

虚拟仿真平台在石油工程实习中的应用探讨*

由 庆, 郭建平, 许争鸣, 李治平

(中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083)

摘要: 石油工程专业实习虚拟仿真教学平台构建了石油钻采的三维虚拟空间, 重现钻井、采油和压裂增产等作业场景, 让学生突破空间和时间局限, 获得身临其境的浸入感。为训练学生实地考察技能、学习石油工程知识、提升科研实践能力提供了优良的教学实验平台。该虚拟仿真实验不仅可以满足石油工程专业人员的教学与交流需求, 同时可为大众普及石油钻采及压裂知识, 极大实现了信息知识的传递与共享, 切实提高石油工程人才的创新能力和质量。

关键词: 石油工程; 实习; 虚拟仿真; 教学平台

中图分类号: TE355

文献标志码: B

文章编号: 1001-9677(2020)23-0150-04

Discussion on Application of Virtual Reality Simulation Teaching System in Petroleum Engineering Practice*

YOU Qing, GUO Jian-ping, XU Zheng-ming, LI Zhi-ping

(School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The virtual simulation teaching system for Petroleum Engineering practice built a three-dimensional virtual space for drilling, production, and processes in Petroleum Engineering. Thus, students can break through the space and time limitations and obtain the immersive feeling. It provided an excellent teaching and experimental platform to enhance the field skills, related knowledge, and research ability of students in petroleum engineering. This virtual simulation platform can not only meet the teaching and communication requirements of Petroleum Engineering professionals, but also popularize the knowledge of drilling and fracturing for the public. In this way, the transmission and sharing of petroleum knowledge were realized and the innovation ability of petroleum engineering professionals could also be enhanced.

Key words: Petroleum Engineering; practice; virtual reality simulation; teaching system

石油工程领域的钻井、采油和压裂作业分为地面流程和井下流程, 地面流程具有高风险的特点, 而井下工作流程具有不可视的特点。因此石油工程专业的同学在进行石油工程专业实习时具有“安全性差”、“时空限制”和“难以实现”等特点^[1-3]。

此外, 石油工程专业实习中涉及到许多大型贵重设备。以钻井过程为例, 在实地专业实习时, 使用的金刚石钻头、钻杆和钻井液均为消耗品, 如果操作不当容易造成钻头和钻井液等耗材的浪费^[4-6]。

最后, 基于石油钻采领域内的溢流发生频率较高, 对于没有井控培训证书或者安全生产相关培训相关知识的同学, 接近这些实际生产过程存在一定的安全风险。

基于以上三个石油工程专业实习工程中的特点, 我们开发了虚拟仿真教学平台, 让学生在虚拟钻采环境中可以进行自由漫游和探索, 将地面流程和井下作业场景安全再现和可视化, 提高学生石油工程作业环境的认知。在实地专业实习前, 学生在虚拟环境中熟悉钻进过程中钻井液循环、接单根、油嘴大小调节等操作的基本方法, 并反复演练, 这样才能保证在更复杂的实际环境中更加熟练地操作司钻控制台和生产平台, 更加从容地面对各种突发情况^[7-11]。

本虚拟仿真教学平台的具体目的可分为以下四点:

- (1) 了解石油钻井、采油和压裂增产过程中的设备、特征及功能;
- (2) 熟悉石油钻井、采油和压裂的工艺流程和原理;
- (3) 掌握石油钻井、采油和压裂的施工操作和注意事项;
- (4) 掌握石油钻井、采油和压裂过程中复杂情况的判断及处理方法。

1 石油工程虚拟仿真教学平台的模块设计

为丰富学生学习资源和模式, 拓展石油工程实验教学的广度和深度, 依托国家级实验教学示范中心和国家级虚拟仿真实验教学中心, 紧密结合现场实际, 借助虚拟现实、人机交互技术, 虚拟仿真教学平台设计有“钻井过程认知及模拟操作”和“采油过程认知及原理模拟”两大模块(7个子模块), 涉及钻井及采油过程的设备认知、原理学习、工艺流程设计和模拟操作, 涵盖10个知识点、85个人机交互点实现了对油气钻井、采油、压裂全过程“原理认知+工艺设计+模拟操作”的系统实验教学。

