

虚实结合的地质工程实践教学方法改革探索 ——钻探虚拟仿真实验教学平台研究

韦 猛^{1,2}, 霍宇翔^{1,2}, 李 谦¹

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 2. 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室(成都理工大学), 四川 成都 610059)

摘要:虚拟仿真又称虚拟现实技术或模拟技术,就是用—个虚拟的系统模仿另一个真实系统的技术,将其应用于钻探科研、教学、训练等,对于钻探行业来说,是一次创新尝试。研发的钻探虚拟仿真实验教学平台,融入了钻探专业教学积累和计算机虚拟仿真技术等多个学科,解决了以往高校钻掘工程专业学生生产实习的诸多困难。虚拟钻进仿真平台已陆续为多个相关专业提供虚拟仿真教学,受到了各专业学生的欢迎,收到了良好的教学效果。该平台还可应用于各单位钻探技术人员、操作人员等的操作训练,以及科研和技术服务工作。

关键词:虚拟仿真;钻探;教学平台

中图分类号:G43;P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)01-0087-06

Reform Exploration on Teaching Methods for Geological Engineering Practice Based on the Combination of Virtual and Real Situation - Research on Drilling Virtual Simulation Experiment Teaching Platform/WEI Meng^{1,2}, HUO Yu-xiang^{1,2}, LI Qian¹ (1. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China; 2. Chengdu University of Technology, College of environment and civil engineering, Chengdu Sichuan 610059, China)

Abstract: The virtual simulation technology is called virtual reality or simulation technology, imitating real system with a virtual system, its application in scientific research, teaching and training for drilling industry is an innovative attempt. The drilling virtual simulation experimental teaching platform includes the teaching accumulation of drilling profession, computer virtual simulation technology and other disciplines, which solves many difficulties in production practice of college students majoring in drilling and excavation engineering. The virtual drilling simulation platform has provided virtual simulation teaching for several related professions, and is well received by students with good teaching effect. This platform can also be used in the operation training for drilling technicians and operators as well as for scientific research and technical services.

Key words: virtual simulation; drilling; teaching platform

虚拟仿真又称虚拟现实技术或模拟技术^[1],就是用—个虚拟的系统模仿另一个真实系统的技术,是在多媒体技术、虚拟现实技术与网络通信技术等信息科技迅猛发展的基础上,将仿真技术与虚拟现实技术相结合的产物,是一种更高级的仿真技术。虚拟仿真技术以构建全系统统一的完整的虚拟环境为典型特征,并通过虚拟环境集成与控制为数众多的实体。实体可以是模拟器,也可以是其他的虚拟仿真系统,也可用一些简单的数学模型表示。实体在虚拟环境中相互作用,或与虚拟环境作用,以表现客观世界的真实特征。它具备沉浸性(Immersion)、交互性(Interaction)、虚幻性(Imagination)、逼真性

(Reality)等特点。由于计算机技术的发展,仿真技术逐步自成体系,成为继数学推理、科学实验之后人类认识自然界客观规律的第三类基本方法,而且正在发展成为人类认识、改造和创造客观世界的一项通用性、战略性技术,目前正在以迅猛的速度应用于各种工业领域^[2-3]。将其应用于钻探科研、教学、训练等,对于钻探行业来说,将是一次创新尝试。

1 钻探实训教学中的困境

钻探实训场地寻找,尤其是生产实习一直是各高校的难题之一。过去主要靠各生产单位的大力支持。但是由于—家单位的接受能力有限,需要把学

收稿日期:2016-09-07

作者简介:韦猛,男,土家族,1969年生,地质工程系主任,博士,从事地质工程、隧道与地下工程等专业的教学及科研工作,四川省成都市二仙桥东三路—号,weimeng@cduet.cn。

