

智慧路灯在道路与景观照明工程中的集成应用及节能研究

施贵烽

上海立锦华建设工程有限公司, 上海, 201400;

摘要: 为破解传统道路与景观照明工程中能耗偏高、管控粗放、功能单一、运维低效等现实难题, 契合城市绿色低碳发展与新型智慧城市建设的核心导向, 本研究系统阐释智慧路灯在道路与景观照明工程中的核心内涵、集成价值及节能机理, 提出构建智能感知集成体系、优化多场景节能调控机制、完善一体化运维管理架构、建立全周期能效评价体系等提质增效路径, 持续推动道路与景观照明从传统人工管控向智能协同、从高耗运行向低碳高效转型, 让照明系统更适配城市精细化管理需求与绿色发展目标, 为提升城市照明工程建设质效、落实双碳战略与智慧城市建设任务提供可落地、可复制的工程实践参考。

关键词: 智慧路灯; 道路照明; 景观照明; 集成应用

DOI: 10.69979/3029-2727.26.02.071

城市道路与景观照明是保障公共出行安全、塑造城市夜间风貌、提升居民生活品质的关键基础设施, 也是城市能源消耗与碳排放的重要组成部分。传统照明系统普遍存在光源能效偏低、控制方式僵化、运维响应滞后、功能模块割裂等问题, 难以匹配现代化城市对安全、绿色、智能、高效的综合要求。以智慧路灯为核心载体的集成化照明解决方案, 依托物联网、大数据、智能传感与自动控制等技术, 将照明调控、环境监测、安防辅助、信息发布等功能深度融合, 通过精细化管控、动态化调节、系统化运维, 实现照明效能与能源利用效率的双重提升, 契合城市照明工程绿色化、智能化、集约化的发展趋势。本文立足道路与景观照明工程建设实际, 解析智慧路灯的核心构成与应用逻辑, 探究其集成应用模式与节能增效机制, 为城市照明工程升级改造与可持续发展提供理论支撑与实践指引。

1 智慧路灯在道路与景观照明工程中的核心内涵

智慧路灯在道路与景观照明工程中的集成应用, 是以感知—调控—协同—评价为核心链路的现代化照明实施体系, 将智能控制、能源管理、多业务集成、远程运维等技术贯穿于照明工程规划、建设、运行、管理全流程。该体系依托道路与景观照明的载体属性与空间分布特征, 通过模块化集成、网络化连接、智能化决策, 打破传统照明设备独立运行、功能单一、管控分散的固有模式, 推动照明系统从被动执行向主动适配、从固定参数向动态调节、从单一功能向综合服务转变, 进而梳理城市照明“点一线一面”协同运行逻辑, 构建集安全

保障、景观营造、节能降碳、智慧服务于于一体的新型照明基础设施体系^[1]。

智慧路灯的核心功能体现在两大维度: 一是智能照明调控, 通过光感、人感、车感等传感设备实时捕捉环境与交通状态, 自动调节光源亮度、开关时间与运行模式, 在保障照明质量的前提下最大限度降低无效能耗; 二是多元集成服务, 以灯杆为物理载体, 整合环境监测、视频监控、应急呼叫、5G 微基站、信息发布等模块, 实现“一杆多用、一网统管”, 提升城市公共设施利用效率与综合服务能力。两大功能相互支撑、协同发力, 共同构成道路与景观照明工程智能化升级与节能化改造的核心支撑^[2]。

2 智慧路灯在道路与景观照明工程中的应用价值

2.1 优化照明供给质量, 强化公共安全与景观营造能力

智慧路灯依靠精准化照明调控和多维度环境适配, 可以很好地解决传统照明亮度不均、时段僵化、响应迟缓等难题。根据实时交通流量、自然光强度、行人分布等数据进行动态调节, 可以保证道路照明的均匀度和照度达标, 提高夜间出行的安全性; 根据景观照明场景, 根据季节、节日、天气等因素灵活切换照明模式和色彩效果, 增强城市夜间景观的层次感和艺术性, 兼顾功能性照明和美学化表达, 完善城市公共空间品质和夜间风貌塑造能力。

2.2 降低能源消耗强度, 推动绿色低碳照明转型

传统道路和景观照明一直处在固定亮度、全时段运行的状态,无效照明和能源浪费现象严重。智慧路灯上装有的LED高效光源以及智能调光系统,可以实现按需照明、分时调控、分区管理,再配合光伏发电、储能等清洁能源技术,从而降低电网依赖和碳排放。智慧路灯综合节能率比传统照明系统高40%到60%,可以大大降低城市照明用电负荷,助力城市实现碳达峰、碳中和目标,符合绿色建筑、低碳城市建设的要求。

