

电气工程视角下泛光照明落地性的实现路径研究

陈婧

广州西贝照明科技股份有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/WCEST.2025110016

摘要：从电气工程视角探讨泛光照明落地性，技术进步推动其发展，关键参数体系构建、复合型供电网络架构、智能化控制体系等多方面为落地提供支撑，动态节能、谐波抑制等技术助力节能与稳定运行，模块化装配、抗震防护等提升实施效率与安全性，还涉及经济性、运维管理等，未来可从深化集成等方向提升落地性。

关键词：泛光照明；电气工程；落地性

Research on the Implementation Path of Floodlighting Landing Performance from the Perspective of Electrical Engineering

Chen Jing

Guangzhou Xibei Lighting Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : From the perspective of electrical engineering, this article explores the feasibility of floodlighting implementation. Technological progress promotes its development, and key parameter system construction, composite power supply network architecture, intelligent control system and other aspects provide support for implementation. Dynamic energy saving, harmonic suppression and other technologies assist in energy saving and stable operation. Modular assembly, seismic protection and other measures improve implementation efficiency and safety, as well as economic efficiency, operation and maintenance management. In the future, the feasibility can be improved through deepening integration and other directions.

Keywords : floodlighting; electrical engineering; practicability

引言

随着《关于推进城市照明节能工作的指导意见》(2008年颁布)等政策对节能环保的推动，泛光照明技术发展备受瞩目。历经多年演进，LED光源、智能控制系统及光学设计等多方面取得突破。从电气工程视角，构建关键参数体系、设计复合型供电网络与智能化控制体系、应用谐波抑制及模块化装配等技术，同时满足抗震防护、电气安全认证及光污染控制要求，并进行经济性评价与投资回报率测算，创新运维管理，搭建智能化运维平台。政策导向与技术发展共同助力泛光照明在不同场景的落地实施，后续深入研究有望进一步提升其落地性。

一、泛光照明落地性理论框架

(一) 泛光照明技术发展现状

泛光照明技术历经多年发展，取得了显著进步。早期传统光源如白炽灯、荧光灯等在泛光照明中应用广泛，但存在能耗高、寿命短等局限。随着技术革新，LED光源异军突起，以其节能、寿命长、光效高、色彩丰富且易于控制等优势，为泛光照明落地性提供关键支撑。在控制系统方面，智能控制系统逐渐普及，从简单的定时控制发展到能根据环境光、时间、场景等多因素自适应调节，极大提升了照明效果与能源利用率，进一步促进泛光照明的落地应用。此外，光学设计、散热技术等方面也不断取得突破，优化了泛光照明的配光、散热性能，保障其稳定可靠运行，

全方位推动泛光照明在不同场景下的落地实施^[1]。

(二) 电气工程关键参数体系构建

在泛光照明落地性研究中，电气工程关键参数体系构建至关重要。需建立照度标准参数模型，它直接关乎照明效果能否满足实际需求，适宜的照度可营造舒适且符合功能要求的光环境，若照度不当，会影响视觉体验甚至引发安全问题^[2]。能耗指标参数模型同样不可或缺，合理的能耗指标不仅能降低运营成本，还契合节能环保理念，通过对不同灯具及照明方案能耗测算，选择高效节能方式。设备荷载参数模型也不容忽视，明确设备重量、尺寸等荷载信息，为建筑结构提供依据，确保建筑安全承载照明设备。这些参数约束共同对泛光照明项目实施可行性起决定性作用，是实现落地性的关键环节。

二、电气工程系统设计方案

(一) 复合型供电网络架构

在电气工程系统设计方案中,复合型供电网络架构对于解决大规模照明负荷时空分布不均的供能难题至关重要。设计多电压等级配电系统,能够依据不同区域的照明需求灵活调整电压,提高能源传输效率,降低线路损耗^[9]。将其与可再生能源集成方案相结合,如太阳能光伏板、风力发电机等,充分利用自然能源,有效缓解传统能源供应压力。一方面,当可再生能源充足时,可为照明系统直接供电;另一方面,在能源过剩时,可将多余电能存储起来,以便在能源不足或用电高峰时使用。这种复合型供电网络架构,通过优化能源分配与利用,提高了泛光照明系统供电的稳定性和可持续性,为泛光照明的落地实施提供坚实的能源保障。

(二) 智能化控制体系构建

在电气工程系统设计方案中,智能化控制体系构建是关键。研发基于物联网的集群控制算法,可实现光照强度的自适应调节。通过在照明区域布置各类传感器,实时采集环境光照数据,并将其传输至控制中心。控制中心依据所获取的数据,运用精心设计的集群控制算法,精准分析计算,进而自动调整泛光照明设备的光照强度,以满足不同场景和时段的需求,实现节能与视觉效果平衡。同时,搭建故障预警系统,借助物联网技术对设备状态进行实时监控。系统持续收集设备的运行参数,如电流、电压、温度等,利用数据分析技术对这些参数进行深度挖掘。一旦发现参数异常,系统立即发出预警信号,提示维护人员及时处理,确保泛光照明系统的稳定运行^[10]。

