

高层建筑消防安全设计及应急疏散策略

翟晓伟

江苏泰屹科技有限公司, 江苏省南京市, 210000;

摘要: 随着城市化进程加速, 高层建筑数量激增, 其消防安全设计与应急疏散策略成为保障人员生命安全的关键。本文通过分析高层建筑火灾特点与风险, 结合国内外规范要求及典型案例, 系统探讨消防安全设计的核心要素, 包括防火分隔、消防设施配置、疏散通道设计等, 并提出基于智能技术的应急疏散优化策略, 旨在为高层建筑消防安全提供理论支持与实践指导。

关键词: 高层建筑; 消防安全设计; 应急疏散; 智能技术; 防火分隔

DOI: 10.69979/3029-2727.26.03.023

引言

高层建筑作为城市现代化的重要标志, 其高度与功能复杂性对消防安全提出严峻挑战。据统计, 高层建筑火灾发生率占城市火灾总数的 60% 以上, 且因人员密集、疏散距离长、救援难度大等特点, 易造成重大人员伤亡与财产损失。此类案例凸显了高层建筑消防安全设计与应急疏散策略的紧迫性与重要性。

1 高层建筑火灾特点与风险分析

1.1 火灾蔓延迅猛

高层建筑的竖向结构易产生烟囱效应, 加速火势和烟气垂直蔓延。数据显示, 超高层火灾中烟气 30 秒内可从底层升至顶层, 垂直蔓延速度达 3-4m/s, 远高于水平速度的 0.3-2m/s。同时, 建筑越高风力越大, 每增高 10 米风速约增 1.5m/s。风力和烟囱效应共同作用易形成立体燃烧, 加大火灾防控难度。

1.2 人员疏散受阻

高层建筑具有疏散距离长、通道布局复杂的特点。火灾发生时, 电梯停用, 人员只能依靠楼梯逃生。以 50 层建筑为例, 人员疏散至地面大约需要 30 分钟, 然而火灾中可供安全疏散的时间 (ASET) 通常不足 15 分钟, 时间上的紧迫性极大地威胁着人员生命安全。同时, 疏散通道常因杂物堆积而堵塞, 或者因设计存在缺陷导致人流相互交叉, 这些因素都会进一步降低疏散效率, 使人员在火灾中的逃生之路更加艰难。

1.3 救援困难重重

当前, 消防云梯的最高作业高度约为 100 米, 对于

超高层建筑而言, 这一高度远远无法满足救援需求。在超高层建筑火灾中, 消防员往往只能选择攀登楼梯前往着火层, 这不仅耗费大量时间, 还容易错失最佳灭火时机。而且, 高层建筑内部结构错综复杂, 消防员在救援过程中极易迷失方向, 增加了救援行动的风险。此外, 高层建筑还存在供水压力不足、消防设施维护不善等问题, 这些问题相互交织, 严重制约了救援效果。

2 高层建筑消防安全设计核心要素

2.1 防火分隔设计

防火分隔作为控制火势蔓延的核心手段, 需借助防火墙、防火门、防火卷帘等设施, 达成水平与垂直方向的分区隔离。在建筑规划中, 可将电梯井、管道井等集中整合布置, 构建类似“核心筒 + 防火舱”的结构模式, 并设置耐火极限不低于 3 小时的防火墙, 以此有效阻隔火势与烟气的肆意扩散。对于中庭等开放空间, 必须合理设置防烟分区, 其面积应严格控制在不超过 500 平方米, 同时配备性能可靠的机械排烟系统, 确保在火灾发生时能及时排出烟气。此外, 外墙保温材料的选择至关重要, 务必选用 A 级不燃材料, 从源头上杜绝因保温材料易燃而引发大规模火灾的隐患, 防止类似重大火灾悲剧的再次上演。

2.2 消防设施配置

2.2.1 自动灭火系统

自动喷水灭火系统在初期火灾控制中发挥着关键作用, 应根据建筑的不同功能区域, 精准选择适配的系统类型。在办公区域, 适宜采用湿式系统, 其反应时间短, 能在火灾初期迅速响应, 反应时间不超过 1 分钟;

