

化学工程与工艺专业实习 线上线下一体化教学探索

贺 雷,郝广平,陆安慧

(大连理工大学 化工学院精细化工国家重点实验室,辽宁 大连 116024)

[摘要]新一轮科技革命与产业变革对传统工科专业的教学尤其是实践类教学提出了新的要求。在新冠肺炎疫情背景下,线上教学的广泛实施为实践类课程的教学改革提供了新的思路 and 模式。化学工程与工艺专业针对实习教学中存在的共性问题,进行了线上线下一体化教学的探索,以期培养学生的工程意识,训练学生的科学素养和实践能力,加强学生对工程工艺全流程的准确把握,提升学生对专业的兴趣,激发学生的专业自信。此次教学改革可为相关专业培养适应未来多元化发展、具有创新能力的卓越工程师人才提供借鉴。

[关键词]化学工程与工艺;专业实习;线上线下一体化;工程思维

Exploration of Online and Offline Integrated Teaching on Specialized Practical Course of Chemical Engineering and Technology

He Lei, Hao Guangping, Lu Anhui

(State Key Laboratory of Fine Chemicals, School of Chemical Engineering,
Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning 116024)

Abstract: According to the demand of technology revolution and industry transformation, new requirements are put forward for the teaching of traditional engineering specialties, especially for specialized practical courses. Due to the coronavirus epidemic, the extensive implementation of online teaching provides new ideas and models for the teaching reform of practical courses. To dealing with the common problems, this paper proposed the exploration of teaching innovation through the combination of online and offline processes along with quality management. The innovation aims to cultivate undergraduate students' engineering consciousness, train their scientific literacy and practical ability, enhance their professional identity, arise their interests in learning. We wish the primary practice provide reference for the cultivation of outstanding engineering talents with the ability to adapt to the diversified development and innovation in the future.

[作者简介] 贺雷(1986-),女,讲师,博士。

[通信作者] 陆安慧, E-mail: anhuilu@dlut.edu.cn。

Key words: Chemical engineering and technology; Specialized practice; Online and offline integrated teaching; Engineering thinking

党的十八大以来,习近平总书记多次强调科技人才培养的重要性,作出“创新是引领发展的第一动力,科技是战胜困难的有力武器”“硬实力、软实力,归根到底要靠人才实力”等重要论述。如今在新冠肺炎疫情成为全球性危机,对各行各业均有不同程度的冲击和影响的背景下,科技创新人才的重要性愈加凸显出来。

创新型科技人才的培养是高校人才培养的关键。自2017年2月以来,教育部积极推进新工科建设,全力探索形成领跑全球工程教育的中国模式、中国经验,助力高等教育强国建设^[1-2]。这对传统工科专业的升级、改革、教学创新提出了更高的要求。化学工程与工艺专业作为我国传统的工科专业,为能源、石油、生物、制药及环保等领域输送了大量的专业人才;同时,其强大的基础专业知识体系又为新能源、环境工程以及过程智能化等新兴专业领域人才的培养提供了强有力的支持^[3]。实践教学作为化学工程与工艺专业人才培养的重要内容,是训练学生从课堂到社会、从理论到实践、从被动接受知识到主动运用知识的重要环节,也是培养新时代创新实干型人才的重要手段。在新时代的发展要求下,实践教学的改革创新成为高校的紧迫任务。

线上教学是指利用互联网资源,通过录播、直播及线上答疑等教学环节完成教学任务,其在空间和时间上的灵活性均优于线下教学,为传统实习实践类课程的教学改革提供了新的途径。受新冠肺炎疫情的影响,2020年各高校的本科课程大量依赖线上教学。我校化学化工专业基于实习教学的经验,结合前期线上教学资源的积累和建设,提出实习类课程线上线下一体化教学的理念,并进行了初步实践:通过线上教学资源建设(包括工艺流程解析、仿真实验等)和线下实际生产工艺的学习和讲解,利用多样化的教学方式提升学生的学习兴趣;通过分小组、分工段的针对性学习及现场互问互答,充分调动学生的积极性和主动性,

增强学习质量过程管理;将理论知识与实际生产相结合,促进学生对化工过程整体性的把握,培养理论基础与实践经验兼备的卓越工程师。

一、化学工程与工艺专业实习教学改革背景

实习是化学化工专业本科生培养过程中的一个重要实践环节,包括认识实习、生产实习和毕业实习三个阶段,分别在大学二年级、三年级夏季学期和四年级春季学期进行。实习教学的目的是使学生通过接触实际、了解社会,对本专业的生产和设计、研究课题等建立感性认识;巩固所学理论知识,同时获得生产实际中的知识和技能,学习先进的生产技术和企业组织管理知识,培养分析和解决工程实际问题的初步能力;了解社会和国情,直接向工人和工程技术人员、管理人员学习各种相关的实践知识,增强劳动观念,培养事业心和责任感,为今后走向社会并贡献自己的智慧和力量打下良好的理论和实践基础。大连理工大学的化学工程与工艺专业由1949年建校之初的化工系相关专业组建而成,包括化学工程、化学工艺、催化化学与工艺、电化学、精细化工、能源化学工程共6个专业方向。2016年我国正式加入国际工程教育《华盛顿协议》组织后,本专业第一批通过了工程教育专业认证,进入了全球工程教育的“第一方阵”^[5-6],这既是对我校教育水平的高度认可,也是对我校教职人员的鼓励和鞭策。

