

新工科背景下虚拟仿真技术在化工实践教学的应用



张丽娟*, 陆杰, 王金果

上海工程技术大学化学化工学院, 上海 201620

摘要: 随着计算机仿真技术的发展, 虚拟实验作为传统实践和实验教学一种有效的补充, 是加强实践教学、提高教学质量的重要手段之一。由于化工与制药类企业原料及工艺, 特别是重点监管的危险的典型化工工艺, 具有易燃易爆等高危风险, 大学生没有对该类工艺操作和控制的基本训练机会。采用虚拟实验教学系统, 利用虚拟仿真技术, 采用人机交互的方式进行模拟实验, 为学生提供更加安全、自由、灵活的实验场景, 操作交互、任务引导、及时评价等系统弥补了化工实践教学的诸多限制, 学生体验感更强, 数字化和网络化应用, 助力教师开展线上和课堂教学组织, 完善教学评价, 形成多元化的教学网络。新工科背景下, 构建虚拟实验室是实现安全、经济高效的化工实践方案, 更好地满足信息化时代社会对化工人才的需求。

关键词: 虚拟实验; 实践教学; 化工; 新工科

DOI: [10.57237/j.jsts.2022.01.006](https://doi.org/10.57237/j.jsts.2022.01.006)

Application of Virtual Simulation Technology in Chemical Engineering Practice Teaching Under the Background of New Engineering and Technical Disciplines

Lijuan Zhang*, Jie Lu, Jinguo Wang

School of Chemistry and Chemical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China

Abstract: With the development of computer simulation technology, virtual experiment, as an effective supplement to traditional practice and experimental teaching, is one of the important means to strengthen practice teaching and improve teaching quality. Because the raw materials and processes of chemical and pharmaceutical enterprises, especially the dangerous typical chemical processes under key supervision, have high risks such as flammability and explosion, college students have no basic training opportunities for the operation of such processes. The virtual experiment teaching system, virtual simulation technology and man-machine interaction are adopted to conduct simulation experiments, which provide students with safer, more free and more flexible experimental scenes. The systems of operation interaction, task guidance and timely evaluation make up for many limitations of chemical engineering practice teaching. Students have a strong sense of experience. Digital and networked applications can help teachers organize online and face-to-face

*通信作者: 张丽娟, zhanglj0128@126.com

teaching, improve teaching evaluation and form a diversified teaching network. Under the background of new engineering and technical disciplines, the construction of virtual laboratory is a safe, economical and efficient chemical practice scheme, which can better meet the demand of the society for chemical talents in the information age.

Keywords: Virtual Experiment; Practical Teaching; Chemical Engineering; New Engineering and Technical Disciplines

1 引言

实践教学,是巩固理论知识,加深理论认识的有效途径,是培养具有创新意识的高素质工程技术人员的重要环节,有利于学生素养的提高和正确价值观的形成。特别是对于化工专业的学生来讲,实践课程是在我校学生完成理论知识和实验技能后,是新工科背景下培养学生理论联系实际、掌握科学方法和提高动手能力的重要课程[1]。但是因为化工过程的复杂性,化工类实践教学的开展面临一定的困难,一是由于化工生产中所涉及的原料通常是易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的化学试剂,且涉及高温高压等工作条件,操作危险性较高,对周围环境影响较大。二是实践基地由于化工生产装置复杂庞大,购置具备完整功能的化工生产系统需要投入的资金较多、硬件维修场地的要求较高等原因难以建设;三是学生校外企业实践也存在一些问题,由于化工企业的生产过程具有复杂性和一定的危险性,在实习期间一般不允许学生动手操作,而且企业通常无法容纳大规模学生同时进厂,此外,化工设备自动化程度高,很多生产过程看不见,摸不着,致使单纯的校外企业的生产实践效果极不理想。特别是对于重点监管的危险化工工艺,由于反应介质大多具有燃爆危险性,还可能具有腐蚀性等原因,在现实的生产实习及实践环节,大学生没有对该类工艺操作和控制的基本训练机会。然而,了解车间的布置、节能、环保以及设备维修、保养、检修的等知识,理解企业的管理模式,掌握生产实际知识,拥有一定操作控制的实践经验,是现代化工与制药类毕业生必备的技能。而利用虚拟仿真教学,就能很好的弥补无法现场教学的不足,通过虚拟仿真技术,可以将实际化工工艺的生产流程和管控场景以互联网在线三维形式进行展现,实现化工教学与实习的数字化和网络化。这不仅扩展了实验教学的功能,以前所未有的方式将学生和实验设备联系起来,为学生提供了一种崭新的实验方式,还解决了由于学生多设备少给实验带来的不便,提供更加安全、快捷、体验感强的学习环境。