生分割成若干小组,然后奔赴多家单位的不同地点进行实习。这一过程出现了以下几个问题。

(1)实习场地寻找难度逐年增大。生产实习中学生必须要亲手操作钻机,实习都是在生产现场进行的。当前的钻探机台多采用经济承包制,承包机组在钻进过程中以利益最大化为出发点,学生的生产实习对于生产单位而言不但没有任何利益,反而会导致一定的工期延误和材料消耗。而且由毫无操作经验的学生直接操作钻机,有可能造成孔内事故,甚至导致整个钻孔报废。此外,生产单位对于学生实习过程中的安全问题也十分忌惮。所以,生产单位接收学生的意愿不强。

(2)受现场条件制约,实习内容差异较大。由于生产实习在多家单位进行,受不同项目类型的影响,实习内容差异较大。而钻探实习需要了解整个钻进过程,从场地的布置、竖立钻塔、钻进、取心到封孔的整套工序,但现场的情况往往只是小部分工序,甚至因现场条件制约,不能及时开展实习。这对于实习时间有限的学生影响非常大。

(3)实习环境不一,存在安全隐患。当前的固体矿产勘查场地的施工环境都相对较差,钻探场地多位于交通不便、通信不畅、海拔较高的偏远山区,给实习的学生自身带来了安全隐患。如某次实习在海拔为3700 m的高原进行,学生在到达现场休整数天后,才逐渐适应高原条件开始实习。实习开始时,学生对机器操作生疏,配合难有默契,伤人事故防不胜防。同时,由于学生无法统一管理,实习条件差异、不同内容等因素下,导致学生在实习表现、成绩评定等环节差异性明显,实习效果难于保证。

为解决以上困难,成都理工大学与四川省地矿局四〇三地质队、中国水电顾问集团成都勘察设计研究院等生产单位合作共建工程实践教育基地,其中还建设了国家级工程教育实践中心,在基地内搭建机场,开展实训。但又出现了新问题:深孔钻探,成本较高。实习经费不足成为高校工程教育的另一难题。

可以说,生产类实习的高成本、高风险,明显制约了钻探实践教学地开展。由于现场实习只能强化地表以上机器的操作,对于相应操作所对应的孔内情况却无法直观了解与认识,只能靠有经验的技术人员讲解。生产实习环节的时间较短与现场工序周期时间相对较长,往往也构成矛盾。因此,为改变

“高成本”、“高风险”、“不能及”、“周期长”等困难,探索虚拟仿真技术在钻探实验教学中的应用,建设钻探虚拟仿真教学平台,成为成都理工大学钻探教学改革的重点。

2 解决方案

强化实践动手能力,是成都理工大学地质工程专业钻掘工程方向多年坚持的钻探人才培养法宝之一,也是各学校钻探工程相关专业都非常重视的一个环节^[4]。虚拟仿真实验技术可以有效解决实验经费不足、实验设备相对缺乏、学校实验场地有限、实习安全等问题,利用网络可以使相关专业学生对实验项目进行直观的预习、重复和拓展。当然,校企共建的实训环境也是钻掘工程学生所必须的。经过多年实践,较好地解决方案是虚实结合,即研发钻探虚拟仿真实验教学平台,高年级学生在虚拟仿真实验教学平台上进行训练并通过考核后,再进入现场机台进行操作实习。这样,以上“高成本”、“高风险”、“不能及”、“周期长”等困难就迎刃而解了。研发钻探虚拟仿真教学平台,还可以高效管理实验教学资源,实现校内外、本地区及更广范围内的实验教学资源共享,满足多地区、多学校和多学科专业的虚拟仿真实验教学的需求。

平台可以实现将研发的实验教学软件接入进行统一实验,提供全方位的虚拟实验教学辅助功能^[5],包括:中心门户网站、实验教务管理、实验教学管理、实验前理论知识学习、实验过程智能指导、实验结果自动批改、实验报告提交、实验教学效果评估、互动交流通知系统、系统管理等功能,同时该平台可扩展集成第三方的虚拟实验课程资源或自建课程资源,为各类院校虚拟实验教学环境提供服务并进行相应的应用。

开放式^[6]虚拟仿真实验教学的管理和共享平台包括钻掘工程虚拟实验中心门户网站、实验教务管理、实验教学管理、实验前理论知识学习、实验过程智能指导、实验结果自动批改、实验报告管理、实验教学资源管理、实验教学效果评估、互动交流和系统管理等功能。

