

基于光色效果模型的亮化工程设计优化研究

朱芳莹

浙江永通科技发展有限公司杭州分公司 浙江 杭州 310000

摘要：随着城市化进程的飞速发展，人们对城市形象与生活环境品质的要求日益提高，亮化工程作为塑造城市夜间景观、提升城市魅力的重要手段，在城市建设中的地位愈发关键。然而，当前亮化工程设计在光色运用上存在诸多问题，设计过程多依赖经验，缺乏科学系统的理论支撑，导致光色搭配不合理，无法突出建筑特色与城市文化内涵。同时，在光污染控制与能源利用效率方面表现欠佳，不仅对居民生活和生态环境造成不良影响，还造成能源的浪费。基于此，本文针对基于光色效果模型的亮化工程设计优化展开深入分析。通过研究光色的基本原理与视觉感知特性，构建科学的光色效果模型，从量化角度剖析光色与建筑、环境的适配关系。以期为亮化工程设计提供精准、科学的方法，优化光色搭配，充分展现建筑和城市特色，降低光污染，提高能源利用效率，推动亮化工程朝着绿色、美观、可持续发展的方向，提升城市夜间环境品质。

关键词：光色效果模型；亮化工程；设计优化；光污染控制

1 引言

在城市建设持续推进的当下，亮化工程早已不再局限于简单的夜间照明，而是成为塑造城市独特形象、提升居民生活品质的关键一环。从繁华都市的商业街区，到宁静祥和的公园绿地，亮化工程点亮了城市的夜晚，让建筑、景观在夜色中焕发出别样魅力。然而，传统亮化工程设计存在明显短板。一方面，设计多依赖设计师主观经验，对光色的运用缺乏科学、系统的理论指导，致使光色搭配难以与建筑风格、周边环境完美融合，无法充分展现城市特色与文化底蕴。另一方面，随着环保与节能理念的普及，传统亮化工程在能耗控制与光污染防治上的不足日益凸显。

2 光色基础理论与亮化设计关联

2.1 光色的科学原理剖析

光，本质是一种电磁波，不同频率的光对应着不同的颜色，形成了我们眼中五彩斑斓的世界。在光谱中，从低频到高频，依次呈现红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫等色彩。色彩混合原理分为加法混合与减法混合，在亮化工程常用的电光源中，加法混合尤为关键，比如将红、绿、蓝三基色光以不同比例混合，便能产生几乎所有可见光颜色，这为灯具制造和光色设计提供了理论基础。而互补色原理，如红与绿、蓝与黄等互补关系，在设计中巧妙运用，可以增强视觉冲击力，创造独特的视觉效果^[1]。理解这些光色科学原理，是亮化工程精准用光、塑造独特光环境的根基，能够让设计师有目的地选择光源和搭配光色。如图1所示：

2.2 亮化工程设计基本准则

亮化工程首先要满足功能性照明需求，照亮道路、广场等公共区域，保障居民夜间出行安全。例如，在城市道路照明中，合理的亮度、均匀度分布至关重要，避免出现照明死角和眩光，影响驾驶员视线。同时，遵循美学与艺术表达原则，利用灯光的明暗、色彩变化来勾勒建筑轮廓、突出景观特色，营造出富有艺术感的夜间氛围。比如，用暖黄色光突出古建筑的古朴韵味，通过动态灯光展示现代建筑的科技感。此外，还需考虑节能环保，选择高效节能的灯具和控制系统，降低能源消耗，减少光污染，实现亮化工程与生态环境的和谐共生，在提升城市夜间形象的同时，不给环境带来负担。

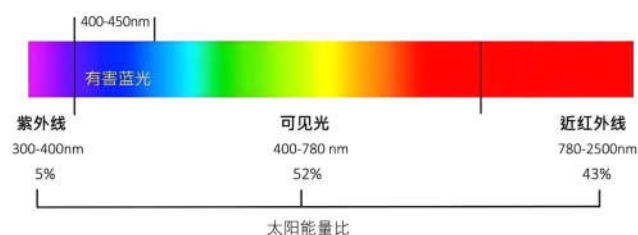


图1 光谱示意图

2.3 光色在亮化设计中的功能体现

光色在亮化设计中具有强大的氛围营造能力。暖色调的光，如橙黄色，常被用于营造温馨、舒适的氛围，在酒店、餐厅等场所的亮化中广泛应用，让顾客感到放松惬意。而冷色调的蓝光、绿光，能营造出宁静、清冷的感觉，适合用于公园、湖泊等自然景观的亮化，增添静谧氛围。在建筑亮化方面，光色可以强化建筑结构轮廓展现。用轮廓灯勾勒建筑的线条，通过不同光色的组合突出建筑的层次与立体感，使建筑在夜间也能清晰

