

城市景观照明光污染控制技术研究

杨凯麟

(深圳市福田区鸿博人力资源有限公司, 广东 深圳 518100)

摘要 城市景观照明光污染会对居民生活及生态平衡造成危害, 构建科学的控制技术体系是解决这一问题的核心路径。研究围绕光污染的多元危害, 系统剖析其表现形式与形成根源, 总结光污染的标准要求, 深入阐释灯具优化、照明控制策略及光学器件改进三类核心技术的原理与特性, 探究不同功能区域的技术应用实践以明确各类技术的适配场景与实施重点, 进而提出技术优化、推广及保障的具体方向, 以期相关人员提供借鉴。

关键词 城市景观照明; 光污染; 灯具优化技术; 应用场景; 可持续照明

中图分类号: TU88; X5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.31.036

0 引言

城市景观照明作为彰显城市特色与夜间活力的重要载体, 由于设计施工不规范引起的光污染问题成为城市发展中的显著矛盾。反射光侵入严重影响居民睡眠质量, 过量光会对驾驶员造成影响, 光污染蔓延打乱动植物生长周期、威胁生物多样性, 还造成大量能源损耗^[1]。解决这类问题需从技术层面寻求突破, 厘清污染成因与技术需求, 凭借针对性技术应用实现照明功能与生态保护的协同, 为城市夜间环境健康发展提供可行路径。

1 城市景观照明光污染的问题解析

1.1 光污染的主要表现形态

城市景观照明光污染与照明设施布局、光源特性直接关联。部分区域为强化视觉冲击选用高功率灯具, 产生强烈眩光, 威胁行人及驾驶员安全。未加遮挡的光线向高空散射形成天空辉光, 遮蔽星空并干扰夜间生态系统; 建筑物景观灯光侵入居民窗户, 破坏室内暗环境, 扰乱正常作息。不同形态光污染相互叠加, 加剧对环境与生活质量的损害, 并在城市不同功能区呈现差异化分布特征, 给污染防控带来挑战。

1.2 光污染形成的核心驱动因素

光污染源于规划、技术与管理三方面的疏漏。在规划上缺乏全域统筹, 未按光污染分区制定方案, 导致灯具布设过密、参数与场景错位。在技术上, 设备控光不精, 光线易溢出目标区。在管理上, 照明时段与亮度调节失据, 过度照明与无效照明普遍。多重因素交织, 使光污染成为制约夜间环境质量的瓶颈。

1.3 污染引发的多元危害维度

光污染的危害覆盖生态、生活与健康三大领域, 并具有累积性。在生态层面, 夜间强光会干扰鸟类迁徙路线, 改变植物光合作用与开花周期, 破坏物种关系, 影响生态稳定。在生活层面, 光侵入导致室内夜间亮度过高, 干扰睡眠节律, 引发失眠与日间疲劳, 降低工作学习效率。在健康层面, 长期暴露会干扰人体内分泌系统, 导致激素失衡, 增加代谢疾病与情绪障碍风险。

2 光污染的控制标准要求

我国在光污染方面进行了深入研究, 目前有多个与光污染相关的标准。国内规范的光污染要求最早来源于《城市夜景照明设计规范》(JGJ/T 163-2008), 后经过对媒体立面等景观照明方式的限制进行了补充, 形成了《室外照明干扰光限制规范》(GB/T 35626-2017), 强制规范《市容环卫工程项目规范》(GB 55013-2021) 对景观照明和对居住区进行了强制性要求^[2]。目前《城市夜景照明设计规范》(JGJ/T 163-2008) 正在修编, 完成了报批稿。

对不同区域内的光污染限值进行了区分, 对天然暗环境区和暗环境区的光污染进行严格限制, 给出了高亮度区、中亮度区和低亮度区的对应区域, 见表 1。

对于泛光照明, 应采用建筑立面平均亮度, 以标识面平均亮度双指标进行评价。局部亮度也应该进行控制, 建议不超过平均亮度的 2.5 倍, 控制指标见表 2。

对于采用媒体立面的照明, 应采用表面平均亮度和表面最大亮度的指标限制光污染。媒体立面亮度限值见表 3。

表1 光环境分区

环境亮度类型	天然暗环境区	暗环境区	低亮度区域	中等亮度区域	高亮度区域
区域代号	E0	E1	E2	E3	E4
对应区域	国家公园、自然保护区 和天文台所在地区等	无人居住的耕地、园地、陆地水域等	低密度居住区等	城市或建制镇居住区及一般公共区等	城市或建制镇中心区和商业区等

