

市政照明节能改造工程中智慧路灯 施工工艺与物联网融合应用

顾 健

(江苏赛鸥电气集团有限公司, 江苏 扬州 225600)

摘 要 在“双碳”目标与新型智慧城市建设背景下, 市政照明节能改造成为城市绿色发展的重要抓手。智慧路灯作为改造核心载体, 其施工工艺与物联网技术的融合应用是提升改造效能的关键。本文立足于市政照明节能改造实践需求, 概述了智慧路灯与物联网核心技术, 详细分析了智慧路灯施工前期准备、核心施工环节及调试验收的工艺要点, 并从感知层、网络层、应用层三个维度探究了与物联网的融合应用路径, 提出技术、质量、运维、安全四大保障措施, 以期为市政照明节能改造工程中智慧路灯的规范化施工与智能化应用提供实践参考, 进而推动城市照明体系向节能化、智能化、精细化转型。

关键词 市政照明; 节能改造; 智慧路灯; 物联网

中图分类号: TU995

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.08.027

0 引言

市政照明系统是城市基础设施的核心构成部分, 传统照明设施普遍存在能耗高、管控滞后、运维成本高的问题, 无法满足新型智慧城市发展需求。物联网、大数据、新能源等技术不断迭代升级, 智慧路灯依托节能降耗、多功能集成、智能化管控等优势, 成为市政照明节能改造的核心趋势。规范的智慧路灯施工工艺, 是工程质量的直接保障, 和物联网技术深度融合, 是实现智能管控、功能拓展的核心支撑。部分市政照明节能改造工程存在三大问题: 智慧路灯施工和物联网融合不到位、工艺标准不统一、应用效能未完全发挥。系统探究智慧路灯施工工艺和物联网融合应用途径, 落实保障手段, 能切实助力提高市政照明节能改造质量、压缩运维成本、构建智能化城市照明体系, 本文依托这一背景, 结合工程实践进行了深入探究。

1 市政照明节能改造工程核心技术概述

1.1 智慧路灯核心技术

智慧路灯是兼具照明控制、信息感知、数据传输、多功能集成的新型城市基础设施, 核心技术囊括节能照明技术、智能控制技术和多功能集成技术。节能照明技术以 LED 光源为核心支撑, 和传统高压钠灯比, 能耗降低超 50%, 寿命增幅达 3~5 倍, 搭配智能调光模块可结合环境光照、车流量调整亮度; 智能控制技

术借助嵌入式芯片和传感器, 实现路灯远程开关操控、运行状态监测、故障提前预警; 多功能集成技术可聚合充电桩、环境监测、视频监控、信息发布等功能, 做到“一杆多用”, 强化城市资源利用效能^[1]。

1.2 物联网核心技术

物联网技术是智慧路灯智能化管控的核心依托, 核心覆盖感知层、网络层与应用层三大技术体系。感知层调动光照传感器、温湿度传感器、车流量传感器等各类传感器, 采集路灯运行状态、环境参数等数据, 支撑数据采集开展; 网络层采用 5G、NB-IoT、LoRa 等无线通信技术, 实现感知层数据高效传输, 维持数据传输的稳定和实时; 应用层借助大数据分析、云计算等技术, 应用经处理、分析后的传输数据, 为路灯赋予远程管控、能耗统计、故障预警、资源调度等智能功能, 为市政照明管理决策供给数据支撑。

2 市政照明节能改造中智慧路灯施工工艺要点

2.1 施工前期准备

施工前的筹备工作是保障智慧路灯施工质量和效率的关键, 核心覆盖现场勘查、方案优化、材料设备检验三大关键环节。现场勘查需组建专业勘查团队, 通过全站仪、管线探测仪等专业设备, 精准核对施工区域的地形地貌、地下管线分布(电力管线、通信管线、给排水管线、燃气管线等)、周边建筑物分布及交通

作者简介: 顾健(1985-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 智慧路灯施工、物联网照明、节能改造工程管理。

流量,绘制细致的现场勘查图纸,标记各类障碍物位置,杜绝施工和现有设施出现冲突;优化方案需匹配勘查结果和节能改造目标,用BIM技术搭建施工区域三维模型,模拟路灯安装地点、距离、高度及管线布设路径,同步统筹物联网感知设备和通信模块的安装点位、布线路径,优化方案经多轮论证,保障施工方案具备可行性、经济性、安全性^[2]。