2 虚拟仿真实践教学的优势

虚拟仿真技术具有开放性强、操作性好、安全性以及突破时空限制的特征和优势,拥有传统教学培训无可比拟的优势,得到了越来越多的关注[2-4]。1989年,美国教授威廉·沃尔夫最早提出建设虚拟实验室,此后,虚拟实验室经历了计算机仿真阶段和虚拟现实阶段2个阶段,近年来,国内高水平大学如清华大学、华东理工大学、中国科技大学、浙江大学等根据自身教学的需求,相继建立了虚拟实验室,替代在现实中难以实施或昂贵的实验。在实践教学、仪器分析分析实验中发挥了很好的作用[5-9]。虚拟实验室在化工实践的教学具有以下优势:

2.1 有利于优化教学方式

在传统的实践教学模式中,不可避免的会受到时间和空间的限制,而虚拟仿真实验室,仿佛把工厂搬进教室、把教室搬到工厂,可以以正常工况为例讲解工艺路线,以稳态数据作为物料衡算的实例,以动态数据作为流程及操作参数优化的实例,以真实工厂实景为资源弥补学生工厂实际认知的不足,帮助学生理解设备与构筑物、设备及管道的关系,认识管廊、管架、设备、公用工程等外观形貌,还可以进行开停车以及事故的训练及操作,开展案例教学及情景教学。让学生在虚拟环境下学习,不仅可以直观学习和掌握化工生产知识,又可以帮助学生学会如何解决生产实际问题,为学生适应未来化工生产需求夯实基础。同时,虚拟实验室可以长期使用,仅需定期维护即可,成本大幅降低,非常有利于提升教学资源的利用率,并优化教学方式[10]。

2.2 有利于培养社会需求的化工人才

当前,在教学过程中主要以书本知识传授为主,学生的实践经验不足,无法切实满足社会对化工专业人员的需求。将虚拟实践技术融入化工实践教学过程中,对化工生产过程进行数字化模拟,不仅能迎合高

校学生的化工实践需要,也能提升学生的操作技能,最终促进学生的全面发展,使其满足信息化时代社会对化工人才的需求[11-12]。

2.3 有利于增强教学效果

将虚拟实验室应用到化工实践教学活动中,能使学生身临其境,进而达到提升学生学习兴趣与实践能力的目的[13-14]。依托于网络,学生化工生产实验的操作效果得到进一步强化,其学习效率也会同步提升。在虚拟实验室应用过程中,系统还可以对学生的检查情况进行评分,使其更好地了解自身在生产实践的学习中存在的不足,有针对性地在后续学习中反复练习,在强化学生对理论知识记忆的同时,提升了其自身的实践能力。此外,学生还可以利用在线留言功能,向教师请教操作过程中遇到的困难,教师及时解答,互动问答有利于增强教学效果。

总之,利用虚拟仿真教学,能很好的弥补无法传统教学的不足,同时,仿真模拟操作还可以为相关化工与制药类企业提供员工培训及业务考核需求,符合国家提出的深入推进信息技术与实验教学深度融合,推进实验教学信息化建设与实验教学资源开放共享的理念[15]。

3 仿真实验的建立与实施

3.1 仿真实验设计

通过虚拟仿真技术,可以在线监管非常严格的企业生产现场,还原化工生产工艺直至产品分析测试的整个流程[16]。工厂必须根据 GB50016-2014 (2019 修订版)《建筑设计防火规范》和 GB50160-2008《石油化工企业工程设计防火标准》(2018 版)的要求进行车间及总图布置,严格执行安全生产操作规程,实施仿真教学,强调“化工生产场所生产管理的重要要点”、重点展示了“典型反应设备及其配套设施”的操作规程及控制系统,模拟“安全生产及突发事件和预防模拟”的全过程。

