

土工试验虚拟仿真平台建设探索

孙文静¹, 卢天豪², 陈皓杰², 罗亚非², 秦爱芳²

(1. 东华大学 环境科学与工程学院, 上海 201620;

2. 上海大学 力学与工程科学学院, 上海 200444)

摘要: 土木工程专业的课程学习具有基础性和实践性强的特点, 实验教学是这些课程教学中必不可少的实践性环节。为此, 需要探索一种新的实验教学模式。土工试验虚拟仿真教学平台的开发基于互联网+理念, 融合土木专业知识以及现代信息技术。平台不仅涵盖了教材或土工试验方法标准中的土工试验内容, 还与时俱进地融入科研性试验元素, 如仪器的研制及功能的开发, 做到了科研实验操作方法的有效传承及科研反哺教学的有效践行。同时, 该平台具有量化考核的功能, 可辅助教师评估学生的试验掌握情况。基于该虚拟仿真平台的教学构建了土工试验综合性、设计性、创新性的教学新模式, 改善了传统土工试验教学形式单一、事倍功半、学生主体性发挥不足等诸多状况, 拓展实验教学内容的广度和深度, 延伸实验教学的时间和空间, 是对理论教学和实验室现场教学的有益补充。

关键词: 虚拟仿真; 互联网+; 土工试验; 实验教学; 科研反哺教学; 两性一度

中图分类号: N33; G482; X921

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2021)04-0232-05

Development of Virtual Simulation Platform for Geotechnical Experiment

SUN Wenjing¹, LU Tianhao², CHEN Haojie², LUO Yafei², QIN Aifang²

(1. College of Environmental Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. School of Mechanics and Engineering Science, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: The course learning of civil engineering specialty has the characteristics of strong professionalism and practicality, and the experimental teaching is an essential process. Therefore, it is necessary to explore a new experimental teaching mode to solve and alleviate these existing problems. Based on the concept of Internet +, the virtual simulation platform for geotechnical experiment is developed integrating the professional knowledge in civil engineering and modern information technology. The platform covers not only the content of geotechnical test in textbooks or geotechnical test specifications, but also integrates scientific research experimental elements, such as experimental equipment and instrument function development, and achieved the effective inheritance of scientific research experiment operation method and the effective practice of scientific research feedback feeding teaching. At the same time, the platform has the function of quantitative evaluation, which can assist the teacher to evaluate the students' experimental abilities. Based on the virtual simulation platform, a new teaching mode of comprehensive design and innovation for geotechnical experiments is constructed, which improves many situations of traditional geotechnical experiment teaching such as single form, less effective and insufficiency of students' subjectivity. Moreover, the platform is a useful supplement to theoretical teaching and on-site laboratory teaching, expanding the breadth and depth of experimental teaching content, and extending the time and space of experimental teaching.

Keywords: virtual simulation; internet +; geotechnical experiment; experiment teaching; scientific research feedback teaching; high-level, innovation and challenge

近年来,随着科学技术的迅速发展以及土木工程绿色可持续发展概念的提出,新材料、新工艺、新技术逐渐被挖掘探索^[1],对学生的专业能力提出了更高的要求。土木工程专业课程具有基础性和实践性强的特点,实验教学是这些课程教学中必不可少的实践性环节^[2]。目前该专业的实验教学普遍存在诸多方面问题:

实验教学资源应用方面:(1) 学生多与设备少、空间受限间的矛盾,实验教师需多次重复教学任务;(2) 部分实验需要的时间较长,但对应的实验课时较少,影响实际教学效果;(3) 有些实验内容常采用演示教学的方式,不利于学生对实验原理和过程的掌握和理解;(4) 传统课堂授课模式易受外界环境因素的影响,如受到 2020 年初爆发的新型冠状病毒疫情影响,众多高校推迟开学,导致传统教学模式的实验课程无法正常开展,学生无法到实验室进行实际操作,在一定程度上弱化了学生对实验原理和内容的理解,影响了课程学习的效果。

