

线上线下融合的化工原理实验 教学模式改革与探索

徐 威,王 瑶,俞 路,李甜甜,肖 武,张永策

(大连理工大学 化工学院,辽宁 大连 116024)

[摘要] 化工原理实验是化工与制药类专业的核心实验课程,也是培养学生理论联系实际和解决复杂工程问题能力的重要实践环节。文章以大连理工大学化工原理实验课程为例,探讨了线上线下混合式教学模式的实施。慕课和虚拟仿真实验等线上教学资源被有效融入线下教学中,从而形成了线上慕课预习和虚拟仿真、线下实验操作、线上答疑和讨论的实验教学流程。该教学模式丰富了教学手段,拓展了实验教学知识点的学习,有效地利用了课堂实验教学时间,有利于学生基本实验技能和工程创新能力的培养。相关经验可以为化工专业实践类课程的建设提供参考。

[关键词] 化工原理实验;线上线下融合;慕课;教学改革

Reformation and Exploration of Online and Offline Integrated Teaching Mode on Experiment of Chemical Engineering Principle

Xu Wei, Wang Yao, Yu Lu, Li Tiantian, Xiao Wu, Zhang Yongce

(School of Chemical Engineering, Dalian University of Technology,
Dalian 116024, Liaoning, China)

Abstract: Experiment of chemical engineering principle is a core experimental course for chemical and pharmaceutical majors, and is also an important practical link of developing students' abilities to integrate theory with practice and to solve complex engineering problems. In this paper, the implement of online and offline integrated teaching mode is discussed based on the experimental teaching of chemical engineering principle in Dalian University of Technology. MOOC and virtual simulation program are introduced into the offline experimental teaching. A teaching process is formed, which includes online preview of MOOC and virtual simulation, offline experiment conduction, and online guidance and discussion. In this mode, teaching methods are extended, more knowledge points are provided to the students, the offline teaching time can be used more effectively, and the basic experimental skills and engineering innovation ability of students are cultured. Related experience can provide reference to the

[作者简介] 徐威(1983-),男,博士,工程师;王瑶(1965-),女,教授。

[通信作者] 王瑶, E-mail: wangyao@dlut.edu.cn。

reformation of experimental teaching for chemical and pharmaceutical majors.

Key words: Experiment of chemical engineering principle; Online and offline integrated; MOOC; Teaching reform

化工原理实验是化工及相关专业的一门实践性核心课程,旨在使学生能够应用自然科学的基本理论和工程实验方法来解决化工及相关领域的实际工程问题。国内大部分高校化工专业的化工原理实验课程是学生的第一门工程类实验课程^[1],也是使学生从基础化学实验向化工专业实验进阶的关键环节。实验研究是所有工程类学科建立和发展的重要基础,也是化学工程的重要研究方法之一。因此,对于化工及相关专业的本科生而言,掌握化工实验的基本技能非常重要。化工原理实验课程具有基础性、实践性和工程性较强的特点,这决定了该课程在学生工程实践能力培养方面具有无可替代的作用。

在工程教育专业认证、新工科建设和“双一流”建设背景下,工程观念、实践技能和创新能力的培养被提升到前所未有的高度^[2-4]。新工科专业以创新型、综合化、全周期的工程教育理念为指导,旨在培养科学基础厚、工程实践能力强的应用型创新人才^[5-6]。为达成以上教学目标,化工原理实验教学既要强调基础理论知识的讲解,也要强化实践操作的训练;既要传承经典化工单元操作的实践应用,也要引入新知识、新内容和新的测控技术等。传统的单一线下实验教学中存在学生预习途径有限、不能提前熟悉实验设备、实验操作不规范和操作训练强度不足、课外缺少指导和讨论、自主学习和主动思考不足等一系列问题,因此丰富实验教学资源、改革传统实验教学模式成为提高实验教学质量的必要途径^[6]。

