

建筑电气设计中的照明质量提升

谢翔

广东粤水电勘测设计有限公司

DOI:10.12238/btr.v8i3.4703

[摘要] 建筑电气设计中,照明质量关乎空间功能、视觉舒适与人体健康。通过科学选择光源类型、优化灯具布置,可改善照度均匀性与显色性;集成智能控制系统实现光环境动态调节,提升灵活性与节能效果。施工阶段参数验证、用户反馈优化及长效维护机制,确保设计方案落地与系统稳定运行。结合仿真技术与多专业协同设计,为高质量照明提供全面保障,推动照明系统向高效、智能方向发展。

[关键词] 照明质量; 电气设计; 光源选择; 智能控制; 照度优化

中图分类号: S972.7+4 **文献标识码:** A

Improvement of Lighting Quality in Architectural Electrical Design

Xiang Xie

Guangdong Yueshui Survey and Design Co., Ltd.

[Abstract] In architectural electrical design, lighting quality is related to spatial functionality, visual comfort, and human health. By scientifically selecting the type of light source and optimizing the layout of lighting fixtures, the uniformity of illumination and color rendering can be improved; Integrated intelligent control system realizes dynamic adjustment of light environment, enhancing flexibility and energy-saving effect. During the construction phase, parameter validation, user feedback optimization, and long-term maintenance mechanisms are implemented to ensure the implementation of design schemes and stable system operation. By combining simulation technology with multi-disciplinary collaborative design, we provide comprehensive guarantees for high-quality lighting and promote the development of lighting systems towards efficiency and intelligence.

[Key words] lighting quality; electrical design; light source selection; intelligent control; illumination optimization

引言

随着建筑功能多元化与绿色节能理念普及,照明设计已超越基础功能需求。传统照明方案在光环境舒适度、能效管理等方面的局限性日益凸显,难以满足现代建筑对空间品质与可持续性的要求。光源技术迭代、智能控制革新为照明质量提升创造条件,如何整合电气系统设计、优化施工运维流程,成为实现高效照明的关键课题,亟待系统性研究与实践探索。

1 照明质量在建筑电气设计中的重要性

1.1 照明质量的基本定义与评价标准

照明质量是指在建筑空间内,通过电气系统设计所营造的光环境满足视觉作业、舒适度及功能性需求的综合性能。其评价标准涵盖多个维度:照度值需符合国家标准,确保不同功能区域光线充足,如办公空间需达到300-500lx;均匀度要求光线分布无明显明暗差异,避免因局部过亮或过暗导致视觉疲劳;显色指数(Ra)衡量光源对物体真实颜色的还原能力,高显色性光源(Ra≥80)能精准呈现物体色彩;眩光限制则通过灯具遮光角设

计与控光技术,减少强光对人眼的刺激。这些标准构成量化指标体系,是衡量照明质量的关键依据。

1.2 照明质量对空间使用功能的影响

建筑空间的使用功能与照明质量紧密关联。合理的照明设计可强化空间属性,如商业展示区通过重点照明突出展品细节,提升商品吸引力;图书馆采用均匀漫射光,避免反光干扰阅读,保证学习效率;医院手术室需高照度、高显色性照明,确保手术操作精准无误。反之,照明质量不足会降低空间使用效能,例如工业车间照度不足可能导致生产失误,会议室眩光问题影响会议交流,家居空间光线分布不均则削弱居住舒适度。

1.3 照明质量与人体健康及心理感受的关系

光环境通过生理和心理双重机制影响人体状态。生理层面,昼夜节律与光照强度、色温密切相关,自然光模拟系统能调节褪黑素分泌,改善睡眠质量;而长期暴露于低照度、高眩光环境中,易引发视力下降、视觉疲劳等问题^[1]。心理层面,不同的照明氛围塑造差异化情绪体验,暖色调低照度光营造温馨放松氛围,适

用于休息空间；冷色调高照度光传递专业、高效感，契合办公场所需求。

2 影响照明质量的主要因素分析

2.1 光源类型及其光学特性选择的影响

LED光源因高效节能、寿命长且光谱可调，广泛应用于各类建筑空间，其高显色指数($Ra \geq 80$)能精准还原物体色彩，适用于对色彩辨识度要求高的场所；荧光灯凭借光效高、光色均匀的特点，常用于办公、教室等常规照明区域；而卤钨灯虽能耗较高，但显色性优异、色温稳定，适合强调氛围营造的商业展示空间。光源的色温选择至关重要，低色温(2700K-3000K)营造温暖舒适氛围，高色温(5000K-6500K)提供明亮清爽的视觉感受，需根据空间使用需求精准匹配，确保光学特性与功能需求相契合。

