

土木工程材料实验课虚拟仿真教学模式构建研究

孙爱茹 杨哲 王聪 徐文文*

青岛城市学院 山东 青岛 266100

【摘要】：土木工程材料实验课是衔接理论与工程实践的核心课程，当前面临耗材损耗大、大型仪器不足、安全隐患突出、实验形式单一等教学困境，制约教学质量与学生能力培养。虚拟仿真教学与该课程高度适配，可突破时空、安全与耗材限制，提供沉浸式实操体验，兼顾验证性与探究性教学需求。基于此，从知识、能力、素养三维度确立教学构建目标，搭建“教学内容重构—实施流程设计—支撑体系搭建”的核心架构，形成基础验证、综合设计、创新探究三类教学内容，构建课前预习、课中实操、课后拓展的闭环实施流程，完善技术、师资、评价三维支撑体系。同时，从制度、技术、评价三方面制定保障措施，规范教学管理、强化平台稳定性、建立多元评价机制，以此解决传统教学痛点，实现知识、能力与素养的协同提升，为土木工程材料实验课教学改革提供有效路径。

【关键词】：土木工程；材料实验；仿真教学；人才培养

DOI:10.12417/2982-3811.25.06.027

引言

随着土木工程行业向高质量发展转型，对专业人才的实践能力与创新素养提出更高要求。

教育部提出的新工科理念，旨在提高工科教育的质量和水平，加速科技与产业的融合和创新驱动发展。新工科的培养目标更加符合实际工程需求，培养适应行业变化和发展的工程人才，为现代制造业和技术创新提供可靠的人才支持。土木工程专业实验课程，能够加深学生对相关理论课程的了解，扩展学生的知识范畴和思维模式，培养学生遵守规范和规则的意识，为后续的专业知识学习和从事本专业工作奠定基础。新在此背景下，虚拟仿真技术凭借场景还原、反复训练、虚实融合等优势，成为破解教学痛点的重要手段，其在实验课中的应用适配性与落地路径值得深入探索。

1 土木工程材料实验课教学现状及虚拟仿真教学的适配性分析

土木工程材料实验课作为连接理论知识与工程实践的关键桥梁，当下教学面临着诸多困境，实验耗材的损耗量较大，大型检测仪器的台套数量不足，使得学生人均实际操作的机会受到限制。部分高温、高压以及耐久性实验存在安全隐患，并且受到时间和空间的约束，难以实现全流程、反复性的训练^[1]。传统实验大多以验证性为主，缺少探究性场景，难以激发学生的创新思维，虚拟仿真教学与该课程有很高的适配性。它依靠三维建模与交互技术，可还原各种实验场景，突破耗材、安全、时间以及空间的限制，可提供沉浸式的实际操作体验，支持多参数调试与异常模拟，又可兼顾验证性与探究性的需求，符合个性化教学理念，为解决教学痛点、提高实验教学质量提供了有效的途径。

2 土木工程材料实验课虚拟仿真教学模式的构建目标

2.1 知识目标

知识目标着重于系统掌握土木工程材料实验相关的理论与实操知识，实现理论与虚拟实操的有效融合，借助虚拟仿真教学，学生可精准领会混凝土、钢筋、砂浆、沥青等核心土木工程材料的基本构成、理化特性以及性能影响因素，梳理清楚材料性能与工程应用场景之间的适配逻辑，掌握各类材料实验的核心原理、操作步骤以及关键控制要点，明确实验仪器设备的工作原理、校准方式以及使用规范，避免传统实验中因对仪器认识不足而产生的操作偏差。理解实验数据的采集标准、分析方法以及误差来源，可依据虚拟仿真实验结果推断材料性能的变化规律，建立起实验现象与理论知识的对应联系，借助虚拟仿真平台的拓展资源，了解新型土木工程材料的实验技术与研究进展，拓宽知识范围，为后续专业课程学习和工程实践奠定坚实的理论与实验知识基础，构建完整的土木工程材料实验知识体系^[2]。

2.2 能力目标

能力目标着重培养学生的实际操作应用、自主探究以及问题解决方面的能力，以契合工程实践对于复合型人才的需求。借助虚拟仿真来模拟不同的实验场景和工况，提升学生规范操作各类实验仪器设备的能力，让学生可独立完成材料性能检测、数据记录与分析等一系列全流程实验任务，弥补传统实验中仪器数量有限、实操机会不足的缺陷。培养学生的自主探究能力，鼓励他们借助调整实验参数、模拟复杂工况，探究不同变量对实验结果所产生的影响，形成科学的探究思路与方法，强化学生的问题解决能力，使学生可识别虚拟实验中出现的仪器故障、数据异常等问题，结合理论知识来分析原因并提出合理的解决办法，提升学生的团队协作能力与沟通能力^[3]。借助虚拟小组实验模式，完成实验方案设计、任务分工、结果研讨

