

## 特约专栏——虚拟仿真实验教学中心建设

编者按:在石油、地质、矿业等工程领域中,由于工作流程和环境存在着一些不可及、不可视、不可逆和高危险等特点,其实验教学过程不可能或很难在实验室中直接操作实现,许多高校采取了虚拟仿真的实验方法,并创建了国家级虚拟仿真实验教学中心取得了良好的教学效果。本期《特约专栏》刊登了中国石油大学(华东)冯其红教授、中国地质大学(武汉)吕新彪教授、中南大学钟宏教授和中国矿业大学马文顶高级实验师等的文章,介绍他们成功、可行的经验,供读者借鉴、参考。

## 石油勘探开发工业虚拟仿真实验教学中心建设

冯其红, 李晓东, 马建民, 刘 臻, 赵新强

(中国石油大学(华东), 山东 青岛 266580)

**摘 要:**石油勘探开发工业虚拟仿真实验教学中心利用信息化技术,结合石油行业的特点和高等工程教育的发展需求,以培养学生的工程实践能力和创新能力为目标,深入开展了虚拟仿真实验教学探索和研究,借助于虚拟仿真手段,使不可及、不可视、高风险、高污染等操作过程变得直观、形象,更具可操作性,巩固了学生所学理论知识,提高了学生实践动手能力。经过多年发展,中心在实验教学体系建设、教学模块设计开发、教学模式实施、开放共享等方面取得了显著成效。

**关键词:**实验教学;石油勘探开发;虚拟仿真

**中图分类号:** TP393.01;G482 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-4956(2014)9-0001-04

Construction of experimental teaching center of virtual simulation  
for petroleum exploration and development industry

Feng Qihong, Li Xiaodong, Ma Jianmin, Liu Zhen, Zhao Xinqiang

(China University of Petroleum (Huadong), Qingdao 266580, China)

**Abstract:** The virtual simulation experimental teaching center for petroleum exploration and development industry uses information technology, combines with the characteristics of the oil industry and the development needs of higher engineering education, and aims at cultivating students' engineering practical and innovative ability to deeply explore and study the virtual simulation teaching. With the virtual simulation, the inaccessible, invisible, high-risk, high-pollution and other operations become more intuitive, vivid, and operational. Meanwhile, the visual simulation consolidates the students' theoretical knowledge and enhances the students' practical ability. After years of development, the experimental teaching center has achieved remarkable effects in several aspects, such as construction of experimental teaching system, design and development of teaching modules, implementation of teaching modes, opening and sharing, and so on.

**Key words:** experimental teaching; petroleum exploration and development; virtual simulation

信息技术对高等教育发展具有革命性影响,高等教育信息化是促进高等教育改革创新和提高质量的有效途

径<sup>[1-2]</sup>。虚拟仿真实验教学中心(下称中心)是高等教育信息化和实验教学示范中心建设的重要组成部分,是学科专业与信息技术深度融合的产物<sup>[3]</sup>,在实验教学中发挥了独特的、不可替代的作用,有效推动了教学内容、教学手段和方法的改革,激发了学生的学习积极性,拓展了学生学习的时空,促进学生实践创新能力的全面提升<sup>[4-6]</sup>。

石油勘探开发各项作业环境极端恶劣,大部分工作流程都是在地层下进行,具有不可视、不可及或不可

收稿日期:2014-05-07

基金项目:2012年山东省高等学校教学改革重点项目(2012017)

作者简介:冯其红(1969—),男,四川西充,博士,教授,中国石油大学(华东)教务处处长兼国家级石油勘探开发工业虚拟仿真实验教学中心主任,主要研究方向为油藏工程及高等教育管理。

E-mail: fengqihong@126.com

逆、高风险、高消耗、高成本、高污染的特点,采用传统教学手段进行石油工业实验实训教学非常困难,教学效果难以保障。针对石油行业特点和高等教育内涵式发展对实验教学和人才培养提出的新要求,中国石油大学(华东)按照“实践教学为主体、科研开发为依托、产学研一体化建设”的方针,有效整合相关教学资源,依托国家级实验教学示范中心-石油工业训练中心,紧密结合现场实际,借助虚拟现实、仿真装备、人机交互等技术<sup>[7]</sup>,建立了石油勘探开发工业虚拟仿真实验教学中心。经过 10 多年的建设和发展,中心在信息化平台建设、实验教学资源开发与共享、师资队伍建设等方面取得了很大发展,构建了特色鲜明的实验教学体系,建立了 8 个虚拟仿真实验教学模块,探索实施了 3 种虚拟仿真教学模式,产学研深度融合,自主研发了大量

