

虚拟现实与数值模拟相结合的教学平台建设

李连崇, 梁正召, 夏英杰, 张永彬

(大连理工大学 土木工程学院, 辽宁 大连 116024)

摘要:联系岩土工程实践,以及岩体的不可透视性、赋存环境复杂性等特征,提出了虚拟现实与数值模拟技术相结合的教学平台,并结合深部井巷工程介绍了该平台在教学实践中的应用。实践表明,基于该平台的教学方法改造提升了传统的教学模式,学生在安全轻松的虚拟环境中学习、感知实际工程,激发学生的学习兴趣,培养学生实际动手能力和创新思维能力,提高了学生对真实环境中实际工程问题的处理能力。

关键词:岩土工程;虚拟现实;数值模拟;深部岩体

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2014)06-0138-04

以科研促教学,把新的科研成果及现代科学技术融于传统的教学活动中,不仅可为传统的课程注入活力,有利于提高教学质量和效果,而且能够扩展学生的视野,激发学生的学习热情,培养学生的动手能力和创新能力。

近年兴起的虚拟现实技术(Virtual Reality)即是一个很好的技术手段,已经逐步被应用于现代教育技术之中^[1]。虚拟现实技术是将物体或信息与真实环境进行结合并对景象加以增强或扩充,呈现给用户一个感官效果真实的新环境,使用户从感官上确信虚拟物体是其周围真实环境的有机组成部分。在岩土工程、工程地质专业,特别是涉及深部岩石工程问题的教学实践中,该技术越来越显出其优越性^[2]。

岩土工程是一门理论与实践紧密结合的学科,然而在校内实习中,面临着实验室模拟与现场出入大、直观认识不足等缺点。现场认识实习、培训,又存在成本高、周期长、危险因素多、对生产影响大、联系实习地点较难、学生积极性不高等缺点,往往导致实习内容和过程达不到要求。在现实的实验教学环节,由于实验室仪器组数受场地、经费和利用率等问题的限制,加之学生人数众多和师资配备不足等原因,学生缺乏实践锻炼机会,特别是对岩土工程中的深部岩体、深部井巷工程的实际场景、现场实际安全问题很难了解,导致学生走出校门工作后,短时间内对现场环境很难适应^[3]。

虚拟现实技术具有平面投影不具备的优点,不仅有很好的沉浸感和交互感,还有较强的立体感,能够增强对深部井巷环境以及仪器使用的认知^[2],深

收稿日期:2014-06-11

基金项目:国家自然科学基金项目(51279024);大连理工大学教学改革基金项目(MS201340)

作者简介:李连崇(1978-),男,大连理工大学土木工程学院副教授,博士,主要从事岩石力学基础理论与工程应用研究,(E-mail) li_lianchong@163.com。

化学生对井下作业环境及工作流程的认识,把握深部井巷的整体状况,减小教学实验与现场工作的差距,增强学生对深部井巷的适应能力。

但虚拟现实技术也仅仅是对深部岩石工程环境“表观”特征的一种真实再现,其本身不具备计算、分析能力^[4-7],对岩体内部的物理变化(包括应力、位移、损伤与破坏)不能做出实时表征,但这对岩石工程恰恰又是非常重要的,因为其关乎深部岩石工程的安全性。而现代数值模拟技术却可以实现岩体内部的物理变化的实时表征^[8-9]。

受控于岩体本身的不可透视性(截至目前,尚没有任何技术手段能够大范围、准确地探明岩体的物理、构造特征)和赋存环境的复杂性(深部岩体具有高地温、高水压、高地应力的特点,室内试验及现场实时观测研究难度大)等客观因素,文章即尝试将虚拟现实与数值模拟技术有机结合,以深部岩石井巷工程为例,通过虚拟环境与物理实体信息的相互补充,将现实环境中一些不易或不能被感受的因素投影到现实环境中,增强学生对这些因素的感知和认识。

