

虚拟仿真技术在土木工程专业实践教学中的探索与应用

蔡婷

西藏民族大学, 中国·陕西 咸阳 712082

摘要: 在“新工科”建设的驱动下, 虚拟仿真技术在土木工程教育中的应用为传统教学模式带来了革命性变革。论文将结合土木工程专业教育教学现状, 探讨虚拟仿真技术在建筑结构构件受力性能、建筑结构受力性能、道路与桥梁设计、土木工程施工、土木工程施工管理等方面的应用。这一技术的引入, 旨在打破传统实践教学的时空限制, 安全性高, 降低实训成本, 提高教学效果, 培养适应未来产业需求的高技能人才。

关键词: 虚拟仿真技术; 土木工程专业; 实践教学; 培养高技能人才

Exploration and Application of Virtual Simulation Technology in Practical Teaching of Civil Engineering Major

Ting Cai

Xizang Minzu University, Xianyang, Shaanxi, 712082, China

Abstract: Driven by the construction of “new engineering”, the application of virtual simulation technology in civil engineering education has brought revolutionary changes to traditional teaching modes. The paper will explore the application of virtual simulation technology in the stress performance of building structural components, building structural stress performance, road and bridge design, civil engineering construction, and civil engineering construction management, based on the current situation of civil engineering education and teaching. The introduction of this technology aims to break through the temporal and spatial limitations of traditional practical teaching, with high safety, reduced training costs, improved teaching effectiveness, and the cultivation of high skilled talents that can meet the needs of future industries.

Keywords: virtual simulation technology; civil engineering major; practical teaching; cultivate high skilled talents

0 前言

在当今全球化和信息化快速发展的时代背景下, 创新驱动发展战略已成为推动国家经济社会发展的重要引擎。这一战略不仅要求我们在科技创新上取得突破, 更需要在人才培养和教育体系上进行深刻的改革与创新^[1-2]。目前, 在创新驱动发展战略推动下, 以新技术、新业态、新模式、新产业为代表的新经济蓬勃发展, 对土木工程科技人才提出了更高要求, 迫切需要进行工程教育改革创新。为深化工程教育改革, 推进新工科的建设和发展, 建设工程教育强国, 各地高校开展“新工科”研究实践活动, 在“新工科”建设的驱动下, 迫切要求土木工程专业教育进行改革和创新, 以适应新时代的发展需求。

1 专业培养目标及存在问题

土木工程专业作为一门专业性与实践性较强的工科专业, 人才培养的目标为: 通过四年的专业学习, 全面掌握土木工程领域的基础理论和专业知识, 具备运用专业知识分析复杂工程问题并提出解决方案的工程实践能力, 能够在土木工程相关领域从事勘察、设计、施工、管理和科学研究等工作。为了达到以上培养目标, 中国高等院校土木工程专业的教育内容普遍划分为理论课程教学、课程设计、专业实习和

毕业设计等四个方面对学生进行培养。教育教学过程中主要存在问题如下:

第一, 在理论课程教学方面, 以作者所讲授的《工程结构抗震与防灾》课程为例, 该课程开设在大三下学期, 是土木工程专业一门综合性较强的专业课。该课程的特点可以总结为: ①课程内容理论深奥, 对学生数学与力学等基础知识要求高, 此外, 课程综合性强, 涉及学生已学结构设计类课程, 需要学生能够将以往所学独立知识点依托设计案例进行综合串联, 并能解决复杂实际工程问题; ②课程内容实践性强, 与其他土木工程专业课程相比, 课程安排在大三下学期, 专业课程修完大半, 使得课程具有极强的综合性, 并且与工程实际联系紧密。

第二, 在学生学习过程中, 发现存在以下问题: ①课程学习难度较大, 首先对学生的专业基础有一定要求。许多学生反映“上课听不懂”“课程内容抽象”, 有些知识点如振型分解反应谱需要投入大量的时间和精力才能掌握。②抗震课程进行真实实验往往操作困难, 难以实现, 大部分高校如作者所在高校的设备环境、资源配置等方面都不具备开设本科抗震教学真实实验的规模和能力。

