

基于仿真建造技术的土木工程施工实践教学改革与探索

朱聿迅

苏州农业职业技术学院，江苏 苏州 215008

DOI: 10.61369/ETR.2025480045

摘要：当前，传统土木工程施工实践教学受限于场地、成本及安全风险，难以满足行业对创新型工程人才的需求。基于此，本研究深入探究了仿真建造技术的内涵与优势、仿真技术在实践教学中的创新应用、仿真教学与传统实践的融合路径、实施保障与持续优化，旨在通过不同的策略，强化学生工程问题解决能力与数字化思维，为土木工程领域培养出更多适应行业变革的高素质技术技能型人才。

关键词：仿真建造技术；土木工程；实践教学

Research and Exploration on the Reform of Practical Teaching in Civil Engineering Construction Based on Simulation Construction Technology

Zhu Yuxun

Suzhou Polytechnic Institute of Agriculture, Suzhou, Jiangsu 215008

Abstract : At present, the traditional practical teaching of civil engineering construction is limited by site, cost and safety risks, making it difficult to meet the industry's demand for innovative engineering talents. Based on this, this study deeply explores the connotation and advantages of simulation construction technology, the innovative application of simulation technology in practical teaching, the integration path of simulation teaching and traditional practice, as well as the implementation guarantee and continuous optimization. It aims to strengthen students' ability to solve engineering problems and digital thinking through various strategies, so as to cultivate more high-quality technical and skilled talents adapting to industry changes in the field of civil engineering.

Keywords : simulation construction technology; civil engineering; practical teaching

引言

《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》教育要发展，根本靠改革。要以体制机制改革为重点，鼓励地方和学校大胆探索和试验，加快重要领域和关键环节改革步伐；创新人才培养体制、办学体制、教育管理体制，改革质量评价和考试招生制度，改革教学内容、方法、手段，建设现代学校制度；加快解决经济社会发展对高质量多样化人才需要与教育培养能力不足的矛盾、人民群众期盼良好教育与资源相对短缺的矛盾、增强教育活力与体制机制约束的矛盾，为教育事业持续健康发展提供强大动力^[1]。职业院校应该根据国家的政策性文件走符合国家发展的道路，这样才能够更好地培养出更多优秀的人才。

一、传统土木工程施工实践教学的局限与挑战

（一）场地与资源限制

传统实践依赖实体工地，但实际工作中，学生参与机会有限。大型项目因安全、进度等因素，往往仅允许学生旁观或进行简单操作，难以系统学习关键环节。此外，学校自建实训基地成本高昂，设备更新滞后，导致教学内容与行业技术脱节^[2]。

（二）安全风险与伦理困境

施工现场存在高空作业、机械操作等高风险环节，学生直接参与可能引发安全事故。同时，部分企业因责任规避，减少学生

实践机会，进一步加剧资源短缺^[3]。这种矛盾使得实践教学常陷入“安全优先”与“效果保障”的两难境地。

（三）教学内容碎片化

传统实践以单项技能训练为主，如钢筋绑扎、模板安装等，缺乏对施工全流程的整合。学生虽能掌握局部操作，但难以理解各环节间的协同关系，导致知识应用能力不足。此外，实践周期短、项目单一，难以覆盖复杂工程场景。

（四）评价体系单一

实践考核通常以操作规范性为标准，忽视对学生决策能力、问题解决能力及团队协作能力的评估。这种评价方式无法全面反

映学生的综合素质，难以适应行业对复合型人才的需求。

二、仿真建造技术的内涵与优势

(一) 技术构成与运行逻辑

仿真建造系统通常由场景建模模块、工艺模拟模块和管理决策模块构成。其中场景建模模块能为仿真建造技术提供背景支持，其原理是基于BIM（建筑信息模型）技术构建三维工地，还原地形、设备、材料等要素，并能支持多视角观察与交互操作^[4]。工艺模拟模块是通过物理引擎模拟施工过程，如混凝土浇筑、塔吊运行等，动态展示工艺参数对结果的影响^[5]。管理决策模块是通过管理理论基础，将项目管理所涵盖的主要内容转化成管理模型，如进度管理、成本管理、质量管理及安全管理等，并能够支持学生制定个性化施工方案以及对项目进行风险评估。

该系统运行流程可以分为以下几个环节。首先，教师设定项目任务。教师通过系统选定具体项目，并针对项目设定好符合学生学习计划的实践任务；然后，学生根据学习要求进行分组，并制定施工计划；随后，根据已制定好的施工计划，利用仿真技术在虚拟环境中执行施工任务，所有操作都将进行数据采集，并通过系统实时反馈；最后，学生根据反馈结果对初步策略进行调整并逐步优化方案。这一闭环设计强化了“计划—执行—反馈—改进”的思维训练^[6]。