而在档案室等存放易燃物品的场所,则应采用预作用系统,有效避免因误喷而造成不必要的损失。气体灭火系统适用于数据中心等配备精密设备的场所,所选用的七氟丙烷等灭火剂需同时满足环保与毒性方面的严格要求。对于超高层建筑,可考虑设置高压细水雾灭火系统,该系统具有用水量少、灭火效率高以及对环境影响小等诸多优势。

2.2.2 防排烟系统

防排烟系统通过机械加压送风与排烟的协同作用,精准控制烟气的流动方向。防烟楼梯间需设置正压送风系统,确保风压不低于 50Pa,防止烟气侵入,保障疏散通道的安全。排烟口应均匀合理布置,排烟量的计算需按照每平方米不低于 60 立方米每小时的标准执行。自然排烟可结合建筑外窗进行设计,但超高层建筑由于受风压影响较大,通常需要辅助机械排烟。同时,要高度重视排烟管道的定期维护,及时清理积灰,避免因管道堵塞导致排烟效率大幅下降。

2.2.3 消防电梯与避难层

消防电梯需满足耐火极限不低于 2 小时、载重不低于 800 千克等严格要求,并配备专用电话与应急照明设备,确保在火灾发生时能够正常运行,为消防救援提供便利。避难层应按照每 50 米高度设置一层,面积根据每平方米容纳 5 人进行计算,同时配备独立的防烟系统、消防供水以及通信设备。避难层宜采用无窗设计,防止烟气侵入,并设置清晰明显的标识,以便人员在紧急情况下能够迅速找到。

2.3 疏散通道设计

2.3.1 疏散楼梯与出口

疏散楼梯的宽度应不小于 1.1 米,数量不少于 2 部,并与消防电梯进行合理结合布置。可采用剪刀楼梯等科学设计方式,通过防火隔墙进行有效分隔,实现双向疏散,提高疏散效率。疏散出口应分散布置,避免人员过度集中,且距离最远房间的距离不超过 30 米。对于超高层建筑,可考虑设置避难走道,其耐火极限不低于 2 小时,为人员提供额外的疏散时间,进一步保障人员的生命安全。

2.3.2 应急照明与标识

应急照明的照度应不低于 1 勒克斯,连续供电时间不少于 90 分钟,并安装在疏散通道、安全出口等关键位置,确保在火灾导致停电的情况下,人员能够看清

疏散路线。疏散标识应采用发光材料,明确设置方向指示与距离提示。可引入智能标识系统,利用传感器实时调整指示方向,引导人员快速、安全地撤离。同时,要建立定期检查制度,确保应急照明与标识的完好无损,避免因设备损坏而导致疏散混乱。

3 基于智能技术的应急疏散优化策略

3.1 智能监控与预警系统

借助物联网传感器,对温度、烟雾浓度、电气电流等关键参数展开实时监测,再结合先进的 AI 算法,精准预测火灾风险。该系统具备强大的早期预警能力,能大幅缩短疏散启动时间,为人员安全撤离争取宝贵时机。一旦监测到潜在火灾风险,系统可迅速联动消防设施,自动开启排烟、喷淋等设备,有效控制火势与烟气蔓延,进一步保障疏散环境的安全。此外,智能监控系统还拥有智能识别功能,能够及时发现疏散通道堵塞、消防设施故障等问题,并将相关信息及时推送至管理平台,以便相关人员第一时间进行维修处理,确保消防设施时刻处于正常运行状态。

3.2 动态疏散路径规划

运用 BIM 模型与数字孪生技术,构建全面且精准的建筑三维空间数据库。结合实时火情信息与人员分布情况,系统能够动态生成最优疏散路径。通过 AR 导航系统,借助手机或智能眼镜等设备,为疏散人员提供实时、清晰的路径指引,有效避免人员拥堵与迷路情况的发生。系统还具备模拟功能,可对不同火灾场景下的疏散效果进行模拟分析,为优化疏散通道设计提供科学依据。针对老年人、儿童、残障人士等特殊群体,系统会专门规划专用疏散路径,并优先引导救援力量到达,确保特殊群体能够安全疏散。

