽	自动冲洗水箱	2804
6	淋浴器	单管淋浴调节阀	1150 给水支管 1000
		冷热水调节阀	1150 冷水支管 900 热水支管 1000
		升降式调节阀	1150 冷水支管 1075 热水支管 1225
		电热水器调节阀	1150 冷水支管 1150
7	浴盆	浴盆冷热水混合水龙头	距浴盆上边缘 150
8	洗脸盆	普通洗脸盆 单管供水龙头	1000
		普通洗脸盆 冷热水角阀	450 冷水支管 350,热水支管 525
		台式洗脸盆 冷热水角阀	450 冷水支管 350,热水支管 525
		立式洗脸盆 冷热水角阀	550 热水支管 625,冷水支管 450
		延时自闭式水龙头角阀	450 冷水支管 350
		光电控制洗手盆	冷水支管 450
9	净身器	双孔,冷热水混合水龙头	角阀 150 热水支管 225 冷水支管 75
		单孔,单把调温水龙头	角阀 150 热水支管 225 冷水支管 75
10	洗涤盆	单管	1000
		冷热水(明设)管	冷水支管 1000,热水支管 1100
		双把肘式管(支管暗设)	1000,冷水支管 925,热水支管 1025
		双联、三联化验龙头	1000,给水支管 850
		脚踏开关	距墙 300,盆中心偏右 150,北京支管 40,风雷支管埋地
11	化验盆	双联、三联化验龙头	960
12	洗涤池	架空式,水龙头	1000
		落地式,水龙头	800
13	盥洗槽	单管供水,水龙头	1000
		冷热水供水,混合龙头	冷水支管 1000,热水支管 1100
14	污水盆	给水龙头	1000
15	饮水器	喷嘴	1000
16	洒水栓		1000
17	家用洗衣机	给水龙头	1000

4.2.4 卫生间布置

(1) 卫生间管道布置要点:

1) 粪便污水立管应靠近大便器,使粪便污水以最短的距离进入立管。

2) 在污废水分流时,废水立管应靠近浴盆。

3) 在卫生间设有吊顶时,给排水支管一般都布置在吊顶内,吊顶上必须设检修口。

4) 要布置地漏。

5) 从冷、热水立管接出的支管,均应设检修阀门,热水支管应有弯头等配件。

6) 在有管道井时,管道井的尺寸应根据管道数量、管径大小、卫生洁具排水方式及维护检修等条件确定,并应符合下列要求:

① 每层设检修门,检修门宜开向走廊。

② 需进入管道井检修时,管道之间要留有不宜小于 0.5m 的通道。

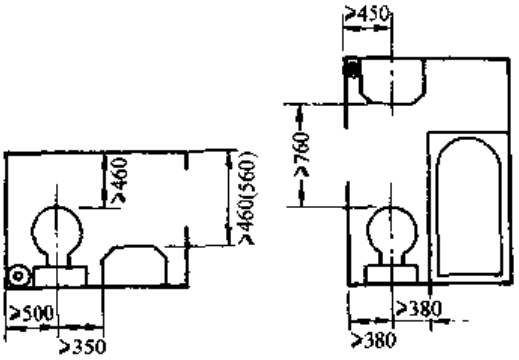


图 4-2　卫生间内卫生器具布置间距

③ 不超过 100m 的高层建筑，管道井内每两层应设有横向隔断；建筑物高度超过 100m 时，每层应设隔断。隔断的耐火等级与结构楼板相同。

(2) 卫生间卫生器具布置间距：

1) 普通住宅卫生间内卫生器具布置的最小间距要求(见图 4-2)：

① 坐便器到对墙面最小应有 460mm 的净距。

② 便器与洗脸盆并列，从便器的中心线到洗脸盆的边缘至少应相距 350mm，便器中心线离边墙至少为 380mm。

③ 洗脸盆放在浴盆或大便器对面，两者净距至少 760mm。

④ 洗脸盆边缘至对墙最小应有 460mm，对身体魁梧者 460mm 还嫌小，因此也有采用 560mm。

⑤ 脸盆的上部与镜子的底部间距为 200mm。

2) 公共建筑、宾馆、旅馆卫生间内卫生器具布置的间距要求：

卫生间一般都要做墙面装修，在考虑间距及离墙面距离时，还应将装修层的厚度留出来。

① 大便器小间的隔墙中心距为 1000～1100mm，小间隔墙的厚度一般为：

ⅰ. 钢架挂大理石：120～150mm。

ⅱ. 木隔断：50mm 左右。

ⅲ. 立砖墙贴面砖：100～120mm。

② 小便器：

ⅰ. 中心距侧墙终饰面：≥500mm。

ⅱ. 成组小便器中心距：750～800mm。

③ 台式洗脸盆：

ⅰ. 台板深度：600～650mm。

ⅱ. 台盆间距：700～800mm。

ⅲ. 台盆中心距侧墙终饰面：≥500mm。

④ 浴盆：一般带裙边浴盆。常用的浴盆长度为：

ⅰ. 住宅：1200～1500mm。

ⅱ. 宾馆：1500～1700mm。

ⅲ. 浴盆裙边与坐便器中心距：≥450mm。

(3) 卫生间的布置：

1) 卫生间的面积，根据当地气候条件，生活习惯和卫生器具设置的数量确定。住宅的卫生间面积以 2.5～3.5m^2 为宜；公寓和旅馆的卫生间面积以 3.5～4.5m^2 为宜；

2) 卫生器具的设置应根据建筑标准面定。住宅的卫生间内除设有大便器外还应设有沐浴设备、或预留沐浴设备的位置，对标准较高的住宅还应考虑设置洗脸盆和留有安装洗衣机的位置；普通旅馆的卫生间内一般设有坐便器、浴盆和洗脸盆；高级宾馆的一般客房的卫生间内也设有坐便器、浴盆和洗脸盆三大件卫生器具，只是所选用器具的质量、外形、色彩和

防噪有较高的要求;高级宾馆的部分高级客房的卫生间内还应设置妇女卫生盆。

3) 典型卫生间的布置型式:

① 住宅卫生间及管井平面布置型式,见图 4-3。

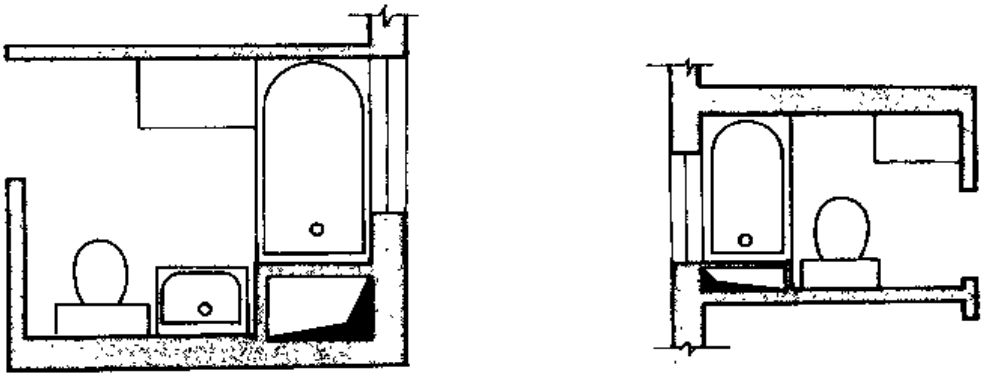


图 4-3 住宅卫生间及管井平面布置型式

② 旅馆、宾馆建筑卫生间及管道井平面布置型式,见图 4-4。

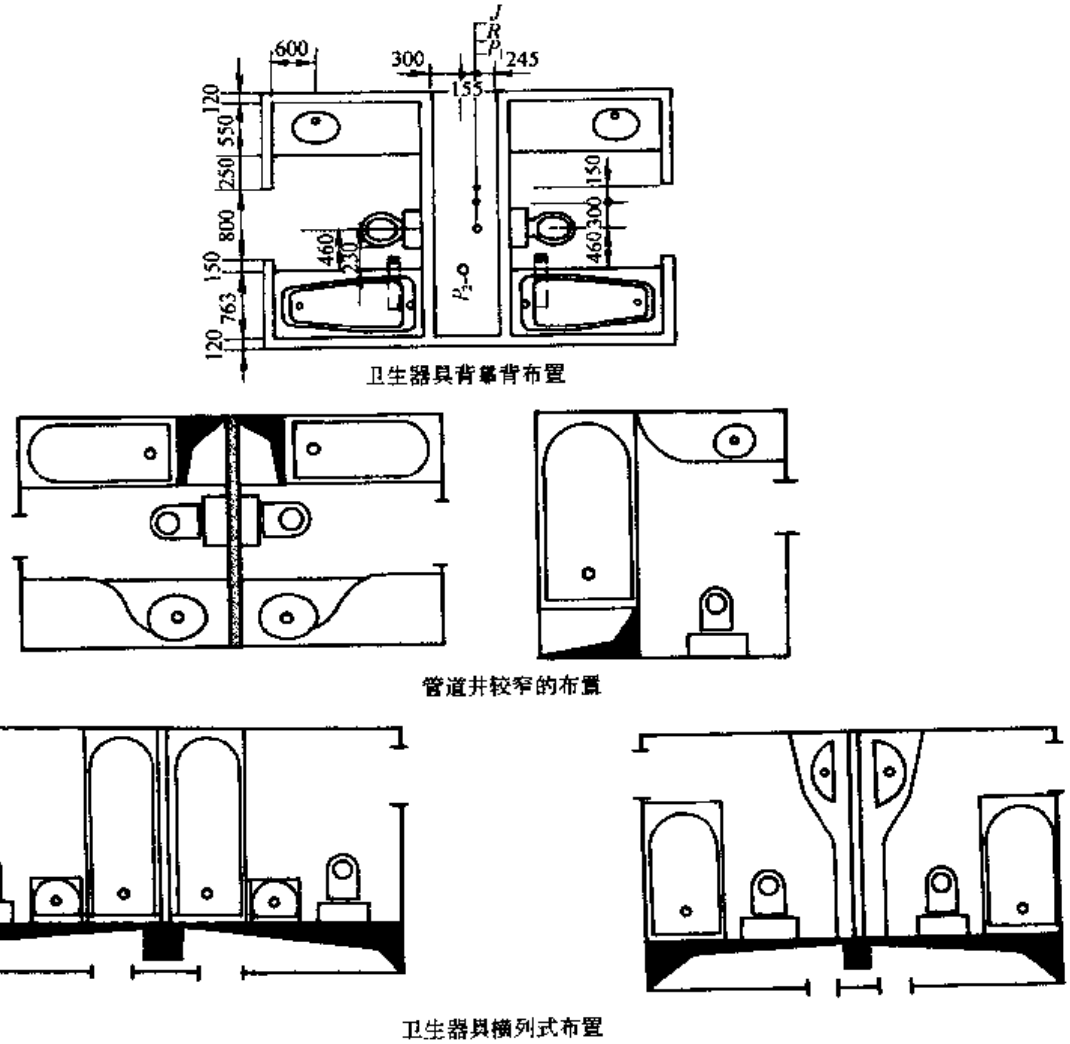


图 4-4 旅馆、宾馆建筑卫生间及管道井平面布置型式

4.3 排水系统水力计算

4.3.1 排水量定额

(1) 生活污水排水量定额及时变化系数可与生活用水量标准相同。

(2) 工业废水排水量定额及时变化系数应按工艺要求确定。

(3) 卫生器具排水的流量、当量、排水管管径和管道的最小坡度，见表 4-10。

卫生器具排水的流量、当量、排水管管径和管道的最小坡度　　表 4-10

序　号	卫生器具名称	排水流量 (L/s)	当　量	排　水　管	
				管径(mm)	最小坡度
1	污水盆(池)	0.33	1.0	50	0.025
2	单格洗涤盆(池)	0.67	2.0	50	0.025
3	双格洗涤盆(池)	1.00	3.0	50	0.025
4	洗手盆、洗脸盆(无塞)	0.10	0.3	32～50	0.020
5	洗脸盆(有塞)	0.25	0.75	32～50	0.020
6	浴盆	1.00	3.0	50	0.020
7	淋浴器	0.15	0.45	50	0.020
8	大便器				
	高水箱	1.5	4.5	100	0.012
	低水箱				
	冲落式	1.50	4.50	100	0.012
	虹吸式	2.00	6.0	100	0.012
	自闭式冲洗阀	1.50	4.50	100	0.012
9	小便器				
	手动冲洗阀	0.05	0.15	40～50	0.02
	自闭式冲洗阀	0.10	0.30	40～50	0.02
	自动冲洗水箱	0.17	0.50	40～50	0.02
10	小便槽(每米长)				
	手动冲洗阀	0.05	0.15	—	—
	自动冲洗水箱	0.17	0.50	—	—
11	化验盆(无塞)	0.20	0.60	40～50	0.025
12	净身器	0.10	0.30	40～50	0.02
13	饮水器	0.05	0.15	25～50	0.01～0.02
14	家用洗衣机	0.50	1.50	50	—

注：家用洗衣机排水软管，直径为 30mm。

(4) 卫生器具同时排水百分数，见表 4-11～13。

工业企业、公共浴室、影剧院、体育场馆、教学楼、候车室等卫生器具同时排水百分数 表 4-11

卫生器具名称	同时排水百分数(%)					
	工业企业生活间	公共浴室	影剧院	体育场馆	教学楼卫生间	候车(机船)室卫生间
洗涤盆(池)	33	15	15	15	—	20
洗手盆	50	50	50	50	50	60
洗脸盆、盥洗槽水龙头	60～100	60～100	50	80	—	80
浴盆	—	50	—	—	—	—
无间隔淋浴器	100	100	—	100	—	—
有间隔淋浴器	80	60～80	80～80	60～100	—	—
大便器冲洗水箱	30	20	40	40	40	40
大便器自闭式冲洗阀	20	20	20	20	20	20
小便器自闭式冲洗阀	30	30	30	30	30	30
小便器自动冲洗水箱	100	100	100	100	100	100
小便槽多孔冲洗管	100	100	100	100	100	100
净身盆	33	—	—	—	—	—
饮水器	30～60	30	30	30	20	30
小卖部洗涤盆	—	50	50	50	—	50

职工食堂、公共饮食业卫生器具和厨用设备同时排水百分数 表 4-12

卫生器具和厨用设备名称	同时排水百分数(%)	卫生器具和厨用设备名称	同时排水百分数(%)
污水盆(池)	50	蒸汽发生器	100
洗涤盆(池)	70	灶台给水龙头	30
煮锅	60	淋浴器	100
生产性洗涤机	40	洗手盆、洗脸盆	60
器皿洗涤机	90	大便器冲洗水箱	40
开水器	50	小便器	50

注：1. 职工或学生饭堂的洗碗台水龙头，按 100% 同时排水，但不与厨房用水叠加。

2. 本表的卫生间系指厨房工作人员使用的卫生间，顾客用的卫生间按商场卫生间计算。

实验室化验龙头同时排水百分数 表 4-13

卫生器具名称	同时排水百分数(%)	
	科学研究实验室	生产实验室
单联化验龙头	20	30
双联或三联化验龙头	30	50

4.3.2 设计秒流量

(1) 住宅、集体宿舍、旅馆、医院、幼儿园、办公楼和学校等建筑生活排水设计秒流量，应

按式(4-1)计算：

$$q_u = 0.12\alpha\sqrt{N_p} + q_{max} \quad (L/s) \tag{4-1}$$

式中 q_u——计算管段排水设计秒流量(L/s)；

N_p——计算管段的卫生器具排水当量总数；

α——根据建筑物用途而定的系数，见表 4-14；

q_{max}——计算管段上最大一个卫生器具的排水流量(L/s)，表 4-15 系按 $q_{max}=1.5L/s$ 制定的，供计算时查用。

根据建筑物用途而定的系数 α 值　　表 4-14

建筑物名称	集体宿舍、旅馆和其它公共建筑的公共盥洗室和厕所间	住宅、旅馆、医院、疗养院、休养所的卫生间
α 值	1.5	2.0~2.5

注：如计算所得流量值大于该管段上按卫生器具排水流量累加值时，应按卫生器具排水流量累加值计。

适用于住宅、集体宿舍、旅馆、医院、幼儿园、办公楼、学校的 $q_u=0.12\alpha\sqrt{N_p}+q_{max}$ 计算($q_{max}=1.5L/s$)　　表 4-15

排水当量总数	相当于下列 α 值时的排水设计秒流量 q_u(L/s)						
	1.5	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
1	2	3	4	5	6	7	8
5	1.90	2.04	2.06	2.09	2.12	2.14	2.17
6	1.94	2.09	2.12	2.15	2.18	2.21	2.24
7	1.98	2.13	2.17	2.20	2.23	2.26	2.29
8	2.01	2.18	2.21	2.25	2.28	2.31	2.35
9	2.04	2.22	2.26	2.29	2.33	2.36	2.40
10	2.07	2.26	2.30	2.34	2.37	2.41	2.45
12	2.12	2.33	2.37	2.41	2.46	2.50	2.54
14	2.17	2.40	2.44	2.49	2.53	2.58	2.62
16	2.22	2.46	2.51	2.56	2.60	2.65	2.70
18	2.26	2.52	2.57	2.62	2.67	2.72	2.77
20	2.30	2.57	2.63	2.68	2.73	2.79	2.84
22	2.34	2.63	2.68	2.74	2.79	2.85	2.91
24	2.38	2.68	2.73	2.79	2.85	2.91	2.97
26	2.42	2.72	2.78	2.85	2.91	2.97	3.03
28	2.45	2.77	2.83	2.90	2.96	3.02	3.09
30	2.49	2.81	2.88	2.95	3.01	3.08	3.14
35	2.56	2.92	2.99	3.06	3.13	3.20	3.27
40	2.64	3.02	3.09	3.17	3.25	3.32	3.40
45	2.71	3.11	3.19	3.27	3.35	3.43	3.51
50	2.77	3.20	3.28	3.37	3.45	3.54	3.62

续表

排水当量总数	相当于下列 α 值时的排水设计秒流量 q_u(L/s)						
	1.5	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
1	2	3	4	5	6	7	8
55	2.83	3.28	3.37	3.46	3.55	3.64	3.72
60	2.89	3.36	3.45	3.54	3.64	3.73	3.82
70	3.01	3.51	3.61	3.71	3.81	3.91	4.01
80	3.11	3.65	3.75	3.86	3.97	4.08	4.18
90	3.21	3.78	3.89	4.00	4.12	4.23	4.35
100	3.30	3.90	4.02	4.14	4.26	4.38	4.50
120	3.47	4.13	4.26	4.39	4.52	4.65	4.79
140	3.63	4.34	4.48	4.62	4.77	4.91	5.05
160	3.78	4.54	4.69	4.84	4.99	5.14	5.29
180	3.91	4.72	4.88	5.04	5.20	5.36	5.52
200	4.05	4.89	5.06	5.23	5.40	5.57	5.74
250	4.35	5.29	5.48	5.67	5.86	6.05	6.24
300	4.62	5.66	5.86	6.07	6.28	6.49	6.70
350	4.87	5.99	6.21	6.44	6.66	6.89	7.11
400	5.10	6.30	6.54	6.78	7.02	7.26	7.50
450	5.32	6.59	6.85	7.10	7.35	7.61	7.86
500	5.52	6.87	7.13	7.40	7.67	7.94	8.21
550	5.72	7.13	7.41	7.69	7.97	8.25	8.54
600	5.91	7.38	7.67	7.97	8.26	8.55	8.85
650	6.09	7.62	7.92	8.23	8.54	8.84	9.15
700	6.26	7.85	8.17	8.48	8.80	9.12	9.44
750	6.43	8.07	8.40	8.73	9.06	9.39	9.72
800	6.59	8.29	8.63	8.97	9.31	9.65	9.99
850	6.75	8.50	8.85	9.20	9.55	9.90	10.25
900	6.90	8.70	9.06	9.42	9.78	10.14	10.50
950	7.05	8.90	9.27	9.64	10.01	10.38	10.75
1000	7.19	9.09	9.47	9.85	10.23	10.61	10.99
1100	7.47	9.46	9.86	10.26	10.65	11.05	11.45
1200	7.74	9.81	10.23	10.65	11.06	11.48	11.89
1300	7.99	10.15	10.59	11.02	11.45	11.88	12.32
1400	8.23	10.48	10.93	11.38	11.83	12.28	12.72
1500	8.47	10.80	11.26	11.73	12.19	12.65	13.12

(2) 工业企业生活间、公共浴室、洗衣房、公共食堂、实验室、影剧院、体育场等设计秒流量,按式(4-2)计算:

$$q_u = \Sigma \frac{q_0 n_0 b}{100} \quad (L/s) \tag{4-2}$$

式中 q_u——计算管段排水设计秒流量(L/s)；

q_0——同类型的一个卫生器具排水流量(L/s)；

n_0——同类型卫生器具数；

b——卫生器具的同时排水百分数，同给水见表4-11、12。冲洗水箱式大便器的同时排水百分数，应按12%计算。

当设计排水量小于一个大便器排水量时，应按一个大便器的排水流量计算。

4.3.3 排水系统水力计算

水力计算的目的在于合理、经济地确定管径、管道坡度，以及确定设置通气系统的型式，以使排水管系统正常地工作。

4.3.3.1 计算规定：为确保管系在良好的水力条件下工作，必须满足下列几个水力要素的规定：

(1) 管道坡度：生活污水和工业废水管道的标准坡度、最小坡度，见表4-16。其最大坡度，不得大于0.15(长度小于1.5m的管段可不受此限)。

排水管道标准坡度和最小坡度 表4-16

管径 (mm)	工业废水(最小坡度)		生活污水	
	生产废水	生产污水	标准坡度	最小坡度
50	0.020	0.030	0.035	0.025
75	0.015	0.020	0.025	0.015
100	0.008	0.012	0.020	0.012
125	0.006	0.010	0.015	0.010
150	0.005	0.006	0.010	0.007
200	0.004	0.004	0.008	0.005
250	0.0035	0.0035	—	—
300	0.003	0.003	—	—

注：1. 工业废水中含有铁屑或其它污物时，管道的最小坡度应按自清流速计算确定。

2. 成组洗脸盆至共用水封的排水管，坡度为0.01。

3. 生活污水管道，宜按标准坡度采用。

UPVC建筑排水横管最大、最小坡度，见表4-17。

UPVC横管最大与最小坡度 表4-17

外径 DN(mm)	50	75	90	110	125	160	200
壁厚 t(mm)	2.0	2.3	3.2	3.2	3.2	4.0	5.0
内径 d(mm)	36.0	70.4	83.6	103.6	118.6	152.0	190
最小坡度 i_{min}	0.007	0.005	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002
最大坡度 i_{max}	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	

(2) 管道流速:为使悬游在污水中的杂质不致沉淀在管底,并且使水流能及时冲刷管壁上的污物,必须有一个最小保证流速。排水铸铁管的最小流速(或称自清流速)在设计充满度下,当管径小于 150mm 时,为 0.60m/s;管径 150mm 时,为 0.65m/s;管径 200mm 时,为 0.70m/s。

各种明渠(沟)的最小流速为 0.40m/s。

雨水道及合流制排水管的最小流速为 0.75m/s。

为了防止管壁因受污水中坚硬杂质高速流动的摩擦而损坏,和防止过大的水流冲击,各种管材的排水管道均有最大允许流速,见表 4-18。

管道内最大允许流速值(m/s) **表 4-18**

管道材料	生活污水	含有杂质的工业废水、雨水
金属管	7.0	10.0
陶土及陶瓷管	5.0	7.0
混凝土、钢筋混凝土及石棉水泥管	4.0	7.0

(3) 管道充满度:排水管道的最大计算充满度,见表 4-19。

排水管道的最大计算充满度 **表 4-19**

污水管道名称	管径(mm)	最大计算充满度
生活污水管道	≤125	0.5
	150~200	0.6
生产废水管道	50~75	0.6
	100~150	0.7
	≥200	1.0
生产污水管道	50~75	0.6
	100~150	0.7
	≥200	0.8

注:1. 生活污水管道在短时间内排泄大量洗涤废水时(如浴室、洗衣房废水等),可按满流计算。

2. 生产废水和雨水合流的排水管道,可按地下雨水管道的设计充满度计算。

UPVC 建筑排水横管最大充满度,见表 4-20。

UPVC 横管最大充满度 **表 4-20**

外径 DN(mm)	50	75	90	110	125	160	200
壁厚 t(mm)	2.0	2.3	3.2	3.2	3.2	4.0	5.0
内径 d(mm)	36.0	70.4	83.6	103.6	118.6	152.0	190
最大充满度 h/d	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6

4.3.3.2 水力计算:

(1) 管道和明沟的水力计算,见《给排水设计手册》第 1 册《常用资料》。

(2) 室内采用的陶土管(带釉)、铸铁管、混凝土或钢筋混凝土雨水管,其粗糙系数为 0.013。为使用方便,将粗糙系数 $n=0.013$ 的简化水力计算表,列于表 4-21。

室内排水管道水力计算表($n=0.013$) 表 4-21

坡度	工业废水(生产废水和生产污水)										生产废水					
	$h/D=0.6$				$h/D=0.7$						$h/D=1.0$					
	$D=50$		$D=75$		$D=100$		$D=125$		$D=150$		$D=200$		$D=250$		$D=300$	
	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
0.003															53.00	0.75
0.0035													35.40	0.72	57.30	0.81
0.004											20.80	0.66	37.80	0.77	61.20	0.87
0.005									8.85	0.68	23.25	0.74	42.25	0.86	68.50	0.97
0.006							6.00	0.67	9.70	0.75	25.50	0.81	46.40	0.94	75.00	1.06
0.007							6.50	0.72	10.50	0.81	27.50	0.88	50.00	1.02	81.00	1.15
0.008					3.80	0.66	6.95	0.77	11.20	0.87	29.40	0.94	53.50	1.09	86.50	1.28
0.009					4.02	0.70	7.36	0.82	11.90	0.92	31.20	0.99	56.50	1.15	92.00	1.30
0.01					4.25	0.74	7.80	0.86	12.50	0.97	33.00	1.05	59.70	1.22	97.00	1.37
0.012					4.64	0.81	8.50	0.95	13.70	1.06	36.00	1.15	65.30	1.33	106.00	1.50
0.015			1.95	0.72	5.20	0.90	9.50	1.06	15.40	1.19	40.30	1.28	73.20	1.49	119.00	1.68
0.02	0.79	0.46	2.25	0.83	6.00	1.04	11.00	1.22	17.70	1.37	46.50	1.48	84.50	1.72	137.00	1.94
0.025	0.88	0.72	2.51	0.93	6.70	1.16	12.30	1.36	19.80	1.53	52.00	1.65	94.40	1.92	153.00	2.17
0.03	0.97	0.79	2.76	1.02	7.35	1.28	13.50	1.50	21.70	1.68	57.00	1.82	103.50	2.11	168.00	2.38
0.035	1.05	0.85	2.98	1.10	7.95	1.38	14.60	1.60	23.40	1.81	61.50	1.96	112.00	2.28	181.00	2.57
0.04	1.12	0.91	3.18	1.17	8.50	1.47	15.60	1.73	25.00	1.94	66.00	2.10	120.00	2.44	194.00	2.75
0.045	1.19	0.96	3.38	1.25	9.00	1.56	16.50	1.83	26.60	2.06	70.00	2.22	127.00	2.58	206.00	2.91
0.05	1.25	1.01	3.55	1.31	9.50	1.64	17.40	1.93	28.00	2.17	73.50	2.34	134.00	2.72	217.00	3.06
0.06	1.37	1.11	3.90	1.44	10.40	1.80	19.00	2.11	30.60	2.38	80.50	2.56	146.00	2.98	238.00	3.36
0.07	1.48	1.20	4.20	1.55	11.20	1.95	20.60	2.28	33.10	2.56	87.00	2.77	158.00	3.22	256.00	3.64
0.08	1.58	1.28	4.50	1.66	12.00	2.08	22.00	2.44	35.40	2.74	93.00	2.96	169.00	3.44	274.00	3.88

续表

坡度	生产污水						生活污水											
	$h/D=0.8$						$h/D=0.5$								$h/D=0.6$			
	$D=200$		$D=250$		$D=300$		$D=50$		$D=75$		$D=100$		$D=125$		$D=150$		$D=200$	
	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
0.003					52.50	0.87												
0.0035			35.00	0.83	56.70	0.94												
0.004	20.60	0.77	37.40	0.89	60.60	1.01												
0.005	23.00	0.86	41.80	1.00	67.90	1.31											15.35	0.80
0.006	25.20	0.94	46.00	1.09	74.40	1.24											16.90	0.88
0.007	27.20	1.02	49.50	1.18	80.40	1.33									8.46	0.78	18.20	0.95
0.008	29.00	1.09	53.00	1.26	85.80	1.42									9.04	0.83	19.40	1.01
0.009	30.80	1.15	56.00	1.33	91.00	1.51									9.56	0.89	20.60	1.07
0.01	32.60	1.22	59.20	1.41	96.00	1.59							4.97	0.81	10.10	0.94	21.70	1.13
0.012	35.60	1.33	64.70	1.54	105.00	1.74					2.90	0.72	5.44	0.89	11.10	1.02	23.80	1.24
0.015	40.00	1.49	72.50	1.72	118.00	1.95			1.48	0.67	3.23	0.81	6.08	0.99	12.40	1.14	26.60	1.39
0.02	46.00	1.72	83.60	1.99	135.80	2.25			1.70	0.77	3.72	0.93	7.02	1.15	14.30	1.32	30.70	1.60
0.025	51.40	1.92	93.50	2.22	151.00	2.51	0.65	0.66	1.90	0.86	4.17	1.05	7.85	1.28	16.00	1.47	35.30	1.79
0.03	56.50	2.11	102.50	2.44	166.00	2.76	0.71	0.72	2.08	0.94	4.55	1.14	8.60	1.39	17.50	1.62	37.70	1.96
0.035	61.00	2.28	111.00	2.64	180.00	2.98	0.77	0.78	2.26	1.02	4.94	1.24	9.29	1.51	18.90	1.75	40.60	2.12
0.04	65.00	2.44	118.00	2.82	192.00	3.18	0.81	0.83	2.40	1.09	5.26	1.32	9.93	1.62	20.20	1.87	43.50	2.27
0.045	69.00	2.58	126.00	3.00	204.00	3.38	0.87	0.89	2.56	1.16	5.60	1.40	10.52	1.71	21.50	1.98	46.10	2.40
0.05	72.60	2.72	132.00	3.15	214.00	3.55	0.91	0.93	2.60	1.23	5.88	1.48	11.10	1.89	22.60	2.09	48.50	2.53
0.06	79.60	2.98	145.00	3.45	235.00	3.90	1.00	1.02	2.94	1.33	6.45	1.62	12.14	1.98	24.80	2.29	53.20	2.77
0.07	86.00	3.22	156.00	3.73	254.00	4.20	1.08	1.10	3.18	1.42	6.97	1.75	13.15	2.14	26.80	2.47	57.50	3.00
0.08	93.40	3.47	165.50	3.94	274.00	4.40	1.18	1.16	3.35	1.52	7.50	1.87	14.05	2.28	30.40	2.73	65.40	3.32

注：1. 本表单位：Q 为 L/s；v 为 m/s；D 为 mm。

2. 工业废水栏内，生产污水仅适用于粗实线以下部分。

(3) UPVC管道的水力计算：

1) 立管的排水能力 Q，见表4-22。

立管排水能力 Q　　表4-22

DN(mm)	50	75	90	110	125	160
无通气立管 Q(L/s)	1.0	2.5	3.0	4.5	6.0	10.0
有通气立管 Q(L/s)	—	5.0	7.0	10.0	15.0	25.0

2) 立管的排水当量负荷 N_p，见表4-23。

立管排水当量负荷 N_p　　表4-23

类别	DN (mm)	Q (L/s)	q_{max} (L/s)	$[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2$		$Q/0.33$
				集体宿舍、旅馆等公共建筑的公共卫生间	住宅、旅馆、医院、疗养院、休养所的卫生间	工业企业生活间等公共建筑
				$\alpha=1.5$	$\alpha=2.0\sim2.5$	
无通气立管	50	1.0	0.33	13.9	7.8～5.0	3.0
			0.5	7.7	4.3～3.0①	
	75	2.5	0.5	123	69.4～44.4	7.6
			1.0	69.4	39.1～25.0	
	90	3.0	0.5	193	109～69.4	9.1
			1.0	123	69.4～44.4	
	110	4.5	1.5	278	156～100	13.6
			2.0	193	109～69.4	
	125	6.0	1.5	625	352～225	18.2
			2.0	494	278～178	
	160	10.0	1.5	2230	1254～803	30.3
			2.0	1975	1111～711	
有通气立管	75	5.0	0.5	625	352～225	15.2
			1.0	494	278～178	
	90	7.0	0.5	1304	734～469	21.2
			1.0	1111	625～400	
	110	10.0	1.5	2230	1254～803	30.3
			2.0	1975	1111～711	
	125	15.0	1.5	5625	3164～2025	45.5
			2.0	5216	2934～1878	
	160	25.0	1.5	17045	9588～6136	75.8
			2.0	16327	9184～5878	

① $[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2-2.8<Q/0.33$，取3.0。

3) 横管的水力计算($n=0.009$)，见表4-24。

横管水力计算 $n=0.009$、Q(L/s)、v(m/s) **表 4-24**

坡度 i	充满度 0.5										充满度 0.6	
	*DN*50		*DN*75		*DN*90		*DN*110		*DN*125		*DN*160	
	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.84	0.43
0.0015	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.93	0.52
0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	2.63	0.48	6.85	0.60
0.0025	—	—	—	—	—	—	2.05	0.49	2.94	0.53	7.65	0.67
0.003	—	—	—	—	1.27	0.46	2.25	0.53	3.22	0.58	8.39	0.74
0.0035	—	—	—	—	1.37	0.50	2.43	0.58	3.48	0.63	9.06	0.80
0.004	—	—	—	—	1.46	0.53	2.59	0.61	3.72	0.67	9.68	0.85
0.0045	—	—	—	—	1.55	0.56	2.75	0.85	3.94	0.71	10.27	0.90
0.005	—	—	1.03	0.53	1.64	0.60	2.90	0.69	4.16	0.75	10.82	0.95
0.006	—	—	1.13	0.58	1.79	0.65	3.18	0.75	4.55	0.82	11.86	1.04
0.007	0.39	0.47	1.22	0.63	1.94	0.71	3.43	0.81	4.92	0.89	12.81	1.13
0.008	0.42	0.51	1.31	0.67	2.07	0.75	3.67	0.87	5.26	0.95	13.69	1.20
0.009	0.45	0.54	1.39	0.71	2.19	0.80	3.89	0.92	5.58	1.01	14.52	1.28
0.01	0.47	0.57	1.46	0.75	2.31	0.84	4.10	0.97	5.88	1.06	15.31	1.35
0.012	0.52	0.63	1.60	0.82	2.53	0.92	4.49	1.07	6.44	1.17	16.77	1.48
0.015	0.58	0.70	1.79	0.92	2.83	1.03	5.02	1.19	7.20	1.30	18.75	1.65
0.02	0.67	0.81	2.07	1.06	3.27	1.19	5.80	1.38	8.31	1.50	21.65	1.90
0.025	0.74	0.89	2.31	1.19	3.66	1.33	6.48	1.54	9.30	1.68	24.21	2.13
0.03	0.81	0.97	2.53	1.30	4.01	1.46	7.10	1.68	10.18	1.84	26.52	2.33
0.035	0.88	1.06	2.74	1.41	4.33	1.58	7.67	1.82	11.00	1.99	28.64	2.52
0.04	0.94	1.13	2.93	1.51	4.63	1.69	8.20	1.95	11.76	2.13	30.62	2.69
0.045	1.00	1.20	3.10	1.59	4.91	1.79	8.70	2.06	12.47	2.26	32.47	2.86
0.05	1.05	1.26	3.27	1.68	5.17	1.88	9.17	2.18	13.15	2.38	34.23	3.01
0.06	1.15	1.38	3.58	1.84	5.67	2.07	10.04	2.38	14.40	2.61	37.50	3.30

4) 横管的排水当量负荷 N_p：为使用方便、将常用管径外径 *DN*110mm 与 *DN*160 以及 $q_{max}=1.5$L/s 与 2.0L/s，分别列于表 4-25～28，根据计算排水当量负荷值，可直接从表 4-25～28 查出需用的管径及坡度。

横管排水当量负荷 N_p（DN110mm、充满度 0.5、q_{max}=1.5L/s）　　表 4-25

坡度 i	流量 Q (L/s)	流速 v (m/s)	$[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2$		$Q/0.33$
			集体宿舍、旅馆等公共建筑的公共卫生间	住宅、旅馆、医院、疗养院、休养所的卫生间	工业企业生活间等公共建筑
			α=1.5	α=2.0～2.5	
0.0025	2.05	0.49	9.3	6.2～6.2①	6.2
0.003	2.25	0.53	17.4	9.8～6.8①	6.8
0.0035	2.43	0.58	26.7	15.0～9.6	7.4
0.004	2.59	0.61	36.7	20.6～13.2	7.8
0.0045	2.75	0.65	48.2	27.1～17.4	8.3
0.005	2.90	0.69	60.5	34.0～21.8	8.8
0.006	3.18	0.75	87.1	49.0～31.4	9.6
0.007	3.43	0.81	115	64.7～41.4	10.4
0.008	3.67	0.87	145	81.8～52.3	11.1
0.009	3.89	0.92	176	99.2～63.5	11.8
0.01	4.10	0.97	209	117～75.1	12.4
0.012	4.49	1.07	276	155～99.3	13.6
0.015	5.02	1.19	382	215～138	15.2
0.02	5.80	1.38	571	321～205	17.6
0.025	6.48	1.54	765	431～276	19.6
0.03	7.10	1.68	968	544～348	21.5
0.035	7.67	1.82	1175	661～423	23.2
0.04	8.20	1.95	1385	779～499	24.8
0.045	8.70	2.06	1600	900～576	26.4
0.05	9.17	2.18	1816	1021～654	27.8
0.06	10.04	2.38	2251	1266～810	30.4

① 由于$[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2<Q/0.33$，而取 $Q/0.33$。

横管排水当量负荷 N_p（DN110mm、充满度 0.5、q_{max}=2.0L/s）　　表 4-26

坡　度 i	流量 Q (L/s)	流速 v (m/s)	$[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2$		$Q/0.33$
			集体宿舍、旅馆等公共建筑的公共卫生间	住宅、旅馆、医院、疗养院、休养所的卫生间	工业企业生活间等公共建筑
			α=1.5	α=2.0～2.5	
0.0025	2.05	0.49	6.2①	6.2①～6.2①	6.2
0.003	2.25	0.53	6.8①	6.8①～6.8①	6.8
0.0035	2.43	0.58	7.4①	7.4①～7.4①	7.4
0.004	2.59	0.61	10.7	7.8①～7.8①	7.8
0.0045	2.75	0.65	17.4	9.8～8.3①	8.3
0.005	2.90	0.69	25.0	14.1～9.0	8.8
0.006	3.18	0.75	43.0	24.2～15.5	9.6
0.007	3.43	0.81	63.1	35.5～22.7	10.4
0.008	3.67	0.87	86.1	48.4～31.0	11.1
0.009	3.89	0.92	110	62.0～39.7	11.8

续表

坡 度 i	流量 Q (L/s)	流速 v (m/s)	$[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2$		$Q/0.33$
			集体宿舍、旅馆等公共建筑的公共卫生间	住宅、旅馆、医院、疗养院、休养所的卫生间	工业企业生活间等公共建筑
			$\alpha=1.5$	$\alpha=2.0\sim2.5$	
0.01	4.10	0.97	136	76.6～49.0	12.4
0.012	4.49	1.07	191	108～68.9	13.6
0.015	5.02	1.19	281	158～101	15.2
0.02	5.80	1.38	446	251～160	17.6
0.025	6.48	1.54	619	348～223	19.6
0.03	7.10	1.68	803	452～289	21.5
0.035	7.67	1.82	992	558～357	23.2
0.04	8.20	1.95	1186	667～427	24.8
0.045	8.70	2.06	1385	779～499	26.4
0.05	9.17	2.18	1587	893～571	27.8
0.06	10.04	2.38	1995	1122～718	30.4

① 由于$[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2<Q/0.33$，取$Q/0.33$。

横管排水当量负荷 N_p（$DN160$mm、充满度 0.6、$q_{max}=1.5$L/s） **表 4-27**

坡 度 i	流量 Q (L/s)	流速 v (m/s)	$[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2$		$Q/0.33$
			集体宿舍、旅馆等公共建筑的公共卫生间	住宅、旅馆、医院、疗养院、休养所的卫生间	工业企业生活间等公共建筑
			$\alpha=1.5$	$\alpha=2.0\sim2.5$	
0.001	4.84	0.43	344	194～124	14.7
0.0015	5.93	0.52	606	341～218	18.0
0.002	6.85	0.60	883	497～318	20.8
0.0025	7.65	0.67	1167	657～420	23.2
0.003	8.39	0.74	1465	824～527	25.4
0.0035	9.06	0.80	1764	992～635	27.5
0.004	9.68	0.85	2065	1153～743	29.3
0.0045	10.27	0.90	2374	1335～855	31.1
0.005	10.82	0.95	2681	1058～965	32.8
0.006	11.86	1.04	3313	1863～1193	35.9
0.007	12.81	1.13	3948	2221～1421	38.8
0.008	13.69	1.20	4586	2580～1651	41.5
0.009	14.52	1.28	5232	2943～1884	44.0
0.01	15.31	1.35	5886	3311～2119	46.4
0.012	16.77	1.48	7197	4048～2591	50.8
0.015	18.75	1.65	9184	5166～3306	56.8
0.02	21.65	1.90	12532	7049～4511	65.6
0.025	24.21	2.13	15918	8954～5730	73.4
0.03	26.52	2.33	19321	10868～6956	80.4
0.035	28.64	2.52	22734	12788～8184	86.8
0.04	30.62	2.69	26172	14722～9422	92.8

横管排水当量负荷 N_p（$DN160$、充满度 0.6、$q_{max}=2.0$L/s）　　表 4-28

坡度 i	流量 Q (L/s)	流速 v (m/s)	$[N_p]=[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2$		$Q/0.33$
			集体宿舍、旅馆等公共建筑的公共卫生间	住宅、旅馆、医院、疗养院、休养所的卫生间	工业企业生活间等公共建筑
			$\alpha=1.5$	$\alpha=2.0\sim2.5$	
0.001	4.84	0.43	249	140～89.6	14.7
0.0015	5.93	0.52	477	268～172	18.0
0.002	6.85	0.60	726	408～261	20.8
0.0025	7.65	0.67	985	554～355	23.2
0.003	8.39	0.74	1260	709～454	25.4
0.0035	9.06	0.80	1538	865～554	27.5
0.004	9.68	0.85	1820	1024～655	29.3
0.0045	10.27	0.90	2111	1187～760	31.1
0.005	10.82	0.95	2401	1351～864	32.8
0.006	11.86	1.04	3001	1688～1080	35.9
0.007	12.81	1.13	3607	2029～1298	38.8
0.008	13.69	1.20	4218	2373～1518	41.5
0.009	14.52	1.28	4838	2721～1742	44.0
0.01	15.31	1.35	5468	3076～1968	46.4
0.012	16.77	1.48	6733	3787～2424	50.8
0.015	18.75	1.65	8659	4871～3117	56.8
0.02	21.65	1.90	11917	9704～4290	65.6
0.025	24.21	2.13	15225	8564～5481	73.4
0.03	28.52	2.33	18556	10438～6680	80.4
0.035	28.64	2.52	21904	12321～7885	86.8
0.04	30.62	2.69	25281	14221～9101	92.8

(4) UPVC 螺旋管水力计算：UPVC 螺旋管由于内壁有与管壁一起挤出成型的三角形螺旋肋，因而显著地降低了立管内的压力波动，提高了排水能力，降低了管道系统的噪声。下述水力条件选自沈阳平和实业有限公司的产品数据。该公司生产的配套管件有三通、四通。

螺旋管立管的通水能力：

① 立管的通水流量，不得大于表 4-29 的规定。

排水立管的通水流量　　表 4-29

公称外径(mm)	最大通水流量 Q(L/s)	公称外径(mm)	最大通水流量 Q(L/s)
75	3.0	160	13.0
110	6.0		

② 立管的当量负荷，可按表 4-30 采用。

立管的当量负荷 表 4-30

d_e	Q (L/s)	q_{max} (L/s)	$[(Q-q_{max})/0.12\alpha]^2$		$Q/0.33$
			集体宿舍、旅馆等公共建筑的公共卫生间	住宅、旅馆、医院、疗养院的卫生间	工业企业生活间等公共建筑
			$\alpha=1.5$	$\alpha=2.0\sim2.5$	
75	3.0	0.5	193	109～69.4	9.1
		1.0	123	69.4～44.4	
110	6.0	1.5	625	352～225	18.2
		2.0	494	278～178	
160	13.0	1.5	4082	2296～1496	39.4
		2.0	3735	2101～1344	

4.4 排水系统的通气管系统

4.4.1 设置通气管系统的目的

(1) 保护存水弯水封，使排水系统内的空气压力与大气压取得平衡。

(2) 使排水管内排水畅通，形成良好的水流条件。

(3) 把新鲜空气补入排水管内，使管内进行换气，预防因室外管道系统积聚有害气体而损伤养护人员、发生火灾和腐蚀管道等隐患。

(4) 减少排水系统的噪声。

通气系统设置得合理与否，在一定程度上影响室内排水系统功能的优劣。

4.4.2 通气管系统图式

(1) 由专用通气管、伸顶通气管组成，见图 4-5(a)、(b)。

(2) 由主通气立管、副通气立管、伸顶通气管、环形通气管组成，见图 4-5(c)、(d)。

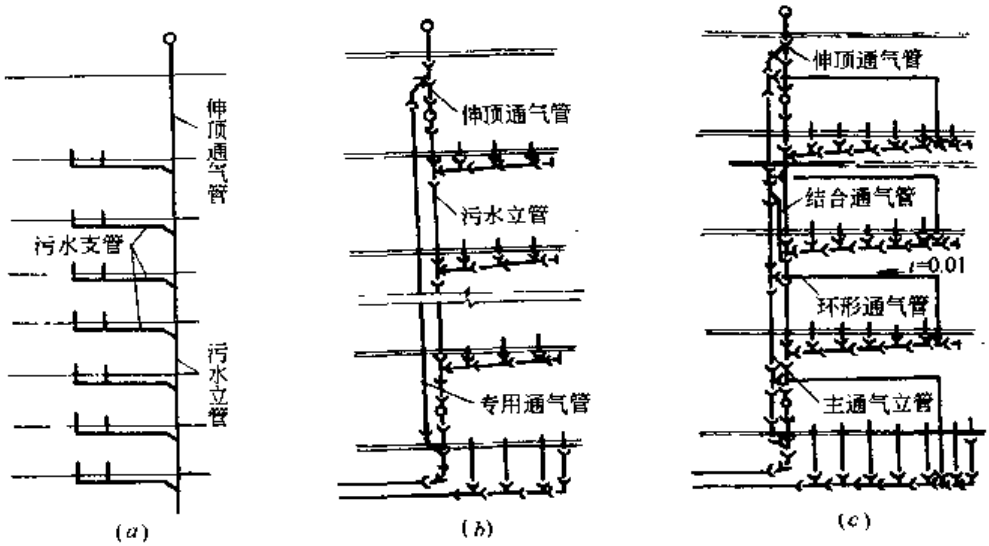


图 4-5 通气管系统图式(一)

(a)伸顶通气管；(b)专用通气管；(c)主通气立管与环形通气管

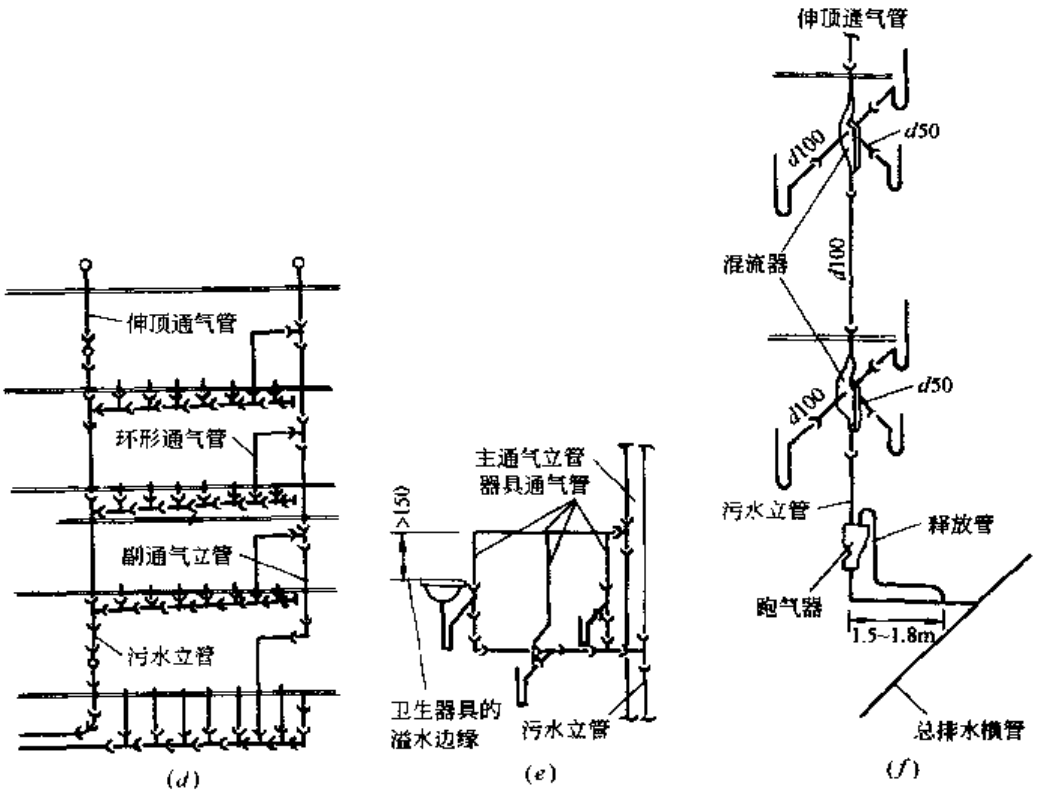


图 4-5　通气管系统图式(二)

(d)副通气立管与环形通气管;(e)器具通气管;(f)单立管排水系统

(3) 由主通气立管,器具通气管组成,见图 4-5(e)。

(4) 由特制配件、释放管、伸顶通气管组成的单立管排水系统,见图 4-5(f)。

4.4.3　设置通气管系统原则

(1) 生活污水管道或散发有害气体的生产污水管道,均应设置伸顶通气管,即将立管延伸到屋面以上进行通气。

(2) 建筑物排水系统中有一根或一根以上污水立管伸到屋顶以上通气时,允许设置不通气排水立管。不通气污水立管的最大排水能力,见表 4-31。

不通气的排水立管的最大排水能力(L/s)　　表 4-31

立管工作高度 (m)	立管管径 (mm)			
	50	75	100	125
≤2	1.00	1.70	3.80	5.0
3	0.64	1.35	2.4	3.4
4	0.5	0.92	1.76	2.7
5	0.4	0.70	1.36	1.9
6	0.4	0.50	1.0	1.5
7	0.4	0.50	0.76	1.2
≥8	0.4	0.50	0.64	1.0

注:排水立管工作高度,指最高排水横支管与立管连接点至排出管中心线间的距离。

(3) 多层建筑内,底层的生活污水管道与楼层生活污水管道分开排出时,底层污水管道的排水能力,采用表 4-31 中立管工作高度≤2m 时的数值。

(4) 下列情况应设置专用通气立管:

1) 建筑物内,设有卫生设备的层数在 10 层及 10 层以上且排水立管管径不宜放大时。

2) 生活排水立管所承担的卫生器具排水设计流量,如超过表 4-32、33 中无专用通气立管的排水立管最大排水能力时。

设有通气管系的铸铁排水立管最大排水能力 表 4-32

排水立管管径 (mm)	排水能力 (L/s)	
	仅设伸顶通气管	有专用通气立管或主通气立管
50	1.0	—
75	2.5	5
100	4.5	9
125	7.0	14
150	10.0	25

设有通气管系的塑料排水立管的最大排水能力 表 4-33

排水立管管径 (mm)	排水能力 (L/s)	
	仅设伸顶通气管	有专用通气立管或主通气立管
50	1.2	—
75	3.0	—
90	3.8	—
110	5.4	10.0
125	7.5	16.0
160	12.0	28.0

注:表内数据系在立管底部放大一号管径条件下的通水能力。如不放大时,可按表 4-32 确定。

(5) 下列情况应设置环形通气管,主通气立管或副通气立管:

1) 同一污水支管所连接的卫生器具在 4 个及 4 个以上,且污水支管长度大于 12m 时。

2) 同一污水支管所连接大便器在 6 个及 6 个以上时。

3) 排水横支管的计算充满度超过表 4-18 规定的数值时。

4) 使用要求较高的建筑或高层公共建筑,在上述规定以外时,亦可根据需要设置环形通气管、主通气立管或副通气立管。

(6) 对卫生、安静要求较高的建筑物内,生活污水管道宜设置器具通气管。

4.4.4 通气管管径确定

(1) 通气管管径应根据排水管负荷、管道长度决定,一般不小于排水管管径的1/2,其最小管径见表 4-34。

通气管最小管径　　表 4-34

污水管管径(mm)	32	40	50	75	100	125	150
器具通气管(mm)	32	32	32		50	50	
环形通气管(mm)			32	40	50	50	
通气立管管径(mm)			40	50	75	100	100

(2) 通气立管长度在 50m 以上者,其管径应与污水立管管径相同。

(3) 污水立管与通气立管之间的连接管为结合通气管,其管径不宜小于通气立管管径。

(4) 伸顶通气管的管径与所接污水立管的管径相同。

(5) 二个及二个以上污水立管同时与一根通气立管相连时,应以最大一根污水立管确定通气立管管径,且其管径不宜小于其余任何一根污水立管的管径。

(6) 总通气管断面积应取各汇合管中最大管断面积加其余各管断面积之和的 0.25 倍。对不采暖的房间可采用 0.50 倍。

(7) 在最冷月平均气温低于 -10℃ 地区的伸顶通气管管径不得小于 75mm,通气管管径必须增大时,其管径的变化,原则上应在建筑物顶棚以下 300mm 的地方,其增大值为 50mm,以适应因潮气结霜面缩小的通气面积。

4.4.5 通气管连接与安装

4.4.5.1 伸顶(穿屋顶)通气管:

(1) 通气管高出屋面不得小于 300mm,但必须大于最大积雪厚度。通气管顶端应装设风帽或网罩。

(2) 在经常有人停留的平屋面上,通气管应高出屋面 2.0m 以上,并应根据防雷要求考虑防雷装置。

(3) 在通气管出口 4.0m 以内有门、窗时,通气管应高出窗顶 0.6m 或引向无门窗一侧。

(4) 冬季室外采暖温度高于 -15℃ 的地区,通气管顶端可装网形铅丝球;低于 -15℃ 的地区应装伞形通气帽。

(5) 通气管出口不宜设在建筑物挑出部分(如屋簷簷口,阳台和雨篷等)的下面。

(6) 通气管穿墙排出时,按标准图 92S220 安装图安装。

4.4.5.2 辅助通气系统:

(1) 器具通气管应设在存水弯出口端。环形通气管应设在起始端两个卫生器具间的横支管上,并应在排水支管中心线以上与排水支管呈垂直或 45°连接,见图 4-6(*a*)。

(2) 器具通气管、环形通气管应在卫生器具上边缘以上不少于 0.15m 处,按不小于 0.01 的上升坡度与通气立管相连。如因种种原因,器具通气管、环形通气管只能在器具上边缘以下的地方安装时,则坡度要尽量的陡,而且在与通气立管相接之前必须高于器具上边缘 0.15m,见图 4-6(*b*)。

(3) 专用通气立管的上端可在最高层卫生器具上边缘或检查口以上与主通气立管以斜三通连接,下端应在最低污水横支管以下与污水立管以斜三通连接。

(4) 专用通气立管应每隔二层,主通气立管应每隔八～十层与污水立管结合通气管连接。结合通气管宜在污水横支管以下与污水立管以斜三通连接,上端可在卫生器具上边缘

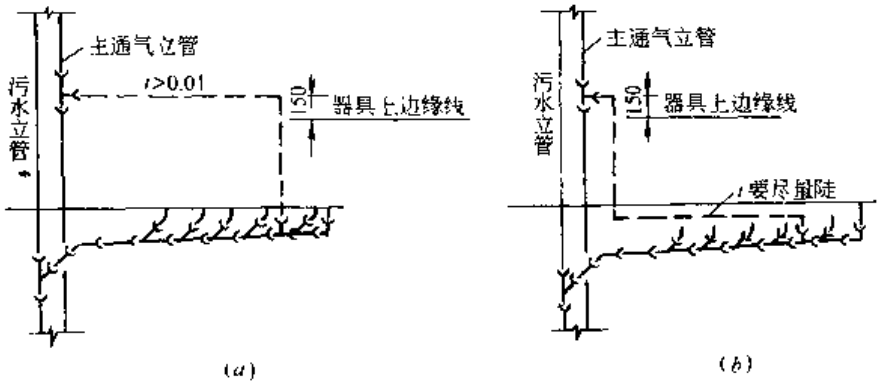


图 4-6 环形通气管连接

以上不小于 0.15m 处与通气立管以斜三通连接，见图 4-7，以便在立管可能堵塞的情况下及早发现，不致于堵塞通气管。

1) 当结合通气管布置有困难时，可用 H 管件替代。H 管与通气管的连接点应在卫生器具上边缘以上不小于 0.15m 处。

2) 当污水立管与废水立管合用一根通气立管时，H 管配件可隔层分别与污水立管和废水立管连接。但最低横支管连接点以下必须装设。

(5) 通气立管不得接纳器具污废水和雨水。

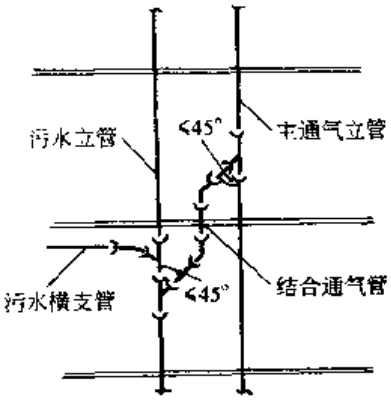


图 4-7 结合通气管的连接

4.4.5.3 通气管管材

通气管管材，可采用排水铸铁管、塑料管、镀锌钢管等。

4.5 特殊单立管排水系统

4.5.1 优 缺 点

特殊单立管排水系统优缺点：

(1) 可节省专用通气立管，减少材料、运输和工程费。

(2) 与单立管相比有较好的通气排水性能。

(3) 可减少排水水流下落时因碰撞、冲击、紊流而引起的噪声。

(4) 安装施工方便，适于管道装配化，组合化，缩短工期。

(5) 横管水流在零件内部改变流向，增大了零件的高度尺寸，体型较大。

(6) 立管离墙距离较远。

4.5.2 采 用 条 件

特殊单立管排水系统采用条件：

(1) 排水设计流量超过普通单立管排水系统排水立管的最大排水能力。
(2) 设有卫生器具且层数在 10 层及 10 层以上的高层建筑。
(3) 同层接入排水立管的横支管数等于或大于 3 根的排水系统。
(4) 卫生间或管道井面积较小的建筑。
(5) 难以设置专用通气立管的高层建筑。

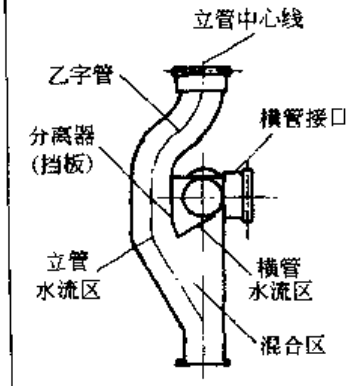
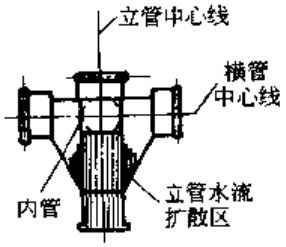
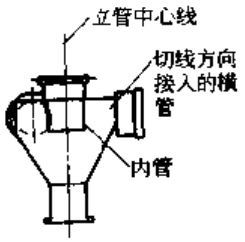
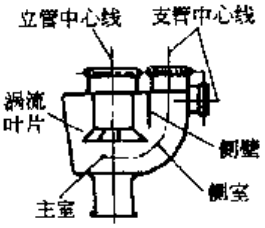
4.5.3 特 制 配 件

单立管排水系统的特制配件是具有改善排水系统水流工况和减少气压波动的连接配件，分为上部特制配件和下部特制配件。

(1) 上部特制配件：用于排水立管和横支管的连接。除用于正常排水外，且能满足气水混合，减缓立管中水流速度和消除水舌现象等功能。

上部特制配件主要有：混合器、环流器、环旋器、侧流器、管旋器等，其类型和特点见表 4-35。

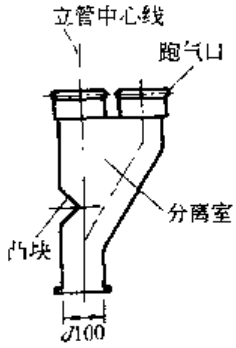
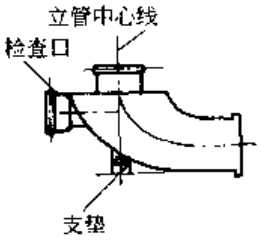
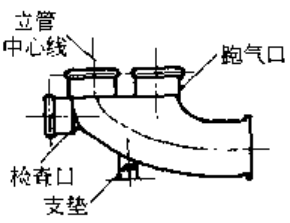
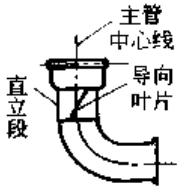
上部特制配件的类型与特点　　表 4-35

	混合器	环流器	环旋器	侧流器
上部特制配件图				
特点	1. 乙字管控制了立管水流速度 2. 分离装置使立管水流和横管水流在各自的隔间内流动，避免了冲击和干扰 3. 档板上部留有缝隙，可流通空气，平衡立管和横管的压力，防止虹吸作用 4. 构造简单，维护容易，安装方便，运行可靠，可接纳来自三个方向的横管	1. 中部有一段内管，可阻挡横管水流与立管水流的相互冲击或阻截 2. 立管水流从内管流出成倒漏斗状，以自然扩散角下落，形成水和空气的混合 3. 环流器可多向接入多条横管，因此各器具排水管可单独接入立管，减少了横管内因排水合流而产生的水塞现象 4. 构造简单，不易堵塞，可连接四个方向的横管，可以做到横管在地面上与立管连接，不需穿越楼板。四个接入口还可被利用作扫除口用	1. 内部构造同环流器，不同点在于横管以切线方向接入，使横管水流进入环旋器后形成一定程度的旋流，对保持立管的空气芯有好处 2. 由于横管从切线方向接入，中心无法对准，如 d100mm 的支管，中心距离为 200mm，给对称布置的卫生间采用环旋器带来困难	1. 侧旋器由主室和侧室组成，由侧壁消除立管水流下落时对横管的负压吸引 2. 立管下端装有涡流叶片，能继续维持排水立管内的空气芯 3. 保证了立管和横管的水流同时同步旋转而又增加支管接入数量 4. 显著的优点是能有效地控制排水噪声，但构造比其它型式复杂，涡流叶片容易堵塞

(2) 下部特制配件:用于排水立管底部,连接排水立管与排水横干管或排出管。除用于正常排水外,且能满足气水分离、消能等功能。

下部特制配件主要有:跑气器、角笛式弯头、大曲率导向弯头等,其类型和特点见表 4-36。

下部特制配件的类型与特点 表 4-36

	跑 气 器	角笛式弯头	带跑气器角笛式弯头	大曲率导向弯头
下部特制配件图				
特点	1. 分离室有凸块,使气水分离,释出的气体从跑气口接出,保证了排水立管底部压力恒定在大气压左右 2. 释放出气体后的水流体积减少,减少了横干管的充满度 3. 跑气器和混流器配套使用	1. 接头有足够的高度和空间,可以容纳立管带来的高峰瞬时流量,也可控制水流所引起的水跃 2. 角笛式弯头常和环流器配套使用		1. 弯头曲率半径加大,并设导向叶片,在叶片角度的导引下,消除了立管底部的水跃,塞水和水流对弯头底部的撞击 2. 导向接头常和侧旋器配套使用

4.5.4 设 计

(1) 管径确定:

1) 特殊单立管排水系统的立管最大排水能力,见表 4-37。

单立管排水系统的立管最大排水能力 表 4-37

排水管管径 (mm)	排水能力 (L/s)		
	混合器	塑料螺旋管	旋流器
75	—	3.0	—
100(110)	6.0	6.0	7.0
125	9.0	—	10.0
150(160)	13.0	13.0	15.0

2) 接入上部特制配件的横支管管径,不得大于立管管径。

与下部特制配件连接的排水横干管或排出管管径,不得小于立管管径。

3）特殊单立管排水系统排水立管管径，不应小于100mm。

4）采用下部特制配件的排水系统，底层排水管可不单独排出。

(2) 特制配件选型：

1）上部特殊配件选型：

① 下列情况宜采用混合器：

ⅰ．排水立管靠墙敷设。

ⅱ．排水横支管单向、双向或三向从侧面与排水立管连接。

ⅲ．同层生活污水横支管与生活废水横支管在不同高度与排水立管连接。

② 下列情况宜采用环流器：

ⅰ．排水立管不靠墙敷设。

ⅱ．排水横支管单向、双向、三向或四向对称与排水立管连接。

③ 下列情况宜采用环旋器：

ⅰ．排水立管不靠墙敷设。

ⅱ．单向、双向、三向或四向横支管，在非同一水平轴向与排水立管连接。

④ 下列情况宜采用侧流器：

ⅰ．排水立管靠墙角敷设。

ⅱ．排水横支管数量在3根及3根以下，且不从侧向与排水立管连接。

2）下部特殊配件选型：

① 下部特制配件选型：应根据特殊单立管排水系统中上部特制配件类型确定。

② 当上部特制配件为混合器时，应选用跑气器。

③ 当上部特制配件为环流器、环旋器、侧流器时，可选用角笛式弯头、大曲率导向弯头或跑气器。

④ 当上部排水管与下部总排水横管连接时，立管与总排水横管连接处应采用跑气器，见图4-8。

⑤ 当上部排水立管与下部排水立管采用横干管偏置连接时，立管与横干管连接处应采用跑气器，见图4-9。

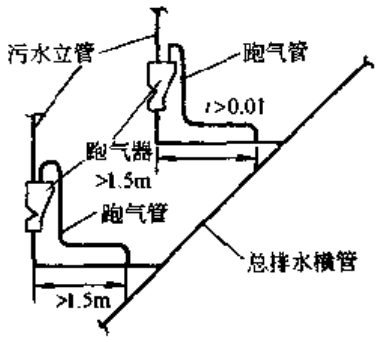


图4-8　跑气管连接(一)

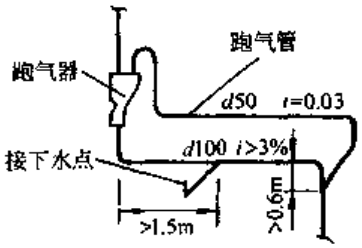


图4-9　跑气管连接(二)

(3) 特殊单立管排水系统管道连接：

1）当同层不同高度的排水横支管接入混合器时，生活污水横支管宜从其上部接入；较立管管径小1～2级的生活废水横支管宜从其下部接入。

2) 跑气器的跑气管，其始端应自跑气器的顶部接出，其末端的连接应符合下列规定：

① 当与排出管连接时，跑气管应在距跑气器水平距离不小于 1.5m 处与排出管中心线以上呈 45°连接。并应以不小于 0.01 的管坡坡向排出管或排水横干管，见图 4-8。

② 当与下游偏置设置的排水立管连接时，跑气器应距该立管顶部以下不小于 0.6m 处与立管呈 45°连接；并应以不小于 0.03 的管坡坡向与排水立管的连接处，见图 4-9。

3) 跑气管管径，应较排水立管管径小 1 级。

4.6 污、废水泵房及集水池

对不能自流排至室内或室外排水管道的少量污、废水，需要利用扬水设备提升。

扬水设备的选择，应根据污、废水性质(悬浮物含量多少、腐蚀性大小、水温高低以及水的危害性等)、水量多少、排水情况(经常、偶然、连续、间断等)，所需扬升的高度和建筑物性质等具体情况而定。

常用的扬升设备有：离心水泵、潜水污水泵、液下污水泵、手摇泵、喷射器、自吸泵等。各种扬升设备的适用条件，其优缺点见表 4-38。

常用污、废水提升设备比较　　表 4-38

名　称	适　用　条　件	优　　点	缺　　点
离心水泵	各种不同性质的污水的经常性扬升	1. 一般效率较高，工作可靠 2. 型号、规格较多，适用范围较广 3. 操作管理方便	1. 密封不易严密，因此漏泄和腐蚀问题不易解决 2. 一般叶轮间隙较小，易于堵塞 3. 抽吸式安装时，普通离心泵启动时需灌水或抽气 4. 占地大
手摇泵	一般用于非经常性的小量排水扬升，扬升高度不大于 10m	1. 设备简单，安装方便，投资省 2. 不需要动力，一般启动时不需要灌水和抽气	1. 较笨重，占地大 2. 活塞，活门易磨损 3. 人工操作，较费力气
潜　水 污水泵	一般用于抽送温度为 20～40℃，含砂量不大于 0.1%～0.6%，pH 值在 6.5～9.5 范围内的污水 广泛应用于人防工程及地下工程，排除粪便污水及废水	1. 体积小，重量轻，移动方便，安装简单 2. 开车前不需引水 3. 能抽送带纤维，大颗粒悬浮物的污水	不宜开停过于频繁
喷射器	一般用于小流量、较经常的污水扬升。扬升高度不大于 10m	1. 设备简单，投资省 2. 结构紧凑，占地小 3. 工作可靠、维修、管理简单，容易防腐	1. 效率低(一般为 15%～30%) 2. 必须供给压力工作介质(水、蒸汽、压缩空气等)

续表

名　称	适 用 条 件	优　点	缺　点
液下污水泵	一般用于抽送温度为80℃以下带有纤维或其它悬浮物的液体供人防工程及地下工程排除生活粪便污水	1. 结构简单，安装、维修方便 2. 占用位置小，节约建筑面积 3. 噪声较小	叶轮插销易磨损，需经常维修
自吸泵	各种不同性质的污水的经常性扬升	具有离心水泵的优点外，还具有吸程高、自吸时间短、自吸高度可达4～6m以上	第一次启动应采用灌泵或吸真空

注：污水提升设备应优先选用潜水污水泵和液下污水泵。

4.6.1 水泵流量选定

水泵流量的选定：当水泵为自动开关时，应按设计秒流量选定；当水泵为人工开关时，按最大小时流量选定。

4.6.2 水泵扬程计算

水泵的全扬程，应大于或等于扬升污水所需要的扬程（见图4-10），按式(4-3)计算：

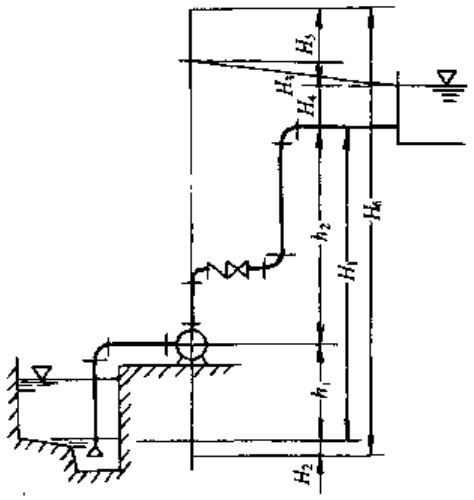


图4-10　水泵全扬程的计算

$$H_6 \geqslant 0.01H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5$$
$$= (h_1 + h_2) + \frac{\nu v_1^2}{2g}\left(\Sigma\xi_1 + \frac{\lambda_1 L_1}{d_1}\right)$$
$$+ \frac{\nu v_2^2}{2g}\left(\Sigma\xi_2 + \frac{\lambda_2 L_2}{d_2}\right) + H_4 + H_5 \quad (\text{MPa}) \tag{4-3}$$

式中　H_1——集水池最低水位至出水管排出口管中心的几何高差——扬升高度(m)；

H_2——吸水管水头损失之和(MPa)；

H_3——出水管水头损失之和(MPa)；

H_4——出水管排出口的压头(MPa)；

H_5——必要的剩余扬程(MPa),考虑到使用过程中设备效能可能降低,水头损失可能增加等因素,在全扬程小于和等于 0.2MPa 时,采用 0.02～0.03MPa;大于 0.2MPa 时,采用 0.03～0.05MPa;

h_1——集水池最低水位至泵轴的几何高差——吸水高度(m);

h_2——泵轴至出水管排出口管中心的几何高差(m);

g——重力加速度(m/s^2);

ν——污水的容量(kg/L);

v_1、v_2——吸水管和出水管内的流速(m/s);

$\Sigma\xi_1$、$\Sigma\xi_2$——吸水管和出水管的局部阻力系数之和;

λ_1、λ_2——吸水管和出水管的沿程摩阻系数;

L_1、L_2——吸水管和出水管的长度(m);

d_1、d_2——吸水管和出水管的内径(m)。

4.6.3 集水池设计参数

(1) 集水池容积:

确定集水池的容积,一般应遵守下述要求:

1) 在水泵自动开关时,集水池的容积不得小于最大一台水泵 5min 的出水量,且水泵一小时内启动次数不得超过 6 次。

集水池应设高水位、低水位和报警水位。

2) 在水泵人工开关时,集水池的容积应根据流入的污水量和水泵工作情况决定,但生活污水集水池的容积,不得大于 6h 的平均小时污水量;工业废水集水池的容积,不得大于最大班 4h 的污水量,或按工艺要求确定。

3) 上述集水池的容积,未包括格栅、吸水装置、吸水坑、保护高度所占的体积。

4) 集水池的有效水深 h_y,即池底最高处至最高水位的几何高差(见图 4-11),一般取为 1.0～1.5m;保护高度 h_b,一般取 0.3～0.5m。

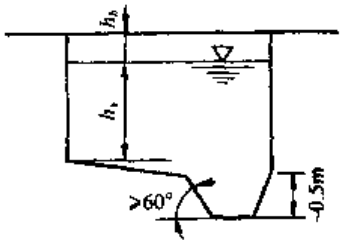


图 4-11 集水池的有效水深

5) 集水池容积,除满足有效容积外,还应满足吸水管、冲洗管、进水管、格栅、水位计等的布置以及清洗、检修的要求。

(2) 集水池设计一般规定:

1) 一般集水池与机器间设在同一建筑物内。对于生活粪便污水和可能散发出大量蒸汽或有害气体的工业废水,集水池应设在室外或与机器间分设在不同的房间内。

2) 为松动吸水坑内的沉渣,吸水坑内应设冲洗水管。一般冲洗水管由水泵出水管截止阀和止回阀以前接出,在出水管线较长可用管内存水冲洗时也可从阀后接出。冲洗水管应从集水池最高水位以上引入,冲洗管上应装阀门。为检修时冲洗,还应设置洒水栓。

对于潜污泵的蜗体可以安装特制冲洗阀。每次水泵运行时,冲洗阀的搅拌作用可防止污泥和垃圾堆积在集水坑底,也防止水面浮渣结成硬皮,同时给污水充氧消除臭气,见图 4-12。

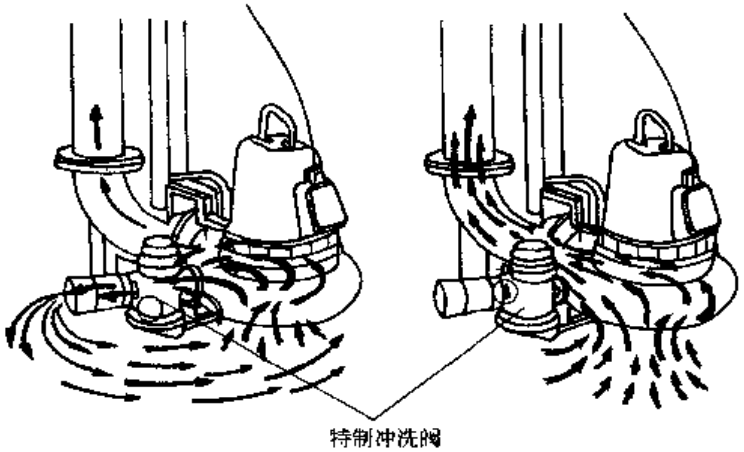


图 4-12　带冲洗阀的潜污泵

3) 集水池池底应有不小于 0.01 的坡度，在污水含悬浮物较多时，一般采用 0.1～0.2 的坡度，坡向吸水坑。

4) 集水池内表面，应依据污水水质情况采用适当防腐蚀措施(水泥抹面、耐酸水泥抹面、瓷砖贴面、缸砖贴面、衬塑料、各种防腐涂料等)。

5) 集水池间应有良好的自然通风，并设机械通风设备。集水池应设置水位指示器和通气管，池盖应为密封井盖。

(3) 吸水坑：吸水坑深度一般采用 0.5m 左右，边坡一般不小于 60°，见图 4-11。采用吸水喇叭口及潜污泵的吸水坑的布置要求，见图 4-13、14，表 4-39～41。

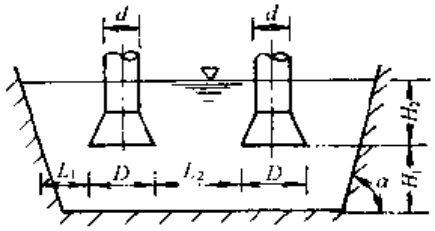
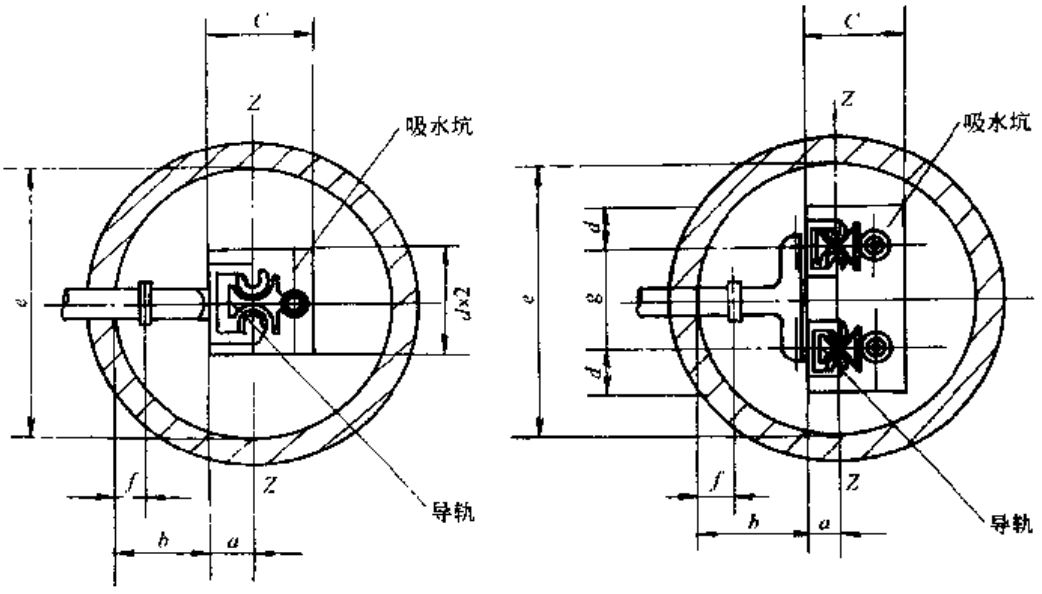


图 4-13　吸水喇叭口安装间距示意



双导轨单泵吸水坑平面　　双导轨双泵吸水坑平面

图 4-14　潜污泵的吸水坑平面布置

吸水喇叭口安装间距(mm) 表 4-39

d	D	L_1	L_2	H_1	H_2
≤200 >200	(1.3~1.5)d	≥150 ≥$\frac{D}{2}$	(1.5~2.0)D	≥200 ≥D	300~500

双导轨单泵安装间距 表 4-40

出水管(mm)	a	b	c	d	e	f
50	100	360	1000	250	1200	200
80	100	590	1000	250	1500	200
100	105	545	1000	250	1600	200
150	100	710	1000	300	1800	300

双导轨双泵安装间距 表 4-41

出水管(mm)	a	b	c	d	e	f	g
50	100	360	1000	250	1500	200	450
80	100	590	1000	250	1800	200	460
100	105	545	1000	250	2200	200	900
150	100	710	1000	300	2500	200	1000

4.6.4 集水池格栅

(1) 污水中夹带有粗大物体时,在集水池的入口处,应设置格栅。栅条间隙应小于水泵叶轮的最小间隙,以免堵塞水泵。对于 PW 型污水泵,栅条间隙可按表 4-42 采用。

栅 条 间 隙 表 4-42

污水泵型号	栅条间隙(mm)	污水泵型号	栅条间隙(mm)
2½PW	20~30	6PW	60~75
4PW	40~50	8PW	75~100

(2) 经过栅条间隙的水流速度,不得大于 0.8~1.0m/s。相应的水头损失约为 0.005~0.01MPa。

(3) 格栅截留的污物应便于清除,有条件时可设计成活动栅网,定期提出清除截留的污物。

4.6.5 吸水管与出水管

(1) 吸水管:

1) 在抽升污水时,为防止堵塞,吸水管不宜装设底阀,而应装设吸水喇叭口(一般与吸

水管焊接，不用法兰连接），喇叭口安装间距，见图 4-13 和表 4-39。

2）吸水管内流速见表 4-43。

吸水管和出水管内流速(m/s)　　表 4-43

污水性质	吸水管流速	出水管流速
生活污水或性质类似的污水	1.0～1.2	1.5～2.0
不含或含悬浮物很少的废水	0.7～1.2	0.7～1.5

注：1. 吸水管和出水管内最低流速，在任何情况下不应小于 0.7m/s。

2. 在吸水管路很短时(≤1.5m)，流速可达 2.0～2.5m/s。

3. 在几台水泵共用一条出水管，当一台水泵工作时，流速建议采用 0.8～1.0m/s；二台工作时，1.0～1.2m/s；三台以上工作时，1.5～2.0m/s。

3）为便于工作，防止堵塞和改善水力条件，每台水泵应有单独的吸水管。

4）吸水管应有不小于 0.005 的坡度，坡向吸水坑。吸水管不应有反坡和中间局部高起的地方，以免空气集存，影响正常运行。

5）自灌式(水泵轴线低于集水池最低水位)水泵的吸水管上应装阀门。

(2) 出水管：

1）两台或两台以上水泵共用一条出水管时，则在每台水泵出水管上装设阀门和止回阀。单台水泵排水有可能倒灌时，应设置止回阀。出水管上一般宜装压力表。

2）出水管内流速见表 4-43。

3）出水管应有不小于 0.005 的坡度，一般坡向水泵。

4）为便于检修，管道的敷设应不妨碍水泵机组的吊装。出水管一般明装，机器间内宜用法兰连接。

5）在污水连续流入又没有应急放水口时，为防止泵房被淹没，除应设置备用水泵和不间断的动力供应外，有时还需设置两条出水管线和转换阀门。

4.6.6 泵 房 布 置

(1) 污水泵房位置及内部要求：

1）泵房的位置应使室内排水管路和水泵压水管路尽量简短，并应考虑吸、出水管布置和检修方便。

2）选择泵房位置，应考虑泵房对周围房间的影响，例如，不得设在有特殊卫生要求的生产厂房和公共建筑内；不得设在有安静和防振要求的房间(如病房、卧室、教室、中心控制室、精密仪器间等)的邻近和下面。该建筑的其它房间设置水泵时，吸水管、出水管和水泵基础应设有隔振减少噪音的装置。

3）泵房应设在通风良好的地下室或底层，并保证不至冻结。机器间应干燥、光线充足。

4）生活污水和可能散发大量蒸汽或有害气体的泵房，应设在单独的房间内，并靠近集水池。

5）采用潜污泵时，集水池顶部要设密封型盖板，盖板上设通气管集水池间应设有良好的机械通风。

(2) 卧式污水泵房的布置：

1）水泵应尽量设计成自灌式，在不可能或不经济时才设计成抽吸式。抽吸式泵房内应设置抽气或灌水装置。

2）水泵机组的布置间距，见图 4-15、表 4-44。

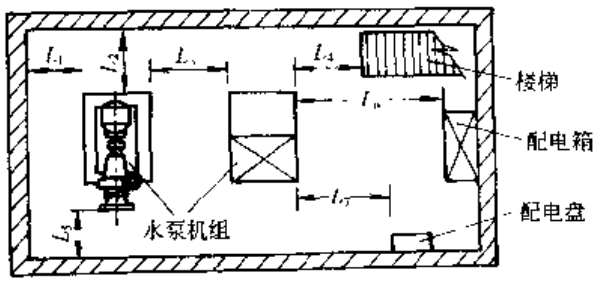


图 4-15 水泵机组布置间距示意

水泵机组间距(m) 表 4-44

电动机种类	电动机容量(kW)	L_1		L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
低压电动机	≤20 >20	≥0.3 ≥0.7	当两机组合用一个基础时：≥1.2	≥1.0 ≥1.5	≥0.8 ≥1.0	≥0.8	≥1.0	≥2.0	≥1.5

3）水泵机组的布置应尽量整齐、紧凑，以便于管道敷设和检修。

4）配电和起动设备，可设在机器间内，但最好设在地面平台上，以便在较好的环境中进行操作。

5）机器间地面应有坡度和集水坑。积水可用手摇泵、喷射器或用接至水泵吸水管的支管等排除。

6）机器间内应设置洒水栓。

7）水泵基础，一般应高出地面 0.1m 以上。

8）机器间的最小净高，在无起重吊车时应不小于 3m；有起重吊车时，吊起物底部与吊运通道上固定物体顶部的净空应不小于 0.5m。

(3) 污水泵房内的起重设备

水泵房机器间内的起重设备，见表 4-45。

水泵房常用起重设备 表 4-45

机组数量(台)	最大起重量(t)		
	<0.5	0.5~2	>2
1~5	移动三角架手拉葫芦	手动单轨吊车(猫头小车)	手动双轨吊车(手动单梁吊车)
>5	手动单轨吊车(猫头小车)	手动双轨吊车(手动单梁吊车)	电动双轨吊车(电动单梁吊车)

4.7 检查口、清扫口、检查井及地漏

检查口、清扫口设置规定，见图 4-16。出户管至室外第一个检查井的最大距离，见表 4-46。

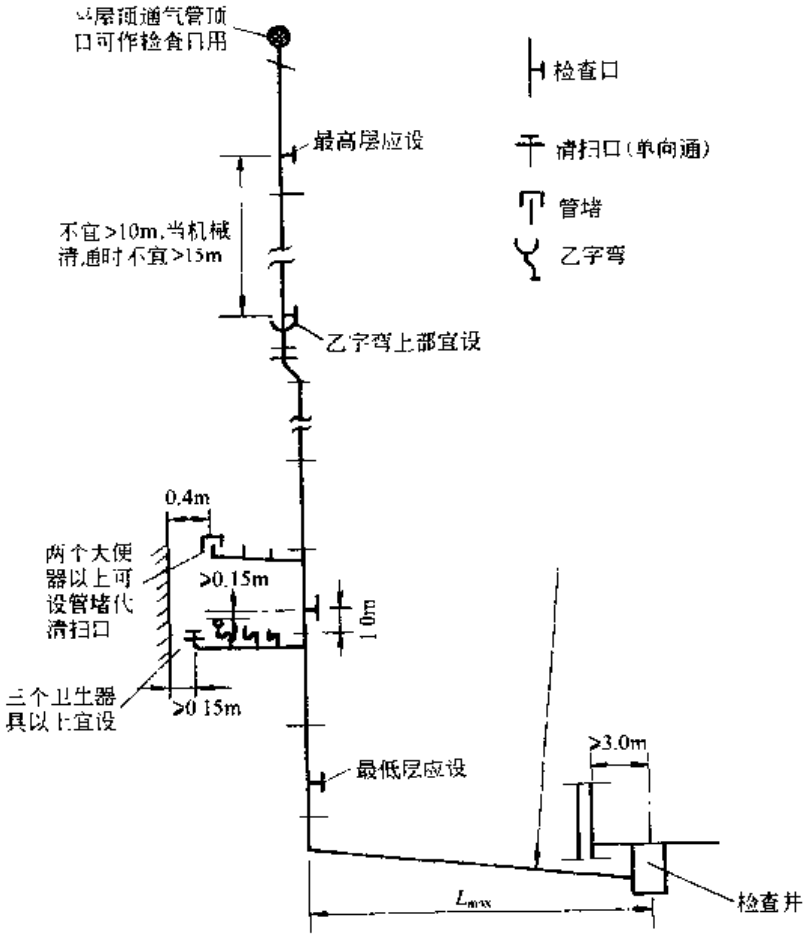


图 4-16　检查口与清扫口设置规定

出户管至室外第一个检查井的最大距离　　表 4-46

d(mm)	50	75	100	>100
L_{max}(m)	10	12	15	20

4.7.1 检查口和清扫口

检查口为可双向清通的管道维修口，清扫口仅可单向清通。

(1) 立管上检查口之间的距离不大于 10m，但在最低层和设有卫生器具的二层以上坡顶建筑物的最高层必须设置检查口，平顶建筑可用通气管顶口代替检查口。

立管上如有乙字管，则在该层乙字管的上部应设检查口。检查口的设置高度，从地面至

检查口中心一般为1.0m，并应高于该层卫生器具上边缘0.15m。

但如采用机械清通时，立管检查口间的距离不宜大于15m。

(2) 在连接2个及2个以上的大便器或3个及3个以上的卫生器具的污水横管上，应设置清扫口。

(3) 在转弯角度小于135°的污水横管上，应设检查口或清扫口。

(4) 污水横管的直线管段，应按表4-47、48规定的距离设置检查口或清扫口。

污水横管的直线管段上检查口或清扫口之间的最大距离 表4-47

管径(mm)	生产废水	生活污水及与生活污水成分接近的生产污水	含有大量悬浮物和沉淀物的生产污水	清扫设备的种类
	距离(m)			
50～75	15	12	10	检查口
50～75	10	8	6	清扫口
100～150	20	15	12	检查口
100～150	15	10	8	清扫口
200	25	20	15	检查口

硬聚氯乙烯污水横管直线管段上清扫口最大允许距离 表4-48

外径(mm)	50	75	110	160
距离(m)	10	12	15	20

(5) 在污水横管上如设清扫口，应将清扫口设置在楼板或地坪上与地面相平。污水管起点的清扫口与管道相垂直的墙面的距离，不得小于0.15m。

污水管起点设置堵头代替清扫口时，与墙面应有不小于0.4m的距离。

(6) 小于100mm的排水管道上设置清扫口，其尺寸与管道同径；等于或大于100mm的排水管道上设置清扫口，其尺寸应采用100mm。

4.7.2 检查井

不散发有害气体或大量蒸汽的工业废水排水管道，在下列情况下，可在建筑物内设检查井。

(1) 在管道转弯和连接支管处。

(2) 在管道的管径、坡度改变处。

(3) 在直线管段上，当排除生产废水时，检查井距离不宜大于30m；排除生产污水时，检查井距离不宜大于20m。

生活污水排水管道，不得在建筑物内设检查井。

(4) 检查井的内径应根据所连接的管道管径、数量和埋设深度确定，井深小于或等于1.0m时，井内径可采用0.7m；井深大于1.0m时，其内径不宜小于0.7m，一般为1.0m(井深系指盖板面至井底的深度，方形检查井的内径指内边长)。

(5) 检查井内壁，应按排水水质考虑防水、防腐的要求。

4.7.3 地　漏

(1) 每个男女卫生间、盥洗间均应设置 1 个 *DN*50mm 规格的地漏。

(2) 地漏应设置在易溅水的卫生器具如洗脸盆、拖布池、小便器(槽)附近的地面上。

(3) 洁净车间及手术室等非经常性地面排水场所,应设密闭地漏;公共食堂,厨房和公共浴室等排水中挟有大块杂物时,应设置网框式地漏。

(4) 地漏设置的位置,要求地面坡度坡向地漏,地漏算子面应低于该处地面 5～10mm。地漏水封高度不得小于 50mm。

(5) 淋浴室的地漏,可按表 4-49 设置。

淋浴室地漏服务的淋浴数量　　表 4-49

地漏直径(mm)		浴室淋浴器数量				
		上海式	北京钟罩式	北京无钟罩式	沈阳有钟罩式	平南厂
50	无排水沟	2	2	2	2	2
	有排水沟	4	3	5	4	3
75	无排水沟	3	3	4		
	有排水沟	7	6	8		
100	无排水沟	5	4	6		
	有排水沟	10	10	12		

(6) 排水沟:建筑物内排水在某些场合采用排水沟更为合理。排水沟适用条件及场合,见表 4-50。

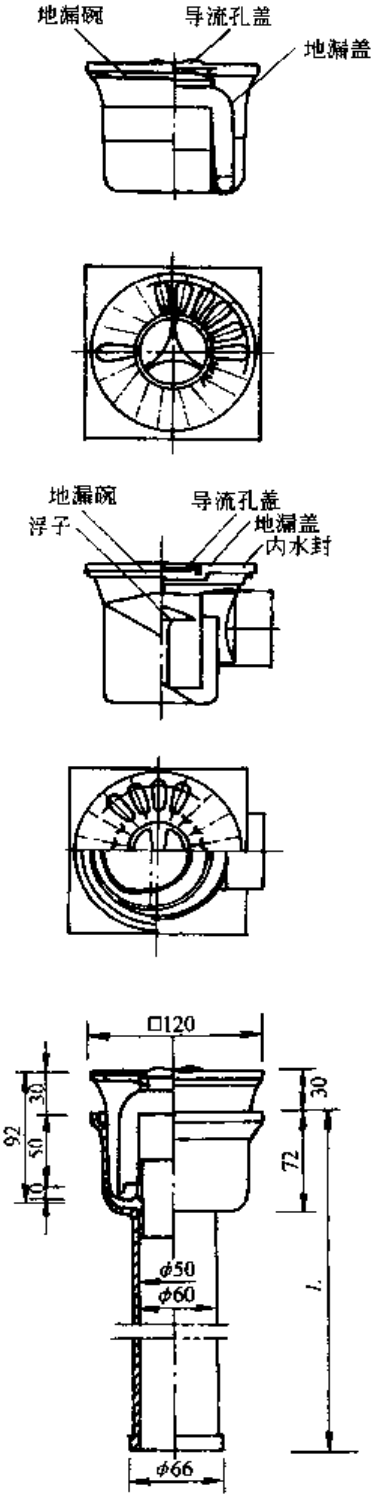
排　水　沟　　表 4-50

适用场合	示例	备注
1. 排出废水中含有大量悬浮物或沉淀物,需经常冲洗	食堂、餐厅的厨房	1. 所接纳之污废水不允许散发有害气体或大量蒸汽 2. 可设置各种材料的有孔或密闭盖板 3. 若直接与室外排水管连接,连接处应有水封装置
2. 生产设备的排水支管较多,不宜用管道连接	车间、公共浴室、洗衣房	
3. 生产设备排水点位置经常变化	车间	
4. 需经常冲洗地面	锅炉房、厨房	

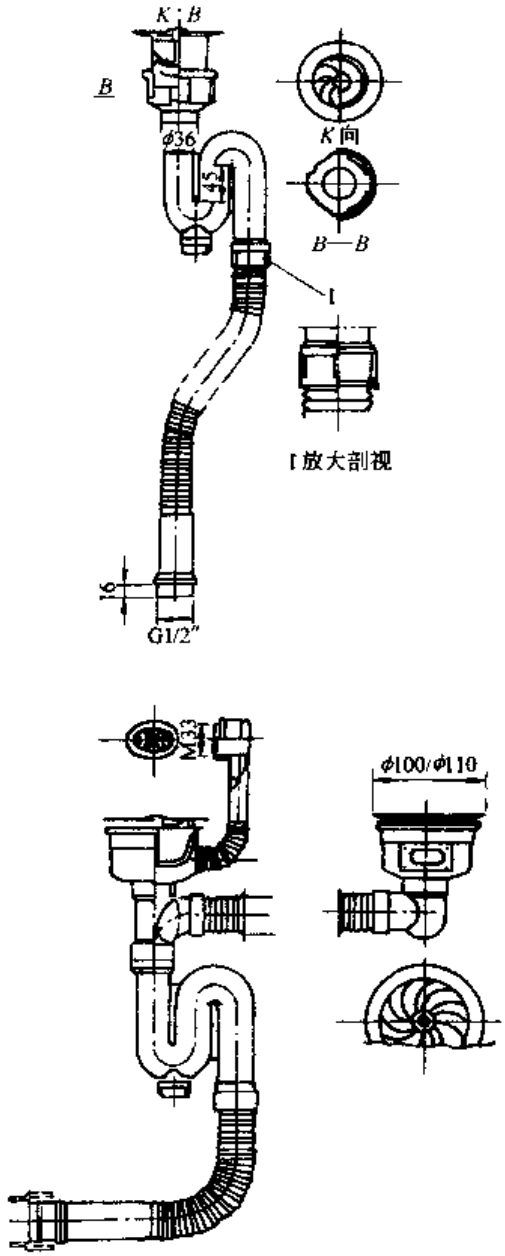
排水沟断面尺寸,应根据水力计算确定,但宽度不宜小于 150mm。排水沟宜加盖,设活动算子。

(7) 地漏及密封连接件,见表 4-51。

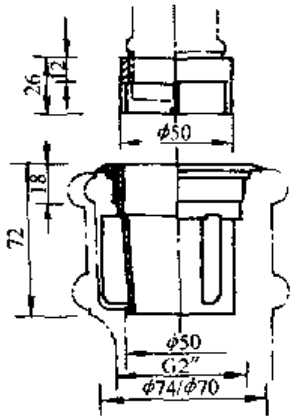
地漏及密封连接件 **表 4-51**

名称	简图	规格	性能特点
DLK系列导流孔地漏		φ50 侧出承口水封 50mm 材质：UPVC φ50 底出承口水封 50mm：UPVC *DN*50 底出螺口 G2″：铸铁 *DN*50 × 450mm 长管插口：铸铁管 *DN*50 × 500mm 长管插口：UPVC 地漏、铸铁管	1. 可同时排放水盆、洗衣机和地面冲洗水 2. 可形成不被管道负压破坏的稳定水封 3. 铁塑结构的长管地漏具有防止楼层间裂隙渗水 4. 侧出口导流孔地漏配用 135° 弯头及两段短管，可灵活调整安装高度、距离、方位。埋设垫层只需 120mm 5. 清理方便，旋开内水封，可插入 φ22mm 的管道疏通机软轴

续表

名称	简　图	规　格	性 能 特 点
WS系列水盆软连接密封排水管		φ90不锈钢洗涤盆排水栓：通径 *DN*32，材质：ABS φ65陶瓷盆排水栓：通径 *DN*32，材质：PE φ50陶瓷盆排水栓：通径 *DN*32，材质：PE	1. 解决了塑料排水管渗漏的难题。将老式排水栓的紧固螺母改成带溢流槽的形腔管接头，溢流水和渗漏水可顺溢流槽汇入排水管。新排水栓不必做螺纹密封，只用鼓形截面橡胶圈做端面密封 2. S型存水弯各接口均设有O型圈密封环槽，并采用局部管径扩张以提高接头密封性和连接强度 3. S型存水弯与波纹管采用扣压管接头对接。将波纹管第一个完整波节套入扣压接头，既形成不可脱落的套结，又在扣压接头与S水弯排水口旋紧时，将夹在中间的弹性波节压紧，形成密封 4. 排水管的进口、排口与管道通径一致，最大流量可达0.87L/s，并利用水流虹吸抽走管道杂物，管道具有极强的自净能力，解决了不锈钢洗涤盆排水管没有水封和溢流管道的问题 5. 波纹管尾部有一侧向喷水孔，当水盆排水时，一部分水沿径向喷出。可以补充和更新地漏水封中的存水 6. 排水栓中配有可取式螺线栏污栅

续表

名称	简图	规格	性能特点
CF系列管封		G2″铸管管封：接口符合GB 8716，材质：UPVC φ50塑管管封：接口符合GB 5836，材质：UPVC	1. 用于铸铁排水管与塑料排水管、塑料排水管与水盆排水管的密封联接。UPVC美观、阻燃、耐腐蚀；瞬间排水温度不高于80℃，连续排水温度不高于40℃。UPVC改性后脆化温度可达-30℃。正常使用寿命50a 2. 铸管管封用于和铸铁排水联接。包括承口接头，塑管管封和装饰盖共三件。承口接头的尾锥管插入铸铁承口管道内以保证两管同心，三片尾翼在施工中起定轴定位作用；砸实油灰后，拧好装饰盖。尾翼可防止接头被拧转或拉出 3. 塑管管封中心螺孔用于与水盆的软连接排水管连接。塑料管件依靠粘合剂密封。管封与软管依靠O型橡胶圈密封 4. 稍加改造后铸管管封可以和G2″内螺口的金属管道连接；塑管管封可以直接插在塑料直管道内

注：本表摘自哈尔滨市新世纪自控技术应用研究所的产品样本。

5 屋面雨水

5.1 雨水系统分类

大面积民用与工业建筑的屋面雨水排水系统，可分为两种：外排水系统和内排水系统。外排水系统是利用屋顶天沟直接通过立管将雨水排到室外雨水道或排水明渠中去；内排水系统是利用室内雨水管道系统，将雨水排到室外雨水道中去。根据建筑物的结构型式、气候条件及生产工艺要求，在技术经济合理时，应尽量采用天沟外排水系统，当天沟过长时，也可以采用部分外排水和部分内排水的混合排水系统；如设外排水系统有困难时，可在建筑物内部设内排水系统。

5.1.1 外排水系统

外排水系统分檐沟外排水(见图 5-1)及天沟外排水(见图 5-2)。

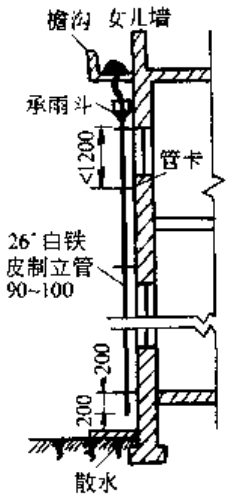


图 5-1 檐沟外排水

5.1.1.1 天沟外排水系统的组成

(1) 天沟：屋面的集水和排水的沟槽，位于两跨之间，坡向端墙排水立管。

(2) 雨水斗：天沟末端的排水口，使雨水平稳地进入排水立管。

(3) 排水立管：排除天沟雨水的竖管，并将雨水引到室外雨水道或排水明渠中去。

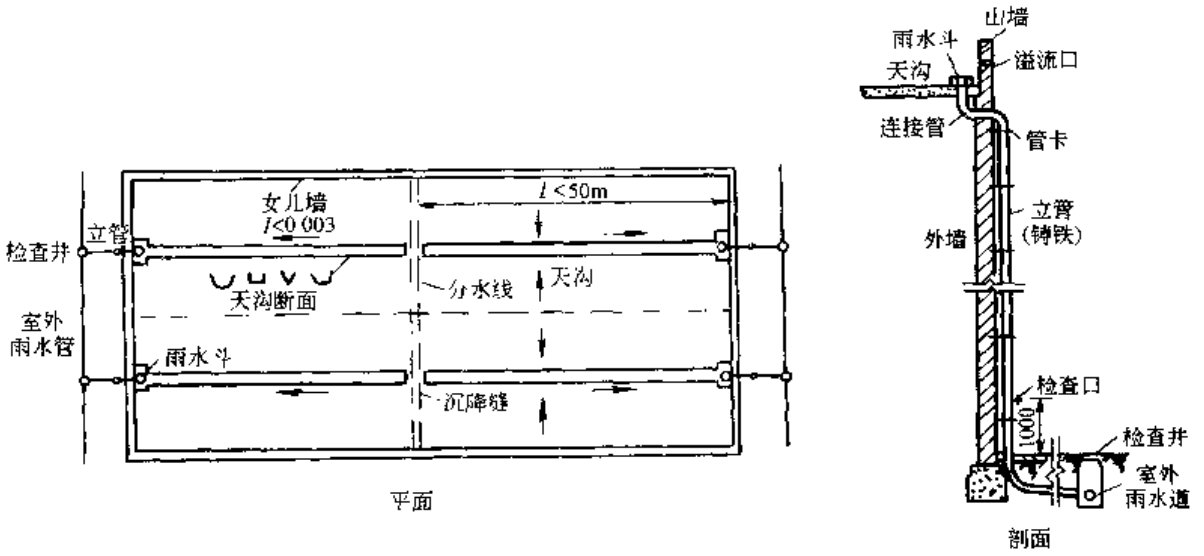


图 5-2 天沟外排水

5.1.1.2 天沟的设置

(1) 天沟外排水应以建筑的伸缩缝或沉降缝作为屋面分水线。

(2) 天沟断面形式,视屋面情况可以是矩形、梯形、半圆形等。

(3) 天沟坡度不宜太大,以免屋顶垫层过厚而增加结构荷重;但也不宜太小,以免屋顶漏水和施工困难,一般以 0.003~0.006 为宜。

(4) 天沟流水长度不宜大于 50m。但有些厂房根据屋面形式、天沟作法及车间跨度等要求,天沟长度也有长达 70 多米。

(5) 天沟的作法,一般是在屋面板上铺泡沫混凝土或炉渣,用二毡三油作为防水层,表面上再铺一层沥青玛琋脂,上撒一层绿豆砂。为减小天沟表面的粗糙度,改善水力条件,也可用水泥砂浆抹面。现在天沟多用预制钢筋混凝土槽,表面用 1:2 砂浆抹面。

(6) 天沟出流措施为延长天沟穿出山墙,然后连接立管沿外墙排出,见图 5-3。在寒冷地区或不允许在外墙设立管时,雨水立管也可设在外墙内壁。

(7) 为了防止天沟末端处积水,可在山墙部分的天沟端壁设置溢流口。

5.1.1.3 天沟外排水的优缺点

工业厂房天沟外排水与管道内排水相比,有如下的优缺点:

(1) 优点:

1) 避免因天沟积水产生的漏水现象。

2) 避免厂房内排水由于设计、施工及维护不善面造成的检查井冒水。

3) 屋面不设雨水斗,避免了因施工不善而引起的漏水现象。

4) 厂房内无雨水管道,避免与生产设备及其它管道间的矛盾,有利于施工安装。

5) 天沟排水不使用或少用金属管材,可节约金属材料。

6) 在湿陷性黄土地区,由于厂房内无雨水管道,避免因管道漏水而产生土壤沉降,有利于建筑物的安全。

7) 厂房内无架空雨水管道,避免产生凝结水而影响生产。

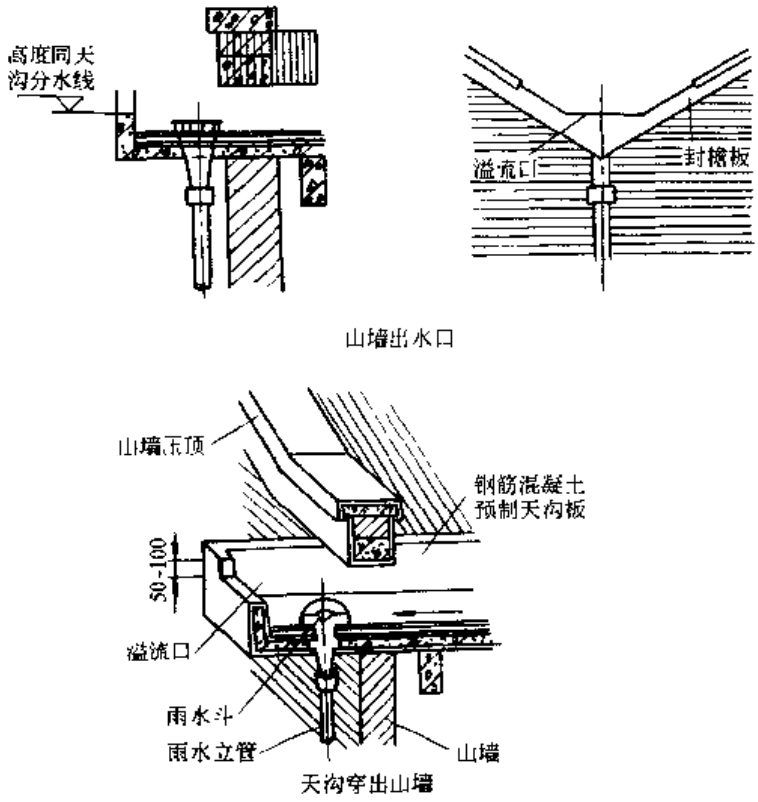


图 5-3　天沟与立管的连接

8) 厂区内可设明渠排水,有利于减小厂区雨水干管的起始埋深。

9) 节省建设投资。

10) 简化设计,加快施工进度。

(2) 缺点:

1) 天沟板连接处的防水施工要求较高。

2) 在寒冷结冰地区,厂房外墙雨水立管需有防冻措施,以免管道冻结破裂。

3) 稠密工业区或产生灰尘较多的厂房,屋面积尘量大,易造成天沟排水不畅。

4) 为了保持天沟排水坡度,当天沟较长时需增加屋面垫层的厚度,加大了结构负荷。

5) 天沟末端山墙或女儿墙上需设溢流口,以便溢流雨水斗来不及排除的雨水量。

5.1.2　内 排 水 系 统

5.1.2.1　内排水系统的分类:

雨水管道的内排水系统由雨水斗、连接管、悬吊管、立管及排出管等部分组成。

内排水系统可分为架空管外排水系统及架空管内排水系统。内排水系统是通过架空管将雨水排入埋地管中,由于使用要求不同,又可分为敞开式及封闭式两种。

(1) 架空管外排水系统:将雨水通过架空管道系统直接引到室外排水管(渠)中,室内不设埋地管,这样可以避免室内冒水。但架空管道需用金属管材多,而且易产生凝结水。另外,管系内还不能排入生产废水。

(2) 敞开式内排水系统:由架空管道将雨水引入室内埋地管道的检查井中,然后由埋地管道引至室外。若设计和施工不当,会引起检查井发生冒水现象。但此种系统可使用非金

属材料，并可排入生产废水。

(3) 封闭式内排水系统：在检查井内装设封闭三通管，管口用盖堵封闭以防冒水。封闭式排水系统用于不允许冒水的建筑物，这种系统为压力排水，不能排入生产废水。

5.1.2.2 管道内排水系统的布置与安装

(1) 雨水斗 雨水斗的作用为汇集屋面雨水，使流过的水流平稳、通畅和截留杂物，防止管道堵塞。

1) 对雨水斗的要求是排水量大、斗前水位低和泄水时掺气量小。

2) 雨水斗的类型和特征：当前常用的雨水斗为 65 型、79 型和 87 型。65 型为铸铁浇铸，见图 5-4；79 型为钢板焊制，见图 5-5；87 型见图 5-7。

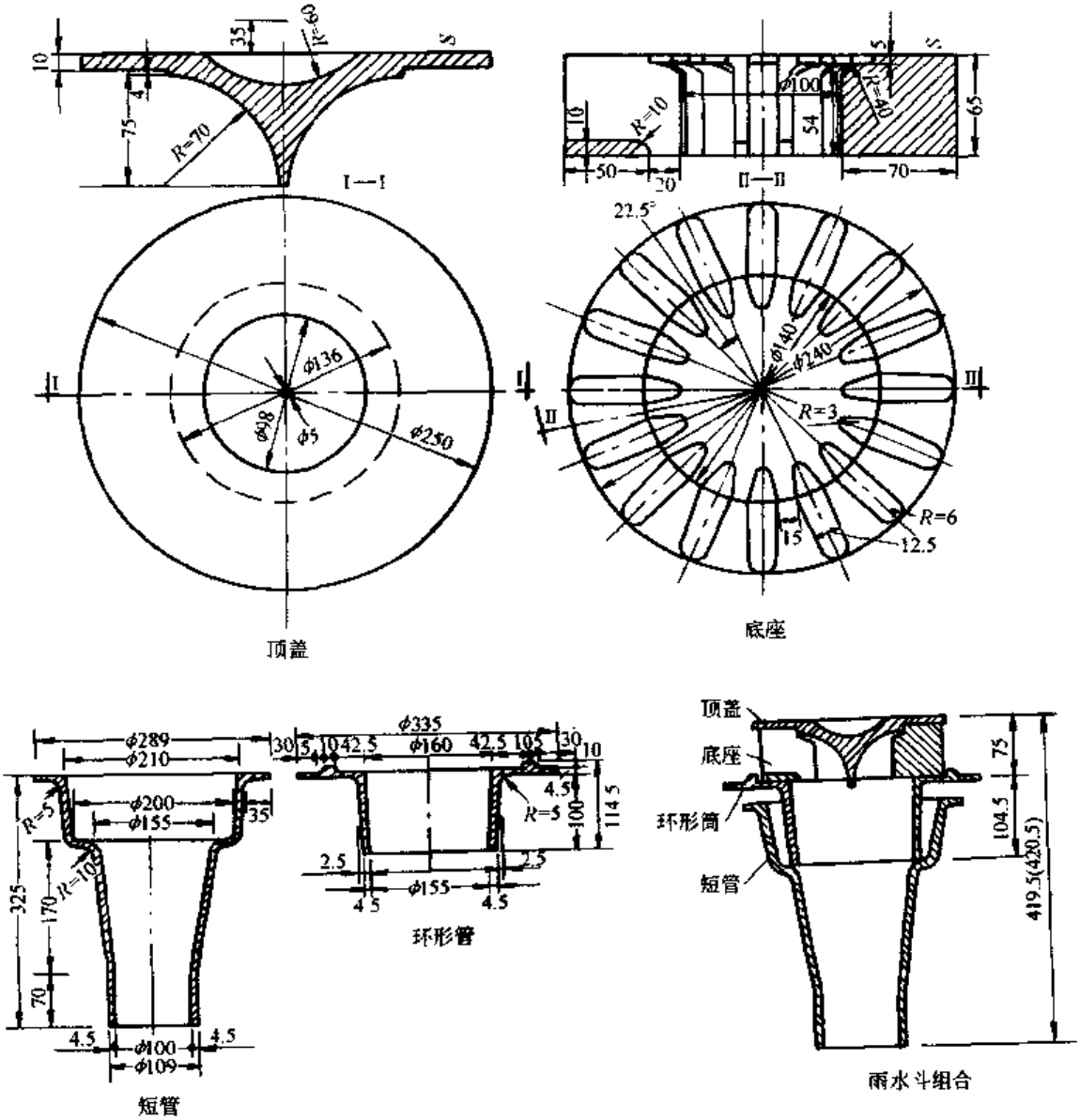


图 5-4 65 型雨水斗

3) 阳台、屋顶花园等供人们活动的屋面上，宜设置平箅式雨水斗，见图 5-6。

4) 常用雨水斗的基本性能，见表 5-1、2。

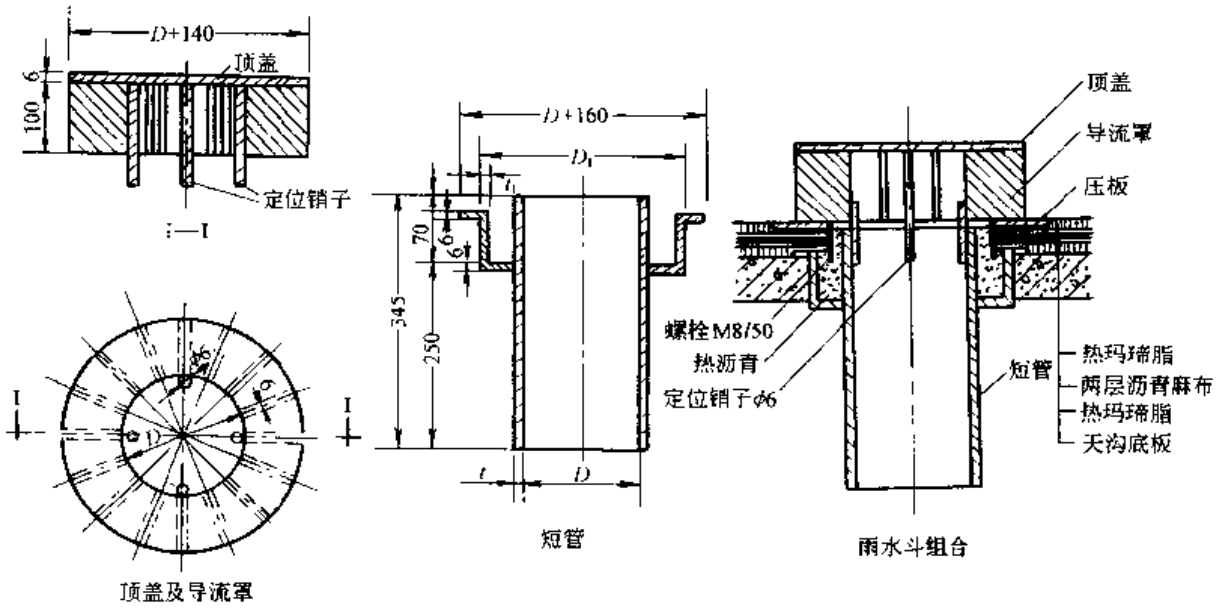


图 5-5　79 型雨水斗

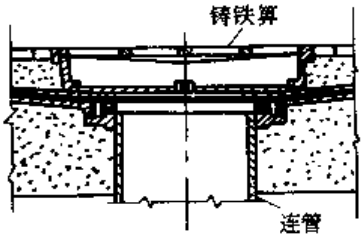


图 5-6　平箅雨水斗

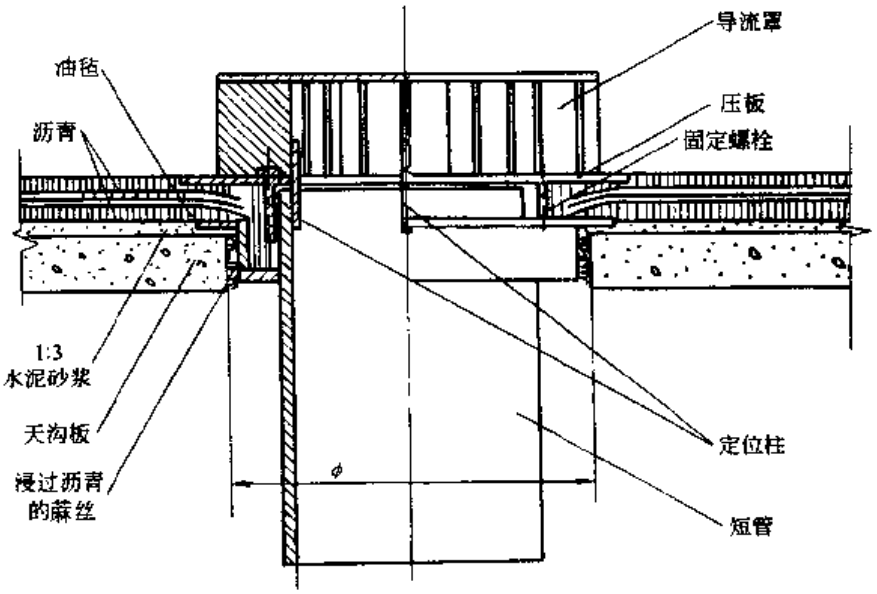


图 5-7　87 型雨水斗

常用雨水斗的基本性能 表 5-1

斗型	出水管直径(mm)	进出口面积比	水力性能			材料
			斗前水深	稳定性	掺气量	
65	100	1.5:1	浅	稳定,漩涡少	较少	铸铁
79	75、100、150、200	2.0:1	较浅	稳定,漩涡少	少	钢板
87	75、100、150、200、250	2.5~3.0:1	较深	稳定	少	铸铁、钢
平箅	75、100	1.3:1	较深	不稳定,漩涡大	多	铸铁

雨水斗设计负荷 表 5-2

规格(mm)	设计负荷(L/s)		规格(mm)	设计负荷(L/s)	
	重力流斗	压力流斗		重力流斗	压力流斗
50	—	6.0	100	12.0	—
75	6.0	12.0	150	26.0	—

5) 布置与安装:

① 屋面排水采用内排水时,应在屋顶雨水进口处装设雨水斗,不能用铅丝球罩或地漏等代替,以免造成天沟水位不稳定,使进水带入大量空气,阻碍水流排泄。在阳台、花台及供人活动的屋面宜设置平箅型雨水斗。

② 布置雨水斗时,应以伸缩缝或沉降缝作为天沟排水分水线,否则应在缝的两侧各设一个雨水斗。

③ 防火墙处设置雨水斗时,应在该墙的两侧各设一个雨水斗。

④ 寒冷地区,雨水斗应尽量布置在受室内温度影响,屋面雪水易融化的天沟范围内。

⑤ 雨水斗的间距除按计算决定之外,还应根据建筑结构的特点(如柱子的布置等)决定,一般间距采用 12~24m。

⑥ 雨水斗与天沟板连接处,应作好防水,不使雨水由该处漏入车间内。

⑦ 用卷材防水时,卷材弯入雨水斗短管内,在卷材表面灌沥青时,需注意不使沥青流入管内,以免缩小管径,降低排水能力,致使天沟积水。

⑧ 多斗雨水排水系统的雨水斗,其排水连接管应接至悬吊管上,不得在立管顶端设置雨水斗。

(2) 连接管 连接管为承接雨水斗流入的雨水,并将其引至悬吊管的一段短竖管。

1) 连接管的管径不得小于雨水斗短管的管径,且不得小于 100mm。

2) 连接管应牢固的固定在建筑物的承重结构(如桁架梁)上,管材用铸铁管、钢管和给水 UPVC 管。

3) 连接管宜用斜三通与悬吊管相联接。

4) 伸缩缝两侧雨水斗的连接管,如合并接入一根立管或悬吊管上时,应采用柔性接头,见图 5-8。

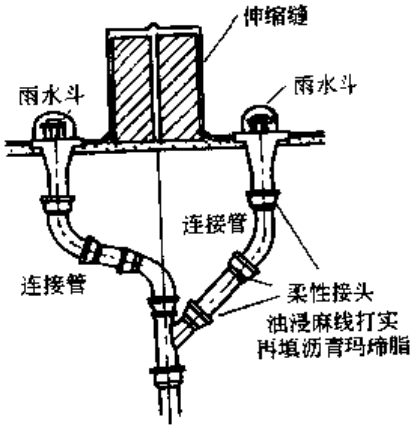


图 5-8 柔性接头

(3) 悬吊管:悬吊管承接连接管流来的雨水并将之

引至立管。按悬吊管连接雨水斗的数量，可分为单斗悬吊管和多斗悬吊管，连接1个及2个以上雨水斗的为多斗悬吊管。

1）悬吊管一般沿桁架或梁敷设，并牢固地固定其上。

2）一般采用单斗悬吊管系统，在条件允许时，一根悬吊管最多可连接4个雨水斗。但为了增大起端雨水斗的泄流量，及限制靠近立管雨水斗的过大的泄水能力和过多的带气量，可酌情将近立管雨水斗的直径缩小1号。

3）悬吊管管径不得小于其连接管管径，沿屋架悬吊时，其管径不宜大于300mm。

4）长度大于15m的雨水悬吊管上，应装设检查口或带法兰盲板的三通管，其间距不得大于20m，位置宜靠近墙、柱，以利检修。

5）悬吊管的敷设坡度，不得小于0.005。

6）悬吊管管材一般采用铸铁管、石棉水泥接口和给水UPVC管、粘接接口，在可能受到振动和生产工艺等有特殊要求时，可采用钢管，焊接接口。

7）悬吊管不应布置在遇水能引起危害的生产设备、产品和原材料等的上方，以防管道产生凝结水或漏水而造成损失。如必须这样敷设时需采取有效措施。

8）悬吊管与立管的连接，应采用两个45°弯头或90°斜三通。

9）与雨水立管连接的悬吊管，不宜多于两根。

10）雨水管道的敷设方式，见图5-9。

（4）立管：立管的作用是排除悬吊管或雨水斗流来的雨水，见图5-8。

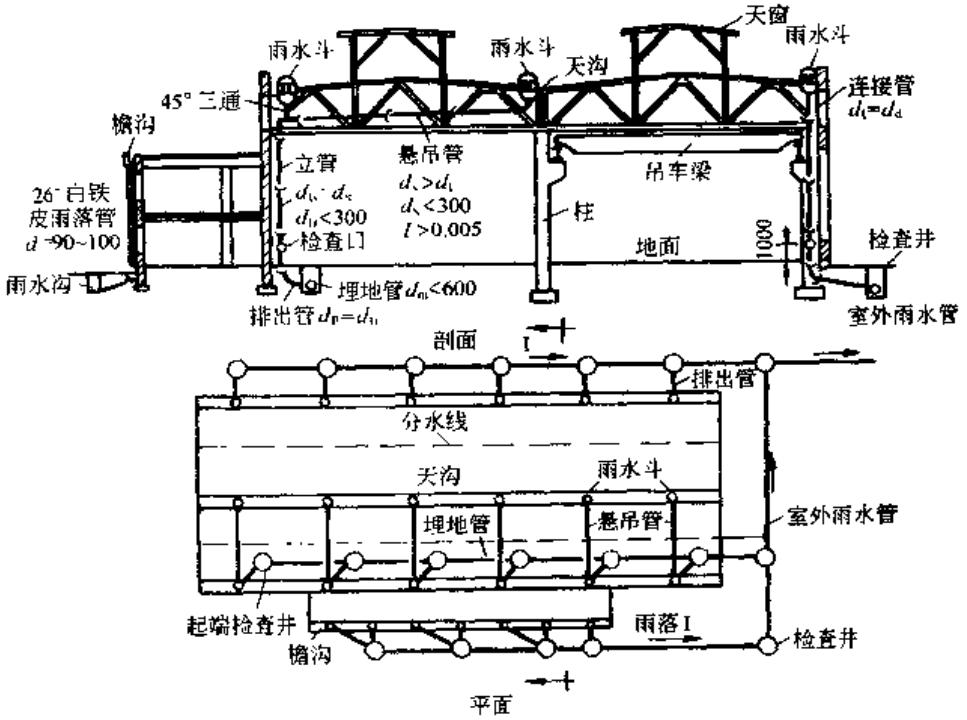


图5-9　屋面内排水系统

d_d—雨水斗出水管管径；d_1—连接管管径；d_x—悬吊管管径；

$d_{1'}$—立管管径；d_m—埋地管管径

1）立管管径不得小于与其连接的悬吊管的管径，同时也不宜大于300mm，否则应减少接入悬吊管上的雨水斗数目。

2）不同高低跨度的悬吊管，宜用各自单独的雨水立管。立管排泄的雨水总量，不超过表5-3所列数值。

一根立管负荷流量　　表5-3

立管管径(mm)	75	100	150	200	250	300
允许流量(L/s)	10	19	42	75	120	170

3）立管宜沿墙、柱安装，一般为明装，若因建筑或工艺要求暗装时，可敷设于墙槽或管井内，但必须考虑安装和检修方便，在设检查口处应设检修门。

4）立管的下半部处于正压(大于大气压力)状态，不应接入生产或其它废水。

5）立管一般用铸铁管、石棉水泥接口和给水UPVC管、粘接接口，如管道有可能受振动或工艺要求时，可采用钢管、焊接接口，外涂防锈油漆。

6）雨水立管上应设检查口，从检查口中心至地面的距离宜为1.0m。下端宜用两个45°弯头或大曲率半径的90°弯头接入排出管。

7）多斗雨水排水系统的雨水斗，宜相对立管对称布置。

(5) 排出管：排出管是将立管雨水引入检查井的一段埋地横管。

1）排出管管径不得小于立管的管径。

2）排出管为压力排水，其上不应接入其它废水管道。

3）排出管管材宜采用铸铁管、石棉水泥接口和给水UPVC管、粘接接口。

4）排出管穿基础墙处应预留洞，洞口尺寸应保证建筑物沉陷时不压坏管道，在一般情况下管顶宜有不小于150mm的净空。

(6) 埋地管　埋地管是指敷设于室内地下的横管，承接立管排来的雨水，并将其引至室外雨水管道。可分为敞开式及封闭式。

1）埋地管一般采用非金属管，如混凝土管、钢筋混凝土管，对于封闭式系统，应采用钢管、铸铁管或UPVC加筋塑料管。

2）埋地管的最小管径不得小于200mm。

3）敷设埋地暗管受到限制或采用明渠有利于生产工艺时，可采用有盖板的明渠排水。明渠排水有利于散放水中分离的空气，减少检查井冒水可能性。

4）埋地管不得穿越设备基础及其它地下构筑物。

5）埋地管的最小埋深，应按表5-4规定执行。

6）封闭式埋地管为压力排水，不得排入生产废水或其它废水。

7）埋地管坡度应不小于0.003。

8）封闭式雨水系统埋地管在靠近立管处，应设水平检查口。

(7) 附属构筑物：雨水管道的附属构筑物包括检查井、检查口、放气井及放气管等。

1）检查井：

① 排出管接入埋地管处需设检查井，在长度超过30m的直管段上、管线转弯、交叉、坡度或管径改变处也都需要设检查井。

埋地管的最小埋深　　表 5-4

管　材	地面至管顶的距离(m)	
	素土夯实、缸砖、木砖地面	水泥、混凝土、沥青混凝土、菱苦土地面
排水铸铁管	0.70	0.40
混凝土管	0.70	0.50
带釉陶土管	1.00	0.60
硬聚氯乙烯管	1.00	0.60

注：1. 在铁路下应敷设钢管或给水铸铁管、管道的埋设深度从轨底至管顶距离不得小于 1.0m。

2. 在管道有防止机械损坏措施或不可能受机械损坏的情况下，其埋设深度可小于表中规定值。

② 在检查井中排出管与埋地管采用管顶平接，且水流转角不得小于 135°，见图 5-10。

③ 在检查井内应设置高流槽，槽顶高出管顶 200mm，见图 5-11。

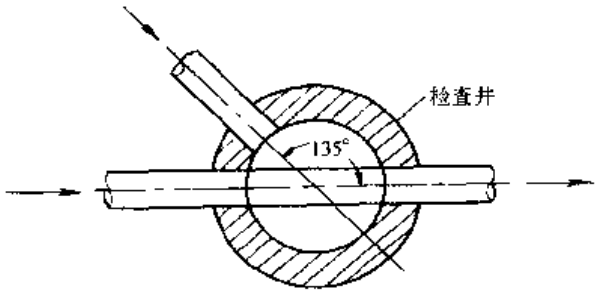


图 5-10　检查井接管

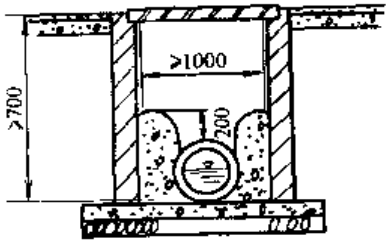


图 5-11　检查井高流槽

④ 检查井的直径不应小于 1m。检查井深度不应小于 0.7m 以免冒水。

⑤ 首端检查井无放气措施时，不宜接入其它排水管道。

⑥ 起端的几个检查井应考虑设置通气设施，以减小井中压力，减少冒水机会。

⑦ 雨水检查井的最大间距，见表 5-5。

雨水检查井的最大间距　　表 5-5

管径(mm)	最大间距(m)	管径(mm)	最大间距(m)
150	20	400	40
200～300	30	≥500	50

2) 放气井及放气管：为了降低掺气水流在检查井中分离空气所形成的空气压力，应在检查井前设置放气井，或在井中设放气孔或放气管。

① 在埋地管的起端几个检查井与排出管间设置放气井，使水流在井内消能放气，然后较平稳地流入检查井，可避免检查井冒水。

② 放气井的构造，见图 5-12。掺气水流由排出管流出与井内隔墙碰撞，经消能及能量转换，流速减小，水位升高，水气分离。水流溢过隔墙后，再经格栅稳压，平稳流入检查井，分离气体由放气管放出，放气管应高出地面 2m 以上，可沿墙柱敷设。隔栅后亦可做铁箅代替放气管。

3) 检查口井：封闭系统中，在埋地管上应设检查口井，以备检修之用，参见标准图

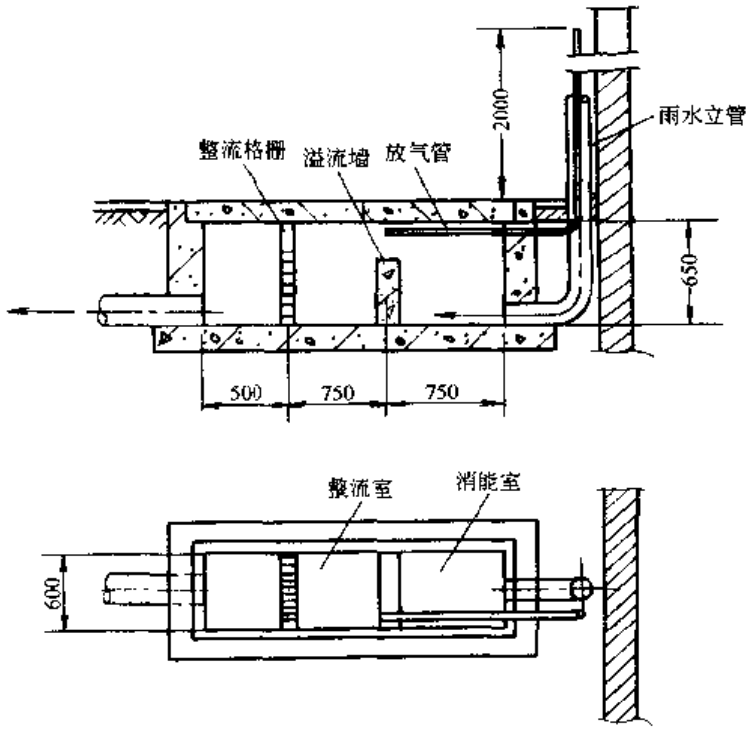


图 5-12 放气井

S217。

4) 溢流口:在天沟外排水系统的天沟末端,山墙或女儿墙上应开设溢流口,以备排除超设计重现期的雨量,或雨水斗发生故障时的积水。溢流口的溢流缘口宜比天沟上缘低 50～100mm,见图 5-3。溢流口下的落水地面应加铺砌,以免水流冲刷。

5.2 雨 量 计 算

5.2.1 小时降雨厚度

雨量应根据当地的暴雨公式,按下列条件换算成小时降雨厚度(mm/h)。

(1) 降雨历时,采用 5min。

(2) 重现期 P 应根据生产工艺和土建情况确定,见表 5-6。一般情况采用一年,但不得小于室外雨水道所采用的重现期。

工业建筑雨水设计重现期 P 值 表 5-6

工 业 企 业 特 征	P(a)
1. 生产工艺因素	
生产和机械设备不会因水受损害	0.5
生产可能因水受影响,但机械设备不会因水受损害	1.0
生产不会因水受影响,但机械设备可能因水受损害	1.5
生产和机械设备均可能因水而受损害	2.0

续表

工 业 企 业 特 征	P(a)
2. 土建因素	
房屋最低层地板标高低于室外地面标高	0.5
天窗玻璃位于天沟之上低于 10 厘米	0.5
屋顶各个方面被房屋高出部分紧紧地包围着，妨碍雨水流动	0.5

注：1. 将表中 1、2 两项中有关相应的数值相加，即可求得计算 P 值。

2. 机械设备可能因水而受损害的生产，系指下列类型工厂：丝绸厂、卷烟厂、棉纺织厂、冶金厂以及各种金属加工厂、化学联合企业等。

(3) 计算式(5-1)：

$$H = 36 q_5 \tag{5-1}$$

式中　H——小时降雨厚度(mm/h)；

q_5——降雨历时 5min 的暴雨强度[L/(s·100m²)]，见表 5-7 为我国部分城镇降雨强度。

我国部分城镇降雨强度　　表 5-7

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
北　京		3.23 116	4.01 145	4.48 161	4.81 173	5.06 182
上　海		3.36 121	4.19 151	4.67 168	5.02 181	5.29 190
天　津		2.77 100	3.48 125	3.89 140	4.19 151	4.42 159
重　庆		3.07 111	3.69 133	4.02 145	4.25 153	4.42 159
河北	石家庄	2.76 99	3.51 126	3.93 142	4.25 153	4.49 162
	承　德	2.64 95	3.30 119	3.68 132	3.93 142	4.14 149
	秦皇岛	2.66 96	3.26 117	3.61 130	3.87 139	4.06 146
	唐　山	3.60 128	4.49 162	5.04 181	5.42 195	5.72 206
	廊　房	2.79 100	3.44 124	3.81 137	4.08 147	4.29 154
	沧　州	3.68 133	4.56 164	5.07 183	5.44 196	5.72 206
	保　定	2.55 92	3.08 111	3.39 122	3.61 130	3.78 136
	邢　台	2.64 95	3.34 120	3.76 135	4.05 146	4.28 154

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
河北	邯郸	2.81 101	3.62 130	4.09 147	4.43 160	4.69 169
	衡水	3.43 124	4.47 161	5.07 183	5.50 198	5.83 210
	任邱	3.42 123	4.34 156	4.88 176	5.27 190	5.56 200
	张家口	2.14 77	2.80 101	3.19 115	3.46 125	3.67 132
山西	太原	2.31 83	2.92 105	3.27 118	3.52 127	3.72 134
	大同	1.78 64	2.35 85	2.69 97	2.93 106	3.12 112
	朔县	2.01 72	2.50 90	2.78 100	2.98 107	3.14 113
	原平	2.23 80	2.92 105	3.34 120	3.63 130	3.85 139
	阳泉	2.64 95	3.41 123	3.86 139	4.18 151	4.43 160
	榆次	1.94 70	2.57 92	2.94 106	3.20 115	3.40 122
	离石	1.77 64	2.20 79	2.45 88	2.62 94	2.76 99
	长治	1.99 72	2.84 102	3.34 120	3.70 133	3.97 143
	临汾	2.10 76	2.69 97	3.04 110	3.29 118	3.48 125
	侯马	2.28 82	3.00 108	3.42 123	3.72 134	3.95 142
	运城	1.69 61	2.22 80	2.52 91	2.74 99	2.91 105
内蒙	包头	2.27 82	2.92 106	3.33 120	3.61 130	3.83 138
	集宁	1.94 70	2.52 96	2.86 103	3.11 112	3.29 119
	赤峰	1.83 66	2.58 93	3.01 109	3.32 120	3.56 128
	海拉尔	1.80 65	2.37 85	2.70 97	2.94 106	3.12 113

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
吉林	长春	3.41 123	4.11 148	4.52 163	4.81 173	5.03 181
	白城	2.52 91	3.05 109	3.36 121	3.58 129	3.75 135
	前郭尔罗斯	2.64 96	3.19 115	3.51 126	3.74 135	3.91 141
	四平	3.57 129	4.32 156	4.76 172	5.08 183	5.32 191
	吉林	3.28 118	3.97 143	4.37 157	4.66 168	4.88 176
	海龙	2.61 94	3.32 120	3.73 134	4.03 145	4.25 153
	通化	4.39 158	5.32 192	5.86 211	6.25 225	6.55 236
	浑江	2.37 85	3.12 112	3.55 128	3.86 139	4.11 148
	延吉	2.54 91	3.07 111	3.38 122	3.61 130	3.78 136
	辽源	3.39 122	4.08 147	4.49 162	4.78 172	5.00 180
	双辽	2.67 96	3.21 116	3.52 127	3.76 135	3.93 142
	长白	2.99 108	3.62 130	3.99 144	4.25 153	4.45 160
	敦化	2.74 99	3.32 119	3.66 132	3.90 140	4.08 147
	图门	2.44 88	2.95 106	3.25 117	3.46 125	3.63 131
	桦甸	3.86 139	4.68 168	5.16 186	5.49 198	5.76 207
辽宁	沈阳	2.86 103	3.57 128	3.97 142	4.26 153	4.48 161
	本溪	2.96 107	3.53 127	3.86 139	4.10 148	4.28 154
	丹东	2.72 98	3.26 117	3.58 129	3.81 137	3.98 143
	大连	2.44 88	2.93 105	3.21 116	3.41 123	3.57 128
	营口	2.66 96	3.28 118	3.64 131	3.89 140	4.09 147
	鞍山	2.83 102	3.42 123	3.77 136	4.02 145	4.21 152

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
辽宁	辽 阳	2.73 98	3.35 121	3.71 134	3.97 143	4.16 150
	黑 山	2.55 92	3.25 117	3.65 132	3.94 142	4.16 150
	锦 州	3.01 108	3.78 136	4.24 152	4.56 164	4.80 173
	锦 西	3.25 117	4.22 152	4.80 173	5.02 187	5.52 199
	绥 中	2.71 98	3.37 121	3.76 135	4.03 145	4.24 153
	阜 新	2.23 80	2.95 106	3.47 125	3.89 140	4.25 153
黑龙江	哈尔滨	2.67 96	3.39 122	3.81 137	4.11 148	4.34 156
	漠 河	1.87 67	2.43 88	2.76 99	2.99 108	3.17 114
	呼 玛	1.99 72	2.51 90	2.81 101	3.03 109	3.19 115
	黑 河	2.49 90	3.12 112	3.48 125	3.74 135	3.94 142
	嫩 江	2.37 85	2.94 106	3.28 118	3.52 127	3.70 133
	北 安	2.32 83	2.91 105	3.26 117	3.50 126	3.69 133
	齐齐哈尔	2.37 85	3.00 108	3.37 121	3.64 131	3.84 138
	大 庆	2.48 89	3.16 114	3.56 128	3.84 138	4.06 146
	佳木斯	2.64 89	3.19 115	3.61 130	3.92 141	4.16 149
	同 江	2.55 92	3.19 115	3.57 129	3.84 138	4.05 146
	抚 远	2.41 87	3.00 108	3.34 120	3.59 129	3.77 136
	虎 林	2.27 82	2.95 106	3.35 121	3.63 131	3.85 139
	鸡 西	2.36 85	2.91 105	3.22 116	3.45 124	3.62 130
	牡丹江	1.97 71	2.50 90	2.81 101	3.03 109	3.20 115

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q[L/(s\cdot100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
黑龙江	伊春	2.16 78	2.86 103	3.26 117	3.55 128	3.77 136
	东宁	2.09 75	2.64 95	2.96 107	3.19 115	3.36 121
	尚志	2.43 87	3.02 109	3.37 121	3.62 130	3.81 137
	勃利	2.44 88	3.18 114	3.61 130	3.91 141	4.15 149
	铁河	2.01 72	2.46 89	2.73 98	2.92 105	3.06 110
	绥化	2.70 97	3.39 122	3.79 136	4.07 147	4.29 155
	通河	2.48 89	3.00 108	3.30 119	3.52 127	3.68 133
	绥芬河	2.02 73	2.47 89	2.72 98	2.91 105	3.05 110
	讷河	2.36 85	3.00 108	3.38 122	3.64 131	3.85 139
	双鸭山	2.39 86	2.95 106	3.28 118	3.51 126	3.69 133
山东	济南	2.86 103	3.52 127	3.90 140	4.17 150	4.38 158
	德州	2.89 104	3.50 126	3.86 139	4.11 148	4.31 155
	淄博	2.25 81	2.78 100	3.09 111	3.31 119	3.48 125
	潍坊	2.81 101	3.51 126	3.92 141	4.21 152	4.43 160
	掖县	3.03 109	3.95 142	4.50 162	4.88 176	5.18 186
	龙口	2.44 88	3.05 110	3.41 123	3.66 132	3.85 139
	长岛	2.60 94	3.25 117	3.64 131	3.90 140	4.11 148
	烟台	2.31 83	3.05 110	3.48 125	3.79 136	4.03 145
	莱阳	2.47 89	3.26 117	3.72 134	4.05 146	4.31 155
	海阳	3.50 126	4.37 157	4.87 175	5.23 188	5.51 198

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
山东	枣庄	3.17 114	3.94 142	4.39 158	4.71 170	4.95 178
	青岛	2.10 76	2.54 91	2.80 101	2.98 107	3.12 113
江苏	南京	2.92 105	3.51 126	3.86 139	4.10 148	4.29 155
	徐州	2.79 101	3.22 116	3.48 125	3.65 132	3.79 137
	连云港	2.16 78	2.69 97	3.01 108	3.23 116	3.40 123
	清江	2.88 104	3.45 124	3.79 136	4.02 145	4.20 151
	盐城	2.79 101	3.43 124	3.80 137	4.07 147	4.28 154
	扬州	2.20 79	2.63 95	2.88 104	3.05 110	3.19 115
	南通	2.17 78	2.67 96	2.95 106	3.16 114	3.32 119
	镇江	2.85 103	3.53 127	3.92 141	4.20 151	4.42 159
	常州	2.58 93	3.16 114	3.49 126	3.73 134	3.92 141
	无锡	2.14 77	2.68 96	2.99 108	3.21 116	3.38 122
	苏州	2.21 80	2.75 99	3.06 110	3.28 118	3.45 124
	高淳	2.87 103	3.62 130	4.06 146	4.37 157	4.62 166
	泗洪	2.17 78	2.57 93	2.80 101	2.97 107	3.10 112
	阜宁	2.69 97	3.13 113	3.36 121	3.52 127	3.65 131
	沭阳	2.97 107	3.52 127	3.85 138	4.08 147	4.25 153
	响水	2.56 92	3.20 115	3.57 129	3.84 138	4.04 146
	泰州	2.22 80	2.59 93	2.81 101	2.97 107	3.09 111
	江阴	2.52 91	3.28 118	3.72 134	4.03 145	4.27 154

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
江苏	溧　阳	1.71 61	2.10 76	2.33 84	2.50 90	2.62 94
	高　邮	2.84 102	3.37 121	3.69 133	3.91 141	4.08 147
	东　台	2.74 99	3.30 119	3.63 131	3.86 139	4.04 145
	太　仓	2.00 72	2.46 89	2.73 98	2.92 105	3.06 110
	吴　县	2.29 82	2.90 105	3.26 117	3.52 127	3.72 134
	句　容	2.70 93	3.26 117	3.59 129	3.82 137	4.00 144
安徽	合　肥	3.04 109	3.73 134	4.14 149	4.42 159	4.65 167
	蚌　埠	2.85 102	3.51 126	3.89 140	4.17 150	4.37 158
	淮　南	3.63 131	4.42 159	4.86 175	5.19 187	5.43 196
	芜　湖	3.19 115	3.93 142	4.37 157	4.68 169	4.92 177
	安　庆	3.32 120	4.09 148	4.56 164	4.88 176	5.13 185
浙江	杭　州	2.98 107	3.74 135	4.18 151	4.49 162	4.74 171
	诸　暨	4.02 145	5.06 182	5.67 204	6.10 220	6.43 231
	宁　波	3.15 113	3.88 140	4.30 155	4.61 166	4.84 174
	温　州	4.14 149	4.90 176	5.34 192	5.66 204	5.90 212
	兰　溪	3.80 137	4.40 159	4.77 172	5.02 181	5.22 188
江西	南　昌	4.23 152	5.10 184	5.62 202	5.98 215	6.26 226
	庐　山	3.26 117	3.86 139	4.21 152	4.46 161	4.65 168
	修　水	3.53 127	4.36 157	4.86 175	5.20 187	5.47 197
	波　阳	3.26 117	3.83 138	4.16 150	4.39 158	4.58 165

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
江西	宜 春	3.30 119	3.97 143	4.36 157	4.64 167	4.85 175
	贵 溪	3.32 120	3.81 137	4.10 147	4.30 155	4.46 160
	吉 安	4.15 149	4.75 171	5.10 184	5.34 193	5.54 199
	赣 州	3.74 135	4.37 157	4.73 170	5.00 180	5.20 187
	景德镇	3.70 133	4.36 157	4.75 171	5.03 181	5.25 189
	萍 乡	3.08 111	3.81 137	4.23 152	4.53 163	4.76 171
	九 江	3.83 138	4.52 163	4.93 177	5.21 188	5.43 196
	湖 口	3.65 131	4.31 155	4.69 169	4.97 179	5.18 186
	上 饶	4.63 167	5.28 190	5.67 204	5.94 214	6.15 221
	婺 源	3.54 128	4.05 146	4.34 156	4.55 164	4.71 170
	资 溪	3.98 143	4.82 174	5.32 191	5.66 204	5.93 214
	莲 花	3.47 125	4.01 145	4.33 156	4.56 164	4.73 170
	新 余	2.54 92	3.06 110	3.36 121	3.57 129	3.74 134
	清 江	4.12 148	4.98 179	5.48 197	5.83 210	6.11 220
	上 高	3.26 117	3.97 143	4.38 158	4.68 168	4.90 177
	瑞 金	4.43 159	5.14 185	5.57 200	5.86 211	6.10 219
	兴 国	4.31 155	4.99 180	5.38 194	5.66 204	5.88 212
	井冈山	2.15 77	2.51 90	2.73 98	2.88 104	2.99 108
	龙 南	3.23 116	3.77 136	4.09 147	4.31 155	4.49 162
	南 丰	3.90 140	4.51 162	4.87 175	5.12 184	5.32 191

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
江西	都昌	2.20 79	2.59 93	2.83 102	2.99 108	3.12 112
	彭泽	2.48 89	2.92 105	3.17 114	3.35 120	3.49 126
	永修	4.05 146	4.90 176	5.39 194	5.74 207	6.01 216
	德安	2.51 90	3.04 110	3.35 121	3.57 129	3.74 135
	玉山	4.74 171	5.41 195	5.80 209	6.08 219	6.29 227
	安福	3.96 143	4.53 163	4.87 175	5.10 148	5.29 190
	弋阳	4.19 151	4.81 173	5.17 186	5.42 195	5.62 202
	临川	3.81 137	4.44 160	4.81 173	5.07 183	5.27 190
	遂川	4.40 158	5.09 183	5.49 198	5.78 208	6.00 216
	寻乌	3.74 135	4.37 157	4.74 171	5.00 180	5.20 187
	信丰	5.07 183	5.93 213	6.43 231	6.78 244	7.06 254
	会昌	3.72 134	4.35 157	4.72 170	4.98 179	5.18 187
	宁都	3.06 110	3.54 127	3.82 137	4.02 145	4.17 150
	广昌	3.94 142	4.56 164	4.92 177	5.17 186	5.37 193
	德兴	3.92 141	4.47 161	4.80 173	5.03 181	5.21 187
	进贤	4.18 151	4.94 178	5.38 194	5.69 205	5.94 214
	泰和	4.98 179	5.70 205	6.12 220	6.42 231	6.65 239
	乐平	3.59 129	4.15 149	4.48 161	4.71 170	4.89 176
	东乡	3.95 142	4.66 168	5.08 183	5.37 193	5.60 202
	金溪	3.31 119	3.86 139	4.18 151	4.41 159	4.59 165
	余干	3.67 132	4.31 155	4.68 168	4.95 178	5.16 186

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
江西	武宁	2.68 96	3.30 119	3.67 132	3.93 142	4.13 149
	丰城	3.50 126	4.23 152	4.65 167	4.95 178	5.19 187
	峡江	3.72 134	4.26 153	4.58 165	4.80 173	4.97 179
	奉新	4.57 164	5.58 201	6.18 222	6.60 238	6.93 249
	铜鼓	2.98 107	3.68 133	4.09 147	4.38 158	4.61 166
	乐安	4.04 146	4.71 170	5.11 184	5.38 194	5.60 202
福建	福州	3.48 125	4.13 149	4.52 163	4.79 172	5.00 180
	厦门	4.37 157	5.10 184	5.52 199	5.82 210	6.06 218
	龙岩	4.42 159	5.61 202	6.31 227	6.81 245	7.19 259
	泉州	4.29 155	5.26 189	5.82 210	6.22 224	6.53 235
	三明	6.22 224	7.63 275	8.46 304	9.04 325	9.49 342
河南	郑州	3.31 119	4.35 157	4.95 178	5.38 194	5.72 206
	开封	2.81 101	3.44 124	3.80 137	4.06 146	4.26 153
	商丘	3.43 124	4.39 158	4.95 178	5.34 192	5.65 203
	安阳	2.63 95	3.46 125	4.07 147	4.57 165	4.99 180
	新乡	3.12 112	3.70 133	4.05 146	4.29 154	4.48 161
	济源	1.51 54	2.21 80	2.62 94	2.91 105	3.13 113
	洛阳	2.38 86	3.00 108	3.37 121	3.63 131	3.83 138
	许昌	2.42 87	2.95 106	3.26 117	3.49 126	3.61 132
	平顶山	3.53 127	4.42 159	4.94 178	5.31 191	5.60 202

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		P=1	P=2	P=3	P=4	P=5
河南	南阳	2.47 89	3.29 118	3.77 136	4.11 148	4.37 157
	卢氏	3.10 112	3.96 143	4.50 162	4.83 174	5.16 186
	信阳	2.66 96	3.38 122	3.88 140	4.28 154	4.61 166
	驻马店	2.54 92	3.24 116	3.65 131	3.94 142	4.17 150
湖北	汉口	3.13 113	3.83 138	4.24 153	4.53 163	4.76 171
	老河口	2.26 81	2.98 107	3.40 122	3.70 133	3.93 141
	随州	3.86 139	4.90 176	5.51 198	5.95 214	6.28 226
	恩施	4.04 145	4.93 178	5.46 197	5.82 210	6.11 220
	荆州	2.45 88	3.12 112	3.52 127	3.80 137	4.02 145
	沙市	3.21 116	4.08 147	4.60 165	4.95 178	5.23 188
	黄石	4.10 148	4.98 179	5.49 198	5.85 211	6.14 221
	宜昌	3.28 118	3.72 134	3.94 142	4.09 147	4.20 151
	荆门	2.25 81	2.68 96	2.93 106	3.11 112	3.25 117
广东	广州	3.80 137	4.41 159	4.77 172	5.02 181	5.22 188
	韶关	3.99 144	4.75 171	5.19 187	5.51 198	5.75 207
	汕头	4.75 171	5.58 201	6.04 217	6.36 229	6.64 239
	深圳	4.78 172	5.86 211	6.49 234	6.93 250	7.28 262
	佛山	3.38 122	3.97 143	4.31 155	4.56 164	4.75 171
	海口	4.21 151	4.71 170	5.01 180	5.22 188	5.38 194

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
广西	南宁	4.02 145	4.56 164	4.83 174	5.01 180	5.13 185
	河池	3.97 143	4.69 168	5.10 183	5.40 194	5.63 203
	融水	4.24 153	4.89 176	5.28 190	5.56 200	5.77 208
	桂林	3.64 131	4.08 147	4.33 156	4.52 163	4.66 168
	柳州	3.71 134	4.21 152	4.54 163	4.77 172	4.95 178
	百色	3.80 137	4.42 159	4.79 172	5.05 182	5.25 189
	宁明	3.82 138	4.54 163	4.95 178	5.25 189	5.48 197
	东兴	4.43 159	4.98 179	5.36 193	5.66 204	5.91 213
	钦州	4.59 165	5.29 191	5.70 205	5.99 216	6.22 224
	北海	4.64 167	5.26 189	5.61 202	5.81 211	6.06 218
	玉林	4.30 155	4.93 177	5.29 191	5.56 199	5.76 207
	梧州	4.46 161	5.09 183	5.45 196	5.71 206	5.92 213
	全州	3.31 119	3.87 139	4.19 151	4.43 159	4.61 166
	阳朔	3.73 134	4.27 154	4.58 165	4.80 173	4.97 179
	贵县	4.38 158	5.06 182	5.46 197	5.75 207	5.97 215
	桂平	4.53 163	5.17 186	5.55 200	5.82 209	6.02 217
	贺县	3.57 129	4.06 146	4.34 156	4.55 164	4.70 169
	罗城	3.54 128	4.16 150	4.52 163	4.77 172	4.97 179
	南丹	3.64 131	4.29 155	4.68 168	4.95 178	5.16 186
	平果	3.70 133	4.25 153	4.57 165	4.80 173	4.97 179

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
广西	田东	3.82 137	4.58 165	5.02 181	5.34 192	5.58 201
	田阳	3.62 130	4.28 154	4.67 168	4.95 178	5.16 186
	来宾	3.92 141	4.54 164	4.91 177	5.17 186	5.37 193
	鹿寨	4.46 161	5.10 183	5.47 197	5.73 206	5.94 214
	宜山	3.56 128	4.14 149	4.47 161	4.71 169	4.89 176
	兴安	3.45 124	4.00 144	4.32 155	4.54 164	4.72 170
	昭平	4.26 153	5.07 183	5.54 200	5.88 212	6.14 221
	柳城	3.50 126	4.11 148	4.47 161	4.73 170	4.93 177
	武鸣	3.57 129	4.15 150	4.50 162	4.74 171	4.93 177
	田林	4.00 144	4.62 166	4.99 180	5.25 189	5.45 196
	隆林	3.32 119	3.86 139	4.18 150	4.41 159	4.58 165
	崇左	4.07 147	4.67 168	5.02 181	5.27 190	5.46 196
陕西	西安	1.34 49	1.87 68	2.21 80	2.43 88	2.61 94
	榆林	1.87 67	2.52 91	2.90 105	3.17 114	3.38 122
	子长	2.24 81	2.95 106	3.36 121	3.65 131	3.87 139
	延安	1.53 55	2.12 76	2.47 89	2.71 98	2.91 105
	宜川	2.57 92	3.35 121	3.80 137	4.13 149	4.38 158
	彬县	1.43 52	2.00 72	2.34 84	2.58 93	2.76 99
	铜川	1.87 68	2.66 96	3.12 112	3.44 124	3.69 133
	宝鸡	1.31 47	1.68 60	1.90 68	2.05 74	2.17 78

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
陕西	商县	1.60 58	2.06 74	2.32 84	2.51 90	2.66 96
	汉中	1.39 50	1.82 66	2.08 75	2.26 81	2.40 87
	安康	1.60 58	2.06 74	2.33 84	2.53 91	2.68 96
	咸阳	1.69 61	2.45 88	2.90 104	3.22 116	3.46 125
	蒲城	2.01 72	2.73 98	3.16 114	3.46 124	3.69 133
宁夏	银川	1.12 40	1.40 51	1.57 56	1.68 61	1.78 64
甘肃	兰州	1.47 53	1.89 68	2.14 77	2.31 83	2.45 88
	张掖	0.42 15	0.65 24	0.84 30	1.01 36	1.16 42
	临夏	1.76 64	2.22 80	2.49 90	2.68 96	2.82 102
	靖远	1.26 45	1.77 64	2.07 75	2.28 82	2.45 88
	平凉	1.92 69	2.55 92	2.92 105	3.18 114	3.38 122
	天水	1.75 63	2.22 80	2.50 90	2.70 97	2.84 102
	敦煌	1.39 50	1.73 62	1.93 70	2.07 74	2.18 79
	玉门	1.59 54	1.98 68	2.21 76	2.37 85	2.50 87
湖南	长沙	2.75 99	3.31 119	3.64 131	3.87 139	4.05 146
	常德	2.99 108	3.30 137	4.28 154	4.62 167	4.88 176
	益阳	3.57 129	4.52 163	5.07 183	5.47 197	5.77 208
	株洲	4.07 146	5.23 188	5.91 213	6.39 230	6.76 244
	衡阳	3.57 128	4.28 154	4.70 169	5.00 180	5.23 188
	娄底	3.53 127	4.29 155	4.74 170	5.05 182	5.29 191

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
湖南	醴陵	2.93 105	3.63 131	4.04 146	4.33 156	4.56 164
	冷水江	3.32 120	3.81 137	4.10 148	4.30 155	4.46 161
新疆	乌鲁木齐	0.39 14	0.49 18	0.54 20	0.58 21	0.62 22
	塔城	1.91 69	2.54 92	2.91 105	3.17 114	3.38 122
	乌苏	1.26 45	1.89 68	2.39 86	2.83 102	3.22 116
	石河子	0.81 29	1.62 58	2.44 88	3.27 118	4.10 148
	吐鲁番	0.73 26	0.90 32	1.00 36	1.08 39	1.14 41
四川	成都	3.07 111	3.49 126	3.68 132	3.79 137	3.87 139
	内江	3.20 115	3.88 140	4.27 154	4.54 163	4.76 171
	自贡	3.38 122	3.98 143	4.33 156	4.55 164	4.77 172
	泸州	2.44 88	2.86 103	3.10 112	3.27 118	3.40 122
	宜宾	3.32 120	3.82 138	4.04 145	4.16 150	4.24 153
	乐山	2.47 89	2.91 105	3.17 114	3.34 120	3.47 125
	雅安	3.21 116	3.82 138	4.18 150	4.43 159	4.62 166
	渡口	2.54 91	3.01 108	3.28 118	3.48 125	3.63 130
	南充	1.81 65	1.95 70	2.00 72	2.04 73	2.06 74
	广元	3.24 117	4.20 151	4.67 168	4.93 178	5.13 185
	遂宁	2.86 103	3.28 118	3.54 127	3.70 133	3.82 138
	简阳	2.55 92	3.04 109	3.37 121	3.54 127	3.70 133
	甘孜	0.64 23	0.80 29	0.89 32	0.96 34	1.00 36

