

建筑工程消防安全评估与消防设施维保的实践与创新

黄显朝

四川中鼎汇智安全技术服务有限公司, 四川 成都 610046

DOI:10.61369/ETQM.2025070037

摘 要 : 基于《“十四五”国家消防工作规划》与《建筑防火通用规范》要求, 研究聚焦建筑工程消防安全评估与维保创新。融合 BIM、AI 及物联网技术构建火灾动态预测模型与远程监控系统, 开发多学科评估工具, 优化疏散模拟与设施维护效率; 建立全生命周期维保模式与多方协同机制, 解决标准碎片化与动态适应性不足问题。未来需推进智慧消防与绿色建筑融合, 助力碳中和目标下的消防低碳转型。

关 键 词 : 建筑工程消防安全评估; 消防设施维保; 智慧消防

Practice and Innovation of Fire Safety Assessment and Maintenance of Fire Protection Facilities in Construction Engineering

Huang Xianchao

Sichuan Zhongding Huizhi Safety Technology Service Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610046

Abstract : Based on the requirements of the "14th Five-Year National Fire Control Work Plan" and the "General Code for Building Fire Protection", the research focuses on the fire safety evaluation and maintenance innovation of building engineering. Integrate BIM, AI and Internet of Things technologies to build fire dynamic prediction model and remote monitoring system, develop multidisciplinary assessment tools, and optimize evacuation simulation and facility maintenance efficiency; The whole life cycle maintenance model and multi-party coordination mechanism are established to solve the problems of standard fragmentation and insufficient dynamic adaptability. In the future, it is necessary to promote the integration of smart fire protection and green buildings, and help the low-carbon transformation of fire protection under the goal of carbon neutrality.

Keywords : fire safety evaluation of construction project; maintenance of fire fighting facilities; intelligent fire protection

引言

城市化进程加速与建筑功能复杂化对消防安全提出更高要求, 2023年《“十四五”国家消防工作规划》明确将智慧消防与风险评估纳入公共安全治理体系, 强调构建“防消结合”的全周期管控机制。当前高层建筑、地下空间及文物建筑的火灾防控需求激增, 传统消防管理模式在动态风险感知与设施维护效率方面显现短板, 2022年《建筑防火通用规范》(GB55037-2022) 修订后强化了建筑性能化防火设计与维保数字化要求, 倒逼技术创新与管理升级。尽管已有研究在评估模型构建与物联网技术应用上取得进展, 但跨区域标准差异、多主体协同机制缺失等问题制约系统性解决方案落地。本研究聚焦建筑工程消防安全评估方法优化与维保技术迭代, 结合 BIM、AI 及物联网技术探索创新路径, 旨在为新型城镇化背景下消防安全的科学化、精细化治理提供理论支撑与实践参考。

一、建筑工程消防安全评估与维保概述

(一) 建筑工程消防安全评估的基本概念

建筑工程消防安全评估是以系统性方法对建筑全生命周期的火灾风险进行识别、分析与管控的专业活动, 其核心目标在于通过科学预判与防控策略降低火灾发生概率及灾害损失^[1]。评估范围涵盖建筑规划、设计、施工、运营及改造各阶段, 核心要素包括建筑材料的耐火性能、防火分区设置、消防设施联动效能以及

人员疏散效率^[2]。评估内容聚焦三大维度: 建筑结构防火性能需确保承重构件耐火极限符合规范, 防止结构坍塌^[3]; 疏散通道设计需满足紧急情况下人员快速撤离需求, 包括通道宽度、标识系统及应急照明布局^[4]; 消防设施配置则涉及火灾报警系统、自动喷淋装置、防排烟系统等关键设备的覆盖率与可靠性, 强调主动防火与被动防火的协同作用^[5]。通过量化分析与动态监测, 评估体系为建筑消防安全提供全流程技术支持。

（二）消防设施维保的重要性与法规要求

消防设施维保是保障建筑消防安全的基础性工作，我国《消防法》明确规定建筑责任主体需定期维护消防设施，确保其处于有效状态，《建筑设计防火规范》进一步细化设备检测周期与性能标准。法规要求维保活动涵盖日常巡检、功能测试、故障修复及档案管理，未履行维保职责将承担法律责任。实践表明，维保缺失易导致设施失效并引发严重后果，例如某商业综合体因喷淋系统管道锈蚀堵塞未能及时修复，火灾时无法启动，火势迅速蔓延至整栋建筑；另一起高层住宅火灾中，疏散通道防火门闭门器损坏未维修，烟气侵入通道造成人员伤亡。此类事故凸显维保环节对设施功能完整性的决定性影响，需通过标准化流程与智能化监测手段强化执行力度，避免技术与管理漏洞叠加形成系统性风险。