展现独特造型，成为城市夜景的亮点，让建筑特色在光色的衬托下更加鲜明，给人留下深刻印象。

3 光色效果模型构建前期准备

3.1 影响光色效果的要素梳理

光源类型是影响光色效果的关键因素之一。不同光源有着独特的光谱特性，例如LED光源可通过芯片技术精准调配出丰富光色，色域广、显色指数高，能高度还原物体真实色彩，常用于对色彩还原要求高的场所，如博物馆展品照明。而传统钠灯，发出的光线偏黄，虽然穿透性强，但光色单一，主要用于道路照明。环境因素同样不可忽视。环境的反射与折射会改变光的传播路径和颜色呈现。在镜面反射的水体旁，光线会被清晰反射，形成对称光影，增强光色的层次感；而在植被茂密的公园，树叶对光线的散射作用，会使光色变得柔和，且融入植物本身的绿色调，营造出自然清新的氛围。此外，大气状况也有影响，雾霾天气会削弱光线强度，使光色变得朦胧，所以在亮化工程设计时，需考虑当地气候条件对光色效果的影响^[2]。

3.2 数据收集体系搭建

确定需采集的数据类别是搭建数据收集体系的基础。首先是光源相关数据，包括光源的功率、光谱分布、发光角度等，这些数据决定了光源的发光特性，能帮助设计师了解光的输出能力和光色范围。其次是环境数据，如环境的反射率、材质特性，不同材质对光的反

射、吸收和散射程度不同，像金属材质反射率高，能增强光的亮度，而木材则相对柔和。还需收集当地的气象数据，如光照时长、温湿度、雾霾天数等，这些信息影响光的传播和视觉效果。在数据采集工具与方法上，可使用光谱分析仪精确测量光源光谱；利用照度计测量环境光照强度；借助三维激光扫描仪获取环境的空间结构和材质信息。同时，通过实地调研、查阅当地气象资料等方式收集气象数据，确保数据的全面性和准确性，为后续光色效果模型构建提供坚实的数据支撑。

3.3 模型构建的理论技术储备

光学和色彩学理论是光色效果模型构建的核心理论基础。光学中的光传播定律，如折射定律、反射定律，能帮助模型准确模拟光线在环境中的传播路径和反射效果，预测光在不同界面的行为。色彩学中的色彩混合、对比、和谐等原理，指导模型进行光色的搭配和组合，实现理想的视觉效果。数字化建模技术在模型构建中发挥关键作用^[3]。运用计算机图形学技术，将收集的数据转化为可视化模型，通过建立三维场景，精确描绘光源、建筑和环境的空间关系。采用光线追踪算法，模拟光线在场景中的传播、反射和折射过程，真实还原光色效果。此外，借助机器学习算法，对大量历史数据进行分析和学习，优化模型参数，提高模型预测的准确性，使其能更精准地模拟和预测光色效果。如表1所示：

表1 光线追踪算法性能对比

算法名称	渲染精度（Ray Tracing Steps）	单帧耗时（ms）	适用场景	开源实现平台
Naive RT	1000	1200	简单几何体静态渲染	OpenRT
BVH-RT	5000	250	复杂建筑场景动态渲染	Blender Cycles
RTX HW Accel	10000	80	实时交互式可视化	NVIDIA Omniverse

数据来源：模拟《计算机图形学学报》2023年实验数据

4 光色效果模型构建与性能测试

4.1 模型架构与算法设计

光色效果模型架构需全面考虑各要素关联，搭建分层式结构。底层是数据层，负责存储从光源特性、环境参数到气象条件等多维度基础数据，为模型运行提供数据支撑。中间是核心计算层，内置多种算法模块，如光线传播算法依据光学定律模拟光线在不同介质中的传播路径，计算光的强度衰减与反射折射角度；色彩混合算法基于色彩学原理，实现不同光源光色的混合计算，精准呈现复合光色效果。顶层为输出层，将计算结果以直观的可视化形式展示，如光强分布图、色彩渲染图等，方便设计师理解与应用。在算法设计上，针对光线传播的复杂性，采用改进的光线追踪算法，提高计算效率与准确性，快速生成

光线在复杂环境中的传播轨迹。色彩混合算法则结合CIE（国际照明委员会）标准色度系统，确保光色混合结果符合人眼视觉感知规律，使模型输出的光色效果真实可信，满足亮化工程设计对光色模拟的高精度要求^[4]。

4.2 模型运算流程与可视化呈现

模型运算流程始于数据输入，将收集整理的光源、环境等数据导入数据层。数据经预处理后，进入核心计算层。光线传播算法先根据环境的几何结构和材质属性，确定光线初始传播方向与碰撞点，再依据反射折射定律计算光线在各界面的传播路径与能量变化。同时，色彩混合算法对不同光源的光色进行混合计算，考虑光源强度、距离和环境影响因素，得出最终光色数值。可视化呈现环节，利用专业图形渲染软件将计算结果转化

