

数字化推动土力学实验教学改革与创新

梁 健

重庆大学 重庆 400044

【摘要】：数字化已成为高等教育改革的核心驱动力。作为连接土力学理论与工程实践的关键环节，实验教学的数字化转型不仅能够深化学生对理论知识的理解，更能有效培养其动手能力、知识迁移能力及工程素养，成为新时代土木工程人才培养的重要突破口。面对当前教育数字化浪潮，如何通过实验教学改革提升教学质量、强化学生自主学习能力、培养创新思维和解决复杂工程问题的能力，已成为土木工程专业建设的核心议题。本文以培养具备综合工程素质的创新人才为目标，聚焦教育数字化背景下的土力学实验教学改革。通过重构实验教学模式，以库仑 Geo5 虚拟实验模块为技术支撑，以数据驱动型分析为教学重点，构建了“虚实结合、数据赋能”的新型实验教学体系。

【关键词】：土力学实验教学；数字化；教学形式；库仑 geo5 虚拟实验模块

DOI:10.12417/2705-1358.25.19.038

1 前言

为深入贯彻党的二十大关于教育现代化的战略部署，切实落实立德树人根本使命，教育部于2023年颁布基础教育课程教学改革深化实施方案^[1]。在这一政策背景下，数字化技术赋能已成为推进土力学实验教学创新的核心路径。研究显示，通过构建“实体操作-虚拟仿真”双轨并行的实验教学模式，可有效解决传统教学中设备不足、高危实验开设困难等现实问题^[2]。

本文立足新工科建设需求，聚焦土力学实验教学中的三大痛点：教学内容滞后于工程实践、教学方法单一、教学资源分散。通过整合重庆大学信息平台、库仑 geo5 实验模块、重庆大学土力学实验室资源对土力学实验教学方法和教学模式上进行了改革探索，为培养具备工程实践能力和创新素养的复合型人才提供新思路。

2 数字化实验教学

数字化虚拟仿真技术是一种基于计算机系统的沉浸式交互技术。该技术通过三维建模、传感器网络和实时渲染等核心技术，构建具有多模态感知（视觉、听觉、触觉等）的虚拟环境，借助数据手套、力反馈设备等交互装置，实现用户与虚拟实体的自然交互，从而产生高度真实的临场体验。作为新一代人机交互界面技术^[3]，其发展历程可追溯至20世纪80年代，由美国VPL公司创始人Jaron Lanier首次提出概念原型，其技术雏形则源自更早期的军事模拟系统^[4]。

经过三十余年的发展演进，虚拟仿真技术已形成完整的产业生态链。在应用广度方面，该技术已从最初的军事训练（作

战模拟、装备操作）扩展到工业制造（飞机装配仿真、船舶虚拟建造）、交通运输（飞行模拟器、自动驾驶测试）、城市规划（数字孪生城市）、文化保护（文物数字化复原）等众多领域。特别值得关注的是，教育领域已成为该技术最具潜力的应用场景之一。研究表明，采用虚拟仿真技术的实验教学可使学习效率提升40%，设备使用成本降低60%^[5]。

数字化实验教学的本质是信息技术与实验教育的深度融合。其核心特征体现在三个方面：一是教学资源的数字化重构（将传统实验设备转化为可编程的数字模块）；二是教学过程的智能化管理（通过物联网技术实现实验数据的自动采集与分析）；三是教学评价的精准化实施（基于大数据的学习行为建模）。美国PASCO公司作为该领域的先驱，自1964年成立以来，已开发出涵盖物理、化学、生物等学科的完整数字化实验体系。其创新性的“传感器+云平台”解决方案，使得学生能够远程完成90%的基础实验项目^[6]。随着5G、人工智能等新技术的融合应用，数字化实验教学正朝着个性化、智能化、协同化的方向发展。

3 土力学实验教学改革探索

土力学实验作为土力学课程体系中的实践性教学环节，在工程教育中具有双重教学价值：一方面通过实验现象的直观观察促进理论知识的深化理解，另一方面借助实操训练培养学生的工程实践技能。这种理论与实践相结合的教学形式，已成为培养合格土木工程专业人才的关键培养路径。基于此，持续改进实验教学设计、创新教学方法与优化教学资源配置显得尤为

