

虚拟仿真技术在高职院校建筑力学教学中的应用与实践

崔恩文 高明 郑中元

连云港职业技术学院 江苏省连云港市 222006

摘要: 在新工科建设背景下, 高职院校建筑力学教学面临实验条件受限、理论实践脱节等核心矛盾。本文针对传统教学中设备不足、高风险实验难开展、抽象概念理解困难等问题, 提出将虚拟仿真技术深度融入教学体系。通过构建交互式力学仿真平台、开发模块化虚拟实验项目, 并结合高职院校的实践案例验证, 证明该技术可显著提升学生实操能力、降低教学风险, 有效解决“教—学—做”一体化难题。

关键词: 虚拟仿真技术; 高职院校; 建筑力学

引言

建筑力学是建筑工程专业的核心课程^[1], 强调理论分析与与实践操作的深度融合。然而, 高职院校普遍存在实验设备短缺、场地有限、高危实验(如结构破坏试验)难以实操等问题^[2], 导致学生实践能力培养不足。虚拟仿真技术以其沉浸性^[3]、交互性和安全性优势, 为突破上述瓶颈提供了新路径。本文结合高职教学实际需求, 探索 VST 在建筑力学教学中的系统性应用方案, 并通过实证分析验证其有效性。

1 虚拟仿真技术概述及其在高职建筑力学教学中的应用价值

虚拟仿真技术是一门融合计算机图形学、物理建模、传感交互等多学科的综合性技术^[4]。它以计算机为核心运算载体, 通过三维建模构建与现实世界高度吻合的虚拟场景, 借助手柄、VR 等交互设备实现人机实时互动, 让使用者获得视觉、听觉乃至触觉的沉浸式体验。其核心技术体系包含四个维度: 3D 建模技术通过 Blender、SketchUp 等工具构建精细化虚拟构件, 如建筑力学中的简支梁、刚架结构等; 物理引擎基于牛顿力学原理, 精准模拟荷载作用下构件的弯曲变形、节点转动等力学行为; 渲染技术通过光影计算呈现混凝土纹理、钢材反光等材质特性, 增强场景真实感; 动作捕捉技术则将用户肢体动作转化为虚拟操作, 如拖拽荷载、调整支座约束等。

在高职建筑力学教学领域, 虚拟仿真技术的应用价值有着明确的指向性^[5]。安全防护方面, 建筑力学实验常涉及构件破坏测试, 像钢筋混凝土梁受弯破坏、钢结构节点失

稳等实验, 传统实操时可能出现碎片飞溅、设备倾覆等危险。而虚拟仿真借助数字模拟, 完整呈现从受力到破坏的全过程, 学生能清晰观察裂缝发展、钢材屈服等情况, 不接触实体设备就能掌握破坏机理, 彻底规避安全风险。成本控制上, 传统实验室的万能试验机、反力架等大型设备, 单台造价达数十万元, 试块、钢筋试件等耗材重复消耗成本也很高。虚拟仿真平台一次开发后可无限次使用, 还能支持上千名学生同时实验, 大幅减少设备采购与维护费用。教学效能提升显著, 内力图绘制、超静定结构求解等抽象内容, 传统教学依赖黑板手绘和静态图片。虚拟仿真将其转化为动态场景, 学生拖动滑块改变荷载, 虚拟梁体就会实时显示剪力图、弯矩图变化, 红色标注最大内力位置; 通过 VR 设备还能“进入”刚架内部, 直观观察节点处力的传递路径。技能训练自主性也得以强化, 传统实验受设备数量限制, 每组学生操作时间常不足 30 分钟。虚拟平台 24 小时在线, 学生可自主设定梁跨度、荷载作用点等参数, 系统自动生成数据报表并标注支座约束设置不当等错误, 便于通过反复试错形成操作记忆。

这种技术应用既契合高职教育“做中学”的理念, 又针对性解决了建筑力学教学中抽象知识难理解、实验资源有限、安全风险突出等痛点, 为培养高素质技术技能型人才提供了全新路径。

2 高职院校建筑力学教学面临的突出挑战

2.1 实验条件严重受限

在高职院校中, 建筑力学教学依赖实验来强化学生对理论知识的理解与实践操作能力。然而, 现实情况是实验

设备状况堪忧。一方面,设备老旧普遍,长期未更新导致性能下降,测量精度受影响。比如材料拉伸实验设备,老旧传感器难精准捕捉应力应变数据,实验结果偏差大,学生难获准确结论。另一方面,人均设备占有率低,部分院校生均设备值不足 500 元。分组实操时,一组常达 10 多人,设备前拥挤,学生操作时间短,难熟悉流程和探究力学原理,制约实践技能培养,实验教学效果不佳。

