

建筑电气应急照明系统智能控制设计与应急响应效率研究

王 策

九易庄宸科技（集团）股份有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]建筑电气应急照明系统作为保障人员安全疏散和事故应急处置的重要设施，在火灾、停电等突发事件中发挥着至关重要的作用。传统应急照明系统多以简单的电源切换和局部灯具控制为主，存在响应不及时、能耗较高和智能化程度不足等问题。随着智能建筑与信息技术的发展，基于智能控制的应急照明系统逐渐成为研究与应用的焦点。文中通过分析应急照明系统的设计需求与安全标准，探讨了智能控制在电气应急照明中的应用模式，并结合传感器技术、网络通信与控制算法提出系统优化方案。研究结果表明，智能化设计不仅能够显著提升应急响应效率，缩短照明启动时间，还能通过动态调节和智能联动提高资源利用率与管理水平。结论部分提出了系统未来发展方向，包括人工智能与大数据驱动下的智能决策、物联网环境下的多系统融合以及应急照明与建筑消防一体化发展，为建筑电气系统的安全运行与节能优化提供参考。

[关键词]建筑电气；应急照明系统；智能控制；应急响应效率；系统优化

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18306

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Research on Intelligent Control Design and Emergency Response Efficiency of Building Electrical Emergency Lighting System

WANG Ce

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: As an important facility for ensuring the safe evacuation of personnel and emergency response to accidents, the building electrical emergency lighting system plays a crucial role in emergencies such as fires and power outages. Traditional emergency lighting systems mainly rely on simple power switching and local lighting control, which have problems such as delayed response, high energy consumption, and insufficient intelligence. With the development of intelligent buildings and information technology, emergency lighting systems based on intelligent control have gradually become a focus of research and application. The article analyzes the design requirements and safety standards of emergency lighting systems, explores the application mode of intelligent control in electrical emergency lighting, and proposes system optimization solutions based on sensor technology, network communication, and control algorithms. The research results indicate that intelligent design can not only significantly improve emergency response efficiency and shorten lighting start-up time, but also improve resource utilization and management level through dynamic adjustment and intelligent linkage. The conclusion section proposes the future development direction of the system, including intelligent decision-making driven by artificial intelligence and big data, multi system integration in the Internet of Things environment, and integrated development of emergency lighting and building fire protection, providing reference for the safe operation and energy-saving optimization of building electrical systems.

Keywords: building electrical; emergency lighting system; intelligent control; emergency response efficiency; system optimization

引言

现代建筑规模的不断扩大与功能的日益复杂，使得电气系统在保障建筑运行和人员安全方面的重要性更加突出。应急照明系统作为建筑电气系统的重要组成部分，在突发断电、火灾或灾害情况下承担着人员安全疏散、事故应急处理和灾后救援支持的关键任务。然而，现有应急照

明系统在设计与运行过程中仍存在响应滞后、自动化不足和缺乏协同联动等问题，无法完全满足智能建筑与高安全等级的要求。近年来，随着传感器技术、网络通信、人工智能和物联网的发展，智能控制理念逐渐应用于建筑电气系统，为应急照明的设计与运行提供了新的路径。如何通过智能控制提升系统响应速度，如何优化照明布局以兼顾

节能与高效,如何实现应急照明与其他建筑安全系统的联动,已成为学术研究和工程实践亟需解决的问题。本文从系统设计、智能控制方法和应急响应效率提升三个方面展开研究,旨在为建筑电气应急照明系统的智能化升级提供可行路径和实践参考。

1 建筑电气应急照明系统的设计要求与安全功能

1.1 安全规范与标准要求

建筑电气应急照明系统的建设和运行首先要严格遵循国家和行业制定的相关标准。这些标准从设计、施工、安装到验收各个环节,都对应急照明系统提出了硬性要求。例如,《建筑设计防火规范》中明确规定,建筑物的安全出口、疏散走道以及防烟楼梯间必须设置应急照明和疏散指示系统,并且要求这些照明设备在火灾或停电发生时能够在短时间内迅速投入使用,以保证人员能够安全有序地疏散。这些规范不仅为设计人员提供了操作依据,也从法律层面保障了建筑使用者的基本安全。在智能化背景下,新的标准逐步增加了对系统可靠性、灵活性和节能性的要求,这意味着设计者不仅需要满足最低照度、备用电源时长等硬性指标,还要考虑照明分布的均匀性、控制系统的响应速度以及与其他安全设施的联动性。例如,一些最新的行业标准提出,应急照明系统必须能够与火灾自动报警系统、广播系统实现信号交互,从而保证在不同应急情境下的协同反应。这种标准的提升,实际上推动了应急照明系统的智能化升级。

