

高层建筑排水及喷水灭火系统的设计与计算

刘朝伟

(长沙市规划设计院有限责任公司, 湖南 长沙 410007)

摘要: 高层建筑排水设计在保证建筑功能方面有着十分重要的意义, 会直接影响建筑工程整体的设计质量, 并关系到整个住宅小区在投入使用后能否正常排水。建筑排水系统的设计是一个复杂的工程, 设计过程中要从技术合理、经济可行、运行管理多方面考虑, 而自动喷水灭火系统在高层建筑排水系统中以其灭火效率高、经济实用等优点, 被广泛应用于各类建筑的消防设计中。随着经济与社会的快速发展, 各类高层建筑的数量也骤然增长, 有机材料等多种可燃易燃物质也随之进入高楼大厦, 所以一旦起火, 遍布全楼的可燃物便会使火灾迅速蔓延。自动喷水灭火系统作为一种能够有效控制初期火灾的灭火措施, 也是应用最广泛、用量最大的自动灭火系统。本文以高层建筑的自动喷水灭火系统和雨水系统设计为例, 分析了该系统方案选型, 计算并介绍了自动喷水灭火给水系统和雨水系统的参数选择、供水形式选择、水力计算方法。

关键词: 排水系统; 自动喷水; 灭火系统; 雨水系统

中图分类号: TU976.5 **文献标识码:** A

1 建筑排水系统设计与计算

1.1 排水方案类型

高层建筑排水系统分为新型单立管排水系统、双立管排水系统和三立管排水系统。后两者立管较多, 占地空间大, 造价高。新型单立管排水系统通过安装特殊配件, 既提高了通水能力, 又解决了排水管道的通气问题, 施工方便, 节约管材。选用苏维脱新型排水系统^[1-3]。

首层商业区单独排水, 其余楼层采用单立管排水系统。地上污废水采用重力流排出, 报警阀室及泵房的废水流入集水坑, 经潜污泵提升至室外污水管网。

1.2 排水横支管水力计算方式

计算管道设计秒流量:

$$q_p = a N_g$$

式中, q_p 为设计管段的排水设计秒流量, L/s; N_g 为计算管段排水当量总数; a 为根据建筑物性质而定的系数, 取2.5。

1.3 排水设备的选型及计算

(1) 排出管。为排水畅通, 排出管较排水立管管径放大, 取DN150。

(2) 排水附件选型及说明。

①管材。生活污水排水系统的排出管采用机制柔性排水铸铁管, 其余管道采用PVC-U管。

②检查口及清扫口。每层立管及排水横支管上均设检查口, 检查口距地面1m, 并高于每层卫生器具最高点0.15m。排水横干管及排出管上设清扫口, 在连接4个大便器的排水横管上设清扫口。

(3) 集水坑。在消防电梯底和地下泵房需设排水口, 需设容量不小于2.00m³的集水

坑, 各集水坑底部有不小于0.05的坡度坡向泵位。集水坑有效深度为2.6m, 故集水坑容积为 $V=2.0 \times 2.0 \times 2.6=10.4 (\text{m}^3) > 2\text{m}^3$, 满足要求^[4]。

(4) 排水泵计算。为保证水泵排水量不小于10L/s, 且5min的出水量需小于集水坑的有效容积, 各集水坑均选用JYWQ80-40-15-1600-4型潜污泵两台, 一用一备, 流量 $Q=40\text{m}^3/\text{h}$, 扬程 $H=15\text{m}$, 功率 $N=4\text{kW}$ 。

2 自动喷水灭火系统设计与计算

2.1 自动喷水灭火系统方案的确定

根据《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2017)附录A, 建筑地上1~18层属于中I危险级, 地下1层为中II危险级。根据5.0.1条, 中I危险级的设计喷水强度为6L/(min·m²), 作用面积为160m², 中II危险级的设计喷水强度为8L/(min·m²), 作用面积为160m², 火灾持续1h。由于本建筑地下一层(-1层)无采暖系统, 为避免充水结冰, 本建筑的地下一层(-1层)自动喷淋系统采用预作用喷淋系统, 2~18层采用湿式喷淋系统。本建筑的自动喷水灭火系统采用消防水池-喷淋泵-高位消防水箱联合供水方式, 并联分区供水, -1~9层为加压低区, 10~18层为加压高区。

2.2 自动喷水灭火系统管网水力计算

本设计采用作用面积法进行水力计算。

2.2.1 喷头出流量

$$q = K/10P$$

式中, q 为喷头出流量, L/min; P 为喷头工作压力, MPa; K 为喷头流量系数。

标准喷头:

$$q=80 \times 1=80 (\text{L}/\text{min})=1.33 \text{ L/s}$$

边墙型喷头:

$$Q_s = 115 \times 1 = 115 \text{ (L/min)} = 1.92 \text{ L/s}$$

2.2.2 系统设计秒流量 $Q_s = nq$

地上18层:

$$Q_s = 10 \times 1.33 + 11 \times 1.92 = 34.42 \text{ (L/s)}$$

-1层:

$$Q_s = 24 \times 1.33 = 31.92 \text{ (L/s)}$$

由于地上18层的流量大于地下一层(-1层)的流量,故本设计按照34.42L/s作为喷淋泵的流量^[5]。

2.2.3 系统理论计算流量

地上18层:

$$QL = 6 \times 160/60 = 16 \text{ (L/s)}, \text{ 即 } Q_s / QL = 34.42/16 = 2.15 > 1.15, \text{ 故符合要求。}$$

