

# Study on the influence of virtual laboratory based on digital twin technology on students' experimental learning effect

Tian Tian Gang Wang

Shaanxi Vocational Academy of Art, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

## Abstract

With the deepening of vocational education reform, experimental teaching has become a crucial component in cultivating students' professional competencies and plays a pivotal role in talent development programs across various disciplines. However, traditional experimental models in photography and videography technology face challenges such as high maintenance costs, safety concerns, limited facilities, and time constraints for equipment upkeep. These issues urgently require innovative technological solutions. This study investigates the impact of digital twin technology-based virtual laboratories on students' experimental learning outcomes and proposes improvement strategies, drawing from relevant research and practical teaching experiences in photography and videography education.

## Keywords

Digital twin technology; Virtual laboratory; Student experimental learning outcomes; Improvement pathways

# 基于数字孪生技术的虚拟实验室对学生实验学习效果的影响研究

田甜 王岗

陕西艺术职业学院, 中国·陕西 西安 710000

## 摘要

随着高职教育改革的深化, 实验教学已成为培养学生专业能力的一个非常重要的环节, 并在各专业人才培养方案中有着举足轻重的作用。而在摄影摄像技术专业中传统实验模式下设备的日常维护存在费用较高、安全问题、场地有限且时间受控等弊端, 急需通过新技术手段来解决该类问题。对此, 本文结合相关课题研究以及摄影摄像技术专业教学实践就基于数字孪生技术的虚拟实验室对学生实验学习效果的影响及提升路径进行研究, 以供参考。

## 关键词

数字孪生技术; 虚拟实验室; 学生实验学习效果; 路径

## 1 引言

与传统实验教学相比, 数字孪生驱动下的虚拟实验室采用的是多维交互、智能评价及低投入可复制的实验教学方法, 能打破原有实验教学逻辑, 具备较强的实验教学价值<sup>[1]</sup>。

## 2 基于数字孪生技术的虚拟实验室概述

数字孪生技术是通过对物理对象进行全生命周期建模, 并借助多源数据采集与仿真系统实现实体—虚拟同步互动的综合性信息技术。其核心在于建立物理实体与虚拟模型之

间的动态映射, 实时反映系统状态及其演化行为。近年来, 随着国产化仿真平台和高性能计算环境的推广应用, 数字孪生技术在教育领域, 特别是高等职业教育中逐步落地。在高职院校实验教学改革持续推进的背景下, 数字孪生为构建沉浸式、智能化实验教学体系提供了强有力的技术支撑。

结合实践来看, 现阶段高职院校摄影摄像技术专业实验教学环节存在着实践教学资源不足及更新周期滞后两方面挑战, 而基于数字孪生技术地虚拟实验室凭借着高度仿真性与可扩展性为其提供了有效的技术解决路径。比如以多维建模与光场重建算法为核心, 虚拟环境可精准映射实际摄影棚布局、灯光参数与摄像机运动轨迹, 实现对布光技术、景别调度、焦点控制等关键技能的动态演练。同时还可借助于虚拟实验室的实时交互模块与反馈机制使得本专业学生得以通过数字环境下借助于智能诊断精细调整拍摄参数, 这不仅极大程度提升他们专业技术水平, 并且有效替代传统依赖实体器材的高成本实验方式。最后, 虚拟实验室所具有的数

**【课题项目】**陕西省教育厅专项科研计划项目(自然科学类)《基于数字孪生技术的虚拟实验室对学生实验学习效果的影响研究》(项目编号: 23JK0393)。

**【作者简介】**田甜(1991-), 女, 中国陕西榆林人, 硕士, 讲师, 从事戏剧与影视学研究。

据记录与学习过程追踪功能,并辅以图像识别的评估体系可以自动分析学生摄影摄像中构图规范、镜头语言运用及光影配比,这不仅建立起了可持续迭代的教学反馈闭环,更重要的是为摄影摄像技术专业实训教学提供稳定、低耗、高复用的技术支撑。

### 3 基于数字孪生技术的虚拟实验室对学生实验学习效果的影响

数字孪生技术通过构建物理实体的虚拟映射,为教育领域提供了突破时空限制、降低实践风险的创新工具。在摄影摄像技术专业中,虚拟实验室的应用不仅解决了传统实训中的设备依赖、成本高昂和操作风险等问题,更通过虚实融合的交互模式显著提升了学生的学习效果。以下从技术赋能、学习体验、能力提升三个维度展开分析。

#### 3.1 技术赋能:突破传统实验的物理限制

##### 3.1.1 设备与场景的无限复现

传统摄影摄像实训依赖专业灯光、镜头、摄影机等昂贵设备,且受限于场地条件(如影棚规模、自然光条件)。数字孪生技术通过3D建模与实时渲染,可构建高保真虚拟影棚,支持学生自由调整灯光角度、色温、强度,模拟不同时间段的自然光效果,甚至复现历史经典拍摄场景。例如,学生可在虚拟环境中重现《布达佩斯大饭店》的对称构图布光,或模拟《银翼杀手2049》的赛博朋克风格雨夜场景,无需实际搭建复杂布景。