等相关工作。

2.3 素养目标

素养目标塑造学生的工程素养、科学素养以及职业素养，实现知识、能力与素养共同提升。培养严谨认真的科学态度，引导学生在虚拟实验里遵守实验规范，精确记录每一组数据，尊重实验结果的客观性，杜绝数据造假和敷衍行为，强化工程伦理素养，让学生明白土木工程材料性能对工程结构安全、使用寿命以及环境影响的意义。树立“质量第一、安全至上”的工程理念。提升创新思维素养，鼓励学生在虚拟仿真平台上尝试优化实验方案、探索新型材料应用场景，突破传统实验限制，培养创新意识和创新能力，培养学生的责任担当和环保意识，依靠模拟材料生产、实验过程中的环保问题，引导学生关注绿色建材发展，践行可持续发展理念，塑造精益求精的职业素养，为学生未来从事土木工程相关工作奠定良好职业基础^[4]。

3 土木工程材料实验课虚拟仿真教学模式的核心架构

3.1 教学内容体系重构

教学内容体系的重构围绕虚实融合展开，突破传统实验课在时间和空间上的限制以及内容方面的障碍，依据土木工程材料课程的核心目标，挑选混凝土、钢筋、砂浆等核心材料的关键实验项目，并将其分为基础验证型、综合设计型和创新探究型这三类内容。基础验证型内容着重于材料基本性能的测试，借助虚拟仿真来重现标准实验流程，提高学生对实验原理以及操作规范的把握。综合设计型内容结合工程实际场景，设置材料配合比优化、性能劣化分析等任务，培育学生的系统思维，创新探究型内容留出开放模块，让学生可自主设计实验方案。探究新型材料性能或者改进实验方法。把行业最新标准与工程案例融入其中，实现教学内容与工程实践在频率上的衔接，保证基础能力的培养，又契合高阶人才培养的要求。

3.2 教学实施流程设计

教学实施流程设计依照闭环递进的原则来进行，构建起了包含课前预习、课中实操以及课后拓展这三个阶段的流程。在课前阶段，依靠虚拟仿真平台来推送实验预习资源，这些资源囊括了原理讲解视频、虚拟演示动画以及预习测试等内容，以此引导学生自主去梳理实验逻辑，让他们可提前熟悉操作步骤以及风险点，保证课堂教学可高效地开展。在课中阶段，采用虚实结合的模式，借助虚拟仿真完成预操作，这样可以规避实体实验里的安全风险以及材料损耗。接着再结合实体实验来验证虚拟结果，凭借对比分析深化对实验本质的理解，教师针对学生出现的共性问题进行集中指导，对于学生的个性化需求给予精准答疑，同时记录学生的操作数据以及过程表现^[5]。在课后阶段，布置拓展任务，依托平台开展实验数据复盘、案例分析以及小组研讨等活动，鼓励学生形成实验报告以及改进建

议，实现知识吸收、能力提升以及思维拓展的闭环衔接。

3.3 教学支撑体系搭建

教学支撑体系构建包含技术、师资以及评价这三个维度，可为虚拟仿真教学的落地给予全面保障。在技术支撑层面，搭建起专业化的虚拟仿真平台，将高精度实验模型、实时数据处理系统以及在线交互模块进行整合，以此保障虚拟实验有真实性与流畅性，实现多终端适配以及数据互联互通。在师资支撑层面，组建“双师型”教学团队，借助专项培训来提升教师在虚拟仿真平台的操作能力以及虚实融合教学设计能力，鼓励教师与行业企业展开合作，把工程实践经验融入到教学当中。在评价支撑层面，设立多元化评价体系，兼顾虚拟操作过程、实体实验结果、团队协作表现以及创新成果，运用过程性评价与终结性评价相结合的方式，全面呈现学生的知识掌握程度与实践创新能力，同时依据评价反馈持续优化教学内容与实施流程。