三、落地性实现关键技术路径

(一) 能效优化技术路线

1. 动态节能控制策略

开发分时场景化控制模块并通过光源功率密度优化降低运行能耗,这一动态节能控制策略的实现,需结合电气工程专业知识。借助智能传感器实时感知环境亮度,根据不同时段、场景需求智能调节泛光照明的光源功率密度。例如在白天或人员活动较少区域,自动降低功率密度,在夜晚或人员密集时恢复合适亮度。在具体实现过程中,采用先进的电力电子技术与智能控制算法,精确调控每个照明区域的功率,确保在满足照明需求前提下有效降低能耗。同时,利用电气工程中的电力监控系统,实时监测能耗数据,通过数据分析进一步优化控制策略,实现降低30%运行能耗的目标^[11],为泛光照明的节能运行提供可靠保障。

2. 谐波抑制技术应用

在电气工程视角下的泛光照明落地性实现路径中,谐波抑制技术应用至关重要。设计主动式谐波补偿电路是有效手段,通过该电路可精准控制 THDi 指标,使其满足电网接入标准,即将其控制在8%以内^[12]。主动式谐波补偿电路借助电力电子器件,实时监测和分析电路中的谐波电流,快速生成与谐波电流幅值相等、相位相反的补偿电流,进而抵消谐波电流,实现对谐波的有效抑

制。这不仅保证了泛光照明系统的稳定运行,减少因谐波引起的设备故障与损耗,而且能够降低对电网的谐波污染,提升电能质量,确保泛光照明系统与电网的良好兼容性,为泛光照明在电气工程领域的落地实施提供有力技术支撑。

(二) 安装施工工艺创新

1. 模块化装配技术

在电气工程视角下实现泛光照明落地性,模块化装配技术极为关键。一方面,研发快装式支架系统,对支架结构进行优化设计,采用标准化、通用化的零部件,确保其不同场景下都能快速、便捷地组装。例如,通过巧妙的卡扣连接方式,替代传统的复杂螺丝紧固,可大幅提高安装效率。另一方面,预制线缆组件,在工厂提前根据实际需求完成线缆的裁剪、连接及标识等工作^[13]。这不仅保证了线缆连接的准确性和可靠性,还极大减少了现场线缆铺设和连接的时间。通过这两者结合,能够有效缩短现场施工周期40%以上,显著提升泛光照明的安装实施效率,让泛光照明在实际项目中更具落地性。

2. 抗震防护解决方案

在电气工程领域,确保泛光照明系统在地震作用下的安全稳定运行,是抗震防护设计的核心目标。为实现这一目标,可采用有限元分析技术对灯具的固定结构进行仿真优化。具体而言,首先利用有限元软件建立灯具及支架的精细化模型,模拟其在8级设防烈度地震波作用下的力学响应,准确获取结构中的应力集中区域与位移分布情况^[14]。根据分析结果,可针对性采取加固措施:例如优先选用高强铝合金等轻质高强材料以降低惯性力,优化支架形态以改善受力路径,并在关键受力部位增设加强肋或补强板。对于大型灯具,还可通过增加锚固点数量、采用防松脱设计(如弹簧垫圈、锁紧螺母)等方式,显著提升连接节点的抗拉与抗剪承载力。通过上述基于仿真数据的结构优化,能够有效保证灯具固定系统在地震中的完整性,防止因构件断裂或锚固失效导致的灯具坠落风险,从而确保泛光照明系统在震时及震后持续发挥功能。

四、落地性保障体系构建

(一) 标准规范体系建设

1. 电气安全认证标准

在电气工程视角下的泛光照明领域,电气安全认证标准中的IP防护等级与接地电阻参数的强制性规范至关重要。IP防护等级关乎泛光照明设备对灰尘和水的防护能力,明确的强制性规范能确保设备在不同环境条件下稳定运行,如户外潮湿环境需具备较高的防水等级,避免因水汽侵入造成短路等故障^[15]。接地电阻参数的强制性规范则直接关系到人员与设备安全,合适的接地电阻能有效引导故障电流流入大地,降低触电风险。通过制定这些强制性规范,为泛光照明设备的安全性与可靠性提供坚实保障,促使其在实际应用中真正落地,推动泛光照明行业朝着更加安全、规范的方向发展。

2. 光污染控制指标

在电气工程视角下的泛光照明中,光污染控制指标至关重

要，需建立垂直照度限值与眩光指数双重约束体系^[10]。垂直照度限值方面，应依据不同场所的功能与需求，精确设定适宜数值。如对于城市商业区，考虑行人与车辆通行及商业展示，其垂直照度限值可适当放宽，但也要防止过亮影响周边居民；而对于住宅区周边的泛光照明，垂直照度限值则应严格把控，以保障居民的夜间休息环境。眩光指数同样不容忽视，它直接影响人们的视觉舒适度。通过合理设计灯具的配光曲线、安装角度等，将眩光指数控制在合理范围。如采用遮光罩、格栅等技术手段，降低直接眩光和反射眩光，确保泛光照明既满足功能需求，又有效控制光污染，实现良好的落地性。

