

Application of Virtual Simulation Project in Offshore Oil Drilling and Production Equipment Experiment

Wei Guo Jijun Gu He Peng

College of Mechanical and Transportation Engineering, China University of Petroleum, Beijing, 102249, China

Abstract

With the promotion of information technology construction in experimental teaching projects in higher education institutions, virtual simulation teaching methods, as an effective supplement to traditional experimental teaching, have been increasingly widely used in experimental teaching and have become an important means to strengthen practical teaching and improve teaching quality. The virtual simulation technology applied in practical teaching of offshore oil drilling and production processes and equipment experiments is an important means to innovate practical teaching modes and cultivate high-quality composite innovative talents. The paper mainly discusses the construction of the virtual simulation experiment project of offshore oil drilling and production equipment and its application in professional experimental teaching. Its teaching effect fully reflects the progressiveness and effectiveness of virtual simulation teaching and the compatibility with traditional experimental teaching mode. At the same time, it also discusses the development, construction and improvement direction of the virtual simulation experiment project. The application of virtual simulation projects in experimental practice teaching has further promoted the construction of first-class courses in experimental practice teaching, played a positive role in enriching experimental teaching resources, enhancing students' experimental practice abilities, and promoting the quality of talent cultivation.

Keywords

virtual simulation; offshore oil drilling and production equipment; experimental teaching

虚拟仿真项目在海洋石油钻采装备实验中的应用

郭巍 顾继俊 彭鹤

中国石油大学(北京)机械与储运工程学院, 中国·北京 102249

摘要

随着高等学校实验类教学项目信息化建设的推动,虚拟仿真教学手段作为传统实验教学的有效补充,在实验教学中得到越来越广泛的应用,并已成为加强实践教学、提升教学质量的重要手段。应用于实践性较强的海洋石油钻采工艺及装备实验教学中的虚拟仿真技术,是创新实践教学模式,培养高素质复合型创新人才的重要手段。论文主要论述了关于海洋石油钻采装备虚拟仿真实验项目的建设情况及其在专业实验教学中的应用,其教学效果充分体现了虚拟仿真教学的先进性、有效性以及与传统实验教学模式的相容性,同时还探讨了虚拟仿真实验项目的发展建设与改进方向。将虚拟仿真项目应用于实验实践教学,进一步推动了实验实践类教学一流课程的建设,对丰富实验教学资源、提升学生的实验实践能力、促进人才培养质量起到了积极作用。

关键词

虚拟仿真; 海洋石油钻采装备; 实验教学

1 引言

随着世界经济的蓬勃发展,全球能源需求不断增加,石油供需矛盾日益突出。由于陆上油气资源日渐枯竭,近年

【基金项目】中国石油大学(北京)2023年“研究生教育质量与创新工程”重点项目《海洋油气工程学科工程硕博研究生创新实践教学改革研究与实践》支持(项目编号: yjs2023008)。

【作者简介】郭巍(1992-),女,中国山东济南人,硕士,工程师,从事虚拟仿真实验教学和实验室管理研究。

来以油气为主的海洋资源开发的重要性日益凸显,海洋油气资源,尤其是深海油气勘探开发,持续以较快的速度增长,并成为世界油气资源开发的重点领域。当前,石油开发技术取得了突飞猛进的发展,石油钻采工艺和装备水平不断提高并得到越来越广泛的应用,而实验室内部的条件已经无法满足模拟现场的要求。同时,海洋石油开采安全生产责任重大,海上平台出于安全性和经济性等原因,当前无法安排在校学生在校学生在平台内开展实习操作,从而严重制约了学生现代化钻采装备及技术的学习。为此,中国石油大学(北京)机械与储运工程学院以油气资源与探测国家重点实验室和现代化钻采装备技术为依托,通过校企合作,遵循“能实不虚,虚实

结合”的原则，开发了优质虚拟仿真教学资源—海洋石油钻采工艺及装备虚拟仿真教学实验。该虚拟仿真实验项目是中国石油大学（北京）机械与储运工程学院获直接认定的北京市高校虚拟仿真实验教学项目（京教函〔2019〕549号），并于2019年推荐至国家虚拟仿真实验教学项目共享服务平台——国家“实验空间”（www.ilab-x.com）^[1]，面向全国高校免费开放，支持在线实验教育，促进课程开放共享。

2 虚拟仿真实验教学资源建设

2.1 教学现状

2024年，中国原油进口依存度超过70%，能源安全直接关系到国家的经济安全。而在近20年的油气田勘探开发中，海洋石油油气藏已经越来越多地被发现，并已成为国家能源开发力争的重要阵地。海洋石油钻采平台又名“流动的岛屿”，是在海洋石油资源开发中不可或缺的大型装备。海洋石油钻采是一个复杂庞大的系统工程，由于海洋石油开采生产责任重大，钻采现场无法安排在校学生进行实习操作，在传统模式的课堂教学中，难以使学生掌握现代化钻采装备技术并处理海洋石油钻采过程中可能遇到的问题，这极大地限制了学生对先进石油钻采装备技术的学习以及后续实习、实践的开展。