-1层:

$$QL = 8 \times 160/60 = 21.3 \text{ (L/s)}, \text{ 即 } Q_s / QL = 31.92/21.3 = 1.50 > 1.15, \text{ 故符合要求。}$$

2.2.4 平均喷水强度

地上18层: $q_p = (10 \times 80 + 11 \times 115) / 180 = 11.47 \text{ L/(min} \cdot \text{m}^2)$, 此项值大于规定所要求的 $6 \text{ L/(min} \cdot \text{m}^2)$, 满足要求。

-1层: $q_p = (24 \times 80) / 160 = 12 \text{ L/(min} \cdot \text{m}^2)$, 此项值大于规定所要求的 $8 \text{ L/(min} \cdot \text{m}^2)$, 满足要求。

2.2.5 水头损失计算

管道每单位的水头损失:

$$i = diV$$

式中: i 为管道每单位所消耗的水损, MPa/m ; V 为在管道内的平均流速, m/s ; di 为管道的计算内径, m 取值按管道的内径减1mm确定。

沿程水头损失计算公式如下:

$$h = il$$

式中, h 为沿程水头损失, MPa ; l 为管道长度, m 。

湿式报警阀与水流指示器水头损失均取 20 kPa 。总水头损失为(考虑局部阻力损失为沿程水头损失的20%)

$$h_y = 1.2 \times 64.7934 + 20 = 97.7521 \text{ kPa}$$

2.3 自动喷水灭火系统设备的选型及计算

2.3.1 喷淋泵的选择

$$H = h + P_0 + Z$$

式中 h 为系统最大水头损失, kPa ; P_0 为最不利点处喷头的工作压力, MPa ; Z 为最不利点处喷头与消防水池的最低水位间的高程差。

$$H = 97.7521 + 100 + 99 \times 10 = 1187.7521 \text{ kPa}$$

选用 $\times \text{BD40-120-HY}$ 型水泵两台($Q=40 \text{ L/s}$, $H=1.20 \text{ MPa}$, $N=90 \text{ kW}$), 一用一备。

2.3.2 消防水池

根据自动喷淋系统每小时的用水量计算自动

喷淋消防水池容积:

$$z = 3.6 \times 34.42 \times 1 = 123.912 \text{ (m}^3)$$

消防池消防用水量:

$$f = 583.092 + 123.912 = 707 \text{ (m}^3)$$

2.3.3 水泵接合器

按《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2017) 10.4.1规定, 系统应设消防水泵接合器, 其数量应按系统的设计流量确定, 每个消防水泵接合器的流量按 $10 \sim 15 \text{ L/s}$ 计算, 室内消防水量为 34.42 L/s , 需设3套 $\text{SQ} \times 150$ 型地下式水泵接合器^[6]。

2.3.4 喷头及控制配件

(1) 喷头

地下一层(-1层)采用直立型喷头, 商业区和办公区公共部分采用下垂型喷头, 流量系数 $K=80$ 。办公区房间内采用快速响应边墙型扩大覆盖面积洒水喷头, 型号为 ZSTYB-20 , 流量系数 $K=115$ 。

(2) 报警阀

地下一层(-1层)设报警阀室, 设有喷淋系统中区的湿式报警阀及地下一层的预作用报警阀。地上9层、11层、13层及18层设报警阀室, 设有高区的湿式报警阀。报警阀距地面 1.2 m , 每个报警阀组的最不利喷头处设末端试水装置。

(3) 水流报警装置

水力警铃设在报警阀附近, 与报警阀数量相同。每个防火分区或每层均独立设置信号阀和水流指示器。

3 建筑雨水系统设计与计算

3.1 雨水排水方案的确定

该建筑属于公共建筑, 雨水排水系统采用重力半有压流内排水系统。降落在屋面的雨水沿屋面流入雨水斗, 经过立管排至散水。相较于外排水系统, 雨水内排水系统排水更安全可靠, 能有效避免室内冒水。本建筑该系统由雨水斗、排出管、立管组成^[7-8]。

3.2 雨水排水系统的安装

(1) 雨水斗。雨水斗应满足最大限度地迅速排除屋面雨雪水的要求, 排泄雨水时最小限度地掺气, 并能拦截粗大杂质。分铸铁浇铸的65型和钢板焊制的79型两种晒台, 宜采用平篦式雨水斗。安装雨水斗时, 应以伸缩缝或沉降缝为排水分水线, 否则应在该缝两侧各设一个雨水斗。当两个雨水斗连接在同一根立管或悬吊管上时, 应采用伸缩接头, 并保护密封。在防火墙外设置雨水斗时, 应在防火墙的两侧各设一个雨水斗。在寒冷地区, 雨水斗应尽量布置在受室内温度影响的屋面及雪水易融化的天沟范围内, 雨水立管应

