

智能照明控制系统在城市轨道交通车站节能管理中的应用研究

曹伟

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400051

【摘要】：城市轨道交通车站照明是主要能耗环节，当前存在能耗分布不均、管控模式僵化、传统照明短板突出及实操管理困难等问题。本文结合车站各区域照明需求，采用智能照明控制系统，通过科学选型适配、精准设定控制逻辑与参数，并针对性解决设备兼容、调试适配及运维等落地难题，实现照明动态调控与精准管控。应用结果表明，该系统可有效减少电能浪费、降低运维成本，兼顾节能效益与运营便利性，为车站照明节能管理提供有效支撑。

【关键词】：智能照明控制系统；城市轨道交通车站；节能管理；能耗管控；场景适配

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.098

引言

当前，城市轨道交通作为绿色低碳的公共交通方式，其运营能耗管控成为行业高质量发展的重要抓手。照明系统是车站运营的核心能耗环节，实际运行中，受车站区域功能差异、客流时段波动等因素影响，传统照明控制暴露出能耗浪费严重、管控精度不足、运维效率偏低等问题，难以满足车站节能管理的实际需求。为摆脱这一困境，推动城市轨道交通行业绿色转型，智能照明控制系统凭借动态调控、精准监测的技术优势，成为车站照明节能管理的重要突破口。本文立足车站照明节能管理现状，深入探讨智能照明控制系统的应用实施路径，为提升车站节能效益、降低运营成本提供实践支撑。

1 城市轨道交通车站照明节能管理现存困境及问题梳理

1.1 车站照明系统能耗分布特征

城市轨道交通车站照明系统能耗分布呈现明显的区域差异化与时段波动性特征，且能耗占比居高不下，是车站运营过程中的主要能耗环节之一。车站公共区域照明能耗占比最高，其中站厅、站台作为人员密集区域，照明灯具数量多、功率大，且需配合车站运营时间持续开启，尤其高峰时段需全负荷运行，能耗消耗最为集中；设备用房照明能耗相对稳定，虽单区域灯具数量少于公共区域，但因通风、消防、通信等设备需24小时不间断运行，配套照明需同步开启，形成持续能耗。此外，出入口、通道等过渡区域照明能耗随客流变化波动较大，夜间非高峰时段客流骤减，但照明系统仍多处于常亮状态，呈现明显的无效照明现象，而不同线路、不同站点因客流量、车站规模、运营时长的差异，能耗分布也存在显著不同，进一步增加了能耗管控的复杂性。

1.2 节能管理中的实操难题

城市轨道交通车站照明节能管理的实操过程中，存在诸多

具体难题制约节能效果落地。车站照明区域划分复杂，站厅、站台、通道、设备房等区域的照明需求差异较大，不同时段客流量波动明显，难以精准匹配照明亮度与实际需求，往往出现客流量低谷时段照明过度开启、高峰时段局部照明不足的情况^[1]。现有照明控制模式多为固定开关或简单定时控制，无法根据实时环境光线强度、客流量变化进行动态调节。同时，车站照明设备数量庞大、分布分散，部分老旧设备兼容性差，难以与节能控制设备有效对接，后期调试、维护难度较大，且维护人员缺乏专业的节能控制操作技能，无法充分发挥现有节能设备的应用效能，进一步加剧了节能管理的实操难度。

1.3 传统照明模式的节能短板

传统照明模式多采用固定开关控制或简单分组控制，难以结合城市轨道交通车站客流波动、自然光强弱与各区域功能差异动态调节照明运行状态。车站公共区域、设备用房、出入口等空间使用场景不同，照明需求层次区别明显，但传统模式普遍实行统一启停管控，在夜间客流锐减、日间自然光充足等低照明需求时段，依旧保持全负荷亮灯运行，产生不必要的电能消耗^[2]。传统照明系统缺少精细化能耗监测功能，不能实时采集、统计各分区用电数据，难以及时排查能耗异常问题。灯具故障排查与日常运维完全依赖人工巡检，不仅加大人力投入与工作负担，还易出现故障灯具带病运转、无效常亮等问题，持续增加能源损耗。整体上，传统模式照明资源调配缺乏科学性与灵活性，整体节能效果薄弱，难以适配轨道交通车站绿色低碳的运营发展需求。

