

# 高层建筑应急照明系统的设计与优化探讨

扈娅娇

身份证号码: 1310021990\*\*\*\*1428

DOI: 10.12238/jpm.v6i7.8192

**[摘要]** 随着城市化进程加快,高层建筑数量急剧增加,其消防安全问题日益突出。应急照明系统作为建筑安全设施的重要组成部分,直接影响火灾等紧急情况下的人员疏散效率。当前应急照明系统面临智能化程度不足、能源利用效率低下、特殊场所适应性差等问题。针对这些问题,需要从系统设计原则、关键技术要点和优化策略等多个维度进行深入研究。通过整合物联网、人工智能等新兴技术,构建更加安全、可靠、智能的应急照明系统,对保障高层建筑安全运行具有重要意义。

**[关键词]** 高层建筑; 应急照明系统; 设计; 优化

Discussion on the design and optimization of emergency lighting system for high-rise buildings

Hu Yajiao

ID number: 1310021990\*\*\*\*1428

**[Abstract]** With the acceleration of urbanization, the number of high-rise buildings has increased dramatically, and the fire safety problems have become increasingly prominent. As an important part of building safety facilities, the emergency lighting system directly affects the evacuation efficiency of personnel in emergencies such as fires. At present, the emergency lighting system is faced with problems such as insufficient intelligence, low energy efficiency, and poor adaptability in special places. In view of these problems, it is necessary to conduct in-depth research from multiple dimensions such as system design principles, key technical points and optimization strategies. It is of great significance to build a safer, more reliable and intelligent emergency lighting system by integrating emerging technologies such as the Internet of Things and artificial intelligence to ensure the safe operation of high-rise buildings.

**[Key words]** high-rise buildings; emergency lighting systems; Devise; optimize

## 引言

高层建筑应急照明系统是保障人员生命安全的重要基础设施,其科学设计与优化对于提升建筑安全性能具有关键作用。随着超高层建筑的快速发展,应急照明系统在火灾等紧急情况下的可靠运行直接关系到人员疏散效率和救援成功率。现代智能技术的应用为系统性能提升创造了新的可能,通过物联网、人工智能等技术创新,能够实现更精准的应急响应和更高效的能源利用。同时,系统设计还承载着推动绿色建筑发展、实现节能减排的重要使命,对促进城市安全建设和可持续发展具有深远意义。

## 1 高层建筑应急照明系统设计原则

### 1.1 安全性与合规性优先

高层建筑应急照明系统的设计必须严格遵循国家及行业标准,包括 GB 51309-2018 和 NFPA 101 等规范要求,确保在

火灾或断电等紧急状况下能够提供持续稳定的照明和清晰的疏散指引。系统需要配置独立的备用电源系统,可采用蓄电池组或应急发电机等方案,必须保证至少 90 分钟的不间断供电能力。不同功能区域需满足相应的照度标准,其中疏散通道地面水平照度不应低于 1lx,避难层等重要区域则需要达到 5lx 以上。灯具布置方案要全面覆盖建筑内的关键路径,重点包括楼梯间、电梯前室、避难层等关键节点,确保无照明死角。系统设计必须实现与消防报警系统的智能联动,在火灾发生时能够自动切换至应急照明模式。

### 1.2 可靠性与智能化结合

应急照明系统必须具备长期稳定运行的特性,核心设备应选用具有防潮防震性能的高品质 LED 灯具,并建立完善的定期维护保养机制。现代智能化技术的引入可以显著提升系统运行效能,通过部署物联网监测平台,实现对灯具工作状态、电池

储电情况等关键参数的实时监控，建立远程故障预警机制和自动化巡检流程。先进的智能照明控制系统能够根据现场环境参数变化自动调节照明强度和方向指引，特别是在烟雾浓度变化时动态优化疏散路径的指引效果。采用模块化的系统架构设计，既便于日常维护保养，又有利于后续的功能扩展和升级改造。在确保应急功能不受影响的前提下，可引入光伏储能系统等新能源方案，配合低功耗运行策略，实现环保效益与经济效益的平衡。

## 2 高层建筑应急照明系统设计要点

### 2.1 兼顾节能环保与未来扩展性

现代应急照明系统的节能设计需要运用多项创新技术。采用具有自主调光功能的智能LED驱动电源，可根据环境光照自动调节输出功率。开发基于 Zigbee 的 Mesh 组网技术，实现灯具间的协同控制和能耗优化。在建筑南立面集成碲化镉薄膜光伏组件，为应急照明系统提供绿色能源。储能系统选用磷酸铁锂电池组，配合智能充放电管理系统，循环寿命可达 3000 次以上。系统架构设计要预留 20% 的硬件扩展空间，主要配电回路需配置智能计量模块。通信协议应采用开放标准，确保与未来智能建筑系统的无缝对接。在控制中心部署边缘计算节点，为后续人工智能应用的部署提供算力支持。建立能源管理数据库，详细记录各时段的能耗数据，为持续优化提供依据。所有关键设备均需符合 RoHS 环保指令要求，杜绝有害物质的使用。