2.2 灯具布置方式对照度均匀性的影响

灯具布置直接影响空间照度均匀性。合理的布置需依据空间几何尺寸、建筑结构与功能分区规划。采用均匀布置方式时，灯具按照规则网格分布，可在大面积空间内形成相对均衡的光照，减少明暗差异；重点照明区域则需通过局部布置灯具，聚焦特定目标物，增强视觉层次感^[2]。灯具的安装高度与间距也需精确计算，高度过低易产生眩光，过高则导致照度衰减；间距过大影响光线衔接，过小则造成能源浪费。结合反射系数、灯具配光曲线等参数，优化布置方案，可有效提升空间照度均匀性，满足视觉舒适度要求。

2.3 控制策略对光环境调节能力的影响

智能控制系统通过传感器实时感知环境光线、人员活动等信息，动态调节照明参数。如采用照度传感器联动调光，可根据自然光强度自动调整人工照明亮度，避免能源浪费；红外感应控制在无人区域自动降低照度或关闭灯光，实现节能与便捷。场景化控制可预设多种照明模式，满足不同功能需求，如会议室的投影模式、办公模式切换。结合无线通信技术，远程控制与集中管理功能进一步提升照明系统灵活性，使光环境能快速响应多样化场景变化，实现照明质量与能效的双重优化。

3 电气系统设计对照明质量的支撑作用

3.1 配电系统稳定性与照明设备运行的关系

配电系统的稳定性是照明设备正常运行的基础保障。稳定的电压输出可避免因电压波动导致光源频闪、寿命缩短等问题，例如电压过高会加速LED芯片老化，电压过低则可能使荧光灯无法正常启动。合理的配电线路设计与容量规划同样关键，需根据照明设备总功率计算负载，配置适配的断路器、线缆规格，防止过载引发的线路发热与设备损坏。配电系统中的接地保护措施能有效降低漏电风险，保障人员安全与设备可靠性，而UPS不间断电源的配置则可在断电时维持应急照明系统持续工作，确保建筑空间的基本光环境需求，避免因供电故障影响照明质量。

3.2 调光与智能控制系统的集成设计

调光与智能控制系统的集成实现了照明环境的精细化调节。通过将调光模块与传感器、通信协议相结合，可构建智能化照明网络。例如，采用0-10V或DALI调光协议，能够精准控制LED

灯具的亮度与色温，配合环境光传感器实时监测自然光强度，自动调整人工照明输出，实现光环境的动态平衡^[3]。人体感应传感器可感知人员活动状态，在无人区域自动降低照度或关闭灯光，提升能源利用效率。集成系统还支持场景化预设，如会议室的演讲模式、休息模式切换，通过编程实现多设备联动控制，使照明系统根据不同场景需求快速调整参数，增强光环境的适应性与灵活性。

3.3 节能技术在照明系统中的应用模式

节能技术在照明系统中的应用通过多维度策略实现能效优化。高效光源的选用是基础，LED灯具相比传统光源光效提升3-5倍，且功耗更低，可显著降低运行成本。智能控制技术则从动态调节层面减少能耗，如分时分区控制，在非高峰时段降低公共区域照度；光感联动调光依据自然光强度自动补偿照明亮度，避免过度照明。可再生能源的引入为节能提供新路径，光伏发电系统可将太阳能转化为电能，用于驱动照明设备，配合储能装置实现电力的稳定供应。通过将节能灯具、智能控制与新能源技术相结合，构建多层次节能体系，在保障照明质量的最大限度降低能源消耗。

4 提高照明质量的设计优化路径

4.1 基于空间功能的差异化照明方案制定

不同建筑空间的功能属性决定照明方案需差异化设计。办公空间强调视觉舒适度与工作效率，采用高照度(300-500lx)、高显色性($Ra \geq 80$)的LED格栅灯，配合间接照明减少眩光；商业展示区注重商品表现力，运用重点照明突出展品，主照明与重点照明照度比控制在1:3-1:5；住宅空间追求温馨氛围，采用低色温(2700-3000 K)的嵌入式筒灯与灯带组合，营造柔和光环境。在设计过程中，需结合空间尺寸、建筑朝向及使用者需求，合理配置光源类型、灯具布置方式及控制策略，实现功能与舒适度的平衡，见表1。

表1 不同建筑空间照明参数设计标准

空间类型	推荐照度 (lx)	色温范围 (K)	显色指数 (Ra)	灯具类型	照明方式	数据来源
学校教室	300 - 500	4000 - 5000	≥ 80	LED 黑板灯、格栅灯	一般照明 + 局部照明	《建筑照明设计标准》GB 50034-2013
医院病房	100 - 200	2700 - 3500	≥ 85	防眩吸顶灯、床头壁灯	一般照明 + 局部照明	《综合医院建筑设计规范》GB 51039-2014
地下车库	50 - 100	4000 - 5500	≥ 70	LED 三防灯	均匀照明	《车库建筑设计规范》JGJ 100-2015
美术馆展厅	50 - 200	2700 - 4000	≥ 90	轨道射灯、光纤照明	重点照明 + 环境照明	《美术馆建筑设计规范》JGJ/T 436-2018