2 智能照明控制系统的节能应用实施路径

2.1 系统选型与车站场景适配设计

城市轨道交通车站系统选型应聚焦节能诉求、环境特质与运营标准，优先采用集成能耗监测、智能调控、故障告警及远程运维能力的成熟装备，保障运行稳定、兼容可靠与扩展灵活，

兼顾节能成效与前期投入成本效益,控制器与传感器需契合轨道交通行业防爆、抗干扰、耐高低温规范,适配车站复杂电气工况。场景适配设计需结合车站各区域功能差异精准布局,站厅公共区域配置人体感应与光线感应双控组件,依据客流疏密及自然光照程度自动调节灯具照度、切换点亮模式,站台区域依托与列车运行状态联动的控制机制,列车进站时自动调高照明亮度,驶离后切换至节能工况。设备房、通道等人流稀疏区域设置延时关闭与低亮度常亮机制,结合各区域照明等级标准合理划分控制回路,实现照明资源精准配置,规避无效能耗,推动系统与车站场景深度适配,充分释放节能潜力(见图1)。

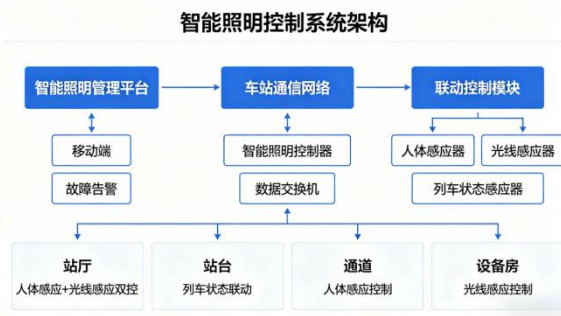


图1 智能照明控制系统架构

2.2 节能控制逻辑与参数设定

智能照明控制系统的节能控制逻辑以城市轨道交通车站的实际运营场景和照明需求为核心,构建多维度联动控制体系,依托传感器实时采集的数据实现照明的动态调节^[1]。控制逻辑核心围绕车站不同区域的功能差异、客流变化规律及自然光照条件,划分不同控制单元,实现照明设备的精准启停与亮度调节。参数设定需结合车站各区域的照明标准和节能目标,针对站厅、站台、通道、设备房等不同区域,分别设定基准亮度阈值、感应灵敏度及延时关闭参数,其中站厅区域结合客流峰谷时段设定亮度调节梯度,站台区域关联列车到站信号实现提前亮灯与延时关灯,设备房区域根据设备运行状态和人员出

参考文献:

- [1] 吴铁保.城市轨道交通车站智能照明控制系统设计研究[J].光源与照明,2022,(05):77-79.
- [2] 任朋彪.基于智能控制的城市轨道交通站场照明系统设计研究[J].居业,2025,(12):115-117.
- [3] 矫佳,唐鑫.城市轨道交通智能照明系统优化控制研究[J].人民公交,2025,(02):85-87.

入频率设定感应触发参数,同时预留参数校准接口,可根据季节变化、运营调整及节能效果反馈,动态优化参数数值,确保控制逻辑高效运行,实现照明能耗的精准管控。

2.3 应用落地中的问题解决措施

针对智能照明控制系统在城市轨道交通车站应用落地中出现的设备兼容性不足问题,需提前开展全站照明设备排查与参数适配,选用符合轨道交通行业标准的接口协议,通过加装协议转换器、优化系统固件升级方案,实现控制系统与原有照明设备、车站综合监控系统的无缝对接,避免出现信号中断、控制失灵等情况。针对现场调试中存在的照明亮度与车站不同区域场景需求不匹配问题,结合车站候车区、通道、设备房等区域的人流规律、光照需求,建立多场景光照参数数据库,通过现场反复测试校准,优化光照调节算法,确保系统能根据实时环境光线、人流变化自动调节亮度,既满足照明需求又避免能源浪费。针对系统运维难度大、故障响应不及时的问题,搭建智能化运维管理平台,实时监测各照明节点运行状态,设置故障预警机制,明确运维责任分工与响应流程,定期开展设备巡检与校准,及时处理线路老化、传感器失灵等问题,保障系统长期稳定运行。

3 结语

城市轨道交通车站照明节能管理是践行绿色低碳发展理念、降低运营成本的关键举措,破解传统模式能耗浪费、管控低效等难题,需依托技术创新实现精准管控。智能照明控制系统通过科学选型适配、精准控制逻辑设定及落地难题破解,可有效匹配车站不同区域、不同时段的照明需求,实现能耗动态调控与高效管控,既减少电能浪费,又降低运维成本,兼顾节能效益与运营便利性。未来需持续优化系统适配性与调控精度,推动其与车站综合监控系统深度融合,完善运维体系,助力城市轨道交通行业实现绿色低碳高质量发展,为城市节能降耗提供可行路径。