

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2026.02.030

AR/VR技术在土木工程专业教学中的融合路径与实践研究

尹志勇^{1,2}, 文少杰², 彭炜²

(1. 湖南文理学院 芙蓉学院, 湖南 常德 415000; 2. 湖南文理学院 土木建筑工程学院, 湖南 常德 415000)

摘要: 增强现实(AR)与虚拟现实(VR)技术已广泛应用于高校教学,但在土木工程专业中,如何将其与教学内容及高阶育人目标系统融合的研究仍显不足。为此,研究基于土木工程教学特点,构建了“案例可视化-决策模拟-情感共鸣”三维融合路径,并围绕《基础工程》课程开发了融入工程伦理、社会责任与生态理念的案例资源库。通过多轮教学实践与效果分析发现,该模式显著提升了学生的课堂参与度、学习动机与伦理决策能力,同时增强了技术接受度与教学满意度。研究为AR/VR技术与土木工程专业教学深度融合提供了可借鉴的路径与实践参考。

关键词: AR/VR; 土木工程; 教学模式; 思政元素; 基础工程

中图分类号: TU4, G434

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2026)02-0208-05

Integration Pathways and Practice of AR/VR Technologies in Civil Engineering Professional Teaching

YIN Zhiyong^{1,2}, WEN Shaojie², PENG Wei²

(1. Furong College, Hunan University of Arts and Science, Changde, Hunan 415000, China;

2. School of Civil and Architecture Engineering, Hunan University of Arts and Science, Changde, Hunan 415000, China)

Abstract: Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technologies have been widely adopted in higher education. However, systematic integration of these technologies with teaching content and higher-order educational goals remains underexplored in civil engineering education. To address this gap, this work proposes a three-dimensional integration model “case visualization, decision simulation, and emotional resonance” tailored for civil engineering teaching. A case resource library incorporating engineering ethics, social responsibility, and ecological concepts was developed for the Foundation Engineering course. Through multiple rounds of teaching practice, analysis shows that this model significantly enhances students' engagement, learning motivation, and ethical decision-making abilities, while also improving technology acceptance and teaching satisfaction. This research could provide a referential pathway and practical insights for the deeper integration of AR/VR technologies into civil engineering education.

Keywords: AR/VR; civil engineering; teaching model; ideological and political elements; foundation engineering

随着课程思政在全国高校迈向常态化,其核心挑战已从理念普及转向如何与专业教学实现有机融合,而非简单叠加^[1]。土木工程专业兼具理论深度与实践特性,关系国计民生,其课程内容天然承载了

工程伦理、社会责任与生态理念等思政要素。然而,依赖“板书+PPT”的传统教学模式,在引发情感共鸣与深化价值认同上效力不足,难以达成“润物无声”的育人效果^[2-3]。

近年来,AR、VR等沉浸式技术在教育领域的应用逐步从“技术展示”转向“教学赋能”。其应用范围已从早期的医学解剖模拟、建筑方案推演,扩展至机械工程虚拟装配、历史场景还原等多个学科,在提升学生学习兴趣、突破实践教学时空限制方面成效显著^[4-8]。在土木工程领域,国内外高校也开展了初步探索,如利用VR进行结构认知、施工流程模拟等^[9-12]。然而,纵观现有应用,多数仍聚焦于单一技能的可视化或流程模拟,属于对传统教学的补充和延伸。如何利用AR/VR技术的沉浸性与交互性特征,超越其技能实训工具的传统定位,系统性地赋能土木工程专业人才在专业知识、复杂问题解决能力与职业价值观塑造等方面的综合性培养,已成为一个亟待探索的前沿课题。现有研究在此方面的系统性探索尚不充分,缺乏将技术、教学内容与高阶育人目标相融合的成熟路径。

鉴于此,本研究以《基础工程》课程为载体,探索AR/VR技术与专业教学深度融合的路径。目标不仅在于提升学生的实操技能,更致力于培养其工程伦理、社会责任与系统思维等核心素养。通过教学实践,本研究旨在厘清其创新点、实施路径与现实瓶颈,为AR/VR技术赋能土木工程教学改革提供一套可资借鉴的模式。