一、虚拟现实与数值模拟相结合的教学平台

笔者结合大连理工大学土木工程学院开设的本科生课程土木水利学科实验前沿和研究生课程岩石破坏力学数值试验的实际教学工作,将工程计算中的数值模拟技术与现代兴起的虚拟现实技术相结合,初步形成了针对土木工程专业课程的一个新的教学平台。

(一)平台硬件组成

教学平台的主要硬件由大连理工大学土木工程学院配置的曼恒虚拟现实系统和联想深腾 1800 高性能并行计算集群组成,如图 1 和图 2。辅助硬件为普通 PC 机或学生自备的笔记本电脑。

(二)平台软件组成

平台的基本软件包括:(1)教学用岩土工程实例手册,如井巷工程设计手册等;(2)虚拟现实模型的开发与显示软件,如 3DMAX、玛雅、Virtools 等,这些均属于图片、视频和安全数据处理的常用软件;(3)基于数值计算方法的模拟软件,如 ANSYS、FLAC、RFPA 等,这些均属于岩土工程数值模拟分析的常用软件;(4)虚拟现实系统与数值模拟结果之间的数据转换接口。

以深部井巷工程为例,相关模块主要是通过模

块设备商设计图纸和数据、真实深部井巷的设计、地质和开挖开采信息进行构造的。模块是通过 5 m 的分段(也可采用不同尺度分段)进行创建的,可以用来展现任意深部井巷的状况和设计,模型可以经过修改来展示任何其他深部井巷(包括水利水电工程的排水,导水地下硐室,深部金属矿、煤矿的掘进巷道以及采场等)。模型的分辨率和逼真度源于一线工人长期的工作经验与实际感知。

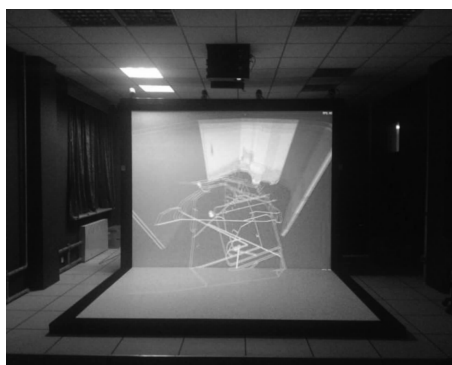


图1 曼恒虚拟现实系统



图2 联想深腾 1800 并行计算集群

(三)学生(学员)—虚拟现实—数值仿真之间的交互机制

在本教学平台中,学生处于中心位置,教师只是基本的引导,之后学生在 PC 机终端或自备的笔记本电脑上开始根据自己对实际工程(例如深部井巷工程)的理解,建立相应的模型,并进行模型内部物理信息(应力、变形、损伤破坏等)的模拟计算,计算结果再与虚拟现实系统结合,学生便可感知该实际工程的“表观”环境信息以及“内部”的实体物理信息。基于学生自己的“动手、动脑、动眼”的切身体会与实际感知,最后才有可能与教师之间展开深度讨论与质疑。具体的互动机制如图 3 所示。

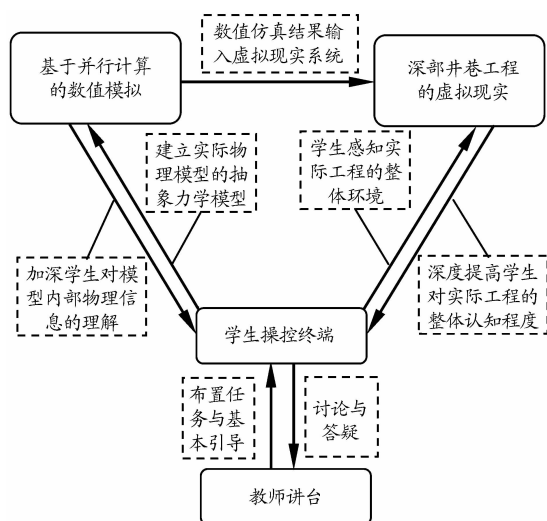


图3 教学平台的内部交互机制

(四) 课堂教学的实施模式

教学过程中摆脱了教师单一讲解的模式,课堂主要时间用于学生建模、计算模拟、实际感知。教学过程主要包括3大模块:(1)学生自己动手设计、建模与模拟;(2)学生与数值模拟和虚拟现实系统之间的互动,如图4所示;(3)学生与教师之间的互动。

