

高层建筑消防工程系统设计

肖向林

天皓建筑科技有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i6.4548

[摘要] 本文围绕高层建筑消防工程系统设计展开研究,结合现行消防规范,明确高层建筑界定标准与火灾蔓延快、疏散难度大等核心特点,阐述火灾自动报警、自动喷水、防排烟等核心系统的构成与设计要点。分析当前设计中系统选型不合理、联动不协调等问题,提出选型、参数、联动控制优化策略,结合工程案例验证优化效果,为高层建筑消防工程系统设计提供科学、实用的参考,实现消防安全与经济合理性的平衡。

[关键词] 高层建筑; 消防工程; 系统设计

中图分类号: TU998.1 **文献标识码:** A

Design of Fire Protection Engineering Systems for High-Rise Buildings

Xianglin Xiao

Tianhao Building Technology Co., Ltd.

[Abstract] This paper focuses on the design of fire protection engineering systems for high-rise buildings. Based on current fire protection codes, it clarifies the definition standards for high-rise buildings and core characteristics such as rapid fire spread and difficult evacuation. It elaborates on the composition and design key points of core systems including automatic fire alarm systems, automatic sprinkler systems, and smoke control and extraction systems. Problems in current designs such as unreasonable system selection and uncoordinated linkage are analyzed. Optimization strategies for selection, parameters, and linkage control are proposed. The optimization effects are verified through engineering cases, providing scientific and practical references for the design of fire protection engineering systems for high-rise buildings, achieving a balance between fire safety and economic rationality.

[Key words] high-rise building; fire protection engineering; system design

引言

随着城市化进程加快,高层建筑成为城市建设主流,但其结构复杂、人员密集,火灾防控难度显著提升,“烟囱效应”等问题易引发严重安全事故。消防工程系统作为高层建筑火灾防控的核心,其设计科学性直接关系到人员生命与财产安全。基于此,本文结合现行消防规范与工程实践,系统探讨高层建筑消防各系统设计要点,分析现存问题并提出优化方案,助力提升高层建筑消防设计水平与安全保障能力。

1 高层建筑消防工程系统相关理论与规范基础

1.1 高层建筑界定与消防特点

(1) 高层建筑界定:依据我国现行的高度划分标准及建筑分类,民用建筑中,住宅建筑高度大于27m、公共建筑高度大于24m即为高层建筑;建筑高度大于100m的为超高层建筑,不同类型建筑的界定标准贴合其使用功能,为消防设计提供基础依据。(2) 高层建筑消防特点:火灾蔓延速度快,楼梯间易形成“烟囱效应”,

加速火势扩散;疏散难度大,人员密集且楼层高,火灾时电梯停用,易出现恐慌和踩踏风险;灭火救援复杂,建筑高度超出常规消防车供水范围,烟雾遮挡视线;荷载要求高,消防设施需承受更大压力,对结构承载能力要求更严格。

1.2 消防工程系统核心构成

(1) 火灾自动报警系统:核心功能是探测火灾初期信号并报警,联动其他消防系统启动,由火灾探测器、手动报警按钮、报警控制器等组成;通过探测器监测环境参数,异常时传递信号至控制器,触发报警并联动相关设备。(2) 自动喷水灭火系统:适用于高层建筑大部分区域,尤其人员密集、火灾隐患较大场所,分为湿式、干式、预作用等类型;设计核心是保证喷头布置合理、供水稳定,能快速响应火灾并控制火势。(3) 防排烟系统:用于排出火灾烟雾、补充新鲜空气,保障疏散通道畅通,分为机械排烟和自然排烟两类;设计原则是优先保障疏散区域排烟效果,兼顾防火分隔,减少烟雾影响^[1]。

1.3 现行相关设计规范解读

(1) 核心规范:《建筑防火通用规范》GB 55037-2022为全文强制最高优先级,是建筑防火设计底线,覆盖消防救援设施、总平面布局、防火分隔、结构耐火等全方面,与其他规范冲突时优先执行。《消防设施通用规范》GB 55036-2022同样全文强制最高优先级,明确消火栓、自喷、火灾自动报警等各类消防设施的最低设置要求。《建筑设计防火规范》GB 50016-2014(2018年版)是高层建筑防火设计核心常用规范,明确建筑分类、耐火等级、防火分区、安全疏散、消防电梯等关键要求。(2) 专项系统规范:(1) 消防给水与灭火系统:《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014,明确消防水源、给水形式、水泵、消火栓布置等;《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084-2017,规范喷头选型、布置、水力计算等;《气体灭火系统设计规范》GB 50370-2005,适用于机房等不宜用水灭火场所。(2) 防排烟系统:《建筑防排烟系统技术标准》GB 51251-2017为核心,防烟楼梯间等必设防烟,超50m公共建筑、超100m住宅需机械加压送风;地下室、中庭等必设排烟,自然排烟窗面积 \geq 地面2%,超100m建筑加压送风竖向分段 \leq 100m。(3) 火灾自动报警与联动:《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116-2013,明确探测器选型、消防控制室设置要求;《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309-2018,规范照度、供电时间等,优先选用集中控制型。(4) 其他专项:《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》GB 50067-2014,明确高层汽车库防火要求;《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222-2017,规定高层内部装修材料燃烧性能等级。

