

电气自动化技术在照明系统中的应用

汪越辉

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 宜春 331100

摘要：电气自动化技术融合电子、控制、计算机与通信技术，为照明系统带来智能化变革。通过PLC、传感器、通信协议及人工智能算法等，实现照明系统的智能调光、节能控制、传感器集成、故障诊断与自适应控制。该技术不仅提升了照明系统的稳定性、效率与智能化水平，还显著降低了能耗与维护成本，增强了用户体验。在碳中和目标下，电气自动化照明技术正朝着绿色节能、全屋智能及跨系统集成的方向发展。

关键词：电气自动化技术；照明系统；应用

引言：在科技飞速发展的当下，电气自动化技术凭借其强大的融合性与创新性，深入渗透到各个领域，为传统行业带来前所未有的变革。照明系统作为人们日常生活与工作不可或缺的一部分，其智能化、高效化、节能化的发展需求日益迫切。电气自动化技术的引入，使照明系统摆脱了传统单一的控制模式，实现了从简单照明到智能交互的跨越，不仅能显著提升照明质量与使用体验，还在节能减排、降低运维成本等方面展现出巨大潜力。

1 电气自动化技术基础理论

1.1 电气自动化技术概述

电气自动化技术是融合电子技术、控制技术、计算机技术与通信技术的综合性技术，核心是通过自动化控制装置实现电气系统的自主运行、监测与调控，减少人工干预，提升系统运行的稳定性、效率与智能化水平。其核心技术体系涵盖多维度关键支撑技术：PLC控制技术作为核心控制单元，凭借可编程性实现灵活的逻辑控制与流程管控，是电气自动化系统的“大脑”；传感器技术负责各类物理量的感知与转换，为控制决策提供精准的原始数据；通信协议保障各设备间的高效数据交互，实现系统协同运作；人工智能算法的融入则推动系统从“自动控制”向“智能决策”升级，提升自适应与优化能力。

1.2 照明系统的基本组成与分类

(1) 光源类型：照明系统的核心发光部件，主流类型包括LED灯、荧光灯、白炽灯等。其中LED灯因能耗低、寿命长、显色性好、响应速度快等优势，成为当前照明系统的主流选择，广泛应用于各类场景；荧光灯凭借较高的光效与性价比，曾在商业与工业照明中大量使用，目前仍在部分场景沿用；白炽灯虽显色性优异，但能耗高、寿命短，已逐渐被淘汰。(2) 控制方式：根据

控制逻辑与智能化程度可分为四类。手动控制是最基础的控制方式，通过开关直接控制光源通断，操作简单但灵活性差；时控方式依托定时器设定开关时间，适用于照明需求固定的场景，实现基础自动化管控；光控方式利用光敏传感器感知环境光照强度，自动触发开关或调光动作，适配自然光照变化的场景；智能联动控制则融合多种感知技术与通信技术，可与人体感应、环境监测等系统协同，实现精准的人来灯亮、人走灯灭及场景化调光，是智能化照明的核心控制方式^[1]。

1.3 自动化技术与照明系统的结合点

(1) 数据采集与处理：这是两者结合的基础环节，通过各类传感器采集关键数据并进行分析处理。具体包括光照强度数据，为调光决策提供依据；人体感应数据，精准判断区域内人员活动状态；环境参数数据，如温度、湿度、空气质量等，辅助优化照明与其他系统的协同策略。采集的数据经滤波、分析后转化为控制信号，保障后续控制动作的精准性。(2) 智能决策与执行：基于采集处理后的数据分析结果，通过自动化控制单元执行相应操作。调光操作根据环境光照与场景需求，精准调节光源亮度，实现节能与舒适照明的平衡；场景切换可预设办公、休闲、应急等多种照明模式，根据场景变化自动切换，提升使用体验；故障预警则通过实时监测照明设备的运行参数，及时发现线路故障、光源衰减等问题并发出预警信号，降低维护成本，保障照明系统稳定运行。

2 电气自动化技术在照明系统中的具体应用

2.1 智能调光与节能控制

(1) 基于光照传感器的自动调光技术：该技术核心是通过光照传感器实时采集环境自然光照强度数据，经PLC或智能控制器分析处理后，动态调节照明设备的输出亮度。当自然光照充足时，系统自动降低人工光源亮度