* 基金项目: 中国地质大学(北京)本科教育质量提升计划建设项目“胜利油田产学研实践教学基地”(No: SJJD202003)。

第一作者: 由庆(1980-), 男, 副教授, 主要从事提高油气采收率与油田化学方面的教学及科研工作。

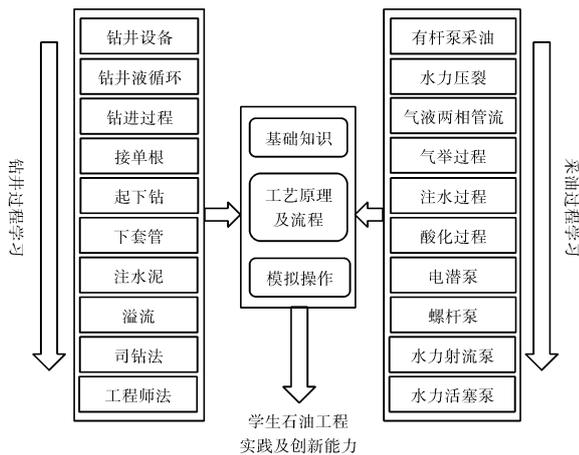


图 1 石油工程虚拟仿真实验模块及内容设置
Fig. 1 Modules and contents in virtual simulation experiment of petroleum engineering

本实验覆盖石油工程领域相关的设备、施工方案、工艺流程、施工操作模拟等知识点。这些知识点彼此之间具有一定关联关系, 由一个工作流程进行串联。

2 虚拟仿真教学平台的应用过程

(1) 教师以学生行政班为单位进行授课。授课内容主要包括钻井、采油与压裂理论、设备、工具、设计和工艺流程方面的基础知识, 一方面可以使学生对施工操作模拟的内容有初步了解, 另一方面也为下一步的虚拟仿真训练打下基础。

(2) 观看石油工程作业方面标准化操作视频, 直观了解钻井、采油与压裂所涉及的设备、工具、工艺流程和场景, 为下一步操作模拟提供参考。

(3) 模拟组建简化版的“石油工程工艺作业团队”学习小组, 一般 5~6 个学生形成一个小组, 下面所有的训练都以小组为单位完成, 锻炼学生的团队协作能力。

(4) 学生先从教师处获取基本的工程数据及其合理设定范围, 然后按照所学专业进行基本的钻井和采油施工参数设计, 依据设计的作业参数进行钻井和采油作业虚拟仿真训练, 将“工程设计”融入课堂教学之中, 充分发挥学生的主观能动性, 在全面掌握核心知识点的基础上锻炼学生的工程实践能力和解决复杂石油工程的能力。

(5) 教师在学生训练过程中会设置一些钻井、采油和压裂作业过程中可能发生的复杂情况, 学生需要在训练的过程中实时关注作业参数的变化, 根据参数的异常变化来发现复杂情况、判断复杂情况、提出解决方案并实践, 培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。

(6) 将“创新思维”融入到钻井与压裂虚拟仿真训练中, 鼓励学生独立思考, 促进学生自主性学习、推进学生的创新性学习和个性发展。具体方式为: 一方面教师引入钻井与采油方面的最前沿技术, 鼓励学生对技术原理进行调研和展开讨论, 就技术的优点和缺点发表自己的见解; 另一方面, 从发散思维的角度, 鼓励学生对现有钻井与采油装备及工艺方案提出改进思想和方案, 开展讨论。

(7) 从学生个人和学习小组两个角度, 对学生的知识掌握程度、实训效果和参与度等方面进行较为全面的评价, 给出最终的成绩。

(8) 进行反思性评价, 即对学习的目标、过程、结果、互

动与支持性情况等反思与评价。

3 石油工程专业实习虚拟仿真教学平台功能介绍

3.1 钻井工程设备认知

通过鼠标、键盘等计算机外设进行交互操作, 了解钻井地面流程, 然后进入仿真作业场景, 观察、分析学习地面设备名称、结构、功能与布局等基础知识, 如图 2 所示。



图 2 石油工程钻井设备认知(真空除气器 3D 场景)
Fig. 2 Equipment learning during drilling operations (3D form of vacuum degasser)