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
贵州	贵阳	2.96 107	3.53 127	3.90 140	4.14 149	4.32 156
	桐梓	2.84 102	3.35 121	3.66 132	3.87 139	4.03 145
	毕节	2.69 97	3.06 110	3.30 119	3.44 124	3.58 129
	水城	1.76 64	2.55 92	3.01 108	3.33 120	3.59 129
	安顺	3.42 123	4.04 145	4.36 156	4.56 164	4.71 169
	罗甸	3.09 111	3.49 126	3.66 132	3.74 135	3.80 137
	榕江	3.26 117	3.79 137	4.07 147	4.25 153	4.38 158
	湄潭	2.91 105	3.37 121	3.63 131	3.84 138	3.98 143
	铜仁	3.36 121	4.06 146	4.50 162	4.76 172	4.86 175
云南	昆明	3.15 113	3.88 140	4.32 155	4.63 167	4.83 174
	丽江	1.54 55	1.98 71	2.24 81	2.42 87	2.57 92
	下关	1.96 71	2.57 93	2.93 106	3.19 115	3.38 122
	腾冲	2.41 87	2.98 107	3.27 118	3.47 125	3.62 130
	思茅	3.26 117	3.74 135	4.04 145	4.24 153	4.40 158
	昭通	2.36 85	2.72 98	2.92 105	3.05 110	3.15 113
	沾益	2.74 99	3.10 112	3.28 118	3.40 122	3.48 125
	开远	2.91 141	5.27 190	6.06 218	6.62 238	7.06 254
	广南	3.90 141	4.66 168	5.10 184	5.41 195	5.65 204
	临沧	2.80 101	3.19 115	3.40 123	3.53 127	3.63 131
	蒙自	2.29 82	3.02 109	3.44 124	3.75 135	3.98 143

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
云南	河口	3.70 133	4.11 148	4.42 159	4.60 166	4.73 170
	玉溪	3.41 123	4.73 170	5.50 198	6.05 218	6.48 233
	曲靖	2.30 83	3.18 114	3.96 133	4.05 146	4.34 156
	宜良	2.11 76	2.91 105	3.38 122	3.71 134	3.97 143
	东川	1.80 65	2.45 88	2.83 102	3.10 112	3.31 119
	楚雄	2.59 93	3.32 120	3.75 135	4.05 146	4.29 154
	会泽	1.79 64	2.29 83	2.59 93	2.80 101	2.96 107
	宣威	4.09 147	5.41 195	6.18 223	6.73 242	7.15 258
	大理	1.98 64	2.42 87	2.73 98	2.95 106	3.13 113
	保山	2.50 90	3.23 116	3.65 131	3.95 142	4.19 151
	个旧	1.96 70	2.62 94	3.00 108	3.28 118	3.49 126
	芒市	3.14 113	4.02 145	4.53 163	4.90 176	5.18 186
	陆良	2.46 89	3.41 123	3.97 143	4.36 157	4.67 168
	文山	1.48 53	1.95 70	2.22 80	2.42 87	2.57 93
	晋宁	2.21 79	3.10 111	3.62 130	3.99 144	4.28 154
	允景洪	2.48 89	3.20 115	3.62 130	3.92 141	4.15 149
青海	西宁	1.21 44	1.72 62	2.01 73	2.22 80	2.39 86
	同仁	0.81 29	1.10 40	1.28 46	1.40 50	1.49 54
西藏	拉萨	2.57 92	3.15 113	3.49 125	3.72 134	3.91 141
	林芝	2.70 97	3.17 114	3.51 126	3.75 135	3.94 142

续表

城镇名称		降雨强度 $\frac{q_5[L/(s\cdot 100m^2)]}{H(mm/h)}$				
		$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
西藏	日喀则	2.68 97	3.29 118	3.64 131	3.89 140	4.09 147
	那 曲	2.33 84	2.87 103	3.17 114	3.39 122	3.56 128
	泽 当	2.51 90	3.08 111	3.41 123	3.64 131	3.83 138
	昌 都	2.70 97	3.17 114	3.51 126	3.75 135	3.94 142

注：表中 P 为重现期(a)；q_5 为 5min 降雨强度；H 为小时降雨厚度，根据 q_5 值折算而来。

5.2.2 汇 水 面 积

(1) 屋面的汇水面积应按屋面的水平投影面积计算。

(2) 高出屋面的侧墙的汇水面积计算：

1) 一面侧墙，按侧墙面积 50% 折算成汇水面积。

2) 两面相邻侧墙，按两面侧墙面积的平方和的平方根 $\sqrt{a^2+b^2}$ 的 50% 折算成汇水面积。

3) 两面相对等高侧墙，可不计汇水面积。

4) 两面相对不同高度的侧墙，按高出低墙上面面积的 50% 折算成汇水面积。

5) 三面侧墙，按最低墙顶以下的中间墙面积的 50%，加上最低墙的墙顶以上墙面面积值，按 2)或 4)折算的汇水面积。

6) 四面侧墙，最低墙顶以下的面积不计入，最低墙顶以上的面积，按 1)或 2)、4)、5)折算的汇水面积。

(3) 排入雨水管中的生产废水量如超过雨水量的 5%时，应计入雨水设计流量中。一般可将其换算成当量汇水面积，按式(5-2)计算：

$$F_e = KQ_w \quad (m^2) \tag{5-2}$$

式中 F_e——当量汇水面积(m^2)；

Q_w——生产废水流量(L/s)；

K——换算系数[(m^2·s)/L]，参看表 5-8。

降雨强度与系数 K 的关系　　表 5-8

小时降雨厚度 (mm/h)	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
系数 K 值	72	60	51.4	45	40	36	32.7	30	25.7	22.5	20	18

注：降雨强度介于表中两数之间时，K 值按内插法确定。

5.2.3 雨水流量计算

(1) 屋面雨水流量：其流量应根据一定重现期的降雨强度 H、屋面汇水面积 F_w、及屋面情况按式(5-3)～式(5-5)计算：

$$q_y = K_1 \frac{F_w H}{3600} \quad (L/s) \tag{5-3}$$

或
$$q_y = K_1 \frac{F_w q_5}{100} \quad (L/s) \tag{5-4}$$
$$F_w = BL \quad (m^2) \tag{5-5}$$

式中 q_y——屋面雨水流量(L/s)；

F_w——屋面汇水面积(m^2)；

L——汇水面的长度(m)；

B——汇水面的宽度(m)；

H、q_5——同前；

K_1——考虑重现期为一年和屋面蓄积能力的系数。

平屋面(坡度小于2.5%)$K_1=1$

斜屋面(坡度等于及大于2.5%)$K_1=1.5\sim2.0$

(2) 溢流口排水量：其流量按式(5-6)计算：
$$q_{YL} = mb\sqrt{2g}H_1^{3/2} \quad (L/s) \tag{5-6}$$

式中 q_{YL}——溢流口的排水量(L/s)；

H_1——口前堰上水头(m)；

b——溢流口宽度(m)；

m——流量系数，一般可采用320。

5.3 雨水系统水力计算

5.3.1 雨水外排水系统水力计算

(1) 计算方法：计算的目的是在已知屋面需要排泄的雨量及可能敷设的天沟坡度下，确定天沟断面积、雨水斗和立管的管径。

1) 天沟内水流速度采用满宁公式，按式(5-7)计算：
$$v = \frac{1}{n}R^{2/3}i^{1/2} \quad (m/s) \tag{5-7}$$

式中 v——天沟内水流速度(m/s)；

R——水力半径(m)；

i——天沟坡度；

n——天沟的粗糙度。各种材料的 n 值，见表5-9。

各种材料的 n 值　　表5-9

壁面材料的种类	n 值
钢管、石棉水泥管、水泥砂浆光滑水槽	0.012
铸铁管、陶土管、水泥砂浆抹面混凝土槽	0.012～0.013
混凝土及钢筋混凝土槽	0.013～0.014
无抹面的混凝土槽	0.014～0.017
喷浆护面的混凝土槽	0.016～0.021
表面不整齐的混凝土槽	0.020
豆砂沥青玛琋脂护面的混凝土槽	0.025

2) 天沟过水断面积,按式(5-8)计算:

$$\omega = \frac{q_y}{1000v} \quad (m^2) \tag{5-8}$$

式中 ω——天沟过水断面积(m^2);

v、q_y——同前。

可能采用的断面形式有:

① 矩形: $\omega = bH_0$

② 梯形: $\omega = \frac{1}{2}(a+b)H_0$

③ 三角形: $\omega = \frac{1}{2}bH_0$

式中 b——底宽(m);

a——上口宽(m);

H_0——水流深度(m)。

④ 半圆形: $\omega = \frac{1}{8}\pi d^2$

⑤ 弓形: $\omega = \frac{1}{2}r^2\left(\frac{a\pi}{180} - \sin\alpha\right) = \frac{r(s-b)+bh}{2}$

式中 b——上口宽(m);

h——水深(m);

r——半径(m);

α——夹角(°);

s——弧长(m)。

天沟实际断面应另增加保护高度 50~100mm,天沟起端深度不宜小于 80mm。

(2) 计算步骤:

1) 计算天沟排水量 q_y。

2) 确定天沟排水断面积 ω。

3) 选择雨水斗型式和直径。

4) 确定立管的管径。

5) 溢流口的计算。

5.3.2 雨水内排水系统水力计算

雨水内排水系统的计算包括雨水斗、连接管、悬吊管、立管、排出管和埋地管等的选择、计算。

(1) 基本参数:

1) 雨水管道的最小管径、最小坡度,见图 5-9。

2) 雨水管道的充满度,见表 5-10。

(2) 水力计算方法:

1) 雨水斗:雨水斗的泄流量 q_d,按式(5-9)计算:

$$q_d = K_1 \frac{F_d H}{3600} \quad (L/s) \tag{5-9}$$

雨水悬吊管和埋地管的最大计算充满度　　表 5-10

管道名称	管径	最大计算充满度
悬吊管		0.80
密封系统的埋地管		1.00
敞开系统的埋地管	≤300	0.50
	350～450	0.65
	≥500	0.80

或
$$F_d=\frac{3600q_d}{K_1H}\quad(m^2)$$

式中 q_d——雨水斗的泄流量(L/s)；

F_d——雨水斗的汇水面积(m^2)；

H——小时降雨厚度(mm/h)；

K_1——屋面蓄积能力系数，

平屋面(坡度<2.5%)：$K_1=1$；

斜屋面(坡度≥2.5%)：$K_1=1.5\sim2.0$。

根据式(5-9)对于不同的降雨强度和雨水斗，计算出单斗的最大汇水面积，见表 5-11；多斗的最大汇水面积，见表 5-12。两表的 K_1 值均采用 1(坡度小于 2.5%的平屋面)。由两个表比较看，可知多斗系统每个斗的汇水面积比单斗系统约减小 20%。

单斗系统一个斗的最大允许汇水面积(m^2)　　表 5-11

雨水斗形式	雨水斗直径(mm)	降雨厚度(mm/h)											
		50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
79 型	75	684	570	489	428	380	342	311	285	244	214	190	171
	100	1116	930	797	698	620	558	507	465	399	349	310	279
	150	2268	1890	1620	1418	1260	1134	1031	945	810	709	630	567
	200	3708	3090	2647	2318	2060	1854	1685	1545	1324	1159	1030	927
65 型	100	1116	930	797	698	620	558	507	465	399	349	310	279

多斗系统一个斗的最大允许汇水面积(m^2)　　表 5-12

雨水斗形式	雨水斗直径(mm)	降雨厚度(mm/h)											
		50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
79 型	75	569	474	406	356	316	284	259	237	203	178	158	142
	100	929	774	663	581	516	464	422	387	332	290	258	232
	150	1865	1554	1331	1166	1036	932	847	777	666	583	518	466
	200	2822	2352	2016	1764	1568	1411	1283	1176	1008	882	784	706
65 型	100	929	774	663	581	516	464	422	387	332	290	258	232

2) 连接管：一般情况下，一根连接管上接一个雨水斗，因此连接管的管径不必计算，可采用与雨水斗出口直径相同。但有时遇到屋面结构是并行双天沟时，则一根连接管上要接

连二个雨水斗。此时连接管管径需要计算。其排水能力与立管相同，可参照表 5-2 选取。

3）悬吊管：悬吊管的排水流量与连接雨水斗的数量和雨水斗至立管的距离有关。连接雨水斗数量多，则水中掺气量大，水流阻力大；雨水斗至立管远，则水流阻力大，所以悬吊管的排水流量小。一般单斗系统的泄水能力，可比同样情况下的多斗系统增大 20%左右。

多斗悬吊管的最大允许汇水面积，见表 5-13。表中数值是按照小时降雨厚度 100mm/h，管道中过水充满度 0.8，管内壁粗糙系数 $n=0.013$ 计算的。如果设计小时降雨厚度与此不同，则应将屋面汇水面积换算成相当 100mm/h 的汇水面积，然后再查用表5-13，确定所需管径。

多斗悬吊管最大允许汇水面积(m^2)　　表 5-13

管径 d(mm) / 坡　度	75	100	150	200	250	300
0.005	60	129	379	817	1480	2408
0.006	65	141	415	896	1621	2638
0.007	71	152	449	967	1751	2849
0.008	75	163	480	1034	1872	3046
0.009	80	172	509	1097	1986	3231
0.010	84	182	536	1156	2093	3406
0.012	92	199	587	1266	2293	3731
0.014	100	215	634	1368	2477	4030
0.016	107	230	678	1462	2648	4308
0.018	113	244	719	1551	2800	4569
0.020	119	257	758	1635	2960	4816
0.022	125	270	795	1715	3105	5052
0.024	131	281	831	1791	3243	5276
0.026	136	293	865	1864	3375	5492
0.028	141	304	897	1935	3503	5699
0.030	146	315	929	2002	3626	5899

例如，当地的暴雨强度按 5min 降雨历时，1a 重现期计算，其降雨厚度为 H(mm/h)时，则其换算系数为

$$k=\frac{H}{100}=0.01H \tag{5-10}$$

换算成降雨厚度为 100mm/h 时的汇水面积为

$$F_{100}=kFH$$

式中　F——降雨厚度为 H 时的汇水面积。

$F_{100}=F_H\times 0.01H=0.01F_HH(m^2)$

因单斗架空系统的悬吊管泄水能力，可较多斗悬吊管增大 20%。因此，单斗的 $F_{100}=1.2\times 0.01F_HH(m^2)$。

4）立管：掺气水流通过悬吊管流入立管形成极为复杂的流态，使立管上部为负压，下部为正压，因面立管处于压力流状态，其泄水能力较大。但考虑到降雨过程中，常有可能超过

设计重现期及水流掺气占有一定的管道容积，泄流能力必需留有一定的余量，以保证运行安全。不同管径的立管最大允许汇水面积，见表 5-14。

立管最大允许汇水面积和排水流量　　表 5-14

管径(mm)	75	100	150	200	250	300
汇水面积(m^2)	360	680	1510	2700	4300	6100
排水流量(L/s)	10	19	42	75	120	170

注：本表是根据降雨强度 100mm/h 计算的，如为其它强度时，应换算为相当于 100mm/h 的汇水面积和排水流量后，再查用本表。

表 5-14 是按照降雨厚度 100mm/h 列出的最大允许汇水面积。如设计降雨厚度不同，则可用换算系数 k 换算成相当于 100mm/h 的汇水面积，再按上表确定其立管管径。

5) 排出管：排出管的管径一般采用与立管管径相同，不必另行计算。如果加大一号管径，可以改善管道排水的水力条件，减少水头损失增加立管的泄水能力，对整个架空管系排水有利。

为了改善埋地管中水力条件，减小水流掺气，可在埋地管起端几个检查井的排出管上，设放气井，散放水中分离的空气，稳定水流，对防止冒水有一定作用。

6) 埋地管：埋地管按重力流计算，根据降雨强度 100mm/h 和表 5-10 规定的充满度，制成表 5-15 埋地管最大允许汇水面积，供设计选用。

埋地管最大允许汇水面积(m^2)　　表 5-15

充满度 / 管径(mm) / 水力坡度	0.50						0.65			0.80	
	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
0.0010	13	27	81	174	315	512	1165	1663	2277	3902	6346
0.0015	15	33	98	212	385	626	1427	2037	2789	4779	7772
0.0020	18	39	114	245	445	723	1648	2352	3220	5519	8974
0.0025	20	43	127	274	497	809	1842	2630	3600	6170	10034
0.0030	22	47	140	300	545	886	2018	2881	3944	6759	10991
0.0035	24	51	150	325	588	957	2180	3112	4260	7300	11872
0.0040	25	55	161	345	629	1023	2330	3327	4554	7805	12692
0.0045	27	57	171	368	667	1085	2471	3529	4830	8298	13461
0.0050	28	61	180	388	703	1144	2605	3719	5092	8726	14190
0.0055	30	64	189	407	738	1200	2732	3900	5340	9152	14882
0.0060	31	67	197	423	771	1253	2854	4074	5578	9559	15544
0.0065	32	69	205	442	802	1304	2970	4241	5809	9949	16178
0.0070	33	72	213	459	832	1353	3084	4401	6025	10325	16789
0.0075	35	74	220	475	861	1400	3190	4555	6236	10687	17379
0.0080	36	77	228	491	890	1447	3295	4705	6441	11038	17949
0.0085	37	79	235	506	917	1491	3397	4850	6639	11377	18501
0.0090	38	82	242	520	944	1535	3495	4990	6832	11707	19037
0.010	40	86	255	549	995	1618	3684	5260	7201	12341	20067
0.011	42	91	267	575	1043	1697	3964	5517	7553	12943	21047

续表

充满度 / 管径(mm) / 水力坡度	0.50						0.65			0.80	
	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
0.012	44	95	279	601	1090	1772	4036	5762	7888	13519	21983
0.013	46	99	290	626	1134	1844	4200	5997	8210	14070	22880
0.014	47	102	301	649	1177	1914	4359	6224	8520	14602	23744
0.015	49	106	312	672	1218	1981	4512	6442	8820	15114	24577
0.016	51	109	322	694	1258	2046	4660	6654	9109	15610	25383
0.017	52	113	332	715	1297	2109	4804	6858	9389	16090	26164
0.018	54	116	342	736	1335	2170	4943	7057	9661	16557	26923
0.019	55	119	351	756	1371	2230	5078	7250	9926	17010	27661
0.020	57	122	360	776	1407	2288	5210	7439	10184	17452	28379
0.021	58	125	369	795	1442	2344	5339	7623	10435	17883	29080
0.022	59	128	378	814	1475	2399	5465	7802	10681	18304	29765
0.023	61	131	386	832	1509	2453	5587	7977	10921	18715	30433
0.024	62	134	395	850	1541	2506	5708	8149	11156	19118	31088
0.025	63	137	403	867	1573	2558	5825	8317	11386	19512	31729
0.026	64	139	411	885	1604	2608	5941	8482	11611	19900	32357
0.027	66	142	419	902	1635	2658	6054	8643	11833	20278	32974
0.028	67	145	426	918	1665	2707	6165	8802	12050	20650	33579
0.029	68	147	434	934	1694	2755	6274	8958	12263	21015	34173
0.030	69	150	441	950	1723	2802	6381	9111	12473	21375	34757
0.031	70	152	449	966	1751	2848	6487	9261	12679	21728	35332
0.032	72	155	456	981	1779	2894	6591	9410	12882	22076	35897
0.033	73	157	463	997	1807	2938	6693	9555	13081	22418	36454
0.034	74	159	470	1012	1834	2983	6793	9699	13278	22755	37002
0.035	75	162	477	1026	1861	3026	6893	9841	13472	23087	37542
0.036	76	164	483	1040	1887	3069	6990	9980	13663	23415	38075
0.037	77	166	490	1055	1913	3111	7087	10118	13852	23738	38600
0.038	78	168	497	1070	1939	3153	7182	10254	14038	24056	39118
0.039	79	171	503	1083	1965	3195	7276	10388	14221	24370	39630
0.040	80	173	510	1097	1990	3235	7368	10520	14402	24681	40134
0.042	82	177	522	1124	2039	3315	7550	10780	14758	25291	41126
0.044	84	181	534	1151	2087	3393	7728	11034	15105	25886	42093
0.046	86	185	546	1177	2133	3470	7902	11282	15445	26468	43039
0.048	88	189	558	1202	2179	3544	8072	11524	15777	27037	43965
0.050	90	193	570	1227	2224	3617	8238	11762	16102	27594	44872
0.055	94	202	597	1287	2333	3793	8640	12336	16888	28941	47062
0.060	98	212	624	1344	2437	3962	9024	12884	17639	30228	49154
0.065	102	220	650	1399	2536	4124	9393	13410	18359	31462	51161
0.070	106	228	674	1451	2632	4280	9747	13917	19052	32650	53093
0.075	110	236	698	1502	2724	4430	10090	14405	19721	33796	54956
0.080	113	244	720	1552	2813	4575	10420	14878	20368	34904	56758

注：本表降雨强度按 100mm/h 计算，管道粗糙系数取 0.014。

当埋地管为满流时，根据降雨强度为 100mm/h，制成表 5-16 埋地管满流时最大允许汇水面积。

埋地管满流时最大允许汇水面积(m^2)　　**表 5-16**

管径(mm) / 水力坡度	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
0.0010	55	161	347	629	1022	1542	2202	3014	3992	6491
0.0015	66	197	425	770	1252	1888	2696	3691	4889	7949
0.0020	77	228	490	889	1446	2181	3113	4262	5645	9179
0.0025	86	254	548	994	1616	2438	3481	4765	6311	10263
0.0030	95	279	601	1089	1771	2671	3813	5220	6914	11242
0.0035	102	301	648	1176	1912	2885	4118	5638	7467	12143
0.0040	109	322	693	1257	2044	3084	4403	6028	7983	12981
0.0045	116	342	735	1333	2168	3271	4670	6393	8467	13769
0.0050	122	360	775	1406	2286	3448	4923	6739	8925	14514
0.0055	128	377	813	1474	2397	3616	5163	7068	9361	15222
0.0060	134	394	849	1540	2504	3777	5393	7382	9777	15899
0.0065	139	410	884	1603	2606	3931	5613	7684	10176	16548
0.0070	144	426	917	1663	2705	4080	5825	7974	10561	17173
0.0075	149	441	949	1721	2799	4223	6029	8354	10931	17775
0.0080	154	455	981	1778	2891	4361	6227	8525	11290	18359
0.0085	159	469	1011	1833	2980	4495	6418	8787	11637	18923
0.0090	164	483	1040	1886	3067	4626	6605	9042	11975	19472
0.010	173	509	1096	1988	3233	4876	6962	9531	12623	20526
0.011	181	534	1150	2085	3390	5114	7302	9996	13239	21527
0.012	189	558	1201	2178	3541	5341	7626	10440	13827	22485
0.013	197	580	1250	2267	3686	5560	7938	10867	14392	23403
0.014	204	602	1297	2352	3825	5769	8237	11277	14935	24286
0.015	211	624	1343	2435	3959	5972	8526	11673	15495	25139
0.016	218	644	1387	2515	4089	6168	8806	12055	15966	25963
0.017	225	664	1430	2592	4215	6358	9077	12426	16458	26762
0.018	232	683	1471	2669	4337	6542	9340	12787	16935	27538
0.019	238	702	1511	2740	4456	6721	9596	13137	17399	28292
0.020	244	720	1551	2811	4572	6896	9845	13478	17851	29027
0.021	250	738	1589	2881	4684	7066	10089	13811	18292	29744
0.022	256	755	1626	2949	4795	7232	10326	14136	18722	30444
0.023	262	772	1663	3015	4902	7395	10558	14454	19143	31128
0.024	267	789	1699	3080	5008	7554	10785	14765	19555	31798
0.025	273	805	1734	3143	5112	7710	11008	15069	19958	32454
0.026	278	821	1768	3205	5212	7862	11225	15368	20353	33096
0.027	284	837	1802	3266	5312	8012	11439	15661	20741	33727
0.028	289	852	1835	3326	5409	8159	11649	19948	21121	34346
0.029	294	867	1867	3385	5505	8304	11855	16230	21495	34954
0.030	299	882	1899	3443	5599	8446	12058	16508	21863	35551

续表

管径(mm) / 水力坡度	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
0.031	304	896	1930	3500	5692	8585	12257	16780	22224	36139
0.032	309	911	1961	3556	5783	8723	12454	17049	22580	36717
0.033	314	925	1991	3611	5872	8858	12647	17313	22930	37286
0.034	318	939	2022	3666	5961	8991	12837	17574	23275	37847
0.035	323	952	2051	3719	6048	9122	13024	17830	23615	38400
0.036	328	966	2080	3772	6133	9251	13209	18083	23950	38944
0.037	332	979	2109	3824	6218	9379	13391	18333	24280	39482
0.038	336	992	2137	3875	6301	9505	13571	18579	24606	40012
0.039	340	1005	2165	3926	6384	9630	13748	18822	24927	40535
0.040	345	1018	2193	3976	6465	9752	13924	19061	25245	41051
0.042	353	1043	2245	4074	6625	9993	14267	19532	25868	42065
0.044	362	1068	2300	4170	6781	10228	14603	19992	26477	43055
0.046	370	1092	2352	4264	6933	10458	14931	20441	27072	44022
0.048	378	1115	2402	4355	7082	10683	15252	20881	27655	44969
0.050	386	1138	2451	4445	7228	10903	15567	21311	28225	45896
0.055	405	1194	2571	4662	7581	11435	16327	22351	29602	48136
0.060	423	1247	2685	4869	7918	11944	17053	23345	30919	50277
0.065	440	1298	2795	5068	8241	12432	17749	24298	32181	52330
0.070	457	1347	2900	5259	8552	12900	18419	25216	33396	54305
0.075	473	1394	3003	5444	8853	13354	19065	26100	34568	56211
0.080	488	1440	3101	5622	9143	13792	19691	26957	35702	58055

注：本表是根据降雨强度为 100mm/h 计算的，管道的粗糙度取 0.014。

(3) UPVC 雨水管的水力计算：

雨水悬吊管及雨水埋地管的水力计算，见表 5-17。

UPVC 雨水管水力计算 **表 5-17**

类 别	充满度	*DN* (mm)	壁厚 (mm)	内径 (mm)	比阻 1000A	系数 K_c	Q_{min} (L/s)	Q_1 (L/s)	Q_{max} (L/s)
雨水悬吊	0.8	110	3.2	103.6	0.1557	0.1383	4.007	7.231	19.63
		160	4.0	152	0.02015	0.06426	7.045	15.56	54.57
雨水埋地	1.0	110	3.2	103.6	0.1487	0.1186	4.100	8.432	20.09
		160	4.0	152	0.01925	0.05511	7.207	18.15	55.83
		200	5.0	190	0.005856	0.03527	13.07	28.35	101.2
		225	5.0	215	0.003029	0.02754	18.17	36.31	140.7
		250	5.0	240	0.001685	0.02210	24.36	45.25	188.7
		280	6.3	267.4	0.0009464	0.01781	32.51	56.15	25.18
		315	6.3	302.4	0.0004911	0.01392	45.12	71.84	349.5

表中 A 为比阻，K_c 为流速系数，Q_{min}是最小坡度时的流量(L/s)，Q_{max}是坡度 0.06 时的流量(L/s)，Q_1 是管内流速为 1m/s 时的流量(L/s)。在某一确定流量 Q(L/s)时，可根据管道类别、充满度要求及管径情况，查出相应的 $1000A$ 和 K_c 值，利用 $i=AQ^2$ 和 $v=K_cQ$ 公式算出水力坡降 I 和流速 v(m/s)值。

5.3.3 示　例

5.3.3.1 雨水外排水系统计算示例

【例】 已知天津某厂金工车间的全长为 144m，跨度为 18m；利用拱形屋架及大型屋面板所形成的矩形凹槽作为天沟，天沟槽的宽度为 0.65m，天沟深度为 0.30m；积水深度为 0.15m；天沟的坡度为 0.006；天沟表面铺以绿豆砂，其粗糙度 n 为 0.025。天沟的布置见图 5-13。要求计算天沟的排水量是否满足要求、选用适宜的雨水斗、确定立管的直径和溢流口的泄流量。

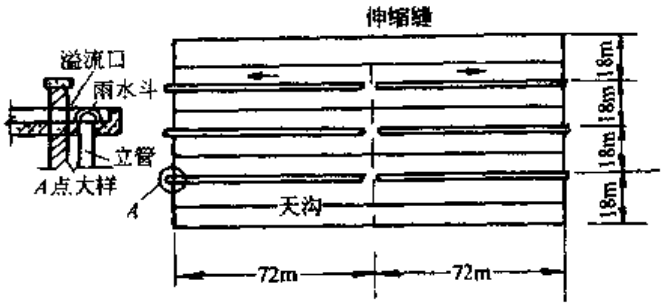


图 5-13　屋面天沟布置图

【解】

(1) 雨量计算：当 $P=1a$ 时，查表 5-7 求得 q_5 为 2.77L/(s·100m²)。

由于天沟较长须向两端排水。

天沟的汇水面积为

$$F_w=144\times18\div2$$

$$=1296m^2$$

$$q_y=K_1F_wq_5\times10^{-2}=1.5\times1296\times2.77\times10^{-2}$$

$$=53.8L/s$$

(2) 天沟计算：

1) 天沟的断面积：

$$\omega=bH_0=0.65\times0.15=0.0975m^2$$

2) 天沟的水流速度：

$$v=\frac{1}{n}R^{2/3}I^{1/2}$$

$$R=\frac{\omega}{C}=\frac{bH_0}{b+2H_0}=\frac{0.0975}{0.95}=0.103m$$

以 $I=0.006$，$n=0.025$，代入上式为

$$v=\frac{1}{0.025}(0.103)^{2/3}(0.006)^{1/2}$$
$$\doteq 0.68\text{m/s}$$

3) 天沟的排水量：

$$Q_1=0.0975\times 0.68=0.066\text{m}^3/\text{s}$$
$$=66\text{L/s}$$

天沟排水量为66L/s>天沟所负担的雨水量53.8L/s，因此天沟断面积可以满足要求。

天沟长度核算：当重现期为1a时，允许的汇水面积为

$$F_w=\frac{Q_1}{q_5}=\frac{66\times 100}{2.77}=2383\text{m}^2>1296\text{m}^2$$

允许天沟流水长度为

$$L=\frac{2383}{18}=132\text{m}>72\text{m}$$

由以上天沟长度的核算说明设计的天沟是安全可用的。

(3) 雨水斗的选用：雨水斗需依据小时降雨厚度 H 和允许汇水面积选定。本题的暴雨强度2.77L/(s·100m²)相当于100mm/h。当屋面的汇水面积为 $18\times\frac{144}{2}=1296\text{m}^2$，查表5-11单斗系统允许汇水面积表，采用直径200mm的79型雨水斗，其允许汇水面积为1854m²，可满足1296m²的要求。

(4) 雨水立管选择：查表5-14，如立管采用直径为200mm时，则允许的排水量为75L/s，能满足重现期1a的暴雨流量53.8L/s的排除要求。

(5) 溢流口计算：在天沟末端山墙上开一个溢流口，口宽采用0.65m，堰上水头如为0.15m，由溢流口排水流量公式5-6及流量系数 $m=320$ 进行计算：

$$q_{yL}=mb\sqrt{2g}H_1^{3/2}$$
$$=320\times 0.65\sqrt{2\times 9.81}\times(0.15)^{3/2}$$
$$=53.5\text{L/s}=53.8\text{L/s}$$

在雨水斗或立管被全部堵塞时，可基本满足溢流要求，不会造成屋顶淹水现象。

5.3.3.2 雨水内排水系统计算示例

【例1】 某厂房的屋面天沟每段汇水面积为18m×24m=432m²，采用内排水系统，管道系统见图5-14。当地的降雨强度为 $q_5=3.31\text{L/(s}\cdot 100\text{m}^2)$。要求计算雨水管道系统。

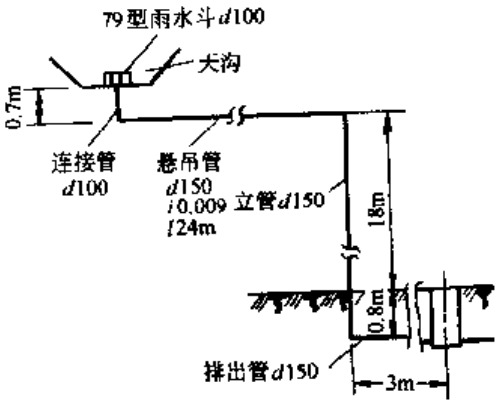


图5-14 雨水管系统

【解】

(1) 小时降雨厚度：

$$H=36q_5=36\times 3.31$$
$$=119.2\text{mm/h}$$

(2) 雨水斗：当 H 为119.1(近似按120)mm/h时，查表5-11得知79型或65型雨水斗直径为100mm时，其最大允许汇水面积为

465m²，大于实际汇水面积 432m²，所以该雨水斗可满足泄流要求。

(3) 连接管：连接管采用与雨水斗同径即 d100mm。

(4) 悬吊管：将屋顶汇水面积换算为相当 H 为 100mm/h 时的汇水面积：

$$k=\frac{119.2}{100}=1.192$$

$$F_{100}=1.192\times 432=515\text{m}^2$$

由于单斗系统较多斗系统的泄水能力大 20%，因此计算的 515m² 的汇水面积，相当于 515÷1.2=429m² 的多斗悬吊管的汇水面积，再查表 5-13 得在坡度为 0.007 及悬吊管径 d 为 150mm 时，最大允许汇水面积为 449m² 大于 429m²。所以选用 d150mm，I 为 0.007 的悬吊管是适宜的。

(5) 立管：确定立管管径查表 5-14，当直径为 100mm 时，最大允许汇水面积为 680m²，大于实际面积 515m²，可以满足排水要求。但《建筑给水排水设计规范》规定：立管管径应不小于悬吊管管径，所以立管的管径仍选用 d150mm。

(6) 排出管：排出管管径应不小于立管的管径，因此排出管管径采用 d150mm。

(7) 埋地管：埋地管最小管径为 200mm。查表 5-15 得知 d200mm，I0.009 时，埋地管的最大允许汇水面积为 520m² 大于 515m²，可以满足排水要求。如室外雨水道埋设较浅，埋地管坡度 0.009 嫌大，室内外管连接有困难时，也可以放大埋地管管径为 d250mm，坡度可以降低到 0.003，此时最大允许排水面积为 545m²，这样可以提高埋地管出口埋深。

【例 2】 已知广东深圳某厂房室内雨水排水系统的设置，见图 5-15。要求计算雨水内排水系统。

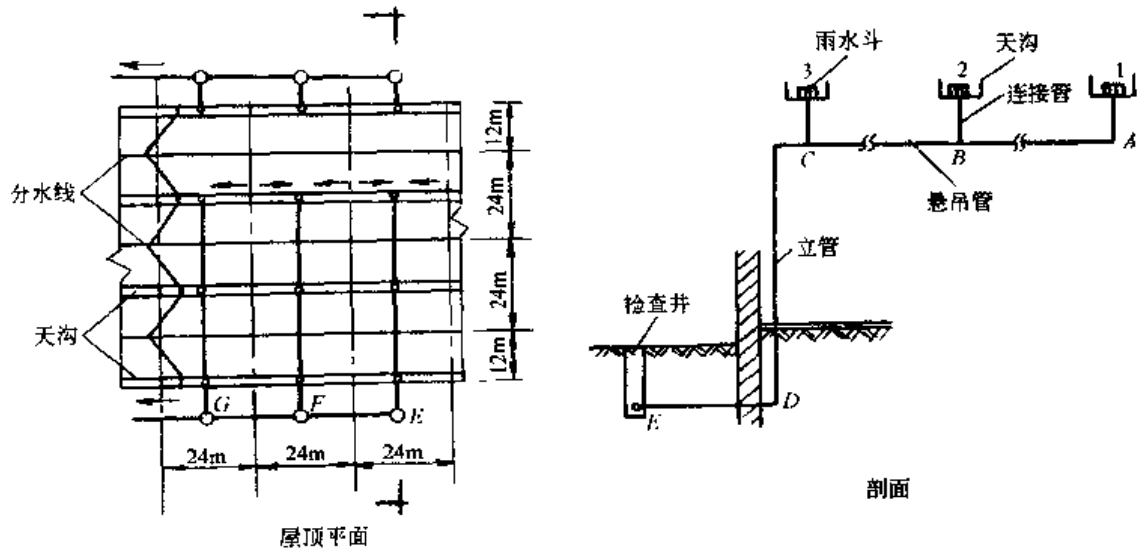


图 5-15　雨水管系统布置

【解】 (1) 降雨强度：查表 5-7，深圳的 1a 重限期，历时 5min 的降雨强度：

$$q_5=4.78\text{L/(s}\cdot 100\text{m}^2)$$

或

$$H=172\text{mm/h}$$

(2) 雨水斗：设天沟水深为 0.08m，1、2 号雨水斗的汇水面积均为 24×24=576m²，3 号

雨水斗的汇水面积为 $12\times24=288m^2$。

查表 5-12，当 H 为 180mm/h，采用 79 型雨水斗，直径为 200mm 时，最大汇水面积为 $784m^2$，能够满足泄水要求，所以 1、2 号雨水斗选用 $d_1=d_2=200mm$ 的 79 型雨水斗；3 号雨水斗则选用 79 型，d 为 150mm，其最大允许泄水面积为 $518m^2$，大于 $288m^2$，能满足排水需要。

(3) 连接管：连接管选用与雨水斗相同的管径，即 1、2 号雨水斗的连接管 $d_{1\text{-}A}$ 和 $d_{2\text{-}B}$ 均采用 200mm，3 号雨水斗的连接管 $d_{3\text{-}C}$ 采用 150mm。

(4) 悬吊管：先将各段悬吊管负担的汇水面积换算成 $H=100mm/h$ 的汇水面积，求降雨强度的换算系数：

$$k=\frac{172}{100}=1.72$$

$$F_{A\text{-}B}=576\times1.72=991m^2$$

故

$$F_{B\text{-}C}=2\times991=1982m^2$$

查表 5-13，当 $i=0.008$，直径为 200mm 时，悬吊管最大允许泄水面积为 $1034m^2$ 大于 $991m^2$，所以 $DN_{A\text{-}B}$ 选用 200mm，i 为 0.008；悬吊管 $B\text{-}C$ 段负荷的汇水面积较大，当直径为 250mm，i 为 0.009 时，其最大允许汇水面积为 $1986m^2$，大于 $1982m^2$，所以 $d_{B\text{-}C}$ 选用 250mm，i 为 0.009。

(5) 立管：3 号雨水斗的汇水面积换算为 100mm/h 的汇水面积为

$$F_3=288\times1.72=495m^2$$

立管负担总汇水面积为

$$F_{C\text{-}D}=1982+495=2477m^2$$

查表 5-14，当立管直径为 200mm，其最大汇水面积为 $2700m^2$，可以满足排水要求，按规范规定立管管径不得小于悬吊管管径，因此立管仍要选用与悬吊管相同的管径 $d_{C\text{-}D}$ 为 250mm。

(6) 排出管：排出管管径选用 $d_{D\text{-}E}$ 为 250mm。

(7) 埋地管：检查井 E、F 间的埋地管，承受立管 $C\text{-}D$ 的汇水面积即 $2477m^2$，查表5-15，当直径为 350mm，i 为 0.005 时，埋地管 EF 段所负担的泄水面积可达到 $2605m^2$，可以满足排水要求，此时管内充满度为 0.65。

埋地管 $F\text{-}G$ 段所承担的汇水面积为 2 倍的埋地管 EF 段的汇水面积即：

$$F_{F\text{-}G}=2\times2477=4954m^2$$

从表 5-15 得知直径为 450mm，i 为 0.005 时，能承受的汇水面积为 $5092m^2$，大于 $4954m^2$。所以 $F\text{-}G$ 段管径 DN 采用 450mm，坡度为 0.005，此时充满度为 0.65。

G 点以后的埋地管段，其承担的汇水面积为 $3\times2477=7431m^2$

从表 5-15 中查出：当直径为 500mm，i 为 0.004 时，能负担的汇水面积为 $7805m^2$，大于实际汇水面积 $7431m^2$。因此，G 点以后埋地管段选用直径为 500mm，i 为 0.004，此时管内充满度为 0.80。

6 建 筑 中 水

6.1 适用范围及设计规模

建筑中水(以下简称中水)主要是指生活污废水经过适当处理后达到规定的水质标准,可以在一定范围内重复使用的非饮用的杂用水。中水利用是节约水资源、减少排污、防治污染、保护环境的有效途径之一。因此中水工程特别适用于缺水或严重缺水的地区。由于我国地域广阔、水资源分布不均,地区之间差别很大,故国内对于中水系统的设置尚没有统一规定,仅在个别省市对于中水系统设置制定了一些地方性政策和规定。如北京市人民政府(1987)60号文件发布的《北京市中水设施建设管理试行办法》,其第三条规定:凡在本市行政区域内新建下列工程,应按规定配套建设中水设施:

(1) 建筑面积2万 m^2 以上的旅馆、饭店、公寓等。

(2) 建筑面积3万 m^2 以上的机关、科研单位、大专院校和大型文化体育等建筑。

(3) 按规划应配套建设中水设施的住宅小区、集中建设区等。

现有建筑属于上述(1)、(2)项规定范围内的可根据条件逐步配建中水设施。深圳市人民政府对中水设施也有具体规定,与北京市规定的区别在于与日用水量联系起来,规定日用水量超过 $250m^3$ 是设置中水条件之一,需建中水设施的机关科研单位等建筑面积扩大到4万 m^2 以上。

中水系统设计规模可以分为城市集中处理、小区相对集中处理和建筑物分散处理等三种。城市集中处理方式适用于严重缺水城市,由于其处理规模大、投资高、系统复杂,一般很难实现,在我国目前尚无应用实例。相对集中处理和分散处理由于其处理规模较小,投资相对较少,系统建设无论是新建还是改造均不太复杂,建设难度不大,故其适用范围较广,在国内缺水城市应用较为普遍。

6.2 中水水源及其水量、水质

6.2.1 中 水 水 源

中水水源的选择是中水工程设计中的一个关键问题,一般应根据下述要求选用:

(1) 中水水源选择应根据原水水质、水量、排水状况和中水回用的水质水量来确定。例如原水和回用水的水量不仅要平衡,原水还应有10%～15%的余量;原水水源要求供水可靠;原水水质经适当处理后能达到回用水的水质标准等。

(2) 中水水源一般为生活废水、生活污水、冷却水等。医院污水(尤其是传染病和结核病医院的污水)、生产污水等由于含有多种病菌病毒或其它有毒有害杂质,成分较为复杂,不宜做为中水水源。

(3) 中水水源按污染程度不等一般分为下述六种类型。选择中水水源时可以根据处理难易程度和水量大小按照下列顺序进行排列:

1) 冷却水。

2) 沐浴排水。

3) 盥洗排水。

4) 洗衣排水。

5) 厨房排水。

6) 厕所排水。

实际中水水源一般不是单一水源,多为上述六种原水的组合。一般可以分成下列三种组合:

1) 盥洗排水和沐浴排水(有时也包括冷却水)组合。该组合称为优质杂排水,为中水水源水质最好者,应优先选用。

2) 盥洗排水、沐浴排水和厨房排水组合。该组合称为杂排水,比 1)组合水质差一些。

3) 生活污水,即所有生活排水之总称。这种水质最差。

6.2.2 原 水 水 量

中水水源的水量一般没有准确统计资料,很难根据原水排水量直接确定中水水源水量。目前设计中,大多根据建筑中作为中水水源的给水量的 80%～90%作为计算水量。

建筑的给水量随着使用类型的不同而有所差别,当没有准确资料时,可以按照人均用水量标准计算。表 6-1 中列出不同类型建筑中不同用途的人均给水量及占总水量的百分率,可作为设计参数。

各类建筑生活给水量及占总用水量的百分率 表 6-1

类别	住宅		宾馆、饭店		办公楼		附注
	水量[L/(人·d)]	%	水量[L/(人·d)]	%	水量[L/(人·d)]	%	
厕所	40～60	31～32	50～80	13～19	15～20	60～66	
厨房	30～40	21～23					
淋浴	40～60	31～32	300	71～79			盆浴及淋浴
盥洗	20	15	30～40	8～10	10	34～40	
总计	130～180	100	380～420	100	25～30	100	

注:1. 本表摘自《建筑中水设计规范》(CECS30:91)。

2. 表中未列人的洗衣房用水量可以根据洗衣机房规模、洗涤种类和用水定额经过计算确定。此部分计算见第 7.3 节中洗衣机房部分有关章节。

3. 其它类型建筑物如大型商场、公共食堂(餐厅)、体育场馆、学校、娱乐场所等用水量,见第 1 章生活用水定额中有关部分。

由于国内资料较少,为便于参考,下面列出国外公共建筑用水量比例(日本),见表 6-2。

公共建筑用水量比例(日本)　　表 6-2

建筑类别	规　模	冲厕用水(%)	冷却用水(%)	其它用水(%)
办公楼	大　型 小　型	30～50 50～80	25 25	25～45 0～25
百货大楼		15～35	30～50	30～55
大　学	文　科 理工科	35～70 15～35		30～65 65～85
剧　场		32～40	5～16	43～44
影　院		52～81	5～20	0～43
医　院		20～30	30～40	30～50

6.2.3 原 水 水 质

原水水质一般随建筑物类型和用途不同而异。表 6-3 列出各类建筑各种排水污染浓度的主要综合指标。当无设计资料时，可以参考此表选用。

各类建筑各种排水污染浓度　　表 6-3

建筑类别	住　宅			宾馆、饭店			办公楼		
	BOD_5 (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	BOD_5 (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	BOD_5 (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)
厕　所	220～260	300～360	250	250	300～360	200	300	360～480	250
厨　房	500～800	900～1350	250						
淋　浴	50～60	120～135	100	40～50	120～150	80			
盥　洗	60～70	90～120	200	70	150～180	150	70～80	120～150	200

(1) 当宾馆、饭店、办公楼如设有厨房和淋浴设施时，其排水污染浓度没有系统的资料。现将北京市一些较大宾馆、饭店和日本大阪府厅舍别馆的统计数据列出，以供设计参考：

1) 办公楼：

淋浴：$BOD_5$56～71mg/L，COD cr103～142mg/L，SS44～63mg/L

厨房：$BOD_5$15～300mg/L(夏季)、108～980mg/L(冬季)，COD_{cr} 732～844mg/L，SS218～296mg/L

2) 宾馆、饭店的厨房排水水质，可以参照办公楼的厨房数据选用。

(2) 空调冷却水排污水水质指标，目前国内还没有统计资料。现将国外有关资料，列出以供参考：

温度：29～32℃

COD：106mg/L

BOD_5：4mg/L

SS：6～20mg/L

总固体：1100～1300mg/L

(3) 优质杂排水、杂排水、生活污水的综合水质指标国内尚无统计资料。现给出日本工程设计中常用组合排水水质数据，列于表 6-4 供设计参考。

组合排水水质(日本) 表 6-4

组合类型 / 水质项目	中水原水		
	优质杂排水	杂排水	生活污水
BOD_5(mg/L)	100	300	300
COD_{mn}(mg/L)	80	200	200
SS(mg/L)	100	250	250
ABS(mg/L)	11	30	9

组合排水水质也可以根据各单项排水水质和水量，采用加权平均法计算确定。

6.3 中水应用及水质标准

6.3.1 中水应用及要求

中水不同于生活饮用水，根据中水水质标准的规定，中水只能在一定范围内使用。目前在国内中水主要回用于冲洗厕所、绿化、洗车、浇洒道路和冷却用水等作杂用水使用。中水回用除了满足水量要求外，还应符合下列要求：

(1) 首先应满足不同的用途，选用不同的水质。

(2) 卫生标准是中水回用的重要指标，卫生上应安全可靠，必须达标。卫生指标有大肠菌群数、细菌总数、悬浮物、生化需氧量、化学需氧量等。

(3) 中水还应符合人们的感官要求，即无不快感觉，以解除人们使用中水的心理障碍。主要指标有浊度、色度、臭味、表面活性剂、油脂等。

(4) 中水回用的水质不应引起设备和管道的腐蚀和结垢。主要指标有 pH 值、硬度、蒸发残渣、溶解性物质等。

6.3.2 中水回用水质标准

对于不同用途的中水规定的水质标准不同，对于多种用途的中水水质应按最高要求的标准执行。建设部在 1991 年对生活杂用水水质标准作出明确规定，见表 6-5。

生活杂用水水质标准 表 6-5

项目 / 用途	厕所冲洗、城市绿化	洗车、扫除
浊度(度)	10	5
溶解性固体(mg/L)	1200	1000
悬浮性固体(mg/L)	10	5
色度(度)	30	30
臭味	无不快感	无不快感
pH 值	6.5~9.0	6.5~9.0

续表

项目 \ 用途	厕所冲洗、城市绿化	洗车、扫除
BOD_5(mg/L)	10	10
COD(mg/L)	50	50
氨氮(以N计)(mg/L)	20	10
总硬度(以$CaCO_3$计)(mg/L)	450	450
氯化物(mg/L)	350	300
阴离子合成洗涤剂(mg/L)	1.0	0.5
铁(mg/L)	0.4	0.4
锰(mg/L)	0.1	0.1
游离余氯(mg/L)	管网末端水不小于0.2	管网末端水不小于0.2
总大肠菌群(个/L)	3	3

注：本表摘自《生活杂用水水质标准》CJ 25.1—89。

对于空调冷却用水的水质标准目前国内尚无统一规定。现将日本东京都整备局等团体提出的空调冷却水的用水水质标准数据，列出供设计参考：

悬浮物：<10度

色度：无不快感

臭味：无不快臭味

pH值：6.5～9

BOD_5：<10mg/L

COD_{mn}：<20mg/L

溶解物：<1000mg/L

NH_4-N：<20mg/L

硬度：<300mg/L(以$CaCO_3$计)

Cl^-：<300mg/L

ABS：<1mg/L

铁和锰：各为<0.5mg/L。

6.4 中水处理工艺及设备

6.4.1 中水处理工艺流程选择原则

中水处理流程应根据中水原水的水质、水量及中水回用对水质的要求进行选择。进行方案比较时还应考虑场地状况、环境要求、投资条件、缺水背景、管理水平等因素，经过综合经济技术比较确定。

由于目前中水处理范围多为小区和单独建筑物分散设置类型，在流程选择上不宜过于复杂，宜按下列要求进行：

(1) 尽量选用定型成套的综合处理设备。这样可以做到简化设计，布置紧凑、节省占

地、使用可靠、减少投资。

(2) 对于中小型规模的中水处理站,不可能配置较多的运行操作人员。为了便于管理和维护,在处理工艺的选择上,宜采用既可靠又简便的流程,以减少运行人员。

(3) 中水处理设施一般设在人员较为集中的生活区(如居住小区、建筑物内部),在设置地点的选择上要考虑嗅味、噪声等对周围环境的影响。故一般中水处理站多设在地下室、自成独立的建筑物或采用地埋式处理设备。

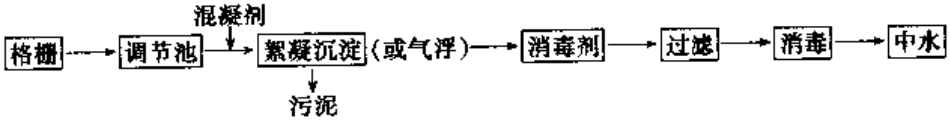
(4) 中水处理工程的投资效益是普遍关注的问题。目前使用不够广泛的主要原因除了节水意识较差以外,主要是初期投资和处理成本较高。因此,原水水源选择,可以根据回用要求,尽量选择优质杂排水和杂排水,以便简化流程减少一次投资,降低处理成本。另外还要考虑处理后的回用水能够充分利用,以避免无效投资。

6.4.2 中水处理工艺流程设计

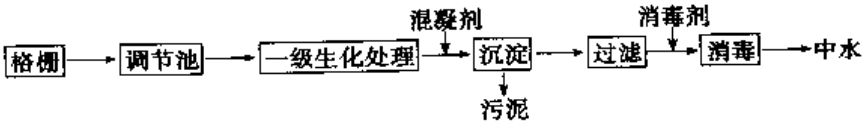
6.4.2.1 几种典型的处理工艺流程及性能比较

(1) 几种典型的中水处理工艺流程,分别列于下面:

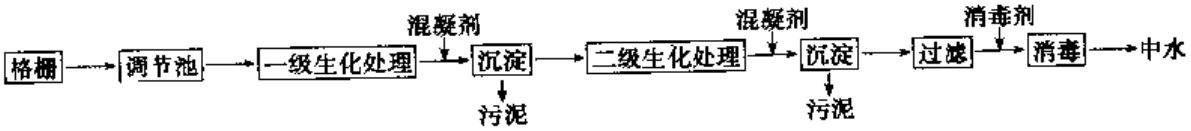
1) 工艺流程(1):



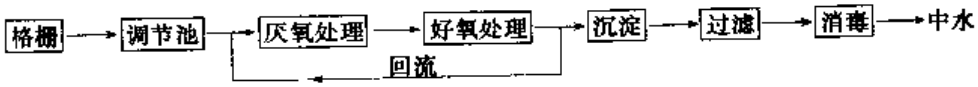
2) 工艺流程(2):



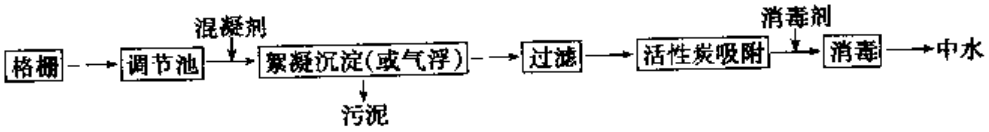
3) 工艺流程(3):



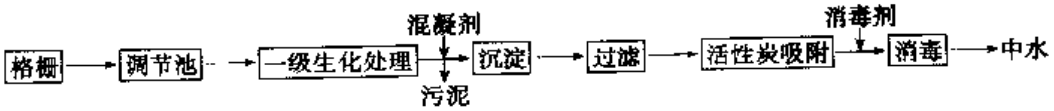
4) 工艺流程(4):



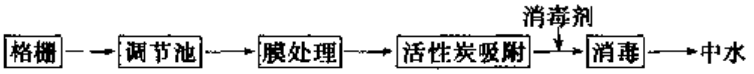
5) 工艺流程(5):



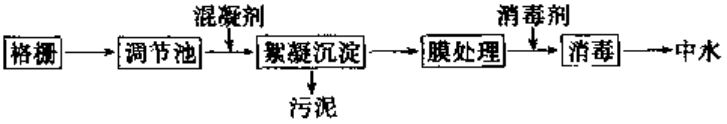
6) 工艺流程(6):



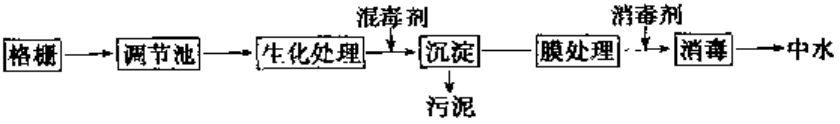
7) 工艺流程(7):



8) 工艺流程(8)：



9) 工艺流程(9)：



上述工艺流程选择，主要根据原水水质及中水用途决定。并且每一种流程的处理步骤也非一成不变，可以根据使用要求进行取舍。

流程(1)仅适用于原水为优质杂排水；流程(2)适于优质杂排水和杂排水；流程(3)、(4)适用于生活污水。以上四种流程为基本流程，适用范围较广，国内应用较多。流程(5)、(6)主要增加了活性炭吸附，其作用是去除难于降解的有机物(如蛋白质、单宁、木质素、醚、杀虫剂、洗涤剂等)、色素和某些有毒的微量金属元素(如汞、铬、铅、银等)以及回用水质要求较高的场合。流程(7)、(8)、(9)增加了膜处理法，该流程的处理结果是进一步提高中水水质，不仅SS的去除率很高，而且排水中的细菌数和病毒均得到很好的分离。但设备投资和处理成本均较高。

上述流程中格栅和调节池称为预处理；沉淀、气浮、生化处理、膜处理等称为主要处理工艺；而过滤(砂滤、碳滤等)、消毒等称为后处理。其中预处理和后处理在各种流程中基本相同，一般均需要设置，而主要处理工艺则需根据不同要求进行选择。

(2) 主要处理工艺性能比较，见表6-6。

主要处理工艺性能比较　　表6-6

项目 \ 主要处理工艺	生化处理(如接触氧化或曝气)	物化处理(如絮凝沉淀、沉淀、气浮)	膜处理(如超滤或反渗透)
原水要求	适用于A①、B①、C①型水质	适于A型水质	超滤：适用于A①型水质 反渗透：适用于B①、C①型水质
水量负荷变化适应能力	小	较大	大
间断运行适应能力	较差	稍好	好
水质变化适应能力	较适应	较适应	适应
产生污泥量	较多	多	不需经过处理随冲洗水排掉
产生臭气味	多	较少	少
设备占地面积	大	较大	小
基建投资	较少	较少	大
运行管理	较复杂	较容易	容易
动力消耗	小	较小	超滤：较小 反渗透：大

续表

项目 \ 主要处理工艺	生化处理(如接触氧化或曝气)	物化处理(如絮凝沉淀、沉淀、气浮)	膜处理(如超滤或反渗透)
装置密闭性	差	稍差	好
处理后水质			
BOD_5	好	一般	好
SS	一般	好	好
中水应用	冲厕	冲厕	冲厕、空调冷却
应用普遍性	多	一般	少
水回收率	90%以上	90%以上	70%左右

① 表中A为优质杂排水;B为杂排水;C为生活污水。

6.4.2.2 处理装置设计参数

(1) 格栅(格网):中水处理一般设一道细格栅,栅条空隙净宽小于10mm,适用于原水为优质杂排水。当原水为杂排水和生活污水时可设两道格栅,第一道为粗格栅,栅条空隙净宽为10~20mm,第二道格栅空隙净宽取2.5~8.0mm。原水中有厨房排水时还应加设隔油池(器)。生活污水做为中水水源时宜设化粪池进行预处理。原水中包含沐浴排水时,宜设毛发聚集器。隔油池、化粪池、毛发聚集器均宜设在隔栅前。

格栅设计参数:过栅流速一般选用0.6~1.0m/s;格栅倾角不小于60°;栅前水深不小于0.5m;格栅间工作台两侧过道宽度不应小于0.7m;工作台正面过道宽度:人工清除不小于1.2m;机械清除不小于1.5m;栅渣量中细格栅一般为0.1~0.05m^3/10m^3 污水;水头损失一般为0.08~0.15m(中格栅~细格栅)。

一般格栅均有定型产品,可供选用。

(2) 调节池:调节池主要用于调节水量和均衡水质。

调节池计算:主要是确定调节池容积。调节池容积应按照排水量的变化规律、处理规模(日处理水量、小时处理水量)和处理设备的运行方式来确定。

当有排水量的逐时变化曲线时,可以根据图6-1中排水量变化曲线(1)和处理水量运行线(为一水平线或某一直线段)(2)、(3)计算调节池容积。

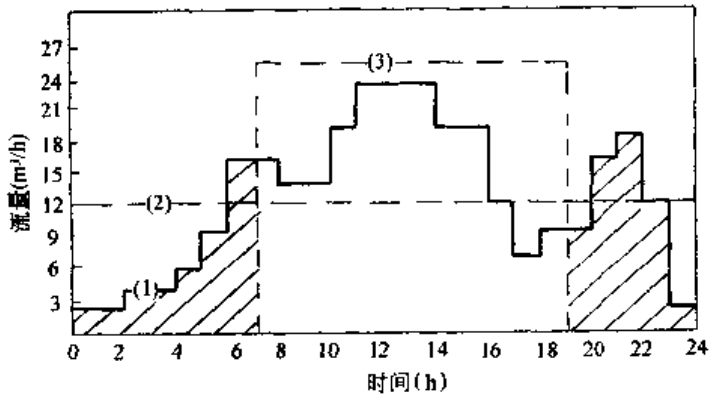


图6-1 排水量逐时变化曲线

图中:——排水量逐时变化曲线(1)

---处理水量线

(2)表示连续运行

(3)表示间断运行

▨表示处理设备间断运行调节池容积

当处理设备连续24h运行时,调节池容积为大于或等于处理水量线(2)与排水量逐时变化曲线(1)所围面积之半。

当处理设备不是连续运行而是某一时间段运行时，则调节池容积取运行曲线以外部分的排水量逐时变化曲线(1)与横坐标(时间)线之间的面积之和，见图 6-1 中斜线部分。

一般情况下，在设计阶段很难确定排水量的逐时变化曲线，此时可按日平均小时排水量 4～6h 做为调节池容积。

调节池宜设置防止沉淀的措施。如预曝气(空气搅拌--兼有预氧化作用)、水泵定时搅拌(可以利用排水泵定时循环)等。为防止水质腐败，还可进行预氧化。调节池还应考虑溢流、排空、液位监测、检修人孔、呼吸排气等设施。

(3) 生化处理：生化处理在中水处理工艺中应用较多的有接触氧化、生物转盘、射流曝气等。近年来，随着厌氧处理工艺的发展，厌氧生物处理已进入低浓度污水处理的领域。在生活污水处理流程中，已开始采用厌氧-好氧二阶段处理方式(如 A/O 法)。在处理有机物的同时，也使氨氮得到净化，如某工程污水水质 $COD_{cr}\leqslant 400mg/L$；$BOD_5\leqslant 300mg/L$，$NH_3-N\leqslant 40mg/L$。采用该法所选参数为：厌氧池停留时间 3.1h，好氧池停留时间 8.4h，经上述方法处理后均达到一级排放标准。由于目前尚缺少系统设计数据，仅举上例以供参考。国内有些厂家已开始生产定型系列产品，供设计直接选用。本节只重点介绍前两种。

1) 接触氧化法：接触氧化法具有下列特点：容积负荷较高、停留时间较短，去除有机物效果较好，占地面积较小。适用于进水 BOD_5 浓度在 100～250mg/L 范围。

接触氧化装置，一般由接触氧化池、填料、曝气系统三部分组成，见图 6-2。

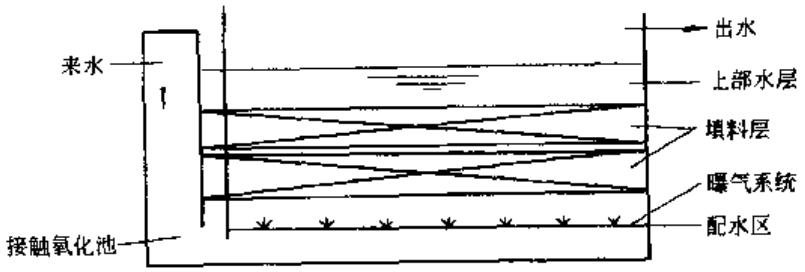


图 6-2　接触氧化装置

① 接触氧化法计算：

ⅰ. 有效容积(即填料体积)：有效容积，按式(6-1)计算：

$$V=\frac{Q(L_a-L_t)}{M}\quad(m^3)\tag{6-1}$$

式中　V——有效容积(m^3)；

Q——平均日排水量(m^3/d)；

L_a——进水 BOD_5 浓度(mg/L)，由原水水质确定，如无资料可见表 6-3、4；

L_t——出水 BOD_5 浓度(mg/L)，根据用水水质要求确定，见表 6-5；

M——容积负荷[$gBOD_5/(m^3\cdot d)$]，一般为 1000～1800$gBOD_5/(m^3\cdot d)$，优质杂排水和杂排水取上限值，生活污水取下限值。

ⅱ. 接触氧化池总面积：接触氧化池总面积，按式(6-2)计算：

$$F=\frac{V}{H}\quad(m^2)\tag{6-2}$$

式中 F——氧化池总面积(m^2)；

V——有效容积(m^3)；

H——填料层高度(m)，一般不小于 1.5m，取 2～3m。

ⅲ．校核接触时间：接触时间，按式(6-3)计算：

$$t=\frac{FH}{Q}\times 24 \quad (h) \tag{6-3}$$

式中 t——有效接触时间(h)，一般为 2～3h，生活污水取上限值；

F、H、Q 符号含义同前。

ⅳ．接触氧化池需气量：接触氧化池需气量，按式(6-4)计算：

$$D=D_0Q \quad (m^3/d) \tag{6-4}$$

式中 D——需气量(m^3/d)；

D_0——气水比，一般为 15～20∶1，生活污水取上限。

也可按照 BOD_5 负荷按式(6-5)计算：

$$D=\frac{Q(L_a-L_t)\times M'}{10^3} \quad (m^3/d) \tag{6-5}$$

式中 M'——BOD_5 负荷[m^3/(kg·BOD_5)]，一般取 40～80m^3/(kg·BOD_5)，生活污水取上限；

Q、L_a、L_t、含义同前。

ⅴ．氧化池总高度：氧化池总高度，按式(6-6)计算：

$$H_0=H+h_1+h_2+(m-1)h_3+h_4 \quad (m) \tag{6-6}$$

式中 H_0——氧化池总高度(m)；

H——填料层高度(m)；

h_1——超高(m)，取 0.3～0.5m；

h_2——填料层上部水深(m)，取 0.4～0.5m；

h_3——填料层间隙高度(m)，取 0.2～0.3m；

h_4——配水区高度(m)，采用多孔管曝气时不考虑检修，取 0.5m；

m——填料层层数。

② 填料选用：接触氧化池用的填料有硬性填料(斜板、蜂窝斜管等)、软性填料(纤维丝集束而成)、半软性填料(塑料片和合成纤维丝组合而成)、和悬浮填料(多种形状的塑料环片)等。由于蜂窝斜管易堵，软性填料又易于结球，故目前多用半软性填料和悬浮填料。

如采用蜂窝斜管填料，其内切孔径不宜小于 25mm，每层填料高度不宜大于 1m。采用半软性填料或软性填料时，其布置示意见图 6-3。

③ 曝气系统：曝气系统分为供气装置和曝气装置两部分。供气装置有鼓风机、气泵和水下曝气器。前两种噪声比较大，只能应用于环境影响要求不大的场合。水下曝气器是将气源和曝气装置均设在水面以下，进气管伸出水面。该装置可以减少噪声和占地。

④ 接触氧化池个数一般不少于 2 个(同时作用)，每池面积不宜大于 25m^2。

⑤ 接触氧化池的溶解氧含量应维持 2.5～3.5mg/L。

⑥ 中小型接触氧化处理装置，目前也有成套设备可供选用。

2) 生物转盘：生物转盘也是生物膜法处理污水的常用设备。与接触氧化法不同之处：

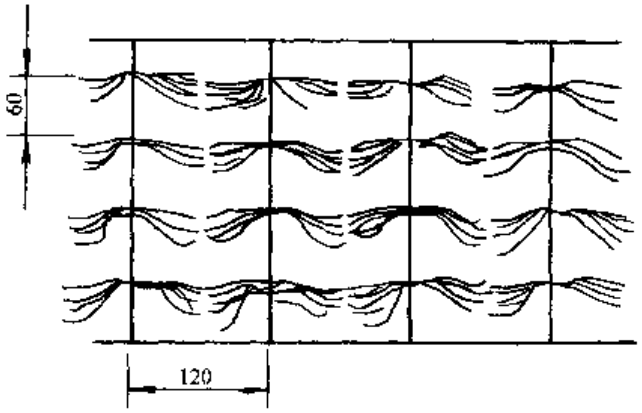


图 6-3　填料布置示意

在于对原水水质适应范围较广、动力消耗比较少，并且不需要单独设置曝气装置。它是一种处理效果好、效率高、运行费用低、便于维护管理的处理工艺。其缺点是一次投资比较大、占地较大、卫生条件较差，且易受低气温的影响。

生物转盘主要由盘体、氧化槽、转动轴和驱动装置等组成，见图 6-4。

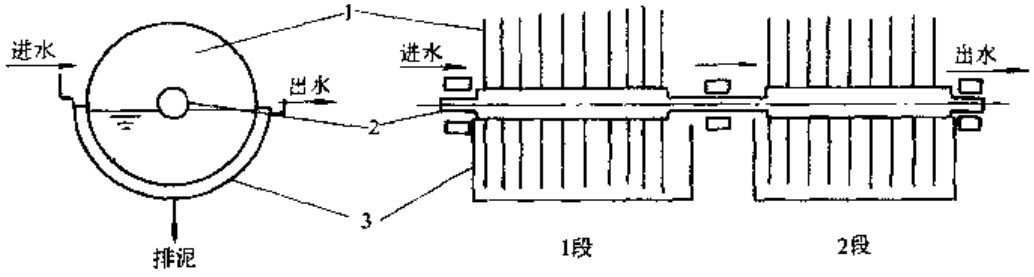


图 6-4　生物转盘构造示意

1—盘体；2—轴；3—氧化槽

① 生物转盘设计要求：生物转盘应分为 2～4 段布置。生物转盘的设计负荷应根据进出水水质(BOD_5 去除率)等因素通过试验确定。当没有实测资料时，可按下列参数选取：对于生活污水 BOD_5 面积负荷为 10～20gBOD_5/(m^2·d)(BOD_5 去除率大于和等于 90%)，水力负荷宜为 50～100L/(m^2·d)(可作为校核之用)。生物转盘材质可以选用泡沫塑料、硬聚氯乙烯塑料、玻璃钢或钢板。氧化槽可以采用玻璃钢、钢板或混凝土等材料制作。

② 主要计算公式：

ⅰ. 转盘总面积：转盘总面积，按式(6-7)、式(6-8)计算：

$$F=\frac{Q(L_a-L_t)}{N}\quad(m^2) \tag{6-7}$$

$$F=\frac{Q}{q}\quad(m^2) \tag{6-8}$$

式中　F——转盘总面积(m^2)；

Q——平均日污水量(m^3/d)；

L_a、L_t——进水和出水 BOD_5 值(mg/L)；

N——BOD_5 面积负荷[$gBOD_5/(m^2 \cdot d)$]，一般取 10～20$gBOD_5/(m^2 \cdot d)$；

q——水力负荷[$m^3/(m^2 \cdot d)$]，一般取 0.05～0.1$m^3/(m^2 \cdot d)$。

按公式(6-7)、式(6-8)两种方法计算，取大值。

ⅱ．氧化槽(单个)净有效容积：氧化槽(单个)净有效容积，按式(6-9)计算：

$$W' = 0.32(D + 2C)^2(L - m_1 a) \quad (m^3) \tag{6-9}$$

式中 W'——每个氧化槽净有效容积(m^3)；

D——盘片直径(m)，一般取 2～3m；

C——转盘与氧化槽表面距离(m)；一般不小于 0.15m；

m_1——一盘片数量(个)；

a——盘片厚度(m)；

L——每组转盘转动轴有效长度(即氧化槽有效长度)(m)，

$$L = m_1(a + b)K \quad (m)$$

其中 b——盘片净距(mm)，一般进水段，取 25～35mm；出水段，为 10～20mm。

K——考虑循环沟槽的系数，一般 $K = 1.2$；

氧化槽(单个)有效容积，按式(6-10)计算：

$$W = 0.32(D + 2C)^2 L \quad (m^3) \tag{6-10}$$

式中符号含义同上。

ⅲ．停留时间：停留时间，按式(6-11)计算：

$$t = \frac{W'}{Q_1} \quad (h) \tag{6-11}$$

式中 t——污水在氧化槽内停留时间(h)，一般取 0.25～2h；

Q_1——每个氧化槽设计小时污水量(m^3/h)。

中小型生物转盘均有定型产品，可以直接选用。

(4) 沉淀：

1) 沉淀池多采用立式沉淀池或斜板(管)沉淀池，见图 6-5、6。这两种池型沉淀效果好，占地面积少。

当沉淀池作为主要处理构筑物时，必须投加混凝剂。如用于生物处理后的二沉池时，混凝剂可加或不加。

2) 立式沉淀池设计要点：为了布水均匀，池子直径与有效水深之比不大于 3，池子直径不宜大于 8m，一般为 4～7m；中心管内流速不大于 30mm/s；中心管下部应设喇叭口和反射板，板底面距泥面不得小于 0.3m，排泥斗坡度应大于 45°；沉淀时间一般为 1～3h；水力负荷为 1.0～3.0$m^3/(m^2 \cdot h)$。

3) 斜板(管)沉淀池设计要点：斜板(管)沉淀池宜采用矩形，其长宽比不小于 4:1，长度与有效水深比不小于 8:1；表面水力负荷可比普通沉淀池提高一倍左右；二沉池停留时间，一般不超过 60min。

斜板间净距为 80～100mm，斜板长为 1～1.2m，其倾角为 60°，斜板区上部水深为 0.7～1.0m，底部缓冲层高度为 1.0m，沉淀池超高不应小于 0.3m，斜管孔径宜大于 80mm。

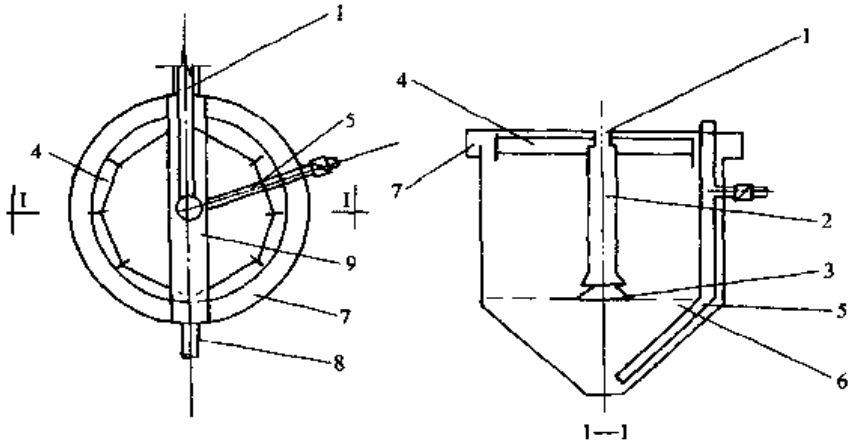


图 6-5　立式沉淀池

1—进水槽;2—中心管;3—反射板;4—挡板;5—排泥管;6—缓冲层;7—集水槽;8—出水管;9—桥

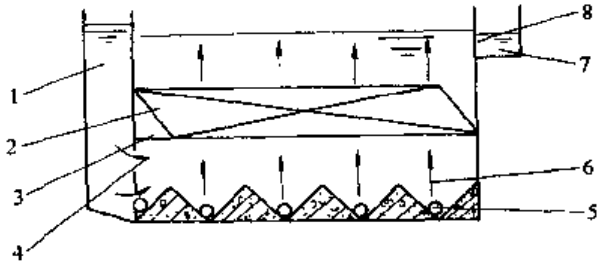


图 6-6　斜板(管)沉淀池

1—配水槽;2—斜板或斜管;3—阻流板;4—穿孔墙;5—排泥管;6—集泥斗;7—集水槽;8—淹没孔口

出水堰水力负荷(锯齿形),不应大于 1.7L/s·m。

排泥斗容积,宜按 4h 污泥量计算;排泥斗锥角,宜为 60°;排泥的静水头,不应小于 1.5m;排泥管直径,不应小于 150mm。

由于斜板(管)沉淀池具有沉淀效率高、停留时间短、占地少等优点,在中水处理设施中,目前使用较为普遍。现将这种池型的计算公式及选用参数列于表 6-7。

斜板(管)沉淀池计算公式及选用参数　　表 6-7

名　称	公　式	符 号 说 明
1. 池子水面面积	$F=\frac{Q_{max}}{nq\times 0.91}$　(m^2)	Q_{max}——最大设计流量(m^3/h) n——池数(个) q——设计表面负荷[$m^3/(m^2\cdot h)$],一般取 1~3 0.91——斜板区面积利用系数
2. 池子平面尺寸	1. 圆形池 $D=\sqrt{\frac{4F}{\pi}}$　(m) 2. 方形池边长 $a=\sqrt{F}$　(m) 3. 矩形池 $F=ab$　(m^2)	a、b、D——分别代表池宽、池长、直径
3. 池内停留时间	$t=\frac{(h_2+h_3)60}{q}$　(min)	h_2——斜板(管)区上部水深,一般取 0.7~1m h_3——斜板(管)高度,一般取 0.866~1m

续表

名 称	公 式	符 号 说 明
4. 污泥部分所需的容积	(1) $V=\frac{SNT}{1000n}$ (m^3) (2) $V=\frac{Q_{max}(C_1-C_2)\times 24\times 100T}{K_2\gamma(100-\rho_0)n}$ (m^3)	S——每人每天污泥量[L/(人·d)],一般采用0.3~0.8 N——设计人口数(人) T——污泥室贮泥周期(d),一般取$\frac{1}{6}$~1d C_1、C_2——进水和出水悬浮物浓度(t/m³),根据原水和中水水质标准确定 K_2——生活污水量时变化系数取最大日最大时与平均时污水量之比 γ——污泥密度(t/m³),其值约为1 ρ_0——污泥含水率(%),一般为96%~98%
5. 污泥斗容积	(1) 圆锥体 $V_1=\frac{\pi h_5}{3}(R^2+Rr_1+r_1^2)$ (m^3) (2) 方锥体 $V_1=\frac{h_5}{3}(a^2+aa_1+a_1^2)$ (m^3)	h_5——污泥斗高度(m) R——污泥斗上部半径(m) r_1——污泥斗下部半径(m) a_1——污泥斗下部边长(m)
6. 沉淀池总高度	$H=h_1+h_2+h_3+h_4+h_5$ (m)	h_1——超高(m),≮0.3 h_4——斜板(管)底部缓冲层高度(m),一般取0.5~1

(5) 气浮:气浮处理设备由气浮池、溶气罐、释放器、加压水泵及空压机等组成。目前多采用部分回流加压溶气气浮方式流程示意,见图6-7。

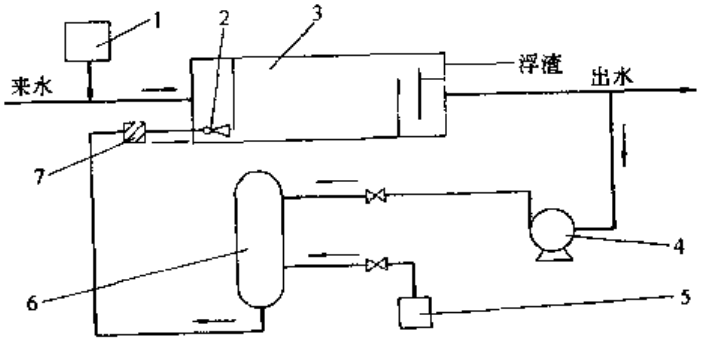


图6-7 加压溶气气浮方式流程示意

1—加药装置;2—释放器;3—气浮池;4—加压泵;5—空压机;6—溶气罐;7—过滤器

1) 气浮池:气浮池可以采用矩形或圆形。矩形气浮池的设计,应符合下列要求:气浮池进水部分应设置反应段,反应时间为10~15min;气浮池宽度不应大于4.5m,长宽比宜为3:4;有效水深宜为2~2.5m,超高不应小于0.4m;气浮池分离段水力停留时间不宜大于1.0h,池内水平流速不宜大于10mm/s;池内应设刮沫机,刮沫机的移动速度为1~5m/min;气浮池顶部应设集沫槽。

2) 加药:气浮池需要投加混凝剂,必要时还可投加助凝剂。混凝剂一般多选用硫酸铝、

三氯化铁、二氯化亚铁等。常用混凝剂、助凝剂的选用见表 6-8。

常用混凝剂、助凝剂的选用　　表 6-8

分类	名　称	分　子　式	性　质	使　用　要　求
混凝剂	硫　酸　铝	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	分子量 666.41；相对密度 1.61；白色晶体；溶于水呈酸性水溶解度 90%	可以干、湿投加。湿式投加浓度 10%～20%（重量计），投加后水的 pH 值为 5.5～8；对于洗浴水投加量约为 30～50mg/L，适用于 20～40℃ 水温
	聚合氯化铝（PAC）	$[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$	为无机高分子混凝剂	用于处理深度污染的水，成絮迅速，沉淀快，侵蚀性小。适于水温低、pH5～9 的水体
	三氯化铁	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	易溶于水	成絮好，沉淀快，处理低温、低浊原水比铝盐效果好，使用浓度可达 45%；但腐蚀性大
	硫酸亚铁（绿矾）	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	20℃ 时溶解度达 21%	成絮快，沉淀效果好，适用于原水碱度大浊度高的水质，投加量比铝盐少，腐蚀性大
	明　矾	$Al_2(SO_4)_3$ $K_2SO_4 \cdot 24H_2O$	无机铝盐	含无水硫酸铝 50%～52%，适于水温 20～40℃，使用渐少，多用硫酸铝代替
助凝剂	聚丙烯酰胺	$\left[\begin{matrix}(CO_2—CH) \\ \vert \\ CONH_2\end{matrix}\right]_X$①	有机高分子聚合物	可以单独投加或作为助凝剂投加，对于高、低浊度混凝效果均好，投加量少，约为三氯化铁的 1/10，不易水解，有弱毒性，价格较高
	海藻酸钠木刨花等		天然高分子聚合物	沉淀效果好，澄清度高

① X 代表多个分子的聚合。

投药点一般设在原水加压泵的吸入管上，混合后进入气浮池的反应段。

3）溶气罐和释放器：溶气罐的水力停留时间，宜为 1～4min；罐内工作压力，采用 0.3～0.5MPa；罐内一般设置填料，以便于气水混合和增加气水接触时间，填料高度为 1～1.5m。

释放器是释放气水混合物的小型装置，国内已生产出各种规格的定型产品。释放器一般布置在气浮池的反应段内，根据水量大小可选择 2～4 个。

4）加压水泵：根据回流比及溶气罐设定压力进行水泵选型。回流比一般取 30%～50%。

5）空压机：空压机选型是根据气水比和需用空气压力来选定。气水比按体积计算，一般空气量为回流水量的 5%～10%，空气压力一般选用 0.5～0.6MPa（表压）。

6）气浮池计算：气浮池反应室平面面积，按式(6-12)计算：

$$A_c = \frac{Q + Q_p}{3600 v_c} \quad (m^2) \tag{6-12}$$

式中　A_c——反应室平面面积（m^2）；

Q——气浮池设计水量（m^3/h）；

Q_p——加压回流溶气水量（m^3/h）；

v_c——反应室表面负荷率，一般取 2～5$m^3/(h\cdot m^2)$。

气浮池所需空气量，按式(6-13)计算：

$$Q_g = QR'a_c\varphi \quad (L/h) \tag{6-13}$$

式中 Q_g——气浮所需空气量(L/h)；

Q——气浮池设计水量(m^3/h)；

R'——试验所需回流比(%)，如无资料时可选用 30%～50%；

a_c——试验所需释气量(L/m^3)，如无资料时可选用回流水量的 5%～10%；

φ——水温校正系数，取 1.1～1.3；如试验条件下水温与实际水温相差越大，取值越大。

(6) 过滤：污水过滤与给水过滤功能相似，可参照给水过滤进行设计。一般中水过滤多选用压力过滤器，滤料可选用单层或双层滤料。滤料材质有石英砂、陶粒、无烟煤、轻质滤料(如发泡塑料珠、纤维球)等。普通多用石英砂、无烟煤，因为其性能可靠、运行成熟。压力式过滤器均有定型产品，可参照产品样本给定的性能进行选用。常用过滤设备及主要参数，见表 6-9。

常用过滤设备性能及主要参数　　表 6-9

过滤类型	滤速 (m/h)	反洗强度 [L/(s·m²)]	反洗时间 (min)	最大运行阻力 (m)	滤料级配	
					粒径 ϕ (mm)	厚度 (mm)
石英砂压力过滤器	8～10	12～15	7～5	≯9	石英砂 0.5～1	600～800
					承托层 3～25	250～350
无烟煤压力过滤器	8～14	4～8	6～10	≯8	无烟煤 0.8～1.6	700～800
					承托层 3～25	250～400
泡沫塑料珠压力过滤器	20～25	12～15	5	1～2	1～2	600～900
纤维球滤料过滤器	10～15	气水混合反洗：气洗 25～45 水洗 12～15	5～10	2～5		>600

注：如采用双层滤料(石英砂和无烟煤)时，无烟煤和石英砂厚度各为 400～500mm，无烟煤粒径为 0.6～1.2mm，其它数据同石英砂压力过滤器。

(7) 活性炭过滤：活性炭过滤主要用于去除常规处理方法难于降解和难于氧化的物质。其处理目的是除臭、除色及去除有机物、合成洗涤剂和有毒物质等。

活性炭过滤器可分为固定床、移动床、流动床。一般多采用固定床。

活性炭过滤流速，一般为 9～25m/h。活性炭装填高度，应根据出水水质要求和工作周期决定，一般不宜小于 3m。接触时间，应根据出水水质要求决定，一般为 10～30min。炭的 COD 负荷能力，一般为 0.3～0.8kgCOD/kg 碳。

污水处理适用的活性炭滤料参考性能，见表 6-10、11。

污水处理适用的活性炭滤料参考性能　　表 6-10

序　号	项　　目	数　　值	序　号	项　　目	数　　值
1	比表面积[m^2/g(BET)]	950～1500	5	空隙容积(cm^3/g)	0.85
2	密度(g/cm^3)：		6	碘值(mg/g)	>900
	堆积密度	0.44	7	磨损值(%)	>70
	颗粒密度	1.3～1.4	8	灰份(%)	<8
	真密度	2.1	9	包装后含水率(%)	<2
3	粒径(mm)		10	筛径(美国标准系列)	
	有效粒径	0.8～0.9		大于 8 号(%)	<8
	平均颗粒直径	1.5～1.7		小于 30 号(%)	<5
4	均匀系数	≤1.9			

部分国产颗粒活性炭规格及性能　　表 6-11

牌　号	规　　格	性　　能	用　　途
DH-15	粒度：直径～1.5mm 长度 2～4mm 碘值：>900mg/g 含水率：<3% 苯吸附率：>30% 机械强度：>85%	外观：圆柱状颗粒 比表面积：～950m^2/g 总孔容积：0.8cm^3/g 真密度：～0.8g/cm^3 堆密度：460g/L 灰分：10% pH 值：～9	给水及工业废水深度处理等
DX-15	粒度：直径～1.5mm 长度 2～4mm 碘值：>1000mg/g 机械强度：>80% 含水率：<3% 亚甲兰值：>150mg/g	外观：圆柱状颗粒 总表面积：～1100m^2/g 总孔容积：～0.9cm^3/g 真密度：～0.75g/cm^3 堆密度：0.42g/cm^3 灰分：～12% pH 值：～9	生活污水及工业废水处理等
PJ-09	粒度：12～16 目 机械强度：>85% 碘值：>900mg/g 半脱氯值：<5cm 含水率：<5%	外观：不定型颗粒 比表面积：～1000m^2/g 总孔容积：～0.8cm^3/g 堆密度：～400g/L 真密度：2.15g/cm^3 pH 值：～9	给水净化、污水处理、脱氯、脱色、除臭等
DX-30	粒度：直径 3mm 长度 3 - 6mm 碘值：>980mg/g 含水率：<3% 机械强度：>90% 苯吸附率：>35% 粒径范围： >5.5mm<5% 1.0～2.75mm<15%	外观：圆柱状颗粒 总表面积：～1100m^2/g 真密度：0.75g/cm^3 堆密度：～420g/L 灰分：12% pH 值：～9 总孔容积：～0.9cm^3/g	废水处理、有机溶剂回收等
CH-18	粒度(4～10 目)：≥80% 碘值：≥1000mg/g 苯吸附量：≥450mg/g	堆密度：0.3～0.4g/cm^3	气相吸附、给水净化、污水处理、除臭、除味等

注：活性炭过滤器已有定型产品可供选用。

(8) 消毒：中水系统的消毒处理是中水回用的安全保证。中水处理系统必须设有严格的消毒措施，并应采用消毒剂投量准确可靠的定比式消毒器。消毒剂品种一般采用液氯(或氯片)、二氧化氯、次氯酸钠、漂白粉、臭氧等，以前三种选用较多。各种消毒剂的选用和性能比较，见表 6-12。

各种消毒剂的选用和性能比较　　表 6-12

消毒剂种类	投加量	投加方式	使用条件
液氯	有效氯 5～8mg/L 保持余氯 0.5～1mg/L	必须设氯瓶和加氯机可用真空加氯机或随动式加氯机(当与泵联锁时)，不允许直接注入水中	使用普遍、效果可靠、操作简便、成本低；一般加在处理流程末端，接触时间不小于 30min，使用时注意氯气毒性
氯片	投加量按有效氯计同液氯，一般氯片有效氯含量为 65% ～70%	有专用氯片消毒器，若能保证混合效果也可直接投加	适于小规模使用；使用管理方便、设备少，但价格较高
二氧化氯	淋浴水 0.5～2mg/L 浴池水 10～30mg/L	有定型二氧化氯发生器可以直接选用	杀菌、消毒能力强、接触时间短。必须采用二氧化氯发生器现场制造、电耗、盐耗均较低 阳极需 5a 左右更换并需定时加盐，使用时通风条件要好，价格较高
次氯酸钠(溶液)	投量按有效氯计同液氯有效氯占 10%～12%	用成品溶液或用次氯酸钠发生器制取，前者用溶液投加设备投加，后者直接投加	消毒效果同液氯，由于其浓度低，安全性比液氯好 发生器价格较高，并需定期加盐、电极也需定期清洗
漂白粉 CaOCl 漂粉精 $Ca(OCl)_2$	漂白粉含有效氯 20%～30% 漂粉精含有效氯 60%～70%	可溶于水中制成 1%～2%的浓度的溶液投加或直接投加	设备简单，也不需专人管理，比较安全，投加量不易掌握，漂白粉需要配制，并需及时清渣，漂粉精价格较贵
臭氧 O_3	投量 1～3mg/L	有专用臭氧发生器产生臭氧直接投加	氧化能力强，并且还可降解残余有机物、色度、臭味等，接触时间短，但保持时间也短 设备复杂，不易维护管理，电耗和投资均较高，由于国产设备不够成熟，应用受到限制

注：消毒设备和装置均有定型产品，可以直接选用，杀菌消毒原理和消毒剂、消毒设备，见第 10.1 节。

6.5 中水管道系统设计

6.5.1 原　　则

中水原水管道系统设计与第 4 章“建筑排水”中设计原则和基本要求相同。其区别在于需根据中水原水水源的选择，对排水进行系统划分。即可根据原水为优质杂排水、杂排水、生活污水等的区别，对排水进行分系统设置，分别设置合流制和分流制两种系统。

中水供水系统为杂用水系统，其供水系统和给水供水系统相似，也可以分为水泵加压直接供水、水泵-水箱(高位)供水、水泵-气压罐供水和变频供水等方式。

中水管道系统设计，一般应考虑下述原则：

(1) 中水水量平衡：即原水处理量和中水回用量应基本平衡。

(2) 中水处理设施综合比较：原水回用率与处理流程有关。当采用优质杂排水和杂排水作原水时，处理流程较为简单、投资少、处理成本低，但水回用率也低。排水系统分为两个系统如采用生活污水作原水时，水的利用率虽然增加，但设备和投资均相应增加。此时排水为一个系统故中水处理设施应根据使用要求资金多少及当地水资源状况等进行综合比较确定。一般生活污水作为原水的系统适于城市集中设置中水处理系统的情况。此时原水系统为合流制。优质杂排水、杂排水作为原水的系统适用于洗浴废水所占比重较大的公共浴室、洗衣房、高档公寓、宾馆、饭店、写字楼等建筑物。

(3) 中水回用应尽量符合人们的生活习惯和心理承受能力，特别是以生活污水为原水时，则以城市集中处理为宜。

(4) 管路系统布置要求：中水原水系统应设分流、溢流设施和超越管，以便中水处理设备检修和过载时，可将部分或全部原水直接排放。为了便于管道布置，在不影响使用功能的前提下，宜尽量将排水设备集中布置(如同层相邻、上下层对应等)。

6.5.2 水 量 平 衡

中水原水量、处理量、回用量三者应形成一定的平衡关系。由于原水量、在一天内排放时间和回用时间并不一致，为满足总回用水量和瞬时回用水量的需求，就需要进行水量平衡计算和选用相应的调节措施，这是中水系统合理设计、合理用水的前提。

中水水量平衡首先是昼夜水量的平衡，即原水量、处理量、回用量三者昼夜水量基本一致。其次是使不均匀的原水量转换到基本均匀的处理量。再使均匀的处理量满足不均匀的使用量。水量平衡宜按下述步骤进行。

6.5.2.1 设计和计算

(1) 原水量和处理量之间的平衡，见第 6.4.2 节调节池的设计和计算。

(2) 处理量和回用水量之间的平衡水量计算类似于原水量和处理量之间的调节池水量计算。首先要绘制中水处理量和用水量的逐时变化曲线。其中处理量按式(6-14)计算：

$$q=(1+n)\frac{Q}{t}\quad(\mathrm{m^3/h}) \tag{6-14}$$

式中　q——设计处理量($\mathrm{m^3/h}$)；

n——中水设施自耗水系数，一般取 10%～15%；

Q——最大日中水用量($\mathrm{m^3/d}$)；

t——处理设备每日运行时间(h)。

用水量的逐时变化曲线，可以实测或参照同类建筑物的数据选用。

处理量和用水量的调节量在处理设备连续运行时，取上述两条曲线所围面积最大者，或连续最大用水量之和。如间歇运行时则调节量为运行曲线与用水曲线所围面积之和。

一般中水用水缺乏逐时变化曲线的资料时，设计调节量，可按日用水量的 20%～30% 考虑。

6.5.2.2 水量平衡图

水量平衡图是用直观方法将原水量、调节量、处理量、使用量之间的关系用图示方法表示出来。主要包括如下内容：

(1) 建筑物的各用水点的总排放水量(包括中水原水量和直接排放水量)

(2) 中水处理水量，原水调节水量。

(3) 中水总供水量及各用水点的供水量。

(4) 中水消耗量(包括处理设备自用水量、溢流水量和放空水量)，中水调节量。

(5) 自来水的总用水量(包括各用水点的分项水量及对中水系统的补充水量)。

(6) 给出自来水用量、中水回用量、污水排放量三者的比率关系。

水量平衡见图 6-8。

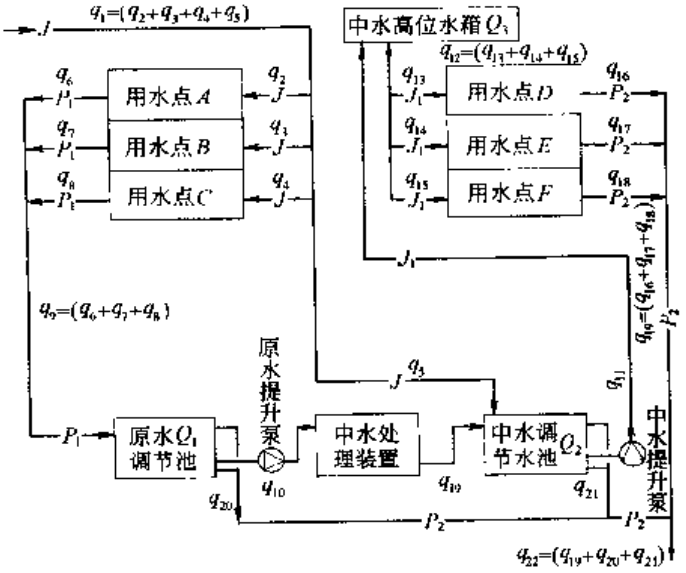


图 6-8 水量平衡

J—自来水；P_1—中水原水；J_1—中水供水；P_2—直接排水；$q_{1\sim5}$—自来总供水量及分项水量；$q_{6\sim9}$—中水原水分项水量及汇总水量；q_{10}—中水处理水量；q_{11}—中水供水量；$q_{12\sim15}$—中水用水总量及分项水量；$q_{16\sim22}$—污水排放分项水量及汇总水量；Q_1—原水调节水量；Q_2—中水调节水量；Q_3—中水高位水箱调节水量

6.5.2.3 水量平衡措施

水量平衡措施是指通过设置调贮设备使处理水量适应原水量和用水量的不均匀变化，来满足一天内的原水量的处理和用水量的使用要求。调节水量平衡的措施有如下几种：

(1) 贮存调节：设置贮存池来调节各种水量的不均匀变化。根据贮存池位置可分为前置贮存、中间贮存、后置贮存三种方式。前置贮存为原水贮存，中间贮存为预处理后进入深度处理之前的贮存，后置贮存为中水贮存。贮存容积可以按照前述原则和计算确定。采用何种贮存方式应根据来水性质、用水要求和处理特征决定。一般前置和后置贮存调节池均应设置。当不设前置贮存而设中间贮存时，预处理必须选用耐冲击负荷的设备。后置贮存的调节池，一般又分设低位池和高位池两种，调节量可取两者之和。前置贮存调节池需要采取防止沉淀和防止腐败的措施(如设置预曝气等)。

(2) 自动调节：处理水量随原水量或用水量的变化而自动调整。这种方式只适用于来水或用水比较均匀连续，且要求处理设备耐冲击负荷能力较大的场合。此时仍宜设置调节

水池,但贮存容量可以减小。由于水量不可能完全均衡,这种调节方式还必须考虑原水溢流和新鲜水补充的措施。

(3) 溢流和超越:当原水量出现瞬时高峰设备来不及处理,或用水短时中断出现供大于求时,采用溢流方式也是水量平衡的手段之一。超越产生于处理设备故障检修或其它偶然事故发生时使用的方法。

(4) 补充自来水:适用于设备故障或中水供水不足时使用。自来水补充水管不允许与中水供水管道直接连接必须采取隔断措施,可将补水加到中水调节设备内。

6.6 中水处理站设计

6.6.1 位置选择及布置要求

(1) 处理站应设在便于收集污(废)水和便于使用中水的地点。

(2) 处理站的位置在符合总体规划的前提下,应尽量做到隐蔽、隔离和美化环境的要求。一般可设在建筑物的地下室或单独的建筑物内。

(3) 处理站应设有便捷的通道、出入口及便于设备安装运输检修的场地。

(4) 根据处理站的规模和要求,宜设值班化验、贮藏、卫生间等设施。

(5) 处理站应考虑采暖(北方地区)、通风换气、照明、供排水等措施。采暖温度按10℃,通风换气次数设在地下室时,不宜小于6~8次/h。

(6) 处理站所用药剂如有可能产生危害时应采取必要的防护措施,如隔离或增加换气次数等。

(7) 处理站应具备污泥、渣等的存放和外运措施。

(8) 处理站应适当留有发展余地。

6.6.2 隔声、减振及防臭措施

(1) 隔声、减振:

1) 中水处理设备尽量选用低噪声设备。

2) 中水处理站必须远离噪声要求较严的房间或采用较严密的隔声措施。

3) 运转设备及其连接管道,宜采用减振措施。

(2) 防臭:中水处理中产生的臭气,必须采取有效措施予以消除。其方法主要有:

1) 防止扩散:对产生臭气的设备加盖加罩或者局部排风。

2) 稀释:把臭气收集后排到不影响周围环境的大气中。

3) 吸附:可以采用活性炭过滤进行吸附。

4) 其它方法:化学清洗(如水洗、碱洗、氧化剂氧化等);废气燃烧(指可燃废气);土壤吸附(如透气好的土壤或把废气通入带有过滤装置的土壤中)。

6.6.3 安全防护及控制监测

6.6.3.1 安全防护

回用水的卫生学指标是中水供水安全性的重要指标,该项指标的达标首先要从中水处

理流程和设备选型上予以保证。此外在中水系统敷设和使用过程中，为了防止中水供水的中断、误用、误接等事故发生，还必须采取措施，以确保中水供水的安全性。

主要安全防护措施有：

(1) 中水管道宜明装敷设，不宜暗装于墙体和楼面内，以便及时检查。

(2) 中水管道严禁与生活饮用水给水管道直接连接，以防止误用和污染生活用水。

(3) 中水管路系统、阀门配件、处理设备等应有明显的标志，以便与其它系统区别。

(4) 在处理设备发生故障时，为确保中水用水不致中断，应设有应急补水(自来水)设施。当补水管接到中水贮存池时应设有空气隔断，即保证补水管出口距中水贮存池最高液面不小于2.5倍补水管径的净距。

(5) 中水管道与生活饮用水管道、排水管道平行埋设时，其水平净距不得小于0.5m；交叉埋设时中水管道应设在生活饮用水管道下面、排水管道的上面，净距不得小于0.15m。

(6) 中水贮存池的溢流管、泄空管不得直接与下水道连接，应采用间接排水的隔断措施，以防止下水道污染中水水质。溢流管和排气管应设网罩防止蚊虫进人。

(7) 中水供水管道系统、设备阀门等材质选用，应按生活供水系统选材考虑。

6.6.3.2 控制监测

中水处理系统的正常运行，除了流程合理和设备可靠以外，还与平时的管理与维护密不可分。因此，采取必要的控制监测是安全运行的可靠保证。

(1) 卫生学指标是重要的监测内容之一，除了选择性能可靠的消毒剂以外，同时还应设置监测仪表以保证最低的投加剂量和足够的反应时间，使中水水质符合使用标准。

(2) 为了监测水质和平衡水量，可在系统的原水管上和中水管上设置取样管和计量装置，可以定期取样送检。经常性的监测项目只进行主要指标的分析，如流量、余氯、pH值、SS值等。

(3) 中水处理设备的运行方式有手动、半自动和自动三种。采用何种方式需根据处理规模、人员配置来决定。一般处理规模较小的如小于或等于200m^3/d的处理量，可采用手动；大于200m^3/d小于1000m^3/d的处理量，可采用半自动；大于1000m^3/d的处理量，可采用自动控制。全自动控制一般不设操作人员，但是运行信号必须反馈到有人值班的控制室内。半自动方式是进行巡回检测、按钮操作方式。手动方式必须配备值班人员就地操作。中水处理监控内容，一般包括水泵启停、液位显示和报警、流量计量、水质检测等项目。水泵启停，可由调节池的高低液位来控制；液位指示和流量测量，可设就地或远传仪表分别在就地和控制盘上显示；水质检测，可取样分析或仪表检测。

(4) 对于生化处理工艺，宜尽量采用连续运行方式。当采用好氧间断运行时，为了保持污泥的活性宜在停运期间通人空气，以保持后续运行时吸附有机物的能力。

(5) 管道和设备应考虑防腐，以防止水质恶化和堵塞腐蚀管道设备。

6.6.4 示 例

某大厦(高层建筑)设有浴室、洗衣房、餐厅及卫生间。在地下室设有中水处理站。处理规模为10m^3/h，中水原水为杂排水。主要处理设备为二级接触氧化。后处理为沉淀和过滤，其中沉淀池与接触氧化为一体式设备。在沉淀池进口加混凝剂。消毒剂采用二氧化氯(两套)。原水调节池与中水调节池容积均为40m^3。接触氧化池设水下曝气装置。原水调节池设水下

预曝气。中水用泵提升至高位水箱供水。主要供卫生间冲洗大便器及绿化用水。

其工艺流程和布置示例见图 6-9、10。

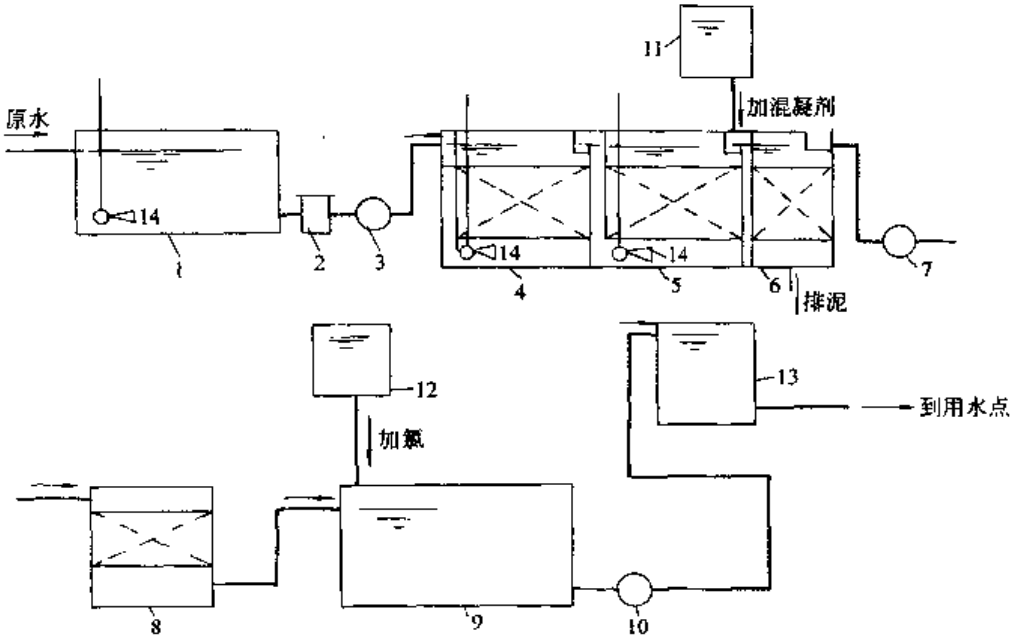


图 6-9　中水处理工艺流程示例

1—来水调节池；2—毛发过滤器；3—原水提升泵；4—一级接触氧化池；5—二级接触氧化池；6—斜板沉淀池；7—中间加压泵；8—砂过滤器；9—中水调节池；10—中水加压泵；11—自动加药装置；12—二氧化氯消毒器；13—高位水池；14—水下曝气器

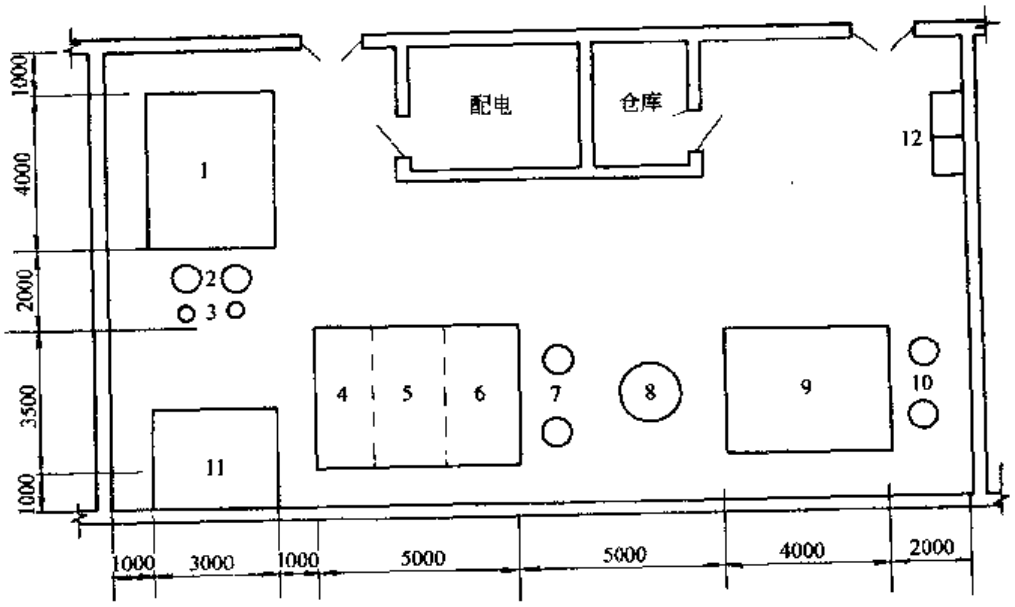


图 6-10　中水处理平面布置示例

图中编号含义同图 6-9。

7 特殊建筑给水排水

7.1 游 泳 池

7.1.1 分 类

游泳池一般按功能分类：

(1) 比赛游泳池：用于正式比赛，或在非比赛期间用于训练和对社会游泳爱好者开放，一般情况下，该类游泳池兼作水球和花样游泳比赛用。它的设计必须符合国家和国际游泳联合会颁布的《游泳比赛规则》的规定。

(2) 跳水游泳池：用于跳水前训练和比赛，可单独建造，也可与比赛或训练池合建。两者的基本要求，均应符合《游泳比赛规则》的要求和规定。

(3) 训练游泳池：用于训练和初学者培训，这种类型的游泳池水深较浅，其它设施基本同比赛用游泳池。

(4) 公共游泳池：这类游泳池对社会游泳爱好者开放。

(5) 儿童游泳池：这类游泳池供儿童初学和游泳用，儿童游泳池的平面尺寸和形状可为任意，且水深浅。

(6) 幼儿嬉水池：供幼儿适应水中活动玩耍嬉水之用，水池的平面尺寸和形状可为任意且水深更浅一些。但为了适合儿童特点，可在游泳池附近设置一些小品，如滑水梯小喷水等。该类游泳池可与儿童游泳池合建在一起。

7.1.2 规 格

(1) 各种游泳池平面尺寸及水深，见表 7-1。

游泳池平面尺寸及水深　　表 7-1

游泳池类别	水深 (m)		池长度 (m)	池宽度 (m)	备注
	最浅端	最深端			
比赛游泳池	≤2.5①	≤2.5①	50	26①,21,25	
水球游泳池	≤2.0	≤2.0	≥34	≥20	
花样游泳池	≤3.0	≤3.0		21,25	

续表

游泳池类别	水深（m）		池长度（m）	池宽度（m）	备注
	最浅端	最深端			
跳水游泳池	跳板(台)高度	水深			
	0.5	≥1.8	12	12	
	1.0	≥3.0	17	17	
	3.0	≥3.5	21	21	
	5.0	≥3.8	21	21	
	7.5	≥4.5	25	21,25	
	10.0	≥5.0	25	21,25①	
训练游泳池					
运动员用	1.4～1.6	1.6～1.8	50	21,25	
成人用	1.2～1.4	1.4～1.6	50,33.3	21,25	含大学生
中学生用	≤1.2	≤1.4	50,33.3	21,25	
公共游泳池	1.8～2.0	2.0～2.2	50,25	25,21,12.5,10	
儿童游泳池	0.6～0.8	1.0～1.2	平面形状和尺寸视具体情况由设计定		含小学生
幼儿嬉水池	0.3～0.4	0.4～0.6			

①为国际比赛标准。

(2) 游泳池长向断面有下列几种(见图 7-1)：

1) 水深不变，见图 7-1(a)。

2) 适合沿长边方向进行池水循环，见图 7-1(b)。

3) 适用于游泳，见图 7-1(c)。

4) 游泳跳水兼用游泳池，见图 7-1(d)。

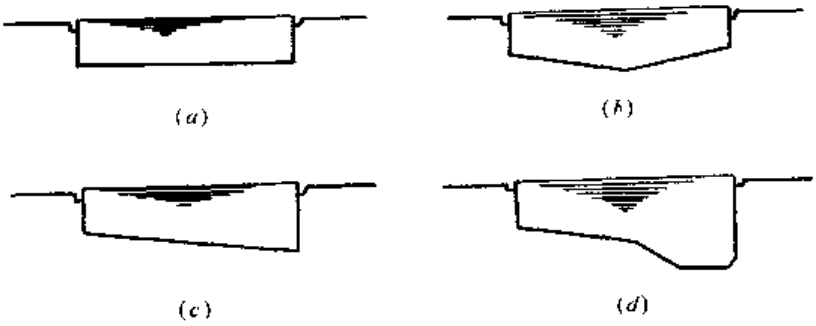


图 7-1　游泳池纵剖面

7.1.3　水面面积指标

公共游泳池的水面面积，应根据实际使用人数计算确定。使用人数按该地区总人口数的 10%计；普通游泳池一般按 30%～40%的入场人数在水中活动，60%～70%的人数在岸上活动或休息；对社会开放的游泳池在水中活动的人数约为入场人数的 50%～60%，在水中的人数中约 25%为技术熟练者，可在深水区活动，其余在浅水区。

各种游泳池的水面面积指标，见表 7-2。

各种游泳池的水面面积指标 表 7-2

游泳池类别	比赛池	跳水池	游泳、跳水合建池	公共池	练习池	儿童池	幼儿池	水球池
面积指标(m^2/人)	10	3～5	10	2～5	2～5	2	2	25～42

7.1.4 用水量定额

(1) 补充水量：游泳池在运行中，因过滤设备反冲洗，游泳池排污、水面蒸发，水面溢流等，水量不断损失。水量损失中，反冲洗和排污损失较大，但反冲洗和排污在时间上是可以错开的。因此，计算设计补水量时，按两者最大的取值，再乘以 1.1～1.15 的系数。不同用途的游泳池每天的补水量估算，见表 7-3。直流给水系统的小时补水量，不得小于游泳池容积的 10%～15%。

游泳池的补充水量 表 7-3

游泳池类型和特征	比赛、训练和跳水用游泳池		公共游泳池		儿童游泳池 幼儿戏水池
	室内	露天	室内	露天	
占池水容积的百分数(%)	3～5	5～10	5～10	10～15	不小于 10

注：如卫生防疫部门有规定时，还应符合卫生防疫部门的有关规定。

(2) 补水方式：水源为城市自来水时，宜采用间接补水方式。间接补水方式可设置补给水箱补水，也可利用平衡水池补水。补给水箱的容积：普通游泳池为 40L/m^2 水面面积；其它游泳池为 30L/m^2 水面面积。补给水箱和游泳池之间应设连通管，以使水箱和游泳池水位保持一致。采用直接补水和充水方式时，应采取有效的防回流措施。

(3) 初次充水时间：游泳池的充水时间一般按 24～48h 考虑，在特殊情况下也可缩短或延长，根据充水时间和游泳池总容积确定给水流量和管径。

(4) 辅助设施用水量定额：除游泳池补充水量外，还应根据其用途、设备条件等计算出其它辅助设施用水量，见表 7-4。辅助设施用水量的小时变化系数，取 2.0。

辅助设施用水量定额 表 7-4

项目	单位	定额	项目	单位	定额
强制淋浴	L/(人·场)	50	运动员饮用水	L/(人·d)	5
运动员淋浴	L/(人·场)	60	观众饮用水	L/(人·d)	3
入场前淋浴	L/(人·场)	20	大便器冲洗用水	L/(h·个)	30
工作人员用水	L/(人·d)	40	小便器冲洗用水	L/(h·个)	180
绿化和地面洒水	L/(m^2·d)	1.5	消防用水		按消防规范
池岸和更衣室地面冲洗	L/(m^2·d)	1.0			

(5) 总用水量：平均每天总用水量应为游泳池补充水量和辅助用水量之和。同时给水设施的供水能力，还应满足初次充水时的用水要求。

续表

供水方式	适用条件	优缺点	备注
直流供水： 连续向池内补充新水，同时不断自泄水口和溢流口排走被沾污的水	有充足清洁水源（自流井、温泉、清洁的井水或河水）时	系统简单，投资省，维护简便，在有自备水源时运行费用低 应对水源进行卫生监督和建立卫生防护带。地下水含铁量较高时及地面水不符合要求时要进行必要的处理	为保证水质，每小时的补充水量应为池水容积的10%～15%，每天应清除池底和水面污物，并用漂白粉、漂粉精等进行消毒。应定期测定池水和补给水水质
循环供水： 设专用净化系统，对池水进行循环净化、消毒、加热等处理	各种游泳池均能适用	可保证水质，符合卫生要求，运行费用较低，耗水量少 系统较复杂，投资贵，维护管理较麻烦，要求有一定的技术水平	每天应清除池底和水面污物。应定期测定处理效果和补给水的水质

（2）定期换水和直流供水：

1）定期换水：这种供水方式虽可根据池水检验结果，在不满足卫生要求时，及时换水。但因一般简易游泳池往往缺少必要的检测设备和卫生设备，卫生防疫部门又不能经常进行检查监督，再加游泳人数常常很多，所以卫生条件较差，有可能成为疾病传播的途径之一，所以不宜推荐采用。

但因目前很多公共游泳池和学校游泳池受条件限制仍采用这种方式，故应加强管理和卫生监督。此外在设计时还应考虑以下几点：

① 游泳池池表面材料应易于去污，要求池底施工平整以免集污纳垢。

② 在以市政自来水为水源时，不得将给水管道直接与游泳池连接，并保持有空气间隔，以防倒流污染自来水水质。

③ 游泳池的排水管道不得与下水道直接连通，应采取间接排水，以免下水道污染游泳池。

④ 游泳池的泄水时间一般按2～6h计算。

2）直流供水：对于公共游泳池，在有条件（如当地有丰富的水量符合要求的天然水质水温）时，应优先采取这种供水方式。设计应按照以下要求进行：

① 游泳池结构不得渗漏，池表面材料应易于去污。要求池底施工平整，以免集污纳垢。

② 在以市政自来水为水源时，给水应设平衡水池，以保持游泳池水位恒定，给水口距水位应有100mm以上的空气间隔。

③ 游泳池排水管道不得与市政排水管道直接连通，应采取间接排水方式。因排出管标高不能保证空气隔断要求时，应采用水泵排水方式。

（3）循环供水：

1）基本要求：对循环供水方式的基本要求：

① 配水均匀，防止在池内形成死水区和涡流区，以免细菌和藻类大量繁殖，使水质恶化。

② 防止局部流速过快形成短流和各泳道水流速度不均匀，而影响比赛成绩。

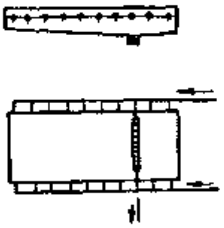
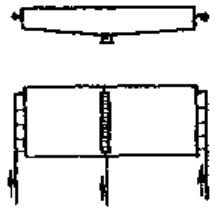
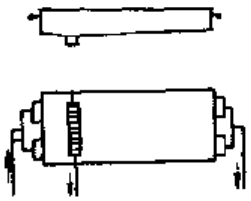
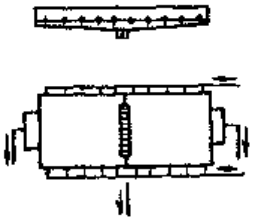
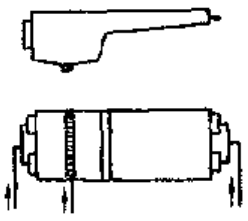
③ 应防止水面集存漂浮物和池底沉积污物。

④ 保证整个池内水温均匀。

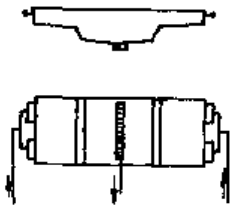
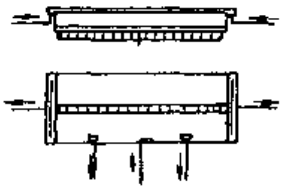
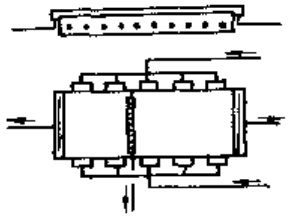
⑤ 补给水管道不得与市政自来水管道直接连通，应通过止回隔断阀，采用补给水池、平衡池等补给，以便有效防止倒流。

2）常用循环方式：常用循环方式及图式，见表 7-8。

常用循环方式　　表 7-8

循环方式	图式	优缺点	注意事项
1	2	3	4
两侧上部进水底部回水		底部回水口可与排污口、泄水口合用，结构形式简单，配水较均匀 不利于表面排污，池底局部会有沉淀产生	两侧进水口宜对称布置，以免形成涡流 管道布置应使每个进水口（和回水口）流速一致或使距回水口较近的进水流速稍小一些。回水口不宜离进水口太近，以免短流
两端上部进水底部回水		底部回水口可与排污口、泄水口合用，结构形式简单，配水较均匀 不利于表面排污	管道布置应使每个进水口和回水口流速一致或使靠回水口较近侧的流速稍小一些，以免形成涡流。回水口不宜离进水口太近，以免短流
深水端进水浅水端（可通过溢流槽）回水		一般浅水端沾污较严重，浅水区会有沉淀产生，有利于表面排污	管道布置应使每个进水口和回水口流速一致，以免形成涡流
两侧下部进水，两端上部（可通过溢流槽）回水		配水较均匀，可减少池底沉淀和水面漂浮污物，有利于水面排污；但易形成水流短路	两侧进水口宜对称布置，以免形成涡流。为减少短流，应使靠进中间的进水口流速稍大
两端进水（深水区分层进水）底部回水		池底沉淀少，配水较均匀；不利于水面排污	管道布置应使各进水口和回水口流速一致

续表

循环方式	图 式	优 缺 点	注 意 事 项
1	2	3	4
两端进水，中间深水区底部回水		池底沉淀少，配水较均匀；不利于水面排污	管道布置应使各进水口和回水口流速一致
底部进水，周边溢流回水		配水较均匀，底部沉淀较少，有利于表面排污，为国际泳联推荐方式	要保证进水管配水均匀
两侧进水（上部或下部），两端溢流和底部回水		配水较均匀，有利于池底和水面排污	要保证进水配水均匀，或使远离回水口的进水流速加大

3）循环流量：循环流量一般根据循环次数，按式(7-1)计算：

$$Q_x = \alpha V / T \quad (m^3/h) \tag{7-1}$$

式中 Q_x——游泳池水的循环流量(m^3/h)；

α——管道和过滤设备水容积附加系数，一般为 1.1～1.2；

V——游泳池的水容积(m^3)；

T——游泳池水的循环周期(h)，应根据游泳池的使用性质，游泳人数、池水容积、水面面积和池水净化设备运行时间等因素确定。一般可按表 7-9 采用。

游泳池水的循环周期 表 7-9

游泳池类别	循环周期 T(h)	循环次数 N(次/d)
比赛池、训练池	6～10	4～2.4
跳水池、私用游泳池	8～12	3～2
公 共 池	6～8	4～3
跳水、游泳合用池	8～10	3～2.4
儿 童 池	4～6	6～4
幼儿戏水池	1～2	24～12

注：表中数字是 24h 连续运行的数据，对于每日使用时间不长或负荷较小的游泳池，可仅在开放前或使用后进行循环处理。

4) 循环水泵：循环水泵可采用各种类型的离心清水泵，在选择时除按一般清水泵选择原则外，还应符合下述要求：

① 设计流量，应按式(7-1)、表 7-9 计算。不同用途的游泳池的循环水泵宜单独设置。

② 设计扬程应根据管路、过滤设备、加热设备给水口、回水口等的阻力和安装高差计算确定。过滤器的最大阻力，见表 7-11；也可根据产品样本参数估算。

③ 循环水泵的流量扬程，应按滤池反冲洗工况进行校核。备用泵容量，宜按过滤器反冲洗时工作泵与备用泵并联运行确定。

④ 循环泵应尽量靠近游泳池布置成自灌式。在距游泳池较远时，应设吸水池(可兼作补给水池)。吸水池与游泳池之间的连通管内，最大流速不宜大于 1.2m/s，以减少水头损失。

⑤ 水泵机组和管道应有减震和降低噪声措施。

5) 循环水管道：

① 水泵吸水管流速，宜为 1.0～1.2m/s；出水管流速，宜为 1.5m/s；循环回水管流速，宜为 0.7～1.0m/s。管材宜采用给水铸铁管或塑料管、ABS 管等。

② 循环水管道宜敷设在沿游泳池周边设置的管廊或管沟内。如埋地敷设，应采取防腐措施。

7.1.7　循环水处理

(1) 预净化：为了防止游泳池中夹带的固体杂质堵塞循环水泵，并防止池水中的毛发、树叶、纤维等污物进入过滤设备破坏滤料层，而影响过滤效率和水质。故应在池水进入水泵和过滤设备之前，采取去除措施即为预净化。

预净化装置由毛发聚集器和平衡水池组成。

1) 平衡水池：平衡水池不单纯是预净化还可作水泵吸水池并向游泳池间接补水用。

平衡水池设置条件：

① 池水为逆流式和混合式循环时，由于是溢流回水，若管道直接作为水泵吸水管，会造成水泵工作不正常。为了保证水泵的正常工作和规定的循环水流量，应设一个吸水池。

② 数座游泳池共用一组并联过滤器时，必须对各个游泳池的水位进行平衡。

③ 由于条件限制，水泵必须设置在泳池水面以上时，平衡水池可以安装底阀，而不设抽真空装置。另外，平衡水池还能使循环水中较大颗粒污物、固体杂质得到初步沉淀，并将补水管接入平衡池达到间接自动地进行补水。

④ 为保证游泳池水的正常循环水量，使泳池的水面始终处于溢流水位线，平衡池的有效容积不得小于循环水给水管、回水管、过滤器以及加热装置等的水容积。为了使循环水泵能正常地工作，上述所计算出的容积还不得小于循环水泵 5min 的出水量。

⑤ 平衡水池与游泳池应有连通管，管内流速宜采用 0.7m/s。池内底面应低于游泳池底面 700～1000mm。用平衡池补水时，水位控制阀出水口应高出游泳池溢流水位 100mm 以上。

2) 毛发聚集器：毛发聚集器应便于经常清扫滤网内的毛发及沉积物，见图 7-2；也可把毛发聚集器与水泵连在一起而成为一台设备，见图 7-3。

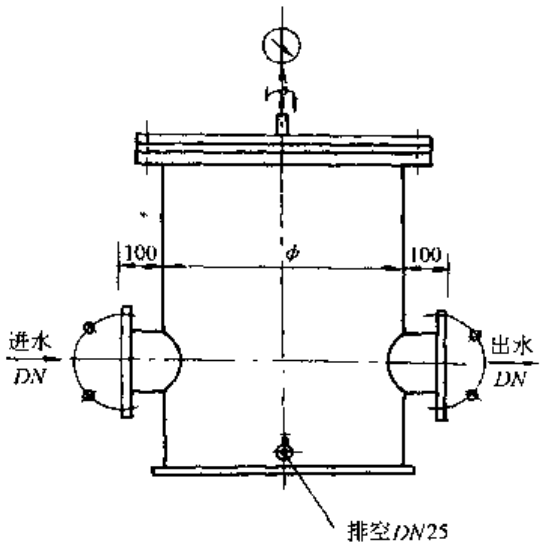


图 7-2 毛发聚集器

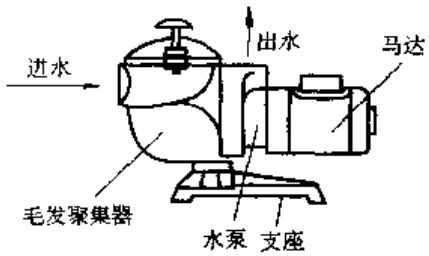


图 7-3 带毛发聚集器的水泵机组

毛发聚集器的滤筒(网)的材质,可采用铜制、不锈钢制或塑料制造,其使用效果都较满意。设计时可根据当地实际情况选用。

过滤筒(网)的孔眼直径,不宜超过 3mm。为保证循环水流量不受影响,过滤筒(网)的总过水面积应大于连接管截面积,一般为连接管截面 1.5~2.0 倍。

毛发聚集器的及时清洗对系统正常运行极为重要,对设置一台水泵的小型游泳池,采取更换的方式进行清洗。大型游泳池多采用工作泵与备用泵交换运行时对停泵配套的过滤器进行清洗。

(2) 过滤:游泳池的回水,应经过滤消毒处理后,再回到游泳池。

过滤器的选型应根据游泳池的规模、使用性质、平面布置、管理条件等因素考虑。

过滤器的材质有碳钢、玻璃钢和塑料外壳等。

设计时应注意以下事项:

1) 为保持过滤器的稳定高效运行,宜按 24h 连续运行设计。

2) 不得采用市政自来水直接进行过滤器的反冲洗,以免造成回流污染。一般采用过滤器出水,反冲洗水箱或游泳池水进行反冲洗。

3) 滤前应加混凝剂,必要时还可在滤前加助凝剂,除藻剂和进行 pH 调整的调整剂。常用混凝剂和助凝剂,见表 7-10。

常用混凝剂和助凝剂 表 7-10

名 称	作 用	投加量 (mg/L)	投加方式	备 注
明矾(硫酸铝钾) $Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O$	作混凝剂	5~10	泵前重力或泵后压力湿投,一般溶液浓度采用 10%	在管道较短时,可能会在游泳池内产生矾花,所以投加点应尽量远距游泳池和过滤器
蓝矾(硫酸铜) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	作除藻剂,使池水呈蔚蓝色,增加水的透明度	<1	溶解后直接投至游泳池内或与混凝剂一起投加(定期或不定期间断投加)	为防止生物产生抗药性,一般不采用连续投加方式。在水的硬度较大时,会使除藻作用减弱

续表

名　称	作　用	投加量(mg/L)	投加方式	备　注
纯碱 $NaHCO_3$ 烧碱 NaOH 苏打 Na_2CO_3	作助凝剂，调节池水的 pH 值和碱度，降低水的色度	3～5	同　蓝　矾	经常投加硫酸铝钾和硫酸铝会使 pH 值降低，应进行调节
硫酸铝(精制或粗制) $Al_2(SO_4)_2 \cdot 18H_2O$	作混凝剂	5～10	同　明　矾	同　明　矾
绿矾(硫酸亚铁) $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$	作混凝剂	5～10	同　明　矾	同　明　矾

注：1. 视混凝过滤效果，也有采用海藻酸钠$(NaC_3H_7O_6)n$，活化硅酸等作助凝剂的。

2. 表中投加量为设计数据，实际运行中应根据具体情况通过调试取得最佳数值。

4) 滤罐的个数及单个滤罐面积，应根据规模大小、运行维护等情况，通过技术经济比较确定，一般不少于 2 个。国内常用过滤设备的主要参数，见表 7-11。

常用过滤设备的主要参数　　表 7-11

名　称	过滤速度(m/h)	反冲洗强度[L/(s·m²)]	反冲洗时间(min)	最大运行阻力(m)	滤料级配		备　注
					粒径(mm)	厚度(mm)	
石英砂滤料压力过滤器(包括立式、卧式)	8～15	单独水洗：12～15 气水混洗：风量 20～30 水量 8～15	单独水洗：5 气水混洗：风洗 10 水洗 6～10	3～5	0.5～1.2	600～700	效果好，运行可靠，管理简单，布置灵活，不会溢流 每二、三年要翻洗或更换一次滤料，劳动强度大，阀门较多操作较麻烦，滤速不够均匀，过滤周期较短
双层滤料(石英砂无烟煤)压力过滤器	14～18	单独水洗：13～16	单独水洗：5	3～5	无烟煤 0.8～1.8 石英砂 0.5～1.2	300～400	效果好，反洗耗水量小，设备体积较小 滤料成本较高
聚苯乙烯塑料珠滤料压力过滤器	20～25	4～10	3～5	1～3	1.2～2.0	700～800	效果较好，设备体积小，安装方便，投资较省，滤料装卸容易，劳动强度小，过滤阻力小 滤料强度较低，因比重小，不易筛分和保证级配要求，容易流失易产生偏流
水力自动曝气滤器	35～50	32	3	2.2	0.5～1.8		全自动运行，运行可靠、管理简单、占地面积小、价格低

据国外资料介绍，游泳池水的滤罐的滤速，可达 35～50m/h。滤罐均采用石英砂作滤料，而不采用聚乙烯塑料珠滤料。据介绍因滤速高轻质滤料易破损而影响水质，同时反洗时易发生滤料丢失。

滤罐一般采用玻璃钢外壳，其特点是重量轻、安装方便、操作简便。它的过滤及反洗均由一个多通道阀门控制（见图 7-4），只要旋转多通道阀的方向，即可完成过滤和反洗功能。图 7-5 表示另外一种多通道阀的构造，将阀门的手柄放平时为过滤，向上抬起时为反洗。

其集水系统由多根集水管组成，在集水管下半部分开缝隙进水，见图 7-6。

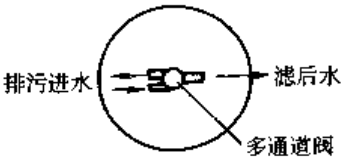


图 7-4 带多通道阀滤罐平面

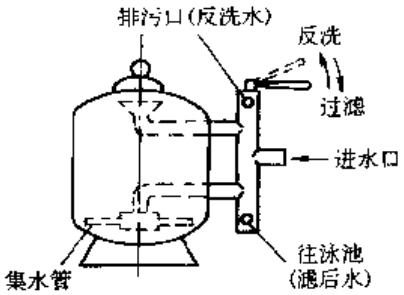


图 7-5 带多通道阀滤罐立面

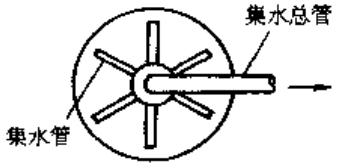


图 7-6 滤罐配水方式

(3) 药剂投加方式：在我国已建成的游泳池中，多数采用重力湿式投加方式。这种投加方式对压力要求不高，且节能，使用效果较好，见图 7-7。

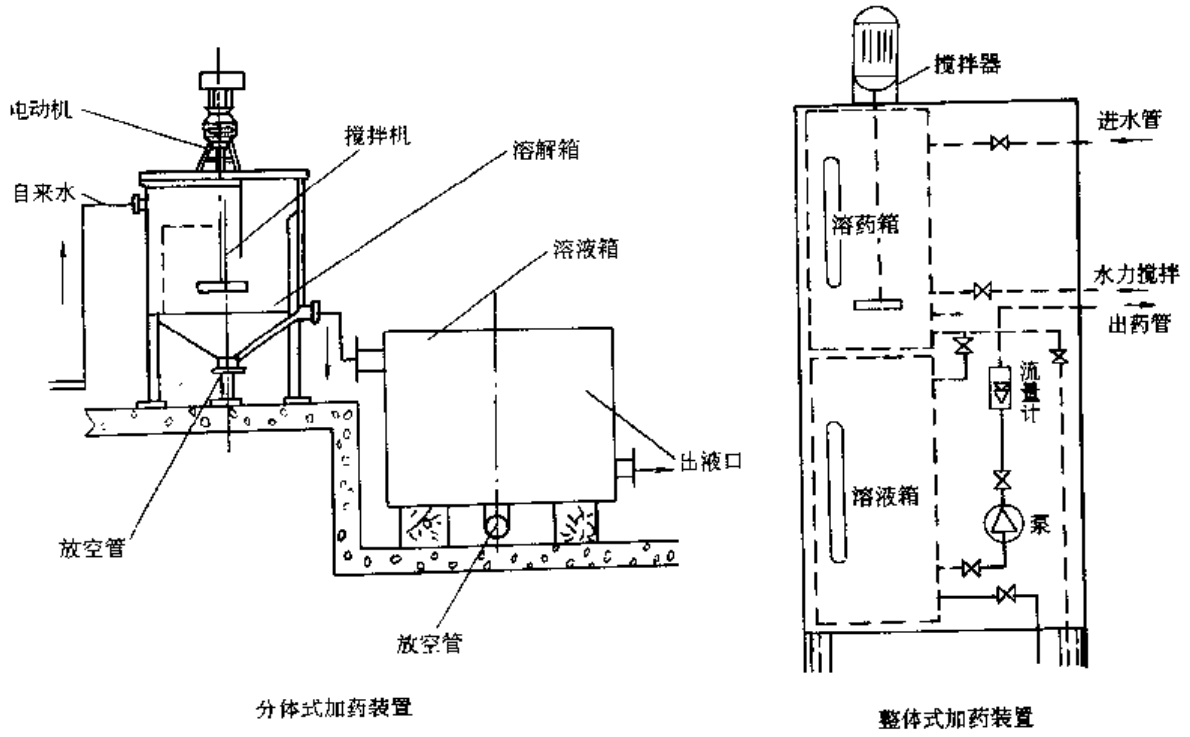


图 7-7 重力式投药设备

压力式投加是将药剂配制成一定浓度的溶液，利用计量泵，根据循环流量的大小，按比例注入至循环水中。

(4) 游泳池水的消毒和 pH 值控制：为保证池水清洁安全，防止疾病传播，保证游泳者的

健康，池水必须进行严格消毒处理及控制 pH 值。

1）消毒剂及消毒方法：目前国内采用的消毒剂有液氯、次氯酸钠、臭氧、氯片和漂粉精等。大型游泳池一般采用液氯或次氯酸钠、臭氧消毒剂消毒。

① 液氯消毒：液氯消毒方法在国内应用较普遍。其原因是：氯杀菌能力强，并具有持续杀菌功能，且比其它消毒方法经济。但它有气味和味道，对人的眼睛和咽喉有刺激，对游泳池的建筑、设备、管道有腐蚀；如泄漏会发生安全事故等缺点。但在运行中只要按规章操作和管理，事故完全可避免。投加方式可由加氯机连续或间歇投加。

② 次氯酸钠消毒：采用次氯酸钠消毒，是因它具有比液氯消毒更经济的优点，而且安全性更好一些，次氯酸钠可就地制取。投加方式可连续或间歇式、重力或压力投加。

③ 臭氧消毒：臭氧消毒目前在国内有广州天河体育中心游泳馆和北郊游泳馆等处使用。

臭氧消毒比氯具有更强的杀菌能力，而且不破坏和改变水的物理性质，具有脱色、去臭性能，对游泳者无刺激作用。但臭氧有毒性，池水中不允许超过 0.01mg/L。臭氧消毒设备费用高、耗电大（制取 1kg 的臭氧，需耗 28～87kW·h 电能），且无持续消毒功能，使用时需辅以液氯，以达到水中游离余氯 0.4～0.6mg/L 的要求。

2）投加量的确定：游泳池消毒剂投加量，应满足下列要求：

① 杀灭水中细菌。

② 氧化有机物。

③ 满足无机物参与化学反应需要。

④ 满足余氯需要。

投加量按式(7-2)计算：

$$P'_e = V\frac{100}{X}a \quad (\text{mg}) \tag{7-2}$$

式中　P'_e——氯的用量(mg)；

V——游泳池的容积(m^3)；

X——消毒剂有效氯的百分数；

a——余氯量(mg/L)，宜采用 0.4～0.6mg/L。

初次使用的游泳池，投加量应乘以 1.3 倍。

3）加氯设备：

① 为保证游泳池的余氯浓度投加量，应按最大循环水量设计。

② 大型和使用性质重要的游泳池，加氯应考虑连续不断，且加氯机至少应设置一套备用。

③ 湿式和真空式加氯设备，要有一定量、不间断压力稳定的水源。

4）pH 值控制：游泳池水的 pH 值控制非常重要，水中许多化学反应都受 pH 值影响，池水中加氯和游泳人员出汗等情况也影响 pH 值变化。游泳池的 pH 值宜在 7.4～7.6 之间，低于 7.4 时会刺激眼睛，锈蚀涂层和构件，同时会使消毒剂作用衰减。pH 值大于 7.6 时，也会对游泳者的眼睛不利和影响消毒剂的效率。因此游泳池水必须进行 pH 值控制。pH 调整剂可采用纯碱或碳酸盐类，设计投加量，采用 3～5mg/L。

消毒剂投加量控制指标是氧化还原电位(ORP)。ORP 主要是用于测量消毒剂的活性，

特别是当池水 pH 值高或含氰尿酸浓度高时，ORP 能表示这些物质活性的程度，国际泳池水质标准表明：游泳池应经常保持 ORP 在 650mV 以上。为便于现场，可把 ORP 值刻度转换成氯浓度刻度，以 mg/L 表示。

游泳池 pH 值和消毒剂浓度的自动控制由 pH 探头、ORP 探头、控制器和计量泵的投药装置等组成，见图 7-8。

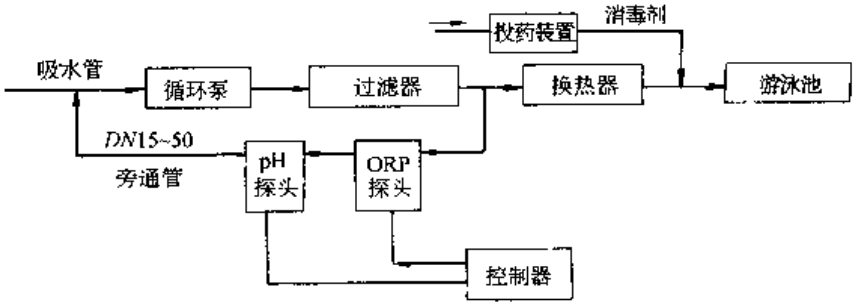


图 7-8 游泳池 pH 和消毒剂自动投加控制示意

除藻剂一般采用硫酸铜，设计投加量为 1.0mg/L。

pH 调整剂和除藻剂可间断式投加。

(5) 加热：游泳池的水温与环境温度有关，通常池水温度在 25～27℃之间。因此，游泳池的补给水和循环水，除南方地区夏季和采用温泉水源外均需加热；但露天游泳池和无严格要求的游泳池，也可不加热。常用加热方式和加热设备与普通热水供应基本相同，见第 3 章。本章就其特点简述如下。

1) 加热方式：与一般热水供应相同，可采用汽—水和水—水快速及容积式换热器间接加热，也可采用汽水混合和热水锅炉直接加热，对于小型游泳池也可采用电加热和太阳能加热。

2) 加热原则：

① 池水温度应视环境温度和游泳池用途而定，如普通室内游泳池在有完善的采暖空调设施时，池水温度可为 24～27℃左右；如气温较低时，池水温度以 27℃以上为宜。

② 露天游泳池的池水，一般不进行加热，但水温不宜低于 22℃。

3) 耗热量计算：设计耗热量应包括游泳池水面蒸发热损失，水面、池壁、池底、管道、设备等传导热损失及补给水加热需要的热量。各种热损失和耗热量，按以下方法进行计算：

① 水面蒸发热损失：水面蒸发热损失，按式(7-3)计算：

$$Q_z=\alpha\nu(0.0229+0.0174v_f)(P_b-P_q)A\frac{760}{B}\quad(kJ/h)\qquad(7\text{-}3)$$

式中 Q_z——池水面蒸发损失的热量(kJ/h)；

α——水的比热($\alpha=4.187kJ/kg\cdot℃$)；

ν——与游泳池水温相等的饱和蒸汽的蒸发汽化潜热(4.187kJ/kg)；按表 7-12 采用；

v_f——游泳池水面上的风速，一般按下列规定采用；

室内游泳池：$v_f=0.2\sim0.5m/s$；

露天游泳池：$v_f=2\sim3m/s$；

P_b——与游泳池水温相等的饱和蒸空气的水蒸气压力(133.32Pa)；

P_q——游泳池的环境空气的水蒸气压力(133.32Pa)；

A——游泳池水面面积(m^2)；

B——当地的大气压力(133.32Pa)。

水的蒸发潜热和饱和蒸汽压　　**表 7-12**

水　温 (℃)	蒸发潜热 γ(4.187/kg)	饱和蒸汽分压 P_b(133.32Pa)	水　温 (℃)	蒸发潜热 γ(4.187/kg)	饱和蒸汽分压 P_b(133.32Pa)
18	587.1	15.5	25	583.1	23.8
19	586.6	16.5	26	582.5	25.2
20	586.0	17.5	27	581.9	26.7
21	585.4	18.7	28	581.4	28.3
22	584.9	19.8	29	580.8	30.0
23	584.3	21.1	30	580.4	31.8
24	583.6	22.4	—	—	—

气温与相应的蒸汽分压　　**表 7-13**

气　温 (℃)	相对湿度 (%)	蒸汽分压 P_q(133.32Pa)	气　温 (℃)	相对湿度 (%)	蒸汽分压 P_q(133.32Pa)
21	50	9.3	26	50	12.5
	55	10.2		55	13.8
	60	11.1		60	15.2
22	50	9.9	27	50	13.3
	55	10.9		55	14.7
	60	11.9		60	16.0
23	50	10.5	28	50	14.3
	55	11.5		55	15.6
	60	12.6		60	17.0
24	50	11.1	29	50	15.1
	55	12.3		55	16.5
	60	13.4		60	18.0
25	50	11.9	30	50	16.0
	55	13.0		55	17.5
	60	14.2		60	19.1

② 游泳池的水表面、池底、池壁、管道和设备等传导热量损失，应按游泳池水表面蒸发热量损失的20%计算。

4) 补充水加热需要的热量：补充水加热所需热量，按式(7-4)计算：

$$Q_b=\frac{\alpha v q_b(t_r-t_b)}{t}\quad(kJ/h) \tag{7-4}$$

式中 Q_b——补充水加热所需要的热量(kJ/h)；

q_b——每天补充水量(L)；

t_r——池水温度(℃)，按表 7-6 采用；

t_b——补充水温度(℃)，按冬季最不利水温计算；

t——每天加热时间(h)，利用补充水箱或平衡水池自动补水时，$t=24$h；其它补水方式按具体情况确定；

ν——水的密度(kg/L)；

α——水的比热[4.187kJ/(kg·℃)]。

5) 总耗热量：游泳池总耗热量为以上 3)、4)项之和。

6) 简化计算：

① 可按池水每天自然温度降计算损失的热量，按公式(7-5)计算：

$$Q=\frac{\alpha\nu^2\Delta tV}{24}\quad(\text{kJ/h}) \tag{7-5}$$

式中 Q——总热量损失(kJ/h)；

Δt——池水每天自然温降值(℃)，

室内游泳池：夏季 $\Delta t=0.1\sim0.5$℃；

冬季 $\Delta t=1.0\sim2.5$℃；

露天游泳池：夏季 $\Delta t=0.2\sim1.0$℃；

冬季 $\Delta t=1.5\sim3.5$℃；

ν——水的密度(kg/L)；

V——游泳池水容积(L)；

α——水的比热(4.187kJ/kg·℃)。

② 方案设计时总热量损失，可按表 7-14 估算。

游泳池每 m^2 水面积平均热损失估算值(kJ/h) **表 7-14**

气温(℃)	5	10	15	20	25	26	27	28	29	30
露天游泳池	4522	4187	3852	3433	2931	2847	2721	2596	2470	2302
室内游泳池	2345	2177	2010	1842	1507	1465	1382	1340	1256	1172

注：表中数值按下述条件计算：

水温：27℃；空气相对湿度：50%；风速：室内，0.5m/s，室外，2m/s。

7) 加热时间：加热时间按式(7-6)计算：

$$T_s=\frac{\alpha\nu V(t_s-t_b)}{Q_J}\quad(\text{h}) \tag{7-6}$$

式中 T_s——实际加热时间(h)；

V——游泳池的水容积(L)；

t_s——池水温度(℃)；

t_b——补充水温度(℃)，按冬季最不利水温计算；

Q_J——加热设备的实际加热能力(kJ/h)；

α——水的比热 $\alpha=4.187$kJ/(kg·℃)；

ν——水的密度(kg/L)。

8) 加热设备进出口水温差：

① 无补充水时按式(7-7)计算：

$$\Delta t=\frac{Q_z+Q_c+Q_{db}+Q_g}{\alpha\nu Q_x}\quad(℃)\tag{7-7}$$

式中　Δt——加热设备进出水管口的水温差(℃)；

Q_z——池水水面蒸发损失的热量(kJ/h)；

Q_c——池水水面传导损失的热量(kJ/h)；

Q_{db}——池底和壁传导损失的热量(kJ/h)；

Q_g——管道和设备损失的热量(kJ/h)；

Q_x——游泳池的循环流量(m^3/h)。

② 有补充水时按式(7-8)计算：

$$\Delta t=\frac{Q_z+Q_c+Q_{db}+Q_g+Q_b}{\alpha\nu Q_x}\quad(℃)\tag{7-8}$$

式中　Q_b——补充水加热所需的热量(kJ/h)。

7.1.8　附　属　装　置

(1) 进水口、回水口和泄水口：

1) 进水口：进水口的位置，应使配水均匀，池内流速不应对运动员运动成绩产生影响。一般进水口根据池水的循环方式，设在池壁或池底部，进水口接管直径不宜大于 50mm，也不宜小于 40mm。池壁给水口间距宜为 2～3m，拐角处给水口距离垂直池壁不宜大于 1.5m。给水口宜设在池水面以下 0.5～1.0m 处，以防余氯的过快损失，跳水池较深，进水口应上下两层错开布置。一般管内流速，采用 0.5～1.0m/s，进水口格栅孔隙流速一般为 0.6～1.0m/s。图 7-9 为给水口形式。每个进水口宜设置流量调节装置，进水口流量宜为 4～10m^3/(h·个)确定。

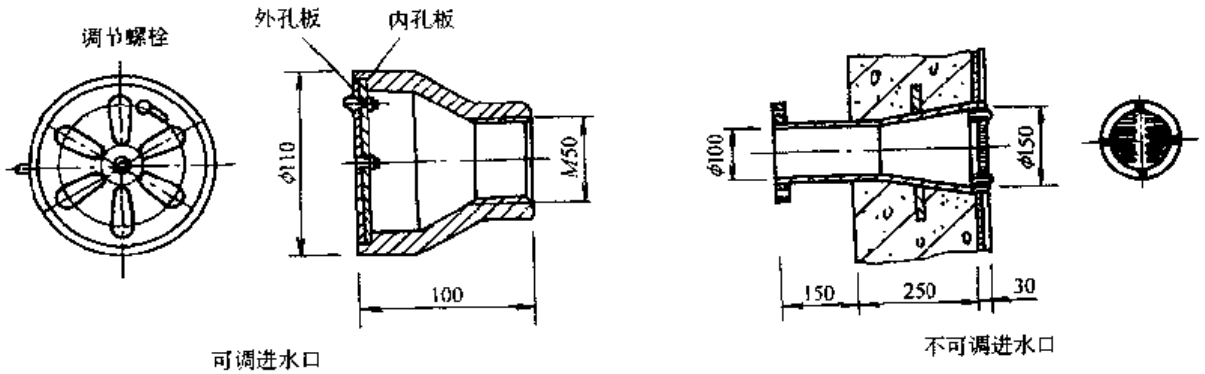


图 7-9　给水口形式

2) 回水口：回水口的基本要求同进水口。回水口应沿与循环水流垂直的方向均匀布置，一般设在池底最低处。箅子缝隙流速应尽量取低些，一般采用 0.1～0.5m/s。缝隙宽度不得大于 20mm，儿童池不得大于 15mm。图 7-10 为回水口的一些形式。回水管内流速宜

采用0.7～1.0m/s。

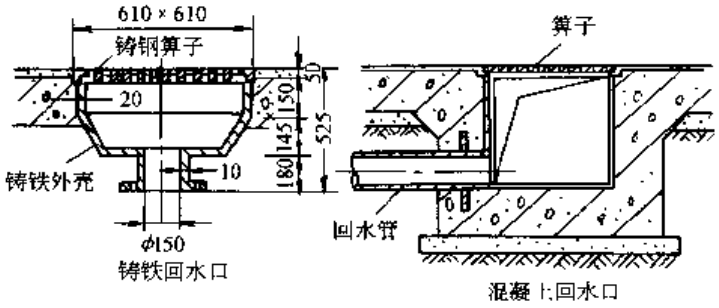


图 7-10 回水口形式

回水口沟坑必须有足够的有效过水面积，其面积一般不得小于连接管截面积的4～10倍。

3）泄水口：泄水口用于游泳池的泄空和排污，可以单独设置也可与回水口合并。

一般在下述情况时游泳池才需要泄空：室外游泳池冬季停止使用时；室内游泳池进行清扫时；游泳池在使用中发现水质被传染病菌或其它严重污染物沾污时。泄空时间一般可按4～6h考虑，最长不应超过12h。对于定期换水的供水方式，泄空时间应适当缩短。在有条件时应尽量采用重力泄水，但应注意防止污水倒流污染和游泳池被淹没。没有条件重力泄水时，也可利用循环水泵排水。在利用水泵排水时，池内水位降至一定水位时水泵会吸入空气，破坏正常工作；因而有时不能完全抽空，需另设小型辅助排水泵。

（2）溢流水槽和溢水口：溢流水槽常设在游泳池周边的池壁上或地面上，其槽沿应严格水平，主要用于排除水面漂浮污物，消除池水波浪，供游泳者扶把，也可作为循环回水的回水口。

溢流水槽的断面形状见图7-11。其断面尺寸至少应能通过10%的循环流量，并且应便

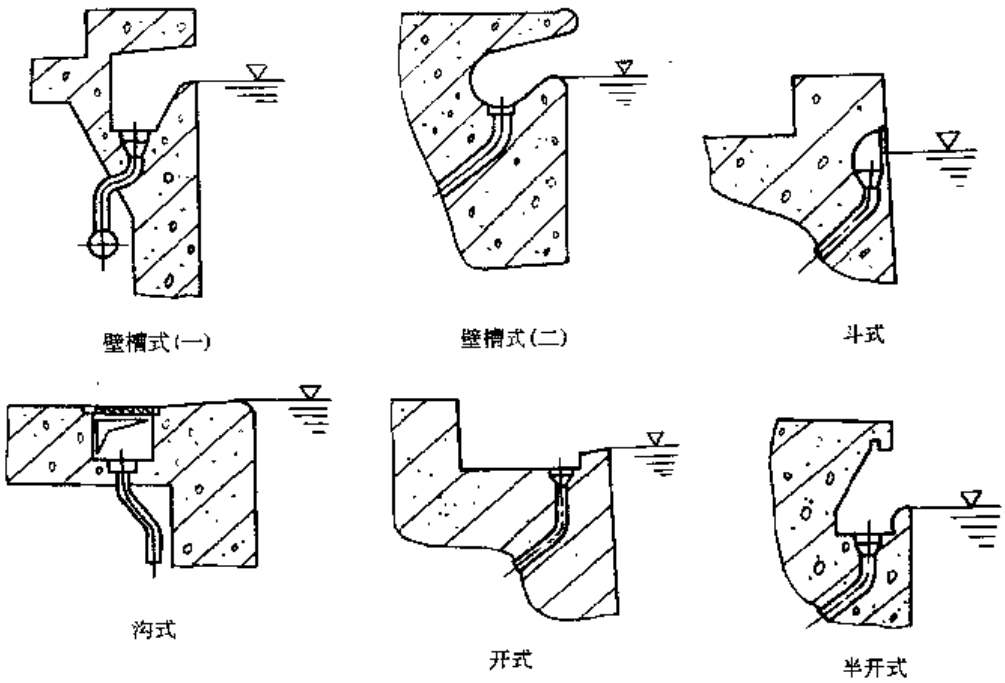


图 7-11 溢流水槽和溢水口形式

于溢水口的安装、施工和维护，其宽度不得小于150mm。如作为回水槽，宽度不得小于200mm，且槽内纵向应有不小于0.01的坡度，坡向溢水口，溢水口间距一般采用3m左右；连接的溢水管直径一般采用50mm；溢水口的面积一般采用接管断面积的4倍左右；为防止溢水管道堵塞，不得在管道上设存水弯和易造成堵塞的管件（如水流夹角小于90°的弯头、三通等）；溢流水管的管材可采用给水铸铁管或镀锌钢管，采用焊接钢管时需进行内外防腐处理。溢流水可排放至雨水道，不得直接与污水管道连接，以免池水被污染。

（3）排污：游泳池虽有循环过滤设备也会在池底形成沉淀物，必须及时排除。一般每天在游泳池开放前，将池底清除干净，保证池水的卫生要求。

常用的排污措施有以下几种：

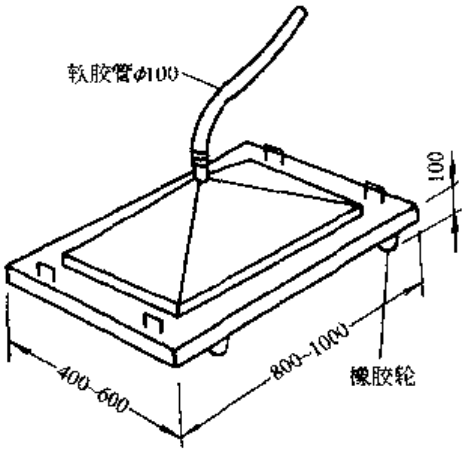


图7-12　虹吸排污器

1）人工排污：用棕板刷或压力水等，将池底沉淀物慢慢推至泄水口，然后打开泄水阀将之排除。也可排至回水口。

人工排污设备简单，但劳动强度大，需要时间长，只适用于小型游泳池。

2）虹吸排污：利用虹吸排污器见图7-12。在池底推拉移动，将污物虹吸至排水井内。为了形成虹吸，在使用前要将虹吸胶管充满水，然后将排出口一端放在比池水水面低的排水井内，也可采用真空泵吸水。

虹吸排污较人工排污省力，但耗水量大（每次达池容积的5%左右），且排污不够彻底。

3）水泵排污：同样利用前述虹吸排污器，但胶管与岸上移动式水泵连接，利用水泵抽吸排污。也可将小型潜污泵装在吸污罩上，利用潜水泵抽升排污。

水泵排污速度较快，但要人工移动排污器和水泵等操作比较笨重费力。

4）管道排污（见图7-13）：在游泳池四周排水沟内或池壁上，设置固定的排污真空管道，管道每隔一定距离设有阀门和排污口，用于连接带软管的吸污器。为防止管道漏气，可将之设在水面以下。排污真空管道可与循环回水管连接，也可设置专用真空扬液器形成负压。

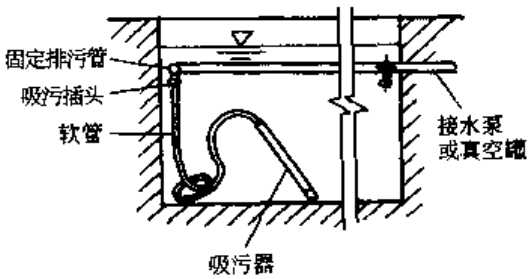


图7-13　管道排污系统

管道排污节省人力且排污较彻底，但设备较复杂，需要占用一定建筑面积，投资较贵。

（4）跳水池起波装置：为使运动员在跳水时能正确判断水面位置，跳水池水面应保持一定的细浪波纹，以防止因判断不准确造成动作失调，甚至造成水面拍伤视网膜、胸部等。所以，跳水池应设置人工起波装置。常用起波装置有以下几种方式：

1）注水式：在跳水池的两侧壁或端壁设置若干个注水喷头，见图7-14。喷头出口浸入水面以下50～100mm，直径φ15～20mm，两喷头的间距为2～3m。水源可利用自来水或加

压循环水，水压要求不小于 0.1MPa。该装置设备简单，能耗低，便于维护管理；但起波效果差。适用于低跳台或要求不严格的跳水池。

2）涌泉式：在跳水池池底每个跳台（板）前方设置 2～3 个向上喷水的喷头，见图 7-15。支管直径为 50mm，喷嘴直径为 20mm，水压要求不小于 0.1MPa。水源可采用加压循环水或温度合适的自来水。该装置设备简单，能耗低，维护管理较简便；但效果不够理想。适用于低跳台（板）或要求不太严格的跳水池。

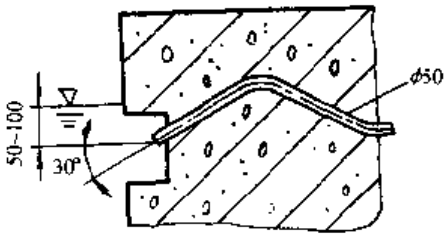


图 7-14 注水式起波喷头

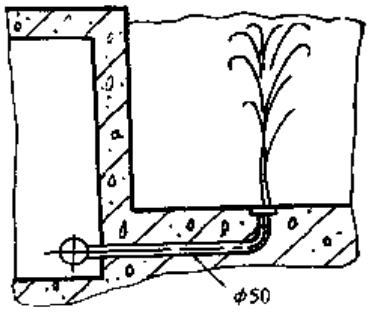


图 7-15 涌泉式起波喷头

3）多孔管喷水式（见图 7-16）：在跳水池的两端壁或侧壁设置多孔管，使自来水或加压循环水自孔内喷向水面，形成细碎波纹。多孔管可设在水面下或水面上。孔径可采用 3～4mm，孔间距可采用 400～500mm。该装置设备简单，耗能低，便于维护管理；但效果不够理想，多孔管设在水面以上时还会产生噪声。一般只用于要求不太严格的跳水池。

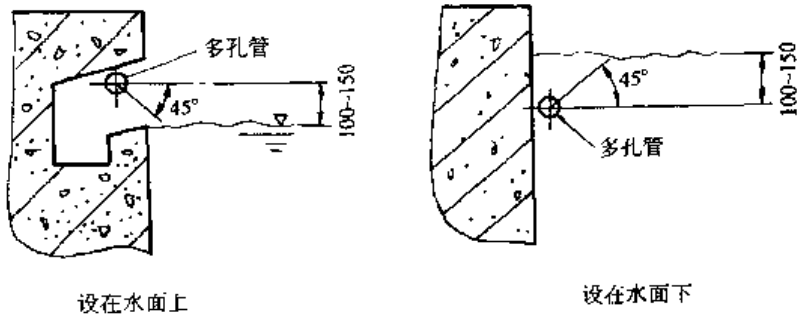


图 7-16 多孔管式起波

4）压缩空气鼓泡式：在池底或回水沟内设压缩空气管，管上开孔或设喷嘴，通入压缩空气自水下鼓泡，可造成水面粼纹细波，见图 7-17。

为防止水被污染，压缩空气应经除油处理，或采用无油压缩机。压缩空气压力应在 0.1MPa 以上，一般选用 $1m^3/min$，工作压力为 0.6MPa 的空气压缩机。

（5）强制淋浴和消毒设施：

1）强制淋浴设施：为保持池水的清洗，在游泳者进入游泳区之前和在使用过厕所之后，应通过强制淋浴通道进行淋浴和洗脚。专用游泳池则可不设强制淋浴设施。

强制淋浴装置形式（一）见图 7-18。为节约用水，最好采用光电自动控制淋浴器，有人通过时自动喷水，通过后自动关闭。水温宜控制在 26～28℃之间。每个喷头的流量，可按一个淋浴喷头流量计算。莲蓬头设置高度可采用 2.0m。