2.3 整合设施资源投入,提升城市基建集约化水平

传统城市公共设施存在功能分散、重复建设、资源浪费等问题,监控、通信、环境监测等设备需要独立立杆,占用空间大,建设成本高。智慧路灯以一杆多用为优势,把多种城市服务功能集成到一个载体上,减少立杆数量、节约土地资源、降低施工和维护成本,实现公共设施资源的高效配置和集约利用。一体化集成设计可以简化施工过程,缩短建设周期,提高城市基础设施建设的经济性、科学性。

2.4 完善运维管理体系,实现照明工程全周期高效管控

传统的照明运维依靠人工巡检、故障上报滞后、维修效率低,容易出现长时间熄灯、设备老化失修等问题。智慧路灯所配备的远程监控、故障报警、状态诊断等功能,可以对灯具运行参数、能耗数据、设备状态实施实时采集,从而达成故障自动预警、精准定位、快速派单的目的,促使运维模式由被动抢修向主动预判、由人工巡检向智能管控转变。全周期数字化管理可以延长设备使用寿命、降低运维成本、提高照明工程运行稳定性、提高管理精细化水平。

3 智慧路灯在道路与景观照明工程中的集成应用策略

3.1 适配场景功能需求,构建多维度感知集成体系

道路与景观照明具有不同的功能定位与运行特征,智慧路灯需结合场景差异搭建分层分类的感知集成体系,为智能调控与节能运行提供数据支撑。针对城市主干道、次干道、支路等道路照明场景,重点集成交通流量传感器、光照强度传感器、电流电压监测模块,实时采集车流量、自然光、设备负荷等数据,支撑亮度动态调节与安全保障;针对公园、广场、滨水带、商圈等景观照明场景,增加色彩传感器、温湿度传感器、人体感应设备,兼顾景观效果、能耗控制与人流响应需求^[1]。

感知层设备采用标准化接口与模块化设计,支持功能灵活拓展与设备兼容适配,确保不同品牌、不同类型传感器与控制器稳定对接。通过物联网网络实现感知数据实时上传与指令快速下发,构建“全域感知、实时传输”的数据采集体系,为智能调控、节能优化、运维管理提供精准可靠的数据基础,推动照明调控从经验驱动向数据驱动转变。

3.2 聚焦能效提升目标,优化全场景节能调控机制

节能是智慧路灯应用的核心目标,需结合道路与景观照明的运行规律,构建分层级、多模式、自适应的节能调控机制,实现照明质量与能耗控制的平衡。首先,推行光源设备节能升级,全面采用高光效、长寿命、低衰减的LED光源,替代传统高压钠灯、金卤灯等低效光源,从硬件层面提升基础能效;其次,建立分时分区调光策略,根据昼夜节律、交通流量、行人活动规律设置多档亮度模式,深夜低峰期降低亮度至安全标准下限,避免全功率空载运行。

同时,集成自然光感应与动态补偿技术,根据环境光照强度自动调节输出功率,实现“亮则调低、暗则补足”的自适应调控;结合清洁能源利用,在具备条件的路段与景观区域搭载光伏板与储能电池,构建“光伏+储能+智能照明”微网系统,优先使用清洁能源供电,减少市电消耗。针对景观照明,制定节日与平日、夜间与深夜差异化调控方案,在保障景观效果的前提下压缩非必要照明时长与功率,实现精细化节能管控。

3.3 依托数字技术赋能,完善一体化运维管理架构

智慧路灯的稳定运行离不开高效协同的运维管理体系,需搭建集监控、调度、维修、统计于一体的一体化管理平台,实现照明工程全流程数字化管控。平台具备设备状态实时监测、能耗数据统计分析、故障自动报警定位、运维工单智能派发、历史数据回溯查询等功能,管理人员可通过PC端与移动端远程掌控全线照明设备运行情况,无需现场巡检即可完成调控与诊断。

建立分级运维响应机制,一般故障自动推送维修指令与位置信息至运维人员,重大故障联动应急管控系统,确保快速处置;构建设备全生命周期管理模块,记录灯具使用时长、维修次数、能耗变化等数据,预判设备老化与更换周期,实现预防性维护。通过大数据分析挖掘能耗规律与故障特征,持续优化调控策略与运维方案,形成“监测—分析—优化—反馈”的闭环管理,提升系统运行效率与使用寿命。

