

# “虚拟仿真、桌面工厂、实验实操”助推化工原理实验教学创新研究

董亚雨<sup>1</sup> 郑志坚<sup>2</sup> 董志敏<sup>3</sup> 张志宾<sup>2</sup>

(1. 华东交通大学 材料科学与工程学院, 江西 南昌 330013;

2. 东华理工大学 化学与材料学院, 江西 南昌 330013;

3. 东华理工大学 核科学与工程学院, 江西 南昌 330013)

**摘要:** 化工原理课程作为化工及其相关专业的核心课程,起着由理及工的桥梁作用,化工原理实验作为化工原理重要的实践环节课程,旨在培养学生实践和解决复杂工程问题的能力。然而化工原理实验教学过程中长期存在这学生操作盲目、不能用理论解决实际问题等问题,随着人工智能的快速发展,虚拟仿真和桌面工厂技术可有效解决这一系列问题,因此提出了虚拟仿真、桌面工厂和实验实操三层次递进的教学过程,其中虚拟仿真旨在让学生懂实验操作原理、桌面工厂旨在让学生理解过程设计、实验实操旨在解决真实问题,三个过程从虚拟到现实层次递进培养学生的实践能力,在教学方法对化工原理实验教学具有一定指导意义。

**关键词:** 虚拟仿真; 桌面工厂; 实验实操

## 一、化工原理实验教学背景

### (一) 化工专业与化工原理实验教学

化学工程与工艺学科专注于探索化工生产流程及其技术原理,致力于解决从生产实践到研究设计、优化提升等全链条问题,是化学工业蓬勃发展的保障。化工原理课程是化工及相近专业核心课,在基础课和专业课之间起着承前启后、由理及工的桥梁作用,主要研究各化工单元操作的基本原理、所用典型设备的结构和设备工艺尺寸的计算或设备选型。化工原理实验是作为其配套的实验教学,是加深理论知识、认识工程问题、培养工程素养的关键环节,是培养学生工程能力的重要实践环节,具有工程启蒙意义。

### (二) 传统化工原理实验教学存在的问题

化工原理实验教学往往存在以下问题,首先学生实验操作具有一定的盲目性,化工专业人数往往较多,而高校的设备台套数存在不足,同时学生需要在有限时间内完成较为复杂的实验操作,这些都导致学生对操作知识进行机械模仿。同时存在学生实验结果分析和理论结合不足的问题,实验过程中学生只是简单按照实验指导书中的操作流程按部就班的操作,对实验过程缺乏深入分析理解,理论知识不能有效指导实验,一旦实验过程中出现问题不能及时利用化工原理知识进行分析和解决问题。实验过程中也可以发现由于学生前期缺乏实践经验,学生动手能力存在不足,这体现在学生缺乏装置搭建训练导致学生不能自主构建实验体系、缺乏自主设计实验方案导致实验过程中不能进行实验参数优化、实操经验缺乏导致不能及时和有效解决突发问题,这一系列都反映学生动手能力不足。

### (三) 化工原理实验教学研究现状

目前针对化工原理实验教学国内高校教师也做了大量的探索和研究。南京工业大学薛峰老师提出利用“互联网+”化工原理实验教学平台建设助力虚实结合的实验教学模式,通过平台整合了硬件、软件、仿真和微课等资源,提高实验教学资源的利用率。大连理工大学肇启东聚焦深度思考能力培养,提出化工原理实验的教学方法,通过在教学资源中植入趣味性和智能化元素,提高学生的主动性和学习兴趣,通过在教学过程中设置深度思考问题并组织辩论,训练学生的创新思维和批判性思维等。多数研究也都充分地利用了现代教学工具提高化工原理实验教学,也都取得了一定成效,然而现代教学工具如何与线下实验教学过程深度融合缺乏探索,因此本文基于化工原理实验教学中的问题,利用现代教学技术,包括虚拟仿真和桌面工厂,实现现代教学技术与实验实操的深度融合。

## 二、化工原理实验教学实施路径

针对目前化工原理实验教学中的痛点,回归教育初心,响应数智化教育的倡议,建立结合虚拟仿真、桌面工厂和实验实操的三重实验教学模式,破除传统实验教学的空间、时间限制,通过“虚实结合”教学模式提供充足的操作练习,培养实验参数探索和设计过程中真实情景的反馈,进而提升学生动手能力,并辅以个性化+团队化考核评价,实现实验教学效果的全方位、多维度精准反馈,助力化工专业“卓越工程师教育培养计划”的实施,提高学校本科人才培养质量。