工业化的仿真训练教学装备及软件,每年承担 40 多万人时教学任务,为学生提供了系统化、高水平的石油工业虚拟仿真实实践教学平台。

## 1 构建系统化虚拟仿真实验教学体系

石油勘探开发工业虚拟仿真实验教学中心充分利用虚拟仿真技术,融合多种互动硬件与数据库,对石油勘探开发工业生产工艺流程的各个真实环节进行模拟仿真,以虚强实,相互补充,构建了独具特色的“五融合、四层次、三模式”虚拟仿真实验教学体系。学生通过在高度仿真的虚拟环境中完成实验,实现真实实验不具备或难以完成的教学功能,达到了教学大纲培养目标的要求<sup>[8]</sup>。虚拟仿真实验教学体系如图 1 所示。

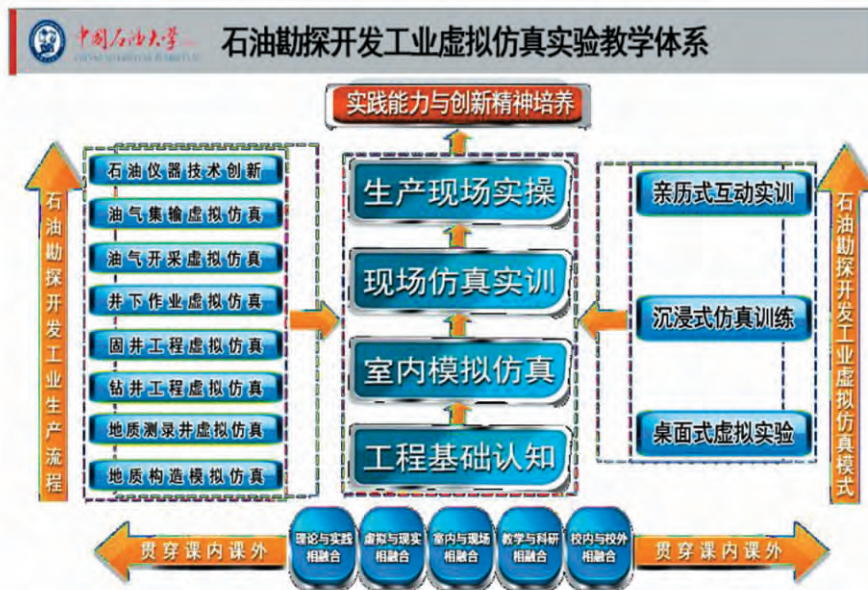


图 1 虚拟仿真实验教学体系

经过多年的教学实践和完善,以贯穿于课内外的理论与实践、虚拟与现实、室内与现场、教学与科研、校内与校外的“五融合”为基础,建立了“工程基础认知、室内模拟仿真、现场仿真实训、生产现场实操”的“四层次”的训练教学核心环节。在教学过程中,通过讲解地质、钻井、采油、集输等石油工程基本知识、原理及工艺,借助仿真教学装备和软件进行石油勘探开发工业流程的各种仿真操作训练,利用实验油井和实际生产作业设备把虚拟仿真与实际操作紧密结合,利用真实生产油井及设施进行实操训练,加强了学生对石油勘探开发工程的基本认知,强化了石油勘探开发工业基本实践操作技能,实现了与生产现场的零距离接触,有效培养学生的实践能力与创新精神。

## 2 虚拟仿真实验教学模块建设

石油勘探开发虚拟仿真实验教学中心结合教学需求和专业特点,不断丰富教学资源,建立了地质构造模拟、地质测录井、钻井工程、固井工程、井下作业、油气开采、油气集输、石油仪器技术创新 8 个虚拟仿真实训教学模块和 53 个实验实训项目,使不可视、不可及的作业场景可视化,使不可控、不可逆的场景重复再现化,使高风险、高污染的作业安全环保化。本文将重点介绍其中的 4 个模块。

