

Research on Lighting Art Design and Visual Environment of Digital Museum

Shuo Jin

National Library of China, Beijing, 100000, China

Abstract

Digital museums exhibit distinct development patterns compared with traditional museums in terms of display approaches, spatial form, and visitor experience. Within this evolving environment, lighting plays a crucial role in shaping visual ambience, presenting exhibition content, and safeguarding cultural relics. The extensive application of digital display devices, large-format imagery, and immersive technologies has transformed lighting design in exhibition halls and display cases from basic illumination configuration into a comprehensive system involving visual cognition, color rendering, material light-sensitivity, and coordinated regulation with digital content. By establishing precise lighting hierarchies, implementing scientific light-damage control measures, and constructing adjustable dynamic light environments, it is possible to ensure the artistic expression of display effects and enhance visitor perception while maintaining the safety of cultural artifacts. This integrated approach provides essential support for the high-quality development of digital museums.

Keywords

Digital museum; lighting design; Exhibition-hall light environment; Display-case lighting; Cultural-relic protection

数字博物馆照明艺术设计与视觉环境研究

金硕

国家图书馆, 中国·北京 100000

摘要

数字博物馆在展示方式、空间形态与观展体验方面呈现出与传统博物馆不同的发展趋势,光环境在其中承担着塑造视觉氛围、呈现展示内容与维护文物安全的重要功能。随着数字化展示设备、大屏影像与沉浸式技术的深入应用,展厅与展柜的照明设计不再只是基础照度配置,而是涉及视觉认知、色彩表现、材料耐光性以及数字内容协同调控的系统工程。通过构建精准的照明层次、科学的光损防控措施与可控的动态光环境,可在保障文物安全前提下,实现展示效果的艺术化表达与观众视觉体验的优化,为数字博物馆的高质量建设提供重要支撑。

关键词

数字博物馆; 照明设计; 展厅光环境; 展柜照明; 文物保护

1 引言

数字技术在公共文化空间的广泛应用,使博物馆的展示结构与视觉环境发生显著变化。光环境作为展示体系中的核心因素,其设计质量直接影响文物呈现的真实度、空间氛围的塑造程度以及观众的沉浸体验。传统博物馆的照明方式主要围绕基础照亮与文物照度限制展开,而数字博物馆在视觉呈现、交互设备、沉浸式影像等方面的多元化需求,使光环境设计必须兼顾物理照明、数字影像及观众行为反应等复杂因素。展厅光环境需与数字视觉内容保持协调,展柜光照需要满足文物敏感材料的安全照度限制,同时还要实现细节呈现与审美效果的平衡。系统化的数字博物馆照明研究,有

助于构建安全、舒适、准确且具有艺术感染力的光环境,为推动数字博物馆高质量发展奠定基础。

2 数字博物馆照明艺术设计研究基础

2.1 数字化展示条件下的照明艺术特征

数字化展示方式重塑了博物馆的视觉表达结构,使光线在空间中的作用从基础照明转向视觉叙事与沉浸氛围营造。光线通过色温变化、光束控制与明暗组织与数字影像形成联动,使展示内容在空间中呈现更具层次的表达。数字设备产生的屏幕光与环境光共同构成复杂光场,照明设计需通过亮度分区、光线过渡与反射控制保持视觉稳定,使观众在多源光条件下获得自然感知。光线成为数字展示的表达媒介,通过调整光影关系强化视觉焦点、塑造情境氛围,并与展示主题形成一致的视觉语言,为数字博物馆的艺术化呈现提供支持。

【作者简介】金硕(1985—),男,中国北京人,本科,副研究馆员,从事博物馆安全运营及文物保护技术研究。

2.2 视觉环境构成要素及光环境需求

数字博物馆的视觉环境由展品、背景界面、数字媒介、参观路径和光照系统组成，各要素之间的协调直接影响观众的观察质量与沉浸体验。光环境在视觉构成中承担照亮、强调与引导的多重功能，需要在亮度、对比度、显色性和眩光控制方面达到适宜水平，使观众能够准确感知展品的形态与材质。数字媒介的光信号与环境光发生叠加，使视觉环境对亮度梯度、光线分布和背景亮度提出更严谨要求。通过科学构建光线层次，使视觉要素在空间中形成清晰关系，可提升展示内容的辨识度与视觉稳定性，为数字展示模式提供匹配的光环境支撑^[1]。

