

SEM-SAFE 系统在高层建筑消防中的应用研究

朱卫星

上海景文同安机电消防工程有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i9.4891

[摘要] 针对高层建筑消防空间复杂、火灾蔓延快、传统灭火系统效率低的问题,以某城市中心超高层建筑为研究对象,采用系统设计与实体试验相结合的方法,开展SEM-SAFE高压细水雾系统在高层建筑消防中的应用研究。通过优化系统组成配置、确定适配设计参数、规范安装工艺与维护流程,实现对高层建筑不同功能区域的精准灭火防护。结果表明,该系统灭火响应时间 $\leq 30s$,单平方米耗水量仅1.2L,水渍损失面积不足传统水喷淋系统的10%,且对精密设备无损害。

[关键词] SEM-SAFE系统; 高层建筑; 消防设计; 高压细水雾

中图分类号: TU97 文献标识码: A

Study on the application of SEM-SAFE system in high-rise building fire protection

Weixing Zhu

Shanghai Jingwen Tongan Electromechanical Fire Protection Engineering Co., Ltd.

[Abstract] Aiming at the problems of complex fire-fighting space, rapid fire spread and low efficiency of traditional fire-fighting system in high-rise buildings, taking a super-high-rise building in a city center as the research object, the application of SEM-SAFE high-pressure water mist system in high-rise building fire-fighting was studied by combining system design with physical test. By optimizing the system configuration, determining the adaptive design parameters, standardizing the installation process and maintenance process, the precise fire protection for different functional areas of high-rise buildings can be realized. The results show that the fire-extinguishing response time of the system is less than 30 s, the water consumption per square meter is only 1.2L, the water damage area is less than 10% of the traditional water spraying system, and there is no damage to precision equipment.

[Key words] SEM-SAFE system; High rise building; Fire protection design; high-pressure water mist

引言

高层建筑因高度高、功能复合、人员密集、竖向疏散困难等特点,火灾防控一直是建筑安全领域的重难点。传统灭火系统或存在耗水量大、水渍损害严重的问题,难以满足高层建筑多元化消防需求。SEM-SAFE系统作为集成高压细水雾技术的新型灭火系统,兼具气体灭火的快速抑制性与水喷淋的冷却持久性,在消防领域展现出显著优势。结合某城市中心超高层建筑项目实际情况,深入探讨SEM-SAFE系统的设计要点、应用方法与实际效果,为同类建筑消防设计提供参考^[1]。

1 高层建筑消防设计优化背景

1.1 项目基本情况

某城市中心超高层建筑总建筑面积18.6万 m^2 ,建筑高度238m,地下4层,地上56层。地下部分为停车场、设备机房与仓储区域,地上1~8层为商业综合体,9~30层为办公区域,31~56层为住宅区域。建筑内包含大量精密电气设备、易燃装饰材料与

密集人员流动区域,不同区域火灾荷载差异显著,对灭火系统的适应性、高效性与安全性提出极高要求,亟需更优的消防解决方案。

1.2 现有消防技术局限

传统水喷淋系统在高层建筑中的应用,受水压限制,高层区域灭火效果不佳,且单平方米耗水量达10~12L,火灾后水渍损害严重,仅办公区域设备修复成本就可能超千万元。气体灭火系统虽灭火速度较快,但适用空间有限,且部分气体灭火剂存在环保隐患,对人体有一定刺激性,不适用于人员密集的商业与住宅区域。此外,传统系统普遍存在响应时间长、复燃风险高的问题,难以应对高层建筑火灾快速蔓延的特点。该项目不同功能区域的消防需求差异进一步放大了传统技术的局限,商业区域需快速灭火且减少财产损失,办公区域需保护精密设备,住宅区域需保障人员安全,现有技术无法同时满足这些要求,因此引入SEM-SAFE系统成为项目消防优化的必然选择。

2 SEM-SAFE系统在高层建筑消防中的应用

2.1 SEM-SAFE系统核心构成

SEM-SAFE系统是基于高压细水雾技术的新型灭火系统,由泵组、区域阀组、细水雾喷头、供水管路、火灾报警控制系统及末端调试装置组成,通过物理作用实现灭火功能。其核心工作机制是破坏火灾发生的“火三角”要素,高压状态下的细水雾接触火焰后,瞬间蒸发并膨胀1680倍,形成大量蒸汽占据燃烧空间,快速置换氧气,实现窒息灭火。同时,水雾蒸发过程吸收大量热量,使燃烧区域温度迅速降至可燃物燃点以下,实现冷却灭火,双重作用大幅降低火灾复燃风险。