一、线上教学资源建设

互联网技术的发展促进了教学手段的变更,开放性公共课程迅速发展,虚拟仿真程序和虚拟实验正逐步应用于教学^[7-9],这些为实验教学提供了新的平台。

(一)化工原理实验慕课建设

我校的化工原理实验慕课以实验教材为基

础,实验项目包括流体阻力综合实验、流量计校正与离心泵综合实验、传热实验、过滤实验、精馏综合实验、吸收解吸综合实验和干燥实验。该慕课设置了4个功能模块:1. 文本资源模块,包括课程介绍、教学大纲、教学日历、参考资料目录等;2. 微课与视频模块,包括以上各实验项目的内容;3. 交互性辅助拓展模块,包括思考题、课堂讨论;4. 学习效果评价模块,包括单元测验、单元作业、期末考试。在微课与视频模块中,每个实验项目的讲解采用微课形式,内容包括实验目的、实验原理、实验流程、实验装置、实验操作、实验注意事项和实验数据处理等,如图1所示。每个微课讲解一个知识点,时长为10~15分钟。现场实验装置流程和实验操作过程示范以视频的形式展示。同时,慕课中还独立设置了安全测试、典型实验现象、实验测控仪表及测控原理的相关章节。其中,安全测试章节围绕化工原理实验的特点和主要安全风险等内容,建立了线上安全知识题库,涵盖实验操作基本规范、用电安全、机械转动设备、高温防护、压力设备等关键内容。该题库与学生预约选课平台链接,学生在完成安全知识学习并通过测试后方可预约实验,这样可以保证安全教育的覆盖度和实施效果。典型实验现象章节主要展示典型实验设备的工作原理、典型的实验现象及异常实验现象等。测控原理章节介绍实验常见测控仪表的原理、结构和使用方法。化工原理实验慕课于2021年5月首次在中国大学MOOC(慕课)上线并开课。

(二)虚拟仿真软件开发

实验教学团队以本实验室装置为基础,开发了与实验项目配套的虚拟仿真软件。该虚拟软件由实验内容简介、3D设备漫游和虚拟实验操作三部分构成。其中,实验内容简介是实验目的和原理的简单介绍,以便让使用者快速地对实验内容形成初步的了解,并确保能够独立操作虚拟仿真



图 1 化工原理实验慕课基本内容设置

软件。如图 2 所示,3D 设备漫游是对实验设备的 3D 模型进行了解。使用者可以在手机屏幕上自由切换观看的视角或对画面进行自由缩放,从而清晰观察实验设备的全局、细节和实验管路的排布、走向。自由切换视角功能的应用可以有效弥补传统教材中平面流程图、设备图的不足,提高使用者对实验设备的熟悉程度。虚拟实验操作部分



图 2 3D 设备漫游和虚拟仿真操作界面

二、线上线下融合的教学模式改进

线上教学资源的建设给学生的实验预习提供了新的途径。充分、有效地利用线上教学资源,可提高线下实验教学质量。

(一)线上线下混合式教学模式设计

进行线上线下混合式教学模式设计时,应保证线上和线下教学能够有效融合、互相促进。为此,我们采用了线上慕课预习和虚拟仿真、线下实验操作、线上答疑和讨论的混合式教学模式,如图 3 所示。线上慕课学习和虚拟仿真作为教学辅助环节,旨在使学生提前了解实验相关理论,熟悉实验装置流程及实验操作;线下实验操作是实践类课程的核心内容,在实际的实验装置上进行。线上慕课学习和虚拟仿真训练能够有效提高线下实验教学质量,从而实现线上与线下教学的有效融合。

对实验操作进行了分解,按照规范化的实验操作方法,通过文字提示引导学生逐步完成实验操作。在部分操作环节,根据可能出现的错误操作方法,软件会适时弹出操作提示,以提醒学生规避错误操作,采用正确的操作方法。此外,在虚拟操作过程中,操作设备与关键测控参数仪表在同一页面显示,以方便学生在调整操作的同时观察仪表参数的变化情况,从而更直观地认识操作步骤对工艺参数的影响。在完成实验操作和实验参数设置后,实验达到稳定状态,此时仿真程序中会显示稳定状态下的工艺参数,方便学生读取并记录所需的实验数据。实验数据均从实际的实验操作中采集和拟合得到,并与使用者在虚拟仿真实验中设置的工艺参数进行关联,可靠性和真实性较高。

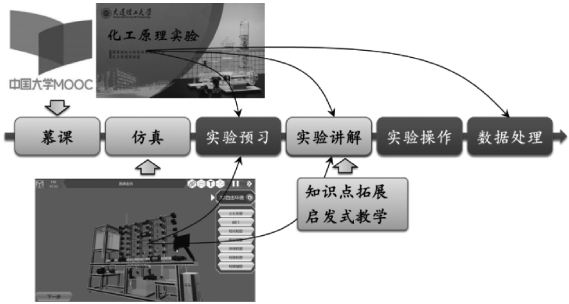


图 3 化工原理实验线上线下混合式教学模式

在该模式下,学生通过慕课进行预习,掌握实验目的、实验原理、实验流程、实验数据处理方法,了解实验注意事项。慕课学习过程与课堂学习过程类似,即教师对实验原理、实验流程等关键内容进行梳理和讲解,突出重点和难点。和单纯依赖教材进行预习的方式相比,学生通过慕课进行预习的效果更好,对知识的接受度更高。在对实验相关知识点有了基本了解后,学生再通过虚拟仿

