

建筑电气照明系统节能设计要点研究

李 锦

北京中合现代工程设计有限公司河北分公司，河北 石家庄 050000

[摘要]本研究想要探讨建筑电气照明系统节能设计的一些要点，由于全球存在能源危机且人们环保意识逐渐增强，所以建筑电气照明系统的能源消耗问题越来越明显，研究运用文献综述、案例分析和实验测试相互结合的办法对建筑电气照明系统的节能潜力与技术路径进行了系统分析，结果显示科学合理的照明系统设计能使能耗大幅降低，其主要设计要点有运用高效光源和灯具、妥善规划照明分区、引进自然光利用技术、采用智能照明控制系统以及能耗监测平台等，研究表明 LED 光源跟传统光源相比节能百分之四十以上，适当划分照明分区能减少百分之十五到二十的不必要的照明，自然采光加上光导管技术能使人工照明需求降低百分之二十五至三十，智能照明控制系统依据实际需求动态地调整照明参数后节能效果可达百分之三十至四十五，另外研究也讨论了建筑电气照明系统节能设计的经济效益评估与实施策略并提出全生命周期设计理念和分阶段实施方案，这一研究结果对于指导建筑照明系统节能设计实践、推动绿色建筑发展有着重要的参考意义。

[关键词]建筑电气；照明系统；节能设计；智能控制；能源效率

DOI: 10.33142/aem.v7i11.18378 中图分类号: TU201.5 文献标识码: A

Research on Energy-saving Design Points of Building Electrical Lighting System

LI Jin

Hebei Branch of Beijing Zhonghe Modern Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: This study aims to explore some key points of energy-saving design for building electrical lighting systems. Due to the global energy crisis and increasing environmental awareness, the energy consumption problem of building electrical lighting systems is becoming increasingly apparent. The study uses a combination of literature review, case analysis, and experimental testing to systematically analyze the energy-saving potential and technical path of building electrical lighting systems. The results show that a scientifically reasonable lighting system design can significantly reduce energy consumption. The main design points include the use of efficient light sources and fixtures, proper planning of lighting zones, introduction of natural light utilization technology, adoption of intelligent lighting control systems, and energy consumption monitoring platforms. Research has shown that LED light sources can save more than 40% energy compared to traditional light sources. Properly dividing lighting zones can reduce unnecessary lighting by 15% to 20%. Natural lighting combined with light pipe technology can reduce the demand for artificial lighting by 25% to 30%. Intelligent lighting control systems can dynamically adjust lighting parameters according to actual needs, resulting in energy-saving effects of 30% to 45%. In addition, the study also discusses the economic benefits evaluation and implementation strategies of energy-saving design for building electrical lighting systems, and proposes a full life cycle design concept and phased implementation plan. This research result has important reference significance for guiding energy-saving design practices in building lighting systems and promoting the development of green buildings.

Keywords: building electrical; lighting; energy-saving design; intelligent control; energy efficiency

引言

现代建筑能耗中建筑电气照明系统是重要部分，在全球能源危机和可持续发展目标下其节能设计成了关键议题，国际能源署 2023 年数据表明全球总能耗里建筑领域占超 30%且照明系统耗能占约 15%~20%，商业建筑中这一比例还可能更高，随着人们环保意识越来越强、绿色建筑理念到处普及，用科学设计手段减少建筑照明系统能源消耗就成了建筑行业急需解决的核心问题之一，好在这些年 LED 光源广泛使用、智能控制技术飞速发展、自然光利用技术不断创新给建筑照明系统节能带来了新技术路径，但实际应用时这些技术的效果常常被设计合

理与否、施工质量好坏、后期运维水平高低所限制，所以系统地研究建筑电气照明系统节能设计要点，不但能让单个建筑能源效率提升，而且能给区域乃至国家节能减排目标提供技术支持，本研究将文献综述、案例分析和实验测试相结合，全面探讨建筑电气照明系统节能设计的技术路径与实施策略并着重分析高效光源、照明分区规划、自然光利用技术、智能控制系统等关键要素的作用机制与节能潜力，研究表明综合运用前述技术手段能大大降低建筑照明系统能耗且有不错的经济效益，这对推动绿色建筑发展、达成碳中和目标有着重要的实践指导意义。