表2 泛光照明平均亮度和标识面平均亮度最大允许值
单位: cd/m^2

照明类型	环境区域				
	E0	E1	E2	E3	E4
建筑立面平均亮度	—	0	5	10	25
标识面平均亮度	50	50	400	800	1 000

(注: 本表中标识面包含交通信号标识。)

表3 媒体立面亮度限值

单位: cd/m^2

表面亮度(白光)	环境区域				
	E0	E1	E2	E3	E4
表面平均亮度	—	—	8	15	25
表面最大亮度	—	—	200	500	1 000

3 光污染控制核心技术的原理特性

3.1 灯具优化技术的核心机理

目前, 室内眩光未明确说明属于光污染的范畴。所以光源方面的控制, 主要避免外部光进入室内, 影响居民休息。光污染主要是减少冗余光产生, 使光线精准聚焦于目标区域, 避免向非照明区域扩散, 从根源上控制污染传播范围, 这类技术改进需结合不同城市区域的照明需求差异, 在功能与环保间找到平衡, 为后续控制策略实施奠定基础^[3]。

3.2 照明控制策略的技术类型

照明控制策略通过动态管理实现精准防控, 主要包含分时、分区与按需三类控制模式, 分时控制依据夜间不同时段的活动强度调整照明状态, 在人流密集的高峰时段维持适宜亮度, 进入深夜则降低亮度或关闭装饰性灯具, 减少非必要光辐射。根据各省市的照明管理办法, 或照明管理条例, 分时段开关灯。

分区控制基于区域功能定位制定差异化标准, 商

业区适度提升亮度营造氛围, 居住区采用低亮度设置, 生态保护区严格限制照明范围。

按需管理, 可控制依托传感器实时捕捉环境亮度与人流密度, 自动调节灯具运行参数, 实现照明资源的精准匹配, 避免过度照明造成的污染^[4]。

三种模式可单独应用或组合使用, 根据城市不同区域特点灵活适配以提升防控效果。

3.3 光学器件改进的技术特点

光学器件改进技术通过优化光线传播路径实现精准控光, 具有针对性强、效果直接的特点, 遮光罩与挡光板通过物理遮挡约束光线方向, 可有效阻挡光线向天空、居民窗户等非目标区域投射, 显著降低眩光与天空辉光的强度。光学棱镜与透镜通过折射、反射原理重构光线分布, 使光线按照预设轨迹均匀覆盖目标区域, 提升照明均匀度的同时减少光线浪费, 不仅能降低光污染程度, 还能改善照明质量, 为不同场景提供舒适且环保的光照环境, 兼具污染控制与功能优化双重价值, 其技术适配性需结合光源类型与照明场景调整, 确保在各类城市区域发挥最佳效果。

4 控制技术的场景化应用实践

4.1 商业区照明的污染控制应用

商业区照明需兼顾氛围营造与污染防控, 技术应用呈现多元融合特征。控制策略采用分时与按需结合的模式, 傍晚至夜间人流高峰时段维持符合商业活动需求的较高亮度, 保障店铺展示效果与行人活动安全, 进入晚间十点后系统自动下调核心区域亮度, 关闭非主干道、景观小品等非核心区域的装饰灯^[5]。

建筑物景观照明均配备定制化遮光装置, 依据建筑立面结构与周边环境特点设计遮挡角度, 确保光线集中投射于建筑立面, 精准展现建筑夜间美学效果, 同时严格避免光线向周边居住区窗户、天空等区域扩散, 最终实现商业活力与环境友好的平衡。

商业照明与其他照明区域的特点, 是有大量的广告牌匾、LED屏等。应在景观照明基础上增加对广告牌匾、LED屏的光污染控制。广告牌匾的光污染控制见表4, LED屏的光污染控制见表5。

4.2 居住区周边的照明技术实践

居住区光污染以住宅建筑居室窗户外表面上的垂直照度限值和照明灯具朝向居室窗户的发光强度限值为评价指标。

分区控制技术依据居住区功能布局, 将周边划分为核心居住带与公共活动带, 核心居住带仅设置满足基础安全需求的最低亮度, 避免光线过强影响居民休

息,公共活动带则可根据居民夜间广场舞、散步等活动规律适度调节亮度,且所有景观照明在熄灯时段关闭,仅保留道路两侧基础路灯维持通行安全。路灯与景观灯均加装防眩光器件,借助物理阻隔结构与特殊光线折射设计降低灯具直射光强度,使光线均匀洒向地面,减少眩光对行人与车辆的干扰,营造出静谧、舒适的夜间居住环境。