传统实验育人水平方面:(1) 教师很难准确把握每位学生实验环节的掌握情况;(2) 实验教学安排滞后于理论教学,或理论授课结束后再进入实验环节,且实验教学内容相对独立,对于初学者而言难以清晰地发现试验与试验间、试验与理论课间的内在联系,缺乏全局观^[3],处于被动的学习状态,更难培养学生的创新性思维;(3) 在传统实验教学过程中,教学内容较为固定,多集中于教材或土工试验方法标准^[4]中的实验内容,即使引入研究性试验,操作步骤大多依靠课题组的口口相传,缺少系统性的传承;(4) 传统实验教学形式以及方法较为单一,难以满足实验教学对创新的需求,也很难引起学生的兴趣和探索欲。这在一定程度影响到学生对实验的熟练操作以及对学生实验创新能力的培养^[5]。为培养学生的创新能力,提高学生的综合素质,需要将科研、创新性元素融入实验教学,增开一些综合性实验项目^[6]。

综上,针对高校实验教学资源应用以及传统实验育人水平方面普遍存在的诸多问题,需要探索一种新的实验教学模式解决、缓解现有的一些问题。近年来,虚拟仿真技术作为一种新的认识工具极大地改变了传统的认识方法,变革了科学试验方式,扩大了认识领域,其相关技术在工程施工领域、建筑结构安全分析已经得到了较为广泛的运用^[7-8]。虚拟仿真教学技术能够通过虚实结合^[9]、优势互补的方式逼真地模拟出现实世界中的事物和环境,使操作者能够沉浸式地融入这种环境中亲自去操作控制^[10-11]。将虚拟仿真技术与实验教学进行结合充

分实现了将多媒体、虚拟现实、网络通信等技术手段应用于教学任务中,使虚拟实验操作与实际实验操作形成互补的整体,更加直观、生动地为学生展示实验原理及具体操作过程,提供较好的学习体验。同时,虚拟仿真实验教学具有效率高、成本低、可操作性强、不受空间、时间的限制^[12]等特点,对于一些现实中难以完成以及耗时较长的试验,虚拟仿真系统具有明显的优越性^[13]。已有专家学者对基于虚拟仿真技术的实验教学进行了初探^[2-3,9-13]。目前,基于虚拟仿真技术的实验教学多限于对实验过程进行操作。

对于虚拟仿真技术的应用,应根据高等教育的发展探讨其新的建设理念和实施路径。为此,研发了土工试验虚拟仿真教学平台,将虚拟仿真技术应用于土木工程的实验教学中,开发具有高阶性、创新性和挑战度的虚拟仿真实验教学内容,再将虚拟仿真实验资源整合在统一的实验平台上,达到高效管理共享的目标,使实验安排更加灵活。依托土工试验虚拟仿真教学平台的实验教学,在一定程度上改变了传统教学模式形式单一、事倍功半、学生主体性发挥不足等诸多状况,缓解了上述提及的实验教学矛盾。同时,还实现了虚拟仿真实验教学可量化考核的功能,拓展了虚拟仿真技术的实施路径,是对传统土工试验教学的有益补充和创新探索。

1 土工试验虚拟仿真平台功能介绍

平台主要面向三种用户角色,学生/教师/系统管理员。在登录界面(见图 1),输入“账号”与“密码”,进入平台。图 2 为虚拟仿真平台的系统操作页面,该图为管理员操作页面,左侧菜单栏一共有九个操作项目,分别为虚拟仿真实验、教学视频、土工试验学习测试、拓展性试验学习测试、教学管理、运营管理、系统管理、系统监控以及系统工具。学生角色的操作页面显示前四个操作菜单,教师有前六个项目的操作权限。



