

实验与实践教学

建设化工类国家虚拟仿真实验教学项目的实践和探索^{*}

高雪超, 汤吉海

(南京工业大学 化工学院, 江苏 南京 210009)

[摘要] 虚拟仿真实验教学是高校实验教学的重要组成部分。文章分析了国家虚拟仿真实验教学项目建设的必要性和特质, 并结合南京工业大学建设环氧乙烷生产工艺虚拟仿真实验项目的实践, 从题材选取、建设方略和内容等方面进行了探讨。虚拟仿真实验教学项目有助于提高学生的工程实践能力。

[关键词] 虚拟仿真; 实验教学; 化工教育

The Practice and Exploration of Constructing National Virtual Simulation Experimental Teaching Project in Chemical Engineering

Gao Xuechao, Tang Jihai

(College of Chemical Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing, Jiangsu 210009)

Abstract: Virtual simulation experimental teaching is the important part of experimental teaching in colleges and universities. This article analyzed the necessity and characteristics of national virtual simulation experimental teaching project, and based on the construction of virtual simulation experimental teaching project for ethylene oxide production process in Nanjing Tech University, discussed the choosing of subject, the construction strategies and contents. Virtual simulation experimental teaching project is helpful to improve students' engineering practical ability.

Key words: Virtual simulation; Experimental teaching; Chemical engineering education

根据教育部《关于 2017—2020 年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知》《关于开展

2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目认定工作的通知》和江苏省教育厅《关于做好 2018 年度国

[作者简介] 高雪超(1984-), 男, 副教授, 硕导, 博士, 学院实验中心副主任。

[通信作者] 高雪超, E-mail: xuechao.gao@njtech.edu.cn。

^{*} 基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目(编号: 201801139006); 江苏高校一流本科专业建设项目; 南京工业大学教改研究课题“以产业结构调整为导向的化工专业新工科人才培养研究与实践”。

家虚拟仿真实验教学项目申报工作的通知》的要求^[1],南京工业大学化工学院实验中心结合当前课程教学的问题和经验,基于现有化工虚拟仿真教学和校企合作的成果,积极完善软件建设,统筹组织并申报了环氧乙烷生产实训虚拟仿真项目。经江苏省会评推荐和教育部组织的网评遴选及专家评审,该项目从 766 个申报项目中脱颖而出,被认定为国家虚拟仿真实验教学项目。此后,实验中心开始了该项目的建设。

一、建设化工类虚拟仿真实验教学项目的必要性

实验教学对理工科学生内化专业课程的原理具有重要作用^[2]。长时间阅读文字性内容容易使学生感到疲倦,从而降低学习效果;而实验教学能够立体化、实物化呈现工程原理,增强学生的想象力、感知力和触类旁通的能力,从而明显提升学生的学习效果。学生通过观察和操作仪器设备,可以对工程设计、仪表控制、阀门和泵等组件的定向组合及空间布局形成直观的认识,从而更好地掌握理论教学的内容。

真实的实验教学固然可以提升学生的动手能力,但仍存在一定的局限性。因为实验仪器一般是专业仪器公司生产的成套产品,各组件安装往往由公司委派专业人员完成,学生不能随意拆装,也就无法完整认识实验仪器的内部结构,而购置大型化工反应装置需要投入巨额资金且必须制定安全措施,难以大面积推广。一些高温高压、易燃易爆的反应集成了化工学科的先进技术^[3],以此为案例进行教学对化工专业人才培养具有引领作用。这些反应不适合在实验教学中让学生动手操作,因此利用计算机特有的虚拟仿真技术开展教学,可以极大地弥补学生无法动手操作的缺憾^[4],从而提升化工实验教学水平。南京工业大学化工实验教学中心作为省级实验教学示范中心,在实验教学改革方面具有鲜明的产教融合特色,通过定向设计虚拟仿真实验教学项目,可以极大地拓展中心的教学功能。

二、化工类国家虚拟仿真实验教学项目的特质

化工类国家虚拟仿真实验教学项目是信息化

时代工程教育的重要组成部分。首先,项目设计要体现以学生为中心的内涵,应当注重综合培养学生的创新能力、实践能力,激发学生的学习兴趣 and 潜能。其次,项目建设要以“能实不虚”为原则,选取适宜的实验教学内容,坚持问题导向,重点解决不具备开展实物教学条件、实际运行困难或涉及高危或极端环境、高成本、高消耗、不可逆操作的问题。再次,项目教学中需要结合先进的教学方法,通过“抛砖引玉”,让学生“举一反三”,激发学生进入以点及面的学习状态,让学生形成良好的学习体验,从而提升教学效果。最后,项目建设需要采用先进可靠的实验研发技术,体现信息化建设的时代前沿性,以提高实验项目的吸引力和教学的有效性。

