

建筑电气消防应急照明与疏散指示系统的优化设计

张轶婷

中核华纬工程设计研究院有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]建筑电气消防应急照明与疏散指示系统设计的合理性、运行可靠性对消防应急处置的成效有着直接的影响。对于目前系统设计过程中所存在的不足, 诸如疏散指标标识导向不清晰、智能联动控制效率低下、供电系统稳定性欠佳等, 提出系统性的优化设计方案, 如科学布局疏散指示标识、创新智能联动控制策略、增强供电系统可靠性, 完善设计验算方法与施工质量控制要点, 进而提升系统的应急响应速度, 确保疏散引导有效性与系统运行的稳定性, 为建筑电气消防应急系统的标准化设计提供技术指南与参考范例。

[关键词]建筑电气; 消防应急照明; 疏散指示系统; 优化设计; 智能联动; 供电可靠性

DOI: 10.33142/sca.v9i1.18936

中图分类号: TU113

文献标识码: A

Optimization Design of Building Electrical Fire Emergency Lighting and Evacuation Indication System

ZHANG Yiting

CNNC Huawei Engineering Design and Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The rationality and operational reliability of the design of emergency lighting and evacuation indication systems for building electrical fire protection have a direct impact on the effectiveness of fire emergency response. For the shortcomings in the current system design process, such as unclear guidance of evacuation indicators, low efficiency of intelligent linkage control, and poor stability of the power supply system, a systematic optimization design scheme is proposed, such as scientific layout of evacuation indicators, innovative intelligent linkage control strategies, enhancing the reliability of the power supply system, improving design verification methods and construction quality control points, thereby enhancing the emergency response speed of the system, ensuring the effectiveness of evacuation guidance and the stability of system operation, and providing technical guidance and reference examples for the standardized design of building electrical fire emergency systems.

Keywords: building electrical; fire emergency lighting; evacuation indication system; optimization design; intelligent linkage; power supply reliability

引言

近年来, 高层建筑、地下建筑等复杂建筑形态日益增多, 此类建筑往往呈现出高度密集、空间布局复杂、疏散距离长等特征, 在面对火灾时加剧了应急疏散的难度。建筑电气消防应急照明与疏散指示系统为人员疏散提供照明保障与方向引导, 其性能对火灾现场人员的疏散效率以及安全性有着直接的影响。当前, 我国部分建筑的消防应急照明与疏散指示系统设计仍存在诸多短板, 部分设计未严格遵循现行规范要求、疏散指示标志导向固定、供电系统设计存在冗余、系统应急响应滞后, 降低了系统的应急处理能力, 错失最佳的疏散时间。这些年来, 相关部门对于建筑电气消防应急照明与疏散指示系统, 提出了一系列的消防规范体系, 随着消防安全意识的不断提升与火灾防控形势的日益严峻, 构建高效、智能的应急照明与疏散指示系统尤为关键。本文提出可落地的优化方案, 为建筑电气消防应急系统设计提供技术支撑。

1 建筑电气消防应急照明与疏散指示系统的核心组成及设计现状

1.1 系统核心组成

由于城市人口密度增加, 为满足居住需求, 高层建筑随之增加。建筑电气消防应急照明与疏散指示系统既要满足行业标准要求, 还要在一定程度上满足国际标准要求, 从多方面着手保障人们生命财产安全。应急照明系统、疏散指示系统、供电系统、控制系统组成了建筑电气消防应急照明与疏散指示系统, 其中, 应急照明系统的核心功能是火灾发生时, 在切断正常照明后, 为建筑内疏散通道、楼梯间、前室等关键区域提供充足照明。疏散指示系统主要包括疏散指示标志灯、安全出口标志灯两类, 核心功能是为人员疏散提供明确的方向引导。供电系统包括主电源、备用电源、电源切换装置, 作为系统稳定运行的动力保障, 确保火灾发生时系统不中断供电。控制系统包括控制器、联动模块、检测模块等, 实时监测系统运行状态, 触发应急照明与疏散指示系统的启动与调整。

