

750千伏变电站智能照明与节能灯具的分析与应用

杜 华

中国能源建设集团新疆电力设计院有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 本文聚焦750千伏变电站智能照明与节能灯具。先分析变电站各功能区域照明需求、质量要求及特殊环境因素。接着剖析智能照明系统组成、功能特点与优势, 阐述常见节能灯具类型、性能指标及适用性。最后提出智能照明与节能灯具在变电站的应用策略, 涵盖系统选型配置、安装调试及运维管理, 为提升变电站照明质量与节能水平提供参考。

关键词: 750千伏变电站; 智能照明; 节能灯具; 应用策略

引言: 750千伏变电站是电力系统的关键枢纽, 其照明系统至关重要。合理的照明不仅能保障工作人员安全高效操作, 还关乎设备稳定运行。随着节能理念深入与智能技术发展, 智能照明与节能灯具在变电站的应用成为趋势。深入研究二者在750千伏变电站的特性与应用策略, 有助于提升变电站照明质量、降低能耗、提高管理水平, 推动变电站智能化建设。

1 750千伏变电站照明需求分析

1.1 变电站功能区域划分

750千伏变电站依据功能差异划分为多个核心区域, 各区域照明需求因使用场景与操作需求不同存在明显区别。主控室作为运行监控与调度核心, 工作人员需长时间紧盯屏幕、操作设备, 需稳定柔和的照明以保障视觉专注度, 避免强光或明暗交替干扰^[1]。设备区集中布置变压器、电抗器等关键设备, 日常巡检需清晰观察设备外观状态, 照明需全面覆盖设备本体及巡检路径, 消除照明盲区。开关场为户外高压设备安装区域, 涉及各类设备操作, 需应对复杂天气, 照明需具备强穿透力, 满足夜间或低光照条件下的作业需求。配电装置室空间封闭且设备密集, 工作人员频繁检查柜体内部, 照明需精准覆盖柜体内部, 同时规避光线直射对操作视野的影响。

1.2 照明质量要求

照度标准需根据各区域功能精准设定, 主控室照度需维持在较高水平, 确保屏幕显示内容清晰可辨, 避免反光干扰; 设备区照度需满足巡检时对设备细节的观察需求, 重点区域如设备接头、阀门的照度需适当提高; 开关场户外区域照度需结合自然光照变化动态调整, 夜间需保证足够亮度支持设备操作与故障排查; 配电装置室整体照度需均匀, 柜体内部检修时需有局部补充照明。照明均匀度直接影响人员视觉舒适度与操作准确性, 若某区域存在明暗不均, 易导致视觉疲劳, 甚至因光线不足遗漏设备异常细

节, 各区域照明需通过合理布置灯具位置与角度, 减少照度差值, 确保光线分布均衡。显色性则关系到设备状态识别与工作效率, 良好的显色性能真实还原设备颜色, 比如设备过热导致的颜色变化、油位指示的真实色泽, 帮助工作人员快速准确判断设备运行状态, 避免因显色性差造成误判, 保障操作安全与工作效率。

1.3 特殊环境因素考虑

750千伏变电站运行产生的强电磁环境, 可能导致照明设备控制信号紊乱、运行不稳定甚至电路损坏, 照明设备需具备良好电磁兼容性能, 通过屏蔽设计或抗干扰技术降低电磁影响, 确保系统可靠运行。防尘防水方面, 户外开关场、设备区易受风沙雨雪侵袭, 照明设备需达到较高防护等级, 防止灰尘影响散热或雨水引发短路; 室内配电装置室虽环境封闭, 但存在设备散热产生的粉尘与潮湿空气, 照明设备也需具备一定防尘防水能力以保障长期运行。耐高温性上, 变电站设备运行产热叠加季节温差, 要求照明设备能耐受大幅温度变化, 高温环境下需避免过热保护频繁触发、亮度衰减, 低温环境下需正常启动, 无部件冻结、电路故障等问题, 适配全年不同运行场景的温度需求。

2 智能照明系统分析

2.1 智能照明系统组成与原理

传感器模块是系统感知环境的核心, 光照传感器检测环境自然光照强度并转化为电信号, 为亮度调节提供依据; 人体红外传感器捕捉人员活动, 触发照明启停或调光以减少无效能耗; 时间传感器按预设节点输出信号, 适配变电站固定时段照明需求。控制模块承担信号处理与决策功能, 中央控制单元接收各传感器信号, 结合预设逻辑分析生成控制指令; 区域控制器接收指令后下发至对应区域照明设备, 同时反馈设备运行状态, 形成“感知-分析-控制”闭环逻辑。通信模块保障数据传输

通畅，有线方式中RS485适用于短距离多设备集中通信，稳定性强且布线成本低，以太网支持高速传输便于与变电站其他系统联网；无线方式中ZigBee功耗低、抗干扰能力强，适合传感器与控制器间低速率通信，Wi-Fi支持

远程数据交互方便移动终端接入，如图1所示；执行模块是指令落地关键，智能调光器通过调节电流或电压改变灯具发光强度，实现亮度平滑调节；开关设备按指令精准控制灯具通断，确保照明设备按需启停。

