

港口电气技术中照明系统优化策略

王 总

海南港航国际港务有限公司 海南 海口 570311

摘要: 本文围绕港口电气照明系统优化展开研究, 阐述其核心功能、构成及运行特点, 分析当前系统存在的能耗偏高、照明质量不足、控制方式落后及运维成本居高不下等问题, 结合安全优先、节能高效等原则, 依托高效照明、智能控制等技术, 从硬件设施、控制模式、运维管理及可再生能源融合四方面提出优化策略, 为港口照明系统提质降耗、适配智慧绿色港口建设提供可行参考, 助力提升港口作业安全与运营效能。

关键词: 港口电气技术; 照明系统; 优化策略

引言: 随着港口24小时不间断作业模式普及及绿色港口、智慧港口建设推进, 电气照明系统作为保障作业安全、提升运营效率的核心基础设施, 其运行稳定性、节能性与智能化水平愈发关键。当前多数港口照明系统仍沿用传统技术与模式, 存在诸多亟待解决的问题, 严重制约港口绿色低碳发展与核心竞争力提升。因此, 深入研究港口电气照明系统优化策略, 破解现存痛点, 具有重要的现实意义与应用价值。

1 港口电气照明系统概述

1.1 港口电气照明系统的核心功能

(1) 作业安全保障功能, 满足码头装卸、船舶靠泊等场景的照度需求, 降低夜间作业事故率, 为人员操作、设备运行提供清晰视觉环境, 规避因视线不佳导致的碰撞、坠落等安全隐患。(2) 运营效率支撑功能, 适配港口24小时不间断作业模式, 保障各环节流程顺畅, 无论是货物装卸、集装箱转运还是船舶调度, 均能通过稳定照明确保作业连续性, 提升整体运营效能。(3) 节能环保辅助功能, 响应绿色港口建设要求, 控制照明能耗占比, 采用节能光源与智能调控技术, 在满足照明需求的同时, 减少能源浪费, 实现环保与节能双赢。

1.2 港口电气照明系统的构成及分类

(1) 硬件设施构成, 包括光源灯具、布线系统、控制设备及供电装置, 各部分协同工作, 为照明系统稳定运行提供硬件支撑, 保障照明效果与系统可靠性。(2) 系统分类, 按作业区域分为码头装卸区、堆场、仓库、航道及办公区域照明, 不同区域根据作业需求配置适配的照明设备与照度标准。(3) 控制模式分类, 分为传统手动控制、定时控制及智能联动控制, 其中智能控制模式可根据作业场景动态调整照明状态, 提升便捷性与节能效果^[1]。

1.3 港口电气照明系统的运行特点

(1) 工作环境复杂, 面临高盐雾、高湿、强风等严苛工况, 易对设备造成腐蚀、损坏, 对照明设备的防护等级提出较高要求。(2) 照明负荷波动大, 随作业量、昼夜交替及天气变化动态调整, 白天与夜间、晴天与阴雨天气的照明需求差异显著, 需具备灵活的负荷调节能力。(3) 可靠性要求高, 需保障连续作业期间无大面积照明故障, 避免因照明中断影响港口作业进度, 降低经济损失。

2 港口电气照明系统现状及存在的问题

2.1 港口电气照明系统现状调研

(1) 现有照明设施配置情况, 包括光源类型、灯具功率及安装布局, 目前多数港口仍以传统高压钠灯、荧光灯为主, 灯具功率集中在150W-400W, 安装布局多沿用早期设计, 未根据作业区域功能差异优化, 部分区域灯具密集、部分区域存在照明盲区。(2) 当前运行参数统计, 涵盖能耗占比、照度达标率及设备故障率, 调研显示, 照明能耗占港口总能耗的12%-18%, 部分老旧码头可达20%以上; 作业区域照度达标率仅75%左右, 仓库、航道等区域达标率不足70%; 老旧设备年故障率高达15%-20%, 严重影响作业连续性。(3) 现有控制模式及运维管理现状, 多数港口仍采用传统手动控制或简单定时控制, 仅少数大型码头试点应用智能控制; 运维管理以人工巡检为主, 缺乏专业运维团队, 巡检周期长、效率低, 故障排查滞后。

2.2 系统运行中存在的核心问题

(1) 能耗偏高问题, 传统光源能效低, 存在“全区常亮”等能源空耗现象, 传统光源发光效率仅为30-60lm/W, 远低于LED光源, 且部分非作业时段、闲置区域照明未及时关闭, 造成大量能源浪费。(2) 照明质量不足, 部分区域照度不均、眩光严重, 影响作业安全, 码头装卸区、堆场等核心区域存在局部强光眩光, 仓库、航道