2.2 核心施工环节工艺

核心施工环节直接决定智慧路灯安装质量和后续运行稳定性,涵盖基础施工、灯杆安装、管线敷设、设备集成四大工艺要点,具体细节见表1。

2.3 调试与验收工艺

调试和验收是维持智慧路灯正常运行和物联网功能有效实现的核心环节,需严格遵守“分步调试、全面验收”的规矩,调试工作划分为三个阶段:单机调试、分系统调试和整体系统调试。(1)单机调试要逐一检测路灯照明功能(开关、调光、色温调节)、传感器数据采集精度(误差控制在设计允许范围)、通信模块信号强度和连接稳定性;(2)分系统调试需单独对每个系统——照明系统、感知系统、通信系统开展专项调试,核查各子系统内部设备的协同运行成效;(3)调试整套系统要搭建物联网管控平台,验证各子系统与平台的数据通信稳定性,检测远程管控、故障预警、能耗统计、亮度自适应调节等智能化功能的实际表现,调整平台参数配置,保证系统响应延迟不超3秒。验收工作必须严格遵循《城市道路照明工程施工及验收规程》《智慧路灯系统技术要求》《市政工程质量验

收统一标准》等多项标准,成立由建设单位、施工单位、监理单位、设计单位及第三方检测机构组成的验收小组,先检查施工资料(施工方案、材料检验报告、调试记录、隐蔽工程验收记录等)的完整度和合规性,再现场检测路灯安装质量、照明效果(平均照度、照度均匀度要符合城市道路照明等级要求)、节能效率(实际能耗要比改造前低30%以上)及物联网功能实现情况,针对验收不合格项下达具体整改通知,确定整改要求和时限,整改完成后开展复核验收,保障工程质量全部达标^[3]。

3 智慧路灯施工与物联网的融合应用路径

3.1 感知层与施工工艺融合

感知层是物联网数据采集的核心节点,它和施工工艺的深度融合要覆盖施工全流程,维持数据采集的精准与稳定。施工前期筹备阶段,结合感知设备类型和功能需求改进施工方案,针对光照传感器、车流量传感器、温湿度传感器等各类设备的安装要求;灯杆设计阶段,预设专用安装接口和标准化布线通道,明确接口规格和布线路径,防止后期凿改灯杆破坏结构稳定性和防水性能;核心施工阶段,各类感知设备的安装和固定同步完成,严格把控安装精度,光照传感器需安装在灯杆顶部无遮挡区域,保证采集数据如实反映环境光照状态,车流量传感器要装在道路侧方灯杆的合适高度,做到检测范围覆盖目标车道,全部传感器接线需和路灯线路同步安设、规范连通,借助防水接头和绝缘套管做好绝缘和防水处理,接头部位需预留一定冗余长度,便于后续维护。

表1 智慧路灯核心施工环节工艺要求与质量控制要点

施工环节	核心工艺要求	质量控制要点
基础施工	按设计尺寸开挖基坑,铺设垫层并夯实;绑扎钢筋骨架,安装预埋件,确保预埋件水平度偏差 $\leq 2\text{ mm}$;浇筑C30混凝土,振捣密实后覆盖养护,养护时间不少于7天	基坑尺寸、深度符合设计要求;预埋件位置精准,与基础连接牢固;混凝土强度达标,无裂缝、蜂窝等缺陷
灯杆安装	采用起重机吊装灯杆,吊装过程中设专人牵引扶正;灯杆就位后与预埋件精准对接,调整垂直度(垂直度偏差 $\leq 1\%$),并用螺栓紧固;安装完成后拆除吊装固定件,清理基础周边杂物	灯杆垂直度符合标准;螺栓紧固力矩达标,无松动现象;灯杆表面无损伤、变形
管线敷设	电力管线与通信管线分开敷设,间距不小于30 cm;采用PE管作为保护管,埋深不小于0.7 m,穿越道路时需加设套管防护;管线接头采用密封连接件,做好防水处理;敷设完成后进行压力测试与通断测试	管线敷设路径符合设计要求;防水、防护措施到位;管线连接牢固,无渗漏、断路现象
设备集成	依次安装LED光源、智能控制器、传感器、通信模块,确保设备接线规范,极性正确;连接线路采用绝缘导线,做好绝缘处理;安装完成后梳理线路,固定于灯杆内部,避免线路杂乱受力	设备安装位置合理,固定牢固;接线规范,无短路、虚接现象;设备绝缘性能达标