化工原理实验教学实施路径总体分为虚拟仿真练习、桌面工厂设计探索和实验实操三个环节,通过全过程、全方位考核将三个环节联动起来,结合全员化工实验大赛,提升课程的挑战性与趣味性,引导学生以更加主动和投入的态度参与实验活动,改善教学效果、促进学生全面发展。其中虚拟仿真、桌面工厂和实验实操三个过程层次递进,虚拟仿真注重让学生理解实验操作的原理,让学生懂操作,基于实验原理理解的基础上采用桌面工厂,让学生自主构思实验的设计过程,即让学生能设计,最后基于懂操作和能设计的基础上,学生进入实验室进行实操,面对和解决真实问题,三个过程层次递进,培养学生解决复杂工程问题和实践能力。

### (一) 虚拟仿真练习

依托建设的化学化工虚拟仿真实验平台,为学生提供虚拟仿真练习条件,使学生懂实验操作流程。该练习平台具有三大模块,分别为安全认知模块、虚拟操作演练和仿真操作测评。

安全认知环节中将化工厂中可能存在的安全隐患通过虚拟方式进行呈现,并让学生自主发现其中的问题,然后提出解决问题的具体措施,安全认知模块为虚拟仿真练习的准入模块,学生需要先完成安全认知模块中所有环节,并通过其中的测试方能开展虚拟操作演练,该环节旨在培养学生的安全素养,让学生牢记化工工人的安全使命。基于学生完成安全认知,然后进入虚拟操作演练,该环节注重对学生操作过程的引导,虚拟操作演练中系统将对各个操作步骤进行引导。其引导过程与传统的实验指导书不同,该引导注重实验原理和本质的讲解,即过程中将针对具体设备的原理通过动画的模式进行呈现,让学生从本质上理解。同时基于设备或者流程讲解其中的包含的老一辈化工专家故事,有机融入思政元素,在虚拟仿真中实现价值引领。基于虚拟仿真演练,为进一步考核学生是否从本质上掌握实验流程,最后让学生进入仿真操作测评,测评中将考查学生对实验操作步骤的熟练程度,

同时也将考察其中实验原理等知识,让学生全方面掌握实验流程,达到懂操作的目的。仿真操作测评时,基于上面的虚拟操作演练和对仿真操作的理解,学生自行操作,系统将根据学生操作的顺序和参数的控制自动进行评分,最后生成评分报告和虚拟实验操作报告进行仿真操作测评。测评过程中允许学生犯错,所以每个单元测评有三次机会,但是需要给出每次操作过程中错误出现的原因及所产生的结果,并分析原因。

因此基于虚拟仿真练习中的三大模块安全认知、虚拟操作演练和仿真操作测评,层次递进让学生理解仿真操作的原理,操作的过程,有效解决学生操作的盲目性。

### (二) 桌面工厂设计探索

针对学生实践与理论脱离,无法将所学知识应用于理论实践的不足,依托东方仿真开发的虚拟混合现实桌面工厂,该桌面工厂包含原理可视化、参数设计优化、设备运维、异常事故处理四大步骤,培养学生自主设计、系统搭建桌面工厂的能力,构架起虚拟仿真与实验实操之间的桥梁。其中原理可视化是嫁接虚拟仿真和桌面工厂的桥梁,学生可进一步将虚拟仿真中原理在可视化中加深理解,接着通过参数设计优化培养学生设计能力,通过设备的运维培养学生解决真实问题能力,最后通过异常事故处理模拟真实生产环节中的事故,培养学生解决复杂工程问题能力。

原理可视化模块需要启动桌面工厂设备中的“典型化工设备认知桌面工厂混合现实仿真软件”程序,进入程序后抬起左手手臂,在左手手臂处选择“运行原理”模块,进入当前设备模块,参照对应设备,选择学习“运行原理”内容,该模块中可以将各个设备的每一个部分进行剥离,对每一个细节可视,让学生掌握设备的具体结构。参数设计优化模块需要启动桌面工厂设备中的“典型化工设备认知桌面工厂混合现实软件”程序;进入程序后抬起左手手臂,在左手手臂处选择“内部结构”模块;进入当前设备模块,参照对应设备,选择学习“内部结构”内容;支持展示“设备”结构,将“难观摩”“难复现”“高投入”的设备内部结构以混合现实形式等比例缩放展示在虚拟空间中,支持设备放大、缩小、旋转、拖拽等功能,进行内部结构的认知和部件的自由拆装、维护。设备运维与异常事故处理则聚焦实验过程中可能存在的真实问题,并将工业生产中真实问题在线,引导学生利用所学的化工原理知识进行分析问题并解决问题,该过程解决问题方案反馈结果可及时呈现,让学生及时认知处理方案后可能产生的结果,并进一步分析其中的原因,加深实验认知。