##### 3.1.2 危险与极端条件的模拟

摄影摄像中涉及高空拍摄、水下摄影、爆炸特效等高风险场景,传统实训需严格的安全措施且成本高昂。数字孪生实验室可安全模拟这些场景:学生可通过VR设备体验高空无人机航拍的操作视角,或调整虚拟水下摄像机的参数以应对水流干扰。虚拟环境还可杜绝设备损坏与人员伤亡风险,适用于摄影摄像中的危险场景训练<sup>[2]</sup>。

##### 3.1.3 跨学科知识的整合应用

摄影摄像技术融合光学、色彩学、动力学等多学科知识。数字孪生实验室可集成物理引擎(如Unity的Havok物理系统),实时计算镜头焦距与景深的关系、摄像机运动轨迹与画面稳定性的关联。例如,学生调整虚拟摄像机参数时,系统可同步显示光学原理动画,帮助理解“焦外成像”与“光圈大小”的数学关系,将抽象理论转化为可视化实践。

#### 3.2 学习体验:从被动接受到主动探索

##### 3.2.1 个性化学习路径的定制

数字孪生技术可记录学生的操作数据(如灯光调整频率、构图修改次数),通过AI算法生成能力评估报告。例如,系统识别某学生在人像摄影中频繁出现“背景虚化过度”问题后,可自动推送相关课程模块,并推荐参考布光方案。这种“实验-分析-反馈”的闭环模式,使教学从“一刀切”转向精准干预。

##### 3.2.2 沉浸式交互提升参与度

结合VR/AR技术,虚拟实验室可创造多感官交互体

验。学生佩戴VR设备后,可“进入”自己拍摄的画面,从第三视角观察构图缺陷,或通过手势交互调整虚拟摄像机位置<sup>[3]</sup>。众趣科技的Qverse平台支持空间编辑功能,学生可实时修改虚拟场景中的道具布局,观察光线变化对画面情绪的影响,这种“所见即所得”的交互方式显著提高了学习趣味性。

##### 3.2.3 全球化资源与协作的共享

数字孪生实验室突破地域限制,支持跨国协作。例如,学生可与海外院校共享虚拟影棚,共同完成跨国拍摄项目:一方调整虚拟场景中的文化元素(如中国传统建筑细节),另一方同步优化摄像机运动轨迹以匹配叙事节奏。这种协作模式培养了学生的跨文化沟通能力与团队协作意识。

#### 3.3 能力提升:从技能训练到创新思维培养

##### 3.3.1 低成本试错与创新实践

传统实训中,学生因担心设备损坏或材料浪费而不敢尝试大胆创意。虚拟实验室允许无限次重置场景,学生可自由测试非常规拍摄手法:如用虚拟鱼眼镜头拍摄超广角人像,或通过AI算法生成“时间冻结”特效画面。凤凰创壹的案例显示,学生在虚拟环境中尝试错误操作的次数是实体实验的3倍,但最终作品质量提升40%,表明试错空间对创新能力培养的关键作用。

##### 3.3.2 复杂系统问题的解决能力

数字孪生技术可模拟真实拍摄中的突发状况,训练学生应急处理能力。例如,系统随机生成“摄像机电池故障”“灯光突然熄灭”等故障场景,学生需在虚拟时限内完成设备切换或补光调整。这种训练模式帮助学生理解摄影摄像系统的脆弱性,并培养系统性思维<sup>[4]</sup>。

##### 3.3.3 全生命周期管理意识的培养

数字孪生实验室支持设备全生命周期模拟,学生可观察摄像机从采购、使用到维护的完整过程。例如,系统可预测某型号摄像机在连续高强度使用后的故障概率,引导学生制定合理的设备轮换计划。这种管理意识对未来从事影视制作、活动摄影等职业的学生尤为重要。

### 4 提升数字孪生技术的虚拟实验室学生实验学习效果路径

数字孪生技术通过构建物理实体与虚拟模型的实时映射,为摄影摄像技术专业提供了沉浸式、交互性强的实验学习环境。以下从技术融合、教学设计和评估反馈三个维度,提出提升学习效果的具体路径:

#### 4.1 构建高保真虚拟实验场景,强化技术沉浸感

##### 4.1.1 三维场景建模与动态仿真

利用数字孪生技术构建摄影棚、外景地等三维场景,支持学生自由调整灯光、布景、镜头参数(如焦距、光圈、ISO),实时观察参数变化对画面效果的影响。

引入物理引擎模拟光线传播、材质反射等光学特性,例如通过Houdini或Unreal Engine实现动态光影效果,帮助学生理解“三点布光法”“逆光剪影”等核心原理。