### 2.1 地质构造模拟仿真实验实训教学模块

通过地质构造动态模拟装置、地质层面拉压模拟装置、褶皱及断层仿真模型、油气运移过程动态模拟装置、不同地貌形成等虚拟实训软件,开设了地质



构造动态模拟实验、地质层面拉压模拟实验、油气运移过程动态模拟实验和不同地貌形成过程虚拟实验,使学生掌握地质构造运动规律和油气形成条件及运移规律,形象地观察不同地貌的形成过程,如图2所示。



图2 地质构造模拟仿真实验实训教学模块

## 2.2 地质测井虚拟仿真实验实训教学模块

本模块由计算机数据仿真控制系统、3D 钻井测录井作业场景动画系统、仿真教学设备、多媒体投影显示系统、现场作业模拟音效系统组成,在教学中可以进行数据采集系统虚拟搭建实训,模拟完成探井钻进全过程地质测井模拟操作、探井完成后测井模拟操作,使学生掌握地质测井、录井工艺及相关操作方法,如图3所示。

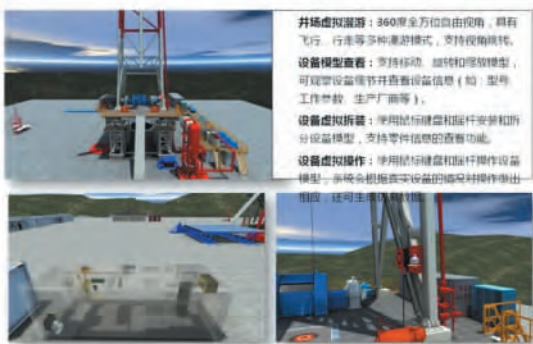


图3 地质测井虚拟仿真实验实训教学模块

## 2.3 井下作业虚拟仿真实验实训教学模块

井下作业的特点使得教师通过传统的讲解教学,很难让学生理解相关的技术及工艺。本模块主要由仿真操作设备(修井机模型、压裂车模型、混砂车模型、修井管柱和压裂管柱等)、计算机数据仿真控制系统、3D 固井作业场景动画系统、多媒体投影显示系统、现场作业模拟音效系统组成,通过数据仿真控制系统,模拟操作各种井下作业和酸化压裂工艺流程,有效促进了学

生对井下作业、酸化压裂等工艺的理解和动手能力的培养,如图4所示。



图4 井下作业虚拟仿真实训教学模块

## 2.4 油气开采虚拟仿真实验实训教学模块

该教学模块主要由仿真操作设备(各类抽油机仿真装备、采油树模型、电潜泵模型、采油管柱等)、计算机数据仿真控制系统、3D 采油作业场景动画系统、多媒体投影显示系统、现场作业模拟音效系统组成,可以在抽油机采油仿真实训、螺杆泵采油仿真实训、电潜泵采油仿真实训、自动化采油虚拟仿真实训和智能油田油水井生产实时分析虚拟仿真实训教学中使用,进而加强学生对各种采油设备和采油方法、工艺技术的理解和掌握,如图5所示。



图5 采油工程虚拟仿真实验实训教学模块

## 3 探索实施多元化实验教学模式

为了保障虚拟仿真教学内容的顺利开展,石油勘探开发虚拟仿真实验教学中心不断加强研究与实践,探索出了桌面式虚拟实验、沉浸式仿真训练、亲历式互动实训3种虚拟仿真教学模式并有效实施,多元化的教学模式相互补充,促进了实验教学效果显著提升。

### 3.1 桌面式虚拟实验

通过采用虚拟现实技术对相关工业过程进行计算机模拟,用虚拟井场、场站、设备等取代物理实物,将井下不可视场景等形成安全操作的三维虚拟场景,实现了对生产作业及工艺的可视化模拟,学生通过计算机鼠标、键盘等外设进行计算机桌面操作进行实验,提高了学习效率。

### 3.2 沉浸式仿真训练

利用相关技术生成具有视、听、触等多种感知的逼真虚拟环境<sup>[9]</sup>,通过相关交互设备(如操纵杆、头盔、多媒体设备等),在虚拟场景中模拟钻进、测绘、倒阀、事故等活动,使学生能够身临其境般地进行交互式视景仿真和信息交流。同时,针对多人在线的情况,学生还可以进行模型化、角色化、事件化的训练模拟,使其训练更接近真实情景。

### 3.3 亲历式互动实训

采用实物仿真装备和实训软件的混合体系架构,将石油勘探开发相关实验设备、油气田现场生产作业装备严格按照比例或规范制作,使其具备真实装备所具有的相关结构、功能,缩放于实训室,学生通过亲身操作和虚拟软件的系统控制,实现操作者与仿真装备、实验系统的有效真实互动,经过多次、重复训练,强化了自身的实践动手能力。