真软件了解实验装置,进行虚拟实验操作,以便掌握规范的实验操作方法。在完成预习任务的基础上,学生需要撰写实验预习报告,然后才能进入实验室开展实验。在学生进入实验室后,指导教师会检查其实验预习报告,根据预习情况,对学生掌握不太好的内容进行现场讲解,并根据不同的实验项目设计一些思考题与学生进行讨论,或拓展讲解一些与实验项目相关的知识点。在听取教师讲解后,学生以小组为单位开始实验,获得所需的原始数据,在教师检查完毕后才能离开实验室。学生在实验数据处理过程中如果遇到问题,可随时在慕课讨论平台上提问,与其他学生和老师共同讨论。

慕课一方面作为学生预习的平台,帮助学生提升预习效果;另一方面作为知识拓展的平台,为学生提供丰富的拓展教学内容。在教学过程中,我们不局限于实验内容本身,而是将日常生活或实际生产中的问题与化工原理知识进行有效耦合。如我们在慕课平台上设置了以下讨论题,引导学生思考:供暖期间如何给暖气排气?传热实验中的不凝气是如何影响传热性能的?辽宁舰为什么需要定期返回船厂进行船底维护?在学生广泛讨论后,我们通过发布短视频的形式,开展相关内容的交流讨论,揭示日常现象和化工原理的内在关联,在拓展教学内容的同时,提高学生应用理论知识分析和解决实际问题的能力。此外,慕课还作为指导学生处理实验数据和引导学生讨论的平台,贯穿实验教学的全部环节。学生在实验过程中遇到问题时,可以在慕课平台的公共讨论区向教师提问或者与同学进行公开讨论。线上线下教学的穿插进行,确保了混合式教学的效果。

(二)线下教学方式改进

线上教学资源的应用,除了能够提高学生的预习效果,还能大大节省教师线下讲解的时间,用以开展更深入的讨论。

在教学中,我们适当地引入设计型、操作型问题的分析讨论,引导学生对实验操作、工艺参数设置进行主动思考。以精馏实验为例,在实验教学过程中,我们并没有限定加热功率、回流比、进料

流量等工艺参数值,而是让学生在较宽的参数范围内自主选择并开展实验。由于实验工艺参数的选取直接影响分离效果,同时也会影响操作成本,因此如何在分离目标和经济性之间寻找平衡是需要学生思考的问题,思考过程有助于其建立工程意识。通过自主调试,学生可以较为直观地认识不同操作参数对分离效果的影响和对再沸器加热量、冷凝水用量的影响,从而深刻理解回流比、加热功率等关键工艺参数。在实验过程中,学生对问题的分析也不仅仅限于理论上的讨论,他们也会从工程角度思考问题。

结合实验项目相关知识点和社会热点内容设置讨论话题,开展课程思政,有助于激发学生的学习热情,增强他们对行业的认同感。例如,2021年我国搭载三名宇航员的神舟十二号飞船顺利返回地面的事件在学生群体中引起了热烈的反响,所以我们在传热实验讲解过程中提出了航天设备返回过程中舱内温度控制的问题,引导学生开展课堂讨论。学生结合传热过程,探讨了如何增加热阻以降低传热速率,进而拓展讨论了影响传热速率的因素,并分析了传热过程的强化手段等。通过讨论,学生加深了对隔热材料、烧蚀材料等先进材料和技术的了解,认识到掌握传热规律等化工原理知识的重要性,进而提高了学习热情,同时提升了民族自豪感。

将实验相关的知识点与日常生活现象进行关联,能够帮助学生“知其所以然”,加深他们对日常现象中蕴含知识点的理解。例如,精馏实验要求操作者在启动再沸器加热前检查塔釜的液位,但很多学生并不理解为什么要这样做,往往对这项操作要求不够重视。为了让学生提高安全操作意识,教师在教学过程中首先引导学生思考一个问题:为什么学校一直明令禁止在寝室使用“热得快”烧水?在抛出该问题并引发学生的兴趣之后,教师紧接着向学生介绍其工作特点和可能存在的安全隐患。“热得快”作为一种典型的湿式加热器,在工作过程中需要保证液体始终浸没加热元件,否则会因过热而引发事故。实验室精馏塔再沸器所使用的电加热器同样是 (下转第 132 页)