在虚拟实验中,学生可以通过鼠标或各种交互设备去控制深部岩体岩层裂缝发生及运动的演示过程,同时在三维沉浸式环境中可以靠近虚拟环境中的岩层和流水,任意放大、拉伸岩层结构,可以近距离观察岩层缝隙、水流的情况。结合学校开发的基于OpenGL数据的分析可视化软件实现多通道的主被动立体显示。系统可实时获取基于OpenGL应用程序的渲染数据,实现对岩层模型的三维展示、虚拟交互漫游、动画编辑和播放功能。

同时,由于融入了井巷模型的数值模拟结果,学生可以一边改变岩体的卸荷开挖、边界条件,一边观察结果,并均可以进入岩层的内部进行观察。例如:学生可以进入岩层内部,从不同角度了解整个巷道围岩的应力集中、产生损伤及失稳破裂的情况,如图5、图6。



图4 课堂教学场景

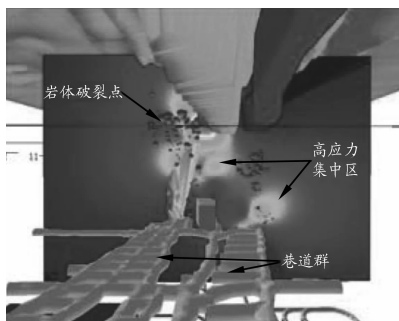


图5 数值模拟结果与虚拟现实叠加的近景显示结果

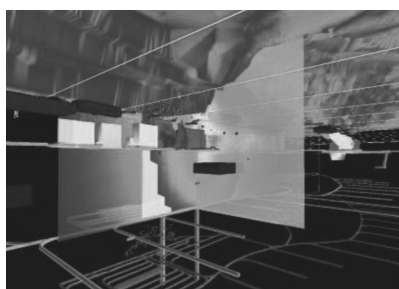


图6 数值模拟结果与虚拟现实叠加的远景显示结果

二、教学效果及评价分析

经过教学实践,初步达到了如下效果。

(1)学生可以体验到高分辨率的可视化深部井巷模型和在井巷中可能发生的灾害。

(2)学生自己动手建立井巷模型的力学模型,增强了学生对现场工程物理力学本质的认识。

(3)与模块的互动情况良好,并认识到必须在一起讨论状况和导致的结果,根据实际状况确定正确的操作流程。

(4)学生在安全轻松的虚拟环境中接受培训,培养起对深部井巷灾害预兆、灾害发生、灾后逃生的判断意识,培养对危险源识别的能力。

(5)到课程结束时,学生可以熟悉深部井巷环境,通过与场景的互动,建立基本的指示,学生开始积累深部井巷安全操作经验和在真实井巷环境处理实际问题的能力。

(6)教师在操作一个模块时,学生也可根据操作手册来进行同步操作,经过实际建模以及虚拟感知,学生与任课教师之间的互动讨论更为深入。

通过该教学平台,学生完全熟悉了深部井巷工程的实际环境,特别是遇到安全问题,学生可根据实际情况和选择项作决定。到达场景中一个决策点,选项呈现给学生,如果出现一个正确的决定,结果将呈现给学生;反之,如果选择了不正确的选项,由当前的这个错误决定带来的后果也将呈现给学生(后果的严重程度可以根据问题的严重程度和实际情况