根据教学实践情况,我们通过与学生的交流及对开设相关专业的院校进行调研^[7-9],总结出化工专业生产实习教学存在的共性问题,主要有以下三方面:1. 学生的积极性和独立性不足,主动发现问题并提出解决方案的能力欠缺;2. 部分学生在实习当天并未做好实习笔记,在提交前突击完成实习日记和实习报告,导致实习报告内容空泛,大同小异,缺乏对具体内容的深度思考;3. 学生对工艺流程的整体性把握不足,工程思维意识不强,欠缺解决实际问题的能力。在学生实习的过程中,我们随机进行了现场口试测验,发现一些

学生对于具体的知识点或某一段工艺流程掌握得较好,但对于开放性问题(如某一段工艺的改进措施)则没有明确的解决思路。究其原因,可能有以下几方面:一是参观的工艺流程较为单一,仅涉及某一具体的操作单元,学生缺少对大化工生产过程的整体直观感受;二是缺乏实习前课程引导,理论与实践脱节;三是单向授课的教学模式不能有效提高学生的独立思考能力,学生不能很好地运用所学的知识,也未能掌握工艺流程设计的规律和理念。针对上述问题,我们亟须寻找新的教学改革思路,探索新的教学模式,从而提高教学效果。

二、化学工程与工艺专业实习教学的改革措施及初步实践

针对实习教学存在的问题,参考国内外院校相关专业生产实习的经验,结合我校前期的教学探索和网络教学资源建设,我们充分发挥学科优势,基于线上线下一体化教学理念,进行了实习教学改革实践。

(一)全流程培养工程思维

为了提升实习效果,我校与 2019 年投产的恒力集团大连长兴岛园区建立了合作关系,将其作为化工专业实习基地,让学生基于石油化工中重要产品对苯二甲酸(p-phthalic acid,PTA)生产所涉及的 22 个工段开展实习,着力培养学生的全流程工程思维。PTA 是石油化工重要的下游产品,也是化工产品的主要原料,世界上 90% 以上的 PTA 用于生产聚酯,与生活密切相关的聚酯产品有服装、包装材料、胶片、磁带等。恒力集团是全球单体产能最大的 PTA 工厂之一,长兴岛园区 PTA 项目是从“一滴油”到“一匹布”的全流程生产,涵盖了化学工艺学课程中涉及的重要知识点。恒力集团拥有全球化的企业背景和最先进的仪器设备,有利于拓展学生的国际视野,使学生了解最先进的前沿技术,培养学生的工程思维和工程素养;同时能够有效帮助学生将课本知识与实际应用结合起来,使其形成大化工整体流程把握的能力,提升学生思维的前瞻性,激发学生的学习兴趣和责任感。另外,企业提供了工艺流程,与化工工

艺学中相关章节整合成为线上教学资源(如 PPT、流程图、视频等),用于前期的课程学习和课前预习。

(二)增环节加强过程管理

课程的过程管理基于能力和成果导向(Outcome Based Education, OBE)的培养方式^[10-12],使学生能够适应“厚基础,宽口径”的培养方式。对于实践类课程来说,过程管理更为重要。根据学生的认知规律,我们通过线上线下一体化,利用不同方式为学生呈现教学内容,反复强调知识要点和难点,促进学生对工艺流程的整体把握,使其在此基础上能够做到举一反三,真正掌握解决问题的方法和思维。首先,我们针对不同工段开设了仿真实验,让学生在实习前通过仿真模拟,详细了解关键的工艺流程。然后,我们将学生分组,让每个小组负责一个主要的工艺流程,并进行课前预习。经过以上两步线上教学的引导,学生有了一定的理论基础,对于将要接触的工艺流程也有了初步的了解,可以带着问题进行现场实习,这样更有主动性和针对性。在实习工艺介绍结束后,我们设置了学生互相提问和解答环节,以增加实习过程的互动性和趣味性,引导学生从被动接受转变为主动获取知识。除了环环相扣的“线上仿真—线上预习—实地实习”,我们还通过变换教学形式,增强与学生的互动,提高学生的参与感和主动学习的积极性,使学生巩固学习内容。实习最终成绩根据仿真实验、口试、笔试、实习报告和流程图等各个环节的表现进行综合评定得到。