通过点击“跳转到场景物体”, 可以进入到钻井场地的该部件前面, 对钻井设备在井场的位置井型一个整体的认知和学习, 如图 3 所示。并且该设备前可以高亮显示, 表示通过点击该设备, 可以对这个设备的功能进行进一步的学习。



图 3 石油工程钻井设备认知(真空除气器井场场景)
Fig. 3 Equipment learning during drilling operations (vacuum degasser in well site)

3.2 钻进过程学习

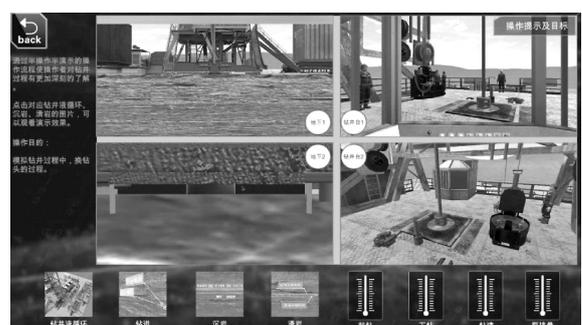


图 4 钻井过程学习及操作
Fig. 4 Learning and operation during drilling process



图5 起钻更换钻头

Fig. 5 Pull out of hole and change drilling bit

进入钻进模块，通过调节泵排量和钻速，可以使得钻柱及钻头进行旋转，通过调节起钻和下钻按钮，可以进行井眼的加深以及更换钻头，图4展示的几个界面分别为井下情况的两个视角和钻井平台上的两个视角，图5展示的是起钻及更换钻头两个操作过程，可以更换的钻头有PDC钻头及牙轮钻头。

3.3 固井过程学习

如图6所示，进入固井过程模块，学生首先学习固井相关知识，然后开始固井操作的练习，学生需按照固井的标准操作流程先后点击右边的按钮，如果步骤选择错误，会重新返回初始固井界面，并重新打乱右边按钮的顺序，直至学生全部掌握整个固井操作。

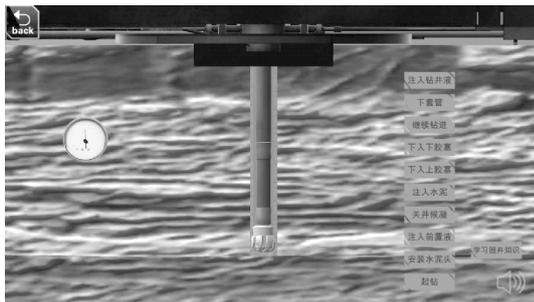


图6 固井操作练习

Fig. 6 Practice of well cementation

3.4 采油工程部件功能学习

点击“部件学习”，学习各模块对应的设备知识，左侧为设备介绍，右侧为设备3D仿真，通过点击设备部件，可进行设备组成及部件认知学习，点击“学习完成”完成部件相关知识学习，如图7所示。



图7 采油工程部件学习界面

Fig. 7 Component learning in oil production engineering

3.5 采油工程原理学习

点击“原理学习”，进行设备工作原理的3D学习，通过拖动鼠标，可实现设备及部件的360度旋转，通过设置切割面，可观察设备内部流动及运行情况，如图8所示。



图8 采油工程原理学习界面

Fig. 8 Principle learning in oil production engineering

3.6 采油工程在线测试

点击“在线测试”下的立即进入按钮，进入在线测试模块，如图9所示。查看测试说明，点击开始测试进行在线测试；页面中部为试卷，右侧为答题卡，顶部为实验时间；点击“交卷”，可查看测试成绩。



图9 考试界面

Fig. 9 Testing interface

4 结语

本虚拟仿真教学平台综合利用3D建模和多媒体技术，实现了石油工程领域的一个完整的虚拟流程。石油和天然气开采时的大部分工作流程都是发生在地下的，在高温高压地层环境下发生的石油钻采过程，具有不可视、不可逆、高风险和高成本等特点，需要进行虚拟化模型实验教学来让更多人体验钻井、采油和压裂过程中地面和地下场景。为学生提供了一个无限次再现的虚拟资源的学习环境，让所有学生实现现场感的体验式学习，开拓了学生的学习视野，构架更完整的石油工程知识体系，为提高学生的学习兴趣、自主学习、互动学习、创新学习提供了一流的资源和平台。