等区域照度不足,易导致操作人员视觉疲劳,增加安全事故风险。(3)控制方式落后,缺乏智能调度能力,无法适配作业动态需求,无法根据作业量、天气变化、昼夜交替自动调整照度,手动控制耗时耗力,难以满足港口24小时动态作业需求^[2]。(4)运维成本居高不下,老旧设备寿命短、故障频发,人工巡检效率低,传统灯具使用寿命仅2-3年,更换频率高,人工巡检需投入大量人力物力,故障排查不及时还会造成额外经济损失。

2.3 问题产生的根源分析

(1)技术层面,传统照明技术迭代滞后,智能控制技术应用不足,部分港口受资金、技术条件限制,未及时更新节能光源和智能控制设备,对物联网、智能调控等新技术的应用力度不够。(2)设计层面,照明布局未结合港口作业实际需求,缺乏系统性规划,早期设计未充分考虑不同作业区域的照度需求差异,灯具选型、安装位置不合理,导致照明效果不佳且能耗偏高。(3)管理层面,运维体系不完善,缺乏精细化能耗监测与故障预警机制,未建立完善的能耗统计和故障排查体系,对设备运行状态缺乏实时监测,运维工作处于被动应对状态。

2.4 系统优化的必要性与紧迫性

(1)响应国家“双碳”战略及绿色港口建设政策要求,优化港口电气照明系统,推广节能技术,降低能耗排放,是港口实现绿色低碳发展的必然选择,也是落实国家政策的重要举措。(2)降低港口运营成本,提升核心竞争力,通过节能改造和智能运维,可大幅降低照明能耗和运维成本,减少不必要的资金投入,提升港口在行业内的综合竞争力。(3)保障作业安全,提升港口运营效率,优化照明质量、完善控制模式,可消除照明盲区和安全隐患,保障作业人员安全,同时提升作业连续性,进一步提高港口运营效率。

3 港口电气照明系统优化的核心原则与技术基础

3.1 系统优化的核心原则

(1)安全优先原则,确保优化后照明质量满足作业照度标准,优先保障码头装卸、船舶靠泊等核心作业区域的照明需求,消除照明盲区和眩光问题,为人员操作和设备运行提供安全的视觉环境,杜绝因照明不足引发的安全事故。(2)节能高效原则,在保障功能的前提下最大限度降低能耗,优先选用节能光源和智能调控技术,减少能源空耗,合理控制照明能耗占比,助力绿色港口建设,实现环保与节能协同推进。(3)智能适配原则,实现照明与港口作业流程动态联动,结合港口24小时不间断作业特点,让照明状态随作业指令、作业量变化自动调整,适配不同场景的动态需求,提升作业便捷

性。(4)经济可行原则,控制优化成本,兼顾短期投入与长期效益,结合港口实际财力和运营需求,选用性价比高的技术和设备,避免过度投入,确保优化方案既能解决现有问题,又能实现长期节能降耗、降低运维成本的目标。

3.2 优化所需核心技术基础

(1)高效照明技术,包括LED节能光源、高效反光灯具等应用技术,LED光源具有能效高、寿命长、显色性好的优势,搭配高效反光灯具可提升光线利用率,减少光源浪费,适配港口各作业区域需求。(2)智能控制技术,涵盖物联网、ZigBee/LoRa通信及智能调控算法,通过物联网实现设备互联互通,依托无线通信技术传输数据,结合调控算法实现照明的自动开关、动态调光,提升控制智能化水平。(3)能耗监测技术,包括电能计量、数据采集及分析技术,通过智能计量设备实时采集能耗数据,经分析处理生成能耗报告,为能耗管控和优化调整提供精准的数据支撑。(4)防护技术,适配港口高盐雾、高湿环境的设备防护技术,采用防腐蚀、防水、防尘的设备和材料,提升照明系统在严苛工况下的稳定性和使用寿命,减少故障频发问题^[3]。

3.3 优化方案的设计思路与流程

(1)前期调研与能效评估,明确优化重点及目标,全面排查现有照明系统的设施配置、运行参数和存在问题,开展能效评估,确定节能、提质、降耗的核心优化目标和重点区域。(2)分区域、分场景方案设计,兼顾不同作业区域需求,结合码头装卸区、堆场、航道等不同区域的作业特点和照度要求,针对性设计优化方案,避免“一刀切”。(3)技术选型与参数确定,确保方案可行性与适配性,结合优化目标选用适配的节能光源、控制设备和防护材料,明确设备参数,保障方案贴合港口实际工况。(4)方案验证与调整,规避优化风险,通过小范围试点测试优化方案的可行性和效果,及时发现并解决问题,调整完善方案,确保整体优化工作顺利推进。