二、消防安全评估的实践与现存问题

（一）现有消防安全评估方法

消防设施维保是保障建筑消防安全的基础性工作，我国《消防法》明确规定建筑责任主体需定期维护消防设施，确保其处于有效状态，《建筑设计防火规范》进一步细化设备检测周期与性能标准^[6]。法规要求维保活动涵盖日常巡检、功能测试、故障修复及档案管理，未履行维保职责将承担法律责任^[7]。实践表明，维保缺失易导致设施失效并引发严重后果，例如某商业综合体因喷淋系统管道锈蚀堵塞未能及时修复，火灾时无法启动，火势迅速蔓延至整栋建筑；另一起高层住宅火灾中，疏散通道防火门闭门器损坏未维修，烟气侵入通道造成人员伤亡。此类事故凸显维保环节对设施功能完整性的决定性影响，需通过标准化流程与智能化监测手段强化执行力度，避免技术与管理漏洞叠加形成系统性风险。

（二）评估实践中的主要问题

现行消防安全评估实践面临标准体系碎片化与动态适应性不足的双重挑战。标准体系不统一表现为地方规范与国家标准的技术参数冲突，例如部分省份对高层建筑防火分区面积的限定严于《建筑设计防火规范》，导致跨区域项目执行混乱。动态风险评估不足则暴露现有评估体系对建筑功能变更的滞后性，如商业建筑改造为综合体后，原评估结论未随人流密度增加、业态混合度提升而更新，致使疏散通道容量与消防设施负载能力不匹配。此外，既有评估多聚焦静态硬件条件，忽视使用阶段人为因素与设备老化对风险等级的叠加影响，亟需构建全周期动态监测与自适应评估机制以弥补缺口。

三、消防设施维保的实践与挑战

（一）消防设施维保的标准化流程

消防设施维保的标准化流程以系统性管控为核心，涵盖日常检查、定期维护与应急响应三大环节。日常检查聚焦设备基础功能验证，包括火灾报警控制器自检、灭火器压力监测及疏散指示

灯状态确认，检测周期根据设备类型设定为周检或月检，检测结果需实时录入电子化管理系统形成可追溯档案^[8]。定期维护则针对关键设施进行深度检测，如每季度对自动喷淋系统进行末端试水、年度开展防排烟风机全负荷测试，确保设备长期稳定性^[9]。应急维保机制强调故障分级响应，依据《消防设施操作规范》设定一般故障24小时内修复、重大故障立即停用并启动备用方案的时效性标准，通过预案演练与多部门联动降低突发风险扩散概率^[10]。

（二）维保实践中的关键挑战

维保实践面临人力与技术双重制约。维保人员专业素质不足表现为技能培训体系碎片化，部分从业人员缺乏消防电气系统调试或智能设备诊断能力，资质认证与实操考核脱节导致维护质量参差不齐。设施老化与技术滞后问题在老旧建筑改造中尤为突出，例如20世纪90年代建设的商场普遍存在消防管线锈蚀、报警系统与新型物联网设备协议不兼容等问题，改造时需重新规划管线布局并升级控制系统，成本与技术要求陡增。此外，传统维保模式依赖人工巡检，难以实时监测隐蔽工程缺陷（如电缆绝缘层老化），亟需引入智能诊断技术与全寿命周期管理策略破解瓶颈。

四、建筑工程消防安全的创新路径

（一）评估方法的创新

1. 智能化评估工具的开发

智能化评估工具通过技术创新突破传统方法的静态局限。基于AI的火灾风险动态预测模型整合建筑结构参数、人员流动数据与环境变量，采用机器学习算法实时分析火势蔓延路径与热辐射强度，生成风险等级图谱并自动优化应急预案。虚拟现实（VR）技术构建高精度建筑三维模型，模拟火灾场景中烟气扩散与人员疏散行为，通过沉浸式实验验证疏散通道设计的合理性，识别逃生瓶颈并优化标识系统布局。两者结合形成“预测-模拟-验证”闭环，显著提升评估结果的场景适配性与决策支持价值。

2. 多学科融合评估体系

多学科融合评估体系打破专业壁垒，将建筑空间规划、材料耐火性能研究与消防工程技术深度耦合。建筑学视角聚焦防火分区优化与疏散路径拓扑分析，材料学通过实验量化新型防火涂料与结构构件的热稳定性，消防工程则基于流体力学模拟烟气控制效率。例如，超高层建筑中碳纤维增强混凝土的耐火测试数据可直接导入BIM平台，联动喷淋系统布局与排烟风速设定，实现“材料-结构-设备”协同评估。跨学科数据共享与模型互嵌推动评估从单一灾害防控向综合韧性提升转型。