2 高层建筑消防工程各系统设计

2.1 火灾自动报警系统设计

(1) 系统选型:依据建筑高度、使用功能选用合适类型。建筑高度 \leq 100m、功能单一的高层建筑可选用集中报警系统;超高层建筑、多功能综合体需采用控制中心报警系统,实现多区域集中监控与联动;小型高层住宅可选用区域报警系统,满足基础报警需求,确保选型与建筑规模、场景匹配。(2) 探测器布置:根据场所特性选类型,客房、办公室等封闭区域用点型感烟探测器,厨房、机房等高温区域用感温探测器。安装避开通风口、梁体遮挡,顶棚安装时点型感烟探测器间距 \leq 15m,感温探测器 \leq 10m,探测器至端墙距离不超过安装间距1/2,至墙、梁边水平距离 \geq 0.5m,周围0.5m内无遮挡,宜水平安装,倾斜角 \leq 45°;调试需测试灵敏度,确保报警准确、无误报漏报^[2]。(3) 报警控制器设计:安装于消防控制室,远离强电磁干扰、便于值守;容量预留10%-20%备用回路,满足后期扩展;联动逻辑明确,火灾报警后自动关闭空调、启动防排烟设备、切断非消防电源,保障各系统协同运作。

2.2 自动喷水灭火系统设计

(1) 系统选型:根据建筑火灾危险性等级选用闭式、开式或预作用系统。一类高层公共建筑、高层住宅选用闭式系统(以湿式为主),满足日常防控需求;舞台、中庭等大空间选用开式系统,实现大面积喷水;地下车库、配电室等忌水区域选用预作用

系统,避免误喷损坏设备,确保系统适配火灾危险性等级。(2) 管网设计:遵循“环状供水”原则保障供水可靠,管道坡度 \geq 0.002便于排水;管径按设计流量计算,主干管 \geq DN100,支管适配喷头数量;每层或每个防火分区设水流指示器反馈水流信号,末端试水装置设于最不利点喷头处,方便系统调试与日常检测。(3) 消防水泵与水箱设计:水泵选型满足设计流量和压力,采用一用一备模式保障供水;流量按最不利点喷头同时喷水流量计算,压力需克服管网阻力和喷头工作压力;高位消防水箱容积 \geq 18m³,安装于建筑最高处,保障最不利点喷头静压,满足初期灭火供水需求^[3]。

2.3 防排烟系统设计

(1) 排烟系统设计:根据建筑条件选择自然或机械排烟方式。建筑高度 \leq 50m、具备自然排烟条件的区域(如中庭、可开启外窗区域)采用自然排烟,排烟窗面积不小于排烟区域面积的2%;超高层建筑、无自然排烟条件区域采用机械排烟,排烟口设于顶棚或墙面,距可燃物 \geq 1.5m;风量按排烟区域体积计算,确保每小时换气次数符合规范。(2) 防烟系统设计:楼梯间、前室等疏散通道设加压送风系统,防止烟雾侵入。风量结合加压区域体积和门缝漏风量计算,确保楼梯间正压值40~50Pa、前室25~30Pa;风口设于楼梯间顶部或前室墙面,均匀送风,避免送风死角。(3) 系统联动控制:明确与火灾报警、灭火系统的联动逻辑。火灾报警后,立即启动机械排烟系统并关闭防火阀,同步启动加压送风系统、联动关闭防火门,保障疏散通道无烟;灭火系统启动后,根据火灾蔓延调整排烟风量,实现协同控制。

2.4 消火栓系统与应急疏散系统设计

(1) 消火栓系统:室内外消火栓布置、管径计算、水压要求。室外消火栓间距不大于120m,距路边不大于2m,确保消防车取水便捷;室内消火栓布置在楼梯间、走廊等易取用位置,间距不大于30m,每层均需设置;管径根据设计流量计算,主干管管径不小于DN150,水压需满足最不利点消火栓静压不小于0.15Mpa,高层建筑消火栓栓口动压不应小于0.35Mpa,且不应大于0.50Mpa,大于动压0.70Mpa时必须设减压装置,确保灭火时供水充足。(2) 应急疏散系统:疏散楼梯、安全出口设计,应急照明与疏散指示标志布置。疏散楼梯采用防烟楼梯间,梯宽不小于1.1m,疏散距离符合规范要求,避免设置影响疏散的障碍物;安全出口数量不少于2个,分散布置,确保人员快速疏散;应急照明持续供电时间不小于30分钟,疏散方向标志灯的标志面与疏散方向垂直时,灯具的设置间距不应大于20m;疏散方向标志灯的标志面与疏散方向平行时,灯具的设置间距不应大于10m,安装在墙面距地1m以下位置,清晰指引疏散方向^[4]。

