

智能照明系统在建筑电气智能化中的应用与优化

汪腾飞

3302271994****6477

摘要：智能照明系统在建筑电气智能化中的应用与优化研究，围绕核心构成、应用场景、与其他系统融合、优化策略及发展趋势展开。明确环境感知与信息采集模块、智能控制中枢与决策系统、照明执行终端与调节设备等核心构成，阐述在建筑公共区域、办公与商业空间、特殊场所的应用，分析与供配电系统、楼宇自控系统、安防系统的融合，探究基于能耗分析的控制优化、针对不同场景的功能适配优化、系统运行的稳定性与运维优化等策略，展望基于环境感知的自适应调节、融合可再生能源的绿色节能照明、面向智慧建筑的多系统智慧联动等趋势，为其应用与优化提供思路。

关键词：智能照明系统；建筑电气智能化；应用；优化

DOI：10.69979/3029-2727.25.10.063

引言

在建筑电气智能化进程中，照明系统的智能化转型是提升建筑整体性能的重要环节。传统照明系统多采用人工开关或定时控制，存在能耗浪费、控制方式僵化等问题，与现代建筑对节能、高效、个性化的追求不相适应。智能照明系统通过整合传感技术、控制算法与网络通信，实现了照明的动态调节与智能管理。研究其在建筑电气智能化中的应用及优化方法，对降低建筑能耗、提升照明舒适度、推动建筑电气系统协同高效运行具有重要意义，是建筑领域智能化与绿色化发展的关键方向。

1 智能照明系统的核心构成

1.1 环境感知与信息采集模块

环境感知与信息采集模块是智能照明系统实现精准调控的基础，负责捕捉影响照明需求的各类环境参数。该模块集成了多种传感器，光照传感器可实时监测自然光线的强度与变化，为系统判断是否需要补充人工照明提供依据；人体红外传感器或微波传感器能检测特定区域是否有人活动，避免无人时照明设备空转；温湿度传感器则辅助判断环境舒适度，为照明与其他环境调节系统的联动提供数据。这些传感器通过分布式部署，覆盖建筑的各个区域，将采集到的原始数据进行初步处理后，传输至控制中枢。其性能直接影响系统的响应速度与调控精度，例如，高精度的光照传感器可减少因光线检测误差导致的照明频繁切换。

1.2 智能控制中枢与决策系统

智能控制中枢与决策系统是智能照明系统的“大脑”，负责接收感知模块的信息并生成控制指令。控制

中枢通常基于微处理器或嵌入式系统构建，搭载专用的控制算法，能根据预设逻辑与实时数据做出决策。例如，当感知模块传来“某区域有人且光照不足”的信息时，决策系统会计算所需的照明显亮度，并向执行终端发送调节指令。系统支持多种控制模式，如定时控制、场景控制、远程控制等，用户可通过编程或 APP 设置不同场景下的照明参数。

1.3 照明执行终端与调节设备

照明执行终端与调节设备是智能照明系统的“手脚”，负责将控制中枢的指令转化为实际的照明动作。执行终端包括智能开关、调光模块、继电器等，智能开关可实现灯具的远程通断控制，调光模块能精确调节灯具的亮度，满足不同场景的照明需求；继电器则用于控制大功率照明回路，确保系统安全稳定运行。照明设备本身也经过智能化改造，如采用可调光 LED 灯具，其响应速度快、能耗低，且能配合调光模块实现连续的亮度调节。部分高端设备还具备自检功能，可将运行状态反馈至控制中枢，便于及时发现故障。执行终端与照明设备的兼容性是系统稳定运行的关键，需遵循统一的通信协议以确保指令准确执行。



2 智能照明系统在建筑电气智能化中的应用场景

2.1 建筑公共区域的智能照明应用

建筑公共区域的智能照明应用聚焦于节能与便捷管理，涵盖走廊、楼梯间、电梯厅、停车场等区域。这些区域人流具有不确定性，传统照明常处于长亮状态，造成能源浪费。智能照明系统通过人体感应与光照感应的结合，实现“人来灯亮、人走灯灭”或亮度自动调节，例如，走廊在无人时保持低亮度巡检模式，有人经过时自动提升至正常亮度。停车场照明则根据车辆进出情况分段控制，车辆驶入某区域时，该区域灯具自动点亮，车辆驶离后延迟关闭。系统还支持集中管理，管理人员可通过中控平台查看各区域照明状态，远程调整控制参数，如延长或缩短灯具延迟关闭时间，兼顾节能与使用便利性。