图 1 用户认证登录页面

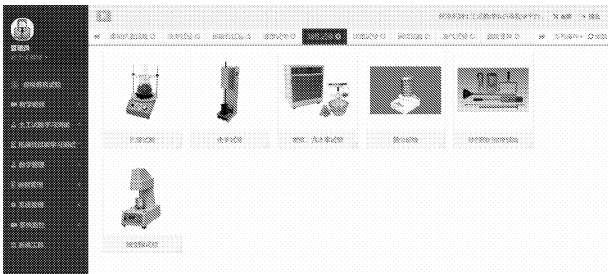


图 2 平台操作页面

1.1 学生端

教学视频模块包含物性试验、渗透试验、变形试验、强度试验以及拓展性试验。其中物性试验包括土粒比重试验、击实试验、密度和含水率试验、颗粒分析试验、砂的相对密度试验和界限含水率试验；渗透试验包括常水头渗透试验、变水头渗透试验和渗流模型试验；变形试验包括固结试验、湿陷试验、膨胀试验、收缩试验和设计性试验；强度实验包括无侧限抗压强度试验、直接剪切试验、三轴压缩试验和设计性试验；拓展性实验包括 3D 打印、渗气试验、滤纸法测吸力试验、压力板法测吸力试验和相对湿度法测吸力试验。

点击操作页面左侧菜单栏中的“教学视频”，选择所要学习的试验种类，点击所需学习的试验项目，开始教学视频播放。教学视频中除包含教材或土工试验规范中的试验内容，还融入了科研元素，如研制的实验仪器的操作、开发的仪器功能及示范，增加了 3D 打印、吸力测试、渗气测试等内容，做到了科研试验操作方法的有效传承及科研反哺教学的有效践行。平台具有可拓展性，通过后台管理，增加试验内容。

“土工实验学习测试”中包含实操训练、数据处理和答题环节。以“变形实验”中的“固结实验”为例，首先进行实操训练。按照教学视频中的实验操作步骤，首先称重，接着学生点击鼠标拖动固结盒组件进行组装，如果顺序错误会出现提示，如图 3 所示。实验数据处理分三部分，如图 4 所示。第一部分为实验操作视频，该视频中包含实验原始数据特写；第二部分为帮助栏，提示数据处理中所应用的公式；第三部分为实验数据处理，学生需从实验视频中读取原始数据，并进行数据处理，系统会对填写的数据进行校验。遇到数据量大的情况，还可以通过下载 Excel 模板，进行线下数据处理，最终导入处理好的 Excel 文件。完成实验数据处理后，点击进入答题环节，进一步巩固对知识点的掌握。答题环节，见

图 5，主要为学生补充了一些实验教学与数据处理中没办法传达的知识点。通过上述流程，学生能够对实验的每一个步骤有深入理解和清晰认知。

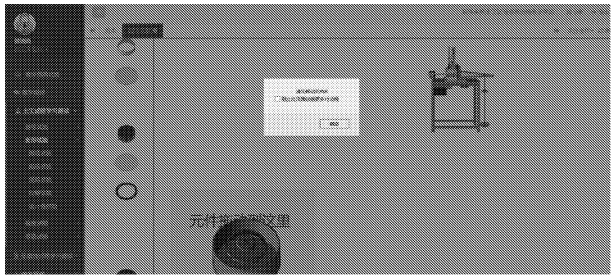


图 3 仪器组装操作



图 4 数据处理界面



图 5 平台答题环节

1.2 教师端

教师端比学生端增加了“教学管理”模块与“运营管理”部分模块权限。图 6 显示了教学管理模块的部分内容。教师可通过操作页面左侧菜单栏“教学管理”中的“实验作业”功能，查看学生实验数据处理的完成情况，也可通过“考试管理”中的“批改试卷”功能查看学生成绩。同时，后台可根据学生答题情况，统计易错题，对今后的教学具有指导意义。另外，教师可通过“考试管理”中的“题库管理”功能添加题目，进行题目组合，随机生成试卷，见图 7。

“运营管理”模块共有三个选项卡，分别为“实验教学”、“实验展示”以及“实验数据”。教师可以通过“实验教学”添加实验视频，并在“实验展示”和“实验数据”中设置实验数据参数的正确值和允许误差。通过确认学生的数据处理是否在误差允许范