实验设计借助于现代计算化学知识将化工生产的反应的过程模拟成动画,致力于形成以“学员为中心,任务为导向,体验为引领”的主动式学习模式。以线上线下协同教学模式展开,线上模式以互联网在线模式为主,学生通过互联网,使用网页浏览器直接进行线上虚拟仿真操作。操作记录、操作时长、操作结果在线统计。教师可线上实时了解学生的学习情况。线上

模式没有地域、时间的限制,课程组织更加灵活,学生能够对场景、知识点有基本认识,是认知类课程的前情导入。线下模式以虚拟三维技术(3D)为主,学生通过线下虚拟仿真操作。课外教学组织通过微信小程序、课堂讨论、课程答辩等形式,综合考察学生的学习效果,辅以软件自动生成的实习报告,对课程效果做出评价。

首先,实验过程中可调用设备工作原理动画,设备工作状态半透明显示,可以清晰的看到其中发生的化学变化,帮助学生直观理解生产中的理论知识,比如一些传统实践中难以操作的超临界状态、反应机理等,促进概念的理解,尤其是对微观和抽象概念的理解,这种在实验过程中增加视觉冲击和体验以及将正在发生的事情形象化的能力可以真正帮助学生理解,将动手实践和虚拟仿真正确结合在一起,影响非常大。

建立反应条件和实验结果的一一对应关系,实现操作程序和仿真软件之间的数据传递。在理解工艺的基础上,通过改变影响因素,自主探究,分析原因,不仅实现对生产操作和控制规程的全面了解和掌握,而且还通过训练预判事故以及处理紧急事故,提升学生处理复杂问题能力。

其次学生深入互动,实现工艺操作实景感受。通过虚拟仿真实验中各步操作,了解和掌握化工反应的工艺流程和控制系统的正确操作。若实验步骤错误或参数选取不当等,控制系统会相应报警,提醒学生进行修正,并需学好该故障知识点后方可继续后续操作。

对实验的背景介绍,通过情景导入、自动漫游、无人巡检等了解工艺内容,认识场景环境,学习知识点的结构框架,学习软件功能使用。以虚拟仿真 3D 软件,“沉浸式”学习,深入与场景内各信息流互动,实现工艺操作实景感受。以 web 网页版进行在线学习,通过互联网进行网页实时操作,终端要求门槛低,使用方便。基础知识、规范认知、工艺与设备子菜单上有相应的文字或语音介绍。虚拟知识树(技能树)上的树叶,选中后移动到对应的热区前,点击后再学习。相关设备或物体上的热区(视角靠近后自动弹出标签或一直闪烁),点击后学习链接的知识点。

学生在虚拟仿真实验的世界里,不断试错,对于未来更快适应工作岗位起到了至关重要的作用,不仅锻炼动手能力,提升操作的娴熟性,而且还能通过实践引起学生探索和求知的欲望,提升学生认识格局,培养学生自主思考和职业规划,与企业、社会接轨,为中国的化工和制药行业培养卓越人才。

3.2 仿真实验评价体系

在高校的教学评价系统中,由于各种条件的限制,多数都处于重理论轻实践的困境中,强调了死记硬背,而忽视了学习的有效性,更是缺乏考查学生实践操作能力的工具和环境。现阶段,为切实解决这一难题,在高校中适当引入虚拟实验室,引导学生在标准化虚拟化工厂体系中的身上反复练习各类操作,不仅可以使学生掌握实际操作的实际技巧,积累成功经验,还能为其后续的生产操打下良好而坚实的基础。

仿真实验评价体系包括学生仿真考核(包括自主搭建、自由操作)模块、安全评价考核(包括试题测试)及总结报告等方面。评价体系更加智能化、自动化。此外,虚拟实验室中还可以模拟生产故障系统,此时,教师就可以根据学生的实际情况设计独立的故障模块,例如输运系统泵的故障,生产过程中反应体系某个参数比如温度压力等的一场,然后借助计算机以学生对化工过程中的故障进行记录、处理及反馈的方式,引导教师了解学生对于实践操作与知识的掌握情况,并及时发现教学中出现的问题与遗漏,及时进行改正,有效提升化工生产实践的教学质量。