### 2.2 系统分区与分级供电设计

高层建筑应急照明系统的供电设计必须采用科学合理的分区方案，根据建筑功能特点和防火要求划分独立供电区域。对于消防控制室、配电室、避难层等核心区域，必须按照一级负荷标准配置供电系统，采用双重电源末端自动切换装置确保不间断供电。普通疏散通道和公共区域可按照二级负荷标准设计，各分区之间保持供电独立性。系统需要建立智能化的分级启动机制，在日常断电情况下仅激活基本照明，当触发火灾报警信号时自动切换至全负荷运行模式。每个供电分区必须设置独立的配电回路和完善的短路保护装置，通过物理隔离确保单一故障不会影响整体系统运行。配电箱的布置位置需要经过精心规划，既要考虑供电半径的合理性，又要保证日常维护的便捷性。重要回路的电缆敷设应采取防火保护措施，穿越不同防火分区时设置防火封堵。系统设计还需考虑后期扩容需求，预留适当的备用回路和配电容量，为未来可能的系统升级创造条件。

### 2.3 疏散指示系统的优化设计

高层建筑疏散指示系统应采用智能化动态指引技术方案，突破传统静态标识的局限性。系统设计需基于建筑三维模型进行疏散路径仿真分析，确保各区域覆盖无死角。标志灯具选用高亮度 LED 光源配合蓄光材料，在断电情况下仍可维持 90 分

钟以上可视时间。安装间距严格控制在疏散路径 15 米范围内，走廊拐角及楼梯口等关键节点需加密至 5 米间距。系统需集成环境感知模块，实时监测烟雾浓度和温度变化，动态调整最优疏散路线。开发多模态指引方案，在视觉标志基础上增加方向性语音提示和地面导光带，形成立体引导网络。重要区域设置智能交互终端，提供实时疏散路线查询功能。系统需建立自动巡检机制，每日定时检测灯具状态并生成维护报告。与 BIM 运维平台对接，实现设备全生命周期管理。避难层需设置独立的高亮度区域标识系统，配备备用电源和无线应急通信接口。

### 2.4 特殊场所的照明解决方案

高层建筑特殊功能区域的应急照明需制定差异化技术标准。变配电室等设备用房应采用双回路供电的持续照明系统，照度维持 300lx 以上，确保设备操作需求。地下空间需配置防潮型高防护等级灯具，安装间距缩短至常规区域的 70%，保证烟雾环境下的可视距离。超高层建筑应设置电压补偿装置，末端线路采用加大截面电缆，确保 100 米以上传输距离的电压稳定。大跨度中庭区域宜采用集中电源式系统，每 200 平方米设置一个区域配电单元。精装修区域需在施工图阶段预留专用线槽和安装位，避免后期破坏装修面层。危险区域选用符合 ATEX 标准的防爆灯具，防护等级不低于 IP65。数据机房采用电磁兼容型照明设备，避免对精密仪器造成干扰。电梯轿厢内设置独立应急照明，供电时间不少于 180 分钟。各特殊区域系统需进行专项调试，确保与主体建筑的应急照明系统无缝衔接。

## 3 高层建筑应急照明系统优化策略

### 3.1 智能化控制与管理升级

现代高层建筑应急照明系统应当全面引入智能化控制技术。通过部署物联网感知层，建立覆盖全楼的智能监控网络，实时采集各节点灯具工作状态、电池性能、环境参数等关键数据。系统需配置智能分析模块，运用大数据算法对设备运行状态进行预测性维护，提前发现潜在故障隐患。开发移动端管理应用，实现远程监控和应急调度功能，管理人员可通过智能终端随时查看系统状态并接收报警信息。引入人工智能技术优化疏散路径算法，结合实时火情数据动态生成最佳逃生路线。建立数字孪生模型，通过虚拟仿真验证不同应急场景下的照明系统表现，持续优化控制策略。系统应支持 OTA 远程升级功能，确保可以持续获得最新的算法优化和安全补丁。

### 3.2 新能源与节能技术融合

应急照明系统应当积极探索新能源技术的创新应用。在建筑屋顶或立面集成光伏发电装置，配合智能储能系统为应急照明提供清洁能源。研发高效能量管理系统，实现市电、光伏、储能的智能切换与优化调度。采用第三代半导体材料制作 LED 驱动电路，提升电能转换效率至 95% 以上。开发自适应调光算法，根据人员分布密度动态调节照明强度，避免能源浪费。选

用高能量密度锂电池作为备用电源，大幅减小电池体积的同时延长续航时间。在非应急状态下，系统可自动切换至节能模式，仅维持最低限度待机功耗。建立能源回收机制，将电梯制动等环节产生的再生电能用于应急照明系统充电。