伴随着5G、人工智能、大数据等信息技术的飞速发展，虚拟仿真技术推动了教育教学的创新与改革^[2]。在信息化的教学模式下，学生借助虚拟仿真技术与课程内容相结合，与实际现场操作相接轨，学生在实验室就能学习到现代化钻采工艺及装备技术，练习并掌握平台逃生的技能，有效提高了学生的课程学习效果，也为学生自主研究性学习提供了基础平台。因此，将虚拟仿真技术与传统实验教学相融合，实现“虚实结合”的实验教学模式，是紧跟当前创新实验教学模式的发展趋势，带动学生提升自主探索专业知识的能力，培养学生学科交叉和结合各专业领域综合能力的最佳选择^[3]。

2.2 虚拟仿真实验项目的建设

基于实现以构建完整的实验教学项目为基础，以提高学生的实践创新能力为核心，以形成“专业布局合理、教学效果优良、开放共享有效”的高等教育信息化实验教学项目示范新体系为目标的国家虚拟仿真实验教学项目^[4]，中国石油大学（北京）机械与储运工程学院针对石油特色鲜明的本科生专业课程《石油钻采工艺及装备》开设了虚拟仿真实验教学项目，旨在打破上课时间和地点的限制，弥补传统实验的不足，加强学生对理论知识的深入理解，提高学生的学习和创新能力。

该仿真实验项目包含“钻采工艺流程实验”“铁钻工上卸扣实验”“水下防喷器组合及安装实验”“司钻操作模拟”四个子实验。项目深入探索钻井工艺及装备领域，通过四个精心设计的子实验全面覆盖了石油钻采的关键环节。其中，“钻采工艺流程实验”详细模拟了从钻井到采油的全过程，

使学生能够深入了解并掌握钻采工艺的核心步骤；“铁钻工上卸扣实验”专注于钻井设备中铁钻工的具体操作，通过模拟上卸扣过程，提升学生对钻井设备操作技能的掌握；“水下防喷器组合及安装实验”则针对水下作业中的安全防护，通过模拟水下防喷器的组合安装，强化了水下作业的安全意识和应急处理能力；“司钻操作模拟”则通过高度仿真的操作环境，让学生在接近实战的条件下练习司钻的各项操作，极大地提高了操作熟练度和应急反应能力。这四个子实验相互补充，共同构成了石油钻采装备及工艺虚拟仿真实验的完整体系，不仅提升了学生的理论认知，还极大地增强了他们的实践操作能力，为石油钻采行业培养了一批批高素质的专业人才^[5]。

3 虚拟仿真项目在海洋石油钻采实验中的应用

3.1 实验教学方法

本实验教学项目面向机械设计制造及其自动化、石油工程和海洋工程等专业的的大三学生，涉及包括石油钻采工艺及装备、采油工程、石油科学概论、海洋石油钻井工程等在内的一系列课程。通过理论课程的学习，授课对象已较为系统地掌握了石油钻采概论课程，对于石油钻采机械设备、海洋钻井平台和水下生产系统等具有初步的了解。在实验教学中，要求学生以熟悉钻采工艺及装备的结构原理和操控使用方式为目的，重点强调顶驱、排管机、铁钻工、猫道机等钻采设备结构组成、工作原理及特点，并掌握这些钻采设备与钻采工艺和环境的关系。实验借助虚拟仿真技术，将课本抽象的知识形象化，把理论知识与实际操作融会贯通，让学生能够身临其境地体会钻采工艺的过程及井下的真实情况，切实掌握石油钻采的相关知识。

实验项目始终坚持以学生为中心的教学理念，真正实现让学生参与到设备控制和装置操作中去，授课教师对学生在实际操作中出现的的问题加以引导和启发，使其认识到问题出现的原因并独立完成操作，从而增强学生获取知识的兴趣和实际动手的能力。

3.2 实施过程

结合海洋石油钻采装备虚拟仿真实验所具有的功能和实验课程教学的要求，海洋石油钻采装备虚拟仿真实验项目完整的实施过程如图1所示。

实验项目采用线上线下混合式教学模式。线上部分由实验教师完成，主要包括集中整合教学资源，设置课程考核，在线答疑解惑等。线下部分则需要学生借助网络教学平台，根据实验教师的要求完成仿真练习，熟悉整套仿真系统的使用方法。在实验课程中，学生通过网络平台练习石油钻采装备的仿真操作，学习查看系统嵌入的相关视频及三维动画等资源。学生在学习的过程中可随时向老师提出疑问，后续由教师统一完成课上答疑。教师则采用引导、提问等方式充分激发学生的想象力，对海洋钻采装备的结构等提出新想法，