表 4 牌匾标识发光表面的平均亮度最大允许值

发光面面积 /m ²	不同环境区域平均亮度最大允许值 / (cd/m ²)				
	E0	E1	E2	E3	E4
$S \leq 0.5$	—	50	400	800	1 000
$0.5 < S \leq 2$	—	40	300	600	800
$2 < S \leq 10$	—	30	250	450	600
$10 < S \leq 50$	—	—	150	300	400
$50 < S \leq 150$	—	—	100	200	300
$S > 150$	—	—	—	150	200

(注:1.表内系全白色发光表面在夜晚的限值;如采用动态彩色画面,限值取表中数值的 1/2。2.设施安装位置位于建筑裙房 24 m 高度内时,相应限值应为表内数值的 1/2。3.设施安装位置位于的建筑裙房 24 ~ 50 m 高度范围内,相应限值应为表内数值的 2/3。)

表 5 LED 屏夜间平均亮度最大允许值

照明技术参数	照明颜色	环境亮度区				
		E0 区	E1 区	E2 区	E3 区	E4 区
平均亮度	全彩色或多色显示屏	—	50	200	400	600
	单红色	—	15	60	120	180
	单绿色	—	30	120	240	360
	单蓝色	—	5	20	40	60

(注:1.表内为全白色广告画面在夜间平均亮度限制值。2.有颜色画面的平均亮度最大允许值应为表中数值的 70%。)

4.3 生态保护区周边的技术探索

生态保护区周边照明以生态保护为首要原则,技术应用遵循最小干预理念,最大限度降低对保护区内动植物生存环境的影响,光源选择上专门采用窄光谱类型的灯具,这类灯具的光线波长范围集中,能有效减少对动植物生物钟的干扰,规避因光线刺激导致植物花期紊乱、动物行为异常等问题,同时严格限定灯

具的功率与亮度,依据保护区边界距离与生态敏感程度设定参数阈值。

控制方式上采用感应模式,仅在保护区周边道路、出入口等关键点位布设灯具。当传感器检测到行人或车辆时自动开启,无车无人时则保持关闭,以此动态控制最大限度缩短照明时间,减少光辐射对生态的持续影响。灯具还配备精准控光光学组件,通过特殊透镜与光路设计,约束光线仅覆盖必要道路区域,避免向周边植被与水体的溢散。同时,设备外观采用与环境相融的隐蔽色调,降低视觉干扰,从而全方位减轻照明系统对保护区的整体影响^[6]。

5 光污染控制的落地保障

光污染控制需构建政府、科研机构与企业协同推进的体系,形成联动合力。政府层面制定专项技术标准与法规,对采用先进技术的城市照明项目给予资金补贴与税收优惠,同时建立专项监管团队,加强建设与运营环节的质量核查,确保技术规范应用。标准与科研机构,通过研究,明确不同区域光污染控制指标。企业加大技术研究,提供光污染控制技术,向工程方提供定制化解决方案,根据项目需求调整技术参数,配套开展安装与维护培训,提升施工人员操作能力,保障技术落地效果。

6 结束语

本文围绕城市景观照明光污染控制的标准要求、场景化实践展开深入探讨,明确控制技术的策略。技术落地则需依托政府、科研机构与企业的协同体系,以标准法规为引领、成果转化为纽带,打通技术落地通道。这些研究为平衡城市景观照明功能与生态环保需求提供可行路径,未来需持续推动技术迭代与机制完善,助力城市夜间环境实现可持续发展。

参考文献:

- [1] 林雨晨,陈思源.城市景观照明光污染的技术防控路径研究[J].环境科学学报,2024,43(04):98-105.
- [2] 江亦帆,周子昂.基于光谱优化的 LED 照明污染控制技术[J].照明工程学报,2025,34(06):32-38.
- [3] 胡依然.景观照明工程创新管理途径研究[J].居业,2024(11):169-171.
- [4] 徐国栋.城市滨水景观照明设计研究[J].光源与照明,2024(06):7-9.
- [5] 雷龙,盛杰.城市景观照明维护管理现状分析:以重庆市渝中区为例[J].城市管理与科技,2022,23(05):46-48.
- [6] 刘宸宸.城市休闲广场景观照明光污染防治研究[J].光源与照明,2021(08):62-63.