甚至关闭光源；当光照强度不足时，逐步提升亮度至预设标准，确保区域内光照始终处于舒适且节能的范围。相较于传统恒亮照明，该技术可减少30%-50%的照明能耗，广泛应用于办公室、商场、室外道路等对光照稳定性要求较高的场景，同时避免了人工调节的繁琐，提升了系统运维效率。（2）时控与场景模式：时控模式通过可编程定时器或智能控制系统预设照明开关时间，适配光照需求随时间规律变化的场景，如住宅小区路灯可设定傍晚开启、凌晨关闭，校园教室可匹配上下课时间自动启停。场景模式则针对不同使用需求预设个性化照明参数，例如会议模式设定高亮度、均匀光照以保障会议清晰度；夜间模式降低公共区域亮度，兼顾基础照明与节能；应急模式在突发断电时自动切换至备用光源，保障人员疏散安全。通过一键切换或自动触发场景模式，大幅提升了照明系统的使用便捷性与场景适配性^[2]。

（3）需求响应与能源管理：该应用紧密结合电网负荷动态变化，通过智能通信模块接收电网调度信号，当电网处于高峰负荷时，照明系统自动降低非关键区域照明亮度或关闭冗余光源，减少电网供电压力；当电网负荷较低时，恢复正常照明标准。同时，系统可对照明能耗数据进行实时统计与分析，生成能耗报表，为用户优化能源分配策略提供数据支撑。此技术实现了照明系统与电网的协同联动，不仅降低了用户照明成本，也助力电网稳定运行，符合节能减排的发展趋势。

2.2 传感器与物联网集成应用

（1）人体红外传感器：人体红外传感器通过检测人体散发的红外线信号，判断区域内是否有人活动。当检测到人体存在时，自动触发照明设备开启；当人员离开后，延迟一段时间无信号触发则自动关闭光源，彻底解决了传统照明“人走灯不灭”的能源浪费问题。该技术广泛应用于走廊、卫生间、地下车库等人员流动不规则的区域，同时可搭配亮度传感器实现“有人+光照不足”双重条件触发，进一步提升节能效果。（2）环境传感器：将温湿度、CO₂浓度等环境传感器与照明系统集成，实现多参数协同控制。当温湿度超标时，系统可联动空调系统调节环境参数的同时，调整照明亮度以避免环境温度进一步升高；当CO₂浓度过高时，在开启通风系统的同时，适当提升照明亮度，改善人员舒适体验。例如在会议室、办公室等密闭空间，该联动控制模式可营造更适宜的办公环境，提升人员工作效率，实现照明系统与环境调控系统的智能化协同。（3）无线通信技术：三种无线通信技术凭借各自优势适配不同照明场景。ZigBee技术具有低功耗、低速率、多节点连接的特点，适用于

大型建筑内多照明设备的组网控制，如写字楼、商场，可实现单灯精准控制与系统协同；Wi-Fi技术依托现有网络基础设施，无需额外布线，适用于家庭、小型办公场所的照明控制，支持手机APP远程操控，提升用户使用便捷性；LoRa技术具有长距离、低功耗、抗干扰能力强的优势，适用于室外大面积照明场景，如城市道路、工业园区，可实现远距离集中管控，降低户外照明系统的布线与维护成本^[3]。

2.3 故障诊断与预测性维护

（1）电气参数监测：通过在照明回路中安装电流、电压传感器，实时监测照明设备的运行电气参数。当出现电流过载、电压波动超标、线路短路等异常情况时，系统立即发出声光报警信号，并自动切断故障回路电源，防止故障扩大引发安全事故。同时，系统记录故障发生时间、位置、参数异常数据等信息，为维修人员精准排查故障提供依据，缩短维修时间，提升系统运维的及时性与安全性。（2）基于机器学习的寿命预测模型：利用机器学习算法对照明设备的历史运行数据（如运行时间、电压电流波动、环境温湿度等）进行深度分析，构建设备寿命预测模型。通过模型可精准预判LED灯、驱动电源等核心部件的剩余使用寿命，提前发出更换预警。相较于传统“故障后维修”模式，该技术可避免因设备突发故障导致的照明中断，降低维护成本，提升照明系统的运行稳定性与可靠性，尤其适用于大型公共建筑、工业厂区等对照明连续性要求较高的场景。

2.4 人工智能与自适应控制

（1）深度学习在用户行为分析中的应用：通过摄像头、人体传感器等设备采集用户照明使用数据，利用深度学习算法对用户的使用习惯、活动规律进行分析建模，例如识别不同用户对光照亮度的偏好、特定时间段的照明需求等。基于分析结果，系统自动调整照明参数以适配用户需求，例如为经常夜间工作的用户预设柔和且稳定的照明模式，为频繁切换场景的用户优化场景切换逻辑，实现“千人千面”的个性化照明服务，大幅提升用户使用体验。（2）自适应调光算法：相较于传统固定阈值调光，自适应调光算法可实时感知环境多维度变化（如自然光照强度波动、人员流动密度变化、环境温湿度变化等），通过算法动态调整调光策略。例如在阴天光照突变时，算法快速响应并平滑调节亮度，避免光照骤变带来的视觉不适；在人员密集区域自动提升照明均匀度，在人员稀疏区域适当降低亮度以节能。该算法使照明系统具备更强的环境适应性，在保障照明舒适度的前提下，最大限度提升能源利用效率^[4]。