三、化工类虚拟仿真实验项目的题材选取

自法国科学家 Lefort 开发出乙烯部分氧化合成环氧乙烷的催化技术以来,环氧乙烷逐渐发展成乙烯的第二大衍生产品,并成为有机化工和精细化工的重要中间体。环氧乙烷由于具有易燃易爆的物理特性,在生产过程中需要高温高压,其大规模生产工业技术被誉为“刀尖上的舞蹈”。环氧乙烷生产过程中的安全问题、技术受控问题、工业连锁装置和预警问题,均为极端条件下新反应工程具有的特征^[5]。虽然学生通过现场参观可以对化工生产设备形成初步感性认识,但由于企业厂区均采用自动化的全封闭管路,学生难以充分理解整个管线设置和生产过程。因此,模拟极限受控条件下的环氧乙烷生产过程,对本科生的实践拓展教学而言具有前瞻性和新颖性^[6]。

环氧乙烷的生产是一个典型的化工过程,涉及化学反应工程课程的核心原理——反应器设计。环氧乙烷生产普遍采用固定床列管式反应器,除了管式反应器的构件设计外,该反应对于所使用的催化剂结构、负载量、反应速率和稳定性均有明确要求,涵盖了典型反应器的基本特点。反应器实际封装过程有严格的操作程序,涉及支撑弹簧、惰性球、管帽等小部件,最终需要达到压降均匀的要求。另外,反应器的外接设备包括开车蒸汽设备、锅炉水设备等,综合了化学反应和化工

设计的核心内容。鉴于环氧乙烷生产过程具有高集成度的化工学科题材的特质,开发环氧乙烷仿真实验有助于加深学生对所学相关理论知识的理解,促进学生综合能力的培养。相应的虚拟仿真实验项目建设不仅能满足教育部“能实不虚、虚实结合”的要求,而且符合南京工业大学实验教学的现实需求。

四、化工类国家虚拟仿真实验教学项目的建设方略和内容

(一)坚持“四个结合”

“四个结合”是指结合当前先进计算机和网络技术,结合知识核心原理和能力拓展的层次性,结合面向教师授课的教学性和面向学生综合学习的拓展性,结合线上和线下。

虚拟仿真实验是在计算机系统中采用虚拟技术搭建工业化生产场景(见图1),让学生在各种设定实验条件下进行模拟实验操作,控制不同部位的设备和管路。由于在实验项目设计过程中不可避免地涉及数据交换、流程模拟、模块化搭建和链接数据仿真等技术,因此实验者应掌握一定的计算机和网络技术,采用高通用和兼容性的先进技术开展实验。环氧乙烷生产工艺实训虚拟仿真实验采用全Web版技术,免去了常规的插件下载过程,只需在浏览器地址栏中键入网址(virtual.hgy.njtech.edu.cn)即可访问,这极大地提高了系统的兼容性和使用的便捷性。实验者借助手机、平板电脑等移动设备,还可以通过扫描二维码进入在线学习系统学习专业知识。

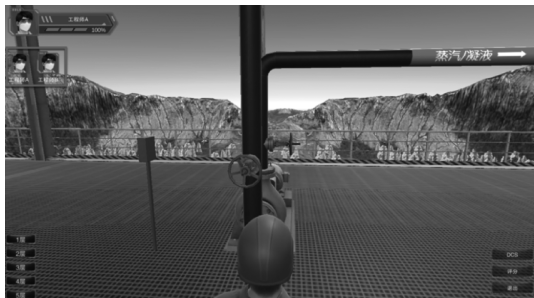


图1 环氧乙烷生产工艺虚拟仿真实验的3D工厂画面

为了方便教学管理,虚拟仿真实验平台设定了管理员、教师用户及学生用户,并为不同用户分

配了相应的权限。作为用户的学生能够在线上和指导老师进行远程交流,并且除了了解阀门开关操作、仪表显示等初级知识,还能够体验化工专业的数据内核和工艺模型链接(状态方程、反应动力学方程等),从而提高工程设计能力,形成“认识—实践—再认识—再实践”的螺旋递进式学习过程。另外,学生既可以采用团队协作配合的集中式上机训练模式,也可以进行分散性的单独练习。

(二)做到“多维一体”