4 结语

化工类专业注重实践性和创新性,将虚拟仿真技术融入实践教学中,可以有效弥补传统实践教学模式资源匮乏、场地空间不够等弊端。本项目构建的虚拟仿真技术通过还原真实工艺原景,构建化工生产的场景,涵盖除传统实验操作的内容外,还包含实验因素探究、自主分析操作、先进控制、绿色化工等多角度多层次的仿真系统,着力解决传统实验操作所带来的条件限制和内容局限,提供更加安全、自由、灵活的实验场景。操作交互、任务引导、及时评价等系统弥补了真实化工实习的诸多限制。虚拟仿真技术可以实现内容丰富的实验方案,节约成本,降低传统实验的危害和伤害,使学生和操作工人的训练环境安全,不受时空限制。构建虚拟实验室是实现经济、高效的化工实践方案,前景广阔。需要注意的是,由于虚拟仿真实验可以随意操作仿真界面,过度依赖仿真实训容易淡化学生的安全意识。因此,在仿真实训的同时,可以引入企业工程师参与到教学中来,利用工程师丰富的经验,结合真实的工厂实习,培养学生的工程意识、安全意识和工程应用能力。

参考文献

- [1] 喻隸,杜可杰,贺楚华. 虚拟仿真技术在当代化工专业课程中的应用研究 [J]. 化工管理, 2021, 7: 88-89.
- [2] 张浩,张伟,彭敬东,龚成斌,雷洪,张钰婷. 用于化工专业生产实习教学的虚拟实训系统 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43 (3): 156-160.
- [3] 李进,熊亮. 虚拟仿真技术在工程教育中的应用. 中国新通信, 2020, 22 (18): 171-172.
- [4] 王嘉晨,刘璐,王小锋,刘光祥,李明海. 虚拟仿真技术对改进实验教学的探索 [J]. 广州化工, 2020, 48: 148-150.
- [5] 邱奎,熊伟. 虚拟仿真在化工专业实践教学中的应用[J]. 重庆科技学院学报(社会科学版), 2014, 12: 164-166.
- [6] 张岩,基于虚拟现实技术对仪器分析实验室的开发研究. 信息记录材料, 2021, 22 (12): 92-94.
- [7] 杨波,王烨,李波,张炜煜,许佳明,陈雷. 基于虚拟仿真技术的仪器分析实验教学改革初探 [J]. 科学咨询, 2021, 4: 123-124.
- [8] 刘怡. 虚拟仿真技术在高职院校化工实训教学中的应用 [J]. 化工设计通讯, 2021, 47 (7): 118-119.
- [9] 叶兴琳,崔桃,喻国贞,尹健美,王建国. 基于线上线下和虚拟仿真实验技术的有机化学实验教学改革 [J]. 广东化工, 2021, 48 (2): 174-177.
- [10] 侯兰凤,陈少峰,王春晓,张燕,邓小玲,张小凤.“三层次四平台”化工虚拟仿真实验教学的探索与实践 [J]. 化学工程与装备, 2020, 1: 288-290.
- [11] 张文华,袁文,李东升,张宏斌,陈淑鑫. 虚拟仿真技术在实践教学的应用 [J]. 高师理科学刊, 2021, 41 (7): 86-90.
- [12] 刘海,姜国平,靳菲,张正国. 虚拟仿真技术在化工专业本科实训教学中的应用研究 [J]. 化学工程与装备, 2019, 9: 285-288.
- [13] 聂丽蓉,卢明夏,李宗齐. 虚拟仿真技术在化工与制药类专业实践教学中的应用 [J]. 现代盐工业, 2021, 12(6): 120-121.
- [14] 蒋敏,李恒,杨子毅,周莹,史劲松,金坚. 虚拟仿真技术及其在制药工程实践教学中的应用 [J]. 高校实验室工作研究, 2017, 1: 58-60.
- [15] 教育部. 关于开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作的通知. (教高函[2018]5号) [Z]. 2018.
- [16] 王新,刘诗琳,项峥,王晓芳,刘宇,刘彬. 基于虚拟仿真技术的药物分析实验教学改革, 第十八届沈阳科学学术年会 [C]. 2022, 10: 542-546.