3 钻探虚拟仿真教学平台系统组成

钻探虚拟仿真教学平台由硬件和软件2大部分组成。硬件包括工程投影系统、显示屏幕、钻机模拟

操作系统、网络控制系统,以及 30 台可以流畅运行钻探虚拟仿真软件的图形工作站。软件主要为开放式虚拟仿真实验教学管理软件和虚拟钻进仿真软件等。虚拟钻进仿真系统通过建立局域网数据通的框架模式,在老师用机上建立系统管理的部分,学生操作机上建立钻探作业交互操作的部分,地下状态展示机上进行地下设备运行状态的展示。3 个部分数据之间满足同步,通过触发显示下级的状态。

钻机模拟操作系统如图 1 所示,将实际 XY-4 型钻机按比例缩小制作,且能够通过 USB 数据线将操作数据传递至任意装有学生版软件的计算机中,实现硬件的模拟操作。其主要的模拟原理为:模拟钻机中任意把手均为活动件,能进行与真实钻机完全相同的操作。对该实物模拟钻机任一操作把手的相关操作,均可由把手处安装的相应传感器收集操作信息后通过 USB 连接线将操作数据传递至计算机中。本系统接收到传递的硬件操作信息后自动在软件中进行相应的操作,故学生通过该实物模拟钻机也能实现软件板块中钻机交互操作和钻进工艺调整两大板块的所有功能。钻机模拟操作系统的研发能够让学生基于本虚拟操作平台获得与实际操作钻机几乎完全相同的操作体验,更有利于其尽快熟悉钻进操作,加深其感性认识,更有利于理解书本的理论知识。



图 1 钻机模拟操作系统

除钻机模拟操作系统外,硬件板块中的投影系统则是针对多人教学演示的需要进行的研发。该系统通过 2 台工程投影仪和一块大型幕布实现了系统运行的实时投影。该系统能够将教师机、状态机和学生机的操作界面同时投影在幕布上进行显示,如图 2 所示。大型幕布分为 3 块区域,左上角为状态机实时显示当前操作状态,左下角为教师机用以发送题目和进行分数的判定,整个右侧屏幕投影出学生机目前的实际状况,如此一来,可实现一人操作,

多人观摩学习的效果。另外,将钻机模拟操作系统连接到学生机投影到屏幕上则可以让实物的模拟操作更具备真实感。教师也能在学生操作的同时进行指导和教学。



图 2 投影显示系统

4 平台主要功能

钻探虚拟仿真教学平台功能实现重点主要包括:用户登录(教师机)、钻探流程事故模拟动画(教师机)、题目设计(教师机)、用户登录(学生机)、工程概况设计(学生机)、场地准备(学生机)、钻机操作(学生机)、钻进参数交互(学生机)、用户登录(状态机)、地面场景状态显示(状态机)、钻进参数状态显示(状态机)、场景数据通信(教师机)、场景参数数据解析(学生机)、钻进参数通信(学生机)、钻进参数解析(状态机)、特效、配置文件等。

4.1 教师机的功能

教师机的主要功能在于演示和对教师及训练考核的控制。演示功能主要通过三维动画的形式演示钻进过程及孔内事故处理的过程,具体包含钻进过程中的起下钻、正常钻进、地层换层、起立根、绳索取心、断钻杆和落物打捞的过程。如图 2 所示,演示过程中界面分为全屏的主窗口和右上角的副窗口,主窗口可实时观察实际的现场操作,副窗口则可观察此时孔内钻具的情况,便于教师讲解。主副窗口内容也能相互调换以便仔细讲解观察。

训练考核的功能则是教师版软件的另一个重要功能,可将指定内容的训练考核试题分发给所有在同一个局域网内与该教师机(装有教师版软件的计算机,下同)相连的学生机,通过学生机的操作进行分数的判定和指导。所有的考试试题内容则可通过编辑指定内容的 Excel 表格,由教师版软件直接读取该表格即可完成试题的设计和评判依据。试题设计表格主要内容如表 1 所示,分为已知内容和设计