1.2 系统设计现状及存在的问题

消防应急照明和疏散指示系统是为人 员疏散和发生火灾时仍需工作的场所提供照明和疏散指示的系统。要求消防应急照明和疏散指示系统应具备各项紧急情况处理能力,并能够有效监督各类消防设施运行,合理控制火灾损失保障人员安全。然而,部分设计存在应急照明灯具布置间距过大、安装高度不当等问题,部分系统启动延迟超过规范要求的 3s,加之部分应急照明灯采用的光源发光效率低,且未考虑火灾烟雾对光线的遮挡作用,无法及时为人员疏散提供照明保障。多数建筑采用固定导向的疏散指示标志灯,部分疏散指示标志灯的安装位置过高、标识不清晰,或被障碍物遮挡,在烟雾环境下难以被人员识别。部分系统未设置独立的消防专用配电回路,备用电源蓄电池组的容量不足或冗余过大,不仅造成资源浪费,而且导致蓄电池寿命缩短、性能下降。缺乏有效的联动机制,系统的手动控制方式繁琐,系统缺乏完善的检测与报警功能,无法根据火灾现场的实际情况自动调整系统运行状态。部分设计存在系统选型不当、参数设置不合理等问题,影响系统的运行可靠性。

2 建筑电气消防应急照明与疏散指示系统的优化设计方案

2.1 系统架构优化设计

系统架构的优化是实现整体性能提升的基础,结合建筑规模、使用功能与火灾风险等级,采用“集中控制+分布式部署”的架构模式,替代传统的分散控制架构,实现系统的集中管理、分布式运行。集中控制层设置消防应急照明控制器,负责接收火灾自动报警系统的火灾信号、监测系统各组件的运行状态、记录系统运行数据;分布式部署层按照建筑防火分区,每个分区设置应急照明配电箱、集中电源,负责本分区内应急照明灯具、疏散指示标志灯的供电与控制。对于建筑高度超过 100m 的高层建筑、地下建筑等复杂建筑,采用集中电源集中控制型系统。对于中小型建筑,采用自带电源集中控制型系统。禁止在人员密集场所、复杂建筑中采用非集中控制型系统。同时,明确不同供电方式灯具的回路设置要求,集中控制型系统中,自带蓄电池供电与集中电源供电的灯具回路应独立设置,避免相互干扰。

2.2 应急照明系统优化设计

摒弃传统的白炽灯、荧光灯,选用 LED 应急照明灯,根据不同区域的照明需求,选用不同功率、不同防护等级的灯具。消防控制室、配电室等重要设备用房选用功率 $\geq 8W$ 的 LED 应急照明灯,防护等级 $\geq IP54$;疏散通道、楼梯间选用功率 $\geq 5W$ 的 LED 应急照明灯,防护等级 $\geq IP65$ 。优化应急照明灯具的布置间距与安装高度,楼梯间内应急照明灯具沿楼梯扶手一侧均匀布置,每 2 层布置 1 盏,避免灯具被障碍物遮挡。采用智能亮度调节技术,自动调整应急照明灯具的亮度,火灾初期烟雾浓度低时,灯具亮度调至

50%~70%;烟雾浓光线遮挡严重时,灯具亮度自动升至 100%。同时,依据规范明确不同场所应急照明亮度标准。

2.3 疏散指示系统优化设计

选用智能型可变向疏散指示标志灯,通过控制器远程调整导向方向。标志灯采用绿色 LED 光源,亮度 $\geq 100cd/m^2$,疏散通道内,疏散指示标志灯装于距地 0.5~1.0m 的墙面或地面,间距 $\leq 10m$,袋形走道 $\leq 5m$;楼梯间转角、疏散通道分叉处增设。安全出口标志灯装于正上方,距门框顶 0.2~0.3m。地下建筑、大型综合体等复杂建筑,在关键位置设标识牌,避免标志灯被遮挡、直射,采用规范统一的图案与文字,安全出口标志灯采用“绿底白字”样式,疏散指示标志灯采用“绿色箭头+文字”样式。疏散通道、楼梯间选用防护等级 $\geq IP65$ 的标志灯,潮湿场所选用防护等级 $\geq IP67$ 的标志灯。建立动态导向控制机制,应急照明控制器与火灾自动报警系统联动,实时接收火灾探测器的信号,根据火灾现场情况,自动规划最优疏散路径,调整疏散指示标志灯的导向方向,引导人员向最近的安全出口、避难层疏散。此外,在消防控制室设置手动调整按钮,提升系统的应急处置灵活性。设置导向故障报警功能,当标志灯导向异常、无法调整时,自动发出报警信号。