围内以及统计学生题目对错分布,教师能够对本次实验的教学效果进行准确评估,了解学生是否完全掌握该实验知识点,并对学生不熟练的方面进行及时的讲解和补充^[14]。对于教师而言,在虚拟仿真教学过程中可促进自身对专业知识进一步理解,更好地进行科教融合^[15]。



图 6 教学管理模块



图 7 试卷管理页面

1.3 管理员端

管理员还有“运营管理”、“系统管理”、“系统监控”和“系统工具”的操作权限。“运营管理”的主要功能是添加实验视频,确定数据处理时需要读取的数据,设置后台正确值和允许误差。“系统管理”可管理用户账号、角色、岗位、菜单配置、数据权限等,如图 8 所示。“系统监控”可监控系统,便于调查系统的运转情况,提高系统的安全性。



图 8 系统管理模块

2 平台研发的理念与亮点

2.1 以学生为中心,培养创新意识和创新精神

虚拟实验平台的搭建始终坚持以学生为教学过

程的中心和主体,将实验视频学习、仪器虚拟组装、试验进程中原始数据的视频读取及数据处理环节有机融合,优化实验教学内容和方法。平台将整个土工试验串联成一个整体的系统,让学生对土工试验框架有个全局概念,让同学们先一步了解到实验的现象与过程。

实验内容丰富,项目设置灵活多样,利用现代信息技术,采用虚实结合的教学方法,建立问题驱动的教学模式,寓教于乐^[16-18]。在平台的使用过程中,以“问题”为线索,鼓励学生自主探索,积极提出问题、分析问题,经过自我学习与探索后解决问题,不仅加深了对学科相关理论知识的认知,也极大程度激发了学生自主学习的热情。

2.2 融合虚拟仿真技术、互联网+技术的辅助教学模式

平台打造互联网+教学模式,基于互联网的开放、实时、互动特点,构建了具有真实性、即时性、可视性、可操作性、可反复性、可交互性的虚拟仿真教学平台。共享平台的模式拓展了教育本来的物理空间,强调交互式学习,增强了师生间、学生间、学生与互联网的互动。实现了教学资源的共享、提升了教学资源利用效率。

借助国家虚拟仿真实验教学项目共享平台(IL-AB-X.com)的实验教学项目进行线上实验教学,提高了教学效率,达到“他山之石,可以攻玉”的效果。同时,针对一些真实实验不具备或难以完成的实验如环境复杂、操作不可逆、建设成本高、危险性和破坏性较大的实验,研发具有高阶性、创新性和挑战度“两性一度”的虚拟仿真实验教学内容,嵌入土工实验虚拟仿真教学平台,拓展了实验教学的维度^[19]。

2.3 教学过程量化考核

平台突破了传统实验教学考核难以过程化考核^[20]的难题,通过互联网辅助教学的方式,设置了问答环节、交流讨论环节、挑战答题环节和数据处理环节等,可督促学生完成数据处理及问卷答题,实现了网络虚拟教学可量化对学生学习情况的考核。建立课堂考勤、课堂互动交流、实体实验操作、互联网+虚拟仿真学习与实验数据处理、平台量化评分的全方位教学评价机制,辅助教师评估学生对实验的掌握情况。

2.4 对接新工科人才培养要求,注重科研反哺教学

为满足新形势下对工程专业人才培养的要求^[21],对接新工科人才培养的目标和要求^[22],平台

的建设注重学科交叉和科研反哺教学。将国家战略需求与前沿科技融入教学,注重学科交叉,开展土木工程与地质、环境、生物、信息科学的融合教学,研发具有“两性一度”的土工测试实验虚拟仿真实验教学内容,并嵌入土木工程实验虚拟仿真教学平台,探索新工科人才培养新模式。

利用虚拟仿真实验平台的形式,紧密结合教学与科研,将科研理念、成果及方法融入实验教学^[23],不仅提高了教学质量和教学层次,同时也与时俱进地向本科生和研究生展示了最新的科研成果,加强了学生们对学科发展现状及发展趋势的认知,培养了学生对科研的兴趣,提高了学生的综合素养和创新能力。平台持续补充试验内容,除满足本科与研究生的实验教学外,还可为科研助力,将科研实验操作方法通过虚拟仿真的手段有效传承,高校教师可将为学生进行入门试验指导的精力转向确定学生的科研方向、制定试验方案等。

