

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2018.06.027

欢迎按以下格式引用:陈剑为,田君华,陈曦,等.土力学虚拟仿真实验模块的开发与建设[J].高等建筑教育,2018,27(6):155-160.

土力学虚拟仿真实验 模块的开发与建设

陈剑为,田君华,陈曦,仪萍,陈立宏,周长东

(北京交通大学 土木工程国家级实验教学示范中心,北京 100044)

摘要:随着信息化技术的快速发展,虚拟仿真技术在许多领域得到了应用。传统的土木工程实验教学受时间和空间、人力和物力等方面限制,教学效果受到影响。在实验教学过程中结合使用虚拟仿真技术则能够有效解决教学中的问题。以北京交通大学土木工程虚拟仿真实验室的建设为例,采用公司开发和学生自主研发相结合的方式,实现土力学虚拟仿真实验模块的系统化建设。在土力学教学中,采用虚实相结合的方式,可有效弥补真实土力学实验的各种局限,提高土木工程实验教学质量 and 效果。

关键词:土木工程;土力学;实验教学;虚拟仿真;虚实结合

中图分类号:G642.423;TU43

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2018)06-0155-06

虚拟仿真技术是借助计算机生成虚拟系统来模仿另一个真实物理系统的技术,该技术具有沉浸性、交互性、虚幻性等基本特性。根据所依赖的硬件条件,虚拟仿真技术又可分为PC端虚拟仿真技术和具有可穿戴设备的虚拟现实(VR)技术。虚拟仿真技术通过对数据实现可视化和多维表达、智能化分析模型、真实模拟环境特性、提供多种交互,手段已日臻完善,并在不同领域得到了不同程度的应用,如道路桥梁、建筑工程、油田矿井、水利电力等工程领域。

在土木工程领域,虚拟仿真技术的应用也取得了飞跃式的发展,大到工程的规划、施工,小到模型试验、教学研究等方面,都开始引入虚拟仿真技术。例如,西南交通大学很早便将虚拟仿真技术应用于铁路选线,并于2012年正式设立虚拟仿真试验中心,实现了土木工程全部8个专业方向和6个学科的覆盖^[1];北京工业大学也很早便成立了国家级虚拟仿真实验教学中心,并在虚拟实验项目的建设方面坚持“虚实结合、相互补充、能实不虚”^[2]。近年来,为克服自身物理实验条件的局限性,提升实验教学国际化水平^[3],北京交通大学也开始重视土木工程虚拟仿真技术,建立了土木工程虚

修回日期:2018-01-18

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划资助项目

作者简介:陈剑为(1996—),男,北京交通大学土木建筑工程学院科研助理,主要从事地下岩土方向的研究,(E-mail)15231093@bjtu.edu.cn;(通讯作者)陈曦(1977—),男,北京交通大学土木建筑工程学院教授,博士,主要从事计算岩土力学、特殊岩土力学、岩土工程风险方面的教学和科研,(E-mail)chenxi@bjtu.edu.cn。

拟仿真实验室,开发了包括常规土力学实验模块、非饱和土力学实验的虚拟仿真模块、建材模块、混凝土构件受力模块、混凝土结构模块、大跨度屋盖结构与超高层结构绕流风场模拟模块、车辆过桥及桥梁冲击试验动力仿真模块,以及包括隧道+地铁典型施工工法的VR模块和道路铁道工程实习现场(青龙桥人字形铁路)VR模块在内的多个虚拟仿真实验模块,并将其应用于土木工程实验教学、现场实习和培训等多方面。本文主要以北京交通大学土力学实验模块开发和建设为例,对土木工程中应用虚拟增强现实技术的意义、土木工程领域虚拟仿真技术的应用及特点进行介绍,以期对同类高校土木工程虚拟仿真实验建设提供借鉴。

一、土木工程领域应用虚拟仿真技术的意义

土木工程是一门实践性很强的学科,在其发展历程中,工程实践和实验研究起到了重要的作用。实验教学的目的是为学生创造一种科学探索和研究的环境,引导学生将理论知识与工程实践相结合,培养学生的动手操作能力,提高学生的专业素养,激发学生对土木工程专业知识学习的兴趣。但传统的实验教学由于自身特点及其存在的一些问题,限制了实验教学的实际效果。在多媒体技术和计算机技术飞速发展的今天,虚拟仿真技术因其投入成本小、易操作、适用范围大等优点开始进入土木工程实验教学领域,成为实验教学的辅助手段。由于虚拟仿真实验具有现实意义,“虚实结合”的实验教学理念已经逐渐被广大土木工程教育工作者所接受^[4-6]。