4.2 利用仿真软件进行照明效果预判与调整

照明仿真软件通过建立三维空间模型，模拟不同设计参数下的光照效果。设计师可输入空间尺寸、建筑材料反射率、灯具配光曲线等参数，生成照度分布云图、眩光评价指标等可视化数据，直观评估照明方案合理性。例如，通过DIALux软件调整灯具数量、安装位置与角度，对比不同方案的均匀度、中心光强等指标，优化设计细节^[4]。仿真过程中还可模拟自然光与人工光的

叠加效果,提前发现光照盲区与过亮区域,针对性调整光源布局与功率,减少因设计缺陷导致的返工,提升照明方案落地的准确性与高效性。

4.3多专业协同下的照明系统优化方法

照明系统优化需建筑、电气、室内设计等多专业协同作业。建筑专业提供空间结构、采光条件等基础信息,为照明设计确定边界条件;电气专业负责配电系统设计、智能控制集成及节能技术应用,保障照明设备稳定运行;室内设计专业从美学角度出发,结合空间风格选择灯具造型与安装方式,兼顾功能性与装饰性。三方通过BIM技术整合设计信息,在模型中模拟照明系统与其他专业设备的空间关系,避免管线碰撞、设备冲突等问题,同时联合进行方案评审,从多维度提出优化建议,实现照明系统技术性能、视觉效果与空间适配性的全面提升。

5 照明质量提升的工程实施与反馈机制

5.1施工阶段的照明参数验证与调试

施工阶段对照明参数的精准验证与调试是保障设计效果落地的关键环节。在某大型商业综合体项目中,施工团队依据设计图纸安装LED灯具后,采用专业的照度计、光谱分析仪等设备对各区域进行实测。以中庭空间为例,设计要求平均照度达到500lx,均匀度不低于0.7。实测发现部分区域因灯具安装角度偏差导致照度仅为420 lx,均匀度降至0.6。通过调整灯具仰角 5° – 10° ,更换部分光衰超标的灯具,并重新校准智能调光系统的阈值参数,最终使中庭照度提升至510lx,均匀度达到0.75,满足设计标准。对配电系统的电压稳定性、线路绝缘电阻等指标进行检测,确保照明设备运行安全可靠。

5.2用户使用反馈在后期优化中的价值

用户使用反馈为照明系统后期优化提供直接依据。上述商业综合体投入使用后,通过问卷调查、意见箱收集反馈信息。其中,餐饮区商户反映用餐时段高照度(原设计400lx)使顾客产生视觉疲劳,影响就餐体验;而地下停车场车主反馈部分转角区域照度不足(实测仅40lx),存在安全隐患。基于这些反馈,设计团队对餐饮区实施分时段调光策略,就餐高峰将照度降至250lx,并更换暖色调灯具提升氛围;在停车场转角处增设30WLED补光

灯,使该区域照度提升至70lx,有效解决使用痛点,提升照明系统的适用性与满意度。

5.3照明系统维护与长期性能保障措施

建立完善的维护机制是保障照明系统长期稳定运行的基础。商业综合体制定月度巡检制度,检查灯具亮度、色温一致性,清洁积尘灯具提升透光率,及时更换光衰超标的LED光源。每季度对智能控制系统进行功能测试,校准传感器灵敏度,更新调光程序算法^[6]。针对配电系统,每年开展绝缘电阻、接地电阻检测,预防线路老化引发的安全隐患。通过定期维护,项目运行三年后,照明设备完好率保持在98%以上,智能控制系统调光响应误差控制在 $\pm 3\%$ 以内,确保照明质量长期稳定,降低全生命周期运营成本。

6 结语

建筑电气照明质量提升需贯穿设计、施工、运维全流程。从光源选型、系统集成到智能控制,各环节协同优化可显著改善光环境性能与节能水平。未来,随着物联网、人工智能技术深度应用,照明系统将向自适应调节、能耗精准管理方向发展。多学科融合与全生命周期维护体系的完善,将进一步推动照明质量提升,助力建筑空间品质与可持续发展目标实现。

[参考文献]

- [1]郭普静,杨小琴.机场旅客过夜用房建筑电气设计探讨[J].机电信息,2025,(10):6–9.
- [2]梁兴芝.某社区卫生服务中心电气设计实践分析[J].福建建设科技,2025,(03):97–99.
- [3]滕宗伯,郭倩.基于绿色能源的建筑电气节能系统 designs 研究[J].电气技术与经济,2025,(05):344–346+350.
- [4]姚兵,肖宇,刘琳硕.基于无线传感网络的建筑电气节能管理系统设计[J].电气技术与经济,2025,(05):249–251+254.
- [5]杨敏.绿色建筑电气设计先进节能技术研究[J].新城镇科技,2025,34(04):40–42.

作者简介:

谢翔(1989–),男,汉族,江西赣州人,建筑电气设计工程师,本科,研究方向:供配电、建筑智能化、光伏、水利水电。