1.2 功能构成与系统层级

从功能角度来看,应急照明系统并非单一模块,而是由多个子系统共同组成。常见的功能模块包括疏散照明、备用照明、安全照明以及指示标志照明等。疏散照明主要用于保障人员在紧急情况下的通行可见性,通常分布在楼梯间、走廊和通道;备用照明用于维持建筑内部重要工作区域在停电情况下的基本照明,确保关键工作不中断;安全照明则是对特定危险区域的防护,例如配电室和机房;而标志照明则通过指示牌和方向灯等形式为人员提供疏散路径的引导。系统层级的设计决定了应急照明在不同区域的控制策略,合理的层级划分可以避免资源浪费并提升系统响应效率。例如,可以将系统划分为中心控制层、分区控制层和终端执行层,中央控制系统负责接收全局信号并下发指令,分区控制器根据所在区域情况进行二次处理,终端执行设备则快速做出响应。这样的层级设计不仅有助于提升系统的可靠性,还能为后续智能控制的引入提供接口。

1.3 系统运行中的主要问题

尽管应急照明系统已经在大多数建筑中普及,但在实

际运行中仍然存在一系列问题。其一,响应速度不足。在传统系统中,电源切换和灯具启动需要一定延迟,常常导致应急照明无法在灾害初期迅速生效,影响了人员疏散的及时性。其二,控制方式单一。多数系统依赖人工或简单的自动化控制,无法根据环境实时调整照明状态。例如,当某一疏散通道因火灾被封锁时,系统无法自动关闭相关指示灯并更新疏散路线,容易造成混乱和延误。其三,维护难度大。由于缺乏智能化监测手段,很多故障灯具难以及时发现,往往在真正发生事故时才暴露问题,严重影响安全性。其四,能耗较高。部分应急照明长期处于待机或常亮状态,造成电能浪费,增加了运行成本。正是由于这些问题的存在,智能控制技术的引入才显得尤为必要,它能够通过信息感知、实时运算与动态调节,有效解决传统系统的弊端。

2 智能控制在应急照明系统中的应用模式

2.1 传感器与实时监测技术

智能应急照明系统的第一步升级体现在传感器技术的广泛应用。借助传感器,可以对建筑内部环境进行实时监测,包括温度变化、烟雾浓度、光照水平和人员活动轨迹等。在火灾发生的早期,烟雾和温度传感器能够迅速捕捉环境异常信号,并将数据传输到中央控制系统,从而实现照明系统的快速响应。在人员疏散过程中,红外感应器和摄像头能够动态识别人员密度与运动方向,为照明调节和疏散引导提供依据。光照传感器则用于在不同光照环境下调整应急照明的亮度,以保证既能满足可见度要求,又避免不必要的能耗。这些传感器的应用使应急照明从“静态被动”转变为“动态主动”,真正实现了实时感知和精准响应。

2.2 通信网络与集中控制平台

在智能化应急照明系统中,通信网络起着承上启下的作用。通过有线总线或无线网络,各个终端灯具与传感器能够将信息传递至中央控制平台,实现集中监控与指挥。集中控制平台通常具备实时数据处理、图形化界面显示、远程操作和自动报警等功能。管理人员可以通过平台全面掌握系统运行状态,例如哪些灯具处于开启、故障或待机状态;一旦发生异常情况,平台能够自动生成报警信息并联动其他安全系统。在更高层次上,平台还能进行数据存储和分析,为后期优化和维护提供依据。这种集中化的网络化管理方式,极大提高了系统的可靠性与可操作性。

2.3 智能算法与动态调控机制

智能应急照明的核心是控制算法。传统系统仅能根据预设逻辑进行简单控制,而智能系统则通过算法对多维度

信息进行综合处理。例如,模糊控制能够处理环境信息的不确定性,实现对照度的精细化调节;神经网络算法则能够通过学习历史数据,对不同灾害场景进行预测和响应策略生成;遗传算法等优化工具能够在多种疏散路线中找到最优照明路径,提升人员疏散的效率。在动态调控方面,系统可以根据火源位置自动调整照明范围,引导人员避开危险区域;根据人员密度动态分配照明资源,避免拥堵和资源浪费。这种算法驱动下的动态控制机制,使应急照明具备了灵活性与适应性,大幅提升了系统的实际效能。

3 智能控制设计对应急响应效率的提升作用

3.1 响应速度的优化

在突发事件中,响应速度往往决定了系统的成败。传统应急照明依赖电源切换,通常存在几秒至几十秒的延迟。而智能系统通过传感器与控制平台的无缝衔接,可以实现毫秒级别的信号传输与处理,灯具的启动时间明显缩短。快速的响应不仅保证了在火灾或停电初期即刻提供照明支持,还能减少因黑暗造成的恐慌与混乱,极大提升了人员的心理安全感。

3.2 疏散引导的精准性

应急照明的根本目的是保障人员疏散安全。智能系统通过实时监测火源、烟雾分布和人员位置,可以动态调整疏散指示标志。例如,当某条通道因浓烟封堵时,系统会自动关闭该方向的指示灯,并点亮替代通道的疏散标志,引导人员走向更安全的路径。这种动态引导避免了错误信息的干扰,提高了疏散的效率和准确性。在大规模建筑中,这种功能尤为重要,因为人员分布复杂,情况变化迅速。

