

高层建筑电气火灾防控系统优化设计与可靠性研究

韩晓嘉

(深圳市广安消防装饰工程有限公司)

【摘要】随着城市化进程的加快,高层建筑日益增多,其电气火灾防控成为消防安全的重中之重。文章针对当前高层建筑电气火灾防控系统存在的预警滞后、联动性差、可靠性不足等问题,从优化设计和可靠性研究两方面展开探讨。通过引入智能感知技术、优化系统联动机制、改进线路布局等方式,提出一套切实可行的优化方案。同时,结合现场施工实际,分析该优化设计对施工效率提升、成本控制及后期维护的积极作用,并通过实际案例验证其有效性。研究结果表明,优化后的防控系统能有效解决传统系统的弊端,为高层建筑电气火灾防控提供可靠保障,对施工实践具有重要的指导意义。

【关键词】高层建筑;电气火灾;防控系统;优化设计;可靠性;施工应用

中图分类号:TU976.5

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.095

Research on Optimization Design and Reliability of Electrical Fire Prevention and Control Systems in High-Rise Buildings

HAN Xiao-jia

(Shenzhen Guang'an Fire Protection Decoration Engineering Co., Ltd.)

【Abstract】With the acceleration of urbanization, the number of high-rise buildings are increasing day by day, and their electrical fire prevention and control have become a top priority in fire safety. Aiming at the problems existing in the current electrical fire prevention and control systems of high-rise buildings, such as lagging early warning, poor linkage, and insufficient reliability, this paper conducts discussions from two aspects: optimization design and reliability research. By introducing intelligent perception technology, optimizing the system linkage mechanism, and improving the line layout, a practical optimization scheme is proposed. At the same time, combined with the actual on-site construction, the paper analyzes the positive effects of this optimized design on the improvement of construction efficiency, cost control, and later maintenance, and verifies its effectiveness through practical cases. The research results show that the optimized prevention and control system can effectively solve the drawbacks of the traditional system, provide a reliable guarantee for the electrical fire prevention and control of high-rise buildings, and have important guiding significance for construction practice.

【Keywords】high-rise buildings; electrical fires; prevention and control systems; optimization design; reliability; construction application

1 引言

高层建筑楼层高、人员密集、功能复杂且电气设备多,一旦发生电气火灾,火势蔓延迅速,疏散难,易造成重大人员伤亡和财产损失^[1]。近年我国高层建筑电气火灾事故频发,暴露出当前防控系统在设计、施工和运行过程中存在诸多问题。传统电气火灾防控系统多为单一参数监测,预警精度低、子系统联动性差,难以快速响应火灾事故;系统可靠性不足,复杂电气环境下易误报、漏报,严重影响防控效果。

在此背景下,开展高层建筑电气火灾防控系统优化设计与可靠性研究具有重要的现实意义。本文

通过分析现有防控系统找出关键问题,提出针对性的优化设计方案,深入研究系统可靠性,并探讨其对施工过程的实际帮助,为高层建筑电气火灾防控提供理论支持和实践指导^[2]。

2 高层建筑电气火灾防控现状及问题

2.1 现状分析

目前,高层建筑电气火灾防控主要包括火灾探测报警、消防电源监控、应急照明和疏散指示、电气火灾监控等系统;灭火控火由自动喷淋、气体灭火、消防防排烟等系统完成。这些系统虽能发挥一定的防控作用,但实际运行效果并不理想。

现场应用中,多数高层建筑电气火灾防控系统采用传统设计模式,设备选型单一,监测参数集中于温度和烟雾浓度。报警方式多为声光报警,缺乏系统间有效联动,火灾发生时难以及时启动灭火和疏散设施,延误最佳处置时机。

2.2 存在的问题

2.2.1 预警滞后且精度低

传统火灾探测设备对初期火灾响应不灵敏,尤其在高层建筑复杂电气环境中易受灰尘、湿度等因素干扰,误报和漏报现象频发。火灾发生时往往错过初期扑救的最佳时机,导致火势蔓延扩大。

2.2.2 系统联动性差

各子系统相对独立,缺乏有效的信息共享和联动机制。例如,电气火灾监控系统报警后,无法及时触发自动灭火系统和应急疏散系统,各系统作用不能得到充分发挥,无法形成有效的防控合力。

2.2.3 线路设计不合理

高层建筑电气线路繁多,部分工程线路设计未充分考虑线路负荷能力和散热,线路敷设不规范,存在私拉乱接、违规穿管等现象,增加线路短路和过载引发火灾的风险。

2.2.4 可靠性不足

部分防控设备质量参差不齐,长期运行易出现故障;系统抗干扰能力弱,强电磁环境下易发生信号中断和误动作等情况,影响系统正常运行。

2.2.5 施工与设计脱节

施工中,因施工人员对设计方案理解不到位或追求进度,存在不按设计要求施工的现象,导致系统的实际性能与设计预期存在较大差距。

3 高层建筑电气火灾防控优化措施

3.1 智能感知技术的应用

3.1.1 多参数融合监测

采用新型智能传感器,实时监测温度、烟雾、气体、电流、电压等多参数。通过多参数融合分析,提高火灾预警准确性和及时性。如在电气柜安装温度和电流传感器,实时监测电气设备的运行状态,当温度或电流超过设定阈值时,及时发出预警信号。