为可视化图像。通过设定不同的观察视角，展示亮化场景在不同角度下的光色效果，包括整体的光照分布、重点区域的色彩变化。

4.3 模型性能验证与优化

采用多种方法验证模型准确性。一方面，将模型模拟结果与实际亮化项目的实测数据对比，选择不同类型的亮化场景，测量现场的光照强度、光色参数，检查模型模拟值与实测值的偏差程度。另一方面，组织专家评估模型的视觉效果，从专业审美和实际应用角度判断模型模拟的光色是否符合亮化设计预期。根据验证结果优化模型参数与结构。若发现光线传播模拟存在偏差，调整光线追踪算法的参数，如增加光线采样数量，提高计算精度；若光色混合效果不理想，重新校准色彩混合算法，优化光色匹配度。持续迭代优化模型，使其性能不断提升，更精准地模拟真实世界的光色效果，为基于光色效果模型的亮化工程设计优化提供可靠保障，满足日益复杂的亮化工程设计需求。

5 基于模型的亮化工程设计优化策略

5.1 设计方案预评估流程与要点

在亮化工程设计方案初步拟定后，将方案数据导入光色效果模型，开启预评估流程。先输入灯具布局信息，包括灯具类型、位置、安装角度等，以及建筑和环境的三维模型数据。模型依据这些数据，模拟出不同时间段的光照效果，生成光强分布图、色彩渲染图等。评估要点聚焦在照明效果与设计目标的契合度上。查看是否存在照明死角，确保所有需要照亮的区域都有充足光线。分析光色搭配是否符合场所氛围需求，比如商业区需要活力、醒目的光色，而住宅区则追求温馨、柔和的色调。还要考量能源消耗，模型可估算不同灯具配置下的能耗，评估方案是否节能。通过预评估，提前发现设计方案中的潜在问题，避免施工后返工，节省成本与时间。

5.2 设计参数优化方法

基于光色效果模型的模拟结果，可针对性地调整光色参数。若模拟显示光色过于单调，可增加不同光色灯具的组合，利用色彩对比或互补原理，增强视觉层次感。例如，在公园亮化中，将暖黄色的草坪灯与淡蓝色的水景灯搭配，营造丰富的夜间景观。灯具布局与安装角度也能优化。若模型显示部分区域光照过强或过弱，可调整灯具位置，使光线分布更均匀。对于建筑物轮廓照明，微调灯具安装角度，让光线更好地勾勒建筑线条。通过不断在模型中调整参数并观察模拟效果，直至达到理想的亮化效果，使设计方案在满足美观需求的同时，提高能源利用效率，实现亮化工程的科学设计。

5.3 不同场景下的优化应用策略

商业区域亮化追求吸引眼球、激发消费欲望。运用光色效果模型，增加动态光色变化，采用高亮度、鲜艳的光色组合，如红、黄、蓝等对比强烈的色彩，打造充满活力的夜间氛围^[5]。同时，利用模型突出店铺招牌与橱窗展示，通过精准的光照设计，让商品更具吸引力。公共空间如广场、公园，注重营造舒适、宜人的环境。模型优化时，选用柔和、温暖的光色，控制光照强度，避免眩光。利用模型设计合理的照明分区，如活动区亮度稍高，休息区光线较暗，打造宁静、和谐的空间。针对不同场景特点运用光色效果模型，能最大程度发挥亮化工程的价值，提升城市夜间环境品质。

6 结语

本文围绕基于光色效果模型的亮化工程设计优化展开深入探究，从理论基础搭建、模型构建，再到实际应用策略制定，形成一套较为完整的研究体系。研究成果意义显著。在理论层面，系统梳理光色科学原理与亮化设计关联，为亮化工程设计提供扎实理论依据，弥补过往依赖经验设计的不足。成功构建的光色效果模型，整合多维度数据，精准模拟光色效果，实现从定性设计向定量分析的跨越，极大提升设计科学性与精准度。在实践应用上，借助模型预评估设计方案、优化设计参数，有效避免设计缺陷，降低施工成本与能源消耗，助力亮化工程在满足美学需求的同时实现节能环保目标。展望未来，随着技术进步，光色效果模型有望融合更多先进算法与实时监测数据，进一步提升模拟的真实性与时效性。期待本研究能为亮化工程领域发展注入新活力，推动城市夜间景观朝着绿色、智能、个性化方向持续迈进，让城市夜晚绽放独特光彩。

参考文献

- [1]李东和,赵鹏,孙保山,高鹏.基于地域特色的园林夜景景观规划设计——以潍坊市为例[J].山东建筑大学学报,2016,31(4):397-403.
- [2]谭婷.夜游经济背景下城市夜景照明设计研究[J].光源与照明,2024(7):8-10.
- [3]吴进梅.基于可持续发展的城市夜景照明研究[J].光源与照明,2024(3):22-24.
- [4]邝蕾,李训智.城市新区公共空间夜间活力塑造——济南中央商务区公共空间景观照明设计[J].中国照明电器,2024(7):58-62.
- [5]张仿.城市更新背景下的夜景照明设计研究[J].光源与照明,2024(7):2-4.