第三, 在专业实习过程中, 多数高校存在课程教学模式及内容陈旧、课程设计和毕业设计与实践脱节, 此外,

现场实习过程形式化。笔者结合以往组织学生现场实习的经验, 发现存在问题: ①由于学生实习时间有限, 在联系相关企业生产工地过程中存在困难; ②学生人数较多, 考虑学生人身安全等多种因素, 实施过程很难按照实习大纲要求开展, 导致实习过程流于形式, 实施效果差强人意。

第四, 在毕业设计方面, 毕业设计内容大多采用的是工程实践生产在十余年前采用的设计计算方法, 与当前行业所运用的先进的建筑信息化技术、绿色可持续发展、智能建造等新理念严重脱节, 导致学生只是完成套路式的设计与计算, 并不符合实际工程应用要求, 因而对其掌握专业理论知识和提高专业实践能力作用不大。

2 虚拟仿真技术实践教学应用

虚拟仿真技术是用一个系统模仿另一个真实系统的技术, 现在已经发展成为一门涉及计算机图形学、精密传感机构、人机接口及实时图像处理等领域的综合性学科^[3]。该技术的应用领域及交叉领域非常广泛, 在建筑领域, 主要通过 3D 建模、BIM 信息模型、VR 技术、3D 漫游等方式实现建筑的信息数字化。在土木工程教育领域, 该技术能够模拟真实工程环境, 实现实验内容的数字化呈现, 为学生提供更加安全、便捷、多样化的实验环境。这不仅有助于提高学生的实践操作能力和创新思维, 还能有效解决传统实验教学中存在的设备投入成本高、实验条件有限、安全风险大等问题。虚拟仿真技术在土木工程专业实践教学中的应用主要包括以下几点。

2.1 建筑结构构件受力性能仿真

主要针对土木工程专业课程中建筑结构构件(梁、柱、节点等)的受力性能进行仿真。建筑结构构件(梁、柱、节点等)受力性能研究是土木工程专业的基本专业知识点, 也是专业知识学习的基础, 具有非常重要的作用。在目前的实验教学中, 由于土木工程专业教学的局限性, 只能针对部分建筑结构构件或者部分性能进行实验教学, 不能完全实施专业课程中的全部知识点, 这也成为专业课程讲授的盲区和难点。建筑结构构件受力性能仿真试验实现对专业课程中的知识点进行虚拟仿真实验教学, 更为直观明了全面地使学生对基本专业知识的掌握和理解^[4]。

2.2 建筑结构受力性能仿真

主要利用结构分析设计软件 ANSYS、MIDAS、SAP2000 等进行结构有限元分析。例如, 在《高层建筑结构设计》课程讲授中, 对建筑结构特别是复杂结构、高层结构及超高层的受力性能、抗震性能等进行了理论分析, 利用有限元软件分别模拟不同层高及不同体系建筑结构在地震作用下的振动模态, 对比分析高层和低层建筑结构, 框架结构、框剪结构及剪力墙型式建筑的振动频率、层间位移及顶部点位移的变化, 使学生观察建筑结构在地震作用下的动态特征, 建立起地震随机激励输入—结构振动响应输出—单自由度、多自由度弹性体系振型“分解反应谱分析法”的结构

地震反应分析场景, 让学生结合书本的理论公式推导更好地掌握建筑结构的设计、结构地震反应分析和抗震设计理论与方法, 使学生在仿真建模过程中更为系统化地掌握专业理论知识, 为结构设计、抗震研究提供了重要理论支撑。