参考文献

- [1] 管志川,王瑞和,李明忠,等.石油工程专业学生工程实践能力培养研究[J].石油大学学报(社会科学版),2001,17(6):95-97.
- [2] 韩国庆,李宗田.采油工程综合技术与案例分析课程教学研究[J].教育教学论坛,2014(16):67-68.
- [3] 冯其红,周童,赵修太,等.石油工程实验教学示范中心信息化平台建设[J].实验室研究与探索,2011,30(3):97-99.
- [4] 尹邦堂,刘瑞文,刘刚,等.钻井及井控模拟仿真平台构建[J].实验室研究与探索,2015,34(8):85-89.
- [5] 刘芳,王聃.三维采油井控仿真教育培训系统[J].系统仿真技术,2015,11(2):119-123.
- [6] 隋义勇,冯国强,樊灵.仿真模拟在石油工程教学及培训中的应用探讨[J].现代企业教育,2013(18):200.
- [7] 冯潇,李臻.虚拟仿真教学系统在胚胎学教学中的应用探讨[J].中国组织化学与细胞化学杂志,2018,27(6):586-590.

(下转第157页)

和稳定性起着重要的调节作用。比如, 热处理过程中涉及的加热温度、升温-降温速率、热处理时间等细节控制对调节金属颗粒的大小、形貌、以及去除有机配体或有毒物质方面至关重要, 从而对催化性能产生极大的影响。有鉴于此, Graham J Hutchings 团队以 3-硝基苯乙烯的高效化学选择性氢化制 3-氨基苯乙烯为模型反应, 研究了已经很难引起人们注意的热处理工艺和金属负载量对催化性能的影响^[15]。作者发现, 按照前人经验, 对 0.2wt% 和 0.5wt% 负载量的 Pt/TiO₂ 催化剂, 在 450 °C 下进行还原处理, 通过强金属-载体相互作用诱导 TiO_x 覆盖 Pt 纳米颗粒, 造成催化活性降低。然而, 如果对其进行 450 °C 下煅烧处理, 可以有效避免活性位点减少这一不足, 并制备出更高活性的催化剂。在此基础上, 研究人员进一步系列制备了四种不同金属含量的 Pt/TiO₂ 催化剂(负载量分别为 0.05wt%, 0.08wt%, 0.2wt% 和 0.5wt%), 如图 4 所示。结果表明, 负载量不同时, 热处理的效能也不尽相同。相关成果于 2019 年在《Nature Catalysis》杂志上发表^[16]。这项研究为我们提供了一种简便调控贵金属纳米催化剂活性和选择性的经典策略。

该策略背后的教育意义或许更加深刻, 即细节至关重要, 细节决定成败。古人云“泰山不拒细壤, 故能成其高; 江河不择细流, 故能成其深”。常言道: 忽视小细节, 可能吃大亏。一些我们习以为常的操作, 它可能就是实验的关键之处, 也许是催化性能时好时坏, 实验无法重复的命门所在。同时, 留心细节, 能够化腐朽为神奇; 细节中蕴含创新因子。实验过程中细节可能就是科研成果等级的评判之地, 也许可以改变催化反应过程的整体发展方向, 甚至可以决定催化的成败。