题,及时向老师请教,以便紧跟课堂讨论的节奏。另外,教师会在课堂上或借助微信群了解学生对课堂教学的意见,学生应积极配合、及时反馈,以免影响教学效果。总而言之,无论是线上还是线下教学,学生和教师都应积极沟通,并及时进行调整,以便更快地适应。

三、结语

互联网技术的快速发展使得线上线下混合式教学模式的推行变得更加容易。我们通过对线上线下混合式教学的调研发现,这种教学模式对学生的要求更高,对提高学生的学习主动性和学习能力也更有帮助。在线上线下混合式教学模式下,教师和学生只有共同努力,才能取得更好的教学效果。

(责任编辑:李丽妍)

参考文献:

[1] 胡洪羽. 翻转课堂及其对高师院校化学教学改革

的启示[J]. 化学教育, 2015, 36 (12): 19-22.

[2] 李银涛, 李永平, 秦志强. 基于翻转课堂的有机化学教学实例[J]. 化学教育, 2017, 38(18): 26-29.

[3] 张敏. 线上学习的内涵、困境与策略[J]. 教育科学论坛, 2020(17): 22-24.

[4] 萨尔曼·可汗. 翻转课堂的可汗学院: 互联时代的教育革命[M]. 刘婧, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2014.

[5] 冯廷勇, 刘雁飞, 易阳, 等. 当代大学生学习适应性研究进展与教育对策[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2010, 36(2): 135-139.

[6] 秦超, 谢非, 高洁. 影响翻转课堂学习适应性的关键因素[J]. 现代教育技术, 2018, 28(5): 54-60.

[7] 薛为岚, 唐黎华, 张相洋, 等. 化工工艺学 MOOC 与线下翻转课堂教学探索[J]. 化工高等教育, 2019 (3): 47-49, 60.

[8] 潘鹤林, 王铭纬, 黄婕, 等. 基于翻转课堂的化工原理课程教学模式[J]. 化工高等教育, 2021(1): 52-56.

参考文献:

(上接第 63 页)湿式加热器,因此为了保证其正常工作,需要保证液体始终浸没电加热器。这就是在启动电加热设备前需要检查塔釜液位的原因。上述案例的引入成功激发了学生的学习兴趣,从而显著提升了教学质量。

三、结语

我们通过建设化工原理实验慕课、虚拟仿真实验等线上教学资源,使学生可以不受时空限制,利用开放共享平台学习实验相关的知识点,进行实验问题讨论。在学生进行线上学习的基础上,教师就可以组织开展更加深入的设计型或研究型实验讨论,从而提高实验教学质量。

教学模式的改革需要与时俱进、持续进行。未来我们一方面将继续拓展线上教学资源,增加课程思政案例、常见参数测定方法、流程设计、异常现象分析讨论题等内容;另一方面将配合线上的一些设计或研究型讨论题,引导学生在学习基本实验内容的基础上,进行实验操作验证分析,从而实现线上与线下学习的深度融合。

(责任编辑:李丽妍)

参考文献:

[1] 胥桂萍. 多体系下“化工原理实验”考核机制的改进[J]. 安徽化工, 2021, 47(4): 162-164.

[2] 程倩, 张继国, 陈欲晓, 等. 工程认证导向下化工原理实验课程改革与探索[J]. 化工高等教育, 2020 (2): 122-125.

[3] 朱丹琛, 陈彰旭, 郑炳云, 等. 新工科理念下化工原理实验教学改革初探[J]. 化工时刊, 2020(6): 58-60.

[4] 孟玉兰, 张文君, 曹晶晶, 等. “双一流”背景下化工原理实验教学的改革与探索[J]. 实验室科学, 2021, 24(1): 117-119.

[5] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 7-12.

[6] 王芳, 刘中秋, 李宝宽. 新工科背景下 PBL 教学模式在工程流体力学课程中的实践[J]. 化工高等教育, 2021(4): 52-55.

[7] 谢伟. 化工原理实验中虚拟仿真实验的应用[J]. 化工设计通讯, 2021, 47(3): 124-125.

[8] 高爱萍, 归风铁, 王红军. 化工原理实验课程新教学模式探讨[J]. 山东化工, 2021, 50(6): 209-210.

[9] 刘荣, 曹阳, 余晓清. 多元协同化工原理实验教学探索[J]. 山东化工, 2021, 50(1): 225-227.