3.4 对标绿色发展要求，建立全周期能效评价体系

为保障智慧路灯节能效果持续稳定，需建立覆盖规划设计、设备选型、施工安装、运行管理、改造升级的全周期能效评价体系，以量化指标引导工程建设与运行优化。评价体系包含基础能效指标、智能调控指标、运维管理指标、综合效益指标四大维度，基础能效指标涵盖光源光效、系统能效、能耗下降率等；智能调控指标包括调光响应速度、自适应匹配度、数据准确率等；运维管理指标涉及故障处理时效、设备完好率、运维成本降低率等；综合效益指标涵盖碳减排量、投资回收期、资源节约率等。

采用定期检测与动态评估相结合的方式，对照明工程能效水平进行常态化监测与考核，针对薄弱环节提出优化方案；将能效评价结果与工程验收、运维考核、升级改造挂钩，推动各环节严格执行节能标准与智能管控要求。同时，建立行业对标与经验推广机制，总结不同场景下的最优集成方案与节能模式，为同类工程提供参考，推动城市照明工程整体能效提升。

4 智慧路灯节能效果与综合效益分析

智慧路灯在道路与景观照明工程中的规模化应用，能够产生显著的节能效益、经济效益、社会效益与环境效益。从节能维度来看，智能调光与按需照明可大幅降低无效能耗，结合LED高效光源与清洁能源利用，综合节电率可达50%左右，年节约电量与碳减排量可观，有效缓解城市电力供应压力。从经济维度来看，一体化集成设计减少重复建设与立杆投入，远程智能运维降低人工成本与维修费用，设备寿命延长进一步降低全生命周期成本，投资回收期通常控制在合理区间。

从社会维度来看，精准照明提升出行安全与夜间环境品质，多元集成功能为市民提供便捷的公共服务，助力智慧城市建设与民生保障；集约化建设减少道路占用与视觉干扰，提升城市空间整洁度与美观度。从环境维度来看，能耗下降直接减少碳排放与污染物排放，绿色低碳的照明模式契合生态环境保护要求，推动城市建设向可持续方向发展。多重效益协同释放，使智慧路灯成为新型城市照明基础设施的优选方案。

5 工程实践推进建议与发展展望

在智慧路灯推广应用过程中，需统筹技术标准、政策支持、建设管理、数据安全等关键要素，保障工程落

地见效。一是加快完善统一技术标准与规范，明确设备接口、数据协议、能效指标、集成要求，避免行业标准混乱与设备不兼容问题；二是强化政策引导与资金支持，将智慧路灯纳入智慧城市与绿色低碳建设重点项目，给予财政补贴、电价优惠等支持，鼓励社会资本参与投资运营；三是坚持因地制宜、分类推进，根据城市规模、道路等级、景观定位、气候条件制定差异化方案，避免盲目跟风与一刀切建设。

从长远发展来看，智慧路灯将进一步向更高层级的智能化、网络化、协同化方向演进。随着人工智能、数字孪生、车路协同等技术的深度融合，智慧路灯将成为智慧城市感知网络的核心节点，实现与交通系统、安防系统、环保系统、能源系统的全域联动；清洁能源利用与储能技术将更加成熟，实现零碳照明与微网稳定运行；管理平台将向更智能、更便捷、更开放的方向升级，支撑城市精细化管理与数字化治理。智慧路灯的持续迭代，将为城市道路与景观照明工程带来更高效、更绿色、更智能的发展前景。

6 结论

综上，智慧路灯在道路与景观照明工程中的集成应用与节能管控，契合城市基础设施现代化、绿色化、智能化发展的核心方向，能够有效破解传统照明工程的能耗、管控、运维、功能等多重痛点。该应用模式以技术集成与智能调控为核心，可推动照明工程从高耗低效向低碳高效、从功能单一向综合服务、从分散管控向协同治理转型，为提升城市照明质量、降低能源消耗、集约公共资源、完善智慧城市功能提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 谢曲波. 基于多功能路灯的智慧城市信息化系统建设路径[J]. 灯与照明, 2026, 50(02): 34-36.
- [2] 郑孟奇. 智慧城市中LED路灯网络的优化设计策略[J]. 灯与照明, 2026, 50(02): 85-87.
- [3] 孔浩杰, 龚海宁. 智慧路灯多传感器融合与城市数据采集协同机制[J]. 中国照明电器, 2026, (03): 136-138.

作者简介：施贵烽（1973.03-），男，汉，籍贯：江苏省启东市，学历：本科，职称：无，研究方向：杆线与照明工程。