## 4 搭建功能先进的实验教学平台

### 4.1 石油勘探开发虚拟仿真实验实训教学平台

该平台基于 Redhat Linux Advanced Server 4.0 操作系统和 Apache 2.0 Web 服务器软件构建,具有较强的教学功能、教务管理功能和服务功能,包含管理维护系统、新闻信息服务系统、教务管理系统、实时多媒体交互系统、移动学习服务系统、教学支持服务系统、考试管理系统、资源管理系统、个性化服务支持系统 8 个子系统。学生可以利用平台进行选课、实验预约、答疑、在线课程学习、在线自测、下载各种教学资料,满足了自主学习和工程基础认知学习需求<sup>[10]</sup>。

### 4.2 网络教学及管理信息平台

中心通过建设开放式的虚拟仿真网络教学及管理信息平台,实现了全方位的虚拟实验教学辅助功能,包括中心门户网站、实验教务管理、实验教学管理、实验前的理论学习、实验过程的智能指导、实验结果的自动批改、数字化资源管理、师生互动交流 and 系统管理、实验教学效果评估等功能<sup>[11-12]</sup>。

### 4.3 科研实验装备转化为教学平台

通过开发油页岩费式台式测试装置、超临界流体萃取分馏实验装置等大批科研实验装备及操作软件,并在日常教学过程中进行应用,利用油层驱油虚拟仿

真技术、油气成因仿真实验技术等,完成相关训练、实验和开发。学生可以通过相关设备和操作软件,了解和掌握相关石油工业生产科研实验设备的结构、原理、功能及应用<sup>[13]</sup>。

## 5 结束语

石油勘探开发工业虚拟仿真实验教学中心经过长期的教学实践与文化积累,在教学理念、教学体系、自制装备、师资队伍等方面都取得了新发展。立足于石油行业,实现了石油工业训练教学资源与科研成果的充分共享,发挥了良好的示范辐射作用。自主研发了“井控仿真模拟系统”、“酸化压裂仿真模拟系统”等 80 余种仿真教学装备,建成虚拟化数字油田、虚拟仿真实训室等 30 多个软件模块,开发出了时长 100 多个小时的虚拟仿真教学软件,被国内外众多高校及培训机构采用。其先进的实验教学理念及体系,引领我国石油工业训练教学的发展,突出的教学成绩和教学效果,得到中央电视台专题现场直播报道。中心将继续夯实基础,突出特色,坚持产学研结合可持续发展的道路,不断加强自身内涵建设,促进实验教学改革创新。

## 参考文献 (References)

- [1] 国家中长期教育改革和发展规划纲要工作小组办公室. 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)[EB/OL]. (2010-07-29). <http://www.gov.cn>.
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育信息化十年发展规划(2011—2020年)[EB/OL]. (2012-03-13). <http://www.gov.cn>.
- [3] 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.
- [4] 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,2013,30(12):101-104.
- [5] 江苏省张家港职业教育中心校. 虚拟仿真技术助推学校信息化建设[J]. 中国教育信息化,2013(15):101-104.
- [6] 陈萍,周会超,周虚. 构建虚拟仿真实验平台,探索创新人才培养模式[J]. 实验技术与管理,2011,28(3):277-280.
- [7] 王海兵,樊硕,朱建民,等. 计算机技术在实验勘探开发中的应用[J]. 电子技术与软件工程,2013(12):117.
- [8] 张玉茹,杨镜. 虚拟现实技术在实验教学中的应用[J]. 软件导刊,2013,12(2):150-152.
- [9] 刘兵,刘怀山,姜绍辉. 虚拟现实技术在石油勘探开发中的应用[J]. 西北地质,2004,37(4):150-152.
- [10] 檀朝东,刘慧卿,程林松,等. 油气田开发仿真教学实验室建设及实践效果分析[J]. 中国石油和化工,2011(12):58-60.
- [11] 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.
- [12] 吕霞付,王平,罗萍,等. 加强实验教学示范中心建设,培养学生创新能力[J]. 实验技术与管理,2013,30(5):95-98.
- [13] 魏宏波. 基于虚拟仪器技术的实验教学改革创新探讨[J]. 中国现代教育装备,2009(11):92-94.