挖掘学生的创造潜能,进而引导学生提高解决实际问题的综合能力。该项目还设置了教学评估环节供任课教师对学生学习成果进行考核。

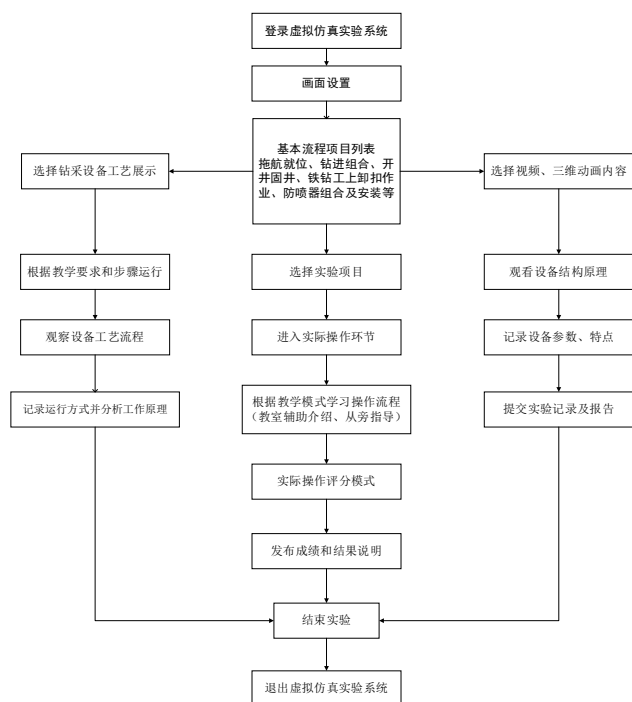


图1 虚拟仿真实验项目实施过程图

3.3 教学成果追踪

通过完成虚拟仿真实验任务,让学生身临其境地感受海上平台的钻采场景,有效调动了学生学习的积极性。实验采用3D虚拟现实技术和3D动画技术,展示了猫道机、鼠洞、顶驱、排管机、铁钻工等钻采设备的内外部结构、工作原理和性能特点,对学生熟悉石油钻采平台生产环境,掌握石油钻采相关设备的工作原理,研究设备与钻井工作面匹配关系、设备与设备间协作工作、性能匹配关系具有重要意义。

目前本虚拟仿真实验项目已应用到机械设计制造及其自动化、石油工程和海洋工程专业大三约500名学生的仿真实验,同时也为大一、大二约2000名学生提供了现场实践观摩的场景,降低了学生实际实习安全事故的风险率。海洋石油钻采装备虚拟仿真实验教学项目的推广使用,加深了学生对石油钻采装备的结构、工作原理和操作过程的认知程度,提高了学生的专业兴趣和创新创业能力。

4 虚拟仿真实验项目特色及亮点

4.1 创新化教学方法

传统实验教学是借助实验装置进行实验操作的实践教学活 动,学生根据实验指导书的特定步骤和方法,对已知的

确定答案进行验证或设计^[6]。虚拟仿真技术应用于实验教学后,彻底打破了时间和空间的限制,实验课堂通过身临其境、自主控制的人机交互直接获得外界反应,实现互动启发式教学。同时,实验项目创设了真实的学习情景,引导学生探索并掌握石油开采中的关键技术和装备,实现情景式教学。这一举措极大创新了教学方法,促使教学手段向科学化、高效化发展。

4.2 沉浸式课堂体验

本虚拟仿真实验项目的实践条件和实践基地建设实现了让学生身临其境地进行学习,解决了石油钻采现场不接受在校学生到现场进行学习操作的难题,可以让学生在实验室就能接触到现代化钻采工艺及装备技术,有效提高了学生的学习效果。

4.3 多元化评价体系

实验项目采用“线上线下”相结合的方式,实施实验预习、实验操作和实验报告“三位一体”的多元考核评价,力求对学生的学习成效实现更加全面、综合的考核和评价。

5 结语

在探索海洋石油钻采技术的浩瀚征途中,虚拟仿真项目的引入无疑为这一领域注入了前所未有的活力与效率。随着技术的不断成熟与深化应用,虚拟仿真项目在海洋石油钻采装备实验中的作用日益凸显。通过构建高度逼真的海洋环境模型与钻采装备操作场景,我们不仅突破了传统实验在物理空间、成本及安全风险上的局限,实现了从理论设计到实际应用的快速迭代与优化,还显著提升了操作人员的技能培训和应急响应能力,确保实际作业中的高效与安全。展望未来,随着虚拟现实、增强现实及人工智能等前沿技术的持续融合,虚拟仿真项目将在海洋石油钻采装备实验中展现出更为强大的生命力。

参考文献

- [1] 教育部.关于开展2019年度国家虚拟仿真实验教学项目认定工作的通知(教高司函[2019]33号.2019.7.10.
- [2] 彭小建.高等教育新常态下虚拟仿真实验教学中心建设探索[J].实验技术与管理,2016,33(10):237-240.
- [3] 熊宏齐.虚拟仿真实验教学助推理论教学与实验教学的融合改革与创新[J].实验技术与管理,2020,37(5):1-4+16.
- [4] 高志强,王晓敏,闫晋文,等.我国虚拟仿真实验教学项目建设的现状与挑战[J].实验技术与管理,2020,37(7):5-9+14.
- [5] 董燕,代晓东.虚拟仿真技术在石油工程实验教学中的应用[J].实验科学与技术,2021,19(3):112-116.
- [6] 郑家茂,熊宏齐.开放·创新:实验教学新模式[M].北京:高等教育出版社,2010.