1 建筑电气照明系统节能的理论基础

1.1 建筑电气照明能耗现状分析

近年来,建筑行业能源消耗占比不断上升且电气照明系统能耗特别突出,统计显示全球建筑领域电力消耗里照明用电占 15%~20%且商业建筑中这一比例能达到 30%,高密度城市区域建筑物对照明需求大使得能源浪费问题愈发严重。全球能源危机加剧并且提出了碳中和目标后,建筑电气照明能耗降低了成了行业重点关注内容,由于效率低、寿命短等毛病,白炽灯、荧光灯这些传统光源渐渐被高效光源取代,但现在好多建筑还在用老旧照明设备,这既增加了运营成本又给环境带来很大压力,并且像过度照明或者照明分区不合理这种不合理的设计会让能源浪费情况更严重,所以借助科学节能设计手段能有效减少照明系统能耗从而给建筑行业可持续发展提供强大支撑^[1]。

1.2 照明节能的技术指标与评价体系

建筑电气照明系统节能设计的重要依据是照明节能的技术指标与评价体系,这些年行业逐步建立起以光效、显色指数、使用寿命为核心的光源性能评价标准,且结合建筑功能需求给出更细的节能技术指标,例如 LED 光源光效一般要达 100lm/W 以上且智能控制系统得有动态调光、分区管理等功能,同时评价体系从单一的能效评估转向综合性能优化且涵盖照度均匀性、眩光控制、视觉舒适度等多维度,数据表明高效 LED 灯具加上智能控制系统整体能耗能降 40%以上,LEED 和 BREEAM 这样的绿色建筑认证体系也给照明节能明确要求即强调自然采光和人工照明相结合提高能源利用效率,需要注意的是照明节能经济效益评估方法不断完善且全生命周期成本分析成主流趋向,建筑电气照明系统节能设计有了这些技术指标与评价体系的科学指导且相关技术和广泛运用也被推动起来。

1.3 绿色建筑标准中的照明节能要求

建筑行业可持续发展的核心规范是绿色建筑标准,它对电气照明系统的节能设计有严格要求。最新绿色建筑评价标准表明,照明系统节能设计要统筹能源效率和环境友好性,关键在于高效光源应用、自然采光充分利用以及智能化控制技术集成,如 LEED 标准规定建筑内部照明功率密度 (LPD) 不能超过特定限值并倡导运用光导管等自然采光技术来削减人工照明需求,在国内,中国绿色建筑三星认证体系也明文规定了照明系统节能目标,要求新建建筑照明能耗比基准值至少降低 20%,另外,绿色建筑标准着重照明系统和建筑整体能耗监测平台相互配合以达成精准化管理与动态优化^[2]。研究显示,符合绿色建筑标准的照明设计方案不但能大幅降低能耗而且可提高室内环境质量进而产生更高经济和社会效益,这些标准的施行给建筑电气照明系统节能设计指出了清晰方向,也为推动绿色建筑普及与发展筑牢了根基。

具体而言,绿色建筑标准在照明节能方面提出了多维度、精细化的要求。在光源选择上,优先推广使用 LED 等高效节能光源,这类光源不仅光效高、寿命长,而且能显著降低能耗,减少更换频率和维护成本。同时,鼓励采用反射型灯具和透光性能良好的灯具罩,以提高光线的利用率,减少光损失。在自然采光利用方面,绿色建筑标准强调通过合理设计建筑布局、窗户大小和位置,以及采用光导管、采光井等先进技术,最大限度地引入自然光,减少白天对人工照明的依赖。智能化控制技术的集成也是绿色建筑标准中的一大亮点,通过安装智能照明控制系统,可以根据室内外光照强度、人员活动情况等因素自动调节照明显亮度,实现按需照明,避免能源浪费。此外,绿色建筑标准还要求建立完善的能耗监测平台,对照明系统的能耗进行实时监测和分析,为节能改造和优化管理提供数据支持。