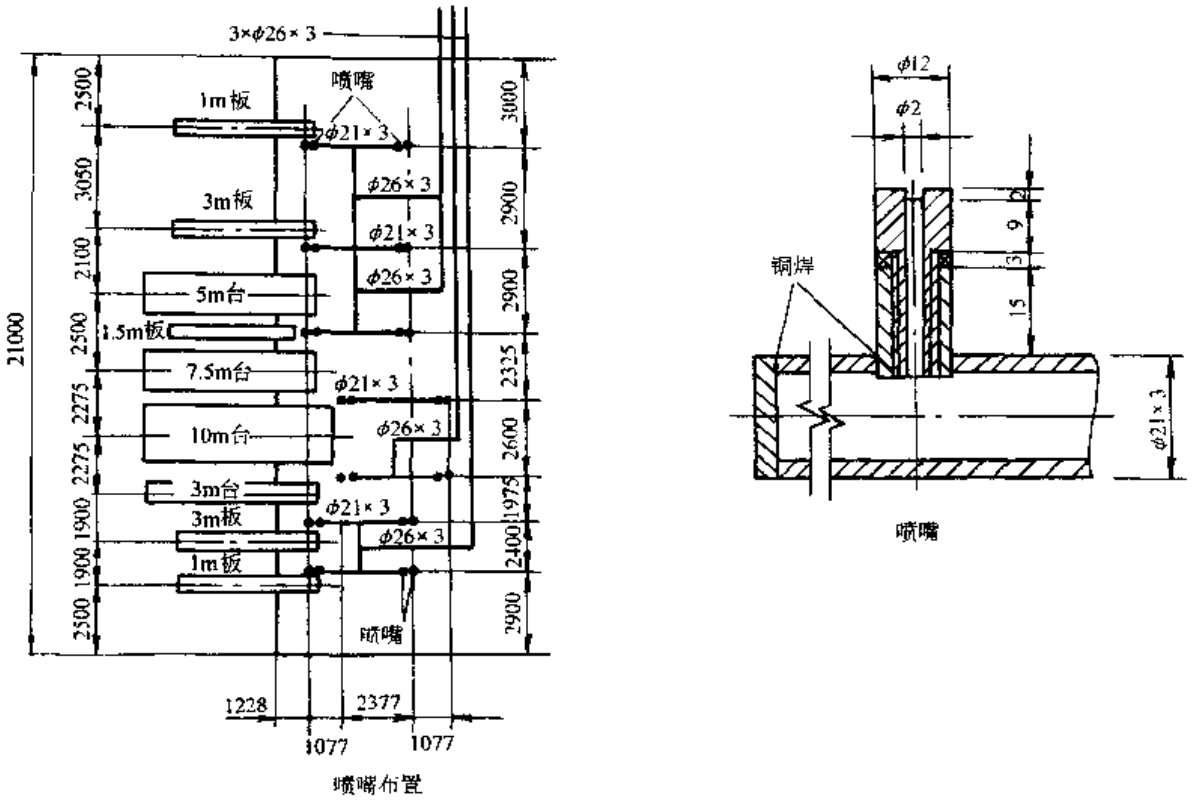


图 7-17　压缩空气鼓泡式起波装置

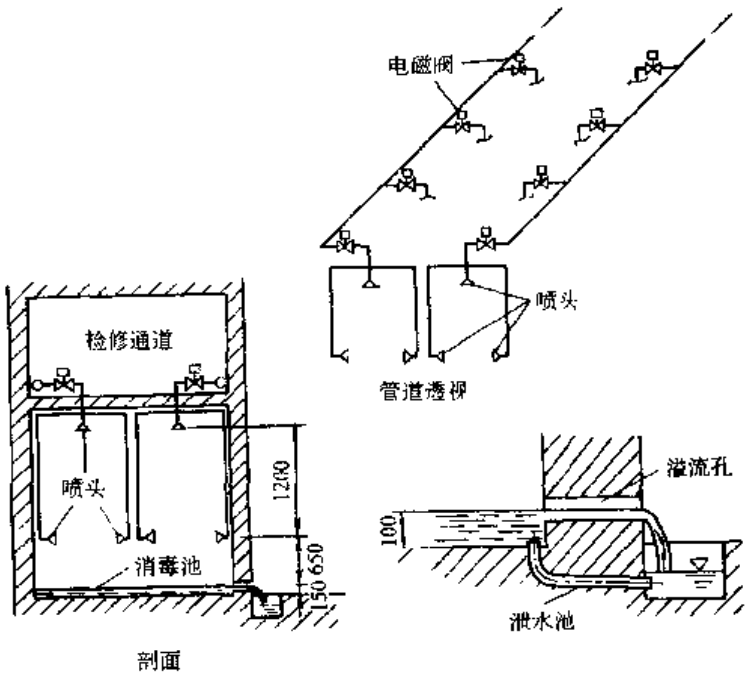


图 7-18　强制淋浴装置(一)

强制淋浴装置(二)为另一种形式，是用多孔管代替莲蓬头，见图 7-19。

2) 脚与腰部消毒设施：脚的消毒一般采用通过式消毒池，在池内注入 200～400mg/L 的漂白粉溶液或 50～100mg/L 的液氯消毒液，与强制淋浴一样，每次进入游泳区时，也必须

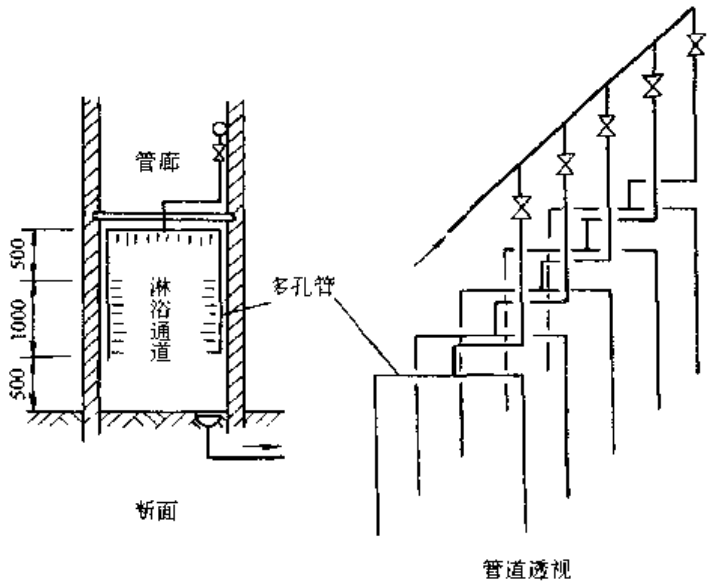


图 7-19 强制淋浴装置(二)

通过脚消毒池。

脚消毒池的宽度,应与入口通道宽度相同,长度应不小于 2m,以防绕行和跨越。池内水深不得小于 150mm。脚消毒池应设有给水管、投药管、溢流管和泄水管。消毒液应不断连续更新或每 1～2h 更换一次。消毒池和管道材料应采用防腐蚀措施,池底应有防滑措施。

在设有强制淋浴时,脚消毒池宜设在强制淋浴的后边。为对游泳者的阴部和肛门进行消毒,可设置洗腰池。池内注入漂白粉或液氯消毒液,其浓度与洗腰池的布置有关,若布置在强制淋浴前,漂白粉为 200～400mg/L,液氯为 50～100mg/L。消毒液必须有一定的深度,保证腰部能全部被淹没。洗腰池应设有进水管、回水管、泄水管、溢流管和投药管。洗腰池和管道应采取防腐蚀措施,池底应防滑,池两侧应设有扶手。池水温度应为 26～28℃。图 7-20 为洗腰池形式示例。

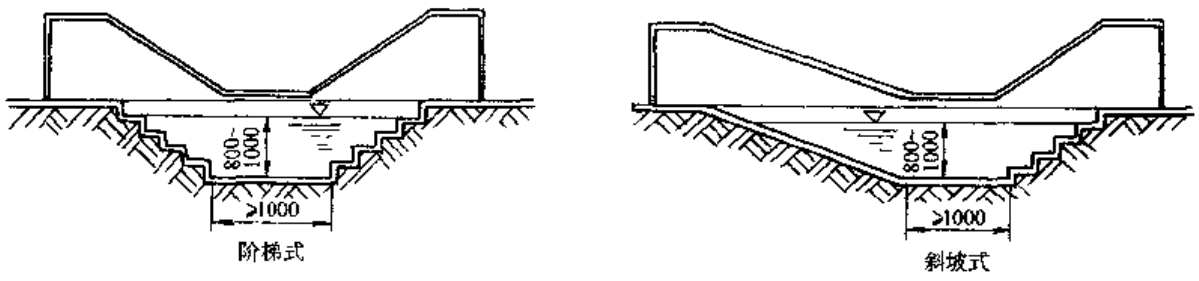


图 7-20 洗腰池形式示例

(6) 辅助设施:

1) 设施内容:辅助设施应包括更衣室、厕所、淋浴、休息室及器材库等。

2) 卫生洁具的设置定额:一般按游泳池水面总面积确定。表 7-15 是我国一些游泳池的实际统计数据。表 7-16 是摘自国外数据。

游泳池卫生洁具设置数量(个/1000m² 水面)　　表 7-15

卫生洁具名称	室内游泳池		露天游泳池	
	男	女	男	女
淋浴器	20～30	30～40	3	3
大便器	2～3	6～3	2	4
小便器	4～6	—	4	—

每个卫生洁具的服务人数　　表 7-16

卫生洁具名称		德国		美国	日本
		露天游泳池	室内游泳池		
厕所间	大便器(男)	100	20～25	60	100
	大便器(女)	50	40～50	40	50
	小便器	100	40～50	60	50
	洗脸盆	大便器的 5 倍	大便器的 3 倍	60	大便器的 2 倍
	污水池	每个厕所 1 个	每个厕所 1 个	每个厕所 1 个	每个厕所 1 个
淋浴间	淋浴器	70～100	8～10	40	50
	冲脚喷头	70～100	50～60	—	每间 1 个
更衣间	洗脸盆	100	60	数个	50
游泳池大厅	痰盂	1～2	1～2	—	至少 1 个
	饮水器	1～2	1～2	—	至少 1 个

注：痰盂和饮水器栏内数值为设备设置数量。

(7) 管道设计：

1) 管材：管材选择的原则是管材不应对水质造成污染。表 7-17 所列为常用管材，可供设计参考。

游泳池常用管道材料　　表 7-17

循环水管道	镀锌钢管、球墨给水铸铁管、给水铸铁管内搪水泥、UPVC 管、ABS 管
压缩空气管道	镀锌钢管、ABS 管不锈钢管、铜管
矾液、氯水、氨水管道	硬聚氯乙烯管、ABS 管
液氯管道	铜管、不锈钢管、UPVC 管
蒸汽管道	焊接钢管、无缝钢管

2) 管道敷设：一般管道敷设原则也可适用于游泳池，但以下几点应引起特别注意：

① 对室内游泳池，宜在游泳池周围设置管廊，管道布置在管廊内，管廊高度不应小于 1.8m。管廊形式示例见图 7-21。

② 室内游泳池和室内小型游泳池的管道也可以埋地敷设。埋地管道宜采用球墨给水铸铁管 UPVC 管和 ABS 管。

③ 游泳池的饮用水给水系统宜单独设置。

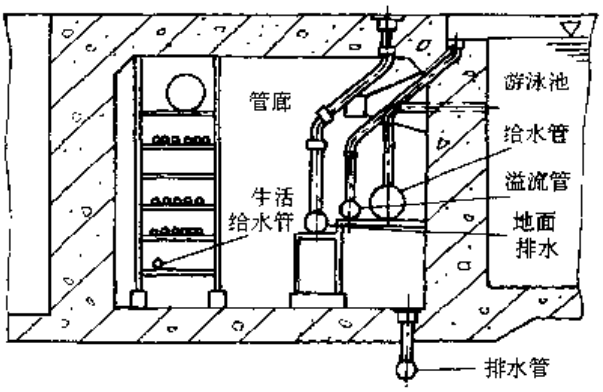


图 7-21 管廊形式示例

④ 在用市政自来水补给游泳池用水时，不得与游泳池和循环水系统直接连接，而应采取有效的防止倒流污染措施。

⑤ 接受游泳池排水的排水井内的水位，有可能淹没游泳池的排水口时，应采取有效防倒流措施。有困难时，应采用水泵抽升排水，并使排水口距排水最高水位有一定的空气间隙。

7.2 水 景 设 计

7.2.1 水 景 作 用

(1) 美化环境。

(2) 润湿和净化空气，改善小区气候。

(3) 水景工程中的水池可兼作其它用水的水源：

1) 作消防贮水池—设置喷水设备，可防止池中水质腐化变质。

2) 利用各种喷头的喷水降温作用，喷水池可用于循环冷却系统的降温池或循环冷却系统的补水池。

3) 喷水设备可向水中充氧，喷水池可兼作养鱼池用。

4) 池水可作绿化浇洒用水。

5) 利用水景工程水流的特殊形态和变化，适合儿童戏水或成人游泳用；但在池中设有照明和电气设备时，应采取安全措施，符合有关安全规定。

6) 利用水景工程可吸引游客，可为景点招来顾客，取得经济效益。

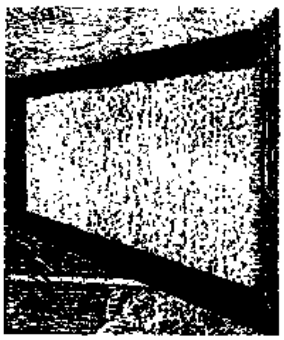
7) 夜晚可用激光或水幕电影，在水幕上播放商业广告。

7.2.2 水 流 形 态

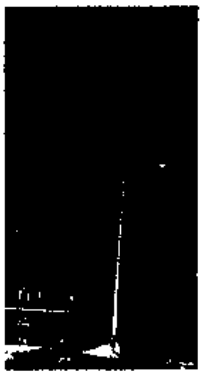
水景的基本形态特点和适用场所，见表 7-18。

表 7-18 只是常用基本形式，设计者可根据这些形式与建筑师配合发挥想像和创造力，加以组合变换，设计出各种艺术姿态的水景。图 7-22 为常见水姿形态示例。

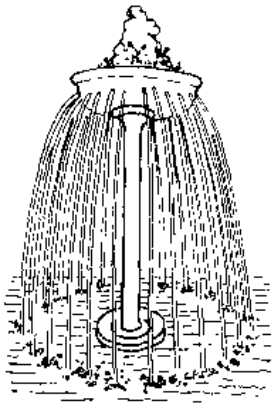
水景的基本形态　　表 7-18

形　态	示　意　图	特　　点	适用场所
镜池		一泓清澈，微波荡漾可将建筑空间加以分隔或延伸，使建筑临水增色，相映成趣更加生动多变，清新秀美；耗水、耗能少、无噪声；但如无有效的措施，则水质易变坏	公园、庭院、光庭、屋顶花园等
浪池		浪池的波浪可为鳞纹细浪，也可为惊涛骇浪，其浪花可沿缓坡涌来退去，也可使巨涛拍击陡岸礁崖，既能增加真实感和趣味性，又能增强池水的充氧作用	可与儿童戏水池、水族馆的大型鱼类养殖池等结合建造
溪流		涓涓细流，萦绕石间，时隐时现，淙淙作响，可起到分隔空间，联系景物，诱导浏览，引人入胜的作用，因而使建筑环境更加生动活泼。一般要求水头不大，耗能、耗水较少	公园、庭院、屋顶花园
叠流		湍流跌降，层叠错落，可使环境欢快活泼、生机勃勃，若与溪流配合艺术效果更加明显。有一定的充氧作用，一般要求水头不大，耗能、耗水较少	有一定坡度的广场、公园、庭院等，小型的也可布置在室内或屋顶

续表

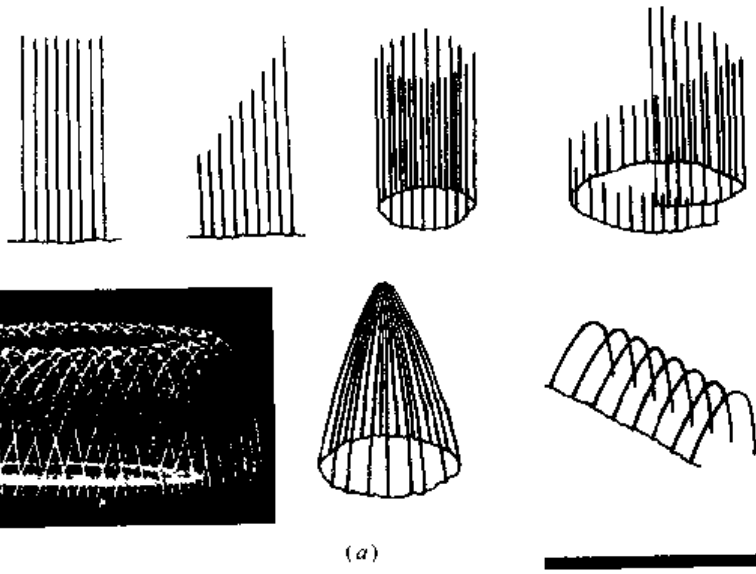
形 态	示 意 图	特 点	适用场所
瀑布		水从峭壁断崖飞流直下，珠花迸发，击水轰鸣，可形成雄伟壮观的景色 一般流量较大，落差较高，所以耗能较多、水声较大、有一定的充氧、加湿作用	广场、公园等开阔、热烈的场合
直射		垂直射流则如峰似剑，倾斜射流则柔媚舒展。既可单独成景、也可组成千姿百态的形式、冷却、充氧、加湿效果较好，但因射流水柱细而透明，照明效果较差、水量损失较大，要求水头较高，所以耗水、耗能较多	适应性强，应用广泛 广场、公园、庭院、门厅、休息厅 舞厅，餐厅、光厅、屋顶花园等均可布置
水幕		水帘悬吊，飘飘下垂。若使水流平稳、边界平滑，则可使水幕晶莹透明，视若玻璃。若将边界加糙，使水流掺气，则可使雪花闪耀，增强观瞻效果 边界加糙后，照明效果较好，有一定的充氧、加湿作用，但水声较大	公园、庭院、光庭、大厅、儿童戏水池等
冰塔		在垂直射流水柱中掺入空气（有时吸入池水），使水柱失去透明感，降低水柱高度，增加水柱直径，即可形成强烈反光水柱，形似冰塔 可用较少的水量获得较大的观瞻，照明、冷却、充氧、加湿、除尘效果较好，但水声较大，易受波浪影响，要求水头较高，耗能，耗水较多，水柱较低	适应性强，应用广泛 广场、公园，庭院、屋顶花园等均可适用

续表

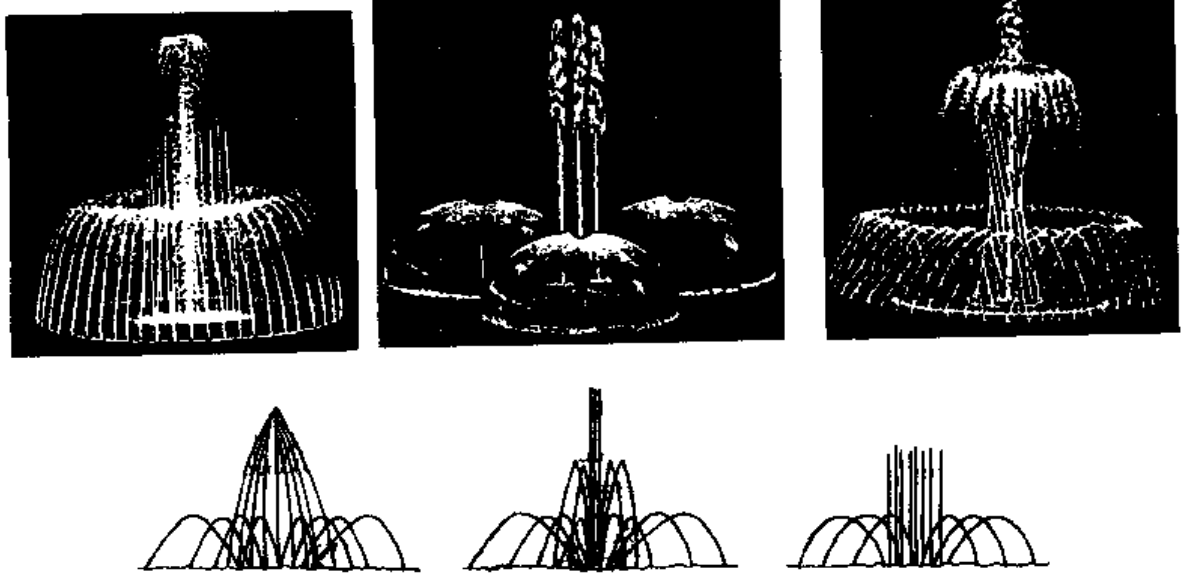
形　态	示　意　图	特　　点	适用场所
涌泉		清澈泉水自池底涌上，高低错落漫流横溢，可造成浓郁的野趣和宜静幽深的意境。要求水头不大，声音小，有一定的冷却、充氧作用，设备简单。但照明效果较差	公园、庭院、屋顶花园、大厅等
水膜		利用各种缝隙式或折射式喷头将水喷成水膜，可组成各种新颖多姿的几何造形，玲珑剔透、活泼可爱。同时具有噪声低、充氧、冷却效果较强的优点。耗水较多，易受风的干扰，照明效果较差	广场、公园庭院、门厅、光厅等
水雾		利用撞击式、离心式、缝隙式等喷头，将水喷成细碎的水滴或水雾，可造成水汽腾蹿，云雾朦胧的景象，在阳光或灯光照射下，可使长虹映空，别具情趣；可用较少的水扩大到较大的范围内。照明、冷却、充氧效果好。耗水、耗能大，易受风影响	常与喷泉、瀑布水景配合使用
孔流		水自水盘或水池中经孔口、管嘴、水平或倾斜流出，孔流的水柱一般纤细透明，自然柔和，轻盈妩媚，可构成各种活泼、玲珑的造形。要求水头不大，噪声小，设备简单	应用广泛，公园、广场庭院、大厅、光厅、屋顶花园、儿童戏水池等均可布置

续表

形 态	示 意 图	特 点	适用场所
珠泉		将少量的压缩空气数入清澈透明的池底，使池内珍珠进涌，水面粼纹细碎，有串串闪亮的气泡自池底涌出，可给环境增添诗情画意。不用水，能耗小，噪声小、设备简单	常与镜池配合应用



(a)



(b)

图 7-22 常见水姿形态示例

(a)单种水柱组成的；(b)多种水柱组成的

7.2.3　水景基本形式

水景工程并没有统一的形式可遵守，而应该根据规模、环境、艺术和功能要求灵活设计。常见的形式大致有以下几种：

(1) 固定式水景工程：所谓固定式是指构成水景工程的主要组成部分：如喷头、管道、配水箱、水泵、水池及电气设备均为固定设置，不能随意移动。这是大、中型水景工程常用的形式之一，小型工程也可采用这种形式。一般可根据承受水流的构筑物的形式不同，分以下几种：

1) 水池式：这是最常见的形式，即将喷头，有时也将管道、阀门等固定设在水池内，循环水泵，电气设备等设在固定的水泵房内，有时还设有固定的管廊、补水井、吸水井、平衡水池、过滤设备等。水池起贮水和承受水流的作用，见图 7-23。

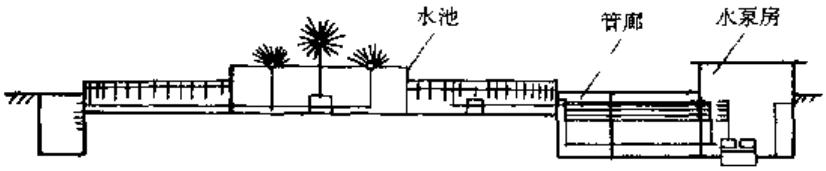


图 7-23　水池式水景工程示意

这种水景工程便于维护管理，水泵等设备容易选择。但也有不少缺点，如管道较长，土建工程量较大，工程造价较高，运行的灵活性较差，一次充水量大，冰冻期防冻有一定困难，人们只能在水池周围观赏，不能充分满足人们的亲水欲望，因而趣味性不够强。这种形式适合大型水景工程采用，尤其是设在大型广场、建筑物前的水景工程。

2) 浅碟式：是在水池式基础上演变而来的形式。将水池深度尽量减小，改成浅碟式，仅在水泵吸水口处设一集水井，满足水泵吸水要求。浅碟内布置一些不同形状的踏石、假山、水草等，管道和喷头用卵石等掩盖起来。喷水后，人们不仅可在四周围观，还可在水柱间穿行戏耍，因而大大增加了人们的游乐兴趣和亲水情趣，图 7-24 为其示意图。

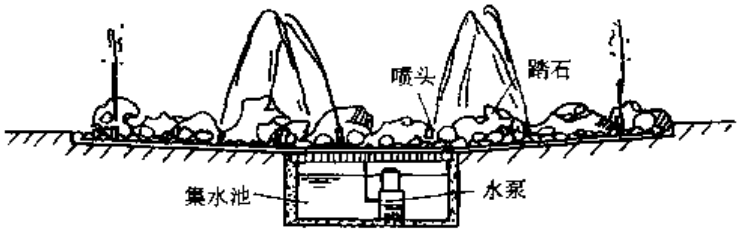


图 7-24　浅碟式水景工程

这种水景工程，工程量小、施工容易、维护管理也较简单。但水质不易保持清洁，尤其是风砂较大的地区，易被泥砂、落叶所堵塞。这种形式适合在儿童公园、游乐园等处建设。

3) 楼板式：将喷头、地漏等镶入地板内，与之连接的管道、循环水泵、集水池等设在楼板下(见图 7-25)。板面有一定坡度，将喷出的水汇集到地漏内，回流到集水池中。为减少水流的飞溅，宜选用夹气式水流形态(如冰塔、冰柱等)，同时喷头的加工精度也应要求更高一

些。这种形式适合在舞厅、游乐园等采用，可增加游乐的兴致和欢快气氛。

4）河湖式：在水流平缓的小河、湖泊、池塘等的水面上架设贴水面小桥或筑漫水桥或设踏石，将水景设备布置在其附近的水下，使水柱在两旁喷起溅落，或在小桥等上空喷射而过，游人可在桥上戏耍、涉水，在石上踏跳，因而增添乐趣，助长游兴。见图 7-26。

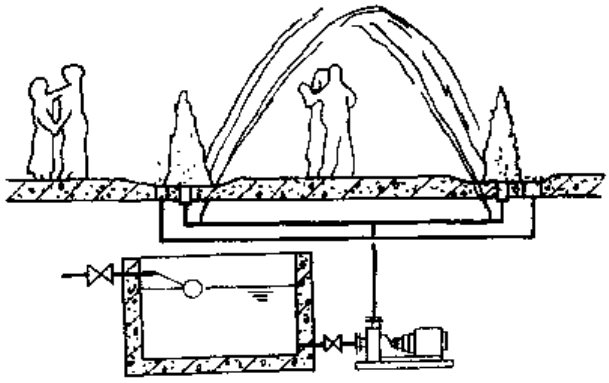


图 7-25 楼板式水景工程

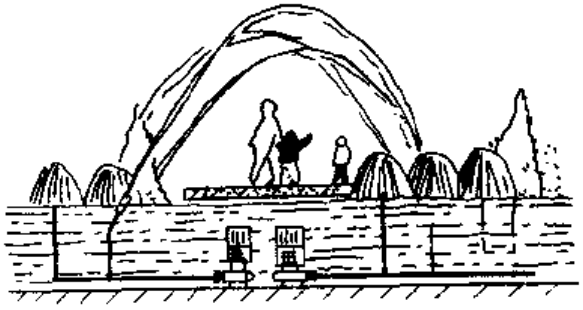


图 7-26 河湖式水景工程

(2) 半移动式水景工程：所谓半移动式是指除水池等土建结构固定不动外其余主要设备可随意移动。通常是将喷头、配水器、管道、潜水泵和水下灯组装在一起，使之定型化，使用时将成套设备置于水池内，接通电源即可喷出预定的水姿造型。还可几套设备组合配置，组成更复杂优美的造型。若设置程序控制系统，则可编出更多的变化组合。几台设备的配置方式也可经常变动，使之达到常变、常新的效果，图 7-27 为其示例之一。

(3) 全移动式水景工程：所谓全移动式就是所有的水景设备包括水池在内，全部组合在一起，可以任意整体搬动。这种成套设备可设置在大厅、庭院内，对于更小型的甚至可摆放在桌子上，柜台上、橱窗内等。

移动式水景可设计成多种型式，水流可为固定姿态，也可程序或声响控制，使之有多种变化形式。水池内的水可为普通自来水，也可为染成各种颜色的彩色水。为防止水的溅出可在水流外沿设置封闭式的透明罩。图 7-28 为其中的一种形式。

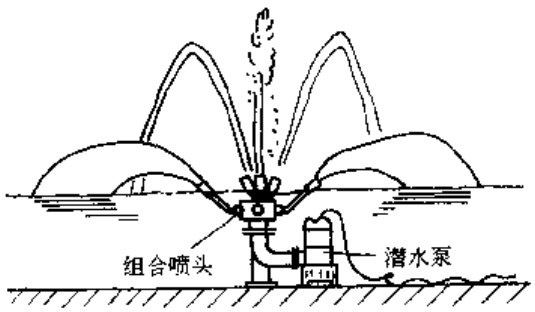


图 7-27 半移动式水景工程

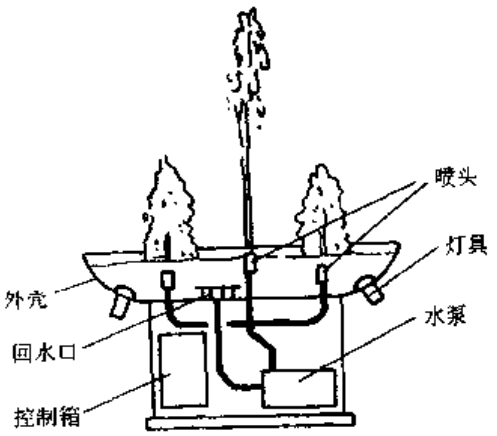


图 7-28 全移动式水景

7.2.4 水景工程设计原则

水景工程既是一门工程技术，又是一门造型艺术。水景工程虽没有统一和固定的形式要求，但一些基本原则和标准还是普遍适用的。

(1) 首先要根据总体规划原则，满足建筑艺术和功能要求，水景工程既可成为景观中心，又可作其它景物的装饰陪衬和背景，所以要防止盲目追求自身的形式和规模，以致造成主次倒置喧宾夺主。

(2) 要以尽量少的水量和能耗，达到最佳的艺术效果。

(3) 水景工程的设计应充分利用当地的地形地物和自然景色，尽量做到顺应自然、巧借自然、美化自然和融于自然，使天工人力协调呼应。这样不仅可使水景工程与周围环境融为一体，增强艺术魅力，还可减少工程量、降低工程造价。

(4) 设计水景工程应考虑到运行后，水景对周围环境和周围环境对水景工程的影响：如：水柱射程太高、太远，是否会有水滴溅出，影响人们的观赏，甚至对周围建筑物造成危害；冰冻时，对水景工程的防护措施；水流噪声是否会影响周围功能要求；向水池供水的给水管道在事故检修情况下应考虑造成负压产生倒流，从而产生对管网污染的措施；秋天落叶时节，是否会有大量树叶落入水池，影响水景工程的正常运行。

(5) 水景的水流密度应根据景观的主题要求确定，该密则密，该疏则疏。幽静淡雅的主题，水流宜适当稀疏一些；雄伟壮观的主题，水流宜适当丰满粗状一些；活泼欢快的主题宜适当增多水柱数量并多一些变化。但是不论什么主题和场合，都应力求以最小的能量消耗达到尽可能大的观瞻和艺术效果。

(6) 应注意发挥水景工程的多功能作用，在可能和合理的条件下，应充分发挥水景工程的综合效益。

7.2.5 喷头设计与计算

(1) 常用喷头形式：目前国内采用的喷头有：

1) 直流式喷头：直流式喷头分为：

① 直流喷头(射流喷头；定向直射喷头)：具有圆形等径或渐缩过水断面，流束在喷头内不改变方向的单式喷头。

② 可调直流喷头(万向直流喷头)：带有万向接头可改变流束方向的直流喷头。

③ 直上喷头(集流直射喷头)：由数个大小不等的直流喷头组合，能向上(垂直或倾斜)喷出层次分明、主题突出的图案的复式喷头。

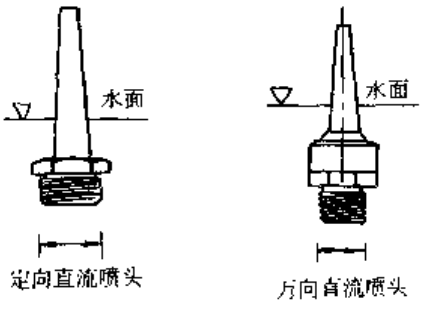


图 7-29　直流式喷头示意

直流式喷头适用范围广，安装调试灵活方便，可组成多种图案，既能组成水柱晶莹透明，线条明快流畅的图案，又能组成粗壮高大，气势宏伟的图案，见图 7-29。

2) 射流喷头(加气喷头)：采用射流泵原理在喷头下方装设有射流喉管，高速射流时形成负压，可将周围的水或空气吸入与主水流混合，可喷出掺其它水流或空气的单式喷头。

① 吸气喷头：利用高速射流形成的负压吸入空气

并与水流急速混合，可喷出掺气水流的单式喷头。

② 雪柱喷头(玉柱喷头)：采用吸气喷头的结构原理，可喷出雪白柱状水流姿态的喷泉喷头。

③ 雪松喷头(冰塔喷头；冰树喷头；水松柏喷头)：采用射流的结构原理，可喷出雪松状水流姿态的喷泉喷头。

④ 涌泉喷头(鼓泡喷头)：采用吸气等喷头的结构原理，可自水面下喷出涌流状水流姿态的喷泉喷头。

射流喷头(加气喷头)：利用喷嘴造成射流形成负压，吸入空气在水柱中掺入大量气泡，增大水的表观流量和反光作用，使水柱成为矮粗雪白的冰塔，大大改善了照明效果。但这种喷头的结构稍复杂，价格较贵，需要根据试验确定喷水效果。该喷头是应用较广泛的喷头之一，见图 7-30。

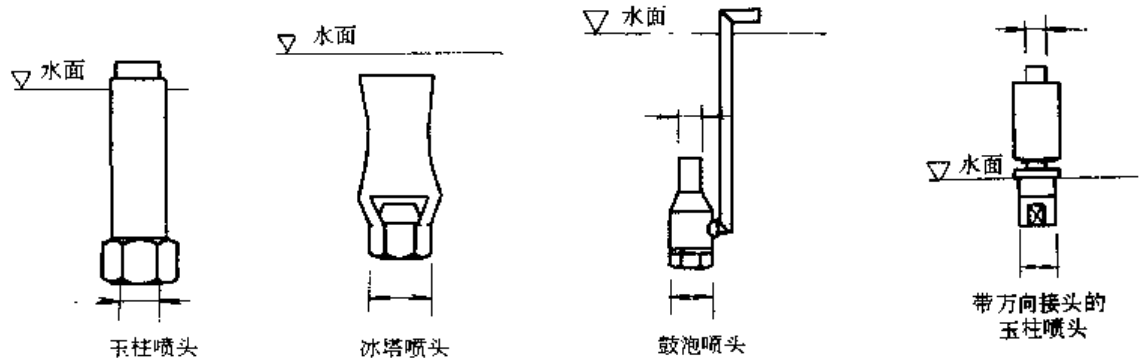


图 7-30 射流喷头

3) 旋流喷头：具有螺旋形或螺壳式流道，压力水流通过时可形成高速旋转，可喷出雾状水流的单式喷头。

① 水雾喷头：采用旋流、撞击、缝隙等喷头的结构原理，可将喷出的水流分散成细微水滴构成雾状水流姿态的喷泉喷头。

② 摇摆喷头：在水流或机械作用下可边喷水边左右摆动的单式喷头或组合喷头。

③ 旋转喷头：利用喷出水流的反作用力或其它动力推动喷头旋转，可边喷水、边水平旋转、或垂直旋转、或倾斜旋转的复式或单式喷头。

旋流式喷头是一种利用水的反作用力来喷出各种新颖夺目的水景形态。如满天星喷头可利用喷水的反推力使喷头自动旋转，在空中散发出晶莹的水珠，尤如满天星斗；水风车喷头形如蟹爪风车，利用水力推动，喷头旋转，水流如车轮飞转，在灯光折射下，五彩缤纷，充满生机。见图 7-31。

4) 扁嘴喷头(直缝喷头、玉带喷头)：喷嘴过水断面为狭长形，压力水流通过时能喷出膜状水流的单式喷头。

① 扇形喷头：采用扁平喷头的结构原理，可喷出扇形膜状水流姿态的喷泉喷头。

② 缝隙喷头：喷嘴断面为一狭长缝隙，在压力水流通过时能喷出膜状或雾状水流的单式喷头。扁嘴喷头见图 7-32。

5) 环隙喷头：喷嘴断面为一环状缝隙，在压力水流通过时能喷出空心水膜或雾状水流

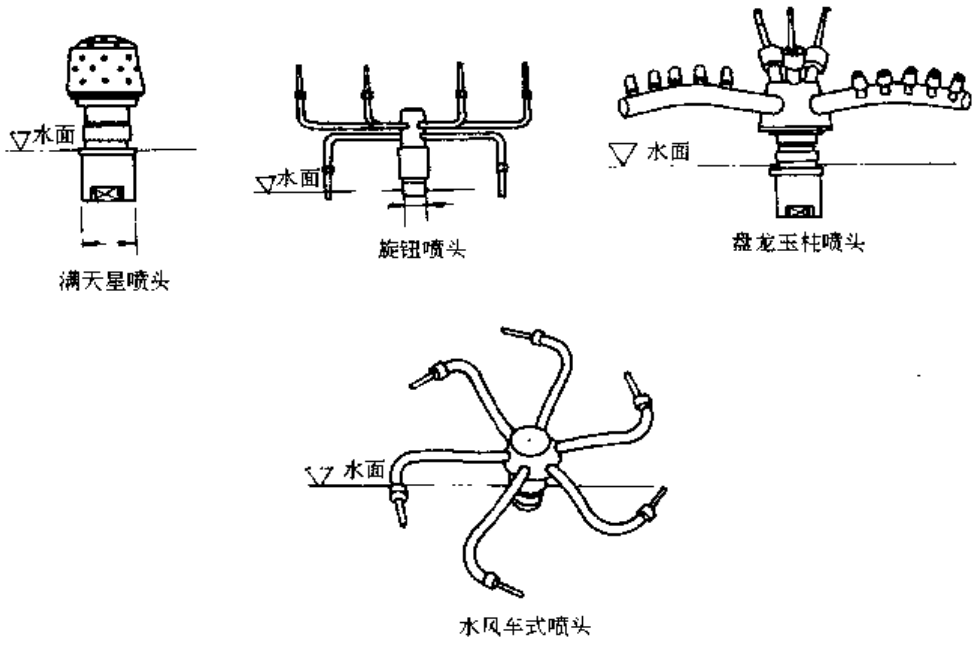


图 7-31　旋流喷头

的单式喷头。它是形成水膜的另一种喷头。因喷水口是环形缝隙，可使水柱的表观流量变大，以较少的水量造成较大的观瞻。该喷头见图 7-33。

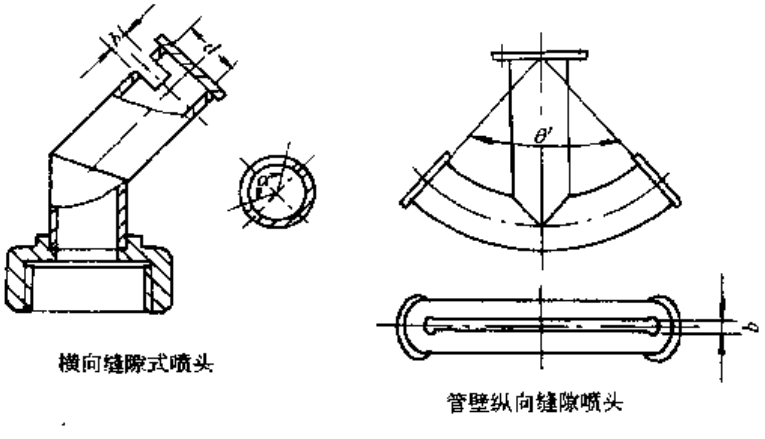


图 7-32　扁嘴喷头

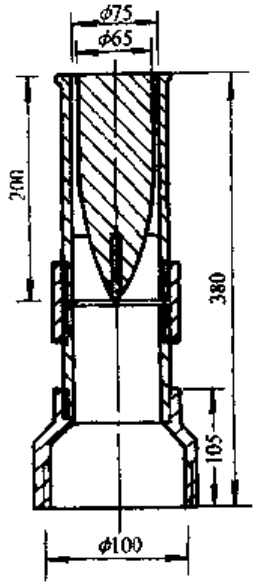


图 7-33　环隙喷头

6）折射喷头（折花式喷头）：在喷头出口处设有水流折射体，可将喷出的水流折射成一定形状水膜的单式喷头，见图 7-34。

① 喇叭喷头（牵牛花喷头）：采用折射喷头的结构原理，可喷出喇叭形膜状水流姿态的喷泉喷头。

② 半球形喷头（蘑菇喷头）：采用折射式复合喷头的结构原理，可喷出半球形膜状水流

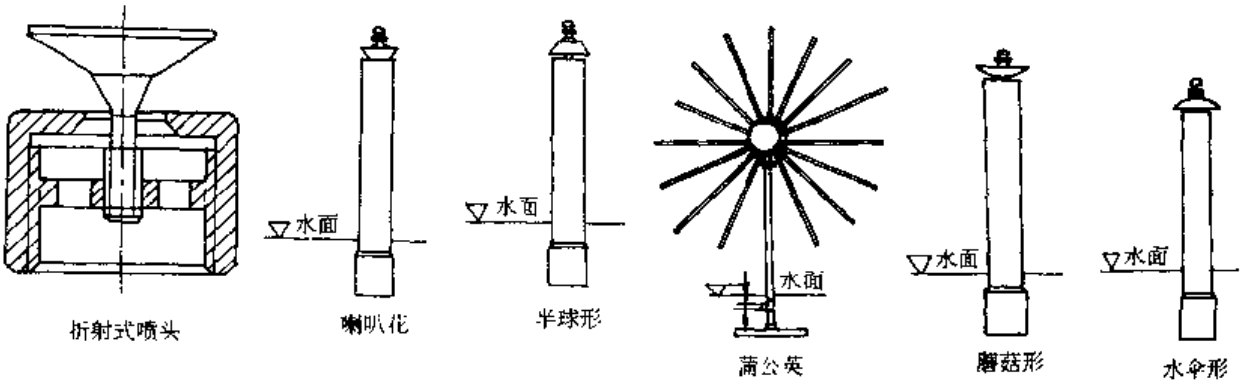


图 7-34 折射喷头

姿态的喷泉喷头。

③ 伞形喷头(钟罩喷头):采用折射喷头的结构原理,可喷出伞形膜状水流姿态的喷泉喷头。

④ 蒲公英喷头:采用折射式复合喷头的结构原理,在球形配水室上辐射安装并组成较大的球形或半球形,可喷出形似蒲公英或孔雀开屏的喷泉喷头。

⑤ 折花式喷头:采用折射喷头与水雾喷头的结构原理,可喷出雾状花形姿态的喷泉喷头。

7) 撞击喷头:它是利用高速水流相互碰撞或与喷嘴壁撞击摩擦,而将水流分散成微细水滴形成雾状的单式喷头。用水量少,噪声小,一般安装在雕像周围,在阳光的照射下,可形成一条七色彩虹,景观迷人。这种喷头在隔热、防尘工程中也得到广泛应用,见图 7-35。

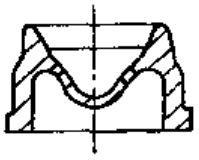


图 7-35 碰撞式喷头

8) 组合式喷头:由若干个同一形式或不同形式的喷头组装在一起构成。可喷出固定的形态或进行适当的调整喷出不同的形态。该喷头见图 7-36。

(2) 喷头结构设计:

1) 材料:喷头材料应选用不易锈蚀、耐久性好、易于加工的材质。常采用黄铜、青铜、不锈钢、铝合金等材料。对于室内小型水景,也可选用塑料和尼龙加工。

2) 结构要求:

① 喷头的组成:一个典型的喷头常由喷嘴、喷管、整流器和承托架组成,见图 7-37。

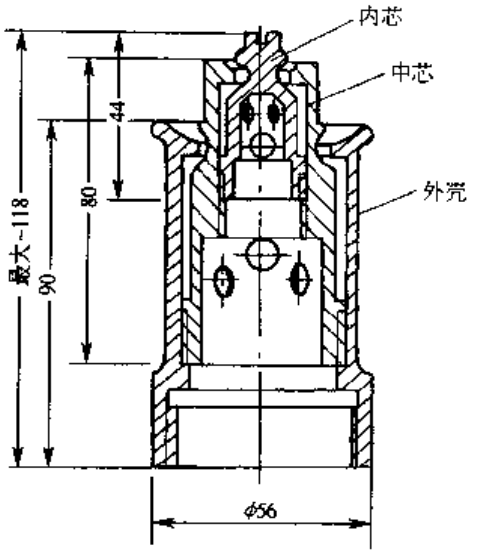
② 提高喷射性能的措施:喷头喷出的水流应该边沿整齐、形状完整、均匀。以最小的压力,达到尽可能高和远的射程;以最小的流量,达到尽量大的观瞻。为此,应达到以下要求:

ⅰ. 过水表面(喷嘴内表面、缝隙出口、折射体表面等)应精细加工,一般采用抛光或磨光,表面粗糙度不宜低于 $\sqrt{32}$。

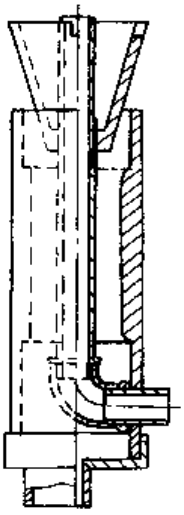
ⅱ. 出口边缘应与喷嘴轴线垂直。

ⅲ. 吸气式喷头的中心喷嘴结构要求与直流喷嘴相同,但要内、外喷嘴严格同心。

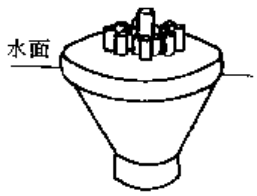
ⅳ. 缝隙式喷头为增大喷水夹角和使水膜边缘整齐,可将缝隙两端扩圆,见图 7-38。



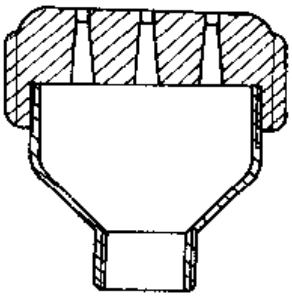
双层环隙式



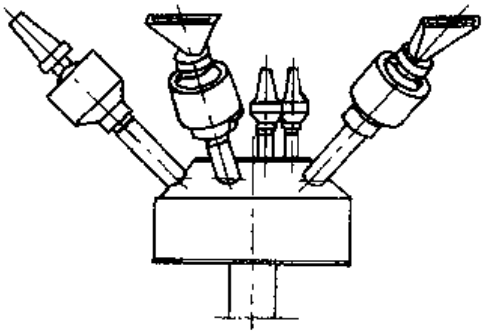
直流折射式



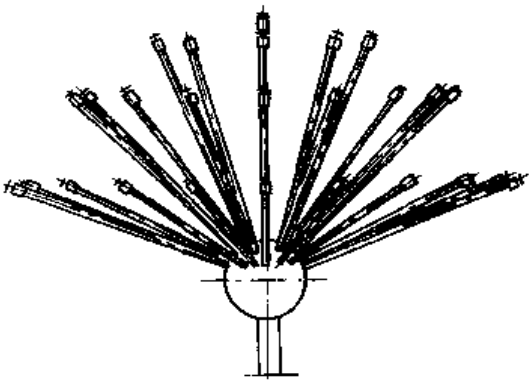
集流直上喷头



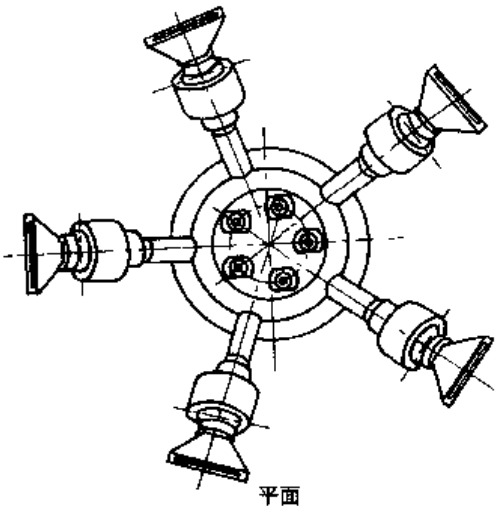
多股直流式



立面

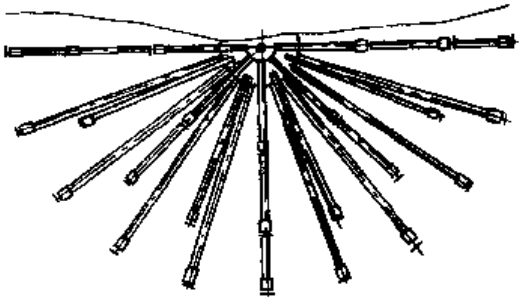


立面



平面

直流扇形式



平面

半球形

图 7-36　组合式喷头

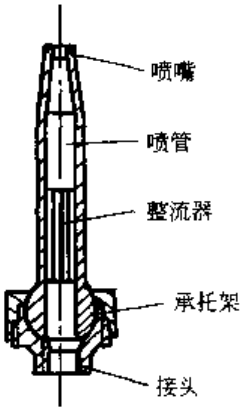


图 7-37 喷头的组成

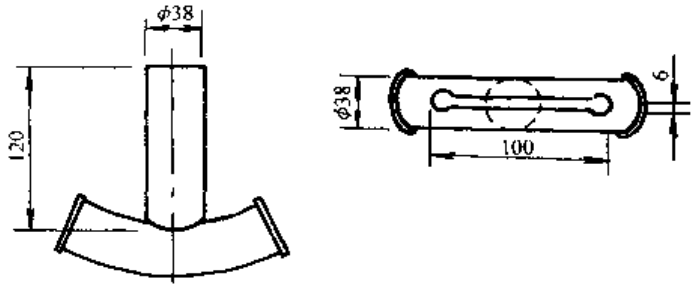


图 7-38 缝隙两端扩圆示意

Ⅴ. 折射式喷头的折射体应与喷嘴同心，一般要求能够调节与喷嘴间的距离。

Ⅵ. 直流式喷头出口前直线段长度应不小于 $20D$（D 为喷管直径），否则应装整流器。

Ⅶ. 整流器只能消除横向涡流、减少水流阻力，并不能使不均匀的纵向水流得到改善，所以整流器前与形成纵向涡流的配件（管接头、弯头、阀门等）的距离应大于 $2D$，一般采用 $3\sim4D$。

Ⅷ. 整流器以后应为直线或收缩管段，其长度应不小于喷管直径。

整流器的断面形式，见图 7-39。一般采用尽量薄的薄板或管子将喷管分隔成若干格。其长度与分格的宽度或直径的比值，宜为 11～14。也可将水管内壁作成肋条，肋条宽为 $D/5\sim D/3$。

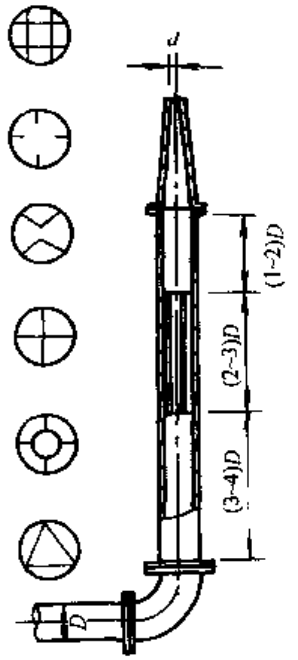


图 7-39 常用整流器形式

7.2.6 水景工程计算

（1）喷头的水力计算：

1）基本计算公式：

$$v=\varphi\sqrt{20gH}\quad(\mathrm{m/s}) \tag{7-9}$$

$$H=10H_0+\frac{v_0^2}{2g}\quad(\mathrm{kPa}) \tag{7-10}$$

$$q=\mu f\sqrt{20gH}\times10^{-3}\quad(\mathrm{L/s}) \tag{7-11}$$

$$\mu=\varphi\varepsilon \tag{7-12}$$

式中 v——出口流速（m/s）；

φ——流速系数，其值与喷嘴形式有关；

g——重力加速度（m/s^2）；

H——喷头入口处水压（kPa）；

H_0——喷头入口处水静压（kPa）；

v_0——喷头入口处水流速(m/s)；

q——喷头出流量(L/s)；

μ——喷头流量系数；

f——喷嘴断面积(mm^2)；

ε——水流断面收缩系数，与喷嘴形式有关。

对于圆形喷嘴出流量，按式(7-13)计算：

$$q = 3.479\mu d^2\sqrt{10H}\times10^{-3} = K\mu\sqrt{10H}\times10^{-3}\quad(L/s) \tag{7-13}$$

式中　d——喷嘴内径(mm)；

K——系数，与喷嘴直径有关，其值见表 7-19；

H——喷头入口水压(kPa)；

μ——喷头流量系数。

K　值　　表 7-19

d(mm)	K	d(mm)	K	d(mm)	K	d(mm)	K
1	3.48	21	1534.24	42	6136.96	82	23392.80
2	13.92	22	1683.84	44	6735.34	84	24547.82
3	31.31	23	1840.39	46	7361.56	86	25730.68
4	55.66	24	2003.90	48	8015.62	88	26941.38
5	86.97	25	2174.37	50	8697.50	90	28179.90
6	125.24	26	2351.80	52	9407.22	92	29446.26
7	170.47	27	2536.19	54	10144.76	94	30740.44
8	222.66	28	2727.54	56	10910.14	96	32062.46
9	281.80	29	2925.84	58	11703.36	98	33412.32
10	347.90	30	3131.10	60	12524.40	100	34790.00
11	420.96	31	3343.32	62	13373.28	110	42095.90
12	500.98	32	3562.50	64	14249.98	120	50097.60
13	587.95	33	3788.63	66	15154.52	130	58975.10
14	681.88	34	4021.72	68	16086.90	140	61888.40
15	782.77	35	4261.77	70	17047.10	150	78277.50
16	890.62	36	4508.78	72	18035.14	160	89062.40
17	1005.43	37	4762.75	74	19051.00	170	100543.10
18	1127.20	38	5023.68	76	20094.70	180	112719.60
19	1255.92	39	5291.56	78	21166.24	190	125591.90
20	1391.60	40	5566.40	80	22265.60	200	139160.00

2) 直流喷头计算公式(7-14)～式(7-22)为

$$v = 4.43\sqrt{10H} \tag{7-14}$$

$$q = K\sqrt{10H}\times10^{-3} \tag{7-15}$$

$$S_B = \frac{10H}{1+10\alpha H} \tag{7-16}$$

$$\alpha=\frac{0.25}{d+(0.1d)^3} \tag{7-17}$$

$$\beta=\frac{S_B}{S_K}=1.19+80\left(0.01\frac{S_B}{\beta}\right)^4 \tag{7-18}$$

$$l_1=10\left[\frac{1}{2}\sin2\theta+\cos^2\theta\ln\left(\frac{1+\sin\theta}{\cos\theta}\right)\right]H=B_1H \tag{7-19}$$

$$l_2=20\cos\theta\sqrt{\frac{2}{3}(1-\cos^3\theta)}H=B_2H \tag{7-20}$$

$$L=l_1+l_2=10B_0H \tag{7-21}$$

$$h=\frac{20}{3}(1-\cos^3\theta)H=B_3H \tag{7-22}$$

式中 S_B——垂直射流时射流总高度(m)；

α——系数，与喷嘴直径有关，可由表 7-20 查出；

S_K——垂直射流时密实射流高度(m)；

β——垂直射流时射流总高度与密实射流高度的比值，可由表 7-21 查出；

l_1——倾斜射流时射流轨迹升弧段水平投影长度(m)，见图 7-40；

l_2——倾斜射流时射流轨迹降弧段水平投影长度(m)；

L——倾斜射流时水平射程(m)；

H——喷头入口压力(kPa)；

q——喷头出流量(L/s)；

h——倾斜射流时射流轨迹最大高度(m)；

θ——倾斜射流时喷嘴的仰角(°)；

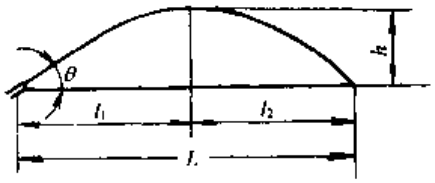


图 7-40 倾斜射流轨迹

B_0、B_1、B_2、B_3——系数，与仰角 θ 有关，可由表 7-22 查出。表中数值是在 $H\leqslant20$m 由试验得出的，且未考虑喷嘴直径的影响，在为其它水压和直径时，应乘以表 7-23 所列的修正系数。

α 系 数 值 **表 7-20**

d(mm)	α	d(mm)	α	d(mm)	α	d(mm)	α
1	0.2598	7	0.0340	13	0.0165	19	0.0097
2	0.1245	8	0.0294	14	0.0149	20	0.0090
3	0.0825	9	0.0257	15	0.0136	21	0.0083
4	0.0615	10	0.0228	16	0.0124	22	0.0077
5	0.0487	11	0.0203	17	0.0114	23	0.0071
6	0.0402	12	0.0183	18	0.0105	24	0.0066

续表

d(mm)	α	d(mm)	α	d(mm)	α	d(mm)	α
25	0.0061	39	0.0025	66	0.0007	94	0.0003
26	0.0057	40	0.0024	68	0.0007	96	0.0003
27	0.0053	42	0.0022	70	0.0006	98	0.0002
28	0.0050	44	0.0019	72	0.0006	100	0.0002
29	0.0047	46	0.0017	74	0.0005	110	0.0002
30	0.0044	48	0.0016	76	0.0005	120	0.00014
31	0.0041	50	0.0014	78	0.0005	130	0.00011
32	0.0039	52	0.0013	80	0.0004	140	0.00009
33	0.0036	54	0.0012	82	0.0004	150	0.00007
34	0.0034	56	0.0011	84	0.0004	160	0.00006
35	0.0032	58	0.0010	86	0.0003	170	0.00005
36	0.0030	60	0.0009	88	0.0003	180	0.00004
37	0.0029	62	0.0008	90	0.0003	190	0.00004
38	0.0027	64	0.0008	92	0.0003	200	0.00003

比　值　β　　表 7-21

S_B(m)	β	S_B(m)	β	S_B(m)	β	S_B(m)	β
		21	1.29	31	1.39	41	1.57
		22	1.26	32	1.40	42	1.59
		23	1.27	33	1.42	43	1.61
		24	1.28	34	1.44	44	1.63
≤10	1.19	25	1.30	35	1.46	45	1.65
11～13	1.20	26	1.31	36	1.47		
14～16	1.21	27	1.33	37	1.49		
17～18	1.22	28	1.34	38	1.51		
19	1.23	29	1.36	39	1.53		
20	1.24	30	1.37	40	1.55		

B_{0-3} 值　　表 7-22

θ(°)	B_0	B_1	B_2	B_3	θ(°)	B_0	B_1	B_2	B_3
10	0.680	0.339	0.341	0.030	55	1.532	0.688	0.844	0.540
15	0.985	0.489	0.496	0.066	60	1.362	0.598	0.764	0.583
20	1.250	0.617	0.633	0.113	65	1.161	0.497	0.664	0.616
25	1.467	0.719	0.748	0.170	70	0.938	0.391	0.547	0.640
30	1.633	0.796	0.837	0.234	75	0.704	0.285	0.419	0.655
35	1.727	0.829	0.898	0.300	80	0.468	0.185	0.283	0.663
40	1.763	0.835	0.928	0.367	85	0.229	0.089	0.142	0.666
45	1.740	0.812	0.928	0.431	90	0.000	0.000	0.000	0.667
50	1.661	0.761	0.900	0.489					

修 正 系 数 表 7-23

H(m)	d(mm)				H(m)	d(mm)			
	20	30	37	48.5		20	30	37	48.5
10	1.00	1.00	1.00	1.00	40	0.68	0.83	0.92	0.99
20	0.94	0.97	0.98	1.00	60	0.56	0.72	0.82	0.91

3) 缝隙喷头计算公式：

① 环形缝隙喷头(见图 7-41)流量，按式(7-23)计算：

$$q = 3.48(D_1^2 - D_2^2)\sqrt{10H} \times 10^{-3} \quad (L/s) \tag{7-23}$$

式中 q——喷头的流量(L/s)；

D_1——环向缝隙喷头出口直径(mm)；

D_2——环向缝隙喷头导杆直径(mm)；

H——喷头入口处水压(kPa)；

② 管壁横向缝隙喷头(见图 7-42)，流量按式(7-24)、式(7-25)计算：

$$q = 2.7D\theta b\sqrt{10H} \times 10^{-5} \quad (L/s) \tag{7-24}$$

$$\theta = (0.7 \sim 0.9)\theta' \tag{7-25}$$

式中 q——喷头流量(L/s)；

D——喷管内径(mm)；

θ——喷出水膜的夹角(°)，一般比喷头缝隙夹角小一些，且夹角越小相差越大；

b——缝隙的宽度(mm)，一般采用 5～10；

θ'——喷头缝隙夹角(°)一般采用 60°～120°；

H——喷头入口处水压(kPa)。

③ 管壁纵向缝隙喷头(见图 7-43)流量，按式(7-26)计算：

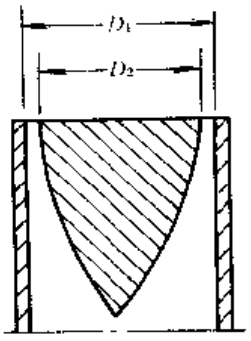


图 7-41 环形缝隙喷头

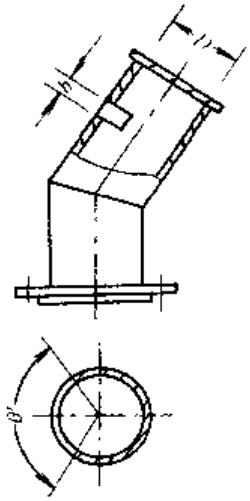


图 7-42 管壁横向缝隙喷头

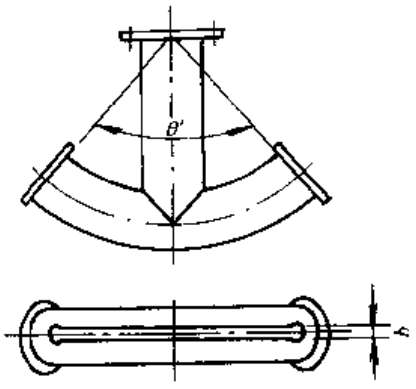


图 7-43 管壁纵向缝隙喷头

$$q = 5.4R\theta b\sqrt{10H} \times 10^{-5} \quad (L/s) \tag{7-26}$$

式中 q——喷头的流量(L/s)；

θ——喷出水膜的夹角(°),一般要比喷头缝隙夹角小一些,且夹角愈小相差越大;

b——缝隙的宽度(mm)一般采用 5～10mm;

R——管壁纵向缝隙的曲率半径(mm);

H——喷头前入口水压值(kPa)。

4) 折射喷头:

① 环向折射喷头(见图 7-44)流量,按式(7-27)计算:

$$q=(2.78\sim3.13)(D_1^2-D_2^2)\sqrt{10H}\times10^{-3}\quad(\text{L/s}) \tag{7-27}$$

式中符号同前

② 单向折射喷头(见图 7-45)流量,按式(7-28)计算:

$$q=1.74d^2\sqrt{10H}\times10^{-3}\quad(\text{L/s}) \tag{7-28}$$

在 $200<\dfrac{H}{d}<2000$ 范围内,单项折射喷头的射程 L,按式(7-29)计算:

$$L=\frac{10H}{0.43+0.014\dfrac{H}{d}}\quad(\text{m}) \tag{7-29}$$

式中 D_1——环向折射喷头出口直径(mm);

D_2——环向折射喷头导杆直径(mm);

d——单向折射喷头出口直径(mm);

H——喷头入口压力(kPa)。

5) 离心喷头(见图 7-46)。流量和结构系数,按式(7-30)、式(7-31)计算:

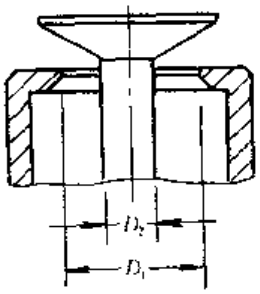


图 7-44　环向折射喷头

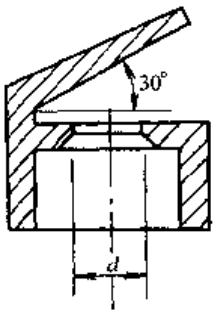
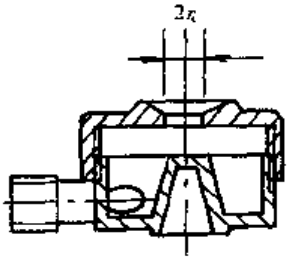


图 7-45　单向折射喷头



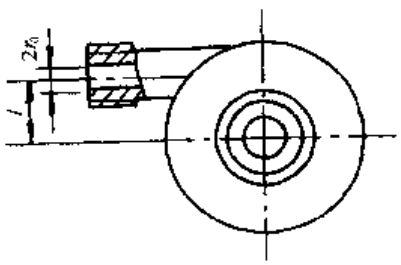


图 7-46　离心喷头

$$q = Kr_c^2\sqrt{10H}\times 10^{-3} \quad (\mathrm{L/s}) \tag{7-30}$$

$$A = \frac{lr_c}{r_0^2} \tag{7-31}$$

式中 K——特性系数，根据 A 值可由图 7-47 中查出；

r_c——喷嘴半径(mm)；

r_0——进水口半径(mm)；

H——喷头入口压力(kPa)；

A——结构系数；

l——进水口与出水口中心距(mm)。

6) 水雾喷头(图 7-48、49)流量，按式(7-32)计算：

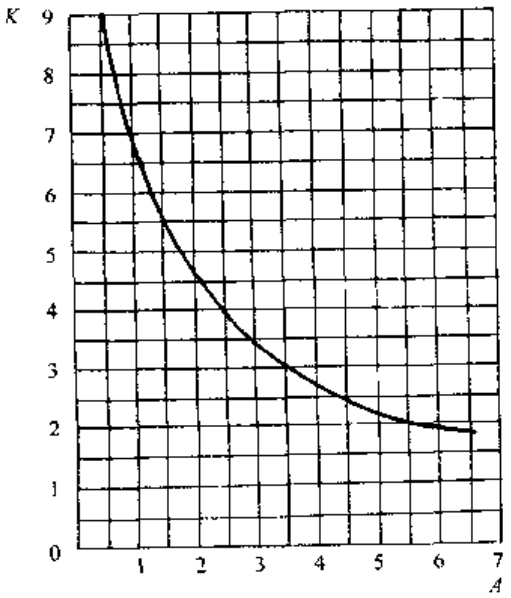


图 7-47 特性系数 K 值

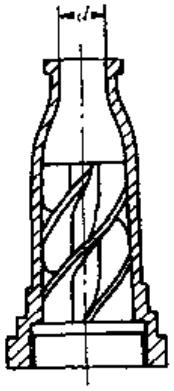


图 7-48 螺旋喷头

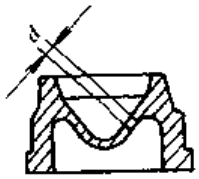


图 7-49 碰撞喷头

$$q = 2.28mKd\sqrt{10H}\times 10^{-3} \quad (\mathrm{L/s}) \tag{7-32}$$

式中 K——特性系数，螺旋喷头为 40～50；碰撞喷头为 35～45；

d——喷嘴直径(mm)；

H——喷头入口处水压(kPa)；

m——喷嘴个数。

(2) 水景构筑物的水力计算：

1) 孔口和管嘴的水力计算：孔口和管嘴的流速和流量，可按式(7-9)、式(7-11)计算，其中 φ、μ 和 ε 可根据孔口或管嘴形式，按照表 7-24 选取。

水平出流轨迹(见图 7-50)，按式(7-33)计算：

$$l = 2\varphi\sqrt{H+h} \quad (\mathrm{m}) \tag{7-33}$$

式中 l——水平射程(m)；

φ——流速系数，见表 7-24；

H——工作水头(m)；

h——孔口或管嘴高度(m)。

倾斜射流轨迹(见图 7-51)，按式(7-34)计算：

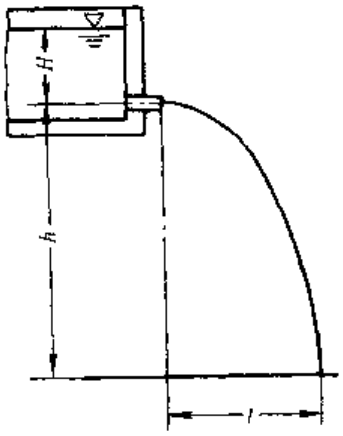


图 7-50　水平出流轨迹

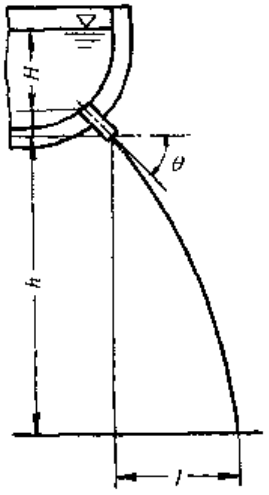
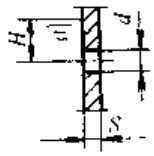
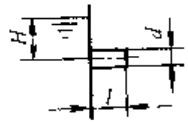
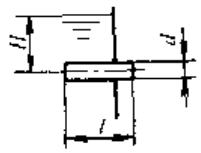


图 7-51　倾斜出流轨迹

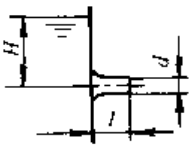
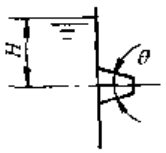
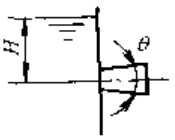
$$h=\frac{l^2}{\Delta\varphi^2\cos\theta}+l\,\mathrm{tg}\theta\quad(\mathrm{m}) \tag{7-34}$$

式中　θ——孔口或管嘴的轴线与水平线夹角(°)。

孔口和管嘴的出流系数 φ　　表 7-24

名　称	示　意　图	系　数	说　明
薄壁直边小孔口(圆形或方形)		$\varphi=0.97$ $\varepsilon=0.64$ $\mu=0.60$	$S\leqslant 0.2d$，$H>10d$ 在 $H>2$m 时：$\mu=0.60\sim0.61$ 在 $S>0.2d$ 时：与外管嘴相同
外管嘴		$\varphi=0.82$ $\varepsilon=1.00$ $\mu=0.82$	$l=(2\sim5)d$ $H\leqslant 9.3$m
		$\varphi=0.61$ $\varepsilon=1.00$ $\mu=0.61$	$l<2d$ $H\leqslant 9.3$m
内管嘴		$\varphi=0.97$ $\varepsilon=0.53$ $\mu=0.51$	$l\leqslant 3d$ $H\leqslant 9.3$m
		$\varphi=0.71$ $\varepsilon=1.00$ $\mu=0.71$	$l>3d$ $H\leqslant 9.3$m

续表

名 称	示 意 图	系 数	说 明
流线型外管嘴		$\varphi=0.98$ $\varepsilon=1.00$ $\mu=0.98$	
收缩锥形管嘴		$\varphi=0.96$ $\varepsilon=0.98$ $\mu=0.94$	$\theta=12°\sim15°$
扩张锥形管嘴		$\varphi=0.45\sim0.50$ $\varepsilon=1.00$ $\mu=0.45\sim0.50$	$\theta=5°\sim7°$ 在 $\theta>10°$ 时，水流可能脱离管壁

(3) 跌流的水力计算：水盘、瀑布、叠流等的溢流量，一般是将溢水断面近似地划分成若干个溢流堰口，分别计算其流量后再叠加。各种溢流堰口的近似水力计算公式如下：

1) 宽顶堰(见图 7-52)流量，按式(7-35)计算：

$$q = mbH^{3/2} \quad (\text{L/s}) \tag{7-35}$$

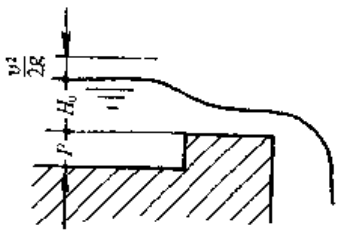


图 7-52 宽顶堰

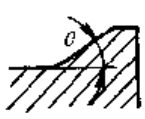
式中 q——堰口流量(L/s)；

m——宽顶堰的流量系数，取决于堰流进口形式，见表 7-25；

b——堰口水面宽度(m)；

H——堰前动水头(m)。

宽顶堰流量系数 m 表 7-25

堰的进口形式	示 意 图	流量系数 m	堰的进口形式	示 意 图	流量系数 m
直 角		1420	圆 角		1600
45°斜角		1600	斜 坡 $\theta=80°\sim20°$		1510～1630

注：表列系数均指水流进入堰口时无侧向收缩的情况，在有侧向收缩时，应乘以收缩系数 ε，一般可取 $\varepsilon=0.95$。

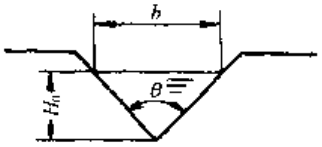


图 7-53　三角堰

2）三角堰（见图 7-53）流量，按式(7-36)计算：

$$q = AH_0^{5/2} \quad (L/s) \tag{7-36}$$

式中　q——堰口流量(L/s)；

A——三角堰流量系数，与堰底夹角有关，见表 7-26；

H_0——堰前静水头(m)。

三角堰流量系数 A　　表 7-26

$\theta(°)$	30	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
A	380	516	587	661	818	992	1189	1417	1689	2024	2455	3039	3894	5289	8037	16198

3）半圆堰（见图 7-54）流量，按式(7-37)计算：

$$q = BD^{5/2} \quad (L/s) \tag{7-37}$$

式中　q——堰口流量(L/s)；

B——半圆堰流量系数，与堰前静水头 H_0 和半圆堰直径 D 的比值有关，其值见表 7-27；

D——半圆堰直径(m)；

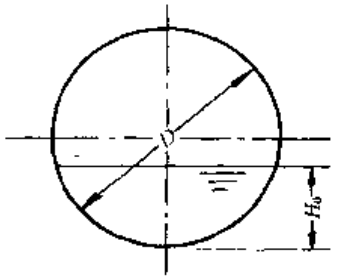


图 7-54　半圆堰

半圆堰流量系数 B　　表 7-27

H_0/D	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
B	0.020	0.070	0.148	0.254	0.386	0.547	0.720	0.926	1.15	1.40	2.00	2.49	3.22	3.87

4）矩形堰（见图 7-55）流量，按式(7-38)计算：

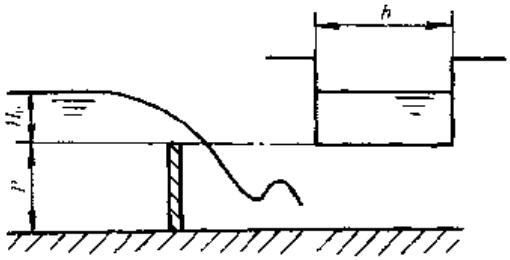


图 7-55　矩形堰

$$q = CH_0^{3/2} \quad (L/s) \tag{7-38}$$

式中　q——堰口流量(L/s)；

C——矩形堰流量系数，与堰口宽度 b 有关，见表 7-28；

H_0——堰前静水头(m)。

矩形堰流量系数 C　　表 7-28

b(m)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
C	99.6	199.3	298.9	398.6	498.2	597.0	697.5	797.2	896.8	996.5
b(m)	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
C	1096.1	1195.7	1295.4	1395.0	1494.7	1594.3	1694.0	1793.6	1893.3	1992.9

5) 梯形堰(见图 7-56)流量,按式(7-39)、式(7-40)计算:

$$q = A_1 H_0^{3/2} + A_2 H_0^{5/2} \quad (\text{L/s}) \qquad (7\text{-}39)$$

$$H = H_0 + \frac{V_0^2}{2g} \quad (\text{m}) \qquad (7\text{-}40)$$

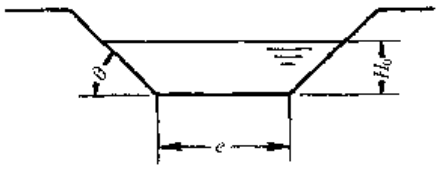


图 7-56 梯形堰

式中 q——堰口流量(L/s);

A_1——梯形堰流量系数,与堰底宽度 e 有关,见表 7-29;

A_2——梯形堰流量系数,与堰侧边夹角 θ 有关,见表 7-30;

H——堰前动水头(m);

H_0——堰前静水头(m)。

梯形堰流量系数 A_1 表 7-29

e(m)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
A_1	66.4	132.9	199.3	265.7	332.2	398.6	465.0	530.4	597.9	664.3
e(m)	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
A_1	730.7	797.2	863.6	930.0	996.5	1062.9	1129.3	1195.7	1262.2	1328.6

梯形堰流量系数 A_2 表 7-30

θ(°)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
A_2	16198.7	8037.3	5289.1	3893.7	3039.2	2454.7	2024.0	1689.0	1417.2
θ(°)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
A_2	1189.2	992.3	818.2	660.9	515.8	379.7	249.9	124.0	0.0

(4) 水池的水力计算:水景用水池水滴的漂移距离,按式(7-41)计算:

$$L = 0.0296 \frac{Hv^2}{d} \quad (\text{m}) \qquad (7\text{-}41)$$

式中 L——水滴在空中因风吹漂移距离(m);

H——水滴最大降落高度(m);

v——设计平均风速(m/s);

d——水滴直径(mm),与喷头形式有关,见表 7-31。

水滴的直径 表 7-31

喷头形式	水滴直径(mm)
螺旋式	0.25~0.50
碰撞式	0.25~0.50
直流式	3.0~5.0

(5) 水量损失,补充和循环水流量:

1) 水量损失估算:水量损失包括风吹、蒸发、溢流和渗漏等损失。一般按循环流量或按水容积的百分数计算,其数值见表 7-32。

水 量 损 失 表 7-32

项目 / 水景形式	风吹损失(占循环流量的%)	蒸发损失(占循环流量的%)	溢流、排污损失(每天排污量占池容积的%)
喷泉、水膜、冰塔、孔流等	0.5~1.5	0.4~0.6	3~5
水雾	1.5~3.5	0.6~0.8	3~5
瀑布、水幕、叠流、涌泉等	0.3~1.2	0.2	3~5
镜池、珠泉等	—	按式(7-42)计算	2~4

注:水量损失的大小,根据喷射高度、水滴大小、风速等因素选择。

2）水池表面蒸发量，按式(7-42)计算：

$$H=52.0(P_m-P)(1+0.135v_m)\quad[L/(d\cdot m^2)] \tag{7-42}$$

式中　H——表面蒸发损失[L/(d·m²)]；

P_m——按水面温度计算的饱和水蒸气压(Pa)；

P——空气中水蒸气分压(Pa)；

v_m——日平均风速(m/s)。

在计算月平均蒸发损失时，应将式中 P_m、P 和 v_m 分别以日平均值代入，并将计算结果乘以30。

3）补充水流量：补充水流量，一般按循环水量5%～10%选用，室外工程可按10%～15%考虑。除应满足最大水量损失外，同时还应满足运行前的充水要求。充水时间一般按24～48h考虑。

对于非循环式供水的镜池、珠泉等静水景观，每月应排空换水1～2次或按表7-32中溢流排污百分率连续溢流排污，同时要补充等量新鲜水。

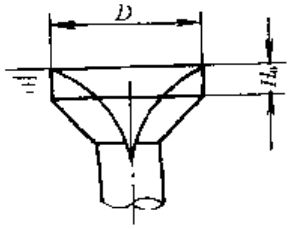


图7-57　溢流漏斗示意

4）循环水流量：循环水流量应根据设计安装各种喷头的数量和每个喷头的出水流量计算确定。设计循环流量应为计算流量的1.2倍。

5）溢流量计算：堰口式溢流量，可参照跌水进行计算。

漏斗式溢流量(见图7-57)，可用式(7-43)计算：

$$q=6815DH_0^{3/2}\quad(L/s) \tag{7-43}$$

式中　q——溢流量(L/s)；

D——漏斗上口直径(m)；

H_0——漏斗淹没水深(m)。

7.2.7　水景构筑物设计

(1) 水池的平面尺寸：水池平面尺寸除应满足喷头、管道、水泵进水口、泄水口、溢水口、吸水坑等布置要求外，还应防止水的飞溅。在设计风速下应保证水滴不致大量被风吹出池外，回落到水面的水流应避免大量溅至池外。所以水池的平面尺寸一般应比计算值每边再加大0.5～1.0m。

(2) 水池的深度：水深应按管道、设备的布置要求确定。在设有潜水泵时，还应保证吸水口的淹没深度不小于0.5m。在设有水泵吸水口时，应保证吸水喇叭口的淹没深度不小于0.5m。见图7-58。

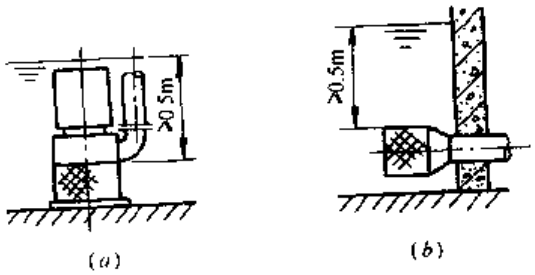


图7-58　吸水口的安装要求

(a)吸水口垂直安装；(b)吸水口水平安装

为减小水深降低造价，可采用以下措施：

1）尽可能采用下吸式潜水泵或卧式潜水泵。

2）将潜水泵或吸水口设在集水坑内，见图7-59。

3）为防止产生旋涡可在吸水口上方设置挡水板，见图7-60。

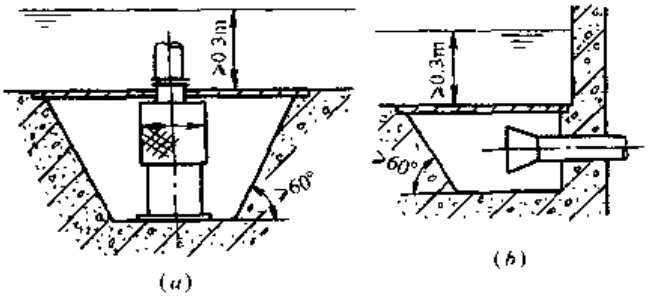


图 7-59 在水池内设集水坑
(a)潜水泵集水坑;(b)泵吸水管

水池在兼作其它用途时,还应满足其它用途的要求。

水池超高一般采用 0.2~0.3m,见图 7-61。

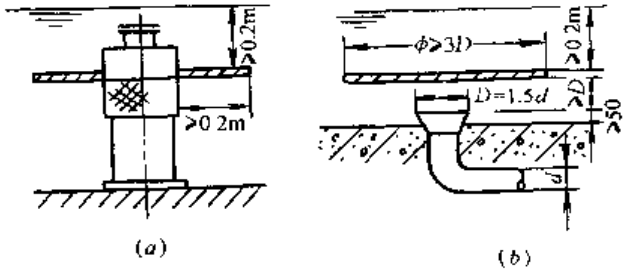


图 7-60 在吸水口上设挡板
(a)潜水泵设挡板;(b)吸水管口设挡板

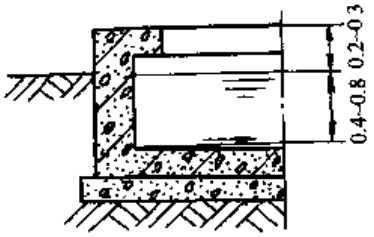


图 7-61 水池的超高(单位:m)

浅碟式集水最小深度不得小于 0.1m。

不论何种形式,池底部坡度应不小于 0.01 坡向排水口或集水井。

(3) 溢水口:溢水口的作用,在于维持一定的水位和进行表面清污,保持水面清洁。

常用溢流形式有:堰口式、漏斗式、管口式、联通管式等,可根据具体情况选择,见图 7-62。

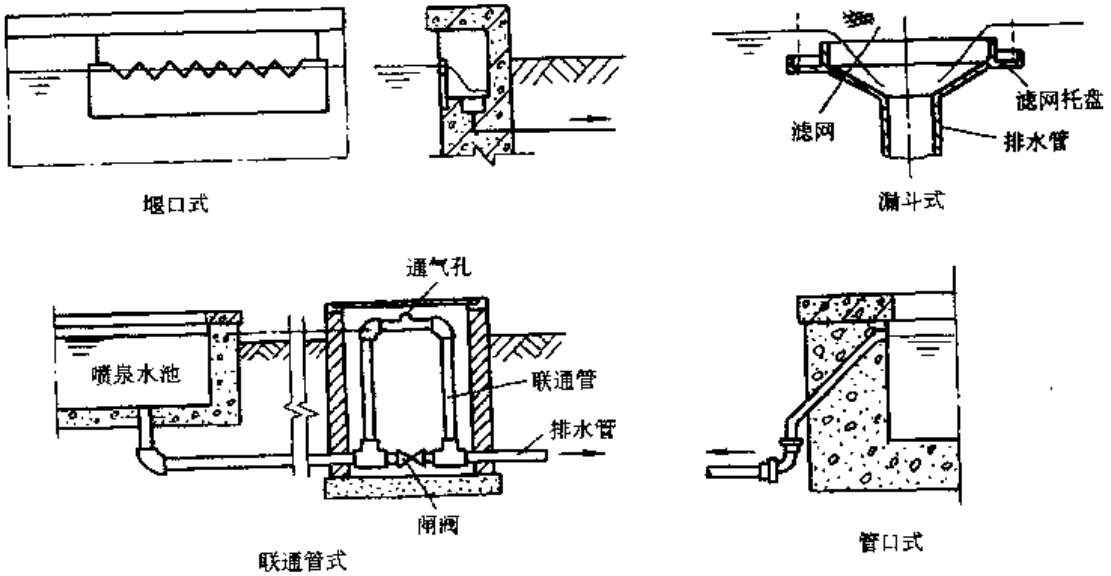


图 7-62 各种溢水口

大型水池可设若干个溢水口，应均匀布置在水池中间或周边。溢水口的设置位置应不影响美观，且应便于清除积污和疏通管道。溢流口应设格栅或格网，以防止较大漂浮物堵塞管道，格栅间隙或格网网格直径应不大于管道直径的1/4。

(4) 泄水口：为便于清扫、检修和防止停用水质腐败或结冰，水池应设泄水口。水池应尽量采用重力泄水，也可利用水泵的吸水口兼作泄水口，利用水泵泄水。泄水口的入口应设格栅或格网，栅条间隙或网格直径应不大于管子直径的1/4或根据水泵叶轮间隙决定。

(5) 水池内的配管：

1) 水池配水管宜环状或对称布置在水池内，小型水池可埋入池底，大型水池可设管沟或管廊。

2) 配水管水头损失应尽量减小，一般采用50～100Pa/m。

3) 对于高射程喷头，喷头前应尽量保持较长的直线管段或装设整流器。

4) 管道穿池底和外壁时，应采取防漏措施，一般宜设防水套管。可能产生振动的地方应设柔性防水套管或柔性减振接头；在无振动且不准备拆装检修时，可在管道上设止水环浇筑在混凝土内，见图7-63。

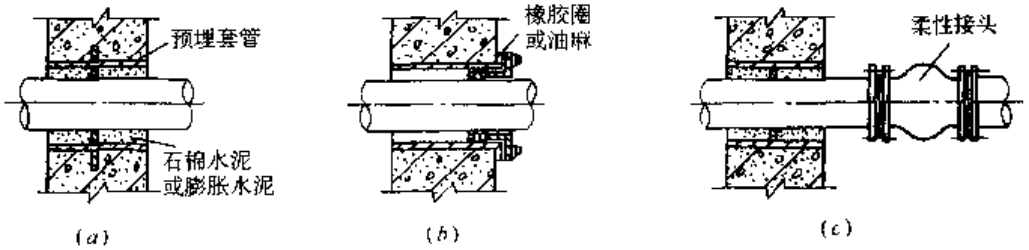


图7-63　管道穿池壁

(a)刚性套管；(b)柔性套管；(c)柔性管接头

(6) 补给水装置：为了维持水池内的水量平衡，需向池内补水。补给水的水质可以是生活、生产用水，也可用清洁的天然水体的水。

补给水如采用生活饮用水时，应采取防止倒流被污染的措施。

补水装置可设在水池旁或泵房内，补水装置可由浮球阀或液压式水位控制器控制。

为保持水池水位平衡，补水装置与水池之间应由连通管连接，见图7-64。

图7-64　补水装置

7.2.8　水景工程的运行控制

为增加水景的观赏效果，水景工程的水流姿态应有一定的变换。对于大型和中型的水景工程，要达到丰富多彩的变换，同时使水姿、照明随着音乐的旋律、节奏协调同步变化，需要采用多种自动控制措施。随着控制技术的发展，特别是计算机的应用，为控制技术开拓了更新的天地，使自动控制更加方便简单，所以得到了迅速推广。目前常用的控制方式有以下几种：

(1) 手动控制：手动控制是将喷头、照明灯具分成若干组，每组分别设置控制阀(或供水泵)和开关。每组喷头还可设置流量、压力调节阀，根据需要可手动调节其喷水流量、喷水高

度等。这是较简单的运行控制方式。

(2) 程序控制:利用可编程序控制器进行喷泉的花型变化组合控制,非常灵活方便。特别是控制路数较多(一般为几十路至上百路),每路容量不太大(一般为几十瓦至上千瓦)的情况下,中间可以不加继电器,更为方便。程序控制路数可扩展,控制程序可任意修改,所以在喷泉工程中得到普遍推广。控制对象常为水泵、电磁阀和彩灯。图 7-65 所示为某典型工程的程序控制表。

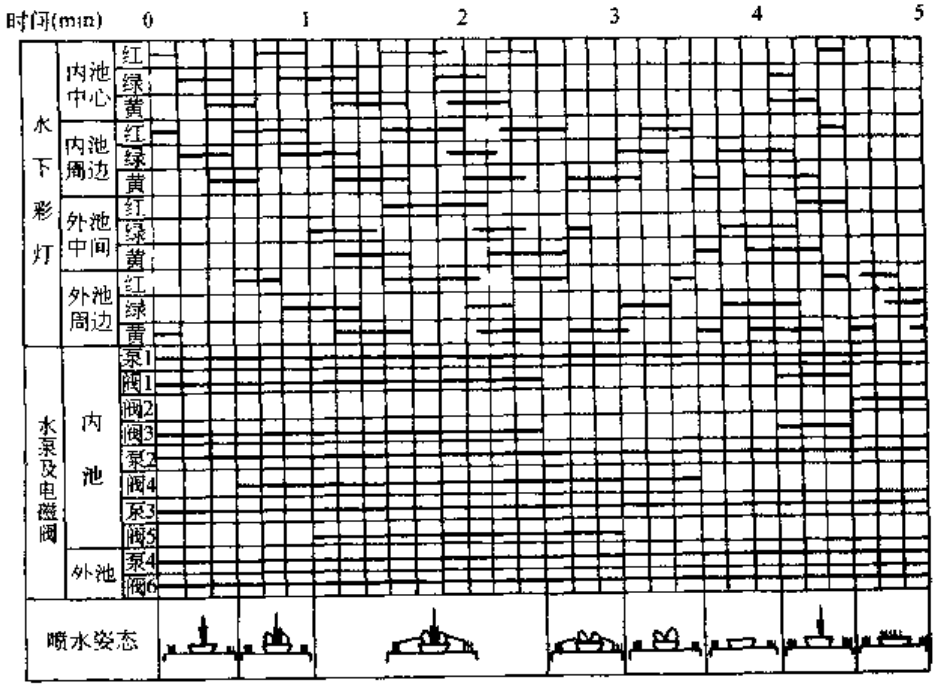


图 7-65 某典型工程的程序控制表

(3) 音响控制:利用音乐的主要音素(频率、振幅和节拍)控制喷水的花型变化、水柱高低、远近变化和灯光组合(色彩)、明暗变化。所以要对主要音素进行全员实时跟踪采集、分解处理,并转换成模拟量或数字量信号,对水泵开关、水泵转速电磁阀开关、电动液压调节阀开启度、彩灯等进行控制。常用的音响控制方式有以下几种:

1) 喊泉控制方式:喊泉式喷泉主要是利用声频信号来控制安装在喷头供水管上的电动、液压阀或气动调节阀的开启。喷头喷水时随着声音的加大,调节阀的开启度加大,喷头的流量(喷水高度)也加大。也可用一组电磁阀代替调节阀,声强达到给定值时开启一个电磁阀,随着声响的加大开启的电磁阀数量增多,这种控制方式较为简单,常用于儿童乐园,供孩子们玩耍取乐,见图 7-66。

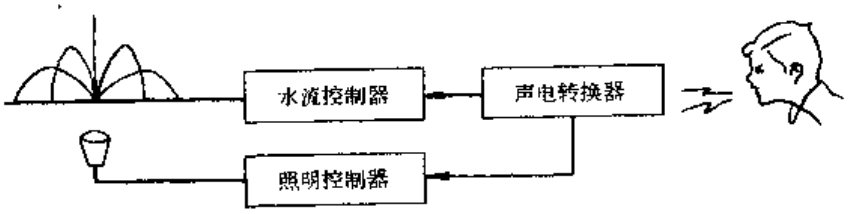


图 7-66 喊泉控制方式

2）录音带控制方式：在一盘录音带上同时录上音乐信号和控制信号，控制信号是根据音乐的声强或频率等经滤波后录制的。为使播放的音乐节奏与喷水姿态变化达到同步协调，在不同的工程中应根据配管的情况，使控制信号超前音乐信号一定的时间。在播放音乐的同时，将控制信号转换为电信号，再经放大后来调节阀门（电动阀、液压阀、气动阀或电磁阀）的开启度，水泵的开停和转速，照明启动器或变阻器的动作等。见图 7-67。

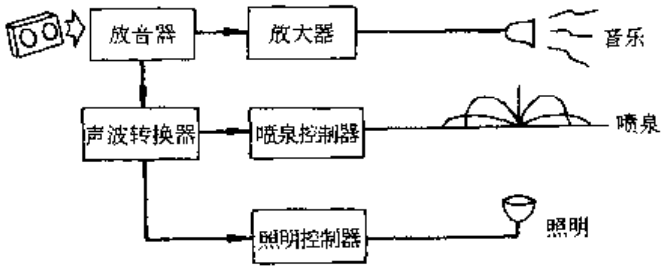


图 7-67　录音带控制方式

3）直接音响控制方式：直接接受外部音乐信号，经声波转换器转换成电讯号，再经调节装置将音乐信号与控制信号自动调节为同步，然后由放大器播放音乐，同时操纵喷水和照明装置的执行机构，使音乐、喷水和照明协调变换，见图 7-68。

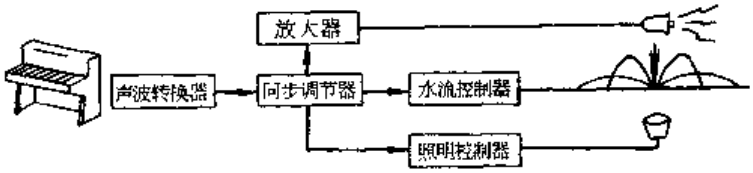


图 7-68　直接音响控制方式

4）间接音响控制方式：间接控制方式是将预先编好的程序输入程序控制装置，利用同步调节控制播音的滞后时间放音乐。程序控制器按照预先编好的程序控制喷水和照明的变化组合，同时也可利用音乐讯号调节喷水流量的大小、射程高低远近以及照明色彩与强弱的变换。这样就可使喷水的水姿随着音乐的旋律而舞动，形成音乐悠扬、五彩缤纷变化万千的水景演出，见图 7-69。

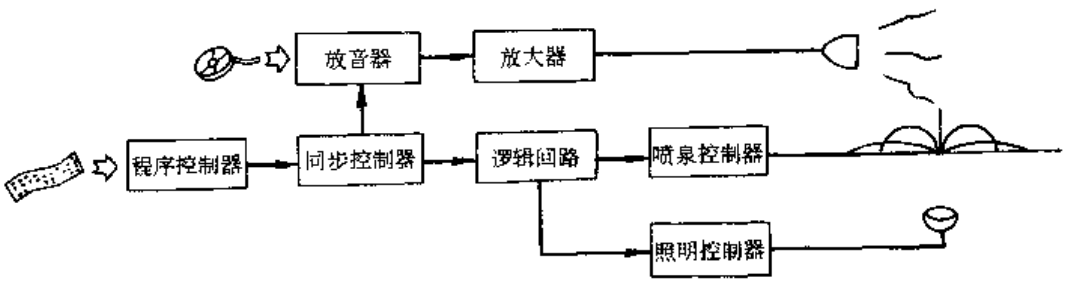


图 7-69　间接音响控制

7.2.9 水景工程示例

(1) 北京燕翔饭店喷泉工程:

1) 规模及造型选择:北京燕翔饭店的水景工程属增建工程,根据饭店性质及周围设施状况,确定其水景工程设置位置应在其大门前的小广场上,且规模不宜太大,喷水高度不宜太高。设计选择水池直径为 14m 类似马蹄形的形状,内池直径为 8m;池壁由花岗岩砌筑。在池内正中交错布置了三排冰塔水柱,最大高度为 2.9m,沿圆周设有 83 个直流水柱,喷向池中心。落入池内的水流沿内池池壁溢至外池,又在池外形成一周壁流。这样的造型体量与周围建筑相协调,便于室内外观赏。

为防止外池的水流溅出池外,影响水池两边的主要通道,在外池内布置了不易溅水的喇叭形和涌泉形水柱。

为增加在大厅内观赏水景的层次,在内池后边,内外池之间增设了一矩形小水池,内设涌泉水柱。水景工程的效果图,见图 7-70。

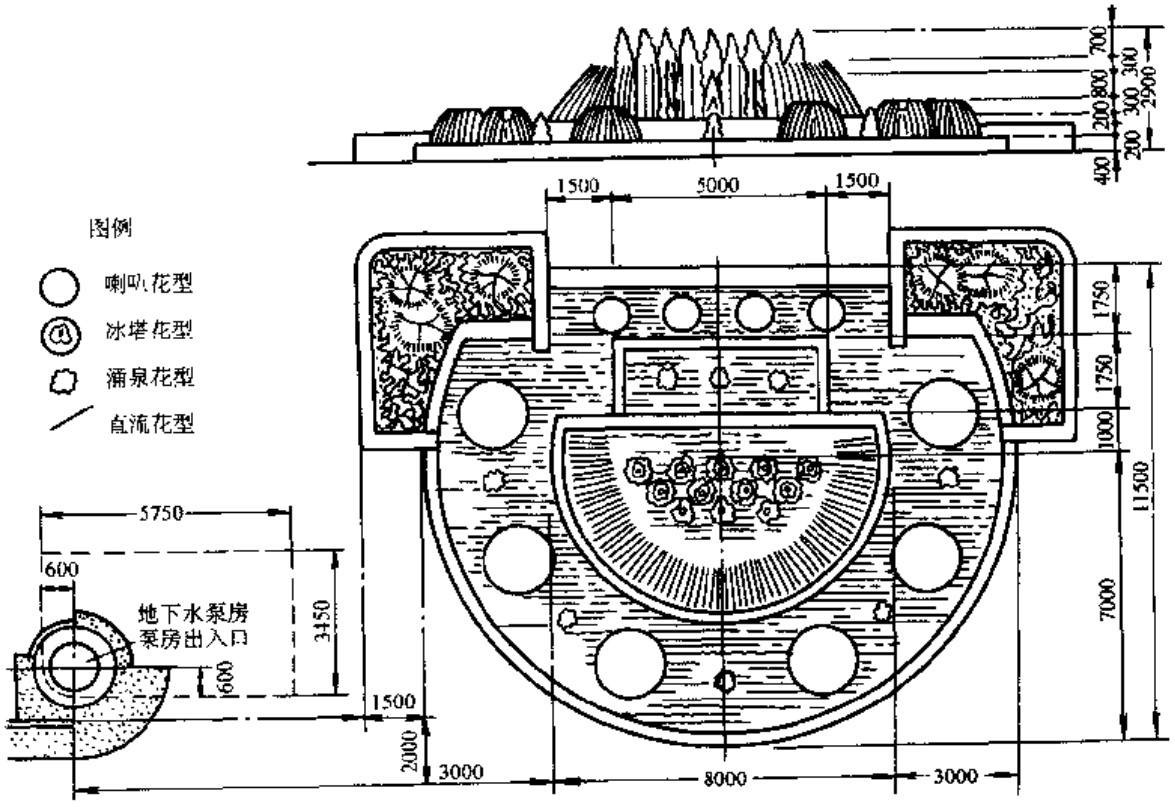


图 7-70 燕翔饭店喷泉效果图

2) 运行控制:本工程的控制方式为程序控制,主要是根据喷水的变换要求和喷头所需水压要求,设计将所有喷头分为 6 组,每组设专用供水管,分别用 6 个电动蝶阀控制水流,每个电动蝶阀只有开关两个工位,利用可编程序控制器控制开关变化。随着水流的变换,水下彩灯也相应开关变化,使喷泉的水姿和照明按照预先输入的程序变换。燕翔饭店控制程序表,见图 7-71。

程序控制设备和配电均设在地下式的水泵房内。

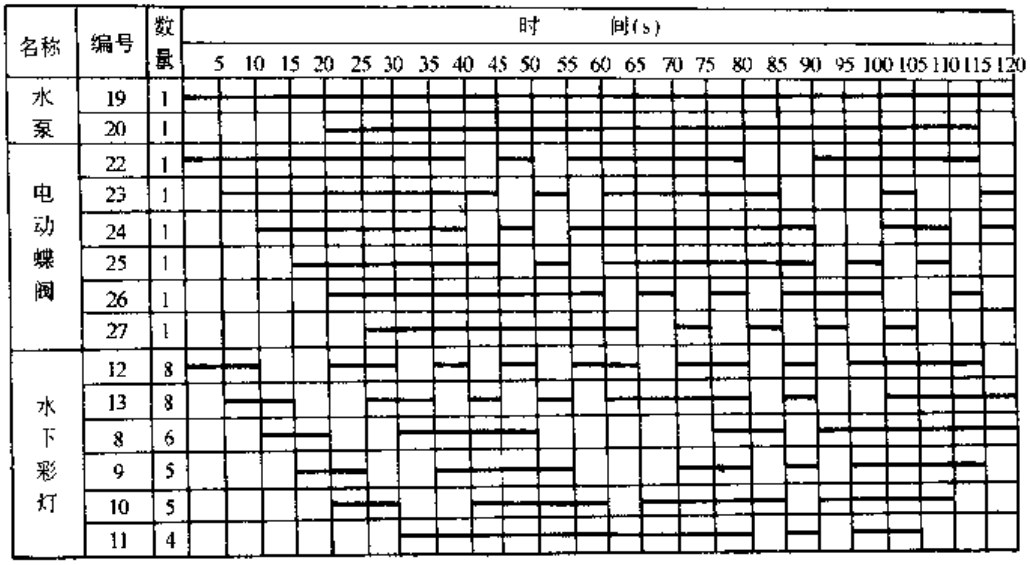


图 7-71　燕翔饭店喷泉程序控制表

(2) 广西南宁市某广场水景工程：该广场位于市中心区，广场面积约为 3600m^2。北边为茂密的高大乔木林，其它三面均为街道。该水景工程就设在广场北侧靠近树林处。

该广场是供人们休憩的地方，因此该水景工程既要壮观又要活泼，但其投资方的投资又有一定的限制。

根据上述情况，确定水姿变化暂不考虑，但要考虑将来增设彩色照明的可能。水池设计为矩形水池，长度为 30m，宽度为 8m。水泵房为半地下式马蹄形，将其大半镶嵌在水池内，门窗留在水池外。泵房屋顶设一小水池，内设 5 个水塔喷头，喷水落下的水流从屋顶经两级跌落流入大水池内。由于第二级跌水盘的溢水口较宽，为保证跌流水膜连续，在水盘上设有 5 个涌泉水柱，以增加跌流水量。这样，就使水泵房也可成为造景构筑物之一。

在大池的前缘布置一排钟罩形喷头，共 12 个。在水泵房两侧各布置一个直径为 2.5m 的水晶绣球，高度为 4.5m。水晶绣球后，沿弧形各布置一排直流喷头，最大喷射高度为 6.4m，其造形效果图见图 7-72。

整个工程共设 ϕ80mm 冰塔喷头 5 个，ϕ20mm 涌泉喷头 5 个，ϕ100mm 水晶绣球喷头 2 个，ϕ15mm 直流喷头 90 个，ϕ50mm 钟罩喷头 12 个，共计喷头数 114 个。设 IS200-150-200A 型和 IS200-150-250 型水泵各 1 台，循环流量约为 730m^3/h，耗电总功率为 46kW·h。该工程设备布置示意，见图 7-73。

(3) 厦门市白鹭洲公园喷泉：该喷泉将音乐喷泉做为重点，在矩形主池中，池中心部位放置了一套矩形音乐喷泉，池边两侧为拱形及雪松，该喷泉具有以下特点：

1) 喷泉水形：该喷泉有水幕、孔雀开屏、二交叉拱形、大侧摆、纵摆、旋转、倒锥形、直塔形、玉柱、单横摆、扇形、三交叉拱形、山形等 14 种单独水形。在控制方法上还加进了“双阀供水”、“动力机定位”等新工艺，可将以上十几种单独水形增至几十种，变换出近百种不同的有效水形。以直塔形为例，系统中 5 组直塔形由 10 个不连通的液压伺服阀控制，即每组由 2 个阀控制。这样，5 组塔形既可同时出现，又可单独出现，另外由于采用双阀控制，塔形的高度变化可调，开启 1 个阀时，水形低矮，2 个阀同时开启，则水形升高，在与其它水形配合时可产生多种不同的效果。动力机定位是将动力机电机的无级调速系统与控制主机输出的

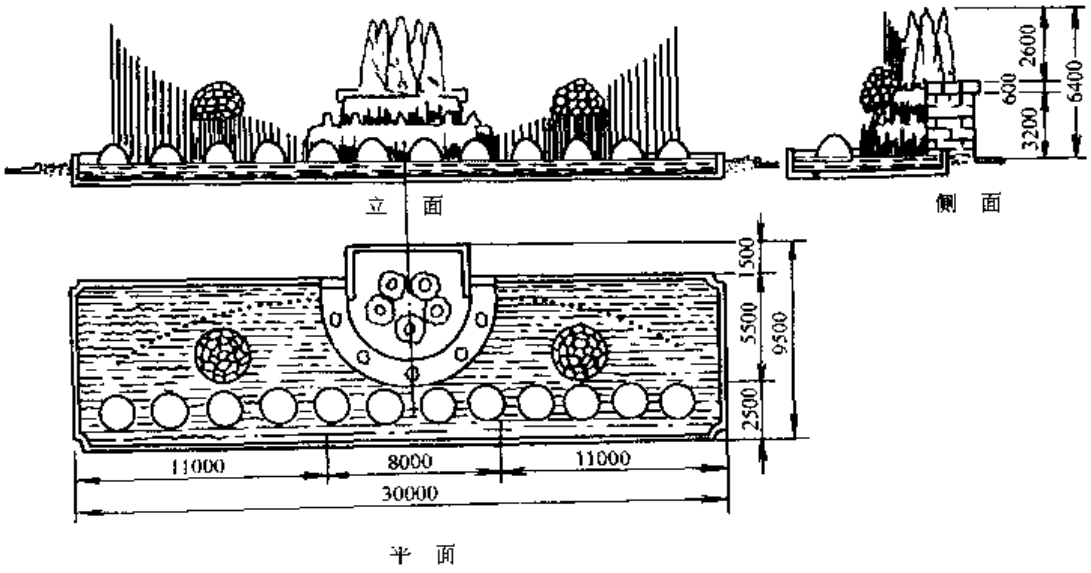


图 7-72 南宁市某广场水景工程效果图

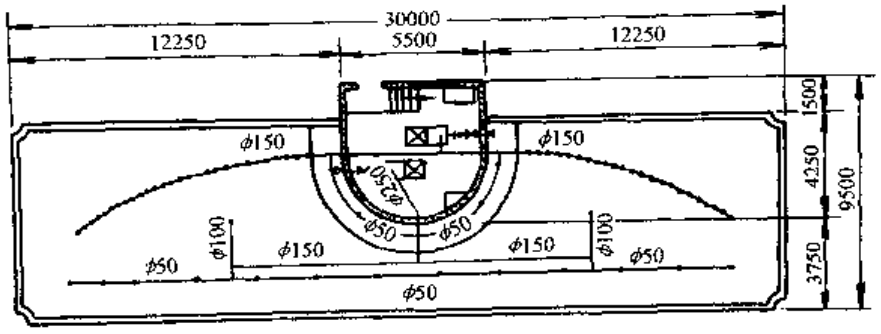


图 7-73 南宁市某广场水景工程管道设备布置示意

音乐信号相连，动力机转动随音乐节奏快慢而动。以二横摆水形为例，既可随音乐旋律产生快慢摇摆水形，又可在动力机定时停转的霎时产生交叉状篱笆水形，使水形变幻莫测。

2) 灯光配置新：这次的灯光配置，除了喷头底部有水下彩灯直接照射外，还吸取了国外的先进经验，在池边布有射灯。这样，水柱喷射时可产生垂直光束及水平光束等不同变化。水形染色既可从下至上为一种颜色，又可使一种水形水平方向染上几种不同颜色，真正使喷泉与色彩完美的结合起来。

3) 控制系统新：由于灯光配置、双阀供水及动力机定位等新方法的实施，控制系统也将随之有较大变动，特别是如何更好地表现音乐的内涵，是我们着手解决的主要问题。我们准备将这套控制系统改为"既可以实施声控的方式表演，又可以将某些优美曲目编程，以不同水景造型按乐曲的小节或段落表演两种功能。见图 7-74～76。

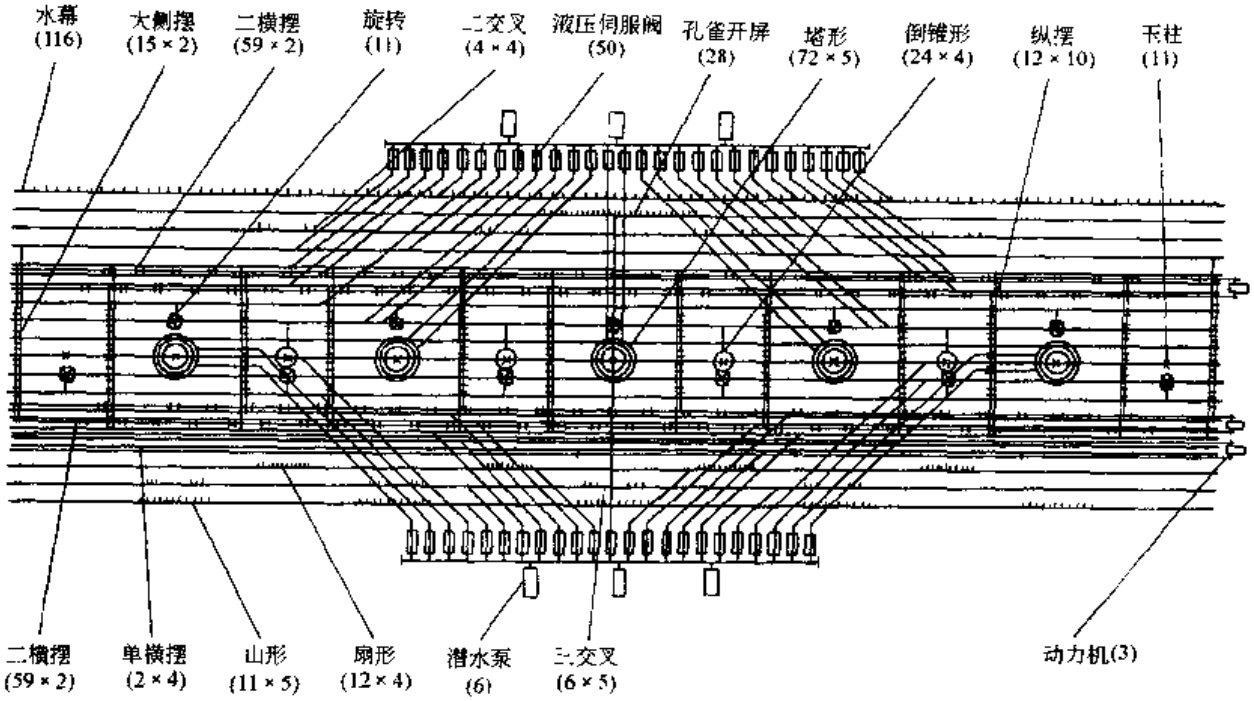


图 7-74　水景主体平面

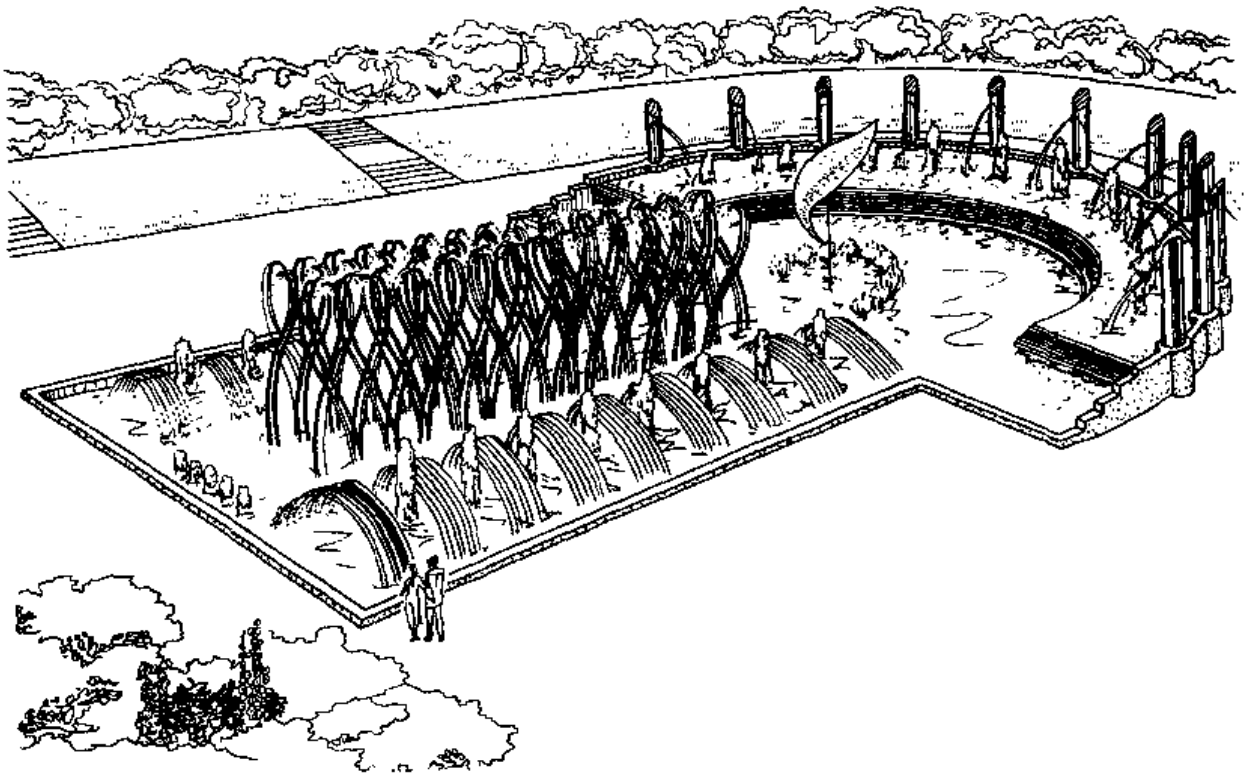


图 7-75　水景造型之一

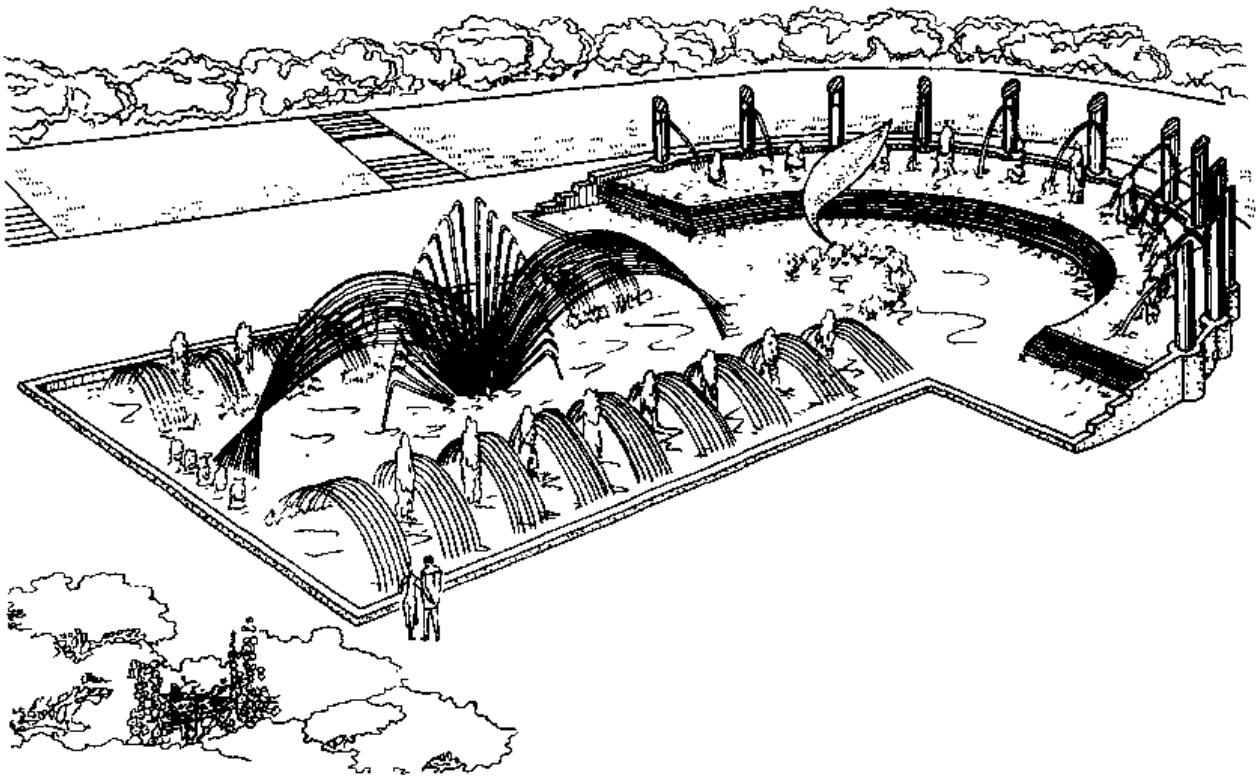


图 7-76 水景造型之二

7.3 洗 衣 房

7.3.1 设 置 目 的

由于宾馆、医院等公共建筑的卫生条件要求较高，一般在这些建筑中均需设置独立的洗衣房。在宾馆设洗衣房，可取得较好的经济效益。在医院设洗衣房，除可取得经济效益外，还可防止疾病的传播。

7.3.2 分 类

洗衣房可分为干洗和水洗两类。干洗和水洗设备应分开设置，并有各自的独立用房；但各自均应设必要的洗衣池。干洗和水洗的衣物分类，见表 7-33。

水洗和干洗衣物分类 表 7-33

洗 涤 方 式	织 品 名 称
水 洗	床单、被单、桌布、沙发套、浴巾、毛巾、工作服、各种衣裤、针织衫裤等棉、麻织品，以及该类的混合纺织品
干 洗	西服、中山服、大衣、毛衣和羊毛衫等毛织品和丝绸纺织品，以及该类的混合纺织品

7.3.3 组　　成

(1) 准备工作用地:洗衣房通常设在地下室,在楼房内应设有运送脏织品的滑道、检查、分类、编号及停放运送衣物的小车等工作所需的地方。

(2) 生产用房:水洗涤、干洗涤、脱水、烘干、压平、烫平及消毒等。

(3) 辅助用房:脏织品存放、洁衣存放、折叠整理、洗涤剂库、给水处理、锅炉或水加热间、空压机房,配电室等。

(4) 生活用房:办公、会计、更衣、淋浴及厕所等。

7.3.4 位　　置

宾馆、医院洗衣房的位置,应设在便于织品接收、发放和运输的地方。洗衣机械体量较大运转时会有振动并产生噪声。因此,在选择洗衣房的位置时,应远离对卫生和安静程度有严格要求的房间。由于洗衣房消耗动力较大,因此距加热间、水泵房配电间等动力设施不宜太远。

7.3.5 工 艺 流 程

(1) 织品流程:织品收送流程,见图 7-77。

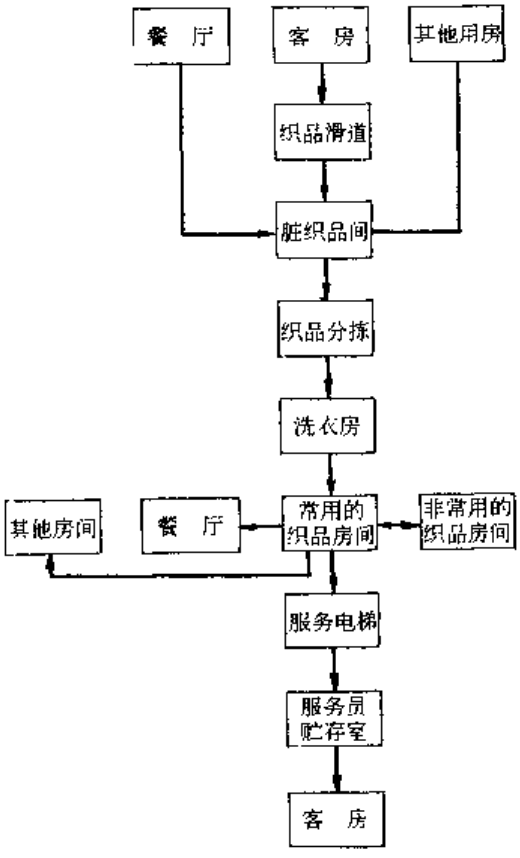


图 7-77　织品收送流程

(2) 洗衣工艺流程:洗衣用机械洗涤,一般分为水洗和干洗两种。前者是在水中使用肥皂和洗涤剂等洗衣;后者是在密闭的机器中利用挥发性溶剂的作用进行洗衣。水洗织品有床单、被单、毛巾、桌布、工作服、衬衫、衬裤、浴衣等棉、麻织品或这类的混纺织品。干洗织品有西服、大衣、毛织物、羊毛衫、毛衣等毛、绸、化纤或这类的混纺织品。洗衣工艺流程,见图7-78。

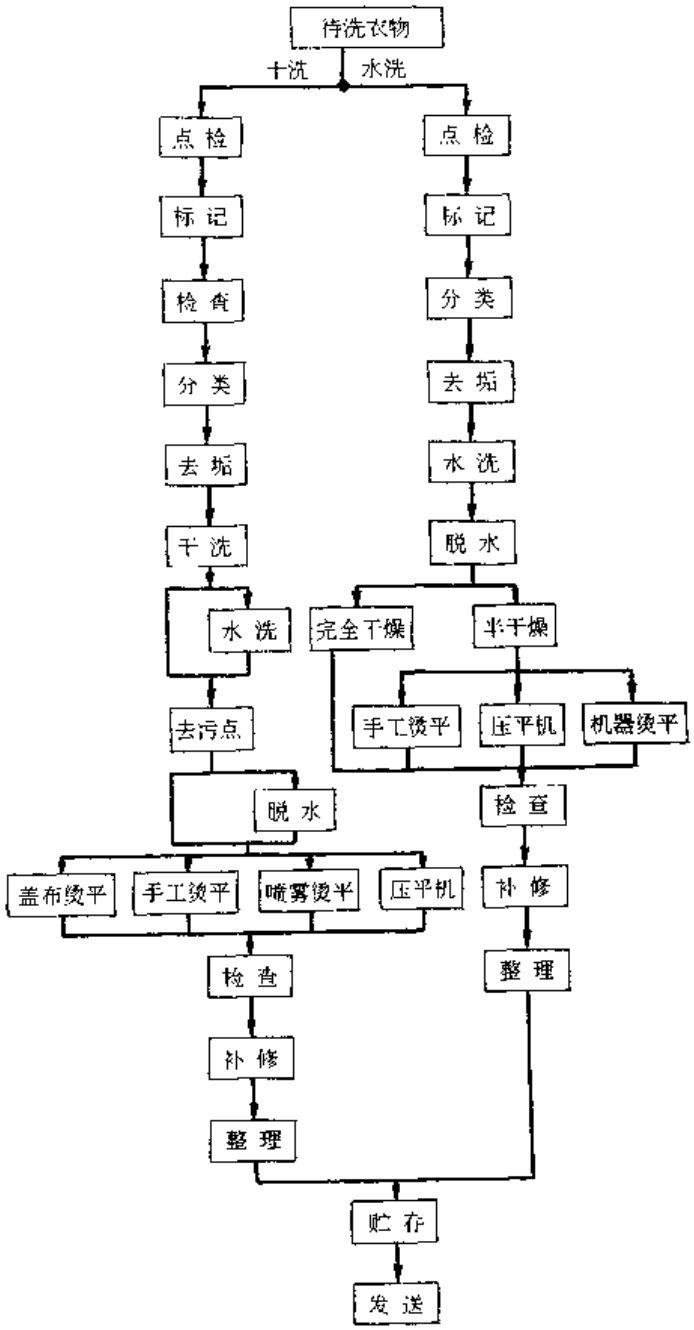


图 7-78 洗衣工艺流程

7.3.6 工 艺 布 置

洗衣房工艺布置,应在保证洗衣质量的前提下,力求缩短流程路线,工序完善又互不干

扰，尽量减少占地面积。洗衣房的设备布置，应参照下列规定：

(1) 织品的处理应按接受编号、脏衣存放、洗涤、脱水、烘干(或烫平)、整理折叠、洁衣发放的流程顺序进行。

(2) 未洗织品与已洗织品，应分开，不得混杂交叉。但应有必要的联系和运输通道。

(3) 沾有有毒物质或传染病菌的织品，应严格分开，并在洗涤前进行消毒处理。

(4) 应考虑停放运送衣物的小车位置。

7.3.7 洗衣量确定

(1) 水洗织品的数量，可根据使用单位提供的数量为依据。若使用单位提供洗衣数据有困难时，可根据建筑物性质，按表 7-34 确定。

建筑物性质确定洗衣数量　　表 7-34

序　号	建筑物名称	计算单位	干织品数量(kg)	备　注
1	食堂	每 100 席位每日	15～20	
2	旅馆：			旅馆等级见《旅馆建筑设计规范》JGJ 62—90
	六级	每床位每月	10～15	
	四～五级	每床位每月	15～30	
	三级	每床位每月	45～75	
	一～二级	每床位每月	120～180	
3	集体宿舍	每床位每月	8.0	参考用
4	医院			
	100 病床以下的综合医院	每一病床每月	50.0	
	内科和神经科	每一病床每月	40.0	
	外科、妇科和儿科	每一病床每月	60.0	
	妇产科	每一病床每月	80.0	
5	疗养院	每人每月	30.0	
6	休养所	每人每月	20.0	
7	托儿所	每一小孩每月	40.0	
8	幼儿园	每一小孩每月	30.0	

注：1. 表中干织品数量为综合指标，包括各类工作人员和公用设施的衣物数量在内。

2. 大、中型综合医院可按分科数量累加计算。

3. 宾馆客房水洗织品数量可按：一～二级旅馆 4.5～5.5kg/(d·间)。

4. 表内旅馆分级应按现行旅馆分级为准，并参照表内对应的等级选用洗衣数量。

(2) 旅馆、公寓等建筑的干洗织品的数量，可按 0.25kg/(d·床)计算。

7.3.8 干织品重量

各种干织品的重量，可按表 7-35 采用。

干织品单件重量 表 7-35

织品名称	规格	单位	干织品重量(kg)	备注
床单	200cm×235cm	条	0.8～1.0	
床单	167cm×200cm	条	0.75	
床单	133cm×200cm	条	0.50	
被套	200cm×235cm	件	0.9～1.2	
罩单	215cm×300cm	件	2.0～2.15	
枕套	80cm×50cm	只	0.14	
枕巾	85cm×55cm	条	0.30	
枕巾	60cm×45cm	条	0.25	
毛巾	55cm×35cm	条	0.08～0.1	
擦手巾		条	0.23	
面巾		条	0.03～0.04	
浴巾	160cm×80cm	条	0.2～0.3	
地巾		条	0.3～0.6	
毛巾被	200cm×235cm	条	1.5	
毛巾被	133cm×200cm	条	0.9～1.0	
线毯	133cm×200cm	条	0.9～1.4	
桌布	135cm×135cm	件	0.3～0.45	
桌布	165cm×165cm	件	0.5～0.65	
桌布	185cm×185cm	件	0.7～0.85	
桌布	230cm×230cm	件	0.9～1.4	
餐巾	50cm×50cm	件	0.05～0.06	
餐巾	56cm×56cm	件	0.07～0.08	
小方巾	28cm×28cm	件	0.02	
家具套		件	0.5～1.2	平均值
擦布		条	0.02～0.08	平均值
男上衣		件	0.2～0.4	
男下衣		件	0.2～0.3	
工作服		套	0.5～0.6	
女罩衣		件	0.2～0.4	
睡衣		套	0.3～0.6	
裙子		条	0.3～0.5	
汗衫		件	0.2～0.4	
衬衣		件	0.25～0.3	
衬裤		件	0.1～0.3	
绒衣、绒裤		件	0.75～0.85	
短裤		件	0.1～0.3	

续表

织品名称	规格	单位	干织品重量(kg)	备注
围裙		条	0.1～0.2	
针织外衣裤		件	0.3～0.6	
西服上衣		件	0.8～1.0	
西服背心		件	0.3～0.4	
西服裤		条	0.5～0.7	
西服短裤		条	0.3～0.4	
西服裙		条	0.6	
中山装上衣		件	0.8～1.0	
中山装裤		件	0.7	
外衣		件	2.0	
夹大衣		件	1.5	
呢大衣		件	3.0～3.5	
雨衣		件	1.0	
毛衣、毛线衣		件	0.4	
制服上衣		件	0.25	
短上衣(女)		件	0.30	
毛针织线衣		套	0.80	
工作服		套	0.9	
围巾、头巾、手套		件	0.1	
领带		条	0.05	
帽子		顶	0.15	
小衣件		件	0.10	
毛毯		条	3.0	
毛皮大衣		件	1.5	
皮大衣		件	1.5	
毛皮		件	3.0	
窗帘		件	1.5	
床罩		件	2.0	

7.3.9 设计数据

宾馆洗衣房的设计数据：

(1) 床位数、餐厅、餐桌数应与土建设计相一致。

(2) 客房床位的出租率，按85%～90%计。

(3) 织品更换周期，按下列数据采用：

1) 一、二级旅馆1d。

2) 三级旅馆2～3d。

3) 四、五级旅馆 4～6d。

4) 六级旅馆 7d。

(4) 宾客送洗织品数量:一、二级旅馆按总床位数的 10%～20%计。三、四、五级旅馆按总床位数的 5%～10%计。

(5) 职工工作服平均 2d 换洗一次。

(6) 每天宜按一班制工作制度计算。

7.3.10 洗衣设备选择

(1) 洗衣机设备的容量,应按所洗涤织品的最大量选择,一般不设备用。但设备不宜小于两台,大小容量的设备应互相搭配,以适应洗涤织品的种类、数量、颜色及急件的需要(一、二、三级旅馆应设衣物急件洗涤)。

(2) 洗衣房每日洗涤织品的数量,可按式(7-44)进行计算:

$$G = \Sigma G_i N_i \frac{1}{n} \quad (\text{kg/d}) \tag{7-44}$$

式中 G——洗衣房每日洗涤织品的数量(kg/d);

G_i——洗衣房服务对象每一单位每月洗涤干织品的数量(kg/月);

N_i——服务对象单位数(房间、床位、席位、人数等);

n——洗衣房每月工作天数。

再按每日工作小时数计算出小时洗涤织品量:在计算时可根据具体工程确定客房出租率、餐厅织品更换次数以及职工制服更换周期等。

(3) 烫平、压平及烘干折叠等设备,应与洗衣机的生产率相协调。旅馆的洗衣房,可按下述比例分配选择:

烫平 65%。

烘干 30%。

压平 5%。

(4) 辅助设备按(1)、(2)项已选设备的生产率确定。

7.3.11 洗衣设备布置

(1) 洗涤脱水机:洗涤脱水机的布置,一般应距织品分类台近一些以减少运输距离,距墙一般为 600～800mm,最小不得小于 400mm。

(2) 烘干机:烘干机应靠近洗涤脱水机。距墙一般为 800～1000mm。

(3) 烫平机:烫平机占地面积较大,且两端需要一定的工作面,通常烫平机应布置在房间的中间,两侧与其它设备间距一般为 1500mm。烫平机后接折叠机,在烫平机和折叠机的两端应设置工作台。

(4) 压平机及人像精整机:压平机及人像精整机,通常距墙为 300～500mm。另需在压平机和人像精整机旁沿墙设置自动折叠工作台、人工烫平台等。

7.3.12 给 水 设 计

(1) 洗衣房给水水质,应符合国家规定的生活饮用水水质标准。

(2) 水的硬度大小对洗涤剂的用量、洗涤效果有着很密切的关系。水的硬度每增加 1 度(以 $CaCO_3$ 计),每吨水将多耗肥皂 120～150g。国外有关资料介绍水的 $CaCO_3$ 硬度超过 50mg/L 时需进行软化处理。我国按 60℃ 热水计算,日用水量≥10m³/d 时,原水硬度(以 $CaCO_3$ 计)大于 357mg/L,洗衣水应进行软化处理。洗衣房的用水水质除硬度要求外,水中铁、锰的含量也不宜大于 0.2mg/L。

(3) 洗衣房的给水管道,宜单独设置引入管。给水管管径按 1min 充满洗衣机所用水量计算;也可按每公斤干衣的给水流量为 0.36m³/h 进行计算,用水时变化系数可取 1.5。但不得小于洗衣机接管管径。

(4) 给水管的管材可采用镀锌钢管,软化后的给水管道也可采用塑料管或铜管。

7.3.13 热水供给设计

(1) 热水的用水量,可按冷水为 60%、热水为 40% 的比例来计算。当 60℃ 热水用量按 16～27L/(d·kg 干衣)无资料时,亦可按 0.05m³/(d·床)估算。

(2) 热水制备宜采用容积式水加热器,以适应用水不均匀的情况。如采用其它形式的热交换器时,需增设热水贮罐,设计水温宜采用 60℃。

(3) 热水宜采用直流式热水供应的管道系统。

7.3.14 排水设计

(1) 洗衣房内宜采用带栅条或带孔盖板的排水沟排水。洗涤脱水机在泄水时瞬间流量较大,为防止洗衣机泄水时不致溢出地面,可结合设备基础在洗衣机排出口下方设 600mm×600mm 的集水坑,其排水管径不宜小于 100mm。烘干机或烫平机的蒸汽凝结水,应设凝水管回流凝结水箱。

(2) 设备有蒸汽凝结水排除要求时,应在设备附近设地漏或直接排入排水沟。

(3) 系统应考虑洗涤剂回收利用的可能。

(4) 水温超过 40℃ 或排水中含有有毒或有害物质时,应按有关规范要求进行降温或无害化处理后,再排入室外排水管道。

7.3.15 用汽量

(1) 蒸汽用量:蒸汽用量应按设备产品说明书要求提供。也可按 1.0kg/(h·kg 干衣);在无热水供应时,可按2.5～3.5kg/(h·kg 干衣)的蒸汽量估算。

医院洗衣房的蒸汽用量,可按 2.3～2.7kg/(h·kg 干衣)估算。其中:

用于煮沸消毒为 0.5～0.8kg/(h·kg 干衣)。

用于洗衣为 0.4～0.5kg/(h·kg 干衣)。

用于干燥衣物为 0.7kg/(h·kg 干衣)。

用于烫平衣物为 0.7kg/(h·kg 干衣)。

各种洗衣设备要求的蒸汽压力以产品说明书为准。在无产品资料时,也可按表 7-36 选用。

洗衣设备所需蒸汽压力参考 表 7-36

设备名称	洗衣机	烫衣机 人像机 干洗机	烘干机	烫平机	煮沸消毒
蒸汽压力 (MPa,表压)	0.15~0.2	0.4~0.6	0.5~0.7	0.6~0.8	0.5~0.8

(2) 压缩空气:压缩空气压力、压缩空气量应按设备产品说明书要求设计。也可按0.5~1.0MPa,用量0.1~0.2m^3/(h·kg 干衣)估算。

如没有公用的压缩空气可利用,则应选用无润滑油型的空气压缩机。为防止空压机噪声对洗衣房的影响,空压机宜设在专用房间内。

(3) 采暖通风要求:

1) 生产用房每小时换气次数,宜采用 20 次;采暖温度宜采用 12~16℃。

2) 辅助性生产用房每小时换气次数,可采用 15 次;采暖温度宜采用 16~18℃。生活用房按有关规范的规定执行。

3) 洗涤间的相对湿度,不宜超过 70%;其它生产用房的相对湿度,不宜超过 60%。

4) 烘干小室或称干燥室的温度,一般采用 70~90℃。烘干机、烫平机应按设备或设计要求设置局部排气或换气装置。烘干小室应单独设置排气换气装置。

5) 设在地下室的大型洗衣机房,宜设空调降温设施。人工烫平间应有良好的通风条件。

6) 干洗机必须设置单独排放的通气管,并高出屋面排入大气,使排气中有害成分迅速稀释扩散。

7.3.16 用 电

(1) 照明用电:洗涤、脱水及烘干等用房,其操作面的照明采用 200~300lx。

烫平机、烫衣机其操作面的照明为 300~400lx,手工烫平台可设局部的照明装置。

其余房间操作面的照明为 100~150lx。洗衣房宜采用日光灯为光源。其中洗涤、脱水、烫平等生产用房应采用防水型日光灯。

(2) 动力用电:洗衣房设备动力用电应按产品说明书的要求提供。也可按每设置 1kg 洗衣机容量用电量 0.05~0.2kW 估算。但在没有蒸汽供给而用电气烘干、烫平、压平时,用电量可按 0.5~1.0kW 估算,干洗机每公斤干洗机容量可按 0.25~0.45kW 估算。

工艺设计时,还需在烫平间及熨烫缝补间的墙壁四周,适当位置设置单相二孔及三孔插座,以备人工熨烫及缝补之用。

7.3.17 土建设计要求

(1) 洗衣房属高温车间。温、湿度较大,噪声源较多,必须设有机械排风措施。如条件允许,洗衣房最好设在主楼外靠近动力站附近。

(2) 洗衣房的层高,一般为 4~5m,设有天窗或高侧窗,应有良好的自然采光。

(3) 地面和墙裙宜为水磨石。墙裙高度大于 1.5m,墙面最好刷油漆或贴瓷砖。

(4) 洗涤间的地面标高,应低于其它房间 20~30mm。排水沟应设铸铁箅子或其它耐腐蚀材质的栅条盖板。

(5) 应设置洗衣设备安装的出入口。

(6) 洗衣房工作间应采用 1.2m 宽自由门。办公休息间应设开水炉。

(7) 洗衣房宜设清水槽。医院洗衣房宜设 2～3 个;宾馆洗衣房宜设 1～2 个。清水槽尺寸建议采用 1000mm×800mm×400mm。

(8) 洗衣房面积指标取决于机械化程度、服务对象(饭店、医院、公共场所)等因素。机械化程度高,规模大,所需面积指标小;机械化程度不高,规模小则需面积指标大。对于宾馆的洗房可按每间客房所需洗衣面积 0.5～1.0m^2 估算。

7.3.18　设备与管道连接要求

(1) 洗衣房内各种管道与设备之间的连接,应采用软管连接。

(2) 洗衣设备的给水管、热水管和蒸汽管上,应装设过滤器和阀门。

(3) 在接入洗衣设备前的给水管和热水管上,应设置空气隔断器,以防止水质被污染。

(4) 各种洗衣设备上的蒸汽管、压缩空气管洗涤液管,宜采用铜管。

7.3.19　示　　例

(1) 某饭店洗衣房布置,见图 7-79。

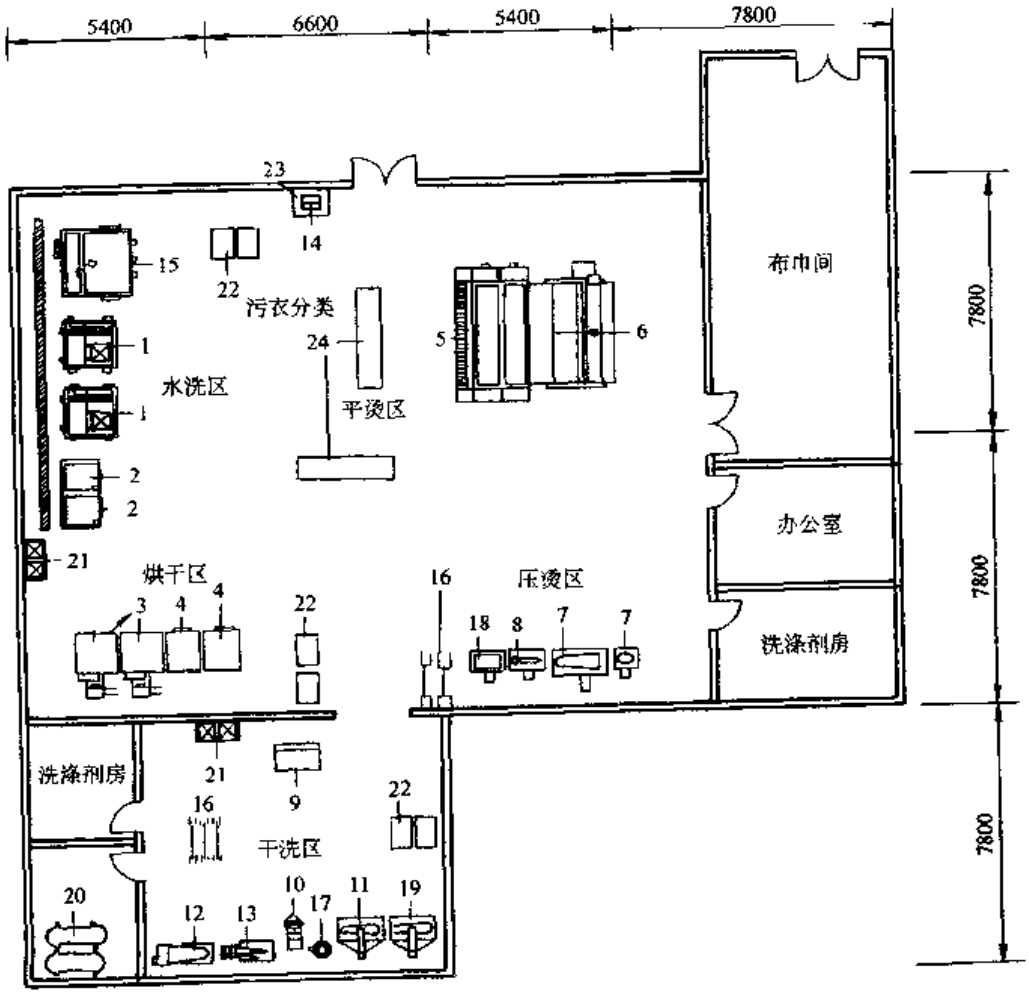


图 7-79　某饭店洗衣房平面

项目	数量	名 称	型 号	项目	数量	名 称	型 号
1	2	全自动洗衣高速脱水机	42/26FLA	13	1	起渍机	JOLLY
2	2	全自动洗衣脱水机	FL230	14	1	打码机	Y—140
3	2	烘干机	TT1000	15	1	全自动洗衣高速脱水机	48/36FLA
4	2	烘干机	TT500	16	5	衣架	
5	1	自动平熨机	600/2/3000	17	1	蘑型压熨夹机	19VS
6	1	折机	SYSTEM—A	18	1	衬衣衣身压熨机	32VB
7	1	万能熨夹机	51VL	19	1	气动控制压熨机连抽湿	B.P+ VACUUM
8	1	衬衣及袖口压熨机	27VCY	20	2	空气压缩机(客方自备)	
9	1	全自动干洗衣机	D28N VTWA	21	2	双星盘(客方自备)	
10	1	人像熨上衣机	M.G	22	6	运输车(客方自备)	
11	1	气动控制压熨机连抽湿	B.P+ VACUUM	23	1	工作台	
12	1	抽湿熨板连蒸汽熨斗	TAGFV	24	2	工作台(客方自备)	

(2) 某大酒店洗衣房布置,见图 7-80。

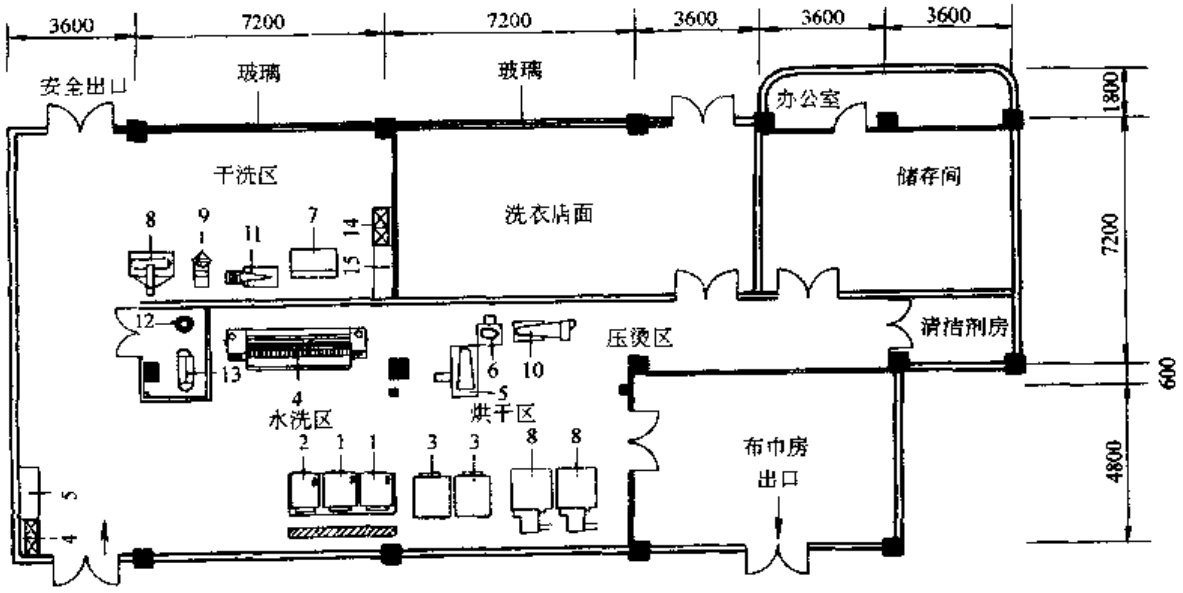


图 7-80 某大酒店洗衣房平面

项目	数量	名 称	型 号	项目	数量	名 称	型 号
1	2	全自动洗衣脱水机	FL325	9	1	人像熨上衣机	M.G
2	1	全自动洗衣脱水机	FL230	10	1	抽湿熨板连蒸汽熨斗	TAGFV
3	2	烘干机	TT500	11	1	起渍机	JOLLY(S)
4	1	自动平熨机	IM4831	12	1	真空抽湿机	4DX3
5	1	万能熨夹机	51VL	13	1	空气压缩机	SP105—22T
6	1	蘑型压熨夹机	19VS	14	2	双星盘(客方自备)	
7	1	全自动干洗衣机	D18N	15	2	工作台	
8	1	气动控制压熨机	B.P				

7.4 公 共 浴 室

7.4.1 分类及组成

(1) 公共浴室的分类:公共浴室根据服务对象不同一般可分为两类。

1) 城镇居民区的公共浴室,一般为经常性营业,每天营业时间为 8～16h。

2) 内部公共浴室,主要为厂矿企业、机关、学校的职工、学员服务,一般为定期开放,每天开放时间为 2～6h。

(2) 公共浴室的组成:一座设备完善的公共浴室,通常有以下几部分组成:

1) 浴池间:男部设浴池间,内设加热池、成人池(烫水池和热水池)、儿童池(温水池)等。

2) 淋浴间:淋浴器可单间设置、隔断设置和通间设置,也可附设在浴池间和浴盆间内。

3) 浴盆间:单独设置分单浴盆间和双浴盆间,也可附设在淋浴间和浴池间内。

4) 盥洗间:设有成排洗脸盆或盥洗槽,亦有将洗脸盆或盥洗槽附设在淋浴间、浴盆间和浴池间内。

5) 锅炉房:设有锅炉、加热器、水箱和贮水罐等。

6) 附属用房:有更衣间或散床间、毛巾和拖鞋消毒间、洗衣房、理发室、厕所、脚病治疗室、蒸馏水制备间、贮存间、寄存处、售票处、办公室等。

7.4.2 用 水 要 求

(1) 水质要求:沐浴用水水质应符合国家颁布的现行《生活饮用水卫生标准》的要求。

(2) 水温要求:洗浴用水的水温要求,见表 7-37。

洗浴用水的水温　　表 7-37

序号	设备名称	用水温度(℃)	备注	序号	设备名称	用水温度(℃)	备注
1	淋浴器	37～40		4	浴池		
					1) 加热池	65～70	
					2) 烫水池	45～50	
2	浴盆	40			3) 热水池	40～42	
					4) 温水池	35～37	
3	洗脸盆	35			5) 烫脚池	45～50	视情况决定设否

注:加热设备的出水口的水温,不宜超过 65℃,以利于配水点冷水及热水的混合。

(3) 用水标准及水压要求:

1) 卫生器具给水额定流量、当量、支管管径和流出水头,见第 1 章。

2) 卫生器具一次和一小时热水用水量,见表 7-38。

卫生器具热水用水量标准　　表 7-38

序号	卫生器具名称	一次用水量(L)	一小时用水量(L)	水温(℃)	备注
1	浴盆				
	带淋浴器	150	300	40	
	不带淋浴器	125	250	40	

续表

序 号	卫生器具名称	一次用水量(L)	小时用水量(L)	水 温 (℃)	备 注
2	淋浴器 单间 隔断间 通间 附设在浴池间	 100～150 80～130 70～13 45～54	 200～300 450～540 450～540 450～540	 37～40 37～40 37～40 37～40	
3	洗脸盆	5	50～80	35	

7.4.3 设 备 定 额

(1) 更衣床(柜)数量,按式(7-45)计算:

$$n=\frac{Nt}{T} \tag{7-45}$$

式中 n——更衣床(柜)数量(个);

N——每天设计洗浴人数(人);

t——浴室每日开放的时间(h);

T——每位洗浴者在浴室平均停留时间(h),一般取0.5～1.0h。

(2) 浴池面积:

1) 一般男浴室每个床位(或衣柜、更衣凳)的浴池面积为0.17m^2,即每平方米浴池有效面积在洗浴高峰时可供2人同时使用。每人平均洗浴时间为20min,每平方米浴池有效面积每小时最多可洗6人。

2) 各种池子的面积比例一般为:

① 成人池(烫水池和热水池面积之和)占70%～80%。

② 儿童池(温水池)占30%～20%。

③ 烫脚池一般为0.5～1.0m^2。

④ 加热池一次加热水量,应能充满最大一格浴池。在各种池子内,单设加热设备(如锅炉和加热器)加热时,也可不设加热池。

(3) 淋浴器数量:淋浴器的数量,根据洗浴设备的负荷能力和洗浴人数,按式(7-46)计算:

$$n=\frac{N}{cT} \tag{7-46}$$

式中 n——淋浴器数量(个);

N——每天设计洗浴人数(人);

T——浴室每天开放时间(h);

c——淋浴器的负荷能力(人/h),可按表7-39采用。

洗浴设备负荷能力 表7-39

序 号	设备名称	设 置 状 况	负荷能力[人/(个·h)]	备 注
1	淋 浴 器	单 间	1	
		隔 断 间	2～3	

续表

序　号	设备名称	设　置　状　况	负荷能力[人/(个·h)]	备　注
1	淋浴器	通　间	3～4	
		附设任浴池内		
		隔断间	8～10	
		通　间	10～12	
2	浴　盆	单浴盆单床间	1	
		单浴盆间集中更衣间	2	
		附设在浴池间或淋浴器间内	视浴池规模定，一般不少于2个	
3	洗脸盆	单独盥洗间	8～12	
		附设在浴池间或淋浴器间内	10～16	

(4) 洗脸盆和浴盆数量：洗脸盆和浴盆的数量，可根据其负荷能力确定。一般以浴盆为主的浴室，浴盆负荷能力为2人/(个·h)，洗脸盆的负荷能力为10～16人/(个·h)；附设在浴盆间内的洗脸盆负荷能力采用2～4人(个·h)。为了方便计算，可将浴盆、洗脸盆的数量折算成淋浴器的数量，见图7-81。

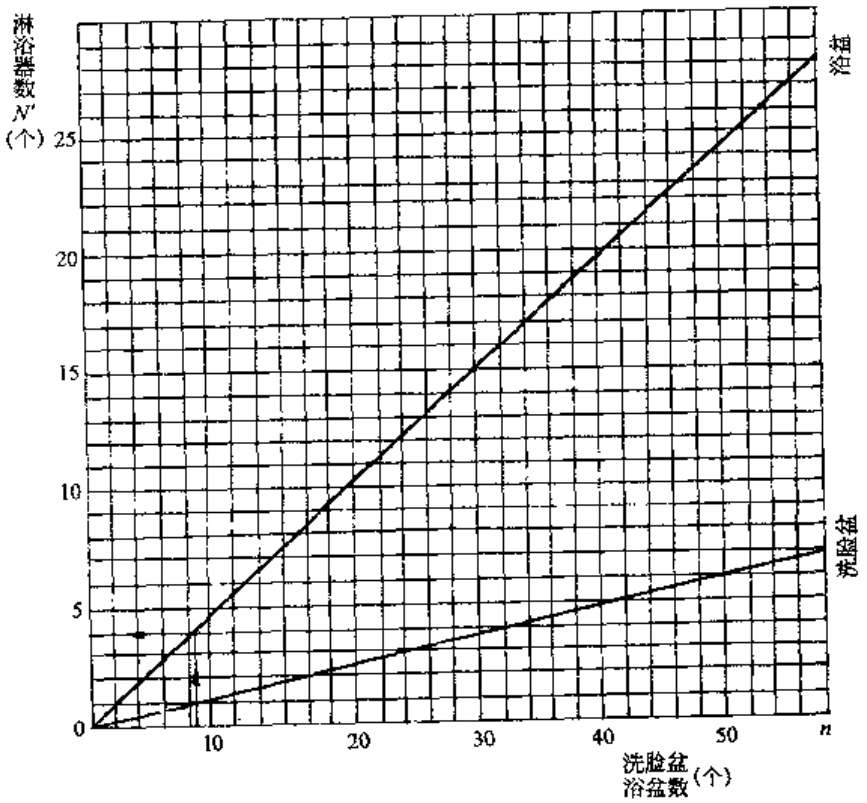


图7-81　洗脸盆、浴盆折算为淋浴器的个数

(5) 大便器数量：为洗浴者服务的厕所大便器数量，可按表7-40选用。工作人员的厕所一般另外设置。

浴室大便器数量 表 7-40

大便器(个)	床位(更衣柜)(个)		大便器(个)	床位(更衣柜)(个)	
	男	女		男	女
1	50	35	4	200	140
2	100	70	5	250	175
3	150	105			

(6) 小便器数量:小便器数量根据服务人数多少确定。一般在浴池间内设 1～2 个挂式或立式小便器。

7.4.4 设计小时耗热量

小时耗热量,按式(7-47)计算:

$$Q=\frac{q_h c(t_r-t_L)n_0 b}{3600}\quad(W) \tag{7-47}$$

式中 Q——设计小时耗热量(W);

q_h——卫生器具小时热水用水量(L/h),按表 7-38 选定;

c——水的比热容[J/(kg·℃)],$c=4187$ J/(kg·℃);

t_r——热水温度(℃);

t_L——冷水温度(℃);

n_0——同类型卫生器具数量;

b——卫生器具同时使用百分数,公共浴室和工业企业生活间学校剧院及体育馆(场)等的浴室内的淋浴器和洗脸盆,均按 100%计。

7.4.5 供 水 系 统

(1) 系统选择,见表 7-41。

供水系统比较 表 7-41

序号	系统形式	优 点	缺 点	备 注
1	开式系统	1. 有利于配水点冷、热水压力稳定 2. 运行安全,管理方便 3. 节约燃料能源	1. 设冷热水箱受建筑面积布置影响大 2. 适用于小型浴室 3. 水质易受外界污染	
2	闭式系统	1. 适用于各类规模之浴室 2. 出水水质有保证 3. 可不设屋顶水箱 4. 管路简单	1. 需设安全阀或膨胀水箱 2. 维护管理要求高	

(2) 设计要求:

1) 淋浴器配水管网应与其它用水器具分开设置独立的管道系统。

2) 淋浴器数量超过 3 个时,配水管宜为环状管道。

3) 配水管单位长度的水头损失:淋浴器数量少于 4 个时为每米管长不大于 200Pa;淋浴

器数量多于3个时，为每米管长不大于300Pa。

4）成排（组）淋浴器宜采用相同管径的配水管，最小管径不小于25mm。

5）热水供水干管长度超过50m时，宜设干管循环回水管。

6）宜采用脚踏开关淋浴器，在此情况下，其配水管管径不小于25mm。

7）节水与节能：公共浴室的节水与节能是设计应考虑的重要技术问题，通常所采用的主要措施分两类，一类是从开发和利用各种热源着手，另一类是从通过改进淋浴设施来达到。其具体措施如下：

① 设置太阳能集热器，利用太阳能加热水，根据工程具体情况，可采用自然循环式热水系统、自然循环定温放水式热水系统、强制循环式热水系统、直流式热水系统、闷晒式定温放水系统等。夏季可直接供淋浴器使用；春秋季节，加热水温达不到要求时，亦可以蒸汽补充加热，或作为热水锅炉和蒸汽换热器的预热水。

② 采用单管恒温供水方式。将冷热水在混合水箱、混合罐内混合，由电接点温度计和电动调节阀调节至使用温度，以单管输送至各淋浴间。为满足洗浴者对水温的不同要求，对于大型浴室可设置不同温度的单管供水系统。单管恒温供水系统与脚踏淋浴器、光电淋浴器、手拉延时自闭淋浴器配合使用，做到人离水停，与一般双管系统的双阀淋浴器相比，可节水20%～25%，见图7-82、83。