内容两大类,已知内容为学生机可直接获取的信息,便于其操作设计;设计内容则包含若干选项及其对应得分,学生考核训练时可自由选择,系统则根据学生的选项结合试题设计时对应的分数进行自动评判。

表1 试题设计主要内容

已知内容	<p>钻孔要求 钻孔地理位置、交通、海拔、施工天气、条件、钻孔目的、孔深、是否直孔、孔径、岩/矿心采取率、允许偏转角、设计孔斜</p> <p>地层属性 地层岩性、深度、产状、可钻性、松散性、水敏性、是否漏失</p>
设计内容	<p>设备选择 钻机、钻机动力机、泥浆泵、泥浆泵动力机、钻塔、钻杆、钻头</p> <p>工艺选择 取心方式、钻压、转速、泵量</p>

4.2 学生机的功能

学生版虚拟钻进软件是本系统的核心,因此具有最多最全的系统功能,主要包含钻孔结构设计、钻孔现场设计、钻进设备查看、钻进交互操作、钻进工艺调整几大主要功能。

4.2.1 钻孔结构设计

如图3所示,在接收到教师机训练题目后,学生机在钻孔结构设计中可查阅如表1所示所有设计内容。其中钻孔要求通过文字直接显示,地层属性则直接在左侧绘制出相应的地层结构图,学生可直接点击相应的地层了解该地层的具体属性。了解所有的已知内容后,学生即可根据所学理论知识进行钻孔结构的自主设计,设计内容主要包括钻孔孔深、孔径、变径位置、下套管类型等,完成后若设计符合要求则系统直接在地层结构图中自行绘制出相应的钻孔结构图(图3左侧),否则系统将提示设计不满足要求需要重新设计。



图3 钻孔结构设计示意

4.2.2 钻孔现场设计

钻孔现场设计包含设备选择和钻塔搭建2大主

要功能。其中设备选择如图4所示,系统列出所有可能的设备列表,学生需要自主选择针对已知工程合适的设备并将其放置在合适的位置上才能完成场地设备选择功能。而在钻塔搭建的主要功能中,需要学生完成从底部支撑开始的所有构件选择搭建,以加深学生对钻塔搭建的感性认知。如图5所示,系统提供钻塔搭建所有构件列表,需要学生自行从中选择合适的构件搭建在合适的位置,只有构件选择正确且位置摆放正确时,系统将显示动画自动完成搭建,学生则可通过动画了解到钻塔搭建的全过程。



图4 钻孔现场设计——设备选择



图5 钻孔现场设计——钻塔搭建

4.2.3 钻进设备查看

在钻进设备查看模块中,学生可自由查看系统内置的所有设备及其对应的相关参数,主要可查看的设备包括钻机、动力机、钻塔、泥浆泵、钻杆、岩心管和钻头。如图6所示,在三维系统环境中,学生不仅可自由进行360°翻转全方位的观察相应的钻进设备,更可以将钻机进行拆分,详细观察各主要部件的外形结构,辅以详细的参数介绍,以加深学生对钻进设备的感性认知。