2.3 道路与桥梁设计仿真

虚拟仿真技术还可以用于道路和桥梁设计实验模拟。通过虚拟仿真技术对桥梁施工过程进行精确控制; 采用先进的建模和仿真软件(如 ANSYS、ABAQUS 等)对桥梁施工过程进行精确的模拟。学生可以在虚拟环境中进行道路和桥梁的设计, 并测试设计方案的可行性和安全性。这种实验方式能够帮助学生更好地理解设计原理和方法, 同时减少实际施工中的风险^[5]。

2.4 土木工程施工仿真

虚拟仿真技术还可以用于模拟施工过程, 包括设备操作、人员调度等。这种模拟实验能够帮助学生熟悉施工流程, 提高施工技能和安全意识^[6-7]。例如, 作者所在高校在《土木工程施工技术》课程中应用建筑信息化软件 Revit, 根据施工的整体现状建立起相应的信息化模型, 利用信息化技术制定合理的施工方案, 考虑工期、造价、人员调配等多方面影响对整个施工组织工程进行合理优化、碰撞检测, 在最大程度上避免施工过程中出现的各种不可预计的问题。将不可视的施工组织效果以三维模型展示出来, 用于协调施工各个环节, 对于施工过程中出现的问题, 及时找到解决办法, 通过案例仿真并结合施工课程的教学, 方便学生对专业知识的拓展和延伸, 促进了学生的创新实践能力。

2.5 土木工程施工管理仿真

主要是利用基于参数化的动态实时仿真过程来演示土木工程施工过程和工程建设项目管理过程, 使实验参与者融入整个施工过程和项目管理过程, 通过实时调整实验参数, 实现对课程综合知识的了解和掌握, 实现基础理论与过程仿真融合^[8-9]。作者所在高校目前建设有 BIM 协同创新中心、智慧工地实践实训平台, 教学过程中形成基础理论、过程仿真和整合现有资源互相耦合的三维教学体系(见图 1)。

3 虚拟仿真实实践教学成效

3.1 安全性高, 成本低廉

虚拟仿真实验避免了传统实验中可能存在的安全风险, 如设备故障、操作不当等导致的伤害。这保证了学生的安全, 降低了实验过程中的风险。相比实体实验, 虚拟仿真实验无需昂贵的实验设备和耗材。这降低了教学成本, 使更多学生有机会接触到先进的实验技术。

3.2 操作便捷, 可重复性强

虚拟仿真实验不受时间、地点和实验设备的限制。学生可以随时随地进行实验, 提高了学习效率。此外, 虚拟实验可以反复进行, 直到学生完全掌握实验原理和操作技巧。这有助于加深学生的理解和记忆, 提高他们的实践能力。

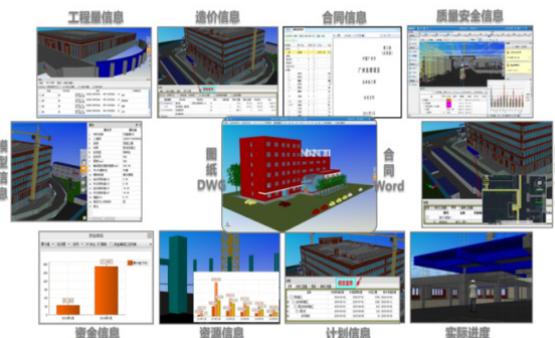


图 1 学校 BIM 协同创新实训中心

3.3 增强学习的互动参与性

虚拟仿真技术通过高度模拟真实世界的环境和场景，为学生创造了一个身临其境的工程环境。例如，在我校智慧工程实训平台上，学生通过我校土木工程智慧工地实践实训平台，并以 VR 设备进入场景模拟实地体验。这种沉浸式情境能够极大地增强学生的感官体验，使他们在学习中仿佛置身于实际工程情境之中，增强了学习的互动性。学生可以通过操作虚拟对象、进行虚拟实验等方式积极参与学习过程，提高学习参与度（见图 2）。