3.2 网络层与施工工艺融合

网络层承担数据传输,与施工工艺结合的核心是保障通信链路稳定可靠。管线敷设阶段,同步规划通信管线敷设路线,单独铺设专用通信管线(如光纤套管、NB-IoT 专用管线)和电力管线,防止电磁干扰;依据施工区域环境挑选适配的通信模块(如城市核心区域采用 5G 模块,郊区采用 LoRa 模块,为通信模块在灯杆内部预留安装空间,保证模块安装牢固、信号无遮挡;调试实施阶段,校验通信模块的信号强度、数据传输速率与稳定性,调校通信参数,搭建冗余通信链路,规避单链路故障引发数据传输中断,维持智慧路灯和物联网管控平台稳定互通。

3.3 应用层与施工成果融合

应用层是物联网技术实现价值的核心载体,它和施工成果的融合要聚焦智能化功能的实际应用,施工收尾后,把智慧路灯施工成果(设备参数、安装位置、管线分布等)录入物联网管控平台,构建设备档案,实现设备全周期管控;依靠平台汇总感知层采集的路灯运行数据、环境数据,依托大数据分析调整照明亮度(车流量大时调高亮度,夜间无车辆通行时降低亮度),精准统计分析能耗、智能预警故障;围绕城市管理需求,延伸应用层功能边界,诸如通过平台执行路灯能耗考核、运维工单派发等,让市政照明管理从“被动维修”切换到“主动预警、精准运维”模式^[4]。

4 智慧路灯施工与物联网融合应用的保障措施

4.1 技术保障

建立技术保障体系,组建由施工技术人员、物联网技术专家、设备厂家技术人员组成的技术团队,全程参与施工方案优化、技术难题攻克与调试指导;严格遵循相关技术标准与规范,制定智慧路灯施工与物联网融合应用的专项技术方案,明确技术参数与操作流程;加强技术培训,提升施工人员的物联网技术应用能力与施工规范意识,确保施工与融合应用的技术可行性。

4.2 质量保障

打造全流程质量管控体系,施工前细查材料设备质量,禁止不合格产品进入;施工阶段布置质量检查节点,对基础施工、灯杆安装、管线敷设、设备集成等关键环节做专项检查,落实检查记录,查出质量问题马上整改;验收阶段对照标准完成全面核验,请第三方检测机构实施质量检测,保障施工质量与物联网融合应用效果合格;构建质量追溯体系,追查施工质量问题源头并问责相关方^[5]。

4.3 运维保障

组建专业运维团队,厘清运维职责和流程,定期对智慧路灯和物联网设备开展巡检、维护与校准;借物联网管控平台掌握设备运行状态实时数据,构建故障预警和快速响应机制,故障发生后即刻派单、极速维修;搭建运维档案,登记设备运维情况、能耗数据、故障处理结果等信息,为运维优化和决策供应数据支撑;加大运维人员培训力度,增强智能化设备运维和应急处置能力。

4.4 安全保障

抓实施工和运行全周期安全管理,施工前开展施工人员安全培训,配齐安全防护用品,规范施工用电、吊装等操作步骤,防范安全事故;施工阶段做好地下管线防护,切勿损毁燃气、电力等危险管线;设备运行期间定期核查电气安全性能,完成防雷、防水、防漏电处置,保障设备安全运行;筑牢物联网平台安全防线,设定访问权限,对数据加密传输,防范数据泄露和被恶意攻击。

5 结束语

实施市政照明节能改造工程期间,融合运用智慧路灯施工工艺和物联网技术,是城市照明体系智能化升级的核心途径。本文对相关核心技术进行梳理,落实施工工艺细节,探索感知层、网络层、应用层与施工的融合渠道,制定四项保障举措,提出了一套完整度较高的融合应用方案。合规的智慧路灯施工工艺是融合应用的核心支撑,深度运用物联网技术是提效改造的核心。技术不停迭代升级,要进一步优化施工工艺和融合应用模式,驱动智慧路灯往多功能集成、全生命周期智能化管理迈进,给新型智慧城市建设夯实基础设施支撑,推动城市实现绿色低碳、高效智能的发展目标。

参考文献:

- [1] 林海平,胡文飞,张雅洁.城市智能路灯照明系统的设计与实现[J].温州职业技术学院学报,2018,18(03):38-41.
- [2] 杨亚豪,马理想,王小妮,等.基于物联网技术的城市路灯智能控制系统设计[J].黄河科技学院学报,2022,24(02):36-43.
- [3] 王飞文.基于物联网的城市路灯智慧照明控制系统研究[D].南昌:南昌航空大学,2018.
- [4] 杨文强.智慧城市路灯安全防控技术研究与应[D].西安:西安理工大学,2021.
- [5] 代永海,李俊峰,章超平.城市智慧路灯技术应用研究[J].建筑技术开发,2024,51(12):76-79.