2.2 办公与商业空间的个性化照明应用

办公与商业空间的个性化照明应用注重提升舒适度与工作效率，满足不同人群与场景的需求。办公区域的智能照明可根据时间、天气及人员活动自动调节，如上午采用偏冷色调提升注意力，下午适当调暖营造轻松氛围；通过分区控制实现不同工位的个性化亮度设置，员工可通过桌面控制面板或手机APP调整自身区域的照明。商业空间如商场、展厅则利用智能照明塑造特定氛围，服装店通过调节灯光色温突出服装色彩，展厅根据展品类型切换照明模式，增强展示效果。

2.3 特殊场所的定制化照明应用

特殊场所的定制化照明应用针对特定功能需求提供专业照明解决方案，如医院、实验室、博物馆等场所。医院病房照明需考虑患者休息与医护工作的双重需求，智能系统可实现床头灯独立调节，医护巡视时开启低亮度夜间模式，避免影响患者休息；手术室照明则支持多组灯具组合控制，确保手术区域无影且亮度充足。实验室照明需满足高精度操作要求，系统能提供稳定的光照强度与均匀度，且可与实验设备联动，如开启实验台灯光时自动启动通风系统。博物馆照明则注重文物保护，通过精确控制光照强度与光谱，减少光线对展品的损害，同时根据展品类型自动调整照明方案，兼顾保护与展示效果。

3 智能照明系统与建筑电气其他系统的融合

3.1 与供配电系统的协同运行

智能照明系统与供配电系统的协同运行可提升建筑电气的整体能效与安全性。供配电系统为照明系统提供稳定的电力支持，同时将电压、电流、负荷等数据共享给智能照明系统，照明系统根据电力负荷情况调整运行策略，如在用电高峰时段自动降低非必要区域的照明亮度，参与错峰用电。反之，智能照明系统将照明负荷变化信息反馈至供配电系统，帮助其优化电力分配，避免局部过载。两者通过数据交互实现故障联动，当供配电系统检测到某区域电路异常时，可通知照明系统切断该区域照明电源；照明系统发现灯具短路等故障时，也能及时反馈至供配电系统，触发保护机制，提高电气系统的可靠性。

3.2 与楼宇自控系统的联动控制

智能照明系统与楼宇自控系统的联动控制实现了建筑环境的综合调控。楼宇自控系统统筹管理空调、通风、安防等设备，智能照明系统作为其中一环，接收其下发的环境控制指令，如根据室内温度调节照明色温（高温时使用冷色调增强凉爽感），配合空调提升舒适度。同时，智能照明系统将照明区域的人员活动信息共享给楼宇自控系统，用于优化空调运行，如某区域无人时，楼宇自控系统可关闭该区域空调，实现“照明-空调”协同节能。在场景控制方面，两者联动实现统一的模式切换，如“下班模式”启动时，照明系统关闭大部分灯具，楼宇自控系统同时降低空调负荷，提升管理效率。

3.3 与安防系统的照明联动响应

智能照明系统与安防系统的照明联动响应增强了建筑的安全防护能力。安防系统的监控摄像头、红外报警装置与智能照明系统联动，当安防系统检测到异常情况（如非法入侵、可疑人员）时，可指令智能照明系统瞬间开启该区域的强光照明，照亮目标区域，便于监控摄像头清晰捕捉画面，同时对不法分子形成威慑。在紧急疏散场景中，智能照明系统根据安防系统的疏散指令，自动点亮应急照明与疏散指示标志，指引人员沿安全路径撤离，且应急照明的亮度与闪烁频率可根据疏散进度动态调整。

4 智能照明系统在建筑电气智能化中的优化策略

4.1 基于能耗分析的照明控制优化

基于能耗分析的照明控制优化通过挖掘能耗数据实现精准节能。系统对各区域、各时段的照明能耗进行

统计分析，识别高能耗时段与区域，针对性调整控制策略，如发现某走廊在夜间无人时段仍频繁亮灯，可延长传感器的探测延迟时间。通过对不同控制模式下的能耗差异，选择最优方案，例如，在光照充足的区域，优先采用自然光补充，减少人工照明的开启时间。结合建筑的使用规律（如工作日与周末的人流差异），设置动态能耗阈值，当某区域能耗超过阈值时自动触发预警，提示管理人员检查是否存在设备故障或控制逻辑缺陷。