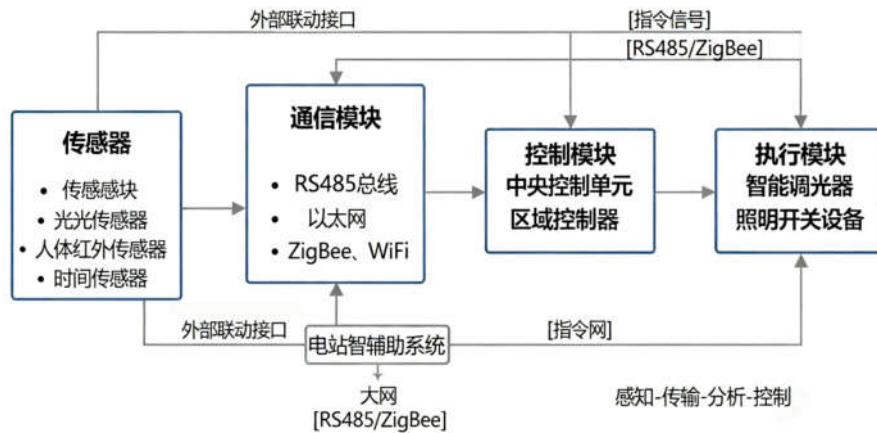


图1

2.2 智能照明系统功能特点

自动调光功能通过联动传感器模块实现动态调节，当光照传感器检测到自然光照充足时，自动降低灯具亮度，反之则提高亮度；人体红外传感器检测到人员离开后，逐步调低亮度或关闭灯具，在节能的同时维持照明舒适度。场景模式设置可适配变电站不同运行场景，正常工作模式下保持各区域标准照度，满足日常运维需求；检修模式针对设备检修区域提高照度，同时关闭非必要区域照明；夜间巡查模式仅保留巡检路径的低亮度照明，兼顾安全与节能。远程监控与管理功能依托上位机软件或移动终端实现，运维人员可实时查看各区域照明状态，远程调整亮度、切换场景模式；当系统出现故障时，终端会及时收到报警信息，明确故障位置与类型。与其他系统集成可打破信息孤岛，与变电站监控系统集成后，照明状态可同步显示在监控界面，便于整体掌握站内运行情况；与安防系统联动时，当安防设备检测到异常情况，可自动提高对应区域照明亮度，辅助安防监测。

2.3 智能照明系统在750千伏变电站的优势

节能效果体现在按需调控上，通过自动调光避免白天强光环境下灯具满负荷运行，结合人员活动控制减少无人区域照明，大幅降低不必要能耗，提升能源利用效率。提高照明质量方面，系统可根据不同区域功能需求精准调节照度与均匀度，如主控室避免屏幕反光，设备区消除照明盲区，为工作人员提供舒适光照环境，减少长期工作产生的视觉疲劳^[2]。延长灯具寿命依靠科学控制，合理的调光策略避免灯具频繁启停造成的冲击，防止过载运行导致的

部件损耗，有效延长灯具使用周期，降低更换成本。提升管理水平得益于远程功能，运维人员无需现场巡查即可掌握系统运行状态，发现故障后能快速定位并处理，减少现场运维工作量，提高整体运维效率。

3 节能灯具分析

3.1 常见节能灯具类型及特点

LED灯具通过半导体芯片将电能直接转化为光能，发光过程无灯丝发热损耗，核心优势体现在高光效与长寿命，能在较低功率下输出充足光照，且正常使用时不易出现部件损坏；其材质不含汞等有害物质，符合环保要求，同时具备良好的调光兼容性，可配合智能系统实现亮度动态调节，在变电站设备区、主控室等区域均有较强应用潜力。无极灯依靠电磁感应原理激发气体发光，因无电极与灯丝结构，避免了传统灯具电极损耗问题，使用寿命大幅延长；其发光稳定且显色性高，能真实还原设备颜色，适合对显色要求较高的配电装置室，可帮助工作人员准确识别设备状态。节能荧光灯相比普通荧光灯，采用更高效的电子镇流器，减少了启动与运行过程中的能耗；同时优化了灯管涂层与气体配比，寿命显著提升，且发光效率更高，不过受限于结构特性，在低温环境下启动速度较慢，更适合变电站室内温暖区域使用。

3.2 节能灯具性能指标分析

光效是衡量节能效果的核心指标，不同节能灯具光效差异明显，LED灯具光效最高，单位功率可输出更多光通量；无极灯光效次之，能满足中高亮度需求；节能荧光灯光效略低于前两者，但仍远高于传统白炽灯，光效越高意