3 数字展厅照明设计的技术路径

3.1 展厅空间光环境塑造的设计原则

数字展厅光环境塑造需要在展示功能、空间秩序与参观动线之间构建协调关系，使视觉焦点在空间中自然分布。光线的方向、明暗组织与亮度层级必须与展品布局和数字界面相匹配，使观众在移动过程中获得连续稳定的视觉感受。空间中的光线结构强调均衡与过渡，通过控制背景光亮度、设置辅助光源和规划视觉通道，使光照在区域之间形成柔和变化，避免亮度跳跃导致视觉负担。数字内容的动态变化使照明需要具备灵活性，通过色温调节、光束塑形与场景切换支持展示叙事，使光环境成为展厅整体表达的重要组成部分。

3.2 展厅动态照明控制系统的集成构建

动态照明控制系统通过实时监测与自动调节，确保光环境与展示内容保持适配关系。系统可根据照度、色温、光束形态等参数变化进行即时响应，使光线随数字影像、交互设备或观众行为产生协调变化，构建具有时间维度的空间光环境。数字展厅展示内容频繁切换，照明系统通过预设情境模式、区域调光和亮度补偿保持整体光环境的平衡，避免数字设备产生的高亮度影响观众感知。系统平台整合网络控制、逻辑调度和设备联动，使照明运行可视化、精细化与稳定化，为展厅营造灵活多变的光环境表达提供技术保障^[2]。

4 展厅照明的视觉效果优化策略

4.1 观众视觉舒适度提升的光环境调控

视觉舒适度直接影响观众的停留时间与注意力质量，照明设计需通过控制眩光、优化反射与平衡亮度改善视觉感受。多源光环境中容易形成高反差区域，通过背景亮度补偿、侧向辅助光与均匀漫射光可缓解视觉疲劳，使观众在长时间参观过程中保持稳定视野。色温与显色性能需要与展示主题和展品属性相匹配，使观众感知自然柔和。照明的亮度梯度需与参观动线同步，使观众在空间中移动时形成连续视觉体验。通过细致调控光线参数，可提升视觉环境的舒适度，使观众在数字展厅中获得流畅的观察体验。

4.2 展示内容情境化表达的光影塑造

光影结构对展示叙事具有显著影响，通过光线方向、阴影深度与明暗组织可塑造不同展示主题的情境特征。历史类展示适宜采用柔和光线呈现材质纹理，科技类展示可使用高对比度强调未来感，艺术类展示可通过多角度光线构建丰富层次，使视觉表达更具感染力。数字影像产生的动态光影需与照明光影保持协调，使空间在静态与动态之间形成统一的视觉语言。光影塑造强调光与空间的关系，通过光束塑形、光线投射与焦点控制，使展示内容在情境化表达中保持完整性与表现力。

4.3 数字影像与实体展品共存环境的光照协调

数字影像与实体展品共存会在亮度、对比与色温上产生冲突，光照协调成为提升展示品质的重要环节。数字影像具有高亮度特性，需要通过降低周围环境光反射与调整背景亮度减少视觉干扰，使影像保持清晰度与对比度。实体展品则需要稳定而柔和的照明，以确保材质与细节得到准确呈现。两类展示对象在空间中形成多源光场，照明设计需通过分区控制、亮度梯度与色温匹配实现平衡，使观众在不同视觉焦点之间切换时获得顺畅体验。合理的光照协调可增强展示内容的整体性，使数字影像与实体展品实现有效融合。

5 数字展柜照明设计的安全与艺术要求

5.1 展柜光照控制与局部照明设计逻辑

展柜照明强调精准控制与局部强化，通过对照度、光束方向和光线分布的细致调节，使展品在限定空间内以清晰、稳定的视觉状态呈现。光照控制需依据展品大小、材质与细部特征匹配光束角度，使光线集中在展示核心区域，避免溢散光影响周围环境。展柜内部常采用隐藏式光源、微型投射光与均匀漫射光的组合，使空间保持整洁感与观赏焦点一致性。局部照明设计需兼顾光线的柔和度与准确性，通过压低背景亮度、提升焦点区域亮度差构建视觉导向，使观众将注意力自然聚焦于展品核心。同时需确保光源布置避免产生强眩光、干扰反射及不均匀阴影，使展柜在受限空间中获得稳定视觉表现。

5.2 文物敏感材料的光损防控方案

敏感材料在光照条件下易发生褪色、老化与结构微损，因此展柜照明需建立严格光损控制体系。纺织品、纸质文物及有机材料需处于低照度环境，并控制光照累计量，使曝光速率保持在材料可承受范围内。光源需具备低辐射特性，通过过滤装置或选用无紫外、低红外光源减少潜在光损风险。展柜照明常结合时间控制策略，通过自动调光或定时开闭装置减少不必要的光照暴露，使展品在提供展示效果的同时获得稳定保护。光损防控还需考虑数字设备的间接光照，通过亮度补偿与光场分区策略降低数字光源对文物的附加负荷。通过多维度光损控制，使敏感材料在长期展出中保持较高稳定性^[3]。