(二) 仿真建造技术的核心优势分析

安全性提升：在实际的工程实践中，许多操作往往伴随着较高的物理风险，可能会对学生的人身安全造成威胁。而虚拟环境的引入则巧妙地解决了这一难题，它能够有效消除物理风险，为学生营造一个安全无虞的学习空间。例如深基坑支护。深基坑支护操作在现实场景中一旦出现失误，后果不堪设想，但在虚拟环境中，学生可以反复进行操作，即便失败也不会有实际的危险。并且，学生能够通过这些失败案例，深入细致地学习安全规范，了解每一个操作步骤背后的安全意义和要求^[7]。

资源可扩展性：系统具备快速生成不同规模、类型工程项目的能力。涵盖工程项目种类丰富，同时该系统不仅仅局限于常见的工程场景，它还能够覆盖多种地质条件与气候环境，系统都能模拟出相应的工程场景，让学生有机会接触到更加广泛和真实的工程情况，从而显著拓展了实践的广度，使学生的实践经验更加丰富全面。

过程可追溯性：系统具备完善的记录功能，能够详细地记录学生的操作轨迹与决策依据。教师可以通过系统的回放功能，如同观看一场详细的操作纪录片一样，精准地分析问题的根源。从而能够针对学生存在的问题，提供更具针对性、更精准有效的指导，帮助学生更好地改进和提高。

成本效益优化：在传统的实践教学中，实体材料与设备的投入是一笔不小的开支，而且还需要考虑设备的维护、更新等成本。而虚拟材料与设备的应用则打破了这一局限，它们无需实体投入，大大降低了实践成本。同时，该系统还支持多人协同操作。多个学生可以在虚拟环境中共同完成一个工程项目，这种多

人协同操作的模式，不仅提高了学生的团队协作能力，还能有效提升教学效率。

三、仿真技术在实践教学中的创新应用

(一) 全流程施工模拟

系统可模拟从场地平整到竣工验收的全周期，学生根据施工实践计划完成以下任务：

组织编写施工组织设计。学生需根据给定项目特点合理选择机械设备组合、划分施工段、制定施工进度计划。

进行动态资源调配。学生需根据实际项目实施情况，对人力、物资进行优化配置，并能应对材料供应延迟、设备故障等突发情况，调整人力与物资分配^[8]。

引导多专业协同。学生需要在项目实施过程中模拟土建、机电、装饰等不同专业的交叉作业，通过合理组织，解决空间冲突与工序衔接问题。例如，在模拟高层建筑施工时，学生需协调塔吊运行路径与混凝土泵送时间，避免碰撞事故；同时需根据天气变化调整外墙作业计划，确保施工质量^[9]。

(二) 复杂场景适应性训练

系统可设置非常规工程条件，如软土地基处理、超高层建筑风振控制等，要求学生运用理论知识解决实际问题。例如：模拟地震后基坑坍塌的抢险过程，学生需制定支护加固方案并评估稳定性。抑或在虚拟环境中调整施工顺序以减少扬尘，或选择低噪音设备以满足环保要求。此类训练突破了传统实践的“标准化”局限，培养学生的应变能力与创新思维。

(三) 团队协作与角色扮演

系统支持多人在线协作，学生可扮演项目经理、技术员、安全员等角色，通过语音或文字交流完成分工^[10]。例如：

模拟因工期紧张导致的质量隐患，技术员与安全员需协商解决方案，平衡进度、质量与安全管理。同时，项目经理需协调团队矛盾，分配任务并监控进度，提升组织管理能力。角色扮演强化了学生的责任意识与沟通技巧，弥补了传统实践“个体操作”的不足。

(四) 考核体系重构

仿真系统可生成多维评价报告，分别可以从操作规范性、决策合理性、团队协作度等多维度进行评价，教师可根据报告提供个性化反馈，帮助学生明确改进方向。

四、仿真教学与传统实践的融合路径

(一) 分阶段融合设计

1. 基础技能阶段

仿真系统通过高精度模型与标准化流程，为学生提供安全的操作训练环境。例如，在测量放线教学中，系统可模拟不同地形（如坡地、软土）的测量场景，学生需根据虚拟仪器读数调整操作手法。系统实时反馈数据偏差，并生成错误分析报告，帮助学生快速纠正动作不规范问题。

2. 综合应用阶段
学生将仿真方案转化为实体操作，验证其可行性。例如，在模板安装训练中，学生先在虚拟环境中设计支撑体系并模拟荷载试验，再在实训基地按方案施工。通过对比虚拟预演与实际效果的差异（如混凝土浇筑时的变形量），学生能直观理解理论模型与现实条件的偏差，培养“从想到现实”的调整能力。

3. 创新拓展阶段
学生返回虚拟环境，结合实体实践反馈优化方案。例如，针对实体工地中出现的模板拼缝漏浆问题，学生在仿真系统中调整加固方式（如增加对拉螺栓密度），并重新模拟混凝土侧压力分布，最终形成改进方案。这一过程强化了“实践－反思－改进”的迭代思维，使学生具备解决复杂工程问题的能力。