3.1.2 分布式光纤传感技术

利用分布式光纤传感技术全程监测电气线路,可实现线路温度连续分布式测量,定位精度高,能及时发现过热区域,预测故障和火灾隐患。施工中光纤沿电气线路敷设,不影响线路运行且安装方便。

3.1.3 人工智能算法优化

引入人工智能算法分析监测数据,通过机器学习建立火灾识别模型,有效区分真实火灾和干扰信号,降低误报率。同时,该算法还能根据历史数据,预测火灾发生的可能性,为火灾防控提供决策支持。

3.2 系统联动机制的优化

3.2.1 构建一体化监控平台

整合各子系统信息资源,构建一体化监控平台,实现防控系统集中监控和管理,实时显示各系统运行状态和报警信息。火灾报警时,平台能快速分析火灾位置和火势情况,自动启动相应联动措施。

3.2.2 完善联动逻辑

制定合理联动逻辑,明确各子系统在火灾发生时的动作顺序和职责。如当电气火灾监控系统检测到故障电弧时,立即切断回路电源并启动火灾报警系统,通知消防控制室和相关人员;火灾探测器报警后,自动灭火系统按时启动,应急照明和疏散指示系统切换到应急状态,引导人员疏散。

3.2.3 与城市消防远程监控系统对接

将高层建筑电气火灾防控系统与城市消防远程监控系统对接,实现信息实时上传。火灾发生时,城市消防远程监控系统能及时接收报警信息,调度消防力量救援,提高火灾扑救效率。

3.3 线路布局与设备选型优化

3.3.1 线路布局优化

根据高层建筑结构特点和电气负荷分布,合理规划线路走向。重要电气线路采用穿管敷设,选用阻燃、耐火性能好的管材和线缆;同时避免线路交叉重叠,保证线路间有足够散热空间。设计过程中利用BIM技术进行线路三维建模,模拟线路敷设情况,及时发现和解决线路布局问题。

3.3.2 设备选型优化

选用性能可靠、质量优良的电气设备与火灾防

控设备。选型时充分考虑高层建筑环境特点和使用要求,优先选择智能控制、抗干扰能力强、使用寿命长的设备。例如,选择具备过载、短路、漏电保护功能的智能断路器,提高电气线路的安全性能。

3.4 应急电源保障系统优化

为保障火灾发生时各防控系统及应急设备正常运行,优化应急电源保障系统;采用双电源自动切换装置,主电源故障时可快速切换至应急电源;应急电源选用蓄电池组或柴油发电机,容量需满足所有应急设备规定时间内的用电需求;同时定期对蓄电池组进行充放电维护,确保其性能可靠。

4 高层建筑电气火灾防控可靠性研究

4.1 设备可靠性分析

4.1.1 设备选型与质量控制

设备选型需严格审查供应商资质,优先选择信誉好、技术成熟的厂家。进场设备需经外观检查、性能测试等严格检验,关键设备如火灾报警控制器、自动灭火装置等,应进行抽样送检,合格后方可使用。

4.1.2 设备寿命周期管理

建立设备寿命周期管理档案,记录采购、安装、调试、运行及维护等信息。结合设备使用寿命与运行状况制定维护计划,及时检修和更换,避免设备因老化或损坏而影响系统可靠性。

4.2 系统抗干扰能力研究

4.2.1 电磁兼容性设计

系统设计充分考虑电磁兼容性,敏感设备采取屏蔽、接地等抗电磁干扰措施;强电线路和弱电线路分开敷设,避免交叉干扰。同时选用具有良好抗干扰性能的设备和线缆,提高系统整体抗干扰能力。

4.2.2 信号传输可靠性保障

采用数字信号传输方式提升抗干扰能力,信号传输线路设置防雷、防浪涌装置,避免雷击或电压波动对信号传输造成影响。重要信号线路采用冗余设计,故障时自动切换备用线路,保证信号连续传输。

4.3 可靠性评估方法应用

采用故障树分析法(FTA)和事件树分析法(ETA)对系统的可靠性进行评估。故障树分析法通

过构建故障树,找出导致系统失效的各种因素,并计算其发生的概率,从而确定系统的薄弱环节,为系统的改进提供依据。事件树分析法则从初始事件出发,分析其可能导致的各种结果,评估系统在不同情况下的可靠性。通过这两种方法的结合应用,能够全面、准确地评估系统的可靠性。

5 优化设计对施工的帮助

5.1 提高施工效率

5.1.1 模块化设计

优化后的防控系统采用模块化设计,将各子系统划分为若干个标准化模块。施工时模块可以在工厂进行预制,再运输到现场进行组装,减少现场的施工工作量,提高了施工效率。例如,将火灾报警系统的控制器、探测器等组件集成在一个模块内,现场仅需简单的接线和安装即可。