进行制定),并教会学生如何处理这样的后果。

综上所述,虚拟现实技术和数值模拟技术存在有利的结合点,教学平台的设计十分方便。在实践教学中,充分发挥虚拟现实技术和数值模拟技术在教学中的地位,挖掘虚拟现实和数值模拟技术各自的优势,两者相互补充、相互促进。精心组织实践教学,既可以加强学生基本功的训练,又能让学生掌握现代科学技术知识,可收到良好的实践教学效果。教学实践后,学生普遍反映:“该教学课程内容全、形式新,实验过程中独立思考的问题较多,动手的机会大大增加,收获极大。”经过这次综合实验的锻炼,学生在课程设计中能有条不紊地进行,设计进度明显加快,教师指导时也感到轻松。学生一般都能自己查资料、设计模型、模拟计算方案和感知场景分析,积极性大幅度提高,课堂气氛也十分活跃。实践证明,该教学平台可以锻炼学生对实际工程与设计之正规操作技能,培养其综合分析问题和解决问题的能力,从而提高了教学质量,深化了实验教学改革。该技术平台可以推广至其他行业教学,培训学习场景的主角可以是培训师、一线职工、学生或学员。

三、结语

虚拟现实技术和模拟计算技术日益普及,笔者提出把基于虚拟现实和数值模拟技术的软、硬件平台应用于岩土工程专业的教学,并鼓励学生自发设计模型进行数值模拟分析,实现对工程实例、实验模型和理论模型的精细数值表征,并将数值模拟结果融入虚拟现实系统之中,最终通过虚拟现实技术实

现对工程实例表现现象和内部物理特征的感知。

教学实践表明,基于虚拟现实与数值模拟的教学平台,激发了学生的学习兴趣,提高了实验教学质量,充分启发了学生的创造性思维,缓解了学时和实验室资源有限等矛盾,也使无法使用各种大型实验设备的学生对现代化的分析技术有了较为形象的感官认识和了解。虽然该手段不能完全取代现场实习与观测,却是对传统教学方式的一种有效补充与完善。

参考文献:

- [1]周钱祥,姜柿忠,姜国华.虚拟现实技术的研究现状与进展[J].计算机仿真,2003,7(7):1-4.
- [2]唐春安,王述红.岩石破裂过程数值试验[M].北京:科学出版社,2003.
- [3]赵自豪.虚拟现实技术在采矿工程课程体系教学中的应用[J].中国科教创新导刊,2011(1):182-184.
- [4]刘晓艳,林琨,张宏.虚拟城市建设原理与方法[M].北京:科学出版社,2003.
- [5]汤众.复杂空间认知研究中的虚拟现实技术应用[J].实验室研究与探索,2007,26(9):9-11.
- [6]王海根,杨友东,刘福庆.组合夹具虚拟设计实验与教学应用研究[J].现代教育技术,2010,20(10):141-144.
- [7]庄惠阳.助力导游专业实训的虚拟现实系统[J].现代教育技术,2013,23(7):117-120.
- [8]商翔宇,郑秀忠,梁恒昌.土力学本科教学有限元仿真软件的开发与应用[J].高等建筑教育,2014,23(2):136-139.
- [9]张永彬,唐春安,张怀,等.岩石破裂过程分析系统中的应力并行求解[J].岩石力学与工程学报,2006,25(3):479-483.

Teaching platform construction based on virtual reality and numerical simulation technology

LI Lianchong, LIANG Zhengzhao, XIA Yingjie, ZHANG Yongbin

(School of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, P. R. China)

Abstract: Considering geotechnical engineering in practice, as well as the non-perspective and complex features of the occurrence environment of rock mass, a practical teaching platform based on virtual reality and numerical simulation technology is proposed. Based on the typical geotechnical engineering structure - deep underground tunnels, the platform in teaching practice is introduced. It is shown that the proposed platform in this study enhances the traditional teaching mode. The students learn and perceive the actual engineering structure in a safe and virtual environment easily. The students' interest in learning is stimulated, their practical ability and creative thinking ability are trained. The students' capacity solved the practical engineering problems in the real environment is improved.

Keywords: geotechnical engineering; virtual reality; numerical simulation; deep rock

(编辑 周沫)