2.2 高风险实验难以开展

建筑力学教学中,建筑结构破坏性试验这类高风险实验,对学生理解结构极限承载能力与破坏机理意义重大。但实操时隐患颇多:测试结构构件极限承载力,可能突发脆性破坏,碎片飞溅易致师生受伤;大型试验中,加载设备故障还可能引发倾覆。因此,多数院校仅以视频演示替代。可视频无法让学生感受力学变化,也不能亲手操作设备、调整参数观察结果,难以留下深刻印象,知识掌握流于表面,严重阻碍学生实践能力与探索精神的培养。

2.3 理论实践脱节

传统建筑力学课堂多以公式推导为主,教师耗费大量时间讲解弯矩方程、剪力方程等复杂公式。学生虽能机械记忆,可面对实际工程问题,却很难将抽象公式与现实建筑结构相联系。比如学习梁的弯曲变形时,学生知晓弯矩方程计算梁内力的方法,但看到实际建筑中梁体变形,却无法直观关联,不明白理论弯矩如何体现于实际变形中。这种脱节导致学生知识迁移能力弱,后续学习及工作中,难以运用所学分析解决实际工程力学问题,难以满足行业对技术技能人才的需求。

上述内容充分表明,当前高职院校建筑力学教学面临的挑战严峻,亟待寻求创新教学手段与方法,打破困境,提升教学质量,培养出符合行业需求的高素质技术技能人才。

3 虚拟仿真技术的应用策略

针对高职院校建筑力学教学面临的诸多挑战,虚拟仿真技术凭借其独特优势,可设计出对应的解决方案,通过具体的实现路径,有效破解教学难题。

针对实验条件不足的问题,开发云端共享式虚拟实验室是绝佳方案。传统实验设备老旧、人均占有率低,极大限制了学生实操机会。搭建基于 WebGL 技术的轻量化虚拟实验平台,能打破设备和场地限制。该技术无需插件,可在浏览器运行,支持多终端访问,学生随时随地能登录操作。

平台整合多种建筑力学实验资源,实现集中管理与共享,云端还能记录数据和操作,方便教师指导,既解决设备短缺问题,又提高资源利用率,保障学生实操机会。

面对高风险实验缺失问题,构建结构破坏仿真模块可有效弥补。借助 Unity3D 引擎的物理模拟功能,能精准模拟建筑结构从受力到破坏的全过程力学响应。学生在虚拟环境中可测试各类构件极限承载力,通过交互改变参数,实时观察力学变化,沉浸式理解破坏机理,还能规避安全风险。

针对抽象概念理解难的问题,植入动态可视化交互组件是关键。依托实时渲染技术,将内力云图、变形动画等融入虚拟教学场景。讲解弯矩、剪力时,学生操作虚拟构件,系统实时生成内力云图,以色彩区分内力大小,动画呈现构件变形,让学生直观把握力学现象与内力变化的关联。

针对实操训练不足的问题,设计分步操作-反馈机制可有效提升效果。虚拟实验中,复杂操作被分解为多个步骤,学生按引导完成后,系统会及时反馈。嵌入的评分系统依据操作规范性、参数准确性等打分,并针对错误给出纠正提示。比如材料拉伸实验,从安装试件到记录数据的每个步骤,系统都会判断正误,错误时会提示问题及正确方法,助力学生在反复练习中修正错误,熟练技能,强化实操能力。

通过上述对应设计的虚拟仿真技术应用策略,能够针对性地解决高职院校建筑力学教学中的突出挑战,为教学质量的提升提供有力支撑。

4 实践案例:虚拟仿真技术在连云港职业技术学院建筑力学教学中的实证应用

4.1 平台建设架构

为推进虚拟仿真技术在建筑力学教学中落地,连云港职业技术学院结合需求与硬件条件,构建多层次教学平台。硬件上,升级机房,配置 30 台 VR 头盔及力反馈手柄,设备搭载高性能显卡与处理器保障运行。力反馈手柄可模拟操作触感,机房还建 5G 网络,解决多设备传输延迟,保障协同操作稳定。

软件层则聚焦自主研发,联合本地建筑科技企业共同开发了“BIM-VST 力学仿真平台”。该平台以建筑信息模型(BIM)为基础,集成三大核心模块:结构静力学实验模块涵盖简支梁载荷分析、桁架内力计算等 12 个基础实验项目,学生可自由调整构件尺寸、荷载类型等参数;动力学仿真模块包含地震响应模拟、风荷载作用分析等内容,内

置 10 种典型地震波数据库与自定义荷载设置功能;节点构造实训模块则聚焦框架梁柱连接、节点抗震构造等实操内容,三维建模精度达毫米级,能清晰展示螺栓连接、焊接节点等细节构造。平台还具备数据同步功能,学生的操作记录与实验结果可实时同步至教师端后台,便于教学跟踪与评价。

4.2 典型教学场景实施

以“虚拟框架结构抗震实验”为例,该场景聚焦建筑力学中的动力学分析与结构抗震设计知识点,实施过程分为五个递进环节。在任务导入阶段,教师通过平台发布真实工程案例—某 6 层办公楼钢框架结构抗震优化任务,学生以 4 人小组为单位,结合建筑力学课程中“结构抗震体系”相关理论,分工完成模型设计、参数计算与仿真验证工作。