重要。本研究团队在土力学实验教学改革中进行了系统性探索，构建了如图1所示的“三维一体”实验教学框架体系。

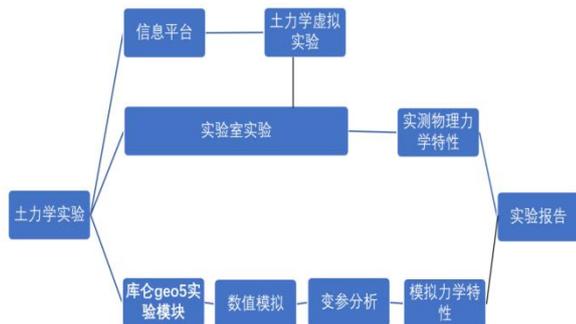


图1 土力学实验教改示意图

3.1 信息平台

3.1.1 建立网络化实验教学和实验室管理信息平台

重庆大学注重利用计算机技术提高管理水平和效率，最大限度地为学生提供良好的实验学习环境，拓宽学生的知识领域和实验教学空间，为教学活动开辟新的技术手段。早在网络技术出现之初，就依托校、院相关网站发布实验教学信息和通知公告等，信息平台建设开始起步。

建立了重庆大学土木工程实验教学中心网站，实现了网络化实验教学、实验教学网络化管理和网上多媒体辅助教学与创新实验管理等的全面信息技术化。为教师和学生创造优良的网上教学环境和提供了丰富的网上教学资源，供学生网上学习；

3.1.2 网络实验教学资源

(1) 开发了“测绘工程实验”、“土力学实验”、“结构工程实验仿真软件”等虚拟实验和仿真分析实验教学软件，并上网。拥有网络课程教学平台，提供大量的网络实验教学资源，供学生平时训练。

(2) 开发了建筑制图、结构工程试验、测绘工程实习、土工实验等课程的多媒体教学资源库、CAI课件、多种土木工程分析设计软件等教学软件并上网，配合实验教学进行网上学习和预习。

(3) 网络课程平台

提供大量的实验项目网上实验指导，网络课件、实验教学大纲、实验教学录像等网络实验教学资源。

3.1.3 网上辅助教学和网络化、智能化管理

中心网站利用现代网络技术信息量大、信息传递快捷等优势，对实验教学资源和实验室管理信息进行分类整理，借助网

络载体，构建了网上辅助实验教学平台和实验室管理智能化信息平台。

(1) 网上辅助实验教学平台

通过前台文档管理系统，系统管理员(实验室主任)可以随时更新中心系统，为学生上传丰富的学习资料；通过搭建网上交流系统平台，师生能够无缝交流讨论；通过在线学习系统，学生可以对课堂上的知识进行巩固和拓展；通过自我评测系统，教师随时随地发布测试题目，学生则随时随地测试自己对知识的掌握情况，并必须达到相关要求才能进入下一实验环节，为学生营造了较好的激励机制，有利于提高学生的学习兴趣；通过创新基金管理系统，可以方便地进行各类创新基金管理，学生可通过平台系统提出自己的创新思路和项目或一般想法，通过交流，有的就可成为很好的创新实验项目，有利于培养学生的创新能力。

(2) 实验室管理网络化、智能化

网站采用了前台展示与后台管理有机结合的组织体系，实现了文档管理、网上交流、在线学习、自我评测、创新基金管理、实验预约等多项功能及其功能之间的交叉、链接，浏览十分方便。

通过实验预约系统，本科生、研究生、教师甚至公共用户均可以预约实验，仪器设备利用率可大大提高，从而减少设备“拥堵”现象，给实验室管理和学生均带来了极大方便，实验室时间安排可达到理想的合理状态。

3.2 库仑 geo5 实验模块

库仑 geo5 实验模块支持土体颗粒分试验、击实试验、固结实验、三轴压缩试验(UU、CU、CD)、渗透实验等13种常规岩土体试验项目。支持自定义试验数据模板和出图样式，可匹配国标、欧标、美标等多种岩土室内试验要求。