（二）维保技术的升级

1. 物联网（IoT）在维保中的应用

物联网技术通过构建消防设施远程监控网络，实现设备运行状态的实时感知与数据交互。基于传感器集群部署，火灾报警控制器、喷淋系统压力值、防排烟风机转速等关键参数可实时传输至云端平台，结合边缘计算分析异常波动并触发预警信号。例如，管道压力骤降或烟感探头故障可通过系统自动定位并推送工

单，缩短故障响应时间。此类技术突破传统人工巡检的时空限制，形成“监测－诊断－处置”闭环管理，显著提升维保效率与设施可靠性。

2. 智能诊断与预测性维护

智能诊断技术依托传感器数据构建设备健康状态模型，通过机器学习算法识别故障特征与性能退化规律。振动传感器监测水泵轴承磨损趋势，温度传感器追踪电缆接头过热风险，数据融合后预测剩余使用寿命并生成维护优先级清单。预测性维护策略基于风险阈值动态调整检测周期，例如喷淋管网锈蚀速率超限时自动缩短试水间隔，避免突发泄漏。该模式将维保从被动应急转向主动防控，降低运维成本的同时延长设施生命周期，为高密度建筑群消防系统可持续运行提供技术保障。

（三）管理机制的优化

1. 全生命周期维保管理模式

全生命周期维保管理模式将消防设施管理延伸至建筑全周期，覆盖设计、施工、运营、改造及废弃阶段。设计阶段需预置设施可维护性参数，如预留传感器接口与管线检修通道；施工阶段通过 BIM 技术模拟设备安装路径，避免后期维保盲区；运营阶段依托物联网平台实时采集设备运行数据，动态调整维护策略；改造阶段结合既有设施老化评估与新技术兼容性分析，制定渐进式升级方案；废弃阶段则需规范设施拆除流程，防止遗留安全隐患。该模式通过数据贯通与流程标准化，实现维保资源精准投放与风险前置管控。

2. 多方协同的消防责任体系

多方协同消防责任体系通过权责界定与协作机制消解管理主

体间的职能壁垒。政府层面强化法规约束与执法监督，明确业主单位的主体责任与维保企业的技术连带责任；业主需建立消防设施档案并保障维保资金投入，定期参与第三方安全审计；维保企业则需提升服务透明度，通过区块链技术实现检测记录不可篡改与责任追溯。协作机制包括消防部门主导的跨主体应急演练、智慧消防数据共享平台建设以及行业信用评价体系联动，形成“监管－执行－反馈”闭环，确保责任链条无缝衔接与风险共担。

五、结束语

建筑工程消防安全评估与维保体系通过标准化流程与技术升级显著提升火灾防控能力，实践表明，智能化评估工具与多学科融合方法增强了风险预判精度，物联网技术与预测性维护策略则优化了设施可靠性，全生命周期管理与多方责任协同机制有效弥补管理断层。研究局限性体现在区域性数据样本覆盖不足，智能算法在复杂建筑场景中的泛化能力有待验证，老旧设施改造中的技术兼容性问题仍需长期跟踪。未来发展中，智慧消防需深化 AI 与数字孪生技术的集成，构建“评估－维保－应急”一体化平台；绿色建筑导向下，消防系统应与光伏、储能等低碳技术协同设计，探索耐火材料循环利用路径；碳中和目标驱动消防设施能耗优化与排放管控，推动风险评估标准纳入全生命周期碳足迹核算，实现安全性与可持续性的双重突破。

参考文献

- [1] 吴欣. 建筑消防安全评估相关问题探讨 [J]. 城市建设, 2010(4).
- [2] 晏德强, 曹娟. 建筑防火性能化评估与设计若干问题的分析 [J]. 中国科技博览, 2010(35): 1.
- [3] 黄友云. 浅论建筑消防安全性能化评估技术 [J]. 科学与财富, 2013(3): 1.
- [4] 陈娟娟, 汪晖, 方正. 文物建筑消防安全评估预警系统研究 [J]. 消防科学与技术, 2019, 38(2): 295–298.
- [5] 龚敬恒. 建筑施工现场消防安全风险评估方法研究 [J]. 消防界（电子版）, 2023, 9(21): 126–128.
- [6] 承奇, 王明峰, 周汝, 等. 消防设施维保单位工作效能综合评估体系研究及应用 [J]. 消防技术与产品信息, 2016(1): 3.
- [7] 李玉林, 李保林. 小议消防设施维保单位在建筑消防设施管理中的作用 [J]. 建筑工程技术与设计, 2014, (27): 814–814.
- [8] 陈和雄. 消防安全评估方法的分析 [J]. 建材与装饰: 中旬, 2013(3): 2.
- [9] 王艳林. 论高层建筑消防设施维护管理 [J]. 魅力中国, 2014(24): 1.
- [10] 刘庆恩. 火灾高危单位消防安全评估方法及预警监管机制建设 [J]. 武警学院学报, 2014(4): 5.