3.3 运行能效与维护效率提升

智能控制还体现在能效与维护效率的提升上。在日常运行中,系统可以根据建筑的使用情况自动调整照明状态。例如,在白天光照充足时降低应急灯具的待机亮度,在夜间或人员密集时提升亮度。这样既能保证安全,又能显著降低能耗。在维护方面,智能系统能够实时监测灯具和电源状态,一旦发现故障即可自动报警,并生成维护报告。这种自动化维护模式减少了人工巡检成本,也避免了“灯具失效而不自知”的隐患,为系统的可靠运行提供了保障。

4 建筑电气应急照明系统的优化路径

4.1 系统集成与跨平台联动

应急照明系统不能孤立存在,而是应当与建筑的其他安全系统协同工作。通过跨平台联动,可以实现火灾报警、消防广播、电梯控制和安防系统的统一协调。例如,当火灾报警触发时,照明系统自动点亮疏散通道,并联动电梯停运、广播疏散指令。这样的整体联动不仅提高了应急效

率,也减少了人为干预的不确定性。

4.2 数据驱动下的智能决策

随着大数据和人工智能的发展,应急照明系统能够通过数据分析优化控制策略。系统可以记录每次疏散演练和事故的详细数据,对人员移动轨迹、疏散时间和通道使用率进行分析,总结规律并优化引导策略。在未来,系统甚至可以通过机器学习预测人员的疏散行为,提前调整照明方案,提高整体的科学性与适应性。

4.3 人性化与舒适性设计

应急照明的设计不仅要保障安全,也要考虑人员体验。合理的照度分布能够避免眩光和视觉疲劳,语音提示与图像显示能够增强信息传递的清晰度。在突发事件中,人性化设计可以有效降低人员的紧张感,使疏散过程更加平稳有序。智能化与人性化相结合,使系统不仅是“应急工具”,更成为“安全伙伴”。

5 智能应急照明系统的发展趋势

5.1 与物联网的深度融合

在物联网环境中,应急照明系统不再是独立运行的单一装置,而是成为智慧建筑体系中的重要组成部分。通过传感器、网络平台和数据接口的互联互通,系统能够与安防监控、消防报警、能耗管理、环境监测等多个智能子系统实现信息共享与协同运作。这种融合让应急照明能够实时获取建筑内部的动态信息,例如人员分布、火灾烟雾扩散路径或电力运行状态,从而在突发事件中迅速作出精准响应。统一调度机制的建立,使得管理人员能够通过集中平台实现远程监控和分级管理,不仅提升了应急处理的效率,还增强了系统的可靠性与灵活性。

5.2 人工智能的引入

人工智能技术的引入,使应急照明系统具备了更高水平的自主性与智能化特征。通过深度学习与大数据分析,系统能够对历史运行数据和实际环境情况进行建模与优化,从而不断提升疏散路径预测与照明控制的科学性。借助这种智能算法,系统可以根据人流密度、烟雾扩散情况以及建筑结构的复杂程度,实时调整照明亮度和指示方向,为人员提供最优的疏散指引。更为重要的是,这种“自学习、自适应、自优化”的能力,能够使系统在长期运行中持续进化,不断修正潜在不足,形成更加精准和高效的应对机制。在复杂和动态的环境下,人工智能驱动的应急照明能够提前预测可能的风险并主动调整策略,突破传统系统被动响应的局限。

5.3 绿色节能与可持续发展

应急照明系统作为公共安全的重要保障,其发展趋势

不仅体现在智能化与自动化的提升,还需要在节能与环保方面不断突破。通过采用高效节能光源,如LED灯具,不仅能够显著降低能耗,还能延长设备使用寿命,减少维护成本。结合绿色能源供电,例如太阳能与储能电池,可以在停电等突发情况下提供稳定电力,同时降低对传统能源的依赖。在材料选择上,使用可回收与低碳环保材料,既有助于减少对环境的破坏,又能符合绿色建筑的发展理念。系统运行过程中,还可以通过智能控制技术,实现按需调光与分区管理,避免不必要的能源浪费。

6 结论

建筑电气应急照明系统是保障建筑安全的重要环节,其智能化发展趋势为提升应急响应效率提供了新的路径。本文研究表明,智能控制在系统设计中的应用能够有效优化响应速度、提升疏散引导精准度,并降低能耗与维护成

本。在未来的发展中,应急照明系统应实现跨平台集成、数据驱动决策与人工智能辅助控制,逐步向物联网化、智能化和绿色化方向迈进。研究成果对建筑电气设计、智慧城市建设和安全管理水平提升具有现实意义。

[参考文献]

- [1]王建国,李宏伟.智能建筑电气系统的安全控制研究[J].电气应用,2021,40(5):45-50.
- [2]张海燕,刘志强.应急照明系统设计与管理的智能化发展趋势[J].建筑电气,2022,41(3):32-38.
- [3]陈伟,赵晓东.基于物联网的建筑应急照明控制系统研究[J].中国照明工程学报,2020,31(6):56-62.

作者简介:王策(1989.2—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。