5.3 展柜光学组件的选型与光分布设计

展柜光学组件的选择决定光线质量、光斑形态与分布均匀性，是构建高质量光环境的关键环节。光学透镜、反射器与扩散片需根据展品形态与光照需求进行选型，使光束在有限空间中实现可控扩散或聚焦。高精度光学组件能够减少杂散光与不规则反射，使展品表面的纹理与色彩得以准确呈现。光分布设计强调光照覆盖的完整性与均匀性，通过调整光束角度、布置位置与光线叠加方式，使展柜内部形成平稳的亮度结构，避免出现局部过亮或过暗区域。组件选型还需考虑色彩还原能力，使光线具备良好显色性，使展品在展示中保持真实度。科学配置光学组件，有助于构建兼具美观性与稳定性的展柜光环境。

6 展柜照明的视觉呈现与文保融合机制

6.1 展品细节表达的照度与色温配置

展品细节的呈现依赖适宜的照度与色温组合，通过细致调整光线强度与光色，使纹理、造型与材料属性得到真实展示。不同类型展品对照度敏感度不同，金属材料适合使用较高照度突出反射特征，纸质与纺织品则需限制照度水平以保护其结构稳定。色温的配置需与展品色彩属性匹配，使光线呈现中性、稳态的视觉效果，避免色偏导致艺术表达失真。通过构建渐变式照度结构，使展品层次在光照中形成自然过渡，提高视觉识别度。照度与色温的配合还需兼顾文保要求，在满足细节呈现的同时控制光负荷，使视觉呈现与安全保护形成有效统一。

6.2 光源显色性能对观感提升的影响

光源的显色性能对展品观感具有决定性影响，高显色性光源能够准确呈现展品真实色彩，使观众获得接近自然光的视觉体验。显色性能不足会造成颜色偏差、饱和度下降与细节弱化，使展示品质受到影响。高显色光源能够提升纹理表现力，使观众在观察细部时获得更清晰的感知。展柜内由于空间受限，对显色性的要求更为严格，需要光源具备稳定光谱分布，使光色在不同角度与强度下保持一致。显色性能的优化不仅提升审美效果，也减少因颜色失真造成的误读，有利于观众形成准确的认知体验。通过采用高显色光源，可

有效改善展品视觉呈现质量，使展示表达更具吸引力。

6.3 展柜密闭环境下的散热管理与光损监测

展柜通常处于密闭状态，光源运行会产生热量，使局部温湿度发生变化，对文物安全构成潜在风险。散热管理在展柜照明中具有重要作用，通过低功耗光源、独立散热腔与温控材料降低光源热影响，使展柜内部环境保持稳定状态。光损监测系统通过光照传感器记录照度、色温与光照累积量，使照明系统能够根据监测数据自动调节，避免超负荷曝光。密闭环境中的空气循环能力有限，需通过微型风道结构或温控模块保持展柜内部温湿度稳定，使光源运行不对文物造成间接损伤。散热与监测系统的协同运行，使展柜照明在稳定性、安全性与持续性方面具备可控条件，为文物长期展示提供保障^[4]。

7 结语

数字博物馆的照明体系正从以展示为主的传统功能向融合艺术表达、视觉科学与文物安全的综合体系转变。展厅光环境与展柜光照在数字化背景下呈现出更高技术要求与更复杂的设计逻辑，需要在光色匹配、亮度梯度与光影组织等方面形成系统化协同。文物保护要求为照明设计设定了安全边界，使光环境必须在艺术呈现与光损防控之间保持严谨平衡。数字设备的加入进一步推动照明向智能调控、动态响应与场景化表达发展，使光环境具备更强的适应能力与表现力。通过构建协调统一、结构稳定的综合光环境，可在保障文物安全的前提下，为观众呈现更具沉浸感与审美价值的数字化展示空间，推动数字博物馆向高品质公共文化服务形态持续迈进。

参考文献

- [1] 任睿.基于人工智能的博物馆智慧照明自动化控制系统研究[J].电子设计工程,2025,33(03):68-73.
- [2] 宋美君.展示空间中的灯光设计探究——以柳州工业博物馆为例[J].鞋类工艺与设计,2024,4(07):130-132.
- [3] 张小亮.观众体验视角下灯光设计在博物馆展品呈现中的应用探究[J].灯与照明,2023,47(04):5-7.
- [4] 郑立华.博物馆展陈灯光改造提升策略——以南汉二陵博物馆为例[J].光源与照明,2023,(09):26-28.