2.5 平台搭建的可拓展性

平台具有可拓展性,既适应了当前虚拟仿真实验建设要求,又考虑到土木工程绿色可持续发展的要求,通过平台的系统管理模块及硬件的后续开发^[24]可实现后续实验资料的添加与更新。

基于土工实验虚拟仿真实验教学平台进行拓展性建设,可将平台由面向土工测试实验扩展到包含结构实验和现场测试实验的大土木意义上的虚拟仿真实验平台,可提高平台研发的效能。

3 总 结

(1) 基于互联网+理念,采用“模块”化思想设计单体试验,构建了具有可视性、可操作性、可反复性、可交互性、可拓展性的土工试验虚拟仿真教学平台。

(2) 平台融合了土木专业知识以及现代信息技术,将科研理念、成果及方法融入实验教学,做到了科研实验操作方法的有效传承及科研反哺教学的有效践行。

(3) 平台建立了互联网+虚拟仿真学习与实验数据处理、平台量化评分的全方位教学评价机制,是对理论教学和实验室现场教学的有益补充。

(4) 平台拓展了实验教学内容的广度和深度,延伸了实验教学的时间和空间,是实验教学改革的创新实践。

参考文献:

- [1] 唐泽明. 浅谈土木工程中的绿色施工和可持续发展[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(25): 106.
- [2] 孙文静, 刘珂, 张孟喜, 等. 互联网+虚拟仿真在土力学实验教学中的应用初探[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(1): 181-185.
- [3] 高晨阳, 张小平. 大学物理实验翻转课堂的组织与设计[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2019, 33(4): 116-119, 128.
- [4] 土工试验方法标准: GB/T 50123—2019[S]. 北京: 中国计划出版社, 2019: 483-685.
- [5] 闫红叶. 大学物理实验多元化考核方式分析[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2018, 34(6): 14-16.
- [6] 郑阿群, 张军杰, 孙杨, 等. 化学实验教学改革与科研创新能力培养[J]. 实验室科学, 2018, 21(6): 138-140.
- [7] 杨振威, 任克彬, 谭亚可. 洹河石拱古桥运营期结构安全仿真分析[J]. 水利与建筑工程学报, 2020, 18(4): 87-93.
- [8] 杜志达, 王奉金, 刘运鹄. 考虑入仓口因素的碾压混凝土坝面施工仿真研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2019, 17(4): 172-175, 181.
- [9] 明仲, 蔡茂国, 朱安民, 等. 虚实结合建设高水平虚拟仿真实验教学中心[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(11): 146-150, 165.
- [10] 贺占魁, 黄涛. 虚拟仿真实验教学项目建设探索[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(2): 108-111, 116.
- [11] 马登成, 张新荣, 胡永彪, 等. 工程机械虚拟仿真实验教学中心体系建设[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(4): 143-146, 183.
- [12] 韩晓敏, 李建颖, 王文忠. 虚拟仿真实验教学项目的建设与应用[J]. 实验室科学, 2020, 3: 186-188.
- [13] 李俊梅, 乔雅欣, 程樟, 等. 虚拟仿真在建筑环境专业本科实验教学中的实践[J]. 教育教学论坛, 2020, 43: 388-389.
- [14] 刘芳, 林琳, 肖红, 等. 基于虚拟仿真实验平台的课程教学模式研究——以教育技术专业实验为例[J]. 教育教学论坛, 2020(33): 389-390.
- [15] 王薇, 夏斯涵, 胡春. 基于虚拟仿真技术的绿色建筑实验平台研究——以安徽建筑大学建筑设计虚拟仿真实验教学项目为例[J]. 创新与创业教育, 2020, 11(5): 62-67.
- [16] 叶建华, 曾寿金, 黄卫东. 装备制造及自动化虚拟仿真实验教学体系建设[J]. 福建工程学院学报, 2019, 17(4): 403-408.