布置在室内。雨水斗的间距一般采用12~24m。天沟的坡度可采用0.003~0.006。接入同一根立管的雨水斗，其安装高度应相同，当雨水立管的设计流量小于最大设计泄流量时，可将不同高度的雨水斗接入同一立管或悬吊管内。多斗雨水排水系统宜对立管做对称布置，并不得在立管顶端设置雨水斗。雨水斗与屋面连接处必须做好防水处理。雨水斗的出水管管径一般不小于100mm。设在窗井很小汇水面积处的雨水斗可采用50mm^[9]。

(2) 连接管。连接管的管径不得小于雨水斗短管的管径，连接管应牢固地固定在建筑承重结构上。多斗雨水排水系统中排水连接管应接至悬吊管上，连接管宜采用斜三通与悬吊管相连。变形缝两侧雨水斗的连接管，如合并接入一根立管或悬吊管上，应采用柔性接头。

(3) 立管。立管接纳悬吊管或雨水斗的水流。埋设于地下的一段排出管将立管引来的雨水送到地下管道中去。管材一般采用给水铸铁管，石棉水泥接口，在管道可能受到振动或生产工艺有特殊要求时，应采用钢管，接口要焊接。沿墙、柱明装或暗装于墙槽或管井内，但要设检查口，并在其处设检修门。检查口中心至地面的距离宜为1.0m。立管的下端宜采用两个45°或大曲率半径的90°弯头接入排出管。当管连接两根或两根以上悬吊管时，其管径不得小于最大一个悬吊管的管径^[10-11]。

3.3 雨水管网水力计算

3.3.1 降雨强度

$$Q = PFq_5$$

式中： Q 为屋面雨水设计流量，L/s； P 为径流系数，屋面取0.9； F 为屋面设计汇水面积， m^2 ； q_5 为当地降雨历时为5min时的暴雨强度，L/($s \cdot 100m^2$)。

查阅《给水排水设计手册02》，参考数据，设计重现期 $P=5a$ ，降雨历时5min的暴雨强度 $q_5=4.51L/(s \cdot 100m^2)$ 。

3.3.2 水力设计

(1) 立管设计

各管道选用镀锌钢管。由于75mm管径较小，容易发生堵塞问题，所以取用100mm的立管。

(2) 雨水斗

对87型雨水斗，75mm的雨水斗最大渗出流量8L/s，100mm的雨水斗最大渗出流量12L/s。同理，由于75mm管径较小，为避免堵塞，现都选用100mm的87型雨水斗。

排水系统不分区，首层单排，其余楼层采用苏维脱新型排水系统，雨水系统采用内排水系统。

4 结论

通过设计计算，本建筑的地下一层(-1层)自动喷淋系统采用预作用喷淋系统，地上采用湿式喷淋系统。自动喷水灭火系统采用消防水池-喷淋泵-高位消防水箱联合供水方式，并联分区供水，地上1~9层为加压低区，地上10~18层为加压高区。高区和低区共用一套喷淋泵，选用苏维脱新型排水系统^[12-13]。地上污废水重力流排出，地下室内废水收集至集水坑内，用潜水排污泵提升至室外污水管网。排水系统首层商业区单独排水，其余楼层采用单立管排水系统，该建筑雨水排水系统采用重力流内排雨水系统，降落到屋面的雨水沿屋面流入雨水斗，经立管排至散水。

参考文献

- [1] 马振军. 关于建筑排水设计计算过程中的易错点及难点分析[J]. 林业科技情报, 2020, 52(3): 2.
- [2] 邓清远. 给排水管道的设计问题及对策[J]. 建筑设计管理, 2014, 31(7): 102-104.
- [3] 徐鹏飞. 给排水设计中常见的问题与对策探究[J]. 林业科技情报, 2016, 48(2): 80-81.
- [4] 徐放. 市政给排水管道的结构设计探讨[J]. 低碳世界, 2017(22): 163-164.
- [5] 肖嵩. 试论给排水管道布置设计与技术[J]. 低碳世界, 2017(31): 182-183.
- [6] 侯之吉. 关于给排水管道的设计问题分析及对策探讨[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2016(29): 53-54.
- [7] 王卓诚, 张富敏. 给排水管道布置设计方法研究[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2017(9): 249-249.
- [8] 邢婷婷. 农村建筑消防与电气安装若干问题探讨[D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- [9] 封延磊. 中科电商谷A地块建设项目高层建筑的消防系统设计及优化研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2014.
- [10] 潘继江. 关于建筑工程给水管道噪声问题分析和控制对策[J]. 建材与装饰, 2017(27): 48-49.
- [11] 张晓萌. 略谈高层建筑给水排水的优化设计[J]. 中国科技投资, 2017(25): 21-22.
- [12] 杨静卫. 建筑给排水节能节水技术分析[J]. 中华民居, 2013(12): 302-303.
- [13] 左邕. 关于现阶段建筑给排水工程施工对策分析[J]. 城镇建设, 2021(1): 162-163.