（二）经济性评价模型

1. 全生命周期成本分析

为科学评估泛光照明方案的经济可行性，需构建覆盖20年使用周期的全生命周期成本分析模型。该模型系统核算初始投资、运维支出及最终更新成本；初始投资包括高效灯具、抗震支架及智能控制系统的设备与安装费用；运维阶段重点计算电力消耗（结合当地电价、每日运行时长与系统总功率），并纳入定期清洁、故障检修及光源光衰带来的更换成本；更新阶段则预估寿命期末的设备置换费用。通过量化长期运行中的能源节约与维护效率，该模型可精准对比不同技术路线的经济性，为电气工程中泛光照明方案的选型与优化提供关键数据支撑，确保其在全生命周期内兼具技术先进性与成本竞争力。

2. 投资回报率测算方法

在电气工程视角下的泛光照明项目投资回报率测算中，可先确定项目的初始投资，涵盖灯具采购、安装调试、布线等所有前期投入成本。之后，预估项目运营期间每年的现金流入，如因泛光照明带来的商业收益提升、城市形象改善带来的潜在经济价值等，同时明确每年的现金流出，像能源消耗、设备维护等费用。运用动态现金流量模型，将不同时间点的现金流量按照合适的折现率折现到同一时间基准。通过计算净现值（NPV），若NPV大于零，表明项目在经济上可行；再计算内部收益率（IRR），它反映项目实际能达到的投资回报率水平。借助这些指标和模型，综合测算泛光照明项目的投资回报率，以科学评估其经济可行性。

（三）运维管理体系创新

1. 预防性维护机制

在电气工程视角下泛光照明的落地性保障体系构建中，运维

管理体系创新里的预防性维护机制至关重要。开发基于设备劣化模型的预测性维护方案是关键举措。通过对泛光照明设备进行长期数据监测与分析，构建精准的设备劣化模型。借助该模型，可提前预判设备可能出现的性能下降、部件损坏等情况。例如，针对灯具的光衰、电源模块的老化等常见问题，依据模型预测结果，在设备尚未出现故障前，就制定科学合理的维护计划，及时更换老化部件、调整设备参数。这不仅能够有效减少设备突发故障带来的照明中断风险，保障泛光照明系统的稳定运行，还能通过优化维护周期，降低维护成本，从根本上提升泛光照明落地应用的可靠性与持续性。

2. 智能化运维平台

在电气工程视角下的泛光照明领域，智能化运维平台是提升落地性的关键一环。该平台可集成多种先进技术，实现对照明设备全方位、实时的监测与管理。借助传感器网络，实时收集灯具的运行参数，如亮度、能耗、温度等数据，以便及时发现灯具故障或性能异常。通过数据分析与挖掘，预测设备的潜在问题，提前安排维护，降低故障发生率。同时，利用智能控制模块，依据环境光强度、时间、场景等因素，自动调节泛光照明的亮度与开关，实现节能与照明效果的平衡。此外，该平台具备远程控制功能，运维人员能在控制中心或通过移动终端远程操作照明设备，极大提高运维效率，有力保障泛光照明系统的稳定运行与落地实施。

五、总结

从电气工程视角研究泛光照明落地性，发现电气工程技术对泛光照明项目起着关键支撑作用。在智能控制、电力传输与分配等方面，为泛光照明提供了技术保障。后续研究可通过深化智能电网集成技术，优化能源利用，提升泛光照明系统与电网的交互效率；建立城市级照明能效管理平台，实现对大规模泛光照明设施的集中管控与能效监测；形成全要素解决方案数据库，便于项目实施过程中快速获取相关技术、设计及案例等资料。通过这些方向的深入研究，有望进一步提高泛光照明的落地性，在满足照明功能需求的同时，实现节能、环保与智能化，为城市夜景打造提供更有力的技术支持。

参考文献

- [1] 刘建敏. 建筑泛光照明工程的施工安全管理 [J]. 灯与照明, 2025, 49(05): 8-10.
- [2] 阴春晴. 组态视角下 PPP 项目落地路径研究 [D]. 天津理工大学, 2023.
- [3] 汪文婷. 可供性视角下 CIDP 平台的传播路径研究 [D]. 西安工业大学, 2023.
- [4] 冷晓宏. 建筑泛光照明安装工程施工技术 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (23): 115-117.
- [5] 赵阳. 建筑泛光照明安装工程的施工技术 [J]. 灯与照明, 2024, 48(2): 95-98.
- [6] 肖舒峰. 建筑外立面泛光照明光污染防治研究 [J]. 光源与照明, 2022(3): 19-21.
- [7] 孙开斌. 公共建筑泛光照明的节能设计措施 [J]. 通讯世界, 2021, 28(3): 182-183.
- [8] 赵纪锋. 建筑泛光照明设计现状及最新技术 [J]. 光源与照明, 2023(7): 19-21.
- [9] 殷文龙, 田由甲. 基于 DMX512 协议的泛光照明控制系统 [J]. 现代建筑电气, 2022, 13(6): 29-33.
- [10] 刘春. 泛光照明智能化控制系统分析 [J]. 光源与照明, 2021(5): 16-17.