2.2 系统适配性设计

结合项目不同区域的火灾荷载、空间布局与使用功能,进行SEM-SAFE系统参数精准设计。泵组选用PAH82型九柱塞高压泵,该泵采用耐腐蚀不锈钢材质,以水为润滑剂,能源效率达94.8%,运行震动值 $\leq 2.8\text{mm/s}$,噪声低于65dB,适合高层建筑设备机房的安装环境。泵组设计工作压力12.8MPa,最大输出流量 $45\text{m}^3/\text{h}$,能满足238m高度建筑的水压需求,确保顶层区域喷头正常工作^[2]。

区域阀组根据建筑分区设置,选用DN20-DN50全通径球阀,材质为304不锈钢,耐腐蚀性强,工作压力与泵组匹配为12.8MPa,输入电压220VAC。阀组采用集成块设计,集成系统控制阀、检修阀、调试阀与压力监测装置,无压力损失,密封等级达VI级,确保无泄漏风险。细水雾喷头根据区域特点选型,商业区域选用快速响应大流量闭式喷头,喷射角度 120° ,喷雾粒径 $50\sim 200\mu\text{m}$,安装间距3.2m。办公区域选用普通响应闭式喷头,动作温度 68°C ,安装间距3.5m,确保保护无死角。住宅区域选用微型喷头,喷射角度 100° ,安装高度2.8m,适配居住空间布局。设备机房选用小流量开式喷头,喷雾粒径 $50\sim 100\mu\text{m}$,满足设备密集区域的灭火需求。供水管路采用316L不锈钢管,管径根据流量需求匹配,商业区域主管径DN65,办公与住宅区域主管径DN50,管道压力损失控制在 0.3MPa 以内,确保各区域喷头出水压力稳定。

2.3 系统安装工艺

系统安装严格遵循《高压细水雾灭火系统技术规范》GB/T51359-2019要求,结合项目结构特点制定专项安装方案。泵组安装于地下一层设备机房,机房面积 36m^2 ,设置独立排水系统以及减震基础,基础承载力 $\geq 80\text{kN/m}^2$,泵组与管路连接采用法兰连接,密封垫片选用耐高压氟橡胶材质,确保连接处无渗漏。安装后对泵组进行试运行测试,连续运行48小时,压力波动 $\leq \pm 0.1\text{MPa}$,流量稳定无波动。

区域阀组安装于各楼层管井内,安装高度距地面1.5m,阀组周围预留0.8m操作空间,阀门开启方向统一朝向操作通道。阀组安装后进行耐压试验,试验压力为工作压力的1.5倍,即 19.2MPa ,保压30分钟,压力降 $\leq 0.05\text{MPa}$ 为合格。供水管路安装前进行除锈处理,管道焊接采用氩弧焊工艺,焊缝无损检测合格率达100%。管道安装坡度为0.003,朝向排水点,确保系统调试与维护时排水彻底。

喷头安装是系统高效运行的关键,安装前对喷头进行外观检查与流量测试,不合格产品严禁使用。喷头安装采用专用支架固定,支架间距 $\leq 1.5\text{m}$,喷头与吊顶、梁体等障碍物的距离 $\geq 0.3\text{m}$,确保喷雾不受阻挡。商业区域喷头安装于吊顶下方,办公区域喷头嵌入吊顶内,住宅区域喷头隐蔽安装于天花板内,设备机房喷头明装于设备上方,不同安装方式均满足区域使用功能与美观要求。

火灾报警控制系统与建筑消防联动系统无缝对接,采用双回路设计,确保信号传输可靠。系统设置烟感探测器、温感探测器与火焰探测器,探测器安装间距 $\leq 5\text{m}$,在火灾初期(火焰面积 $\leq 0.5\text{m}^2$,温度升高 $\leq 30^\circ\text{C}$)即可触发报警。报警后系统自动启动,先启动火灾区域阀组,延迟3s启动泵组,避免误启动造成损失,同时联动应急照明、疏散指示与排烟系统,形成完整消防联动体系^[3]。