4.2.4 钻进交互操作

如图7所示,虚拟钻进系统最重要的功能在于实现了计算机上的虚拟钻机操作。系统建立的1:1

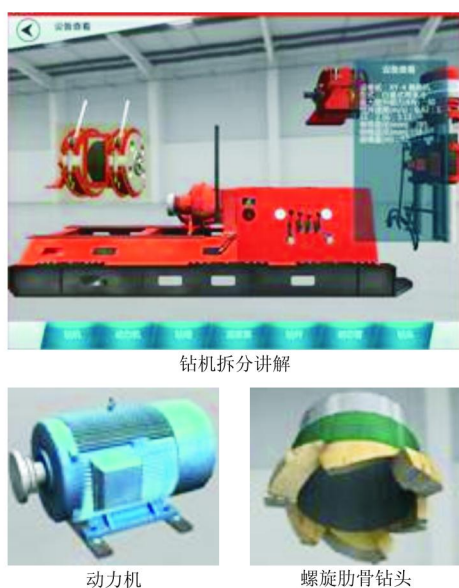


图 6 钻进设备查看

仿真模型与实际钻机具有完全相同的把手位置和功能,学生在该模块中任意操作任一把手会操纵钻机产生对应的运动。实际模拟环节中,系统将首先在界面右下角提供当前需要进行的操作环节目标,学生则需要通过鼠标操作虚拟钻机上的各种操作把手实现模拟的现场操作以达到目标。操作过程中在界面左上角将实时显示当前钻机状态,有助于学生理解每一个操作把手将会对钻机产生何种影响。实际的钻进过程中钻机的操作需要遵循严格的操作流程,在虚拟钻进系统中完全类似,如果学生没有遵守实际的操作流程,系统将不会允许学生进行下一步的操作环节,学生则必须留在当前环节改正错误的操作,直到实现正确的操作为止。



图 7 钻机交互操作界面

4.2.5 钻进工艺调整

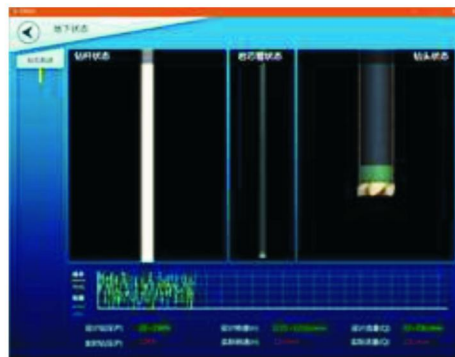
钻进工艺调整的模块需要学生版和状态版 2 个版本同时运行才能正常运行。在学生版中,钻进工艺调整的主要界面与钻机交互操作界面类似,但没

有当前任务目标的提示,其主要的教学训练目的在于通过学生对钻机的操作,让其可以通过状态版的显示进行直观的观察,得到钻进参数的改变对钻进效果产生的影响。

状态机的主要功能在于实时展示当前钻机的状态,主要可分为 2 种不同的状态展示。第一,当学生版处于钻机交互操作模块时,学生版的视角如图 7 所示,集中于钻机操作面板上,无法观察到整个钻进现场的状况,而此时状态版则可以完整的显示当前整个现场的状态(如图 8a 所示);第二,在钻进工艺调整模块中,学生在学生版的计算机上操作钻机调整相应的钻进工艺参数,而此时状态版的显示界面(如图 8b 所示)实时显示当前钻杆、岩心管和钻头的状态,并在界面下方对比此时的钻进参数与设计参数的差距,以便学生实时的进行调整。此时界面中同时也会显示当前钻进成本和钻速曲线(这两个参数为系统根据当前设定的工艺参数自动计算得到),便于学生了解不同的钻进工艺对钻进效果的实际影响。



(a) 全景状态显示



(b) 地下状态显示

图 8 状态显示操作界面

5 应用效果

虚拟现实技术是 21 世纪信息技术的代表,在当

前电子科技飞速发展的时代,在学生中具有极大的亲和力和接纳度^[7]。这种教学方式可以极大地提高学生的积极性,并帮助地质工程专业教学转型,尝试全新的教学方式和方法,是教学紧跟时代脚步的表现,是信息化教学中浓墨重彩的一笔。学生在虚拟仿真教学平台上训练熟练后,再进入成都理工大学四〇三钻掘工程实训基地,登上钻机机台实际训练,大大提高了实训质量,降低了安全隐患,满足了教学要求。目前,该虚实结合的教学方法已陆续应用于多个相关专业的实践教学,包括地质工程(钻掘工程)、地质工程(工程地质)、地下水科学与工程、土木工程(岩土工程)等,受到了各专业学生的欢迎,收到了良好的教学效果。

虚拟仿真实验教学是高等教育信息化建设和实验教学示范中心建设的重要内容。2015年,以钻探虚拟仿真实验教学平台为主要内容的国家级成都理工大学虚拟仿真实验教学中心,成功获得批准,目前正在建设完善中。