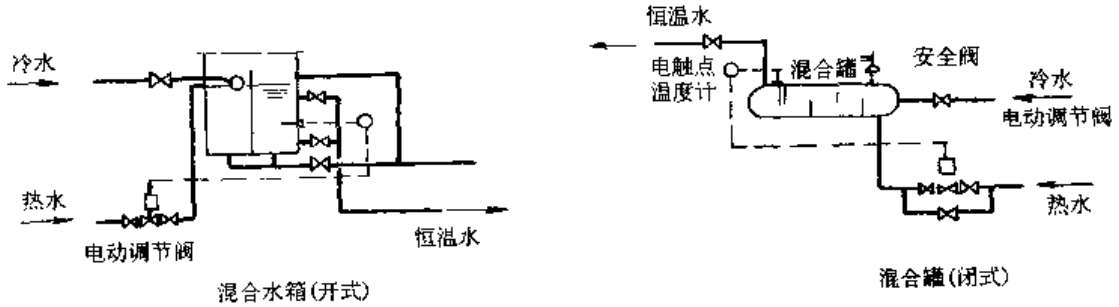


图7-82　混合水箱、混合罐

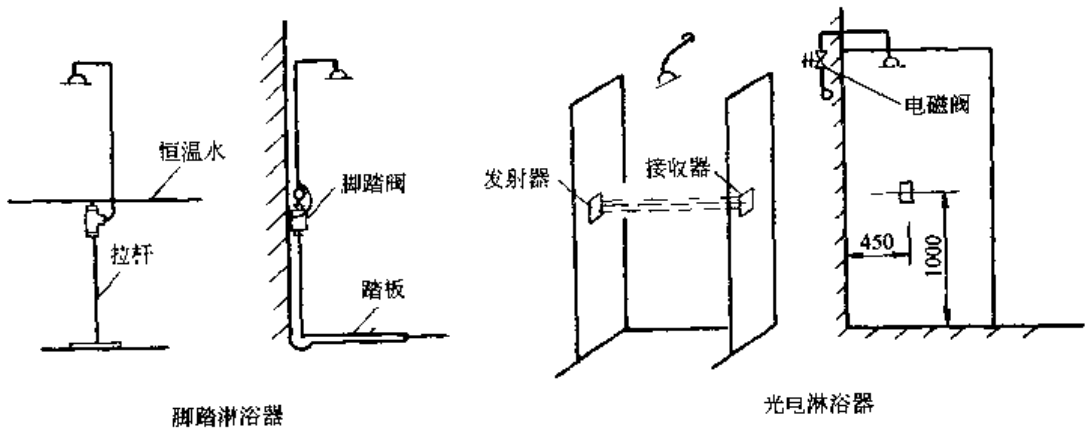


图7-83　脚踏、光电淋浴器

③ 采用双管供水方式时，为了使淋浴器出水温度少波动，便于调节，应尽量采用单把调温式淋浴器。避免因不好调节而浪费水量。

④ 降低热水锅炉或换热器的热水出口温度，不但减少热损失，而且减少结垢。宜设置

温度自动调节器来控制锅炉的燃烧和换热器供给蒸汽量。

7.4.6 加热方式及加热设备

(1) 加热方式:

1) 热水锅炉加热开式系统,见图 7-84。其特点:

① 适用于小型浴室(小于 20 个淋浴器的耗热量)。

② 设备简单,投资省,运行安全,管理方便,噪声小。

③ 给水硬度较高时,应采用除垢措施。

④ 锅炉应有消烟除尘设施,并设有温度计及膨胀管。

⑤ 通常与热水贮水罐配合使用,其容积根据锅炉加热时间和需贮存水量确定。

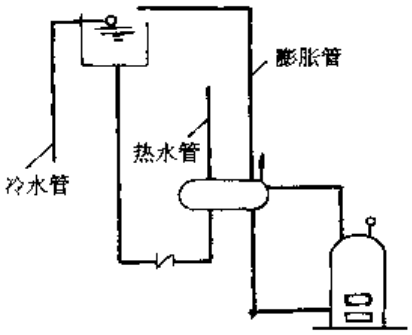


图 7-84 热水锅炉加热开式系统

2) 热水锅炉加热闭式系统,见图 7-85。其特点:

① 适用于市政自来水压比较稳定(一般不大于 0.4MPa)或无条件设置冷水箱时,或距用水点较远和较高处,必须利用水压供水时。

② 热水贮水罐及锅炉上应设安全阀、压力表、温度计。

③ 充分利用水压,对于中型或中型以上的多层公共浴室,采用较多,具有管理简便,设备占地少等优点。

3) 蒸汽直接加热开式系统,见图 7-86。其特点:

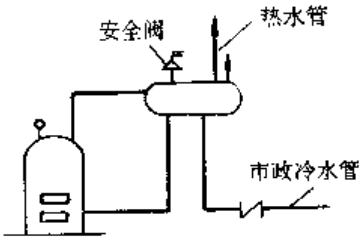


图 7-85 热水锅炉加热闭式系统

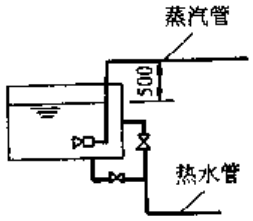


图 7-86 蒸汽直接加热开式系统

① 通常用于小型浴室。

② 蒸汽供汽横管应高于加热水箱最高水位 0.5m 以上。

③ 应严格控制噪声,汽水混合应采用消声混合器(一般可降至 70dB 以下,A 级)。

④ 宜设温度自动调节器,控制热水温度。

4) 蒸汽间接加热开式系统,通常有两种加热型式,见图 7-87。其特点:

① 以上两种加热型式是蒸汽间接加热方式中较为安全可靠的方式,凝水可以回收,无噪声。

② Ⅰ型适用于小型浴室。

③ Ⅱ型可根据浴室热水量选用多台容积式热交换器,适用于中型以上或大型浴室。

5) 蒸汽间接加热闭式系统,见图 7-88。其特点:

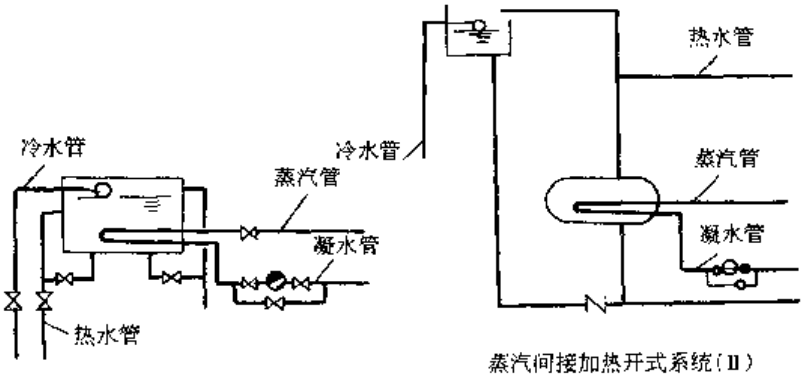


图 7-87　蒸汽间接加热开式系统

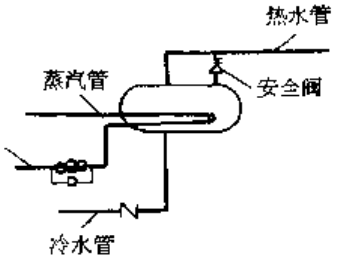


图 7-88　蒸汽间接加热闭式系统

① 适用于大型或多层公共浴室。

② 需设置多台时，占地较大，热效率较低，需设置温度自控调节器，进行蒸汽量的分配和调节。

③ 对于设有循环供水系统的浴室采用较多。

④ 应设有安全阀及膨胀装置。

(2) 设备选用：

1) 冷水箱容积：在可能收集到用水变化曲线时，应按曲线确定水箱有效容积。一般可按以下经验数据确定。

① 当水源接自自来水管网或其它可靠的供水系统时，取 0.5～1.0 设计小时耗水量。

② 当水源来自局部供水系统时，取 1.0～1.5 设计小时耗水量。

2) 热水贮水罐容积：其有效贮热量(换热器或热水锅炉与贮水罐的有效贮热量之和)，一般不小于 0.75 设计小时耗热量。

当贮热量是根据供热及耗热变化曲线确定时，而热水靠冷水压力压送出时，则贮热量应附加 20%～25%，以免用水量较大和使用终了时水温下降过多。

3) 水箱设置高度：冷、热水箱的底标高，应能保证最不利配水点具有要求的流出水头，在一般情况下，应比最高淋浴器的阀门高 3.0～4.5m。在设有热水箱时，为防止过多的溢流，其溢流管应高出冷水补给水箱水位 100mm 以上。

4) 加热器的选择：已知淋浴器数量时，可按表 7-42 查得耗水量、耗热量以及容积式加热器选用有关数据。

汽—水加热器设计参数选用　　表 7-42

淋浴器数量(个)	耗水量(L/h)			耗热量($\times10^4$W)	计算传热面积(m^2) 蒸汽表压 0.2MPa		计算水容积(L)	蒸汽耗量(kg/h) 蒸汽表压(MPa)			
	40℃	60℃	70℃		钢盘管	铜盘管		0.07	0.20	0.30	0.40
1	540	346	292	2.20	0.54	0.44	217	41.0	42.0	42.7	43.1
		324	270	1.88	0.49	0.38	186	35.2	36.0	36.6	36.9

续表

淋浴器数量（个）	耗水量(L/h)			耗热量（$\times10^4$W）	计算传热面积(m^2) 蒸汽表压0.2MPa		计算水容积（L）	蒸汽耗量(kg/h) 蒸汽表压(MPa)			
	40℃	60℃	70℃		钢盘管	铜盘管		0.07	0.20	0.30	0.40
2	1080	691	583	4.40	1.08	0.87	435	82.0	83.9	85.4	86.2
		648	540	3.77	0.96	0.76	373	70.3	71.9	73.2	73.9
4	2160	1382	1166	8.79	2.17	1.74	869	164.1	167.8	170.9	172.4
		1296	1080	7.54	1.91	1.53	745	140.6	143.9	146.4	147.7
6	3240	2073	1750	13.19	3.25	2.60	1304	246.1	251.7	256.3	258.6
		1944	1620	10.95	2.87	2.29	1118	210.9	215.8	219.7	221.6
8	4320	2765	2333	17.58	4.34	3.47	1737	328.1	335.7	341.7	344.7
		2592	2160	15.07	3.82	3.06	1490	281.2	287.7	292.9	295.5
10	5400	3465	2916	21.98	5.42	4.34	2174	410.1	419.6	427.1	430.9
		3240	2700	18.84	4.78	3.82	1863	351.5	359.6	366.1	369.4
12	6480	4147	3499	26.38	6.51	5.21	2608	492.2	503.5	512.6	517.1
		3888	3240	22.61	5.78	4.58	2236	421.8	431.6	439.3	443.2
14	7560	4838	4082	30.77	7.59	6.07	3043	574.2	587.4	598.0	603.3
		4536	3780	26.61	6.69	5.35	2608	492.2	503.5	512.6	517.1
16	8460	5530	4666	35.17	8.68	6.94	3478	656.2	671.3	683.4	689.5
		5184	4320	30.14	7.65	6.11	2981	562.5	575.4	585.8	591.0
18	9720	6221	5249	39.56	9.76	7.81	3912	738.2	755.2	768.9	775.7
		5832	4860	33.91	8.60	6.87	3353	632.8	647.4	659.0	664.8
20	10800	6912	5832	34.96	10.85	8.68	4347	820.3	839.2	854.3	861.8
		6480	5400	37.68	9.56	7.64	3726	703.1	719.3	732.2	738.7
22	11800	7603	6515	48.36	11.93	9.55	4782	902.3	923.1	939.7	948.0
		7128	5940	41.45	10.51	8.40	4099	769.5	791.2	805.5	812.6
24	12960	8294	6998	52.75	13.02	10.41	5216	984.3	1007.0	1025.1	1034.2
		7776	6480	45.22	11.47	9.17	4471	843.7	863.1	878.7	886.5
26	14040	8986	7582	57.15	14.10	11.28	5651	1066.3	1090.9	1110.6	920.4
		8424	7020	48.99	12.42	9.93	4844	914.0	935.1	951.9	960.3
28	15120	9677	8165	61.55	15.19	12.15	6086	1148.4	1174.8	1196.0	1206.6
		9072	7560	52.75	13.38	10.69	5216	984.3	1007.0	1025.1	1034.2
30	16200	10368	8748	65.94	16.27	13.02	6521	1230.4	1258.7	1281.4	1292.8
		9720	8100	56.52	14.34	11.46	5589	1054.6	1078.9	1098.4	1108.1
32	17280	11095	9331	70.52	17.36	13.83	6955	1312.4	1342.7	1366.8	1378.9
		10368	8640	60.29	15.29	12.22	5920	1124.9	1150.8	1171.6	1182.0
34	18360	11750	9914	74.73	18.44	14.75	7390	1394.4	1426.6	1452.3	1465.1
		11016	9180	64.06	16.25	12.98	6334	1195.2	1222.8	1244.8	1255.8

续表

淋浴器数量（个）	耗水量(L/h)			耗热量（$\times10^4$W）	计算传热面积(m^2) 蒸汽表压0.2MPa		计算水容积（L）	蒸汽耗量（kg/h） 蒸汽表压（MPa）			
	40℃	60℃	70℃		钢盘管	铜盘管		0.07	0.20	0.30	0.40
36	19440	12442	10498	79.13	19.53	15.62	7825	1476.5	1510.5	1537.7	1551.3
		11664	9720	67.83	17.20	13.75	6707	1265.5	1294.7	1318.0	1329.7
38	20520	13132	11081	83.53	20.61	16.49	8259	1558.5	1594.4	1623.1	1637.5
		12312	10260	71.70	18.16	14.51	7079	1335.9	1366.6	1391.3	1403.6
40	21600	13824	11664	87.92	21.70	17.35	8694	1640.5	1678.3	1708.6	1723.7
		12960	10800	75.36	19.12	15.28	7452	1406.2	1438.6	1464.5	1477.4
42	22680	14515	12247	92.32	22.78	18.22	9139	1722.5	1762.2	1794.0	1809.9
		13608	11340	79.13	20.07	16.04	7825	1476.5	1476.5	1537.7	1551.3
44	23760	15206	12830	76.72	23.87	19.09	9563	1804.6	1846.2	1879.4	1896.0
		14256	11880	82.90	21.03	16.80	8197	1546.8	1582.4	1610.9	1625.2
46	24840	15898	13414	101.11	24.95	19.96	9998	1886.6	1930.1	1964.8	1982.2
		14904	12420	86.67	21.98	17.57	8570	1617.1	1654.3	1684.2	1699.1
48	25920	16589	13997	105.51	26.04	20.83	10433	1968.6	2014.0	2050.3	2068.4
		15552	12960	90.43	22.94	18.83	8942	1687.4	1726.2	1757.4	1772.9
50	27000	17280	14580	109.9	27.14	21.69	10868	2050.7	2097.9	2135.7	2154.6
		16200	13500	94.20	23.90	19.09	9315	1757.7	1798.2	1830.6	1846.8

注：1. 淋浴器的小时用水量为540L/h，用水温度 t_r=40℃；冷水温度 t_L，上行为5℃，下行为10℃。

2. 洗脸盆小时用水量为60L/h，用水温度为35℃；浴盆小时用水量为250L/h，用水温度为40℃。

3. 加热器的储热量为0.75h设计耗热量。

4. 卫生设备的同时给水百分数为100%。

5. 计算换热面积时，当蒸汽表压不是0.2MPa时，按本表查得的传热面积，应由图7-89换算求得。

6. 淋浴器数量为包括洗脸盆、浴盆、淋浴器在内的综合数量。

5) 不同蒸汽压力(表压)时的传热面积，按图7-89换算。

7.4.7 排 水 设 计

(1) 淋浴间应尽量采用明沟排水，沟上设格栅盖板，沟内设集水坑。

(2) 采用管道排水时，其管径应比计算要求管径加大一号设计。

(3) 浴池排泄管应采取防倒灌密封措施，且最小排泄管管径，不得小于100mm。

(4) 浴室地面应有不小于 i=0.01 的坡度，坡向排水沟或排水地漏。

(5) 浴室集水坑应设毛发截留措施。

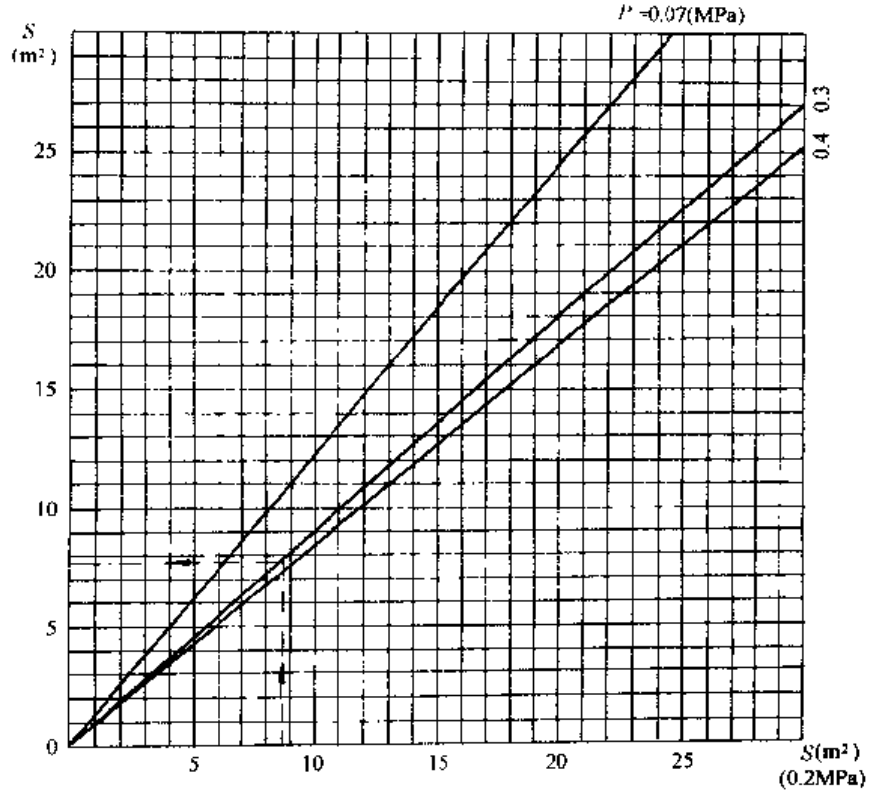


图 7-89 不同蒸汽压力(表压)的传热面积换算图

7.5 防空地下室给水排水

7.5.1 总 则

(1) 本章节适用于新建或改建的 4 级、4B 级、5 级和 6 级的各类防空地下室设计。

(2) 本章节规定的用水量标准,是指防空地下室战时使用的最低标准。平时使用要求仍按国家现行有关标准和规范执行。

(3) 防空地下室所有设备、管线,应力求简单、坚固。既要满足平时使用,又要满足战时防御使用要求。

(4) 凡与防空地下室无关的管道,不宜穿过其围护结构。如因条件限制,允许管径≤100mm 的给水管、采暖管等承受压力≥1.0MPa 的管道穿过。

凡引入防空地下室的管道,均应采取密闭措施,并在管道引入地下室的内侧,设置公称压力不小于 1.0MPa 的防波阀门,空袭时将阀门关闭。

7.5.2 给 水

(1) 水源:防空地下室宜采用城市自来水或人防工程的区域水源作为供水水源。在有条件时,可设自备内水源或自备外水源。外水源宜采用地下水。

防空地下室的自备内水源或外水源的取水构筑物,宜用管井或大口井。内水源构筑物,应设在清洁区内;外水源取水构筑物的防护能力,应与其供水的防空地下室中抗力最高的相一致。

(2) 用水量标准：防空地下室生活饮用水量标准，应根据其用途、卫生设备的完善程度和当地的气候条件等因素综合考虑确定。平时用水量标准，应按国家的现行标准确定；战时用水量标准，见表 7-43。

战时生活、用水量标准　　表 7-43

工程类别			每人用水量(L/d)	
			饮用水	生活用水
医疗救护工程	中心医院 急救医院	伤病员	5~6	60~80
		工作人员	3~6	4
	救护站	伤病员	5~6	30~50
		工作人员	3~6	4
专业队队员掩蔽部			5~6	9
人员掩蔽所			3~6	4
配套工程			3~6	4

(3) 水质：生活饮用水的水质，应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》的规定。

(4) 其它用水：机械、通信和空调等设备用水水质、水量水温和水压，应按其工艺要求确定。

(5) 防空地下室水池(箱)的设置：

1) 防空地下室应在每个防护单元的清洁区设置生活饮用水贮水池(箱)。贮水池(箱)的容积应根据防空地下室的水源条件，按表 7-44 中规定的贮水时间计算确定。

各类工程的贮水时间　　表 7-44

水源情况			工程类别				
			人员掩蔽所	防空专业队工程			配套工程
				医院	救护站	其它	
有可靠内水源	饮用水(d)		2~3				
	生活用水(h)		0	10~12	10~12	4~8	0
无可靠内水源	饮用水(d)		15				
	生活用水(d)	有防护的外水源	3~7				
		无防护的外水源	7~14				

注：当有内部水源补充时，贮水量可减去备用水源在上述时间内的补充水量。

2) 生活饮用水池(箱)可兼作消防水池(箱)，但应有临战时充满的措施，且其水质应符合生活饮用水标准的要求。

3) 二等人员掩蔽所内的贮水池(箱)(当平时不使用时)，可在临战时构筑。但必须在施工掩蔽所时预留孔洞或预埋好进水、出水、溢流、放空等管道，并应有明显标志。同时还应有可靠的技术措施，以满足在战前规定的时间内构筑完毕。

4) 饮用水的贮水池(箱)宜单独设置。若与其它用水贮存在同一贮水池(箱)中，应有饮用水不被挪用的措施。

5) 生活用水、饮用水的供给可采用气压给水装置、自动调速给水设备或高位水池(箱)。战时电源无保证的防空地下室，采用电动供水设备时，应设人力供水措施。

6）在内水源与外部水源(如城市自来水管网)的连接处，应设置有效的隔断措施(如设置两个阀门，并在其中设置排水口等)。

(6) 给水系统：给水系统的选择，应根据防空地下室的各项用水对于水质、水量、水压和水温的要求，并根据水源情况综合分析确定。在技术经济合理的条件下，应设置循环或重复利用的给水系统，并充分利用其余压。

1）防空地下室的给水方式，应根据水源种类和用水要求，并经技术经济比较确定。一般人员掩蔽、指挥所用防空地下室，宜采用城市给水管网和内设贮水池(箱)的给水方式。平时由城市管网供水，战时由内部水池(箱)供给，若用水点有压力要求时，可在水池出水管上加手摇泵或小型气压供水罐联合供水。

全国重点城镇区以上的指挥所、通信工程及各级医院、救护站等，宜设贮水池、水泵加压的给水方式，见图 7-90。

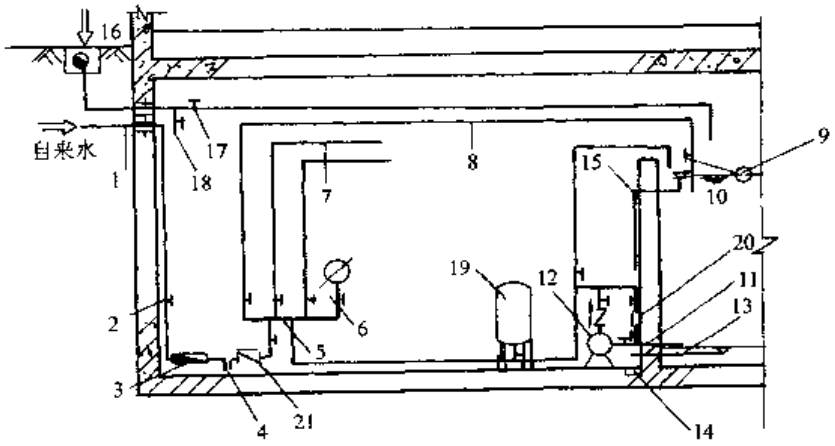


图 7-90 设管网、贮水池和加压装置的给水方式

1—给水引入管；2—总控制阀；3—水表；4—泄水阀；5—分配水管；6—压力表；7—接至各用水点；8—水池进水管；9—浮球阀；10—贮水池；11—出水管；12—水泵；13—泄水管；14—排水沟；15—溢水管；16—紧急加水口；17—控制阀(常闭)；18—泄水阀(常开)；19—气压水罐；20—手摇泵；21—止回阀

2）设置内部地下取水构筑物的给水方式：设置内部地下取水构筑物平时由城市管网供水，战时由内部地下取水构筑物取水至贮水池，然后由加压装置向管网送水。当取水井水量充足，可采用深井泵和气压罐联合向管网供水方式。水泵启停控制可根据其管网压力或贮水池水位控制，设有取水构筑物、贮水池和水泵加压装置的给水方式，见图 7-91。

(7) 地下取水构筑物的设置：防空地下室的地下取水构筑物，应设在防空地下室清洁区或与防空地下室防护能力相同的其它建筑物的清洁区。

地下取水构筑物，应视防空地下室用水要求和当地水文地质条件选用管井、大口井、渗渠、土井、压水机井等。

1）管井：管井要求井深不宜超过 30m，井管宜采用钢管。井管管壁与水泵外壁之间的间隙应适当增大，以适应井管可能因震动发生的轻微倾斜。

井管与泵基(或地下室底板)处的连接应采取柔性措施。地下水位高的地区，应做柔性防水套管，以适应沉降和止水。

若地下水位较高，并在管井枯水期的动水位也能满足卧式离心泵的吸水扬程时，也可采

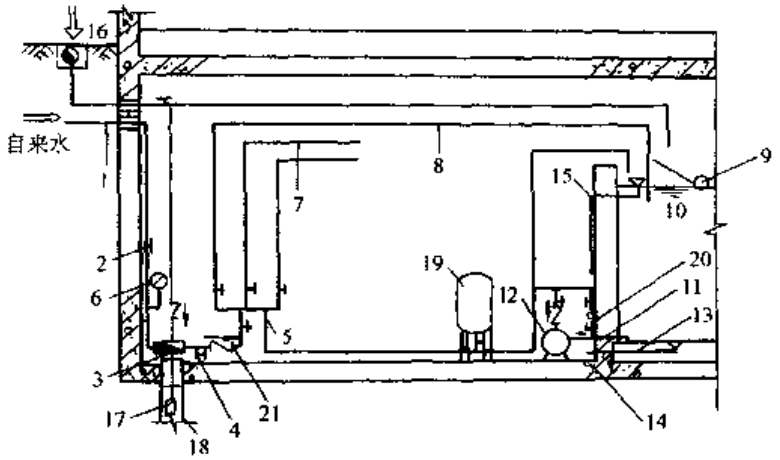


图 7-91　设取水井、贮水池和加压装置的给水方式

1—给水引入管；2—总控制阀；3—水表；4—泄水；5—分配水管；6—压力表；7—接至各用水点；8—水池进水管；9—浮球阀；10—贮水池；11—出水管；12—水泵；13—泄水管；14—排水沟；15—溢水管；16—紧急加水口；17—深井泵；18—地下水取水井；19—气压水罐；20—手摇泵；21—止回阀

用水泵吸水管与管井直接连接的“对口抽水”，见图 7-92。

地下水位较高设计时，应考虑防止地下水从井口溢流的措施。

管井施工宜在防空地下室施工前进行，深井泵房的预留孔洞，应做好防护密封处理。

2）大口井：大口井壁强度，应满足地下室防护要求。同时应有防止地下水位在丰水季节上升时外溢措施。取水泵房应有减振、防潮措施。

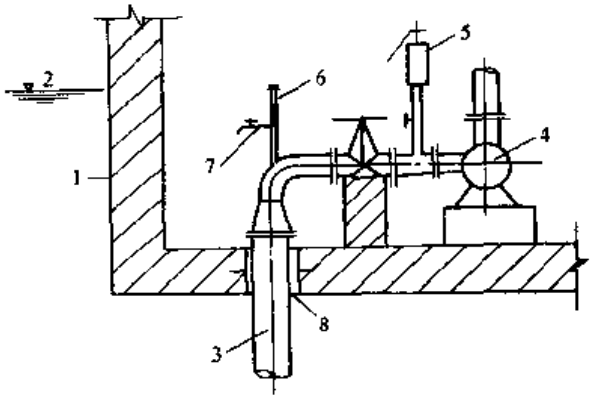


图 7-92　水泵对口抽示意图

1—地下室围护体；2—地下水位；3—管井；4—离心水泵；5—压水机；6—测水孔；7—试水龙头；8—防水套管

（8）防空地下室管道设备的敷设：

1）给水引入管宜采用镀锌衬塑钢管，井作防腐处理。

给水管道穿越防空地下室的人防围护结构时，应采取防震、防不均匀沉降和防水措施；穿过顶板的主管还应固定在顶板上。见图 7-93。

防空地下室的给水管道，当从出入口引入时，应在防护密闭门内侧设置防爆波阀门，其抗力不应小于 1.0MPa。该阀门应设置在便于操作处，并应有明显的启闭标志。

防空地下室的给水引入管上，宜设单独的水表。

防空地下室引入城市自来水，一般不再消毒。采用内部地下水时，饮水宜采用漂白粉（精）消毒或电开水器煮沸消毒。用水量较大的工程（如医院救护站等），可在输水泵后设紫外线消毒装置。

2）所有的设备、器材，应与主体结构牢固固定，见图 7-94。移动搁置设备，应用固定支

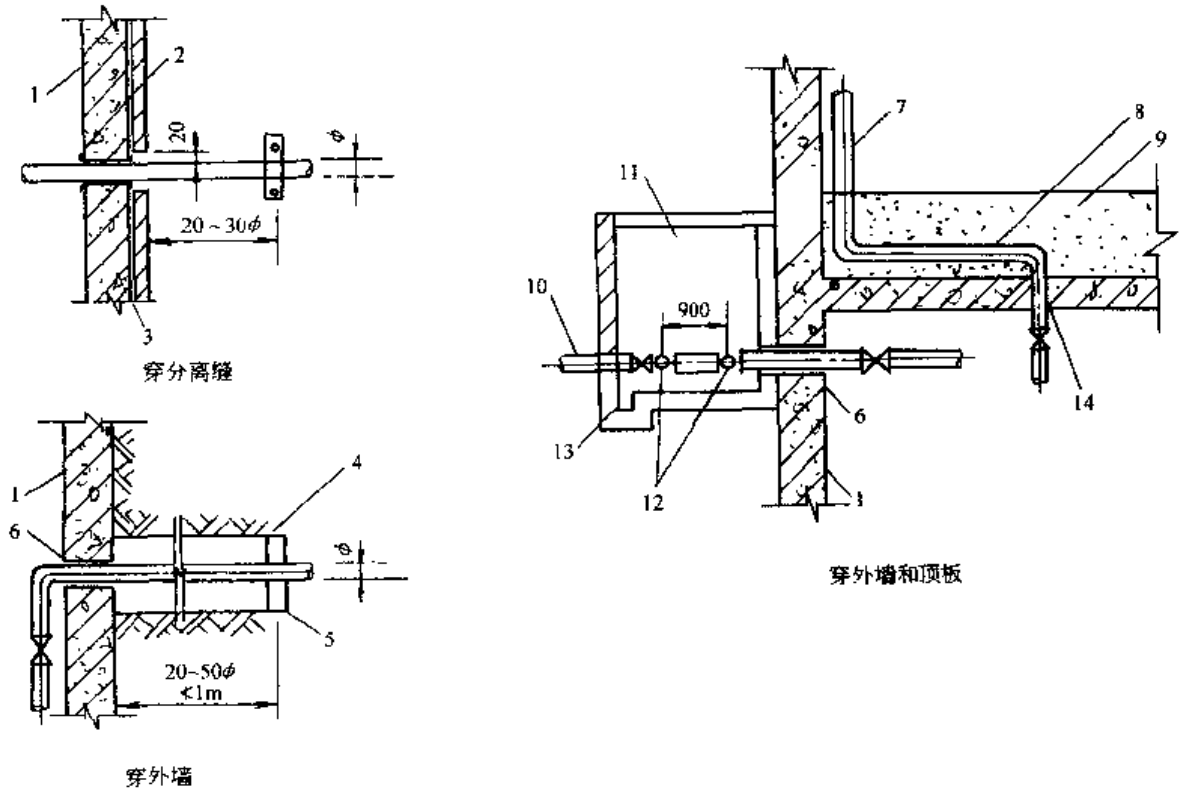


图 7-93 给水管穿外墙、顶板作法示意

1—人防地下室内;2—普通地下室;3—分离缝;4—挡土套管;5—泡沫塑料;6—防水套管;7—上部给水立管;8—水平敷设管;9—防原子垫层;10—给水引入管;11—接头井;12—软接头;13—排水沟;14—止水翼环

架固定。防振设备应设减振基础。所有搁置设备和移动设备,均应有防止振动位移的措施,见图 7-95。

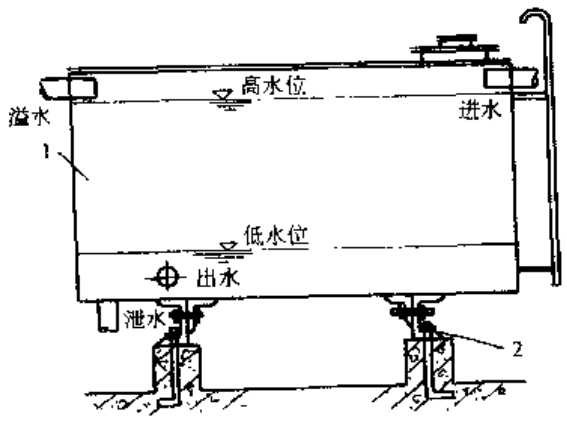


图 7-94 水箱固定支座示意

1—水箱;2—地脚螺栓

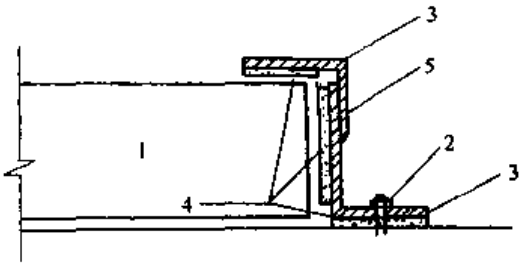


图 7-95 隔振基础固定方法示意

1—搁置式隔振基础;2—地脚螺栓;3—限位角钢;4—氯丁橡胶;5—焊接

7.5.3 柴油发电机房给水排水

(1) 柴油发电机房的冷却水系统优先选用循环式或重复式。具体选型应根据所在地区

的水源、气象条件、空调方式等因素，经综合比较后确定。

(2) 柴油发电机房内应设置贮水池。贮水池的容积应根据柴油发电机组在额定功率下冷却水的耗水量和要求贮水时间确定。贮水时间可按表 7-45 采用。当采用一般外部水源时，在隔绝防护时间内，应由机房内贮水池供给。

贮 水 时 间　　表 7-45

水源条件	贮水时间	水源条件	贮水时间
无可靠内水源(d)	2～3	有可靠内水源(h)	4～8

(3) 柴油机冷却水的水温调节，可采用管路混合调节和混合水池调节。当采用管路混合调节时，应充分利用柴油机自带的恒温器；当采用混合水池调节时，混合水池的容积，应按柴油机运行机组额定功率工作 5～15min 的冷却水量计算。

(4) 在循环给水系统中，冷却废水可用冷却器，冷却水池等进行降温处理。

(5) 柴油发电机房内的用水管宜设于地沟内，地沟内应设集水坑，坑内宜设地漏排出集水。

(6) 柴油发电机的进出水管上应设置温度计，出水管上应设置看水器，有存气可能的部位应设置放气阀。

7.5.4 洗　　消

洗消是指遭空袭后，对进入防空地下室的受放射性或毒性污染的人员进行全身或局部淋浴。对主要出入口、密封门外的染毒区，墙、地和设备清洗消毒等。

对重点城镇的区以上指挥所、通信工程以及各级医院、救护站防空专业队伍的掩蔽室及一等人员掩蔽所，应设清洗间(供淋浴洗消用)。二等人员掩蔽所，可设简易洗消间(供局部洗消用)。

(1) 洗消间的设置：洗消间设置应符合以下要求：

1) 洗消间应设置在防毒通道一侧，见图 7-96。

2) 洗消间应由脱衣室、淋浴室和检查穿衣室组成。脱衣室的入口应设置在第一防毒通道内，淋浴室的入口应设置一道密闭门；检查穿衣室的出口，应设置在第二道防毒通道内。

3) 淋浴器的布置，应避免洗消人员足迹交叉。

4) 简易洗消间，宜在防毒通道的一侧单独设置，其使用面积宜为 5～10m² 见图 7-97，亦可与适当加宽的防毒通道合并设置。

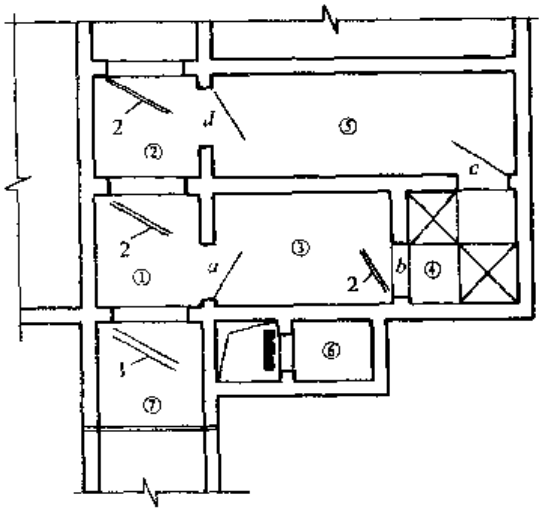


图 7-96　洗消间平面

1— 防护密闭门；2—密闭门

①第一防毒通道；②第二防毒通道；③脱衣室；④淋浴室；⑤检查穿衣室；⑥扩散室；⑦室外通道

a. 脱衣室入口；*b*. 淋浴室入口；

c. 淋浴室出口；*d*. 检查穿衣室出口

5）在医疗救护工程的洗消间入口前，应设置伤员检查分类厅，并应设置急救床位、厕所和染毒物存放位置。

6）防空地下室战时，主要出入口防护密闭门外的通道内，应设置洗消污水集水坑。

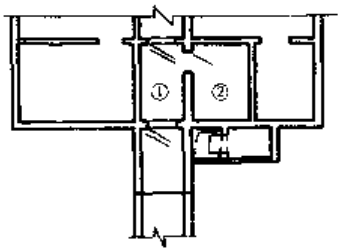


图 7-97 简易洗消间
①防毒通道；②简洗消间

（2）洗消间的使用面积：医疗救护工程的脱衣室、淋浴室和检查穿衣室的使用面积，均宜按每一个淋浴器 $6m^2$ 计。其它工程的脱衣室、检查穿衣室的使用面积，均宜按每一个淋浴器 $3m^2$ 计；淋浴室的使用面积，宜按每一个淋浴器 $2m^2$ 计。

（3）淋浴器数量：

1）一等人员掩蔽所设 1～2 个。

2）医疗救护工程设 2 个。

3）专业队队员掩蔽部设 2～4 个。

（4）洗消用水量标准：洗消用水量标准，按表 7-46。

洗消用水量标准　　表 7-46

洗消项目	用水定额	洗消项目	用水定额
淋浴[L/(人·次)]	30～45	冲洗砾石消波室[L/(m^2·次)]	400
局部洗消[L/(人·次)]	5～10	解放牌载重汽车洗消[L/(辆·次)]	650
口部洗消[L/(人·次)]	5～10	北京牌嘎斯 69 车[L/(辆·次)]	620
地墙面洗消[L/(m^2·次)]	5～10	长江 750 摩托车[L/(辆·次)]	270

注：每个淋浴器用水量，宜取 360～540L/h；医疗救护站的淋浴洗消，应取上限。

（5）洗消用水量计算：

1）人员洗消用水量 q_1，按式(7-48)计算：

$$q_1 = \epsilon q_w n b T \quad (L) \tag{7-48}$$

式中 q_w——每种卫生器具 1h 耗水量(L/h)，淋浴器为 360～540L/h，洗脸盆为 50～60 L/h；

n——同类卫生器具数；

b——卫生器具同时使用百分数，按 100%计；

T——洗消时间(h)。

2）地面洗消用水量 q_2，按式(7-49)计算：

$$q_2 = q_d F \quad (L) \tag{7-49}$$

式中 q_d——地墙面洗消用水量标准(L/m^2)；

F——所需洗消的地墙面积(m^2)。

3）设备车辆表面洗消用水量 q_3，按式(7-50)计算：

$$q_3 = \Sigma q_s n \quad (L) \tag{7-50}$$

式中 q_s——设备、车辆洗消用水量(L/辆)，见表 7-48；

n——同类型设备、车辆数。

一次洗消总用水量为上述 1)、2)、3)三项之和。

（6）洗消热水供应：人员淋浴洗消宜用热水，局部洗消一般用冷水，有条件时也可采用

热水。

1）洗消水水温：淋浴洗消水温，一般为 37～40℃。洗消热水供应温度，一般为 55～60℃。小型快速加热器、即热式电热水器直接供水时，水温一般为 37～40℃。

2）洗消热水的供应时间：淋浴洗消热水的加热设备，应能保证在使用前 30min 内将全部淋浴用水加热至规定的温度。洗消热水供应按全部设备使用 1h 计算。

3）淋浴器供水方式：淋浴器宜采用单管供水系统。混合水箱或冷热水混合器，宜设在检查穿衣室内。

(7) 防空地下室主要出入口受污染的房间和通道，宜设置供墙面和地面冲洗用的冲洗龙头，其服务半径不宜超过 25m，其工作压力不宜小于 0.1MPa。

(8) 洗消废水排除：

1）洗消废水的排水系统，宜单独设置；人员洗消废水的集水池，宜设置在洗消间下部或其附近。

防护密闭门外的墙面、地面冲洗水的集水池，宜设置在防护密闭门外的通道下部。当清洁区的排水系统合并至洗消水系统排出时，应有清洁区不被污染的措施（如受水口设水封隔断、检查井、孔口、盖板等均应密闭）。

2）凡需洗消的房间和通道（如密闭门外的出入口通道、柴油发电机房、进风扩散室、滤毒室洗消间等），均应设直径不小于 75mm 的防爆地漏。

3）地面应有不小于 0.01 的坡度，坡向地漏或排水沟。地漏面埋设标高，应低于设置处地面 5～10mm。

4）平时不排水地面的地漏，应设密闭盖。

5）洗消废水宜设单独的或与口部雨水合并的排水系统。若与清洁区内的排水合并排出时，应有防止清洁区不被污染的措施。如所有受水口都有水封隔断、检查井、孔口、盖板等均应密闭。

7.5.5 排　　水

(1) 排水量：

1）防空地下室除生活和机械排水之外，还应考虑洗消废水和内部雨水的排除。

2）生活、机械的洗消的排水量同给水量，见表 7-46。

(2) 排水方式：

1）防空地下室的污水宜自流排出。当不能自流排出时，宜采用机械排出。战时电源无保障的防空地下室，当采用电动机械排水时，应有备用的人力机械排水设施，见图 7-98。当自流排出时，应在排水管上设置止回阀和阀门等防倒灌措施，见图 7-99。

2）在隔绝防护的时间内，防空地下室不得向外部排水。对能连续向内部注水的防空地下室，方可连续向外部排水，且其排水量不得大于注水量。

3）生活污水排入室外排水管道或市政排水管网前，应设置检查井。生活污水应按城市污水总体规划的要求进行处理。平战结合的医疗救护工程，其排水水质应符合国家标准《医院污水排放标准》等的规定。

(3) 污水集水池：

1）采用污水泵排水的污水集水池，其容积包括调节容积和贮备容积。调节容积应按现

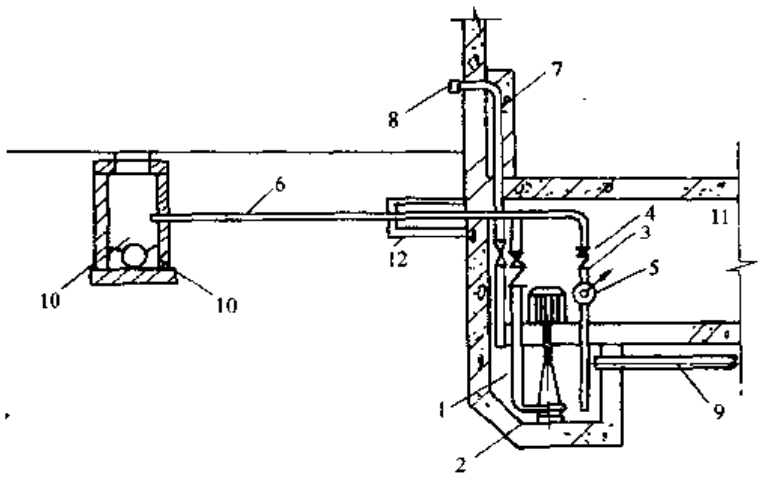


图 7-98 水泵提升排水装置示意

1—污水集水池;2—污水潜水泵;3—止回阀;
4—阀门;5—手摇泵;6—排出管;7—透气管;8—通气帽;
9—进水管;10—室外检查井;11—地下室;12—防震套管

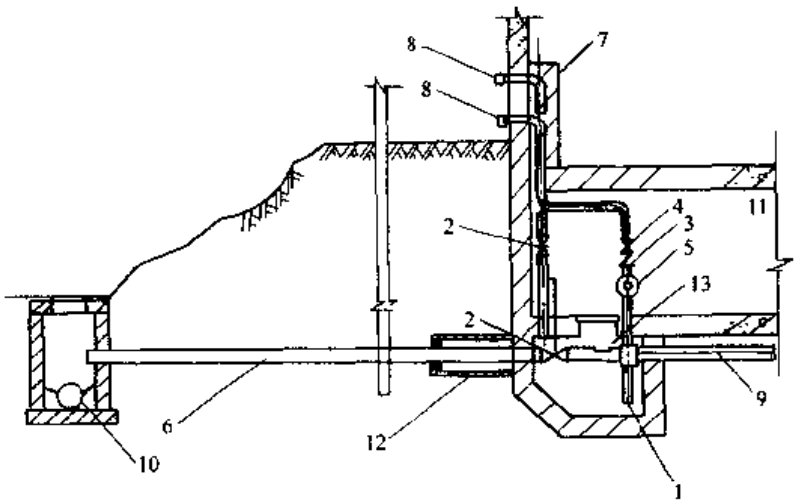


图 7-99 污水自流排水装置示意

1—污水集水池;2—防爆阀;3—止回阀;4—阀门;5—手摇泵;
6—排出管;7—镀锌防护铁罩;8—排水管接头;9—进水管;
10—室外检查井;11—地下室;12—防震套管;13—溢水口

行的《建筑给水排水设计规范》有关规定计算;贮备容积应按隔绝防护时间内流入的全部污水量计算。贮备容积如平时需使用,其空间应有在临战时排空的措施。当有能连续均匀地向内部注水的防空地下室,其贮备容积,应减去隔绝防护时间内向外排出的污水量。

2) 污水池应设置带密闭盖板的人孔、通气管、爬梯及水位指示器等设施。通气孔宜接入排风竖井。

3) 为减少污水集水池的贮备容积、柴油机等设备的冷却废水可回流到原贮水池。当设备发热量较大,经热力计算采用单格贮水池不能满足使用要求时,可采用双格或多格贮水池。多格贮水池的最后一格平时不应充水,其容积也不计入有效容积内。

4) 设置多个防护单元的防空地下室：当需设置污水集水池时，应按防护单元分别单独设置。

5) 平战结合的防空地下室：当设有排水泵时，宜采用自动启动方式。污水泵间应有隔声、减震和排除地面积水的措施，并应设置冲洗龙头。

6) 对平战结合的防空地下室：当设有水消防系统时，污水集水池可兼作消防废水池。但消防排水管道，应有防止臭气进入的水封措施；且水泵的排水量及集水池的容积，均应满足消防排水的要求。

(4) 排水管管材及管道敷设：

1) 排除有腐蚀性的污水宜采用防腐管材。一般排水宜采用给水铸铁管或钢管，但应作防腐处理。

2) 压力排出管，应在水泵出口处设置公称压力不小于 1.0MPa 的止回阀和闸阀。闸阀应有明显的启闭标志，以便在报警时关闭。

3) 4 级和 4B 级防空地下室的自流排出管，应在其上设置防毒消波槽，其构造尺寸大小不应小于图 7-100 所示的最小尺寸。5 级和 6 级的防空地下室，其排出管上应设置水封井，水封深度不应小于 300mm。

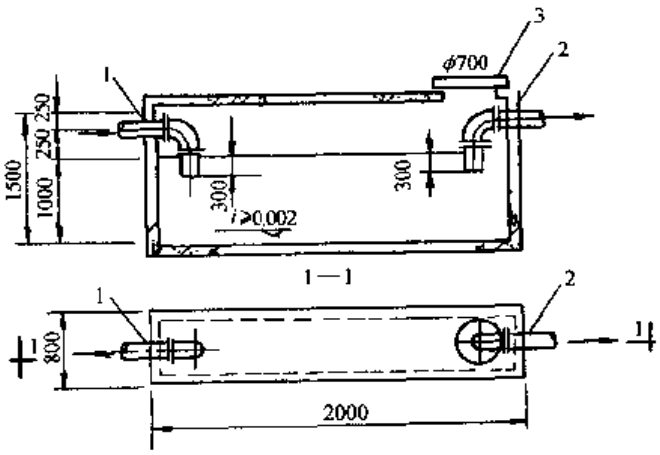


图 7-100　防毒消波槽构造尺寸示意

1—进水管；2—出水管；3—人孔

当生活污水需设置化粪池时，防毒消波槽可兼作化粪池；但其尺寸应满足化粪池的要求。

4) 扩散室应设有防爆波地漏或集水坑(也可与洗消水集水坑共用)。防爆波地漏可用法兰堵板或丝堵清扫口代替。

(5) 通气管：

1) 排水干管或污水集水池应设通气管。通气管宜接入排风竖井。通气管如需穿过防空地下室围护结构时，在其内侧应设公称压力不小于 1MPa 的防爆波阀门，通气管的管径不宜小于污水泵出水管管径，并不得小于 75mm。

2) 通气管可单设，也可与上部建筑合用。

7.6　健身休闲设施

7.6.1　组　　成

随着人们生活水平的不断提高，人们对文化娱乐健身休闲的要求，也在向更高层次发展。目前在国内健身休闲设施也较齐全。如：保龄球馆、网球场、模拟高尔夫、桑拿、激光幻战、水上乐园、宇宙穿梭、电子游戏等。这些设施可根据建设者的不同要求，由专业设计师或设备承包商进行设计、安装及调试。本节就常用设施如保龄球馆、桑拿浴、蒸汽浴、水力按摩

浴、多功能按摩淋浴及嬉水设施进行一些描述，提供的有关技术数据和原则作为给水排水专业人员配合设计时参考。对有关设备性能等资料和数据，应以供货商提供为准。

7.6.2 桑 拿 浴

(1) 桑拿房：桑拿房墙身系采用经高温处理过的上乘白松木制作，隔热材料藏于白松木与墙壁间，发挥保温隔热的作用。整个房间可独立放置，不需预先建筑土建墙壁与外墙装饰。可以拆装组合搬运方便。此外，桑拿房外墙亦可采用与周边环境相统一的建筑饰面材料装修。

(2) 桑拿房设备：

1) 桑拿房室内热空气由设在桑拿房内的发热炉(或桑拿炉)产生，目前使用较多的是电加热炉。

2) 根据房间的大小配置与桑拿炉功率相应的电源。

3) 应具有排水系统设置 *DN*50mm 地漏，墙面地面应做防腐处理。

4) 另有配件。如木桶、木勺、沙漏计时器、温湿度计及桑拿灯等。

(3) 桑拿房的选择：

1) 桑拿浴的热耗量直接影响管理及成本。设计时，应选用发热量大、耗电量低的桑拿发热炉。

2) 发热炉超出设定温度时，应有自动熄灭功能，而不致引起火情。

3) 发热炉应有防灼伤保护，前后外壳应有隔热层，隔热层温度不应大于 40℃。

4) 炉内宜设空气加湿水槽，水注入水槽内可提高室内湿度。

5) 室内温度达到指定温度时，衡温器可自动调节，以降低电耗。

(4) 桑拿房通风要求：

1) 桑拿房的墙上至少有一个通气孔，以确保桑拿房内空气流通，家庭桑拿通气孔面积可为 100cm^2；公共桑拿通气孔面积可为 300cm^2；公共桑拿还应装可调通风口，通风量保持 6～8m^3/(人·h)，进风和排风宜对角设置。

2) 桑拿炉应设在桑拿房门边，以便空气流通循环，桑拿房外宜设淋浴喷头。见图 7-101。

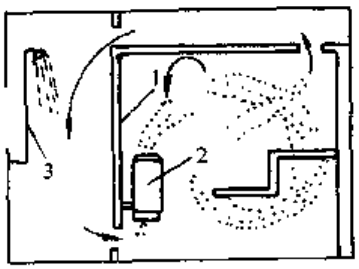


图 7-101 桑拿房示意

1—墙壁；2—电加热炉；3—淋浴器

(5) 大中型桑拿中心设有自动喷水灭火时，喷头释放温度宜为 141℃。

(6) 桑拿房的大小，应根据设计使用人数及建筑面积等条件确定。桑拿浴房的设计数据，可参见表 7-47。

桑拿浴房设计参考参数 表 7-47

外形尺寸(长×宽×高) (mm)	电炉功率 (kW)	电压 (V)	使用人数 (人)
1000×900×2000	2.0	220	1～2
1200×1200×2000	3.0	380	2～4
1500×1200×2000	4.5	380	3～6

续表

外形尺寸(长×宽×高)(mm)	电炉功率(kW)	电压(V)	使用人数(人)
1500×1500×2000	4.5	380	5～9
2000×1500×2000	6.0	380	5～9
2000×2000×2000	8.0	380	8～12
2000×2500×2000	8.0	380	8～12
2500×2500×2000	9.0	380	9～13
3000×2500×2000	10.5	380	9～13
3000×3000×2000	12.0	380	10～18
3500×3000×2000	15.0	380	14～24
4000×3500×2000	18.0	380	18～30

(7) 与桑拿浴相类似的另一种浴为再生浴。再生浴房与桑拿浴房相同,其设计条件也可参照桑拿浴,所不同的是再生浴分高、低温两种,温度与湿度也区别于桑拿浴。

(8) 桑拿浴再生浴使用温度及湿度,见表7-48。

桑拿浴、再生浴使用温度及湿度　　表7-48

名称		水温(℃)	空气湿度(%)	名称		水温(℃)	空气湿度(%)
桑拿浴	高温	100～110	100	再生浴	高温	55～65	40～50
	低温	70～80	100		低温	29～37	40～50

7.6.3 蒸汽浴

蒸汽浴是由设在蒸汽浴房外部蒸汽发生器产生蒸汽后,通过管道送入浴房内进行蒸汽浴的方式。

(1) 蒸汽浴房尺寸确定:蒸汽浴室的大小与蒸浴人数和蒸汽发生器功率有关,参见表7-49。

蒸气房和蒸气发生炉关系　　表7-49

浴房尺寸(长×宽×高)(mm)	蒸汽炉功率(kW)	使用人数(人)	浴房尺寸(长×宽×高)(mm)	蒸汽炉功率(kW)	使用人数(人)
1950×1200×2350	5	4	1950×3000×2350	9	10
1950×1800×2350	7	6	1950×3600×2350	10	12
1950×2400×2350	8	8	1950×4200×2350	12	14

(2) 蒸汽浴设置要求:

1) 蒸汽发生器应设置在易于检修操作方便的位置,一般要求设置在距蒸汽浴室不超过6m的地面上或架空。

2) 接至发生器的水,可为冷水(最好为热水)。在接近发生器处,应装过滤器和阀门。

3) 蒸汽发生器进出口管宜采用铜管,也可用热镀锌钢管。浴室内的蒸汽出口管一般装

在距地面0.3m以上，蒸汽出口配件应由供货厂家提供。

4）蒸汽发生器进水口处，应装水流信号阀。当断水时，可自动切断电源。

5）蒸汽管上不允许设置阀门，供汽管道不宜过长，一般在3m以内；当温度低于4℃的地方和蒸汽管道大于6m时，应采取保温措施。蒸汽管道的安装，应避免锐角和局部下凹状形，以免产生噪声。

6）蒸汽发生器上的安全阀和排水口，应设在安全地方，以免引起烫伤。

7）浴室内应设置排除蒸汽凝结水地漏，地漏一般为 *DN*50mm。

8）蒸汽浴室内应根据需要设淋浴器，淋浴器的数量应根据使用人数确定。

9）浴房外宜设排风装置和冷水喷嘴，浴房内亦可设自动清洗器，以排除浴室内多余蒸汽。

7.6.4 水力按摩浴

（1）按摩浴分类：

1）按摩浴缸：按摩浴缸又分为家庭型浴缸和公共型按摩浴缸。其水溶量一般为900～3500L。

2）按摩浴池：按摩浴池分为二温池（热、温水池）和三温池（热、温和冷水池）。二类池水容量一般为6～10m^3。

（2）按摩浴盆组成：

1）家庭型水力按摩浴盆由下列部件组成，见图7-102。

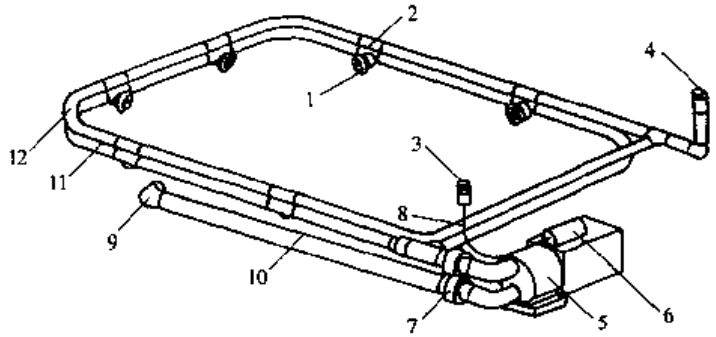


图7-102 标准型水力按摩池管道配件图

1—水力按摩喷嘴；2—水力按摩喷嘴本体；3—空气按钮；4—无声空气控制器；5—按摩水泵；6—空气开关；7—连接件；8—空气传动管；9—吸水口管件；10—吸水管 *DN*50mm；11—供水管 *DN*25mm；12—空气管 DN25mm

2）带有小型循环装置的家庭水力按摩浴缸的配套设备及性能，参见表7-50。

家庭水力按摩浴缸配套设备性能（不连续使用） 表7-50

设备性能 / 浴盆水容量(L)	过滤罐直径	过滤水泵 (L/h)	按摩泵 (L/h)	热交换器 (kW)	气泵 (m^3/h)
1200	φ350mm 5.000L/h	5000	16000	6	100
2200	φ500 9.000L/h	9000	16000	6	100

3）带有小型水循环装置的公共水力按摩浴缸配套设备性能，参见表 7-51。

公共水力按摩浴缸配套设备性能（连续使用）　　表 7-51

设备性能 / 浴盆水容量(L)	过滤罐直径	过滤水泵 (L/h)	按摩泵 (L/h)	热交换器 (kW)	气泵 (m^3/h)
1200	φ450mm 8000L/h	8000	16000	6	100
2200	φ450mm 8000L/h	8000	16000	6	150
2500	φ650mm 13000L/h	13000	21000	6	150

浴缸的冷热水管和配管设计与普通浴缸相同。设置浴缸的房间其地面，应设置 *DN*50mm 地漏。

4）钢筋混凝土建造的水力按摩浴池，分二温池和三温池。二温池和三温池是桑拿房、蒸汽房的配套设施，每个池需单独配置管道和设备。

① 设计原则：浴池宜设在建筑物的底层，池底可与地面平；若设在楼层，池底应低于所在楼面，与其配套的机房面积也相应降低，便于管道连接和水泵启动。浴池设计的最佳尺寸，见图 7-103。

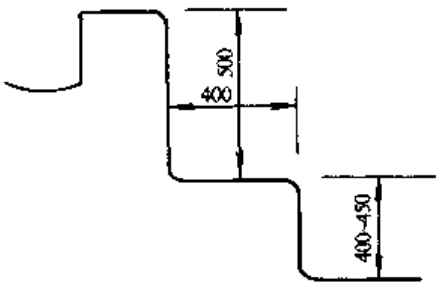


图 7-103　浴池设计尺寸示意

② 浴池尺寸确定：浴池水容量的大小与座位数的关系一般为：

1 座位＝400～600L

2 座位＝1000～1300L

4 座位＝1400～1800L

5 座位＝1800～2200L

6 座位＝2200～2600L

③ 浴池的水处理：水力按摩浴池的水处理量，应根据沐浴人数和池座位数确定。沐浴时间建议不超过 20min，每人的水处理量宜为 3m^3/h。

ⅰ．过滤：循环水过滤器宜采用小型玻璃钢高速砂过滤器。过滤器和循环水泵的选用，应根据其循环周期确定：

ⅰ）家庭水力按摩池为 1h。

ⅱ）公共水力按摩浴池宜采用 10～20min。

ⅱ．池水的加热：水力按摩浴池水温温差小，加热可采用电加热器或利用热水做热媒的水-水加热器。

ⅲ．池水的消毒：池水消毒可采用溴化物、氯片或氯矾作为消毒剂，采用自动投加。投加量控制在 0.4～0.5mg/L，最大为 0.6～0.7mg/L（如必要时短时间可加至 1.2mg/L）。pH 一般控制在 6.5～7.5 范围内。

ⅳ．为保持浴池的水量和水平面稳定，应需设平衡水箱。平衡水箱容量最少为 1600L，选用时不宜过大。

Ⅴ. 水力按摩:池补水,按式(7-51)、式(7-52)计算:

$$Q_d = K_1 Q \quad (m^3) \tag{7-51}$$

$$Q_h = K \frac{Q_D}{H} \quad (m^3/h) \tag{7-52}$$

式中 Q_d——最高日补水量(m^3/d);

Q——按摩池总容积(m^3);

K_1——每日按摩池补水的百分比,可取 20%~25%;

Q_h——最大小时补水量(m^3/h);

K——小时变化系数取 1.5~1.8;

Q_D——最高日用水量(m^3/d);

H——营业时间取 10~12h。

由于按摩池补水量少,而第一次加水或换水水量较大,所以一般取冷热水管径各为 DN25mm。

浴池补水也可按每人 75L 估算。

Ⅵ. 水力按摩池水质,应符合国家饮用水水质标准。

④ 水力按摩所用气泵是根据按摩池的大小,池中的喷嘴数和气床所带的孔数而定。常用气泵功率和排气量如下:

ⅰ. 功率:1.1kW,排气量为 100~120m^3/h。

ⅱ. 功率:1.47kW,排气量为 195m^3/h。

ⅲ. 功率:2.2kW,排气量为 275m^3/h。

气泵应设在浴池水面以上,一般应大于 450mm。如条件限制不能满足安装要求时,应在气泵和浴池的空气进口处设一防虹吸环管,以防水返流入气泵内,见图 7-104。

⑤ 水力按摩浴池的水力系统分为单系统、双系统两种形式。

其单系统见图 7-105;双系统见图 7-106。

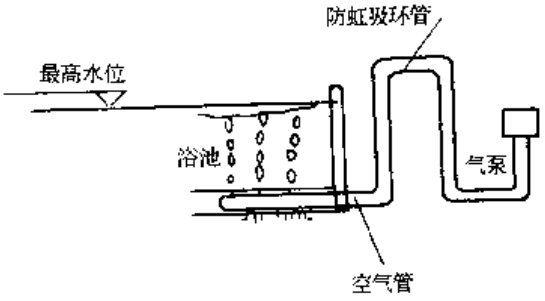


图 7-104 浴室防虹吸系统

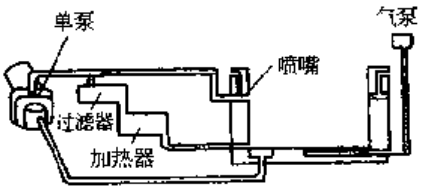


图 7-105 水力按摩浴池的水力单系统

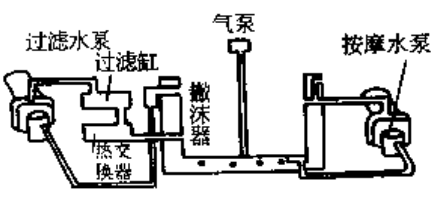


图 7-106 水力按摩浴池的水力双系统

⑥ 水力按摩池喷嘴：水力按摩喷头分内水型和外水型两种，常用内水型喷头较多。平均出水量为 37.85L/min(10GPM)。普通喷嘴具有 5mm 开口、缝长 15mm、1.40kPa 时，其流量为 0.75L/s。不同孔径喷嘴的出水量，见表 7-52。

不同孔径的出水量(m^3/h)　　表 7-52

70kPa	7mm	8mm	9mm	10mm
	2.04	2.46	3.06	3.90

可调试喷嘴的流量：

喷嘴直径 *DN*14，流量 $Q=3000L/h$。

喷嘴直径 *DN*20，流量 $Q=5000L/h$。

喷嘴直径 *DN*25，流量 $Q=7000L/h$。

水力按摩喷嘴的最佳位置，见图 7-107。

⑦ 当浴池座位底部和池底同时需要空气喷射时，空气管道应分别设置，可由一台气泵供给。其空气管设置见图 7-108。

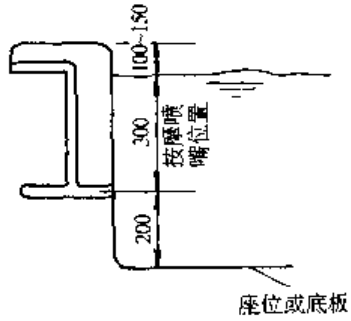


图 7-107　喷嘴设置位置

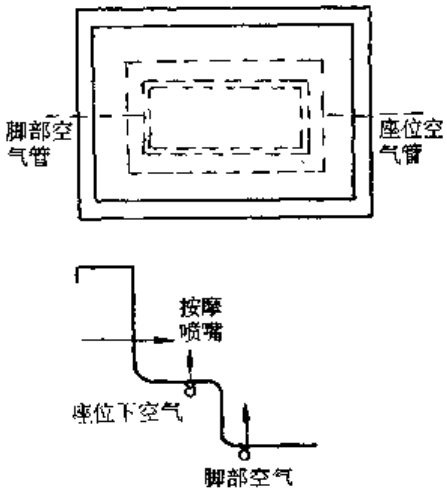


图 7-108　池空气管设置

池底及第二台阶处增设喷嘴的按摩池形式，见图 7-109、110。

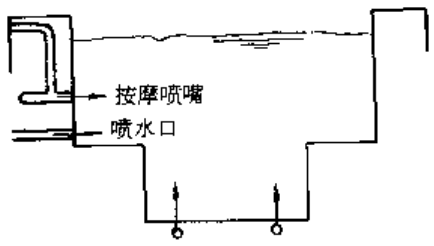


图 7-109　按摩池增加池底气泡喷嘴

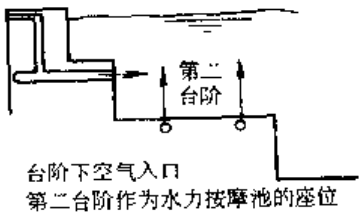


图 7-110　按摩池增设第二台阶喷嘴

⑧ 水力按摩池可与游泳池合建，其组合形式(一)、(二)见图 7-111、112。

⑨ 使用人数较多的水力按摩池，池底宜为平底、且喷嘴不应相对布置，应将喷嘴设在池角处。平底水力按摩池，见图 7-113。

进水口和回水口数量，可根据过滤器及循泵流量确定，墙身进水口宜采用可调式。

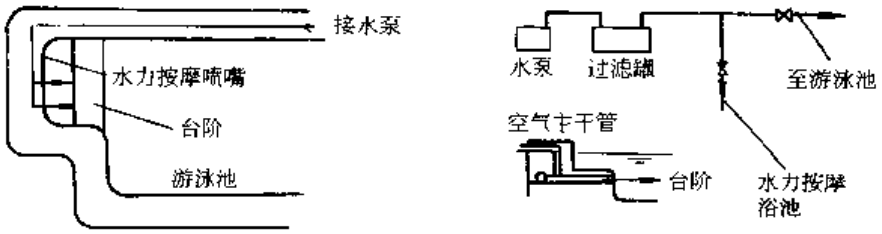


图 7-111 按摩池与游泳池合建形式(一)

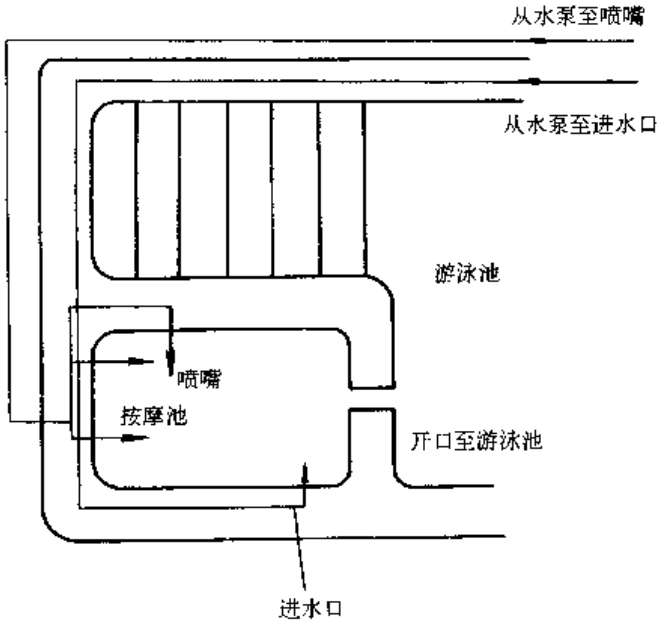


图 7-112 按摩池与游泳池合建形式(二)

带有座位的水力按摩池,其座位应设在池的周边,见图 7-114。

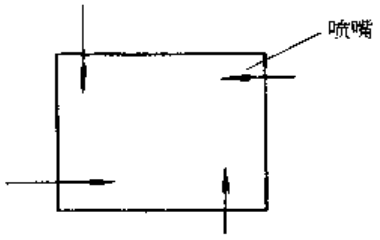


图 7-113 平底水力按摩池

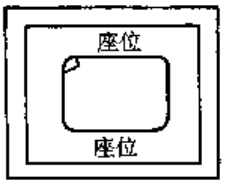


图 7-114 按摩池座位设置

⑩ 对于暖热池及冷水池的设计工艺流程,分别见图 7-115、116。

⑪ 为了使水力按摩池各处喷嘴压力平衡,管道宜布置成环状,见图 7-117。

⑫ 在桑拿的湿区,水力按摩池周围以及蒸汽房、淋浴间等地方,一般宜铺一层疏水箅。疏水箅下设地漏或采用带格栅水沟排水。

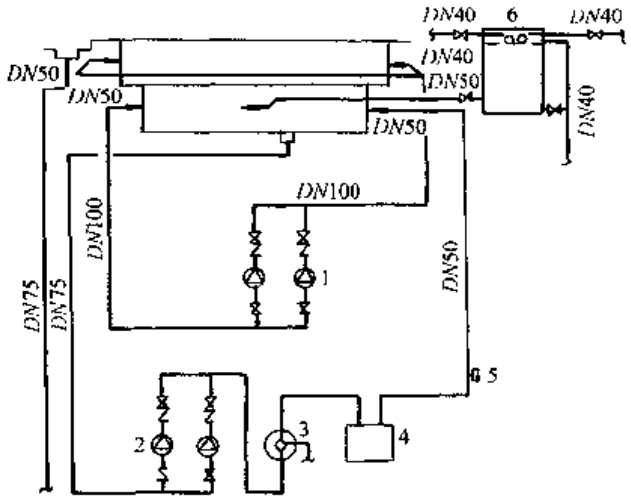


图 7-115　暖热池工艺流程

1—按摩水泵;2—过滤水泵;3—过滤罐;
4—加热器;5—自动消毒器;6—补水箱

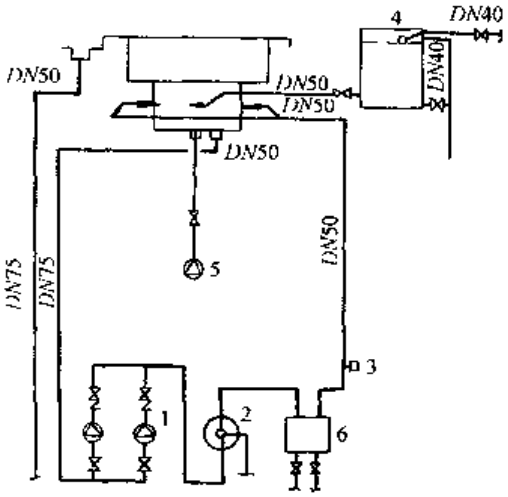


图 7-116　冷水池工艺流程

1—过滤水泵;2—过滤罐;3—自动消毒器;
4—补水箱;5—气泵;6—制冷机

5) 淋浴间:无论何种休闲设施,均应配有淋浴间。淋浴间的设置可根据实际使用人数而定,也可根据桑拿床位数设置。可按 3 个床位,设置 1 个淋浴喷头。淋浴用水量,可按每个顾客每次淋浴用水量 180～220L 计。淋浴龙头装在距地面为 2.0～2.2m。冷、热水温度调节,可配置调温开关或加设踏式开关,以节省水量。

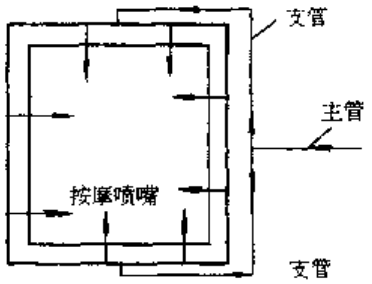


图 7-117　按摩池管道环状布置

淋浴用水量,按式(7-53)、式(7-54)计算:

$$Q_D = NLQ \quad (m^3/d) \qquad (7\text{-}53)$$

$$Q_h = K\frac{Q_D}{H} \quad (m^3/h) \qquad (7\text{-}54)$$

式中　Q_D——最高的用水量(m^3/d);

Q_h——最大时用水量(m^3/h);

N——按摩床位数;

Q——每个顾客每次淋浴用水量,取 180～220L;

L——每床位数每天接待顾客人数,取 3～4 人;

H——每天营业时间,取 10～12h;

K——时变化系数,取 1.5～1.8。

7.6.5　嬉　水　乐　园

(1) 嬉水乐园设计原则:

1) 嬉水乐园属于一种较大型的娱乐活动场所。其内容包括有:冲浪池(人工造浪游泳池)、50m 标准游泳池、跳水池、潜水池、水滑道、环流池(暗河)、探险池、按摩池、儿童池、瀑

布、喷泉、逆流池等设施。所需的占地面积及空间距离较大。基本上是由陆地和水面两部分组成。陆地面积与水面积之比，一般为 6:4 左右。

嬉水乐园的布局原则：

① 从浅水到深水。

② 从高处到低处。

③从小惊险到大惊险，池与池相连，加强水池的连贯性。

2）水专业的设计要点：

① 嬉水乐园水处理系统的水质标准应比一般游泳池高，如浊度定为 1～1.5 度。室内外大池水循环周期提高到 2～3h；水滑道为 0.5h；大小按摩池为 0.15h，以保证池水的清澈透明。

② 从目前国内水处理消毒技术的发展，考虑到造价适中、成本低、效果好，以采用次氯酸钠或二氧化氯为宜。在经济可能的条件下，亦可采用臭氧和氯协同工作的消毒设备。

③ 造浪机有机械推板式、空气压缩式和真空式三种。为了安全起见，冲浪池高度峰谷差建议在 0.3～0.6m 之间，宜采用空气压缩式造浪机。

④ 空气压缩机宜选两台，每台功率约 30kW 的鼓风机，建议设四个空气小室，交替工作。

⑤ 为了充分发挥造浪机的效果，冲浪池的平面以略带扇形为宜。如选用空气压缩式造浪机，平均池宽 10～20m 左右，池底设有直线段（约 5m），之后池底带坡 6%～8%，水深从 1.8～0.3m，总长约在 30～50m。

⑥ 滑道设施应选用表面光滑、质量好，皮肤触感良好，耐久性强、质轻、强度高的玻璃钢制品。并应设提升水泵供滑道用水。

⑦ 选择水滑道的提升水泵时，其流量不仅与滑道使用对象、用途、滑道宽度等有关，还与滑道坡度有关。一般情况下，根据滑道用途、形状、宽度、滑道的坡度（除快速滑道外的滑道坡度，一般为 10%），可参见表 7-53 估算水泵流量。

各种水滑道需水量　　表 7-53

滑道名称	最小水量(L/min)	滑道名称	最小水量(L/min)
宽 1000mm 水滑道	2000	管状滑道 ϕ1200mm	2000
宽 2000mm 家庭滑道	1500	快速滑道（高度 15m i=90%）	2000
宽 4000mm 家庭滑道	2000	隧道和管状滑道	2 台 14000 或
宽 1400mm 浮筏滑道	4000～6000	ϕ1300mm i=11%	3 台 7000
管状滑道 ϕ800mm	1500	三峡滑道 2000～3000mm	20000

水泵的扬程，按实际高程和管道水阻力计算。水泵可选多台，便于流量调节。

⑧ 为了保证池水循环和配水均匀，标准游泳池、冲浪池和跳水池的池水循环和配水，宜采用底部布置可调式进水口的底部进水和池周边用溢水回水的方法。

⑨ 大、小水池水处理系统的滤罐、带毛发过滤器的循环水泵、加热装置、消毒设备（包括自动加氯设备和控制仪表）及平衡水池（补水箱）均可设在靠近池周边的地下室水处理机房内。

⑩ 为了减少机房面积，选用高滤速石英沙滤料和罐体材质为轻质的缠绕式玻璃钢过滤

罐。为了操作方便，减少阀门，选用多通道阀。为了确保处理后水质，管道材料宜用优质PVC、ABS或PE等塑料管。

⑪ 嬉水乐园不允许因设备故障而停水或中断使用，在选用设备时，建议留有备用量。多台水泵时可满足1/3备用。

⑫ 根据池体大小，水循环系统设计分大循环系统（如冲浪池、标准游泳池、跳水池）和小循环系统（如滑道、嬉水、按摩、瀑布、景观喷泉、暗河、天池等）都设有独立的小循环系统。

⑬ 休闲和保健的冷水池、温水池、热水池或中药水池等水力按摩池均单独设水净化系统。

⑭ 喷泉的选型应根据工程性质而定。

⑮ 健身游乐用游泳池，根据需要，池中可增设气泡系列设施（水底气泡、水中气泡躺席和坐席）、喷嘴系列设施（逆流喷嘴、池壁多孔水力按摩及扁型喷嘴和水幕等），以及儿童滑梯、儿童嬉水池中设有趣味水帘、喷水、卡通动物等项目，管道和设备应配合设计。

⑯ 各池水温要求，除按摩池保持40～42℃外，其余各水池均为26～28℃。

⑰ 嬉水乐园入口处，设通过式脚消毒池，宜设强制淋浴。无强制淋浴时也宜设一般淋浴。

⑱ 池水水质应保持水质稳定，以免池水变色和池壁结污垢。

⑲ 池水排水至室外下水道，应考虑有防倒流措施。

⑳ 水池水面的蒸发，水处理反冲洗及人体带走的水，为保持稳定的水面，须向嬉水池补充水，水池的补水量，每小时不得小于游泳池水容积的15%。

㉑ 各种水池池水的平均深度，见表7-54。

各种水池平均水深　　表7-54

水池名称	平均水深(m)	水池名称	平均水深(m)
造浪池	1.4	跳水池	3.50
儿童池	0.6	潜水池	3.50
滑道池	0.85		

注：除跳水、潜水、激流池池底齐平、水深不变外，其余各池均由浅至深。

3）休闲设施的整个项目设计中涉及许多环节。设计者与建筑师、建设单位、专业设计公司、设备制造商及施工单位需密切配合。

7.6.6 示　例

（1）某饭店桑拿中心，见图7-118。

（2）某俱乐部游乐中心，见图7-119。

（3）某游乐中心游泳池、水力按摩游乐中心水处理流程，见图7-120。

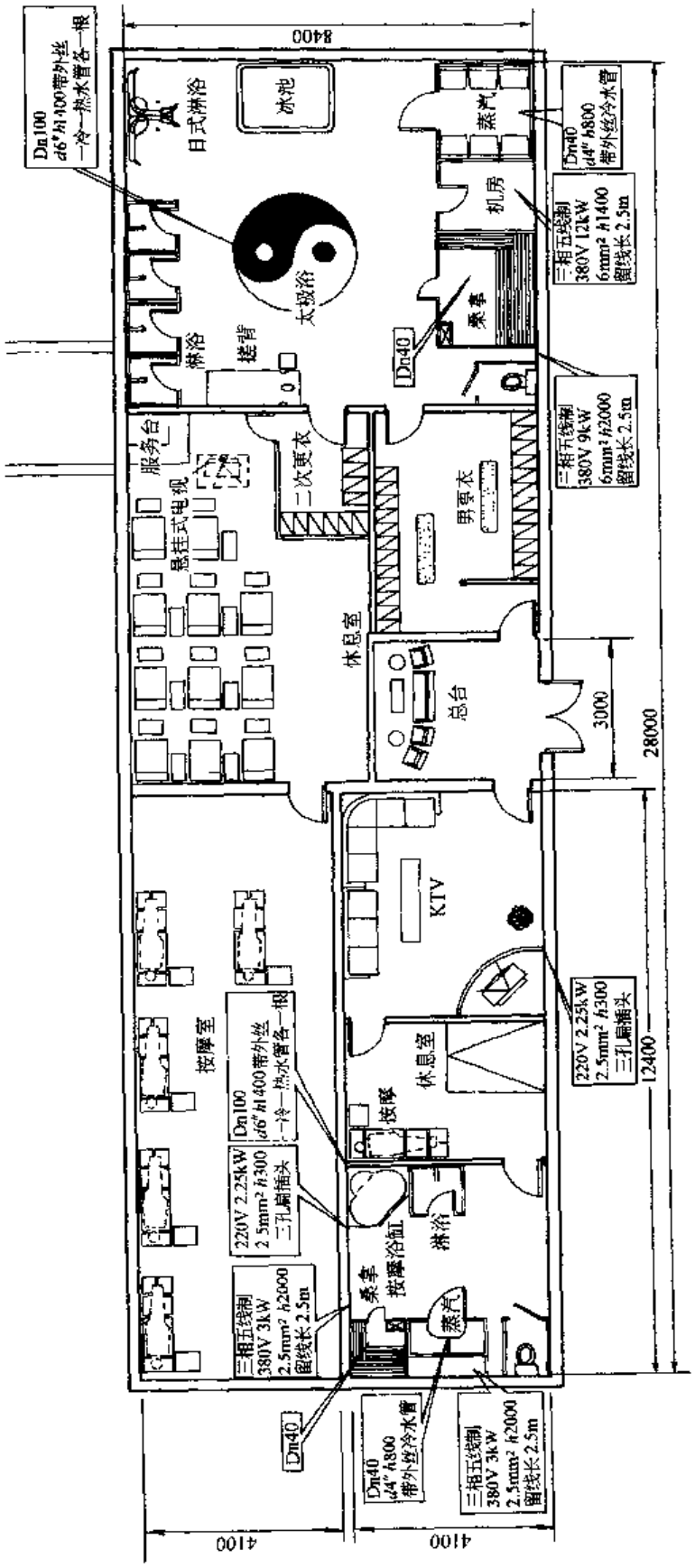


图 7-118 某饭店桑拿中心

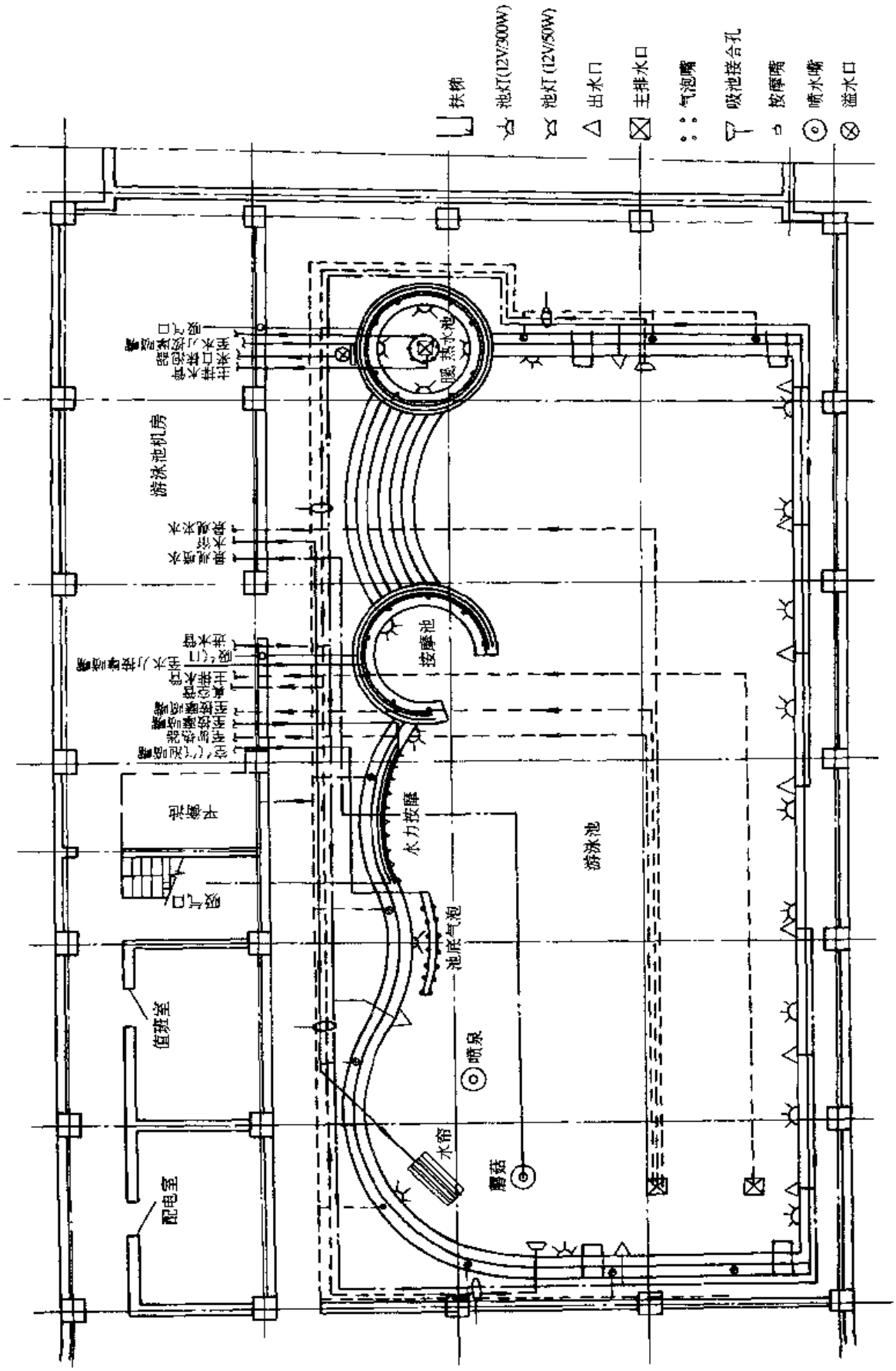


图 7-119　某俱乐部游乐中心

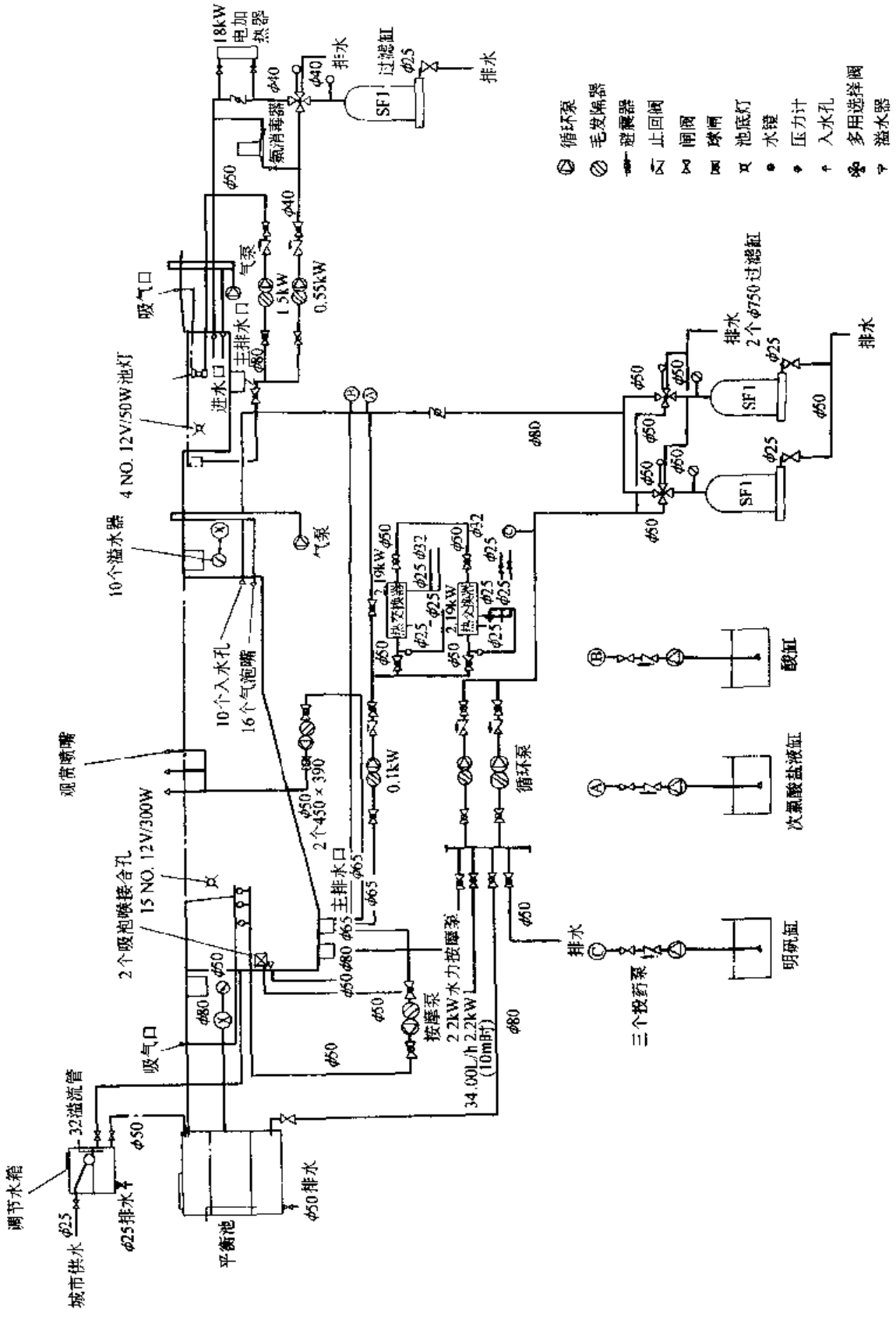


图 7-120 某游乐中心游泳池水力按摩游乐中心水处理流程图

8 循环水冷却

8.1 适用范围及设计特点

8.1.1 适 用 范 围

本章循环水冷却的适用范围是指循环水量比较小的民用建筑和小型工业建筑。主要用于空调系统的制冷机、空气压缩机及某些小型工业设备的循环水冷却系统。设计的基本原则与大型工业循环水冷却设计的要求一致，本章只做简略介绍，有关内容可参见《给水排水设计手册》第4册《工业给水处理》。

8.1.2 设 计 特 点

(1) 选用的冷却设备类型比较单一，一般多采用敞开式机力通风冷却塔。

(2) 设备选型多采用配套的系列定型产品。冷却设备一般均不作热力、风阻和填料选型等计算。

(3) 不设专人进行维护管理。一般均从属于制冷站、空气压缩机房等管辖。

8.2 设 计 基 础 资 料

8.2.1 气象参数的选择

8.2.1.1 基本气象参数

(1) 干球温度 θ(℃)。

(2) 湿球温度 τ(℃)或相对湿度 φ。

(3) 大气压力 P(MPa 或 kPa)。

(4) 夏季主导风向、风速或风压(kPa)。

(5) 冬季最低气温。

8.2.1.2 选择

气象参数的选定：选择和设计冷却塔时，气象参数通常是按夏季不利条件下的气象资料整理而成。应根据被冷却设备对水温要求的严格程度，按规定频率来确定。具体确定方法如下：

(1) 计算气温的确定：

1) 计算冷却水温所采用的气象参数一般取最热时期(三个月左右)，设定频率条件下的昼夜平均气温作为计算的气象参数。按不同行业要求，其频率值可按有关行业规范、规程选用。

2) 气象参数的频率计算所依据的资料应是最近连续 5a 以上的数据，并且取每年最热三个月的日平均温度做为统计值。

3) 日平均温度宜采用国家气象部门规定的一昼夜四次标准时间(一般为当地时间 2 时、8 时、14 时、20 时)的平均值。

4) 根据上述资料，对日平均干湿球温度进行统计，并以温度为纵坐标，各种温度(平均每年温度超过规定值)时频率为横坐标，绘出频率曲线，即可求出在各种设计频率下的湿球温度、干球温度。湿(干)球温度计算统计表，见表 8-1。

湿(干)球温度计算统计表　　表 8-1

序号	温度区间	一年中该温度区间的天数					共出现	累计	平均每年温度超过规定值的天数	各种温度频率(%)
		1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	天数	天数		

所采用的气象资料，应是冷却设备所在地的气象台(站)的资料。当缺乏当地资料时，可选用附近地区有代表性的资料。

5) 设计频率的选择：设计频率应根据工艺要求确定。一般是按工艺用水性质、重要程度和经济效益综合比较确定。当缺少工艺资料时，不同类别用户的气象参数设计频率，见表 8-2、3。

不同类别用户的气象参数设计频率　　表 8-2

类别	由于冷却水超温造成的影响	设计频率(%)
Ⅰ	使整个生产工艺过程破坏而造成巨大损失	1
	空调系统工作的破坏	1
Ⅱ	使个别设备工艺过程及空调系统暂时破坏	5
Ⅲ	使整个生产工艺过程及个别设备的经济指标暂时降低	10

部分行业气象参数设计频率参考数据　　表 8-3

序号	行业类别	频率(%)	序号	行业类别	频率(%)
1	石油化工和机械工业	5	3	高层民用建筑和重要建筑物空调系统	5
2	电力系统	10	4	一般民用建筑空调系统	10

(2) 空气风速、风向：冷却塔计算中的外界空气风速通常采用多年夏季三个月(通常为7、8、9月)平均风速值。一般取距地面2m高度处风速作为计算值。

风向取当地夏季主导风向。

(3) 大气压力：由当地海拔高度确定的大气压力值。由于大气压力还受气温的影响，故一般选用夏季日平均气压值。

(4) 一般民用工程设计中，很难提供完整的气象资料。多数参照国家有关部门已统计的全国大中城市温度统计表选用；或采用就近城市气象资料。现将全国主要城市年平均气温超过下列天数的气象统计资料，列于表8-4供设计选用。

主要城市气象资料统计　　表 8-4

城市名称	日平均干球温度(℃)			日平均湿球温度(℃)			第13时干球温度(℃)	第13时湿球温度(℃)	风速	大气压力	夏季主导风向		
	5d	10d	15d	5d	10d	15d	5d	5d	(m/s)	(kPa)	6月	7月	8月
北京	31.1	30.1	29.5	26.4	25.6	25	34.6	27.3	0.79	98.60	S	S	N
上海	32.4	31.5	31.0	28.6	28.0	27.7	36.2	29.5	1.58	99.09	ESE	SSE	ESE
天津	31.0	30.1	29.5	27.1	26.3	25.7	34.1	28.0	1.65	99.12	SE	SE	SE
重庆	34.0	33.0	32.2	27.7	27.3	27.0	37.5	28.2	0.81	96.07	N	N	NE
石家庄	31.9	31.0	30.5	26.6	25.7	25.0	35.8	27.2	0.89	98.43	SE	SE	SE
太原	29.3	28.5	27.7	23.3	22.5	22.0	33.5	24.5	1.16	90.58	NNW	NNW	NNW
呼和浩特	27.0	26.2	25.5	20.7	19.8	19.4	30.7	21.7	0.97	87.75	SSW	SSW	SSW
南京	33.6	32.6	31.8	28.6	28.2	27.7	36.7	29.6	1.55	98.63	SE	SE	SE
济南	33.8	32.8	32.0	26.7	26.2	25.6	36.8	27.7	1.86	98.43	SSW	SSW	ENE
合肥	33.0	32.2	31.5	28.5	28.0	27.6	36.5	29.2	1.74	98.92	S	S	ENE
杭州	33.2	32.5	31.8	28.7	28.3	28.0	36.9	29.8	1.10	99.09	SSW	SSW	SSW
福州	32.1	31.5	31.3	27.8	27.5	27.1	36.7	29.2	1.62	95.02	SE	SE	SE
沈阳	29.4	28.2	27.5	25.5	24.6	24.0	32.7	26.5	1.71	98.74	S	S	S
长春	28.5	27.4	26.5	24.0	23.1	22.5	31.8	25.2	1.70	96.73	SW	SSW	SSW
哈尔滨	28.8	27.7	26.8	24.1	22.9	22.0	32.5	25.1	1.67	97.58	S	S	S
汉口	34.0	33.4	32.7	28.5	28.1	27.7	36.7	28.8	1.50	98.83	SE	SSW	NNE
郑州	33.5	32.5	31.5	27.5	27.0	26.5	37.5	28.5	1.56	97.91	S	S	NE
长沙	33.7	33.1	32.6	28.0	27.5	27.3	36.7	28.4	1.41	98.43	NW	S	NW
南昌	34.0	33.4	33.0	28.4	27.6	27.0	37.0	28.5	1.88	98.57	NNE	SW	NNE
广州	31.6	31.3	31.0	27.8	27.5	27.4	34.5	28.6	1.13	99.23	SE	SE	E

续表

城市名称	日平均干球温度(℃)			日平均湿球温度(℃)			第13时干球温度(℃)	第13时湿球温度(℃)	风速	大气压力	夏季主导风向		
	5d	10d	15d	5d	10d	15d	5d	5d	(m/s)	(kPa)	6月	7月	8月
南宁	31.9	31.6	31.0	27.7	27.5	27.3	35.6	28.5	1.08	98.04	SE	SE	E
成都	30.0	29.5	29.0	26.5	26.0	25.7	32.5	27.3	0.84	93.57	NNE	NNE	N
昆明	24.4	23.5	23.0	19.9	19.6	19.1	27.8	20.9	1.03	79.75	SE	SE	S
贵阳	27.5	26.5	26.5	23.0	22.7	22.5	31.0	23.8	1.11	77.21	S	S	S
拉萨	20.5	19.9	19.5	13.2	12.7	12.5	24.0	14.4	1.29	56.50	ESE	ESE	ESE
西安	33.0	32.0	31.3	25.8	25.1	24.5	37.0	26.8	1.58	94.55	NE	NE	NE
兰州	28.3	27.1	26.4	20.2	19.4	18.8	32.2	21.3	0.85	82.84	E	E	E
银川	27.9	27.2	26.5	22.0	21.1	20.5	31.0	22.5	1.13	87.25	S	S	S
西宁	22.2	31.2	20.5	16.5	15.6	15.0	26.5	17.5	1.10	69.48	SE	SE	SE
乌鲁木齐	29.6	28.5	27.6	18.1	17.6	17.3	33.4	19.0	1.78	89.72	NW	NW	NW
大连	27.8	27.0	26.5	25.7	25.0	24.3	30.4	26.5	2.52	98.37			

8.2.2 工艺用水要求

8.2.2.1 基本数据

(1) 循环冷却水量 $Q(m^3/h)$。

(2) 循环冷却进水温度 t_1(指冷却塔进水温度℃)。

(3) 循环冷却出水温度 t_2(指冷却塔出水温度℃)。

(4) 工艺设备本体水头损失和工艺设备供水压力(MPa)。

(5) 工艺设备供水温度保证率(设计频率)。

8.2.2.2 数据选用

(1) 选用冷却设备时,循环水量是设计的主要依据之一,选塔时应使塔体的出力留有5%～10%余量。

(2) 设备的进出水温度,应根据设备样本由工艺提供,对于空调机组和空气压缩机一般选用下列数据:

1) 空气压缩机:进水温度 10～32℃,出水温度≤45℃。

2) 冷凝器:进水温度≤32℃,出水温度 35～37℃。

3) 小型空调机组:进水温度 30～32℃,出水温度 35～37℃。

(3) 工艺设备水头损失值,应按样本资料确定,一般为 0.08～0.1MPa。

8.3 系统组成和分类

8.3.1 组 成

循环水冷却系统一般由冷却塔、循环水泵、过滤器、除垢器和换热设备(如冷凝器等工艺

设备)等组成。当冷却水量较大时还需另设集水池(一般冷却塔下部均设有集水盘),以避免集水盘容量不够使空气进入管道和水泵。

8.3.2 分　类

循环冷却水系统一般分为敞开式和封闭式两大类。敞开式为循环水与空气直接接触冷却;封闭式为空气间接冷却。

(1) 敞开式循环水冷却系统布置,按水泵设置位置一般可分为三种类型,即前置水泵、后置水泵和双级水泵。

1) 前置水泵:将循环水泵设在换热设备的进水方向,见图 8-1。

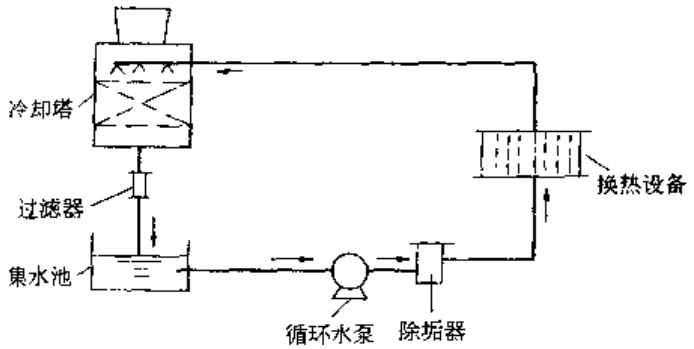


图 8-1　前置水泵循环水冷却系统

图 8-1 中集水池也可与冷却塔合并。这种布置方式使用较多,其特点是冷却塔位置不受限制,可以与循环泵设在同在水平面上,即可以设在屋顶上,也可以设在地面上。如设在屋顶上则其剩余水头不能利用。图 8-1 示例适用于单层或裙房布置的冷却塔。

2) 后置水泵:将循环水泵设在换热设备的出口方向,见图 8-2。

图 8-2 中冷却塔和集水池必须设在高处,以保证集水池到换热器的静水压力能满足换热器的水压要求及其连接管路的水头损失值。这种布置方式适合于高层建筑为了立面美观,要求冷却塔布置在顶层或者楼上的需要。由于集水池只能设在屋顶将使屋面负荷加大。如果静水压力过高还必须设减压装置(减静压)。

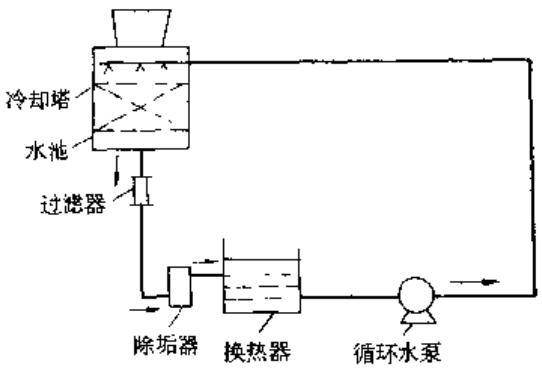


图 8-2　后置水泵循环水冷却系统

3) 双级水泵:即在换热器的进出水方向都设置循环水泵,见图 8-3。

这种布置方式适用于共用冷却塔而供水压力、水温、水质要求不同的多组换热器的循环水冷却系统。有些并联换热器水温、水质要求更高还需要进行二次降温或增加水质处理措施,从而使换热器出口水压、水温、水质不同面必须设中间集水池及后置循环泵。该系统的所有设备布置均不受场地限制和高程限制,但由于该系统两次加压,所用设备较多,投资较高,能量损耗较大,占用场地也较大,一般情况下尽量避免采用。

(2) 封闭式循环冷却水系统是指冷却水在密闭系统中进行循环,不与空气直接接触,而

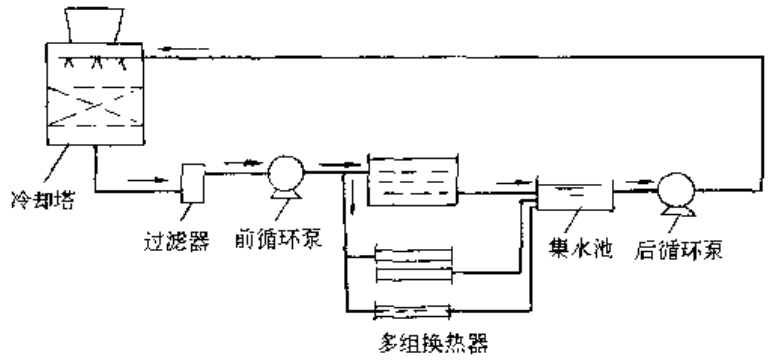


图 8-3 双级水泵循环水冷却系统

是与冷媒进行间接换热的一种冷却方式。冷媒一般是冷风或低温水。这种冷却方式如采用自然风冷,则冷却水温决定于干球温度和风速,受自然条件影响较大。在年平均气温较低的地区还可以使用,或仅在寒冷季节使用。对于较大型循环冷却水系统,冷却设备比较庞大复杂。所以使用受到一定限制。在一些小型空压机组有时配有空冷装置,而在民用建筑中则很少应用。

8.4 设备选型和计算

8.4.1 冷 却 塔

8.4.1.1 冷却塔种类

冷却塔是循环水冷却系统的关键设备,随着使用功能的不同,冷却塔开发的类型比较多。

冷却塔分干式(风冷)、湿式(水冷)、干湿式(风、水两种冷却)三大类。湿式又分自然通风和机力通风两类。机力通风又分为鼓风式和抽风式。本节仅介绍常用的抽风式机力通风冷却塔。

抽风式机力通风冷却塔按照风和水交流方式可分为逆流(风水对流)和横流(风水垂直交叉)。按照构造可分为圆型、方型、长方型;按使用要求可分为普通型、低噪声型、超低噪声型;从材质上又分为阻燃型和非阻燃型。

8.4.1.2 冷却塔选型

(1) 冷却塔选用原则:

1) 热力特性应满足使用要求。

2) 设计上应掌握厂方提供的技术资料和产品性能。

3) 塔体结构材料应能满足抗风压要求和水气腐蚀。

4) 配水要均匀,减少壁流和防止堵塞。

5) 应有收水措施,减少水滴损失。

6) 风机运行可靠,叶片应有足够强度并能耐水气腐蚀。

7) 运行噪声应满足环保要求。

8) 电耗要少,造价要低,维护管理简便。

9) 定型冷却塔的产品质量应符合有关标准。

(2) 冷却塔选用步骤：

1) 根据换热设备数量及运行工况，选择冷却塔台件数量，尽量使之相互匹配。

2) 根据厂地条件选择塔体形状和组合方式。

3) 根据工艺运行参数(循环水量、进出水温度等)对照产品样本确定塔型。按照当地气象条件(湿球温度等)与样本中提供的热力特性曲线进行核算，是否能满足运行参数的要求。

4) 根据使用单位对噪声性能和阻燃性能。

5) 进行技术经济比较确定选用厂家。

(3) 各种类型冷却塔技术性能和使用条件比较，见表 8-5。

各种类型冷却塔性能及使用条件比较　　表 8-5

塔型		性能及使用条件
逆流式(圆形、方形)	普通型	1. 逆流式冷却效果比其它型式要好 2. 由于噪声较高，故只适合于工矿企业及对环境噪声要求不太高的场合 3. 造价比低噪声，阻燃型塔低 5%～10% 4. 圆形塔气流组织比方型好，不易产生死角，造型较好。适于单独布置，整体吊装，较大型冷却塔也可以现场拼装。但塔体比方形高，对建筑物外形有一定影响；其湿热空气回流影响较小 5. 方形塔占地较少，适合于成组布置，并可以在现场组装，运输安装较为方便
	低噪声、阻燃型	1. 适于对环境噪声有一定要求的场所，其噪声值比普通性低～5dB(A) 2. 阻燃型可以延缓燃烧，有自熄作用，可用于较重要的建筑物上，造价约比非阻燃型增加 8%左右 3. 其余性能比较同普通型
	超低噪声、阻燃型	1. 适于对环境噪声有严格要求的场所，如高级宾馆、高档写字楼、高级公寓、医院、疗养院等。噪声值应低于国家标准 2. 造价比低噪声型高约 30%左右 3. 其余性能比较同普通型
横流式	普通型、低噪声型	1. 在相同条件下，冷却效果不如逆流塔。为保证冷效相同，填料容积一般增加 15%～20% 2. 因进风口面积比逆流塔大，进风风速低，气流阻力小 3. 由于填料上下部分不留空间，塔体高度比逆流塔小，故有利于建筑物立面布局 4. 由于塔内有进人空间，维护检修很方便 5. 由于外形为长方型，塔体由零部件构成，运输方便，在现场还可以多台组合安装 6. 由于填料底部为塔底，滴水声很小，噪声值比逆流塔要低 7. 占地面积比逆流塔大 8. 由于塔身较低，带来的不利条件是湿热空气回流影响较大
喷射式冷却塔		1. 与常规冷却塔比较，由于没有风机和填料，故结构简单，故障少，维修方便 2. 无振动、噪声低 3. 因结构简单，运输安装均较为方便 4. 造价比机力通风冷却塔低 5. 由于该塔是喷射出流，故需循环水泵扬程较高，能耗较大。喷嘴处需要压力不小于 0.2MPa

续表

塔　型	性 能 及 使 用 条 件
喷射式冷却塔	6. 喷嘴易堵，故对循环水质要求较高。进喷嘴处需安装细过滤器。喷嘴和过滤器每半年最少清洗一次 7. 该设备是引进的开发产品，其原理是利用高速出流的特制水嘴、使水流喷成雾状水滴与空气进行充分的热交换，其使用参数为：湿球温度为27℃，进水温度为37℃，出水温度为32℃ 该产品目前用于厂矿、学校、馆所等中小型建筑物，使用效果有待进一步实践验证。
风冷封闭式冷却塔	1. 原理是利用循环水(封闭)与环境温度的温差传热进行冷却 2. 由于是封闭循环，水量损失很少 3. 不需要填料，如果环境温度很低，采用自然风散热 4. 循环水质不受污染 5. 为了防止常期运行产生水垢，对循环水质要求较高，宜采用软化水 6. 由于循环水温受环境温度影响，风冷设备受地区限制，多用于寒冷地区

此外，目前国内已开发应用节能型多级变速风机(有二级、三级变速等)和变频调速风机。这些产品可以适应不同季节、不同时间、制冷量可以变化的场所。可以达到一塔多用、节省设备、降低能耗、减少噪声的目的，实际应用比较广泛。

8.4.1.3 冷却塔计算

(1) 由于设计选用的是冷却塔定型产品，产品样本均已给出技术特性，故冷却塔的热力计算、通风阻力计算、配水系统水力计算均无必要。设计时只要根据工艺条件、气象参数对照产品样本选用和复核即可。

(2) 冷却塔补水量计算：冷却塔的水量损失包括蒸发损失、风吹损失、排污损失和泄漏损失。冷却塔补充水量应为上述水量损失之和，按式(8-1)计算：

$$Q_m = Q_e + Q_w + Q_b \quad (m^3/h) \tag{8-1}$$

式中 Q_m——总补充水量(m^3/h)；

Q_e——蒸发损失水量(m^3/h)；

Q_w——风吹损失水量(m^3/h)；

Q_b——排污损失和泄漏损失。

1) 蒸发损失水量计算方法，可分为估算水量和精确计算水量两种。

① 估算水量，可按式(8-2)计算：

$$Q_e = K\Delta tQ \quad (m^3/h) \tag{8-2}$$

式中 Q_e——蒸发损失水量(m^3/h)；

Δt——冷却塔进出水的温度差(℃)；

Q——循环水量(m^3/h)；

K——系数(1/℃)，可按表8-6采用。

K 值与气温关系 表 8-6

气温(℃)	-10	0	10	20	30	40
K(1/℃)	0.0008	0.001	0.0012	0.0014	0.0015	0.0016

注：气温中间值可用内插法计算。

② 精确计算水量，按式(8-3)计算：

$$Q_e = G(x_2 - x_1) \quad (kg/h) \tag{8-3}$$

式中 Q_e——蒸发损失水量(kg/h)；

G——进入冷却塔的干空气量(kg/h)；

x_2、x_1——分别为出塔和进塔的含湿量(kg/kg)，与进出塔空气温度和空气相对湿度有关。可由空气含湿量曲线图(见图 8-4)查得。

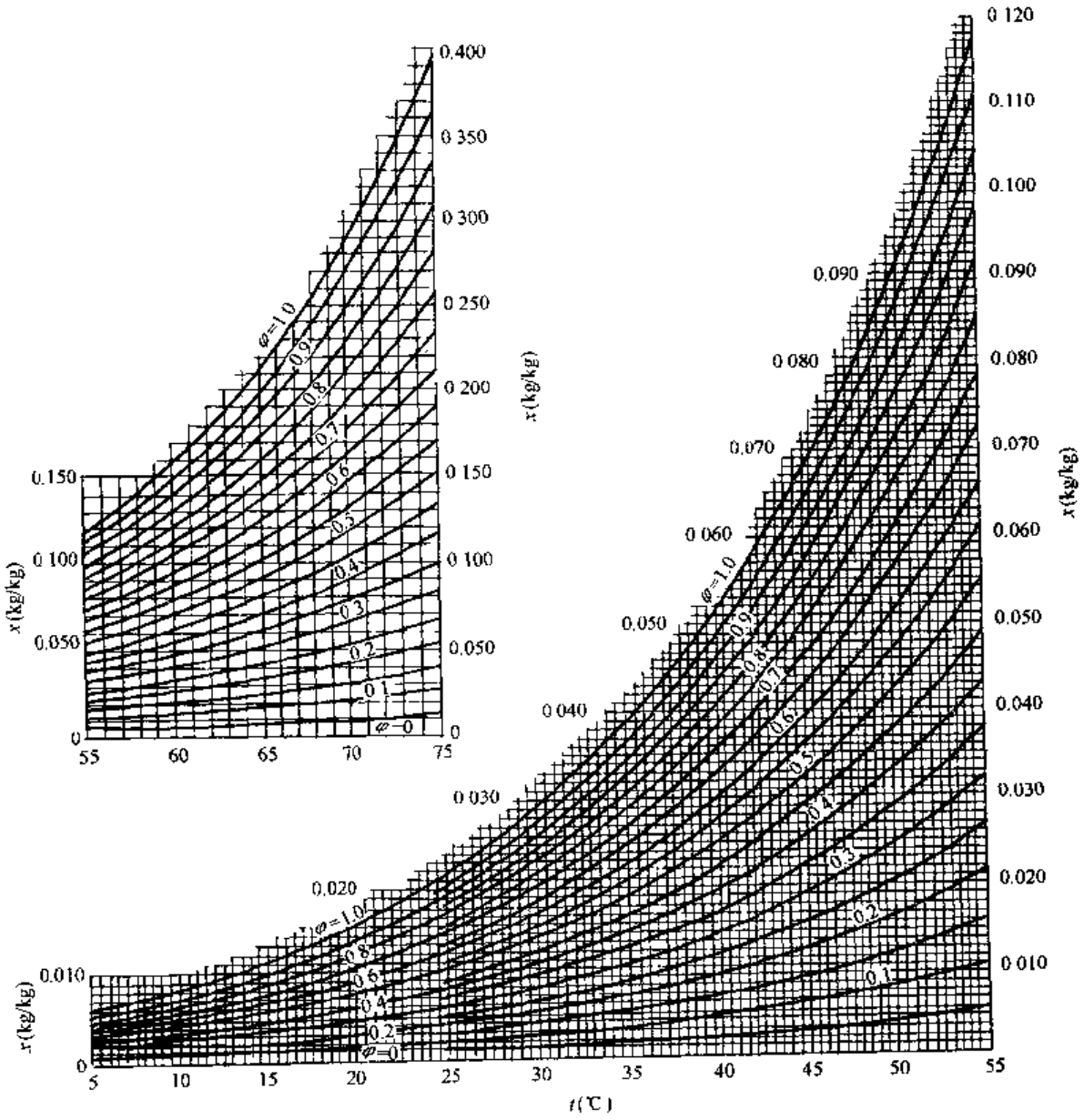


图 8-4　空气含湿量曲线图(大气压力 $P=0.098MPa$)

注：图中 φ 为空气的相对湿度。

2) 风吹损失水量，影响因素较多，不易计算。一般机力通风冷却塔，可按下列数据选用：

① 有除水器为(0.2%～0.3%)Q(Q 为循环冷却水量)。

② 无除水器为≥0.5%Q。

3) 排污和泄漏损失水量与循环冷却水水质及处理方法、补充水的水质和循环水的浓缩倍数有关。此部分内容详见8.4.4节防垢装置。排污和泄漏水量按式(8-4)计算：

$$N=\frac{C_r}{C_m}=\frac{Q_m}{Q_w+Q_b} \tag{8-4}$$

式中 N——浓缩倍数，可按8.4.4节中循环冷却水控制指标和补充水水质指标比较确定；

C_r——循环冷却水的含盐量(mg/L)；

C_m——补充水的含盐量(mg/L)；

Q_m、Q_w、Q_b——同式(8-1)，根据N值和已知Q_w、Q_e，即可算出Q_b值。

8.4.2 循 环 水 泵

循环水泵应根据循环水量及循环水冷却系统所需要的总扬程来选型。

循环水泵所需要的总扬程(以前置式水泵为例)，按式(8-5)计算：

$$H=H_1+h_1+h_2+H_2+0.01H_3 \quad (\text{MPa}) \tag{8-5}$$

式中 H——总扬程(MPa)；

H_1——换热设备水头损失(MPa)，由工艺提供；

h_1——系统沿程水头损失(MPa)，计算确定；

h_2——系统局部水头损失(MPa)，计算确定；

H_2——冷却塔布水管处所需自由水头(MPa)，冷却塔产品样本已给定；

H_3——冷却塔布水管与冷却塔底部集水池水面的几何高差(m)。

以上总扬程计算公式是按照前置水泵不设专用集水池的类型得出，其它类型应根据设备布置情况以此类推。

计算得出水泵总扬程，在选择水泵扬程时应留有余量，以适应长期运行后水泵效率降低和管道结垢造成水阻增加的情况。余量不宜过大，否则会使旋转布水器类型的冷却塔布水管压力过高，离心分流过量造成壁流或布水不均，影响冷却效果。

水泵选型宜用立式泵或管道泵，以减少占地面积。

8.4.3 过 滤 器

冷却塔出水管处宜设置管道式过滤器或外滤式过滤器，以防止冷却塔集水池中杂质进入水泵和换热设备引起堵塞。

过滤器宜选用阻力小，易于清通的定型产品。过滤器过水能力应与循环水量一致。

过滤器规格、类型见第9章给水局部处理。

8.4.4 除 垢 装 置

8.4.4.1 敞开式循环冷却水系统运行中的水质变化

(1) 盐类的浓缩：循环水的冷却主要是蒸发冷却。由于水分的蒸发将造成循环水的含盐量逐渐增加。为了控制盐类的浓度，采用排掉一部分循环水，增加一部分新鲜水的办法，

使循环水含盐量维持在某一固定值。补充水的含盐量与循环水的含盐量的比值称为浓缩倍数 N，其值按式(8-6)计算：

$$N=\frac{C_r}{C_m} \tag{8-6}$$

式中　N——浓缩倍数；

C_r——循环冷却水的含盐量(mg/L)；

C_m——补充水的含盐量(mg/L)。

在平衡时，补充水带入的总含盐量应该等于循环水系统排污、风吹和泄漏损失中所带走的含盐量，见式(8-7)、式(8-8)。

$$Q_m C_m=(Q_w+Q_b)C_r \tag{8-7}$$

$$N=\frac{C_r}{C_m}=\frac{Q_m}{Q_w+Q_b} \tag{8-8}$$

式中　N、C_r、C_m 同式(8-6)，Q_m、Q_w、Q_b 同式(8-1)。

实际运行中以氯离子或钾离子浓度的比值来控制 N 值。

浓缩倍数应根据循环水水质要求和补充水水质来决定。在满足对水质要求的前提下，提高浓缩倍数可以减少补充水量。但当浓缩倍数超过 5 以后，补充水量能降低的速率会越来越小。故 N 值一般多采用 2～3，不超过 5～6。

(2) 浊度和微生物的增加：在敞开式系统中，循环水与外界接触、空气中尘土、细菌被截留下来，造成浊度增加和菌藻的繁殖，需要设置过滤和杀菌除藻措施。

(3) 在与空气接触和浓缩过程中还会造成游离 CO_2、溶解氧、pH 值、碱度等的增减，也会造成设备、管道的腐蚀等。

8.4.4.2　循环冷却水的水质指标

敞开式循环冷却水的水质指标，见表 8-7。

敞开式循环冷却水的水质标准　　表 8-7

项　目	单　位	要求和使用条件	允许值
悬浮物	mg/L	根据生产工艺要求确定	≤20
		换热设备为板式、翅片管式、螺旋板式	≤10
pH 值		根据药剂配方确定	7.0～9.2
甲基橙碱度	mg/L	根据药剂配方及工况条件确定	≤500
Ca^{2+}	mg/L	根据药剂配方及工况条件确定	30～200
Fe^{2+}	mg/L		<0.5
Cl^-	mg/L	碳钢换热设备	≤1000
		不锈钢换热设备	≤300
SO_4^{2-}	mg/L	$[SO_4^{2-}]$与$[Cl^-]$之和	≤1500
		对系统中混凝土材质的要求，按现行的《岩土工程勘察规范》GB 50021—94 的规定执行	

续表

项　　目	单　位	要 求 和 使 用 条 件	允 许 值
硅　酸	mg/L		≤175
		$[Mg^{2+}]$与$[SiO_3^{2-}]$的乘积	<15000
游 离 氯	mg/L	在回水总管处	0.5～1.0
石 油 类	mg/L		<5(此值不应超过)
		炼油企业	<10(此值不应超过)

循环冷却水的水质指标除了与补充水水质有关以外，可用调整循环冷却水的浓缩倍数和投加阻垢剂和缓蚀剂来控制。

8.4.4.3 补充水的水质标准

补充水的水质标准，应根据循环冷却水的水质要求和浓缩倍数确定。当不满足上述要求时，应对补充水进行处理。如采用软化、除盐、过滤等，处理范围可采用局部或全部，也可以局部处理的水再与原水混合作为补充水。

8.4.4.4 防垢措施

为了防止换热设备结垢和腐蚀影响系统的正常运行，除了控制循环水的浓缩倍数增加排污量以外，还可以设置水质稳定措施。

常用的水质稳定措施有设置电子除垢器、静电除垢器、磁水器、投加水质稳定剂等。其中前三种措施设备简单，使用方便，在民用建筑和小型工业建筑中使用较多。

电子除垢器、静电除垢器、磁水器等见第9章给水局部处理。

上述设备除具备防垢除垢功能外，也能起到一定的杀菌、灭藻的作用。故对于中小规模的冷却系统，由于场地和维护管理的条件所限，一般只选用上述定型设备即可，不需另外再考虑水质稳定和微生物控制的措施。如果有特殊要求必须采用另外措施时，则可按照《给水排水设计手册》第4册《工业给水处理》中的有关内容进行设计。

8.4.5 集 水 池

在冷却塔与循环水泵之间，必需设置集水池，以防止循环水泵工作时，因贮水量不足而吸入空气造成水泵气蚀。

集水池有效容积，应包括循环水系统启动前自由水面以上到喷头前系统容积和填料部分附着水量之和。后者水量可按循环水量的1.2%～1.5%确定。前一部分系统容积，可按图8-5计算。

图中自由水面1代表不增设专用集水池时，集水池容积应包括自由水面1以上系统容积。自由水面2代表需增设专用集水池时，系统容积应包括自由水面2以上容积。

上述计算总容积如果小于同时工作的循环水泵3min循环水量时，则应按后一数值确定总容积。

当采用水质稳定剂时，集水池容积还应满足药剂在循环水系统内允许停留时间的要求。

集水池应设有自动补水管和应急补水管。应急补水是在循环水系统短时失水过多时紧急补水使用。

集水池应设溢流放空措施。

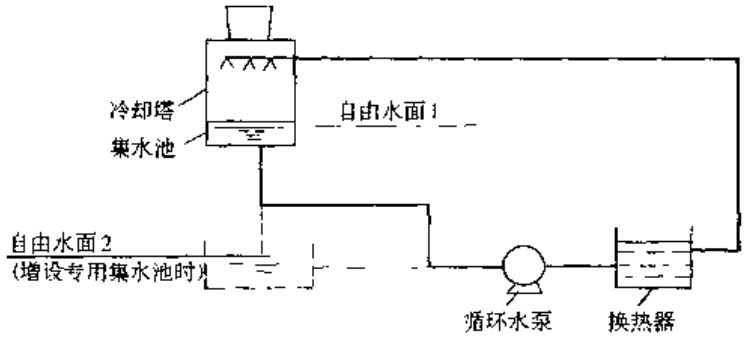


图 8-5　计算集水池容积示意

自灌式吸水管口所需最小淹没深度，不能小于 0.3m。

集水池容积按式(8-9)计算。

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (m^3) \tag{8-9}$$

式中　V——集水池总容积(m^3)；

V_1——集水池保护高度所占容积，一般保护高度取 0.2m；

V_2——集水池自由水面以上系统容积；

V_3——填料附着水量，一般按循环水量的 1.2%～1.5%选用。

一般机力通风冷却塔底部均设有水盘集水池。水盘集水池分为浅水盘和深水盘两种。只有当水盘容积不满足要求时，才另增设集水池。增设的集水池可设在冷却塔所在水平面上，也可设在地面上。但系统容积计算均从自由水面以上算起。增设的集水池材质，可采用钢筋混凝土、钢制或玻璃钢等。

8.5　冷却塔布置和系统设计

8.5.1　冷却塔布置

(1) 除工艺有特殊要求外，冷却塔一般不设备用。

(2) 冷却塔宜设在冬季主导风向的下风向，以防止飘水在建筑物外墙上结冰，并应远离热源，以减少对冷却效果的影响。

(3) 民用建筑对冷却塔的防噪声要求较高，工业企业噪声控制标准较低。一般民用建筑噪声及工业企业噪声控制标准见表 8-8、9。

民用建筑噪声控制标准　　表 8-8

类　别	噪声标准 dB(A)		类　别	噪声标准 dB(A)	
	白　天	夜　晚		白　天	夜　晚
疗养院、高级别墅、高级宾馆	50	40	工　业　区	65	55
居住区、文教区	55	45	城市交通干道两侧、内河航道两侧、铁路两侧	70	55
居住、商业、工业混杂区	60	50			

工业企业噪声控制标准 表 8-9

地点类别		噪声标准 dB(A)
生产车间及作业场所		90
高噪声车间设置的值班室、观察室、休息室	(无电话通信)	75
	(有电话通信)	70
精密装配、加工车间的工作点、计算机房		70
车间所属办公室、实验室、设计室		70
主控室、集中控制室、通信室、电话总机室、消防值班室		60
厂部所属办公室、会议室、设计室、中心实验室		60
医务室、教室、哺乳室、托儿室、工人值班室		50

冷却塔由于风机转动、布水及滴水声产生噪声较大。为了满足民用建筑和工业企业噪声标准，在冷却塔布置及选型时应予考虑。冷却塔除了在布置时宜远离噪声标准要求高的场所外，还可以采用隔声、导向等建筑防护措施。如用隔声帘(单层玻璃 6～8mm，可隔噪声 20dB(A))、轻质隔墙等。冷却塔还可以选用低噪声、超低噪声冷却塔，可比普通塔降低 5～10dB(A)。

冷却塔噪声的衰减量，可按式(8-10)估算：

$$\Delta S = 20\lg \frac{L_1}{L_2} \quad [\mathrm{dB(A)}] \tag{8-10}$$

式中 ΔS——声源点由 L_1 延长到 L_2 时，声音的衰减量(dB,A)；

L_1——声源点到第一测点的距离(m)；

L_2——声源点到第二测点的距离[L_2 为标准点(m)]。

(4) 单侧进风的冷却塔进风口，宜垂直于夏季主导风向。双向进风的冷却塔进风口，宜平行于夏季主导风向。

(5) 长轴位于同一直线的相邻塔排其净距不小于 4m。不在同一直线上相互平行布置的塔排净距不小于冷却塔进风口高度的 4 倍。

(6) 冷却塔进风口侧与其它建筑物的净距，不应小于塔进风口高度的 2 倍。

(7) 冷却塔的布置，应考虑周围建筑物对冷却塔湿热空气回流的影响。

(8) 冷却塔布置，还要考虑与所在建筑物的外观相协调。

(9) 冷却塔周边，应留有检修人员通道和管道布置位置。

8.5.2 系 统 设 计

(1) 循环冷却水系统的设备配置数量宜与成组换热设备相对应，以便于冷却设备和换热设备工况保持一致。系统控制可由换热设备的值班人员共同管理。为了节省能耗，对于变负荷运行的换热设备，可选用变速风机的冷却塔。

(2) 系统控制范围包括冷却塔风机、循环水泵、除垢装置等的就地操作、控制室遥控操作与楼宇自动化连锁和工况显示等。集水池必要时，也可设液位显示和报警(高、低、溢流液位等)。

(3) 循环水泵：

1) 是否设置备用水泵取决于建筑物的性质和水泵运行的可靠程度。一般情况下宜设多台(2台或2台以上)水泵并联运行。工作泵数量宜与冷却塔数量相同，以利于系统运行。

2) 水泵一般设计成自灌式。当受条件限制而采用非自灌时，吸水管上应设自动引水装置。吸水高度应小于水泵样本标定的自吸允许高度。

3) 水泵配水系统可采用单元制或母管制。单元制操作方便，可靠程度大。但水泵数量较多时，管路系统过于复杂，除了工艺有要求外一般很少采用。吸水管一般可设两根或两根以上，母管制的出水管可设一根母管。

4) 水泵进出水管应设阀门。进水管上设温度表。出水管上设止回阀和压力表。

5) 水泵房应远离有安静要求的房间。水泵应尽量选用低噪声泵，并设置减振装置(包括减振垫或减振器；进出水管设可曲挠橡胶接头和消声止回阀；管道上设弹性吊架、托架等)。

6) 水泵吸水管流速，一般取0.6～1.2m/s。自灌式可以取较大值；吸上式的可以取较小值。吸水管流速选择也与管径有关。当管径等于小于*DN*100时，宜选用0.6～0.8m/s；当管径大于*DN*100时，自灌式可选用0.8～1.2m/s，吸上式流速不宜大于1.0m/s。

7) 循环水泵设置类型(分有立式、卧式、管道泵等)，由场地条件、工艺要求确定。

8) 循环水泵宜设在换热设备机房内，以便于集中管理。

9) 水泵机组布置，应符合下列要求：

① 当电动机容量小于等于20kW时，两台机组可共用基础。电动机容量大于20kW时，每台机组净距不小于0.8m；电动机容量大于55kW时，机组净距不小于1.2m。

② 基础端面距墙净距不小于1.0m，侧面距墙净距不小于0.7m。

③ 基础一般高出地面0.1～0.3m，基础比机座每边宽出0.1～0.15m；基础深度按地脚螺栓直径的25～30倍采取，但不小于0.5m。

④ 泵房主要人行通道宽度不小于1.2m；配电盘前通道宽度，低压不小于1.5m，高压不小于2.0m。

10) 水泵房内应考虑采光、采暖、通风要求。采暖温度一般16℃；非采暖地区房间温度不应低于5℃。地下泵房换气次数为6～8次/h。

11) 泵房地面应考虑排水措施，宜设置地面集水坑，采用由液位控制的自动排水潜污泵排水。有条件时可以自流排放。

(4) 其它：

1) 过滤器、除垢器应设置旁通管，以便检修设备时不影响系统运行。

2) 要考虑过滤器运行阻力，一般水头损失大于1m。过滤器宜设在冷却塔与循环水泵之间，如果有条件时可设在泵房内。当冷却塔与循环水泵设在同一层，如果冷却塔底部集水池静水压力，不能满足过滤器运行阻力要求时，则过滤器只能设在循环水泵出口处。

3) 除垢器宜设在换热设备进口处、并尽量靠近换热设备。

4) 在寒冷地区露天布置的管道和设备，在系统停运时一定要将积水放空，以防冻裂。

9 给水局部处理

9.1 范　　围

给水局部处理的供水水源为城市生活给水(自来水)。原水经过生活给水处理厂处理后,其出厂时的水质,一般均已达到生活饮用水卫生标准。给水局部处理的目的主要有两个:一种是城市给水到达用户时,由于多种原因水质已经下降,需要进一步处理以达到出厂时的水质标准;另一种是用户对水质有特殊需要,必需进一步处理,以满足用户对水质的要求。具体分类如下:

(1) 由于某些原因(如供水水质变坏,运输和贮存过程中产生了二次污染等),经过水厂处理后的水质有一部分不符合生活饮用水卫生标准,需再进行局部处理后才能达到标准。

(2) 经处理后的水质虽然符合国内现行生活饮用水卫生标准,但用户对水质提出更高的要求(如高级宾馆、高级住宅、涉外旅游服务网点等要求直接饮用自来水和有特殊要求的场所如化验用水、锅炉用水等),也需要对用水作局部深度处理。

(3) 建筑物内部的热水和开水供应要求进行的防垢、防腐蚀处理等。

9.2 内　　容

给水局部处理的内容包括以下几个方面:

(1) 除浊:去除水中悬浮物质,提高水的透明度。

(2) 脱色:去除水中因含铁、锰等重金属和有机物所产生的色度。

(3) 除臭:去除水中因含酚类、石油类、藻类、植物腐烂、水中加氯等所产生的异臭味。

(4) 除有机物:去除水中天然的和人工合成的各种有机物质。为腐植酸、蛋白质、洗涤剂、杀虫剂等。

(5) 除重金属:去除水中过量的和有害的重金属物质。为铁、锰、汞、铬、镉、铅等。

(6) 降低硬度和盐分:对水质要求较高的生活用水(如高质饮用水、热水等),需降低硬度和含盐量。

(7) 除菌:由于二次污染使水质恶化的城市生活给水,还需进一步杀菌处理。

(8) 除氧:因为含氧量过高易于引起设备和管道的腐蚀,需进行除氧处理。

(9) 防垢、除垢:由于水中硬度较高,而产生设备和管道的结垢和腐蚀,影响正常供水,而需进行防垢、除垢处理。

上述处理内容中(2)(3)(4)(5)(7)项属于城市生活给水由于二次污染等原因致使水质

恶化，需再进行处理以达到饮用水的标准。其余项目是由于用户对水质有特殊要求，需要进行深度处理以满足用户的需要。

9.3 方法和特点

9.3.1 方　法

给水局部处理的方法有如下几种：

(1) 过滤：采用粗过滤和精细过滤的方法可去除水中悬浮物；如与加药配合，还可去除有机物、色度、重金属等。

(2) 活性炭吸附：以活性炭为滤料通过吸附和过滤，可去除水中的臭味、色度、有机物、余氯、重金属等。

(3) 杀菌：通过投加杀菌剂或紫外线照射等方法，可达到进一步杀菌的目的。

(4) 离子交换、超滤、反渗透等方法，可进行水的软化。

(5) 除垢、防垢：可使用除垢器、采取水质稳定措施和化学清洗的方法，可达到除垢和防垢的目的。

(6) 除氧：一般多采用大气式热力除氧、化学除氧、真空除氧等设备进行除氧。

本节只重点介绍常用的活性炭过滤、精细过滤、局部消毒设施、除垢防垢等处理方法的设计。

9.3.2 特　点

给水局部处理的特点有如下几点：

(1) 处理规模比较小，处理设施兼容性强，并且多采用成套定型的设备。

(2) 维护管理措施力求简便易行，一般不设或少设专职管理人员。

(3) 对场地、环境要求不高，可不需要独立设置，多附属在主体建筑物内部，也不需要设置隔离带。

9.4 工艺流程选择

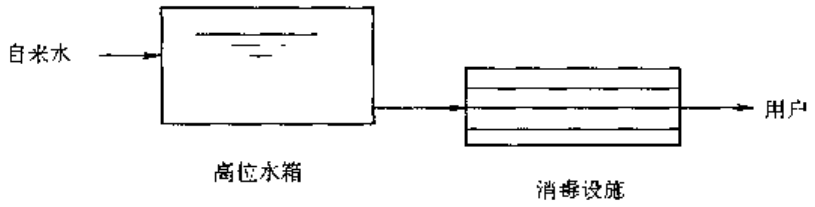
9.4.1 选择原则

给水局部处理工艺流程应根据原水水质状况、处理内容和处理要求选择处理方法。处理工艺流程和设备选型应符合技术先进、运行可靠、维护管理简单、经济合理的原则。

9.4.2 基本类型

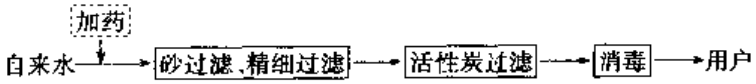
给水局部处理工艺流程的基本类型，可选用如下几种型式：

(1) 二次污染(主要是细菌超标)的处理工艺流程：

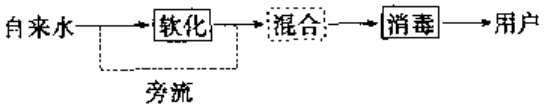


(2) 高品质生活用水处理工艺流程：

1) 除浊度、臭味、色、有机物的处理工艺流程：

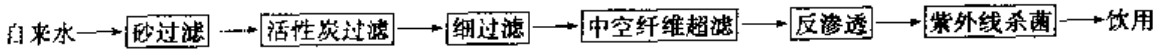


2) 降低硬度、消毒的处理工艺流程：



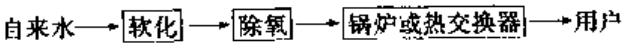
可根据用户对硬度的要求，考虑技术经济的合理性，采用全部用水和部分用水进行软化的两种方法。当采用部分用水软化方案时，须设置混合设备将软化水和原水充分混合以后，再进入下一步处理工艺流程。

3) 饮用净水的处理工艺流程：为使自来水处理到饮用净水的程度，一般采用下述工艺流程：



该流程是选自国内一些厂家制取纯净水的常规工艺流程，适合于小型家用纯净水的制取。工业化生产则应根据原水水质状况对上述工艺流程进行调整。

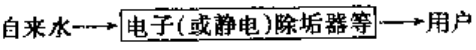
(3) 供锅炉和热交换器的软化水处理工艺流程：



锅炉用水一般需进行软化处理，中压锅炉还需进行除氧处理。生活热水宜进行软化处理(当用水量$<10m^3/d$时，可不进行处理)，当原水溶解氧较高时，也宜进行除氧处理。

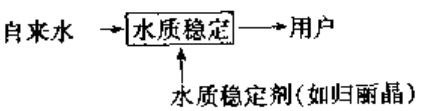
(4) 高层建筑物生活冷热水系统，为了延长设备和管网使用寿命，也采用防垢、除垢措施。其处理工艺流程有四种：

1) 防垢处理工艺流程一：

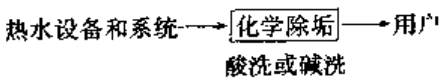


2) 防垢处理工艺流程二：

3) 防垢处理工艺流程三：



4) 除垢处理工艺流程四(设备结垢后采用定期清洗)：



9.5 活性炭吸附

9.5.1 活性炭特性

活性炭是碳素物质(如木材、果壳、煤等)经过高温(一般300～900℃)活化处理制成的具有发达孔隙的极性物质。活性炭发达的孔隙,使其比表面积很大,可高达1000m²/g以上。活性炭的孔隙由大孔(2000Å以上)、中孔(30～1000Å)和微孔(小于30Å)组成。活性炭的这一特点是活性炭具有吸附功能的主要原因。

活性炭吸附分为物理吸附和化学吸附两种作用,而主要是物理吸附。

活性炭的吸附原理是活性炭对水中非极性和弱极性物质有较强的亲合力,由于水是极性很强的溶剂,它对于非极性物质有排斥作用,因此活性炭能够吸附水中的非极性和弱极性物质(非极性物质:油类、有机化合物、余氯等;弱极性物质:某些重金属离子:铜、铁、锌、锰、汞、铬、铅等)。同时活性炭表面具有含氧官能团,使活性炭具有一定极性,使之具有一定选择性的化学吸附作用。

活性炭的大孔可以吸附大直径的颗粒,但主要是起通道作用,中孔兼通道和吸附作用,微孔占孔隙率90%以上,绝大部分溶质被微孔吸附。

9.5.2 性能及活性炭选择

活性炭的吸附能力不完全取决于活性炭本身,还与被吸附的溶质和溶剂的物理化学性质有关。如溶质的溶解度、溶质的相互作用,溶质的分子大小、溶剂的温度及pH值等,都对吸附效果产生影响。

活性炭的吸附能力是由吸附容量和吸附速度两个指标来衡量。吸附容量是指单位重量的活性炭在给定条件下吸附过程达到动态平衡时溶质的数量,一般以mg/g表示。吸附速度是指单位时间内的吸附容量。这两项指标决定了活性炭的工作周期、活性炭用量及设备的容量。

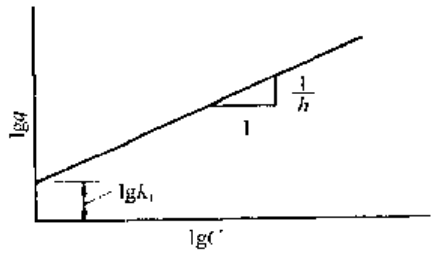


图9-1　弗里德里希公式图示

由于活性炭吸附过程的复杂性,活性炭吸附能力的两项指标不能直接确定。一般情况下应按照使用条件通过试验来绘制吸附容量 q 和平衡浓度 C 的关系曲线——吸附等温线,从而确定吸附容量和吸附速度。就水处理而言,当原水为中等浓度时,其吸附能力的表述可用弗里德里希关系式来表示,见式(9-1)、图(9-1)。

$$\lg q = \frac{1}{n}\lg C + \lg K_f \tag{9-1}$$

式中　q——活性炭的吸附容量,指达到平衡浓度 C 时,单位重量活性炭所吸附的溶质数量(mg/g);

C——水中的溶质的平衡浓度(mg/L);

K_f、n——常数,公式为一直线,$\lg K_f$ 表示截距,是浓度 $C=1$ 时的吸附量,$\frac{1}{n}$ 表示直线的斜率。

上述关系式(9-1)为一经验公式，通过试验可找出公式中的常数值，绘制吸附等温线。根据得出的吸附等温线图，可比较在给定条件下的各品种活性炭的吸附性能，进而比较吸附效果，选择活性炭品种和用量。由于上述关系式(9-1)是在中等浓度条件下才适用，浓度过高、过低将产生较大的误差，实际应用时还是通过中小型试验和常规参数进行设计较多。

活性炭由于原料和制造方法的不同，其规格性能亦有所差别。用于水处理上的活性炭，宜选用微孔孔径较大，且以木材和煤为原料的活性炭。对于国产粒状活性炭，其主要综合性能指标，见表 9-1、2。

国产活性炭综合性能　　表 9-1

项　目	粒径(mm)	长度(mm)	强　度(%)	总表面积(m^2/g)	总孔容积(cm^3/g)
性　能	0.4～3	0.4～6	80～95	500～1500	0.7～1.0
项　目	真密度(g/cm^3)	堆积质量(g/cm^3)	亚甲兰值(mg/g)	碘值(mg/g)	半脱氯值(cm)
性　能	2～2.2	0.35～0.5	100～150	700～1300	5

部分国产活性炭的主要性能　　表 9-2

活性炭名称	原　材　料	粒径(mm)	比表面积(m^2/g)	其　他　性　能
				等温线常数：
8号炭	煤焦油	1.5～2.0	927	K_f27.8　$1/n$0.26
5号炭	煤焦油	<3.0	896	K_f12.9　$1/n$0.41
活化无烟煤	阳泉无烟煤	1～3.5	520	K_f19.2　$1/n$0.34
15号颗粒炭	木炭、煤焦油	ϕ3～4 L8～15		碘值>22%、耐磨强度>95%
X型吸附炭	杏核、桃核	6～14目		苯吸附量～400mg/L
通化炭	山核桃皮	1～3		堆积相对密度0.4，孔隙度66%
转毒A活性炭		20～40目，最大孔径<20埃(Å)	300～400	苯吸附容积0.2～3mg/L； 干燥失重<30%
14号颗粒炭	木炭粉、煤粉、煤焦油	ϕ3～4 L4～10		堆积相对密度0.48，孔隙率60%

9.5.3 活性炭滤柱(过滤器)设计

活性炭有粒状和粉状两种。粒状一般装填于过滤器内，粉状一般作为药剂投加于待处理的水中。一般水处理多使用活性炭滤柱(又称活性炭过滤器)做为过滤设备。

活性炭滤柱分重力式、压力式、移动床、固定床等多种类型。而以固定床压力式过滤器使用较普遍。在设计压力式活性炭滤柱时，宜在吸附试验基础上，进行模型试验以确定活性炭柱的设计参数：最小接触时间、滤速、水头损失、运行周期、活性炭耗量、冲洗膨胀率等。当没有条件进行试验时，可按常规参数选用，并在实际运行中进行调整。

活性炭滤柱的设计同砂过滤器要求基本一致。现将设计要求简述如下：

(1) 活性炭滤柱可以分为单级、多级、并联、串联等多种形式，可根据需要进行各种组合。

(2) 活性炭滤柱进水浊度应小于 5 度。如浊度过高就会很快堵塞炭床,造成水量减少和出水水质变坏。

(3) 当无试验资料时,活性炭滤床炭层厚度取 1.5～2.0m(当有石英砂滤层时)或 2～3m(当无石英砂滤层时);滤速分别取 6～12m/h(有砂滤层)和 3～10m/h(无砂滤层),除有机物宜选用低速,除余氯可选用高速。

(4) 活性炭滤柱应定期进行反冲洗,反冲洗周期可考虑采用 72～144h,反冲洗强度一般取 4～12L/(m^2·s),反冲洗时间取 4～10min,滤层反洗膨胀率宜大于 30%～50%。

(5) 活性炭在使用前应进行预处理。预处理包括清水浸泡、冲洗;用 5% 盐酸溶液和 4% 氢氧化钠溶液交替动态处理 1～3 次,然后用清水淋洗到中性。

(6) 活性炭滤柱材质要考虑耐电化学腐蚀的问题,多采用碳钢衬里材料(如衬胶、衬塑等)。小型设备多用塑料和有机玻璃制作。

(7) 活性炭滤柱已有定型产品可以直接选用。小型设备直径有 ϕ300～ϕ1000mm,高度为 2800～3200mm,处理水量为 0.7～7.5m^3/h。大型设备直径有 ϕ1000～ϕ3000mm,高度为 4800～6600mm,处理水量为 7.8～70.6m^3/h。活性炭滤柱构造,见图 9-2、3。

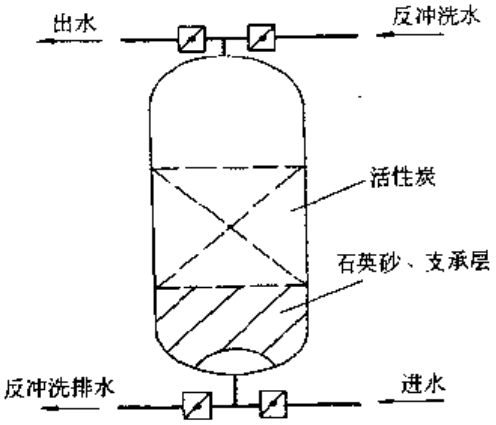


图 9-2　活性炭滤柱(有砂滤层)

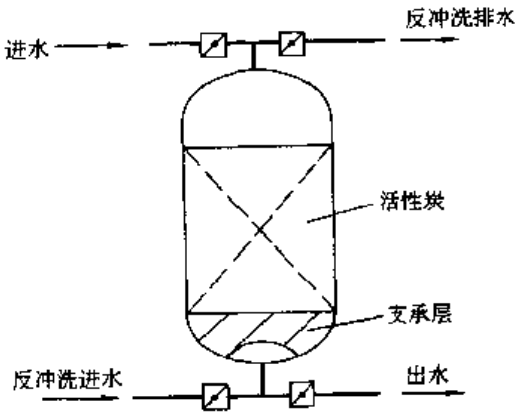


图 9-3　活性炭滤柱(无砂滤层)

9.6　精　细　过　滤

9.6.1　特　　点

精细过滤通常称为精密过滤或微孔过滤。由于其过滤孔径远小于普通砂滤的过滤孔径,所以精细过滤是比普通砂滤更为精细的过滤。精细过滤即可去除水中悬浮物和胶体,也可去除有机物、微生物和细菌等。精细过滤包括毛细孔、筛孔和静电三种截留方式。它们是利用滤材的微孔形成的毛细孔道、滤材的孔隙和其所带的正电荷形成的截留作用。筛孔截留只能截除粒径比筛孔孔径大的杂质,而毛细孔和静电截留可利用形成的滤膜截除小于滤材孔径的杂质。

精细过滤的设备种类很多,一般可以根据水中被截留物质的性质和粒径大小进行选择。

水中杂质粒径范围,见表 9-3。

水中杂质粒径范围 表 9-3

类 型	名 称	粒径范围(μm)
低分子有机化合物	有机酸(碱)、氨基酸、碳水化合物、脂肪、油类等	0.0005～0.001
胶 体	胶质粘土、硅石、腐殖土、重金属、轻氧化物等	0.001～0.2
悬浮物	膨润土、硅藻土、粘土、泥砂等	0.005～1000
微生物	病毒、细菌、大肠菌等菌类	0.008～50
浮游生物	植物性及动物性浮游生物	3～10000

9.6.2 设 备 类 型

精细过滤设备一般由外壳和微孔滤元两部分组成。外壳可以分为直流式、旁流式两种类型。外壳材质一般为碳钢、塑料、不锈钢等。微孔滤元可由单个或多个并联组成。滤元材料种类很多，常见的有不锈钢丝网、金属纤维或金属粉末烧结滤材、陶瓷烧结滤芯、聚乙烯烧结滤芯、玻璃烧结滤芯、蜂房式聚丙烯烧结滤芯等。现将常用设备介绍如下：

(1) 不锈钢丝网滤芯过滤器：其基本构造见图 9-4。

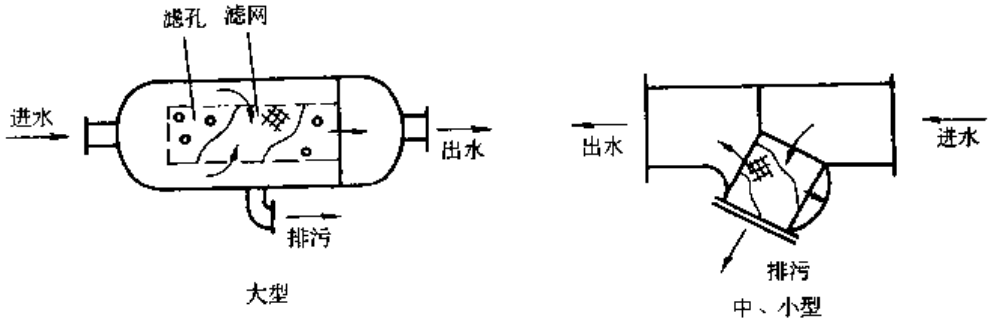


图 9-4 不锈钢丝网滤芯过滤器

该设备已有定型产品，中小型一般直接安装在管道上，其规格有 *DN*15mm～*DN*350mm。较大型最大可达 ϕ1000mm。滤网规格可由设计确定，一般为 10～120 目/平方英寸，截留粒径范围可达 2032～131μm，设备工作压力一般为 *PN*0.6～2.5MPa，水头损失值与设备规格和介质流速有关。现将某设备厂提供的公称直径 *DN* 与当量直管段长度 *L* 的压力降关系，列于表 9-4 以供参考。

公称直径 *DN* 与当量直管段长度 *L* 的压力降关系 表 9-4

DN(mm)	50	80	100	150	200	250
L(m)	38～45	22～35	19～27	34～46	41～55	38～64
DN(mm)	300	350	400	450	500	600
L(m)	70～89	54～98	75～105	75～108	74～110	127～160

表 9-4 中 *DN* 是指设备进出口管径，*L* 值是指计算该设备水头损失值时，采用管径为 *DN* 管长为 *L* 计算水头损失值时的一个当量长度。该值大小与滤网规格和流速有关。当网目较大时，*L* 取大值，反之取小值。流速由设计确定。

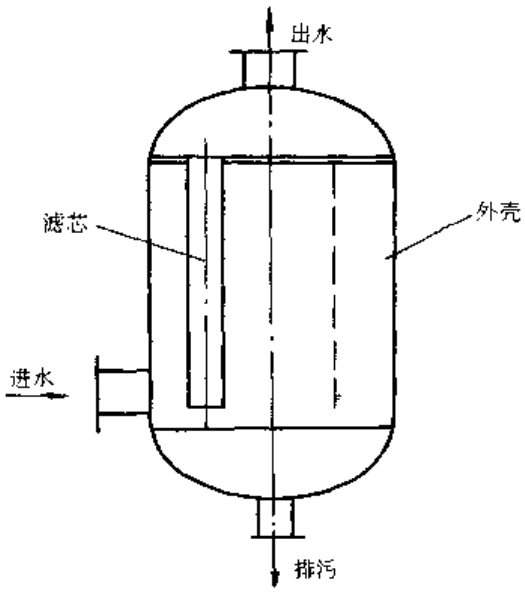


图 9-5　塑料烧结滤芯过滤器

水头损失计算方法：$\Delta h = Li$

式中　Δh——水头损失；

L——当量长度；

i——单位长度水力损失，该值可查水力计算表得出。

设备应有反冲洗和排污措施。目前国内已生产出不间断运行的手动和全自动清洗过滤器，处理水量为 5～1000m³/h，反洗时间小于 1min。

(2) 塑料烧结滤芯过滤器(PE、PA 烧结管)：其结构示意见图 9-5。

定型产品规格从 *DN*300～*DN*1200，过滤水量为 0.2～8m³/h，过滤精度为 5～120μm，设备使用温度，PE 管小于 80℃、PA 管小于 110℃。使用失效后可用压缩空气或清水反冲或用酸碱浸泡再生。

(3) 陶瓷滤棒过滤器：该过滤器以刚玉砂、石英砂等为主料、配以结合剂、改性剂经高温烧结而成。耐高温、抗酸碱腐蚀，并具有孔隙率高、孔径均匀等特点。过滤精度分为 5 级：0.5、1、3、5、10μm，处理水量为 4～150m³/h，设备外壳直径有 φ600mm～φ1000mm 等多种规格，工作压力最大可达 0.6MPa。结构型式与塑料烧结滤芯过滤器基本相同。

(4) 金属纤维烧结滤芯和金属粉末烧结滤芯过滤器：金属纤维烧结滤芯是由一种可析绉的不锈钢金属纤维烧结毡构成。金属粉末烧结滤芯是由不锈钢粉末烧结而成。两种滤芯的共同点是耐高温、耐腐蚀，适用范围广，过滤精度范围为 0.3～60μm；不同点是金属纤维烧结滤芯比金属粉末烧结滤芯纳污能力高 3～6 倍，在同等精度下，前者比后者孔隙率高出 2～3倍，透气度高出 30～1000 倍。反洗可用水、空气、化学清洗剂等清洗。

金属纤维和金属粉末烧结过滤器结构型式同塑料烧结过滤器基本一致。其处理水量和截污能力可根据设计要求选用不同型号的滤芯和外壳。目前设备最大处理水量 14m³/h。

(5) 蜂房式线绕滤芯过滤器：滤芯由聚丙烯或其它纤维按一定规律在骨架上缠绕成蜂房形状，构成一个单元。用于水处理上根据处理水量大小选择一个或多个单元组成过滤器。滤芯孔径为 1～100μm，最大工作压差可达 0.2MPa，使用温度小于或等于 60℃，每一单元处理水量约为 0.4～2.5m³/h。处理水量大小与过滤物质粒径大小有关，当粒径较大时处理水量选用上限值，反之选用下限值。

蜂房式聚丙烯线绕滤芯构造，见图 9-6。

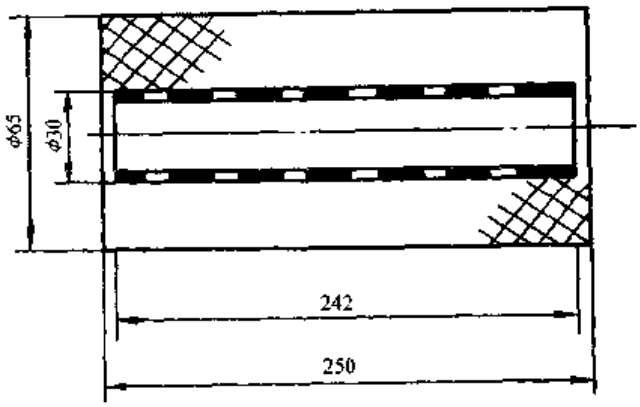


图 9-6　蜂房式聚丙烯线绕滤芯

该过滤器构造同图 9-5。

9.6.3 使 用 要 求

(1) 精细过滤设备对进水水质有一定要求。因精细过滤滤芯孔径较小,为了防止滤芯很快堵塞使过水能力骤减,故要求进水浊度不大于 5 度。

(2) 为了延长精细过滤器的使用周期,精细过滤滤芯应留有 1.5～2 倍备用量。

(3) 精细过滤器长期使用后,应进行彻底清洗和消毒。设备停运时应将存水放空。正常反清洗应按规定周期和规定步骤进行。

(4) 精细过滤器如用于除菌处理时,应定期对精细过滤器进行消毒处理。

9.7 局部消毒措施

局部消毒措施是指自来水消毒不够彻底或由于存水时间过长产生的二次污染以及对消毒要求更为严格的场合所采取的进一步的消毒措施。如城市管网末端、高层建筑的水箱供水和食品医药行业的用水部门,均有要求设置局部消毒。局部消毒要求设备简单、操作方便,不需专人维护管理。常用的消毒方法有紫外线消毒、二氧化氯消毒、次氯酸钠消毒、臭氧消毒等。其中次氯酸钠消毒是采用次氯酸钠发生器或直接采用成品次氯酸钠溶液进行投加。有效氯占 10%～12%,消毒效果同液氯,由于其浓度低,安全性比液氯好。但由于发生器价格较高,并需定期加盐和定期清洗电极,投加量也不易自动控制,故该设备目前国内使用还不够普遍。臭氧消毒能力强,而且还可降解残余有机物、色度、臭味等,消毒水也没有氯气消毒的余氯味,并且消毒时间较短,不需要增加反应容积。但是由于臭氧发生器设备较复杂,维护管理不便,并且电耗较大,进口设备投资较高。由于以上原因,该消毒方法在使用上受到限制。目前应用较多的还是紫外线消毒和二氧化氯消毒两种方法。下面只重点介绍这两种消毒方法的应用。

9.7.1 紫外线消毒器

9.7.1.1 紫外线消毒的特点及应用范围

紫外线消毒是利用高、低压汞灯发射的紫外线的有效波长(2000～3000Å)所具有的杀菌作用进行消毒。不同波长的紫外线的杀菌效果有所不同,其中以 2537Å 的杀菌能力最强,高于或低于此值均会递减。同时被紫外线照射过的空气会产生臭氧,也同样具有杀菌作用。

紫外线杀菌的原理是微生物经过紫外线照射后能引起细胞的化学变化和结构变异,使细胞功能遭到破坏直至死亡。

紫外线杀菌具有效率高(杀菌率在 96%以上)、速度快(10s 左右),不改变水性和简便易行的特点。

紫外线杀菌的缺点是灯管的有效使用寿命较短(约 1500～3000h);失效不易控制;穿透能力较低;与加氯消毒比较耗电较大,没有余氯作用。

紫外线杀菌适用于自来水的二次污染、饮料用水、公共场所的直接饮水消毒以及要求去除热源的医药用水消毒。

9.7.1.2 紫外线消毒设计要求

(1) 紫外线光源应选择波长为2537Å的辐照能量较高的产品;其光谱能量的辐照剂量不应低于大肠菌的杀灭剂量,当杀菌率在90%～99.99%时,杀菌剂量为3000～12000 $(\mu W \cdot s)/cm^2$。

(2) 辐照时间应不小于30s。

(3) 被照射水质应符合下述要求:

1) 色度小于5度。

2) 浊度小于5度。

3) 总铁小于0.3mg/L。

4) 细菌总数小于2000个/mL。

5) 大肠菌小于800个/L。

9.7.1.3 紫外线消毒器选用

紫外线消毒器分为表面式和浸入式两种类型。水处理上多用浸入式,并有定型产品,在国内已使用多年。单台处理水量为2～50m^3/h,光源可以用低压也可用高压,紫外线灯管装在石英套管内,外壳有不锈钢和铝合金两种。灯管有效工作时间为1500～3000h。设备带有监控盘,可以与设备分体或整体组装。监控盘上设有工作信号、工作时间显示、灯灭报警装置等。消毒器的环境温度为5～40℃,相对湿度不大于80%,电压波动范围不应超过5%,否则应加稳压装置。使用工作压力小于或等于0.6MPa。

紫外线消毒器宜尽量设在用水点附近,并应避免强烈的振动,同时还应设置旁通管路,以便检修设备时不影响供水。消毒器周围应留有空地,以便于检修和更换灯管。消毒器灯管在接近有效使用寿命时,应加强取样进行水质检测,发现水质不合格时应及时更换灯管。目前国内已有安装计时器的产品,达到设计使用寿命时会自动报警。消毒器宜每月(最多不超过1a)清洗一次,以防止灯管表面积垢影响使用效果。