味着相同照度需求下能耗越低。寿命方面,LED灯具与无极灯寿命较长,正常使用可维持多年无需更换,能减少变电站照明系统的维护频率与成本;节能荧光灯寿命相对较短,需定期检查更换,长期维护成本略高。显色指数直接影响设备状态识别,LED灯具与无极灯显色指数较高,可清晰呈现设备外观颜色变化,如设备过热导致的变色;节能荧光灯显色指数稍低,在对颜色识别要求严苛的区域需谨慎选用。功率因数方面,优质LED灯具与无极灯配备高效驱动电路,功率因数接近1,对电网电压稳定影响小,可减少无功损耗;部分节能荧光灯功率因数较低,需搭配补偿装置使用,避免影响电网运行效率。

3.3 节能灯具在750千伏变电站的适用性分析

电磁兼容性是关键考量,750千伏变电站强电磁环境易干扰灯具运行,LED灯具与无极灯需具备良好电磁屏蔽性能,避免内部电路受干扰导致亮度波动或故障,同时需控制自身电磁辐射,防止影响变电站其他设备;节能荧光灯受电磁干扰影响相对较大,需额外强化抗干扰设计。防护等级需匹配区域环境,户外开关场、设备区灯具需具备高防尘防水等级,防止风沙、雨雪侵入损坏内部元件;室内主控室、配电装置室灯具防护等级可适当降低,但仍需具备一定防尘能力。安装与维护便利性方面,LED灯具与无极灯体积小、重量轻,适合变电站高空或狭窄区域安装;部分灯具支持模块化设计,更换时无需整体拆卸,维护便捷;节能荧光灯多为一体化结构,安装与更换步骤稍繁琐,在复杂安装环境下适用性略差。

4 智能照明与节能灯具在750千伏变电站的应用策略

4.1 系统选型与配置

智能照明系统选型需结合750千伏变电站实际规模覆盖范围,按设备区高照度、巡检通道动态照明等功能需求明确模块,参考预算选性能稳定、适配性强的品牌型号,保障长期可靠运行,需重点考虑与智能辅助控制系统的接口联动,如某工程中通过接口实现照明与视频监控、安防系统联动,人员巡检时自动开启路径照明,提升运维安全性与效率。节能灯具选型需评估光效、显色性、寿命及防护等级,结合变电站高温、高湿、电磁干扰等环境特点,兼顾初购与运维成本选高性价比产品。系统配置要细化传感器布置,依人员活动频率与设备分布定安装点位;选匹配系统规模的控制器,搭建抗干扰通信网络,用高效通信协议实现控制器、传感器与上位机及智能辅助系统的数据传输,可实时反馈照明状态,便于远程调控,保障管控效率。

4.2 安装与调试

安装要求需明确智能照明设备和节能灯具的具体规

范,安装位置需避开变电站内高压设备的电磁干扰区域,同时便于后期巡检与维护;安装高度需结合区域功能与灯具类型确定,例如设备区灯具需保证足够高度以覆盖作业面,控制室灯具高度需适配人员视觉舒适度;安装角度需根据照明目标区域调整,确保光线精准投射,避免浪费或盲区^[1]。调试流程需分步骤开展,首先进行传感器校准,通过模拟不同场景调整感应灵敏度与触发阈值;随后设置控制参数,包括基础照度值、调光曲线、延时关闭时长等;最后进行场景模式调试,预设正常运行、巡检、应急等模式,验证切换流畅性与准确性。联合调试需将智能照明系统与现有监控、安防系统联动测试,检查数据交互及时性与准确性,确保各系统协同工作。

4.3 运维管理

日常巡检需建立标准化制度,定期对智能照明系统的设备运行状态进行检查,重点查看灯具是否存在频闪、损坏情况,控制器指示灯是否正常,传感器是否能准确响应环境变化;同时检测通信网络的稳定性,排查是否存在数据传输中断或延迟问题,及时清理设备表面的灰尘与杂物,保障设备正常散热与运行。故障处理需制定完善的应急预案,明确不同类型故障的排查流程与处理时限,这些故障类型包括灯具损坏、传感器失效、控制器故障,储备常用的维修配件,确保故障发生后能快速组织维修人员到场处理,减少照明系统停运对变电站运维工作的影响。数据管理与分析需定期收集智能照明系统的运行数据,包括各区域的能耗数据、照明开启与关闭时间统计、模式切换频次等,通过专业分析工具梳理数据规律,识别能耗异常区域与照明模式优化空间,为后续调整控制策略、提升节能效果提供数据支撑,实现照明系统的精细化管理。

结束语

750千伏变电站智能照明与节能灯具的应用是必然趋势。通过合理分析照明需求,精准选型配置智能照明系统与节能灯具,规范安装调试,强化运维管理,可充分发挥其节能、提质、增效等优势。未来,随着技术不断进步,智能照明与节能灯具将更完善,为变电站安全稳定运行提供更有有力支撑,推动电力行业绿色发展。

参考文献

- [1]孙赛.变电站中的绿色照明技术研究[J].灯与照明,2024,48(01):22-25.
- [2]武征,张庭廷,朱墨.基于绿色照明技术的变电站照明设计研究[J].光源与照明,2024,(02):192-194.
- [3]柯海虎,周军.变电站中智能节能照明技术的应用研究[J].光源与照明,2023,(12):44-46.