4 土木工程材料实验课虚拟仿真教学模式的保障措施

4.1 制度保障

制度保障对于虚拟仿真教学模式可有序推言十分关键，需要构建起层级清晰且衔接顺畅的制度体系，以此来规范教学的整个流程管理。建立起教学管理制度，明确虚拟仿真实验课在学分方面的占比、课时的具体安排以及教学目标，把它纳入土木工程专业人才培养方案之中，使其与实体实验课形成一种互补衔接的教学格局。制定平台使用规范以及操作准则，明确教师和学生虚拟仿真教学里的权利与义务，规范实验操作的流程、数据提交的标准以及平台维护的责任，保障教学活动可有序开展，完善资源保障制度，设立专项经费用于虚拟仿真平台的升级迭代、教学资源的更新优化以及师资培训，建立经费动态调整机制，保证资源供给有持续性。此外，构建协同管理机制，推动教务处、实验中心、专业院系以及行业企业之间的联动合作，明确各个主体的职责分工，形成教学实施、资源建设、质量监督的闭环管理，为虚拟仿真教学模式的长效运行提供制度方面的支撑。

4.2 技术保障

技术保障着重关注虚拟仿真教学的稳定性以及实效性，构建起包含“平台建设—数据安全—技术迭代”的三位一体支撑体系。在平台建设方面，凭借虚拟现实、大数据等技术，搭建出适配土木工程材料实验的专业化虚拟仿真平台，优化高精度实验模型的渲染效果，还原材料性能测试的真实场景以及数据变化规律，实现虚拟操作与实体实验的精准对标。强化平台交互功能设计，支持多人协同实验、实时在线答疑以及实验过程回放，提高教学互动性，在数据安全方面，构建完善的数据管理体系，对学生实验操作数据、教学过程数据给予加密存储并

规范管理,落实数据安全分级保护制度,防范数据泄露与丢失,保障教学数据的完整性和安全性。在技术迭代方面,建立常态化技术评估与更新机制,跟踪行业前沿技术以及教学需求变化,定期对平台功能、实验资源进行升级优化,加强与技术服务商、科研机构的合作,引入先进技术成果,解决虚拟仿真教学中存在的场景还原度不足、数据精度不够等问题,持续提升教学技术水平。

4.3 评价保障

评价保障需借助科学合理的评价机制,全面呈现教学效果,为教学模式优化给予依据,还可以引导学生提升综合能力,构建多元化评价体系,打破单一结果导向的评价模式,兼顾过程性评价与终结性评价、定量评价与定性评价,过程性评价关注虚拟实验操作的整个流程,借助平台记录学生的操作规范性、步骤完整性、问题解决能力以及团队协作表现,再结合教师在线点评、小组互评得出过程性成绩。终结性评价以实验报告、综合设计成果为关键,着重考察学生对实验原理的掌握程度、数据处理能力与创新思维,结合实体实验验证结果综合评定。完善评价反馈机制,建立教学效果分析数据库,对评价数据进行系统梳理和深度分析,精准找出教学过程中的薄弱环节

参考文献:

- [1] 张静,原华.新工科背景下土木工程材料实验教学研究[J].中国现代教育装备,2025,(13):58-60.
- [2] 叶焕,韩意,马露.“双碳”背景下绿色土木工程材料实验课改革研究[J].科技风,2024,(26):36-38.
- [3] 白力改,刘益良.以学生为中心的土木工程材料实验课混合式教学模式研究[J].北华航天工业学院学报,2024,34(02):38-39.
- [4] 冯磊磊,耿欧.应用型本科院校土木工程材料实验课教学创新分析[J].科学咨询,2024,(08):61-64.
- [5] 李庚英,张锦涛,张敏.“土木工程材料”实验课的探究式教学及“五位一体”评价模型分析[J].安徽建筑,2022,29(11):87-89.

节,为教学内容调整、教学方法优化以及平台功能升级提供数据支持。此外,引入行业评价维度,邀请企业技术人员参与学生综合成果评定,依据工程实际需求优化评价标准,保证评价结果符合行业人才培养要求,提升教学质量的针对性和实效性。

5 结语

土木工程材料实验课虚拟仿真教学模式的构建以及实施,属于破解传统教学困境、适配新时代人才培养需求的关键探索。这种模式借助三维目标引领,重新构建虚实融合的教学内容体系,设计闭环递进的教学流程,搭建多维支撑体系,并且辅以完善的保障措施,有效突破了耗材、安全、时空等限制,实现了从验证性教学向综合创新型教学的转变。它可夯实学生的实验知识基础、提升实操与创新能力,还可以培育其严谨的工程素养与可持续发展意识,推动教学质量与人才培养水平一同提升。未来要持续强化技术迭代与资源优化,深化校企合作,依据行业发展与教学反馈不断完善教学模式,使虚拟仿真技术与实验教学深度融合,为土木工程领域输送更多复合型、高素质的专业人才。