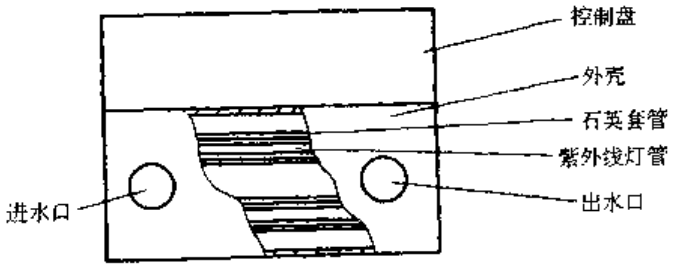


图9-7　浸入式紫外线消毒器

消毒器构造,见图9-7、8。

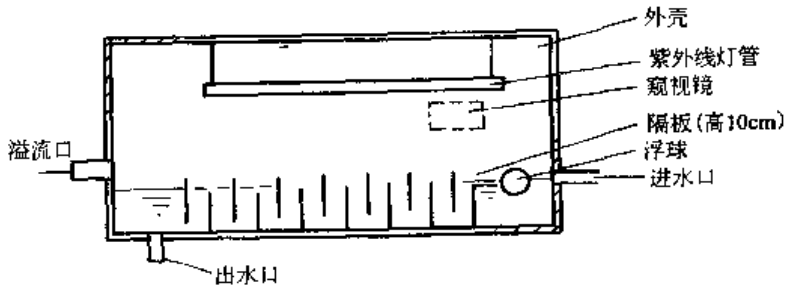


图9-8　表面式紫外线消毒器

9.7.2 二氧化氯消毒器

9.7.2.1 二氧化氯消毒的特点及应用

二氧化氯是一种强化剂，在制造二氧化氯过程中伴生的 Cl_2、O_3、H_2O_2 等，同二氧化氯一样都有很强的氧化消毒作用。二氧化氯可以破坏细胞的酶而导至细胞的死亡。

二氧化氯可以在广泛的 pH 值范围内具有广谱的杀菌能力，在较高的 pH 值时（pH = 8.5）二氧化氯比氯的杀菌能力高 3 倍，氧化能力为自由氯的两倍。二氧化氯由于不与氨氮等化合物作用，故其余氯较高，消毒效果比氯更好。

二氧化氯易于挥发和爆炸，故二氧化氯应避免气体逸出，并控制其在空气中的浓度小于 10% 和在水中的浓度小于 30%，并应密闭贮存。

二氧化氯除用于消毒外，还可用于除臭和除色等。

9.7.2.2 二氧化氯设计要求

（1）二氧化氯投加量：投加量与原水水质和投加目的有关。一般应通过试验确定。常用投加范围大致如下：

1）消毒：0.1～1.3mg/L。

2）消毒兼除臭：0.6～1.3mg/L。

3）消毒、除臭及氧化有机物、铁、锰时：1～1.5mg/L。

投加量应保证管网末端有 0.05mg/L 的余氯。

（2）投加浓度：其水溶液应控制在 6～8mg/L。

（3）设置二氧化氯发生装置的房间应考虑通风换气良好。换气次数为 8～10 次/h。

9.7.2.3 二氧化氯发生器的选用

二氧化氯发生器已有定型产品。它是由电解槽、溶盐槽、水射器等部件组成。二氧化氯是通过电解食盐水产生。二氧化氯发生器主要部件是电极和隔膜。电极是由钛镀膜构成，一般使用寿命可达 5～10a。

二氧化氯的投加是通过水射器形成二氧化氯的水溶液加入被处理的水体中。该设备需要定期加入食盐和进行清洗。

二氧化氯发生器国内已有多家厂家生产，以下选自北京万侯科技发展公司的产品，其规格性能及安装尺寸，见表 9-5、图 9-9。

DWT 二氧化氯消毒器 表 9-5

型号	消毒气产量 (g/h)	主机尺寸(mm)									重量 (kg)	电源外形尺寸 (mm)			重量 (kg)	耗盐 (g/h)	电解电流/电压 (A/V)	电源 (V)	功率 (W)
		L	W	H	h_1	h_2	h_3	DN_1	DN_2	DN_3		L	W	H					
DWT-1	5	300	350	320				15	15	15	5	150	180	120	2	8	5/12	220	60
DWT-2	20	560	520	850	700	500	150	15	15	15	25	200	300	250	5	32	20/12	220	240
DWT-3	50	660	600	850	700	500	150	15	15	15	35	250	350	280	15	80	50/12	220	600
DWT-4	100	720	850	950	800	600	150	15	15	20	75	450	400	700	40	160	100/12	220	1200
DWT-5	200	800	1250	950	800	600	150	20	20	25	80	600	450	750	65	320	200/12	380	2400
DWT-6	400	1550	1250	950	800	600	150	20	20	25	120	600	500	850	80	640	400/12	380	4800

续表

型号	消毒气产量(g/h)	主机尺寸(mm)									重量(kg)	电源外形尺寸(mm)			重量(kg)	耗盐(g/h)	电解电流/电压(A/V)	电源(V)	功率(W)
		L	W	H	h_1	h_2	h_3	DN_1	DN_2	DN_3		L	W	H					
DWT-7	600	1200	1250	1200	900	650	150	25	25	25	140	600	550	1000	90	960	600/12	380	7200
DWT-8	1000	1550	1250	1450	1050	800	150	25	25	25	160	700	600	1200	120	1600	1000/12	380	12000

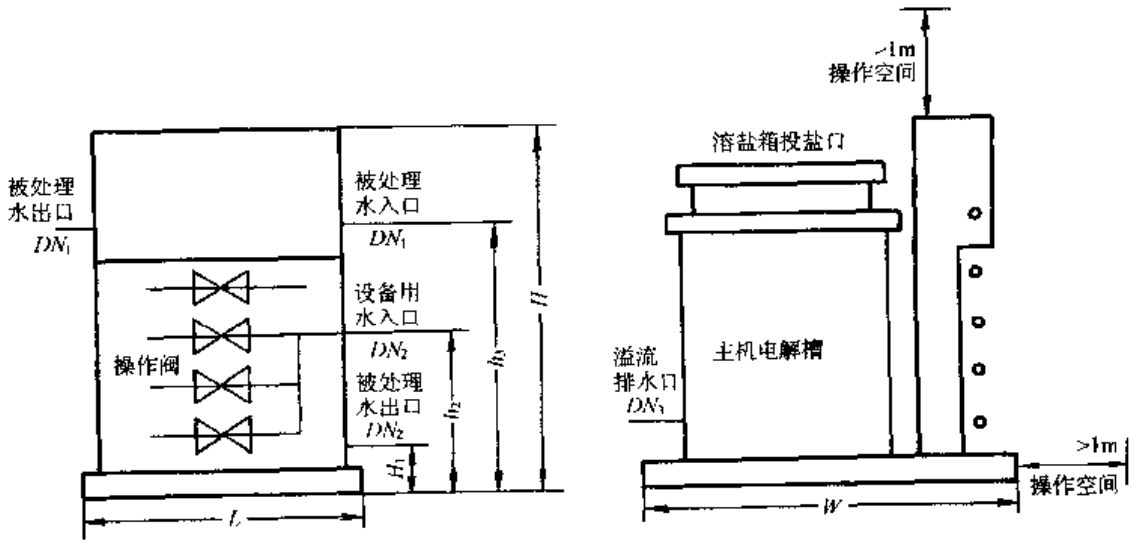


图 9-9　二氧化氯消毒器安装尺寸

9.8　防垢和除垢

由于水中硬度偏高和水中溶解氧的存在，在长期使用过程中，必然会造成管道和设备的腐蚀和结垢。垢蚀的产生对正常使用产生的弊端是非常明显的：首先是缩短了设备和管道的使用寿命，并且给正常维护管理增加了很大工作量，由于管道堵塞使水头损失增加，以及由于水质恶化增加了不合格水的排放，造成了能量和水量的浪费，这种后果在热水供应系统中更为突出。因此垢蚀问题越来越引起人们的重视。随着旅游和高标准建筑物的增多，高质量生活用水和安全供水的要求越来越强烈，因此解决系统和设备的防垢、除垢问题日渐重要。

对于水质较差、用水量较大、系统复杂的供水系统应以防垢为主，除垢为辅；反之以除垢为主。

9.8.1　防　　垢

防垢措施有软化处理、静电和电子防垢(除垢)、磁水器防垢、水质稳定等。

9.8.1.1　软化处理

(1) 软化处理的基本原理：水体中均含有一定数量的钙、镁离子，它们是构成水中硬度的主要成分。根据水中钙镁离子含量的多少，把水体分为软水和硬水(以 8°德国度分界)。

其中硬水在流通和加热过程中容易产生钙、镁的碳酸盐晶体附着在管道和设备上，称之为水垢，如果把水中的钙镁离子去除或更换为不易结垢的钠和氢离子，这个处理过程称之为软化。

(2) 软化处理的设备：软化处理设备主要有石灰软化法、离子交换法等。对于建筑给排水工程中应用最多的还是离子交换法。其它方法在《给水排水设计手册》第4册《工业给水处理》中均有详细介绍。

离子交换法是由离子交换器和再生设备构成。最常用的是钠离子交换器和食盐再生设备。钠离子交换器为一钢制或其它材料设备，内部装填钠离子交换树脂。离子交换分为运行和再生两部分。运行时水流经过离子交换树脂层时，水中的钙镁离子被树脂中的钠离子所置换形成软化水。当树脂中的钠离子大部分被置换完毕后，树脂则失去交换能力运行结束转入再生过程。再生是用一定浓度的食盐水经过树脂层后将树脂层中吸附的钙镁离子被食盐水中的钠离子置换使树脂层恢复交换能力，继续投入运行。离子交换法就是在运行和再生交替进行中运作。

离子交换器设计参考数据见表9-6。

离子交换器设计参考数据 表9-6

床型	运行滤速 (m/h)	反洗		再生			
		流速(m/h)	时间(min)	药剂	耗量(kg/m³)	浓度(%)	流速(m/h)
顺流	20～30	15	15	NaCl	100～120	5～8	4～6
逆流	20～30	5～10	3～5	NaCl	80～100	5～8	≤5

置换时间 (h)	置换流速 (m/h)	小正洗		正洗			工作交换容量 (mol/m³树脂)
		流速(m/h)	时间(min)	水量(m³/m³)树脂	流速(m/h)	时间(min)	
4～6	4～6	10～15	5～10	3～6	15～20	30	900～1000
≤5	≤5				15～20	3～6	800～900

注：逆流再生时可设气顶压(P为29.4～49kPa)和水顶压(P为49kPa)。

对于中小型离子交换器国内已有成套设备供应。运行和再生的操作可根据周期制水量、运行时间、出水水质自动进行转换，除了定期补充食盐外，无需专人管理。

北京万侯科技发展公司生产的GWT系列全自动软水设备引进美国控制整机、采用意大利玻璃钢生产线制造罐体、具有占地小、自动化程度高、运行可靠的特点，罐体和盐箱可选用单体、双体、三体任意组合。其产水量(单罐)为2～70m³/h。占地尺寸(长×宽×高)为900mm×500mm×1900mm～4800mm×3200mm×3000mm。其布置示意见图9-10。

北京洁明天地环保设备有限公司生产三种类型的软水器，其性能、规格见表9-7。

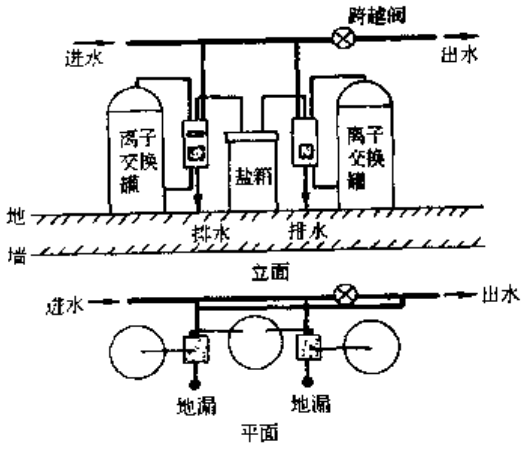


图9-10 GWT软水器布置示意

软水器性能规格　　表 9-7

项目 \ 型号	JK型	JM型	JB型
产水量(m^3/h)	0.1～20	4～150	4～80
树脂装填量(kg)	11～1250	375～6450	375～3768
树脂罐个数	2～10	1～2	1～2
单罐再生盐耗(kg/次)	0.5～11		
适用原水硬度(mmol/L)	＜8～12	＜8	＜8
工作压力(MPa)	0.15～0.6	0.15～0.6	0.15～0.6
驱动方式	水力驱动自动控制	电力驱动集成阀或多阀自动控制	手动操作多路阀
适用条件	小型、无电源地区，逆流再生	中型，顺流或逆流再生	中、小型成本低

9.8.1.2 静电、电子水处理器

(1) 原理及特点：静电和电子水处理不仅能防垢还有部分除垢作用。静电和电子防垢的原理和特点有所不同。

静电防垢(除垢)是在设备接通电源时，在设备的阴极和阳极之间形成高压静电场。当水流通过高压静电场后水分子的偶极矩增大，并按正负极极性呈链状有序排列。水中的阴阳离子被有序排列的水分子所包围，不能自由移动和靠近器壁，从而防止了水垢的生成。对于已经结垢的设备，由于已经增大了偶极矩的水分子易与垢分子水合，而使硬垢变软和疏松，直至龟裂和脱落，达到防垢除垢的目的。

电子防垢(除垢)是利用设备通电后的阴阳离子间产生了微弱电流，使通过的水分子中的电子被激励至高能位状态，引起水分子电位的下降，从而使水中的阴阳离子间静电引力减弱不能互相聚集而形不成水垢。而被激励的水分子中的电子对垢分子有破坏作用，从而使积垢逐渐溶解、剥蚀、疏松直至脱落。

静电和电子防垢设备，由于通过的水分子的变性也具有一定的杀菌、灭藻和缓蚀功能。

静电和电子水处理器，根据国内资料介绍，防垢、除垢有效率可达95%，杀菌率约92%，灭藻率可达98%。

静电和电子水处理器构造简单，安装方便，对环境不产生污染，基本上不需维护管理，并且其使用寿命长、节能节水。由于以上特点，该设备已在工业和民用建筑上广泛应用。

静电和电子水处理器虽然功能相近，但在使用要求上有所不同，见表9-8。

静电、电子水处理器性能比较　　表 9-8

项目 \ 类别	静电水处理器	电子水处理器
适用水中硬度范围	＜700mg/L(以 $CaCO_3$ 计)	＜500mg/L(以 $CaCO_3$ 计)
使用温度(℃)	≤80	5～105
使用寿命(a)	15	5
维护要求	阳极耐磨，不易粘附水中悬浮物，连续使用时可以不清洗	阳极保护膜易磨损，易粘附水中悬浮物，一般每年均要清洗

静电、电子水处理器的主要缺点是，时效性能较短。改性后的水的微观结构逐渐复原，防垢、除垢效果将逐渐消失。

(2) 应用范围：静电、电子水处理器可以应用于热交换器、热水锅炉的直流供水系统以及冷却循环水、游泳池循环水、空压机、制冷机等循环或直流供水系统。由于静电、电子水处理器的时效性问题，对于系统管线较长，停留时间较多的冷水供水系统使用还有一定限制。

(3) 设备选用：目前国内已有厂家生产静电和电子水处理器。设计时可以根据设计需要按照产品样本直接选用。现将北京恩菲水工业有限公司和北京万侯科技发展公司生产的静电和电子水处理器规格性能简介如下，见表 9-9，图 9-11、12。

静电、电子水处理器规格性能 表 9-9

项目 \ 类别	静电水处理器型号 SHN	电子水处理器	
		型号 EHN	型号 FWT
处理水量(m^3/h)	1～2600	1～2600	0.2～1200
进出口管径(mm)	*DN*25～*DN*600	*DN*25～*DN*600	*DN*20～*DN*450
耗电量(W)	6～25	8～80	25～1000
电　源	220V AC	220V AC	220V AC
水头损失系数 ξ	2.6～0.66	2.41～0.96	
进水总硬度(mg/L 以 $CaCO_3$ 计)	＜700	＜500	
进水温度(℃)	≤80	5～105	
进水压力(MPa)	一般＜1　特制可以＜3.0		
有效范围(m)	≤2000		
安装方式	垂直、水平均可靠近用水点	垂直，靠近用水点	
生产厂	北京恩菲水工业有限公司		北京万侯科技发展公司

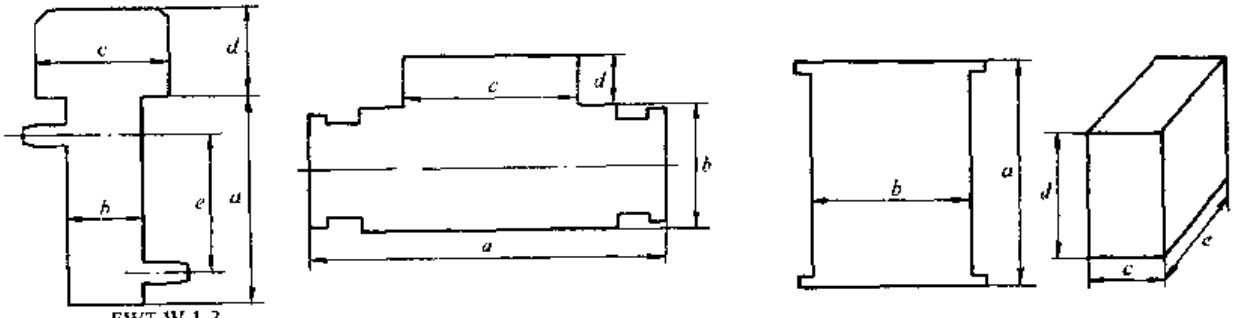


图 9-11　FWT 型静电电子水处理器

表 9-9 中水头损失，按式(9-2)计算：

$$\Delta h = 10\xi v^2/2g \quad (\text{kPa}) \tag{9-2}$$

式中　Δh——水头损失(kPa)；

v——设备进出口处管径流速(m/s)；

g——重力加速度($9.8m/s^2$)；

ξ——水头损失系数，见表 9-9。

(4) 水处理器的安装使用要求：为了提高防垢、除垢效果，水处理器应尽量靠近被保护设备，并宜设旁管，以便检修水处理器时不致断水。

水处理器应尽量垂直安装，以防止因水中悬浮物沉淀而影响使用效果。并应在供水系统中设置排污管。

开放式供水系统在水处理器前端，应设置过滤器以防止堵塞设备。

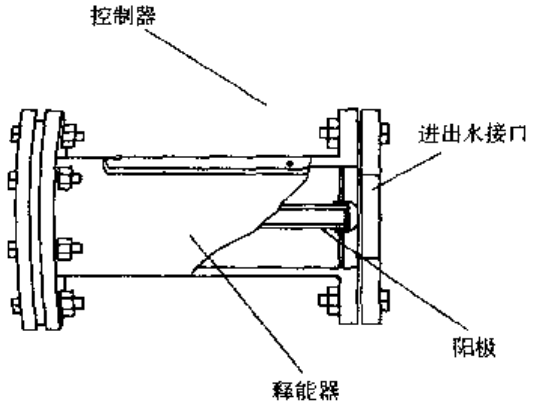


图 9-12　SHN、EHN 型静电、电子水处理设备

其它安装使用要求，应符合产品说明书中的规定。

水处理器在系统中安装工艺流程示例，见图 9-13～15。

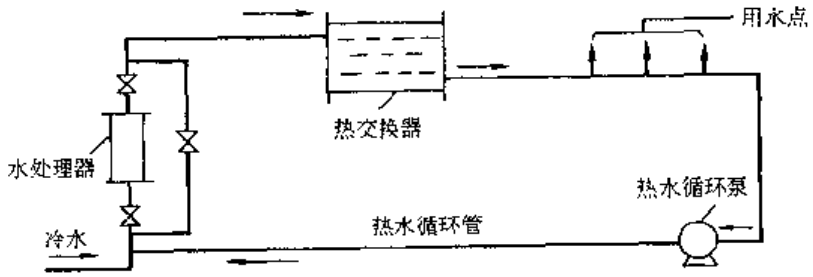


图 9-13　热水供应系统流程示例

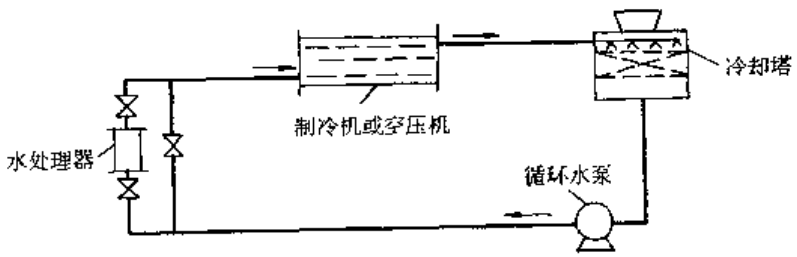


图 9-14　冷却循环水系统流程示例

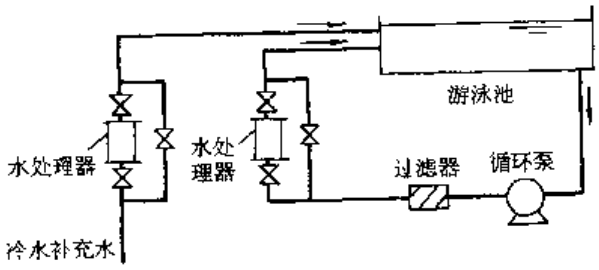


图 9-15　游泳池循环水系统流程示例

9.8.1.3 磁水器

(1) 防垢原理及特点：磁水器防垢原理还不够成熟，一般认为当水流通过磁场后，水中钙、镁等水合离子之间改变了原有的作用力和电荷平衡状态，增加了结晶核心数量。在加热过程中析出的结晶细而分散，结构疏松，附着力弱，易于被水流带走，老垢也会龟裂而自行脱落。

磁水器构造主要由磁性材料和外壳组成。磁性材料主要有锶铁氧体、钡铁氧体、钕铁硼体、铝镍钴合金钢等。磁感应强度要求≥160MT。外壳材料常采用碳钢、铸铁和不锈钢等。为了提高磁感应强度，有时又设导磁体和聚磁体将磁力线集中。导磁和聚磁材料常用软铁。

磁水器与其它方法比较，其优点是：设备简单，安装方便，价格低，不耗电，维护管理简便，不产生二次污染等。其缺点是：机理尚不成熟，影响处理效果的因素不确定，使用效果不够稳定。

(2) 适用范围：磁水器多用于下列水质的防垢处理：

1) 总含盐量：<3000mg/L(以 $CaCO_3$ 计)。

2) pH 值：7～11。

3) 不含胶体悬浮物。

4) 铁、锰离子总含量：<0.2mg/L。

5) 介质温度：≤130℃。

6) 介质流速：≥1～1.5m/s。

目前磁水器已用于冷却循环水系统、热交换和锅炉的给水处理、小型家用饮水处理等。

(3) 选用：磁水器为定型产品。磁水器构造形式，见图 9-16。

磁水器按磁感应强度分为高强(200～600MT)低强(200MT)、组合强度(二种以上强度组合)等。按接触方式分为直接式(介质接触磁铁)和间接式(介质不接触磁铁)。

磁水器规格以接管管径计为 *DN*15mm～*DN*600mm，处理水量为 0.5～1200m^3/h。

目前国内有一种内磁水处理器，处理规模为 2～2000m^3/h。该设备建设部已颁发行业标准《内磁水处理器》CJ/T 3066—1997，现正在逐步推广应用。

(4) 安装使用注意事项：

1) 磁水器应在产品说明书规定的条件下使用。

2) 磁水器应靠近用水点安装，以免磁化效应减弱。

3) 磁水器应避免振动，以防磁铁退磁和破裂。

4) 水中如含有铁等磁性物质，应在磁水器前安装磁过滤器和滤网。磁过滤器的磁感应强度不应小于 50MT，滤网间隙应小于磁水器的磁极间隙。

5) 磁水器在使用过程中必须做好排污工作。用在循环水系统上宜进行连续排污(排污量为循环水量的 0.5%以上)。用在锅炉给水上应先清除系统积垢，然后每一周定期排污一次。

6) 磁水器安装在金属管道上时应接跨越导线，以免杂散电流干扰磁场。

7) 磁水器应定期检查(一般 3 个月一次)，以防止磁铁碎裂、间隙不均、水垢积累等原因造成管路堵塞，影响处理效果。磁水器前的过滤器也要定期检查清理。

9.8.1.4 水质稳定剂

水质稳定一般是指在水体中加入微量的水质稳定剂(阻垢剂、缓蚀剂等)，以阻止和延缓

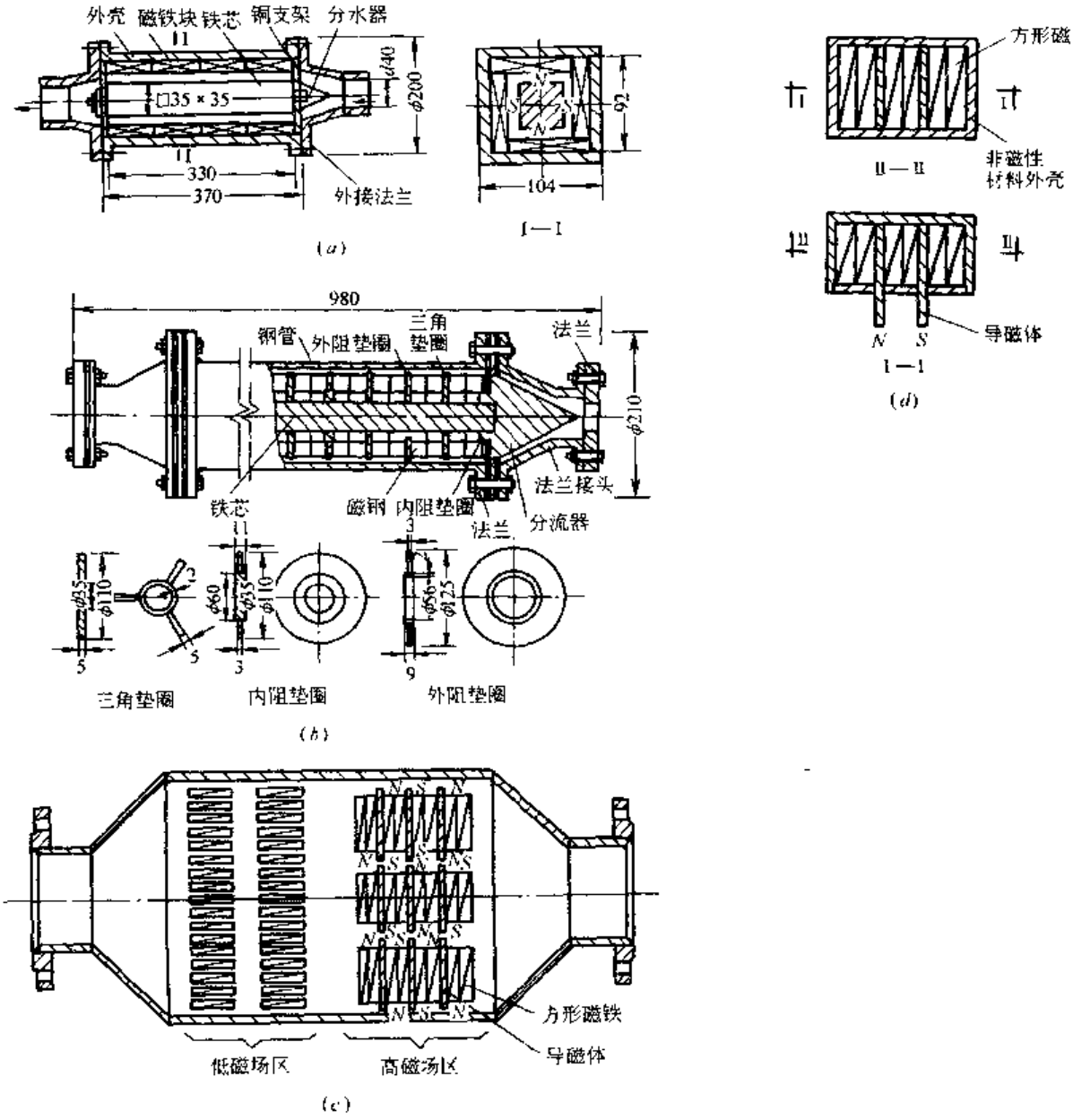


图 9-16　磁水器的构造形式

(a)为方形磁铁多极式;(b)为环形磁铁多极式;(c)为方形磁铁组合式;(d)为方形磁铁外磁场式

设备和管道形成水垢或腐蚀。这种处理方法在冷却循环水系统中应用较为普遍。随着高层建筑物和涉外宾馆的增多,对供水水质要求的提高,在直流生活供水系统中也开始使用。

生活供水系统(冷水和热水供水)在水质较差(如高硬度和高碱度)的地区,在使用过程中由于结垢和腐蚀的问题,常因为水质恶化,造成管道堵塞、能耗增加和系统使用寿命缩短等弊病。为此已经开始探索并在实践中,在生活供水系统中使用水质稳定的措施。这种方法国外在 90 年代已开始应用。我国在 1992 年以后也在高档宾馆和高级建筑物中逐步使用。

由于水质稳定剂类型很多,在水处理系统中将常用的聚磷酸盐/硅酸盐稳定剂介绍如下:

(1) 水质稳定的判断:并非所有水系统都要加稳定剂,一般应根据当地水质情况、供水水质要求、供水规模及用户要求等因素确定。

水质判断是判别水质是结垢型和腐蚀性的一种方法。常用饱和指数(郎格利尔指数)和稳定指数来判别结垢倾向。

1) 饱和指数法,见式(9-3)。

$$I_L = pH_0 - pH_s \tag{9-3}$$

式中 I_L——为饱和指数;

pH_0——为水的实测 pH 值;

pH_s——为水被碳酸钙饱和平衡时的 pH 值,可由下列公式求得。

$$pH_s = (9.3 + A + B) - (C + D)$$

式中 A、B、C、D——常数,与水温、总含盐量、总碱度和钙硬度有关,可查表得出,见《给水排水设计手册》第 4 册《工业给水处理》。

当 $I_L > 0$、结垢 $I_L = 0$ 时,为不结垢、不腐蚀;当 $I_L < 0$ 时,为腐蚀。

2) 稳定指数法,见式(9-4)。

$$I_R = 2pH_s - pH_0 \tag{9-4}$$

式中 I_R 为稳定指数;

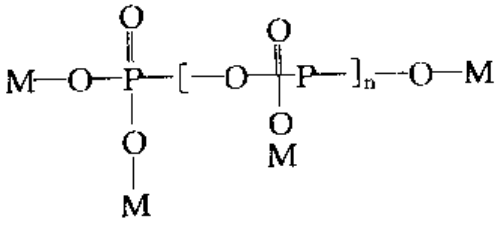
其余符号含义同前。

利用稳定指数,根据下表进行水的特性判断:

稳定指数	水的倾向	稳定指数	水的倾向
4~5	严重结垢	7~7.5	轻度腐蚀
5~6	轻度结垢	7.5~9	严重腐蚀
6~7	水质基本稳定	>9	极严重腐蚀

一般利用饱和指数和稳定指数进行综合判断。利用指数法判断水质有一定局限性,但是作为水质倾向性判断还有一定使用价值。

(2) 聚磷酸盐/硅酸盐的性能及特点:聚磷酸盐是一种由 2 个以上的磷原子与碱金属或碱土金属原子和氧原子结合而成的物质总称。分子结构式如下:



式中 M 代表碱金属等,如 Na。

聚磷酸盐对胶体颗粒具有分散作用和对钙镁等离子的螯合能力,从而防止了碳酸钙晶核的形成和凝聚。对已成垢的钙镁离子也能使其形成络合物重新分散到水体中。同时聚磷酸盐和加入的硅酸盐都具有缓蚀能力。

聚磷酸盐在水中会分解生成正磷酸盐,称为水解。与钙结合会生成正磷酸钙为一种溶解度很小的成垢物质,使防垢缓蚀作用降低。水解作用可在下述条件下加以限定:

1) pH 值:6.5~7.0 之间。

2) 水温:不宜大于 50℃。

(3) 聚磷酸盐/硅酸盐的投加：聚磷酸盐/硅酸盐稳定剂，已形成系列产品，俗称“归丽晶”，可根据使用条件直接选用投配，并有成套装置供应。

投加量按 1～3mg/L 计，按平均小时供水量计算。加药方式是通过特制加药罐按比例自动投加。加药罐可贮存 3～6 个月药剂量。

这种加药装置的特点是：体积小，操作简便（只需 3～6 个月装填一次药剂），不耗电不浪费药剂（按比例自动投加），加药后的水质符合生活饮用水水质标准，使用效果较好。

该方法如用在直流供水系统上，药剂随着直流水而排掉，药剂耗量较大，设备一次投资费用也较高。故在生活供水系统中使用不多，一般多用于高档建筑物。

“归丽晶”使用条件应符合下列要求：

1) 水中碳酸盐硬度不大于 360mg/L（以 $CaCO_3$ 计）。

2) 需要处理的水温不大于 80℃。

3) 处理后的水停留时间不大于 50h。

4) 设备不要靠近热源，并应设旁路系统。

“归丽晶”加药装置安装示意，见图 9-17。

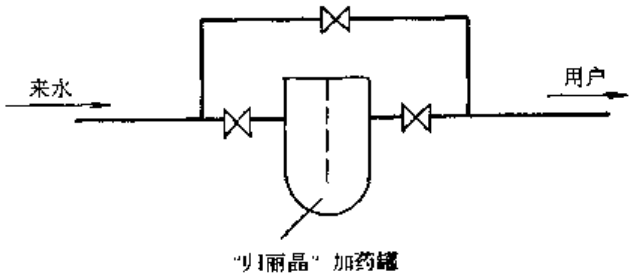


图 9-17　“归丽晶”加药装置安装示意

9.8.2 除　垢

除垢方法一般分为：手工除垢、机械除垢和化学除垢。手工和机械除垢劳动强度大、除垢不易彻底、并有可能损坏设备和管道，目前在大中型系统中已很少使用。化学除垢方法是按一定配比制成的除垢缓蚀剂水溶液，通入设备和管道进行浸泡或循环，使硬垢溶解或变成松垢排出，再用清水清洗而达到除垢的目的。

化学除垢剂常用药剂有盐酸、烧碱（NaOH）、纯碱（$N_{a2}CO_3$）和磷酸三钠（$N_{a3}PO_4$）。常用化学除垢方法比较，见表 9-10。

常用化学除垢方法比较　　表 9-10

名　称	适用水垢成分	优　缺　点
盐酸（HCl）除垢法	以碳酸钙、碳酸镁和氢氧化镁为主要成分的水垢	反应速度快，除垢较彻底，费用较低 因酸的腐蚀性大，必须使用缓蚀剂，否则会严重损伤设备。缓蚀剂配制较麻烦，处理中有酸气挥发，并产生氢气，所以操作要求较严格，否则可能造成设备损伤、人体烧伤和爆炸事故
烧碱（NaOH）除垢法	以硫酸钙、硫酸镁、硅酸钙、硅酸镁为主要成分的水垢	操作简便，费用较低，对设备损伤较小 作用时间较长，除垢不够彻底，需辅以手工或机械清除，对人体腐蚀较强，操作不当易造成烧伤
纯碱（Na_2CO_3）除垢法	以硫酸钙、硫酸镁、硅酸钙、硅酸镁为主要成分的水垢	操作简便、安全，费用较低，对设备损伤很小 作用时间较长，除垢不够彻底，需辅以手工或机械清除
磷酸三钠（Na_3PO_4）除垢法	任意	操作简便、安全，费用较低，对设备损伤很小 作用时间较长，除垢不够彻底，需要辅以手工或机械清除

9.8.2.1 盐酸除垢

(1) 作用原理:盐酸除垢的基本原理是盐酸与水垢(主要是钙镁的盐类)进行化学反应,使不溶于水的钙镁盐类生成溶于水的氯化物随水流排放而达到除垢的目的。其化学反应式为

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + 2H_2O$$

$$MgCO_3 + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$$

$$Mg(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + 2H_2O$$

为防止盐酸对金属设备的腐蚀,必须在酸洗液中添加缓蚀剂。

(2) 盐酸溶液的配制:

1) 盐酸溶液的浓度:盐酸溶液浓度应根据水垢平均厚度决定。盐酸溶液浓度、缓蚀剂用量比和反应时间,见表 9-11。但是盐酸溶液浓度不能超过 10%,总反应时间不能超过 10h,盐酸溶液的温度可为常温,但不能超过 60℃。

盐酸溶液浓度、缓蚀剂用量比和反应时间　　表 9-11

水垢平均厚度(mm)	盐酸浓度(%)	缓蚀剂用量比(占盐酸溶液的%)	反应时间(h)
<5	6	0.4	5~7
5~10	8	0.6	5~9
>10	10	0.8	8~10

2) 盐酸溶液的配制:配制盐酸溶液的盐酸常用工业盐酸,其浓度为 25%~35%。盐酸用量可根据工业盐酸浓度、盐酸溶液浓度计算确定。

(3) 缓蚀剂的配制:常用酸洗缓蚀剂分有 02 钢铁缓蚀剂,也有用乌洛托平、若丁和波泼负氮及一些新型缓蚀剂。

02 钢铁缓蚀剂是苯胺(胺尼林)和甲醛(福尔马林)在酸催化作用下缩聚反应生成的,该缓蚀剂的重量配比为:

热水:纯盐酸:苯胺:甲醛 = 40:1:2:2

(4) 酸洗溶液的配制:酸洗溶液的配制,应严格按照表 9-11 规定的配比配制,表中缓蚀剂用量比是指苯胺和甲醛的重量之和占盐酸溶液重量的百分比。

酸洗溶液的配制,应按下述步骤和要求进行:

1) 根据需要除垢的设备、管道等结垢部分总容积来确定盐酸溶液的总用量。

2) 按照所采用的工业盐酸浓度和水垢的平均厚度,确定盐酸溶液的浓度、工业盐酸的用量、缓蚀剂用量、催化盐酸用量和热水用量。

3) 将 70℃左右的热水注入耐腐蚀、耐热的容器中。

4) 加入催化用盐酸,这时溶液为浅黄色。

5) 加入苯胺,使溶液呈黄色或深桔黄色,溶液表面应无浮油现象。

6) 加入甲醛,使溶液逐渐变成浅红色,直至成深红色。这时缓蚀剂已经配制完成。此时溶液应无浮油、无沉淀,呈透明状态。

7) 根据 1)、2)所列内容,在配制缓蚀剂的同时配制好盐酸溶液。

8）将配制好的缓蚀剂迅速倒入盐酸溶液中，同时进行强烈搅拌，确保混合均匀，以防止降低药效和造成设备和管道清洗过程中产生腐蚀。

（5）酸洗方法：

1）静置浸泡法：是将配好的酸洗液注入（一般用耐酸泵压送）已经结垢的设备和管道中，静置浸泡，直至反应完毕为止。

2）循环浸洗法：将酸洗液置于容器内，用耐酸泵抽吸溶液送入待酸洗的系统中，反复循环直至反应完毕。

3）喷洒循环法：设备同2），只是采用喷头喷入待酸洗的系统中，由于不需要将酸洗液充满系统，可节省酸洗液。此法适于酸洗大容积设备。

（6）酸洗注意事项：

1）在酸洗前，设备和管道应进行渗漏检查。如发现有渗漏，必须及时修补。对于铆接和胀接的设备，更应注意渗漏检查。

2）待酸洗的设备和管道应严格与其它系统隔开。待酸洗的设备和管道上的铜件和其它不耐酸洗的部件，在酸洗前应予拆除。

3）酸洗时要随时化验酸洗液的酸浓度。酸洗过程中的酸浓度应不小于2%；如酸浓度很快下降到0.5%以下时，说明酸液量不够，应及时补充；如果酸浓度下降很慢或基本不变，则表示反应基本结束，可停止酸洗。

4）酸洗结束后应立即放出酸洗液，并及时用清水冲洗残液、残渣。然后再注入0.2%～0.3%的碱液，加热煮沸1～2h，控制pH值为9～10，最后用清水冲洗1～2遍即可完成。

5）酸洗后的设备管道如不马上使用，应将系统内存水放空，并将其风干，密封待用。

6）酸洗操作人员应配戴防护用品，房间要保持良好通风。

7）为防止酸洗过程中产生的氢氧而引起爆炸事故。酸洗房间严禁动用任何明火。

9.8.2.2 烧碱除垢法

（1）原理：基本原理是利用烧碱与钙盐反应生成氢氧化钙沉淀而随水流排走。其化学反应式如下：

$$CaSO_4 + 2NaOH \longrightarrow Ca(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$

$$CaSiO_3 + 2NaOH \longrightarrow Ca(OH)_2 \downarrow + Na_2SiO_3$$

（2）烧碱的浓度：一般控制烧碱的浓度为0.8%～1.0%（重量比）。

（3）除垢方法：将配制好的烧碱溶液注入持处理的设备和管道内，采用常压或加压至0.15～0.2MPa，然后加热煮沸不少于24h，自然冷却，待温度降到50℃左右时，将碱液全部排出。立即打开设备或管道，用清水冲去残渣和沉淀物。如发现仍有未除尽的水垢，应立即进行手工或机械清除，否则会重新硬化。

9.8.2.3 纯碱除垢法

（1）原理：纯碱除垢的基本原理是利用纯碱与钙的硫酸盐和硅酸盐反应生产的碳酸钙沉淀而随水流排走。其化学反应式如下：

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

$$CaSiO_3 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SiO_3$$

（2）纯碱的浓度：一般控制纯碱的浓度为1.0%～1.5%（重量比）。

(3) 除垢方法:同烧碱除垢法。

9.8.2.4 磷酸三钠除垢法

(1) 原理:磷酸三钠除垢的基本原理是利用磷酸三钠与水垢中不溶于水的钙镁盐类反应生成溶于水的磷酸盐;反应生成物进一步与水垢中的钙盐反应形成钙盐的沉淀物,上述生成物均随水流排走。其化学反应式如下:

第一步反应:$3CaCO_3 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3Na_2CO_3$

$3[MgCO_3Mg(OH)_2] + 4Na_3PO_4 \rightarrow 2Mg_3(PO_4)_2 + 3Na_2CO_3 + 6NaOH$

$3CaSO_4 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3Na_2SO_4$

$3CaSiO_3 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3Na_2SiO_3$

进一步反应:$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$

$CaSiO_3 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SiO_3$

$CaSO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + Ca(OH)_2 \downarrow$

$CaSiO_3 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + Ca(OH)_2 \downarrow$

(2) 磷酸三钠的浓度:一般控制磷酸三钠的浓度为0.5%~0.6%(重量比)。有时为了加速除垢,可再加0.3%~0.5%的烧碱(重量浓度)。

(3) 除垢方法:除垢方法同烧碱除垢法。

10 污水局部处理

10.1 医院污水处理

10.1.1 原 则

(1) 凡新建、改建和扩建的各类医院，包括传染病、结核病、综合医院及从事于病源微生物实验、检验工作的生物制品生产、科研等医疗卫生机构排出的被病菌、病毒所污染的污水、污泥，均应进行消毒处理。

(2) 含有放射性、重金属及其它有毒、有害物质(《污水综合排放标准》GB 8978—1996所指的第一类污染物)的污水、污泥，如不符合排放标准要求的，应单独进行处理。

(3) 医院污水处理设施应力求简便有效、管理方便、占地面积小、造价低廉、运行安全及避免对周围环境造成污染。其设计须符合《建筑给水排水设计规范》GBJ 15—88(1997 年版)及《医院污水处理设计规范》CECS 07—88 的要求。

(4) 凡新建、改建、扩建的医院污水处理设施，必须与主体工程同时设计，同时施工，同时运行。

(5) 处理后的污水，其出水水质应符合《污水综合排放标准》GB 8978—1996、《污水排入城市下水道水质标准》CJ 18—86 等的有关规定。

10.1.2 医院污水水量和水质

(1) 污水量定额见表 10-1。

各类医院污水量定额　　表 10-1

医院规模	污水量[L/(床·d)]	小时变化系数
大型医院	400～600	2～2.2
中型医院	300～400	2.2～2.5
小型医院	250～300	2.5

注：1. 大型医院指设有水冲大便器、洗涤盆、沐浴设备及热水供应，病床 300 床位以上的医院；中型医院指设有上述设备但无热水供应，病床 100～300 床位的医院；小型医院指仅设有水冲大便器、洗涤器设备、病床 100 床位以下的医院。

2. 表中所列污水量不包括未被污染的厨房、锅炉房、冷却水等排水量。

(2) 污水水质：当进行二级处理工艺设计时，须有污水污染浓度指标。当无实测资料

时,可参考以下数值并根据耗水量通过计算取得。

BOD_5:60～150g/(床·d)

COD:10.0～150g/(床·d)

悬浮物:50～100g/(床·d)

10.1.3 工艺流程和设计主要参数

10.1.3.1 工艺流程选定原则

1. 医院污水工艺流程选定原则:

(1) 处理后污水排入有污水处理厂的城市下水道时,以解决生物性污染为主的医院污水,应与生活区污水、雨水分流。采用一级处理工艺流程。

(2) 处理后污水排入无污水处理厂的下水道或地面水域时,应根据受纳水体的要求、医院污水和生活污水应与雨水分流。采用二级或三级处理流程。

(3) 放射性废水、重金属废水及其它特殊废水应分别采取相应的处理工艺。如放射性废水应采用衰变贮存池处理,重金属废水可采用化学法或离子交换法处理。

2. 医院污水处理工艺流程:

(1) 一级处理工艺流程:医院污水处理的一级工艺处理通常包括化粪池、沉淀池或调节池等设施。化粪池出水经过格栅、计量池或调节池,通过计量装置定比投加消毒剂后进入接触池。一级处理工艺流程,见图 10-1。

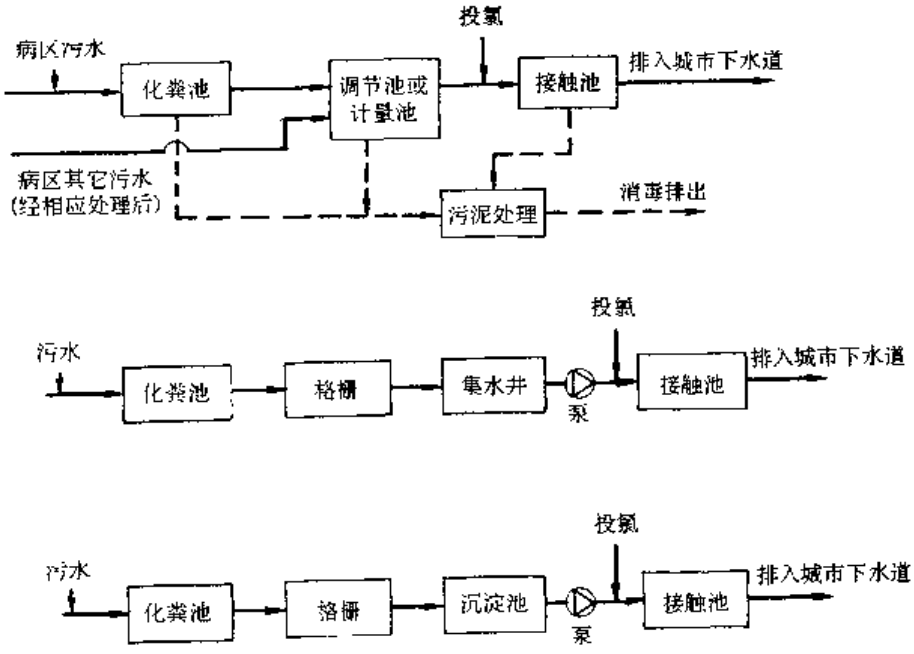
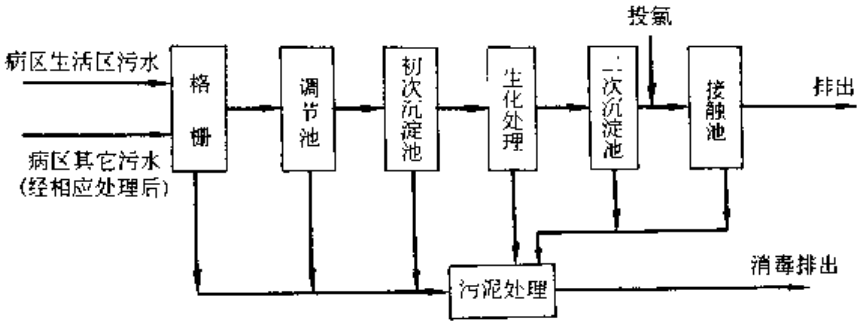
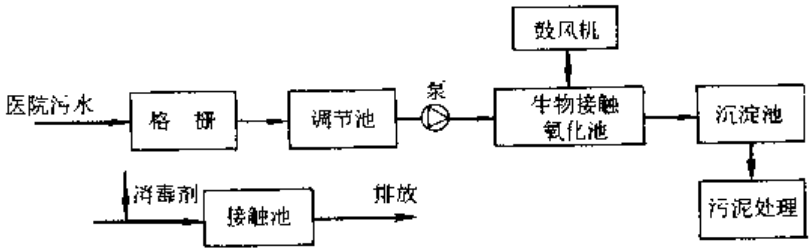


图 10-1 医院污水一级处理工艺流程

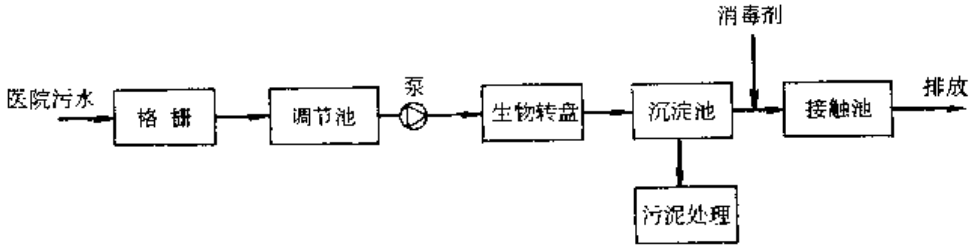
(2) 二级处理工艺流程:当医院污水一级工艺处理出水不能满足排放标准要求时,采用二级处理工艺流程,通过生物处理法去除医院污水中的有机污染物。如 BOD_5、COD、酚、LAS等。二级处理后的污水由于水质得到改善,可以减少消毒剂用量,提高消毒效果。二级处理工艺有生物接触氧化法、生物转盘法、塔式生物滤池法、射流曝气法等。其处理工艺流程见图 10-2。



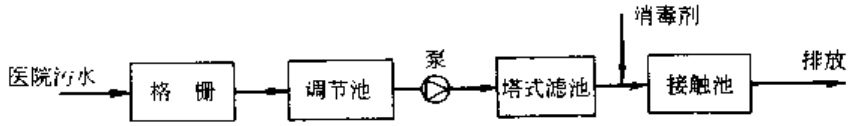
二级处理通用工艺流程



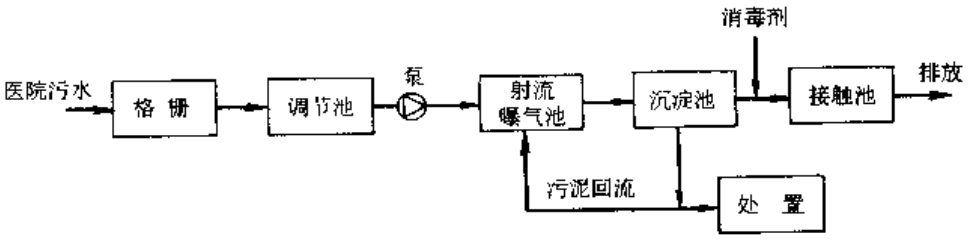
生物接触氧化法流程



生物转盘法流程



塔式生物滤池流程



射流曝气法流程

图 10-2　二级处理工艺流程

10.1.3.2　设计主要参数

医院污水处理构筑物设计主要参数：

(1) 化粪池：化粪池按常规计算，污水停留时间不宜小于 36h。

(2) 调节池、初沉池、生化处理构筑物、二沉池、接触池等：这些池均应设两组，每组按

50%负荷计算。

(3) 调节池有效容积:连续式消毒时,有效容积应为 5～8h 的平均污水量;间歇式消毒时,有效容积应为日污水量的 1/2～1/4。

(4) 计量池的有效容积,宜为最大时污水量的 1/4～1/5。

(5) 接触池:接触池的有效容积,按式(10-1)计算:

$$V_0 = V_1 + V_2 \quad (m^3) \tag{10-1}$$

式中 V_1——污水部分容积(m^3),

$$V_1 = tQ_1$$

其中 Q_1——污水量(m^3/h),当为重力式时,为小时最大污水量;当为提升式时,应按水泵每小时实际出水量计;

t——接触时间,见表 10-2。

V_2——污泥部分容积(m^3),

接触时间及总余氯 表 10-2

项 目	医院类别	一级标准	二级标准	三级标准
接触时间(h)	综合医院	1.0	1.0	1.0
	传染、结核病院	1.5	1.5	1.5
总余氯(mg/L)	综合医院	0.5	>3.0	>2.0
	传染、结核病院	0.5	>6.5	>5.0

无化粪池:$V_2 = (4\% \sim 6\%)V_1$;

有化粪池:$V_2 = 1.1\dfrac{Q_2NT}{1000}$;

其中 Q_2——经化粪池处理后消毒产生的污泥量,采用液氯时为0.09L/(人·d),采用漂白粉时为 0.17L/(人·d);

N——消毒池的负荷病人总人数(人);

T——污泥清掏周期(d),可按 90d 计算。

接触池中设导流墙板,导流墙板的净距应根据水量和维修空间要求决定。

(6) 初沉池:初沉池设计参数:

1) 沉淀时间:1.5～2.0h。

2) 沉淀效率:BOD_5 去除率为 10%～15%,SS 去除率为 20%～30%。

3) 沉淀池每人每日污泥量(干物质),按 14～27g/(床·d)计,污泥含水率为 95%～97%。

4) 污泥区容积,按 2d 污泥量计算。

(7) 生化处理:采用生物转盘时,可按照 BOD_5 负荷计算:

1) BOD_5 面积负荷 12g/(m^2·d)。

2) 水力负荷 0.2m^3/(m^2·d)。

3) 生物转盘设计,按平均日污水量计算。

(8) 其它型式沉淀池:采用其它型式沉淀池生化处理时,其构筑物设计计算均可按常规处理设施设计,见《给水排水设计手册》第 5 册《城镇排水》有关章节。

10.1.3.3 典型示例

典型的示例有自排式自动定比加氯、提升式自动定比加氯和超声波自动定比加氯系统三种。

(1) 自排式自动定比加氯系统：该系统是由投氯池(定量池)、虹吸管、真空泵、电磁阀、加氯机和电控柜等组成，见图 10-3。医院污水先进入投氯池与氯混合，再通过虹吸管进入接触池，接触池内设隔板使污水与消毒剂充分混合接触，通过一定的接触时间后排放。

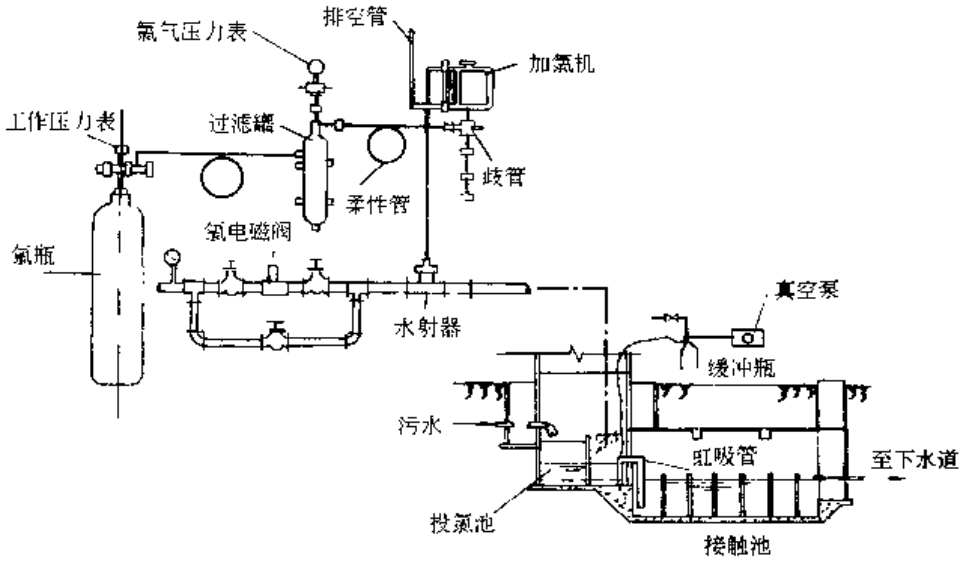


图 10-3　自排式自动定比加氯系统

该加氯系统的工作原理：当污水进入投氯池之前，按投氯池虹吸的污水量加入一定量的氯溶液。随着污水不断流入，氯溶液和污水得以充分混合。此时投氯池中污水水位不断上升，当水位上升到预定高度时，液位信号器接通，控制真空泵动作，吸出虹吸管内空气，此时由于虹吸作用使投氯池水位下降，真空泵又停止工作。当投氯池中水位降低到预定位置，空气电磁阀自动打开，空气进入虹吸管中，虹吸破坏。此时氯水电磁阀开启。加氯机自动开始工作，当加氯到预定时间时，时间继电器指令氯水电磁阀关闭，水射器停止射流，加氯机又停止加氯。如此工作程序自动重复，以达到按污水量成比例加氯的目的。

在这一系统中，每次虹吸的污水体积是一定的，加氯量的大小可根据需要由加氯机的调节阀调节，也可以通过时间继电器改变氯水电磁阀的开启时间来调节。加氯量是否合适，可通过污水余氯检测和微生物指标检验确定。

本系统利用真空泵来启动虹吸，用空气电磁阀破坏虹吸，因而使系统工作较为可靠。否则，在水量小时往往形不成虹吸，而水量大时，还会产生连续虹吸的现象。

虹吸也可以不用真空泵而用另一套小虹吸装置提前作用，帮助主虹吸管及时发生和终止虹吸，以小虹吸带动投氯箱的双虹吸自动定比加氯装置，见图 10-4。

当定量集水池中的水位达到虹吸水位时，小虹吸管发生虹吸作用，抽去大管中的空气而使大虹吸管发生虹吸。大虹吸管发生虹吸后，进一步使氯溶液管产生真空，因而带动投氯管发生虹吸作用，实行同步投氯。氯溶液定量箱中的氯溶液体积，由浮球阀控制并可根据定量集水池发生一次虹吸流出的水量以及加氯量来计算决定。图 10-4 中 H_3 应略大于 H_2，否则

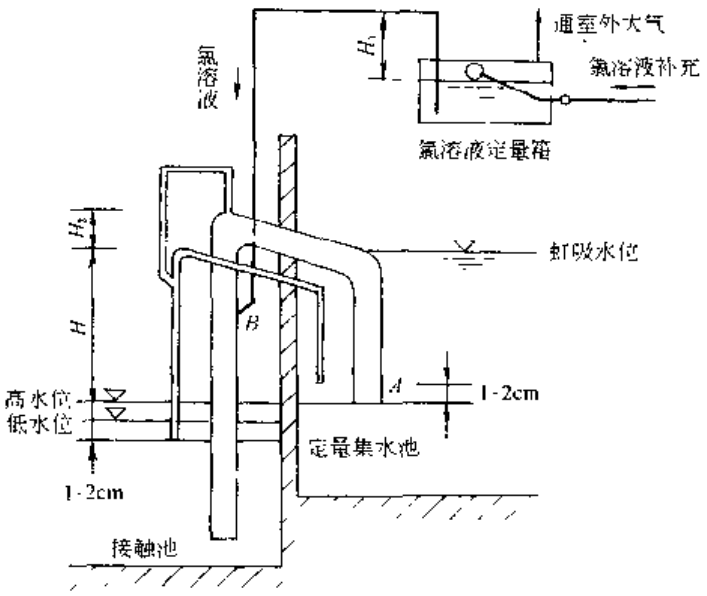


图 10-4 双虹吸自动定比加氯系统

有可能提前投氯。另外，氯溶液补充管上的阀门开启度应适度，过大会发生连续投氯；过小则当发生另一次虹吸时，定量箱中氯溶液还没有充满。

这种系统存在的问题是：小虹吸管过大，会失去它的控制作用（即防止发生连续虹吸）；过小，易被杂物堵塞。此外，投配氯溶液的定量箱必须接通大气，不然会因产生真空而无法投氯。

自排式自动定比加氯系统的污水量、虹吸次数及排水量关系，见表 10-3。

自排式自动定比加氯系统的污水量、虹吸次数及排水量关系 **表 10-3**

污水量 (m^3/d)	最大小时污水量(m^3/h)	次数及排水量					
		虹吸 3 次/h 每次虹吸时间 60s		虹吸 4 次/h 每次虹吸时间 60s		虹吸 5 次/h 每次虹吸时间 60s	
		虹吸水量 (m^3/次)	排水量 (m^3/h)	虹吸水量 (m^3/次)	排水量 (m^3/h)	虹吸水量 (m^3/次)	排水量 (m^3/h)
40	3.33	1.11	66.6	0.83	50.0	0.67	40.2
64	5.33	1.77	106.2	1.33	80.0	1.06	63.6
80	6.66	2.22	133.2	1.66	100.0	1.33	80.0
160	13.33	4.44	266.4	3.33	200.0	2.66	160.0
240	20.00	6.66	400.0	5.00	300.0	4.00	240.0
320	26.66	8.88	532.8	6.6	400.0	5.33	320.0
400	33.33	11.11	666.6	8.33	500.0	6.66	400.0
480	40.00	13.33	800.0	10.00	600.0	8.00	480.0

从表 10-3 可看出：污水量为 320m^3/d，小时平均水量为 13.33m^3/h；如小时变化系数为 2.0，最大小时污水量为 26.66m^3/h；如每小时虹吸 4 次，由于虹吸时间只有 60s，因此实际排

水量为 400m³/h，相当于最大小时水量 26.66m³/h 的 15 倍。因此，接触池的排水管必须能满足瞬时排水量的要求。

在自排式自动定比加氯系统加氯过程中，需要在两次虹吸间隔时间约 60s 左右将消毒剂投入定量池。因此，60s 的加氯量实际为 15min 的加氯量。亦即为$\frac{1}{4}$h 的加氯量，见表 10-4。这个条件在氯瓶出氯量(见表 10-5)方面是无法满足的。为了减小设备容量、节约工程造价，则必须设置贮氯槽。

单位时间加氯量　　表 10-4

日污水量(m³/d)	最大小时污水量(m³/h)	每次虹吸污水量(m³)	投氯量(g/m³)	每次虹吸投氯量(g)	单位时间加氯量(kg/h) 每次加氯时间(s)				备注
					40	50	60	70	
40	3.33	0.83	40	33.2	3.00	2.40	2.00	1.71	本表系按每个投氯池每小时虹吸四次，每m³污水投氯量为40g而编制的。如果条件有变化时，实际投氯量需按实际情况增减
64	5.33	1.33	40	53.2	4.80	3.84	3.20	2.74	
80	6.66	1.66	40	66.4	6.00	4.80	4.00	3.42	
160	13.33	3.33	40	133.3	12.00	9.60	8.00	6.85	
240	20.00	5.00	40	200.0	18.00	14.40	12.00	10.28	
320	26.66	6.66	40	266.6	24.00	19.20	16.00	13.71	
400	33.33	8.33	40	333.3	30.00	24.00	20.00	17.14	
480	40.00	10.00	40	400.0	36.00	28.80	24.00	20.57	

氯瓶规格与出氯量　　表 10-5

钢瓶容积	外形尺寸(mm)	工作压力(MPa)	总重(kg)	出氯量(g/h)
410L(500kg)	φ600×1200	20	740	3,000
820L(1000kg)	φ800×1290	20	1460	—
38～40L	φ219×1350	30	60	750
40～42L	φ219×1410	30	54～62	750
42～44L	φ219×1470	30	54～62	750
44～46L	φ219×1530	30	54～62	750

(2) 提升式自动定比加氯系统：其作用程序如下：污水集水池液面达到高位时，液位信号器启动污水提升泵及加氯系统的给水阀，10s 后，加氯机氯阀打开。此时氯气与水经给水水射器混合成 3‰～5‰的氯溶液，又经三通投氯阀进入污水提升泵的出水管，使氯溶液与污水在污水管内进行混合后，进入接触池，并按规定时间进行接触后，排入下水道。当污水集水池液位下降到低水位时，由液位信号器控制氯阀关闭，10s 后即关闭给水阀及污水提升泵。提升式自动定比加氯系统，见图 10-5。

(3) 超声波自动定比投氯系统：有些新建或改建医院院内污水管和市政管道之间没有采用自动虹吸所要求的具有 600～800mm 高差的条件，采用水泵提升式又增加经常费用。

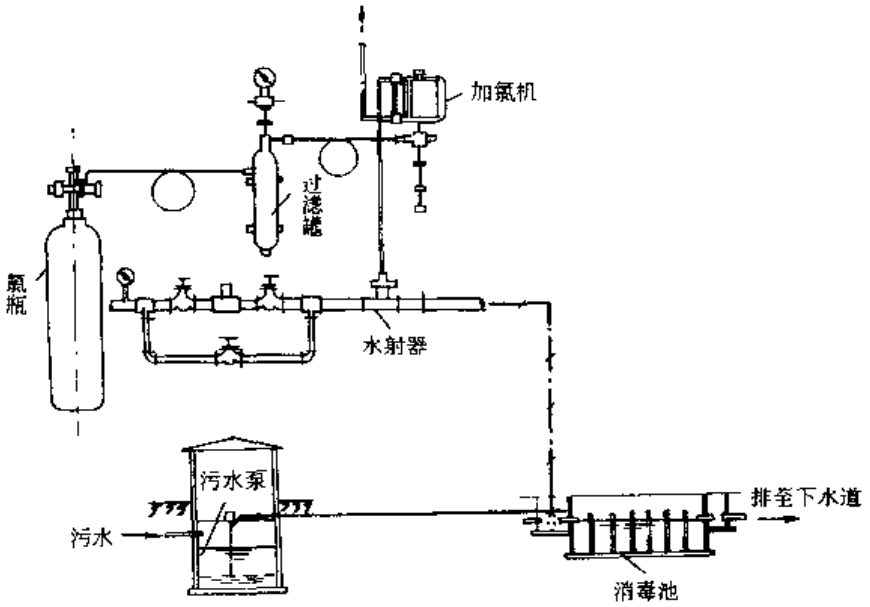


图 10-5 提升式自动定比加氯系统示意

在院内污水能够排入市政管道，又具备 150～200mm 的条件下，可采用超声波自动定比投氯系统。北京市医院污水污物处理技术协会经过多年研究完成了超声波自动定比投氯系统。该系统在医院污水排出管上安装超声波明渠流量计，根据污水流量的变化将信号输送到控制器，由控制器控制比例阀或计量泵自动控制调节加氯量的大小。该系统可用于液氯消毒系统，也可用于次氯酸钠消毒系统。其优点是不需要虹吸系统，因此也不需要虹吸系统所必需的户内排水管与市政管道的高差要求。在不具备虹吸投氯的条件下，代替水泵提升加氯系统，既节省投资和运行费用，又简化管理和操作步骤。超声波流量控制自排式自动定比加氯系统，见图 10-6。

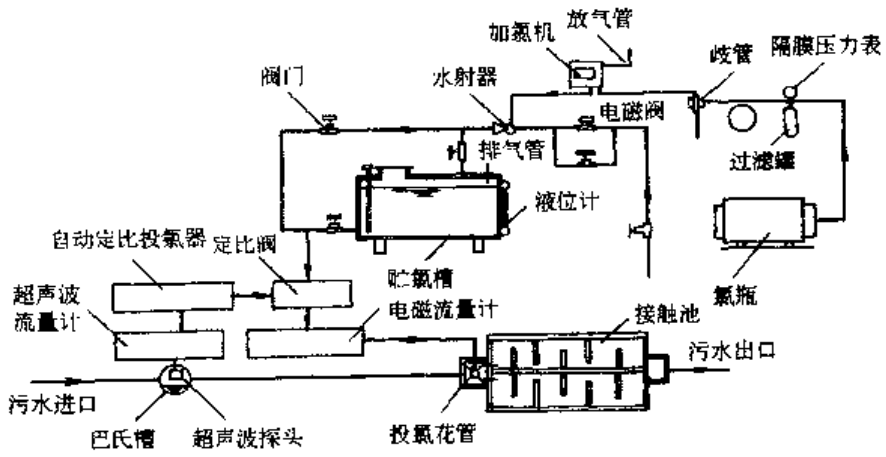


图 10-6 超声波流量控制自排式定比加氯系统

采用超声波自动定比投氯系统时，不论是采用液氯或次氯酸钠作为消毒剂时，均须制备成一定浓度的溶液。如果采用液氯作消毒剂，其混合手段必须通过加氯机，否则将会造成严重后果。溶液的溶解量与温度、压力等因素有关。一般情况下，液氯的溶解量，可按 6.0‰计算，次氯酸钠则可以按 10‰计算。各种条件下所需液氯溶液量，见表 10-6。

各种条件下所需的液氯溶液量　　表 10-6

病床数（床）	总水量（m^3/d）	有调节池（小时平均水量）			无调节池（小时最高水量）		
		时平均水量（m^3/h）	时加氯量（g/h）	氯溶液量（L/h）	时最高水量（m^3/h）	时加氯量（g/h）	氯溶液量（L/h）
500	400	16.66	500	83	28.30	849	141
400	320	13.33	400	66	22.66	680	113
300	240	10.00	300	50	17.00	510	85
200	160	6.66	200	33	11.32	339	56.6
100	80	3.33	100	16.6	5.66	170	28.3

注：本表计算依据：时变化系数为 1.7，加氯量为 30g/m^3，污水量为 0.8m^3/（床·d），液氯混合浓度为 6‰，如数据有变化时，应按实际情况增减。

在一般情况下，提升式均设有调节池以调节水质和水量，故可按平均小时水量计算，其投氯量小；超声波自动定比例投氯系统，则可按无调节池计算，其投氯量大；如为虹吸系统时，则应根据设计的虹吸次数和实际水量计算，其投氯量最大。

1）各种条件下所需的次氯酸钠溶液量，见表 10-7。

各种条件下所需的次氯酸钠溶液量　　表 10-7

病床数（床）	总水量（m^3/d）	有调节池（小时平均水量）			无调节池（小时最高水量）		
		时平均水量（m^3/h）	时加氯量（g/h）	氯溶液量（L/h）	时最高水量（m^3/h）	时加氯量（g/h）	氯溶液量（L/h）
500	400	16.66	500	50	28.30	849	84
400	320	13.33	400	40	22.66	680	68
300	240	10.00	300	30	17.00	510	51
200	160	6.66	200	20	11.32	339	34
100	80	3.33	100	10	5.66	170	17

注：本表计算依据：时变化系数为 1.7，加氯量为 30g/m^3，污水量为 0.8m^3/（床·d），次氯酸钠混合浓度为 10g/L。如这些数据有变化时，应按实际情况增减。

2）次氯酸钠系列医院污水处理国家标准图集，有 400 床、200 床及 100 床自排和提升式，图号 92SS472、92SS473 和 92SS474。

3）氯片消毒法医院污水处理国家标准图集，有处理水量为 40m^3/d（适用于 50 床或门诊 1600 人）及 20m^3/d（适用于 25 床或门诊 800 人），图号 89SS47（一）和 89SS47（二）。

10.1.4 消　　毒

医院污水消毒常用的消毒剂有液氯（Cl_2）、次氯酸钠（NaClO）、电解法二氧化氯（ClO_2·O_3·Cl_2 等）、化学法二氧化氯（ClO_2）、三氯异氰尿酸（$C_3Cl_3N_3O_3$）、漂白粉、漂粉精[$Ca(OCl)_2$]等。其优缺点见表 10-8。

常用消毒剂优缺点 表 10-8

方法	分子式	优缺点	适用条件
液氯	Cl_2	优点： 1. 余氯具有持续的消毒作用 2. 成本低 3. 不需要复杂的设备，操作简单，通过加氯机投配计量准确 缺点： 1. 在水源受有机物污染时，会产生有机氯化物对人体有害 2. 消毒时产生氯酚味 3. 氯为有毒气体泄漏时对人畜造成损害	适用于处理站与病房、居住区保持一定距离，容易购得液氯的大型医院污水消毒。处理站必须设置报警及安全防护装置。管理人员必须经过正式培训
次氯酸钠	NaOCl	优点： 1. 具有余氯的持续消毒作用 2. 比液氯安全 3. 使用成本较液氯高，但较漂白粉低 缺点： 1. 不能贮存，必须现场制备使用 2. 必须定期维修并清洗电极管 3. 必须耗用一定电能及食盐，操作繁琐，劳动强度大 4. 注意氢气在空气中超过一定含量时，有爆炸的可能	适用于处理站与病房、居住区较近或无液氯供应的中型医院污水消毒
电解法二氧化氯	ClO_2	优点： 1. 具有余氯的持续消毒作用 2. 比液氯安全 3. 使用成本较液氯高，但较漂白粉、漂粉精片，三氯异氰尿酸低 缺点： 1. 不能贮存，必须现场制备使用 2. 必须定期维修并清洗电极管 3. 必须耗用一定电能及食盐，操作繁琐 4. 注意氢气在空气中超过一定含量时，有爆炸的可能 5. 由于二氧化氯的含量无法控制故其优缺点不易评价	同次氯酸钠
化学法二氧化氯	ClO_2	优点： 1. 不会生成有机氯化致癌物 2. 较氯的杀菌效果好，对芽孢及肝炎病毒有较强的杀灭效果，接触时间短 3. 具有强烈的氧化作用，可除臭、脱色、去除锰、铁等物质 缺点： 1. 必须按操作规程管理，注意气态的 ClO_2 有爆炸可能 2. 不能贮存，必须现场随时制取使用 3. 操作管理要求较高 4. 运行成本较高	适用于处理站与病房、居住区较近（或无液氯供应）的中型医院。尤其适用于传染病、结核病医院污水消毒

续表

方法	分子式	优缺点	适用条件
臭氧消毒	O_3	优点： 1. 具有强氧化能力，为最活泼的氧化剂之一。对微生物、病毒、芽孢等均具有较强的杀伤力，消毒效果好，接触时间短 2. 能除臭、去色及去除氧化铁、酚、锰等物质 3. 不会生成有机氯化物 缺点： 1. 基建投资大，耗电费用高 2. O_3 在水中不稳定，易挥发，无余氯持续消毒作用 3. 设备复杂，管理麻烦 4. 运行成本高	可用于肝炎传染病医院或受纳水体要求余氯＜0.5mg/L 的一级标准水域的医院污水消毒
漂白粉、漂白粉精	$Ca(OCl_2)$	优点： 1. 具有液氯的持续消毒作用 2. 投加设备简单 3. 价格较高 缺点： 1. 同液氯。将产生有机氯化物和氯酚味 2. 容易分解失效 3. 漂白粉有效含氯量，只有 20%～30%；漂白粉精有效氯含量在 65%左右溶解及调制不便 4. 计量投配困难	适用于 100 床以下的小型医院或门诊部污水消毒
三氯异氰尿酸	$C_3Cl_3N_3O_3$	优点： 1. 具有液氯的持续消毒作用 2. 投加设备简单 3. 建造费用低廉勿需专人管理 4. 有粉状、颗粒状及片状含氯量高达 90% 缺点： 1. 溶解速度慢 2. 价格较高 3. 容易分解失效	

10.1.4.1 液氯

氯(Cl_2)是一种强氧化剂和广谱杀菌剂，有特殊气味的黄绿色有毒气体。由于它被压缩成液体，灌装在压力容器里，所以一旦发生洩漏，容易污染环境，伤害人畜。

氯气在标准大气压下，温度 9.6℃时与水蒸汽接触形成一种豆渣状软冰，称为 8 水化氯($Cl_2 \cdot 8H_2O$)。

干氯与大多数金属的反应速度，随温度的升高而增加。低于 121℃时铁、铜、钢、铅、镍、铂、银和钽对氯有耐蚀力。在普通温度时，干氯和铝、砷、金、汞、硒和钛能起反应。与聚氯乙烯 UPVC 管道接触时，会使管道发生粉碎性破裂。

氯微溶于水，必须通过加氯机才会使氯与水得到充分混合。氯在水中的溶解度，见图 10-7。

如当水的温度20℃时，其溶解度为7.3g/L；水温为30℃时，其溶解度只为5.5g/L。为了安全起见，一般运行中采用5～6g/L为宜。

氯的溶液对所有的金属都会造成腐蚀，可以腐蚀钢、铜、铝，甚至可以腐蚀不锈钢。因此输送或贮存氯的溶液时，必须采用耐腐蚀的聚氯乙烯、ABS工程塑料或玻璃钢等材料制作的管道或容器，绝对不能使用任何金属管道及配件。

液氯约是水重的1.5倍，易蒸发成气体，一体积液氯的重量相当于457.6体积在标准状态下氯气的重量。氯气是空气重的2.5倍。

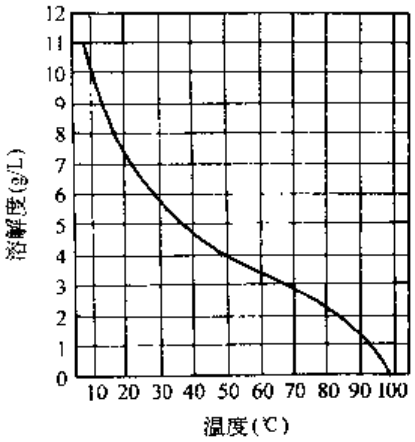


图10-7 氯在水中的溶解度

装在钢瓶中的液氯，一般压力为0.6MPa，但是其压力随环境温度而变化。因此，在一般情况下，氯瓶不得在阳光下曝晒，不得放置在高温及明火环境下。由于氯的价格便宜，并且容易取得，因此广泛应用于水的消毒。但由于液氯洩漏时会污染环境、伤害人畜，在使用上又受到很大的限制。尤其在城市和人口稠密地区，必须具有一定的安全保证才得使用。

使用液氯的污水处理站，不得与主要建筑物毗连。在任何情况下不得将氯瓶和加氯设备和投配装置设置于地下室。

氯瓶渗漏时切不可将氯瓶投入水池之中，因为氯与水接触以后，会对氯瓶造成腐蚀，使渗漏更为严重。尤其将氯瓶投入水池中后，氯瓶很可能会漂浮于水面，使处理更为困难。

如氯瓶存放于室内，则建筑物应为耐火结构。氯瓶间不得设置于接近电梯或通风系统的地方。

贮存、处理或使用氯的房间，应有两个出口，所有的出口的门都是向外开的。

贮存、处理或使用氯的房间应有通风设备。氯气比空气重，出现洩氯事故时，有集中于地面的倾向，排风口应靠近地面。新鲜空气进口应远离排风口，以防通风短路。不管室内是否已有通风设备的开关，所有通风设备在室外仍应设开关。

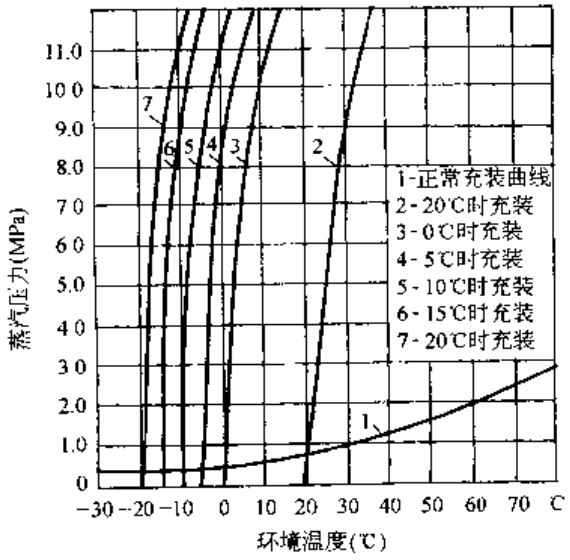


图10-8 氯瓶内的压力与环境温度关系

贮存或使用氯的房间不得有明火，辐射热或高温蒸汽管道，如果氯瓶的易熔塞达到70℃时，将熔化而使氯气逸出。

氯瓶不得超装，更不得随意加热，因为液氯在氯瓶内的压力与环境温度变化十分敏感。其温度与压力变化曲线，见图10-8。

使用氯的房间应设置氯气报警，抢救，中和(捕消器)计量及监测装置和个人防护设备。

当氯瓶中的氯气进入水中时，水也可以被回吸到氯瓶里来，回吸曾造成多起严重事故，不论在任何情况下，应有回吸的防止措

施。

在用多个氯瓶或接出多个支管时，可以采用汇流排的连接方式。汇流排连接法，见图10-9。

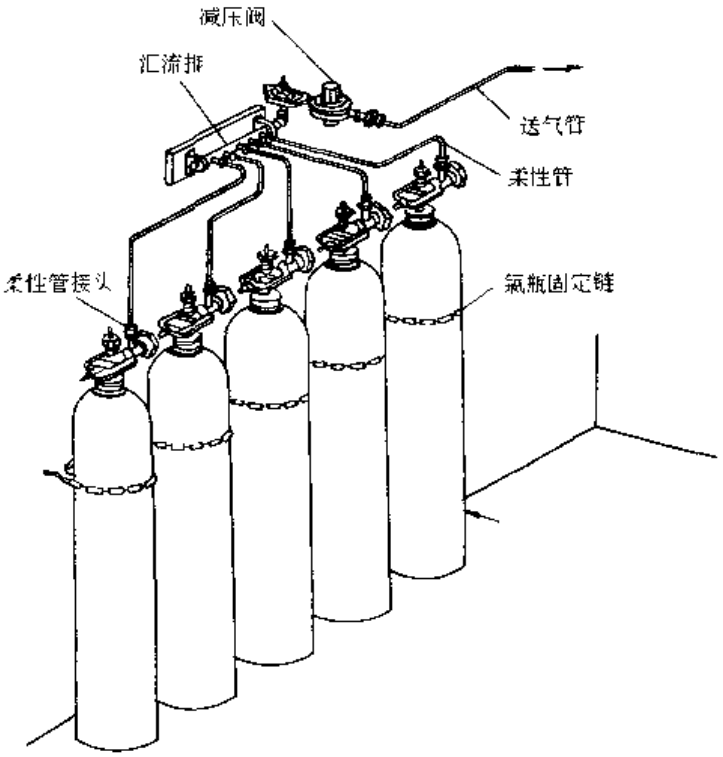


图 10-9　并联氯瓶安装及切换装置

安装氯气管道系统的管件、阀门、垫圈、填料、法兰均为特定的材料制品，不能以一般管件代替。而且必须严格按照特定的规程施工及安装。

氯与水混合以后成为 HCl 及 HOCl，环境温度低到 9.6℃时会变成八水化氯，呈豆渣状，有堵塞管道的危险，因此室内温度应保证在 16～18℃。

管道安装完毕以后需进行试压和除湿。

使用氯气的房间，在氯瓶上方应设有淋水装置，以便发生泄氯事故时进行洗消。

氯气的所有管理人员，必须接受相应的培训，并持有有效的上岗证明。

10.1.4.2　次氯酸钠

次氯酸钠有现成产品和现场制备两种。

现成次氯酸钠有效氯含量为 9%～12%。现场制备的次氯酸钠有效氯含量为 10‰左右。由于次氯酸钠容易分解失效，不易保存，所以多半是利用次氯酸钠发生器现场制备。

次氯酸钠为淡黄色透明液体，具有与氯相同的特殊气味，对金属设备及管道均会造成腐蚀。

次氯酸钠比液氯安全，所以在消毒站无法与病房或居住区保持一定距离的中型医院，采用次氯酸钠作为消毒剂是适宜的。

采用现场制备次氯酸钠的消毒站，工作人员必须溶解食盐，定期清洗电极管和对设备进行检修，劳动强度较大。

次氯酸钠发生器应选用电流效率高、盐耗与电耗低、运行寿命长、操作方便和安全可靠的设备。为了防止污染，不应使用二氧化铅电极。

在医院中采用现场制备次氯酸钠时，为了减小设备容量，适应污水高峰负荷，可采取设调节池的办法以便调节水量和水质。也可设置贮氯槽贮存预先制备的次氯酸钠溶液。

制备次氯酸钠每班运行时间，一般为 4～6h，夜间不运行。每天运行时间，一般为 8～12h。

氯与氢的混合物不管哪一种超过 5%时，都能发生剧烈的爆炸反应，形成氯化氢。

采用现场制备次氯酸钠的盐溶液一般为 3%，在使用以前应经沉淀、过滤处理。最好采用精制盐。因些次氯酸钠发生器的制备机房必须通风良好，发生器应有排氢管，发生器机房的屋顶应设置 ϕ300～500mm 的排气罩。

接触次氯酸钠溶液的容器、管道设备和配件都应使用耐腐蚀的材料。一般为 ABS 工程塑料或 UPVC 聚氯乙烯塑料。

次氯酸钠发生器机房须用塑料窗纱，给水排水管道宜采用塑料管道，散热器及门窗五金应做防腐处理。

二氧化氯容易分解失效，故使用时多半也是用发生器现场制备。发生器有电解法和化学法两种。

电解法的二氧化氯主要原料为食盐。在阳极室注入盐溶液，在阴极室注入清水，通电流后，离子通过两极之间的隔膜，进行定性迁移。在阳极及隔膜间周围产生二氧化氯、臭氧、氯气和氯化氢，见图 10-10。

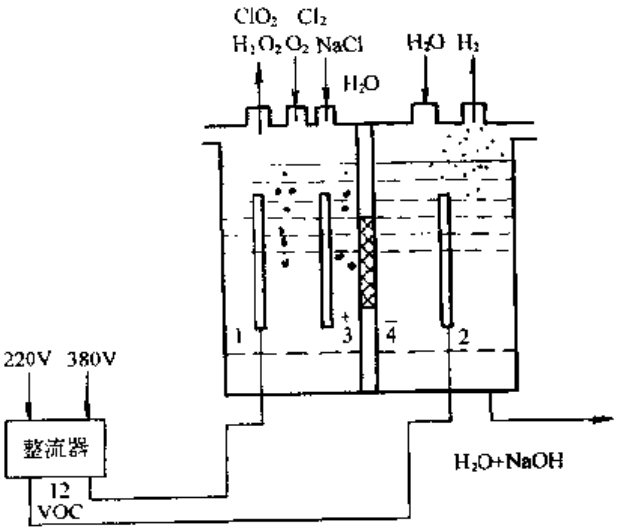


图 10-10 电解法二氧化氯工艺图

1—阳极；2—阴极；3—中性电极；4—隔膜

10.1.4.3 二氧化氯

二氧化氯是一种黄绿色的气体，具有与氯相似的刺激性气味。在空气中的体积浓度超过 10%时容易发生爆炸，但在水溶液中十分稳定。二氧化氯的溶解度是氯的 5 倍，密封避光在阴凉处时，可存放两周左右。

二氧化氯在 pH=2～9 的范围内是液气相共存，二氧化氯中有效氯为氧的 2.63 倍，它的氧化能力是氯的 2.5 倍，对耐氯较强的芽孢、炭疽、脊髓灰质炎、肝炎病毒有很强的灭活能力。并且反应快，接触时间短，而杀菌效果持续时间长。温度越高，二氧化氯的杀菌效力越大。

这种混合气体经水射器抽吸，在真空状态下与水混合成为液态的消毒剂。电解法的二氧化氯的含量说法很不一致。最好通过监测，确定 ClO_2 的含量。

化学法制备二氧化氯最常见的有：

(1) 用氯与亚氯酸钠合成,其反应式为

第一步：$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + HCl$

第二步：$HOCl + HCl + 2NaClO_2 \longrightarrow 2ClO_2 + 2NaCl + H_2O$

或 $Cl_2 + 2NaClO_2 \longrightarrow 2ClO_2 + 2NaCl$

这种方法因为采用不安全的氯作为主要原料,故不适宜应用在人口集中的城市,更不适用于消毒站与病房或居民区无法保持一定距离的处所。

制备 1kg 的二氧化氯,氯与亚氯酸钠的重量比为 1:2,但实际运行中往往增加氯的使用量而使其重量比为 1:1。

(2) 用亚氯酸钠和盐酸(或硫酸)合成,其反应式为：

$$5NaClO_2 + 4HCl \longrightarrow 4ClO_2 + 5NaCl + 2H_2O$$

或 $10NaClO_2 + 5H_2SO_4 \longrightarrow 8ClO_2 + 5Na_2SO_4 + 4H_2O + 2HCl$

一般生产 1kgClO_2 约用亚氯酸钠 1.9～2.0kg。由于亚氯酸钠的价格昂贵,所以产生的 ClO_2 价格很高,一般为氯价格的十几倍。

(3) 用氯酸钠与盐酸合成,其反应式为

$$NaClO_3 + 2HCl \longrightarrow ClO_2 + \frac{1}{2}Cl + NaCl + H_2O$$

由于氯酸钠价格便宜,所以目前国内多半采用这种工艺,制备 1kgClO_2 用 1kg 氯酸钠和 2kg 盐酸,每公斤 ClO_2 的价格约为 5.5～6 元。

化学法制备二氧化氯原料都是成品,不象电解法制备二氧化氯或次氯酸钠发生器那样,必须有溶盐和清洗电极。在化学法制备 ClO_2 时,只要备好料即可自动运行。

ClO_2 发生器机房设计条件与次氯酸钠基本相同。

为了防止机房空气中 ClO_2 浓度超标,机房应有良好的通风换气设备。ClO_2 气体重为空气的 2.4 倍,因此排风口须设在机房下部,进气口设在机房上部。

由于医院污水水量每日变化很大,高峰小时水量约为日用水量的$\frac{1}{7}$～$\frac{1}{10}$,因此必须考虑解决 ClO_2 按污水量定比投配的问题。

ClO_2 发生器机房应设原料贮存间,各种原料应分隔设置不得混合,原料贮存间避免出现高温、高湿及明火情况,更不得与其它药剂共同贮存。

机房内应有给水及排水设施。排水管道必须用防腐管件。

10.1.4.4 臭氧

臭氧是一种极强的氧化剂和高效杀菌消毒剂,其氧化能力仅次于氟,居第二位。自 20 世纪初,臭氧即开始应用于饮用水消毒及水的除色、除嗅、除味等,获得高质量的饮用水。近年来,由于环境污染日趋严重,臭氧技术更加引起人们的重视。国内外已将臭氧技术应用于各种工业废水处理、城市污水消毒和医院污水处理等方面。

(1) 臭氧的物理化学性质:臭氧是氧的同素异形体,由三个氧原子组成,氧原子呈三角形排列。臭氧具有特殊的刺激性嗅味,在浓度很低时呈现新鲜气味。臭氧是淡兰色气体,在高压下形成液体为深褐色。

臭氧的气相密度(0℃,1 个大气压)为 2.143g/L;液相密度(－183℃)为 1.571g/mL。

在水中的溶解度见表 10-9。

臭氧在水中的溶解度(气体分压0.1MPa)(mL/L) 表10-9

气体种类	密度(g/L)	温度(℃)			
		0	10	20	30
O_2	1.429	49.3	38.4	31.4	26.7
O_3	2.143	641	520	368	233
空气	1.2928	28.8	22.6	18.7	16.1

臭氧的化学性质极不稳定,在空气与水中很快会自然分解,并放热。

臭氧分解反应式为

$$2O_3 = 3O_2 + 285kJ$$

在水中臭氧分解反应为

$$O_3 + H_2O \longrightarrow HO_3^+ + OH^-$$

$$HO_3^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$$

$$O_3 + HO_2^- \longrightarrow OH^- + 2O_2$$

$$HO^- + HO_2^- \longrightarrow H_2O + O_2$$

臭氧在水中分解半衰期,见表10-10。

臭氧在水中分解半衰期 表10-10

	A	B	C	D	E	F	G
温度(℃)	1	10	14.6	19.3	14.6	14.6	14.6
pH	7.6	7.6	7.6	7.6	8.5	9.2	10.5
半衰期(min)	1098	109	49	22	10.5	4	1

(2) 臭氧消毒机理及优缺点:

1) 臭氧消毒的机理及效率:大量实验研究资料证明,臭氧对大肠杆菌、肠道致病菌、肠道病毒、结核杆菌和蠕虫卵都具有很强的杀灭能力。其杀菌机理是破坏和氧化微生物的细胞膜、细胞质酶系统和核酸,从而使细菌和病毒迅速灭活。

2) 臭氧消毒的优缺点:臭氧用于消毒的主要优点是:

① 臭氧是优良的氧化剂和杀菌剂,可以杀灭抗氯性强的病毒和芽孢。

② 臭氧消毒受污水pH值及温度影响较小。

③ 臭氧可以去除污水中的色、嗅、味和酚氰等污染物,增加水中的溶解氧,改善水质。

④ 臭氧可以分解难生物降解的有机物和三致物质,提高污水的可生化性。

⑤ 臭氧在水中易分解,不会因残留造成二次污染。

臭氧消毒的缺点是:

① 臭氧消毒的设备投资及运行费用较一般消毒方法高。

② 臭氧发生设备及投配装置比较复杂,需要具有较高的技术水平进行管理和维护。

③ 臭氧消毒对水质要求比较高,否则臭氧耗量大,消毒效果不好,不经济。

④ 臭氧在水中溶解度低,往往由于尾气处理不当而造成空气污染。

⑤ 臭氧的半衰期很短,只能就地生产,就地使用。

3) 臭氧消毒的影响因素：臭氧在用于饮用水消毒时具有极高的杀菌效率，但在应用于污水消毒时往往需要较大的臭氧投加量和较长的接触时间。其主要原因是污水中存在着较高的污染物如 COD、NO_2-N、色度和悬浮物等，这些物质都会消耗臭氧，降低臭氧的杀菌能力，只有当污水在臭氧消毒之前经过必要的预处理，才能使臭氧消毒更经济有效。臭氧与污水的接触方式及传质效果也会影响臭氧的投加量和消毒效果。

(3) 臭氧发生器：臭氧容易分解，不能贮存运输。必须在使用现场发生制备。制备臭氧的方法有化学法、紫外线法、辐照法和电晕放电法。工业应用的臭氧发生器都是利用电晕放电法。

1) 类型：臭氧发生器主要有板式、管式两种：

① 板式臭氧发生器：是由平板式电极和介电体组成的放电单元。我国只有少数小型臭氧发生器采用板式结构。通常医院污水处理应用的都是管式臭氧发生器。

② 管式臭氧发生器：是由特种玻璃管为介电体和不锈钢管作电极组成的放电单元。玻璃管的材料性能和质量直接影响臭氧产量及发生器的寿命，通常采用的是硅硼玻璃，管径 25～50mm，壁厚 1.5～2.5mm，放电区长度 1m 左右。管式发生器有立管式、卧管式等结构型式，后者又分为内玻管式和外玻管式。内玻管式卧管臭氧发生器应用较普遍，其结构型式是将玻璃管内涂以导电层，作为高压电极，在外部同心套一个不锈钢管作低压电极（接地电极），在两管之间保持 2～3mm 的放电间隙，使气流通过，产生臭氧，不锈钢管外面用水冷却电极。外玻管式与内玻管式相反，是将玻璃管同心安装在不锈钢管式电极的外面，由不锈钢管作为高压电极，玻璃管外用水冷却，水同时作为导体和接地电极使用。立管式臭氧发生器也是外玻管式结构。

我国生产的 O_3-78A 型臭氧放电管形状及尺寸，见图 10-11。其性能见表 10-11。

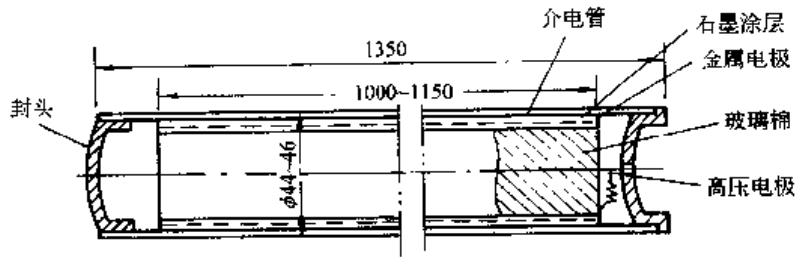


图 10-11　O_3-78A 型臭氧放电管外形尺寸

臭氧放电管的技术性能　　表 10-11

型　号	外形尺寸			技术性能				
	总　长 (mm)	导电层长 (mm)	外　径 (mm)	电源类别	频　率 (Hz)	放电电压 (kV)	O_3 产量 (g/h)	电　耗 kWh/kgO_3
O_3-78A	1350	1150	φ46	工　频	50	15	5～7	18～20
	1350	1150	φ46	脉　冲	150	17	12	14～16
O_3-78B	1350	1000	φ46	中　频	500	10～15	20～30	21～23

我国生产的立管式臭氧发生器放电管，见图 10-12。该型发生器采用 φ25mm 硅硼玻璃

管，壁厚 1.5mm，高压电极为 ϕ20mm 不锈钢管，长度为 1m，放电电压为 9000～1200V，单管臭氧产量为 2～2.5g/h。

内玻管卧式臭氧发生器，见图 10-13。外玻管卧式臭氧发生器，见图 10-14。立管式臭氧发生器，见图 10-15。板式臭氧发生器结构示意，见图 10-16。

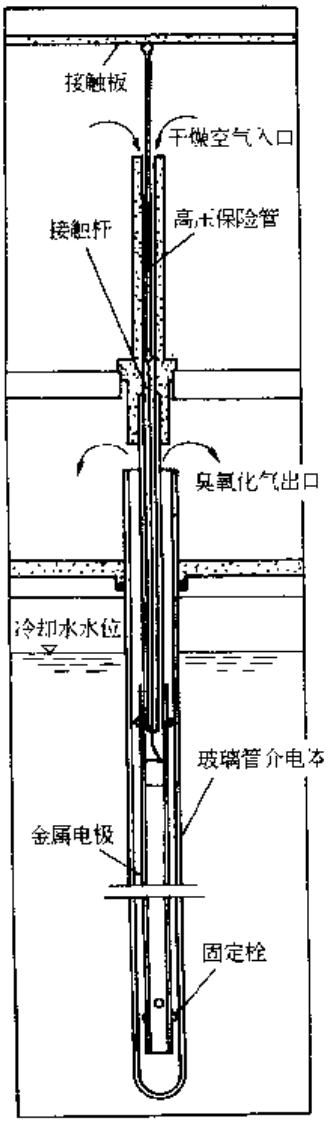


图 10-12 立管式臭氧发生器放电管结构

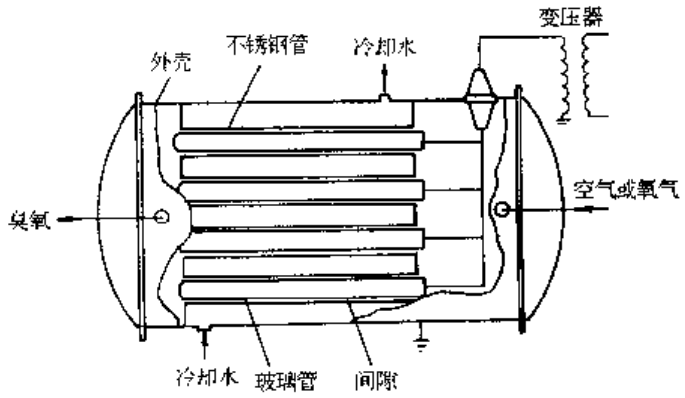


图 10-13 内玻管卧式臭氧发生器

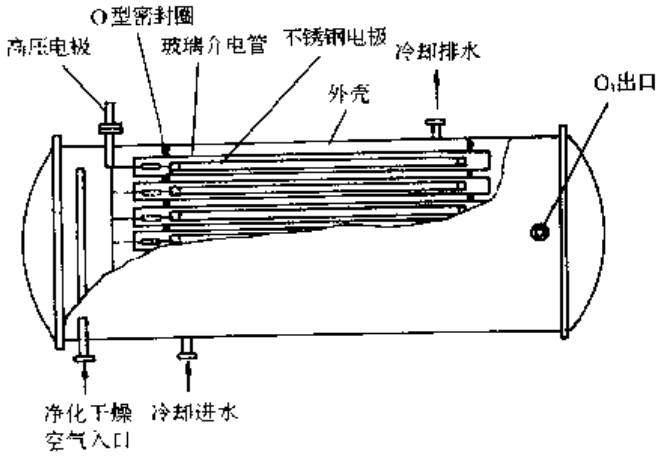


图 10-14 外玻管卧式臭氧发生器

2）臭氧发生系统，见图 10-17。

3）国产管式臭氧发生器规格特性，见表 10-12。

4）国外工业用臭氧发生器特性，见表 10-13。

（4）臭氧吸收接触装置：臭氧在水中的溶解度比氧大 10 倍左右，但由于臭氧气化浓度很低，通常只有 1%～2%，因此不易溶于水中被充分利用。臭氧的成本很高，所以应设良好的水气接触装置，方能发挥臭氧的效力。在水处理和污水消毒中常采用的臭氧吸收接触装置有：

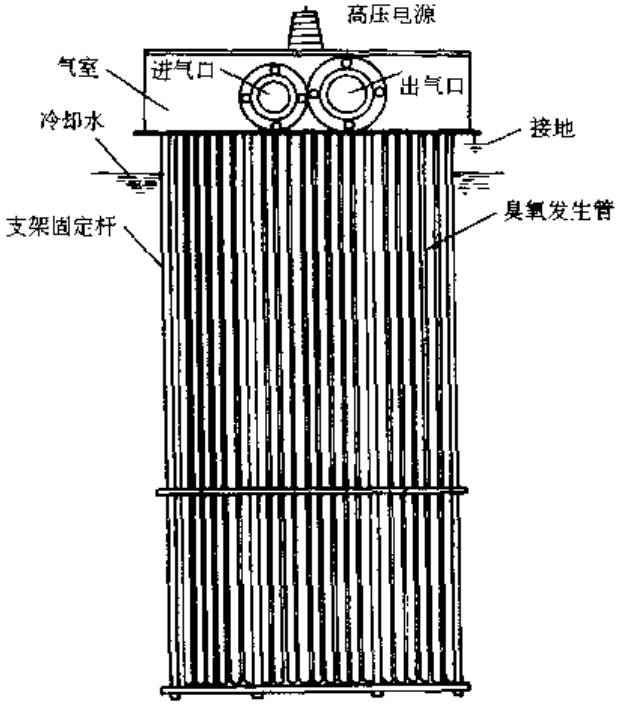


图 10-15　主管式臭氧发生器

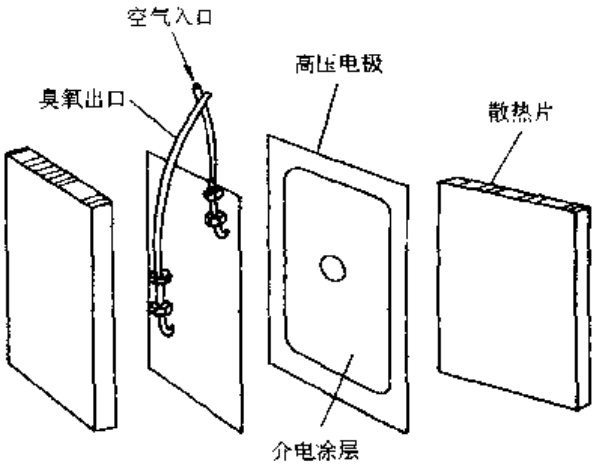


图 10-16　板式臭氧发生器结构示意

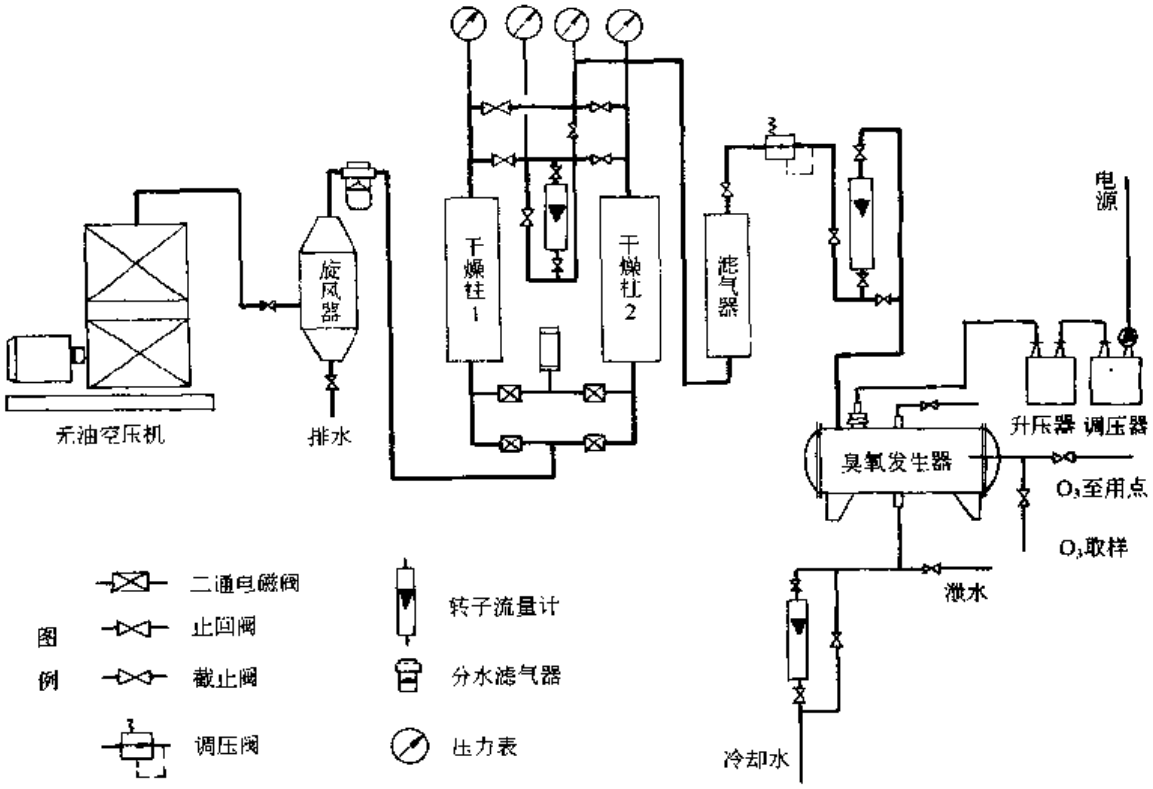


图 10-17　臭氧发生系统示意

国产臭氧发生器规格特性 表 10-12

项目 \ 型号	LCF 系列	XY 系列	QHW 系列
结构形式	立管式	卧管式	卧管式(外玻管式)
介电管	$\phi25\times1.5\times1000$(mm)	$\phi46\times2\times1350$(mm)	$\phi46\times4\times1200$(mm)
	无涂层	石墨涂层	无涂层
冷却方式	水冷	水冷	水冷
空气干燥方式	变压吸附再生	变压吸附再生	变压吸附再生
供气压力(MPa)	0.6～0.8	0.6～0.8	0.6～0.8
臭氧气压力(MPa)	0～0.06	0.04～0.08	0.04～0.08
臭氧浓度(g/m^3)	10～20	10～15	10～15
空气露点(℃)	−40	−40	−40
电耗[(kW·h)/kgO_3]	16～18	18～20	14～16

国外工业用臭氧发生器特性 表 10-13

性能指标	奥托板型	管式	劳泽板式
气源	空气	空气或氧气	空气或氧气
供气露点(℃)	−60	−60	−40
冷却方式	水冷	水冷	空气冷却
气室压力(MPa)	0	0.02～0.1	0.007～0.086
放电间隙(mm)	3.0	2.5	1.25
放电电压(峰值)(kV)	7.6～20	15～19	8～10
电源频率(Hz)	50～500	60	2000
介电体厚度(mm)	3～4.75	2.5	0.5
电耗[(kW·h)/kg]	20	14～18	12～16
以空气为气源	22.64	16～22	14～19.5
以氧气为气源	—	8～11	5.5～7.8

微孔扩散器、水射器接触池、填料塔、机械涡轮注入器和固定螺旋混合器等，见图 10-18。

1) 微孔扩散鼓泡接触塔：它是利用置于塔底部的微孔板将臭氧分散成微小气泡，污水顺流或逆流通过接触塔同臭氧气泡充分接触，剩余尾气由塔顶排出。为了保证处理效果，可使用两塔串联。塔高一般为 4～5m，污水停留时间为 30min。此种接触塔的缺点是其微孔板上的孔易被堵塞。

微孔板的材料有：塑料、陶瓷、刚玉、锡青铜和钛板。其性能指标见表 10-14。

微孔扩散板的性能 表 10-14

种类	孔径(μm)	直径(mm)	厚度(mm)
锡青铜板	60	380	5
多孔陶瓷板	20	50～200	20
微孔塑料板	20	50～200	5～10
刚玉板	20	50～200	—

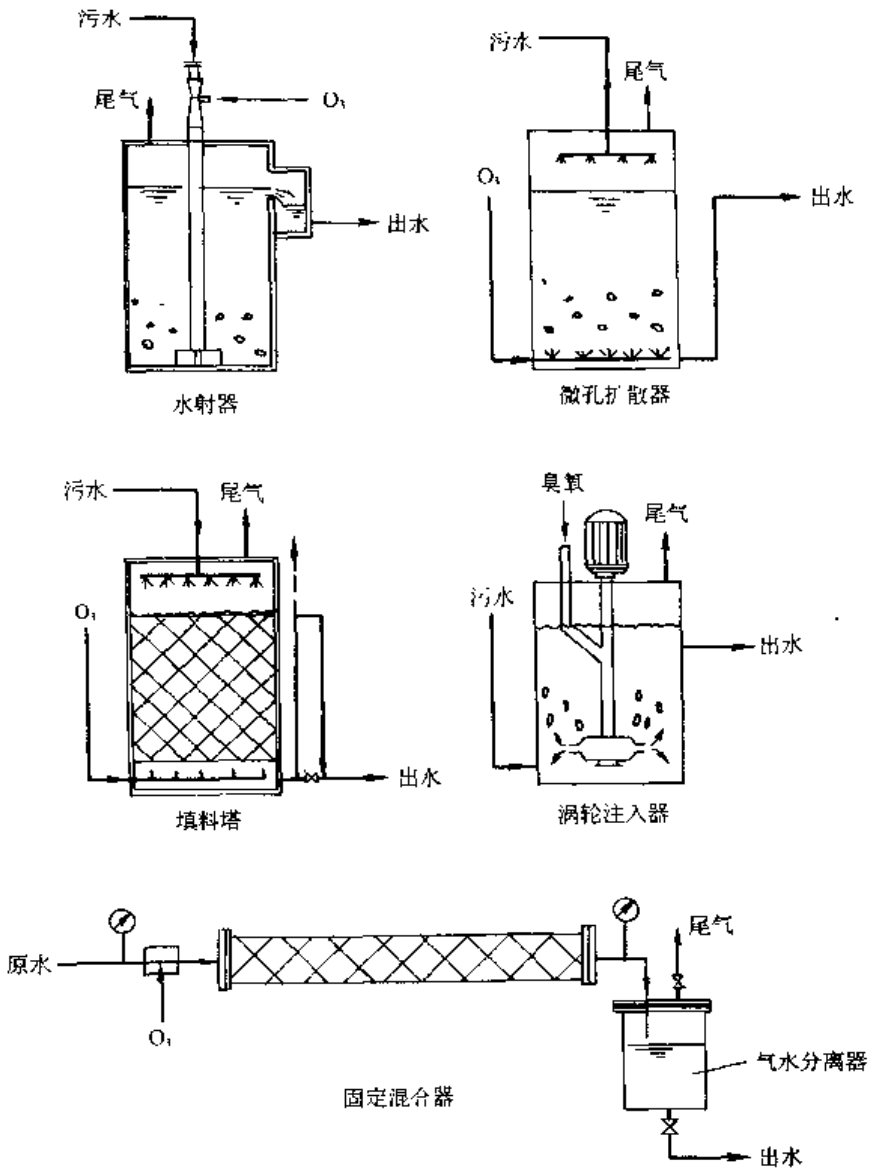


图 10-18　臭氧接触装置示意

2) 水射器臭氧接触池：利用水射器形成负压将臭氧吸入，气水在高流速下充分混合，形成气泡通过混合管再由底部上升，使剩余气体由池顶部排除。水射器性能规格，见表 10-15。

塑料水射器性能规格　　表 10-15

型　号	最高真空度(kPa)	最大吸气量(m^3/h)	工作水压力(MPa)
PSB-20	98.7	30	≥0.25
PSB-60	99.3	100	≥0.25

3) 填料接触塔：是在鼓泡塔内装填各种填料，以不断切割破碎上升的气泡和水流，从而提高气液传质效率及处理效果。填料接触塔高一般为 5～8m，填料充填高度为 1～3m。填

料的种类有：聚丙烯波纹板，聚丙烯阶梯环和鲍尔环等。其中阶梯环质轻效果最好。国产聚丙烯阶梯环特性，见表 10-16。

聚丙烯阶梯环特性　　表 10-16

公称直径 (mm)	实际尺寸 ($d\times H\cdot\delta$)(mm)	个　数 (个/m^3)	比表面积 (m^2/m^3)	空隙率 (m^3/m^3)	堆积重量 (kg/m^3)	平均填料因子 (m^{-1})
25	25×17.5×1.4	81500	228	0.90	97.8	172
50	50×30×1.5	9980	121.8	0.915	76.8	100

4）涡轮注入器：是一种机械气液混合装置。其原理是利用在水下高速转动的叶轮将污水由下部吸入，利用叶轮的离心作用由涡壳四周甩出，臭氧气体利用叶轮转动产生的负压由上部吸入与水剧烈混合接触，形成极小的微气泡，并具有很高的动能，所以传质效果好，加速氧化反应速度。在医院污水消毒处理中，接触时间不超过 10min，臭氧投加量也可减少，对二级生化出水，臭氧投加量为 10～15mg/L。因而缩小了接触池容积和经常运转费用。

涡轮注入器性能规格，见表 10-17。通常医院污水处理采用二级串联，接触箱与注入器系列已由工厂定型生产。

涡轮注入器性能规格　　表 10-17

型　号	电机功率(kW)	最大气体注入量(m^3/h)	备　注
RB-90-200	0.75	25	美国制
RB-110-280	2.2	56	
RB-130-300	4.0	90	
ZR-20	1.1	20	中国制
ZR-60	3	60	

5）固定螺旋混合器：是由安装在管道中的扭曲成 90°角的许多旋片组成，无转动部分，所以称作固定混合器。气液混合体通过管道时，受到固定螺旋的切割并改变流动方向，形成很多反向水层，可使气液混合达到乳化状态，最佳气水比为 1～1.5:1(体积比)。不同接触方式比较，见表 10-18。

不同接触方式比较　　表 10-18

接触方式	臭氧利用率 (%)	要求水头 (MPa)	气体压力 (MPa)	主要应用方面及特点
微孔扩散式	90～99	无	>0.06	给水消毒，简单、易堵塞
负压喷射器	80～95	0.1～0.25	无	给水消毒，用于小投加量
填料塔	90～99	无	>0.06	污水消毒，工业废水处理传质好，填料费用高
涡轮注入器	70～90	无	无	污水消毒，消耗动力用于小水量工业废水处理
固定混合器	70～90	0.1～0.25	>0.06	可用于给水和污水处理

(5) 尾气处理：

臭氧在处理污水过程中，往往不可能百分之百地被污水吸收利用，所以对剩余的尾气中含有的一部分臭氧，如直接排入大气就会污染环境，危害人体健康。为尽可能利用剩余臭氧可将其引入原污水中。如实在不能利用就必须加以处理。尾气处理的方法有燃烧法、活性炭吸附法、化学吸收法和催化分解法等。处理后的尾气中的臭氧含量应小于 0.1mg/L。

臭氧尾气处理方法比较，列于表 10-19。

臭氧尾气处理方法比较　　表 10-19

处理方法	工艺条件	优　缺　点
燃烧法(热分解法)	加热>270℃	简单、可靠、需要消耗能量
活性炭法	固定床吸收柱	适于低浓度臭氧、浓度高时易爆炸
催化分解	蛋加拉特剂固定床	发热，分解快、简单、怕受潮
化学吸收法	还原剂碱液吸收	费　用　高

(6) 医院污水臭氧消毒工艺流程：

1) 使用范围：臭氧消毒在我国开始于 20 世纪 80 年代初期。由于臭氧发生器设备投资较大，要求管理技术水平也高，所以只有少数医院采用。在下列情况下可以考虑臭氧作为消毒剂。

① 传染病医院和传染病房排出的含有肠道病毒，特别是含有肝炎病毒的污水。

② 最终污水排入养鱼塘和渔业水体的污水，采用氯化消毒会由于余氯过高造成鱼类和其它水生生物死亡时。

③ 在某些特殊要求的情况下，如排入某些有特殊要求的水域或水的回收再利用时。

2) 医院污水臭氧处理工艺流程：采用臭氧消毒的医院污水，预处理是十分重要的，往往由于预处理程度不够而影响臭氧消毒的效果，医院污水处理程度要经过技术经济比较确定。污水最好是经过二级处理后再用臭氧消毒。这样可以减少臭氧的投加量，降低设备投资费用和运行费用。

医院污水臭氧消毒基本工艺流程，见图 10-19。

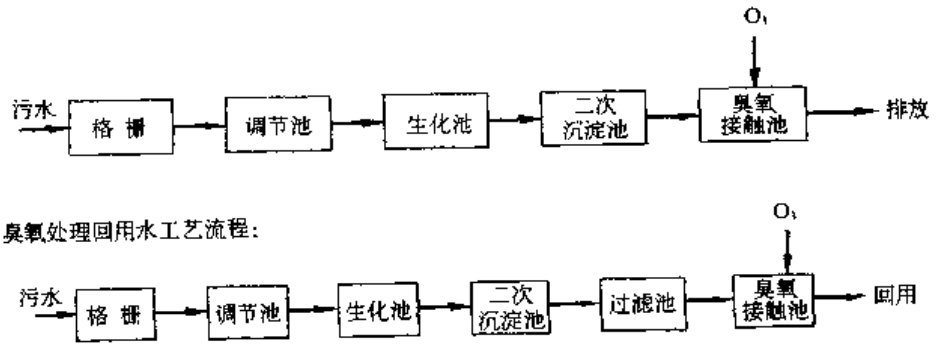


图 10-19　医院污水臭氧消毒基本工艺流程

不同处理工艺流程消毒处理医院污水的试验结果，见表 10-20。

不同处理工艺流程的臭氧处理结果 表 10-20

处理工艺	水样	臭氧投加量(mg/L)	pH	SS(mg/L)	COD(mg/L)	NH_3-N(mg/L)	细菌总数(个/mL)	大肠菌群数(个/L)
自然沉淀+臭氧	原水		6.8	20~120	98~200	6~20	$9\sim33\times10^5$	>238000
	沉淀后		6.8	20~70	73~154	7~14	$4\sim13\times10^5$	>238000
	臭氧后	30	6.8	10~14	65~105	5~10	$2\sim9\times10^2$	230~2300
混凝沉淀+臭氧	原水			30~80	100~250	—	10^{5-7}	>238000
	沉淀后			15~40	56~120	—	10^{5-6}	>238000
	臭氧后	20~50		10-30	54~110	—	10^{2-3}	<900
二级处理+臭氧	二级出水			8~12	22~31		$1\sim4\times10^6$	>238000
	臭氧后	10~20					18~140	230

3) 臭氧消毒工艺设计及设备选择:医院污水臭氧消毒工艺设计,包括预处理工艺设计、臭氧消毒接触系统设计及臭氧发生器配套设备的选择等。预处理工艺指在臭氧消毒之前对医院污水进行的一级处理或二级处理流程。

臭氧消毒医院污水的主要设计参数可通过实验确定,也可参照表 10-21 所列参数设计。

医院污水臭氧消毒主要设计参数 表 10-21

项目	一级处理出水	二级处理出水
臭氧投加量(mg/L)	30~50	10~20
接触时间(min)	30	5~15
大肠菌去除率(%)	99.99	99.99

4) 臭氧处理系统的安全与防护:

① 系统设备管道防腐处理:臭氧具有很强的腐蚀性,在潮湿情况下腐蚀性最强。因此,臭氧发生设备、输送臭氧的管道、阀门及接触反应设备均应采取防腐措施。如使用碳钢材料必须涂防腐涂层。最好使用不锈钢管、玻璃钢管、ABS 塑料管等。接触池在使用钢筋混凝土材料时应加防腐涂层。

一般橡胶不耐臭氧氧化,所以臭氧发生器设备间的电线、电缆等均不能使用橡胶包裹的电线,应使用塑料电线。

② 设置通风排气设备:臭氧具有毒性,空气中臭氧浓度达到 0.1mg/m³ 时就对人的眼、鼻、喉及呼吸道产生刺激作用,在 0.01~0.02mg/m³ 时可闻到嗅味,因此在臭氧设备间应设置通风设备,万一发生泄漏可及时排出臭氧。臭氧比空气重,通风机应安装在靠近地面处。

③ 臭氧输送管道及臭氧设备必须密闭,防止泄漏。在设备运行之前应检查是否泄气,运行中一旦发生泄漏应立即关掉臭氧发生器电源,打开排风扇排除臭氧,再进行检修。

④ 臭氧发生器为单相高压放电设备,应设置接地装置,接地电阻应小于 4Ω。操作应严格按设备使用说明书及有关电器使用要求进行。

⑤ 必须设置尾气处理或尾气回收装置,反应后排出的臭氧尾气必须经过分解破坏或回收利用,达到排放标准,否则将污染大气。

⑥ 臭氧设备间进口应设有面罩、口罩、绝缘鞋等个人防护用具。

5) 臭氧消毒设备布置要点:

① 医院污水臭氧处理站应设置空压机房、臭氧发生器设备间和操作间。空压机房安放空压机，空压机应防振和防止噪声。臭氧发生器间应留有设备检修空间。

② 臭氧接触塔在寒冷地区应设在室内，尾气处理后设排气管排出室外。

③ 根据处理工艺要求设置提升泵房，泵房应尽量靠近处理设备。

④ 应绝对防止臭氧接触塔内的污水通过臭氧管道回流到臭氧发生器。

⑤ 设备间内应有给水排水设施，寒冷地区应有供暖设备。

某医院污水臭氧处理间设备布置，见图 10-20。

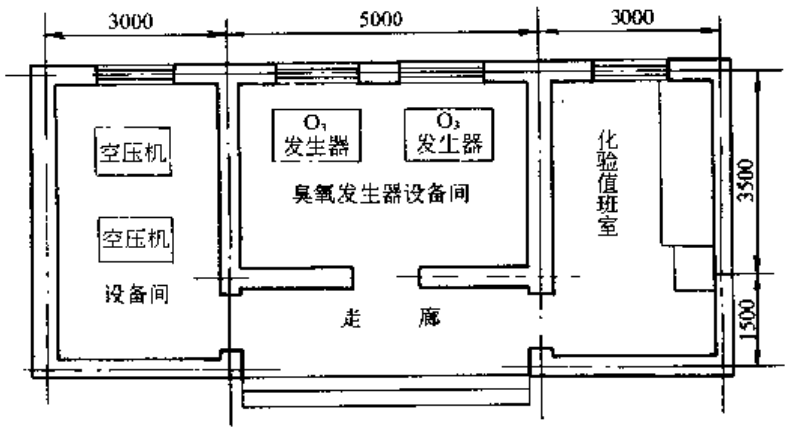


图 10-20　医院污水臭氧处理间平面布置

6）臭氧处理医院污水实例：

① 某传染病医院采用二级处理臭氧接触塔消毒系统，污水经过调节池、沉淀池然后进入二塔式生物滤池，塔滤出水经过沉淀处理后再用泵提升至臭氧接触塔，接触塔高 5m，直径 0.8m内装填料。臭氧发生器采用卧式内管臭氧发生器，臭氧产量 200g/h，处理水量 100m^3/d，其工艺流程见图 10-21。

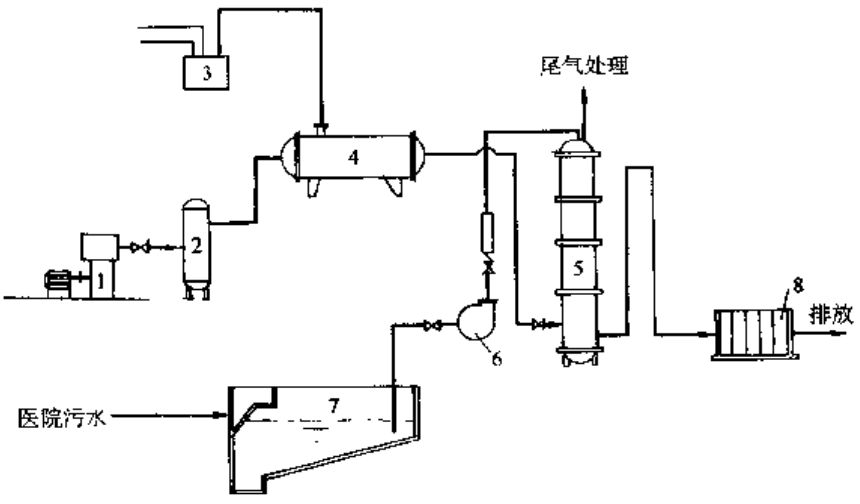


图 10-21　臭氧处理医院污水工艺流程

1—无油空压机；2—贮气罐；3—变压器；4—臭氧发生器；5—臭氧接触塔；6—水泵；7——级沉淀池；8—排放监督池

② 某医院日处理污水量 200m³，污水采用接触氧化法二级处理工艺、生化处理出水采用涡轮注入器接触罐臭氧消毒装置，使用二台 LCF 型臭氧发生器，臭氧产量 200g/台·h 接触时间 12min，出水达到排放标准要求，工艺流程见图 10-22。

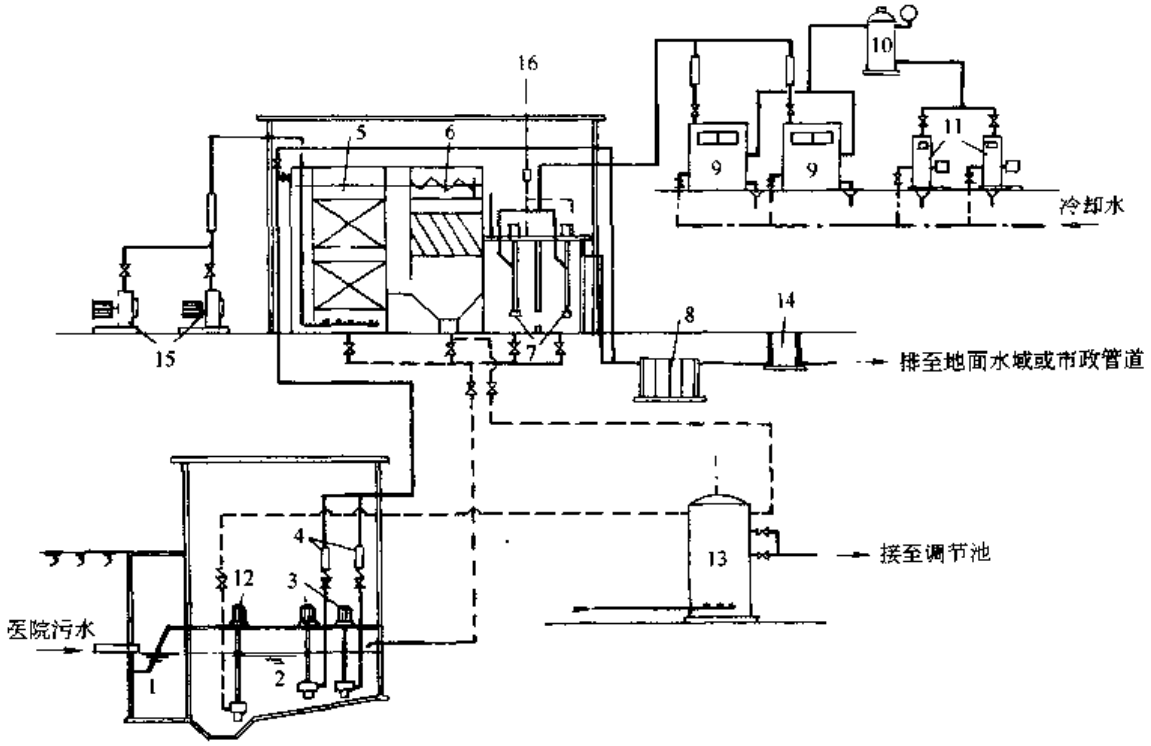


图 10-22 二级处理臭氧消毒工艺流程

1—格栅；2—调节水池；3—立式泵；4—流量计；5—接触氧化池；6—二次沉淀池；7—二级臭氧接触池（涡轮注入器）；8—监督池；9—臭氧发生器；10—贮气罐；11—无油空压机；12—污泥泵；13—污泥消毒罐；14—检查井；15—空压机；16—尾气处理

10.1.4.5 氯片及氯片消毒器

小型医院和门诊部，污水量小，但污染浓度高，若按大型医院修建一套完整的污水处理构筑物和采用液氯进行污水消毒显然是不经济的，液氯消毒还需要较复杂的定比投氯装置，并且液氯具有很强的毒性和腐蚀性，对工作人员的操作、管理水平要求也较高。在边远地区，液氯的贮存、运输和供应都较困难。因此，对小型医院和门诊部采用液氯作为污水处理的消毒剂显然是不合适的。

氯片消毒是利用氯片中所含的有效氯成分随污水流量变化而定量溶出，在污水中保持基本稳定的余氯量而达到定比投氯和消毒。

(1) 氯片：氯片有漂粉精粉片（次氯酸钙 $Ca(OCl)_2$），和三氯异氰尿酸（$C_3Cl_3N_3O_3$）片两种。使用时按一定比例的填充剂混合，用压片机压制而成，定量投加。漂粉精片有效氯含量在 65% 左右。各种漂粉精的主要成分见表 10-22。

各种漂粉精的主要成分　　表 10-22

漂粉精	有效氯(%)	次氯酸钙(%)	氯化钙(%)	氢氧化钙(%)	水分(%)
1#	63.63	64.15	9.92	22.66	0.96
2#	63.24	63.76	9.40	23.65	0.92
3#	70.77	71.35	5.80	4.07	14.11

当次氯酸钙溶于水时，发生如下化学反应：

$$Ca(OCl)_2 + H_2O \longrightarrow 2HOCl + Ca(OH)_2$$

$$2HOCl \xrightarrow{光} 2[O] + 2HCl$$

$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$

北京生产的漂粉精片有小片及大片两种，其规格见表 10-23。

北京生产的氯片规格　　表 10-23

氯片规格	直　径(mm)	厚　度(mm)	重　量(mg/片)	有效氯含量(%)
小　片	ϕ12	5	970	65
大　片	ϕ30	10	1120	65

清华紫光集团工程化学部生产的三氯异氰尿酸有效氯含量为 90%，其溶解度(25℃)为 1.2g/100mL，1%的水溶液其 pH 值为 2.7～2.9。有速溶和缓释两种，又有粉末、颗粒及片状产品。其相对密度分别为 0.96、1.07 及 1.60。消毒片分大、中、小三类，其规格见表 10-24。

三氯异氰尿酸消毒片规格　　表 10-24

规　格	直　径(mm)	厚　度(mm)	重　量(g/片)	有效氯含量(%)
大　片	75	25	200	90
中　片	25	15	15～20	90
小　片	10	3～4	0.5	90

(2) 氯片消毒器：氯片消毒器是一种靠水流溶解氯片的自动定比加氯装置。氯片消毒器有筒式和管式，筒式的氯片筒为一单筒，见图 10-23。管式的氯片筒是由多个管子组成，见图 10-24 所示。多管式比筒式使用可靠。

消毒器内装有氯片，下部是设有条栅的溶药室，污水流经条栅，与其中的氯片接触，随着水流的通过，氯片不断地溶解。氯片又可以依靠重力自然补充其被溶解掉的部分。氯片的溶解量与水流速度和被淹没的深度以及水温有关。水流速度和水深随污水量而变化，水量越大，则水流速度越快，水也越深，氯片溶解得就多；反之溶解得就少。这样，就使得流过消毒器后的污水中保持相对稳定的余氯量，从而达到有效消毒的目的。

根据不同的消毒要求，水中余氯量的多少可以通过调整“调节闸门”的开启度来控制，一旦调整完毕，就不需要经常调节，只要定期填加氯片和测定余氯量即可。筒式氯片消毒器规格，见表 10-25。

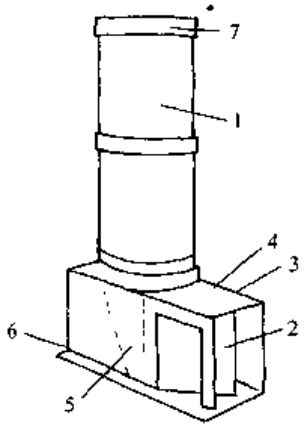


图 10-23 筒式消毒器

1—氯片充填罐;2—分水档板;3—档板调节钮;
4—筒体;5—溶药室;6—过水渠道;7—盖

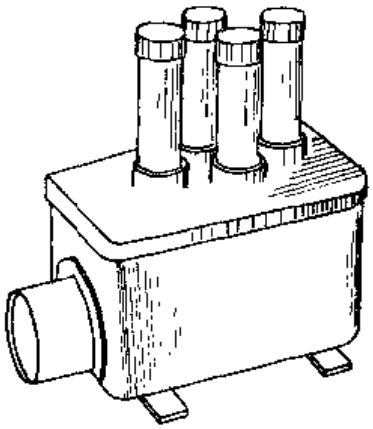


图 10-24 管式消毒器

筒式消毒器规格 表 10-25

规 格	长度(mm)	宽度(mm)	高度(mm)	氯片容量(kg)
小 号	350	150	520	5
大 号	500	220	700	10

(3) 消毒工艺流程:利用氯片消毒器进行消毒时,需要有一定的构筑物和附加装置与其配套,才能收到良好的消毒效果。常用的配套构筑物包括化粪池(或沉淀池)、消毒井、接触池等。

小型医院污水处理消毒流程,见图 10-25。

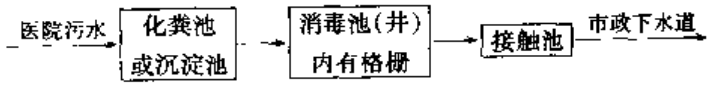


图 10-25 小型医院污水处理消毒工艺流程

化粪池的容积是根据每日门诊人次、住院病人人数及相应的日生活用水量标准(均指最高日)以及污水在化粪池内的停留时间、污泥清掏周期等来确定。经验证明,如果化粪池过小,将会影响处理效果,因此有条件的地方,最好设计沉淀池。

消毒池(井):池内有格栅和细格栅各一道,以防悬浮物进入消毒器内影响效果。池内放置氯片消毒器(内装氯片)。为加快污水的流速,使氯片更容易溶解,池的进口应有 250～300mm 的高差。

接触池:接触池的容积根据接触时间来确定。不同性质的医院污水消毒的接触时间也不同。

根据医院污水水质情况,投氯量一般为 30～50mg/L。接触池的内壁也应使用防氯腐蚀的材料。

10.1.4.6 漂白粉及漂粉精

漂白粉有效氯含量一般为 25%左右。漂粉精片则为 60%左右。在空气中容易分解,使有效氯散失,故贮存时必须特别注意容器密封性,贮存室内应保持干燥。

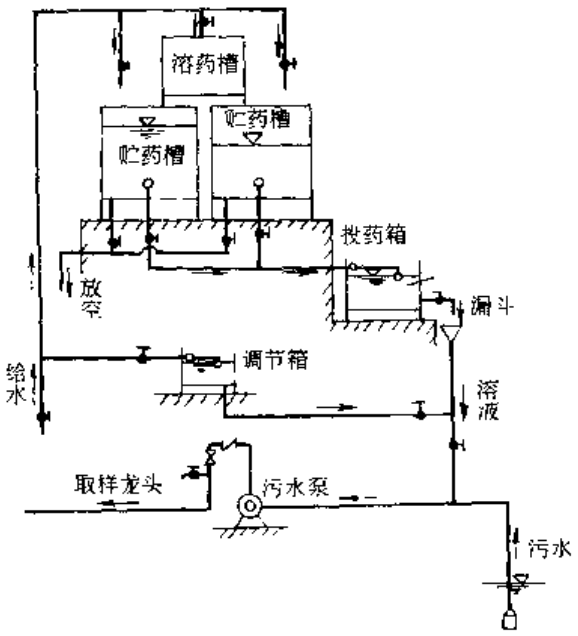


图 10-26　漂粉精溶药及投配系统

漂白粉的投加一般采取三槽溶药系统，即溶药、贮药和投药槽，见图 10-26。贮药槽一般为两个，以便轮换使用。

溶药及贮药槽均考虑防腐，一般用钢板内衬聚氯乙烯板复合材料制成。除给水阀门以外，其它各槽控制阀门均采用防腐隔膜阀、防腐管道及零件。

漂白粉先制成浓度高 1%～2%的澄清液（有效氯含量为 0.2%～0.5%），贮存于贮药槽内，通过投配装置定比投配于污水中。

加氯量及接触时间与液氯相同。

漂白粉贮存间与溶药间应分别为两个房间，药剂贮备量一般按最大日用量的 20～30d 计算。漂粉贮存间应保持干燥，通风良好，不允许接近高温及太阳直射，更不得接近明火。

漂白粉用量，按式(10-2)计算：

$$Q=\frac{Q_1 a}{C\times 1000}\quad (\mathrm{kg/d}) \tag{10-2}$$

式中　Q——漂白粉用量(kg/d)；

Q_1——污水量(m^3/d)；

a——最大加氯量(g/m^3)，一般一级处理后的污水投加量为 30～50g/m^3；二级处理后的污水为 15～25g/m^3；

C——漂白粉有效氯含量(%)，一般采用 20%～25%。

贮药槽容积，按式(10-3)计算：

$$W_1=\frac{Q}{bn\times 1000}\quad (m^3) \tag{10-3}$$

式中　n——每日调制次数；

b——漂白粉溶液浓度(%)，一般为 $b=1\sim2$。

溶药槽容积，按式(10-4)计算：

$$W_2=(0.3\sim0.5)W_1\quad (m^3) \tag{10-4}$$

溶药槽的实际容积应考虑另加 20%的沉渣容积，槽子上部加 0.15m 的超高。

10.1.5 特殊废水处理

在医院除了必须对含菌污水进行清毒处理之外，还要特别注意对含有有毒、有害化学物质的废水、废液以及放射性废水、废物的处理。有毒有害化学物质包括酚、氰、重金属等。1998 年 1 月由国家环境保护局公布的“国家危险废物名录中提出的 47 项危险废物中，大多数为医院的药物消毒剂或废弃物。放射性物质有^{131}碘、^{32}磷、^{198}金等。它们来自临床检验部门、放射科、研究部门、同位素室等。这些废水在排入总污水处理站前，需要进行必要的单独处理。

(1) 酸性废水处理:医院大多数检验项目或制作化学清洗剂时,经常使用大量的硝酸、硫酸、盐酸、过氯酸、三氯乙酸等。这些物质不仅对排水管道有腐蚀作用,而且在某种条件下能引起爆炸,并具有很强的毒性,所以必须严加处理。

对酸性废水通常采用中和处理,如使用氢氧化钠、石灰作为中和剂,将其投入酸性废水中混合搅拌而达到中和目的。一般需控制 pH 值 6～9 方可排放。

(2) 含氰废水处理:在血液、血清、细菌和化学检查分析中常使用氰化钾、氰化钠、铁氰化钾、亚铁氰化钾等含氰化合物,由此而产生含氰废水和废液。氰化物有剧毒,人的口服致死剂量 HCN 平均为 50mg,氰化钠 100mg,氰化钾 120mg。氰化物对鱼类毒性很大,当水中游离氰浓度为 0.05～0.10mg/L 时,许多敏感鱼类致死;浓度在 0.2mg/L 以上时,大多数鱼类会迅速死亡,所以对于含氰废液废水应单独收集处理。

含氰废水的处理方法有:化学氧化法、电解法、离子交换法、活性炭吸附法和生物处理法等。少量的含氰废水最简单的处理方法是化学氧化法,如碱式氯化法。碱式氯化法是将含氰废水放入处理槽内,向槽内加入碱液使废水的 pH 值达到 10～12,然后再投加液氯或次氯酸钠,控制余氯量为 2～7mg/L,处理后的含氰废水浓度可达到排放标准 0.5mg/L。其反应如下:

$$NaCN + 2NaOH + Cl_2 = NaCNO + 2NaCl + H_2O(快)$$

$$2NaCNO + 4NaOH + 3Cl_2 = 2CO_2 + N_2 + 6NaCl + 2H_2O(慢)$$

(3) 含汞废水处理:金属汞主要来自各种口腔门诊和计测仪器仪表中使用的汞。如血压计、温度计、血液气体测定装置、自动血球计算器等。当盛有汞的玻璃管、温度计被打破或操作不当时,都会造成汞的流失。在分析检测和诊断中常使用氯化高汞、硝酸高汞以及硫氰酸高汞等剧毒物质,口腔科为了制作汞合金,汞的用量也比较多。这些都是含汞废水的来源。

汞对环境危害极大,汞进入水体以后可以转化为极毒的有机汞(烷基汞),并且通过食物链富集浓缩,人吃了受汞污染的水产品,甲基汞可以在脑中积累,引起水俣病,严重危害人体健康。汞对水生生物也有严重的危害作用,我国排放标准规定汞的最高允许浓度为 0.05mg/L,饮用水的最高允许浓度为 0.001mg/L。

含汞废水处理方法有铁屑还原法、化学沉淀法、活性炭吸附法和离子交换法。

采用硫氢化钠或硫化钠沉淀法处理含汞废水是一种简单易行的方法。采用硫氢化钠法是将含汞废水先经沉淀后,加盐酸将 pH 调至 5,再加入硫氢化钠,调 pH 至 8～9,再加入硫酸铝溶液进行混凝沉淀,出水含汞浓度可降至 0.05mg/L 以下。硫化钠沉淀法是向含汞废水中加入硫化钠产生硫化汞沉淀,再经活性炭吸附处理。汞的去除率可达 99.9%,出水含汞浓度可达到 0.02mg/L。

(4) 含铬废水处理:重铬酸钾、三氧化铬、铬酸钾是医院在病理、血液检查和化验等工作中使用的化学品。这些废液应单独收集、尽量减少排放量。铬化合物中有三价铬和六价铬两种存在形式。六价铬的毒性大于三价铬。铬化合物对人畜机体有全身致毒作用,还具有致癌和致突变作用。六价铬能使人诱发肺癌、鼻中隔溃疡与穿孔、咽炎、支气管炎、粘膜损伤、皮炎、湿疹和皮肤溃疡等,是重点控制的水污染物之一。

含铬废水处理的方法很多,最简单实用的方法是化学还原沉淀法。其原理是在酸性条件下,向废水中加入还原剂,将六价铬还原成三价铬,然后再加碱中和调节 pH 至 8～9 使之

形成氢氧化铬沉淀，出水中六价铬含量小于0.5mg/L。采用亚硫酸钠和亚硫酸氢钠还原处理含铬废水的反应如下：

$$2H_2CrO_4 + 3Na_2SO_3 + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3Na_2SO_4 + 5H_2O$$

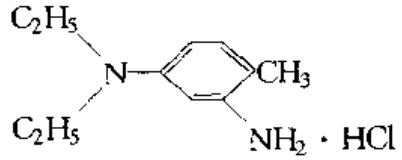
$$2H_2Cr_2O_7 + 6NaHSO_3 + 3H_2SO_4 = 2Cr_2(SO_4)_3 + 3Na_2SO_4 + 8H_2O$$

加氢氧化钠中和沉淀反应如下：

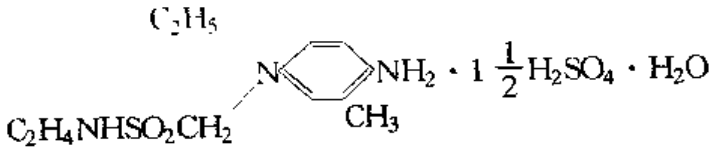
$$Cr_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2Cr(OH)_3\downarrow + 3Na_2SO_4$$

(5) 洗相废水处理：医院放射科照片洗印废水是一个重要污染源，在胶片洗印加工过程中需要使用10多种化学药品，主要是显影剂，定影剂和漂白剂等。

彩色显影剂有CD—2和CD—3，即2—氨基—5—二乙基氨基甲苯盐酸，分子式是

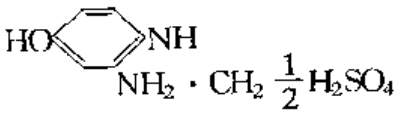


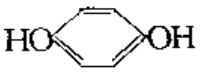
和4—氨基—N—2基—N(β—甲基磺酰胺乙基)—间—甲基苯胺单水$1\frac{1}{2}$硫酸盐，其分子式是：



彩色显影剂不稳定，在空气中易氧化，动物实验证明属中等毒性。

黑白显影剂有米吐尔和对苯二酚，其分子式分别为：





在洗照片的定影液中还含有银，银是一种贵重金属，对水生物和人体具有很大毒性。

照像废液不能随意排入下水道，而应严格的收集和处理。

含银废液可出售给银回收部门处理，如量较大也可自己搞银回收。银的回收方法有电解提银法和化学沉淀法。低浓度的含银废水也可采用离子交换法和活性炭吸附法处理。

洗印显影废液高浓度的收集起来可采用焚烧处理或采用氧化处理法。一般浓度较低的显影废水通过氯化氧化处理其显影剂及氧化产物总量可以降至6mg/L以下。

(6) 其它废液废水处理：医院还使用大量的有机溶剂、消毒剂、杀虫剂及其它药物，如氯仿、乙醚、醛类、乙醇、有机酸类、酮类等等。这些物质应严格禁止向下水道倾倒。

(7) 医用放射性同位素污水处理：在同位素诊断、治疗病人过程中产生放射性污水，排放前必须进行处理达到符合排放管理限值时方可排放。

1) 医用放射性同位素污水的来源：

① 病人服用放射性同位素(如^{131}I)后，所产生的排泄物。

② 清洗病人的药杯、注射器和高强度放射性同位素分装时的移液管等器皿所产生的放射性污水。

③ 医用标记化合物制备和倾倒多余剂量的放射性同位素。

2) 医用放射性同位素的半衰期、年摄入量限值见表10-26。我国《辐射防护规定》

GB 8703—88中明确规定了低放废液的排放原则：

医用放射性同位素的半衰期及其年摄入量限值 表 10-26

元素名称	放射性核素	半衰期	年摄入量限值 ALI(Bq)	
			食入	吸入
碘	^{131}I	8.04d	1×10^{6}	2×10^{6}
磷	^{32}P	14.26d	2×10^{7}	3×10^{7}
钼	^{99}Mo	2.75d	4×10^{7}	1×10^{3}
锝	$^{99}Tc^{m}$	6.02h	3×10^{9}	6×10^{9}
锡	^{113}Sn	115.2d	6×10^{7}	5×10^{7}
铟	$^{113}In^{m}$	1.658h	2×10^{9}	5×10^{9}
钠	^{24}Na	15.02h	1×10^{8}	2×10^{5}
金	^{198}Au	2.696d	5×10^{7}	1×10^{8}
汞	^{203}Hg	46.76d	3×10^{7}	3×10^{7}
铬	^{51}Cr	27.72d	1×10^{9}	2×10^{9}
镱	^{169}Yb	32d	7×10^{7}	3×10^{7}

① 低放废液排放使关键人群组一年所受的剂量只能是下述限值的一部分。即公众成员的年有效剂量当量不超过 1mSv。如果按终生剂量平均的年有效剂量当量不超过 1mSv，则在某些年份里允许以每年 5mSv 作为剂量限值。公众成员的皮肤和眼晶体的年剂量当量限值为 50mSv。

② 低放废液应尽量采用槽式排放。排放前必须进行监测，超过排放管理限值时不得排放。一般不得采用稀释方法，将超过排放管理限值的废液排入环境。

③ 低放废液向江河和海洋排放时，在排放口位置、排放总活度和浓度等方面，都必须得到环境保护部门的批准。排放地域应避开经济鱼类产卵区、水生生物养殖场、盐场、海滨游泳和娱乐场所等，排放口应设在集中取水口的下游。含有长寿命放射性核素(放射性半衰期大于 30a)的废液，严禁向封闭式湖泊排放。

④ 每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$，每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$ 且每次排放后用水进行冲洗的低放废液可以直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道。

3) 医用放射性同位素污水的处理方法：在医院和医疗机构里，同位素室的污水大致分为两部分。一部分为未被放射性同位素污染的污水，它可以按一般生活污水处理排放；另一部分为被放射性同位素污染的污水，它必须经过处理设施，使其放射性浓度降低到国家排放管理限值时方可排放。而在设计中，这两部分污水是各自成为独立系统的。

医院里作为诊断及治疗用的放射性同位素，其特点是核素的半衰期一般较短，毒性较低。目前在我国处理医用放射性同位素污水的方法有以下几种：

① 贮存衰变法：对于浓度高、半衰期较长的放射性污水，一般将其贮存于容器内，使其自然衰变。目前医院同位素室用过的注射器以及多余剂量的放射性同位素，均按规定贮存于容器内。

对于浓度低、半衰期较短的放射性污水，排入地下贮存池，贮存一定时间(一般贮存到该种核素的 10 个半衰期)使其放射性同位素通过自然衰变，当放射性同位素浓度降低到国家

排放管理限值时再行排放。

贮存池有的分两格，也有分三、四、五个格的。以两格为例，其使用方法见图 10-27。

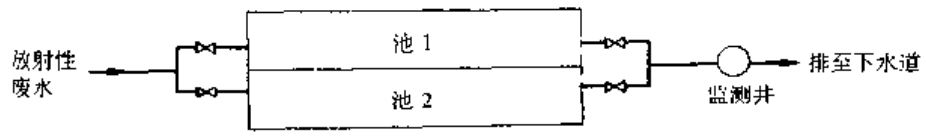


图 10-27　贮存池平面

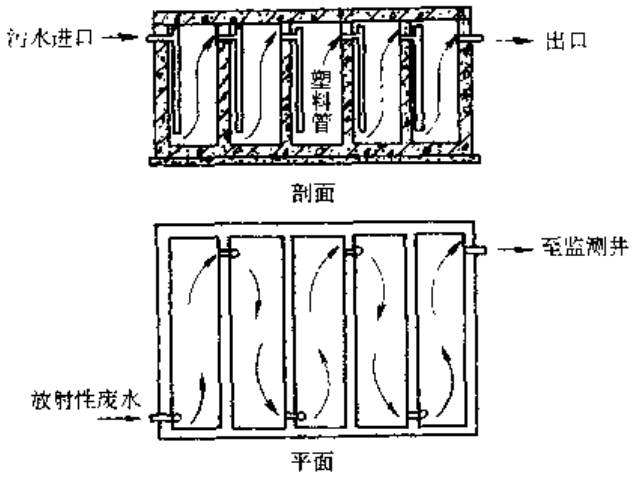


图 10-28　推流衰变池

② 推流贮存衰变法：多格推移流衰变处理池，见图 10-28。它是根据放射性同位素的衰变定律设计，可按式(10-5)计算：

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \qquad (10\text{-}5)$$

式中　A——t 时刻后的放射性浓度(Bq/L)；

A_0——时间 $t = 0$ 时的放射性浓度(Bq/L)；

λ——衰变常数(s^{-1})；

t——衰变时间(s)。

从式(10-5)可知：放射性强度是随时间的增加而减弱的。

多格推移流衰变处理池的设计，一般是以医院同位素室用量最多，且浓度较高的^{131}I为基础，并要求在池出口能满足国家排放管理的限值，以及考虑同位素室用水情况等为依据。根据放射性强度随时间的增加而减弱以及利用水力学推移流的原理，而使放射性同位素的污水在池中自然衰变、混合、稀释。

因全国各地医院同位素室放射性同位素的使用量不同，用水情况也不尽相同。所以在处理池的设计中还应综合考虑下列诸因素：每天排入处理池内放射性同位素的种类及总量、每天排入池内污水的体积、排入污水中放射性同位素的衰变常数、每个小池的容积及所设的小池数、污水在池内应停留的天数等等。衰变池的容积可按放射性污水在推流衰变池中停留时间不少于核素 10 个半衰期 80d。或根据放射性核素的排放总量和排放限值，根据衰变公式计算。若经多格推移流衰变处理池的放射性污水，再与本医院的生活污水相混合稀释，就更加安全可靠。

多格推移流衰变处理池是连续接纳含有放射性同位素的污水并连续排放的处理设施。它不需要附加任何设备，平时也不需要专人维护管理。但是此处理池以及管道零件等应做防腐处理，使之不渗不漏。推流衰变池对于使用毫居里级水平的医用放射性同位素单位的污水处理是适用的。

如先用贮存池“1”(简称池“1”)，出水口闸阀先关闭，待放射性同位素污水排满池“1”后关闭进水闸阀，使用池“2”。同样，先把池“2”出水口的闸阀关闭，待池“2”排满水时，正是池“1”中的放射性污水浓度已衰变到国家排放管理的限值，在时间上相当于贮存池内半衰期最长的一种放射性同位素放置了 10 个半衰期。这时，打开池“1”的出水闸阀，使污水排空后再

使用。然后关闭池"2"的进水闸阀，打开池"1"的进水闸阀，使放射性同位素污水在池内放置自然衰变，两个贮存池交替使用。

含有放射性同位素的污水一般呈酸性，所以贮存池、管道、闸阀等均应采用耐腐蚀材料。贮存池应进行严格防腐、防水处理，保证不渗不漏。

贮存衰变法设备管道简单、管理方便、安全可靠。但贮存池容积大、占地多，一般适合少量放射性污水的处理。

③ 离子交换法：利用离子交换树脂，可以处理污水中的放射性同位素。根据污水中放射性同位素荷电情况，可采用单阴床、单阳床、阴阳复合床或阴阳混合床进行离子交换处理。

若原水采用普通自来水，则离子交换剂的绝大部分交换容量消耗于非放射性物质上，这是很不经济的。所以一般先将放射性污水进行混凝沉淀，再进行离子交换，也可采用去离子水进行放射性物质的清洗。

交换饱和的离子交换剂，一般作为固体废物，按"辐射防护规定"进行贮存。

国产 CQJ-1 型放射性废水超声波清洗净水机，见图 10-29、30。它是在洗涤被放射性污染的口杯、吸管、试管以及各种玻璃器皿的清洗液中引入超声振动，使清洗液产生空化作用而发生强大的机械力，致使各种器皿上所粘附的放射性同位素及其污物脱落。而经超声洗涤后产生的放射性同位素废水，以恒定流速通过 717# 强碱性阴离子交换树脂净化装置进行交换，这样可使 90% 的放射性同位素被截留下来，使含放射性的废水得到净化后再进行排放，交换饱和的废树脂则另行处置。

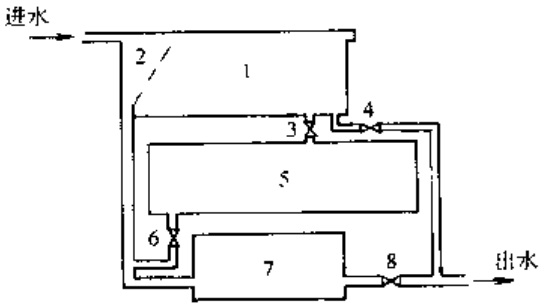


图 10-29 CQJ-1 型放射性废水超声波清洗净水机构造示意

1—清洗槽；2—漏斗；3—蓄水阀；4—直放阀；5—贮水箱；6—流量控制阀；7—净化装置；8—排放阀

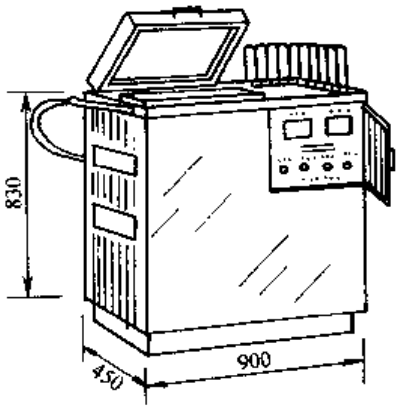


图 10-30 CQJ-1 型放射废水超声波清洗净水机外形

在图 10-29 中，清洗槽水位必须限制在溢流板以下，清洗物必须全部淹没于水中。用排放流量控制阀控制，使含放射性废水以恒定流量通过净化器。对于较高浓度的放射废液，可直接倾倒入清洗槽上的漏斗内，再开启进水阀冲洗，直接进入净化器，使其较长时间与树脂接触而达到较高的净化效果。

本机组兼有超声波洗涤和净化两方面的功能，它使用方便、清洗效果很好，适用于低放射性废水的处理。

10.2 化 粪 池

10.2.1 设 置 条 件

在下列情况下应设置化粪池：

(1) 当城镇没有污水处理厂时，生活粪便污水应设化粪池，经化粪池处理合格后的水方可排入城镇下水道或水体。

(2) 城镇虽有生活污水处理厂的规划，但其建设滞后于建成生活小区，则应在生活小区内设置化粪池。

(3) 一些大、中城市由于排水管网系统较长，为防止粪便淤积堵塞下水道，也要设化粪池。粪便污水经预处理后再排入城市管网。

(4) 城市管网为合流制排水系统时，生活粪便污水应先经化粪池处理后，再排入合流制管网。

(5) 大城市的排水管网对于排放水质有一定要求时，粪便污水也应设化粪池进行预处理。如化粪池处理后的水质仍不符合排放标准时，则需采用深化污水处理措施。

10.2.2 总 容 积 计 算

化粪池总容积，按式(10-6)计算：

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (m^3) \tag{10-6}$$

式中　V——化粪池总容积(m^3)；

V_1——污水部分容积(m^3)；

V_2——污泥部分容积(m^3)；

V_3——保护容积(m^3)。

各部分容积计算如下：

(1) 污水部分容积 V_1：污水部分容积 V_1，按式(10-7)计算：

$$V_1 = \frac{Nq\iota}{24 \times 1000} (m^3) \tag{10-7}$$

式中　N——化粪池实际使用人数，为总人数乘以系数 α(%)，α 值与建筑物类型有关，见表 10-27；

实际使用人数与总人数的百分比　　表 10-27

建筑物类型	α 值(%)
医院、疗养院、幼儿园(有住宿)	100
住宅、集体宿舍、旅馆	70
办公楼、教学楼、工业企业生活间	40
公共食堂、影剧院、体育场、其它类似公共场所(按座位计)	10

q——每人每天的生活污水量 L/(人·d)与用水量相同。如果粪便污水单独排出时，取20～30L/(人·d)；当不同污水量定额的建筑物共用一个化粪池时，q 值可按

式(10-8)计算，

$$q=\Sigma(q_nN_n)/\Sigma N_n \quad [L/(人\cdot d)] \tag{10-8}$$

其中 q_n——各类建筑物污水量定额[L/(人·d)]；

N_n——相应建筑物污水量定额的实际使用人数；

t——污水在化粪池中的停留时间，根据污水量大小选用12～24h；当污水量较小或粪便污水单独排放时，选用上限值，反之可选用下限值。

(2) 污泥部分容积 V_2：污泥部分容积，按式(10-9)计算：

$$V_2=\frac{aNT(1.00-b)K\times 1.2}{(1.00-C)\times 1000} \quad (m^3) \tag{10-9}$$

式中 a——每人每天污泥量[L/(人·d)]，合流制排水时取0.7，粪便污水单独排放时取0.4；

T——污泥清掏周期(d)，根据污水温度和当地气候条件等因素，宜采用3个月～1a，当污水温度和当地气温均较高时取下限值，反之取上限值；

b——进入化粪池中新鲜污泥的含水率，按95%计；

K——污泥发酵后体积缩减系数，按0.8计；

C——化粪池中发酵浓缩后污泥含水率，按90%计；

1.2——清掏污泥后按照遗留20%熟污泥量的容积系数；

N——同式(10-7)。

(3) 保护容积 V_3：根据化粪池容积大小，按照保护层高度为250～450mm设计。

10.2.3 单个化粪池容积确定

(1) 当进入化粪池的污水量小于或等于10m³/d时，应选用双格化粪池。其中第一格容积应占总容积的75%。

(2) 当进入化粪池的污水量大于10m³/d，应采用三格化粪池。第一格容积占总容积的50%，第二、三格容积各占25%。

(3) 当化粪池的总容积超过50m³时，宜设置两个并联的化粪池。

(4) 化粪池最小容积为2.0m³，此化粪池为圆形(又称化粪井)双格连通。每格有效直径不小于1.0m，两格容积相等。

10.2.4 尺 寸 规 定

化粪池的长度、深度、宽度应符合下列要求：

(1) 由水面到池底的深度不得小于1.3m。

(2) 池长不得小于1m。

(3) 宽度不得小于0.75m。

10.2.5 选 型

给水排水标准图集(92S213、92S214)已经列出各种类型和规格的化粪池定型图，其规格从2～100m³。设计只须按照下述步骤从中选用即可。

(1) 根据设计确定的实际使用人数，按第10.2.2节的计算确定化粪池的有效容积及相应的定型图中的容积编号。为了省略计算也可按表10-28、29直接确定容积编号。有关化