2.4 供电系统优化设计

设置独立的消防应急照明专用配电回路,与普通照明配电回路、动力配电回路严格分离,专用配电回路采用阻燃电缆、敷设路径避开火灾危险区域。按照建筑防火分区,划分独立的应急照明配电回路。配电回路的载流量按照系统最大负荷的 1.25 倍进行计算,设置短路保护、过载保护、漏电保护装置,同时发出报警信号,提醒工作人员及时排查故障。蓄电池组的容量按照公式进行计算,预留 10%~20%的容量冗余,应对蓄电池老化等情况。

$$C = \frac{P \times T}{U \times \eta} \quad (1)$$

式中: C 为蓄电池组容量 (Ah); P 为系统应急总负荷 (W); T 为持续供电时间 (h); U 为蓄电池组额定电压 (V); η 为放电效率 (0.8~0.9)。选用密封式铅酸蓄电池或锂离子蓄电池,蓄电池组的安装需远离火源,设置有效的通风、温度控制装置。此外,设置蓄电池组的智能监测装置,当蓄电池的电压、电流、温度等参数出现异常时自动发出报警。选用智能型双电源切换装置,实现主电源与备用电源的快速、无缝切换。电源切换装置与应急照明控制器联动,当主电源中断、电压异常时自动触发电源切换,提升系统的应急处置灵活性。此外,电源切换装置采用阻燃材料制作,防护等级 $\geq IP54$,避免切换装置故障导致供电中断。

2.5 智能联动控制优化设计

采用 RS485 或以太网通信方式,当系统检测到火灾信号后,立即将火灾发生位置等关键信息传输至应急照明控制器。应急照明控制器接收信号后,在 3s 内自动切断

普通照明电源，并启动应急照明灯具与疏散指示标志灯。同时，将系统应急启动状态、运行状态反馈至火灾自动报警系统，提升应急处置效率。强化应急照明与疏散指示系统与其他消防设施的联动控制，当火灾发生时，应急照明控制器发出指令，控制火灾区域的防火卷帘下降，阻断火灾蔓延与烟气扩散。与消防广播系统联动，应急照明控制器同步调整疏散指示导向，配合广播指令引导人员疏散。与排烟系统联动，根据排烟区域的位置调整应急照明亮度与疏散指示导向。与电梯系统联动，控制电梯降至首层，在电梯口设置应急照明与疏散指示标志。在系统中设置完善的智能监测模块，当监测到组件运行异常时，应急照明控制器立即发出声光报警信号，在控制器显示屏上显示故障位置、故障类型等信息。建立系统运行数据记录与存储功能，记录系统应急启动时间、故障信息、联动操作等数据。设置系统复位功能，应急启动后通过手动操作控制器复位按键实现复位。增设远程控制功能，工作人员可远程登录应急照明控制器，实现系统的远程应急处置。

3 优化设计的验算方法与施工质量控制要点

3.1 优化设计验算方法

应急照明亮度验算采用照度计算软件，结合应急照明灯具的功率、布置间距等参数，验算疏散通道、楼梯间、前室等关键区域的地面水平照度，在验算的过程中，同时要充分考虑到火灾烟雾对光线所造成的影响，将光线透射系数取0.3~0.5。结合系统负荷的实际测量值、规范要求的持续供电时间，对蓄电池组的容量进行验算，将容量冗余系数取1.1~1.2，并验算蓄电池组的充放电效率，确保充放电效率≥0.8。