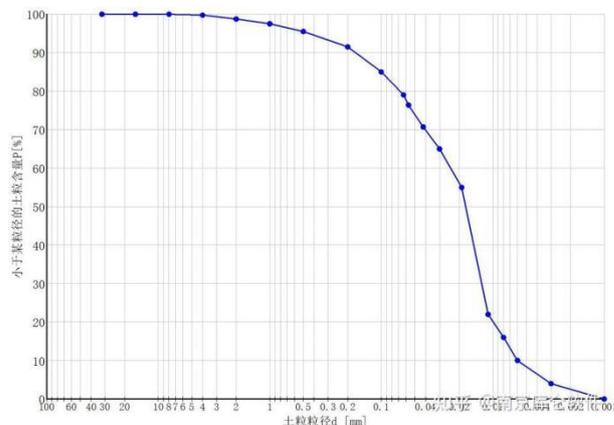


图2 土体颗粒试验曲线

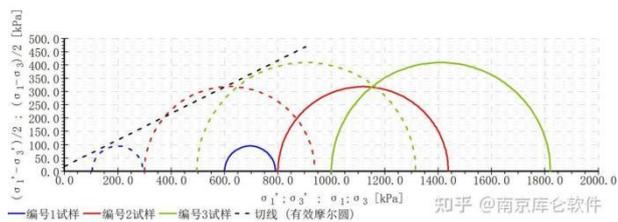


图3 三轴固结不排水试验(CU)

4 数字化实验教学的成效

土力学数字化实验教学平台的建设成效显著体现在人才培养、师资建设和教学模式创新三个维度。

4.1 学生能力提升

该平台通过虚拟仿真技术构建了方便安全的实验环境,使学生的平均实验操作时长提升。学生可在沉浸式环境中完成包括三轴剪切试验、固结试验等在内的15项核心实验项目。平台配备的智能设计系统支持个性化实验方案开发,近三年指导学生获得多项创新竞赛奖项。AI辅助学习模块的应用使自主学习效率提升,提高学生解决复杂工程问题的能力。

4.2 教师队伍发展

平台建设推动教师实现三重转型:教学能力方面,教师运

用平台数据进行精准教学;科研水平方面,基于平台数据发表多篇论文;团队建设方面,组建了跨学科教学团队。平台的远程协作功能使跨校区教研活动参与率提高。

4.3 教学模式创新

平台实现了四个转变:教学主体从教师转向学生(自主学习占比提高);教学方式从统一转向个性(支持7种学习路径);教学互动从单向转向多维(交互频率提升);教学资源从封闭转向开放。^[9]。

5 结语

基于“新工科”人才培养要求,针对当前土力学实验教学存在的短板,以数字化、信息化改造为突破口,整合虚拟仿真等前沿技术,实施土力学实验教学的系统性改革。虚拟仿真实验平台的引入有效解决了传统实验教学中的场地、设备等限制问题,学生实践能力测评优秀率显著提升。库仑 geo5 实验模块的教学应用,不仅深化了学生对土力学理论的理解,更使其数值模拟能力得到显著增强。采用线上线下混合式教学模式,学生网络自主学习时长显著增加,同时通过计算实验与实体实验的有机结合,有效培养了学生的工程创新能力和复杂工程问题解决能力。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部.基础教育课程教学改革深化行[EB/OL].(2023-07-04)[1024-3-14].
- [2] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2018.
- [3] 张瑞成,陈至坤,王福斌.学科竞赛内容向大学生实践教学转化的探讨[J].实验技术与管理,2010,27(7):130-132.
- [4] 陈天虹,文献民,葛龙威,等.依托学科竞赛培养学生的实践创新能力[J].浙江科技学院学报,2008,20(2):136-138.
- [5] Benjamin K. Digital Experiments in Higher Education—A “How to” and “How It Went” for an Interactive Experiment Lecture on Dental Materials[J]. Education Sciences, 2021, 11(4): 190-190.
- [6] Ricardo Trumper; Moshe Gelbman. Investigating power, work and effective values in an AC resistive circuit through a microcomputer-based laboratory[J]. Physics Education, 1997(6).
- [7] 杜德权,卢永琴.虚拟仿真平台在工程管理专业实验教学中的应用[J].科技经济市场,2022(8):100-102.
- [8] 翟明,姜宝成,宋彦萍,等.基于虚拟仿真平台的能源动力类本、研一体化实验教学与管理实践[J].实验室研究与探索,2020,39(5):187-192.
- [9] 许丽,王鸿鹏,高振元,等.综合性高校虚拟仿真实验教学项目群建设初探[J].实验室研究与探索,2021,40(12):187-190.