

虚拟仿真驱动的适老化空间灯光设计教学资源构建研究

余 啸

西南财经大学天府学院 四川 成都 610000

【摘要】：随着老龄化社会进程加速，适老化空间设计成为环境设计领域的核心议题。本课题针对传统灯光设计教学中存在的情境体验缺失、老年生理特征认知不足等问题，提出基于虚拟仿真技术的适老化空间灯光设计教学资源开发框架。首先，分析适老化空间灯光设计的需求，包括理论、实践和设计思维等方面。其次，探讨了虚拟仿真技术在适老化空间灯光设计的教学目标。然后，提出了虚拟仿真教学资源的构建框架，包括虚拟仿真场景、动态光照模拟及交互体验、评价体系等。实现光照参数与老年用户生理心理需求的精准匹配。最后，教学实践表明，该资源体系可提升学生对适老化灯光设计的系统性认知，强化人因工程实践能力，为设计类学科教学改革提供新范式。

【关键词】：虚拟仿真；适老化空间设计；灯光设计；教学资源

DOI:10.12417/2982-3803.25.05.042

1 引言

1.1 研究背景与意义

随着社会经济的发展和医疗水平的提高，全球人口老龄化趋势日益明显。我国老龄化问题尤为突出。老龄化社会的到来，对建筑室内设计提出了新的要求，适老化设计应运而生。适老化设计旨在为老年人提供安全、舒适、便捷的居住和生活环境的设计理念和方法。灯光设计作为适老化设计的重要组成部分，对提升老年人的生活质量和健康水平具有重要作用。良好的灯光设计可以改善老年人的视觉环境，预防跌倒等安全事故，调节老年人的情绪，促进身心健康。

然而，当前适老化空间灯光设计教学中存在一些不足，如教学内容与实际需求脱节、教学方法单一、缺乏实践环节等。传统的教学模式难以满足学生对适老化空间灯光设计的需求，也难以培养出具备实践能力和创新思维的设计人才。

虚拟仿真技术作为一种新兴的教学手段，具有沉浸式体验、交互性、安全性等优势，可以有效地弥补传统教学模式的不足。将虚拟仿真技术应用于适老化空间灯光设计教学，可以构建虚拟仿真教学资源，为学生提供更加真实、直观的学习体验，提升教学效果。

1.2 国内外研究现状

国外方面：欧美国家较早将虚拟仿真应用于建筑照明教学，但针对适老化场景的专项资源较少；例如，美国宾夕法尼

亚大学开发的“LightLab”平台，通过VR技术模拟不同光源对空间氛围的影响；英国谢菲尔德大学将AR技术应用于灯具安装教学，学生可在真实空间中叠加虚拟灯具效果。丹麦“老年友好社区”项目尝试用BIM+VR技术优化公共空间照明，但教学资源的系统性不足。

国内方面：研究多集中于技术应用层面如BIM与VR结合的设计流程，如清华大学提出“BIM+VR照明设计流程”，实现设计方案的可视化呈现；同济大学开发了基于Unity3D的建筑照明仿真平台，但场景通用性强，未针对老年人需求专项优化。现有教学资源多为通用照明设计案例，适老化主题的专项资源不足。因此，本文提出“虚拟仿真驱动的适老化灯光设计教学资源”概念，旨在整合技术优势与教学需求，填补领域空白。

1.3 虚拟仿真技术的教学赋能价值

Unity3D引擎结合眼动追踪系统可构建1:1虚拟空间，实时调节光谱功率分布、显色指数等多项参数。相较于实体空间，虚拟实验成本降低，参数调控精度提升，使学生直观理解光照与老年人生理节律、情绪反应的耦合机制。

虚拟仿真技术VR/AR通过三维建模、实时渲染、物理引擎等技术，可构建高还原度的适老化空间场景，实现沉浸式体验，学生通过VR设备进入虚拟场景，直观感受灯光对老年人视觉的影响；实现动态模拟，实时调整灯具位置、功率、光色，同步生成照度分布图、眩光指数等数据；实现低成本高效率的教学效果。