4 港口电气照明系统具体优化策略

4.1 照明硬件设施优化策略

(1)光源优化,替换传统高压钠灯为LED高效光源,合理选择功率与色温,结合各作业区域需求,码头装卸区、航道选用5000K-6000K中性白光,提升视觉清晰度;仓库、办公区域选用3000K-4000K暖白光,缓解视觉疲劳;功率根据区域面积和照度要求适配,避免功率冗余,同时选用防眩光、高显色指数的LED光源,确保照明质量。(2)灯具与布局优化,根据作业场景调整灯具安装高度、角度,优化照明均匀性,码头装卸区灯具

安装高度控制在8-12米,采用对称布局消除照明盲区;堆场采用矩阵式布局,提升整体照度均匀度;仓库选用嵌入式灯具,避免光线直射影响作业,同时更换老旧破损灯具,选用IP65及以上防护等级产品,适配港口严苛工况^[4]。(3)供电线路优化,减少线路损耗,提升供电稳定性,增设漏电保护装置,更换老化、线径不足的供电线路,选用铜芯电缆降低电阻损耗,合理规划线路走向,缩短供电距离;在配电箱增设漏电保护器、过流保护器,防止线路短路、漏电引发安全事故,保障供电系统稳定运行。

4.2 照明控制模式优化策略

(1)智能联动控制,对接港口ITOS系统,实现照明与作业指令同步联动,当ITOS系统下发装卸、靠泊等作业指令时,自动开启对应区域照明并调整至合适亮度;作业完成后,延迟10-15分钟自动关闭,避免能源空耗,实现照明与作业流程的精准匹配。(2)动态调光控制,根据光照强度、作业状态自动调整亮度,实现“按需照明”,在灯具上安装光照传感器,白天根据自然光强度自动调光,阴天适当提升亮度,晴天降低亮度;作业高峰期调至满负荷亮度,闲置时段调至30%-50%节能亮度,最大限度减少无效能耗。(3)远程监控控制,搭建物联网管理平台,实现照明状态实时监测与远程操控,平台可实时显示各区域灯具运行状态、能耗数据,支持远程开关、调光操作,当灯具出现故障时,平台及时反馈,方便工作人员快速处置,提升控制便捷性^[5]。

4.3 能耗与运维管理优化策略

(1)能耗精细化管理,建立能耗监测体系,生成多维度能耗分析报告,在各作业区域安装智能电能计量仪表,实时采集照明能耗数据,通过物联网平台进行汇总分析,生成日、周、月能耗报表,明确能耗浪费点,为能耗管控提供数据支撑,针对性制定节能措施。(2)运维模式优化,实现故障自动报警、智能巡检,减少人工巡检工作量,在灯具和控制设备上安装故障检测传感器,出现故障时自动向管理平台发送报警信息,明确故障位置和类型;采用智能巡检机器人替代部分人工巡

检,提升巡检效率,降低人工成本。(3)建立全生命周期管理体系,降低设备维护成本与更换频率,对优化后的照明设备进行分类登记,记录安装时间、维护记录、使用寿命,定期开展预防性维护,及时更换老化部件,延长设备使用寿命,减少设备更换成本和停机损失。

4.4 可再生能源融合优化策略

(1)风光互补照明系统应用,在合适区域安装太阳能+风能照明设备,在港口堆场、航道等无遮挡、光照和风能充足的区域,安装风光互补照明灯具,利用太阳能电池和小型风力发电机供电,满足局部区域照明需求,实现能源自给。(2)可再生能源与电网协同供电,降低对传统电网的依赖,将风光互补系统与港口现有电网对接,当可再生能源发电量充足时,优先采用可再生能源供电;发电量不足时,由电网补充供电,形成协同供电模式,进一步降低传统能源消耗,助力绿色港口建设。

结束语

港口电气照明系统优化是一项系统性工程,需兼顾技术可行性、经济合理性与实际适用性,立足港口作业场景特点,统筹硬件升级、智能管控与管理完善。本文提出的优化策略,可有效解决当前系统能耗高、运维难等问题,助力实现照明系统节能化、智能化转型。未来可结合物联网、大数据等新技术深化优化,持续适配港口发展需求,为绿色智慧港口建设注入持久动力,推动港口电气照明技术高质量发展。

参考文献

- [1]车轶文.港口堆场照明工程方案优选研究[J].吉林大学学报,2021,(6):43-45.
- [2]梅新润,方一鸣.自动控制技术在港口照明系统中的应用[J].港口科技动态,2021,(9):75-78.
- [3]田秀德,李玮,李云杰.远程集中控制系统在港口照明中的应用[J].港口科技,2025,12(4):36-38.
- [4]刘勇.浅谈LED照明在港口的应用[J].机电信息,2023,(9):126-128.
- [5]李旭阳.建筑电气照明系统节能优化设计技术要点[J].防护工程,2021(6):102-105.