参数设置环节注重理论与实践结合,学生需根据规范要求输入建筑所在地的基本地震加速度、场地类别等参数,从平台数据库中选择 El-Centro 波或人工合成地震波作为输入荷载,并依次设定钢材屈服强度、截面惯性矩等材料与构件属性。在此过程中,平台会自动校验参数合理性,若输入的梁柱线刚度比不符合“强柱弱梁”设计原则,系统会弹出规范条文提示,引导学生重新计算调整。

仿真操作阶段采用沉浸式交互模式,学生佩戴 VR 头盔后进入虚拟实验室,通过手柄操控实现结构模型缩放、视角转换等操作。在施加地震荷载时,可实时观察框架结构的振动形态,平台以动态曲线同步显示各楼层位移时程曲线与加速度反应谱。当学生调整框架支撑刚度或增设耗能减震装置后,系统在 3 秒内即可更新仿真结果,直观呈现结构抗震性能的改善效果。

破坏分析环节是该实验的核心亮点,学生可手动触发“倒塌临界点”仿真模式,虚拟结构会按照真实力学规律逐步呈现破坏过程:首先是梁柱节点处出现塑性铰,随后梁端混凝土出现斜向裂缝,最终在反复荷载作用下发生整体失稳。平台会自动标记裂缝发展路径与应力集中区域,并生成动态演示视频供学生反复回看。实验结束后,系统根据学生的参数设置、操作规范性与破坏机理分析报告,自动生成包含结构薄弱环节、优化建议的实验报告。

4.3 教学效果量化分析

为验证虚拟仿真教学的实际成效,学院选取 2024 级建筑工程技术专业 2 个平行班进行对照实验:实验班 40 人采

用“BIM-VST 平台+传统课堂”的混合教学模式,对照班 45 人采用传统板书+实体实验的教学模式,实验周期为 1 个学期。

从考核数据来看,实验班实操考核通过率达 92%,较对照班的 68% 提升 35.3 个百分点。在涉及高风险实验的考核项目中,实验班学生对“结构破坏机理”“极限承载力判定”等知识点的掌握度达 94%,而对照班因缺乏实操机会,该指标仅为 45%,提升率高达 108.9%。理论-实践关联理解方面,通过问卷调查显示,实验班学生在“能否将弯矩图与结构变形关联”、“能否用力学原理解释工程现象”等问题上的评分均值为 89 分,显著高于对照班的 63 分,提升幅度达 41.3%。

学生反馈中,87% 的实验班学生认为虚拟仿真技术有效降低了抽象概念的理解难度,2024 级王同学在访谈中提到:通过反复观看虚拟框架的倒塌过程,我终于明白课本上强柱弱梁设计原则不是抽象的条文,而是为了让梁先于柱发生破坏,从而保护整体结构安全。教师层面则发现,平台自动生成的学生操作分析报告,能精准定位共性问题,如 35% 的学生在设置地震波参数时忽略场地类别影响,为后续教学重难点调整提供了数据支撑。

该实践案例表明,虚拟仿真技术在提升教学效率、突破教学限制方面具有显著优势,为高职建筑力学教学改革提供了可复制的实施路径。

5 结语

虚拟仿真技术通过重构建筑力学教学流程,实现了“高危实验可操作、抽象原理可视化、技能训练高频化”三重突破。实证表明,该技术显著提升了学生的工程实践能力和安全隐患认知水平。未来需进一步优化仿真模型的物理引擎精度,并探索“VR+实体实验”的混合教学模式,推动高职建筑力学教学向深度产教融合转型。

参考文献:

- [1] 王妍,邓蓉.建筑力学模块化教学体系的建立与研究[J].内江科技,2024,45(08):130-131+134.
- [2] 古锦波.基于虚拟仿真技术的高职工程力学实验教学改革[J].科教导刊,2023,(15):74-76.DOI:10.16400/j.cnki.kjdk.2023.15.024.
- [3] 李颖,熊冰,桑笑哈,等.沉浸式力学实验数字孪生系统架构研究[J/OL].工程力学,1-13[2025-07-31].https://

link.cnki.net/urlid/11.2595.03.20240304.1411.014.

[4] 卜万奎, 徐慧, 闫冰洁, 等. 基于虚拟仿真技术在材料力学实验中应用的研究[J]. 菏泽学院学报, 2023, 45(05): 118-122. DOI: 10.16393/j.cnki.37-1436/z.2023.05.011.

[5] 朱绪林, 张永, 林明强, 等. 虚拟仿真技术在土木工程实践教学中的应用[J]. 实验室科学, 2025, 28(02): 111-114.

作者简介: 崔恩文 (1987-), 男, 汉, 江苏连云港人, 硕士, 副教授, 主要研究生命线工程抗震。

基金项目: 2025 年连云港职业技术学院教改专项一般项目 (XYB202508)

课题: 数字化转型背景下的教学模式创新与实践路径研究 2025SJYB1391