3 电气自动化照明系统的技术挑战与发展趋势

3.1 当前面临的技术挑战

(1) 标准化与兼容性问题: 当前电气自动化照明市场品牌众多, 各厂商多采用自主研发的通信协议与接口标准, 缺乏统一的行业规范。这导致不同品牌的照明设备、传感器、控制器之间难以实现无缝互联, 形成“信息孤岛”。例如, 甲品牌的智能灯具无法与乙品牌的人体传感器直接联动, 需额外配置专用网关, 增加了系统复杂度与运维成本, 严重制约了照明系统的规模化集成与升级。(2) 数据安全与隐私保护: 电气自动化照明系统依托物联网实现设备互联与数据传输, 大量光照数据、人员活动轨迹、环境参数等敏感信息在传输与存储过程中存在安全隐患。一方面, 部分系统加密技术不完善, 易遭受黑客攻击, 导致设备被操控、系统瘫痪; 另一方面, 人员活动轨迹等隐私数据若泄露, 可能侵犯用户权益。如何构建安全可靠的数据防护体系, 成为物联网照明发展的关键瓶颈。(3) 初期投资成本与用户接受度: 相较于传统照明系统, 电气自动化照明系统需配备传感器、智能控制器、通信模块等额外设备, 且前期设计、安装与调试成本较高。对于普通家庭用户与中小型企业而言, 较高的初期投资使其性价比优势难以快速显现, 降低了用户的接受意愿。同时, 部分用户对自动化技术的操作复杂度存在顾虑, 进一步影响了技术的普及速度。

3.2 未来发展趋势

(1) 5G与边缘计算赋能实时控制: 5G技术的高带宽、低时延特性, 将大幅提升照明系统设备间的数据传输效率, 实现毫秒级响应; 边缘计算则可将数据处理任务下沉至本地边缘节点, 减少对云端的依赖, 降低数据传输延迟与网络拥堵风险。两者结合将使照明系统具备更精准的实时控制能力, 例如在大型场馆、智能交通等场景, 可实现大规模照明设备的同步联动与动态调节, 提升系统控制精度与稳定性。(2) 碳中和目标下的绿色照明技术: 在“双碳”战略引领下, 绿色节能将成为电

气自动化照明的核心发展方向。未来将进一步优化LED光源技术, 提升光效、降低能耗; 同时结合光伏供电、储能技术, 构建“自发自用、余电上网”的分布式照明能源系统。此外, 通过智能算法精准调控照明能耗, 最大化利用自然光照, 实现照明系统全生命周期的低碳运行, 助力碳中和目标达成^[5]。(3) 全屋智能与跨系统集成: 随着全屋智能理念的普及, 照明系统将打破单一功能局限, 实现与空调、安防、影音等系统的深度集成。通过统一的智能控制平台, 各系统可实现数据共享与协同联动, 例如照明系统可根据安防系统的人体感应信号自动开启, 结合空调系统的温湿度数据调节光照氛围, 构建全方位、智能化的家居与建筑环境, 提升用户体验与空间管理效率。

结束语

电气自动化技术在照明系统中的应用, 已然成为推动照明行业发展的核心动力。它以智能、高效、节能的显著优势, 重塑了照明系统的功能与形态, 为人们创造了更舒适、便捷且绿色的光环境。尽管当前在标准化、数据安全及成本等方面面临挑战, 但随着5G、边缘计算等新技术的不断融入, 未来照明系统将更深度融合全屋智能, 实现跨系统协同。我们有理由相信, 电气自动化照明技术将持续创新, 引领照明行业迈向新的发展高度。

参考文献

- [1] 仇光贺, 王开纪. 电气自动化技术在照明工程中的应用[J]. 中国照明电器, 2024, (11): 137-139.
- [2] 耿振华. 电气自动化技术在照明工程中的应用研究[J]. 中国照明电器, 2024, (11): 155-157.
- [3] 皇晓军. 电气自动化技术在电力系统中的应用[J]. 中国战略新兴产业, 2024, (27): 120-122.
- [4] 赵爱民, 杨岐刚. 电气自动化技术在照明工程中的应用[J]. 灯与照明, 2024, 48(02): 87-90.
- [5] 廖振刚. 自动化技术在建筑工程照明系统中的应用[J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (11): 189-191.