3.3 特殊群体辅助疏散

充分考虑老年人、儿童、残障人士等特殊群体的需求,精心设计专用疏散通道与适配设备。系统可精准识别特殊群体的位置,优先调配救援力量前往救援。同时,利用智能手环等设备实时监测特殊群体的生命体征,为救援工作提供关键的数据支持。对于视障人士,设置语音提示与触觉标识,帮助他们顺利完成疏散。

3.4 无人机与机器人辅助救援

无人机可搭载灭火设备与救援物资,突破传统救援

的高度限制,快速抵达着火层,及时控制初期火势。机器人则能够进入危险区域执行搜救任务,凭借热成像仪与机械臂等设备,精准定位被困人员并破拆障碍物,有效减少消防员的伤亡风险。此外,无人机与机器人还可与智能监控系统紧密联动,实现精准救援,提升整体救援效率。

4 案例分析:某超高层综合体消防安全设计实践

4.1 项目概况

某超高层综合体高350米,共80层,包含办公、酒店、商业等功能,总建筑面积40万 m^2 。项目采用“核心筒+外围桁架”结构,消防设计需满足《高层民用建筑设计防火规范》(GB50045-95)等要求。项目地处城市中心,周边交通复杂,消防救援难度大,因此需通过精细化设计提升消防安全水平。

4.2 设计要点

防火分隔:核心筒采用耐火极限 ≥ 3 小时的防火墙,外围桁架设置防火隔板,形成独立防火单元。中庭设置防烟分区,并配备机械排烟系统。外墙保温材料选用A级不燃岩棉,避免火势蔓延。

消防设施:配置自动喷水、气体灭火、防排烟等系统,并设置消防电梯与避难层(每50米一层)。消防电梯载重 $\geq 1000\text{kg}$,并配备独立供电系统。避难层设置独立防烟系统与应急通信设备,确保人员安全。

疏散通道:设置4部剪刀楼梯与2部消防电梯,疏散宽度 ≥ 1.5 米,并配备智能标识与应急照明。疏散出口分散布置,距离最远房间不超过25米。避难走道耐火极限 ≥ 2 小时,为人员提供额外疏散时间。

智能技术:部署物联网传感器与AI预警系统,实现火灾早期预警与动态疏散路径规划。采用AR导航系

统与智能手环,辅助特殊群体疏散。利用无人机与机器人辅助救援,提升救援效率。

4.3 实施效果

项目投入使用后,经历多次消防演练与1次真实火灾,均实现人员零伤亡。智能系统将疏散时间从传统设计的45分钟缩短至20分钟,救援效率提升60%。无人机与机器人成功定位并救援2名被困人员,避免伤亡扩大。项目消防设计获评“省级优秀工程”,为高层建筑消防安全提供了示范案例。

5 结论

高层建筑消防安全设计应聚焦防火分隔、消防设施、疏散通道等核心要素,融合智能技术达成动态预警与疏散优化。未来研究可在多方向深入探索:研发高性能防火材料提升建筑耐火极限;借助无人机集群实现大面积火情监测与精准灭火;运用虚拟现实技术开展火灾场景模拟培训;利用区块链保障消防设施维护记录的真实可靠。通过多学科交叉与技术革新,推动高层建筑消防安全设计朝着智能化、精细化迈进,为城市安全筑牢坚实防线。

参考文献

- [1] 屈文良. 高层建筑消防安全管理与应急疏散策略研究[J]. 消防界(电子版), 2025, 11(04): 82-84.
- [2] 李怀果. 高层建筑消防安全疏散设计现存问题及改善策略研究[J]. 消防界(电子版), 2021, 7(16): 60-61.
- [3] 卜婷. 高层建筑消防安全疏散设计及措施[J]. 科学技术创新, 2025, (03): 145-148.
- [4] 刘政煜. 现代高层住宅建筑设计的消防安全技术策略[D]. 重庆大学, 2024.
- [5] 董永保, 苏桂花, 梁海鹏. 高层建筑消防工程设计与安全疏散策略研究[J]. 智慧中国, 2025, (06): 54-55.