(一) 为高校资源紧张提供解决方案

在高校传统土木工程实验教学中,存在的一个突出问题就是学生人数众多、实验资源不足。在时间上,土木工程专业知识较多,课业较为繁重,基础课堂教学压力很大,以致实验教学安排时间紧张而不灵活。在空间上,一方面,土木工程实验设备数量较多、体量较大,占用空间也大,同时高校普遍实验场地有限,没有能力提供过多的空间。此外,土木工程现场实验尤其是与大型工程相结合的实地考察实验,场地要求比较严格,存在人为的不可控因素,无法保证每一个学生都能进入场地参与实验。

综合以上因素,针对传统土木工程实验中的时间和空间限制,将虚拟仿真技术引入实验教学领域成为一个重要的解决方案,以有效缓解高校在实验教学经费、设备和场地等方面的压力。通过引入虚拟仿真实验,虚实结合,使学生在足不出户的情况下了解实验和开展实验,提高了实验教学的灵活性和自由性,降低了实验教学的成本和危险性。

(二) 实现实验手段和现场实习等教学模式的多样化

传统的实验教学模式和实验手段比较单一,而“虚实结合”可使学生先进行虚拟仿真实验练习,了解实验的各个环节,根据虚拟试验结果为学生提供定制实验操作手册,对学生在虚拟实验过程中的易错点进行提醒和强调,为提高后续实际物理实验的成功率提供保障。

虚拟仿真实验为传统土木工程实验教学增添了一种崭新的形式,促进了实验教学模式、实验手段、现场实习的多样化发展。由于虚拟仿真实验具有趣味性高等多种优点,能够激发学生的学习兴趣,提高教学质量和效果,其发展和应用前景值得期待。

二、虚拟仿真技术在土木工程教学中的应用及特点

(一) 在课堂教学中的应用

随着信息化技术的不断发展和深入,教育信息化受到国家的高度重视^[7]。作为一所以培养复合型人才为宗旨的学校,北京交通大学土木建筑工程学院在课堂教学中应用虚拟仿真技术进行了一些探索,通过完善平台建设,实现虚拟仿真技术的系统化和网络化。目前,土木工程国家级实验教学示范中心成立了虚拟仿真实验室,建立了专业的虚拟实验管理平台,开发了“平台+模块”的课程体系,开设多门虚拟仿真实验课程,实现虚拟仿真实验课程的网络化,考核和成绩评定的客观化。

在施工技术等课堂教学中引入虚拟仿真技术,能够使学生更为直观地了解桥梁隧道等工程的施工过程,了解不同施工工法的主要特点和差别。在土力学教学中引入虚拟仿真技术,能够使学生了解直剪试验和三轴试验过程中土体的剪切破坏情况,挡墙位移墙后土压力达到主动或被动土压力的条件,以及地基达到不同剪切破坏时的视觉状态。而对上述知识点,传统的板书或多媒体Powerpoint都不能以空间场景的形式进行展示。

(二) 在虚拟仿真实验中的应用

虚拟仿真技术为用户创造了一个反映实体对象的三维虚拟场景,基于虚拟仿真技术能够开发各种虚拟仿真实验来实现教学目的^[8]。

土木工程学科需要开设若干实验课程,如土木工程材料、测量学、材料力学、工程结构试验和土力学等,受时间、空间、人力和物力等条件的限制,往往难以保证物理实验教学的质量和效果。虚拟仿真实验作为物理实验的必要补充,可以很大程度弥补物理实验的不足作为物理实验的必要补充。可以预见,不久的将来,物理实验与虚拟仿真实验可以结合起来作为一门实验课程。或者对没有条件开展物理实验的课程,虚拟仿真实验可以单独作为一门实验课程,单独进行教学和考核。

(三) 在现场实习中的应用

土木工程现场实习是本科阶段非常关键的实践环节,现场实习的效果和质量对专业人才培养质量具有直接的影响。土木工程某些现场不具备参观或实习的条件,或者不具备近距离观察和学习的条件,以致影响实习效果。笔者曾带领土木工程专业学生到北京近郊某铁路隧道进行参观和实习,一两百学生同时进行实习,可能只有前面的学生能够较好地了解隧道的情况和教师讲解的内容。尽管虚拟仿真场景不能完全取代现场实习,但每个学生可以通过在线学习全方位地了解实习内容,并根据每个学生自身需要学习不同的知识点。

(四) 在培训中的应用

与虚拟的土木工程现场实习相类似,虚拟仿真技术在土木工程培训(如土木工程安全培训和逃生培训)中也具有重要的应用价值。虚拟仿真培训不受限制,只有通过培训方可允许开展后续物理实验等工作。