6 结论

钻探虚拟仿真教学平台有效解决了钻探实践教学的“高成本”、“高风险”、“不能及”、“周期长”等困难,加上后续的钻机实际操作,完善了虚实结合的实践教学体系,取得了良好教学效果。

平台还可应用于各单位钻探技术人员、操作人员等的操作训练。一名新手往往需要数年跟机学习,其间,还可能面临诸多安全风险,使用本平台可以大幅缩短成长周期。同时可以形象地观察到孔内

钻具等状态,提升理论水平。虚拟平台与现场操作相结合,不失为一条培养优秀操作人员的有效途径。钻掘工程虚拟实训平台,可为兄弟院校提供实践教学场所,为企业提供培训服务。

钻探虚拟仿真教学平台可用于科研和技术服务工作的延伸开发和拓展,模拟真实钻孔地质环境及工艺条件,解决现实孔内技术问题。

总之,钻探虚拟仿真实验教学平台的研发,为钻探行业的人才培养、技术革新带来了新的手段和尝试。抛砖引玉,期待同行们的关注和深化,将虚拟仿真技术与钻探技术更好地结合起来,为钻探行业服务。

参考文献:

- [1] 张敬南,张缪钟. 实验教学中虚拟仿真技术应用的研究[J]. 实验技术与管理,2013,(12):101-104.
- [2] 李亮亮,赵玉珍,李正操,等. 材料科学与工程虚拟仿真实验教学中心的建设[J]. 实验技术与管理,2014,(2):5-8.
- [3] 曹礼,邓锋,宋锦璘,等. 虚拟仿真教学平台提高医学实践操作学习效率的方法改革与应用探索[J]. 教育教学论坛,2013,(39):43-44.
- [4] 汤凤林,蒋国盛,宁伏龙. 关于提高我国探矿工程类专业教学质量思考——从中俄相关专业教学计划对比谈起[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):151-157.
- [5] 王卫国. 虚拟仿真实验教学中心建设思考与建议[J]. 实验室研究与探索,2013,32(12):5-8.
- [6] 李平,毛昌杰,徐进. 开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设提高高校实验教学信息化水平[J]. 实验室研究与探索,2013,32(11):5-8.
- [7] 蔡丁友. 优课虚拟仿真实验室在化学实验教学中的应用[J]. 教育信息技术,2013(6).
- [3] 庞丰,段隆臣,童牧,等. 钻进打滑地层时造孔剂对孕镶金刚石钻头性能的影响[J]. 粉末冶金材料科学与工程,2014,19(5):790-796.
- [4] 沈立娜,阮海龙,李春,等. 坚硬致密“打滑”地层新型自锐金刚石钻头的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):57-59.
- [5] 沈立娜,郭长江,等. 新型自出刃多孔胎体孕镶金刚石钻头的研究[C]//第十八届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集. 北京:地质出版社,2015.
- [6] 沈立娜,吴海霞,吴海霞,等. 稀土La添加量对预合金铁基胎体性能的影响[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):69-71.
- [7] 王多军,沈立娜,等. 坚硬致密石英岩地层用新型胎块钻头的研究与应用[J]. 西部探矿工程,2014,(4):39-40.
- [8] 张丽,杨凯华. 金刚石钻头钻进坚硬致密弱研磨性地层的研究现状与进展[J]. 金刚石与模具磨料工程,2003,(6):9-12.

(上接第86页)

“打滑”岩层的机械钻速,且具有较高的工作寿命。该类型钻头除适应坚硬致密“打滑”地层,对中等风化坚硬地层也具有较好的适应性。因此,对坚硬地层具有一定的光谱性,为今后我国地质矿产勘查、工程勘查以及非常规能源勘探提供了新的技术支撑。

参考文献:

- [1] 郭庆清,王家亮,张绍和. 胎体弱化颗粒材质对WC基孕镶金刚石钻头胎体磨损性能的影响[J]. 中国有色金属学报,2015,25(9):2531-2535.
- [2] 张绍和,杨凯华. 主辅磨料双切削作用金刚石钻头研究[J]. 地质与勘探,2001,37(5):87-89.