3.4 促进自主学习，学科竞赛卓有成效

虚拟仿真技术不受时间和空间的限制，学生可以随时随地根据自己的学习进度和兴趣选择学习内容，此外，虚拟仿真实践案例可以为学生提供丰富的学习资源，学生可以根

据自己的理解程度进行探索和实践，提升学习效果。我校学生自 2017 年首次参加全国大学生结构设计竞赛开始，先后多次在此项竞赛中取得优异成绩，2022—2024 年连年冲出省区赛挺进国赛，在国赛中于 2022、2024 年分别获得二等奖，2023 年获得三等奖。以赛促教，以赛促学，学生将课程所学理论与实践完美结合，利用课上及课外时间学习有限元结构分析软件，在专业老师指导下依托历年赛题建立了屋盖、输电塔、抗冲击桥梁、抗震塔式结构等与实际工程联系紧密的结构模型，对各种形式结构在荷载作用下的强度、刚度、稳定性进行虚拟仿真计算与实际加载试验，全面培养学生创新意识、团队合作精神和工程实践能力。历年竞赛成绩的取得充分体现了学生的创新能力及工程素养，也是对土木工程专业虚拟仿真实实践教学成果的检验（见图 3）。



图 2 学校土木工程智慧工地实践实训平台



图 3 学科竞赛与获奖

虚拟仿真技术在土木工程专业实践教学中的应用是高等教育改革的一项重大举措,也是未来实验教学改革发展发展的必然趋势。随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,虚拟仿真技术将在推动土木工程教育的数字化转型,在教学过程中不仅关注学生的专业技能培养,还注重培养学生的创新思维和综合能力。通过虚拟仿真环境下的实践操作和模拟分析,学生可以锻炼自己的问题解决能力、团队协作能力、创新能力等综合素质。这有助于培养具有创新精神和实践能力的综合型人才,为土木工程教育教学的发展注入新的活力。综上所述,虚拟仿真技术在土木工程专业实践中展现出了显著的应用成效,它安全性高、成本低廉,操作便捷,可重复性强,可增强学习的互动性与参与性,并且能够促进自主学习,使学科竞赛卓有成效。未来,随着技术的不断进步,虚拟仿真技术将在土木工程领域发挥更加重要的作用。

参考文献:

- [1] 刘培玲.应用型本科院校虚拟仿真实验教学体系构建的探索[J].大学教育,2018(8):18-20.
- [2] 孙金超,赵庆娟.材料力学实践中虚拟仿真技术的应用探讨[J].科技资讯,2023,21(17):214-217.
- [3] 李建厅,刘芳.虚拟仿真技术在中职电子技术教学中的应用探讨[J].农机使用与维修,2022(7):3.
- [4] 王凯英,廖明军.虚拟现实技术在土木工程教学中的应用探讨[J].中国现代教育装备,2010(21):2.
- [5] 郑卜源.虚拟仿真技术在高校土木工程实验教学中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2019(13):179.
- [6] 徐伟杰,徐明,郭彤,等.“金课”背景下土木类虚拟仿真实验教学发展趋势:基于2018年国家虚拟仿真实验教学项目共享平台公示数据[J].高等建筑教育,2020,29(1):74-85.
- [7] 何维均,陈泽军.有限元模拟技术在材料力学性能课程教学中的应用[J].中国现代教育装备,2022(1):3.
- [8] 左玉生.浅析国家级虚拟仿真实验教学平台建设:以东南大学为例[J].中国高校科技,2016(4):54-55
- [9] 顾展飞,孙庆珍,甘春景.虚拟仿真技术在土木工程测量实验教学中的应用研究[J].现代商贸工业,2021,42(11):3.

作者简介:蔡婷(1984-),女,中国陕西宝鸡人,博士,讲师,从事新型建筑结构体系、结构振动控制研究。

课题项目:西藏民族大学,2023年教学改革一般项目“虚拟仿真技术在土木工程专业实践教学中的探索与应用——以《工程结构抗震与防灾》课程为例”。