（二）资源互补机制

1. 实体资源虚拟化
通过三维激光扫描技术，将学校实训基地的脚手架、塔吊等设备转化为高精度数字模型，导入仿真系统生成“数字孪生”工地。学生可在虚拟环境中自由调整设备参数（如塔吊臂长、回转半径），观察其对施工效率的影响。

2. 虚拟案例实体化
从仿真系统中提取典型问题（如深基坑支护失稳），在实体工地设置专项训练区。例如，用可调节坡度的模拟基坑配合液压装置，重现虚拟案例中的土体滑移现象。学生需根据虚拟分析数据（如土压力分布）制定加固方案，并在实体环境中实施。

（三）教师角色转型

教师需从“技能示范者”转变为“场景设计师”与“过程引导者”，其核心职能包括：

1. 场景设计
根据教学目标动态调整仿真难度。例如，在施工进度管理教学中，初期仅提供基础资源（如人力、机械数量），让学生自主制定计划；后期增加隐性约束（如材料供应延迟、天气突变），要求学生运用挣值分析（EVM）等方法调整方案。

2. 过程引导
利用仿真系统的数据追踪功能，教师可分析学生的决策路径。例如，当学生选择高成本但工期短的方案时，教师通过提问引导其权衡利弊：“如果业主对成本敏感，你会如何调整？”或

“这种方案在资源紧张时是否具有可复制性？””。这种启发式引导促使学生从“完成任务”转向“系统思考”，提升其工程经济分析能力。

五、实施保障与持续优化

（一）技术平台建设

该技术平台需配备高性能计算机、VR 头显等设备，支持多人协同操作。同时需要与工程软件企业合作，开发符合教学需求的仿真模块，如集成国家标准库的自动校验功能等。

（二）师资能力提升

组织教师学习仿真系统操作与二次开发，掌握数据挖掘方法。并定期安排教师参与实际工程，更新知识体系，确保仿真内容与行业同步。

（三）反馈机制构建

反馈机制分别从学生反馈和企业参与两个方面进行设计。通过问卷收集学生对仿真场景真实性的反馈，调整细节设计。其次，该系统邀请企业工程师评估学生虚拟方案的可实施性，优化考核标准。

（四）持续迭代策略

跟踪 BIM、物联网等新技术发展，定期升级仿真系统功能，不断更新仿真技术系统。同时不断积累优秀学生方案与行业典型案例，形成动态更新的教学资源库。

六、结束语

仿真建造技术为土木工程施工实践教学开辟了新维度，其价值不仅在于技术工具的革新，更在于教育理念的跃迁——从“经验传递”转向“能力本位”，从“单一训练”迈向“系统培养”。通过虚实深度融合的立体化模式，让学生得以在安全可控的虚拟环境中锤炼操作技能，在真实复杂的实体场景中验证创新方案，最终形成“理论扎实、实践灵活、数字赋能”的核心素养。面向未来，需持续优化技术迭代与教学设计的协同机制，警惕技术依赖风险，坚守“虚实相生、能力导向”的原则，方能为行业输送更多兼具工程智慧与创新精神的复合型人才。

参考文献

- [1] 黄春鄂,贾晓东.基于 zSpace 虚拟仿真技术的土木工程施工类实训课程教学的探索与实践 [J].房地产世界,2024,(23):58–60.
- [2] 杨洁,张丽,佟舟.新工科背景下 BIM 技术在土木工程施工技术教学中的可视化研究 [J].科学咨询,2024,(22):95–98.
- [3] 孙举伟,史航超,徐扬,等.土木工程中预制装配式施工技术的优势与实践 [C]//冶金工业教育资源开发中心.2024 精益数字化创新大会平行专场会议——冶金工业专场会议论文集(中册).中建七局第四建筑有限公司,2024:445–448.-3
- [4] 余沛,杨子泉,高素芹.基于个性化教学的土木工程施工课程教学改革实践——以信阳学院为例 [J].河南教育(高教),2024,(08):76–78.
- [5] 贾丽芳.思政元素融入土木工程施工技术课程规范化实践教学路径分析 [J].中国标准化,2024,(12):217–219.
- [6] 杨国浪.校企合作背景下土木工程检测技术专业新形态教材开发探索与实践——以《隧道施工与检测技术》为例 [J].教育观察,2024,13(04):39–42.
- [7] 姜兆华,古松.一流专业背景下“土木工程施工与组织”课程的线上线下混合式实践教学研究 [J].黑龙江教育(理论与实践),2023,(09):46–48.
- [8] 赵海霞,于丽波,孙倩.KAPIV 项目驱动式在“土木工程施工”课程教学模式中的改革与实践 [J].安徽建筑,2023,30(08):91–92.
- [9] 徐荫.企业协作路径下应用型土木工程施工信息化课程体系的构建与实践 [J].重庆建筑,2023,22(07):67–72.
- [10] 董国发,张栋.新工科背景下“土木工程施工技术”课程实践教学改革探索 [J].房地产世界,2023,(10):68–70.