可见,虚拟仿真技术或实验具有四方面的主要特征:(1)互动式三维动画场景。以互动式三维动画为主,辅以视频、图片、文字等功能。(2)不受时间和空间限制的特性。学生可以根据自身需

要,在任意时间和地点在线进行虚拟仿真实验。(3)不受人力和物力限制的特性。虚拟仿真实验可由教学模块和考核模块组成,不受教师的干预;实验可以反复进行,没有实验物品和设备的损耗。(4)集寓教于一体的特征。基于 Unity3D 游戏软件开发开发的虚拟仿真实验辅以部分娱乐功能,能够有效激发学生学习的兴趣,提高学生学习效率和质量,使学生从被动学习转变为主动学习。

三、北京交通大学土力学虚拟仿真模块的开发和建设情况

北京交通大学土木工程国家级实验教学示范中心设立了土木工程虚拟仿真实验室,并申请了专项经费用于虚拟仿真实验室的建设,主要购置 PC 端虚拟仿真实验所用的计算机和服务器、VR 硬件设备,以及用于覆盖多个学科的虚拟仿真实验模块的研发。虚拟仿真实验模块的开发采用委托公司开发实验模块和师生自主研发实验模块两种方式。

(一) 课程管理平台建设情况

向公司采购课程管理平台,由公司主要负责整个平台的运营以及相关模块的改善。购置的课程管理平台经过长时间的使用和完善,可实现对虚拟仿真实验模块的高效管理。学生可以根据自身情况在线学习,或在线开展实验,或在线进行实验课程测试;教师可以在线设立课程,对学生选课情况和考核情况进行统计。

(二) 土力学实验模块建设情况

虚拟仿真实验室部分实验模块仍委托公司进行开发,而其他模块采用自主研发的形式,通过本科生大学生创新创业项目、研究生科研项目或实验教学示范中心开放课题等方式来完成实验模块的自主研发任务。虚拟仿真技术不同于有限元等数值模拟分析技术,有限元等数值模拟分析技术具有更高的使用自由度和科研功能,要求使用者具备更加扎实的基础知识^[9]。虚拟仿真技术相对简单,即使是本科生也很容易上手。虚拟仿真项目的开发主要采用三个基本工具:一是采用 3D Max 等软件进行几何建模;二是 3D Max 建立的几何模型导入 Unity3D 进行虚拟仿真场景开发;三是采用 C#等语言进行功能开发。学生通过自主学习软件和开发语言,结合土木工程专业知识,从学生和教师角度开发实验模块。通过实验项目开发训练,学生的专业知识和科研能力都得到了显著的提升。

所开发的土力学虚拟仿真实验模块分为常规土力学模块和非饱和土力学模块。根据土木类专业学生必修课程土力学原理课程大纲^[10]和土力学实验课程大纲,常规土力学模块主要包括常规三轴实验、直剪实验、一维压缩实验、一维固结实验、土的渗透特性实验和土的压实实验等。图 1 为学生开发的一维压缩实验模块流程图。该模块包括学习模块和考核模块两大模块。学习模块部分主要包括实验室场景漫游、常用土力学仪器认知以及一维固结实验初步认知。而考核模块则是在学习模块的基础上加入评分机制。图 2 分别为学生和公司研发的土的一维压缩实验场景图。场景中具有一维压缩实验所需要的土样、仪器和工具。非饱和土力学模块用于研究生教学,主要包括土水特征曲线量测实验、土柱降雨入渗实验和非饱和土三轴试验。通过研发针对本科生的常规土力学虚拟仿真实验模块,以及针对研究生的非饱和土力学虚拟仿真实验模块,学生的专业水平和科研能力都得到显著提升。