作者简介：余啸，男，1992.04，讲师，就职于西南财经大学天府学院，研究方向：适老化空间设计、商业空间设计、教育空间设计。

西南财经大学天府学院2024年教育教改项目TFJG2024023

“基于虚拟仿真技术构建适老化空间设计的教学资源研究与实践”

2 适老化空间灯光设计的核心需求与教学目标

2.1 老年人的视觉特征与灯光需求

(1) 视觉生理退化的具体表现: 老年人因年龄增长导致视觉系统功能衰退, 主要特征包括: 晶状体混浊, 透光率下降50%以上, 对蓝光、绿光的感知能力减弱, 需提高环境照度3-4倍; 对比敏感度降低, 对明暗边界的分辨能力下降, 需增强物体与背景的亮度对比度; 视野缩小, 周边视野丧失, 中心视野聚焦困难, 需避免强光直射或大面积阴影; 对高饱和度和色彩如红色、紫色的识别能力下降, 偏好暖色调如黄色、橙色。

(2) 适老化灯光设计的核心需求: 生理适配需求: 基于视觉退化特征的照明适配老年人因视觉系统自然老化如晶状体混浊、视网膜感光细胞减少、瞳孔调节能力下降等, 对灯光环境的感知能力衰退, 对比敏感度下降, 眩光耐受能力降低与年轻人存在显著差异, 需通过照明设计弥补其生理功能的退化。

安全保障需求: 基于老年生理机能下降, 预防风险与应急响应能力需求较高, 安全性是适老化灯光设计的首要需求, 环境风险的预防, 需通过照明消除环境隐患、引导行为动线, 并在突发情况如断电、跌倒时提供有效支持。

功能场景需求: 适配多样化行为活动, 不同空间场景的功能差异决定了灯光设计的个性化需求, 需结合老年人的核心生活场景日常行为如起居、洗漱、阅读、社交, 提供针对性照明方案。此外需满足操作的便捷性。

人文关怀需求: 情感体验与心理慰藉, 适老化灯光设计需超越物理功能, 通过照明营造温馨、自主、有尊严的生活环境, 满足老年人的情感与心理需求。

适老化灯光设计的核心需求是“以老年人中心”, 通过生理适配弥补视觉退化、安全保障、功能场景、人文关怀的多维协同, 构建既暖心的光环境。这些需求不仅是设计实践的指导原则, 也是虚拟仿真教学资源需重点覆盖的内容模块, 为培养学生的技术能力与人文素养提供明确目标。帮助学生直观理解适老化灯光设计的逻辑与方法。

2.2 教学目标定位

知识目标: 学生需要掌握适老化空间灯光设计的基本原理; 掌握老年人视觉生理特征与灯光需求的对应关系; 熟悉适老化照明设计规范、相关标准等理论知识。例如, 老年人视觉特点、不同空间的功能需求、灯光照度、色温、显色指数等参数的选择等。

能力目标: 学生需要具备运用软件进行灯光设计的能力, 能够根据不同的空间功能和老年人的需求, 选择合适的灯具、

灯具布局和灯光控制方式。能根据老年人需求, 独立完成卧室、浴室、走廊等典型空间的灯光方案设计; 掌握 AutoCAD、SketchUp、3ds Max 等软件的操作, 能够进行灯光模拟和渲染等。熟练使用虚拟仿真工具进行场景建模、参数调节, 能通过照度、眩光、色温等量化指标, 优化灯光设计方案。

素养目标: 学生需要具备人文关怀, 树立以老年人为中心的设计理念, 平衡功能需求与情感体验; 需要具备创新思维和设计思维, 探索虚拟仿真技术与传统设计方法的融合路径; 能够根据老年人的需求和空间特点, 进行个性化的灯光设计。