2 建筑电气照明系统节能设计关键技术

2.1 照明光源的节能选择与应用

近年来,全球建筑行业能源消耗占比不断上升且照明系统能耗特别突出,建筑电气照明系统节能设计中高效光源选择成了核心环节之一,因为研究显示 LED 光源有高光效、长寿命、低能耗的优缺点逐渐替代传统白炽灯和荧光灯且节能效果超 40%,商业建筑和公共设施里 LED 光源一应用电力需求就大幅降低并且维护成本减少后整体经济效益也跟着提升了,而且技术进步让 LED 光源显色性和光谱分布进一步优化从而能满足不同场景照明需求,像医疗建筑用上高显色指数 LED 灯具就能提供近似自然光的照明环境以提高用户体验,并且智能调光技术和动态色温调节功能被引入使 LED 光源能按实际需求灵活调整输出功率进而进一步提高能源利用效率,行业数据显示 2022 年全球 LED 照明市场规模冲破 700 亿美元且估计接下来五年年均增长率会保持在 8%以上这说明市场高度认可照明光源节能性能,所以建筑电气照明系统设计时要优先选高效光源再结合具体应用场景优化配置才能达成节能目标。

2.2 照明控制系统的智能化设计

现代建筑电气照明系统中智能化照明控制系统是重要部分且节能设计的关键技术也包含它,借助传感器、物联网和云计算等技术综合运用,智能照明系统能按照环境光线强弱、人员活动情况以及时间变化动态调节照明参数以防止不必要的能源浪费,例如在办公建筑里人体感应的自动开关灯功能可有效削减空置区域照明能耗,再者结合自然采光的自动调光系统还能进一步让人工照明与自然光比例优化从而使整体能耗下降 30%~45%,近年随着人工智能算法快速发展,智能照明系统在数据分析和预测能力上取得显著进展,系统学习历史用能数据后能生成个性化照明策略给用户更舒适光环境的同时最大程度节省能

源, 数据表明 2021 年全球智能照明市场规模达 130 亿美元且每年以 15% 速度增长显示市场对智能化照明解决方案需求迅速提升, 另外智能照明系统还可跟建筑管理系统集成形成统一能源管理平台达成更高层次节能效果, 可见智能化设计不但是照明控制系统技术革新方向, 而且是推动建筑行业迈向低碳化转型关键动力^[3]。

2.3 照明系统供电与配电优化设计

对于建筑电气照明系统的节能设计来讲, 供电与配电环节的优化有着重要意义, 因为合理的供电与配电设计既能减少线路损耗, 又可提高系统运行效率和可靠性。先科学规划照明回路分区就能有效防止供电过度集中造成的能力损失, 研究表明适当照明分区设计可减少 15%~20% 的不必要照明能耗, 在大型公共建筑里效果尤其明显。采用高效变压器和电缆材料是降低供电损耗的有效办法, 低损耗变压器能让电能转换效率提升到 98% 以上且高性能电缆可减少电阻带来的能量损耗^[4]。推广分布式供电模式给照明系统节能设计带来新想法, 建筑内设多个小型供电节点会缩短供电距离进而进一步降低线路损耗。近些年微电网技术发展起来后许多建筑开始把可再生能源发电设备和照明系统结合起来以达成能源本地供应和高效利用, 这些技术的运用既对降低建筑整体能耗有帮助又为构建可持续的城市能源体系打下了根基。