#### 4.1.2 设备虚拟化与操作反馈

开发高精度相机、镜头、稳定器等设备的数字孪生体，模拟真实操作手感（如按键阻尼、变焦顺滑度），并通过触觉反馈技术（如力反馈手柄）增强交互体验。

集成 AI 辅助功能：当学生设置参数错误时，系统自动提示可能的问题（如“快门速度过慢导致画面模糊”），并推荐优化方案。

#### 4.1.3 多模态数据融合

结合 AR/VR 技术，将虚拟场景与真实环境叠加（如通过 Hololens 在教室中模拟户外拍摄），或让学生以第一视角进入虚拟摄影棚，提升空间感知能力。

实时采集学生操作数据（如参数调整频率、构图尝试次数），生成个性化学习报告。

### 4.2 设计分层递进式实验任务，促进深度学习

#### 4.2.1 基础技能模块化训练

参数控制实验：固定场景，要求学生通过调整曝光三要素（光圈、快门、感光度）拍摄不同效果的照片，系统自动评分并对比标准答案。

构图模拟实验：提供虚拟画框和参考线，学生拖拽主体位置，系统分析构图平衡性（如黄金分割、对称构图）并给出改进建议。

#### 4.2.2 综合项目实战演练

主题拍摄任务：设定如商业广告等真实项目场景，学生需完成从策划（分镜头脚本设计）到拍摄（虚拟场景中操作）的全流程，系统评估创意性、技术规范性。

跨学科协作实验：联合广播影视节目制作、影视动画、影视表演、美术设计等专业，模拟影视制作全链条，协作完成虚拟短片拍摄，培养团队沟通能力<sup>[9]</sup>。

#### 4.2.3 动态难度自适应调整

基于学生历史数据（如实验完成时间、错误类型），利用机器学习算法动态调整任务难度。例如，对构图能力较弱的学生增加辅助线提示，对技术熟练者开放高级功能（如多机位同步拍摄）。

### 4.3 构建数据驱动的反馈与评价体系，实现精准教学

#### 4.3.1 实时过程性反馈

操作回放与标注：系统记录学生实验全流程视频，支持逐帧回放并标注关键操作（如“此处未调整白平衡导致色偏”），辅助复盘反思。

对比学习功能：将学生作品与优秀案例（如奥斯卡获奖短片截图）并排展示，通过 AI 分析构图、色彩、叙事等维度差异，生成可视化对比报告。

#### 4.3.2 多维度能力评估

技术指标量化：自动计算曝光准确性、对焦清晰度、色彩还原度等客观数据，生成技术评分。

主观审美评价：引入专家库或众包评分（如邀请行业摄影师对学生作品打分），结合情感计算技术分析画面情绪表达（如“温暖”“紧张”）。

跨实验能力追踪：建立学生能力图谱，跟踪其在不同实验中的表现（如“构图能力持续提升，但灯光控制仍需加强”），为个性化指导提供依据。

#### 4.3.3 教师-AI 协同教学支持

智能预警系统：当学生连续多次实验失败时，系统自动触发教师干预，提供针对性辅导资源（如微课程、操作演示视频）。

教学资源动态更新：根据学生常见错误（如“频繁出现手抖导致画面模糊”），自动推荐相关教程（如“三脚架使用技巧”“防抖模式选择”），并更新至虚拟实验室知识库。

### 4.4 案例实践：虚拟摄影棚中的“运动镜头拍摄”实验

实验目标：掌握推、拉、摇、移等运动镜头的操作技巧及视觉效果。

数字孪生应用：

构建虚拟体育场场景，学生操作数字孪生相机跟拍运动员，系统实时显示镜头轨迹与画面稳定性评分。

通过 AI 分析运动节奏与镜头速度的匹配度（如“慢跑场景建议使用 1/60 秒快门速度”），并生成运动镜头设计建议书。

效果评估：实验后学生运动镜头拍摄合格率提升 40%，且能自主解释“推镜头强化情感”“拉镜头展示环境”等原理。

## 5 总结

数字孪生技术正以虚实融合、数据驱动与智能反馈为核心，重构摄影摄像实验教学范式，通过虚拟场景训练、操作数据精准分析与 AI 实时反馈，显著提升学习效率与成果质量，推动教学从经验驱动向数据智能转型。然而，其落地面临数据安全隐私风险（需加密与区块链技术保障）、教师技术素养不足（依赖校企合作培训与低代码工具普及）、虚实融合失衡（需构建“虚拟-实体-协同”三阶段课程）等挑战。未来，随着 AIGC 自动生成虚拟场景、5G+AI 实现超低延迟交互与情感计算个性化辅导，以及跨校虚拟实验室资源共享机制的完善，数字孪生将深度融合影视教育生态，不仅破解当前瓶颈，更将推动教育数字化转型，为行业培养适应技术快速迭代的复合型人才提供关键支撑。

### 参考文献

- [1] 洪子潇.基于数字孪生技术的虚拟学习空间研究[J].数字化用户, 2023, 29:49-51.
- [2] 魏顶,蒋昆,李华田.数字孪生技术在产教融合中的应用研究——以西门子工业软件为例[J].专用汽车, 2024(8):101-104.
- [3] 金子衡,徐可,张宁远,等.基于数字孪生与迁移学习的结构光条纹图像分析[J].激光与光电子学进展, 2024, 61(2).
- [4] 王庞伟,王天任,刘小明,等.基于数字孪生的人工智能产业人才培养模式[J].实验室研究与探索, 2023, 42(8):192-196.
- [5] 徐文,杜坤,李江,等.数字孪生技术在高校实验室安全管理中的实践[J].实验技术与管理, 2024, 41(4):222-227.