2.4 系统安全保障与维护方案

SEM-SAFE系统设置多重安全保障机制,确保运行安全可靠。系统具备三种启动方式,自动启动通过火灾探测器触发,手动启动可通过楼层消防栓按钮操作,应急机械启动可在断电情况下通过阀组机械装置启动,三种方式相互备用,确保火灾时快速响应。系统还设置压力保护装置,当管路压力超过 15MPa 时,安全阀自动泄压,避免管路损坏。当压力低于 10MPa 时,系统发出报警信号,提示工作人员排查故障。

日常维护方案根据项目实际制定,实行分级维护制度。每日进行外观检查,查看泵组、阀组与管路有无渗漏、腐蚀情况,探测器指示灯是否正常。每周测试系统压力,确保管路压力维持在 12.8MPa 左右,偏差不超过 $\pm 0.3\text{MPa}$ 。每月进行一次局部联动测试,随机选取2~3个区域,模拟火灾信号,测试系统启动响应时间与喷雾效果。每季度进行一次全面维护,对泵组进行解体检查,清洁内部组件,对阀组进行启闭调试,对喷头进行流量检测,更换老化密封件。每年与应急管理部门合作进行一次全系统实战演练,模拟不同区域火灾场景,检验系统整体灭火效能。

3 SEM-SAFE系统在高层建筑消防中的应用效果分析

表1 SEM-SAFE系统与传统消防系统性能对比表

测试指标	SEM-SAFE系统	传统水喷淋系统
灭火响应时间	28s	75s
灭火完全时间	90s	240s
每平方米耗水量	1.2L	10.5L
水渍损害面积	$8\text{m}^2/\text{k m}^2$	$85\text{m}^2/\text{k m}^2$
设备损害率	0%	35%
环保性	无污染物排放	废水污染
人员安全距离	3m	5m
复燃率	0%	12%

为验证SEM-SAFE系统在该高层建筑中的应用效果,选取商业区域、办公区域与设备机房三个典型区域进行实体火灾测试,对比系统与传统消防系统的核心性能指标,测试结果如表1所示。

测试结果显示,SEM-SAFE系统灭火响应时间仅28s,较传统水喷淋系统缩短62.7%,较气体灭火系统缩短33.3%,能快速遏制火灾蔓延,为人员疏散与财产保护争取时间。灭火完全时间90s,远低于传统系统,且灭火后无复燃现象,这得益于系统冷却与窒息的双重作用,有效破坏了火灾持续条件。在耗水量方面,SEM-SAFE系统每平方米耗水量仅1.2L,仅为传统水喷淋系统的11.4%,大幅降低了火灾后水渍损害。办公区域测试中,SEM-SAFE系统对服务器、打印机等精密设备无任何损害,设备开机运行正常,而传统水喷淋系统测试后设备损害率达35%,气体灭火系统也造成8%的设备损坏。这是因为细水雾粒径细小,不会形成水流冲击,且蒸发速度快,不会在设备表面形成积水,完美解决了办公区域设备保护的难题。在人员安全方面,SEM-SAFE系统无污染物排放,人员在3m外即可安全停留,而气体灭火系统要求人员撤离至8m以外,且灭火后需通风30分钟才能进入,大幅影响应急处置效率。

4 结语

SEM-SAFE系统通过高压细水雾技术的创新应用,有效解决高层建筑消防中灭火效率低、二次损害大、适配性不足等关键问题。结合某城市中心超高层建筑项目应用实践,验证系统在不同功能区域的灭火效能。SEM-SAFE系统为高层建筑消防提供了高效可靠的技术方案,其设计与应用经验对同类建筑消防优化具有重要参考价值。未来有望在更多超高层建筑、综合体项目中推广应用,推动建筑消防技术的升级发展。

[参考文献]

[1]张杨,张健,高学文.穿斗式民居建筑高压细水雾系统控火效果研究[J].消防科学与技术,2023,42(8):1074-1079.

[2]龚丽虹.高压细水雾系统在工程中的应用[J].有色冶金设计与研究,2021,42(5):45-48.

[3]褚新颖.高压细水雾系统在地铁中的应用研究[J].山西建筑,2021,47(21):160-161.

作者简介:

朱卫星(1972--),男,汉族,上海市人,硕士研究生,中级工程师(建筑弱电),研究方向(建筑设备)。