环氧乙烷生产工艺虚拟仿真实验包含四个模块的内容(见图2),分别为基本知识(理论知识、设备结构和催化剂填装)、安全生产(安全理论、消防安全和工艺安全)、工艺仿真(冷态开车、正常停车和事故处理)和反应器设计,所形成的“3+3+3+1”的架构具有环环相扣、层层递进的关系。在基础理论知识和安全生产模块,学习者除了可以进行在线答题测试,还可以通过视频资料和Flash动画,自主学习生产设备结构、催化剂填装、消防安全、工艺安全等知识;在工艺仿真模块,学习者可以自由切换“3D虚拟现场站+DCS中控室”;在反应器设计模块,学习者可以通过拓展反应器计算与设计,提升自己的工程设计能力。简而言之,虚拟仿真实验可以使学生从基本理论认知到综合能力应用得到全面锻炼和提升。

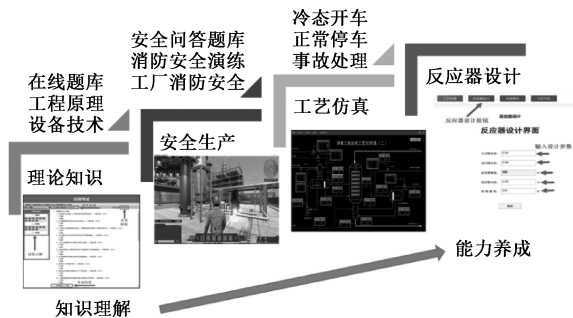


图2 环氧乙烷生产工艺虚拟仿真实验的组成内容

(三)优化校内资源

南京工业大学是国内开展虚拟仿真实验教学较早的高校之一,学校依托化学工程与技术国家一级重点学科,通过对材料化学工程国家重点实验室、国家特种分离膜工程中心、国家先进生物与化学制造协同创新中心、化工实验中心、国家级生

物化学工程实验教学示范中心及各个主干课程教研室的科研与教学资源进行优化整合,为国家虚拟仿真实验教学项目的设计提供了优质的专业素材和可靠的教学师资,使得科研与教学相辅相成、共同发展。

(四)加强校企合作

为体现“以虚辅实”的内在要求,使环氧乙烷生产工艺虚拟仿真实验教学项目更好地服务于课堂教学^[7],南京工业大学充分挖掘社会资源,建设了南京工业大学-中石化扬子石油化工有限公司国家工程实践教学中心。扬子石化具有环氧乙烷生产和下游精制的先进生产车间,每年可接待不同批次的学生实习,进一步强化了虚拟仿真实验教学项目的课堂教学效果。此外,南京工业大学与江苏奥克化学有限公司也达成初步合作协议,定期开展化工类本科教学实习和师资培训,利用校企协同育人合作机制提高化工本科生的实操能力。

五、结语

建设化工类虚拟仿真实验教学项目是信息技术革命背景下高校化工学科发展的新机遇和新挑战。虚拟仿真实验教学项目建设体现了化学工程教学方式的与时俱进,可以为化工领域从业者提供生动、形象和丰富的教学、科研和培训题材。学生依托环氧乙烷生产工艺虚拟仿真实验项目,完成预定的单元操作和安全培训,可以极大地提升工程实践能力,有效增强他们解决复杂工程问题的能力^[8]。国家虚拟仿真实验教学项目是持续性

建设项目,我们将以教育部的文件精神为指导,分步规划设计,逐步完善和改进项目的功能,使其更好地服务于教学。(文字编辑:孙昌立)

参考文献:

- [1] 祖强,魏永军.国家级示范性虚拟仿真实验教学项目申报策略探讨[J].实验技术与管理,2018,35(9):236-238.
- [2] 唐向阳,马晓飞,郭翠梨,等.建设高水平“化学化工虚拟仿真实验教学中心”的思路与探索[J].高等理科教育,2015(6):101-106.
- [3] 李传,王振波,刘欣梅,等.石油化工与装备国家级虚拟仿真实验教学中心的构建与实践[J].实验室研究与探索,2018,37(5):162-167.
- [4] Favre E, Falk V, Roizard C, et al. Trends in chemical engineering education: Process, product and sustainable chemical engineering challenges[J]. Education for Chemical Engineers,2008,3(1):e22-e27.
- [5] 朱建民.全球环氧乙烷及其精深加工产业现状与发展[C].国际环氧乙烷及衍生表面活性剂技术交流会,扬州,2017,04.17-04.21.
- [6] 张凤宝.继往开来传承创新全面提高化工高等教育质量[J].化工高等教育,2019,36(1):6-10.
- [7] 宋建争,李建军,张永强.化工虚拟仿真实验教学探索和实践[J].教学研究,2014,37(3):107-109.
- [8] 庞祎晔,徐心茹,刘殿华,等.强化实践,提升化工领域工程专业学位研究生的工程素养[J].化工高等教育,2019,36(1):36-40.