3 高层建筑消防工程设计优化与案例分析

3.1 现有消防设计存在的问题分析

(1) 设计层面:系统选型不合理、参数计算偏差、各系统联动不协调等问题。部分设计未结合建筑高度、使用功能精准选型,如高层住宅盲目采用控制中心报警系统,造成资源浪费;消防水量、风量等核心参数计算偏差,要么导致供水供电不足,影

响灭火效果,要么过度设计增加成本;各系统联动逻辑不完善,如火灾报警后防排烟系统启动延迟,消火栓与自动喷水系统协同不畅,降低火灾处置效率。(2)施工与运维层面:设计与施工脱节、后期运维难度大等衍生问题。设计方案未充分考虑施工可行性,如管道布置与建筑结构冲突,导致施工时随意修改设计,破坏消防系统完整性;部分设计采用小众设备,后期配件更换困难,运维成本偏高;设计文件缺乏详细运维指引,导致运维人员操作不规范,影响系统长期稳定运行。

3.2消防工程系统设计优化策略

(1)系统选型优化:结合建筑特点优化消防系统类型,提升适配性。根据建筑高度、火灾危险性等级及使用场景,精准选用报警、喷水系统,如超高层综合体采用控制中心报警系统;南方地下车库用湿式自动喷水灭火系统,北方用预作用系统(其成本远高于湿式系统)。避免盲目追求高端设备,优先选用成熟、适配性强、运维便捷的系统,实现功能与成本平衡。(2)参数设计优化:精准计算消防水量、风量等参数,降低能耗与成本。采用专业软件,结合建筑布局核算消防水泵流量、加压送风系统风量等核心参数,避免冗余;优化管网、风管布置,减少阻力损失,降低设备能耗,在保障安全的前提下,严控工程投资与后期运维成本^[5]。(3)联动控制优化:完善系统联动逻辑,提升火灾处置效率。梳理各系统联动关系,明确火灾报警后各系统启动顺序与运行参数,如先切断非消防电源、启动防排烟系统,再联动喷水、消火栓系统;增设联动反馈装置,实时监测运行状态、排查故障,确保各系统协同高效运作。

3.3工程案例析

(1)案例概况:选取某典型一类高层公共建筑为实例,该建筑总高88m,地上22层、地下3层,总建筑面积4.2万m²,涵盖办公、商业及地下车库,高层办公区域为中危险级Ⅰ级,地下车库为中危险级Ⅱ级,原有消防设计存在系统适配性差、联动不畅等问题,

需优化设计。(2)设计方案解析:优化后采用集中报警系统,客房、办公室布置点型感烟探测器,厨房设感温探测器;自动喷水系统选用湿式系统,管网环状布置,末端试水装置设于最不利点;防排烟系统采用机械排烟与加压送风结合,楼梯间设加压送风系统,商业区域布置机械排烟口;消火栓按规范间距布置,应急照明持续供电不低于30分钟。(3)优化效果验证:对比优化前后方案,优化后系统与建筑功能高度适配,避免资源浪费;参数精准性提升,能耗降低15%以上,工程成本节约10%;各系统联动响应时间缩短至30秒内,火灾处置效率显著提升,各项指标均符合现行消防规范,验证了优化策略的可行性与实用性。

4 结束语

高层建筑消防工程系统设计是一项兼具专业性与综合性的工作,需严格遵循“预防为主、防消结合”原则,兼顾安全可靠与经济合理。本文通过对各消防系统设计、现存问题及优化策略的探讨,结合案例验证了优化方案的可行性。未来设计中,需持续贴合规范更新要求,融合先进技术,优化系统联动效能,规避设计与运维脱节问题,为高层建筑构建全方位、高效能的消防安全防护体系。

[参考文献]

- [1]虞海波.高层民用建筑的消防设计[J].中国建筑金属结构,2023,22(09):114-116.
- [2]李东杰.高层建筑消防设计中存在的问题及应对措施[J].工程建设与设计,2024,11(21):47-49.
- [3]吴帮建.既有建筑改造消防设计的问题及技术路径探究[J].中国建筑金属结构,2025,24(06):139-141.
- [4]王卿.高层建筑消防工程设计与施工研究[J].消防界(电子版),2024,10(09):120-122.
- [5]蒋紫怡,王朔.高层民用建筑消防工程改造设计与施工常见问题解决措施[J].消防界(电子版),2024,10(05):78-80.