5.1.2 标准化安装流程

制定标准化安装流程 and 操作规范,明确各施工环节的要求和质量标准。施工人员按照标准化流程进行操作,能够减少操作失误,提高施工质量和效率。同时,标准化的安装流程也便于施工管理和监督,确保施工过程的有序进行。

5.2 降低施工成本

5.2.1 减少材料浪费

优化后的线路布局和设备选型,能够合理利用材料,减少材料浪费。例如,通过BIM技术进行线路三维建模,能够精确计算线缆长度,避免因估算不准确而造成的材料浪费。同时模块化设计的组件可以重复利用,降低材料成本。

5.2.2 降低返工率

施工前利用BIM技术对整个防控系统进行模拟施工,提前发现设计中存在的问题和施工过程中可能出现的矛盾,并及时进行调整和优化。这样可以减少施工过程中的返工现象,降低施工成本。

5.3 便于后期维护

5.3.1 系统布局合理

优化后的系统布局更加合理,设备和线路的安装位置便于维护人员进行操作。例如,将火灾报警

控制器、配电箱等设备安装在易于接近的位置,线路敷设整齐有序,便于维护人员进行检查和维修。

5.3.2 智能运维系统应用

引入智能运维系统,对防控系统进行实时监控和远程诊断。维护人员可以通过智能运维系统及时了解设备的运行状态和故障信息,提前安排维护计划,减少故障处理时间。同时,智能运维系统还能够对设备的运行数据进行分析,为系统的优化和升级提供依据。

6 案例应用

以某高层建筑项目为例,该建筑地上30层,地下2层,总建筑面积约50000m²。该项目中采用了本文提出的高层建筑电气火灾防控系统优化设计方案。

6.1 系统优化设计应用

6.1.1 智能感知系统

在电气柜、电缆井、配电室等关键部位安装了多参数智能传感器,实现对温度、电流、电压、烟雾等参数的实时监测。通过智能算法对监测数据进行分析,提高了火灾预警的准确性。

6.1.2 系统联动

构建了一体化监控平台,实现了电气火灾监控系统、自动灭火系统、应急照明和疏散指示系统的联动控制。当电气火灾监控系统报警时,平台能够及时启动自动灭火系统,并将应急照明和疏散指示系统切换到应急状态。

6.1.3 线路布局

利用BIM技术优化电气线路设计,合理规划线路走向,避免线路交叉重叠和过度弯曲。选用阻燃、耐火性能好的线缆,并采用穿管敷设方式,提高了线路的安全性能。

6.2 施工过程中的应用效果

6.2.1 施工效率提升

采用模块化设计与标准化安装流程后,该项目的施工周期较传统项目缩短约15%。模块预制和现场组装减少了现场的焊接、布线等工作量,加快了施工进度。

6.2.2 施工成本降低

通过BIM技术精确计算了材料用量,减少了材料浪费,材料成本降低8%。同时,由于提前发现和解决了设计中的问题,返工率降低20%,进一步压缩了施工成本。

6.2.3 系统可靠性提高

在系统调试和试运行阶段,通过对设备的可靠性测试和系统的抗干扰能力测试,发现系统的运行状态稳定,误报率和故障率明显低于传统系统。在一次模拟火灾试验中,系统能够快速准确地报警,并启动相应的联动措施,取得了良好的防控效果。

7 结语

本文针对高层建筑电气火灾防控系统存在的问题,提出优化设计方案,研究系统可靠性并分析优化设计对施工的帮助。通过引入智能感知技术、优化系统联动机制、改进线路布局及应急电源保障系统等措施,有效解决了传统系统预警滞后、联动性差、可靠性不足等问题。

在可靠性研究方面,从设备选型与质量控制、设备寿命周期管理、系统抗干扰能力等方面入手,提高了系统的可靠性。优化设计采用模块化和标准化的理念,提高了施工效率,降低了施工成本,便于后期维护^[3]。

通过实际案例应用验证,优化后的高层建筑电气火灾防控系统能够有效提高火灾防控的效果,为高层建筑的消防安全提供了可靠保障。同时,该优化设计方案对施工实践具有重要的指导意义,能够促进施工过程的规范化和高效化。

在未来的研究中,可以进一步探索人工智能、物联网等新技术在高层建筑电气火灾防控系统中的应用,不断提高系统的智能化水平和可靠性,为高层建筑的安全运行提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 王位. 劳动密集型企业消防问题不应被忽视[J]. 中国消防, 2014 (22): 18-19.
- [2] 周晓雅. 基于消防安全的高层建筑电气火灾自动报警系统设计研究[J]. 消防界(电子版), 2024, 10 (16): 43-45.
- [3] 高楠. 民用装配式建筑国内外发展现状及前景探究[J]. 居舍, 2023 (30): 154-157.