3 教学资源体系构建

3.1 总体架构

基于虚拟仿真的适老化空间灯光设计教学资源构建框架主要通过“理论-实践-虚拟仿真技术”三位一体教学逻辑, 构建递进式资源架构(图1), 各层通过数据接口实现联动。

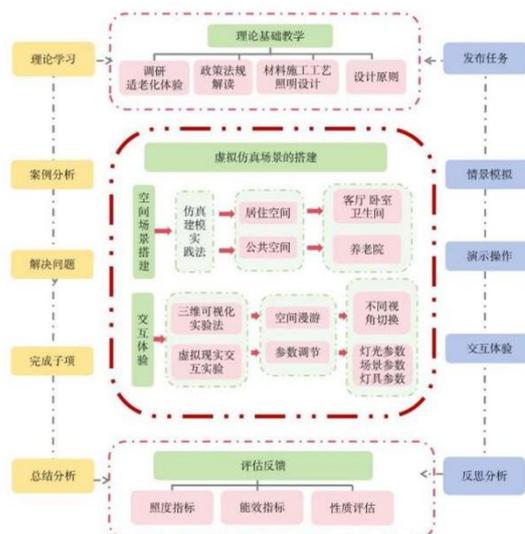


图1 适老化空间灯光设计虚拟仿真教学资源架构图

3.2 各层级详细设计

理论基础教学: 让学生掌握视觉生理理论, 了解老年人晶状体老化、视网膜感光细胞退化的医学原理, 配套解剖学3D模型; 收录国内外适老化照明标准, 如照度要求、眩光限制, 支持关键词检索; 学习路径模块: 根据学生认知水平, 推荐差异化学习内容。例如, 初级学生侧重规范解读, 高级学生侧重复杂场景设计。

虚拟仿真场景的搭建: 聚焦老年人高频活动场景, 构建不同类型的适老化空间虚拟场景, 例如, 老年住宅、养老院等公共空间, 其中住宅空间主要包含卧室场景模拟夜间起夜、阅读、休息等场景; 浴室场景重点模拟防滑地砖反光、镜面防雾照明; 走廊场景主要模拟长走廊的连续照明, 测试照度均匀度与地面

阴影控制；厨房场景主要模拟台面与环境光分层；公共活动空间主要模拟养老院活动室，包含沙发、餐桌、棋牌桌，测试多人活动时的灯光适配性。

虚拟现实交互：提供虚拟灯光设计包括灯光参数调节，学生通过可视化面板调整灯光参数，如：灯具参数，功率（10-100W）、色温（2700K-6500K）、光束角（15°-120°）、安装高度（0.5-3m）；场景参数包括日出、正午、黄昏、夜间等具体时间。晴天、阴天、雨天等天气，以及窗帘开合度；灯具布局工具等，学生可以根据自己的需求，选择合适的灯具，并调整灯光参数和布局。

提供虚拟空间的视角切换，学生通过不同的视角观察空间，如设计师视角学生可以实时观察不同灯光设计方案的效果，包括光照强度、光照分布、阴影效果等，显示照度分布图、等照度曲线；老年人视角，学生以第一人称视角，模拟老花眼的模糊效果、白内障出现光斑效果、以及青光眼视野缩小的视觉体验；第三人称视角，学生可以观察虚拟老年人模型在空间中的活动如行走、阅读，评估灯光对行为的影响。

评估反馈：照度指标，各区域照度值如卧室阅读区 $\geq 300\text{lux}$ ，走廊 $\geq 75\text{lux}$ 、均匀度（ ≥ 0.7 ）；眩光指标，统一眩光值 < 19 ，灯具遮光角 $\geq 30^\circ$ ；能效指标，要求功率密度（ $\leq 7\text{W}/\text{m}^2$ ）、年耗电量估算；质性评估，通过虚拟老年人模型的“行为反馈”评估设计合理性，如：若浴室镜前灯眩光过强，虚拟老人会出现“眯眼”“转头躲避”等动作；若卧室夜间灯光过亮，虚拟老人会表现出“辗转反侧”“难以入睡”的状态。