根据系统应急运行时的总负荷，计算配电回路的计算电流，按照公式计算：

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_e \times \cos \varphi} \quad (2)$$

式中： I_c 为配电回路计算电流（A）； P 为回路总负荷（W）； U_e 为回路额定电压； $\cos \varphi$ 为功率因数（取0.8~0.9）。

3.2 施工质量控制要点

优化设计方案的落地，结合系统的施工特点，加强施工质量控制。施工前，组织施工人员熟悉优化设计方案、施工图纸，明确施工流程、施工要点与质量标准；严格审核施工材料、核心设备，对施工材料、设备进行抽样检测，检测合格后方可投入使用。准备好施工所需的工具、仪器，确保工具、仪器的精度与完好性，满足施工需求。配电回路施工严格按照设计要求敷设电缆，电缆敷设路径、敷设方式符合规范要求，穿钢管保护的电缆，钢管连接紧密、接地良好；电缆接头处理规范，避免接头松动、接触不良，做好绝缘防护措施；配电回路的保护装置安装位置、参数设置符合设计要求，确保保护装置能够正常工作。灯具安

装牢固、平整。灯具的接线规范，正负极连接正确，接线端子紧固，做好绝缘防护。蓄电池组的安装环境符合设计要求，接线规范。电源切换装置、应急照明控制器的安装牢固，接线正确。控制器安装完成后检查控制器的监测功能、远程控制功能等。施工完成后对照设计方案与规范要求，逐项进行验收，测试系统的核心参数，若验收不合格，责令施工单位限期整改，整改完成后重新验收，直至达标。

4 结论与展望

建筑电气消防应急照明与疏散指示系统的优化设计，结合建筑规模与火灾风险等级合理选择系统类型，优化应急照明灯具选型、布置方式与亮度控制，采用智能型可转向疏散指示标志灯，设置独立专用配电回路，建立智能联动控制体系，增设远程控制功能，确保消防应急照明和疏散指示系统设计更清晰、安全，进一步提升系统的应急响应速度与建筑消防安全水平、保障人员火灾应急疏散安全。未来，可开发基于火灾场景模拟的智能疏散导向算法、结合光伏供电、储能技术，优化供电系统设计、融合物联网技术等措施，提升系统的运维效率，实时优化疏散路径，实现人员疏散的精准引导，降低系统能耗。此外，将新规范、新要求融入系统优化设计中，提升系统的消防安全性能。

[参考文献]

- [1]北京照明学会设计专业委员会.照明设计手册[M].北京:中国电力出版社,2016.
 - [2]应急管理部沈阳消防研究所.GB 51309-2018 消防应急照明和疏散指示系统技术标准[S].北京:中国计划出版社,2019.
 - [3]中国建筑东北设计研究院有限公司.GB 51348-2019 民用建筑电气设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
 - [4]清华大学建筑设计研究院有限公司,中国建筑标准设计研究院有限公司,应急管理部沈阳消防研究所.19D702-7 应急照明设计与安装[M].北京:中国计划出版社,2019.
 - [5]公安部天津消防研究所,公安部四川消防研究所.GB 50016-2014 建筑设计防火规范(2018年版)[S].北京:中国计划出版社,2018.
 - [6]《消防应急照明和疏散指示系统》编委会.消防应急照明和疏散指示系统[M].成都:四川科学技术出版社,2019.
 - [7]公安部沈阳消防研究所.GB 17945-2010 消防应急照明和疏散指示系统[S].北京:中国标准出版社,2010.
 - [8]徐华.应急照明设计简析[J].建筑电气,2019(12):3-8.
 - [9]徐华.备用照明设计探讨[J].建筑电气,2020(6):3-6.
 - [10]徐华.体育场馆应急照明设计探讨[J].照明工程学报,2020(4):30-32.
- 作者简介：张轶婷（1996.7—），毕业院校：河北建筑工程学院，所学专业：电气工程及其自动化，当前工作单位：中核华纬工程设计研究有限公司，职称级别：助理级工程师。