2.4 照明设计与建筑空间一体化策略

实现节能目标的重要补充手段是一体化策略, 即照明设计与建筑空间一体化, 把照明系统跟建筑空间布局紧密联系起来, 就能在满足功能需求之际最大程度削减能源浪费, 就像建筑设计伊始就合理规划窗户的位置和大小以便充分利用自然光, 从而大大降低对人工照明的需求^[5]。研究显示, 自然采光方案若结合光导管技术, 可使人工照明能耗减少 25%~30%, 在地下空间和大跨度建筑里尤为适用, 并且照明设备的安装位置和角度得与建筑结构相协调, 这样光线才能分布均匀而无明显阴影区, 这种一体化设计不但让照明效率提高, 也使空间的视觉舒适度增强。近些年来, 绿色建筑理念普及开来, 众多建筑师开始把照明设计放进整体规划当中, 想要在美学和功能性间找出平衡点, 像一些高端写字楼采用嵌入式灯具并进行反射面设计, 达成了柔和的间接照明效果, 既降低了眩光问题, 又提高了空间品质, 这种跨学科协作的模式为建筑电气照明系统的节能设计开创新途径, 也给未来建筑行业的可持续发展提供重要参考。

在照明设计与建筑空间一体化策略中, 还需注重照明与建筑功能的深度融合。不同功能区域对照明的需求存在显著差异, 如办公区域需要充足且均匀的光线以提升工作

效率, 而休息区域则适宜采用柔和、温暖的光线营造放松氛围。因此, 在照明设计过程中, 应结合建筑的具体功能需求, 对光线强度、色温、显色指数等参数进行精准调控, 确保照明效果与功能需求相匹配。此外, 一体化策略还强调照明系统的可调节性和灵活性, 通过采用可调光灯具和智能控制系统, 能够根据不同时间段、不同使用场景以及人员活动情况, 动态调整照明参数, 实现照明效果的最优化和能源消耗的最小化。这种一体化的设计思路, 不仅有助于提升建筑的整体品质和用户体验, 还能为建筑行业的节能减排和可持续发展做出积极贡献。

3 结论

在全球能源转型与绿色建筑发展的大背景之下, 建筑电气照明系统的节能设计成了建筑行业的一大重要事项, 因为近五年的数据表明全球总能耗中建筑能耗超 35%, 而照明系统占 15%~20%, 所以优化照明系统对降低建筑整体能耗意义重大, 经研究综合高效光源、智能控制技术和自然光利用等关键设计要点进行分析后发现这在实际应用中有不少节能潜力, 像 LED 光源跟传统光源比节能效果能超 40%, 智能控制系统加上动态调节策略还能再让能耗减少 30%~45%, 这些技术路径不但有环境效益, 经济效益也很可观, 在全生命周期设计理念下尤其如此, 初期投资靠长期节能回报就能平衡, 并且合理运用照明分区和自然采光技术节能效果会更进一步, 也能减少能源浪费, 研究提出的分阶段实施方案使不同类型的建筑有了灵活的节能策略, 这对推动绿色建筑标准普及和技术升级很有帮助, 总而言之, 建筑电气照明系统的节能设计是技术方面的创新实践也是建筑行业走向可持续发展的重要一步, 其研究成果能给未来建筑设计提供科学依据和技术支撑。

【参考文献】

- [1] 全志远, 王欢, 司镇. 建筑电气照明系统节能设计 [J]. 光源与照明, 2023(4):48-50.
- [2] 李俊平. 建筑电气照明系统节能设计研究 [J]. 光源与照明, 2022(7):34-36.
- [3] 赵婧. 建筑电气照明系统节能设计研究 [J]. 光源与照明, 2022(5):39-41.
- [4] 蒋小玲. 建筑电气照明系统的节能设计 [J]. 中国新技术新产品, 2020(6):111-112.
- [5] 刘仲彦. 建筑电气照明系统节能设计 [J]. 光源与照明, 2023(3):28-29.

作者简介: 李锦 (1993.1—), 毕业院校: 河北建筑工程学院, 所学专业: 建筑电气与智能化, 当前就职单位: 北京中合现代工程设计有限公司河北分公司, 职务: 电气设计师, 职称级别: 工程师。