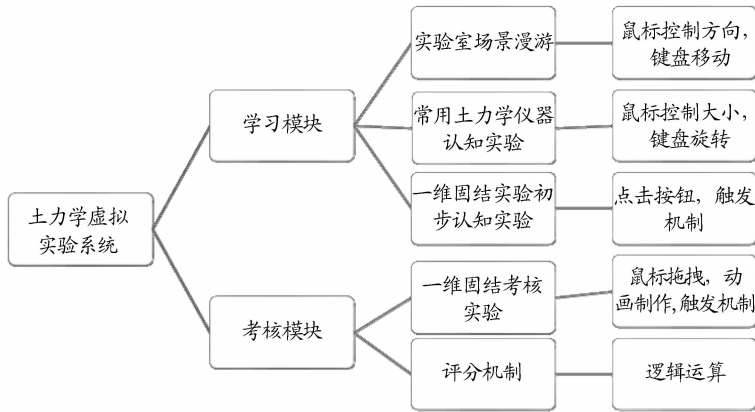


图1 一维压缩实验模块流程图

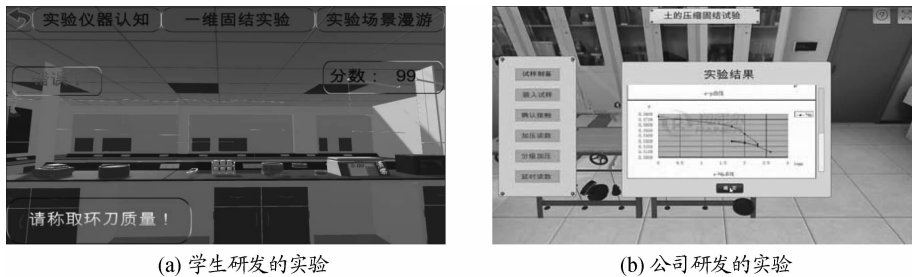


图2 一维压缩实验场景图

四、结语

包括土力学实验教学在内的传统土木工程实验教学模式受时间和空间、人力和物力等方面的限制,实验教学的效果和质量往往难以得到保障。虚拟仿真技术具有互动式三维动画场景、不受时间和空间限制、不受人力和物力限制,并集娱教于一体等特征,能够应用于土木工程课堂教学、虚拟仿真实验、现场实习和培训。本文以北京交通大学土木工程虚拟仿真实验室的建设为例,详细介绍了土力学虚拟仿真模块的开发和建设情况,阐述了实验教学中“虚实结合”的重要性,对高校土木工程虚拟仿真实验建设具有积极的作用。

参考文献:

- [1] 易思蓉, 聂良涛. 基于虚拟地理环境的铁路数字化选线设计系统[J]. 西南交通大学学报, 2016, 51(2): 373-380.
- [2] 李炎锋, 杜修力, 纪金豹, 李振宝. 土木类专业建设虚拟仿真实验教学中心的探索与实践[J]. 中国大学教学, 2014, (9): 82-85.
- [3] 陈曦. 新加坡土木工程高等教育国际化的主要做法及启示[J]. 高等建筑教育, 2011, 20(4): 11-15.
- [4] 王淑婧, 贺行洋, 邹貽权, 石峻峰, 梁正伟, 张辉. 绿色建筑虚拟仿真实验教学中心建设思考[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(6): 134-137.
- [5] 杨建华, 姚池, 刘成林, 蒋水华, 李火坤. 水利工程虚拟仿真实实践教学探索[J]. 高等建筑教育, 2017, 26(5): 134-137.
- [6] 王淑婧, 贺行洋, 邹貽权, 张晋, 石峻峰. 土建类虚拟仿真实验教学资源持续建设与实践[J]. 高等建筑教育, 2017, 27(5): 159-165.
- [7] 毕晓茜. 虚拟仿真技术在土木工程类本科实验教学中的应用[J]. 当代教育实践与教学研究, 2015(7): 15-16.

- [8]李金龙. 论虚拟现实技术在土木工程中的应用与发展[J]. 河南水利与南水北调, 2013(12):51-53.
- [9]陈曦. 土力学基本理论和概念的教学技法探讨[J]. 华中科技大学学报:社会科学版, 2014(28):185-188.
- [10]赵成刚, 白冰, 等. 土力学原理[D], 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2004.

Development and construction of virtual simulation experimental module of soil mechanics

CHEN Jianwei, TIAN Junhua, CHEN Xi, YI Ping, CHEN Lihong, ZHOU Changdong

(Civil Engineering Experimental Center, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P. R. China)

Abstract: With the rapid development of information technology, the virtual simulation technologies have been widely applied to various fields. Due to the limitations of traditional experimental teaching in money, laboratory space, instrument and manpower, the teaching and learning may be seriously affected. With the aid of virtual simulation technologies, however, these troubles can be removed or alleviated. With the virtual simulation experimental laboratory of civil engineering in Beijing Jiaotong University taken as an example, the virtual simulation experimental modules of soil mechanics were developed partially by the company and partially by ourselves. It is believed that by combining the virtual simulation experiments and the physical experiments, the limitations of traditional physical laboratory tests can be removed or alleviated. The combination of virtual simulation experiments and the physical experiments can improve the teaching and learning quality of civil engineering experiments.

Key words: civil engineering; soil mechanics; experiment teaching; virtual reality technology; combine invented with reality

(责任编辑 王 宣)