1 AR/VR技术与土木工程专业教学的融合路径

1.1 技术优势

AR与VR技术为土木工程专业教学构建了情境构建-认知增强-决策支持的全链条模式,二者功能互补。VR技术可以通过头显设备打造沉浸式的虚拟环境,可重现传统课堂难以企及的特殊场景,如在历史街区改造项目中还原其空间格局与文化底蕴,使学生可以直观地感受工程建设与文化遗产。AR技术则可以通过手机、平板等移动终端,在真实的实训场地上叠加数字信息,实现专业知识与相关

思政要素的联动,如在桩基施工实训中,AR界面能够实时的显示施工中建材的碳排放情况、可回收率等指标及有关的施工规范,可以引导学生在动手实训过程中提高绿色工程的意识。

1.2 教育理念

沉浸式教学的理念主要源于建构主义学习理论,后者认为知识并不是被动的接收,而是学习者在真实或模拟真实场景中经过探索、互动及实践自主建构而成的^[13-14]。AR与VR技术构建的虚拟工程环境,可为沉浸式教学的实施提供技术保障。本文基于AR/VR技术,将AR/VR技术从传统的被动观察工具转化为知识建构平台,不仅可以助力学生搭建所学的专业知识体系,也可以引导学生在面对复杂工程问题时,逐渐形成自己的职业价值观与伦理判断框架。本文的思路契合了课程思政与现代工程教育倡导的价值塑造融入能力培养目标,促使教学活动从教师主导模式向以学生中心模式转变。

体验式学习和情境认知理论同样也是本文教学模式的理论支撑。在教学设计中设置与专业知识深度关联的价值情境(如生态敏感区施工决策、邻近历史遗迹的基坑工程),目的在于营造认知冲突场景,这有助于学生在技术、成本、生态、社会等多维度中进行抉择。同时,借助在做中选择、在选择中反思的教学环节设计,学生可以将工程伦理、社会责任等抽象的价值观念内化为可感知、可践行的职业素养,实现知行合一的育人目的。

1.3 融合路径

基于上述分析,本文设计了AR/VR赋能土木工程专业教学模式,该教学模式核心为“案例可视化-决策模拟-情感共鸣”三维融合路径,具体内容如表1所示。此路径创新性地将技术、内容与教学活动整合,形成了一个闭环的教学系统。学生不仅在“看”场景,更在“做”决策,并在“思”价值,从而达成知识、能力、素养的协同发展,为土木工程专业应对新工科建设要求提供了新的教学解决方案。

表1 AR/VR技术与课程思政的融合路径

融合路径	技术实现方式	思政元素载体	学生参与形式
案例可视化	VR技术搭建“工程全生命周期”虚拟场景	港珠澳大桥(大国工匠精神、技术创新)、红旗渠工程(艰苦奋斗、为民服务)	场景漫游、细节标注、多维度视角观察
决策模拟	AR技术设置“多维度伦理困境”交互任务	建材选择(安全标准与成本控制的平衡)、施工方案设计(工期要求与生态保护的协调)	角色扮演(项目经理/技术负责人/环保专员)、方案推演、后果预判(如生态破坏模拟)
情感共鸣	虚实结合还原“工程现场”	抗震救灾临时安置点建设(责任担当、民生关怀)、老旧小区改造(以人为本、社会公平)	沉浸式体验、小组专题辩论(如“工程效率与民生需求的优先级”)、个人反思报告撰写

2 教学案例开发与实施

2.1 案例库建设

围绕《基础工程》课程“地基处理”、“基础选型”、“基坑支护”等核心知识点,结合课程思政目标,初步构建三类教学案例库,具体如下:

(1)生态敏感区基础工程选型案例。模拟在湿地保护区、水源涵养地等生态敏感区域周边开展桥梁基础施工、路基修建等工程项目。学生需在浅基础(成本低但对地表破坏大)、桩基础(成本高但对生态影响小)、沉井基础(适用于复杂地质但施工周期长)等方案中选择,系统会动态展示各方案对区域生态环境的影响——如浅基础施工导致的湿地植被破坏、桩基础施工的泥浆泄漏风险,并实时生成“生态影响评估报告”,引导学生树立“绿水青山就是金山银山”的生态环保理念。

(2)历史城区深基坑支护与文物保护案例。以常德市老西门历史街区改造为原型,模拟在紧邻明清时期砖木结构建筑的区域开展深基坑开挖作业。学生需综合考量支护结构选型(排桩支护/土钉墙支护)、降水方案(管井降水/轻型井点降水)对周边历史建筑沉降的影响——系统会实时显示建筑沉降监测数据(如沉降量超过 5 mm 时触发“文物风险预警”),让学生亲身体验“工程建设与历史文化遗产保护”的矛盾与协调路径,强化文化传承责任。