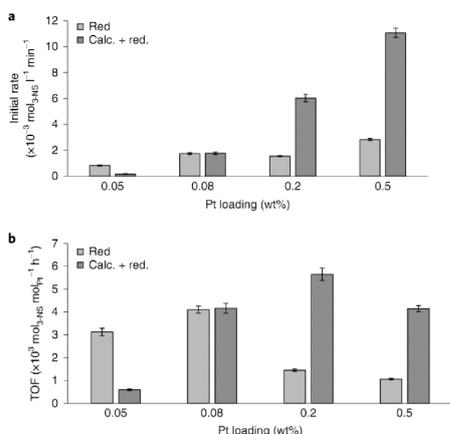


图 4 热处理对 Pt/TiO₂ 催化剂活性的影响

Fig. 4 Effect of heat treatment on the activity of Pt/TiO₂ catalyst

5 结 语

本文介绍了近三年催化领域中四个具有代表性的重要科研成果, 并深入挖掘科研成果背后的学术思想, 这有利于促进学生对工业催化学科的深入理解和把握, 使学生在校期间就能接触到本学科领域最新的发展动向, 促使学生对学科知识“见树又见林”。同时, 本文结合个人的科研心得, 通过例证的方式与学生进行交流, 将有助于引导学生将理论知识应用到实践之中, 助力其创新能力的培养。

参考文献

- [1] 锁要红, 张仲华, 李少华, 等. 高校教学科研互动、科研反哺教学探讨[J]. 科技展望, 2014, 17: 70.
- [2] 周盛全. 对高校教师教学和科研的一点认识[J]. 高校与高等教育, 2009, 10, 3969/j. issn. 1001-9960. 2009. 36. 285.
- [3] 催化剂定义. <https://baike.baidu.com/item/工业催化剂/2954210?fr=aladdin>.
- [4] 王芳, 魏文仁, 郭为民. 避免重整催化剂中毒的探讨[J]. 中国新技术新产品, 2012, 10, 3969/j. issn. 1673-9957. 2012. 01. 238.
- [5] Peng A, Kung M C, Brydon R R O, et al. Noncontact catalysis: Initiation of selective ethylbenzene oxidation by Au cluster-facilitated cyclooctene epoxidation[J]. Sci. Adv. 2020, 6(5): eaax6637.
- [6] X-mol 资讯. 催化剂的无接触服务. <https://www.x-mol.com/news/447618>.
- [7] 李雄武, 汪朝阳, 郑绿茵. 串联反应的有机合成应用新进展[J]. 有机化学, 2006, 26(8): 1144-1149.
- [8] 液态金属定义. <https://baike.baidu.com/item/液态金属/4809216?fr=aladdin>.
- [9] Zhang J, Yao Y, Sheng L, et al. Self-Fueled Biomimetic Liquid Metal Mollusk[J]. Adv. Mater. 2015, 27(16): 2648-2655.
- [10] Taccardi N, Grabau M, Debuschewitz J, et al. Gallium-rich Pd-Ga phases as supported liquid metal catalysts[J]. Nat. Chem. 2017, 9(9): 862-867.
- [11] X-mol 资讯. 液态金属做催化剂? <https://www.x-mol.com/news/8332>.
- [12] 汪秋安. 重要有机化学反应及机理速查手册[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2007: 673-674.
- [13] Beddoe R H, Andrews K G, Magné V, et al. Redox-neutral organocatalytic Mitsunobu reactions[J]. Science, 2019, 365(6456): 910-914.
- [14] X-mol 资讯. 靠着这个有机催化剂, 他们实现了“Dream reaction”. <https://www.x-mol.com/news/19172>.
- [15] 纳米人资讯. <http://www.nanoer.net/showinfo-32-11378.html>.
- [16] Macino M, Barnes A J, Althahban S M, et al. Electricity-driven asymmetric Lewis acid catalysis[J]. Nat. Catal. 2019, 2(10): 873-881.

(上接第 152 页)

- [8] 刘筱兰, 张薇, 程惠华, 等. 虚拟实验室的类型及发展趋势[J]. 计算机应用研究, 2004(11): 8-10.
- [9] 张勇亮, 张均东, 张志政. 三维船舶轮机虚拟实验室的设计和实现[J]. 计算机应用与软件, 2019, 36(1): 171-175.
- [10] 孙建楠, 杨金玲, 公维磊, 等. 浅谈虚拟实验室技术在理化检验课程中的应用[J]. 医学教育研究与实践, 2019, 27(2): 290-293.
- [11] 张海军, 闫琼, 张睿, 等. 虚拟仿真实验项目建设质量评价研究[J]. 实验室技术与管理, 2020(9): 174-178.