4 教学应用模式

虚拟仿真技术在适老化空间灯光设计教学中的应用，通过“项目引领+任务驱动+虚拟现实”的混合教学模式结合“理论-仿真-实践”三阶教学法，进行沉浸式场景体验、交互式参数调试、跨学科协同设计，解决传统教学中“抽象理论难转化”“实体实验高成本”“场景复杂性难复现”等痛点。

4.1 沉浸式场景体验模式构建“认知-感知-理解”的递进式教学

沉浸式场景体验模式通过虚拟仿真技术还原真实适老化空间环境，帮助学生直观理解灯光设计与老年人生理特征、行

为需求的关联，实现从“抽象理论”到“具象感知”的转化。理论导入：结合第二章核心需求，讲解老年人视觉特征与灯光设计参数照度、色温、眩光值；学生在虚拟场景中对比适老化设计前后的灯光环境差异撰写体验报告，分析设计缺陷对老年人行为的影响，提炼“以需求为导向”的设计原则。

4.2 交互式参数调试模式实现“设计-验证-优化”的闭环实践

交互式参数调试模式聚焦灯光设计核心技术参数，通过虚拟仿真平台提供“参数调节-效果实时反馈-性能量化评估”功能，让学生在动态调试中掌握适老化灯光设计的技术逻辑与优化方法。项目任务：给定设计任务如“为75岁独居老人设计卧室灯光系统”，明确起夜安全、阅读舒适、睡眠辅助等要求；学生在虚拟平台中选择灯具、调节参数，实时查看照度分布图、眩光模拟图、老年视角效果图；提交初始方案与优化方案的参数差异及评估分数变化，撰写技术分析报告。

4.3 跨学科协同设计模式培养“技术-人文-艺术”融合的综合能力

适老化空间灯光设计需整合照明技术、老年医学、心理学、美学设计等多学科知识。跨学科协同设计模式通过虚拟仿真平台构建“多角色协作场景”，培养学生的系统思维与团队协作能力。虚拟实践：3-5人一组，分配角色并明确任务访谈虚拟老人、提取核心需求；参数调试与方案输出；在虚拟平台中完成从需求分析到方案验收的全流程，定期提交阶段报告、需求文本、灯光布局图方案；团队展示虚拟场景漫游、参数评估报告、用户反馈结果和设计方案。

5 总结

本研究聚焦于虚拟仿真技术在适老化空间灯光设计教学中的应用潜力，旨在构建一套系统化、创新性的教学资源体系。为适老化设计教育领域提供了具体的教学资源构建方案和技术应用思路，也为虚拟仿真技术在其他设计类或实践性强的专业教学中的应用提供了参考。面对人口老龄化趋势下对专业适老化设计人才的需求，以及传统教学在实践体验、交互性和安全性方面的局限性，本研究提出将虚拟仿真技术作为核心驱动力。未来研究可进一步深化虚拟仿真资源的开发，探索更智能化的评估反馈机制，并开展更大范围的教学实践效果评估，以持续优化教学资源，更好地服务于适老化设计人才的培养。

参考文献：

- [1] 贾巍杨,冯天仪,赵伟,等.虚拟仿真实验在无障碍设计教学中的应用——以无障碍通用标识环境设计实验为例[J].高等建筑教育,2024,34(4):153-160.
- [2] 吴佳欢,李晗爽,房媛.基于 VOSviewer 软件的知识图谱分析——以适老化照明为例[J].照明工程学报,2024,35(4):88-95.
- [3] 缪志伟,马栋梁.与虚拟仿真实验室相融合的结构力学课程教学创新与实践[J].教育教学论坛,2020,(18).