4.2 针对不同场景的功能适配优化

针对不同场景的功能适配优化确保照明系统与场景需求高度匹配。根据场景的功能定位与使用特点，细化照明参数设置，如办公场景需保证高照度与低眩光，可采用间接照明与直接照明结合的方式，并将色温控制在 4000K~5000K；休息场景则降低亮度、采用暖色调，营造放松氛围。优化场景切换的平滑性，避免亮度或色温的突变造成视觉不适，如会议室从“讨论模式”切换至“投影模式”时，灯光亮度逐渐降低而非瞬间熄灭。

4.3 系统运行的稳定性与运维优化

系统运行的稳定性与运维优化旨在减少故障发生，延长系统寿命。从硬件选型入手，选择兼容性强、抗干扰能力好的传感器与控制设备，减少因设备不匹配导致的通信中断或控制失灵。优化系统网络架构，采用有线与无线结合的通信方式，重要区域优先使用有线连接确保稳定性，同时通过信号增强器解决无线信号盲区问题。建立完善的运维机制，定期对传感器进行校准（如光照传感器的灵敏度校准）、清理灯具灰尘以保证照明效率；利用系统的自检功能，实时监测设备运行状态，发现异常（如灯具频闪、调光模块失效）及时报警并提示维修。

5 智能照明系统的未来发展趋势

5.1 基于环境感知的自适应照明调节

基于环境感知的自适应照明调节将使系统具备更智能的自主决策能力。未来的智能照明系统将整合更丰富的环境参数，如人体生理状态（通过可穿戴设备获取）、情绪反馈（通过面部识别判断）等，实现照明的个性化动态适配，例如，根据用户的疲劳程度自动调整灯光亮度与色温，帮助缓解疲劳。系统通过机器学习不断优化控制逻辑，适应不同用户的使用习惯，如记住某用户在书房的偏好照明设置，自动应用并持续优化。

5.2 融合可再生能源的绿色节能照明

融合可再生能源的绿色节能照明将推动照明系统

向低碳化发展。系统与太阳能光伏系统、小型风力发电设备等可再生能源装置结合，优先利用清洁能源为照明设备供电，当可再生能源发电量不足时，自动切换至电网供电，实现能源的高效利用。通过储能设备存储多余的可再生能源，用于夜间或阴天照明，减少对电网的依赖。此外，照明设备本身将采用更节能的技术，如钙钛矿太阳能 LED，兼具发电与照明功能，进一步降低能耗。这种“照明 - 能源”一体化系统不仅减少碳排放，还能在停电等紧急情况下保障基础照明，提升建筑的能源韧性。

5.3 面向智慧建筑的多系统智慧联动

面向智慧建筑的多系统智慧联动将打破各系统的壁垒，实现建筑整体的智能化管理。智能照明系统将作为智慧建筑的感知节点，与物联网平台深度融合，共享数据并接收统一调度，例如，根据智慧建筑平台的人流预测数据，提前调整各区域照明状态，避免临时切换造成的能耗浪费。与智能家居系统联动，实现家庭与建筑公共区域照明的无缝衔接，如住户回家时，从小区入口到家门口的照明自动依次点亮。

6 结论

智能照明系统作为建筑电气智能化的重要组成部分，其核心构成的感知、控制与执行模块协同工作，在公共区域、办公商业空间及特殊场所发挥着重要作用。与供配电、楼宇自控、安防等系统的融合，提升了建筑电气的整体效能。通过能耗分析、场景适配及运维优化等策略，系统性能得到进一步提升。未来，随着自适应调节、可再生能源融合及多系统联动等趋势的发展，智能照明系统将在智慧建筑中发挥更关键的作用，推动建筑电气智能化向更高效、绿色、人性化的方向迈进。

参考文献

- [1] 阎丽洁,袁朋.建筑电气照明系统智能化及节能化[J].中国照明电器,2025,(03):160-162.
- [2] 吴长柏.建筑电气设计及智能化分析[J].智能建筑与智慧城市,2021,(07):108-109.
- [3] 林晓东.智能化技术在建筑电气照明工程中的应用[J].光源与照明,2024,(09):50-52.
- [4] 林海.智能化技术在建筑电气照明工程中的应用[J].中国照明电器,2024,(10):93-95.
- [5] 杨皓.建筑电气技术在智能建筑中的应用[J].建设科技,2018,(03):49-50.