粪池容积计算中几个参数的选定：

粪便污水和生活废水合流排入化粪池

最大允许实际使用人数[污泥量:0.7L/(人·d)]　　**表 10-28**

污水量定额[L/(人·d)]	污水停留时间(h)	污泥清挖周期(d)	容积编号													隔墙过水孔高度代号
			1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号	11号	12号	13号	
			有效容积(m^3)													
			2	4	6	9	12	16	20	25	30	40	50	75	100	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
500	12	90	7	14	21	32	43	57	71	89	107	143	178	268	357	
		180	6	13	19	29	39	52	64	81	97	129	161	242	322	
		360	5	11	16	24	32	43	54	67	81	108	135	202	270	
	24	90	4	8	11	17	23	30	38	47	57	75	94	141	189	
		180	4	7	11	16	21	29	36	45	54	71	89	134	178	
		360	3	6	10	14	19	26	32	40	48	64	81	121	161	
400	12	90	9	17	26	39	52	69	87	109	130	174	217	326	434	
		180	8	15	23	35	46	61	77	96	115	154	192	288	384	
		360	6	12	19	28	37	50	62	78	93	125	156	234	312	
	24	90	5	9	14	21	28	37	46	58	70	93	116	174	232	
		180	4	9	13	20	26	35	43	54	65	87	109	163	217	
		360	4	8	12	17	23	31	38	48	58	77	96	144	192	
300	12	90	11	22	33	50	67	89	111	139	166	222	277	416	555	
		180	10	19	29	43	57	76	95	119	143	190	238	356	475	
		360	7	15	22	33	44	59	74	92	111	148	185	277	369	
	24	90	6	12	18	27	36	48	61	76	91	121	151	227	303	A
		180	6	11	17	25	33	44	55	69	83	111	139	208	277	
		360	5	10	14	21	29	38	48	59	71	95	119	178	238	
250	12	90	13	26	39	58	77	103	129	161	193	258	322	483	644	
		180	11	22	32	49	65	86	108	135	162	216	270	404	539	
		360	8	16	24	37	49	65	81	102	122	163	203	305	407	
	24	90	7	14	21	32	43	57	71	89	107	143	178	268	357	
		180	6	13	19	29	39	52	64	81	97	129	161	242	322	
		360	5	11	16	24	32	43	54	67	81	108	135	202	270	
200	12	90	15	31	46	69	92	123	154	192	230	307	384	576	768	
		180	12	25	37	56	75	100	125	156	187	249	312	467	623	
		360	9	18	27	41	54	72	91	113	136	181	226	339	453	
	24	90	9	17	26	39	52	69	87	109	130	174	217	326	434	
		180	8	15	23	35	46	61	77	96	115	154	192	288	384	
		360	6	12	19	28	37	50	62	78	93	125	156	234	312	
150	12	90	19	38	57	86	114	152	190	238	285	380	475	713	950	
		180	15	30	44	66	89	118	148	185	221	295	369	554	738	
		360	10	20	31	46	61	82	102	128	153	204	255	383	510	B
	24	90	11	22	33	50	67	89	111	139	166	222	277	416	555	
		180	10	19	29	43	57	76	95	119	143	190	238	356	475	A
		360	7	15	22	33	44	59	74	92	111	148	185	277	369	

续表

污水量定额[L/(人·d)]	污水停留时间(h)	污泥清挖周期(d)	容积编号													隔墙过水孔高度代号
			1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号	11号	12号	13号	
			有效容积(m^3)													
			2	4	6	9	12	16	20	25	30	40	50	75	100	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
125	12	90	22	43	65	97	129	173	216	270	323	431	539	809	1078	A
		180	16	33	49	73	98	130	163	203	244	325	407	610	813	
		360	11	22	33	49	65	87	109	136	164	218	273	409	545	B
	24	90	12	25	37	56	75	100	125	156	187	250	312	468	624	
		180	11	22	32	49	65	86	108	135	162	216	270	404	539	
		360	8	16	24	37	49	65	81	101	122	163	203	305	407	A
100	12	90	25	50	75	112	150	199	249	312	374	499	623	935	1246	
		180	18	36	54	81	109	145	181	226	272	362	453	679	905	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	178	234	292	439	585	B
	24	90	15	31	46	69	92	123	154	192	230	307	384	576	768	
		180	12	25	37	56	75	100	125	156	187	249	312	467	623	A
		360	9	18	27	41	54	72	91	113	136	181	226	339	453	
50	12	90	36	72	109	163	217	290	362	453	543	724	905	1358	1810	
		180	23	46	69	104	139	185	231	289	351	468	585	877	1170	B
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	198	265	331	496	661	
	24	90	25	50	75	112	150	199	249	312	374	499	623	935	1246	A
		180	18	36	54	81	109	145	181	226	272	362	453	679	905	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	175	234	292	439	585	
35	12	90	42	84	126	189	251	335	419	524	628	838	1047	1571	2095	B
		180	23	46	69	104	139	185	231	289	385	513	641	962	1282	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	198	265	331	496	661	
	24	90	31	61	92	138	184	245	307	383	460	613	766	1150	1533	A
		180	21	42	63	94	126	168	209	262	314	419	524	786	1047	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	192	256	321	481	641	B
25	12	90	46	93	139	208	278	370	463	579	702	936	1170	1755	2340	
		180	23	46	69	104	139	185	231	289	397	529	661	992	1323	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	198	265	331	496	661	
	24	90	36	72	109	163	217	290	362	453	543	724	905	1358	1810	A
		180	23	46	69	104	139	185	231	289	351	468	585	877	1170	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	198	265	331	496	661	
20	12	90	46	93	139	208	278	370	463	579	746	994	1243	1864	2485	
		180	23	46	69	104	139	185	231	289	397	529	661	992	1323	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	198	265	331	496	661	
	24	90	40	80	119	179	239	318	398	498	597	796	995	1493	1990	
		180	23	46	69	104	139	185	231	289	373	497	621	932	1243	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	198	265	331	496	661	B
10	12	90	46	93	139	208	278	370	463	579	794	1058	1323	1984	2645	
		180	23	46	69	104	139	185	231	289	397	529	661	992	1323	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	198	265	331	496	661	
	24	90	46	93	139	208	278	370	463	579	746	994	1243	1864	2485	
		180	23	46	69	104	139	185	231	289	397	529	661	992	1323	
		360	12	23	35	52	69	93	116	145	198	265	331	496	661	

粪便污水单独排入化粪池最大允许实际使用人数[污泥量:0.4L/(人·d)]　表 10-29

污水量定额[L/(人·d)]	污水停留时间(h)	污泥清挖周期(d)	容积编号													隔墙过水孔高度代号
			1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号	11号	12号	13号	
			有效容积 (m^3)													
			2	4	6	9	12	16	20	25	30	40	50	75	100	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
30	12	90	62	124	186	279	372	496	620	774	929	1239	1549	2323	3098	A
		180	40	81	121	182	242	323	404	504	605	807	1009	1513	2018	B
		360	20	41	61	91	122	162	203	253	347	463	579	868	1157	
	24	90	42	85	127	190	254	338	423	529	635	846	1058	1586	2115	A
		180	31	62	93	139	186	248	310	387	465	620	774	1162	1549	
		360	20	40	61	91	121	161	202	252	303	404	504	757	1009	B
20	12	90	73	147	220	330	440	587	733	916	1100	1466	1833	2749	3666	
		180	40	81	122	182	243	324	405	506	673	898	1122	1683	2244	
		360	20	41	61	91	122	162	203	253	347	463	579	868	1157	
	24	90	54	107	161	241	322	429	536	671	805	1073	1341	2012	2682	A
		180	37	73	110	165	220	293	367	458	550	733	916	1375	1833	B
		360	20	41	61	91	122	162	203	253	337	449	561	842	1122	

1) 实际使用人数的选定:一般情况下设计总人数,应由建设单位(用户)提供,再乘以 α 值即可得出实际使用人数值。有些情况下总人数无法直接得到。此时,可根据卫生设备设置数量(其值是建筑专业设计人员按照《工业企业设计卫生标准》和其它规范的要求确定的)和单个卫生器具的使用人数(由建筑排水部分给定),二者相乘即可得出设计总人数,再乘以 α 值可得出实际使用人数。

2) 污水停留时间:污水停留时间的长短反映污水的硝化程度。停留时间越长,硝化效果越好。有条件时,宜选用停留时间较长的数值。但是,由于场地条件的限制、污水量较大、停留时间长时,则化粪池容积较大、占地也较大。故一般要求,只要条件许可尽量选用停留时间长一些。但如场地条件不够、污水量较大时,只好选用停留时间短一些。

3) 污泥清掏周期:污泥清掏周期是由污泥腐化周期决定的。污泥腐化周期与环境温度有关,环境平均温度越高,污泥腐化周期越短;反之越长。为此,一般规定在我国南方地区污泥清掏周期,可以短一些,采用 90d;过渡地区长一些采用 180d;我国北方地区要求长达 360d。

此外化粪池清掏周期还与市区环境卫生要求有关。为避免清掏时造成的环境污染,宜尽量减少清掏次数,一般清掏周期选用 1a 一次较好。

4) 化粪池容积:为了节省投资和减少占地,化粪池容积不宜过大。影响化粪池容积的主要因素是进入化粪池污水量的大小。有条件时应尽量采用分流制排水系统,使进入化粪池的污水量仅是生活粪便污水,可使化粪池容积缩小。同时要求不需要进入化粪池处理的其它排水,如生活废水、工业排水等,可设置跨越管排入化粪池出口后的排水系统中。

(2) 根据化粪池周围环境要求(如是否允许渗漏)和当地材料供应情况及工期要求,确定采用砖或钢筋混凝土材料。

(3) 根据化粪池进水管标高确定化粪池埋置深度。

(4) 根据当地气温条件决定采用池顶覆土或不覆土。

(5) 根据当地地下水位(高于或低于化粪池池底)和池顶过车与否采用相应化粪池类型。

10.2.6 型号及外形尺寸

(1) 化粪池型号含义说明:根据标准图集中的化粪池型号由5个标注代号组成,即×—××××。第1个表示池型编号,第2个表示有效容积,第3个表示隔墙过水孔高度,第4个表示地下水情况代号,第5个表示地面活荷载情况。标注代号和化粪池型的对照见表10-30。

标准图集中化粪池标注代号与池型对照 **表 10-30**

序 号	池 号	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号	11号	12号	13号
1	标注代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	有效容积(m^3)	2	4	6	9	12	16	20	25	30	40	50	75	100
	标注代号	2	4	6	9	12	16	20	25	30	40	50	75	100
3	隔墙过水孔高度	低 孔 位						高 孔 位						
	标注代号	A						B						
4	地 下 水	无地下水						有地下水						
	标注代号	0						1						
5	地面活荷载	不过汽车						可过汽车						
	标注代号	0						1						

选型示例:8—25A01,表示池号8号,有效容积25m^3,隔墙过水孔高度为低孔位,无地下水,可过汽车的化粪池。

(2) 各类化粪池系列型号:为便于设计选用,现将各种类型化粪池系列型号与标准图集号,列于表10-31~34。

砖砌化粪池(不覆土)型号 **表 10-31**

图集号	池号	有效容积(m^3)	无地下水				有地下水			
			地面不过汽车		地面可过汽车		地面不过汽车		地面可过汽车	
			孔位 A	B	A	B	A	B	A	B
92S213(一)	1	2	1-2A00	1-2B00	1-2A01	1-2B01	1-2A10	1-2B10	1-2A11	1-2B11
	2	4	2-4A00	2-4B00	2-4A01	2-4B01	2-4A10	2-4B10	2-4A11	2-4B11
	3	6	3-6A00	3-6B00	3-6A01	3-6B01	3-6A10	3-6B10	3-6A11	3-6B11
	4	9	4-9A00	4-9B00	4-9A01	4-9B01	4-9A10	4-9B10	4-9A11	4-9B11
	5	12	5-12A00	5-12B00	5-12A01	5-12B01	5-12A10	5-12B10	5-12A11	5-12B11
92S213(二)	6	16	6-16A00	6-16B00	6-16A01	6-16B01	6-16A10	6-16B10	6-16A11	6-16B11
	7	20	7-20A00	7-20B00	7-20A01	7-20B01	7-20A10	7-20B10	7-20A11	7-20B11
	8	25	8-25A00	8-25B00	8-25A01	8-25B01	8-25A10	8-25B10	8-25A11	8-25B11
	9	30	9-30A00	9-30B00	9-30A01	9-30B01	9-30A10	9-30B10	9-30A11	9-30B11
	10	40	10-40A00	10-40B00	10-40A01	10-40B01	10-40A10	10-40B10	10-40A11	10-40B11
	11	50	11-50A00	11-50B00	11-50A01	11-50B01	11-50A10	11-50B10	11-50A11	11-50B11

砖砌化粪池(覆土)型号　　表 10-32

图集号	池号	有效容积(m^3)	无地下水				有地下水			
			地面不过汽车		地面可过汽车		地面不过汽车		地面可过汽车	
			孔位 A	B	A	B	A	B	A	B
92S213(三)	1	2	1-2A00	1-2B00	1-2A01	1-2B01	1-2A10	1-2B10	1-2A11	1-2B11
	2	4	2-4A00	2-4B00	2-4A01	2-4B01	2-4A10	2-4B10	2-4A11	2-4B11
	3	6	3-6A00	3-6B00	3-6A01	3-6B01	3-6A10	3-6B10	3-6A11	3-6B11
	4	9	4-9A00	4-9B00	4-9A01	4-9B01	4-9A10	4-9B10	4-9A11	4-9B11
	5	12	5-12A00	5-12B00	5-12A01	5-12B01	5-12A10	5-12B10	5-12A11	5-12B11
92S213(四)	6	16	6-16A00	6-16B00	6-16A01	6-16B01	6-16A10	6-16B10	6-16A11	6-16B11
	7	20	7-20A00	7-20B00	7-20A01	7-20B01	7-20A10	7 20B10	7-20A11	7-20B11
	8	25	8-25A00	8-25B00	8-25A01	8-25B01	8-25A10	8-25B10	8-25A11	8-25B11
	9	30	9-30A00	9-30B00	9-30A01	9-30B01	9-30A10	9-30B10	9-30A11	9-30B11
	10	40	10-40A00	10-40B00	10-40A01	10-40B01	10-40A10	10-40B10	10-40A11	10-40B11
	11	50	11-50A00	11-50B00	11-50A01	11-50B01	11-50A10	11-50B10	11-50A11	11-50B11
	12	75	12-75A00	12-75B00	12-75A01	12-75B01	12-75A10	12-75B10	12-75A11	12-75B11
	13	100	13-100A00	13-100B00	13-100A01	13-100B01	13-100A10	13-100B10	13-100A11	13-100B11
92S213(五)	$12_{\text{双}}$	75	12-75A00	12-75B00	12-75A01	12-75B01	12-75A10	12-75B10	12-75A11	12-75B11
	$13_{\text{双}}$	100	13-100A00	13-100B00	13-100A01	13-100B01	13-100A10	13-100B10	13-100A11	13-100B11

钢筋混凝土化粪池(不覆土)型号　　表 10-33

图集号	池号	有效容积(m^3)	无地下水				有地下水			
			地面不过汽车		地面可过汽车		地面不过汽车		地面可过汽车	
			孔位 A	B	A	B	A	B	A	B
92S214(一)	1	2	1-2A00	1-2B00	1-2A01	1-2B01	1-2A10	1-2B10	1-2A11	1-2B11
	2	4	2-4A00	2-4B00	2-4A01	2-4B01	2-4A10	2-4B10	2-4A11	2-4B11
	3	6	3-6A00	3-6B00	3-6A01	3-6B01	3-6A10	3-6B10	3-6A11	3-6B11
	4	9	4-9A00	4-9B00	4-9A01	4-9B01	4-9A10	4-9B10	4-9A11	4-9B11
	5	12	5-12A00	5-12B00	5-12A01	5-12B01	5-12A10	5-12B10	5-12A11	5-12B11
92S214(二)	6	16	6-16A00	6-16B00	6-16A01	6-16B01	6-16A10	6-16B10	6-16A11	6-16B11
	7	20	7-20A00	7-20B00	7-20A01	7-20B01	7-20A10	7-20B10	7-20A11	7-20B11
	8	25	8-25A00	8-25B00	8-25A01	8-25B01	8-25A10	8-25B10	8-25A11	8-25B11
	9	30	9-30A00	9-30B00	9-30A01	9-30B01	9-30A10	9-30B10	9-30A11	9-30B11
	10	40	10-40A00	10-40B00	10-40A01	10-40B01	10-40A10	10-40B10	10-40A11	10-40B11
	11	50	11-50A00	11-50B00	11-50A01	11-50B01	11-50A10	11-50B10	11-50A11	11-50B11

钢筋混凝土化粪池(覆土)型号 表 10-34

图集号	池号	有效容积 (m^3)	无地下水				有地下水			
			地面不过汽车		地面可过汽车		地面不过汽车		地面可过汽车	
			孔位 A	B	A	B	A	B	A	B
92S214 (三)	1	2	1-2A00	1-2B00	1-2A01	1-2B01	1-2A10	1-2B10	1-2A11	1-2B11
	2	4	2-4A00	2-4B00	2-4A01	2-4B01	2-4A10	2-4B10	2-4A11	2-4B11
	3	6	3-6A00	3-6B00	3-6A01	3-6B01	3-6A10	3-6B10	3-6A11	3-6B11
	4	9	4-9A00	4-9B00	4-9A01	4-9B01	4-9A10	4-9B10	4-9A11	4-9B11
	5	12	5-12A00	5-12B00	5-12A01	5-12B01	5-12A10	5-12B10	5-12A11	5-12B11
92S214 (四)	6	16	6-16A00	6-16B00	6-16A01	6-16B01	6-16A10	6-16B10	6-16A11	6-16B11
	7	20	7-20A00	7-20B00	7-20A01	7-20B01	7-20A10	7-20B10	7-20A11	7-20B11
	8	25	8-25A00	8-25B00	8-25A01	8-25B01	8-25A10	8-25B10	8-25A11	8-25B11
	9	30	9-30A00	9-30B00	9-30A01	9-30B01	9-30A10	9-30B10	9-30A11	9-30B11
	10	40	10-40A00	10-40B00	10-40A01	10-40B01	10-40A10	10-40B10	10-40A11	10-40B11
	11	50	11-50A00	11-50B00	11-50A01	11-50B01	11-50A10	11-50B10	11-50A11	11-50B11
	12	75	12-75A00	12-75B00	12-75A01	12-75B01	12-75A10	12-75B10	12-75A11	12-75B11
	13	100	13-100A00	13-100B00	13-100A01	13-100B01	13-100A10	13-100B10	13-100A11	13-100B11
92S214 (五)	$12_{双}$	75	12-75A00	12-75B00	12-75A01	12-75B01	12-75A10	12-75B10	12-75A11	12-75B11
	$13_{双}$	100	13-100A00	13-100B00	13-100A01	13-100B01	13-100A10	13-100B10	13-100A11	13-100B11

(3) 各类化粪池埋置深度及占地外形尺寸:各类化粪池埋置深度及占地外形尺寸见表10-35、36。化粪池埋置深度取决于设计确定的进水管管底标高。表中给出了进水管管内底埋深从0.5～2.5m的化粪池的埋置深度,占地尺寸为化粪池最大外形尺寸。

砖砌化粪池进水管管内底埋置深度及占地外形尺寸 表 10-35

图集号	池号	进水管管内底埋深 (m)	占地尺寸 (m)					
			无地下水			有地下水		
			长	宽	深	长	宽	深
92S213 (一)	1	0.55～0.95	3.07	1.43	2.45～2.85	3.53	1.89	2.35～2.75
	2	0.55～0.95	5.28	1.69	2.45～2.85	5.48	1.89	2.35～2.75
	3	0.55～0.95	5.23	1.94	2.65～3.05	5.67	2.38	2.55～2.95
	4	0.55～0.95	6.47	2.44	2.65～3.05	6.81	2.88	2.55～2.95
	5	0.55～0.95	6.47	2.44	3.15～3.55	6.81	2.88	3.05～3.45
92S213 (二)	6	0.55～0.95	7.92	2.94	2.75～3.15	8.26	3.38	2.65～3.05
	7	0.55～0.95	7.92	3.44	2.75～3.15	8.26	3.88	2.65～3.05
	8	0.55～0.95	7.92	3.44	3.15～3.55	8.26	3.88	3.05～3.45
	9	0.55～0.95	7.92	3.44	3.55～3.95	8.26	3.88	3.45～3.85
	10	0.55～0.95	9.32	3.44	3.65～4.05	9.66	3.88	3.55～3.95
	11	0.55～0.95	10.92	3.44	3.65～4.05	11.26	3.88	3.55～3.95
92S213 (三)	1	0.85～2.50	3.07	1.43	2.75～4.40	3.53	1.89	2.65～4.30
	2	0.85～2.50	5.28	1.69	2.75～4.40	5.48	1.89	2.65～4.30
	3	0.85～2.50	5.23	1.94	2.95～4.60	5.67	2.38	2.85～4.50
	4	0.85～2.50	6.47	2.44	2.95～4.60	6.81	2.88	2.85～4.50
	5	0.85～2.50	6.47	2.44	3.45～5.10	6.81	2.88	3.35～5.00

续表

图集号	池号	进水管管内底埋深(m)	占地尺寸(m)					
			无地下水			有地下水		
			长	宽	深	长	宽	深
92S213(四)	6	0.85~2.50	7.92	2.94	3.05~4.70	8.26	3.38	2.95~4.60
	7	0.85~2.50	7.92	3.44	3.05~4.70	8.26	3.88	2.95~4.60
	8	0.85~2.50	7.92	3.44	3.45~5.10	8.26	3.88	3.35~5.00
	9	0.85~2.50	7.92	3.44	3.85~5.50	8.26	3.88	3.75~5.40
	10	0.85~2.50	9.32	3.44	3.95~5.60	9.66	3.88	3.85~5.50
	11	0.85~2.50	10.92	3.44	3.95~5.60	11.26	3.88	3.85~5.50
	12	0.85~2.50	14.26	3.68	4.20~5.85	14.49	4.14	4.10~5.75
	13	0.85~2.50	15.46	4.18	4.20~5.85	15.69	4.64	4.10~5.75
92S213(五)	$12_{双}$	0.85~2.50	9.76	6.31	4.15~5.80	10.20	6.75	4.05~5.70
	$13_{双}$	0.85~2.50	11.56	6.31	4.15~5.80	12.00	6.75	4.05~5.70

钢筋混凝土化粪池进水管管内底埋置深度及占地外形尺寸　　表 10-36

图集号	池号	进水管管内底埋深(m)	占地尺寸(m)(无地下水及有地下水)		
			长	宽	深
92S214(一)	1	0.50~0.95	2.90	1.35	2.30~2.75
	2	0.50~0.95	4.85	1.35	2.30~2.75
	3	0.50~0.95	4.80	1.60	2.50~2.95
	4	0.50~0.95	5.95	2.10	2.50~2.95
	5	0.50~0.95	5.95	2.10	3.00~3.45
92S214(二)	6	0.50~0.95	7.15	2.60	2.60~3.05
	7	0.50~0.95	7.15	3.10	2.60~3.05
	8	0.50~0.95	7.15	3.10	3.00~3.45
	9	0.50~0.95	7.15	3.10	3.40~3.85
	10	0.50~0.95	8.55	3.10	3.50~3.95
	11	0.50~0.95	10.15	3.10	3.50~3.95
92S214(三)	1	0.75~2.50	2.90	1.35	2.55~4.30
	2	0.75~2.50	4.85	1.35	2.55~4.30
	3	0.75~2.50	4.80	1.60	2.75~4.50
	4	0.75~2.50	5.95	2.10	2.75~4.50
	5	0.75~2.50	5.95	2.10	3.25~5.00
92S214(四)	6	0.75~2.50	7.15	2.60	2.85~4.60
	7	0.75~2.50	7.15	3.10	2.85~4.60
	8	0.75~2.50	7.15	3.10	3.25~5.00
	9	0.75~2.50	7.15	3.10	3.65~5.40
	10	0.75~2.50	8.55	3.10	3.75~5.50
	11	0.75~2.50	10.15	3.10	3.75~5.50
	12	0.75~2.50	13.35	3.20	4.00~5.75
	13	0.75~2.50	14.55	3.70	4.00~5.75
92S214(五)	$12_{双}$	0.75~2.50	9.00	5.80	3.85~5.60
	$13_{双}$	0.75~2.50	10.80	5.80	3.85~5.60

10.2.7 布置要求

(1) 化粪池距地下取水给水构筑物净距不得小于30m,距建筑物净距不得小于5m。

(2) 化粪池的位置应便于清掏。

(3) 未经隔油处理的油脂污水不得进入化粪池,以免影响腐化效果。

(4) 医院生活污水的化粪池应设在消毒池前,化粪池污水停留时间为36h。

10.3 隔油池(器)

10.3.1 应用范围

在民用建筑和小型工业建筑中隔油池主要应用于下列范围:

(1) 公共食堂、餐厅、厨房及洗涤排水系统。

(2) 肉类、食品加工的排水系统。

(3) 含有少量汽油、煤油、柴油及其它工业用油的污水系统,如汽车库及维修车间等。

10.3.2 隔油池计算

(1) 隔油池的设计流量按最大秒流量计算。

(2) 隔油池内的污水流速:

1) 含食用油污水不得大于0.005m/s。

2) 含汽油、煤油、柴油及其它油类的污水为0.002~0.01m/s。

(3) 隔油池停留时间:

1) 含食用油的污水为2~10min。

2) 含汽油、煤油、柴油及其它油类污水一般为0.5~10min。

(4) 隔油池的清除时间一般为6~7d。

(5) 隔油池内存油部分的容积不得小于该池有效容积的25%。

(6) 隔油池出水管管底至池底的深度不得小于0.6m。

(7) 隔油池沉渣计算:

1) 营业餐厅残渣量为15g/(人·餐)。

2) 职工餐厅残渣量为10g/(人·餐)。

3) 残渣量含水率为99.2%。

4) 清除周期按6d计。

5) 污水中挟带其它沉淀物时,在排入隔油池前,应经沉砂处理或在隔油池内附有沉淀部分容积。

(8) 隔油池污水有效容积计算:

隔油池的有效容积,按式(10-10)计算:

$$V = Q_{max} \times 60 \quad (m^3) \tag{10-10}$$

式中 V——有效容积(m^3);

Q_{max}——污水最大秒流量(m^3/s),对于餐厅的污水最大秒流量,可按下述标准选用:营业餐厅 20L(人·餐),工作时间 12h/d,$K=2.0$;职工餐厅 15L/(人·餐),工作时间 9h/d,$K=2.0$;

t——污水在池内停留时间(min)。

10.3.3 构造和选型

(1) 隔油池(器)构造见图 10-31、32。

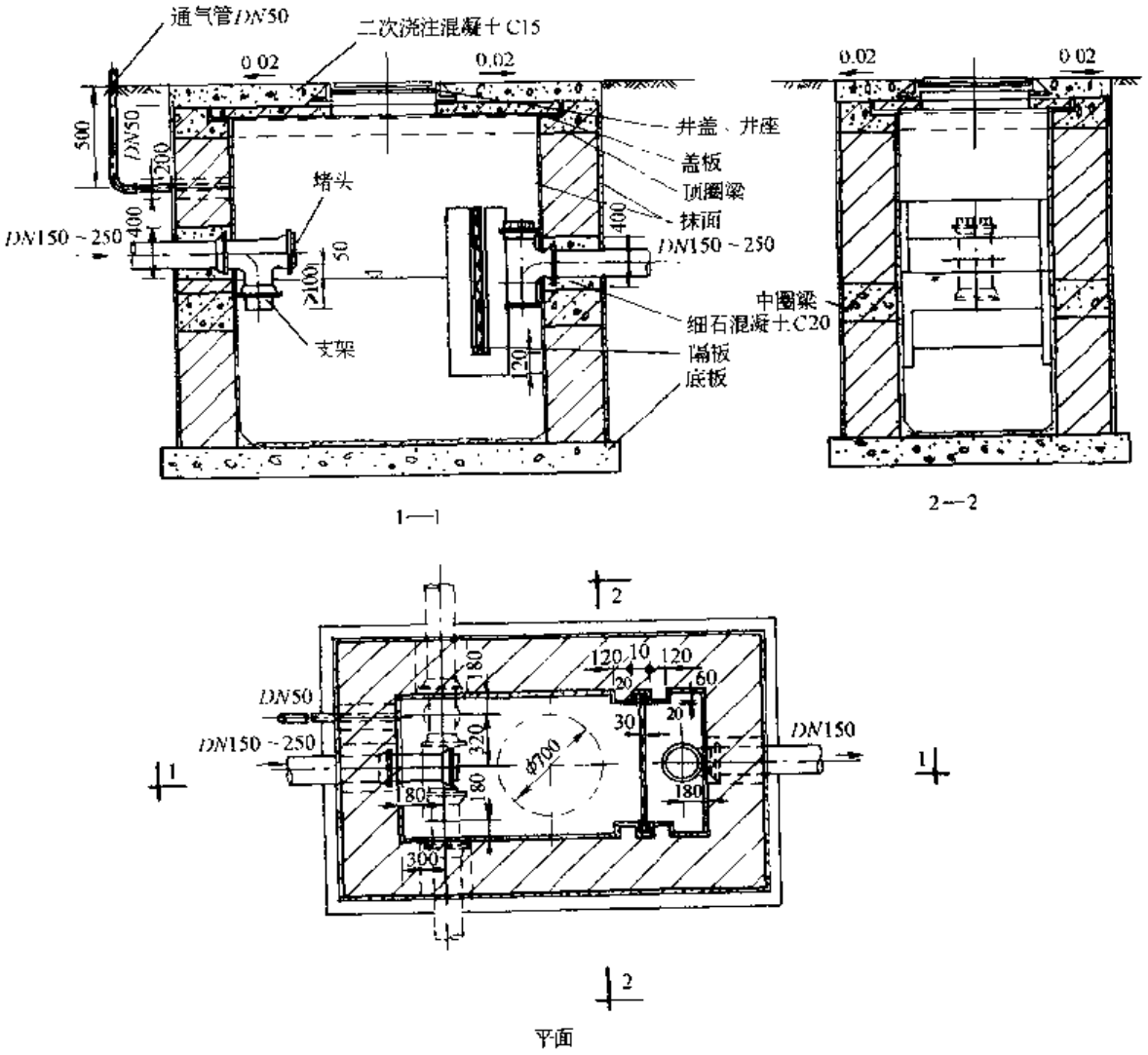


图 10-31　隔油池构造

(2) 隔油池(器)的选用:对于餐厅排水已有国家标准图集 93S217 可供选用。标准图集有四种规格,有效容积从 0.53～2.3m^3,分为有无地下水、有无覆土、有无地面过车等几种类型。设计时只要根据就餐人数和设计条件直接选用。

对于其它行业,也可根据计算得出的有效容积参照选用。

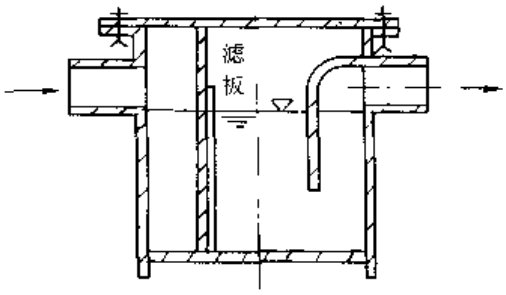


图 10-32 小型隔油器示意

10.3.4 设置要求

(1) 含有汽油、煤油等易挥发油类的隔油池不得设于室内。

(2) 含有食用油的隔油池宜设在地下室或室外远离人流较多的地点。人孔井盖要求密封。

(3) 生活粪便污水不得排入隔油池。含有易沉淀物的污废水进入隔油池前,应先行沉淀处理或在隔油池中附加沉淀部分容积。

(4) 隔油器应设在排水点的出口处。

(5) 隔油池宜设有通气管,也可与排水管的通气管连通。

(6) 隔油池(器)应设有活动盖板,以便于除油和检修。

(7) 隔油池的进水管上应设清扫口。

10.4 小型沉淀池

汽车库冲洗废水中含有大量泥砂,为防止堵塞和淤积管道,在污废水排入城市排水管网之前应进行沉淀处理,一般宜设置小型沉淀池。

小型沉淀池的有效容积,应根据车库存车数、冲洗水量和设计参数确定。它包括污水和污泥两部分容积,可按式(10-11)计算:

$$V = V_1 + V_2 \quad (m^3) \tag{10-11}$$

式中 V——沉淀池有效容积(m^3);

V_1——污水停留容积(m^3);

V_2——污泥停留容积(m^3)。

污水停留容积 V_1,按式(10-12)计算:

$$V_1 = \frac{qn_1}{t_1} \times t_2/1000 \quad (m^3) \tag{10-12}$$

式中 q——有洗车台汽车冲洗水量,小型车按250～400L/(辆·d);大型车按400～600L/(辆·d);

n_1——同时冲洗车数,当存车数小于 25 辆时按 1 台计;当存车数大于 25 辆、小于 50 辆时,设两个洗车台,同时洗车数按 2 台计;

t_1——冲洗一台汽车所用时间，一般取 10min；

t_2——沉淀池中污水停留时间，取 10min。

污泥停留容积 V_2，按式(10-13)计算：

$$V_2 = qn_2t_3n_3/1000 \quad (m^3) \tag{10-13}$$

式中　n_2——每天冲洗汽车数量；

t_3——污泥清除周期(d)，一般 10～15d；

n_3——污泥容积系数，是指污泥体积占冲洗水量的百分数，根据车辆大小决定，一般取 2%～4%。

小型沉淀池已有国家标准图集 93S217，按存车数列出两种型号。每种型号又按照地面有无过汽车、有无地下水、有无覆土等分成多种类型。设计需根据存车数、冲洗水量和设计条件计算后选用。

小型沉淀池构造，见图 10-33。

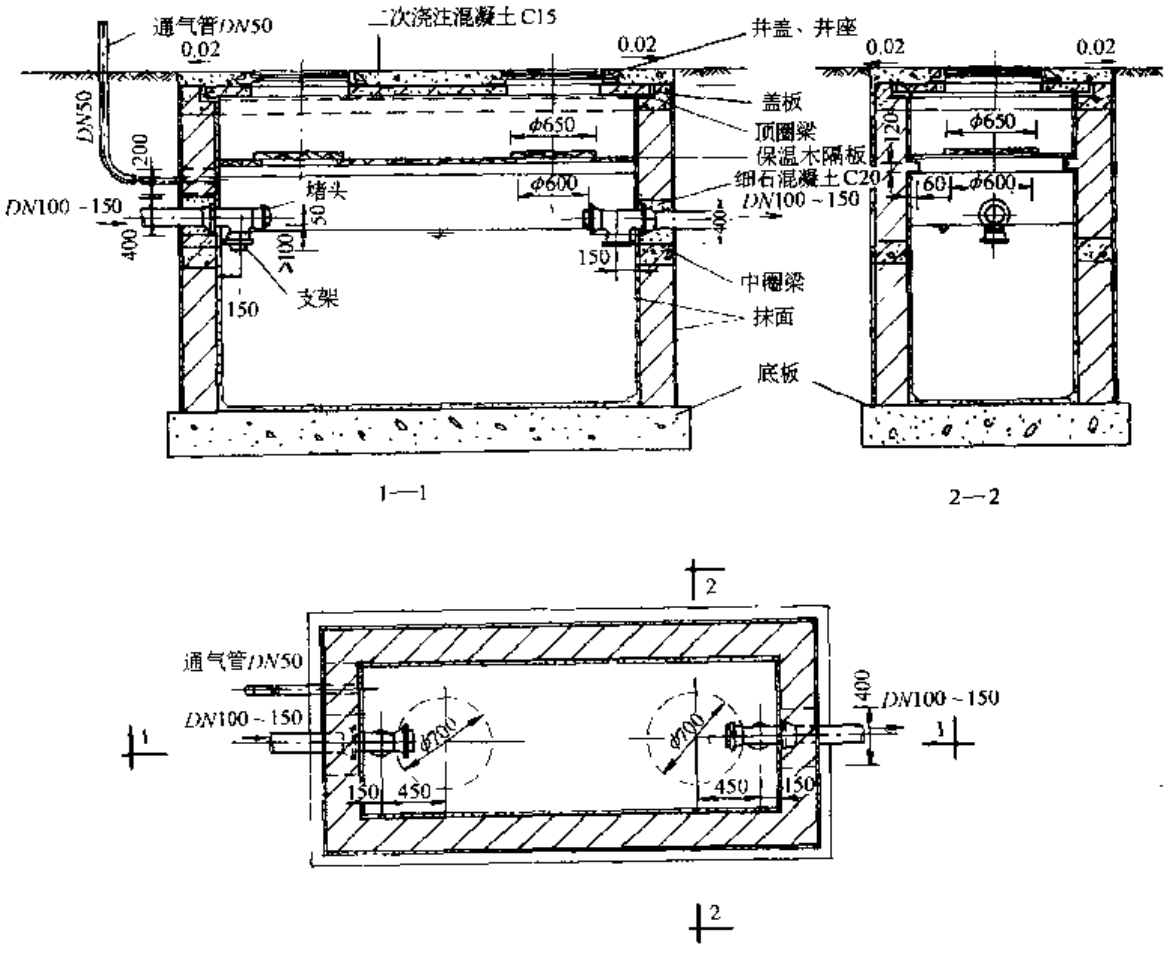


图 10-33　小型沉淀池构造

10.5 降 温 池

10.5.1 设 置 要 求

排水温度高于40℃的污、废水，在排入城镇排水管网之前，应采用降温措施，使排水温度小于等于40℃。而厂区范围内，各个车间的排水在排入室外管网时，其排水温度不宜超过50℃；并应使厂区总排水口排水温度，不得超过40℃。

常用的降温措施是设置降温池。

降温池的设置要求：

(1) 对于温度较高的污、废水，首先应考虑将其所含热量充分回收利用，没有利用价值时才设降温池降温处理后排放。

(2) 为了减少冷却水量，对于超过100℃的高温水，在进入降温池时应将其二次蒸发的饱和蒸汽导出池外，而只对100℃以下的水进行冷却降温处理。

(3) 降温池一般设于室外。如设于室内，水池应密闭，并设置密封人孔和通向室外的通气管。

(4) 间断排水的降温池，其容积应按最大一次排水量和所需冷却水量总和计算。连续排水的降温池，其容积应保证冷却水充分混合的需要。

10.5.2 容 积 计 算

(1) 降温池容积，按式(10-14)计算：

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (m^3) \tag{10-14}$$

式中 V——降温池的总容积(m^3)；

V_1——进入降温池的热水量(m^3)；

V_2——进入降温池的冷却水量(m^3)；

V_3——保护层容积，一般按保护层高度0.3~0.5m计算。

(2) 各部分容积计算：

1) 进入降温池的热水量 V_1，按式(10-15)计算：

$$V_1 = \frac{Q - Kq}{\gamma} \quad (m^3) \tag{10-15}$$

式中 Q——最大一次排水量(kg)，一般按锅炉总蒸发量的6.5%计；

K——安全系数，取0.8；

γ——最高排水压力时水的密度(kg/m^3)；

q——二次蒸发带走的水量(m^3)，按式(10-16)计算：

$$q = \frac{Q(i_1 - i_2)}{i - i_2} = \frac{Q(t_1 - t_2)}{\gamma} \quad (m^3) \tag{10-16}$$

其中 i_1、t_1——锅炉工作压力下排污水的热焓(kJ/kg)和温度(℃)；

i_2、t_2——大气压力下排污水的热焓(kJ/kg)和温度(℃)(一般按100℃采用)；

i、γ——大气压力下干饱和蒸汽的热焓和汽化热(kJ/kg)。

二次过热水蒸发量可从图 10-34 中查出，图中 P_1 为锅炉工作压力，P_2 为高温排水管出口压力。

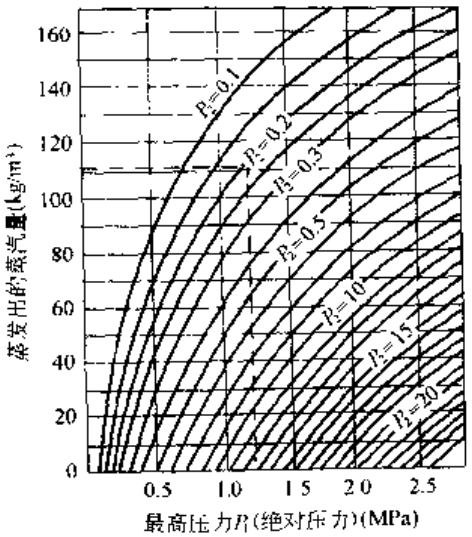


图 10-34　减压时过热水蒸发量的计算

2) 进入降温池的冷却水量 V_2：根据热平衡关系，按式(10-17)计算：

$$V_2=\frac{t_2-t_y}{t_y-t_c}V_1K_1 \quad (m^3) \tag{10-17}$$

式中　t_y——允许进入排水管道的水温(℃)，排入城市管网时按 40℃计；

t_c——冷却水温度(℃)；

K_1——混合不均匀系数，取 1.5；

V_2、V_1、t_2含义同前。

10.5.3 类　型

降温池的结构型式有虹吸式和隔板式两种类型。虹吸式适用于冷却废水较少主要靠自来水冷却降温的场合，池内必须接入自来水管。隔板式适于有冷却废水的场合。

降温池的构造应符合下列要求：

(1) 高温污废水进水管宜装设消音设施。考虑二次蒸发时的管口设在水面以上，不考虑二次蒸发时的管口应深入水面以下 200mm。

(2) 为了提高混合效果，进入降温池的热水管和冷却水管可采用花管布水。

(3) 采用生活用水作为冷却用水时，接入降温池的给水管要采取防污染措施。

(4) 虹吸式降温池出水管口应靠近池底。

(5) 降温池应设有排气管，并接到不妨碍通行的地方。

上述两种型式的降温池已作成国家标准图集 88S238。设计可直接选用，其构造见图 10-35、36。

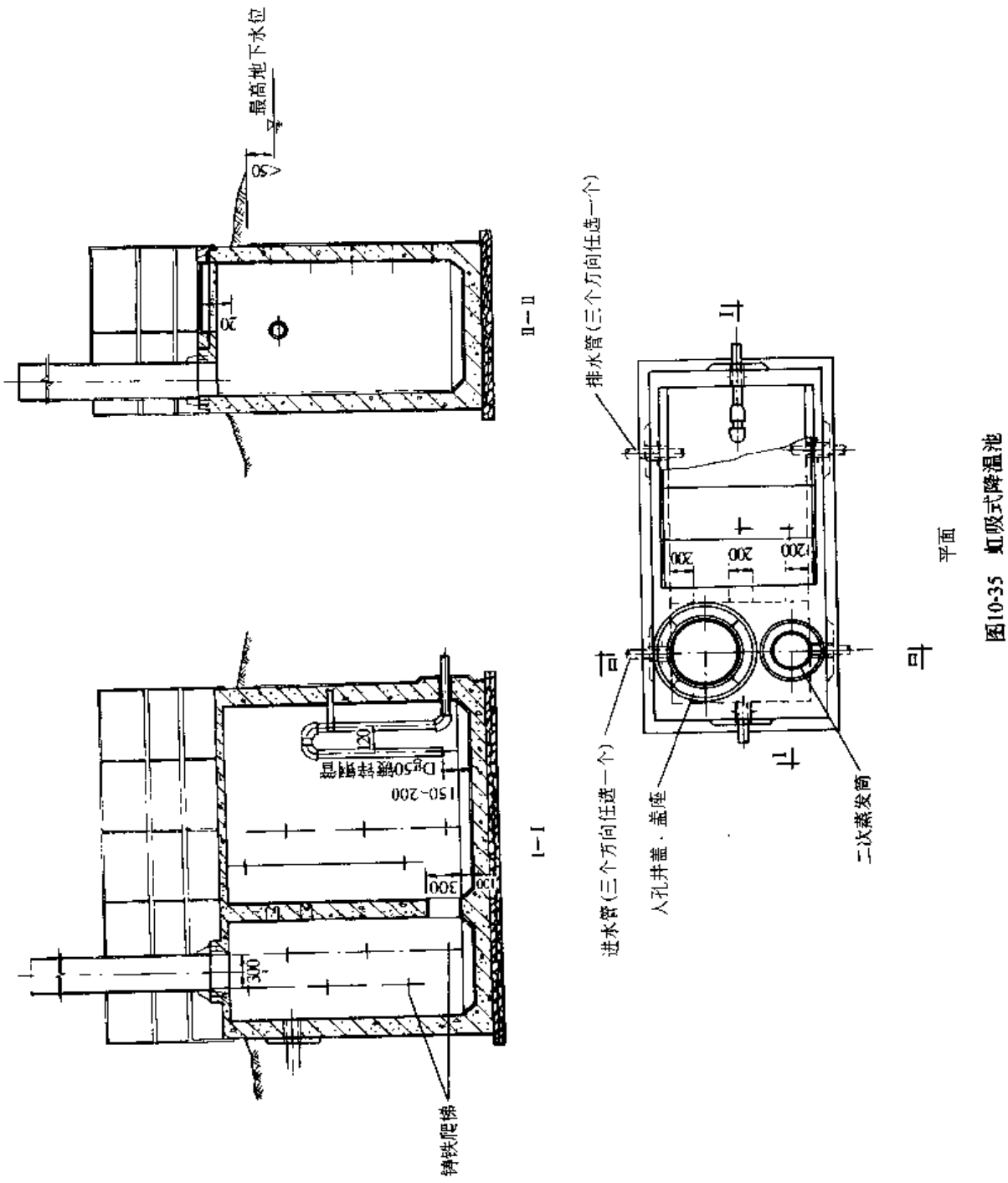


图10-35 虹吸式降温池

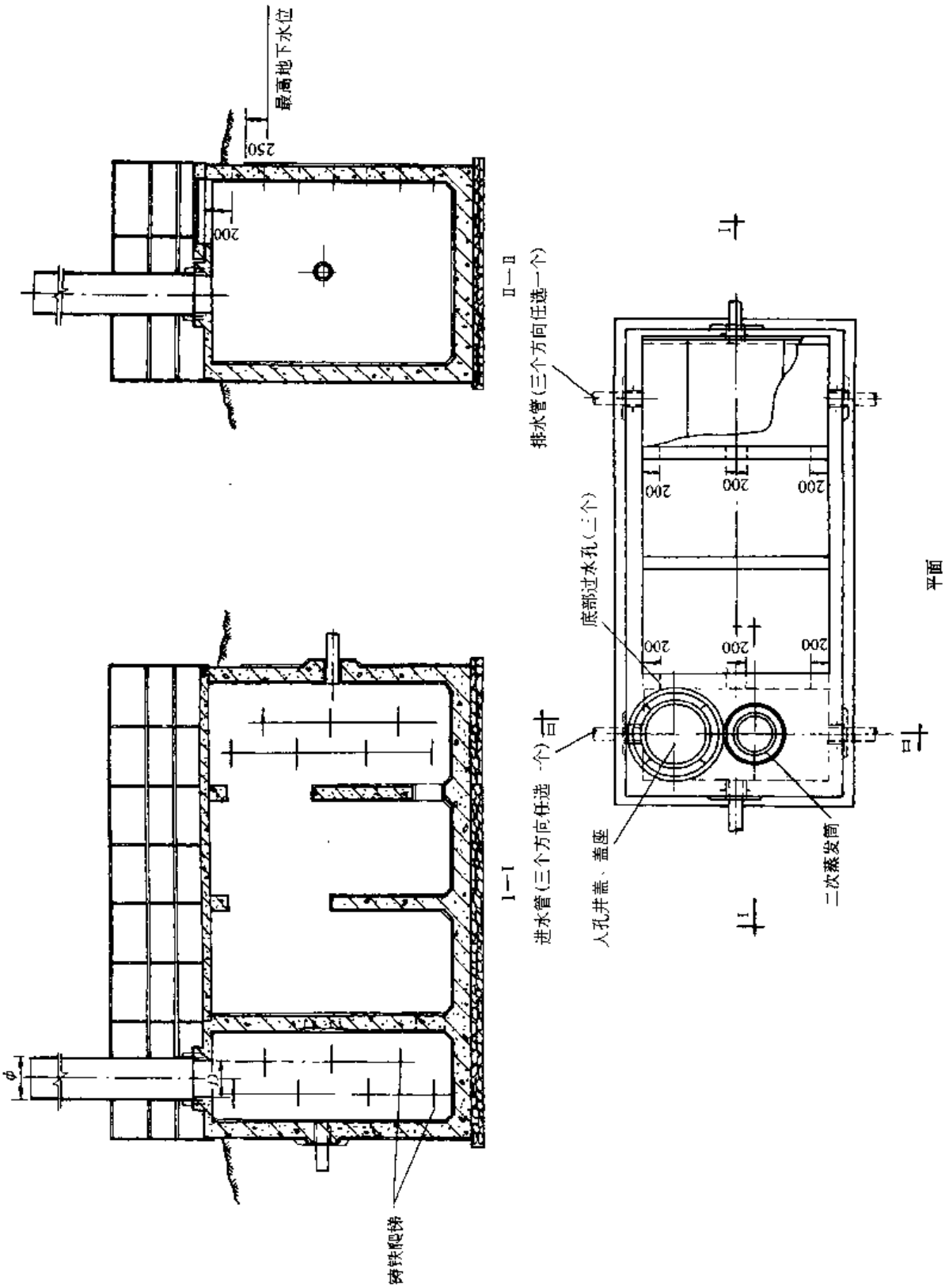


图 10-36　隔板式降温池

10.6 小型污、废水中和处理

10.6.1 要 求

(1) 小型污、废水中和处理是指污废水量较小,且污废水中的酸碱又无条件回收的中和处理。

(2) 凡是 pH 值小于 6 或大于 10 的污废水,在排入城镇排水系统前要进行中和处理,使 pH 值达到规定的排放标准。对于少量碱(酸)性污废水,在排入有稀释能力(即最终可以达标)而不会造成腐蚀的排水系统,也可不进行中和处理。

10.6.2 方法比较和选择

(1) 方法比较:小型污、废水中和处理方法的比较,见表 10-37。

小型污、废水中和处理方法比较 表 10-37

处理方法	适用条件	主要优缺点	附 注
1. 酸碱污废水相互中和	污废水中酸碱当量基本平衡	优点: 1. 节省中和药剂 2. 当酸碱当量基本平衡时,设施可以简化 缺点: 1. 当两种污水不均匀排放时,需设均化池 2. 当酸碱当量不平衡时需投加酸碱,增加设备	如碱性污、废水有硫化物时,需防止产生 H_2S 二次污染
2. 加药中和	适于各种水质	优点: 1. 出水效果有保证、适应性强 2. 可以尽量利用废酸、废碱 缺点: 1. 设备多,管理复杂,费用大 2. 用石灰等中和时,产生固体泥渣废物较多	
3. 过滤中和(分普通式、升流式、滚筒式)	适于盐酸、硝酸或浓度小于 2g/L 的硫酸污废水;污废水中不能含大量悬浮物油脂、重金属盐等	优点: 1. 设备简单,维护量小,产渣量少 2. 升流式较普通式占地少 3. 滚筒式硫酸浓度还可提高 缺点: 1. 污水中含大量悬浮物、油脂等易堵塞滤池,需单独处理 2. 不适于高浓度硫酸污水 3. 出水 pH 值偏低,重金属难于沉淀 4. 升流式对滤料粒径要求较严格 5. 滚筒式装置复杂,动力消耗大,噪声大 6. 滤料需定期清除和更换	
4. 烟道气中和	中和碱性污水,烟道气气源有保证	优点: 1. 节省中和剂和烟道除尘除备 2. pH 值可降至 6~7 缺点: 经处理后的污、废水水温、色度、耗氧量、硫化物均有所增加,必要时需进一步处理	

(2) 方法的选择：

本节只介绍酸性污、废水中和处理方法的选择，见表 10-38。

酸性污废水中和处理方法的选择　　表 10-38

酸类名称	污水排放方式	污水含酸浓度(g/L)	中和方法					
			碱性污水或碱性水中和	加药中和		过滤中和		
				石灰	碳酸钙	石灰石	白云石	白垩滤料
硫酸	均匀排出	<1.2	+	+	0	−	+	+
		>1.2	+	+	−	−	−	−
	不均匀排出	<1.2	+	0	0	−	+	+
		>1.2	+	0	−	−	−	−
盐酸及硝酸	均匀排出	不限	+	+	+	+	+	+
	不均匀排出	≥20	+	0	0	+	+	+
弱酸	均匀排出		+	+	−	−	−	−
	不均匀排出		+	0	−	−	−	−

注：1. 表中"+"表示推荐选用；"0"表示可以采用；"−"表示不宜采用。

2. 对于升流式(膨胀)滤池，用于中和硫酸污、废水时，硫酸浓度不宜超过 2g/L。

10.6.3 酸碱中和当量计算

酸碱中和当量，按式(10-18)计算：

$$\Sigma Q_j B_j \geqslant Q_s B_s a K \tag{10-18}$$

式中　Q_j、B_j——分别表示碱性污废水(或中和剂)的流量(L/h)和浓度(mol/L)；

Q_s、B_s——分别表示酸性污废水(或中和剂)的流量(L/h)和浓度(mol/L)；

a——中和剂的比耗量，即 1kg 的酸所需碱的 kg 数，见表 10-39。

K——中和过程不完全系数，一般为 1.5~2.0；最好根据试验确定。

碱性中和剂比耗量 a　　表 10-39

酸和盐		碱性中和剂名称						
分子式	分子量	CaO 56	$Ca(OH)_2$ 74	$CaCO_3$ 100	NaOH 40	Na_2CO_3 106	MgO 40,32	$CaMg(CO_3)_2$ 184,39
H_2SO_4	98	0.56	0.755	1.02	0.866	1.08	0.40	0.94
HNO_3	63	0.445	0.59	0.795	0.635	0.84	0.33	0.732
HCl	36.5	0.77	1.01	1.37	1.10	1.45	1.11	1.29
CH_3COOH	60	(0.466)	0.616	(0.83)	0.666	0.88	0.66	(0.695)
CO_2	44	(1.27)	1.68	(2.27)	1.82	—	—	(1.91)
$FeSO_4$	151.90	0.37	0.49	—	—	—	—	—
$FeCl_2$	126.75	0.45	0.58	—	—	—	—	—
$CuSO_4$	159.63	0.352	0.465	0.628	0.251	0.667		

注：1. 括号内表示反应缓慢，建议不予采用。

2. 表中酸、碱、盐中和剂均按 100%纯度计算。

10.6.4 构筑物和中和设备

(1) 中和池(或集水井):

1) 当污废水水质变化较小、受水体缓冲能力较大、酸碱污废水同时连续排放时,可采用防腐集水井进行中和处理。

2) 当污废水水质变化较大、受水体缓冲能力较小时,可设中和池进行中和处理。中和池有效容积,按式(10-19)计算:

$$V=(Q_j+Q_s)t/10^3 \quad (m^3) \tag{10-19}$$

式中 t——中和池反应停留时间(h),一般应根据中和剂种类、混合效果等进行试验确定;如果采用酸碱污、废水自行中和处理,中和池容积宜按酸碱污、废水一次排放量确定;一般情况,中和反应停留时间不大于 2h;

Q_j、Q_s 含义同前。

采用加中和剂处理时,应设置加碱设施。有条件时宜根据污、废水的 pH 值设置自动加碱装置。

中和池已有国家标准图集 S418.1 和 S418.2,可供选用。

(2) 过滤中和:

1) 普通中和滤池:对于酸性污、废水多采用石灰石作为滤料,出水 pH 值在 5 左右,如再采用曝气方法脱除 CO_2,可使 pH 值达到 6。

普通中和滤池构造,见图 10-37。

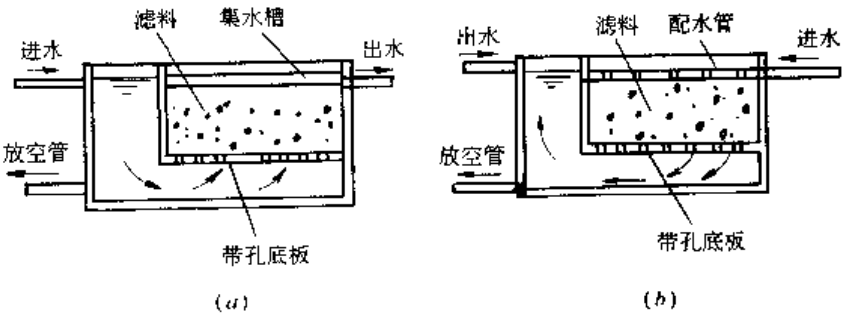


图 10-37 普通中和滤池构造

(a)、(b)两种池型

滤料粒径一般为 30~50mm,滤速一般不大于 5m/h,接触时间不小于 10min,滤床厚度一般为 1~1.5m。

滤料消耗量,按式(10-20)计算:

$$M=aQB \quad (kg/d) \tag{10-20}$$

式中 M——滤料耗用量(kg/d);

a——中和剂比耗量(kg/kg),见表(10-39);

Q——污、废水的流量(m^3/d);

B——污、废水中酸的浓度(kg/m^3)。

滤料理论工作周期 T(d),可按式(10-21)计算:

$$T=\frac{P}{M_x}\quad(\mathrm{d}) \tag{10-21}$$

式中　P——滤料装载量(kg)；

M_x——滤料实际耗用量(kg/d)，对于石灰石 $M_x=M$；对于白云石 $M_x=1.5M$。

2) 升流式膨胀中和过滤-曝气塔：酸性污废水先经过滤料中和，产生的 CO_2 气体，再经曝气处理可使出水 pH 值达到 6。升流式膨胀中和-曝气塔处理工艺流程，见图 10-38。

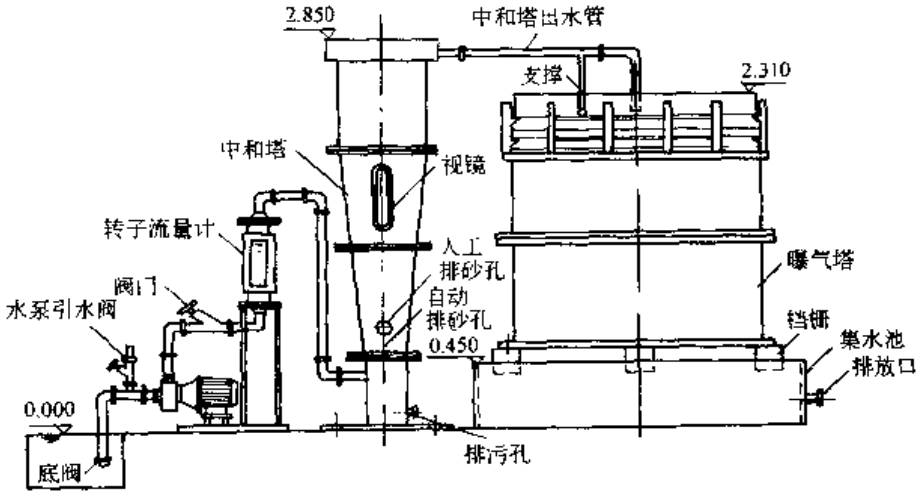


图 10-38　升流式膨胀中和-曝气塔处理工艺流程

该装置主要技术数据如下：

① 进水硫酸浓度：不大于 2g/L(盐酸、硝酸等可提高浓度)。

② 滤速：上部 40～60m/h。

下部 130～150m/h。

③ 中和反应时间：40～60s。

④ 滤料粒径：0.2～0.3mm。

⑤ 滤料层高度：0.8～1.2m。

⑥ 碳酸钙利用率：～90%。

⑦ 曝气塔淋水密度：8～12$m^3/(m^2\cdot h)$。

⑧ 出水 pH 值：～6。

升流式膨胀中和-曝气塔已有成套定型产品，可供选用。

3) 局部中和器：局部中和器仅用于个别场地产生的小量酸碱污、废水中和处理。处理后的水再排入系统可避免和减缓排水系统的腐蚀。

局部中和器的容积很小(约 0.1m^3)。为达到迅速中和的目的，加快反应速度，一般直接投加酸碱液体进行中和。材质为不锈钢或塑料。虹吸式局部中和器构造见图 10-39。

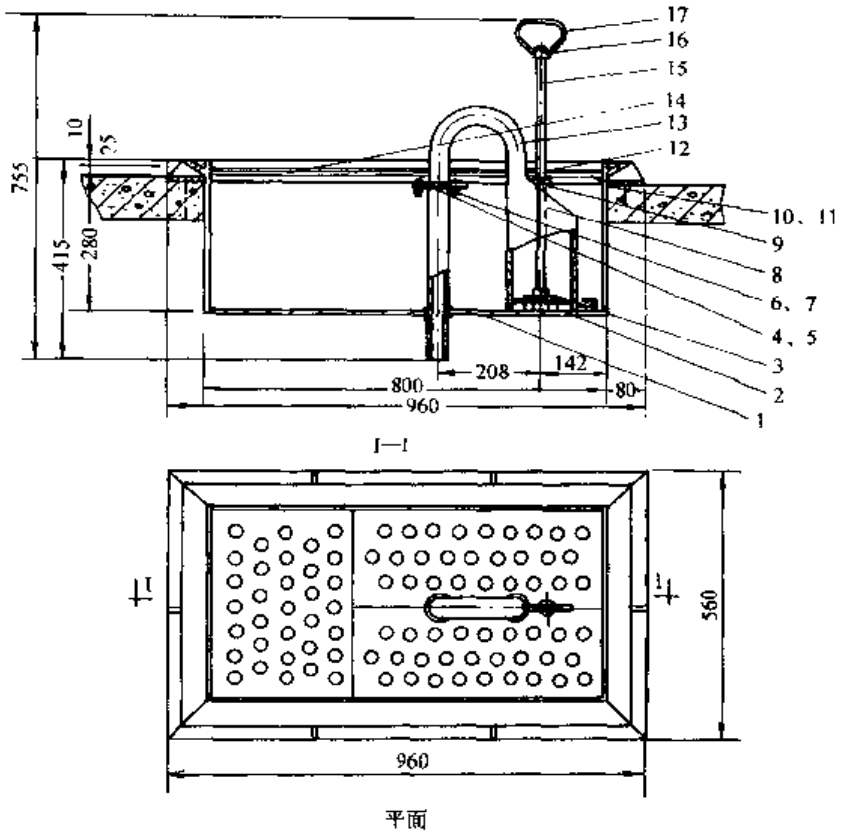


图 10-39 虹吸式局部中和器构造

1—外壳;2—托盘;3—活盖;4—平焊钢法兰;5—垫片;6—六角螺栓;7—六角螺母;8—虹吸筒;9—丝扣接头;10—螺帽;11—垫片;12—盖板(甲);13—弯管;14—盖板;15—提杆;16—螺母;17—提梁

10.7 毛发聚集井(器)

在洗浴、理发和游泳池循环水系统中,水中含有大量毛发,如不及时处理则会堵塞下水道、水泵和增加后处理的负担。因此,在浴缸下、理发间、浴室的排水管上和游泳池循环水泵的吸水口端,一般均设毛发聚集井(器)。

毛发聚集井已有国家标准图集 93S217,可直接选用。其构造见图 10-40。毛发聚集器国内已生产定型产品,其构造示意见图 10-41。

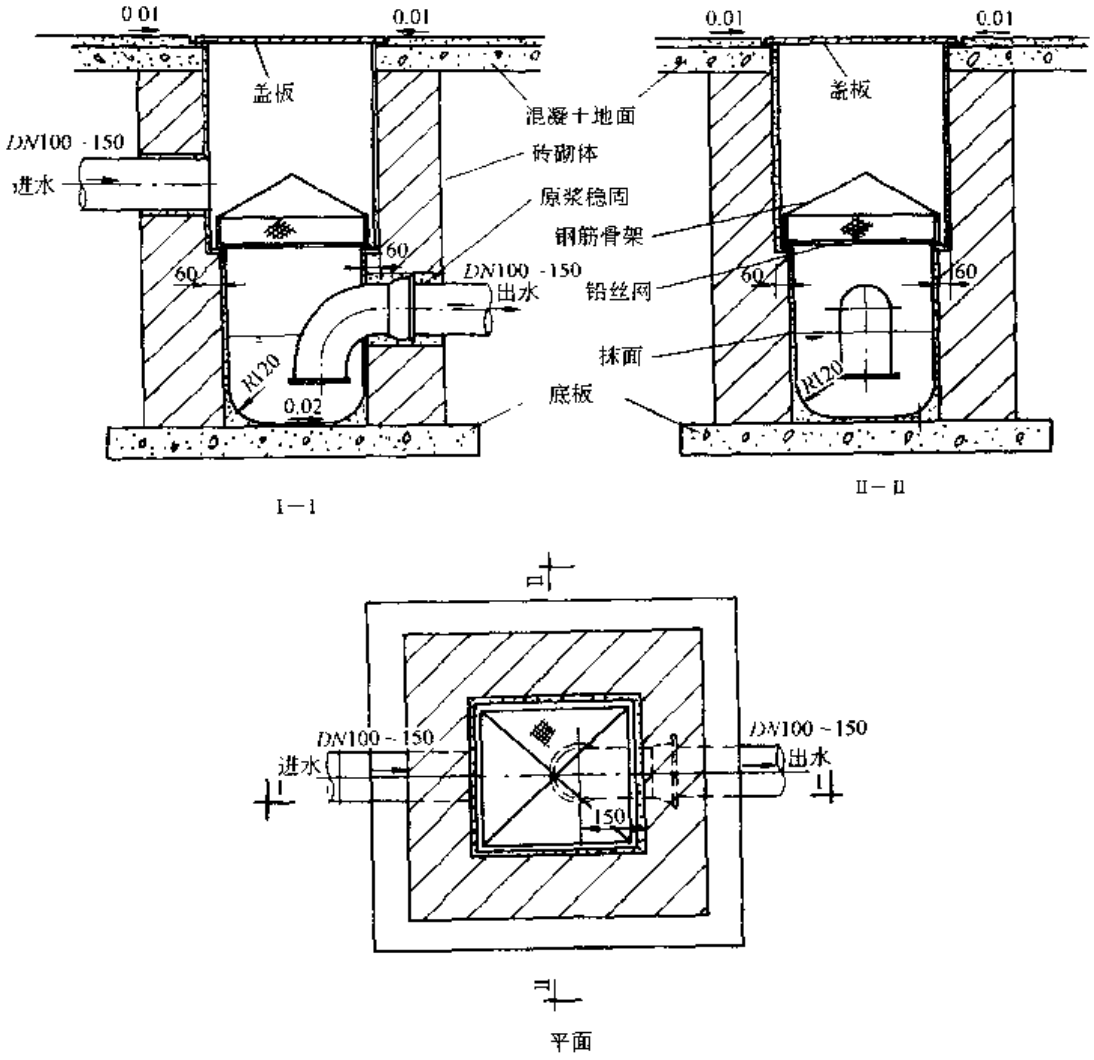


图 10-40　毛发聚集井构造

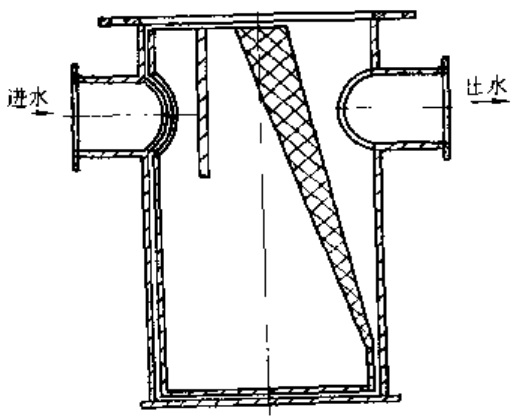


图 10-41　毛发聚集器示意

11 湿陷性黄土区及地震区给水排水

11.1 湿陷性黄土区给水排水

在一定压力作用下受水浸湿，土结构迅速破坏，并发生显著附加下沉的黄土，称为湿陷性黄土。湿陷性黄土分为自重湿陷性黄土和非自重湿陷性黄土两类。自重湿陷性黄土在上覆土的自重压力下受水浸湿会发生湿陷，非自重湿陷性黄土在大于上覆土的自重压力下（包括附加压力和土自重压力）受水浸湿发生湿陷。

我国湿陷性黄土主要分布在陕西、甘肃、山西、河南、青海、宁夏、河北、山东、新疆、内蒙和东北的一部分地区。

在湿陷性黄土地区进行给水排水工程设计时，为了保证建筑物的安全和正常使用，避免发生事故，不仅要考虑防止管道和构筑物的地基因受水浸湿而引起沉降的可能性，而且要考虑防止因给水排水管道和构筑物漏水而使附近建筑物发生湿陷的可能性。在设计中应按我国《湿陷性黄土地区建筑规范》GBJ 25—90 的规定，根据湿陷性黄土地基湿陷程度，建筑物的类别，地基处理措施，地下水位变化情况，以及施工、维护、使用等条件，因地制宜，综合考虑，采取合理有效的措施。

11.1.1 黄土湿陷性评价

（1）黄土的湿陷性，应按室内单轴浸水压缩试验，在一定压力下测定的湿陷系数 δ_s 值判定，并应符合下列规定：

1）当湿陷系数 δ_s 值小于 0.015 时，应定为非湿陷性黄土；当湿陷系数 δ_s 值等于或大于 0.015 时，应定为湿陷性黄土。

湿陷性系数 δ_s 值，按式(11-1)计算：

$$\delta_s=\frac{h_p-h_p'}{h_0} \tag{11-1}$$

式中 h_p——保持天然的湿度和结构的土样，加压至一定压力时，下沉稳定后的高度（cm）；

h_p'——上述加压稳定后的土样，在浸水作用下，下沉稳定后的高度（cm）；

h_0——土样的原始高度（cm）。

2) 测定湿陷系数 δ_s 的试验压力，应自基础底面（如基底标高不确定时，自地面下1.5m）算起，10m以内的土层应用200kPa，10m以下至非湿陷性土层顶面，应用其上覆土的饱和自重压力（当大于300kPa时仍应用300kPa）对基底压力高、重建筑，均宜采用建筑基础的实际压力测定湿陷系数值判定黄土的湿陷性。

3) 湿陷性黄土的湿陷程度，可根据湿陷系数 δ_s 值的大小分为下列三种：

当 $0.015 \leqslant \delta_s \leqslant 0.03$ 时，湿陷性轻微；

当 $0.03 \leqslant \delta_s \leqslant 0.07$ 时，湿陷性中等；

当 $\delta_s > 0.07$ 时，湿陷性强烈。

划分湿陷性与非湿陷性黄土的界限值，根据当地试验，也可采用 $\delta_s = 0.02$。

(2) 划分非自重湿陷性黄土和自重湿陷性黄土，应按室内压缩试验，在土样饱和（饱和度 $S_r = 0.85$）自重压力下测定的自重湿陷系数 δ_{zs} 判定。自重湿陷系数按式(11-2)计算：

$$\delta_{zs} = \frac{h_z - h_z'}{h_0} \tag{11-2}$$

式中 h_z——保持天然湿度和结构的土样，加压至土的饱和自重压力时，下沉稳定后的高度（cm）；

h_z'——上述加压稳定后的土样，在浸水作用下，下沉稳定后的高度（cm）；

h_0——土样的原始高度（cm）。

测定自重湿陷系数的压力，为自天然地面算起（当挖、填方厚度和面积较大时，自设计地面算起），至该土样顶面为止的上覆土的饱和自重压力，当饱和自重压力大于300kPa，仍应用300kPa。

当 $\delta_{zs} < 0.015$ 时，应定为非自重湿陷性黄土；

$\delta_{zs} \geqslant 0.015$ 时，应定为自重湿陷性黄土。

(3) 建筑场地的湿陷类型，可按计算自重湿陷量 Δ_{zs}（cm）、场地的地貌、地质条件和当地建筑经验综合判定，也可按实测自重湿陷量 Δ'_{zs}（cm）判定。

1) 计算自重湿陷量 Δ_{zs}（cm）按式(11-3)计算：

$$\Delta_{zs} = B_0 \sum_{i=1}^{n} \delta_{zsi} h_i \tag{11-3}$$

式中 δ_{zsi}——第 i 层土在上覆土的饱和（$s_i > 0.85$）自重压力下的自重湿陷系数；

h_i——第 i 层土的厚度（cm）；

B_0——因土质地区而异的修正系数。对陇西地区可取1.5，对陇东陕北地区可取1.2，对关中地区可取0.7，对其它地区可取0.5。

计算自重湿陷量 Δ_{zs} 的累计，自天然地面算起（当挖填方厚度和面积较大时，自设计地面算起），至全部湿陷性黄土层的底面为止，其中 $\delta_{zs} < 0.015$ 的土层不累计。

当 $\Delta_{zs} < 7$cm 时，一般定为非自重湿陷性黄土场地。

$\Delta_{zs} > 11$cm 时，一般定为自重湿陷性黄土场地。

Δ_{zs} 为7～11cm时，建筑场地的湿陷类型界限值，应根据“中国湿陷性黄土工程地质分区略图”，并结合当地建筑经验确定。对陇西地区和陇东-陕北地区，宜取7～11cm中的较小值，其它地区宜取较大值，作为自重湿陷性黄土场地的界限值。

2) 实测自重湿陷量 $\Delta'_{zs} \leqslant 7$cm 时，应定为非自重湿陷性黄土场地；$\Delta'_{zs} > 7$cm 时，应定为

自重湿陷性黄土场地。

11.1.2 湿陷性黄土地基湿陷等级划分

湿陷性黄土地基，受水浸湿饱和至下沉稳定为止的总湿陷量 Δ_s(cm)，应符合下列规定：

(1) 总湿陷量 Δ_s，按式(11-4)计算：

$$\Delta_s = \sum_{i=1}^{n} \beta \delta_{si} h_i \tag{11-4}$$

式中 δ_{si}——第 i 层土的湿陷系数；

h_i——第 i 层土的厚度(cm)；

β——考虑地基土的侧向挤出和浸水机率等因素的修正系数。基底下 5m(或压缩层)深度内可取 1.5；5m(或压缩层)深度以下，在非自重湿陷性黄土场地，可不计算；在自重湿陷性黄土场地，β_0 值取值，见式(11-3)。

(2) 总湿陷量应自基础底面(初步勘察时，自地面下 1.5m)算起。在非自重湿陷黄土场地，累计至基底下 5m(或压缩层)深度止；在自重湿陷性黄土场地，对甲、乙类建筑，应按穿透湿陷性土层的取土勘探点，累计至非湿陷性土层顶面止，对丙、丁类建筑，当基底下的湿陷性土层厚度大于 10m 时，其累计深度可根据工程所在地区确定，但陇西、陇东陕北地区不应小于 15m，其它地区不应小于 10m。其中湿陷系数 δ_s 或自重湿陷系数 δ_{zs} 小于 0.015 的土层不应累计。

(3) 湿陷性黄土地基的湿陷等级，应根据基底下各土层累计的总湿陷量和计算自重湿陷量的大小等因素，按表 11-1 判定。

湿陷性黄土地基的湿陷等级　　表 11-1

湿陷类型 / 计算自重湿陷量 Δ_{zs}(cm) / 总湿陷量 Δ_s(cm)	非自重湿陷性场地	自重湿陷性场地	
	$\Delta_{zs} \leqslant 7$	$7 < \Delta_{zs} \leqslant 35$	$\Delta_{zs} > 35$
$\Delta_s \leqslant 30$	Ⅰ(轻微)	Ⅱ(中等)	—
$30 < \Delta_s \leqslant 60$	Ⅱ(中等)	Ⅱ或Ⅲ	Ⅲ(严重)
$\Delta_s > 60$	—	Ⅲ(严重)	Ⅳ(很严重)

注：1. 当总湿陷量 $30\text{cm} < \Delta_s < 50\text{cm}$，计算自重湿陷量 $7\text{cm} < \Delta_{zs} < 30\text{cm}$ 时，可判为Ⅱ级。

2. 当总湿陷量 $\Delta_s \geqslant 50\text{cm}$，计算自重湿陷量 $\Delta_{zs} \geqslant 30\text{cm}$ 时，可判为Ⅲ级。

11.1.3 建筑物分类

为了确切地选择设计措施，根据建筑物地基受水浸湿的可能性大小、建筑物的重要性以及建筑物在构造上和使用上对不均匀沉降有限制的严格程度，将建筑物分为甲、乙、丙、丁四类，详见表 11-2。

各类建筑的举例　　表 11-2

各类建筑	举　例
甲	高度大于 40m 的高层建筑或高度大于 50m 的筒仓；高度大于 100m 的电视塔，大型展览、博物馆；一级火车站主楼；6000 人以上的体育馆；跨度不小于 36m、吊车额定起重量不小于 100t 的机加工车间；不小于 10000t 的水压机车间；大型热处理车间，大型电镀车间；大型炼钢车间；大型轧钢压延车间；大型电解车间；大型煤气发生站；60 万 kW 以上的火力发电站；大型选矿、选煤车间；煤矿主井多绳提升井塔；大型漂、染车间；大型屠宰车间；10000t 以上的冷库；净化工房；有剧毒或有放射污染的建筑
乙	高度 24～40m 的高层建筑；高度 30～50m 的筒仓；高度 50～100m 的烟囱；省(市)级影剧院、民航机场指挥及候机楼、铁路信号、通讯楼、铁路机务洗修库、高校试验楼；跨度大于或等于 24m、小于 36m 和吊车额定起重量大于或等于 30t、小于 100t 的机加工车间；小于 10000t 的水压机车间；中型轧钢车间、中型选矿车间、中型漂、染车间、中型屠宰车间；单台不小于 10t 的锅炉房和大、中型浴室
丙	多层住宅楼、办公楼、教学楼；高度不超过 30m 的筒仓、高度不超过 50m 的烟囱；跨度小于 24m 和吊车额定起重量小于 30t 的机加工车间，单台小于 10t 的锅炉房；食堂、县、区影剧院、理化试验室；一般的工具、机修、木工车间、成品库
丁	1～2 层的简易住宅、简易办公房屋；小型机加工车间；小型工具、机修车间；简易辅助库房、小型库房；简易原料棚、自行车棚

11.1.4　建筑物防护范围

防护距离是防止建筑物地基受管道或水池等渗漏影响的最小距离，建筑物周围防护距离以内的区域称为防护范围。

埋地管道、排水沟、雨水明沟和水池等与建筑物之间的最小距离，不宜小于表 11-3 中规定的防护距离，否则应采取与建筑物相应的防水措施。

防护距离的计算，对建筑物应自外墙线算起，对高耸结构，宜自基础外缘算起；对水池，宜自池壁边缘(喷水池等宜自回水坡边缘)算起；对管道、排水沟宜自其外壁算起。

各类建筑物与新建水渠之间的距离，在非自重湿陷性黄土场地不得小于 12m。在自重湿陷性黄土场地不得小于湿陷性土层厚度的 3 倍，并不应小于 25m。

埋地管道、排水沟、雨水明沟和水池等与建筑物之间的防护距离(m)　　表 11-3

各类建筑	地基湿陷等级			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
甲	—	—	8～9	11～12
乙	5	6～7	8～9	10～12
丙	4	5	6～7	8～9
丁	—	5	6	7

注：1. 陇西地区和陇东陕北地区，当湿陷性土层的厚度大于 12m 时，压力管道与各类建筑之间的防护距离，宜按湿陷性土层的厚度值采用。

2. 当湿陷性土层内有碎石土、砂土夹层时，防护距离可大于表中数值。

3. 采用基本防水措施的建筑，其防护距离不得小于一般地区的规定。

11.1.5 建筑工程设计措施

建筑工程的设计措施，可分以下三种。

(1) 地基处理措施：消除地基的全部或部分湿陷量或采用基础、桩基础穿透全部湿陷性土层。

(2) 防水措施：

1) 基本防水措施：在建筑物布置、场地排水、屋面排水、地层防水、散水、排水沟、管道敷设、管道材料和接口等方面，应采取措施防止漏水或生产、生活用水的渗漏。

2) 检漏防水措施：在基本防水措施的基础上，对防护范围内的地下管道，应增设检漏管沟和检漏井。

3) 严格防水措施：在检漏防水措施的基础上，应提高防水地面、排水沟、检漏管沟和检漏井等设施的材料标准，如增设卷材防水层、采用钢筋混凝土排水沟等。

(3) 结构措施：减小建筑物的不均匀沉降或使结构适应地基的变形。

11.1.6 给水排水管道设计

(1) 管道布置：

1) 室内给排水管道应尽量明装，重要建筑或高层建筑暗装管道处，须设置便于管道维修的设施。管道接口应严密不漏水，且具有柔性。

2) 室内给水管道应根据便于及时截断漏水管段和便于检修的原则，在干管和支管上适当增设阀门。

3) 屋面雨水管应尽量沿屋架或墙、柱悬吊明装或采用外排水方式等。当采用有组织外排水时，宜选用铸铁管或其它耐用材料的水落管，其末端距散水面不应大于 30cm，并不得设置在沉降缝处。集水面积大的外水落管，宜直接接至室外雨水明沟或管道。

4) 给水排水管道穿越建筑物承重墙或基础处，应预留孔洞。洞顶与管沟或管道顶间的净空高度，在Ⅰ、Ⅱ级湿陷性黄土地基上，不应小于 20cm，在Ⅲ、Ⅳ级湿陷性黄土地基上，不应小于 30cm。洞边与管沟外壁必须脱开，洞边至承重外墙转角处外缘的距离应不小于 1m。

5) 当室内埋地管道较多时，可视具体情况采用综合管沟的方案。

6) 设计时尽量要求工艺和建筑专业，充分考虑湿陷性黄土的性质和特点，将给水排水点集中设置，缩短地下管线，避免管道过长、过深，以减少可能出现的漏水。

7) 建筑物外墙上不宜设置洒水栓，以防洒水栓漏水造成建筑物地基浸水湿陷。

8) 场地绿化用水点的设置，应尽量远离建筑物，在防护范围以内的应设排水设施。

9) 室外雨水管道、雨水明沟设计时，应充分考虑能使雨水迅速排至场地之外，防止地面积水。

10) 在居住小区或街坊管网设计中，要注意各种管道交叉排列，做好小区或街坊管网的管道综合。当给水排水管道不符合防护距离要求时，可考虑和其它管道采用综合管沟的方案或将给水排水管道敷设在同一管沟内的方案。

(2) 管材选用：在湿陷性黄土地区，给水排水管道材料应经久耐用，管材质量应高于一般地区的要求。

1) 压力管道应采用钢管、给水球墨铸铁管、预应力钢筒钢筋混凝土管、机械缠绕夹砂玻

璃钢管和 UPVC 给水塑料管。

2) 自流管道应采用铸铁管、离心成型钢筋混凝土管、离心成型混凝土管和 UPVC 加筋塑料排水管。砖砌排水管渠，多数都有程度不同的漏水情况，在湿陷性黄土地区不宜采用。

3) 室内排水当采用排水沟时，排水沟应采用钢筋混凝土结构，并做防水面层。对采用严格防水措施的建筑物，排水沟应增设行之有效的防水层。

4) 湿陷性黄土对金属管材有一定的腐蚀作用，对埋地铸铁管应做好耐腐处理，对埋地钢管及钢配件，宜做加强防腐层。

5) 室内排水管道的附配件，如存水弯、地漏等，宜采用铸铁、钢、铜等制品，不宜采用陶瓷等质脆容易损坏的制品。

6) 对陇西地区、陇东-陕北地区中的Ⅱ、Ⅲ级自重湿陷性黄土地区，建筑物排水引出管及室外排水管道，宜采用排水铸铁管、UPVC 加筋排水塑料管和钢筋混凝土管。

(3) 管道接口：给水排水管道接口必须密实、不漏水、并有柔性，即使在管道有轻微的不均匀沉陷时，仍能保证接口处不渗不漏。

1) 镀锌钢管一般采用螺纹(丝扣)连接；焊接钢管和无缝钢管一般采用焊接连接。在连接阀门、设备或需经常拆装检修处，用法兰或螺纹连接。

2) 承插式给水铸铁管、机械缠绕夹砂玻璃钢管，预应力钢筒混凝土管，采用柔性橡胶圈接口。当管道穿越铁路、河谷及其它振动较大，地质条件较差的地段，或抢修管道时可考虑采用青铅接口。

3) 承插式排水铸铁管、UPVC 加筋排水塑料管和承插式钢筋混凝土排水管，采用柔性橡胶圈接口。

4) 承插式预应力钢筋混凝土管，一般采用圆形或唇形的橡胶圈接口。

5) 承插式混凝土管和承插式陶土管，一般采用石棉水泥接口，不得采用水泥砂浆接口。

6) 钢筋混凝土或混凝土排水管，一般采用套管(套环)连接石棉水泥接口，不宜采用平口抹带接口，因其质量不易保证，稍有沉陷及挠曲，接口处就容易开裂而漏水。

7) 沥青玛瑞脂接口、沥青砂浆接口和沥青油膏接口等，除在工艺或使用上有特殊要求或遇特殊情况以外，在湿陷性黄土地区不宜采用。

8) 高层及重要建筑，室内给排水管道系统，宜设置金属管道，用特殊接头及适用于排水管道的柔性接口，这种配件能适应较大的轴向外移和横向曲挠变形，组成具有一定柔性的管道系统，并能消除温差或施工误差引起的弹性应力转移，实现分散补偿，增强湿陷性黄土地区防止管道沉陷的安全性。

9) 湿陷性黄土地区给水排水管道接口设计可选用给水排水国家标准图 86S460(五)图集。

(4) 管道基础：给水排水管道基础形式应根据水文、地质、地面荷载，管径及管顶覆土深度等情况选用。

1) 在非自重湿陷性黄土地区，管道的附加压力一般都小于湿陷起始压力，不会引起地基湿陷，故埋地金属管道及其构筑物的地基，应进行表而夯实。

2) 在自重湿陷性黄土地区，埋地金属管道及其附属构筑物的基础，应设有夯实 15～30cm 厚土垫层。对埋地的重要给水管道、大型压力管道及其附属构筑物，应在土垫层上再增设 30cm 厚的灰土垫层。

3) 埋地非金属压力管道，在非自重湿陷性黄土地区，其基础一般为素土夯实或土垫层，

接口处再设混凝土枕基。在自重湿陷性黄土地区，宜在土垫层上再增设 30cm 厚灰土垫层，接口处设混凝土枕基。

4）凡埋地非金属自流管道，为增强管道的强度和刚度，防止发生不均匀沉陷，一般均设混凝土通基。

5）施工土垫层时，必须将要处理的湿陷黄土，从基坑内挖出，将土料过筛后配成最佳含水量状态下，再分层夯实至设计标高。压实系数应不小于 93%～95%。

（5）检漏设施：检漏设施包括检漏管沟和检漏井。一旦管道漏水，水可顺管沟排入检漏井，以便及时进行检修。

1）检漏管沟：检漏管沟的做法和材料选用，应符合下列要求：

① 检漏防水措施，应采用砖壁混凝土槽形底板或砖壁钢筋混凝土槽形底板的检漏管沟。见图 11-1、2。

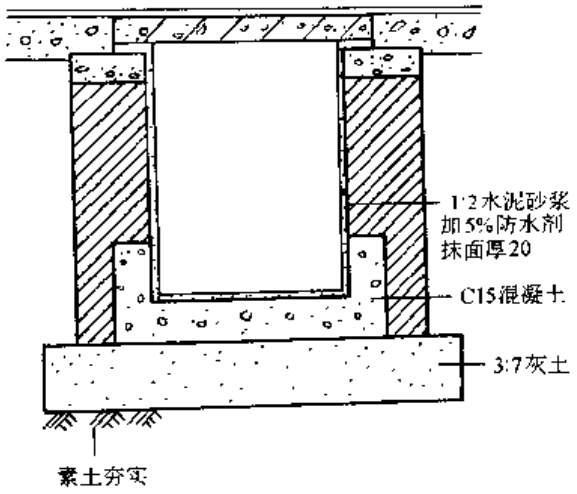


图 11-1 A_1 型砖壁混凝土槽形底管沟

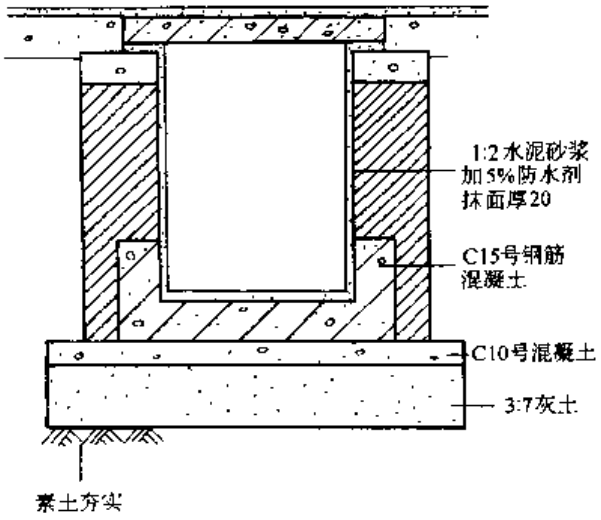


图 11-2 A_2 型砖壁钢筋混凝土槽形底管沟

② 对严格防水措施，应采用钢筋混凝土检漏管沟，在自重湿陷性黄土地区对地基受水可能性大的建筑物，应增设卷材防水层或塑料油膏防水层。见图 11-3～7。

③ 对直径较小的管道，采用检漏管沟确有困难时，可采用套管，套管应采用金属管道或钢筋混凝土管道。

2）构造要求：

① 检漏管沟的盖板不宜明铺。若由于条件所限，不得不明铺时，应采取有效措施，防止地面水流入沟内。

② 检漏管沟的人孔处，应采取措施防止地面水流入沟内。

③ 检漏管沟的沟底应有与管道相一致的坡度。坡度一般不小于 0.005、不大于 0.02，坡向检漏井或集水坑，以保证事故水能自流到检漏井或集水坑内。

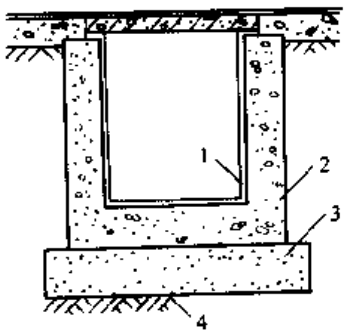


图 11-3 B_1 型混凝土管沟

1—1:2 水泥砂浆加 5%防水剂抹面；2—C15 混凝土；3—3:7 灰土；4—素土夯实

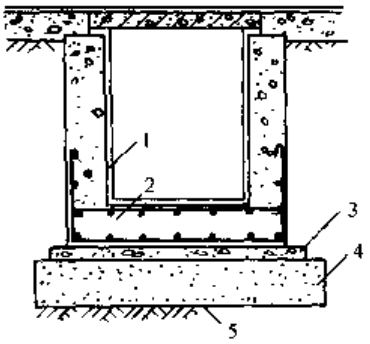


图 11-4　B_2 型混凝土壁钢筋混凝土底板管沟

1—1:2 水泥砂浆加 5%防水剂抹面;2—C15 钢筋混凝土;3—C10 混凝土;4—3:7 灰土;5—素土夯实

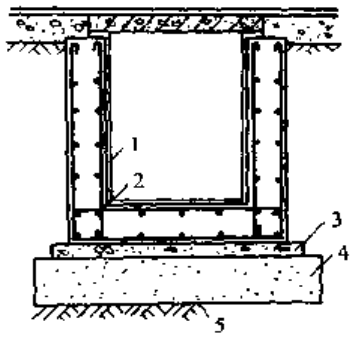


图 11-5　B_3 型钢筋混凝土管沟

1—1:2 水泥砂浆加 5%防水剂抹面;2—C15 钢筋混凝土;3—C10 混凝土;4—3:7 灰土;5—素土夯实

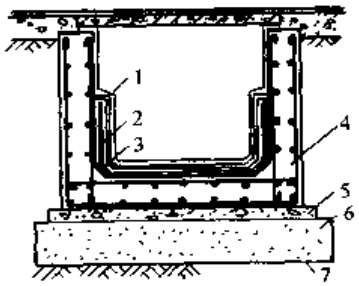


图 11-6　B_4 型钢筋混凝土加卷材防水层管沟

1—1:2 水泥砂浆加 5%防水剂抹面;2—C20 细石钢筋混凝土;3—二毡三油或防水冷胶料;4—C15 钢筋混凝土;5—C10 混凝土;6—3:7 灰土;7—素土夯实

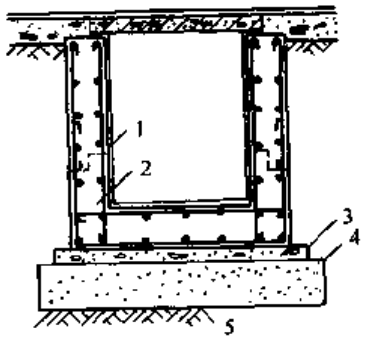


图 11-7　B_5 型防水钢筋混凝土管沟

1—1:2 水泥砂浆加 5%防水剂抹面;2—C20 防水钢筋混凝土;3—C10 混凝土;4—3:7 灰土;5—素土夯实

④ 检漏管沟的标准，室内室外要一致，并不得在穿过建筑物基础或墙壁处断开，且应适当加强其刚度，如增加基础厚度、增加配筋等。

⑤ 穿出外墙的检漏管沟的施工缝，应设在室外检漏井处，或超出基础外缘 3m 处，并应在施工图上说明。

⑥ 检漏管沟不得利用建筑物和设备的基础作为沟壁。

⑦ 检漏管沟应伸进检漏井，不得利用检漏井壁作为沟壁。

⑧ 检漏管沟是否需设沉降缝，设计时根据管沟标准和工程的具体情况确定。

3) 检漏管沟截面尺寸：检漏管沟的截面尺寸，应根据管道安装与维修的要求确定。

① 检漏管沟沟宽最小不宜小于 600mm，若沟内管道多于 2 根以上时，其尺寸应根据管道排列间距及安装检修要求确定。

② 建筑物对地面有特殊要求，或地下管道较多、管径较大，需集中敷设的检漏管沟可采用半通行或通行管沟。

③ 高层建筑或重要建筑物，从地基处理的建筑物稳定性考虑，多数都设有地下室或半地下室，管道设计应充分利用这一有利条件，将管道敷设在半地下室、地下室或管道设备层

内。

④ 室内外检漏管沟，设计可选用建筑给水排水国家标准图 86J334、86S460(一)图集。管沟规格：沟宽 400、600、800、1000、1200、1400、1600、1800mm；沟深 400～2000mm。

⑤ 检漏管沟型号选择：

ⅰ．根据《湿陷性黄土地区建筑规范》GBJ 25—90 中，关于防水措施的规定编制的湿陷性黄土地区室内检漏管沟和室外检漏管沟，分为检漏防水管沟、严格防水管沟两类，管沟型号分为 7 种，见表 11-4。

ⅱ．室内外检漏管沟型号选择，应根据《湿陷性黄土地区建筑规范》GBJ 25—90 第 3.1.2、3.1.3、3.1.4 条的有关规定。

ⅲ．7 种管沟构造参见图 11-1～7。

检漏管沟型号特征 表 11-4

管沟种类	管沟型号	管沟构造特征
检漏管沟	A_1	砖壁混凝土槽形底板
	A_2	砖壁钢筋混凝土槽形底板
严格防水管沟	B_1	混凝土
	B_2	混凝土壁钢筋混凝土底板
	B_3	钢筋混凝土
	B_4	钢筋混凝土加卷材防水层
	B_5	防水钢筋混凝土

4) 检漏井：

① 给水排水检漏井，一般设置在检漏管沟的末端或沿线分段检漏处。其位置应便于寻找、识别、检漏和维护。

② 在建筑物防护范围内，检漏井的用料标准应与所连接的检漏管沟相当。

③ 检漏井应做好防水处理，井口应稍高出周围地面，以防止地面水流入。

④ 检漏井内应有深度不小于 300mm 的集水坑。

⑤ 检漏井不宜与排水系统接通。如必须接通时应采取有效措施，防止倒灌。

⑥ 检漏井可与检查井或阀门井等共壁合建。

⑦ 阀门井、消火栓井、水表井、洒水栓井和检查井等，均不得兼作检漏井。

⑧ 检漏井设计可选用《给水排水国家标准图集》86S460(二)、(三)、(四)图集。

(6) 其它设计要求：

1) 需经常进行地面冲洗的建筑物，室内应设有足以排除地面水的地漏等泄水装置，防止地面积水。

2) 检漏管沟与采暖、动力或工艺的地沟局部贯通时，应采取措施，确实防止两沟之间的漏水相互串通。还应注意其它工种地沟的标准和做法是否符合《湿陷性黄土地区建筑规范》GBJ 25—90 的规定和要求。

3) 非自重湿陷性黄土地区，地下水位可能上升时，建筑物地下室和地下管沟，应根据可能上升的最高水位采取防水措施。

4）给水排水管道穿越湿陷性黄土地区的铁路时，应敷设在管沟或套管中，两端并设置检查井和检漏井。

11.1.7　给水排水构筑物

（1）水池类构筑物：

1）水池类构筑物对地基的附加压力，一般小于地基的湿陷起始压力，因此在非自重湿陷性黄土地区，地基可作一般处理，加强防渗效果。在自重湿陷性黄土地区，水池类构筑物地基均需进行处理。宜采用整片垫层。在非自重湿陷性黄土场地内，灰土垫层的厚度不宜小于30cm，土垫层厚度不应小于50cm 自重湿陷性黄土场地内，对一般小池宜设1.0～2.5m厚的灰土垫层，重要的水池类构筑物还必须加强对地基的处理。

2）湿陷性黄土地区的水池类构筑物，一般采用现浇钢筋混凝土结构，以保证不渗漏。砖石结构的水池类构筑物因多数有裂缝漏水事故，不宜采用。

3）水池类构筑物宜参照乙类建筑物考虑，其防护范围和设计措施按表11-3和表11-4中的有关规定采用。

4）水池类构筑物的散水宽度一般为1～3m，外缘应超出基槽20cm。喷水池的回水坡或散水宽度一般为3～5m。

5）管道穿越水池类构筑物池壁处，宜设柔性防水套管，套管及支架等应预埋，不应在钢筋混凝土池壁上钻孔凿洞，不宜将铁爬梯嵌入水位以下的池壁内。

6）水池类构筑物的溢水管和泄水管应接入排水系统，不应就地排放。

7）埋地及敷设在水池内的管道，应作好防腐处理。

（2）水塔：

1）水塔的防护范围和设计措施宜参照乙类建筑物的有关规定设计。

2）水塔四周应做不透水的散水坡，宽度采用2m，坡度不小于0.005。

3）水塔的进出水管和溢水管泄水管，一般均采用钢管或给水铸铁管，立管上应设伸缩器。

4）水塔的溢水管泄水管应接入排水系统，不得接在散水坡上就地排放。

（3）水泵房：

1）无论附属于建筑物或独立设置的各种水泵房，其防护范围和设计措施宜参照乙类建筑物的有关规定设计。

2）机房的地坪以及四周高100～150mm的踢脚板应做防水层，即用防水砂浆抹面并磨光，或做油毡防水层，以免管道及机组的事故水渗漏入地基。

3）泵房内的管道应尽量明装。

4）泵房内的地坪应做成不小于0.005的坡度，坡向不透水的集水坑，集水坑内的积水应自流入排水管道，或采用电泵、手摇泵等提升设备，及时排除。泵房地坪若低于室外地坪时，应采取防水措施，防止室外污废水倒灌入泵房内。

（4）给水排水管道附属构筑物：

1）在湿陷性黄土地区，给水排水管道附属构筑物，如阀门井、检漏井、水表井、检查井、地下式消火栓井、隔油池、化粪池等，均不得漏水。

2）给水排水管道附属构筑物的布置，应尽量有利于管道的检漏，维护和检修，各类井室

宜一律采用铸铁井盖。

3) 在建筑物防护范围以内,长期存水的构筑物,如隔油池、集水池、水封井、化粪池等,应采用钢筋混凝土结构,其余构筑物应采用和室外检漏管沟相应的材料标准。

4) 在建筑物防护范围以外,管道附属构筑物可采用砖砌,但内壁必须用防水砂浆抹面,保证施工质量,确保不漏水。

5) 设计中不得采用阀门套筒代替阀门井。

6) 管道穿越井壁处,应在井壁处预留孔洞,管道和孔洞间的缝隙,应用不透水的柔性材料填实。管道在穿越池壁处,应设在柔性防水套管内。

7) 湿陷性黄土地区给水阀门井、排水检查井等,设计可选用给水排水国家标准图S143、S144、S231、S232、S233。

11.1.8 施工及维护管理

(1) 管道及沟池的施工:

1) 各种管材及配件进场时,应按设计要求和现行有关标准进行检查。管道敷设前还应对管材及其配件的规格、尺寸和外观质量逐件检查。必要时应抽样试验,不合格的严禁使用。

2) 施工管道及其附属构筑物的地基与基础时,在基槽底打底夯不应少于三遍,并应采取分段流水作业,迅速完成各分段的工序。管道敷设完毕后,应及时回填。检查井等的地基和基础,应在邻近的管道敷设前施工完毕。

3) 敷设管道时,管道应与管基密合,管道接口应严密不漏水。新旧管道连接时,应先做好排水设施。当昼夜温差大或在低温条件下施工时,管道敷设后要及时保温。

4) 水池、检漏管沟、检漏井和检查井等的施工,必须保证砌体砂浆饱满,混凝土浇捣密实,防水层严密不漏水。穿过池壁的管道和预埋件应预先设置,不得事后打洞。铺设盖板前应将池(或井、沟)底清理干净。池(或井、沟)壁与基槽间,应用素土分层夯实,压实系数不小于0.90。

5) 管道和水池等施工完毕,必须进行水压试验,不合格的应返修或加固,重做试验,直至合格为止。所有试验用水,应引至排水系统不得任意排放。

6) 埋地压力管道的水压试验,应遵守下列规定:

① 管道试压应逐段进行,每段长度在场地内不宜超过400m,在场地外空旷地区不得超过1000m。分段试压合格后,两段之间管道连接处的接口,应通水检查,不漏水后方可回填。

② 在非自重湿陷性黄土场地,当管基检查合格,沟槽回填土至管顶上方0.5m以后(接口处暂不回填)应进行一次强度和严密性试验。

③ 在自重湿陷性黄土场地,对非金属管道,当管基检查合格后,应进行两次强度和严密性试验,即沟槽回填前,应分段进行强度和严密性的预先试验;沟槽回填后应进行强度和严密性的最后试验。对金属管道,可结合当地建筑经验,进行一次或两次强度和严密性试验。

④ 强度试验的压力应符合现行《给水排水管道工程施工及验收规范》的要求。严密性试验的压力应为工作压力加100kPa。

⑤ 强度试验,应先加压至强度试验的压力,恒压时间不应少于10min(为保持试验压力,允许向管内补水)。如当时未发现接口、管道和管道附件破坏或漏水(允许表面有湿斑,

但不得有水珠流淌现象），即认为合格。

⑥ 严密性试验应在强度试验合格后进行。将强度试验压力降至严密性试验压力，如金属管道经 2h 不漏水，非金属管道经 4h 不漏水，即认为合格，并记录为保持试验压力所补充的水量。

在严密性的最后试验中，为保持试验压力所补充的水量，不应超过预先试验时各分段补充水量及阀件等渗水量的总和。

7）埋地排水管道（包括检查井）的水压试验，应遵守下列规定：

① 水压试验应分段进行，一般以相邻两检查井间的管段为一分段。对每一分段，均应进行两次严密性试验，即沟槽回填前进行预先试验；沟槽回填至管顶上方 0.5m 以后，再进行复查试验。

② 水压试验的注水高度，对室内排水管道应为一层楼的高度（以不超过 8m 为限）；对室外排水管道，应为上游检查井的满井水位高度（以不超过上游管顶 4m 为限）；对室内雨水管道，应为注满立管上部至雨水斗的水位高度。

③ 按上述注水高度进行的水压试验，经 24h 不漏水，可认为合格，并记录在试验时间内为保持注水高度所补充的水量。

复查试验时，为保持注水高度所补充的水量，不应超过预先试验的数值。

8）对水池应按设计水位进行水压试验，经 72h 不漏水，可认为合格（由于蒸发损失的水量可另行计算）。

9）对埋地管道的沟槽，应分层回填夯实。在管顶上方 0.5m 以下应仔细回填，并在管道两侧对称地同时进行，防止管道发生位移和断裂。其它部位回填土的压实系数不应小于 0.90。

10）对检查井和水池，考虑浸润壁体损失的水量，在试压前可预先充水。

管道试压前，可预先充水浸透。充水时间，对金属管道不应少于 24h，对非金属管道不应少于 48h。

（2）维护管理：建筑物产生湿陷事故之主要原因有给水排水及暖气管道漏水，施工浸水和场地排水不良等引起，其中给水排水及暖气管道的漏水居首位。因此，在湿陷性黄土地区搞好给水排水、暖气管道的维护管理工作，是确保防水措施发挥有效作用，保证建筑物安全的重要环节之一。

1）给水排水和热力管网系统（包括一切有水或汽的管道、检查井、检漏井、阀门井等），应经常保持畅通。遇有漏水或故障，应立即断绝水（汽）源，故障排除后方可使用。

对埋地压力管道，一般每隔 3～5a 进行一次水压试验（按工作压力），对自流管道进行一次常压泄漏检查，发现泄漏应及时修理。

2）对检漏设施，必须定期检查。一般每半月检查一次，采用严格防水措施的，应每周检查一次。发现有积水或堵塞物，应及时清除和修复，并作记录。

对化粪池和检查井，一般每半年清理一次。

3）对防护范围内的地面、排水沟和雨水明沟，应经常检查，发现裂缝及时修补。每年应利用适当时机全面检修一次。

对散水的伸缩缝和散水与外墙交接处的填塞材料，应经常检查和填补。散水发生倒坡时，应及时修补，保持原设计坡度。

建筑场地应经常保持原设计的排水坡度，发现积水地段应及时填平。

在建筑物周围6m以内，应保持排水畅通，不得堆放阻碍排水的物品和垃圾，不得开挖地面，严禁大量浇水。

4）每年雨季前和每次暴雨后，对防洪沟、缓洪调节池、排水沟、雨水明沟及雨水口集水口等，应进行详细检查，清除淤积物，整理沟堤，保证排水畅通。

5）每年结冻以前，对有冻裂可能的水管，应采取保温措施；对暖气管道，在送气以前，必须进行系统检查（特别是过门管沟处）。

暖气管道和其它水管停止使用时，应将管中存水放尽。

6）当发现建筑物突然下沉，墙，柱裂缝或地面裂缝时，应立即检查附近水管和水池等有无漏水情况。如有漏水，应迅速断绝水源，测定地基土的含水量，观测建筑物的沉降、裂缝及其发展情况，记录其部位和时间，并会同设计单位研究处理。

11.2 地震区给水排水

11.2.1 设计地震烈度确定

地震烈度共分为12度。在6度及6度以下时，一般建筑物仅有轻微损坏，不致造成危害可不设防。但在7度及7度以上时，一般的建筑物将遭到损坏或破坏，造成对生命财产的危害，必须设防。对于10度及10度以上的地震烈度因毁坏程度相当严重，设防费用太高或无法设防，只能结合个别情况专门研究处理。

我国仅对7度至9度地震区的建筑物编制了规范和标准，故本节所介绍的也仅为7度至9度地震区给水排水的设防要求和做法。

建筑物（包括其内部的给水排水工程），以及室外给水排水工程的设计地震烈度，一般按该地区的基本地震烈度采用。对于特别重要的建筑物或构筑物，如大中城市要害系统的关键部位，若必须提高一度设防时，应按国家规定的批准权限报请批准后，其设计地震烈度比基本地震烈度提高一度设防。

11.2.2 抗震设防一般规定

根据地震工作以预防为主的方针，给水排水的设防要求为：在遭遇相当于设计地震烈度的地震发生后，其震害不致使人民生命和重要生产设备遭受危害；建筑物和构筑物不需修理，或经一般修理后仍能继续使用；对管网震害控制在局部范围内，尽量避免造成次生灾害，并便于抢修和迅速恢复使用。

震害调查表明：无论对建筑物、构筑物或地下埋设管道，对震害影响最大的是地基状态，其次是建筑物和构筑物的用料、结构形式、管网中的管材、接口和基础以及管道固定情况，埋设深度等。根据我国调查情况，埋深在3m以内，并无太大影响。

11.2.2.1 工程地址选择

（1）场地土分类：场地土分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类：

Ⅰ类为稳定岩石，指岩体结构稳定，不会发生滑移崩塌的基岩，微风化和风化厚度不超过5m的中等风化的基岩。

Ⅱ类为除Ⅰ、Ⅲ类场地土外的一般稳定土。

Ⅲ类为饱和松砂、软塑至流塑的轻亚粘土、淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土等。

(2) 当地基(一般考虑在地表下15m范围内)的主要受力层内,有饱和砂土层或直径大于0.05mm的颗粒占总重40%以上的饱和轻亚粘土层时,应鉴定其在地震时是否可液化。如可能液化,则为可液化土层。

(3) 工程地址选择:工程地址应尽量选择在对抗震有利的地段,避开不利地段,不要在危险地段进行建设。

对抗震有利地段:一般是指该地段和邻近地段无晚近期活动性断裂,地质构造相对稳定,同时岩坡稳定条件较好的Ⅰ、Ⅱ类场地土。

对抗震不利地段:一般是指该地段和邻近地段地质构造复杂,有晚近期活动性断裂,该地段有Ⅲ类场地土或有可液化土层分布,并且岩坡稳定条件也较差。

对抗震危险地段:一般是指该地段地质构造复杂,有近晚期活动性断裂,有可能伴随强震产生地震断裂,或地震时该地段的岩坡可能产生大规模塌滑,威胁建筑物和构筑物安全而又难以处理。

工程应尽量避免设置在河、湖、坑、沟(包括古河道、暗藏坑或沟等)的边缘地带。应尽量避免直接用可液化土层作主要受力层。

11.2.2.2　下列情况可不设防

(1) 设计地震烈度为7度,敷设在Ⅰ类场地上,或坚实均匀的Ⅱ类场地土地区的地下管道(包括管沟)。

(2) 室外排水工程中,除水源防护地区的污水或合流管网外,埋深较浅,位于地下水位以上的一般排水支线及其附属构筑物。

11.2.2.3　下列情况可不作抗震验算

(1) 设计地震烈度为7度或8度,且地基土并非可液化土层;设计地震烈度为9度,且地基土为Ⅰ、Ⅱ类时,管道上的阀门井、检查井(室)等附属构筑物。

(2) 下列管道的直线管段:

1) 焊接钢管及承插式胶圈接口的预应力混凝土管道、球墨铸铁管和机械缠绕夹砂玻钢管等。

2) 全部采用胶圈柔性接口的地下直埋承插式铸铁管道。

3) 整体浇筑的圆形或矩形钢筋混凝土管道和砖石砌体的矩形或拱形管沟。

11.2.3　管网设计要求

11.2.3.1　室外给水管网设计

(1) 线路选择与布置:

1) 应尽量选择良好的地基,不应敷设在高坎、深坑、崩塌、滑坡地段。

2) 应尽量避免水平向或竖向的急剧转弯。

3) 有条件时宜采用埋地敷设。

4) 干线宜敷设成环状,并适当增设控制阀门,以便于分割供水和抢修。

5) 如因实际需要,干管敷设成枝状时,宜增设连通管,见图11-8。连通管管径可根据两端管径,择其大者。

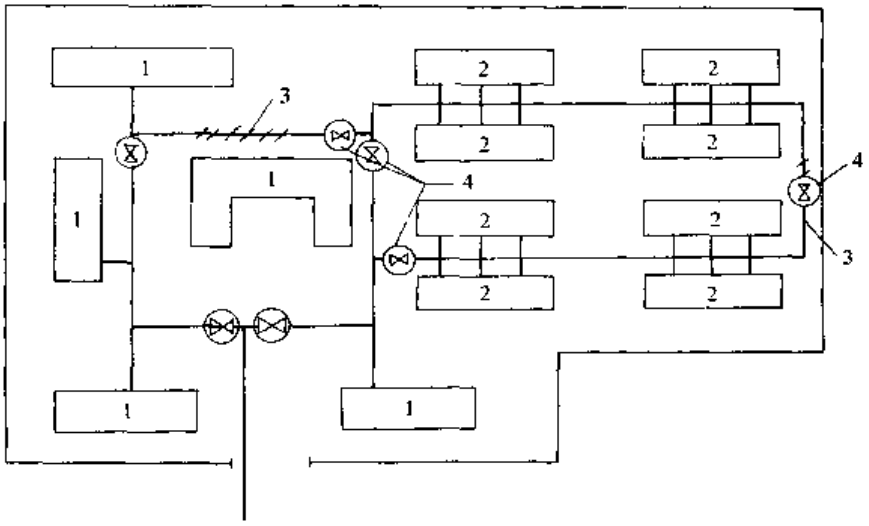


图 11-8 枝状给水干管增设连通管

1—厂房;2—住宅;3—连通管;4—控制阀门

(2) 管材选择:延性较好或具有较好柔性接口的管材。例如钢管、胶圈接口的铸铁管、玻璃钢管和胶圈接口的预应力钢筋混凝土管等,抗震性能较好。

1) 地下直埋管道尽量采用承插铸铁管、玻璃钢管、预应力钢筋混凝土管。

2) 架空管道可采用钢管或柔性胶圈接口的管材。接口方式及设柔性接口的距离和位置由计算确定。

3) 过河倒虹吸管、架空管以及穿过铁路或其它交通干线的管道,应采用钢管,并在两端设置阀门。

4) 通过地震断裂带,或地基为可液化土地段的输水管道,或配水管网的主干管道,宜采用钢管,并在两端增设阀门。见图 11-9。

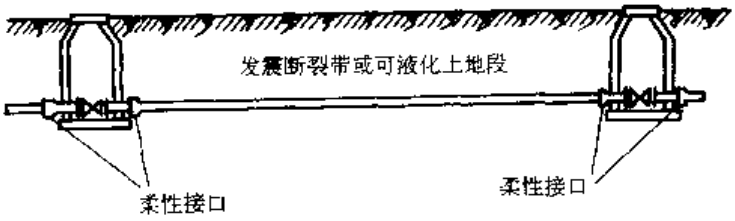


图 11-9 通过发震断裂带或可液化土地段的管道敷设

(3) 管道接口方式:管道接口的构造是管网改善抗震性能的关键,采用柔性接口是管道抗震最有效的措施。柔性接口中,胶圈接口的抗震性能较好,胶圈石棉水泥或胶圈自应力水泥接口为半柔性接口。青铅接口由于允许变形量小,不能满足抗震要求,故不作为抗震措施中的柔性接口。

对重要的埋地给水输水管及配水干线的直线管段,其接口应符合下列要求:

1) 地下直埋钢管、刚性接口的管道及砌筑管渠的直线管段,须计算其在地震剪切波作用下所产生的轴向应力。如符合要求,可不加柔性接口,如不符合要求,则应加设柔性接口,

并计算其轴向变形，直到符合要求为止。

地下直线管段在地震剪切波作用下所产生的轴向应力，按式(11-5)计算：

$$94E\xi\frac{K_h T_m}{v_s}\leqslant[R_i] \tag{11-5}$$

式中　E——管材弹性模量(MPa)，铸铁管为 0.09×10^6MPa，钢管为 0.21×10^6MPa，钢筋混凝土管为 0.21×10^5MPa；

ξ——地下管道应力(或变形)计算的传递系数，按式(11-6)计算：

$$\xi=\frac{1}{1+\dfrac{EAD}{2v_s^2}} \tag{11-6}$$

式中　A——管子的横截面积(cm^2)；

D——管子的平均直径(cm)；

v_s——地基内剪切波的传递速度(cm/s)，可取实测弹性波速值的 2/3，如无实测弹性波速值，v_s 值可参考表 11-5 选用；

K_h——相应设计地震烈度的水平方向地震系数，按表 11-6 采用。

T_m——场地土的卓越周期(S)，应按实测确定，无实测资料时，对Ⅱ类场地土取 0.35，Ⅲ类场地土取 0.7S；

R_i——管体或管道接口材料的抗拉或抗压设计强度(MPa)。

剪力波的传递速度 v_s(cm/s)　　表 11-5

地基土类	v_s(cm/s)	地基土类	v_s(cm/s)
砂	600000	含砂砾土	3000000～4000000
人工填土	1000000	饱和砂土	3400000
砂质粘土	1000000～2000000	砾　石	6000000
粘　土	2500000	第三纪岩层	10000000 以上

水平方向地震系数　　表 11-6

设计地震烈度	7 度	8 度	9 度
K_h	0.1	0.2	0.4

2) 地下直埋铸铁管道或其它承插式管道直线段的接口构造及布置，应根据剪切波作用下管道所产生的轴向变形确定。管道的轴向容许变形，应符合式(11-7)的要求：

$$66\xi K_h T_m^2<\sum_{i=1}^{n}[\mu]_i \tag{11-7}$$

式中　$[\mu]_i$——各种形式的单个管道接口，在使用内压下的容许轴向拉伸变形(cm)，应根据实测确定。无实测资料时，对铸铁管当接口填料为油麻石棉或自应力水泥时，可取 0.004cm；灌铅时，可取 0.05cm；全线采用胶圈石棉水泥或胶圈自应力水泥接口时，可取 0.3～0.5cm；对预应力混凝土管的胶圈柔性接口时，可取 1.0cm；

n——半个视波长度内的接口总数；

$$n=\frac{v_s T_m}{\sqrt{2l}}$$

l——每根管子长度(cm)。

(4) 阀门、消火栓两侧管道上应设柔性接口。

(5) 埋地承插式管道主要干支线的三通、四通、大于45°弯头等附件与直线管段连接处，应设柔性接口。

(6) 埋地承插式管道当通过地基土质突变处，应设柔性接口。

(7) 沿河、湖、沟、坑(包括古河道、暗藏沟和坑等)边缘地带敷设的承插式给水输水管和配水干管管段，当场地土为Ⅲ类，或场地土为Ⅱ类且岩坡范围内夹有软弱粘土层，可液化土层且可能产生滑坡时，该管段上不大于20m的距离内，应设有一个柔性接口。

(8) 其它要求：

1) 给水管网内的干线和支线主要连接处应设闸门。

2) 埋地管道管径大于75mm的阀门应建阀门井，不得采用阀门套筒。

3) 消火栓及管径大于75mm的阀门，应设置在便于应急使用的部位，例如道路边，开阔地带等，不得设在危险建筑附近。危险建筑指缺乏抗震能力，又无加固价值的建筑物。

11.2.3.2 室外排水管网设计

(1) 线路选择与布置：

1) 应尽量选择良好的地基，不宜敷设在高坎、深坑、崩塌、滑波地段。

2) 宜采用分区布置，就近处理和分散出口。

3) 排水管网系统间或系统内，各干管之间应尽量设有连通管。不符合要求时，可结合各排水系统的重要性，逐步增设连通管，以便下游管道震坏时，临时排水之用。见图11-10。

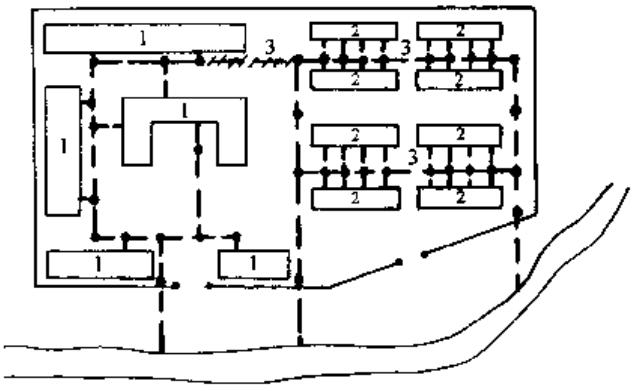


图11-10 排水干管增设连通管

1—厂房；2—住宅；3—连通管

连通管不做坡度或稍有坡度，以壅水或机械提升的方法，排出被震坏的排水系统中的污废水。连通管的管径，可在排入管管径与排出管管径间根据情况确定。

4) 污水干管应设置事故排出口。

(2) 管材、接口和基础：

1) 设计烈度为8度、9度、敷设在地下水位以下的排水管道，应采用钢筋混凝土管。

2) 在可液化土地段敷设的排水管道，可采用钢筋混凝土管和UPVC加筋排水塑料管。并设置柔性接口，例如套环沥青砂接口或承插沥青油膏接口和胶圈接口等。

3) 砖石砌体的矩形、拱形地下管道的构造，应符合下列要求：

① 砌体所用砖的强度等级不应低于MU7.5，块石不应低于MU20，砌筑砂浆不应低于M5。

② 盖板和侧墙应连接牢靠。设计地震为7度或8度，且场地土为Ⅲ类，及设计烈度为9度时，不得采用梁板系统的预制装配结构。

③ 基础应采用整体式，当地基土为可液化土时，基础应采用钢筋混凝土结构。

4）对于下列排水管道，应进行抗震计算，计算结果若管道的强度和变形不符合要求时，应增设柔性接口，计算方法同室外给水管道：

① 敷设于水源防护地带的污水管道或合流管道。

② 排放有毒废水的管道。

③ 敷设于地下水位以下的具有重要影响的排水干管。

5）圆形排水管道应设置管基，其接口应尽量采用钢丝网水泥砂浆抹带接口。接口做法详见95S222—17～19页。

11.2.4　给水排水构筑物、建筑物

11.2.4.1　架空管道的支架、支座、支墩

（1）架空管道的支架宜采用钢筋混凝土结构或钢结构，不宜采用各种脆性材料作支承的结构。

（2）管道支架的支柱应整体预制，支柱与各构件的连接应加强，使之能承担地震剪力。

（3）架空管道的活动支架上应设置侧向挡板。当设计地震烈度为8度或9度时，固定支架上也宜增设防止管道侧向滑落的挡板或其它措施。见图11-11。

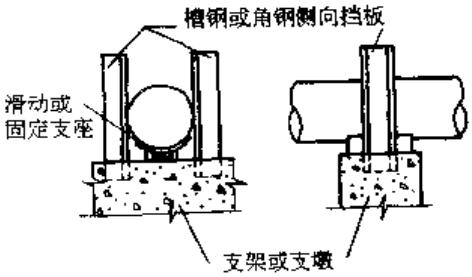


图11-11　支架上设置侧向挡板

（4）架空管道不得架设在设防标准低于其设计地震烈度的建筑物上。

（5）当设计地震烈度为7度或8度，且场地土为Ⅰ、Ⅱ类时，管道支线的支墩可采用砖石砌体，其余应采用混凝土。

（6）管道的支墩和支座位于非岩石地基上时，应埋入坚硬土层，并适当加大断面，以减少管道在地震时的附加沉陷。在支墩的应力集中处应增加钢筋。

11.2.4.2　阀门井、检查井等附属构筑物

当设计地震烈度为7度或8度，且地基土为可液化土地段，以及设计地震烈度为9度，且场地土为Ⅲ类或可液化土时，地下管网的阀门井、检查井等附属构筑物的砖砌体，应采用不低于MU7.5的砖，M5砂浆砌筑，并应配置环向水平封闭钢筋，每50cm高度内不宜少于2根ϕ6钢筋，其余可按非地震区设计。

11.2.4.3　泵房

（1）给水排水工程中的泵房应尽量采用半地下式。

（2）泵房内，出水管的竖管部分应具有牢靠的横向支撑。支撑可结合竖管安装情况设置，间距不宜大于4m。竖管底部应与支墩有铁件连接。

（3）非自灌式水泵的吸水管宜采用钢管。若采用铸铁管时，弯头处及直线管段上应设一定数量的柔性接口，或全线采用胶圈石棉水泥填料的半柔性接口。吸水管穿越泵房墙壁处宜嵌固，并应在墙外侧设柔性接口；穿越吸水井墙壁处宜设置套管，吸水管与套管间应采用柔性填料。

（4）当泵房与控制室、配电室或生活用房等毗连时，其基础应尽量避免坐落在不同高

程;当不能避免时,基础应设在原状土上,并以高宽比不大于1:2的缓坡台阶相连接,回填土应夯实。见图11-12。

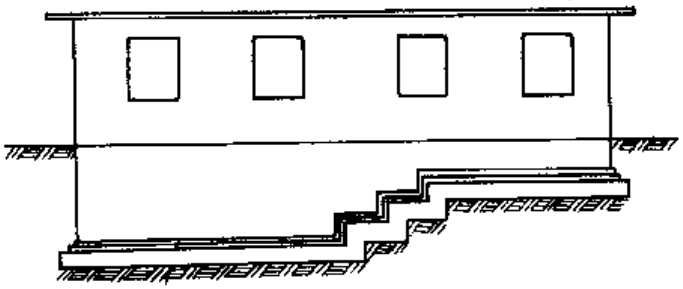


图11-12 泵房基础缓坡台阶连接

(5) 泵房内水泵及配管的抗震措施,见11.2.5节室内给水排水。

11.2.4.4 水池

(1) 当设计地震烈度为8度或9度时,宜利用地形,设置高位水池,尽量不建水塔。

(2) 水池应尽量采用地下式,结构的形式宜采用圆形。当设计地震烈度为9度时,水池应采用钢筋混凝土结构。

(3) 采用砖砌或石砌水池时,砖的强度等级不应低于MU7.5,石块强度等级不应低于MU20,砂浆强度等级不应低于M5。

采用钢筋混凝土水池时,混凝土强度等级不应低于C20。

(4) 水池宜有单独的进水管和出水管。出水管上应设置控制阀门。

(5) 所有水池配管,在水池壁外应设置柔性接口。

11.2.4.5 水塔

(1) 当设计地震烈度为8度且场地土为Ⅲ类或可液化土,以及地震烈度为9度时:

1) 容量大于或等于100m^{3}者,宜采用钢筋混凝土支筒式水塔,也可采用钢筋混凝土支架式水塔。

2) 容量在100m^{3}与30m^{3}之间者,宜采用钢筋混凝土支架式水塔。

3) 容量不超过30m^{3}者,可采用砖支筒式水塔。

(2) 当设计地震烈度为8度Ⅰ、Ⅱ类场地土时,宜采用钢筋混凝土支架式水塔。容量不超过100t者,可采用砖支筒式水塔。

(3) 设计地震烈度为7度时,小容量水塔可采用不少于4根独立的或带有连续梁的砖柱支承。

(4) 当设计地震烈度为8度或9度时,水塔的明装管道应采用钢管。埋地管道可采用铸铁管,但在弯头、三通、阀门等附件前后应设柔性接口。

11.2.5 室内给水排水

11.2.5.1 管道系统

(1) 管材和接口:

1) 一般建筑物给水系统采用镀锌钢管或焊接钢管,螺纹接口或焊接;生活给水系统采用多种材质的塑料管和铝型复合管,粘接热熔合等接口。排水系统采用排水UPVC塑料,管粘接接口并应作伸缩率。在9度以下地震区,只要加强固定,就能基本符合抗震要求。

2) 当设计地震烈度为7度、且地基土为可液化地段,以及设计地震烈度为8度或9度、且场地土为Ⅲ类或可液化土地段时,管道与设备机器连接处,均应增设柔性接口,防止由于振动频率不同而造成破坏或折断。

(2) 管道布置:

1）管道固定应尽量使用刚性托架或支架，避免使用吊架。

2）必须采用吊架时，须在干管上每隔 6m 装一个横向防晃吊架，每隔 12m 装一个竖向防晃吊架。防晃吊架做法见图 11-13。

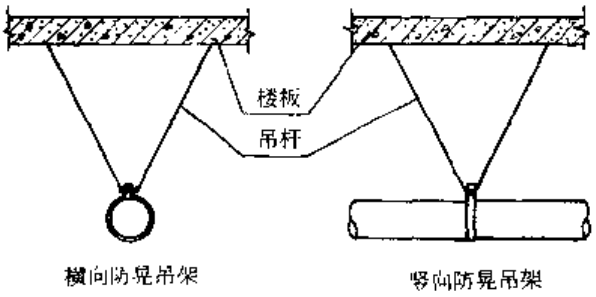


图 11-13　防晃吊架

3）各种管道一般不穿抗震缝，而在抗震缝两边各成独立系统。

4）管道必须穿抗震缝时，穿过的位置越低越好，同时应在抗震缝的两边各装一个柔性管接头，或在通过抗震缝处装 II 形伸缩器。

5）管道穿过内墙或楼板时，应设置套管，套管和管道间的缝隙，应填塞柔性耐火材料。

6）管道通过建筑物的基础时，基础与管道间须留适当的空隙，并填塞柔性材料。当穿越管道必须与基础嵌固时，应在穿越管道的室外端就近设置柔性连接。

（3）机器设备：

1）室内布置机器设备时，应考虑下列问题：

① 尽量布置在地震力或变位量较小的低层，最好布置在地下室。

② 尽量布置在次生灾害小的地方。

③ 须保证机器设备有足够的检查和修理空间。

2）不设防震基础的机器设备，如冲洗水箱、给水箱、热交换器、开水炉、冷却塔等，必须与主体结构连接牢固，以防止地震时机器设备在地面上滑动或倾覆，破坏其使用功能，或扭坏其连接管道。

图 11-14～17 介绍几种固定方式。至于固定构件的数量、位置、规格和尺寸等，须由结构计算确定。

3）设防振基础的机器设备，如水泵、风机等，须设置限位器，见图 11-18。以防止机器设备地震时产生过量的移动，甚至倾覆，而扭坏管道。限位器根据计算确定，但每边至少一个。

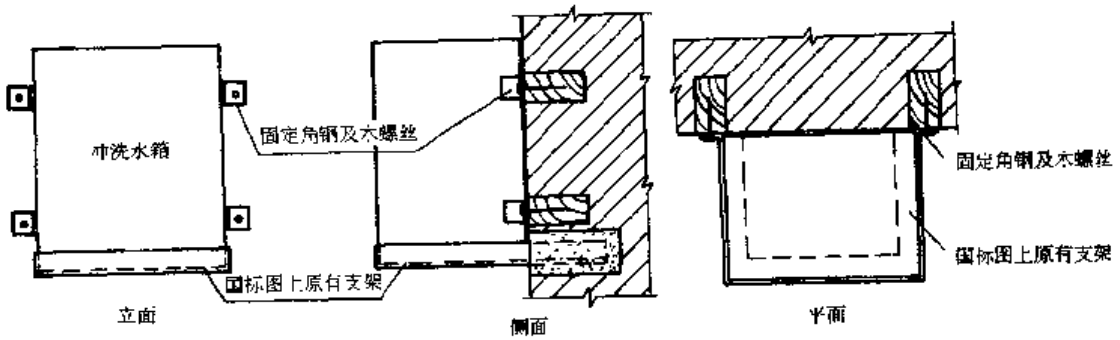


图 11-14　固定角钢焊在冲洗水箱上

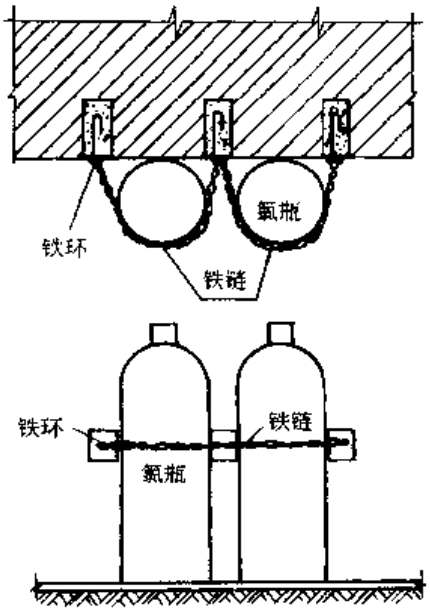


图 11-15 利用铁链和铁环固定

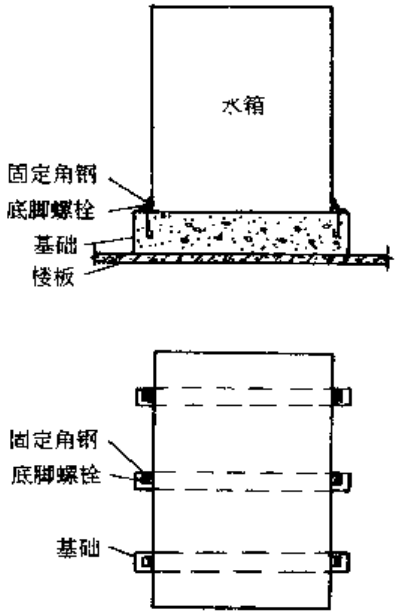


图 11-16 固定角钢焊在水箱上

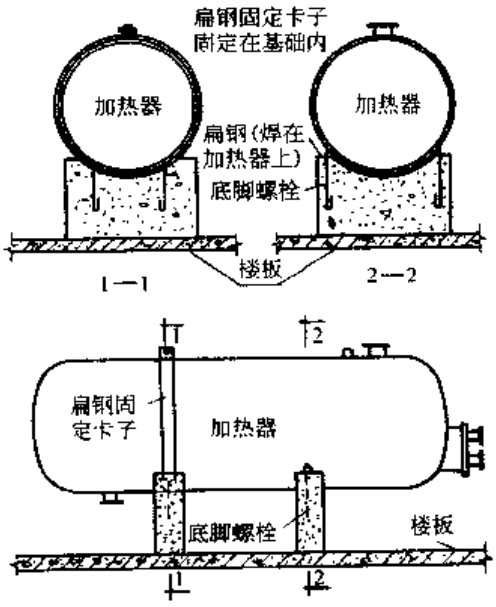


图 11-17 加热器固定(允许胀缩)

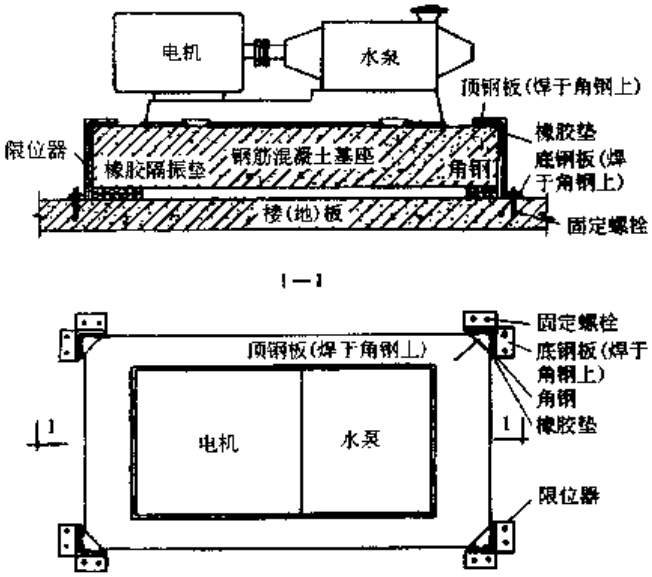


图 11-18 限位器

12 居住小区给水排水

12.1 给　　水

12.1.1 水量、水质和水压

(1) 居住小区给水设计用水量应根据下列各种用水量确定：

1) 居民生活用水量。

2) 公共建筑用水量。

3) 消防用水量。

4) 浇洒道路和绿化用水量。

5) 车辆冲洗和循环冷却水补充用水量。

6) 管网漏失水量和未预见水量。

(2) 居民生活用水定额和综合生活用水定额，应根据当地国民经济和社会发展规划、城市总体规划和水资源充沛程度，在现有用水定额基础上，结合给水专业规划，和给水工程发展的条件综合分析确定；在缺乏实际用水资料情况下，可按表 12-1、2 确定。

居民生活用水定额[L/(人·d)]　　**表 12-1**

城市规模	特大城市		大城市		中、小城市	
用水情况 / 分区	最高日	平均日	最高日	平均日	最高日	平均日
一	180～270	140～210	160～250	120～190	140～230	100～170
二	140～200	110～160	120～180	90～140	100～160	70～120
三	140～180	110～150	120～160	90～130	100～140	70～110

综合生活用水定额[L/(人·d)]　　**表 12-2**

城市规模	特大城市		大城市		中、小城市	
用水情况 / 分区	最高日	平均日	最高日	平均日	最高日	平均日
	260～410	210～340	240～390	190～310	220～370	170～280

续表

城市规模	特大城市		大城市		中、小城市	
用水情况 / 分区	最高日	平均日	最高日	平均日	最高日	平均日
二	190～280	150～240	170－260	130－210	150～240	110～180
三	170～270	140～230	150～250	120～200	130～230	100～170

注：1. 居民生活用水指：城市居民日常生活用水。

2. 综合生活用水指：城市居民日常生活用水和公共建筑用水。但不包括浇洒道路、绿地和其它市政用水。

3. 特大城市指：市区和近郊区非农业人口100万及以上的城市；

大城市指：市区和近郊区非农业人口50万及以上，不满100万的城市；

中、小城市指：市区和近郊区非农业人口不满50万的城市。

4. 一区包括：贵州、四川、湖北、湖南、江西、浙江、福建、广东、广西、海南、上海、云南、江苏、安徽、重庆；二区包括：黑龙江、吉林、辽宁、北京、天津、河北、山西、河南、山东、宁夏、陕西、内蒙古河套以东和甘肃黄河以东的地区；三区包括：新疆、青海、西藏、内蒙古河套以西和甘肃黄河以西的地区。

5. 经济开发区和特区城市，根据用水实际情况，用水定额可酌情增加。

(3) 集体宿舍、旅馆和其它公共建筑的生活用水定额及小时变化系数，根据卫生器具完善程度和区域条件，可按表12-3确定。

集体宿舍、旅馆和公共建筑生活用水定额及小时变化系数 表12-3

序号	建筑物名称	单位	最高日生活用水定额(L)	使用时间(h)	小时变化系数
1	单身职工宿舍、学生宿舍、招待所、培训中心、普通旅馆				
	设公用盥洗室	每人每日	50～100	24	3.0～2.5
	设公用盥洗室、淋浴室	每人每日	80～130		
	设公用盥洗室、淋浴室、洗衣室	每人每日	100～150		
	设单独卫生间、公用洗衣室	每人每日	120～200		
2	宾馆客房				
	旅客	每床位每日	300～500	24	2.5～2.0
	员工	每人每日	80～100		
3	医院住院部				
	设公用盥洗室	每床位每日	100～200	24	2.5～2.0
	设公用盥洗室、淋浴室	每床位每日	150～250	24	2.5～2.0
	设单独卫生间	每床位每日	250～400	24	2.5～2.0
	门诊部、诊疗所	每病人每次	15～25	12	2.5～1.5
	疗养院、休养所住房部	每床位每日	200～300	24	2.0～1.5
4	养老院	每床位每日	100～150	24	2.5～2.0
5	幼儿园、托儿所				
	有住宿	每儿童每日	50～100	24	3.0～2.5
	无住宿	每儿童每日	30～50	10	2.0

续表

序号	建筑物名称	单位	最高日生活用水定额(L)	使用时间(h)	小时变化系数
6	公共浴室 淋浴 浴盆、淋浴 桑拿浴(淋浴、按摩池)	 每顾客每次 每顾客每次 每顾客每次	 100 120～150 150～200	 12 12 12	2.0～1.5
7	理发室、美容院	每顾客每次	20～30	12	2.0～1.5
8	洗衣房	每公斤干衣	40～80	8	1.5～1.2
9	餐饮业 营业餐厅 快餐店、职工及学生食堂 酒吧、咖啡厅、茶座、卡拉OK房	 每顾客每次 每顾客每次 每顾客每次	 30～40 15～20 5～15	 10～12 16～12 18	 2.0～1.5 2.0～1.5 1.5
10	商场 员工及顾客	每平方米营业面积每日	15～20	12	2.0～1.5
11	办公楼	每人每班	40～60	8	2.0～1.5
12	教学、实验楼 中小学校 高等院校	 每学生每日 每学生每日	 30～50 50～80	 10 10	 2.5～2.0 2.5～2.0
13	电影院、剧院	每观众每场	5～10	3	2.5～2.0
14	健身中心	每人每次	20～30	12	2.0～1.5
15	体育场(馆) 运动员淋浴 观众	 每人每次 每人每场	 30～40 3	 4	 3.0～2.0 1.5
16	会议厅	每座位每次	10～15	4	2.0～1.5
17	菜市场地面冲洗及保鲜用水	每平方米每日	8～10	10	4.0
18	停车库地面冲洗水	每平方米每日	2～3		

注：1. 宾馆综合用水定额可取800～1000L(床位·d)。

2. 除养老院、托儿所、幼儿园的用水定额中含食堂用水，其它均不含食堂用水。

3. 除注明外，均不含员工生活用水，员工用水定额为每人每班40～60L。

4. 医疗建筑用水中已含医疗用水，但不含医生，护士的生活用水。

5. 空调用水应另计。

浇洒道路和绿化用水量　　表12-4

路面性质	用水量标准[L/(m²·次)]
碎石路面	0.40～0.70
土路面	1.00～1.50
水泥或沥青路面	0.20～0.50
绿化及草地	1.50～2.00

注：1. 浇洒次数一般按每日上午、下午各一次计算。

2. 除特殊情况外，浇洒用水量不宜超过总用水量的5%。

3. 浇洒用水与消防用水及冬季采暖补充水不应同时计算。

(4) 居住小区消防用水量、水压及火灾延续时间，应按现行的《建筑设计防火规范》、《高层民用建筑设计防火规范》及《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》执行。

(5) 居住小区浇洒道路和绿化用水量，应根据路面种类、气候条件、绿化情况和土壤性质等条件，见表 12-4 确定。

(6) 冲洗汽车用水量标准：

1) 冲洗汽车用水量定额根据汽车种类、用途和道路情况确定，见表 12-5。运输物质易于沾污和道路等级较低时应选较高定额。

2) 汽车库内存放汽车在 25 辆及 25 辆以下时，应按全部汽车每日冲洗一次计算；25 辆以上时，每日冲洗数量，一般按全部汽车数的 70%～90%计算，但不少于 25 辆。

3) 每辆汽车的冲洗时间为 10min。

4) 冬季汽车启动所需热水量应另计。

冲洗汽车用水量定额　　表 12-5

汽　车　种　类	冲洗用水定额[L/(辆·次)]
小轿车、吉普车、小面包车	250～400
大轿车、公共汽车、大卡车、载重汽车	400～600

(7) 冷却塔循环水的补充水量，按循环水量的 2%～3%计算。

(8) 居住小区管网漏失水量与未预见水量之和，可按小区最高日用水量的 10%～20%计算。

(9) 生活饮用水的水质，必须符合现行的《生活饮用水卫生标准》的要求。

(10) 生活饮用水管网的供水压力，应根据建筑物层数和管网阻力损失计算确定。

居住小区生活饮用水给水管网从地面算起的最小服务水压(除卫生器具所需流出水压大于 0.03MPa 时，最小服务水压应按实际要求计算外)，可按住宅建筑层数确定；一层为 0.1MPa，二层为 0.12MPa，二层以上每增高一层增加 0.04MPa。

12.1.2 水　源

(1) 居住小区给水水源，应取自城镇或厂矿的生活给水管网，远离城镇的居住小区经技术经济比较合理时，可自设水源。

(2) 水源选择必须考虑如下因素：

1) 生活饮用水的水质要求。

2) 水源充足。

3) 维护、管理及施工方便。

4) 水源的设计应按《室外给水设计规范》的规定执行。

(3) 居住小区自设水源的给水管网，不得与城镇给水管网直接连接。如需要连接时，应征得当地供水部门同意。

(4) 在严重缺水地区，可采用中水作为便器的冲洗用水、浇洒道路和绿化用水、汽车、冲洗用水和空调冷却补水等。设计中水工程时，应符合现行的《建筑中水设计规范》的规定。

12.1.3 给 水 系 统

(1) 设计居住小区给水系统时，应充分利用城镇给水管网的水压。

(2) 居住小区给水系统类型：

1) 城镇给水管网水压、水量能满足要求时，采用直接供水。

2) 设屋顶水箱，利用夜间水压调蓄供水。

3) 水泵直接从管网抽水加压供水(该供水方式只有管道中流量充足，并经当地供水部门同意时方能采用)。

4) 采用水池、水泵增压供水，该供水方式有：

① 水池→水泵→水塔(水箱)→用户。

② 水池→水泵→气压水罐→用户。

③ 水池→变频调速水泵→用户。

④ 水池→变频调速水泵和气压水罐组合→用户。

(3) 在严重缺水地区或无合格原水地区，可采用分质给水系统。

(4) 多层建筑居住小区，应采用生活和消防共用的给水系统。

高、多层建筑混合居住小区应采用分压给水系统，其中高层建筑部分给水系统应根据高层建筑的数量、分布、高度、性质、管理和安全等情况，经技术经济比较后，确定采用分散、分片集中或集中调蓄增压给水系统。

12.1.4 给水管道布置与敷设

(1) 小区干管应布置成环网或与城镇给水管道连成环网；小区支管和接户管可布置成枝状。

(2) 小区干管宜沿用水量较大的地段布置，以最短距离向大用水户供水。

(3) 给水管道宜与道路中心线或主要建筑物平行敷设，并尽量减少与其它管道的交叉。

(4) 给水管和排水管离建筑物及构筑物的平面最小净距离，可见表 12-6。

给水管和排水管离建筑物及构筑物的平面最小净距离　　表 12-6

最小净距离(m)　管线 / 名称	给水管		污水管	雨水管	排水盲沟
	$DN>200$	$DN\leqslant200$			
建筑物	3~5	3~5	3.0	3.0	1.0
铁路中心线	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
城市型道路边缘	1.5	1.0	1.5	1.5	1.0
郊区型道路边沟边缘	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
围墙	2.5	1.5	1.5	1.5	1.0
照明及通讯电杆	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5
高压电线杆支座	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
乔木	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
灌木	—	—	—	—	1.0

注：表中数字也适用于架空敷设的管道。

(5) 给水管与其它管道平行或交叉敷设的净距，应根据两种管道的类型、埋深、施工检修的相互影响、管道上附属构筑物的大小和当地有关规定等条件确定。一般可见表 12-7。

给水管和排水管离其它管道的最小净距离　　表 12-7

管道名称	水平净距离(m)					垂直净距离(m)				
	给水管		污水管	雨水管	排水盲沟	给水管		污水管	雨水管	排水盲沟
	$DN\leqslant200$	$DN>200$				$DN\leqslant200$	$DN>200$			
给水管 $DN\leqslant200$	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.10	0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	—
给水管 $DN>200$	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	0.15	0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	—
污水管	1.0	1.5	0.8～1.5	0.8～1.5	0.8～1.5	0.1～0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	—
雨水管	1.0	1.5	0.8～0.15	0.8～0.15	0.8	0.1～0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	—
热力管沟	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	—
直埋式热水管	1.0	1.0	1.0	1.0	—	0.1～0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	—
煤气管										
低压	0.5～1.0	0.5～1.0	1.0	1.0	1.5	0.1～0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	0.1～0.15	—
中压	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.15	0.15	0.15	0.15	—
高压	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	0.20	0.20	0.15	0.15	—
特高压	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	0.20	0.20	0.15	0.15	—
压缩空气管	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.15	0.15	0.15	0.15	—
乙炔、氧气管	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.25	0.25	0.25	0.25	—
石油管	1.5	2.0	1.5	1.5	1.5	0.25	0.25	0.25	0.25	—
电力电缆	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5 (0.25)	0.5 (0.25)	0.5 (0.25)	0.5 (0.25)	—
通信电缆	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5 (0.15)	0.5 (0.15)	0.5 (0.15)	0.5 (0.15)	—
架空管架基础	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	—	—	—	—	—
涵洞基础底						0.15	0.15	0.15	0.15	—

注：1. 煤气管道压力：低压为不超过 49kPa；中压为 49～147kPa；高压为 148～294kPa；特高压为 295～981kPa。

2. 特殊情况下不能满足上表要求时，在采取有效措施后，可适当减小。

3. 在电力电缆和通信电缆两栏内，带(　　)者为穿管敷设；不带(　　)者为直埋敷设。

4. 表中的净距离系指管外皮间距。

(6) 给水管道与建筑物基础的水平净距：管径 100～150mm 时，不宜小于 1.5m；管径

50～75mm时，不宜小于2.5m。

(7) 生活给水管道与污水管道交叉时，给水管应敷设在污水管道上面，且不应有接口重叠；当给水管道敷设在污水管道下面时，给水管道的接口离污水管道的水平净距不宜小于1.0m，且给水管应加设套管，套管长宜采用6m。

(8) 给水管道的埋设深度，应根据土壤的冰冻深度、外部荷载、管材强度与其它管道交叉等因素确定。

(9) 给水管道一般敷设在未经扰动的原状土层上。对于淤泥和其它承载力达不到要求的地基，应进行基础处理。敷设在基岩上时，应铺设砂垫层。

12.1.5　设计流量和管道水力计算

(1) 居住小区生活给水的最大小时流量，应按第12.1.1节确定。

(2) 居住小区中生活给水管道的设计流量，按下列方法计算：

1) 居住组团(人数3000人以内)范围内的生活给水管道，设计流量，按其负担的卫生器具总数以现行《建筑给水排水设计规范》的生活给水设计秒流量公式计算，详见第1章。

2) 居住小区的生活给水干管设计流量，按最大小时流量计算。

(3) 给水管道担负不同类别建筑给水时，生活给水管道设计秒流量计算公式中的系数α、K值，可取卫生器具当量数为权重的加权平均值。

(4) 设有幼托、中小学校、菜场、浴室、饭店、旅馆、医院等用水量较大的公共建筑，在计算居住组团内的给水管道的设计流量时，应按现行《建筑给水排水设计规范》生活给水管道设计秒流量公式计算；在计算居住小区给水干管的设计流量时，应按上述建筑的最大小时流量计算，以集中流量计入。

(5) 生活给水管道上设有室外消火栓时，给水管道管径应按生活给水流量和消防给水流量之和进行校核。如采用低压消防给水系统，管道的压力应保证灭火时，最不利点室外消火栓的水压从地面算起不低于0.1MPa。

(6) 给水管网设有两条或两条以上连接管与城镇给水管网连成环网时，应保证一条连接管检修关闭时其余连接管仍能供应70%的生活给水流量。对生活与消防合并的给水管网还应计入消防流量。

(7) 给水管网的水头损失计算，应遵守下列规定：

1) 钢管和铸铁管的单位长度水头损失，按式(12-1)、式(12-2)计算：

当$v<1.2$m/s时，

$$i=0.00000912\frac{v^2}{d_j^{1.3}}\left(1+\frac{0.867}{v}\right)^{0.3} \tag{12-1}$$

当$v\geqslant 1.2$m/s时，

$$i=0.0000107\frac{v^2}{d_j^{1.3}} \tag{12-2}$$

式中　i——水力坡降(MPa/m)；

d_j——管道的计算内径(m)；

v——管道内平均水流速度(m/s)。

设计计算时，也可查《给水排水设计手册》第1册《常用资料》水力计算表得出。

2) 塑料管的单位长度水头损失,按式(12-3)计算(当水温为20℃时):

$$i=8.75\times10^{-6}\frac{q_j^{1.761}}{d_j^{4.761}} \tag{12-3}$$

式中 i——水力坡降(MPa/m);

q_j——计算流量(m^3/s);

d_j——管道计算内径(m)。

(8) 给水管道局部水头损失,除水表和止回阀等需单独计算外,可按管网沿程水头损失的15%~30%计算。

(9) 给水管道内的水流速度,一般可取1.0~1.5m/s。消防时的流速,可取1.5~2.0m/s,但最大不得超过3m/s。

(10) 居住小区从城镇给水管网直接供水的给水管道的管径,应根据管道的设计流量、城镇给水管网能保证的最低水压和最不利配水点所需水压计算确定。

12.1.6 给水管道材料及附件

(1) 给水管道材料的选择,应根据供水水压、外部荷载、土壤性质、施工维护和材料供应等条件确定。可采用承插式预应力钢筋混凝土管、球墨铸铁管、钢管、自应力钢筋混凝土管、硬聚氯乙烯给水管、ABS塑料管和玻璃钢管等。

(2) 埋地金属管应根据选用管道材料、土壤性质、输送水的特性,采用相应的内外防腐措施。

(3) 居住小区给水管道在下列部位应设阀门:

1) 小区干管从城镇给水管道接入处。

2) 小区支管从小区干管接出处。

3) 接户管从小区支管接出处。

4) 环状管需调节和检修处。

(4) 阀门应设在阀门井内。在寒冷地区的阀门井应采取保温防冻措施。在人行道绿地下,直径小于等于300mm的阀门可采用阀门套筒。

(5) 在城镇消火栓保护不到的建筑区域,应设室外消火栓。消火栓设置间距不应大于120m;距路边不大于2m;距房屋外墙不小于5m。其位置应设在交叉路口和明显处,既便于使用,又不妨碍交通。

(6) 集中给水龙头的服务半径一般为50~100m。其设置地点应方便取水,并设置排水设施,在寒冷地区要有防冻措施。

(7) 居住小区公共绿地和道路需要洒水时,可设洒水栓。洒水栓的间距不宜大于80m。如采用喷灌喷头,应按产品要求确定。

12.1.7 水泵房、水池和水塔

(1) 水泵房位置宜靠近负荷中心,可独立建设,也可与锅炉房或热力中心等公用动力站、房合建。

(2) 水泵房机组噪声对周围环境有影响时,应采取隔振消声措施。

(3) 泵房的供水流量应满足下列要求：

1) 有水塔、水箱时，应满足给水系统的最大小时流量要求。

2) 无水塔、水箱时，应满足给水系统设计秒流量要求。

3) 泵房兼有消防给水任务时，应满足生活给水流量和消防给水流量要求。

4) 气压给水系统的设计流量，按最大小时流量的 1.2 倍确定。

5) 生活、生产给水调速水泵的出水量，应按设计秒流量确定。

(4) 水泵的扬程，应满足最不利配水点所需水压。

(5) 水泵的选择、水泵机组的布置、水泵吸水管和出水管以及水泵房设计要求，应按现行《室外给水设计规范》有关规定执行。并参见第 1 章。兼有消防给水任务时，还应符合有关消防规范的规定。

(6) 水池的有效容积，应根据居住小区生活川水的调节贮水量、安全贮水量和消防贮水量确定。其中生活用水的调节贮水量无资料时，可按居住小区最高日用水量的 20%～30% 确定。

(7) 消防水池与生产、生活贮水池，一般应分开设置。当生产、生活、消防给水共用水池时，应有确保消防用水不被动用的技术措施，并应采取防止水质变坏的措施。

(8) 不允许间断供水的水池或有效容积超过 1000m^3 水池，应分设两个或两格。两池(格)之间应设连通管，并按每个水池(格)单独工作要求，配置管道和阀门。

(9) 水池的溢流管不得直接与排水管道相通，应有空气隔断和防止污水倒流入池措施。

(10) 水塔和高位水箱(池)的有效容积，应根据居住小区生活用水的调节贮水量、安全贮水量和消防贮水量确定。其中生活用调节贮水量无资料时，可按表 12-8 确定。

水塔和高位水箱(池)生活用水的调节贮水量　　表 12-8

居住小区最高日用水量 (m^3)	≤100	101～300	301－500	501～1000	1001～2000	2001～4000
调蓄贮水量占最高日用水量的百分数(%)	30～20	20～15	15～12	12～8	8～6	6～4

(11) 水塔和高位水箱(池)最低水位的高程，应满足最不利配水点所需水压。

(12) 水塔和高位水箱(池)宜设水位控制装置，并与运行泵联锁。

12.2　排　　水

12.2.1　体　　制

(1) 居住小区排水体制(分流制或合流制)的选择，应根据城镇排水体制、环境保护要求等因素综合比较确定。

(2) 新建居住小区具有下列情况，宜采用分流制排水系统：

1）城镇排水系统为分流制(包括远期规划改造为分流制)。

2）居住小区或小区附近有合适的雨水排放受纳水体。

3）居住小区远离城镇时，排水系统应为独立的排水体系。

(3) 居住小区内排水需进行中水回用时，应设分质、分流排水系统。

12.2.2 排 水 量

(1) 居住小区生活污水排水定额和小时变化系数与生活用水定额和小时变化系数相同，应按第 12.1.1 节确定。

(2) 居住小区内公共建筑的生活污水排水定额和小时变化系数与生活用水定额和小时变化系数相同，应按第 12.1.1 节确定。

(3) 居住小区内生活污水的最大小时流量包括居民生活污水流量和公共建筑生活污水流量。生活污水的最大小时流量与生活用水最大小时流量相同，应按第 12.1.1 节确定。

(4) 居住小区内的雨水设计秒流量，按式(12-4)计算：

$$Q = q\psi F \quad (\text{L/s}) \tag{12-4}$$

式中 Q——雨水设计流量(L/s)；

q——当地的设计暴雨强度[L/(s·ha)]；

ψ——径流系数，居住小区内各种地面的径流系数，可按表 12-9 采用。小区内平均径流系数，应按各种地面的面积加权平均计算确定。如资料不足，小区综合径流系数根据建筑稠密程度在 0.5～0.8 内选用；

F——汇水面积(ha)。

径 流 系 数　　表 12-9

地面种类	径流系数	地面种类	径流系数
各种屋面、混凝土和沥青路面	0.90	干砌砖、石及碎石路面	0.40
大块石铺砌路面和沥青表面处理的碎石路面	0.60	非铺砌的土路面	0.30
级配碎石路面	0.45	公园和绿地	0.15

(5) 雨水设计的暴雨强度，应按当地暴雨强度公式进行计算。如当地无暴雨强度公式，可参照附近类似情况的城镇暴雨强度公式进行计算，详见第 5 章。

(6) 雨水管渠的设计重现期，应根据地形条件和气象特点等因素确定。居住小区宜选用 0.5～1.0a。

(7) 雨水管渠设计降雨历时，应按式(12-5)计算：

$$t = t_1 + mt_2 \quad (\text{min}) \tag{12-5}$$

式中 t——设计降雨历时(min)；

t_1——地面集水时间(min)，视距离长短、地形坡度和地面铺盖情况面定，一般可选用 5～10min；

m——折减系数，小区支管和接户管：取 $m=1$；小区干管：暗管取 $m=2$，明渠取 $m=1.2$；

t_2——管内雨水流行时间(min)。

(8) 居住小区中合流制管道的设计流量为生活污水流量和雨水流量之和。生活污水流量可取平均日污水流量(L/s);雨水流量计算时设计重现期,宜高于同一情况下分流制的雨水管道设计重现期。

12.2.3　管道布置与敷设

(1) 排水管道的布置,应根据小区总体规划、道路和建筑的布置、地形高程、污雨水去向等因素,按管线最短、埋深最小、尽量自流排出的原则确定。

(2) 排水管道宜沿道路和建筑物的周边呈平行敷设,并尽量减少相互间以及与其它管线间的交叉。污水管道与生活给水管道相交时,应敷设在给水管道下面。

(3) 管道应尽量布置在道路外侧的人行道或草地的下面。

(4) 排水管道敷设时,相互间以及与其它管线间的水平和垂直净距,应根据两种管道的类型、埋深、施工检修的相互影响、管道上附属构筑物的大小和当地有关规定等因素确定。一般可按表 12-6、7 采用。

(5) 排水管道与建筑物基础的水平净距,当管道埋深浅于基础时,应不小于 1.5m;当管道埋深深于基础时,应不小于 2.5m。

(6) 各种不同直径的排水管道连接时,应设置检查井。管道在检查井内接口,宜采用管顶平接。井内进水管不得大于出水管。

(7) 排水管道转弯和交接处,水流转角,应不小于 90°。当管径小于等于 300mm、且跌水水头大于 0.3m 时,可不受此限制。

(8) 排水管道的管顶最小覆土厚度,应根据外部荷载、管材强度和土壤冰冻等因素,结合当地埋管经验确定。

1) 管道在车行道下不宜小于 0.7m。如小于 0.7m 时,应采取防止受压破损的保护措施(如加设防护钢套管)。

2) 当管道不受冰冻和外部荷载影响时,最小覆土厚度不宜小于 0.3m。

3) 冰冻层内排水管道的埋设深度,应根据流量、水温、水流情况和敷设位置等因素确定。一般应符合下列规定:

① 无保温措施的生活污水管道或水温与生活污水接近的工业废水管道,管底可埋设在冰冻线以上 0.15m。

② 有保温措施或水温较高的管道,管底在冰冻线以上的距离可以加大,其数值应根据该地区或条件相似地区的经验确定。

③ 在冰冻层内埋设雨水管道,如有防止冰冻膨胀破坏管道的措施(如保温措施)时,可埋设在冰冻线以上。

(9) 排水管道的接口,应根据管道材料、连接形式、排水性质、地下水位和地质条件等确定。见第 12.2.5.1 节。

(10) 排水管道的基础,应根据地质条件、布置位置、施工条件和地下水位等因素确定。一般可按下列规定选择:

1) 干燥密实的土层、管道不在车行道下、地下水位低于管底标高、且非几种管道合槽施工时,可采用素土(或灰土)基础;但接口处必须做混凝土枕基。

2) 岩石和多石地层采用砂垫层基础。砂垫层厚度不宜小于 200mm,接口处应做混凝

土枕基。

3）一般土壤、各种潮湿土壤、回填土层以及在车行道下面敷设的管道，应根据具体情况采用90°～180°混凝土带状基础。

4）如果施工超挖，地基松软或不均匀沉降地段，管道基础和地基应采取加固措施。

5）2种新型排水管材的基础：

① 室外塑料螺旋管基础，见图12-1、表12-10。

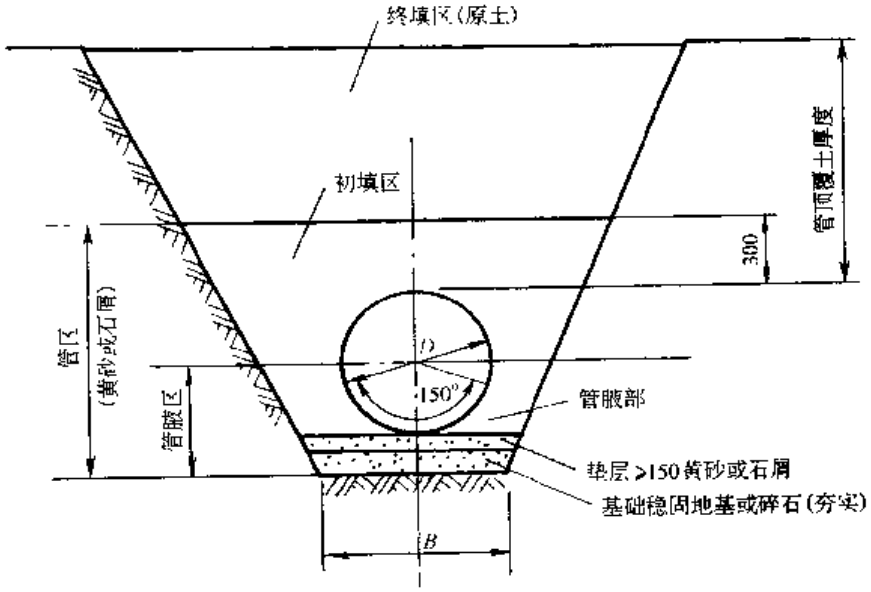


图12-1　室外塑料螺旋管基础断面

沟　底　宽　度　　表12-10

管径 D(mm)	沟底宽度 B(mm)	管径 D(mm)	沟底宽度 B(mm)
$150<D\leqslant300$	$\geqslant D+300$	$900<D\leqslant1500$	$\geqslant D+700D$
$300<D\leqslant450$	$\geqslant D+400$	$D>1500$	$\geqslant D+0.5D$
$450<D\leqslant900$	$\geqslant D+600$		

② UPVC加筋管基础，见图12-2、表12-11。

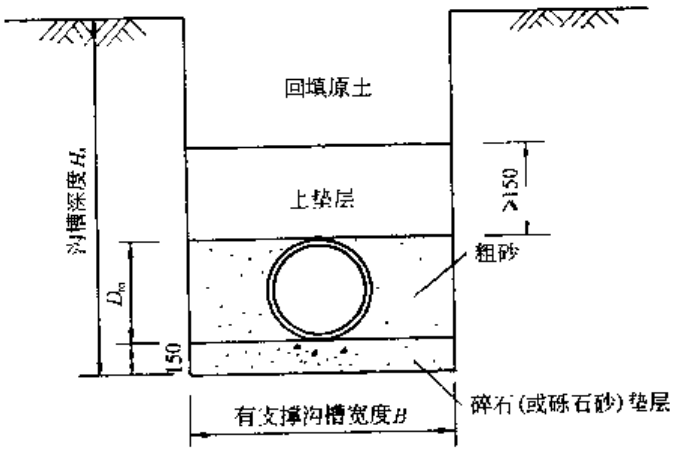


图12-2　UPVC加筋管基础

基　础　尺　寸　(mm)　　表 12-11

管道公称直径 DN		225	300	400
管道外径 D_w		250	335	450
$H_s<3000$	B	1000	1100	1200
$3000\leqslant H_s<4000$	B	1200	1300	1400
$H_s\geqslant 4000$	B	—	—	1500

注：无支撑时沟槽宽度 B 可减小 300mm。

12.2.4　管道水力计算

(1) 排水管道水力计算，见式(12-6)、式(12-7)：

1) 流量公式按式(12-6)计算：

$$Q = Av \quad (m^3/s) \tag{12-6}$$

式中　Q——流量(m^3/s)；

A——过水断面面积(m^2)；

v——流速(m/s)。

2) 流速公式按式(12-7)计算：

$$v = \frac{1}{n}R^{2/3}I^{1/2} \quad (m/s) \tag{12-7}$$

式中　R——水力半径(m)；

I——水力坡度，采用管道坡度；

n——粗糙系数，见表 12-12。

管渠粗糙系数　　表 12-12

管渠类别	n	管渠类别	n
混凝土和钢筋混凝土管	0.013～0.014	水泥砂浆抹面渠道	0.013～0.014
铸铁管	0.013	浆砌砖渠道	0.015
钢管	0.012	浆砌块石渠道	0.017
塑料管	0.009～0.01	干砌块石渠道	0.02～0.025

(2) 污水管道设计流量，应按最大小时污水流量进行计算。小区内居民生活污水最大小时流量和小区内公共建筑生活污水最大小时流量，应按第 12.2.2 节中(1)(2)(3)计算确定，并按集中流量计入。

(3) 雨水管道和合流管道的设计流量，应分别按第 12.2.2 节计算确定。

(4) 雨水管道和合流管道，应按满流计算；污水管道应按非满流计算，最大设计充满度见表 12-13。

污水管渠最大设计充满度　　表 12-13

管径 D(mm)	最大设计充满度(h/D)	管径 D(mm)	最大设计充满度(h/D)
150～300	0.55	≥500	0.70
350～450	0.65		

(5) 排水管道(渠)的最大设计流速：

1) 管道：

① 金属管不得超过 10m/s。

② 非金属管不得超过 5m/s。

2) 明渠：

① 水流深度 h 为 0.4～1.0m 时，宜按表 12-14 选用。

明渠最大设计流速　　表 12-14

明渠类别	最大设计流速(m/s)	明渠类别	最大设计流速(m/s)
粗砂及贫亚粘土	0.80	草皮护面	1.60
砂质粘土	1.00	干砌块石	2.00
粘土	1.20	浆砌块石或浆砌砖	3.00
石灰岩或中砂岩	4.00	混凝土	4.00

② 水流深度 h 在 0.4～1.0m 范围以外时，按表 12-14 所列流速应乘以下列系数：

ⅰ．$h<0.4$m 时，乘以 0.85。

ⅱ．2.0m$>h>$1.0m 时，乘以 1.25。

ⅲ．$h\geqslant$2.0m 时，乘以 1.40。

(6) 排水管道的最小设计流速：雨水管和合流管道在满流时为 0.75m/s；污水管道在设计充满度下为 0.60m/s；明渠为 0.4m/s。

(7) 排水管道的管径，经水力计算小于表 12-15 最小管径时，应选用最小管径。居住小区内排水管道的最小管径和最小设计坡度，宜按表 12-15 采用。

最小管径和最小设计坡度　　表 12-15

管别		位置	最小管径(mm)	最小设计坡度
污水管道	接户管	建筑物周围	150	0.007
	支管	组团内道路下	200	0.004
	干管	小区道路、市政道路下	300	0.003
雨水管和合流管道	接户管	建筑物周围	200	0.004
	支管及干管	小区道路、市政道路下	300	0.003
雨水连接管			200	0.010

注：1. 污水管道接户管最小管径 150mm，服务人口不宜超过 250 人(70 户)。超过 250 人(70 户)，最小管径宜用 200mm。

2. 进化粪池前污水管最小设计坡度：管径 150mm 时，采用 0.010～0.012；管径 200mm 时，采用 0.010。

(8) 排水接户管管径不应小于建筑物的排出管管径。排水管道下游管段管径不应小于上游管段管径。

12.2.5 管材、检查井、跌水井和雨水口

12.2.5.1 管材及接口

(1) 排水管道的管材，应根据排水性质、成分、温度、地下水侵蚀性、外部荷载、土壤情况和施工条件等因素，因地制宜就地取材。一般按下列原则选用：

1) 可采用混凝土管、钢筋混凝土管、塑料螺旋管(室外)、UPVC 加筋管。

2）穿越管沟、河道等特殊地段或承压管段，可采用钢管和铸铁管。

3）输送腐蚀性污水管道，必须采用耐腐蚀的管材。其接口及附属构筑物也必须采取防腐措施。如 UPVC 管、玻璃钢管等。

（2）排水管道接口应根据管道材料、连接型式、排水性质、地下水位和地质条件等确定。一般应符合下列规定：

1）混凝土管或钢筋混凝土承插管的沥青油膏接口或胶圈接口为柔性接口，一般用于污水管道。

2）混凝土管或钢筋混凝土承插管的水泥砂浆接口为刚性接口，一般用于雨水管道。

3）混凝土管或钢筋混凝土管的套环沥青砂浆和石棉水泥接口，一般用于地下水位以下的各类污水、雨水管道。

4）混凝土管或钢筋混凝土管的钢丝网水泥砂浆抹带接口，一般用于污水管道。

5）混凝土管或钢筋混凝土管的水泥砂浆抹带接口或胶圈接口，一般用于雨水管道。

6）铸铁管可采用石棉水泥接口。

7）钢管采用焊接接口。

8）塑料螺旋缠绕管（室外），$DN<900$ 采用密封胶粘接；$DN\geqslant900$ 采用焊接连接。

9）UPVC 加筋管采用 T 型橡胶圈接口。

（3）金属管材均应在管道的内外壁面上涂刷防腐层。作法详见《给排水管道工程施工及验收规范》。

12.2.5.2　检查井、跌水井、雨水口

（1）排水管道与室外排出管连接处、管道交汇、转弯、跌水、管径或坡度改变处以及直线管段上每隔一定距离处均应设检查井。

（2）居住小区内的直线管段上检查井的最大间距，见表 12-16。

检查井的最大间距　　**表 12-16**

管径(mm)	最大间距 (m)	
	污水管道	雨水管和合流管道
150	20	20
200～300	30	30
400	30	40
≥500	—	50

（3）检查井内径大小和构造要求，应根据管径、埋深、地面荷载、便于养护检修并结合当地实际经验确定。排水接户管埋深小于 1m 时，宜采用小井径检查井。

（4）排水检查井井底应设流槽，必要时可设沉泥槽。井内流槽转弯时，其流槽中心线的转弯半径，按转角大小和管径确定，但不得小于最大管的管径。排水检查井做法见国标 S231、S232、S233。

（5）管道跌水水头为 1～2m 时，宜设跌水井跌水。水头大于 2.0m 时，必须设跌水井。跌水井做法见国标 S234。

（6）管道转弯处不得设置跌水井。

(7) 小区内雨水口的布置，应根据地形、建筑物和道路的布置等因素确定。在道路交汇处、建筑物单元出入口附近、建筑物雨落管附近以及建筑物前后空地和绿地的低洼点等处，宜布置雨水口。雨水口做法见国标 95S235—1、95S235—2。

(8) 雨水口的数量，应根据雨水口型式、布置位置、汇集流量和雨水口的泄水能力计算确定。

(9) 雨水口的泄水流量，可按表 12-17 采用。

雨水口的泄水流量 **表 12-17**

雨水口形式(箅子尺寸为 750mm×450mm)	泄水流量(L/s)
平箅式雨水口单箅	15～20
平箅式雨水口双箅	35
平箅式雨水口三箅	50
边沟式雨水口单箅	20
边沟式雨水口双箅	35
联合式雨水口单箅	30
联合式雨水口双箅	50
侧立式雨水口单箅	10～15

注：表中数值为充分排水时的泄水流量，如有杂物堵塞时，泄水流量应酌减。

(10) 如采用其它型式的雨水口时，其泄水流量按式(12-8)计算：

$$q_x = ca(2gh)^{0.5}K \quad (m^3/s) \tag{12-8}$$

式中 q_x——雨水口泄水流量(m^3/s)；

c——孔口系数，圆角孔时为 0.8；方角孔时为 0.6；

a——进水孔口净孔面积(m^2)；

g——重力加速度，取 $g=9.8m/s^2$；

h——进水孔口上允许积存的水头(m)，一般采用 0.02～0.06m；

K——孔口阻塞系数，可采用 0.67。

(11) 雨水口的型式，一般按以下规定选用：

1) 无道牙的路面和广场、停车场，采用平箅式雨水口。

2) 有道牙的道路，采用边沟式雨水口。

3) 有道牙的道路，如径流集中、且有杂物堵塞外，宜用联合式雨水口。

(12) 雨水口的间距，应根据路面种类、道路纵坡大小、暴雨强度、附近地形和建筑物情况等因素，经水力计算确定。一般可按表 12-18 采用。

雨水口间距(m) **表 12-18**

规划红线宽度(m)	道路纵坡 $i=0.002$				道路纵坡 $i=0.002$～0.003			
	边沟式		联合式		边沟式		联合式	
	单箅	双箅	单箅	双箅	单箅	双箅	单箅	双箅
<40	30～40	50～70	40～60	70～110	35～45	60～80	50～70	80～120
40～60	30	35～50	30～40	50～70	25～35	45～60	35～50	60～80
60～80	—	30～35	30	35～50	—	30～45	30～35	45～60

注：1. 表中数值系按北京地区设计重现期 2a，10min 降雨强度、径流系数 0.7 的标准计算得出。

2. 如道路纵坡为 0.003～0.006 时，雨水口间距较表中数值延长 10～20m。

(13) 雨水口的设置,应符合下列要求:

1) 雨水口的深度不宜大于 1m,泥砂量大的地区可根据需要设置沉泥槽。有冰冻影响地区的雨水口深度,可根据当地经验确定。

2) 平箅式雨水口长边应与道路平行,箅面宜低于路面 30～40mm;在土地面上时,宜低 50～60mm、且周围地面应坡向雨水口。

3) 雨水口箅盖一般采用铸铁箅子,也可以采用钢筋混凝土箅子。雨水口的底部和侧墙,采用砖、石或混凝土材料。

(14) 雨水口的布置,应符合下列要求:

1) 雨水口连接管最小管径为 200mm。连接管的坡度为 0.01。

2) 雨水口串联连接时,数量不得超过两个。

3) 连接管埋设在路面或有重荷载处地面的下面时,应做通基基础;无重荷载处地面以下的连接管做枕基基础。

4) 雨水口连接管与直径超过 800mm 的雨水管和合流管的连接处,可不设检查井,但需设连接暗井。

5) 雨水口与雨水干管的检查井或连接暗井间的连接管长度,不得大于 25m。

6) 沿道路的建筑物雨落管尽量接入雨水口。

(15) 雨水口型式,详见《国家给水排水标准图集》95S235。

12.2.6　泵房和集水池

(1) 排水泵房宜建成单独建筑物。排水泵房与居住建筑和公共建筑,应有一定距离。水泵机组噪声对周围环境有影响时,应采取消声、隔振措施。泵房周围应绿化。

(2) 泵房的位置宜选择在地势较低处,但不得被洪水淹没。

(3) 雨水泵房机组的设计流量,可取与泵房进水管道的设计流量相同。污水泵房机组的设计流量,可按最大小时流量计算。

(4) 泵房内水泵的选择、机组布置、水泵吸水管、压水管及阀门的设置等设计要求,应按现行《室外排水设计规范》有关规定执行。

(5) 污水集水池:污水集水池的有效容积,应根据污水流量、水泵能力和水泵工作情况等因素进行确定,并注意满足以下要求:

1) 水泵机组为自动控制时,有效容积不得小于泵房内最大一台水泵 5min 的出水量,且每小时开启水泵的次数不得超过 6 次。

2) 水泵为人工开启时,集水池的容积应根据流入的污水量和水泵工作情况确定。生活污水集水池的容积,不得大于 6h 的平均小时污水量;工业废水集水池的容积,按工艺要求确定。

3) 夜间停止工作的污水泵房,其集水池容积应按容纳该时流入池内的全部污水量计算,并以一台污水泵 10～15min 的出水量进行校核。在这种工作方式的泵房设计以前,必须进行技术经济比较,避免池容积过大。

4) 水泵的吸水管在吸水坑内的安装尺寸,可按下列规定确定(见图 12-3):

① $DN \leqslant 200$ 时,$h = 0.4$m。

② $DN > 200$ 时,$h = 0.5 \sim 0.8$m。

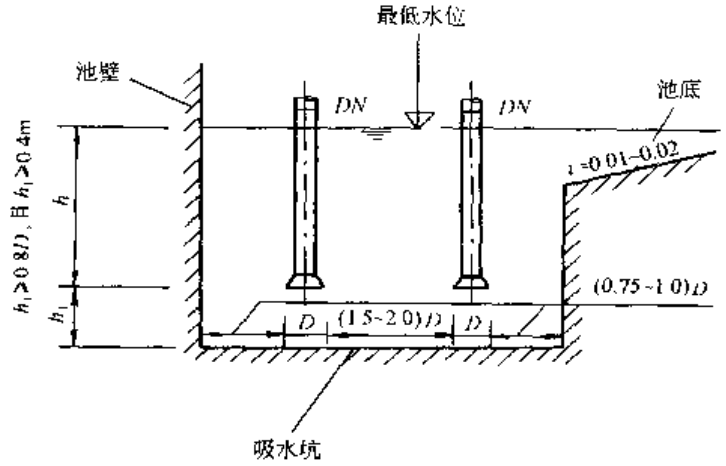


图 12-3 水泵吸水管安装尺寸

(6) 雨水集水池：

1) 池容积一般不考虑调节作用，一般按泵房中安装的最大一台雨水泵 30s 的出水量进行计算。

2) 池的设计最高水位，一般可以采用雨水进水管道的管顶标高。

12.2.7 污 水 排 放

(1) 居住小区的污水排放，应符合现行的《污水排放城市下水道水质标准》和《污水综合排放标准》规定的要求。

(2) 居住小区污水处理设施的建设，应由城镇排水总体规划统筹确定。

(3) 城镇已建成或已规划城镇污水处理厂，小区的污水能排入污水处理厂服务区内的污水管道，小区内不应再设置污水处理设施。

(4) 新建居住小区若远离城镇或其它原因，污水无法排入城镇污水管道，小区内应按现行《污水综合排放标准》的要求，设污水处理设施。污水经处理达标后方可排放。

(5) 城镇未建污水处理厂，小区内污水是否允许采用化粪池作为分散或过渡性处理设施，应按当地有关规定执行。

(6) 居住小区内设置化粪池时，采用分散还是集中布置，应根据小区建筑物布置、地形坡度、基地、投资、运行管理和用地条件等综合比较确定。

13 仪表及设备

13.1 水表和流量计

13.1.1 水　　表

(1) 设置条件：

1) 必须单独计算水量的建筑物，应在其引入管上装设水表。

2) 建筑物的某部分或个别设备必须计算水量时，应在其配水管上装设水表。

3) 住宅应安装分户水表。

4) 由市政管网直接供水的独立消防给水系统的引入管上可不装设水表。

(2) 类型：

1) 类型：我国目前生产的水表，可分为如下类型：

2) 水表按其显示方式，还可分为远传式和就地指示式两类，其中就地指示式又有表盘和数码显示两种。

(3) 技术特性和适用范围：常用水表的技术特性和适用范围，见表 13-1。

常用水表的技术特性和适用范围　　**表 13-1**

类　型	介质条件			公称直径 (mm)	主要技术特性	适用范围
	温度 (℃)	压力 (MPa)	性　质			
旋翼式冷水水表	0～40	≤1.0	清洁的水	15～150	最小起步流量及计量范围较小，水流阻力较大，其中干式的计数机构不受水中杂质污损，但精度较低；湿式构造简单，精度较高	适用于用水量及其逐时变化幅度小的用户，只限于计量单向水流

续表

类型	介质条件			公称直径(mm)	主要技术特性	适用范围
	温度(℃)	压力(MPa)	性质			
旋翼式热水水表	0~90	≤0.6	清洁的水	15~150	仅有干式,其余同旋翼式冷水水表	适用于用水敏及其逐时变化幅度小的用户,只限于计量单向水流
螺翼式冷水水表	0~40	≤1.0	清洁的水	80~400	最小起步流量及计量范围较大,水流阻力小	适用于用水量大的用户,只限于计量单向水流
螺翼式热水水表	0~90	≤0.6	清洁的水		最小起步流量及计量范围较大,水流阻力小	适用于用水量大的用户,只限计量单向水流
复式水表	0~40	≤1.0	清洁的水	主表:50~400 副表:15~40	水表由主表及副表组成,用水量小时,仅由副表计量,用水量大时,则由主表及副表同时计量	适用于用水量变化幅度大的用户,且只限计量单向水流
正逆流水表	0~30	≤3.2	海水	50~150	可计量管内正、逆两向流量之总和	主要用于计量海水的正逆方向流量
容积式活塞水表	0~40	≤1.0	清洁的水	15~20	为容积式流量仪表,精度较高,表型体积小,采用数码显示,可水平或垂直安装	适用于工矿企业及家庭计量水量,只限单向水流
液晶显示远传水表	0~40	≤1.0	清洁的水	15~40	具有现场读数和远程同步读数两种功能	可集中显示、储存多个用户的房号及用水量;尤其适用于多层或高层住宅

(4) 特性参数:

1) 常用流量(q_p):水表在正常工作条件即稳定或间歇流动下,最佳使用流量。

2) 过载流量(q_s):水表在无损坏情况下,短时间内,最大允许使用的流量。其值两倍于常用流量。

3) 最小流量(q_{min}):在最大允许误差限制内要求水表给出示值的最低流量。它与水表代号的数值有关。

4) 流量范围:由最小流量和过载流量所限定的范围,在此范围内水表的示值不得产生超过最大允许误差的误差,该范围由分界流量分割成"高区"和"低区"两个区。

5) 分界流量(q_t):将流量范围分割成两个区处的流量,"高区"和"低区"各自有一个该区的最大允许误差。

6) 公称压力(PN):水表工作压力的公称值通常以大写字母"PN"冠首的压力公称值的数字代号表示。

7) 最大允许工作压力(MAP):在给定温度下水表能持久经受的最大内部压力,对于冷水水表,$PN = MAP$。

8）压力损失：在给定流量下，水流通过管道中的水表所造成的压力降低。

9）最大允许温度（*MAT*）：在给定的内部压力下，水表能持久地经受的最高温度。

10）最大允许计量误差：

① q_{min}≤流量＜q_t 时的最大允许误差为±5%。

② q_t＜流量＜q_s 时的最大允许误差为±2%。

（5）类型的选择：

1）水表类型的选择应考虑下述因素：

① 用水量及其变化，包括：

ⅰ．通过水表的常用流量及其时间。

ⅱ．通过水表的过载流量、最小流量及其时间。

② 通过水表的介质情况，包括：

ⅰ．介质温度。

ⅱ．工作压力。

ⅲ．水的浊度（必须是清洁的水）。

③ 安装水表的管道直径。

④ 室外管网的压力值及允许水表水头损失值。

一般情况下，公称直径小于或等于 50mm 时，应采用旋翼式水表；公称直径大于 50mm 时，应采用螺翼式水表。在干式和湿式水表中应优先采用干式水表。

2）水表公称直径的确定：

① 以给水系统设计秒流量来选定水表的常用流量。所产生的水表损失接近和不超过规定值确定水表口径。

② 水表水头损失特性：水表过流量不大于常用流量时，水头损失不超过 25kPa（旋翼式）和不超过 7.5kPa（螺翼式）；水表过流量为水表过载流量时，其水头损失不超过 100kPa（旋翼式）和不超过 30kPa（螺翼式）。

③ 新建住宅中，分户水表的公称直径一般可采用 15mm，但如住宅中装有大便器冲洗阀时，为保证必要的冲洗强度，水表公称直径宜不小于 20mm。

（6）安装方式：

1）水表应安装在便于检修和读数，不受曝晒、冻结、污染和机械损伤的地方。

2）水表不应受由管子和管件引起的过度应力，需要时，水表应装在底座或托架上，以及在水表前加装柔性接头。此外，水表的上游和下游应适当地固紧，以保证在一侧拆开或卸下水表时，不至由于水的冲击使设施零件移动。

3）水表应防止由水和周围空气的极限温度引起损坏的危险。

4）水流方向应与水表的标注方向一致。

5）避免接近水表处流量截面的突然变化。

6）水表前后均应装设检修阀门，水表与表后阀门间应装设泄水装置，为减少水头损失并保证表前管内水流的直线流动，表前检修阀门宜采用闸阀，住宅中的分户水表，其表后检修阀及专用泄水装置可不设。

7）当水表可能发生反转，影响计量和损坏水表时，应在水表后设止回阀，特别是进加热设备的冷水表后应设止回阀。

8) 水表前宜设置过滤器。

9) 安装前,应冲洗给水管,如装有过滤器也应加以清洗。

10) 室内水表安装,可参照 S145。

11) 液晶显示远传水表的安装:

① 传感计量器:

ⅰ. 安装位置要避免污染和水淹。

ⅱ. 新装管道务必把管内石子、泥沙、麻丝等杂物冲洗干净,再装传感计量器。

ⅲ. 传感计量器安装方法与普通同口径水表相同,由它引出一条三芯信号导线与显示屏相连。

② 集中显示屏:显示屏箱体一般采用嵌墙式,固定在管理室或公共场所的墙上,箱体安装高度离地面约 1.5m。

③ 详细安装见产品说明。

(7) 几种水表分述如下:

① LXS 系列旋翼湿式水表:LXS 系列水表分有 C 型和 E 型两种。C 型表采用八位指针计数,E 型表采用三位指针和五位字轮计数。C、E 型水表均适用于一般居民住宅及小型企业记录自来水的用水量。

其主要技术参数:

ⅰ. 水温:0～40℃。

ⅱ. 最大工作压力:1.0MPa。

ⅲ. 示值误差:LXS-15C～40C、15E～40E 的示值误差:从分界流量到最大流量为±2%;从最小流量到分界流量为±5%。

LXS-50C 的示值误差:最小流量至分界流量的 5%之间为±5%;常用流量的 5%～10%之间为+8%、-2%,常用流量的 10%～100%为±2%。

ⅳ. 流量见表 13-2。

LXS 型水表流量 **表 13-2**

型号	口径 (mm)	常用流量(Q_n)	分界流量(Q_t)	最小流量(Q_{min})
		m^3/h	≤m^3/h	
LXS-15C LXS-15E	15	1.5	0.12	0.03
LXS-20C LXS-20E	20	2.5	0.20	0.05
LXS-25C LXS-25E	25	3.5	0.28	0.07
LXS-40C LXS-40E	40	10	0.80	0.20
LXS-50C	50	过载流量	常用流量	分界流量	最小流量
		m^3/h			
		30	15	10	0.40

② LCD-I 液晶显示远传水表：该水表由二部分组成：传感计量器和多户集中显示屏。传感计量器安装方法与普通水表相同，由它引出一条三芯信号导线与显示屏相连；集中显示屏安装在楼寓的管理室或公共场所的墙上，采用壁挂式或嵌墙式。

集中显示屏使用 AC220V 电源供电，停电时能够自动切换成 DC6V 后备电源供电。该显示屏能够自动巡回显示多户房号及用水量。有过压保护、低压报警及自动切断电流并可自动进行系统自检等功能。

其主要技术参数：

ⅰ．水温：≤40℃。

ⅱ．公称压力：1.0MPa。

ⅲ．工作电压：AC220V；备用电源：DC6V。

ⅳ．功耗：1.2W。

ⅴ．断电保护时间：≤140h(72h 后报警)。

ⅵ．信号传输距离：≤200m(超过 200m 可扩充设计)。

ⅶ．示值误差限：

ⅰ）从包括最小流量至不包括分界流量的低区：±5%。

ⅱ）从包括分界流量至包括最大流量的高区：±2%。

ⅷ．流量见表 13-3。

LCD-I 型水表流量　　表 13-3

公称口径 (mm)	常用流量 (m^3/h)	分界流量 Q_t	最小流量 Q_{min}
		≤m^3/h	
15	1.5	0.120	0.030
20	2.5	0.200	0.050
25	3.5	0.280	0.070
40	10	0.800	0.200

13.1.2 流 量 计

(1) 类型及其选择

1) 类型：常用流量计的类型、特点及适用场所，见表 13-4。

2) 选择：

① 流量计类型的选择：流量计的种类很多，特征各异。选择时应综合考虑以下因素：

ⅰ．测量要求：如所需测量精度、显示方式、测量瞬时值或累计值等。

ⅱ．被测介质特征：如介质的相态、粘度、透明度、温度、压力、毒害性、腐蚀性以及流量的变化范围等。

ⅲ．安装流量计的管段情况：如管道直径、截面形状、管道走向、可能提供的直管段长度及工艺允许的压力损失等。

② 流量计量程的选择：

ⅰ．方根刻度时：最大流量值宜选为满刻度的 95%左右；正常流量值宜选为满刻度的

70%～80%左右；最小流量值宜选为满刻度的30%左右。

ⅱ．线性刻度时：最大流量值宜选为满刻度的90%左右；正常流量值宜选为满刻度的50%～70%左右；最小流量值宜选为满刻度的10%左右。

ⅲ．面积式流量计：最大流量值宜选为满刻度的95%左右；正常流量值宜选为满刻度的50%～80%左右；最小流量值宜选为满刻度的10%左右。

常用流量计的类型、特点及适用场所 表 13-4

类型			差压计	面积式流量计		
名称			差压流量计	玻璃转子流量计	金属管转子流量计	冲塞式流量计
工作原理			流体流经节流装置时，其前后形成的(静)压差值和流量大小有关	流体流经阻力不变的节流装置时，其流通面积大小和流量有关	同 左	同 左
被测介质	种类	清洁液体	√	√	√	√
		粘 液	△	△	√	×
		泥 浆	×	×	△	×
		气 体	√	√	√	√
		蒸 汽	√	√	√	√
	温度(℃)			−20～+120	−30～+180	<200
	压力(MPa)		≤40.0	0.4,0.6,1.0,1.6	1.6,6.4	1.2
	流量范围		相应的压差值为600～25×10⁴Pa	气体：16～1000000L/h；液体：10～40000L/h	气体：0.4～3000m³/h；液体：12～100000L/h	4～60m³/h
仪表特点	精 度		1	2.5	1.5 2.5	3～3.5
	量程比		3:1	10:1	10:1 5:1	
	刻度方式		方 根	近似线性	近似线性	线 性
	其 它		1．使用面广 2．结构简单，显示仪表系列化、通用化程度高 3．其中标准节流装置不经标定即可使用	1．结构简单、维修方便、量程比大、压力损失小 2．精度低，受介质参数(密度、粘度)影响较大	1．具有玻璃管转子流量计的主要优点 2．可远传 3．可带蒸汽夹套，用于易凝、易结晶的流体 4．可带氟塑料内衬或采用防腐材料，用于腐蚀性介质	1．结构简单 2．安装使用方便 3．精度低，不能用于脉冲流量测量
安装要求	直管段长度		详见表13-6	垂直安装、仪表进出口前直管段均为5D		水平安装，前10D、后5D
	管径 D(mm)		50～1000	4～100	15～150	25～100
适用场所			除下列情况外，原则上应选用差压式流量计： 1．差压仪表达不到所需精度 2．流量变化幅度大 3．允许压力损失小 4．高粘性液体 5．非单相流、强腐蚀性流体 6．使用其它流量计具有更多优点时	空气、氮气、水及其它透明状的无毒害流体的小流量测量	1．流量大幅度变化的场所 2．高粘性、易凝性液体，腐蚀性液体 3．微小流量 4．差压式导压管容易气化的场所	适用于各种无渣滓，无结焦类介质的就地指示和积算

续表

类型			流速式		
名称			涡轮流量计	电磁流量计	靶式流量变送器
工作原理			流体流经流量计时，推动翼轮旋转，其转速与流体流速成正比	将管道置于流量计恒定磁场中，管道中导电流体流速愈大，仪表中和管道方向垂直的两端电极上产生的感应电动势也愈大	流体作用在靶头上的动水压力与流速有关
被测介质	种类	清洁液体	√	√	√
		粘液	△	√	√
		泥浆	×	√	△
		气体	√	×	√
		蒸汽	×	×	√
	温度(℃)		−20～+120		<400
	压力(MPa)		2.5,6.4,16.0	0.25～4.0	16.0
	流量范围		液体：0.04～6000m^3/h 气体：2.5～350m^3/h	与流量计口径及管内液体流速有关。流速范围：0～0.5,0～12m/s	2～800m^3/h
仪表特点	精度		0.5～1	1.5	2
	量程比		6:1　10:1	10:1	3:1
	刻度方式		线性	线性	方根
	其它		1. 精度较高、适于计量 2. 耐温、耐压范围较大 3. 变送器体积小、维护简单 4. 轴承易磨损，连续使用周期短	1. 测量精度不受介质的温度、密度、粘度及电导率的影响 2. 可以认为无压力损失 3. 可得到从零开始的、正比于流量的输出信号 4. 要求的直管段较短 5. 无可动部分，响应快，可测量脉动流量 6. 衬里易磨损，清洗时电极易损坏，使用时要注意排除干扰信号	1. 仪表直接安装在工艺管线上，无需孔板及导压管，维护简单 2. 结构简单，体积小，重量轻 3. 不宜安装在振动大的场所
安装要求	直管段长度		水平安装前 10D 后 5D	垂直安装(自下而上)，水平安装时需使两电极在同一水平面上	前 5D 后 3D
	管径 D(mm)		液体：4～500 气体：15～50	3～1600	15～300
适用场所			适用于清洁流体在宽测量域内的高精度测量，介质粘度范围一般要求小于 5°E	只适用于导电液体(包括含有混杂物的导电液体)的测量，但不适于测量铁磁性物质	适用于粘性、脏污及腐蚀性等介质的测量

续表

类型			流速式	
名称			超声流量计(传播速度法)	超声流量计(多普勒法)
工作原理			利用超声波在液体中顺流传播速度变化来测量圆管内流速而计算出瞬时流量与累积流量	利用超声波在液体中顺、逆流传播速度变化和多普勒效应来测量圆管内流速而计算出瞬时流量与累积流量
被测介质	种类	清洁液体	√	×
		粘液	×	√
		泥浆	×	√
		气体	×	×
		蒸汽	×	×
	温度(℃)		−40～+250	−40～+250
	管径 D(mm)		25−6000	25～3000
	流速(m/s)		0～12	0～16
仪表特点	精度		1.5	2.0
	量程比			
	显示方式		背光液晶字符显示器,可显示:瞬时流量、累积流量、流速、现行时间、累计运行时间等	
	其它		本仪器探头安装在管壁之外,不与液体直接接触,其测量过程对管路系统无任何影响,使用非常方便。仪表分固定式和便携式二种。本仪器配以专用微机系统参与控制、计算、显示、打印及数据处理	
安装要求	直管段长度		上游侧10D、下游侧5D以上	上游侧3～5D、下游侧1.5～3D
	管径 D(mm)		25～6000	25～3000
适用场所			1. 适用水,海水,污水酸、碱溶液及其它均质流体,且应保持满管 2. 管道材质:金属、橡胶、塑料、有机玻璃等 3. 管衬材料:砂浆、橡胶、玻璃钢	1. 适用于生活污水、工业废水浆体、原油、重油、油水混合物、高粘度、大密度的化工流体等固液、气液二相流体 2. 管道材质:金属、橡胶、塑料、有机玻璃等 3. 管衬材料:砂浆、橡胶、玻璃钢

注:1. 表中符号"√"表示适用,"△"表示可用,"×"表示不可用。

2. 量程比系指仪表测量范围的上限值与下限值之比。

3. 精度系指仪表测量精度的等级数,如"1"表示该仪表的精度为1级,其含义是:测量的最大误差不超过该仪表满量程读数值的百分之一,其余类推。

(2) 差压流量计:

1) 组成及流体条件:差压流量计由节流装置和差压计组成,其中节流装置是在管道中产生流量测量的信息——"差压"的元件,差压计则是流量计的显示装置。节流装置包括节流件、取压装置和前后导压管三部分,其中节流件可分为标准节流件和非标准节流件两类。

采用标准节流件测量流量时,管内流体必须符合下列条件:

① 流体必须充满圆管和节流装置,并连续地流经管道。

② 流体必须是牛顿流体,在物理上和热力学上是均匀的、单相的,或者可以认为是单相

的，包括混合气体、溶液和分散性粒子小于0.1μm的胶体。在气流中有不超过2%（质量成分）均匀分散的固体微粒，或者在液流中有不超过5%（体积成分）均匀分散的气泡，也可认为是单相流体。

③ 流体流经节流件时不发生相变。

④ 流体流量不随时间变化，或其变化非常缓慢。

⑤ 流体在流经节流件以前，其流束必须与管道轴线平行，不得有旋转流。

2）节流件的类型、特点和适用场所，见表13-5。

节流件的类型、特点和适用场所　　表13-5

类型	名称	特　点	适用场所
1	2	3	4
标准节流件	标准孔板	1. 结构简单，加工、安装方便、价格较低，能保证一定的测量精度 2. 使用前不必进行标定 3. 压力损失较大	1. 适用于测量洁净的液体、气体及蒸汽的流量。但对于带尖锐边缘的孔板，不推荐用于强磨蚀或腐蚀性流体 2. $D\geqslant 50$mm 3. 对于角接取压：$0.05\leqslant m\leqslant 0.7$；对于法兰取压：$0.2\leqslant d/D\leqslant 0.7$（气体），$0.2\leqslant d/D\leqslant 0.75$（液体）
	喷嘴	1. 结构较复杂，成本较高 2. 使用前不必进行标定 3. 精度较高，压力损失较小，耐冲蚀性能优于孔板	1. 可用于测量高压、过热蒸汽及其它高速蒸汽 2. $D\geqslant 50$mm 3. $0.05\leqslant m\leqslant 0.65$
	文丘利管	1. 体积大，结构复杂，安装麻烦，造价高 2. 使用前不必进行标定 3. 测量精度高，压力损失仅是所测差压的10%～20%	1. 适用于精确测量洁净的或脏污的液体和气体 2. $D=100\sim 800$mm 3. $0.2\leqslant m\leqslant 0.5$
非标准节流体	小管径孔板	1. 结构简单，加工、安装方便，易于推广 2. 使用前必须进行标定 3. 水头损失较大	适用于小管径（DN10～50）洁净液体、气体和蒸汽的流量测量
	缺孔偏心或圆孔板	1. 结构简单，安装较易，成本低 2. 使用前必须进行标定 3. 精度低，水头损失大	适用于测量精度要求不高，介质中含有沉淀物、悬浮物的流量测量，如雨水、污水、污泥等
	双重孔板	1. 构造较标准孔板复杂 2. 使用前必须进行标定 3. 水头损失界于标准孔板及标准喷嘴之间	1. 适用于洁净液体、气体和蒸汽的流量测量 2. $3000\leqslant Re\leqslant 300000$

注：D——安装节流装置的管道直径（mm）。

d——节流件的孔径（mm）。

m——节流装置孔眼截面面积f_0与管道截面积F之比，即

$$m=\frac{f_0}{F}=\frac{d^2}{D^2}$$

Re——雷诺数。

3）安装注意事项：以下仅介绍和节流装置的安装有关的若干问题。关于差压计和导压管的安装，详见13.2.1节液柱式压力计的安装部分。

① 节流装置应安装在被测介质完全充满的管段上。

② 节流装置应安装在管径不变的水平管段上；垂直安装时，管内介质流向应保持自下

而上。

③ 节流装置的几何圆心应与工艺管道的几何圆心相重合，其最大允许偏差为 $0.01D$（D 为管道内径，下同）。节流装置的端面应和管道轴线垂直。

④ 节流装置安装处前后 $2D$ 范围内，管道内表面应光滑、无明显凹凸现象，其内径偏差不应超过下列规定：

当 $(d/D)^2>0.55$ 时，为 $\pm 0.005D$；当 $(d/D)^2\leqslant 0.55$ 时，为 $\pm 0.02D$（d 为节流件镗孔内径）。

⑤ 安装前应正确找准安装方向：孔板锐边部分小口应迎着流束方向，喷嘴曲面部分大口应迎着流束方向。

⑥ 节流装置的上、下游侧均要求一定长度的直管段，在这一管段上不得安装任何其它部件；节流装置上、下游侧所必须的直管段长度，见表 13-6。

节流装置上、下游所需直管段长度 **表 13-6**

ρ	上游直管段						下游直管段
	90°弯头或三通（由同一支路流入）	两个以上 90° 弯头（在同一平面上）	两个以上 90° 弯头（在不同平面上）	大小头（由 $2D$ 缩至 D，长度超过 $3D$；由 $0.5D$ 扩至 D，长度超过 $1.5D$）	球阀全开	闸阀全开	本表所列任一管件
0.20	10(6)	14(7)	34(17)	16(8)	18(9)	12(6)	4(2)
0.25	10(6)	14(7)	34(17)	16(8)	18(9)	12(6)	4(2)
0.30	10(6)	16(8)	34(17)	16(8)	18(9)	12(6)	5(2.5)
0.35	12(6)	16(8)	36(18)	16(8)	18(9)	12(6)	5(2.5)
0.40	14(7)	18(9)	36(18)	16(8)	20(10)	12(6)	6(3)
0.45	14(7)	18(9)	38(19)	18(9)	20(10)	12(6)	6(3)
0.50	14(7)	20(10)	40(20)	20(10)	22(11)	12(6)	6(3)
0.55	16(8)	22(11)	44(22)	20(10)	24(12)	14(7)	6(3)
0.60	18(9)	26(13)	48(24)	22(11)	26(13)	14(7)	7(3.5)
0.65	22(11)	32(16)	54(27)	24(12)	28(14)	16(8)	7(3.5)
0.70	28(14)	36(18)	62(31)	26(13)	32(16)	20(10)	7(3.5)
0.75	36(18)	42(21)	70(35)	28(14)	36(18)	24(12)	8(4)
0.80	46(23)	50(25)	80(40)	30(15)	44(22)	30(15)	8(4)

管件	上游直管段所需最小直线管段长
突变，对称大小头，直径比≥0.5	30(15)
温度计套管直径≤0.03D	5(3)
温度计套管直径在 0.03D 至 0.13D 之间	20(10)

注：1. 此表适用于锐孔板和喷嘴。

2. 括号外数值为附加误差为零的数值，括号内数值为附加误差为 ±0.5% 的数值（即采用括号内数值时，节流装置测得的流量应考虑 ±0.5% 的附加误差）。

3. 表中 ρ 为 $\frac{d}{D}$（d、D 意义同前），直管段长度均指管道直径之倍数。

4. 表中直管段长度是最小值，实际使用时，如情况允许应大于表中数值。

(3) 转子流量计(见图 13-1)：

1) 流量换算：

① 不同介质的流量换算：转子流量计出厂时，是用水和空气在标准状态下(温度为 20℃，压力为 0.1MPa)进行标定的。仪表实际使用时，如所测介质的密度及物理状态(温度、压力)和标定时不同，则应对仪表读数进行修正，修正方法如下：

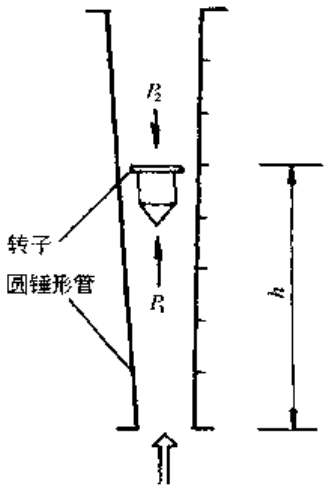


图 13-1　转子流量计原理

ⅰ. 测量液体时，如被测液体的密度与水的密度不同，按式(13-1)进行修正。

$$Q = Q_k \sqrt{\frac{\gamma_s(\gamma_z - \gamma)}{\gamma(\gamma_z - \gamma_s)}} \quad (L/h) \qquad (13\text{-}1)$$

式中　Q——修正后的流量值(L/h)；

Q_k——刻度显示的流量值(L/h)；

γ_s——水的密度(20℃时)；

γ——被测液体的密度；

γ_z——转子的密度。

当 $\gamma_z \gg \gamma_s$ 及 γ 时，式(13-1)可简化为

$$Q = Q_k \sqrt{\frac{\gamma_s}{\gamma}} \quad (L/h) \qquad (13\text{-}2)$$

ⅱ. 测量气体时：

(ⅰ) 如被测气体的密度、温度、压力与空气不同，则按式(13-3)计算：

$$Q = Q_k \sqrt{\frac{\gamma_k}{\gamma}} \sqrt{\frac{P_0 T}{P T_0}} \quad (L/h) \qquad (13\text{-}3)$$

式中　P_0、T_0——标准状态下空气的绝对压力(0.1MPa)和绝对温度[(273+20)°K]；

P、T——被测气体的绝对压力与绝对温度；

γ_k——空气(在标准状态下)的密度；

γ——被测气体的密度。

(ⅱ) 如被测气体仍为空气，仅物理状态(压力和温度)与标定时不同，则按式(13-4)计算：

$$Q = Q_k \sqrt{\frac{P_{0T}}{P T_0}} \quad (L/h) \qquad (13\text{-}4)$$

对于潮湿气体的测量，除应考虑密度、温度和压力外，还必须考虑潮湿气体的饱和压力或相对湿度等因素。

② 更换转子材料时的流量换算

更换转子材料，可改变转子流量计的测量范围，但更换后的转子必须与原配转子在几何形状上完全一致。转子材料更换后，应对仪表读数按式(13-5)进行修正：

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{G_2}{G_1}} \quad (L/h) \qquad (13\text{-}5)$$

式中 Q_1——更换转子材料前的流量值(L/h)；

Q_2——更换转子材料后相应高度处的流量值(L/h)；

G_1——原配转子的重量(g)；

G_2——更换后的转子重量(g)。

2) 安装注意事项：

① 转子流量计应安装在流体自下而上流动的垂直管道上，并保证安装后的转子流量计没有任何可见的倾斜，否则将造成测量误差。

② 安装仪表的支承结构应具有足够的刚度。

③ 为便于维修，仪表安装处宜加接旁路管，见图13-2。

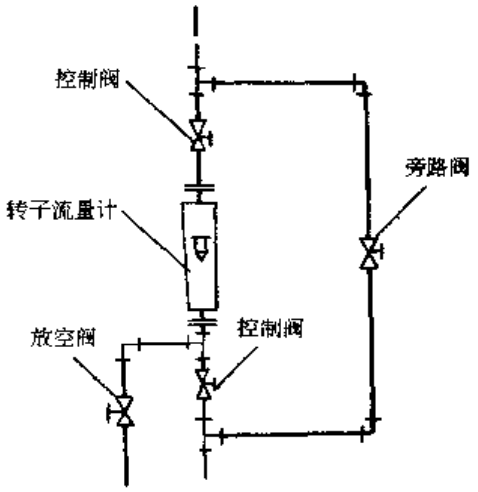


图 13-2 转子流量计安装

④ 仪表上游侧应有 $5D$(D 为仪表公称口径)长直管段。

⑤ 安装仪表的管道系统应不受周围震动的影响；对于电远传转子流量计，仪表安装场所不应有强磁场和腐蚀性气体。

⑥ 玻璃转子流量计的连接形式有如下三种：法兰连接、螺纹连接和软管连接。每种连接形式又有四种连接方式，见图 13-3。

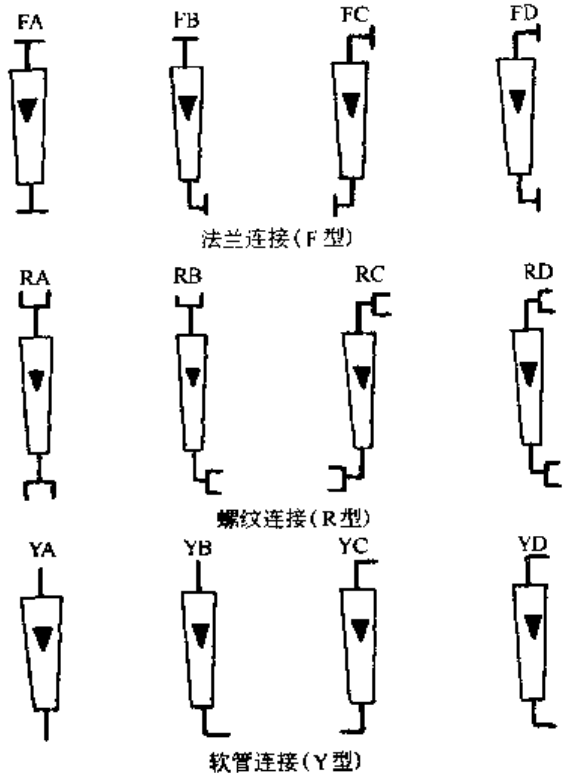


图 13-3 转子流量计连接形式

FA、FB、FC、FD 为法兰连接四种连接方式的特定代号；

RA、RB、RC、RD 为螺纹连接四种连接方式的特定代号；

YA、YB、YC、YD 为软管连接四种连接方式的特定代号

(4) 超声流量计：

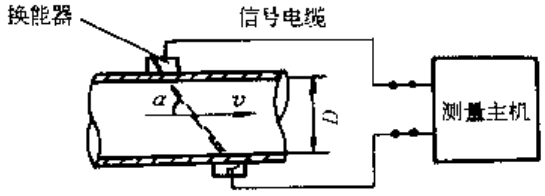


图 13-4　传播速度法超声流量计结构示意

1）传播速度法超声流量计：

① 组成：该流量计由测量主机、换能器和信号电缆三部分组成。其结构示意见图(13-4)。

② 换能器安装方式及要求：

ⅰ．换能器安装方式分有 Z 法、V 法和 X 法三种，见图 13-5。

ⅱ．测量位置的选择：

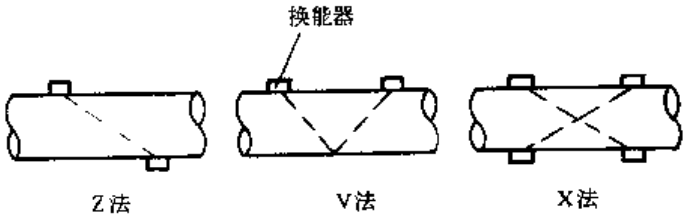
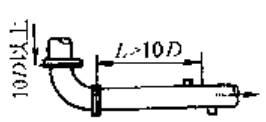
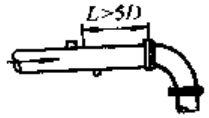
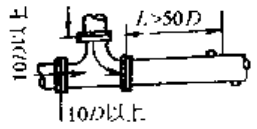
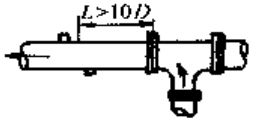
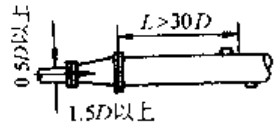
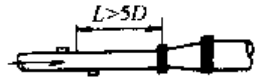
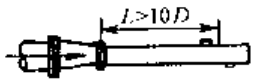
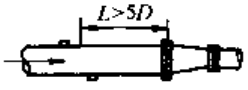
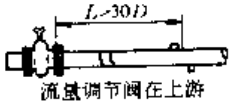
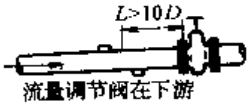
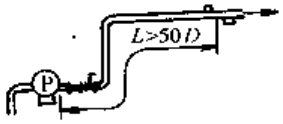


图 13-5　换能器安装方式

(ⅰ) 换能器应安装在平直、表面平滑、圆度好的直管段上；上、下游侧要求的直管段长度，见表 13-7。

上、下游侧的最小直管段长度　　表 13-7

阻力件	上游侧	下游侧
90°弯头		
T字形弯头		
渐扩管		
渐缩管		
阀门		
泵		

注：1．表中 D 为管道内径。

2．当液体流速较低时，可适当降低直管段的要求。

（ⅱ）被测管路内必须充满液体，不能含有气泡。

（ⅲ）具有足够空间易于安装换能器，见图 13-6。

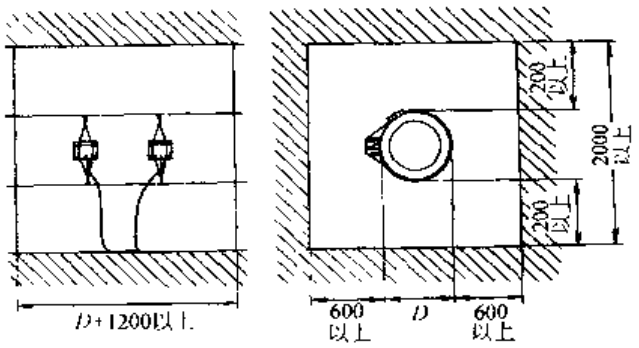


图 13-6 安装尺寸示意

注：D 为管外径(mm)。

（ⅳ）避开被测管路的焊缝处，安装换能器的部分要打磨干净。

2）多普勒法超声流量计：

① 组成：该流量计是由测量主机、换能器和信号电缆三部分所组成，其结构示意见图 13-7。

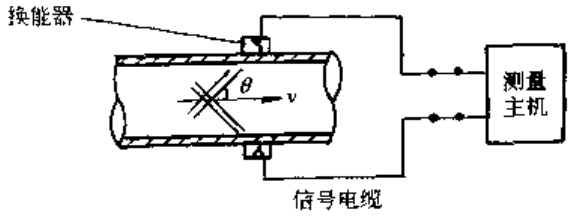


图 13-7 多普勒法超声流量计结构示意

② 安装方式及要求：

ⅰ．该流量计安装方式，见图 13-8。用于小管径（$DN \leqslant 600$）时，换能器安装在直径两端；用于大管径（$DN > 600$）时，换能器安装在管道一侧。

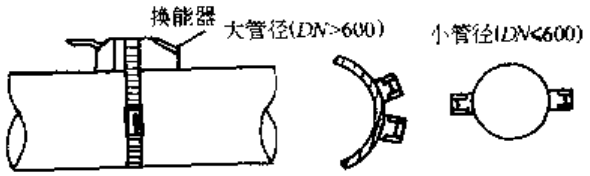


图 13-8 换能器安装方式

ⅱ．测量位置的选择：

（ⅰ）换能器应安装在平直的、管内表面平滑、圆度好的直管段上。

（ⅱ）上、下游所要求的直管段，可比表 13-7 中缩小 1/2。

（ⅲ）被测管路内必须满管流。

3）超声明渠流量计：

① 组成:超声明渠流量计由卡发基文丘里测量槽(或各种薄壁堰、巴歇尔槽)和超声探头、超声变送器、线性化积算器等组成。

超声测量系统适于各种液体,精度不受液体特性影响。超声测量仪内设温度补偿单元,可在恶劣的气候和环境条件下工作。

超声探头与超声测量仪之间允许长达 250m 的远距离连接。

完整的测量系统由以下组成:

ⅰ. FDU80、81、82、83、84 或 85 超声波探头。

ⅱ. FMU860(1 个通道的物位测量),FMU861(1 个通道的流量测量),FMU862(2 个通道位差测量或二个独立的测量)变送器。

ⅲ. 变送器上的校直装置 FAU40。

ⅳ. 全天候防护罩。

ⅴ. 安装支架。

ⅵ. 探头法兰。

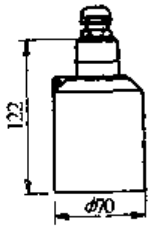
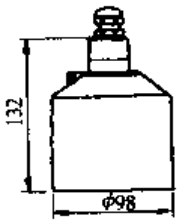
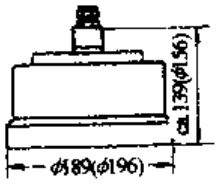
ⅶ. 外部温度传感器。

ⅷ. 对加热探头来说还有一个分离的电源。

② 超声探头:具有不同的测量范围的六种超声波探头系列称为 FDU,它们用来连续、非接触地测量物位和流量。被测介质可以是腐蚀性液体如碱或酸,或是粉状和块状固体物料如粒料、煤、矿石和石子。

以下仅介绍用子液体测量的几种探头技术数据,见表 13-8。

几种探头的技术数据　　表 13-8

型　号	FDU80	FDU81	FDU82	FDU83
外形尺寸				 防尘数值在括号内
测量范围(最大):液体(m)	5	9	20	25
盲区长度(m)	0.3	0.5	0.8	1.0
质量(kg)	0.55	0.6	1.2	3.1
工作温度(极限)(℃)	−20～+60	−20～+80	−20～+80	−20～+80
环境温度(℃) 最大工作压力(MPa)	−40～+60 0.20	−40～+80 0.20	−40～+80 0.20	−40～+80 0.15

③ 变送器:

ⅰ. FMU860 变送器见图 13-9。应用于贮罐内液位的测量,可与泵连锁。

ⅱ. FMU861 变送器见图 13-10。应用于明渠或堰的流量测量或毫米级精度的水位探测,通过累计器,流量可以被累计和显示。

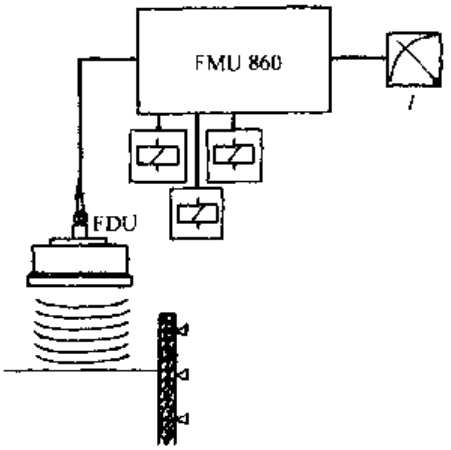


图 13-9 FMU860 安装示意

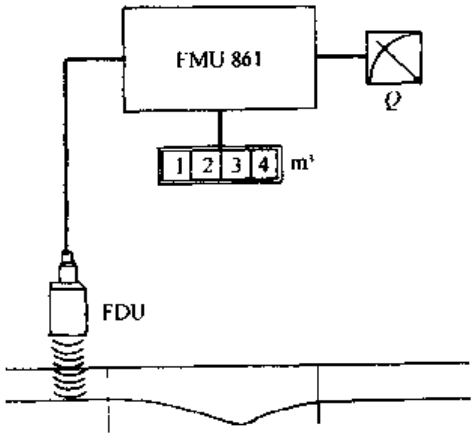


图 13-10 FMU861 安装示意

ⅲ. FMU862 变送器见图 13-11。双通道的装置用来进行位差测量。

ⅳ. FMU86…变送器见图 13-12。所有变送器都可以配备,具有外部限位检测器的附加接口。它可以安装在变送器的盲区内,用作防止溢流的双重保护。

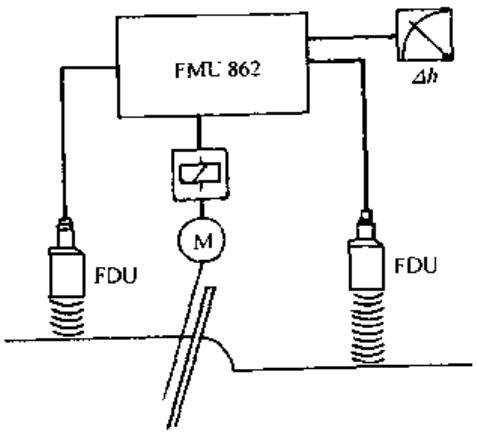


图 13-11 FMU862 安装示意

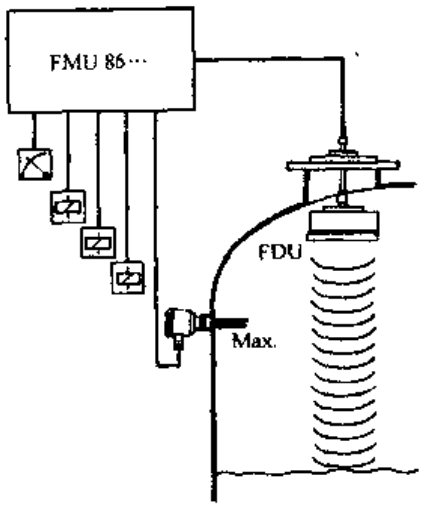


图 13-12 FMU86…安装示意

④ 在明渠上安装:为了获得更高精度,探头应该安装在高水位加上盲区长度(见表 13-8)以上。探头必须垂直水面并在明渠中心上方安装。

对于明渠合适的安装距离是很重要,探头的几种安装方式,见图 13-13。探头上游要求 $10b_0$ 的稳流段。

当敞口安装时探头必须有防晒保护罩,厂家可配套供应可使温度进行正常补偿。

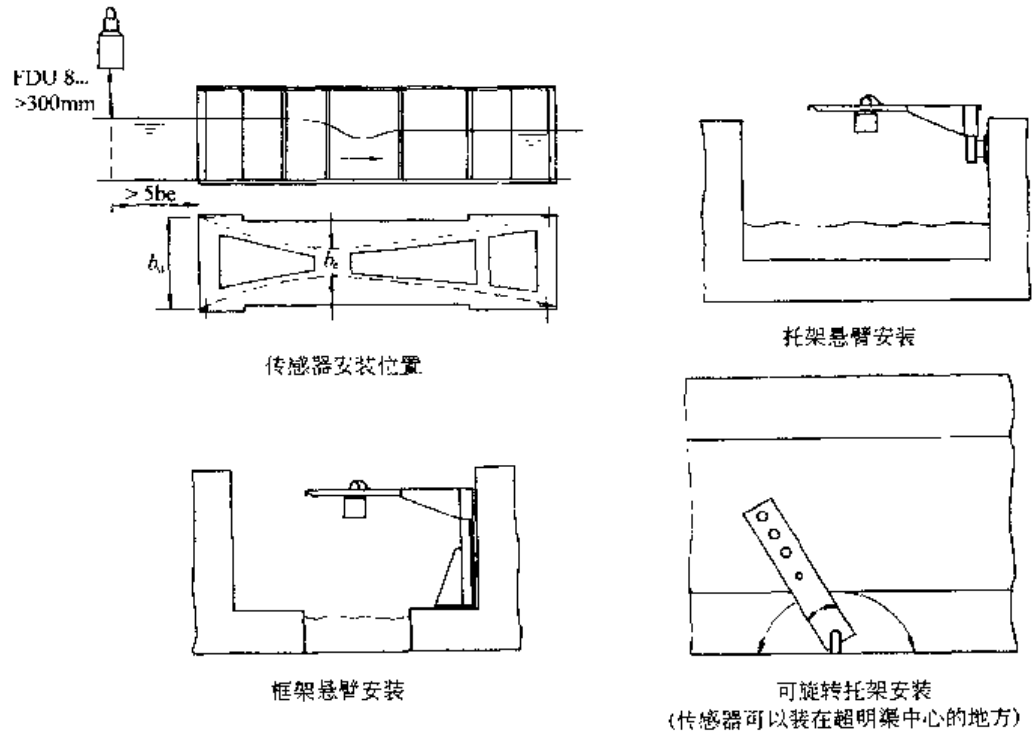


图 13-13　探头的几种安装方式

4) 便携式超声流量计:便携式超声流量计内设有微机。适用于各种规格管道的流量测量。管径在 *DN*25～1500 时,采用小型变送器;管径 *DN*2000～6000 时,采用大型变送器。

测量数据可通过液晶显示,也可通过微型打印机打印,还可输入微机进行数据处理。

(5) 电磁流量计:电磁流量计是由电磁流量传感器和电磁流量转换器配套组成。是一种感应式流量仪表,基本参数见表 13-9。

部分电磁流量计基本参数　　**表 13-9**

型　号	LD-25A	LD-50A	LD-80F	LD-100F	LD-150F	LD-200F
公称口径(mm)	ϕ25	ϕ50	ϕ80	ϕ100	ϕ150	ϕ200
最大流量(m^3/h)	3、4、5 6、8、10、12	16、20、 25、30	30、40、 50、60、 80、100	40、50、60、 80、100、 120	100、 120、160、 200、250	200、250、 300、400、 500
工作电流(A)	1	2	1.3	1	1.3	2.2
工作压力(MPa)	1.6				1.0	
主体材料	测量管:耐酸钢 1Cr18Ni9Ti 外壳:铝合金					
衬里材料	聚四氟乙烯	聚四氟乙烯　聚氨酯橡胶 耐酸橡胶　耐磨橡胶				

续表

型 号	LD-25A	LD-50A	LD-80F	LD-100F	LD-150F	LD-200F
电极材料	耐酸钢 1Cr18Ni9Ti　含钼不锈钢 0Cr18Ni12Mo2Ti 哈氏合金 B　哈氏合金 C					
接地环材料	耐酸钢 1Cr18Ni9Ti　含钼不锈钢 0Cr18Ni12Mo2Ti					
质量(kg)	15.5	28.5	28	27	43	65

转换器与传感器之间导线连接距离一般为 10～30m。

1) 电磁流量传感器:其主要技术指标如下:

① 精度:满量程的 ±1.5%。

② 输出信号:0～10mA DC(负载电阻 0～1.5kΩ)。

0～20mA DC(负载电阻 0～750Ω)。

③ 工作温度:0～60℃、0～120℃、0～150℃。

④ 环境条件:温度:－10～＋50℃。

湿度:<90%。

⑤ 电源:220V、50Hz。

⑥ 介质电导率:10^{-4}～10^{-1}s/cm。

2) 电磁流量转换器:其主要技术指标如下:

① 精度等级:输出电流精度 0.5 级。

② 输入信号:0～1 至 10mV AC。

③ 输出信号:0～10mA DC(负载电阻 0～1.5kΩ)。

④ 电源:220V、50Hz。

⑤ 消耗功率:<8VA。

⑥ 环境条件:温度－10～＋45℃。

湿度<85%。

⑦ 质量:约 9kg。

3) 安装注意事项:

① 可垂直或水平安装。垂直安装时,流体应自下向上;水平安装时,两电极应取水平位置,并保持管内充满流体。

② 上游侧直管段长度应大于 5*DN*(公称直径)。

③ 传感器应接地良好,接地电阻应小于 100Ω。

(6) 潜水型电磁流量计:潜水型电磁流量计是由电磁流量传感器和转换器配套组成。

潜水型电磁流量计可用于连续测量明渠、暗渠和未满管道中导电液体的流量。采用分流模型可扩大流量测量范围。

1) 主要技术指标:

① 被测介质电导率:>10^{-4}s/cm。

② 工作温度:0～40℃。

③ 最大潜水深度:5m。

④ 精度:成套仪表,满量程的±1.5%。配用分流模型,满量程的±2.5%。

⑤ 输出信号:0～10mA DC。

4～20mA DC。

2) 性能:LDQ型潜水电磁流量计性能,见表13-10。

LDQ型潜水电磁流量计性能(单台)　　**表13-10**

型　号	管径(mm)	最大流量(m^3/h)
LDQ-50	50	10、12、16、20、25
LDQ-100	100	40、50、60、80、100
LDQ-200	200	160、200、250、300、400
LDQ-400	400	600、800、1000、1200、1600

3) 分流模型:为了避免水位差过大,可用分流模型来分流。分流模型外形尺寸与传感器外形尺寸完全一样。当一台传感器和一个或几个几何图形完全一样的分流模型并用时,实际流量为一台传感器的流量值乘上倍数(分流模型个数加1)LDQM型潜水电磁流量分流模型流量值。见图13-14。

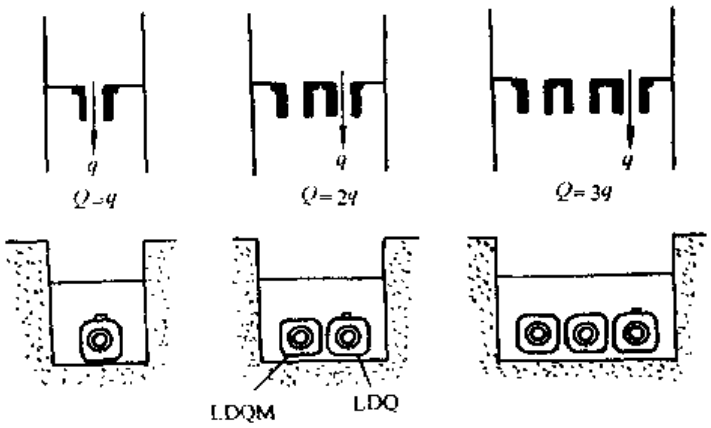


图13-14　LDQM型潜水电磁电流量分流模型流量值

4) 安装注意事项:潜水型电磁流量计安装时应按照渠道断面形状制作合适的带孔闸板,将传感器及模型用不锈钢螺栓(加密封垫圈)固定在闸板上,要确保水流完全从传感器及模型中通过。为保证小流量时传感器内充满水,可在仪表下游侧3倍管径(或渠宽)处设置一道堰板。

其安装示意见图13-15。

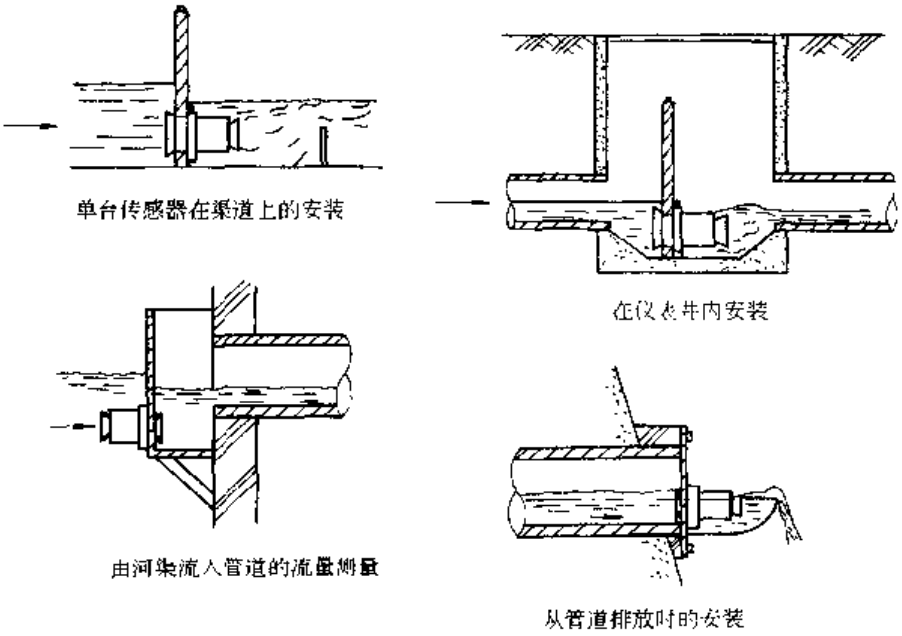


图 13-15 潜水型电磁流量计安装示意

13.2 压力表(计)、真空表和温度计

13.2.1 压力表和真空表

(1) 类型及特点:常用压力表(计)、真空表的类型、特点和适用场所,见表 13-11。

常用压力表(计)、真空表类型、特点和适用场所 表 13-11

仪表分类	类 型	作用原理	特 点	测量范围	精 度	适用场所
1	2	3	4	5	6	7
液柱式压力计	U形压力计 杯形压力计(单管、多管) 斜管压力计 补偿式压力计	待测压力与管内液柱平衡时,产生液柱高差	结构简单,制作方便但易破损	1000～20000Pa	1.5	测量气体的压力及压差(也可用于测量对充填工作液不起化学作用的腐蚀性介质)。可与差压式流量计配套使用
				3000～15000Pa		
				400～1250Pa	0.5;1	测气体微压
				1500～2500Pa		

续表

仪表分类	类　型	作用原理	特　点	测量范围	精　度	适用场所
1	2	3	4	5	6	7
弹性式压力计	普通压力表、真空表	待测压力作用于表内弹性元件，使弹性元件产生与压力大小成正比的机械位移	结构简单，成本低廉，使用维护方便，产品品种多	-0.1～1000MPa	1.0;1.5 2.5	测量非腐蚀性及无爆炸危险的非结晶气体、液体的压力及负压。防爆车间电接点压力表应选用防爆型
	电接点压力表、真空表 防爆 非防爆			-0.1～160MPa	1.5;2.5	
	双针双管压力表			0.4～0.6 MPa	1.5	测量非腐蚀性介质压力，可同时测量二点表压及二点压差
	双面压力表			0～2.5 MPa	1.5	多用于测量蒸汽机本锅炉之蒸汽压力
	矩形压力表			0.16～2.5 MPa	2.5	供嵌入仪表盘内测量非腐蚀性介质的压力和负压
	远传压力表 电阻式 电感式		有刻度，不防爆	0.1～60 MPa	1.5	既可将测量值传至远离测量点的二次仪表，又可就地指示
	标准压力表		结构严密精密压力表弹簧管材质为 Ni42Cr6Ti 不锈钢	-0.1～250 MPa	0.2;0.25	用于精确测量非腐蚀性介质的压力和负压，亦可检验普通压力表。精密压力表并可用于大部分有机酸和无机酸等酸性介质的测量
	精密压力表			6.0～60.0 MPa	0.4;0.25	
	耐酸压力表		以镍铬、钛铝合金和奥氏体类不锈钢为弹簧管材	4.0～60.0 MPa	1.5	用于对本仪表材质不起化学作用的腐蚀性介质的压力测量
	多圈弹簧管压力表、真空表		结构较复杂，但具有指示、记录、远传、报警等多种功能	0.6～16.0 MPa	1.0;1.5	用于测量非腐蚀性介质的压力。既能远传，也能就地指示、记录和调节。适用于科学研究累积数据等
	膜片式压力表、真空表(带电接点装置有耐腐蚀及不耐腐蚀两类材质)		带电接点装置中的耐腐蚀材料为 1Cr18Ni9Ti 及 Ni36CrAl 含钼不锈钢，不耐腐蚀的材料为钢保护层。带电接点装置不防爆	2.5MPa -0.1MPa	2.5	适用于测量腐蚀性及非腐蚀性，不结晶和不凝固的粘性较大的介质压力和负压

(2) 选择：

1) 仪表类型选择：一般应考虑下列几方面问题：

① 测量要求：如测量精度，显示方式，是否要求远传、报警和自动调节等。

② 测量范围:指待测压力可能出现的最大和最小值。

③ 被测介质的物理、化学性质:如介质的状态、温度、粘滞度,是否具有腐蚀性和脉动性等。

④ 仪表安装场所的特殊要求:如防震、防爆……等。

⑤ 其它技术经济特性。

2) 仪表最大刻度的选择。

① 液柱式压力计应保证管内液体不致因被测介质的压力波动而外溢,一般情况下待测压力的正常值应为仪表最大刻度的2/3。

② 弹性式压力计测量稳定压力时,待测压力的正常值应为仪表最大刻度的2/3或3/4;测量波动压力时,待测压力的正常值应为仪表最大刻度的$\frac{1}{2}$,最小值应为仪表最大刻度的$\frac{1}{3}$。

3) 仪表精度的选择。

工业用压力表、真空表,一般要求仪表精度为1.5级或2.5级;实验室或校验用压力表、真空表,一般要求仪表精度为0.4级或0.25级以上。

(3) 安装:

1) 取压点位置的选择及取压部件的安装:

① 在管道上取压时,取压点应选择在流速稳定的直线管段上,不应在管路分岔、弯曲、死角或其它可能形成旋涡的管段上取压。

② 在容器内取压时,取压点应选择在容器内介质流动最小,最平稳的区域。

③ 在水平或倾斜管道上测量压力时,取压点应布置见图13-16。

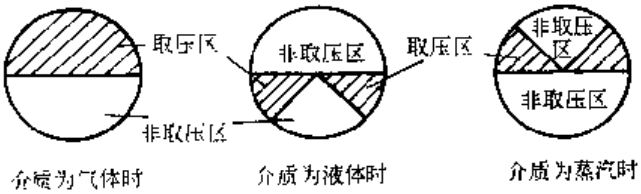


图13-16 压力管道中取压点的布置

④ 取压点一般应距焊缝100mm以上,距法兰300mm以上。如在同一管段上安装两个以上压力表(或其取压点)时,其间距不应小于150mm。

⑤ 取压部件一般不得伸入设备和管道内。

⑥ 测量带有沉淀物等污浊介质的压力或负压时,取压部件应顺流束成锐角插入。

⑦ 就地指示的压力表,当被测介质温度超过60℃或低于-5℃时,测压点与压力表之间应设U形弯或环形弯。

2) 仪表的安装:

① 液柱式压力计的安装:

ⅰ. 导压管的安装:

(ⅰ) 测量液体时,应保证导压管内只充满液体;测量气体时,应保证导压管内只充满气体,否则,因气、液重度不同而产生附加测量误差。

(ⅱ) 测量腐蚀性介质压力时,不允许介质直接引入压力计内,必须加设隔离罐。罐内隔离液不得与介质发生化学反应,也不得与介质互溶或腐蚀仪表。

ⅱ. 差压计的安装:

(ⅰ) 从取压点到差压计的距离不得小于 3m 或大于 50m。

(ⅱ) 差压计的周围环境温度不宜低于 +10℃ 或高于 +60℃。

(ⅲ) 差压计应安装在便于观察,无振动和机械损伤的地方。

② 弹性式压力计的安装:

ⅰ. 仪表应垂直安装。

ⅱ. 仪表应安装在易于观察,且无显著震动的地方。

ⅲ. 仪表安装位置高于或低于取压点所在位置时,应在仪表示数中加入有关液柱高度的修正值。

ⅳ. 被测介质压力波动较大时,压力表与取压部件之间应加阻尼管,见图 13-17。

ⅴ. 被测介质有腐蚀性或易于凝结时,压力表与取压部件之间应设隔离装置,见图 13-18。

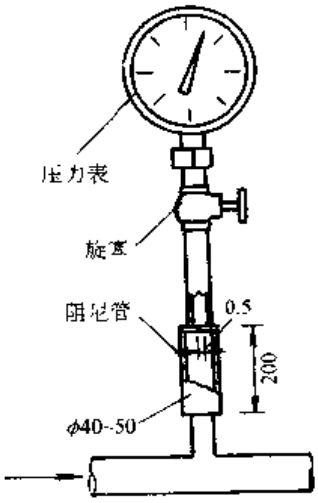


图 13-17　压力表与取压部件之间加阻尼管

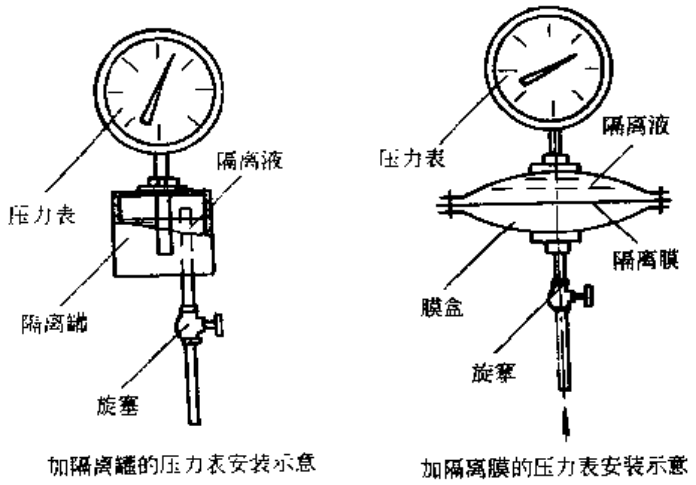


图 13-18　压力表与取压部件之间设隔离装置

13.2.2 温　度　计

(1) 分类:温度计的种类繁多,按照测温方法的不同,可分为接触式和非接触式两大类,其中接触式温度计的主要类型如下:

1) 液体膨胀式温度计(玻璃液体温度计)。

2) 固体膨胀式温度计。

3) 气体膨胀式温度计(压力式温度计)。

4) 热电阻温度计。

5) 热电偶温度计。

(2) 比较:

1) 测温范围:各类温度计的测温范围,见图 13-19。

2) 性能和特性:各类温度计的性能和特点,见表 13-12。

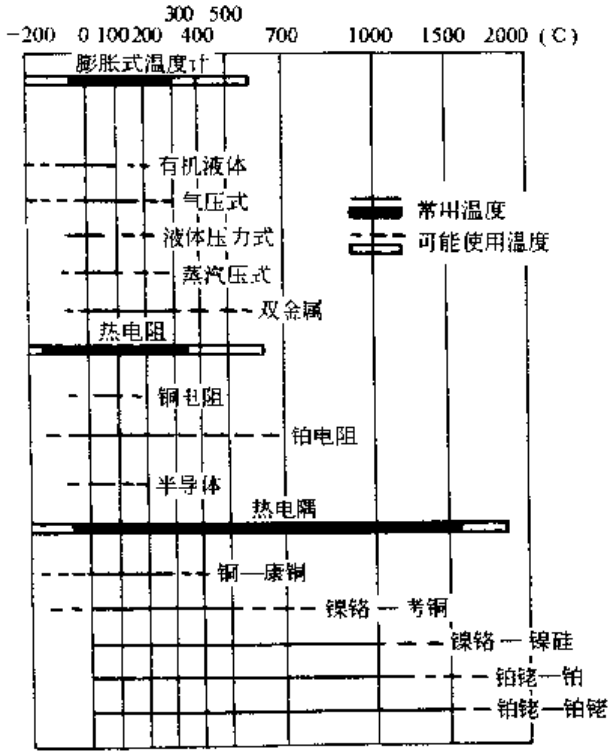


图 13-19 各类温度计的测温范围

各类温度计的性能和特点 表 13-12

类型	测温原理	优缺点	用途				
			指示	报警	遥测	记录	遥控
液体膨胀式温度计	液体受热时体积膨胀	价廉，精度较高，稳定性好；易破损，只能安装在易于观察的地方	√	√	×	×	×
固体膨胀式温度计	金属受热时产生线性膨胀	示值清楚，机械强度较好；精度较低	√	√	×	×	√
压力式温度计	温包里的气体或液体因受热而改变压力	价廉，适于就地集中测量 毛细管机械强度差，损坏后不易修复	√	√	×	√	√
热电偶温度计	两种不同金属导体的接点因受热而产生热电势	测量准确，和热电阻相比其安装维护方便，不易损坏 需补偿导线，安装费用较贵	√	√	√	√	√
热电阻温度计	导体或半导体的电阻随温度变化而改变	测量准确，可用于低温或低温差测量 和热电偶相比，维护工作量大，振动场合易损坏	√	√	√	√	√

注：表中符号"√"表示可用，符号"×"表示不可用。

3) 测量精度：

① 双金属温度计：±1%～2.5%

② 压力式温度计：±1.5%～2.5%。

③ 热电阻温度计的测量精度，见表 13-13。

热电阻温度计的精度　　表 13-13

名　称	测量范围(℃)	精　度
铂电阻	-200～<0	±1℃
	0～100	±0.5℃
	100～650	±0.5%t
铜电阻	-50～50	±0.5℃
	50～150	±1%t

注：t 为被测温度(℃)。

(3) 选择和应用：

1) 分类：玻璃液体温度计的分类，见表 13-14。

2) 技术特性及应用范围：常用玻璃液体温度计的技术特性及应用范围，见表 13-15。

玻璃液体温度计的分类　　表 13-14

分类原则	类　别		
按用途分类	校验用标准温度计		
	科研实验用温度计		
	工业用温度计		
按性能分类	指示型		
	带电接点型	固定式	
		可调式	
按感温液体分类	有机液体(酒精、煤油、甲苯、乙烷、戊烷等)		
按结构形式分类	棒　式	直形	
		90°角形	
		135°角形	
	内标式(可附金属保护套)	直形	
		90°角形	
		135°角形	

常用玻璃液体温度计的技术特性及应用范围　　表 13-15

类　型	测温范围	精　度	应用范围
有机液玻璃温度计	-100～+100℃	±0.5～2℃	1. 均用于就地测量气体和液体的温度，其中棒式温度计常用于实验室等无震动和无机械损伤的场合；内标式温度计则多用于管道或设备上 2. 有机液体玻璃温度计主要用于测量低温，其中以酒精作感温液的可测到-80℃，以戊烷作感温液的可测到-100℃

3) 玻璃液体温度计的选择：

① 类型的选择：应根据安装温度计的目的、被测介质的性质、温度变幅、所要求的测量精度及测温点的具体条件(如安装部位、有无震动及机械损伤之可能)，按表 13-14、15 各项进行选择。

② 尾长的确定：

ⅰ. 安装在设备、容器上的温度计，应根据安装部位的具体情况确定所选温度计之尾长，以能准确地测出所需温度值为准。

ⅱ. 一般情况下，安装在管道上的温度计，应使其感温部分位于管道中心线上，其尾长(L)可按式(13-6)～式(13-8)进行计算：

$$\text{直形：}L=0.5D+60 \quad (\text{mm}) \tag{13-6}$$

$$90^\circ\text{角形：}L=0.5D+80 \quad (\text{mm}) \tag{13-7}$$

$$135^\circ\text{角形：}L=0.7D+70 \quad (\text{mm}) \tag{13-8}$$

式中 L——所选温度计之尾长(mm)；

D——安装温度计之管段直径(mm)。

4) 安装要求：

① 玻璃液体温度计应安装在便于观察、检修且不受机械损伤的地方，尽量避免周围环境对温度计标尺部分的影响。

② 在直线管段上安装温度计时，其感温部分一般应位于管道中心线上，若安装温度计的管道直径太大，则温度计不宜插入管道太深，以免管内流动介质的冲击，造成温度计颤动，影响测量精度。在弯曲管段上安装温度计时，其感温部分应从逆流方向全部插入被测介质中。

③ 安装内标式玻璃液体温度计时，为了使金属保护套和温度计感温部分之间有良好的传热条件，应采取下列措施：

ⅰ. 当被测介质温度低于 150℃时，应在金属保护套和温度计感温部分之间注入变压器油。

ⅱ. 当被测介质温度高于 150℃时，应在上述空隙中充填导热性能良好的金属屑(如铜屑)，充填高度以将温度计感温部分覆盖为准，不得充填过多，以免增大测温点的热容量。充填物上部应覆盖石棉，以减少热损失。

13.3 安 全 阀

(1) 设置条件：属于下列情况之一的承压设备、容器和管道，必须装设安全阀：

1) 在生产、贮存和输送过程中，有可能因加(受)热、受压、化学反应、仪表失灵和误操作等原因，使内压增加而造成破坏者。

2) 盛装和输送液化气体者。

3) 压力来源处无安全阀者。

4) 其最高工作压力低于压力来源处之压力者。

(2) 类型及特点：安全阀的类型、特点及适用场所，见表 13-16。

安全阀的类型、特点及适用场所　　表 13-16

分类原则	类　型	特　点	适用场所
按构造分	杠杆重锤式安全阀	重锤通过杠杆加载于阀瓣上，载荷不随开启高度而变化；对振动较敏感	适用于固定的、无振动的设备和容器
	弹簧式安全阀	弹簧力加载于阀瓣，载荷随开启高度而变化；对振动不敏感	可用于运动的，有轻微振动的设备容器和管道上
	脉冲式安全阀	由主阀和副阀组成，副阀首先动作，从而驱使主阀动作	主要用于大口径和高压场合
按开启高度分	微启式安全阀	开启高度为阀座喉径的1/40～1/20；通常为渐开式	主要用于液体介质场合
	全启式安全阀	开启高度等于或大于阀座喉径的1/4；通常为急开式	主要用于气体和蒸汽介质场合
按介质排放方式分	全封闭式安全阀	气体全部通过排气管排放，介质不向外泄漏	主要用于有毒、易燃气体介质场合
	半封闭式安全阀	气体的一部分通过排气管排出，一部分从阀盖与阀杆之间的间隙中漏出	主要用于不污染环境的气体介质(如水蒸汽)的场合
	敞开式安全阀	介质不能引向室外，直接由阀瓣上方排入周围大气	主要用于工作介质为压缩空气的场合

(3) 选择：安全阀的选择，包括对安全阀类型、数量的选择和安全阀阀孔面积的计算，设计中应综合考虑下列规定：

1) 安全阀的类型，应根据介质性质、工作温度、工作压力和承压设备、容器的特征，按表13-16所列各类安全阀的特点选定。一般情况下，在室内热水和开水供应系统中，宜采用微启式弹簧安全阀；对于工作压力<0.1MPa的锅炉和密闭式水加热器，宜安装安全水封和静重式安全阀。

2) 蒸发量>500kg/h的锅炉，至少装设两个安全阀，其中一个是控制安全阀；蒸发量≤500kg/h的锅炉，至少装一个安全阀。

3) 安全阀的总排汽能力，必须大于锅炉的最大连续蒸发量。并保证在锅筒和过热器上所有的安全阀开启后，锅炉内的蒸汽压力上升幅度不超过工作安全阀开启压力的3%。

4) 锅炉工作压力<1.3MPa时，控制安全阀的开启压力为工作压力加0.02MPa，工作安全阀的开启压力为工作压力加0.05MPa。

5) 安全阀的阀孔面积，可按下式计算：

① 热媒为饱和蒸汽时，按式(13-9)～式(13-11)计算：

微启式弹簧安全阀：　$f=1.2\dfrac{G}{P}$　(mm^2)　　(13-9)

微启式重锤安全阀：$$f=1.0\frac{G}{P}\quad(mm^2)\tag{13-10}$$

全启式安全阀：$$f=0.37\frac{G}{P}\quad(mm^2)\tag{13-11}$$

式中 f——阀孔面积(mm^2)；

G——单个安全阀的排汽能力(kg/h)；

P——工作压力(MPa)。

对于过热蒸汽，按式(13-12)修正：

$$f'=f\sqrt{\frac{U'}{U}}\quad(mm^2)\tag{13-12}$$

式中 f'——介质为过热蒸汽时的阀孔面积(mm^2)；

U'——过热蒸汽比容(m^3/kg)；

U——饱和蒸汽比容(m^3/kg)。

② 热媒为水时，按式(13-13)、式(13-14)计算：

微启式弹簧安全阀：$$f=0.038\frac{G}{P}\quad(mm^2)\tag{13-13}$$

微启式重锤安全阀：$$f=0.035\frac{G}{P}\quad(mm^2)\tag{13-14}$$

式(13-13)、式(13-14)仅适用于水温 20℃，若水温为 100℃，则阀孔面积应增大 4%；若水温为 150℃，阀孔面积应增大 8.4%。

6) 工作压力≤3.9MPa 的锅炉和密闭式水加热器，安全阀阀座内径应≥25mm。

(4) 安装注意事项：

1) 安全阀应垂直安装，并尽可能装在锅炉、水加热器和管路的最高位置。

2) 在安全阀与炉身、罐身之间，不得装接取水管、引汽管或阀门。

3) 若几个安全阀共同装接在一根与器壁直接相连的短管上，则短管的通路面积应不小于所有安全阀阀孔截面积总和的 1.25 倍。

4) 用于锅炉、水加热器和热水罐等设备、容器上的安全阀，一般均应安装排汽管并通至室外，以防排汽时伤人；排汽管管径应不小于阀座内径。排汽管上不得装设任何闭路配件，以保证排汽畅通。

5) 安全阀上必须具有下列装置：

① 杠杆式安全阀应有防止重锤自行移动的装置和限制杠杆脱出的导架。

② 弹簧式安全阀应有提升手把和防止随意拧动调整螺丝的装置。

13.4 减压阀、调压孔板和节流塞

13.4.1 减 压 阀

减压阀是将介质压力减低并达到所求值的自动调节阀，其阀后压力可在一定范围内进行调整。减压阀按其结构形式可分为薄膜式、活塞式和波纹管式三类。

(1) 适用范围：常用减压阀的适用范围，见表 13-17。

常用减压阀适用范围　　表 13-17

类　型	适用介质	调压范围	适用范围
Y系列减压阀	冷热水	0.1～1.6MPa	1. 能减动压，也可减静压 2. 适用于任意角度安装 3. 阀后压力可现场调节 4. DN15～150
YD、YJ系列减压阀	冷、热水	0.1～1.6MPa	1. 能减动压，也可减静压 2. 适用于任意角度安装 3. 阀后压力可现场调节 4. 适用于大流量 5. DN65～400
比例式减压阀	冷、热水	1.5:1、2:1、3:1、4:1、5:1	1. 可任意角度安装、宜垂直安装 2. 能减动压、也可减静压
内弹簧薄膜式减压阀	水、空气	0.1～3.0MPa	1. 安装在水平管路上 2. 进口与出口压力差须≥0.2MPa 3. 只减动压
活塞式减压阀	蒸汽、空气无腐蚀性介质	0.1～3.0MPa	1. 安装在水平管路上 2. 适用于温度≤450℃蒸汽管路上 3. 只减动压 4. 进口与出口压力差≥0.2MPa

(2) 外形结构、型号规格和技术特性：

1) Y系列减压阀：

① 外形结构见图 13-20。

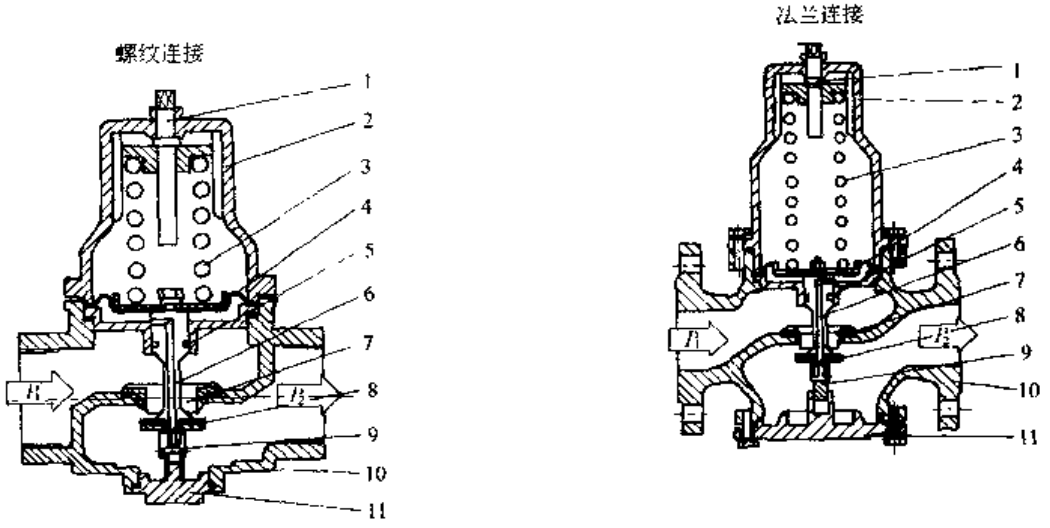


图 13-20　Y系列减压阀外形结构

1—调节杆；2—弹簧罩；3—弹簧；4—膜片；5—O型圈；6—阀芯；7—阀座；8—阀瓣；9—限位螺母；10—阀体；11—底盖

② 型号规格见表 13-18。

Y系列减压阀型号规格 **表 13-18**

型 号	适用温度(℃)	公称通径(mm)										
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Y110	≤70	●	●	●	●	●	●					
Y210		●	●	●	●	●	●					
Y416							●	●	●	●	●	●
Y425							▲	▲	▲	▲	▲	▲
Y110-R	≤150	▲	▲	▲	▲	▲						
Y210-R		▲	▲	▲	▲	▲						
Y416-R							▲	▲	▲	▲	▲	▲
Y425-R							▲	▲	▲	▲	▲	▲

注：1. ●表示已有规格。

2. ▲表示预定规格。

3. R表示适用于热水介质，温度70～150℃。

4. 该产品生产单位有北京海淀普惠机电技术开发公司。

③ 技术特性：

ⅰ. 技术参数见表13-19。

Y系列减压阀技术参数 **表 13-19**

工作压力(MPa)	1.0	1.6	2.5
强度试验(MPa)	1.5	2.4	3.8
调压范围(MPa)	0.1～0.5	0.2～0.8	0.5～1.6
工作温度(℃)	≤70、≤150	≤70、≤150	≤70、≤150
用 途	工业、生活给水，采暖、空调水及蒸汽系统		

ⅱ. 流量特性曲线见图13-21、22。

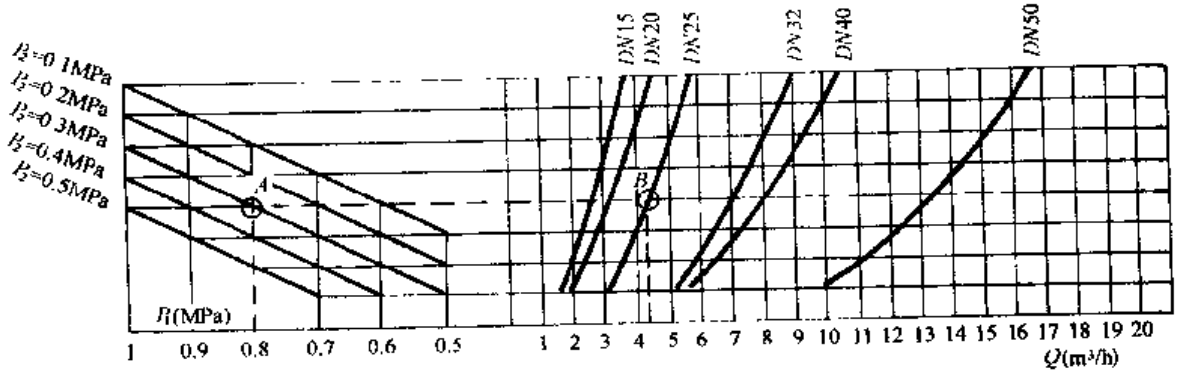


图13-21 DN15～50mmY系列减压阀流量特性曲线

图13-21、22几点说明如下：

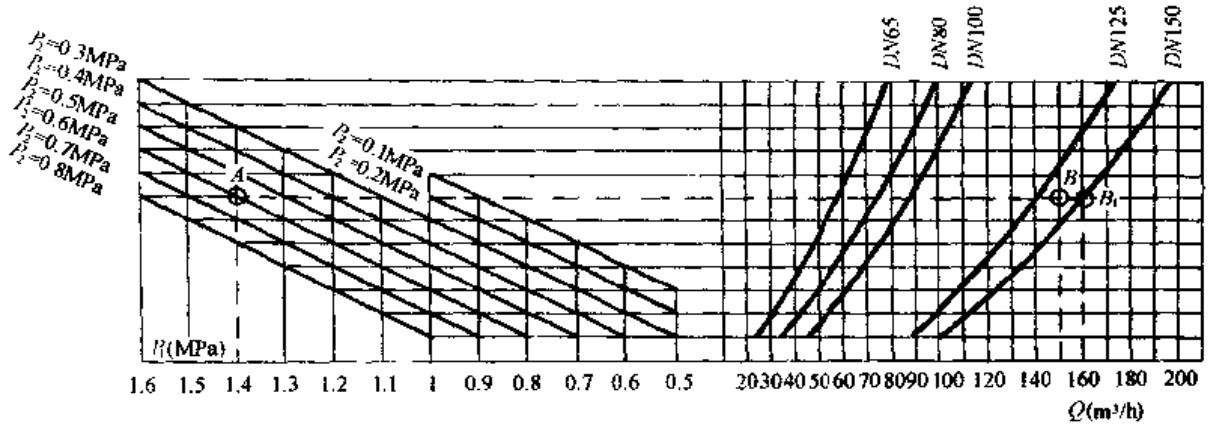


图 13-22　*DN*65～150mmY 系列减压阀流量特性曲线

（ⅰ）图表中数据为理论计算值。

（ⅱ）图中分为左右两区，左区：斜线表示阀后静态压力 P_2，横坐表示阀前静态压力 P_1；右区：曲线表示阀门通径 *DN*，横坐标表示流量 *Q*。

（ⅲ）图中流量值 *Q* 为动态时阀后压降 0.1MPa 时流量。

（ⅳ）查图举例：

ⅰ）已知阀门公称通径 *DN*25mm，静态压力 P_1(0.8MPa)、P_2(0.3MPa)，求流量 *Q*（见图 13-21）。从左区横坐标上找到 P_1(0.8MPa)，向上引垂线与 P_2(0.3MPa)斜线相交于 *A* 点。过 *A* 点作平行于横坐标的线，与右边的曲线(*DN*25)相交于 *B* 点，过 *B* 点向横坐标作垂线即可得到流量值 *Q*（约为 4.3m³/h）。

ⅱ）已知静态压力 P_1（1.4MPa），P_2(0.6MPa)和流量值 *Q*(150m³/h)，求选配阀门的通径（见图 13-22）。同上一例同样的方法找到 *A* 点，从 *A* 点之水平线上找到与流量 *Q*(150 m³/h)的垂直对应点 *B*，*B* 点介于 *DN*125mm 与 *DN*150mm 之间，为保证流量，采用 *DN*150mm。

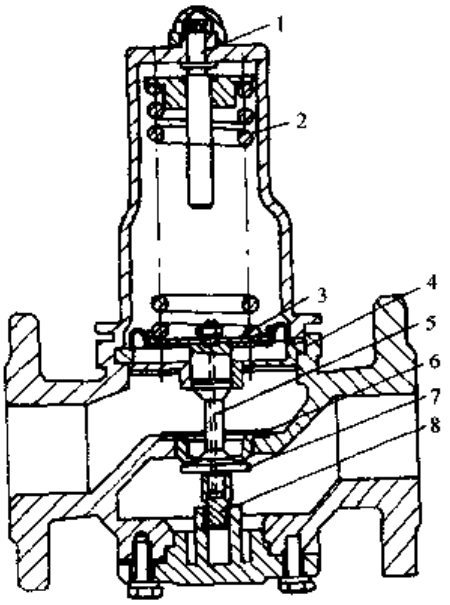


图 13-23　Y110、Y416 型减压稳压阀外形结构
1—调节螺杆；2—弹簧；3—膜片；4—阀体；5—阀芯；6—阀座；7—阀瓣；8—限位母

④ Y110、Y416 型减压稳压阀：该阀采用阀后压力反馈机构，使阀后压力基本恒定。

ⅰ．外形结构见图 13-23。

ⅱ．型号规格：

Y110 型：规格(mm)为 *DN*15、*DN*20、*DN*25、*DN*32、*DN*40、*DN*50。

Y416 型：规格(mm)为 *DN*65、*DN*80、*DN*100、*DN*125、*DN*150。

该产品生产单位有北京融洋技术研究所河北泊头普惠机电设备厂。

ⅲ．技术特性：

ⅰ）技术参数见表 13-20。

Y110、Y416 型减压稳压阀技术参数 **表 13-20**

规格 DN(mm)	工作压力 (MPa)	试验压力 (MPa)	阀后压力调节范围 (MPa)	联接形式	型号	适用温度 (℃)	动静压差 (MPa)
15	1.0	1.5	0.1～0.5	内螺纹	Y110	0-80	0.1
20							
25							
32							
40							
50							
65	1.6	2.4	0.2～0.8	法兰	Y416	0～80	0.1
80							
100							
125							
150							

ⅱ）流量特性见表 13-21。

Y110、Y416 型减压稳压阀流量特性(m^3/h) **表 13-21**

P_1 (MPa)	P_2 (MPa)	公称通径 (mm)										
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
0.5	0.1	2.1	2.3	3.7	5.8	6	10	36	43	60	85	95
	0.2	1.9	2.1	3.5	5.5	5.7	7	34	36	50	75	87
	0.3	1.5	1.7	3	4.2	4.5	6	25	30	41	58	68
0.6	0.1	2.3	2.5	4.1	6.8	7	13.6	40	48	70	122	130
	0.2	2.1	2.3	3.7	6	6.2	9.6	38	45	62	115	125
	0.3	1.8	2.0	3.5	5.5	5.7	8.5	37	40	55	100	115
	0.4	1.7	1.9	3.1	4.1	4.3	7	35	38	48	97	107
0.7	0.1	2.7	2.9	4.5	7.2	7.5	15	42	50	76	125	137
	0.2	2.5	2.7	4.2	6.8	7	11.5	39	46	71	117	131
	0.3	2.2	2.4	4	6.5	6.8	9	36	42	65	110	124
	0.4	1.9	2.1	3.6	5.6	6	7.5	33	38	56	103	115
	0.5	1.4	1.6	3.2	4.7	5	6	30	33	45	82	94
0.8	0.1	2.9	3.1	4.8	8	8.3	16.7	48	54	84	136	150
	0.2	2.6	2.8	4.2	7.8	8.1	13	45	50	70	128	138
	0.3	2.3	2.5	4	7.2	4.8	10.5	42	46	63	120	131
	0.4	2.1	2.3	4.7	7	7.4	8.5	37	41	50	110	121
	0.5	1.8	2	3.5	6.7	7	7.5	35	38	44	92	101
	0.6							30	32	36	85	90

注：此流量是在 P_2 静压降低 0.1MPa 时的实测值。由于测试条件的限制，目前只能测到 P_1 为 0.8MPa，大于 0.8MPa 时，请按实测规律推算。

2）YD系列大流量减压阀：

① 外形结构见图13-24。

② 型号规格见表13-22。

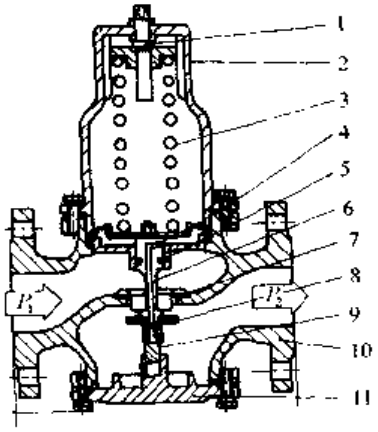


图13-24　YD系列大流量减压阀外形结构

1—调节杆；2—弹簧罩；3—弹簧；4—膜片；5—"O"型圈；6—阀芯；7—阀座；8—阀瓣；9—限位螺母；10—阀体；11—底盖

YD系列大流量减压阀型号规格　　表13-22

型　号	适用温度(℃)	公称通径(mm)				
		65	80	100	125	150
YD416	≤70	●	●	●	●	●
YD425		▲	▲	▲	▲	▲
YD416-R	≤150	▲	▲	▲	▲	▲
YD425-R		▲	▲	▲	▲	▲

注：1. ●表示已有规格，▲表示预订规格。

2. 该产品生产单位有北京海淀普惠机电技术开发公司。

③ 技术特性：

ⅰ. 技术参数见表13-23。

YD系列大流量减压阀技术参数　　表13-23

工作压力(MPa)	1.0	1.6	2.5
强度试验(MPa)	1.5	2.4	3.8
调压范围(MPa)	0.1～0.5	0.2～0.8	0.5～1.6
工作温度(℃)	≤70、≤150	≤70、≤150	≤70、≤150
用　途	工业、生活给水、采暖、空调水及蒸汽系统		

ⅱ. 流量特性曲线见图13-25。

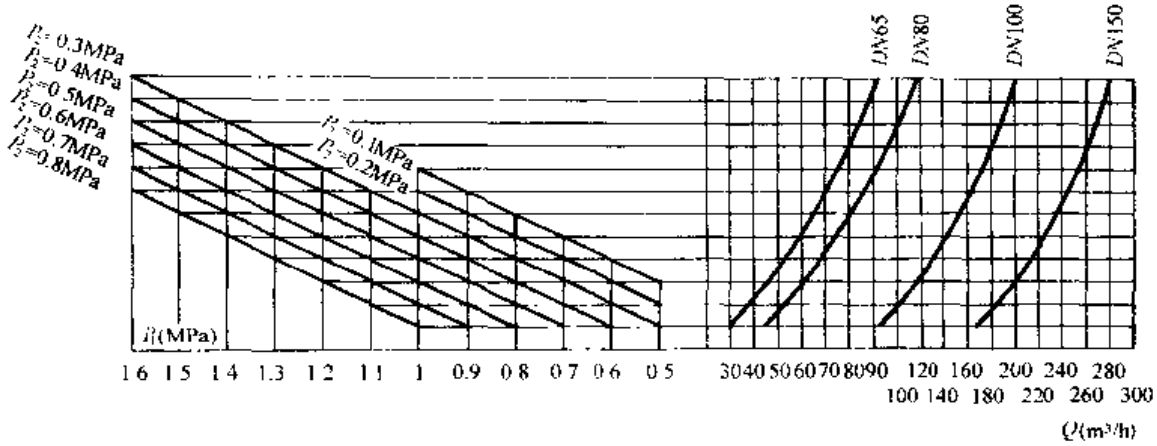


图 13-25 YD 系列大流量特性曲线

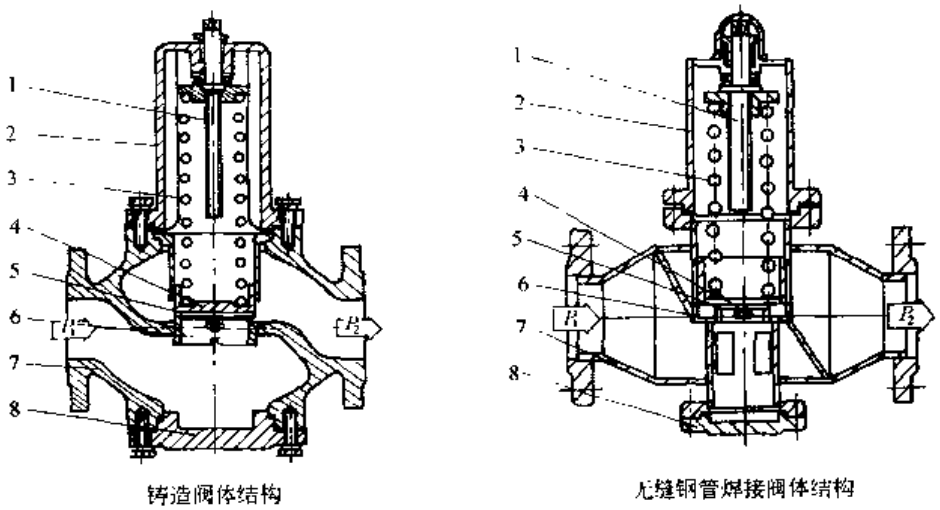
注：1. 图表之数据为理论计算值。

2. 图表中流量值 Q 为动态时阀后压降 0.1MPa 时流量。

3. 查图方法同 Y 系列减压阀。

3) YJ 系列减压阀：

① 外形结构见图 13-26。



铸造阀体结构　　无缝钢管焊接阀体结构

图 13-26 YJ 系列减压阀外形结构

1—调节杆；2—弹簧罩；3—弹簧；4—阀套；5—阀瓣；6—阀座；7—阀体；8—底盖

② 型号规格见表 13-24。

YJ 系列减压阀型号规格　　表 13-24

型　号	适用温度 (℃)	公称通径 (mm)									
		65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
YJ410	≤70	●	●	●	●	●					
YJ416		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
YJ425		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

续表

型　号	适用温度(℃)	公称通径(mm)									
		65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
YJ410-R	≤150	▲	▲	▲	▲	▲					
YJ416-R		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
YJ425-R							▲	▲	▲	▲	▲

注：1. ●表示已有规格，▲表示预订规格。

2. 该产品生产单位有北京海淀普惠机电技术开发公司。

③ 技术性能：

ⅰ. 技术参数见表 13-25。

YJ 系列减压阀技术参数　　表 13-25

工作压力(MPa)	1.0	1.6	2.5
强度试验(MPa)	1.5	2.4	3.8
调压范围(MPa)	0.1～0.5	0.2～0.8	0.5～1.6
工作温度(℃)	≤70、≤150	≤70、≤150	≤70、≤150
用　途	工业、生活给水，采暖、空调水及蒸汽系统		

ⅱ. 流量特性曲线见图 13-27。

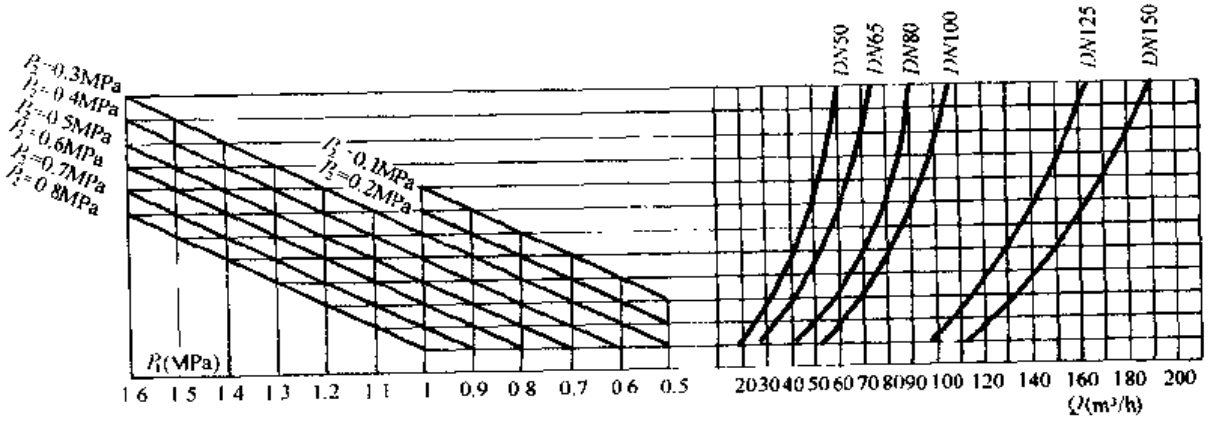


图 13-27　YJ 系列减压阀流量曲线

注：1. 图表的数据为理论计算值。

2. 图表中流量值 Q 为动态时阀后压降 0.1MPa 时流量。

3. 查图方法同 Y 系列减压阀。

④ YJ416、YJ425 型减压阀：YJ416、YJ425 型减压阀与 Y416 结构不同，它没有压力反馈机构，但结构简单，流量大，阀后压力调节范围大，压紧弹簧可起到截止阀作用。其规格、技术性能见表 13-26。

YJ416、YJ425 型减压阀规格、技术性能 表 13-26

规格 (DN)	L (mm)	H (mm)	H1 (mm)	重量 (kg)	流量 (m^3/h)	工作压力 (MPa)	阀后压力调节范围(MPa)	动静压差 (MPa)	适用介质	适用温度 (℃)
200	990	990	260	206	300	1.6～2.5	0～1.2	0.1	冷水、热水	0～100
250	816	1070	280	220	350					
300	1420	1210	340	405	400					
350	1350	1210	340	450	420					
400	1110	1210	340	550	450					

4) Yx741X 减压阀：

① 外形结构见图 13-28。

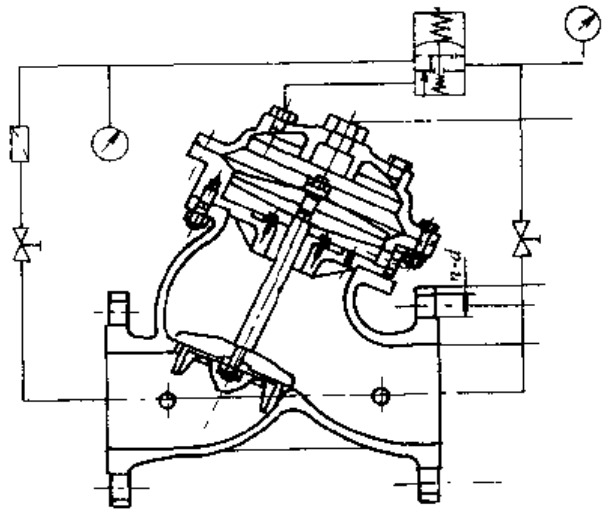


图 13-28 Yx741X 减压阀外形结构

② 主要技术参数：

ⅰ. 公称压力：1.0MPa、1.6MPa、2.5MPa

ⅱ. 出口压力：

*PN*1.0MPa 调节范围 0.1～0.8MPa

*PN*1.6MPa 调节范围 0.2～1.4MPa

*PN*2.5MPa 调节范围 0.3～2.0MPa

ⅲ. 适用介质：清水

ⅳ. 适用温度：0～80℃

ⅴ. 公称通径：*DN*50mm～*DN*600mm

ⅵ. 该产品生产单位有湖南株洲南方阀门制造有限公司。

③ 安装示意见图 13-29。

5) 比例减压阀：

① YBM 系列微调膜片式比例减压阀：

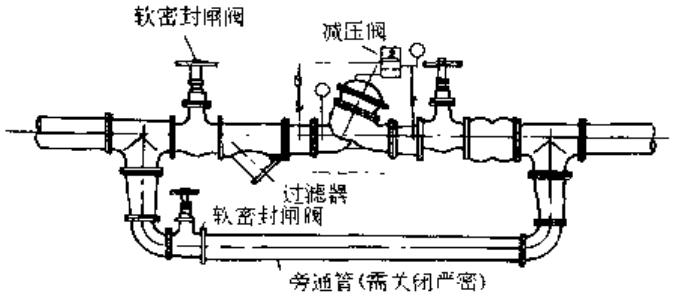


图 13-29　Yx741X 减压阀安装示意

ⅰ．外形结构见图 13-30。

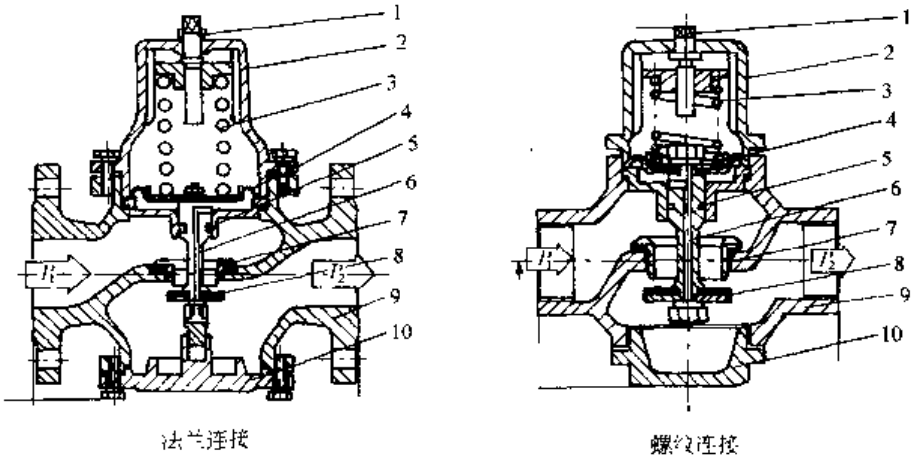


图 13-30　YBM 系列微调膜片式比例减压阀外形结构

1—调节杆；2—弹簧罩；3—弹簧；4—膜片；5—O 型圈；6—阀芯；7—阀座；8—阀瓣；9—阀体；10—底盖

ⅱ．型号规格见表 13-27。

YBM 系列微调膜片式比例减压阀型号规格　　表 13-27

型　号	适用温度(℃)	公称通径(mm)										
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
YBM110	≤70	●	●	●	●	●	●					
YBM210		●	●	●	●	●	●					
YBM416							●	●	●	●	●	●
YBM425							▲	▲	▲	▲	▲	▲
YBM110-R	≤150	▲	▲	▲	▲	▲	▲					
YBM210-R		▲	▲	▲	▲	▲	▲					
YBM416-R							▲	▲	▲	▲	▲	▲
YBM425-R							▲	▲	▲	▲	▲	▲

注：1．●表示已有规格，▲表示预订规格。

2．该产品生产单位有北京海淀普惠机电技术开发公司。

ⅲ．技术特性：

ⅰ）技术参数见表 13-28。

YBM 系列微调膜片式比例减压阀技术参数 **表 13-28**

工作压力(MPa)	1.0	1.6	2.5
强度试验(MPa)	1.5	2.4	3.8
比例范围	1.5:1,2:1,3:1,4:1	1.5:1,2:1,3:1,4:1	1.5:1,2:1,3:1,4:1
微调范围(MPa)	±0.05	±0.05	±0.05
工作温度(℃)	≤70、≤150	≤70、≤150	≤70、≤150
用　途	工业、生活给水，采暖、空调水及消防水系统		

ⅱ）流量特性曲线见图 13-31～33。

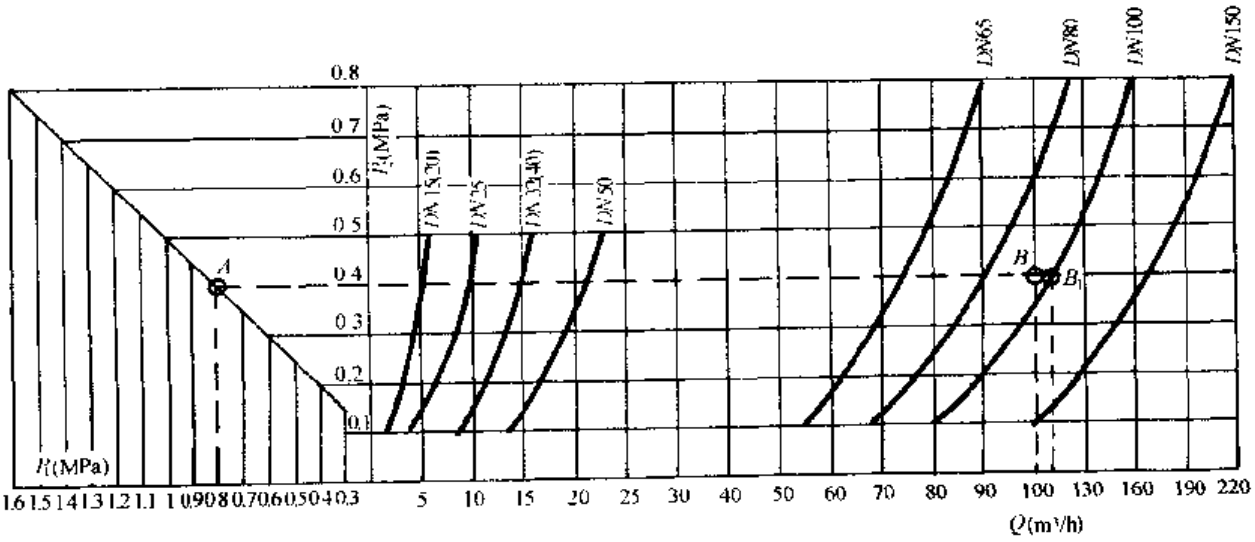


图 13-31　比例减压阀 2:1 流量曲线

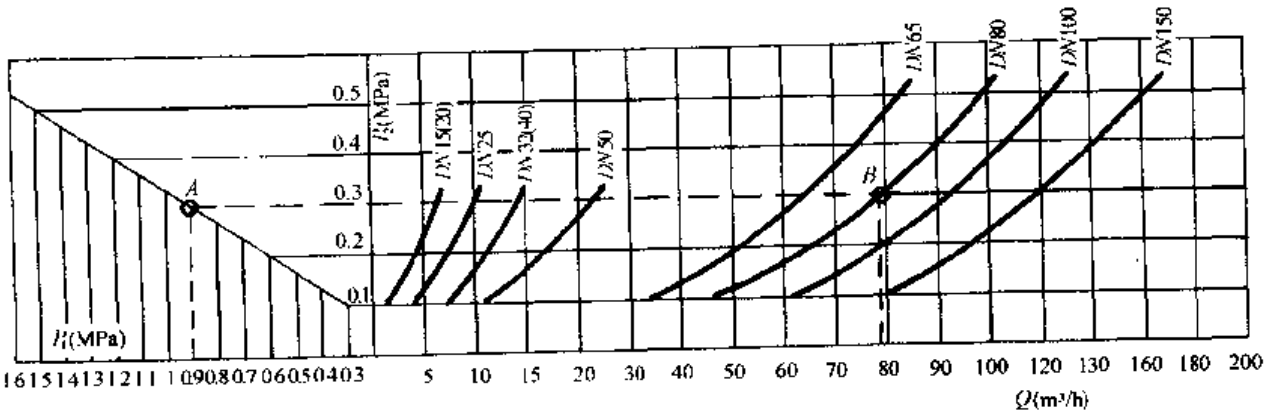


图 13-32　比例减压阀 3:1 流量曲线

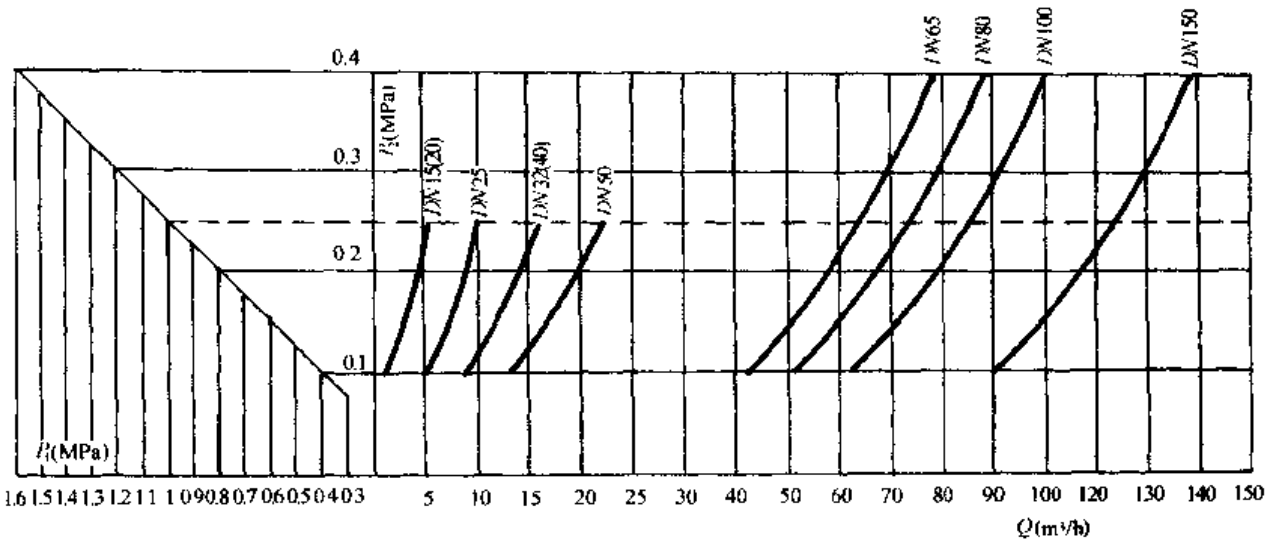


图 13-33　比例减压阀 4:1 流量曲线

图 13-31～33 几点说明如下：

① 图中数据为理论计算值。

ⅱ 图中流量值 Q 为动态时阀后压降 0.1MPa 时的流量。

ⅲ 查图方法请参考 Y 系列减压阀。

② Y13X、Y43X 型比例减压阀：

ⅰ．外形结构见图 13-34。

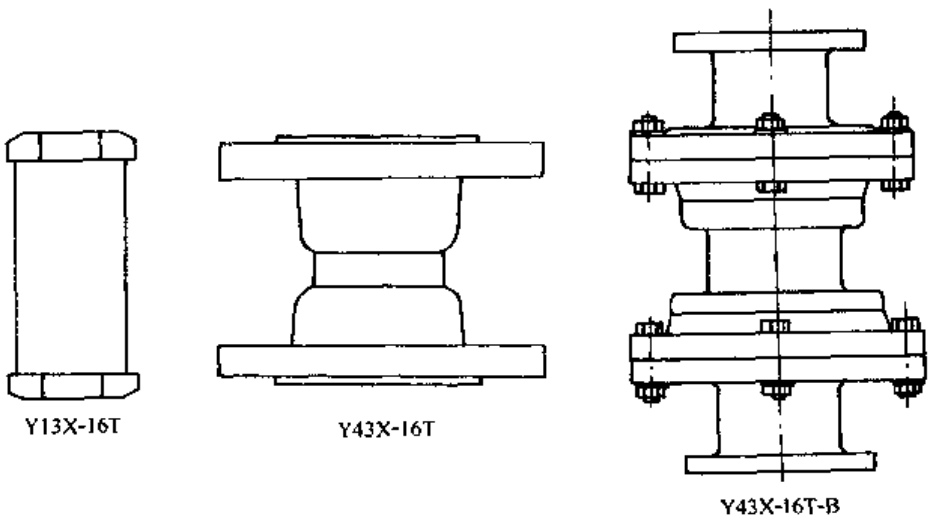


图 13-34　Y13X、Y43X 型比例减压阀外形结构

ⅱ．型号规格见表 13-29。

ⅲ．流量特性曲线见图 13-35。

③ Y13X-10、Y43X-16 型比例减压阀：

ⅰ．外形结构见图 13-36。

Y13X、Y43X 型比例减压阀型号规格 **表 13-29**

型 号	规格 (mm)	连接形式	使用压力 (MPa)	介质温度 (℃)	材 质
Y13X-16T 3:1 2:1 1.5:1	15	管螺纹	0.2~1.6	≤80	铜
	20				
	25				
	32				
	40				
Y13X-16T-B 5:1 4:1	32	1.6MPa 标准法兰			
	40				
Y43X-16T 3:1 2:1 1.5:1	50				
	65				
	80				
	100				
	125				
	150				
Y43X-16T-B 5:1 4:1	50				
	65				
	80				
	100				
	125				
	150				
Y43X-25P 3:1 2:1	100	2.5MPa 标准法兰	0.2~2.5		不锈钢
	150				
	200				

注：该产品生产单位有上海高桥水暖设备有限公司。

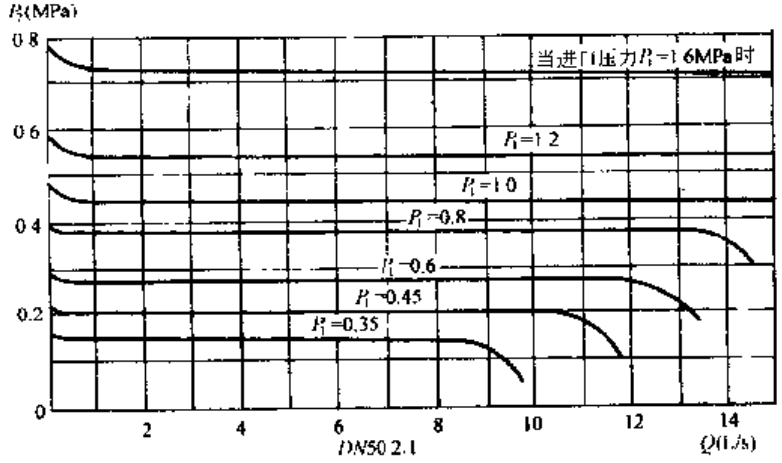


图 13-35 Y13X、Y43X 型比例减压阀流量特性曲线(一)

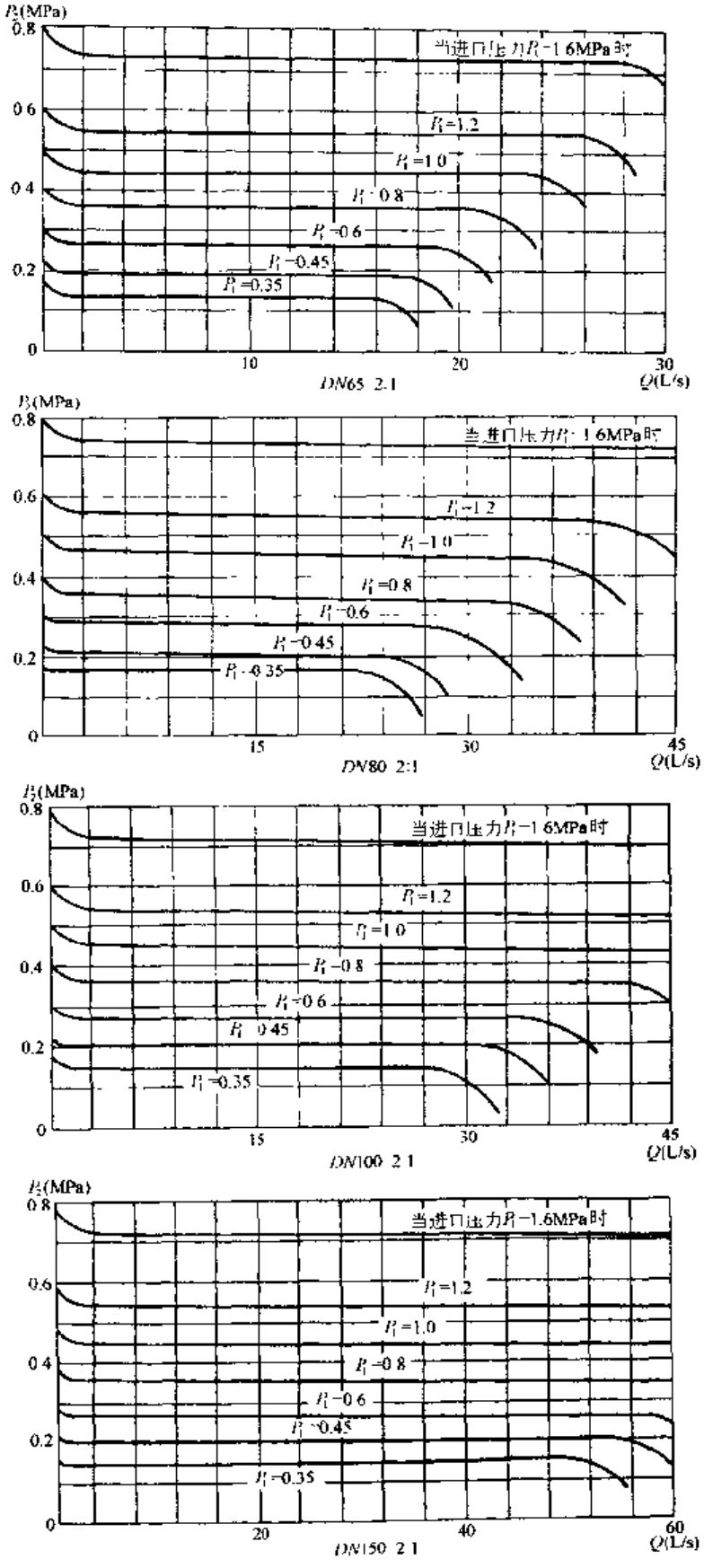


图 13-35　Y13X、Y43X 型比例减压阀流量特性曲线(二)

注：1. 图示为 2:1 比例减压阀，当进口压力一定时，出口压力与流量的变化曲线。

2. 对于没有列入图内规格及比例的比例减压阀，选用时按式(13-15)、式(13-16)计算：

$$P_2=\frac{P_1}{\alpha} \tag{13-15}$$

$$P'_2=\frac{\beta}{\alpha}P_1 \tag{13-16}$$

式中 P_1——进口压力(MPa)；

P_2——出口静压(MPa)；

α——减压比；

P'_2——出口动压；

β——出口动压直线部分压力和出口静压比，由实验得出($\beta=0.8\sim0.9$)。

3. 对 3:1、4:1、5:1 的减压阀，可按 2:1 的曲线查找流量，动压可按式(13-16)计算。

ⅱ．型号规格见表 13-30。

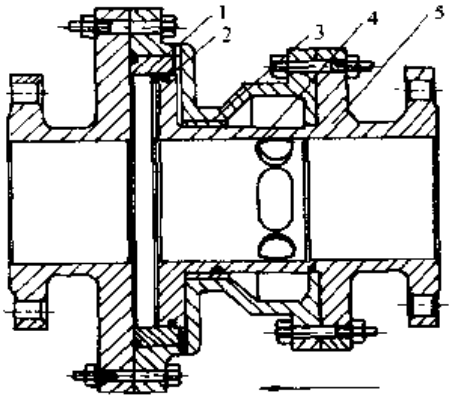


图 13-36 Y13X-10、Y43X-16 型比例减压阀外形结构

1—环套；2—密封圈；3—活塞套；4—活塞；5—阀体

Y13X-10、Y43X-16 型比例减压阀型号规格 表 13-30

型 号	规格 DN(mm)
Y13X-10	15
	20
	25
	32
	40
	50
	65
Y43X-16	80
	100
	125
	150

注：该产品生产单位有北京融洋技术研究所河北泊头普惠机电设备厂。

ⅲ．技术特性：

(ⅰ)技术参数见表 13-31。

Y13X-10、Y43X-16 型比例减压阀技术参数 表 13-31

型 号		Y13X-10	Y43X-16
额定工作压力(MPa)		1.0	1.6
最小开启压力(MPa)	2:1	0.2	0.2
	3:1	0.3	0.3
压力误差(%)		≤±10	≤±10
适用介质		水	水
适用温度(℃)		≤80	≤80
联接方式		内螺纹	法 兰

(ⅱ)流量特性见表 13-32、图 13-37。

Y13X-10、Y43X-16 型比例减压阀流量特性(m^3/h)　　**表 13-32**

$P_1:P_2$ 2:1						$P_1:P_2$ 3:1					
P_1 (MPa)	P_2 (MPa)	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	P_1 (MPa)	P_2 (MPa)	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.2	0.1	2.7	4.3	6.6	10.3	0.3	0.1	3.2	5.4	6.9	11.1
0.4	0.2	3.4	5.5	8.2	14.1	0.5	0.16	3.9	7.2	9.0	14.8
0.6	0.3	4.1	6.6	10.9	16.8	0.6	0.2	4.2	8.0	10	17.2
0.7	0.36	4.4	7.2	11.4	18.1	0.7	0.23	4.6	8.7	10.7	19.3
0.8	0.4	4.8	7.8	11.2	19.2	0.9	0.3	5.1	9.8	12.06	20.6

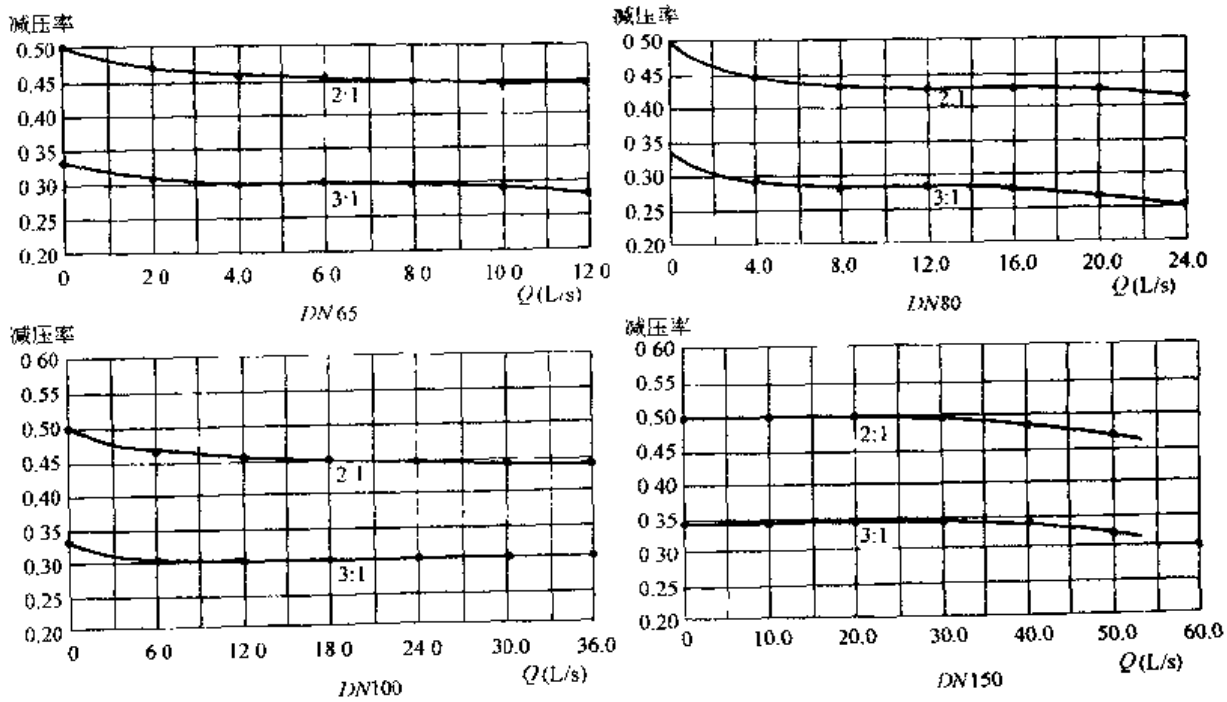


图 13-37　Y13X-10、Y43X-16 型比例减压阀流量特性曲线

注：减压率 $=\frac{\text{阀后动压}}{\text{阀前静压}}$

6）内弹簧薄膜式减压阀：

① Y42X-16 型减压阀：该阀适用于工作温度≤50℃的水、气介质的管路上。其主要技术特性见表 13-33。

Y42X-16 型减压阀主要技术特性　　**表 13-33**

公称通径(mm)	压力调整范围(MPa)		
	阀前(进口)	阀后(出口)	
	P_1	P_2	误　差
200	1.6	<0.1	0.02
		0.1~0.3	0.01
		0.3~1.0	0.008
		1.0~1.2	0.006

② Y42SD-$\frac{40}{60}$型减压阀：该阀适用于温度≤70℃的水、气介质管路上。其主要技术特性见表 13-34。

Y42SD-$\frac{40}{60}$型减压阀主要技术特性 **表 13-34**

公称通径(mm)	型　号	进口压力(MPa)	出口压力(MPa)	出口压力误差值	
				出口压力 P_2 (MPa)	误差值 (MPa)
25、32、40、50	Y42SD-40	≤4.0	1.0～2.5	<0.1	20%P_2
				0.1～0.3	10%P_2
	Y42SD-64	≤6.4	1.0～3.0	1.0～2.0	6%P_2
				2.0～3.0	4%P_2

7) 活塞式减压阀：该阀适用于温度≤450℃的蒸汽介质管路上。其主要技术特性见表 13-35。

活塞式减压阀主要技术特性 **表 13-35**

公称通径 *DN* (mm)	型　号	进口压力 (MPa)	出口压力 (MPa)	出口压力误差值	
				出口压力 P_2 (MPa)	误差值 (MPa)
32～200	Y43H-25	≤2.5	0.05～1.6	<0.1	20%P_2
				0.1～0.3	10%P_2
25～100	Y43H-40	≤4.0	0.1～2.5	0.3～1.0	8%P_2
				1.0～2.0	6%P_2
25～100	Y43H-64	≤6.4	0.1～3.0	2.0～3.0	4%P_2

8) 稳压阀：

① Y45X-16T(Q)型先导式减压稳压阀：

ⅰ. 外形结构见图 13-38。

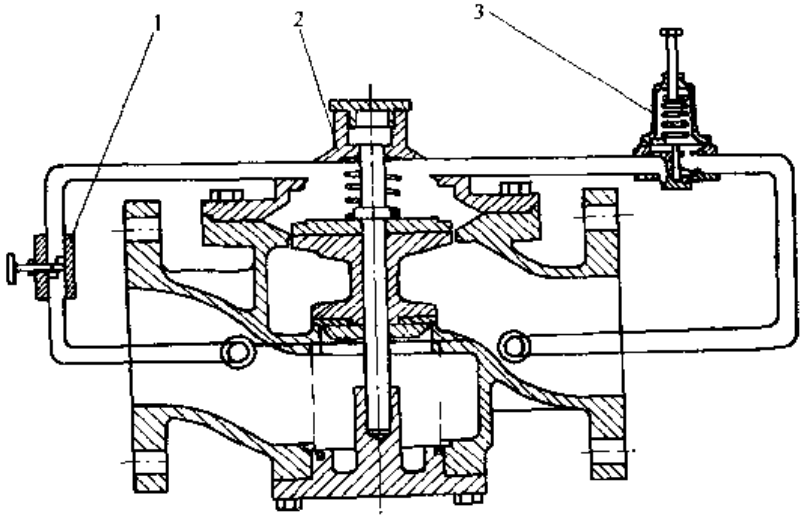


图 13-38 Y45X-16T(Q)型先导式减压稳压阀外形结构

1—针形阀；2—主阀；3—先导阀

ⅱ．型号规格：

ⅰ）Y45X-16T 型：规格为 *DN*50、*DN*65、*DN*80、*DN*100。

ⅱ）Y45X-16Q 型：规格为 *DN*125、*DN*150。

ⅲ）该产品生产单位有上海高桥水暖设备有限公司。

ⅲ．主要技术特性见表 13-36。

Y45X-16T(Q)型先导式减压稳压阀主要技术参数　　表 13-36

型　号	规 格 (mm)	公称压力 (MPa)	出口调压范围 (MPa)	适用温度 (℃)	阀体材质
Y45X-16T	*DN*50	1.6	0.1～0.8	≤80	铜
	*DN*65				
	*DN*80				
	*DN*100				
Y45X-16Q	*DN*125	1.6	0.1～0.8	≤80	球墨铸铁
	*DN*150				

② YW 型减压稳压阀：

ⅰ．外形结构见图 13-39。

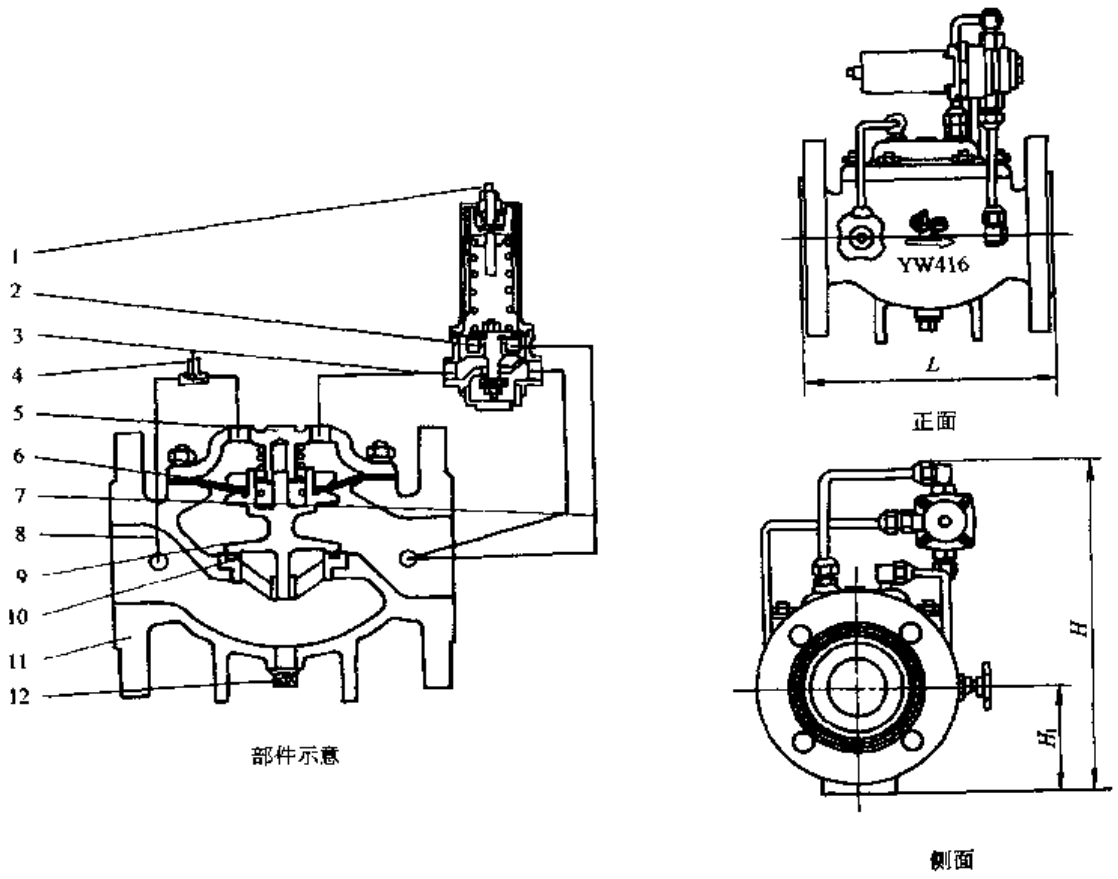


图 13-39　YW 型减压稳压阀外形结构

1—先导阀调节杆；2—先导阀；3—阀后导管；4—针形阀；5—控制室；6—主阀膜片；7—外反馈导管；8—阀前导管；9—主阀瓣；10—主阀座；11—主阀体；12—清污丝堵

ⅱ．型号规格及技术参数见表 13-37。

YW 型减压稳压阀型号规格及技术参数 表 13-37

规格 DN(mm)	50	65	80	100	125	150
L(mm)	205	234	300	360	430	450
H(mm)	290	320	340	360	400	450
H_1(mm)	95	105	115	125	140	160
工作压力(MPa)	1.6					
试验压力(MPa)	2.5					
适用温度(℃)	0～80					
调节范围(MPa)	0.05～0.4 或 0.1～0.8					
适 用 介 质	冷水 热水					
连 接 形 式	法兰连接					

注：该产品生产单位有北京海淀普惠机电技术开发公司。

9) YSA416 型消防专用减压稳压阀：

① 外形结构见图 13-40。

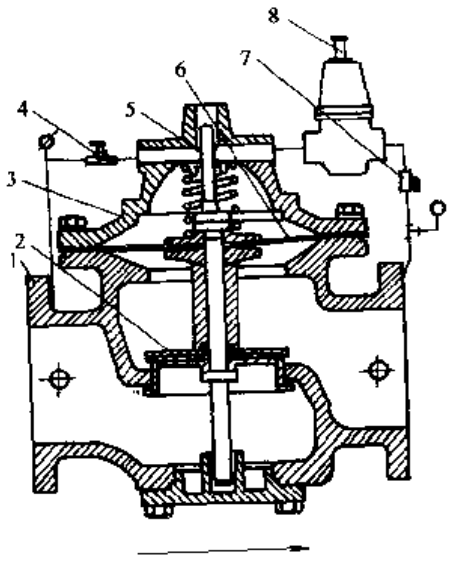


图 13-40 YSA416 型消防专用减压稳压阀外形结构

1—阀体；2—阀瓣；3—弹簧罩；4—针形阀；5—调节杆；6—隔膜；7—调节阀；8—先导阀

② 型号规格及技术参数见表 13-38。

YSA416 型消防专用减压稳压阀型号规格技术参数　　表 13-38

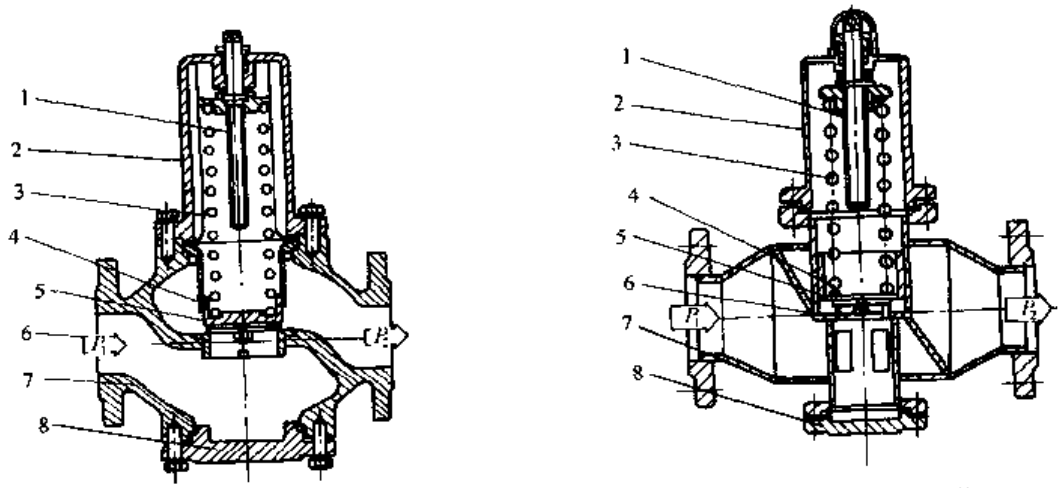
规格 *DN* (mm)	流量 (L/s)	工作压力 (MPa)	试验压力 (MPa)	适用温度 (℃)	阀后压力调节范围(MPa)	适用介质
50	8	1.6	2.4	0～80	当 $P_1=1.0$ 可调至 $P_2=0.09\sim0.8$ 当 $P_1=1.6$ 可调至 $P_2=0.15\sim0.9$	冷水、热水
65	12					
80	18					
100	32					
125	45					
150	55					
200	62					
250	74					

注：该产品生产单位有北京融洋技术研究所河北泊头普惠机电设备厂。

10）泄压阀：

① YP 系列泄压阀：

ⅰ．外形结构见图 13-41。



铸造阀体结构　　无缝钢管焊接阀体结构

图 13-41　YP 系列泄压阀外形结构

1—调节杆；2—弹簧罩；3—弹簧；4—阀套；5—阀瓣；6—阀座；7—阀体；8—底盖

ⅱ．技术参数见表 13-39。

YP 系列泄压阀技术参数　　表 13-39

工作压力(MPa)	1.0	1.6	2.5
强度试验(MPa)	1.5	2.4	3.8
排流压力范围(MPa)	0.1～0.5	0.2～0.8	0.5～1.6
工作温度(℃)	≤70、≤150	≤70、≤150	≤70、≤150
用　途	工业、生活给水，采暖、空调水及蒸汽系统		

注：该产品生产单位有北京海淀普惠机电技术开发公司。

ⅲ．安装参考图见图 13-42。

② A_x742X 泄压阀：

ⅰ．外形结构见图 13-43。

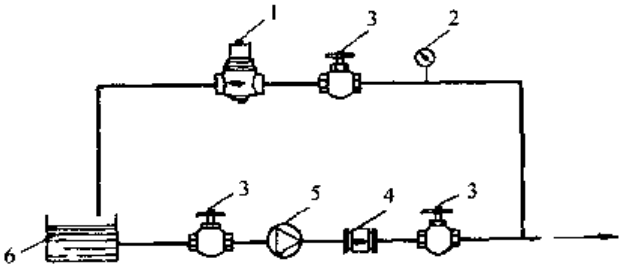


图 13-42 YP 系列泄压阀安装参考图

1—排流阀；2—压力表；3—截止阀；4—止回阀；5—水泵；6—水箱

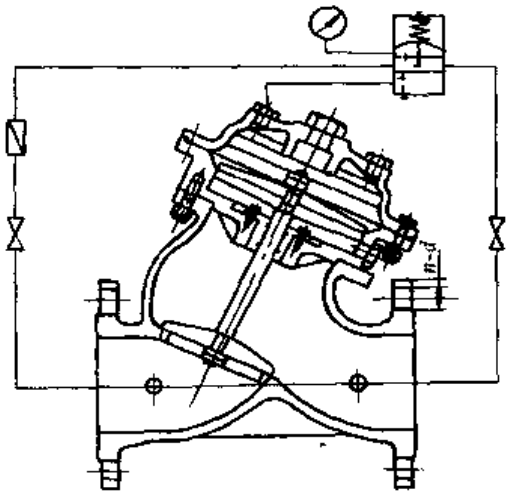


图 13-43 A_x742X 型泄压阀外形结构

ⅱ．技术参数：

ⅰ）公称压力：1.0MPa、1.6MPa、2.5MPa；

ⅱ）调压范围：0～1.0MPa、0～1.6MPa、0～2.5MPa；

ⅲ）启闭动作压力：0.07MPa；

ⅳ）适用介质：原水、清水；

ⅴ）介质温度：0～80℃；

ⅵ）公称通径：*DN*50～600mm。

ⅶ）该产品生产单位有湖南珠洲南方阀门制造有限公司。

ⅲ．安装示意见图 13-44。

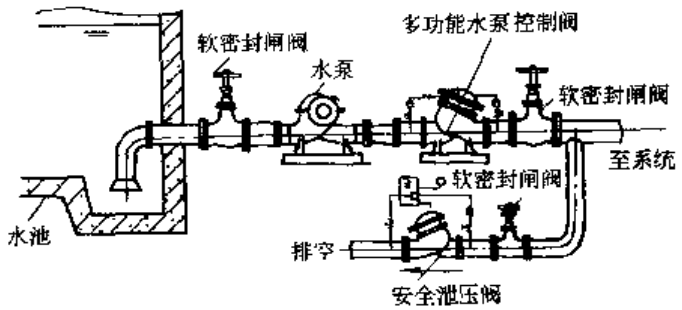


图 13-44 A_x742X 型泄压阀安装示意图

(3) 蒸汽减压阀的选用与计算：

蒸汽减压阀阀孔截面积，按式(13-17)计算：

$$f=\frac{G}{0.6q}\quad(\mathrm{cm}^2)\tag{13-17}$$

式中　f——所需阀孔截面面积(cm^2)；

G——蒸汽流量(kg/h)；

q——通过每 cm^2 阀孔截面的理论流量(kg/h)，可按图 13-45 查得。

当无资料时，可按高压蒸汽管路的公称管径选用相等孔径的减压阀。

【例】　设饱和蒸汽流量为 $G=800$ kg/h，阀前压力 $P_1=0.55$MPa(绝对大气压)，经减压后，阀后压力 $P_2=0.35$MPa(绝对大气压)，求所需减压阀阀孔截面积。

【解】　按图 13-45 中 A 点(即 P_1)，画等压力曲线，与 C 点(P_2)引出的垂线相交于 B 点，得 $q=168$kg/h。

所需阀孔截面积：

$$f=\frac{800}{168}=4.7\mathrm{cm}^2$$

【例】　过热蒸汽温度为 300℃，$G=1000$kg/h，$P_1=1.0$MPa(绝对大气压)，$P_2=0.65$MPa(绝对大气压)，求减压阀阀孔截面积。

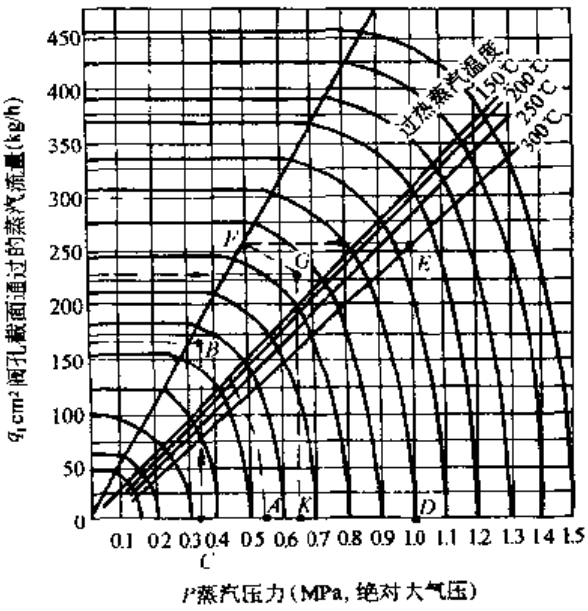


图 13-45　减压阀理论流量曲线

【解】　按图 13-45 中 D 点(即 P_1)引垂线与 300℃ 的过热蒸汽线相交于 E，自 E 引水平线与标线相交于 F，自 K 点(即 P_2)引垂线与 F 点的等压力曲线相交于 G 点，即得 $q=230$kg/h。

所需阀孔截面积：

$$f=\frac{1000}{230}=4.35\mathrm{cm}^2$$

(4) 减压阀选择注意事项：

1)　蒸汽减压阀的阀前与阀后绝对压力之比不应超过5～7，超过时应串联安装两个。

2) 当阀前与阀后的压差为 0.1～0.2MPa 时，可串联安装两个截止阀进行减压。

3) 减压阀产品样本中列出的阀孔面积 f 值，一般系指最大截面积，实际流通面积将小于此值，故按计算(或查表)得出的阀孔面积选择减压阀时，应适当留有余地。

4) 当阀门样本未给出阀孔面积参数时，可先按设计流速选取所需减压阀前、后管道直径，再按阀前管道直径选取公称直径相同的减压阀。

5) 选用蒸汽、压缩空气减压阀时，除注明其型号、规格外，还应注明减压阀前后压差值及安全阀的开启压力，以便厂家合理配备弹簧。

(5) 减压阀的安装：

1) 蒸汽、压缩空气减压阀的安装：

① 减压阀应安装在水平管段上，阀体应保持垂直。

② 阀前、后均应安装闸阀和压力表，阀后应装设安全阀，根据需要亦可设置旁路管，见图 13-46。

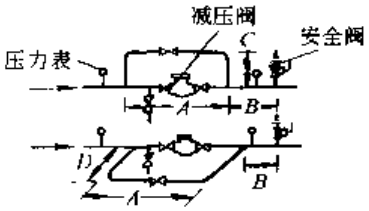


图 13-46 减压阀的安装

2）供水减压阀的安装：

① 减压阀前后均应安装检修阀门和压力表，必要时也可安装旁路设施。

② 减压阀如安装在不经常使用的系统上时，在阀的出口端应装设泄水阀，每三个月放水一次，防止因长期不运行造成阀件失灵。

③ 安装时，阀体箭头方向应与水流方向一致。

④ 减压阀安装位置不得高于管道系统，以免积存气体，影响使用效果。

⑤ 阀前应安装过滤器：

ⅰ．GL 系列过滤器主要技术性能如下：

（ⅰ）规格：

ⅰ）*DN*15～50(螺纹连接)