### 3.3 人因工程与多模态指引

基于人因工程学原理优化应急照明系统设计。研究不同年龄段人群在应急状态下的视觉特性，开发符合人体工学的光源光谱配方。采用多波段复合照明技术，确保在各种烟雾条件下都能提供清晰可见的视觉指引。建立多模态引导系统，整合视觉标志、声音提示、触觉引导等多种感知通道。开发智能语音引导装置，支持多语种应急广播和定向声束传输技术。在地面嵌入蓄光型导向带，形成连续的触觉指引路径。研究恐慌状态下的人员行为特征，优化标志灯具的安装高度和视角。在关键位置设置互动式查询终端，为被困人员提供个性化的逃生方案。系统应当考虑色觉障碍人士的特殊需求，采用形状编码辅助标识识别。

### 3.4 系统可靠性与韧性提升

构建具有高度韧性的应急照明系统架构。采用分布式电源设计，在各楼层设置独立的储能单元，避免单点故障导致系统瘫痪。开发双模通信机制，在常规无线网络失效时自动切换至电力线载波通信。选用军工级电子元件，提升设备在极端环境下的工作可靠性。建立设备健康度评估模型，基于运行数据预测剩余使用寿命。设置多重冗余备份，包括双回路供电、备用控制通道等关键环节。研发自修复电路技术，在检测到局部故障时自动切换至备用线路。定期开展全负荷压力测试，模拟最严苛条件下的系统表现。建立应急演练数据库，通过机器学习不断优化系统参数。与建筑其他安防系统深度集成，形成统一联动的应急响应体系。

## 4 未来发展趋势

### 4.1 人工智能深度集成应用

应急照明系统将深度融合人工智能技术，实现更智能的应急响应。基于深度学习算法开发的智能预警系统能够通过分析历史火灾数据，提前预测潜在风险区域。计算机视觉技术的应用使得系统可以实时监测人员分布密度和移动速度，动态调整疏散路径指引策略。自然语言处理技术将赋能智能语音引导系统，实现多语种实时翻译和个性化疏散指引。数字孪生技术的运用将构建虚拟仿真平台，通过模拟各种灾害场景来优化系统配置方案。边缘计算节点的部署使得系统具备本地决策能力，在网络中断时仍可保持基本功能。区块链技术的引入将确保系统运行数据的不可篡改性，为事故调查提供可靠依据。

### 4.2 新型材料与能源技术突破

应急照明设备将采用革命性新材料提升性能指标。石墨烯

基 LED 光源将实现更高光效和更长寿命，预计使用寿命可达 10 万小时以上。钙钛矿光伏技术的商业化应用将大幅提高太阳能转换效率，为系统提供更稳定的可再生能源。固态电池技术突破将带来更安全、能量密度更高的储能解决方案，体积较传统电池减小 50% 以上。自修复材料的应用使得灯具具备损伤自动修复功能，显著提升系统可靠性。智能调光玻璃的集成使用，可在平时作为建筑幕墙，紧急时转变为高亮度照明面光源。无线电力传输技术的发展将实现灯具的无缆化供电，简化安装维护流程。

### 4.3 系统融合与智慧城市协同

应急照明系统将深度融合智慧城市管理体系。5G 网络的全面覆盖使得系统可以实现毫秒级响应，与城市应急指挥中心实时联动。建筑群级的应急照明协同系统将建立，实现跨建筑的联合疏散指引策略。数字孪生城市平台将整合所有建筑的应急照明数据，实现城市级的安全态势感知。车路协同技术的应用使得应急照明系统可以与自动驾驶车辆共享信息，优化救援路线。元宇宙技术的引入将构建虚拟应急演练环境，提升人员培训效果。智能合约技术将实现系统维护的自动化管理，根据运行状态自动触发维护工单。城市能源互联网的发展将实现应急照明系统与分布式能源的智能互动，提高能源利用效率。

## 结束语

高层建筑应急照明系统的设计与优化是一项系统工程，需要统筹考虑安全规范、技术创新和实际需求。随着智能控制、新能源技术等领域的快速发展，应急照明系统正朝着智能化、绿色化、人性化方向演进。未来应持续关注新材料应用、数字孪生技术等前沿领域，推动系统性能全面提升。同时要重视实际运维管理，确保系统在全生命周期内保持最佳状态，为高层建筑安全运行提供可靠保障。

## 参考文献

- [1]董明,刘洋,刘骏峰.智能消防应急照明系统在民用建筑中的应用[J].光源与照明,2025,(03):60-62.
- [2]吴超.民用建筑智能消防应急照明系统设计研究[J].光源与照明,2024,(12):5-7.
- [3]赵丹丹.住宅建筑消防应急照明存在的问题和解决措施[J].光源与照明,2024,(06):22-24.
- [4]王欢,司镇,李明进.高层建筑应急照明设计分析[J].光源与照明,2023,(06):46-48.
- [5]王欢.城市高层建筑火灾应急照明疏散系统设计研究[D].西安建筑科技大学,2022.
- [6]吴家胜.浅谈智能消防疏散应急照明系统的分析与应用[J].今日消防,2020,5(04):44-45.