### (三) 实验实操

基于以上虚拟仿真和桌面工厂练习,学生实现了懂原理、会涉及的目标,在此基础上,进行实验实操,将前面的虚拟操作全部转换为实践操作,此时操作则具有针对性。实验实操过程又分为三个过程:实验方案设计、实验模型搭建和实训实验操作。其中实验方案设计旨在引导学生对实验进行自主构思,然后基于构思方案对设备进行模型搭建,引导学生自主实践,最后才进入实验室进行实操,达到对实验过程中全方位了解后进行有针对性的自主实践。

首先教师基于具体知识点发布问题,引导学生进行方案设计。例如针对摩擦阻力系数知识点,提出如何测定摩擦阻力系数的问题,学生则利用所学习的范宁公式作为原理进行初步的实验方案构思,该过程可进一步巩固学生对实验原理的认知,实验方案的设计过程中在通过多角度的思考引导学生不同的设计方案,并分析各种设计方案可能存在的优缺点,最后才确定方案。基于确定的实验方案,学生自主将实验方案进行拆解,形成细小的单元模型,例如摩擦阻力系数测定实验方案中形成离心泵单元、管道单元、

流量测定单元、阀门单元和压力降测定单元等,该过程引入乐高模型,学生采用乐高将各个单元进行模型搭建,然后将各个单元进行组装,形成整个实验系统的乐高模块,该过程旨在培养学生动手实践的能力,也能提升实验环节的趣味性和学生的自主性。最后学生才能进入实验室进行实操,实验室实操设备为乐高模型放大的真实设备,这样学生对实验设备便不再陌生,从而使得整个实验环节具有针对性和顺畅性。

因此线下实验实操环节中从方案设计、模型搭建到实验室实操三层递进,引导学生的动手实践能力和自主探索精神。

### 三、化工原理实验教学创新

在化工原理实验教学中以“虚实结合、精准考核”为核心理念做好以下工作:利用虚拟仿真平台进行装置演示讲解、仿真练习、考核记录与反馈,破除实操时的盲目性和团队化教学带来的评价模糊问题;以智慧桌面工厂进行设计和装置搭建模拟,使学生对实验参数知其然知其所以然;以装置模型搭建、实验室操进行实操教学,提高学生的动手能力。从虚拟仿真的测评、桌面工厂的实时反馈、实验报告,三个过程层次递进,让学生懂原理、能设计和会实操,全过程可以对学生进行个体+团队化的考核,精确全方位评价学生的能力培养情况。

“虚拟仿真、桌面工厂、实验室操”三层递进化工原理实验教学模式可有效培养化工行业所需的人才,同时也对课程产教融合有着巨大贡献。通过提供虚拟仿真教学软件及技术支持、共建虚拟仿真实训基地、联合开发课程与数字教学资源等方式,深度参与专业的产教融合建设,推动学校与企业之间的紧密合作,提升化工专业教学质量和学生能力,推动产业的发展和创新发展,探索更多产教融合的新模式和新路径。

### 四、结语

针对化工原理实验教学过程中存在的问题,利用现代化教学技术对教学过程进行创新,首先引入虚拟仿真聚焦实验原理,让学生懂操作,接着引入桌面工厂聚焦实验过程的设计,引导学生自主构思实验方案和参数优化设置,最后进入实验室进行实操,培养学生动手能力和解决复杂工程问题能力。从虚拟仿真、桌面工厂到线下实操,三个过程内容紧密链接,过程层次递进,达到培养化工专业所需要的应用型人才的要求,同时该模式也可有效促进产教融合和科教融汇,对于未来化工原理实验教学有一定借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 郑志坚,张志宾,王薇,肖赛金,刘云海. “化工原理”课程创新教学研究[J]. 教师, 2023(11): 105-108.
- [2] 郑志坚,张志宾,肖赛金,王薇,李著尧. 课程思政视域下三位一体式化工原理教材设计的探索[J]. 科教导刊(电子版), 2022(31): 114-116.
- [3] 郑志坚,王薇,张志宾,肖赛金,李著尧. 创新创业融入“化工原理”课程的研究[J]. 教师, 2022(3): 126-128.
- [4] 薛峰,朱珺,王晨,李明海,居沈贵. “互联网+”化工原理实验教学平台建设助力虚实结合的实验教学[J]. 化工高等教育, 2023(40): 104-110.
- [5] 肇启东,张文君,曹晶晶,孟玉兰,高南. 聚焦深度思考能力培养的化工原理实验教学[J]. 化工高等教育, 2023(40): 27-31.

基金项目: 2023年度江西省教育厅教改项目(JXJG-23-6-16, JXJG-23-6-6)

通讯作者: 董亚雨(1990-),男,讲师。

通讯作者: 郑志坚(1986-),男,副教授。