(3)重大基础设施工程伦理权衡案例。参考某跨江大桥建设真实案例,设计涉及征地拆迁、资源分配、公共安全的虚拟项目:桥梁路线选择存在“方案 A(占用耕地少但拆迁成本高)”、“方案 B(拆迁成本低但占用基本农田多)”、“方案 C(兼顾耕地保护与拆迁,但施工难度大、造价高)”三种选项,学生需结合技术经济指标(造价、工期)、社会影响(村民安置、耕地保护)、环境影响(生态廊道保护)进行综合决策,引导学生在技术选择中融入“公平正义”、“社会责任”等伦理思考。

2.2 教学实施流程

以“生态敏感区基础工程选型”为案例,教学实施分为四阶段,总课时为 4 课时(理论 1 课时+实践 3 课时),具体流程如下:

(1)预热环节(1 课时)。教师在传统课堂中讲解基础工程选型的核心原理(地质条件、荷载要求)与生态环保相关规范(如《建设项目环境影响评价技术导则》),结合“长江经济带桥梁建设生态保护”案例引入背景,明确“技术可行性与生态可持续性

平衡”的核心伦理问题。

(2)推演环节(2 课时)。学生按 3—4 人一组组建“项目团队”,佩戴 VR 头显进入虚拟场景:第一步,勘察虚拟场地(获取地质勘察报告、生态敏感区分布图);第二步,在 AR 沙盘上搭建不同基础方案模型,系统实时生成“技术参数表”、“生态影响预测图”;第三步,团队内部讨论并确定初步方案,提交系统后获取“方案评估反馈”(如桩基础方案的生态影响等级为“轻度”,浅基础为“重度”)。

(3)讨论环节(0.5 课时)。各小组展示决策方案及理由,系统同步播放方案实施后的中长期生态影响模拟(如浅基础方案导致的湿地生物多样性下降、水体富营养化);教师引导学生围绕“工程成本与生态代价的权衡”、“工程师的生态责任边界”展开辩论,梳理技术决策背后的价值逻辑。

(4)反思环节(0.5 课时)。学生提交个人反思报告,需包含“虚拟实践中的认知变化”、“面临的伦理困境(如成本压力与生态保护的矛盾)”、“对工程师社会责任的新理解”三部分内容;教师选取典型报告进行点评,结合“碳中和目标下土木工程行业转型”趋势,强化“绿色工程”理念。

本教学案例中,测试班采用“理论 1 课时+实践 3 课时”的课时结构,而对照班采用传统讲授式教学(4 课时理论)。尽管理论讲授时长不同,但两组的总课时与核心教学目标完全一致,均旨在使学生掌握基础工程选型原理,并树立生态环保的工程伦理观。测试班的课时安排遵循“做中学”与“情境学习”理念,将部分传统课堂的理论讲授内容融入 AR/VR 交互任务中,使学生通过探索、决策和反思自主构建知识。研究表明,在工程实践能力培养中,适当减少单向理论传授、增加情境化实践环节,更能促进知识迁移与高阶思维能力的提升^[15]。因此,本教学设计的焦点在于教学模式的有效性,而非课时量的对等,具有合理的教育学研究基础。

2.3 学生反馈与课堂观察记录

教学实施后,通过“问卷调查(发放 126 份,回收有效问卷 115 份)”、“小组访谈(选取 8 个小组,每组 3 人)”、“课堂观察(记录互动频次、任务完成度)”收集数据。问卷结果显示,89.6% 的学生认为沉浸式教学“让工程伦理问题从‘书本文字’变成了‘可感知场景’”,78.3% 的学生表示“能更清晰地理解技术选择与生态责任的关联”;访谈中,某学生提到“在 VR 里看到浅基础施工导致湿地植物死亡的画面,比老师讲十遍‘生态保护’更有冲击力,第

一次意识到工程师的决策会直接影响生态环境”。

教师课堂观察发现,学生在虚拟实践环节的专注度显著提升(平均专注时长从传统课堂的15分钟提升至40分钟),讨论环节发言人数占比从传统课堂的60%提升至92%,且发言内容从“单纯谈技术参数”转向“技术+伦理+社会影响”的综合分析,体现出更强的价值判断能力。