ⅱ）*DN*65～400(法兰连接)。

（ⅱ）工作压力：1.0MPa、1.6MPa、2.5MPa。

（ⅲ）工作温度：≤70℃、≤150℃。

（ⅳ）该产品生产单位有北京海淀普惠机电技术开发公司。

ⅱ．外形结构见图 13-47。

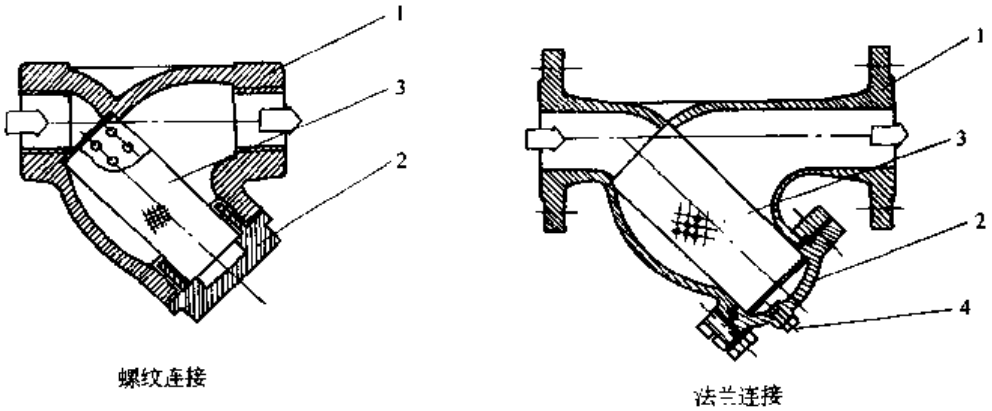


图 13-47 GL 系列过滤器外形结构

1—阀体；2—过滤器盖；3—过滤网；4—排污口

ⅲ．Y 型过滤器外形结构及技术性能如下：

（ⅰ）外形结构见图 13-48。

（ⅱ）规格：

ⅰ）*DN*15～50(螺纹联接)，工作压力为 1.0MPa

ⅱ）*DN*65～500(法兰联接)，工作压力为 1.6MPa

ⅲ）该产品生产单位有北京融洋技术研究所河北泊头普惠机电设备厂。

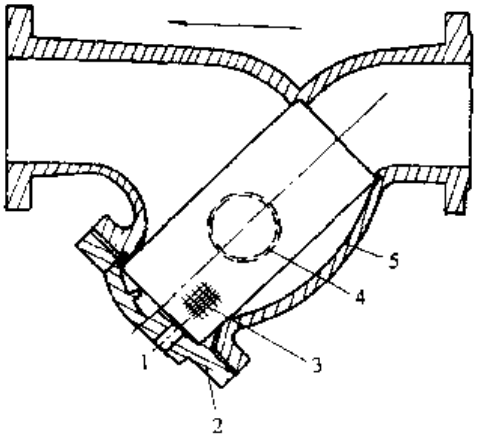


图 13-48　Y型过滤器外形结构

1—排污孔；2—阀盖；3—过滤网；4—透镜；5—阀体

13.4.2 减 压 孔 板

在室内给排水工程中，减压孔板可用于消除给水龙头和消火栓前的剩余水头，以保证给水系统均衡供水，达到节水、节能的目的。

(1) 减压孔板孔径的计算：水流通过孔板时的水头损失，按式(13-18)计算：

$$H=\xi\frac{v^2}{2g}\quad(10^4\text{Pa}) \tag{13-18}$$

式中　H——水流通过孔板的水头损失值(10^4Pa)；

ξ——孔板的局部阻力系数；

v——水流通过孔板后的流速(m/s)；

g——重力加速度(m/s^2)。

ξ 值可从式(13-19)求得：

$$\xi=\left[1.75\frac{D^2}{d^2}\frac{(1.1-d^2/D^2)}{(1.175-d^2/D^2)}-1\right]^2 \tag{13-19}$$

式中　D——给水管直径(mm)；

d——孔板的孔径(mm)。

为简化计算，将各种不同管径及孔板孔径代入式(13-18)、式(13-19)，求得相应的 H 值，所得计算结果列于表 13-40。使用时，只要已知剩余水头 H_1 及给水管直径 D，就可从表中查得所需孔板孔径 d。

减压孔板的水头损失(10^4Pa)　　表 13-40

D (mm)	d(mm)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15	81.03	24.54	9.49	4.25	2.09	1.10	0.59	0.33	0.18	0.09	0.04
20	262.30	81.03	32.16	14.91	7.68	4.25	2.48	1.51	0.94	0.59	0.38
25		201.77	81.03	38.13	19.98	11.31	6.79	4.25	2.75	1.83	1.24

续表

D (mm)	d (mm)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32			222.21	105.59	56.00	32.16	19.61	12.53	8.30	5.67	3.96
40				262.30	140.02	81.03	49.84	32.16	21.56	14.91	10.58
50						201.77	124.80	81.03	54.70	38.13	27.30

D (mm)	d (mm)										
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20	0.24	0.15	0.09	0.05	0.03	0.01					
25	0.86	0.59	0.42	0.29	0.20	0.14	0.09	0.06	0.04	0.02	0.01
32	2.83	2.05	1.51	1.12	0.84	0.63	0.47	0.36	0.27	0.20	0.15
40	7.68	5.67	4.25	3.23	2.48	1.92	1.51	1.18	0.94	0.75	0.59
50	19.98	14.91	11.31	8.71	6.79	5.34	4.25	3.41	2.75	2.24	1.83
70	81.03	60.98	46.69	36.30	28.59	22.78	18.35	14.91	12.22	10.10	8.40
80	140.82	105.59	81.03	63.13	49.84	39.83	32.16	26.22	21.56	17.87	14.91
100			201.77	157.61	124.80	100.02	81.03	66.28	54.70	45.50	38.13

D (mm)	d (mm)								
	25	26	27	28	29	30	31	32	33
32	0.11	0.08	0.06	0.04	0.02	0.01			
40	0.47	0.38	0.30	0.24	0.19	0.15	0.12	0.09	0.07
50	1.51	1.24	1.03	0.85	0.71	0.59	0.50	0.42	0.35
70	7.03	5.91	5.00	4.25	3.63	3.11	2.67	2.31	1.99
80	12.53	10.58	8.99	7.60	6.58	5.67	4.90	4.25	3.70
100	32.16	27.30	23.29	19.98	17.23	14.91	12.97	11.31	9.91
125	81.04	68.99	59.07	50.74	43.89	38.14	33.28	29.10	25.59
150	170.85	145.60	124.80	107.54	93.13	81.03	70.80	62.11	54.70

D (mm)	d (mm)								
	34	35	36	37	38	39	40	41	42
40	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01				
50	0.29	0.24	0.20	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06
70	1.73	1.51	1.31	1.15	1.00	0.88	0.77	0.68	0.59
80	3.23	2.83	2.48	2.18	1.92	1.70	1.51	1.33	1.18
100	8.71	7.68	6.79	6.01	5.34	4.76	4.25	3.80	3.41
125	22.59	20.00	17.72	15.79	14.10	12.60	11.31	10.18	9.16
150	48.34	42.87	38.13	34.02	30.43	27.30	24.54	22.12	19.90

续表

D (mm)	d(mm)								
	43	44	45	46	47	48	49	50	51
50	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01			
70	0.52	0.46	0.40	0.36	0.31	0.28	0.24	0.21	0.19
80	1.05	0.94	0.84	0.75	0.67	0.58	0.53	0.47	0.42
100	3.06	2.75	2.48	2.24	2.02	1.83	1.66	1.51	1.37
125	8.28	7.49	6.78	6.15	5.59	5.10	4.66	4.25	3.90
150	18.09	16.41	14.91	13.58	12.38	11.31	10.35	9.49	8.71

D (mm)	d(mm)								
	52	53	54	55	56	57	58	59	60
70	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
80	0.38	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15
100	1.24	1.13	1.03	0.94	0.86	0.78	0.71	0.65	0.59
125	3.56	3.27	3.00	2.76	2.53	2.34	2.15	1.98	1.83
150	8.00	7.36	6.79	6.26	5.78	5.34	4.95	4.58	4.25

D (mm)	d(mm)								
	61	62	63	64	65	66	67	68	69
70	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01		
80	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
100	0.54	0.50	0.45	0.42	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27
125	1.69	1.56	1.45	1.34	1.24	1.15	1.07	0.99	0.92
150	3.95	3.67	3.41	3.17	2.95	2.75	2.57	2.40	2.24

D (mm)	d(mm)								
	70	71	72	73	74	75	76	77	78
80	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	
100	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11
125	0.85	0.79	0.74	0.69	0.64	0.59	0.55	0.51	0.48
150	2.09	1.96	1.83	1.71	1.61	1.51	1.41	1.32	1.24

D (mm)	d(mm)								
	79	80	81	82	83	84	85	86	87
100	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
125	0.45	0.41	0.39	0.36	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25
150	1.17	1.10	1.03	0.97	0.91	0.86	0.80	0.76	0.71

续表

D (mm)	d (mm)								
	88	89	90	91	92	93	94	95	96
100	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
125	0.23	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
150	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50	0.47	0.44	0.42
D (mm)	d (mm)								
	97	98	99	100	101	102	103	104	105
125	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06
150	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24
D (mm)	d (mm)								
	106	107	108	109	110	111	112	113	114
125	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
150	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
D (mm)	d (mm)								
	115	116	117	118	119	120	121	122	123
125	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			
150	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08

注：表中给水管计算管径均采用公称直径。

表 13-40 中数据是假定水流通过孔板后的流速为 1m/s 时计算得出的，如实际流速与此不符，则应按式(13-20)进行修正，并按修正后的剩余水头查表。

$$H_1 = \frac{H}{v^2} \times 1 \quad (10^4\text{Pa}) \tag{13-20}$$

式中 H_1——修正后的剩余水头(10^4Pa)；

v——水流通过孔板后的实际流速(m/s)(如孔板前后管径无变化，则 v 值等于管内流速)；

H——设计剩余水头(10^4Pa)。

【例】 已知给水干管管径 $D=100$mm，通过流量 $Q=40\text{m}^3/\text{h}$，设计剩余水头 $H=7$m，如欲采用减压孔板消除此剩余水头，试计算减压孔板之孔径 d。

【解】 已知 $D=100$mm，$H=7$m 得，

$$v = \frac{Q}{\frac{1}{4}\pi D^2} = \frac{40}{\frac{1}{4}\pi(0.1)^2} = 1.4\text{m/s}$$

由式(13-20)得

$$H_1 = \frac{7}{1.4^2} = 3.57 \times 10^4\text{Pa}$$

按 $D=100$mm，$H'_1 = 3.57\times10^4$Pa 查表 13-40 得 $d=42$mm。

(2) 减压孔板与消火栓组合的水头损失，可按式(13-21)计算：

$$H_k = 1.06\left[\frac{1.75\beta^{-2}(1.1-\beta^2)}{(1.175-\beta^2)} - 1\right]^2 \frac{v^2}{2g} \tag{13-21}$$

式中 H_k——消火栓与孔板组合水头损失(10^4Pa)；

β——相对孔径，$\beta = \frac{d}{D}$；

d——孔板孔径(mm)；

D——消火栓管内径(mm)(*DN*50mm 管内径为 53mm，*DN*65mm 管内径为 68mm)；

v——管内流速(m/s)，$v = \frac{4q_x}{\pi D^2} \times 10^3$；

q_x——水流通过孔板后流量(L/s)；

g——重力加速度(9.8m/s²)。

为简化计算，根据常用消火栓口径代入式(13-21)，求得相应的 H_k 值，所得计算结果列于表 13-41。

栓后安装孔板组合水头损失值 H_k(10^4Pa)　　**表 13-41**

消火栓型号		SN50	SN65
流量 q_x(L/s)		2.5	5.0
孔板孔径 d(mm)	12	65.76	
	14	34.58	
	16	19.66	83.61
	18	11.85	51.13
	20	7.46	32.76
	22	4.87	21.80
	24	3.26	14.95
	26		10.50
	28		7.53
	30		5.49
	32		4.06

(3) 圆缺型减压孔板，按式(13-22)计算：

$$X = \frac{G}{0.01D_0^2\sqrt{\Delta Pr}} \tag{13-22}$$

式中 G——重量流量(kg/h)；

D_0——管道内径(mm)；

ΔP——差压(mm)；

r——操作状态下水重度(kg/m³)。

计算步骤：

先按式(13-22)算出 X 值，由 X 值查表 13-42 得 n。

根据 $n = \frac{h}{D_0}$求出 h(圆缺高度)，见图 13-49。

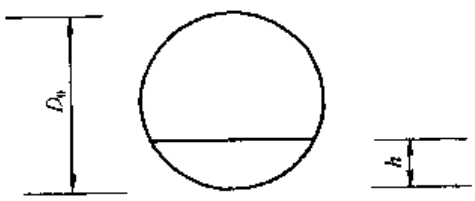


图 13-49　圆缺型减压孔板

由 n 在表 13-42 中查出 α，在表 13-43 中查出 m，代入式(13-23)进行验算：

$$G=0.01252\alpha\varepsilon mD_0^2\sqrt{\Delta Pr} \tag{13-23}$$

式中 ε——按 1 考虑。

流量系数及函数 X 与圆缺孔板相对高度的关系 表 13-42

n	α	X	n	α	X
0.00	0.6100	0.00000	0.33	0.6313	0.2275
0.01	0.6100	0.00130	0.34	0.6331	0.2377
0.02	0.6101	0.00359	0.35	0.6349	0.2480
0.03	0.6101	0.00657	0.36	0.6370	0.2585
0.04	0.6102	0.01016	0.37	0.6390	0.2671
0.05	0.6104	0.01422	0.38	0.6413	0.2800
0.06	0.6106	0.01866	0.39	0.6437	0.2911
0.07	0.6108	0.02348	0.40	0.6462	0.3023
0.08	0.6110	0.02861	0.41	0.6488	0.3136
0.09	0.6113	0.03406	0.42	0.6516	0.3552
0.10	0.6116	0.03982	0.43	0.6546	0.3369
0.11	0.6119	0.04575	0.44	0.6577	0.3496
0.12	0.6122	0.05206	0.45	0.6609	0.3613
0.13	0.6127	0.05853	0.46	0.6643	0.3737
0.14	0.6131	0.06526	0.47	0.6678	0.3863
0.15	0.6136	0.07222	0.48	0.6714	0.3990
0.16	0.6140	0.07944	0.49	0.6752	0.4120
0.17	0.6147	0.08682	0.50	0.6790	0.4251
0.18	0.6153	0.09438	0.51	0.6830	0.4385
0.19	0.6159	0.10212	0.52	0.6870	0.4520
0.20	0.6166	0.11003	0.53	0.6912	0.4651
0.21	0.6174	0.1181	0.54	0.6944	0.4789
0.22	0.6182	0.1261	0.55	0.7000	0.4939
0.23	0.6191	0.1349	0.56	0.7046	0.5084
0.24	0.6200	0.1435	0.57	0.7093	0.5231
0.25	0.6209	0.1522	0.58	0.7142	0.5379
0.26	0.6220	0.1610	0.59	0.7192	0.5529
0.27	0.6231	0.1701	0.60	0.7243	0.5681
0.28	0.6242	0.1792	0.61	0.7296	0.5838
0.29	0.6254	0.1883	0.62	0.7350	0.5994
0.30	0.6267	0.1981	0.63	0.7405	0.6153
0.31	0.6281	0.2077	0.64	0.7463	0.6317
0.32	0.6996	0.2175	0.65	0.7522	0.6481

续表

n	α	X	n	α	X
0.66	0.7583	0.6648	0.81	0.8789	0.9549
0.67	0.7645	0.6818	0.82	0.8897	0.9776
0.68	0.7709	0.6990	0.83	0.9009	1.0009
0.69	0.7774	0.7164	0.84	0.9119	1.0239
0.70	0.7841	0.7340	0.85	0.9244	1.0488
0.71	0.7905	0.7515	0.86	0.9360	1.0725
0.72	0.7977	0.7698	0.87	0.9496	1.0983
0.73	0.8052	0.7886	0.88	0.9628	1.1237
0.74	0.8131	0.8075	0.89	0.9764	1.1495
0.75	0.8214	0.8273	0.90	0.9904	1.176
0.76	0.8300	0.8473	0.91	1.0051	1.023
0.77	0.8391	0.8679	0.92	1.0198	1.299
0.78	0.8486	0.8891	0.93	1.0357	1.257
0.79	0.8584	0.9106	0.94	1.0511	1.284
0.80	0.8635	0.9325	0.95	1.0675	1.312

圆缺相对高度与圆缺截面比的关系　　表 13-43

n	m	n	m	n	m	n	m
0.00	0.0000	0.15	0.0940	0.30	0.2524	0.45	0.4365
0.01	0.0011	0.16	0.1033	0.31	0.2641	0.46	0.4492
0.02	0.0047	0.17	0.1128	0.32	0.2751	0.47	0.4619
0.03	0.0086	0.18	0.1225	0.33	0.2818	0.48	0.4746
0.04	0.0133	0.19	0.1324	0.34	0.2998	0.49	0.4873
0.05	0.0186	0.20	0.1425	0.35	0.3119	0.50	0.5000
0.06	0.0244	0.21	0.1528	0.36	0.3241	0.51	0.5127
0.07	0.0307	0.22	0.1633	0.37	0.3364	0.52	0.5254
0.08	0.0379	0.23	0.1740	0.38	0.3488	0.53	0.5381
0.09	0.0445	0.24	0.1848	0.39	0.3612	0.54	0.5508
0.10	0.0520	0.25	0.1957	0.40	0.3736	0.55	0.5635
0.11	0.0598	0.26	0.2067	0.41	0.3860	0.56	0.5762
0.12	0.0679	0.27	0.2179	0.42	0.3985	0.57	0.5889
0.13	0.0763	0.28	0.2293	0.43	0.4111	0.58	0.6015
0.14	0.0850	0.29	0.2408	0.44	0.4238	0.59	0.6160

续表

n	m	n	m	n	m	n	m
0.60	0.6264	0.68	0.7241	0.76	0.8152	0.83	0.8872
0.61	0.6388	0.69	0.7359	0.77	0.8260	0.84	0.8967
0.62	0.6512	0.70	0.7476	0.78	0.8367	0.85	0.9060
0.63	0.6636	0.71	0.7592	0.79	0.8472	0.86	0.9150
0.64	0.6759	0.72	0.7707	0.80	0.8575	0.87	0.9237
0.65	0.6881	0.73	0.7821	0.81	0.8676	0.88	0.9321
0.66	0.7002	0.74	0.7933	0.82	0.8775	0.89	0.9402
0.67	0.7122	0.75	0.8043				

(4) 减压孔板的安装：减压孔板一般采用2～6mm厚的不锈钢板或铝板制作，孔板孔径应≥3mm，以免发生堵塞；若计算孔径＜3mm时，可采用几个孔径≥3mm的孔板串联使用。

减压孔板的安装方式见图13-50。

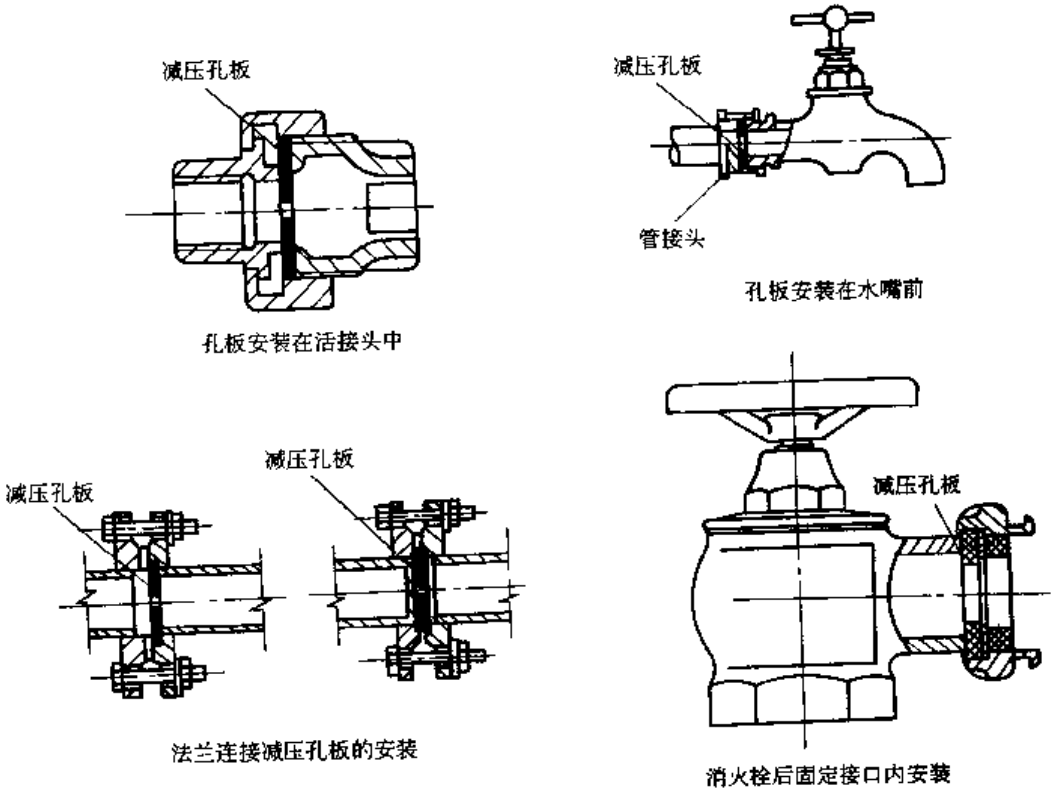


图13-50 减压孔板安装

13.4.3 节 流 管

(1) 采用节流管时，节流管内水的流速不应大于20m/s，长度不宜小于1.0m，其公称直径按表13-44确定。

节流管公称直径(mm)　　表 13-44

管　道	50	65	80	100	125	150	200	250
节流管	40	50	65	80	100	125	150	200
	32	40	50	65	80	100	125	150
	25	32	40	50	65	80	100	125

(2) 节流管如图 13-51 所示，设置在水平管段上，节流管管径可比干管管径缩小 1～3 号规格，节流管两侧大小头局部水头损失，可按表 13-45 的当量长度进行计算。图 13-51 中要求 $L_1=D_1$、$L_3=D_3$。

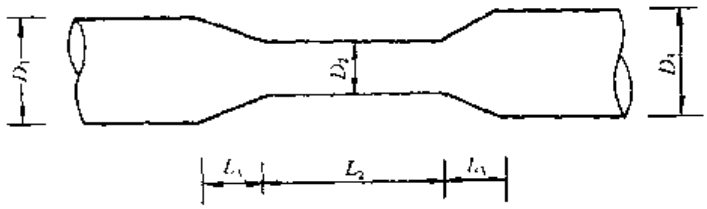


图 13-51　节流管示意

节流管大小头损失当量长度　　表 13-45

$D_1=D_3$ 干管(mm)	50	70	80	100	125	150	200	250
D_2 节流管(mm)	40	50	70	80	100	125	150	200
当量长度(m)	0.6	1.0	1.0	1.3	1.7	1.5	4.5	4.0
D_2 节流管(mm)	32	40	50	70	80	100	125	150
当量长度(m)	2.1	3.5	3.5	5.3	6.0	5.3	15.8	14
D_2 节流量(mm)	25	32	40	50	70	80	100	125
当量长度(m)	5.7	9.5	9.5	12.4	16.2	14.3	42.8	38

13.4.4 节　流　塞

节流塞的作用与减压孔板相同，可用于消除给水龙头前的剩余水头。

(1) 节流塞可用硬塑料(无毒聚乙烯等)铸塑，也可用铜或不锈钢等金属材料制成，给水和热水管道均可使用。利用节流塞调压，具有简单、廉价、便于安装、不占空间等优点。节流塞可直接装在水龙头、浮球阀、管接头等配件处，见图 13-52。

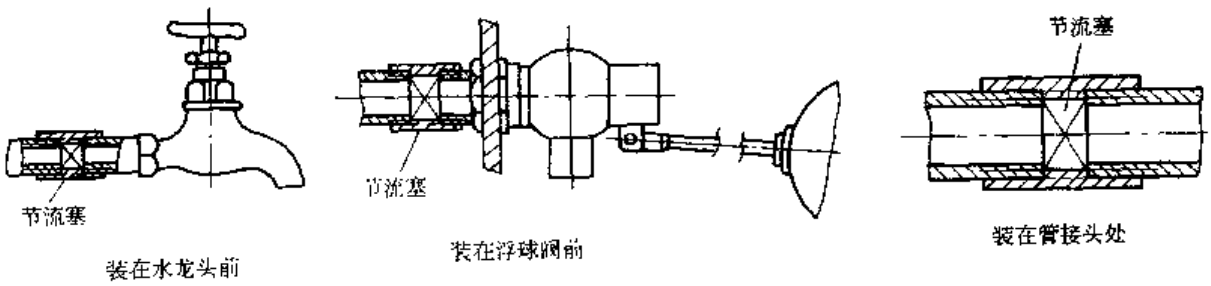


图 13-52　节流塞的安装

(2) 节流塞的孔径可近似，按式(13-24)计算：

$$\phi = 18.41\sqrt[4]{\frac{q^2}{h}} \quad (\text{mm}) \tag{13-24}$$

式中 ϕ——节流塞孔径(mm)；

q——通过流量(L/s)；

h——剩余水头(m)。

各种卫生器具所需节流塞孔径，可从表 13-46 直接查出。实际使用时，可近似取至小数点后一位或取作 0.5 的整倍数。

节流塞孔径(mm) 表 13-46

h	下述流量(L/s)时的孔径(mm)											
(m)	0.05	0.07	0.10	0.14	0.15	0.16	0.20	0.24	0.30	0.32	0.44	0.70
1	4.12	4.87	5.82	6.89	7.13	7.36	8.23	9.02	10.08	10.41	12.21	15.40
2	3.46	4.09	4.89	5.79	5.99	6.18	6.92	7.58	8.47	8.75	10.26	12.94
3	3.12	3.69	4.41	5.22	5.40	5.58	6.23	6.83	7.64	7.89	9.25	11.67
4	2.92	3.45	4.13	4.89	5.06	5.22	5.84	6.40	7.15	7.38	8.66	10.92
5	2.75	3.25	3.88	4.59	4.75	4.91	5.49	6.01	6.72	6.94	8.14	10.27
6	2.62	3.10	3.71	4.39	5.54	4.69	5.24	5.75	6.42	6.63	7.78	9.81
7	2.53	2.99	3.57	4.23	4.37	4.52	5.05	5.53	6.18	6.39	7.49	9.45
8	2.45	2.90	3.46	4.10	4.24	4.38	4.90	5.37	6.00	6.20	7.27	9.17
9	2.38	2.82	3.36	3.98	4.12	4.25	4.76	5.21	5.83	6.02	7.06	8.90
10	2.31	2.74	3.27	3.87	4.01	4.13	4.62	5.07	5.66	5.85	6.86	8.65
11	2.26	2.68	3.20	3.77	3.92	4.04	4.52	4.96	5.54	5.72	6.71	8.46
12	2.22	2.62	3.13	3.70	3.83	3.96	4.42	4.85	5.42	5.60	6.56	8.28
13	2.17	2.56	3.06	3.63	3.75	3.87	4.33	4.75	5.31	5.48	6.43	8.11
14	2.13	2.52	3.02	3.57	3.69	3.81	4.26	4.67	5.22	5.39	6.33	7.98
15	2.09	2.47	2.95	3.50	3.61	3.74	4.18	4.58	5.12	5.28	6.20	7.82
16	2.06	2.44	2.91	3.45	3.57	3.68	4.12	4.51	5.04	5.21	6.11	7.70
17	2.03	2.40	2.87	3.39	3.51	3.63	4.05	4.44	4.97	5.13	6.01	7.59
18	2.00	2.36	2.82	3.34	3.46	3.57	4.00	4.38	4.89	5.05	5.93	7.48
19	1.97	2.33	2.78	3.30	3.41	3.52	3.94	4.32	4.82	4.98	5.84	7.37
20	1.95	2.31	2.76	3.27	3.38	3.49	3.90	4.27	4.78	4.93	5.79	7.30

(3) 节流塞的孔径不宜小于 3.0mm，以免堵塞和产生噪声。在计算值小于 3.0mm 时，可用两个节流塞串联或将节流塞安装在流量较大的管段上。

(4) 节流塞计算式(13-24)是在压力小于 0.2MPa 的情况下试验得到的，在 $h>0.2$MPa 时，是否适用尚需进一步验证。

(5) 节流塞已有定型产品出售，但仅适合于小流量、小管径使用。

13.5 节 流 阀

(1) 用途及特点：节流阀是通过改变通道截面积来节制介质流量和压力的手动阀，主要用于要求压降较大或流量控制不十分严格的场合。

由于节流阀阀瓣形式的特点，其通道截面积和阀的开启度之间存在一定线性关系，如阀前压力不变，则介质流量与阀的开启度成正比关系。而普通截止阀则无此特性。

一般情况下，管道中的介质压力总是处于不断变化之中，故当节流阀的开启度保持不变时，介质流量仍将在一定范围内变化。因此，如阀前无稳压措施，或对流量控制要求严格，则不能采用节流阀调节流量。

由于节流阀的结构特性，其密封性能不如闸阀或截止阀，所以也不得用节流阀代替闸阀或截止阀，对管路起切断作用。

(2) 类型及常用规格型号：节流阀按其结构形式可分为直通式及直角式两种。直通式节流阀的进、出口通道成直线形式，多安装于直线管路中；直角式节流阀的进、出口通道成直角形式，多安装于垂直相交的管路中。常用节流阀的规格、型号，见表 13-47。

常用节流阀的规格　　表 13-47

型　号	公称通径(mm)	适用介质	公称压力(MPa)	适用温度(℃)
L91H-40	15～25	油类、蒸汽、水	4.0	≤425
L21H-40	15～25	油类、蒸汽、水	4.0	≤425
L41H-40	10～50	油类、蒸汽、水	4.0	≤425
L41H-100	10～50	油类、蒸汽、水	10.0	≤425
L21W-40P	6～25	硝 酸 类	4.0	≤100

(3) 安装注意事项：

1) 节流阀可安装在任何方位的管道上，但必须使阀体上的箭头方向与介质流向一致。

2) 节流阀应安装在易于操纵的管段上。

3) 节流阀前后应安装检修阀门。

13.6 自动排气阀

安装在热水采暖、热水供水或其它可能产生气体的有压管路中，用于排除管内积存的气体以减少管内水流阻力，保证系统正常工作。

(1) TDP11(41)F 型复合杠杆浮于式自动排气阀：该阀适用于公称压力 1.6MPa 的冷水、热水、污水等管路系统，以及泵、大型阀门、液压缸、贮液罐、热水锅炉、热交换器等设备上。其技术参数：

1) 不同压力下的排气量，见表 13-48。

TDP11(41)F 型复合杠杆浮子式自动排气阀不同压力下的排气量(m^3/min) 表 13-48

管径(mm) / 工作压力(MPa)	15、20	20、25	25、32	32、40	40、50	50、65	65、80	80、100
0.1	0.03	0.12	0.30	0.53	0.84	1.19	1.63	2.13
0.2	0.04	0.18	0.42	0.78	1.26	1.78	2.43	3.17
0.3	0.06	0.24	0.60	1.08	1.60	2.38	3.24	4.24
0.4	0.08	0.33	0.78	1.20	2.10	2.98	4.06	5.30
0.5	0.10	0.40	0.90	1.62	2.52	3.58	4.87	6.36
0.6	0.11	0.47	1.08	1.86	2.94	4.17	5.69	7.43
0.8	0.14	0.51	1.32	2.34	3.60	5.17	7.05	9.20
1.0	0.18	0.72	1.62	2.88	4.44	6.37	8.68	11.33
1.6	0.25	1.02	2.29	4.08	6.42	9.17	12.50	17.36

2) 主要性能：

① 最高工作温度：160℃。

② 适用介质：水、空气等。

③ 该产品生产单位有北京天达京丰技术开发有限公司。

(2) ZP88-1 型自动排气阀：是全铜微型立式自动排气阀。其规格及技术特性如下：

1) 规格：15、20、25mm。

2) 工作压力：0.8MPa。

3) 工作温度：110℃。

4) 工作介质：水。

5) 该产品生产单位有上海精嘉阀门制造有限公司。

(3) ARSX(H)自动排气阀：其主要部件包括浮球、杠杆、杠架、阀座均为不锈钢。ARSX 为标准型适用于冷水(冷水温度小于 60℃)，ARSH 为热水型(热水温度为 60～100℃)。其规格及技术参数如下：

1) 规格：15、20、25mm。

2) 工作温度：标准型：≤60℃。

热水型：60℃～100℃。

3) 工作介质：水。

4) 该产品生产单位有上海精嘉阀门制造有限公司。

(4) 安装注意事项：

1) 应安装在管网的最高处，以利于管内气体的汇集和排除。

2) 阀体应垂直安装，不得倾斜、横置。

3) 排气阀前应设检修阀门，以便于维护检修。

13.7 液压水位控制阀

液压水位控制阀是一种改进了的浮球阀，可用于各种类型贮水箱(水池)作控制水位之用。

(1) H142X-4T-A / H142X-10-A型液压水位控制阀：

1) 外形结构见图 13-53。

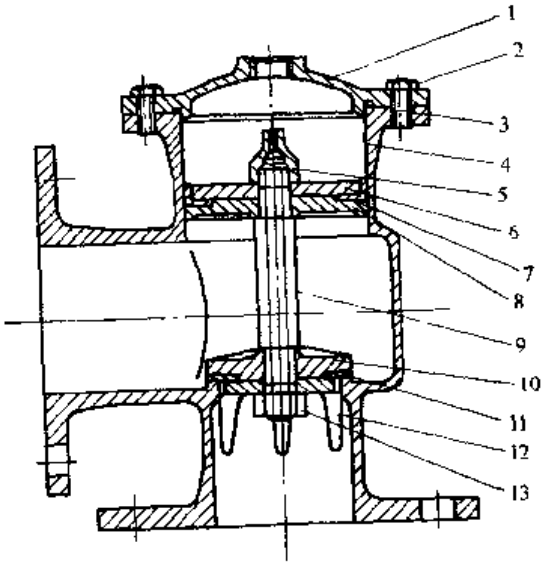


图 13-53　H142X-4T-A / H142X-10-A型液压水位控制阀外形结构

1—阀盖；2—螺栓；3—O 型密封圈；4—阀体；5—螺母；6—压盖 1；7—密封圈；8—压盖 2；9—活塞杆；10—阀瓣；11—密封垫；12—导向压盖；13—螺母

2) 技术参数见表 13-49。

H142X-4T-A / H142X-10-A型液压水位控制阀技术参数　　表 13-49

型　号	规格 DN (mm)	使用介质	工作压力 (MPa)	介质温度 (℃)	阀体材料
H142X-4T-A	80、100	洁 净 水	0.05～0.4	≤80	铸　铜
H142X-4-A	150、200、250	洁 净 水	0.05～0.4	≤80	铸　铁
H142-10-A	80、100、300	洁 净 水	0.05～1.0	≤80	铸　铁

注：该产品生产单位有上海高桥水暖设备有限公司。

3) 安装方式及注意事项：

① 安装示意见图 13-54。将该阀垂直固定在进水管上，然后将控制管、截止阀和浮球阀连接旋紧在该阀上。

② 主进水管应与该阀公称通径相适应。

③ 出水管口应低于浮球阀。

④ 为便于检修，应在该阀前安装同口径阀门。

⑤ 如果同一水池安装一只以上液压阀，液压阀和浮球阀应保持在同一水平面上。

⑥ 浮球阀安装应距进水管口 1m 以外。

⑦ 应在水箱内进水管上(高于水位线处)钻一小孔(φ5～φ10)，以防虹吸回水。

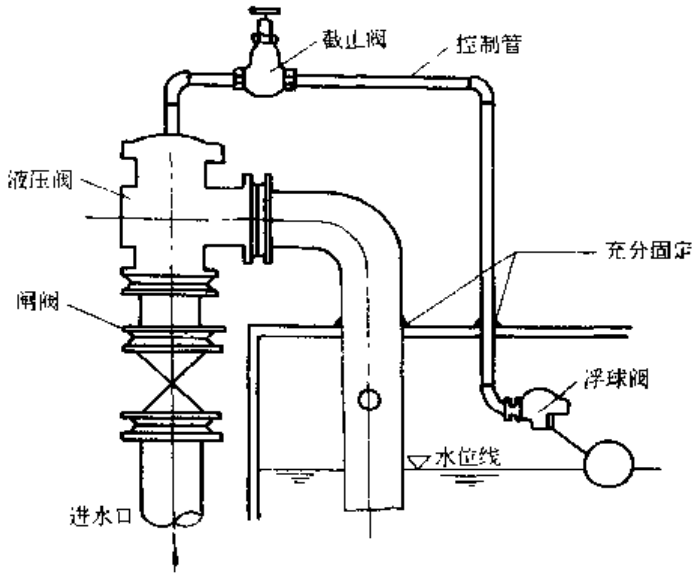


图 13-54 $\frac{\text{H142X-4T-A}}{\text{H142X-10-A}}$型液压水位控制阀安装示意

⑧ 运行时截止阀应全开。

(2) H142X-$\frac{10T}{10P}$-B 薄膜式液压水位控制阀

1) 外形结构见图 13-55。

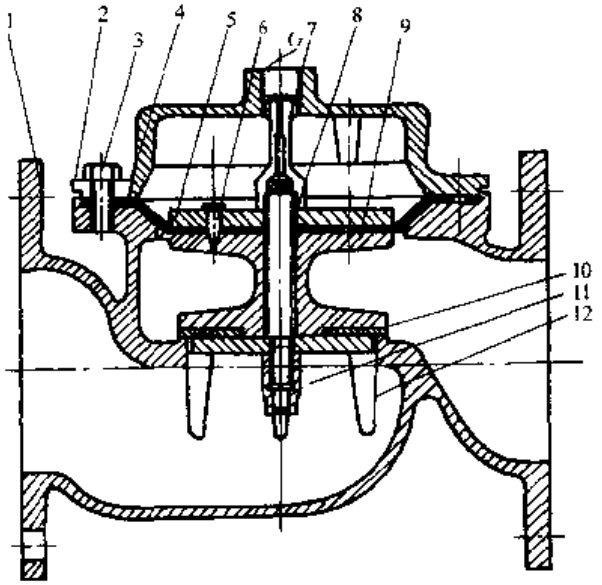


图 13-55 H142X-$\frac{10T}{10P}$-B 型薄膜式液压水位控制阀外形结构

1—阀体;2—阀盖;3—螺栓;4—膜片;5—上压盖;6—螺栓;7—节流螺母;8—阀杆;9—阀瓣;10—阀瓣垫;11—过滤器;12—导向压盖

2) 规格及技术参数：

① 规格：

ⅰ. H142X-10T-B 型：*DN*80、*DN*100。

ⅱ. H142X-10P-B 型：*DN*150。

② 使用介质：洁净水。

③ 使用压力：0.05MPa～1.0MPa。

④ 介质温度：≤60℃。

⑤ 该产品生产单位有上海高桥水暖设备有限公司。

3) 安装方式及注意事项：

① 安装方式示意见图 13-56。将阀水平固定在进水管上，然后将控制管、截止阀和浮球阀连接旋紧在本阀上。

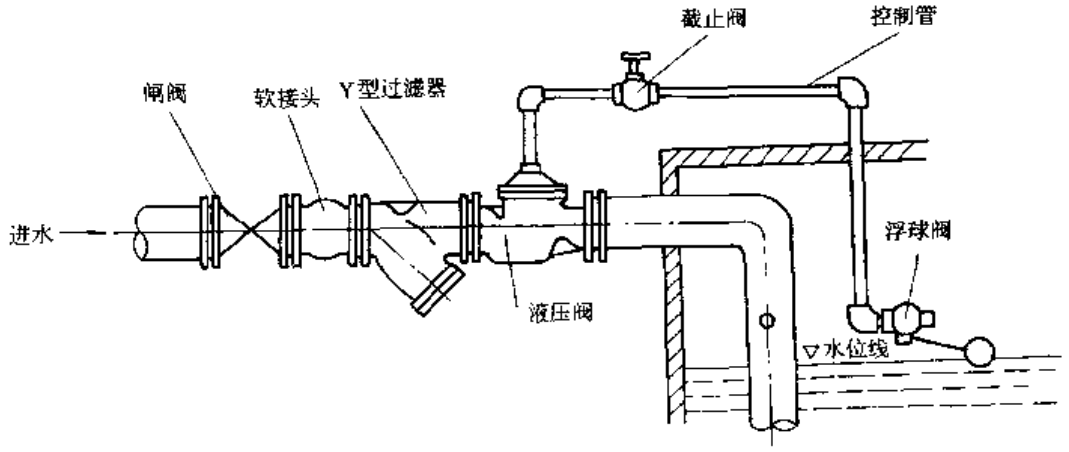


图 13-56　H142X-$\frac{10T}{10P}$-B 型薄膜式液压水位控制阀安装方式示意

② 其它注意事项见第 13.7 节(1)中第 3)点所述。

(3) H$\frac{712X}{742X}$-5T 液压水位控制阀：

1) 技术参数：

① 规格：

ⅰ. H712X-5T：*DN*40、*DN*50，螺纹连接。

ⅱ. H742X-5T：*DN*80、*DN*100，法兰连接。

② 使用介质：洁净水。

③ 使用压力：0.02～0.5MPa。

④ 介质温度：≤60℃。

2) 安装形式及注意事项：

① 安装方式示意见图 13-57。将进水管固定在水平面上，然后将该阀按其规格要求分别用法兰或螺纹连接于进水管上。

② 主进水管应与该阀公称通径相适应，且阀前进水流速不应大于 2m/s。

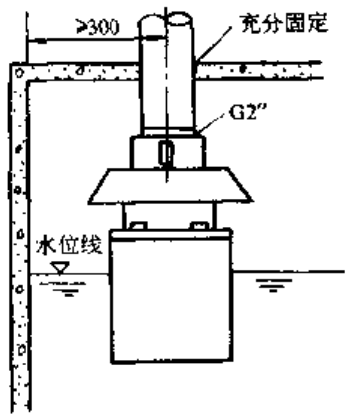


图 13-57　安装方式示意

③ 为便于维修,应在控制阀前安装同口径阀门。

④ 如果同一水池安装一只以上阀,应保持该阀在同一水平面上。

(4) F745X-1.0 型水力(遥控)浮球阀:

1) 外形结构示意见图 13-58。

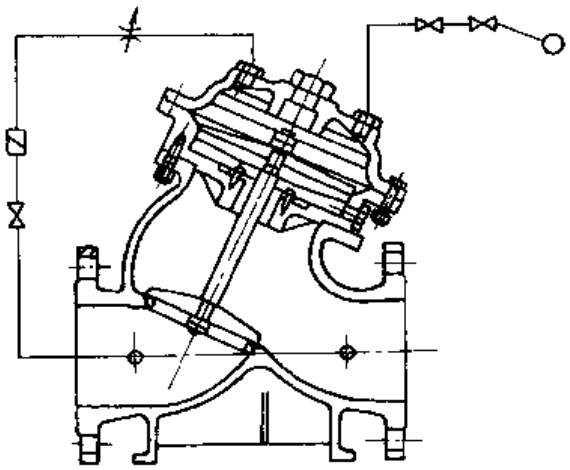


图 13-58 F745X-1.0 型水力(遥控)浮球阀外形结构示意

2) 技术参数:

① 工作压力:0.07～1.0MPa。

② 适用介质:水、油。

③ 适用温度:0～80℃。

④ 公称通径:*DN*50～800。

⑤ 该产品生产单位有湖南株洲南方阀门制造有限公司。

3) 安装示意见图 13-59。

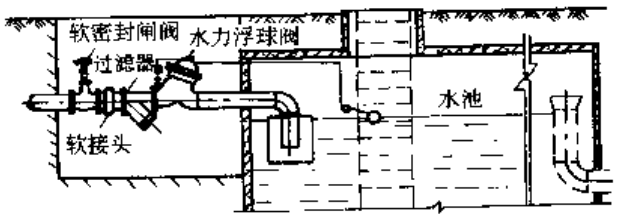


图 13-59 F745X-1.0 型水力(遥控)浮球阀安装示意

13.8 止回阀、水力控制阀及柱塞阀

13.8.1 止 回 阀

止回阀用于供水系统中防止管路中的介质逆向流动的一种自力阀门,它应用在不允许介质倒流的管路上。

(1) H41X-16T、16、25P 消声止回阀：

1) 外形结构见图 13-60。

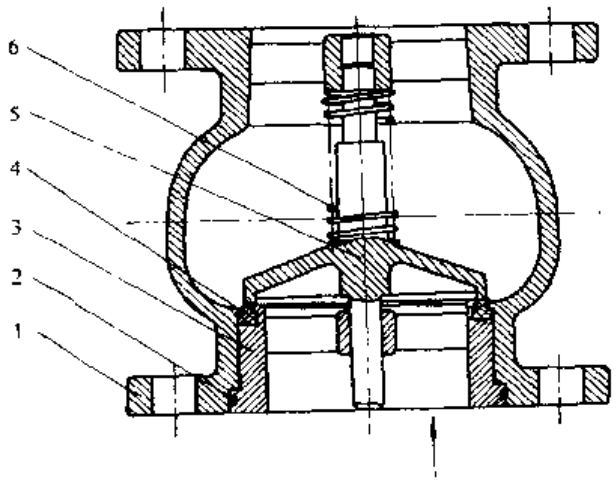


图 13-60　H41X-16T、16、25P 型消声止回阀外形结构

1—阀盖；2—O 型密封圈；3—阀盖；4—密封圈；5—弹簧；6—阀瓣

2) 规格及技术参数：

① 规格：

ⅰ. H41X-16T型：*DN*50、*DN*65、*DN*80、*DN*100、*DN*125、*DN*150(阀体材料：铸铜)。

ⅱ. H41X-16 型：*DN*200、*DN*250、*DN*300、*DN*350(阀体材料：铁壳铜芯)。

ⅲ. H41X-25P 型：*DN*100、*DN*150、*DN*200(阀体材料：不锈钢)。

② 适用介质：洁净水。

③ 公称压力：

ⅰ. H11(41)X-16(16T)型：1.6MPa。

ⅱ. H41X-25P 型：2.5MPa。

④ 适用温度：≤80℃。

⑤ 该产品生产单位有上海高桥水暖设备有限公司。

3) 安装使用注意事项：

① 该阀可以水平或垂直安装，以垂直安装为宜。

② 安装前管道应彻底冲洗。

(2) H7h46X-10 型缓闭式液动止回阀：

1) 外形结构见图 13-61。

2) 规格及技术参数：

① 规格：*DN*250、*DN*300、*DN*350、*DN*400、*DN*500。

② 适用介质：洁净水。

③ 公称压力：1.0MPa。

④ 工作温度：≤65℃。

⑤ 该产品生产单位有湖北洪城通用机械股份有限公司(原湖北沙市阀门总厂)。

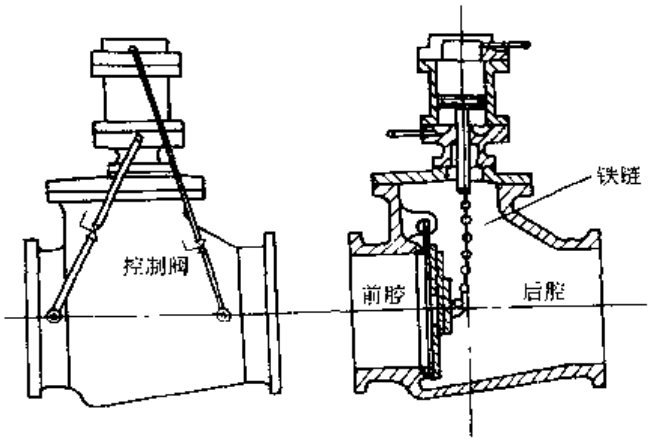


图 13-61 H7h46X-10 型缓闭式液动止回阀外形结构示意

(3) HH41X-1.6 型缓闭消声止回阀:

1) 外形结构见图 13-62。

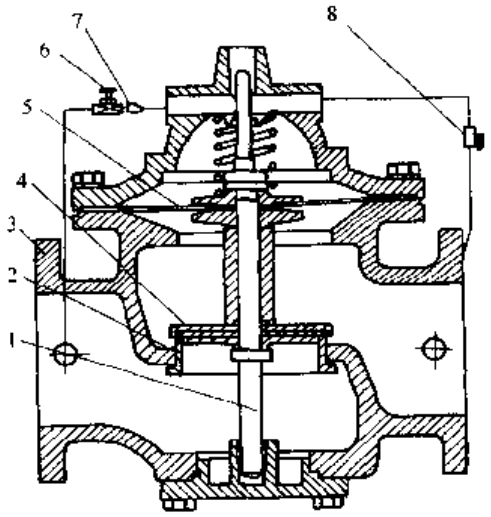


图 13-62 HH41X-1.6 型缓闭式消声止回阀外形结构

1—阀芯;2—阀座;3—阀体;4—阀瓣;5—膜片;
6—针阀;7—止回阀;8—控制阀

2) 型号规格:

① *DN*50、*DN*65、*DN*80、*DN*100、*DN*125、*DN*150、*DN*200、*DN*250。

② 该产品生产单位有北京融洋技术研究所河北泊头普惠机电设备厂。

3) 技术特性:

① 工作压力:1.6MPa;

② 适用介质:冷水、热水;

③ 适用温度:0~80℃。;

④ 联接方式:法兰。

(4) HM11X-1.0、HM41X-1.6 型弹性膜消声止回阀：

1) 外形结构见 13-63。

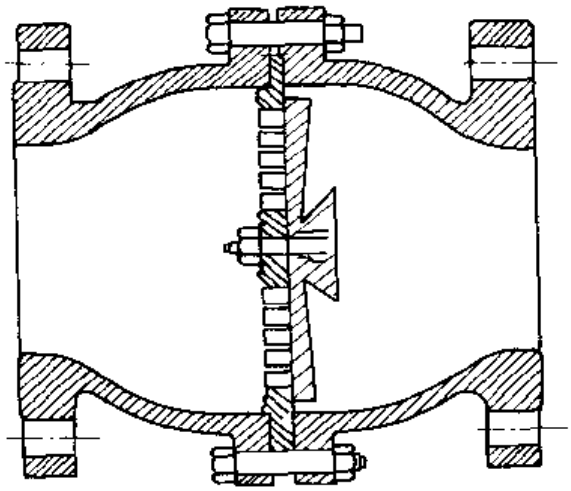


图 13-63　HM11X-1.0、HM41X-1.6 型弹性膜消声止回阀外形结构

2) 型号规格及技术性能见表 13-50。

HM11X-1.0、HM41X-1.6 型弹性膜消声止回阀型号规格及技术性能　　**表 13-50**

型　号	规　格 DN(mm)	工作压力 (MPa)	联接形式	适用温度 (℃)	使用范围
HM11X-1.0	40	1.0MPa	内螺纹	0~80	高层、多层、超高层建筑
	50				
HM41X-1.6	65	1.6	法　兰		
	80				
	100				
	125				
	150				
	200				

注：该产品生产单位有北京融洋技术研究所河北泊头普惠机电设备厂。

(5) HQ11X-1.0、HQ41X-1.6 型球型止回阀：

1) 特点和用途：

该阀阀体采用全通道结构，具有流量大、阻力小之优点。采用圆球做阀瓣。适用于高粘度、有悬浮物的工业及生活污水管网中。

2) 外形结构见图 13-64。

3) 型号规格及技术性能见表 13-51。

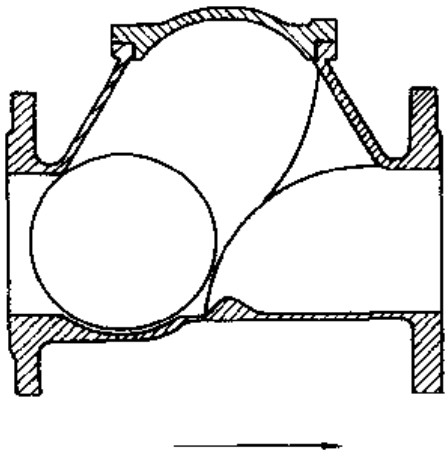


图 13-64 HQ11X-1.0、HQ41X-1.6 型
球型止回阀外形结构

HQ11X-1.0、HQ41X-1.6 型球型止回阀型号规格及技术性能 **表 13-51**

型 号	规格 DN (mm)	重 量 (kg)	工作压力 (MPa)	连接方式	适用温度 (℃)	适用介质	使用范围
HQ11X-1.0	50	4	1.0	内螺纹	0～80	冷水、热水、污水等高粘度、有悬浮物	给水处理、污水处理、化学工业的液体
HQ41X-1.6	65	13.8	1.6	法 兰			
	80	18					
	100	25					
	125	35.5					
	150	51					
	200	86					
	300	218					

注：该产品生产单位有北京融洋技术研究所河北泊头普惠机电设备厂。

(6) HT 系列止回阀：

1) 外形结构见图 13-65。

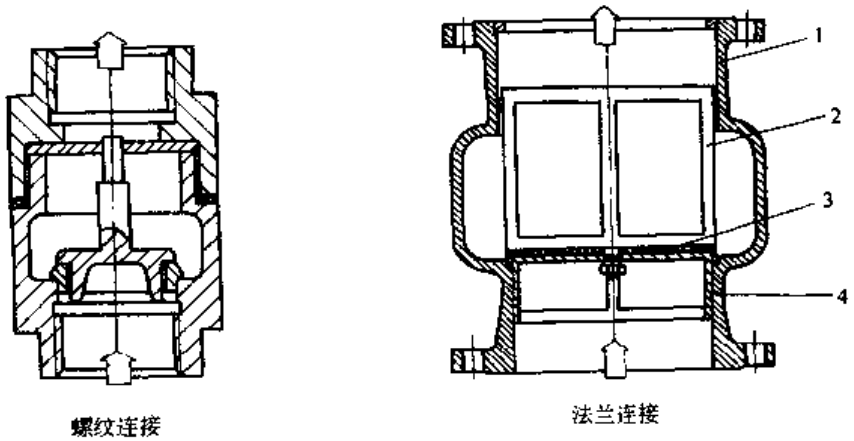


图 13-65 HT 系列止回阀外形结构
1—阀体；2—止回阀芯；3—密封垫；4—导向阀芯

2) 型号规格见表 13-52。

HT 系列止回阀型号规格　　表 13-52

型　号	适用温度(℃)	公称通径(mm)															
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
HT110	≤70	●	●	●	●												
HT410						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
HT416						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
HT425						▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
HT110-R	≤150	▲	▲	▲	▲												
HT410-R						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
HT416-R						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
HT425-R						▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

注：1. ●表示已有规格；▲表示预订规格。

2. 该产品生产单位有北京海淀普惠机电技术开发公司。

3) 技术特性见表 13-53。

HT 系列止回阀技术特性　　表 13-53

工作压力(MPa)	1.0	1.6	2.5
强度试验(MPa)	1.5	2.4	3.8
垂直向上最小开启压力(MPa)	<0.02		
工作温度(℃)	≤70 ≤150	≤70 ≤150	≤70 ≤150
用　途	工业、生活给水，采暖、空调水及消防水系统		

注：表中最小开启压力值不含系统中止回阀后端水柱压力。

(7) HC41X-1.0、HC41X-1.6 型节能梭式止回阀：

1) 适用范围：是利用压差梭动原理研制的新型止回阀。水平、垂直安装均可。尤以垂直安装效果最佳。水平安装时，阀前压力必须大于阀后压力 0.05MPa。

2) 外形结构见图 13-66。

3) 型号规格及技术特性见表 13-54。

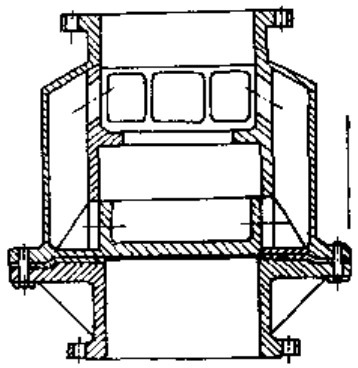


图 13-66　HC41X-$\frac{1.0}{1.6}$型节能梭式止回阀外形结构

$HC41X-\frac{1.0}{1.6}$型节能梭式止回阀性能规格 表 13-54

型号	规格 DN(mm)	工作压力 (MPa)	连接方式	适用温度 (℃)	适用介质	使用范围
HC41X-1.0	32	1.0	法兰	0~80	冷水、热水	不大于60m的高层建筑
	40					
	50					
HC41X-1.6	65	1.6				
	80					
	100					
	125					
	150					
	200					
	250					
	300					
	350					
	400					

注：该产品生产单位有北京融洋技术研究所河北泊头普惠机电设备厂。

13.8.2 水力控制阀

水力控制阀一般分为隔膜型和活塞型两大类。*DN*300mm 以下者，采用隔膜型；*DN*＞350mm 以上者，采用活塞型。两者动作原理相似。其外形结构见图 13-67。

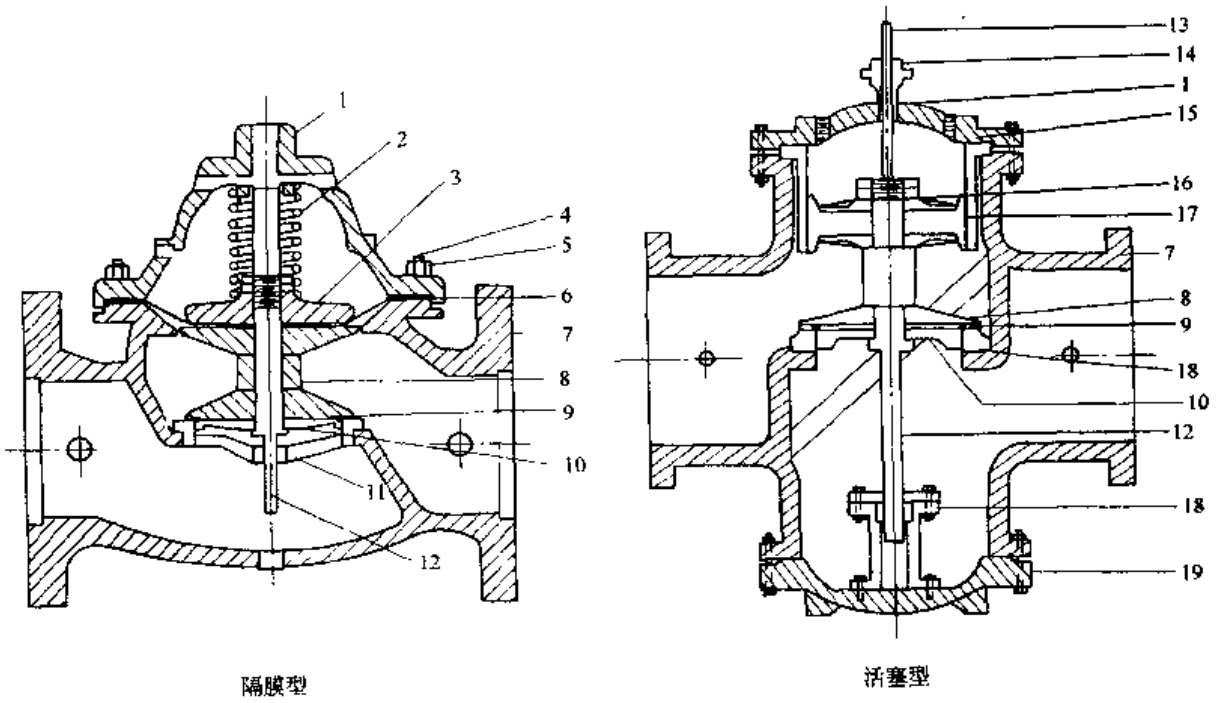


图 13-67 水力控制阀外形结构

1—阀盖；2—弹簧；3—膜片压板；4—螺栓；5—螺母；6—膜片；7—阀体；8—阀盘；9—O 型圈；10—O 型圈压板；11—阀座；12—轴；13—指示杆；14—填料盒；15—气缸；16—皮碗压板；17—皮碗；18—轴座；19—底盖

水力控制阀是由一只主阀及其外装的针形阀、先导阀等组合而成。根据使用目的、功能要求及使用场所可用作浮球控制阀、高度阀、减压阀、缓闭式止回阀、流量控制阀、泄压阀、水力、电动控制阀及泵控制阀。

(1) 动作原理见图 13-68。

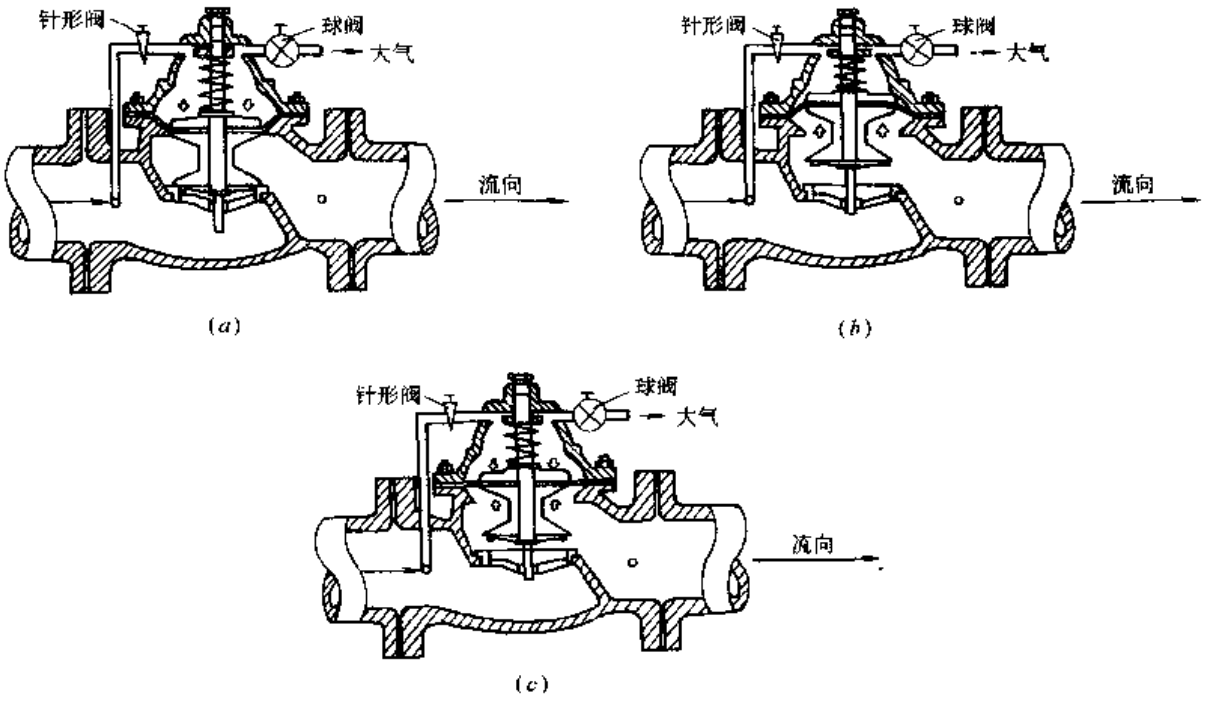


图 13-68　水力控制阀动作原理

(a)全闭状态：当主阀进口端水压分别进入阀体及控制室，且主阀外部之球阀关闭，此时主阀处于全闭状态；

(b)全开状态：当主阀外部之球阀全开后，此时控制室内水压全部释放到大气中，所以主阀呈现全开状态；

(c)浮动状态：调节主阀外部之球阀开度，使流经针阀与球阀之水流达到平衡，此时主阀处于浮动状态

(2) 各类水力控制阀(生产单位有上海精嘉阀门制造有限公司)的主要用途及特征：

1) 浮球控制阀：

① 用途：该阀适用于控制水塔或水池的水位，水位不受水压干扰，关闭紧密不漏水。

② 主要特性：

ⅰ. 工作压力：1.0MPa、1.6MPa；

ⅱ. 规格：

(ⅰ) 隔膜式：*DN*50～*DN*300，

(ⅱ) 活塞式：*DN*350～*DN*750。

2) 高度阀：

① 动作：当水位达到所设定的水位高度时，主阀会自动关闭。当管内压力比水塔或水槽的水头压力低时，主阀会自动开启使水倒流进入配水系统。

② 主要特性：同浮球控制阀。

3) 减压阀：

① 特点：控制主阀的固定出口压力，不因主阀上游进口压力变化而改变，也不因主阀下游用水量变化而改变其出口压力。

② 主要特性：同浮球控制阀。

4）缓闭式止回阀：

① 特点：当突然关闭或突然停电时，可先行快速关闭主阀至90%，再缓慢关闭最后10%，可避免水锤发生。

② 规格性能：同浮球控制阀。

5）流量控制阀：

① 特点：该阀安装于输配水管路中，可预先设定其先导阀于某一固定流量，使其主阀上游的压力变化而不会影响下游流量。

② 规格性能：同浮球控制阀。

6）泄压、持压阀：

① 特点：泄压阀可将管中超过先导阀安全设定值的压力释放，并维持管中压力在一安全设定值以下，以防止管中高压毁损管线或设备。持压阀可维持主阀上游供水压力于某一设定值以上，以保障主阀上游供水区的压力。

② 规格性能：同浮球控制阀。

7）水力电动控制阀：

① 特点：该阀可作为遥控开启或关闭之功能，同时可加装开、关速度调控装置。

② 规格性能：同浮球控制阀。

8）泵控制阀：如 J_D745X 型水泵控制阀：

① 特点：该阀装于泵出水口，除具有一般止回阀功能外，当泵起动时能缓慢开启，避免突压产生毁损管线或设备；当泵停止时，可先行快速关闭至90%，其余10%则缓慢关闭，防止水锤产生。

② 外形结构见图13-69。

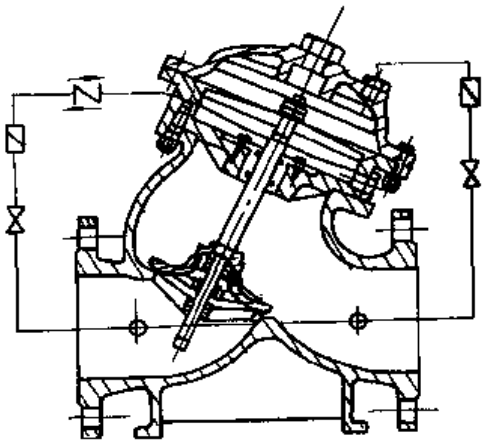


图13-69 J_D745X 型水泵控制阀外形结构

③ 技术性能：

ⅰ. 公称压力：1.0、1.6、2.5MPa。

ⅱ. 最低动作压力：0.07MPa。

ⅲ. 适用介质：原水、清水、油品。

ⅳ. 适用温度：0～80℃。

ⅴ. 缓闭时间：3～120s(可调节)。

ⅵ. 公称通径：*DN*50～*DN*800。

ⅶ. 该阀生产单位有湖南株洲南方阀门制造有限公司、上海精嘉阀门制造有限公司。

④ 安装示意见图13-70。

13.8.3 柱 塞 阀

(1) 特点、用途：该阀结构简单、操作灵活、密封性比闸阀、截止阀均好。适用于水、蒸汽、油、空气、煤气系统，既可作切断阀，又可作调节阀。

(2) 外形结构示意见图13-71。

(3) 规格及技术参数：

1）规格：*DN*15～300。

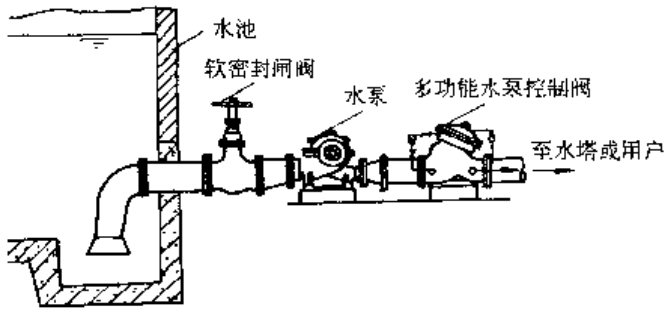


图 13-70　J_D745X 型水泵控制阀安装示意

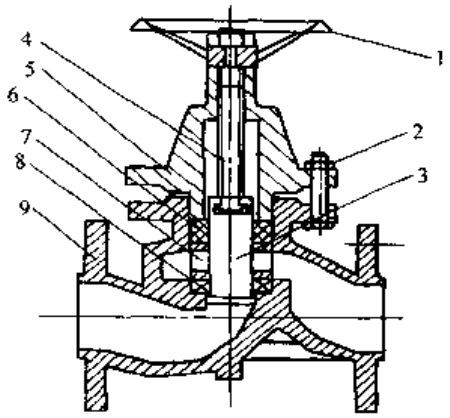


图 13-71　柱塞闭外形结构示意

1—手轮；2—螺栓；3—柱塞；4—阀杆；5—阀盖；6—上阀环；7—隔框；8—下阀环；9—阀体

2）技术参数：

① 工作压力：1.6、2.5、4.0MPa。

② 最高工作温度：200、250℃。

3）该阀生产单位有北京天达京丰技术开发有限公司、上海精嘉阀门制造有限公司。

13.9　凝结水疏水装置

13.9.1　水　封　管

（1）适用范围：当蒸汽压力≤0.05MPa(表压)且压力波动范围较小时，应尽量采用水封管疏水。

（2）选用：

1）水封管管径可根据通过最大凝结水量时，流速为 0.2～0.5m/s 的条件进行计算。

2）水封高度，按式(13-25)计算：

$$H = 100(P_1 - P_2)\beta \quad (\text{m}) \tag{13-25}$$

式中　H——水封高度(m)；

β——安全系数，一般为 1.1；

P_1——水封连接点处的蒸汽压力(MPa)(表压力)；

P_2——凝结水管内压力(MPa)(表压 MPa，表压)。

3）水封分为单行式与多行式，见图 13-72。多行式水封高度 h 按式(13-26)计算：

$$h = \frac{H}{n} \tag{13-26}$$

式中　n——行数。

实际使用的 h 值应乘以修正系数 1.2～1.3。

4）与水封管连接的凝结水管，一般应低于用汽设备或蒸汽管道底部 150～200mm。

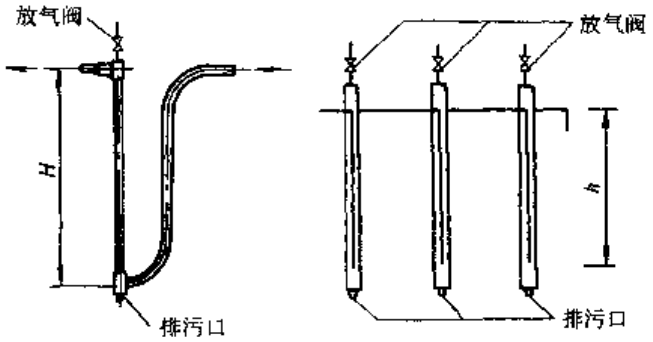


图 13-72 水封管

13.9.2 疏 水 器

(1) 适用范围及优缺点：常用疏水器适用范围及优缺点，见表 13-55。

常用疏水器 表 13-55

类 型	适用范围	优缺点
热动力式	适用于公称压力 $PN\leqslant1.6$MPa，工作温度 $t\leqslant200$℃ 的蒸汽管路及设备	体积小，重量轻，结构简单，使用寿命长，维护检修简便，能连续排水，能自动排出空气及随蒸汽带入的渣滓，排水量大，排空气量大，漏汽量少，凝结水量少或疏水器前后压差过低时(<0.04MPa)会产生连续漏汽现象，阀板易磨损
钟形浮子式	适用于公称压力 $PN\leqslant1.6$MPa，工作温度 $t\leqslant200$℃ 的水和蒸汽管路上	易调节 活动部件较多，易磨损失灵，间断排水
脉冲式	适用于公称压力 $PN\leqslant2.5$MPa，工作温度 $t\leqslant225$℃ 的蒸汽管路和设备	体积小，重量轻，结构紧凑，连接脉冲排水，排水量大 对蒸汽质量要求较高，阀瓣孔眼易堵；运行中有极少量蒸汽通过蒸汽孔眼漏泄
双金属型	适用于公称压力 $PN\leqslant2.8$MPa，工作温度 $t\leqslant454$℃ 的蒸汽管路	高效，节能，适应压力范围广泛，可兼有止回阀和排气阀作用，安装方位不受限制
浮筒式	适用于公称压力 $PN\leqslant0.6$MPa，工作温度 $t\leqslant200$℃ 的蒸汽管路	动作稳定，不易被卡住，阀孔易磨损，选用不当易造成运行失灵，间断排水
浮球式	适用于公称压力 $PN\leqslant0.2$MPa，工作温度 $t\leqslant170$℃ 的蒸汽管路	易调节 因活动部件磨损，卡住或浮球漏水不能上浮而失灵，间断排水

(2) 选用：疏水器的选择不能单纯按最大排水量，也不能只根据管径大小来套用疏水器的规格，而应根据以下原则并结合用户具体情况来选用：

1）疏水器前后压差：前后压差按式(13-27)计算：

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (\text{MPa}) \tag{13-27}$$

式中　ΔP——疏水器前后压力差(MPa)，靠疏水器余压流动的凝结水管，不论何种类型的疏水器，其值不小于0.05MPa；

P_1——疏水器前的压力(MPa)；

凝结水由用汽设备排出时，$P_1 = 0.95P$；蒸汽管道排水时，$P_1 = P$；

P——进入用汽设备及管道中的蒸汽压力(MPa)；

P_2——疏水器后的压力(MPa)。

采用式(13-27)应注意几点：

① P_1 不是系统的压力，也不是锅炉的压力，而是疏水器进口的压力，见图13-73。在确定 P_1 值时，必须注意系统内的压力是否变动，如有突变现象，P_1 值应取可能出现的最高压力，并应根据进、出口最大压差进行选择。

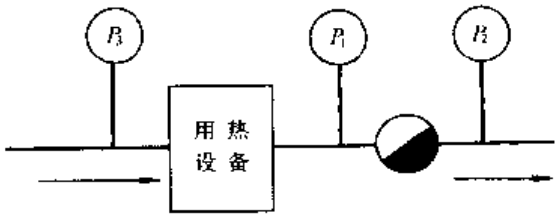


图13-73

P_1—指疏水器的进口压力(MPa)；

P_2—指疏水器的出口压力(MPa)；

P_3—指用热设备前的压力(MPa)

② 疏水器出口压力 P_2：

ⅰ．从疏水器出来的凝结水，如果直接排入大气，则疏水器的进、出口最大压差就等于疏水器的进口压力。

ⅱ．从疏水器出来的凝结水，如果排入回水系统，则 P_2 值应根据回水系统内的回水压力来确定。

2）疏水器的排水量：疏水器的排水量，应按产品样本选定，当缺乏这些数据时，可按(13-28)计算：

$$G = Ad^2\sqrt{10(P_1 - P_2)} \quad (\text{kg/h}) \tag{13-28}$$

式中　G——饱和凝结水的连续排水量(kg/h)；

d——疏水器的阀孔直径(mm)；

P_1——疏水器前的蒸汽压力(MPa)；

P_2——疏水器后的凝结水压力(MPa)；

A——排水系数，见表13-56。

排水系数 A 值 表 13-56

d (mm)	P_1-P_2(MPa)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
2.6	25	24	23	22	21	20.5	20.5	20	20	19.8
3	25	23.7	22.5	21	21	20.4	20	20	20	19.5
4	23.8	23.5	21.6	20.6	19.6	18.7	17.8	17.2	16.7	16
4.5	24.2	21.3	19.9	18.9	18.3	17.7	17.3	16.9	16.6	16
5	23	21	19.4	18.5	18	17.3	16.8	16.3	16	15.5
6	20.8	20.4	18.8	17.9	17.4	16.7	16	15.5	14.9	14.3
7	19.4	18	16.7	15.9	15.2	14.8	14.2	13.8	13.5	13.5
8	18	16.4	15.5	14.5	13.8	13.2	12.6	11.7	11.9	11.5
9	16	15.3	14.2	13.6	12.9	12.5	11.9	11.5	11.1	10.6
10	14.9	13.9	13.2	12.5	12	11.4	10.9	10.4	10	10
11	13.6	12.6	11.8	11.3	10.9	10.6	10.4	10.2	10	9.7

3) 疏水器排水量的修正系数：选择疏水器型号时，必须使其连接排水量大于设计排水量的 K 倍，以适应用热设备启动负荷增大、压力降低及考虑安全因素等要求，K 值的选择见表 13-57。

疏水器选用倍率 K 值 表 13-57

供热系统	使用状况	K
采暖	$P\geqslant 0.1$MPa	≥2~3
	$P<0.1$MPa	≥4
淋浴	用于单个淋浴器的热交换器	≥2
	用于多个淋浴器的热交换器	≥4
生产	一般热交换器	≥3
	大容量、间歇工作，需速热设备	≥4

(3) TDS 型疏水器：

1) 型号规格、特性：TDS 型疏水器型号规格及在不同压差下的最大连续排水量，见表 13-58。

TDS 型疏水器型号规格及不同压差(MPa)下的最大连续排水量(kg/h) 表 13-58

型号	公称直径	压差(MPa)									
		0.05	0.15	0.25	0.40	0.60	0.80	1.00	1.60	2.50	4.00
TDS11H-16A	8、10、15	45 30	75 50	100 70	125 85	155 105	180 125	140	175		
TDS41(11)H-16B	15、20	90	160	210	265	325	375				
TDS41H-16B-C		55	95	125	155	190	220	250	315		
TDS41H-25B		45	75	100	125	155	180	200	255	320	

续表

型　号	公称直径	压差(MPa)									
		0.05	0.15	0.25	0.40	0.60	0.80	1.00	1.60	2.50	4.00
TDS41(11)H-16C	15、20、25	430	750	960	1200	1500					
TDS41H-16C-C		210	360	470	600	760	870	1000	1200		
TDS41H-25C		150	270	340	440	540	620	690	800	1100	
TDS41H-40C		100	180	240	300	370	430	480	600	760	960
TDS41(11)H-16D	25、32、40、50	600	1040	1350	1700	2080	2400				
TDS41H-16D-C		300	540	690	880	1080	1240	1390	1760		
TDS41H-25D		230	400	530	660	820	940	1060	1340	1670	
TDS41H-40D		140	240	320	400	490	570	640	810	1000	1280
TDS41(11)H-16E	25、32、40、50	1400	2400	3100	3700	4800					
TDS41H-16E-C		740	1260	1600	2000	2500	2900	3200	4100		
TDS41H-25E		520	920	1100	1400	1800	2100	2300	3000	3700	
TDS41H-40E		350	600	780	990	1200	1400	1570	1980	2480	3100
TDS41(11)H-16F	25、32、40、50	1580	2700	3500	4500	5600	6300				
TDS41H-16F-C		890	1500	2000	2500	3100	3500	3900	5000		
TDS41H-25F		620	1100	1400	1700	2100	2500	2800	3500	4400	
TDS41H-40F		430	750	980	1200	1500	1700	1900	2400	3100	3900
TDS41H-16G	50、65、80 100	4400	7600	9900	12500	15300					
TDS41H-16G C		2400	4300	5500	7000	8600	9900	11100	14100		
TDS41H-25G		1700	3000	3800	4900	6000	6900	7700	9800	12200	
TDS41H-40G		1400	2400	3100	3900	4800	5600	6200	7900	9900	12500

注：1. 1.6MPa 压力等级中，带后缀"－C"者为铸钢壳体、无者为铸铁壳体。2.5MPa 和 4.0MPa 等级只能用铸钢壳体，因此省略后缀"－C"。

2. 同一压力等级各零件耐压能力相同，但可根据安装点的实际压力配直径不同的阀座，以充分发挥排水能力的潜能。本表把 1.6MPa 等级分成二档：0.8MPa 和 1.6MPa。实际工作压力不大于 0.8MPa 时，二者都可选用；大于 0.8MPa 时，只能用 1.6MPa 等级。订货时应予以说明。

3. 选用倍率，取 2～3。表中排量应为正常排量的 2～3 倍。

4. 该产品生产单位有北京天达京丰技术开发有限公司、上海精嘉阀门制造有限公司。

2）外形结构见图 13-74。

(4) 安装注意事项：

1）疏水器的安装位置应便于检修，并尽量靠近用汽设备，安装高度应低于设备或蒸汽管道底部 150mm 以上，以便凝结水排出。

2）浮筒式或钟形浮子式疏水器应水平安装。

3）用汽设备宜各自单独安装疏水器，以保证系统正常工作。

4）疏水器一般不装设旁通管，但对于特别重要的加热设备，如不允许短时间中断排除凝结水或生产上要求速热时，可考虑装设旁通管。旁通管应在疏水器上方或同一平面上安装，避免在疏水器下方安装。

5）当采用余压回水系统、回水管高于疏水器时，应在疏水器后装设止回阀。

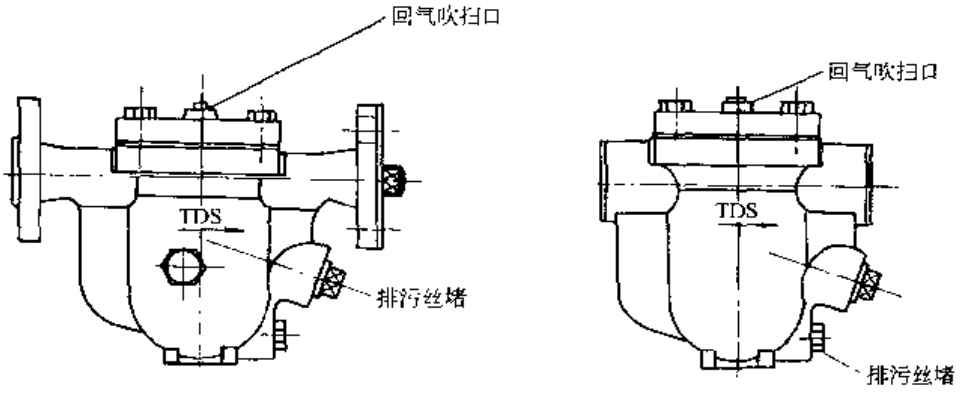


图 13-74 TDS 型疏水器外形结构

6) 当疏水器距用汽设备较远时，宜在疏水器与用汽设备之间安装回汽支管，见图 13-75。

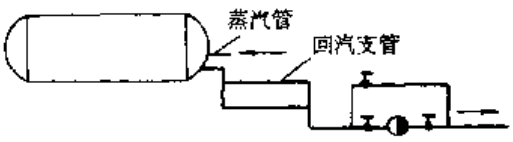


图 13-75 回汽支管的安装

7) 当凝结水量很大时，一个疏水器不能排除时，就需几个疏水器并联安装，才能及时排除大量凝结水，并联安装的疏水器应同型号、同规格的，一般适宜并联 2 个或 3 个疏水器，必须安装在同一平面内。

8) 疏水器的安装方式，见图 13-76。

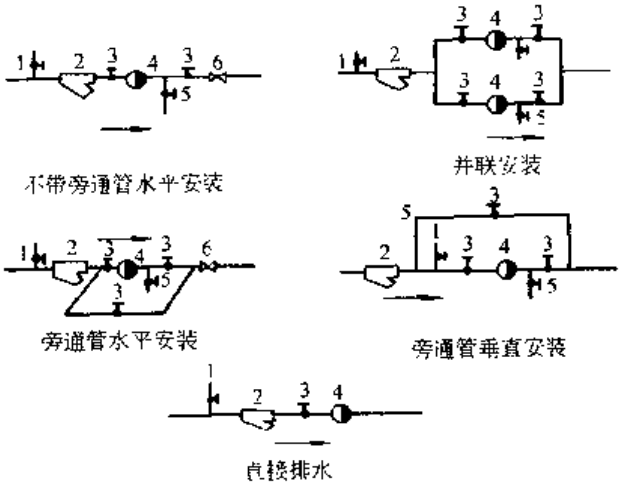


图 13-76 疏水器的安装方式

1—冲洗管；2—过滤器；3—截止阀；4—疏水器；5—检查管；6—止回阀

9) 凝结水管道的安装应有一定的坡度。

14 管　　道

14.1 材　　料

给排水管道材料的选择，应根据压力、给水排水性质、外部荷载土壤性质、施工维护和材料供应等条件确定。

（1）各种管材的选用及主要优缺点，见表 14-1。

各种管材的选用及优缺点　　表 14-1

管　材	用　　途	优　缺　点	连　接　方　式
排水铸铁管	生活污水管，雨水管，工业废水管	价格便宜，管壁较给水铸铁管薄，性脆，不能承受高压及酸腐蚀，自重大	承插连接，柔性接口
镀锌钢管（热浸）	管径小于及等于 150mm 的消防系统及生产给水管道	强度高，接口方便，承受内压力大，内表面光滑，水力条件好 易腐蚀，造价较高	螺纹连接，法兰连接
钢　管	生产和消防给水管道，卫生器具排水支管及生产设备的非腐蚀性排水支管，工业厂房雨水管道	强度高，接口方便承受内压力大，内表面光滑，水力条件好 易腐蚀，造价较高	焊接，法兰连接
铜管（紫铜、黄铜）	热 水 管 道	对淡水的耐蚀性较好，机械强度高，抗挠性较强，易加工，内表面光滑，不易结水垢，美观 管壁薄，易碰坏	螺纹连接，法兰连接，焊接，专用管件
不锈钢管	输送纯水，腐蚀性生产污水	耐蚀，耐热，耐振，抗压不易施工，价贵	焊接、法兰连接、专用管件
橡胶管	移动性，临时性管道	耐蚀，抗振，防噪，接口方便，水流阻力大，耐压低	法兰连接，扎带连接
混凝土管、钢筋混凝土管	生活污水管、工业废水管及雨水管	价 格 便 宜	混凝土管采用胶圈、抹带接口 钢筋混凝土采用胶圈接口

续表

管材		用途	优缺点	连接方式
铝塑复合管		用于生活冷、热水管。内外塑料层采用交联聚乙烯的复合管，可用于热水管，工作温度可达90℃	具有一定柔性的管材，保温、耐腐蚀，不渗透、气密性好，内壁光滑、重量轻、安装方便	铝合金自锁紧密封管件。当使用塑料密封套时，水温不超过60℃；当使用铝质密封套时，水温不超过100℃
钢衬塑复合管		输送腐蚀性液体： S/PP适用温度：-25°～+100℃ S/PE适用温度：-25°～+70℃ S/PVC适用温度：-25°～+65℃	一种高性能防腐管道，既有较强的抗蚀耐磨性能，又有较好的强度和抗老化性能	法兰连接
塑料管	给水UPVC、PE、PP-R	适用于生活给水管	耐腐蚀，安装方便，内壁光滑，不易积垢阻塞，质轻，价廉 除PEX、PP-R外，耐热性差。强度低，不抗撞击，耐久性差	热熔对接，承插粘接，法兰连接
	PEX、PP-R、CPVC	适用于热水管		
	排水UPVC	适用于排水管		T型橡胶圈接口
	加筋UPVC			
	UPVC螺旋缠绕管			$DN<900$mm，密封胶粘接 $DN\geqslant900$mm，焊接连接

(2) 两种较新型塑料管材特点与规格：

1) UPVC加筋管(摘自上海氯威塑料有限公司产品样本)：该管是由挤出机一次挤出成型，外壁带有垂直加强筋的新型UPVC管。结构合理，强度高。适用于室外雨水、污水等管线。已在上海、浙江、江苏一带广泛使用。其主要特点如下：

① 内壁光滑，流通量大，同流量使用口径小。

② 一般情况下可不做混凝土基础，施工速度快。

③ 重量轻，搬运安装方便。

④ 橡胶密封圈承插接口，抗不均匀性沉降强。

⑤ 综合工程造价可与水泥管相比。

⑥ 其主要技术参数如下：

ⅰ. 规格：$DN150$、$DN225$、$DN300$、$DN400$、$DN500$标准产品，长度为3m和6m。

ⅱ. 管道工作内压：0.2MPa。

ⅲ. 使用环境温度：-30～70℃。

ⅳ. 管顶最小覆土厚度:0.6m。

ⅴ. 接口:采用橡胶密封圈承插接口。

2) PP-R 聚丙稀管(摘自杭州晨光塑料化工有限公司产品样本):该管是新一代绿色建材。适用于各类建筑物的冷热水、纯净水管道、食品饮料和液体化工的管路输送系统。其主要特点如下:

① 耐高温、高压。

② 热熔连接,方便快捷,安全牢固。

③ 热水管自身保温,无需增加保温材料。

④ 噪声水平低。

⑤ 抗老化性能优异,最短使用寿命 50a。

⑥ 其主要技术参数如下:

ⅰ. 规格:*DN*20～*DN*110。

ⅱ. 压力等级:*PN*1.0、2.0MPa。

ⅲ. 连接方法:有丝扣、法兰和热熔连接。丝扣和法兰连接同普通管道相同;热熔连接系采用 PP-R 专用熔接器。

14.2 敷　设

14.2.1 敷 设 要 求

(1) 生活、生产给水引入管:

1) 室内给水管网宜采用枝状布置,单向供水。不允许间断供水的建筑,应从室外环状管网不同管段设两条或两条以上引入管,在室内连成环状或贯通枝状双向供水,如不可能时,应采取设贮水池(箱)或增设第二水源等保证安全供水措施。

当室外为枝状管网,但由两个水厂供水或有两条市政干管,保证双向供水时,可认为是安全供水。不同管道,包括从建筑物一侧的室外给水管网接出引入管,在两条引入管之间的室外给水管网上应设置阀门,其连接方式见图 14-1。

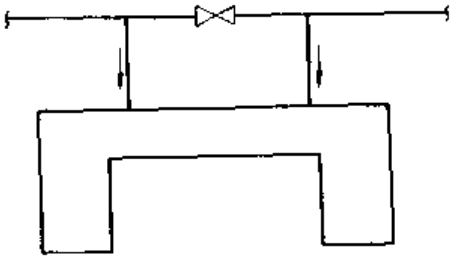


图 14-1　室外给水管网设置阀门的连接方式

2) 生活给水引入管与污水排出管外壁的水平距离,不宜小于 1.0m。

3) 每条引入管应装设阀门,必要时还应装设泄水装置,以便管网检修时泄水。

4) 引入管穿越承重墙或基础时,应预留洞口,管顶上部净空高度不得小于建筑物的沉降量,一般不宜小于 0.10m。

5) 必须单独计算水量的建筑物,应在引入管上装设水表。为检修水表方便,水表前应设阀门,根据供水系统设置情况决定水表后是否设阀门或止回阀。

(2) 给水管:

1) 给水埋地管道应避免布置在可能受重物压坏或设备振坏处;管道不得穿越生产设备基础,在特殊情况下必须穿越时,应与有关专业协商处理。

2）通过铁路或地下构筑物下面的给水管，为防护和检修宜敷设在套管内。在穿铁路的两端，应设检查井。

3）给水管道布置应力求短而直，并尽量考虑沿墙、梁、柱直线明装敷设。给水干管宜靠近用水量最大处或不允许间断供水的用水处。

4）生产厂房内，给水管道宜与其它管道共同架空安装。管道的位置不得妨碍生产操作、交通运输，不得布置在遇水能引起爆炸、燃烧或损坏的原料、产品和设备的上面。

5）当建筑或工艺有特殊要求需要暗装时，给水干管应尽量暗设在地下室、顶棚、公共管廊管道层或公共地沟内，如不可能时方可敷设在专用地沟内。给水立管和支管宜敷设在公共管井和管槽内。管井应每层设检修门。暗设在顶棚或管槽内的管道，在阀门处应留有检修门。

6）给水管道不得敷设在排水沟、烟道、风道内，不得穿过大便槽和小便槽，不宜穿过橱窗、壁柜、木装修等。

7）给水管道不宜穿过伸缩缝、沉降缝和抗震缝，必须穿过时应采取有效措施，参见14.2.3节。

8）给水管道宜敷设在不结冻的房间内，否则应采取防冻措施。给水管道敷设在不允许因结露而滴水的部位时，应采取防结露措施。

9）给水横管宜有0.002～0.005的坡度，坡向泄水装置。

10）暗设管道应保证安装、维修的方便和安全。

11）给水管不得穿过变配电间。

12）室外埋地金属给水管一般不做基础，但对通过回填垃圾、建筑废料、沼泽地以及不平整的岩石层等地段，应做垫层或基础。

非金属给水管一般应做垫层或基础。

13）给水管道应根据敷设情况，在最高处设置排气阀，在最低处设置泄水阀或排泥阀。

14）给水管的埋设深度，应根据土壤的冰冻深度、外部荷载、管材强度与其它管道交叉情况以及当地管道埋深的经验等因素确定。一般在冰冻线以下敷设。

15）硬聚氯乙烯给水管道的敷设还应满足以下条件：

① 硬聚氯乙烯给水管道，适用于给水温度不大于45℃。

② 水箱（池）的进水管、出水管、排污管、自水箱（池）至阀门间的管道，应采用金属管。

③ 与其它管道同沟（架）平行敷设时，宜沿沟（架）边布置；上下平行敷设时，不得敷设在热水或蒸汽管的上面，且平面位置应错开；与其它管道交叉敷设时，应用金属套管保护或采取其它保护措施。

④ 管道应远离热源，立管距灶边净距不得小于400mm，与供暖管道的净距不得小于200mm，且不得因热源辐射使管外壁温度高于40℃。

⑤ 工业建筑和公共建筑中管道直线长度大于20m时，应采取补偿管道胀缩的措施。

⑥ 管道敷设严禁有轴向扭曲。穿墙或楼板时，不得强制校正。

⑦ 室内暗敷塑料管道的墙槽，必须采用1:2水泥砂浆填补。

⑧ 在塑料管道的各配水点受力点处，必须采取可靠的固定措施。

⑨ 室内地坪±0.00以下塑料管道敷设，宜分为两段进行。先进行地坪±0.00以下至

基础墙外壁段的敷设；待土建施工结束后，再进行户外连接管的敷设。

⑩ 室内地坪以下管道铺设应在土建工程回填土夯实以后，重新开挖进行。严禁在回填土之前或未经夯实的土层中敷设。

⑪ 敷设管道的沟底应平整，不得有突出的尖硬物体。土壤的颗粒直径不宜大于12mm，必要时可敷100mm厚的砂垫层。

⑫ 埋地管道回填时，管周回填土不得夹杂尖硬物直接与塑料管壁接触。应先用砂土或颗粒直径不大于12mm的土壤回填至管顶上侧300mm处，经夯实后方可回填原土。室内埋地管道的埋置深度不宜小于300mm。

⑬ 塑料管出地坪处应设置护管，其高度应高出地坪100mm。

⑭ 管道穿地下室外墙处，应设金属套管。

⑮ 给水管管材应符合“给水用硬聚乙烯管材”和“给水用硬聚氯乙烯管件”的要求。

⑯ 其它塑料管可参照以上各条款及产品样本。

(3) 排出管：

1) 排出管与立管的连接宜采用二个45°弯头或用曲率半径等于或大于四倍管径的90°弯头连接。

2) 排出管穿越承重墙或基础时，应预留孔洞，其尺寸见表14-2，且管顶上部净空高度不得小于建筑物的沉降量，一般不小于0.15m。

3) 排出管自立管或清扫口至室外检查井中心的最大长度如超过表14-3规定时，应在其间设置清扫口或检查口。

排出管穿基础预留洞口尺寸(mm)　表14-2

管径 DN	50～75	100	150～200
预留洞口尺寸（宽×高）	200×250	250×350	350×450

排出管的最大长度　表14-3

排出管管径(mm)	50	75	100	>100
排出管最大长度(m)	10	12	15	20

4) 排出管与室外排水管道连接时，排出管的管顶标高不得低于室外排水管管顶标高。为保证水流畅通，其连接处的水流转角不得小于90°；当管径小于等于300mm，且跌落差大于0.3m时，可不受角度的限制。

5) 靠近排水立管底部的排水支管连接，应符合下列要求：

① 排水立管仅设置伸顶通气管时，最低排水横支管与立管连接处距排水立管管底垂直距离A，不得小于表14-4的规定，见图14-2。

最低横支管与立管连接处至立管管底的垂直距离　表14-4

立管连接卫生器具的层数(层)	垂直距离(A)(m)	立管连接卫生器具的层数(层)	垂直距离(A)(m)
≤4	0.45	13～19	3.0
5～6	0.75	≥20	6.0
7～12	1.2		

注：如果与排出管连接的立管底部管径放大一号或横干管比与之连接的立管管径大一号时，可将表中垂直距离缩小一档。

② 排水支管连接在排出管或排水横干管上时，连接点距立管底部水平距离不宜小于3.0m。

③ 当靠近排水立管底部的排水支管的连接，不能满足本条①②款的要求时，则排水支管应单独排出室外。

6）十层及十层以上的建筑物，底层生活污水管道宜单独排出。

7）排出管的最大坡度不宜大于15%。

8）塑料排出管穿墙基处，在砖墙内应埋预留套管，套管可用金属、铸铁等材料；在混凝土墙内可预留洞。套管或预留洞内径不得小于穿越管外径加100mm。

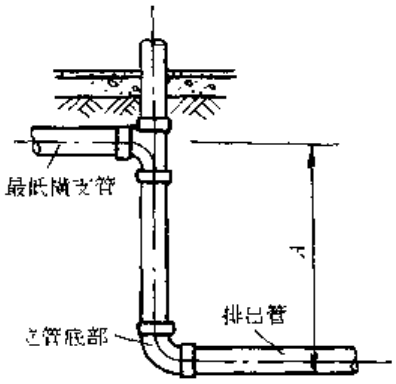


图14-2　最低横支管与立管连接处至排出管管底的垂直距离

(4) 排水管道：

1）污水立管应设在靠近最脏、杂质最多的排水点处，一般设在墙角、柱角，或沿墙、柱设置，但应避免穿越卧室、办公室和其它卫生、安静要求较高的房间。

2）排水管道不得布置在遇水能引起燃烧、爆炸或损坏的原料、产品和设备上面，以防因管道结露、漏水引起安全事故和生产质量事故。

3）架空排水管道不得敷设在有特殊卫生要求的生产厂房内，食品和贵重物品仓库内，通风小室和变配电间内，并尽量避免布置在食堂、饮食业的主副食操作烹调间的上方，以防因管道结露、漏水，影响室内卫生和工作的正常进行。同时，架空管道的布置，应考虑建筑艺术和美观要求，尽量避免通过大厅和控制室等。

4）排水管道不得穿过沉降缝、抗震缝、烟道和风道，并应避免穿过伸缩缝，若必须穿过时应采取相应的技术措施，参见14.2.3节。

5）排水管道的横管与横管、横管与立管的连接，宜采用45°三通、45°四通、90°斜三通或90°斜四通管件。

6）排水管道一般在地下埋设和在地面上或楼板下沿墙、柱明设。当建筑和工艺有特殊要求时，可在管槽、管井、管沟或吊顶内暗设，但必须考虑安装、检修的方便，在检查口处应设检修门。

7）埋地敷设的排水管应避免布置在可能被重物压坏或设备振裂处，且不得穿越设备基础，在特殊情况下应与有关专业协商处理。一般不允许沿建筑物基础的底部布设排水管。

8）多层建筑的底层商店、饭馆、浴室、理发室等，其生活污水应设单独管道排出。

9）排水立管在垂直方向必须转弯时，应用乙字管或两个45°弯头连接。

10）排水立管用管卡定位，管卡距离不得超过3m。承插管一般每根直管均应设管卡，多层建筑立管底部应设支座或吊卡。

11）排水管穿过地下室外墙或地下构筑物的墙壁处，应采取防水措施，参见《给水排水标准图集》S312。

12）硬聚氯乙烯排水管道的敷设，还应满足以下要求：

① 硬聚氯乙烯排水管道适用于排放温度不大于40℃，瞬时排放温度不大于80℃的生活污水管道；也适用于对硬聚氯乙烯管道不起侵蚀作用的工业废水排水系统。

② 管道应避免布置在热源附近。如不能避免且管道表面受热温度大于40℃时，应采取

隔热措施；立管与家用灶具边净距不得小于0.4m。

③ 立管和横管均应按设计规定设置伸缩节及固定支架。管端插入伸缩节处预留的间隙应为：夏季5～10mm，冬季15～20mm。

④ 伸缩节的设置，应符合下列要求：

ⅰ．当层高小于或等于4m时，立管应每层设一伸缩节；当层高大于4m时，应根据设计伸缩量确定。

ⅱ．横干管设置伸缩节，应根据设计伸缩量确定。

ⅲ．横支管上汇流配件至立管的直线管段超过2m时，应设伸缩节，但伸缩节之间的最大间距不得超过4m。

ⅳ．管道设计伸缩量，不应大于表14-5中伸缩节的最大允许伸缩量。

伸缩节最大允许伸缩量　　表14-5

外径(mm)	50	75	110	160
最大允许伸缩量(mm)	12	12	12	15

⑤ 伸缩节设置位置，应靠近水流汇流配件，并可按下列情况确定(见图14-3)：

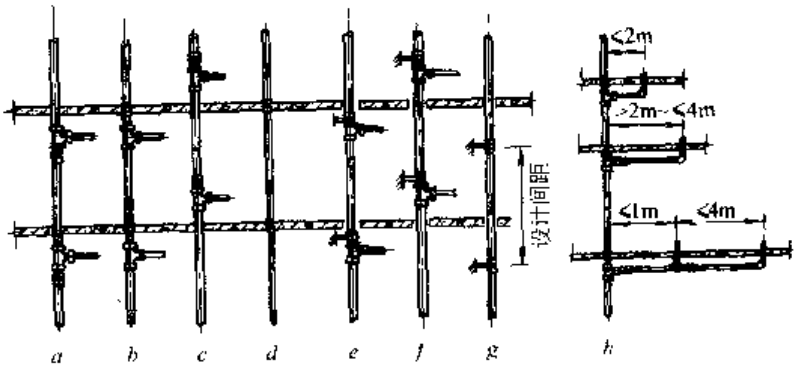


图14-3　伸缩节设置位置简图

ⅰ．立管穿越楼层处为固定支承且排水支管在楼板之下接入时，伸缩节可设置于楼板之中(见图14-3*b*)或设置于水流汇流配件之下(见图14-3*a*)。

ⅱ．立管穿越楼层处为固定支承且排水支管在楼板之上接入时，伸缩节应设置于水流汇流配件之上(见图14-3*c*)。

ⅲ．立管穿越楼层处为不固定支承时，伸缩节应设置于水流汇流配件之上(见图14-3*e*、*f*)。

ⅳ．立管上如无排水支管接入时，伸缩节可按伸缩节设计间距置于楼层任何部位(见图14-3*d*、*g*)。

ⅴ．横管上设置伸缩节应设于水流汇流配件上游端(见图14-3*h*)。

立管穿越楼层处为固定支承时，伸缩节不得固定；伸缩节为固定支承时，立管穿越楼层处不得固定；伸缩节承口应逆水流方向。

⑥ 埋地管道的管沟应底面平整，无突出尖硬物，一般可做100～150mm砂垫层。垫层宽度应不小于管径的2.5倍，坡度与管道坡度相同，须用细土或砂子等填至管顶以上至少100mm处。

(5) 热水管道:热水管道的敷设要求与冷水管道基本相同,所有冷水管道敷设的基本原则也适用于热水管道。其特殊要求如下:

1) 较长的直线热水管道,不能依靠自身的转角自然补偿管道的伸缩时,应设置伸缩器(见 14.2.5 节)。

2) 为避免管道中集存气体,影响过水能力和增加管道腐蚀,在上行下给式配水干管的最高点应设排气装置(自动放气阀,带手动放气阀的集气罐或膨胀水箱)。

热水供应系统的最低点应设泄水装置(泄水阀或丝堵等,其口径应为 1/10～1/5 管道直径),有可能时也可利用最低配水点泄水。

3) 为集存热水中所析出的气体,防止被循环水带走,下行上给管网的回水立管应在最高配水点以下约 0.5m 与配水立管连接。

4) 热水横管应有不小于 0.003 的坡度,坡向应考虑便于泄水和排出管道内的气体。

5) 热水立管与水平干管连接时,立管应加弯管,以免立管受干管伸缩的影响。连接方式见图 14-4。

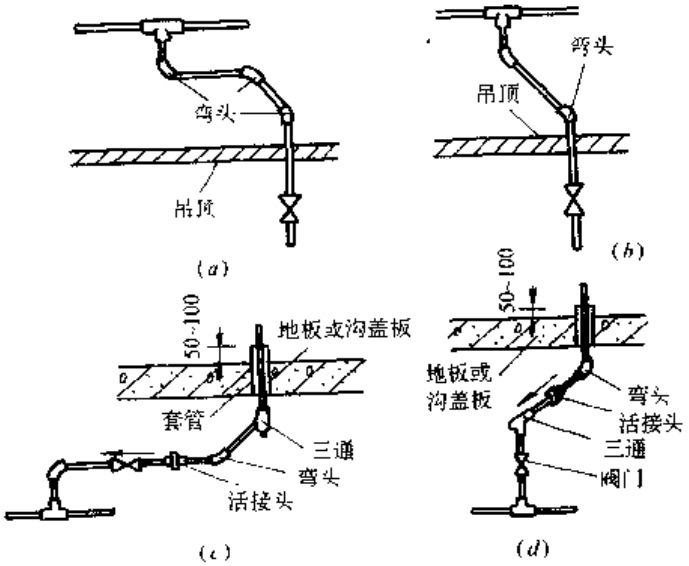


图 14-4　热水立管与水平干管的连接方式

(a)、(b)、(c)、(d)为四种不同连接方式

6) 热水管道穿过建筑物顶棚、楼板、墙壁和基础时均应加套管,以免管道胀缩时损坏建筑结构和管道设备。在地面有积水可能时,套管应高出地面(一般高出 50～100mm)。

7) 为满足运行调节和检修要求,热水管道在下列场合应装设阀门:

① 配水或回水环形管网的分干管。

② 配水立管和回水立管。

③ 居住建筑中从立管接出的支管上。

④ 水加热器、贮水器、锅炉、自动温度调节器、疏水器和其它需要考虑检修的设备的进出水口。

⑤ 配水点等于及多于 5 个的支管上。

⑥ 配水管阀门控制的配水点,除满足工艺要求外不得超过 10 个。

8) 热水管网在下列管段上,应装设止回阀:

① 热水锅炉、水加热器、加热水箱或贮水器的冷水进水管上。

② 机械循环第二循环回水管上。

③ 冷热水混合器的冷、热水进水管上。

④ 循环水泵的出水管上。

9）热水管道一般为明设，如建筑或工艺有特殊要求时则可暗设，但必须考虑安装和检修的方便。

14.2.2 安 装 尺 寸

（1）明设：

1）管道平行安装时，其中心距和管中心至墙面距离，见表 14-6。

管道中心距和管中心至墙面距离(mm)　　表 14-6

非保温管道与非保温管道

管径	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250	300	管中心至墙面
25	125												110
32	130	135											110
40	135	140	140										120
50	140	145	145	150									120
70	150	155	155	160	170								130
80	165	170	170	175	185	190							140
100	175	180	180	185	195	200	210						160
125	190	195	200	205	215	220	230	240					170
150	210	215	215	220	230	235	245	260	270				180
200	235	240	240	245	255	260	270	285	295	320			210
250	260	265	265	270	280	285	295	310	320	345	370		240
300	295	300	300	305	315	320	330	345	355	380	405	430	270

保温管道与非保温管道

管径	保温层厚度	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250	300	管中心至墙面
25	40	135												110
32	40	140	150											120
40	45	150	160	165										120
50	50	160	170	175	180									120
70	50	165	175	180	190	200								130
80	55	180	190	195	200	210	220							140
100	55	190	200	205	210	220	230	240						160
125	60	205	215	220	230	240	245	255	270					170
150	60	220	230	235	240	250	260	270	285	300				180
200	65	255	265	270	275	285	295	305	320	335	365			210
250	70	285	295	300	310	320	325	335	350	370	395	425		240
300	70	310	320	325	335	345	350	360	375	395	420	450	475	270

续表

保温管道与保温管道

管径	保温层厚度	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250	300	管中心至墙面
25	40	175												110
32	40	180	185											120
40	45	190	190	200										120
50	50	200	205	210	220									120
70	50	205	210	220	230	240								130
80	55	220	220	230	240	250	260							140
100	55	230	230	240	250	260	270	280						160
125	60	245	250	255	270	275	290	300	315					170
150	60	260	260	270	280	290	300	310	330	340				180
200	65	295	295	305	315	325	335	345	365	375	410			210
250	70	325	330	335	350	355	370	375	395	410	445	475		240
300	70	350	355	365	375	380	395	405	420	435	470	500	525	270

注：1. 非保温管道与非保温管道的中心距离参照给排水标准图集 S119 确定；

2. 保温管道与非保温管道的中心距离按非保温管道法兰距保温管道外表不小于 5mm 确定。

3. 保温管道与保温管道的中心距离参考给排水标准图集 S119 的数据，按保温层外表距离不小于 30mm 确定。

4. 保温材料按厚度最大的水泥蛭石，保护层按石棉水泥（厚度 15mm）计算，在采用其它保温材料时间距可以相应减小。

2）阀门并列装设时，管道的中心距尺寸见表 14-7。

阀门并列时管道的中心距（mm）　　**表 14-7**

DN	≤25	40	50	80	100	150	200	250
≤25	250							
40	270	280						
50	280	290	300					
80	300	320	330	350				
100	320	330	340	360	375			
150	350	370	380	400	410	450		
200	400	420	430	450	460	500	550	
250	430	440	450	480	490	530	580	600

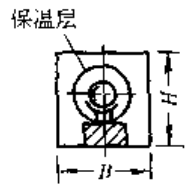
注：管道未考虑保温。

3）排水横管起始点清扫口距管道相垂直的墙面不得小于 0.15m；若用堵头代替清扫口，则与墙面的距离不得小于 0.4m。

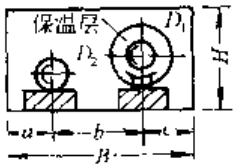
（2）沟设、井设：

1）敷设在管沟中的管道，其安装尺寸可见表 14-8。

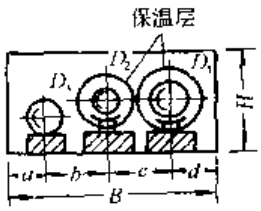
管沟中管道的中心距(mm)　　表 14-8



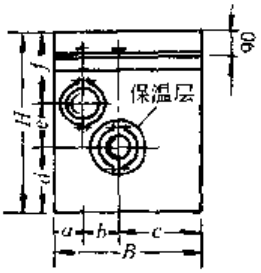
DN		25～40	50～70	80	100～125	150	200	250	300
保温	B	400	500	500	600	600	700	800	750
	H	400	450	500	550	650	700	800	800
非保温	B	300		300	400	400	500	500	600
	H	300		350	350	400	450	500	550



D_1	25～40	50	70	80	100～125	150	200	250	300
D_2	25～40	32～50	40～70	50～80	70～125	100～150	125～200	125～200	150～250
B	600	600	700	700	800	900	1000	1100	1200
H	400	450	450	500	550	650	700	750	800
a	140	140	150	150	160	180	220	220	250
b	250	250	310	310	360	420	430	500	550
c	210	210	240	240	270	300	350	380	400



D_1	25～40	50	70	80	100	125	150	200	250	300
D_2、D_3	25～40	32～50	40～70	50～80	80～100	80～125	80～150	100～150	125～200	150～200
B	900	900	1000	1000	1100	1200	1300	1400	1700	1700
H	400	450	450	500	550	550	650	700	750	800
a	140	140	140	140	160	170	180	180	220	220
b	245	245	245	270	305	340	365	365	455	455
c	305	305	305	350	385	420	455	505	625	625
d	210	210	210	240	250	270	300	350	400	400



DN	25～40	50	70	80	100	125	150	200	250
B	800	900				1000		1100	1200
H	1200	1200				1200		1200	1300
a	150	180				200		240	270
b	70	90				120		130	130
c	580	630				680		730	800
d	710	520				470		380	410
e	180	290				330		390	450
f	310	390				400		430	440

2) 管沟应有与管道相同的坡度和防水排水措施，管井和管沟应通风良好。

3) 为便于安装和检修，管沟内管道应尽量作单层布置。当为双层或多层布置时，一般宜将管径较小、阀门较多的管子放在上层；给水管应在排水管的上边，在热水和蒸汽管的下边。

4) 管道井尺寸应根据管道数量、管径大小、排列方式、维修条件、结合建筑平面合理确定。管道井管道布置方式见图 14-5。管道井进入检修时，其通道应有保证检修的必要净

距，一般不宜小于 0.6m。

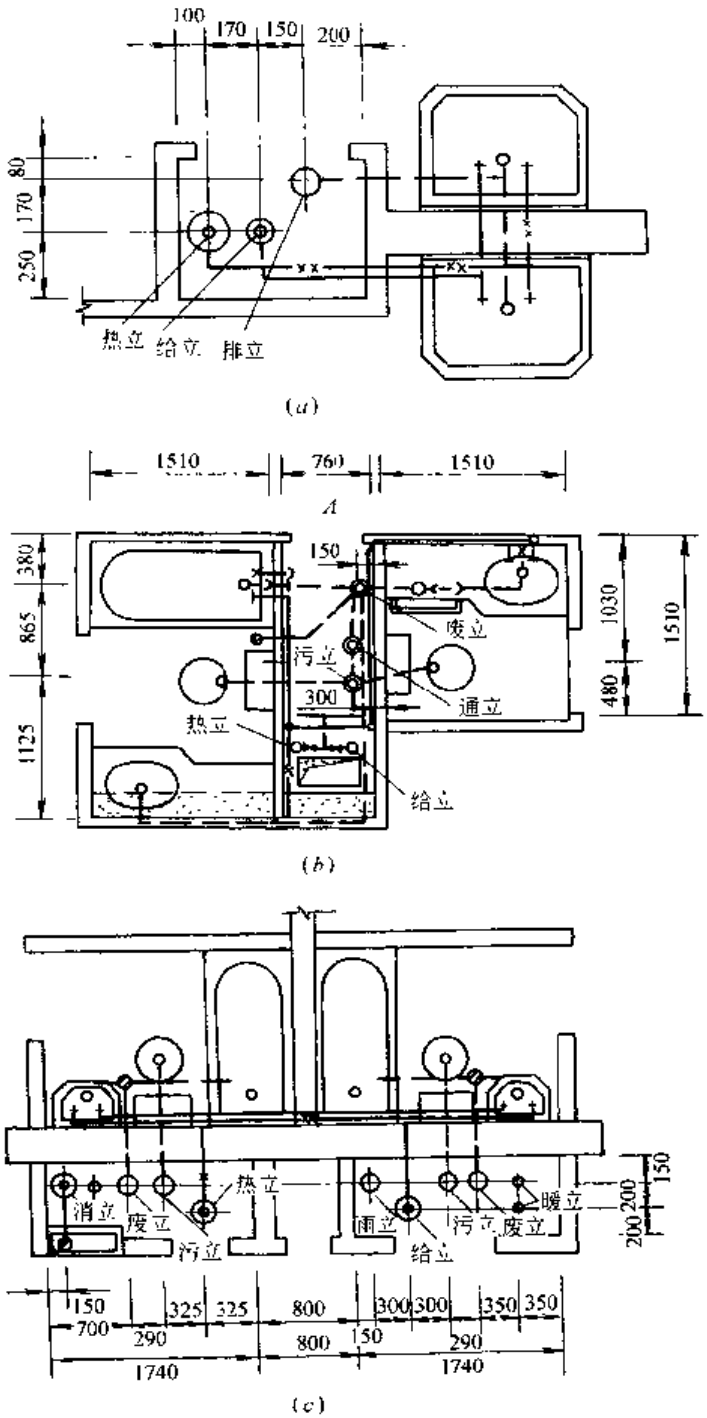


图 14-5　管道井管道布置方式

管道井应每层设检修设施，每两层应有横向隔断，检修门宜开向走廊。

(3) 埋设：

1) 给水管与排水管平行埋设或交叉埋设时，管外壁的最小距离应分别为 0.5m 或 0.15m。交叉埋设时，一般给水管应在上面；但当地下管道较多，敷设有困难时，可在给水管外加设套管，再从排水管下面通过。套管长度宜采用 6m。

2) 为防止管道受机械损坏，在一般的厂房内，排水管的最小埋设深度应按表 14-9 确

定。

排水管道的最小埋设深度　　表 14-9

管　材	地面至管顶的距离(m)	
	素土夯实、碎石、砾石、大卵石、缸砖、木砖地面	水泥、混凝土、沥青混凝土、菱苫土地面
排水铸铁管	0.70	0.40
混凝土管	0.70	0.50
塑料管	0.70	0.60

注：1. 在铁轨下采用钢管或给水铸铁管，管道的埋设深度从轨底至管顶的距离不得小于 1.0m。

2. 在管道有防止机械损坏措施或不可能受机械损坏的情况下，其埋设深度可小于上表及注 1 所述值。

14.2.3 敷设的特殊处理

14.2.3.1 穿楼板

(1) 给水管道穿楼板时宜预留孔洞，避免在施工安装时凿打楼板面。孔洞尺寸一般宜较通过管径大 50～100mm。

(2) 排水立管穿过楼板时应预留孔洞，其大小按表 14-10。

排水管穿楼板预留洞尺寸(mm)　　表 14-10

管径 *DN*	50	75～100	125～150	200	300
留洞尺寸	150×150	200×200	250×250	300×300	400×400

(3) 高层建筑内明设管道，当设计要求采取防止火灾贯穿措施时，应符合下列要求：

1) 立管管径≥100mm 时，在楼板贯穿部位，应设置防火套管或阻火圈。防火套管套在穿越楼板处上、下端管的外壁，其长度不小于 0.5m。阻火圈一般设在楼板穿越处楼板底部。

2) 横管管径≥110mm 时，穿越管道井井墙的贯穿部位，应设置防火套管或阻火圈。可设在墙的外侧，防火套管长度不小于 0.3m。

3) 横管穿越防火分区隔墙时，管道穿越墙体两侧均应设置防火套管或阻火圈。

14.2.3.2 通过沉降缝、伸缩缝

管道应尽量避免通过沉降缝、伸缩缝，必须通过时应采取有效措施。常采用如下措施：

(1) 软性接头法：用橡胶软管或金属波纹管连接沉降缝、伸缩缝两边的管道。这种做法适用于冷水管道或温度低于 80℃的热水管道，见图 14-6。

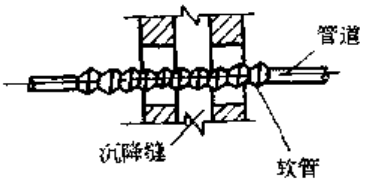


图 14-6　软性接头法

(2) 螺纹弯头法：建筑物的沉降可由螺纹弯头的旋转补偿。适用于小管径的管道。见图 14-7。

(3) 活动支架法：把沉降缝、伸缩缝二侧的支架做成使管道能垂直位移而不能水平横向位移的形式。见图 14-8。

14.2.3.3 穿基础

(1) 管沟敷设:管道与室外检查井不固定连接,管道与管沟应预留一定的下沉空间,见图 14-9。

(2) 排出管距墙大于 3m 时,可采用双井排水方案,接至第一检查井的管道下部预留下沉空间。见图14-10。

(3) 给水引入管通过基础前,在平面上接两个 90 度弯头,以适应建筑物的沉降,见图 14-11。

14.2.3.4 穿地下室或地下构筑物外墙

管道穿越地下室或地下构筑物外墙时应采取防水措施。对于有不均匀沉降、胀缩或受振动以及要求有严密防水的构筑物,应采用柔性防水套管;对要求一般防水的,可采用刚性防水套管。施工方法详见《给水排水标准图集》S312。

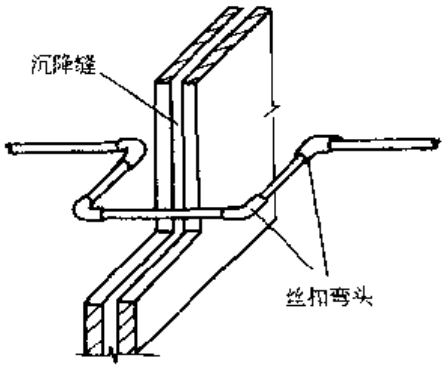


图 14-7　螺纹弯头法

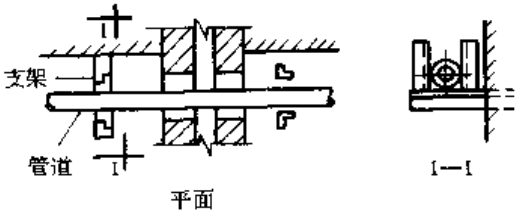


图 14-8　活动支架法

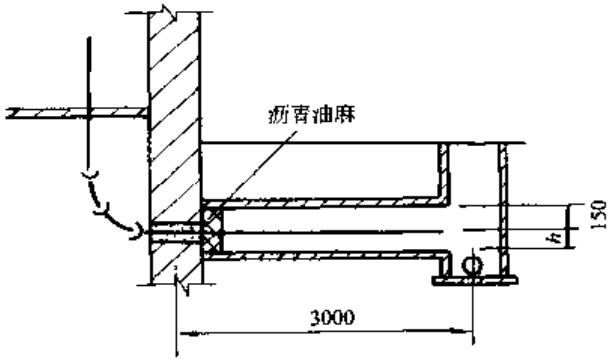


图 14-9　管沟敷设

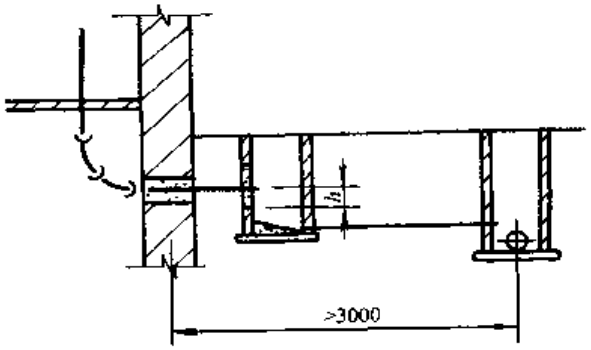


图 14-10　双井连接法

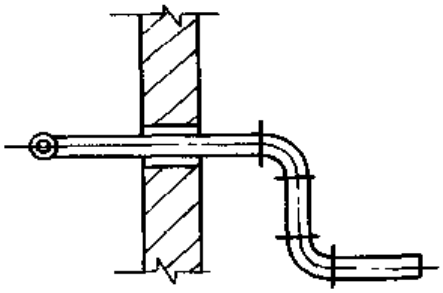


图 14-11　两个 90°弯头法

14.2.4 支吊架及支座

14.2.4.1 管道支吊架

管道支吊架的正确选择和合理设置,是保证管道安全经济运行的重要一环。设计时应符合下列要求:

(1) 管道不允许有任何位移的部位，应装设固定支架，以承受管道重量、水平推力和力矩。固定支架应固定在牢固结构或专设结构物上。

(2) 管道上无垂直位移或垂直位移很小的部位，可装设活动支架或刚性吊架，以承受管道重量和增强管道的稳定性。活动支架的型式，应根据管道对摩擦作用力的不同要求选择：

1) 对因摩擦而产生的作用力无严格限制时，可采用滑动支架。

2) 当要求减小管道轴向摩擦作用力时，可用滚柱支架。

3) 当要求减小管道水平位移的摩擦作用力时，可采用滚珠支架。

滚柱和滚珠支架结构较为复杂，一般只用于高温介质和管径较大的管道上。

在架空管道上，当不便装设活动支架时可采用刚性吊架，但此时管道上不得装设套管伸缩器。

(3) 在水平管道上只允许管道单向水平位移的地方应装设导向支架，以承受管道的重量，限制位移的方向。根据管道对摩擦作用力的不同要求，可分别采用滑动导向支架、滚柱导向支架或滚珠导向支架。在铸铁阀件的两侧、Ⅱ型伸缩器两侧适当距离的地方，也应装设导向支架。

垂直管道上的导向支架，除能限制管道的位移方向外，并能防止管道振动，但不承受管道的重量。

(4) 垂直管道通过楼板或屋顶时应装设套管，但套管不应限制管道位移和承受管道荷重。穿过楼板时，如有积水可能，套管要高出地面；穿墙时套管两头与墙两侧取平即可。

(5) 支吊架间距的确定：

1) 钢管水平安装时，活动支架的间距见表 14-11。支吊架的详细做法，可见给排水标准图集 S161。

活动支架的最大间距(m)　　表 14-11

管径(mm)*DN*	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
保温管	1.5	2	2	2.5	3	3	4	4	4.5	5	6
非保温管	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	6	6.5	7	8

2) 塑料管支承：

① 管道支承分滑动支承和固定支承两种。悬吊在楼板下的横支管，若连接有穿越楼板的卫生器具排水竖向支管时，可视为一个滑动支承。

② 立管应每层有一个牢固的固定支承。明装立管穿越楼板处应有严格的防漏措施，可采用细石混凝土补洞，分层填实后，形成固定支承；暗装在管井中的立管，若穿越楼板处未能形成固定支承时，应每层设置立管固定支承一个。

③ 当层高 $H \leqslant 4m$（$DN \leqslant 50$、$H \leqslant 3m$）时，层间立管上可设滑动支承一个；若层高 $H > 4m$（$DN \leqslant 50$、$H > 3m$）时，层间立管上应设滑动支承两个。

④ 立管底部宜设支墩或采取牢固的固定措施。

⑤ 水平管支承间距应较金属管少。给排水管支承的最大间距，参见表 14-12、13。

给水管最大支承间距(mm)　　表 14-12

外　径	20	25	32	40	50	63	75	90	110
水平管	500	550	650	800	950	1100	1200	1350	1550
立　管	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400

排水管最大支承间距(mm) 表 14-13

DN	立管	悬吊横管		DN	立管	悬吊横管	
		干管	支管			干管	支管
40	1500	400	800	110	2000	1100	2000
50	1500	500	1000	125	2000	1250	2200
75	2000	750	1500	160	2000	1600	2500
90	2000	900	1800				

⑥ 管道支承件的内壁应光洁,滑动支承件与管身之间应留有微隙,若内壁不够光洁,则应衬垫一层柔性材料;固定支承件的内壁和管身外壁之间应夹一层橡胶软垫,安装时应将扁钢制成的U形卡用螺栓拧紧固定。

⑦ 支吊架的型式及安装,详见厂家样本。

3) 热水管道支吊架间距:

① 金属管:

ⅰ. 热水管道横向直管段上的支吊架间距:热水管道横向直管段上支吊架的最大允许间距,应满足强度和刚度要求,并从下列式(14-1)和式(14-2)计算结果中,取较小计算值作为最大允许间距,其荷载方式按横向直管段承受均布荷载计算

按强度要求计算支吊架的最大允许间距,式(14-1)为

$$L_{max}=2.24\sqrt{\frac{9.8}{q}w\psi\sigma_{ex}^{(t)}}\quad(m) \tag{14-1}$$

按刚度要求计算支吊架的最大允许间距,式(4-2)为

$$L_{max}=0.19^3\sqrt{\frac{1}{9.8q}E(t)Ji_0}\quad(m) \tag{14-2}$$

式中 q——管道的单位重量(kg/m),

按强度计算时,q=管重+保温材料重(对于水管道还应包括水重);

按刚度计算时,q=管重+保温材料重(水管道也可以不考虑水重);

w——管子截面矩(cm^3),

$$w=0.0982\frac{d^4-d_1^4}{d} \tag{14-3}$$

其中 d——管子外径(cm);

d_1——管子内径(cm);

ψ——管子横向焊缝系数,见表14-14;

$\sigma_{ex}^{(t)}$——计算温度时额定允许应力(MPa),见表14-15;

$E(t)$——在计算温度下钢材的弹性模数(MPa),见表14-16;

J——管子断面惯性矩(cm^4),$J=0.0491(d^4-d_1^4)$

i_0——管子坡度。按公式14-3计算时,管道坡度必须按≥0.003计算。

管子横向焊缝系数 表 14-14

序号	横向焊缝系数		序号	横向焊缝系数	
1	焊接情况		4	手工双面加强焊	0.95
2	手工有垫环对焊	0.9	5	自动双面焊	1.0
3	手工无垫环对焊	0.7	6	自动单面焊	0.8

钢 管 允 许 应 力

表 14-15

钢 号	钢管标准	壁 厚 (mm)	常温强度指标(MPa)		在下列温度(℃)下的许用应力(MPa)																注
			σ_b	σ_s	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
碳素钢钢管																					
10	GB 8163	≤10	335	205	112	112	108	101	92	83	77	71	69	61	41	—	—	—	—	—	
10	GB 9948	≤16	335	205	112	112	108	101	92	83	77	71	69	61	41	—	—	—	—	—	
10	GB 6479	≤16	335	205	112	112	108	101	92	83	77	71	69	61	41	—	—	—	—	—	
		17～40	335	195	112	110	104	98	89	79	74	68	66	61	41	—	—	—	—	—	
20	GB 8163	≤10	390	245	130	130	130	123	110	101	92	86	83	61	41	—	—	—	—	—	
20	GB 9948	≤16	410	245	137	137	132	123	110	101	92	86	83	61	41	—	—	—	—	—	
20G	GB 6479	≤16	410	245	137	137	132	123	110	101	92	86	83	61	41	—	—	—	—	—	
		17～40	410	235	137	132	126	116	104	95	86	79	78	61	41	—	—	—	—	—	
低合金钢钢管																					
16Mn	GB 6479	≤16	490	320	163	163	163	159	147	135	126	119	93	66	43	—	—	—	—	—	
		17～40	490	310	163	163	163	153	141	129	119	116	93	66	43	—	—	—	—	—	
15MnV	GB 6479	≤16	510	350	170	170	170	170	166	153	141	129	—	—	—	—	—	—	—	—	
		17～40	510	340	170	170	170	170	159	147	135	126	—	—	—	—	—	—	—	—	
09MnD	—	≤16	400	240	133	133	128	119	106	97	88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12CrMo	GB 9948	≤16	410	205	128	113	108	101	95	89	83	77	75	74	72	71	50	—	—	—	
12CrMo	GB 6479	≤16	410	205	128	113	108	101	95	89	83	77	75	74	72	71	50	—	—	—	
		17～40	410	195	122	110	104	98	92	86	79	74	72	71	69	68	50	—	—	—	
15CrMo	GB 9948	≤16	440	235	147	132	123	116	110	101	95	89	87	86	81	83	58	37	—	—	
15CrMo	GB 6479	≤16	440	235	147	132	123	116	110	101	95	89	87	86	81	83	58	37	—	—	

续表

钢号	钢管标准	壁厚(mm)	常温强度指标(MPa)		在下列温度(℃)下的许用应力(MPa)																注
			σ_b	σ_s	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
低合金钢钢管																					
15CrMo	GB 6479	17~40	440	225	141	126	116	110	104	95	89	86	84	83	81	79	58	37	—	—	
12Cr1MoVG	GB 5310	≤16	470	255	147	144	135	126	119	110	104	98	96	95	92	89	82	57	35	—	
10MoWVNb	GB 6479	≤16	470	295	157	157	157	156	153	147	141	135	130	126	121	97	—	—	—	—	
		17~40	470	285	157	157	156	150	147	141	135	129	124	119	111	97	—	—	—	—	
12Cr2Mo	GB 6479	≤16	450	280	150	150	150	147	144	141	138	134	131	128	119	89	61	46	37	—	
		17~40	450	270	150	150	147	141	138	134	131	128	126	123	119	89	61	46	37	—	
1Cr5Mo	GB 6479	≤16	390	195	122	110	104	101	98	95	92	89	87	86	83	62	46	35	26	18	
		17~40	390	185	116	104	98	95	92	89	86	83	81	79	78	62	46	35	26	18	

钢号	钢管标准	壁厚(mm)	在下列温度(℃)下的许用应力(MPa)																		注
			≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	
高合金钢钢管																							
0Cr13	GB/T 14976	≤18	137	126	123	120	119	117	112	109	105	100	89	72	53	38	26	16	—	—	—	—	
0Cr18Ni9	GB 13296	≤13	137	137	137	130	122	114	111	107	105	103	101	100	98	91	79	64	52	42	32	27	
	GB/T 14976	≤18	137	114	103	96	90	85	82	79	78	76	75	74	73	71	67	62	52	42	32	27	
0Cr18Ni10Ti	GB 13296	≤13	137	137	137	130	122	114	111	108	106	105	104	103	101	83	58	44	33	25	18	13	
	GB/T 14976	≤18	137	114	103	96	90	85	82	80	79	78	77	76	75	74	58	44	33	25	18	13	
0Cr17Ni12Mo2	GB 13296	≤13	137	137	137	134	125	118	113	111	110	109	108	107	106	105	96	81	65	50	38	30	
	GB/T 14976	≤18	137	117	107	99	93	87	84	82	81	81	80	79	78	78	76	73	65	50	38	30	

续表

钢号	钢管标准	壁厚(mm)	在下列温度(℃)下的许用应力(MPa)																			
			≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700
高合金钢钢管																						
0Cr18Ni12Mo2Ti	GB 13296	≤13	137	137	137	134	125	118	113	111	110	109	108	107	—	—	—	—	—	—	—	—
	GB/T 14976	≤18	137	117	107	99	93	87	84	82	81	81	80	79	—	—	—	—	—	—	—	—
0Cr19Ni13Mo3	GB 13296	≤13	137	137	137	134	125	118	113	111	110	109	108	107	106	105	96	81	65	50	38	30
	GB/T 14976	≤18	137	117	107	99	93	87	84	82	81	81	80	79	78	78	76	73	65	50	38	30
00Cr19Ni10	GB 13296	≤13	118	118	118	110	103	98	94	91	89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GB/T 14976	≤18	118	97	87	81	76	73	69	67	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00Cr17Ni14Mo2	GB 13296	≤13	118	118	117	108	100	95	90	86	85	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GB/T 14976	≤18	118	97	87	80	74	70	67	64	63	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00Cr19Ni13Mo3	GB 13296	≤13	118	118	118	118	118	118	113	111	110	109	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	GB/T 14976	≤18	118	117	107	99	93	87	84	82	81	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：中间温度的许用应力，可按本表的数值用内插法求得。

钢材弹性模量

表 14-16

钢类	在下列温度(℃)下的弹性模量 10^3MPa																		
	-196	-150	-100	-20	20	100	150	200	250	300	350	400	450	475	500	550	600	650	700
碳素钢(C≤0.30%)	—	—	—	194	192	191	189	186	183	179	173	165	150	133	—	—	—	—	—
碳素钢(C>0.30%)、碳锰钢	—	—	—	208	206	203	200	196	190	186	179	170	158	151	—	—	—	—	—
锰钼钢、低铬钼钢(至 Cr3Mo)	—	—	—	208	206	203	200	198	194	190	186	180	174	170	165	153	138	—	—
中铬钼钢(Cr5Mo～Cr9Mo)	—	—	—	191	189	187	185	182	180	176	173	169	165	163	161	156	150	—	—
奥氏体钢(至 Cr25Ni20)	210	207	205	199	195	191	187	184	181	177	173	169	164	162	160	155	151	147	143
高铬钢(Cr13～Cr17)	—	—	—	203	201	198	195	191	187	181	175	165	156	153	—	—	—	—	—

ⅱ．横向90°弯管两侧支吊架间的管段展开长度，应不大于水平直管段上支吊架最大允许间距的0.73倍。

ⅲ．竖向管段上支吊架的间距，可采用大于横向管段支吊架最大允许间距的数值，但支吊架所承受的荷重不应超过支吊架本体结构的允许荷重，同时还应注意支吊架间距增大后，不致降低管道的稳定性而引起管道振动。

ⅳ．热水管道应设固定支座和活动导向支座。固定支座的间距应满足管段的热伸长量不大于伸缩器所允许的补偿量。固定支座之间设活动导向支座。

② 聚丙烯管道(PP-R)：

ⅰ．非直埋管道应设置支、吊架，管道敷设宜利用管道折角自由臂补偿管道的伸缩；当不能利用自然补偿或补偿器时，管道支、吊架均应为固定支架。其最大间距可按表14-17确定。

热水管支、吊架最大间距(mm)　　表14-17

公称外径 DN	20	25	32	40	50	63
横　管	500	600	700	800	900	1000
立　管	900	1000	1200	1400	1600	1700

注：冷、热水管共用支、吊架时应根据热水管支吊架间距确定。暗敷直埋管道的支架间距可采用1000～1500mm。

ⅱ．直接敷设于墙体或地坪面层的管道，可不考虑纵向伸缩补偿。

ⅲ．自由管道因温差引起的轴向变形量，可按式(14-4～6)确定。

$$\Delta L = \Delta T L \alpha \quad (\text{mm}) \tag{14-4}$$

$$\Delta T = 0.65\Delta t_s + 0.10\Delta t_g \quad (℃) \tag{14-5}$$

式中　ΔL——管道伸缩长度(mm)；

ΔT——计算温差(℃)；

Δt_s——管道内水的最大变化温差(℃)；

Δt_g——管道外空气的最大变化温差(℃)；

L——自由管段长度(m)；

α——线膨胀系数[mm/(m·K)]，$\alpha = 0.16$。

ⅳ．热水管道支架应复核其支承力，并应大于管道因温度变化引起的膨胀力。管道膨胀力可按式14-6计算确定，也可参照表14-18取值。

管道在不同使用温度的膨胀力　　表14-18

公称外径 DN(mm)	膨胀力 F_p(N)			
	40℃	60℃	80℃	95℃
20	319	414	511	531
25	494	641	790	823
32	813	1054	1300	1353
40	1263	1637	2019	2103
50	1978	2564	3162	3293
63	3120	4045	4988	5195

注：表中数值按施工时环境温度20℃考虑。

$$F_p = \sigma_R A \quad (N) \tag{14-6}$$

$$\sigma_R = \alpha E \Delta t \times 10^3 \quad (N/mm^2)$$

式中　F_p——膨胀力(N)；

σ_R——热应力(N/mm^2)；

A——管道截面积(mm^2)；

Δt——使用平均温度与安装温度的差值(℃)；

E——弹性模量❶ (N/mm^2)($E_{20}=800$，$E_{40}=563$，$E_{60}=365$，$E_{80}=300$，$E_{95}=250$)。

ⅳ. 不设固定支架的直线管道最大长度，不得超过 3m，其自由臂最小长度可按式 14-7 计算，也可参照表 14-19 确定。

热水管最小自由臂长度　　**表 14-19**

公称外径 DN (mm)	20	25	32	40	50	63
热水管 L_z(mm)	778	869	984	1100	1230	1380

注：表中热水管自由臂长度计算温差为 70℃，膨胀系数取 0.16mm/(m·K)。

$$L_z = K\sqrt{\Delta L DN} \quad (mm) \tag{14-7}$$

式中　L_z——自由臂最小长度(mm)；

K——材料比例系数，一般可取 30；

ΔL——自固定点起管道伸缩长度(mm)，可按式 14-4 计算确定；

DN——公称外径(mm)。

14.2.4.2　管道支座

(1) 活动支座：布置支座时应特别注意将管子重量均匀分布在所有的支座上，支座最大间距，可参照表 14-11 估计。

(2) 固定支座：

1) 固定支座间距应满足下述条件：管段的热伸长量不大于伸缩器所允许的补偿量；管段因膨胀产生的推力不大于支座所能承受的允许值，并不得使管子产生纵向弯曲。

2) 一般在管道分支处、管道与水加热器的连接处均应设置。

3) 五层至七层建筑物的立管，应在立管中间作固定支座，使立管能上下伸缩。八层以上建筑物的立管，两端应作固定支座，立管中间适当地方设弯管或套管伸缩器。

4) 固定支座与Ⅱ型伸缩器间的距离不得小于 1/3 的支座间距，见图 14-12。

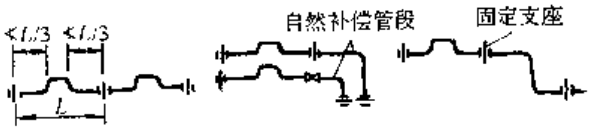


图 14-12　固定支座布置示意

❶ 弹性模量宜取对应于设计温度的数值。

5）不带支管的直管段，其固定支座最大间距可参照表 14-20 采用。

直管段固定支座最大间距(m) **表 14-20**

伸缩器形式	敷设方式	管径(mm)											
		25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
Ⅱ型	地沟或架空敷设	30	35	45	50	55	60	65	70	80	90	100	115
套管式	地沟或架空敷设	—	—	—	—	—	—	—	50	55	60	70	80

14.2.4.3 几种常用的支座

（1）*DN*20 ～ 250 弧形板滑动支座尺寸，见图 14-13、表 14-21。

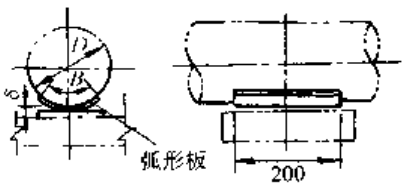


图 14-13 弧形板滑动支座

（2）*DN*20～150 煨弯座板式滑动支座尺寸，见图 14-14、表 14-22。

弧形板滑动支座尺寸(mm) **表 14-21**

管子外径 *D*	25	32	38	45	57	73	89	108	133	159	219	273
B	27	33	38	43	53	65	78	93	112	140	180	200
δ	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3

（3）*DN*20～300mm 焊接角钢固定支座尺寸，见图 14-15、表 14-23。

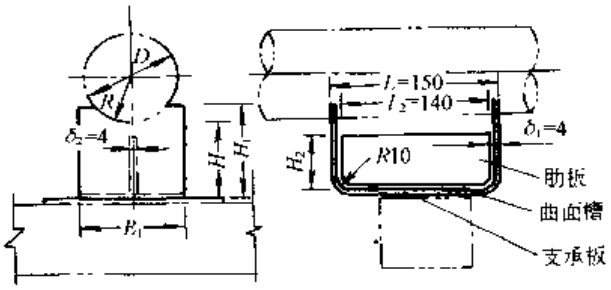


图 14-14 煨弯座板式滑动支座

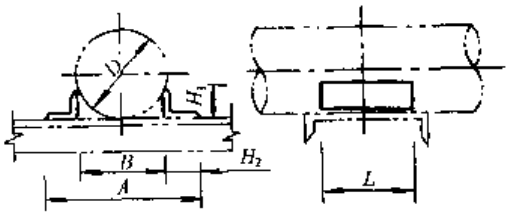


图 14 15 焊接角钢固定支座

煨弯座板式滑动支座尺寸(mm) **表 14-22**

管子外径 *D*		25	32	38	45	57	73	89	108	133	159
B_1		30	40	40	50	50	70	80	90	100	110
H_1	$H=50$	55	55	60	60	60	65	65	70	75	80
	$H=100$	105	105	110	110	110	115	115	120	125	130
H_2	$H=50$	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	$H=100$	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

焊接角钢固定支座尺寸(mm)　　表 14-23

管子外径 D	25	32	38	45	57	73	89	108	133
最大轴向推力(N)	22400			28000		36000		44700	
L	100			100		100		100	
角　钢	∠20×20×4				∠30×30×4	∠36×36×4			

管子外径 D	159	219	273	273	325	325
最大轴向推力(N)	50400	56000		112000	56000	112000
L	100			200	100	200
角　钢	∠50×32×4	∠70×50×5	∠100×63×6			

14.2.5　伸缩器和自然补偿管道

为了保证管路在热力状态下的稳定性和使用安全，减轻管道受热膨胀产生的热应力，在不可能依靠管路弯曲的自然补偿作用时，管道上每隔一定距离应设置热膨胀补偿装置。常用的有Ⅱ型和波型等伸缩器，其优缺点及适用条件见表 14-24。

常用伸缩器优缺点及适用条件　　表 14-24

伸缩器类型	优　点	缺　点	适 用 条 件
Ⅱ　型	工作可靠，制造简易，严密性好，维护简单	安装占地大	如有足够的装置空间，各种热力管道均可适用，但安装要保持水平
波　型	占地小，安装简单，温度适应范围广	每一波可吸收 Δl 较小，给支架的推力大	适用于工作压力在 1.6MPa 以下的热力管道

管道伸缩器应力求放在两固定支座的中点位置，并应尽量采用同一型式、同一规格，以减少对固定支架的推力，简化支架构造。除自然补偿外，所有伸缩器均应按热伸长量的 50% 预拉伸进行计算。

(1) 管道的热伸长按式(14-8)计算：

$$\Delta l = 0.012(t_2 - t_1)L \quad (\text{mm}) \tag{14-8}$$

式中　Δl——管道的热伸长(膨胀)量(mm)；

t_2——载热体的最高温度(℃)；

t_1——安装管道时的温度(℃)；安装在地下或室内时，取 $t_1 = -5$℃；室外架空敷设时，t_1 应取冬季采暖室外计算温度；

L——计算管段的长度(m)；

0.012——常用钢管的线膨胀系数[mm/(m·℃)]。

根据公式(14-8)制成表 14-25，计算时可直接查用。

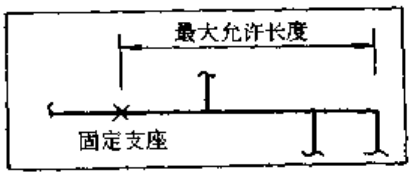


图 14-16　直线管段固定点至自由端最大允许长度

热水和蒸汽管道的热伸长量 Δl(mm) 表 14-25

管段长 L (m)	热水温度(℃)													
	60	70	80	90	95	100	110	120	130	140	143	151	158	164
	饱和蒸汽压力(MPa)													
							0.05	0.1	0.18	0.27	0.30	0.40	0.50	0.60
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
5	4	5	5	6	6	6	7	8	8	9	9	9	10	10
10	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20
15	12	14	15	17	18	19	21	23	24	26	27	28	29	30
20	16	18	20	23	24	25	28	30	32	35	35	37	39	41
25	20	23	26	29	30	32	35	38	41	44	44	47	49	51
30	23	27	31	34	36	38	41	45	49	52	53	56	59	61
35	27	32	35	40	42	44	48	53	57	61	62	65	69	71
40	31	36	41	46	48	50	55	60	65	70	71	75	78	81
45	35	41	46	51	54	57	62	68	73	78	80	84	88	91
50	39	45	51	57	60	63	69	75	81	87	89	94	98	102
55	43	50	56	63	66	69	76	83	89	96	97	103	108	112
60	47	54	61	68	72	76	83	90	97	104	106	112	118	122
65	51	59	66	74	78	82	90	98	105	113	115	122	127	132
70	55	63	71	80	84	88	97	105	113	122	124	131	137	142
75	59	68	77	86	90	94	104	113	122	131	133	140	147	152
80	62	72	82	91	96	101	110	120	130	139	142	150	157	164
85	66	77	87	97	102	107	117	128	138	148	151	159	166	172
90	70	81	92	103	108	113	124	135	146	157	160	167	176	183
95	74	86	97	108	114	120	131	143	154	165	169	178	186	193
100	78	90	102	114	120	126	138	150	162	174	178	187	196	203

注：管道安装时的温度按 $t_1=-5℃$。

对室内带有支管的热力干管的直线管段，允许不装伸缩器的最大长度，见图 14-16、表 14-26。

室内直线管段固定点至自由端最大允许长度(m) 表 14-26

热水温度(℃)		60	70	80	90	95	100	110	120	130	140	143	151
蒸汽(MPa)								0.05	0.10	0.18	0.27	0.30	0.40
建筑类别	民用建筑	50	44	39	35	33	32	29	27	24	22	22	22
	工业建筑	64	55	49	44	42	40	37	32	30	28	28	27

注：1. 本表是按照在固定点至自由端间，各支、立管与干管连接点的位移不超过下列数值而编制的：

民用及公共建筑为 40mm。

工业建筑为 50mm。

2. 各支、立管与干管的连接点要考虑有能够自由伸缩的措施。

(2) 自然补偿管道：利用管路敷设时的自然弯曲(如 L 型、Z 型)来吸收热力管道的温度变形，称为自然补偿。自然补偿可以节省特制的伸缩器，故在布置管网时应尽量利用。其缺点是管道变形时要产生横向位移。

自然补偿管道(L 型和 Z 型)受热膨胀发生热伸长，管道应力的计算可查图 14-17、18。管道最大允许的弯曲应力为 8000N/cm^2。

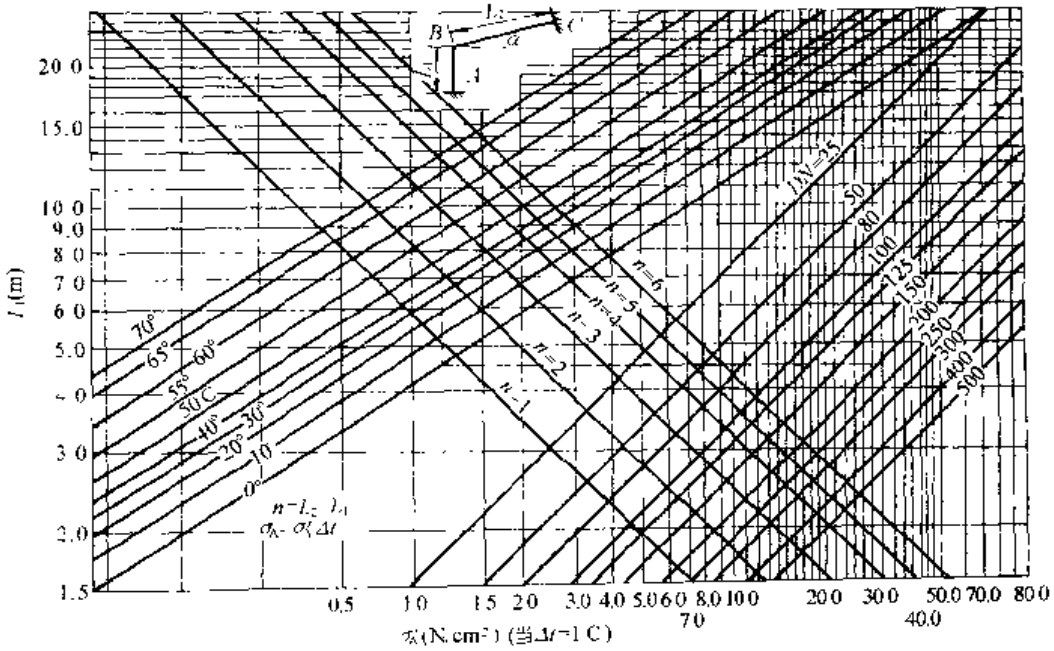


图 14-17　L 型自然补偿管道截面弯曲应力计算图

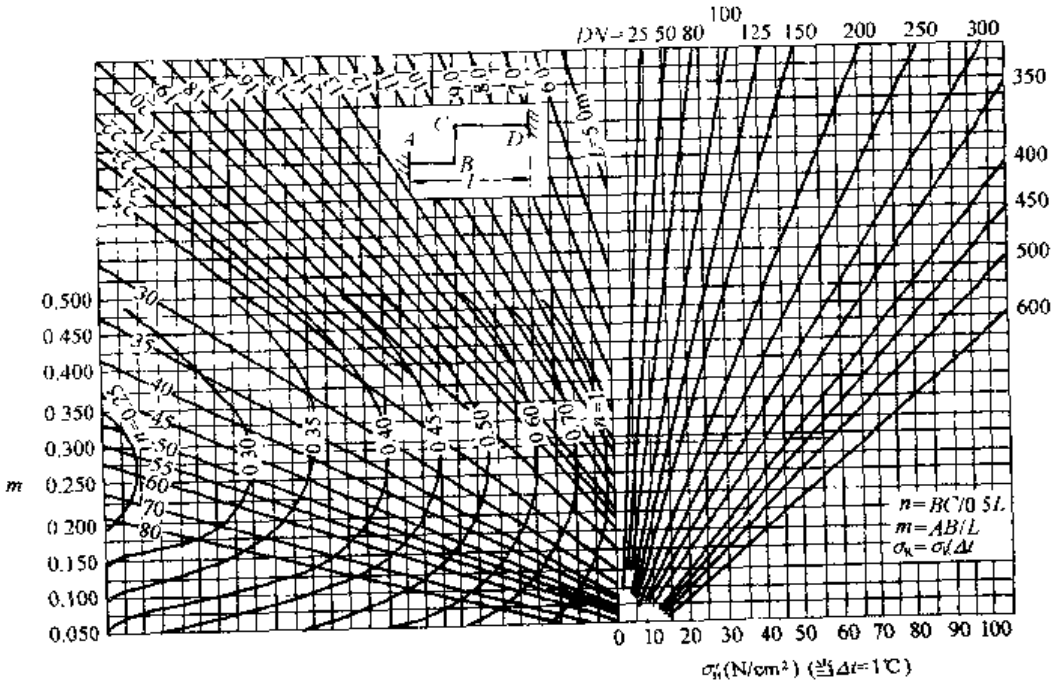


图 14-18　Z 型自然补偿管道截面弯曲应力计算图

由于活动支座的阻力妨碍了管道伸缩时的横向位移，使管道应力增加。在实际工程中，自然补偿管道实际承受的应力，要比计算应力大得多。因此，自然补偿管道的各臂长度，不得选用过大数值。建议每段臂长不宜大于 20～25m，管道最大允许弯曲应力按 4000～5000N/cm² 核算。

【例】 L 型自然补偿管道应力计算：

已知条件：$DN=200$，$L_1=10\text{m}$，$L_2=30\text{m}$，$\alpha=0°$，$\Delta t=100℃$。

【解】

$$n=\frac{L_2}{L_1}=\frac{30}{10}=3.0$$

由图 14-17 中查得 $\sigma'_A=31\text{N/cm}^2$（当 $\Delta t=1℃$ 时）

故

$$\sigma_A=\sigma'_A\Delta t=31\times100=3100\text{N/cm}^2<4000\text{N/cm}^2$$

【例】 Z 型自然补偿管道弯曲应力计算：

已知条件：$DN=100$，$\Delta t=60℃$，$AB=5\text{m}$，$BC=8\text{m}$，$CD=35\text{m}$，$L=5+35=40\text{m}$

【解】

$$n=\frac{BC}{0.5L}=\frac{8}{0.5\times40}=0.4$$

$$m=\frac{AB}{L}=\frac{5}{40}=0.125$$

由图 14-18 查得 $\sigma'_B=12\text{N/cm}^2$（$\Delta t=1℃$ 时）

所以 $\sigma_B=\sigma'_B\Delta t=12\times60=720<4000\text{N/cm}^2$

（3）Π 型伸缩器：常用 Π 型伸缩器的形式，见图 14-19，设计时可按表 14-27 选用。

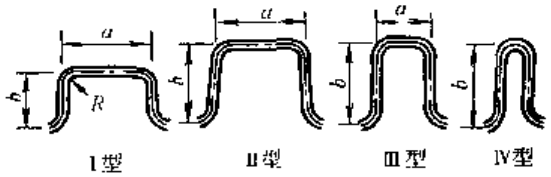


图 14-19　Π 型伸缩器的各种形式

Π 型伸缩器尺寸(mm)　　**表 14-27**

管　径		*DN*25		*DN*32		*DN*40		*DN*50		*DN*65	
弯曲半径		$R=134$		$R=169$		$R=192$		$R=240$		$R=304$	
Δl	型　号	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
25	Ⅰ	780	520	830	580	860	620	820	650	—	—
	Ⅱ	600	600	650	650	680	680	700	700	—	—
	Ⅲ	470	660	530	720	570	740	620	750	—	—
	Ⅳ	—	800	—	820	—	830	—	840	—	—
50	Ⅰ	1200	720	1300	800	1280	830	1280	880	1250	930
	Ⅱ	840	840	920	920	970	970	980	980	1000	1000
	Ⅲ	650	980	700	1000	720	1050	780	1080	860	1100
	Ⅳ	—	1250	—	1250	—	1280	—	1300	—	1120
75	Ⅰ	1500	880	1600	950	1660	1020	1720	1100	1700	1150
	Ⅱ	1050	1050	1150	1150	1200	1200	1300	1300	1300	1300
	Ⅲ	750	1250	830	1320	890	1380	970	1450	1030	1450
	Ⅳ	—	1550	—	1650	—	1700	—	1750	—	1500
100	Ⅰ	1750	1000	1900	1100	1920	1150	2020	1250	2000	1300
	Ⅱ	1200	1200	1320	1320	1400	1400	1500	1500	1500	1500
	Ⅲ	860	1400	950	1550	1010	1630	1070	1650	1180	1700
	Ⅳ	—	—	—	1950	—	2000	—	2050	—	1850

续表

管径		DN80		DN100		DN125		DN150		DN200	
弯曲半径		R=356		R=432		R=532		R=636		R=876	
Δl	型号	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
25	Ⅰ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅱ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	Ⅰ	1290	1000	1400	1130	1550	1300	1550	1400	—	—
	Ⅱ	1050	1050	1200	1200	1300	1300	1400	1400	—	—
	Ⅲ	930	1150	1060	1250	1200	1300	1350	1400	—	—
	Ⅳ	—	1200	—	1300	—	1300	—	1400	—	—
75	Ⅰ	1730	1220	1800	1350	2050	1550	2080	1680	2450	2100
	Ⅱ	1350	1350	1450	1450	1600	1600	1750	1750	2100	2100
	Ⅲ	1110	1500	1260	1650	1410	1750	1550	1800	1950	2100
	Ⅳ	—	1600	—	1700	—	1800	—	1900	—	2100
100	Ⅰ	2130	1420	2350	1600	2450	1750	2650	1950	2850	2300
	Ⅱ	1600	1600	1700	1700	1900	1900	2050	2050	2380	2380
	Ⅲ	1280	1850	1460	2050	1600	2100	1750	2200	2080	2400
	Ⅳ	—	1950	—	2100	—	2150	—	2300	—	2550

(4) 金属波纹补偿器(摘自北京融洋技术研究所河北泊头普惠机电设备厂产品样本)：该补偿器具有重量轻、体积小、温度适应范围广、柔软性和密封性较好、安装方便等优点。

当接管与法兰材料为碳钢时，工作温度范围为 -20～400℃；当接管与法兰材料为不锈钢时，工作温度范围为 -250～600℃。

各种产品的主要技术性能，见表 14-28。

金属波纹补偿器主要技术性能　　表 14-28

型号名称	型号	规格(mm)	工作压力(MPa)
轴向型内压	PZN	DN32～1600	1.0
		DN32～1500	1.6
轴向型外压	PZW	DN32～1200	0.6
		DN32～800	1.6
轴向型复式	PZF	DN32～700	1.0
		DN32～400	1.6
轴向复式拉杆	PFL	DN32～600	1.0
		DN32～600	1.6
轴向型单式	PZD	DN32～900	1.0
		DN32～400	1.6

续表

型号名称	型　　号	规格(mm)	工作压力(MPa)
直埋式波纹补偿器	PZM	DN32～400	1.6
铰链波纹补偿器	PJL	DN65～1200	1.0
		DN65～1200	1.6
大拉杆横向波纹补偿器	PDL	DN100～1500	1.0
		DN100～1200	1.6
直管压力平衡波纹补偿器	PZH	DN600～2000	0.6
轴向型双式带座波纹补偿器	PSZ	DN100～1500	1.6
小拉杆横向波纹补偿器	PXL	DN100～1500	1.0

轴向、横向、角向补偿量与管径有关，请查阅有关产品说明。

公司(厂)通信录

序号	公司(厂)名称	法人代表或联系人	邮政编码	公司(厂)地址	电　话	传　真
1	北京海淀普惠机电技术开发公司	万忠献	100854	北京市海淀区永定路52号	010—68219584	010—68219584
2	北京洁明天地环保设备有限公司	王世杰	100029	北京市朝阳区马甸裕民路12号华展国际公寓C座1005,1006室	010—82021310 82021319	010—82021322
3	上海氯威塑料有限公司	郑伟义	200241	上海市闵行区龙吴路4747号	021—64344665	021—64345560
4	杭州晨光塑料化工有限公司	张平良 管尧友	310021	浙江杭州市艮山东路七堡	0571—6010827 6018086	0571—6018086
5	北京万侯科技发展公司 北京万侯环保技术开发有限公司	韩　峰	100085	北京市海淀区上地信息产业基地信息中路19#1201室	010— 82890813/4/5/6	010—82890817
6	北京融洋技术研究所泊头普惠机电设备厂	穆秋池 赵　旭	100073	北京市丰台区六里桥北里甲4号融海大厦227房	010—63408872	010—63408872
7	北京恩菲水工业有限公司	许启明	100038	北京市复兴路12号	010—63960788	010—63960799
8	广西平南县水暖器材厂	林北泉 陈安平	537307	广西平南县大安镇63号	0775—7632313	0775—7633077
9	沈阳平和实业有限公司	金光男	110034	沈阳市于红区长江北街64—5号	024—86803124	024—86808921
10	湖北洪城通用机械股份有限公司(原湖北沙市阀门总厂)	王洪运 陈　燕	434000	湖北荆州市沙市区红门路3号	0716—8248054 8222793	0716—8211623
11	哈尔滨市新世纪自控技术应用研究所	董振真	150008	哈尔滨市南岗区巴陵街158号	0451—2652953	0451—2652953
12	北京首安工业消防工程有限公司	销售部	101304	北京市顺义区李桥镇南半壁店工业区李天路22号	010—64569207 010—64569208	010—81463639
13	湖南株洲南方阀门制造有限公司	周建勤 王胜利	412000	湖南省株洲市新华西路24号	0733—8164000 0733—8164273	0733—8167341
14	上海高桥水暖设备有限公司	周永良 沈慧娟	200137	上海浦东新区杨高北路500号	021—58670215 021—58616490 021—50408005	021—58616490 021—58678340
15	北京天达京丰技术开发有限公司	王恩岐	100071	北京市丰台文体路乙24号	010—63839888 010—63825840 010—80353750	010—6888834

续表

序号	公司(厂)名称	法人代表或联系人	邮政编码	公司(厂)地址	电　话	传　真
16	山东格致热工股份有限公司	张　炜	250022	山东济南市段店南路腊山路18号	0531—7985598 0531—7986698	0531—7986898
17	上海精嘉阀门制造有限公司	金宗朝	201804	上海市曹安公路4383号	021—69591100 021—69591155	021—69591243
18	深圳市板水实业有限公司	钱东郁	518057	深圳市高新技术产业园区科苑路24栋4楼	0755—6612881	0755—6612676
19	北京青云联合化学建材技术有限公司	雷世康	100086	北京市海淀区北三环西路43号	(010)62524452	(010)62543840