3 教学成效与分析

为客观评估教学效果,本文选取两个教学班作为研究对象(测试班58人,采用AR/VR沉浸式教学;对照班68人,采用传统教学),通过“定量数据(问卷、作业成绩)”与“定性数据(访谈、反思报告)”进行对比分析。

3.1 学生参与与学习动机提升

对比两班的课堂表现数据:测试班出勤率为98%(对照班93%),课堂互动频次(提问、小组发言)平均每节课12.6次(对照班5.3次),案例作业优良率(80分以上)为83%(对照班64%)。测试班问卷显示,92%的学生认为沉浸式教学“通过场景化体验激发了学习兴趣”,86%的学生表示“愿意主动查阅生态保护、工程伦理相关资料”,显著分别高于对照班(65%、57%)。

3.2 伦理决策能力与社会责任意识增强

对比两班“重大基础设施工程伦理权衡”案例作业:测试班学生在决策时考虑的“非技术性因素”(生态影响、社会公平)平均为3.2项(对照班1.8项),且81%的学生能结合“工程师伦理规范”(如《中国土木工程师职业道德准则》)进行论证;对照班仅46%的学生提及伦理规范,且多停留在“要重视安全”、“要保护环境”的笼统表述。访谈中,测试班学生普遍表示“身临其境的体验让‘责任’不再是抽象概念,而是具体的技术选择”,体现出更清晰的伦理决策逻辑。

3.3 技术接受度与教学满意度提高

测试班学生对AR/VR技术的接受度调查显示:初始操作阶段,23%的学生存在“设备佩戴不适”、“操作不熟练”问题,但经过15分钟专项培训后,96%的学生可独立完成操作;期末教学满意度调查中,测试班对“教学内容吸引力”、“思政元素融入效果”、“实践环节设计”的满意度分别为93%、91%、95%,显著高于对照班(分别为72%、69%、75%)。学生反馈中,“场景真实、记忆深刻”、“能将书本知识与实际体验结合”是主要好评点。

3.4 知识掌握与综合能力量化分析

为更全面、客观地评估AR/VR融合教学的效果,收集了测试班($n=58$)与对照班($n=68$)的期末考试成绩与课程项目作业评分进行对比。

(1)期末考试成绩对比。期末试卷涵盖基础知识、工程计算与伦理案例分析三部分,满分100分。经过统计考试成绩发现,测试班平均成绩为84.6分高于对照班的76.2分。进一步分析题型发现,测试班在“伦理案例分析题”上的得分率(89%)明显高于对照班(67%),这表明沉浸式教学更能帮助学生将伦理规范内化并应用于复杂问题决策。

(2)课程项目作业评分对比。以“生态敏感区基础工程选型”项目报告为评价对象,从学院随机抽取了两名不知分组情况的土木工程专业教师进行双盲评分(百分制),从“技术合理性”、“生态伦理考量深度”、“方案创新性”及“报告逻辑性”四个维度取平均分。结果显示,测试班在各项维度上的得分均高于对照班,尤其在“生态伦理考量深度”上差异最为明显(测试班:85.4分 vs. 对照班:70.1分)。这表明AR/VR教学不仅提升了学生的知识水平,更增强了其综合分析价值判断能力。

4 结论与展望

本文构建了AR/VR技术在土木工程专业教学“案例可视化-决策模拟-情感共鸣”三维融合路径,并围绕《基础工程》课程建立了涵盖工程伦理、社会责任及生态理念的案例资源库,通过多轮教学实施及教学成效分析结果表明,本文构建的融合路径,在教学实践中显著提升了学生参与与学习动机,增强了学生的伦理决策能力与社会责任意识,提高了技术接受度与教学满意度大幅提高。

虽然AR/VR技术融入到土木工程专业教学中可以有效提高实践性课程质量,但仍存在以下问题:一是VR设备成本较高,制约了高校规模化配备;二是教师对AR/VR技术的操作及教学融合能力不足;三是高质量跨学科教学资源开发周期较长。展望未来,该领域将呈现以下发展趋势:一是VR设备将向轻量化、普及化方向发展,手机AR等应用有望降低成本;二是教学资源开发更注重校企协同,以共建共享方式减少开发周期;三是教师培训将更注重技术教学融合能力提升,助力教学目标实现。

参考文献:

[1] 李欣宁. 基于虚拟现实技术的师范生师德教育探究

- [J]. 教育教学论坛, 2025(30):110-113.
- [2] 郝朋, 孙春峰, 王家盛, 等. 直播与课堂并行的融合式教学模式设计与实施[J]. 高教学刊, 2023, 9(2): 130-133.
- [3] 万旭升, 蒲万丽, 樊晓一. 新时代背景下土木工程专业课程思政建设与实践[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2024(6):89-91.
- [4] 王晶, 何学智. 智能技术赋能“三阶沉浸式”解剖学教学模式构建[J]. 基础医学教育, 2025, 27(9):857-861.
- [5] 马义辉, 魏崑, 黄晓鹏, 等. 虚拟现实和增强现实技术在神经外科住院医师规范化培训中的应用[J]. 中国继续医学教育, 2024, 16(24):190-193.
- [6] 董智勇, 韩宛珊, 彼得·布什. 沉浸式交互——探索扩展现实驱动的建筑新范式[J]. 新建筑, 2025(3):49-54.
- [7] 刘杰宇, 单奇. 基于VR技术的液压多路阀虚拟装配系统研究[J]. 中国测试, 2014, 40(S1):121-125.
- [8] 赵率岐. 以服饰为媒: 传统文化视域下历史课堂的沉浸式教学策略——以汉服演变为例[J]. 纺织报告, 2025, 44(9):109-111.
- [9] 姚静. BIM + VR 技术在高校土建类专业课程教学中的应用探索[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2018(Z2):71-72.
- [10] 李永奎, 刘妍, 朱茂然, 等. 建筑信息模型的复杂工程云协同管理虚拟仿真综合实验——以医院改扩建工程为场景[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(12): 198-203.
- [11] Geriş A, Çukurbaşı B, Tunga Y, et al. From users to creators: Design and evaluation of a VR professional development program for educators[J]. Computers & Education, 2026, 243:105518.
- [12] 成紫薇, 郑欣. VR 技术在室内装饰材料与施工工艺课程思政情境教学中的应用及影响因素研究[J]. 黑龙江科学, 2025, 16(15):96-98.
- [13] 岳宗霞. 沉浸式教学模式在高校思想政治理论课中的应用与发展[J]. 高教论坛, 2024(11):12-15, 70.
- [14] 吕飞, 于森, 王雨村. 城乡规划专业设计类课程思政教学初探——以城市详细规划课程为例[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(4):182-187.
- [15] 吴国林, 黎杰松. VR 技术嵌入思政课教学: 应用优势、现实境遇与实践进路[J]. 黑龙江高教研究, 2023, 41(8):109-115.

(上接第 178 页)

- [14] 钟秀梅, 刘伟, 刘钊钊. 不同制样方法对木质素改良黄土力学特性影响[J]. 世界地震工程, 2020, 36(1):197-204.
- [15] 胡成, 翁兴中, 张俊, 等. 多尺度纤维加筋水泥土抗压性能试验研究[J]. 公路交通科技, 2020, 37(9): 16-24.
- [16] 刘建龙, 侯天顺, 骆亚生. 棉纤维加筋土无侧限抗压强度试验研究[J]. 水力发电学报, 2018, 37(2):12-21.
- [17] 王剑焯. 玄武岩与玉米秸秆纤维加筋土力学性能及其在边坡中的应用研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2016.
- [18] Liu J, Li X, Li G, et al. Investigation on the dynamic shear modulus of fiber-reinforced sand[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 634(1):012131.
- [19] 柴寿喜, 石茜. 干密度和含水率对稻草加筋土强度与变形的影响[J]. 煤田地质与勘探, 2013, 41(1):46-49.
- [20] 陈志昊, 刘瑾, 钱卫, 等. 高分子固化剂/纤维改良砂土的抗拉强度试验研究[J]. 工程地质学报, 2019, 27(2):350-359.
- [21] 张军, 郭凯玥, 付红梅. 纤维加筋黄土的抗剪强度特性研究[J]. 岩土工程技术, 2017, 31(3):119-124, 129.
- [22] 马闫, 谢婉丽, 彭淑君, 等. 加筋方式对黄土动力特性影响三轴试验研究[J]. 水文地质工程地质, 2017, 44(4):50-56.
- [23] 胡明鉴, 汪发武, 程谦恭. 基于高速环剪试验易贡巨型滑坡形成原因试验探索[J]. 岩土工程学报, 2009, 31(10):1602-1606.
- [24] 朱兆波, 王新刚, 朱荣森, 等. 甘肃黑方台黄土滑坡滑带土剪切特性环剪试验研究[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(05):144-150.