(三)多互动促进教学相长

高水平的师资力量是课程建设的重要支撑。2019 年,我们将具有国际化视野的青年教师引入教师队伍,同时优化了教师队伍的年龄结构,增加了关于国际一流工程经验的教学内容,拓宽学生的思路和国际化视野。青年教师对于在线教学素材的表现形式更为熟悉,能够使传统工艺流程表现得更为生动,有利于学生接受和理解。实习期间,教师与学生朝夕相处,勤于交流且不拘形式,在潜移默化中提升了学生的学习兴趣,拓展了学生的国际化视野,充实了教学内容,也达到了教学

相长的目的。我们还利用先进的线上社交平台,建立学习效果反馈机制,通过双向互动,提升学生的学习效果;从学生出发,以学生为本,及时听取学生对教学内容的反馈,并根据反馈意见及时调整教学内容和教学方式,真正促进教学效果和教学水平的不断改进和完善。

教学案例一:常减压蒸馏工艺流程

常减压蒸馏是石油化工中原油加工的第一步,也是学生在整个化学工艺学课程学习过程中接触的第一个具体的工艺流程案例。我们收集整理了恒力石化的相关工艺流程及图片、视频资料,将其制作成线上教学资源,对工艺流程图进行分段解析,并布置给学生线上预习,让学生提前了解和掌握相关的工艺流程及其要点。同时,我们引导学生充分利用网络资源,在了解本工段流程的基础上,对上下游的流程进行调研,理解工艺参数和主要设备的选择依据,如原料预处理的要求、本工段产品的要求、当产品不达标时如何调整相应的工艺参数以及调整依据等。在之后的线下教学过程中,我们则着重强调各工段之间的衔接和各工艺的关联,从物料走向、能量衡算、设备选型等多个角度,加深学生对于生产流程的整体印象和总体把握。教师在课后,会通过QQ群将相关线上教学资料分享给学生,并进行在线答疑和指导。这种线上线下结合的教学方式有助于学生树立全局意识,全流程把握工艺过程,并通过理论联系实际,实现学以致用。

教学案例二:催化重整工艺流程

催化重整工艺是石油化工行业生产芳烃的主要过程,也是提高汽油辛烷值的关键。该工艺流程并不复杂,但由于产物组成复杂,且涉及分析检测过程,工作人员需要根据检测结果及时分析生产过程中可能遇到的问题和状况,再根据需要及时调整工艺参数。在课前预习过程中,学生将恒力石化采用的相关工艺与国内外现有工艺进行了认真比对,并对催化剂进行了系统的整理和总结,因此在线下互问互答环节表现得非常出色。教师更加注重学思结合,通过启发式、探究式、讨论式、参与式教学,引导学生独立思考,激发学生的好奇

心,培养学生的兴趣,营造主动思辨、自由探索、勇于创新的良好环境。分组学习增强了学生的团队观念和合作意识,促进了学生综合能力的发展;互问互答环节不但加强了学生对知识和技术的学习,而且促进学生换位思考,有利于培养符合企业需求、能够解决实际问题的应用型实干人才。这些措施有效提升了专业实习的教学效果。

教学案例三:蜡油/渣油加氢工艺流程

国际原油供给现状表明,全球可供大规模开采的原油中有60%以上为重质原油,其在经过常减压蒸馏后得到的渣油量大量质劣。催化加氢工艺能够实现渣油的提质利用,既可以在低转化率下生产低硫优质燃料油或合成燃料,也可以在高转化率下将优质渣油转化为馏分油,为下游产品生产提供优质原料。因此,该工段的线上教学除了介绍催化加氢工艺流程,还渗透了节能降耗、碳中和、零碳排放等最新的可持续设计理念和环保要求。更值得强调的是,恒力采用了中国石油化工股份有限公司的两套2000万吨/年蜡油加氢装置,这是国内产能规模最大的加氢裂化装置,拥有自主知识产权。通过对国内外技术特点的对比分析,学生能够更好、更直观地理解现有技术的难点和特点,并能够根据实际需要进行合理分析和选择。这一工段的实例讲解能够促使学生提升文化自信、民族自豪感和行业自强心。

三、化学工程与工艺专业实习教学改革前后教学效果对比

线上线下一体化教学有效支撑了工程教育认证的毕业要求(见表1)。其中,分组研究和预习、课件分享、在线答疑等线上教学环节具有良好的时间和空间上的灵活性、再现性和多样性,在向学生传授知识的同时,能够加强学生对工程问题的创新性思考,培养学生收集和整理文献、团队协作、终身学习等综合能力,以适应时代发展对创新性高层次人才的需求。特别是在疫情全球化的背景下,由于线下实践受到种种限制,线上教学就成为必不可少的环节,本次实践教学探索为疫情后的实践教学提供了新的模式和思路。

表 1 线上线下一体化教学对工程教育认证毕业要求的支撑

毕业要求	分组研究	仿真训练	线上预习	课堂口试	实习报告	线下实习
工程知识	✓	✓	✓			✓
问题分析	✓			✓		
设计/开发解决方案		✓		✓		
研究能力	✓				✓	
使用现代工具		✓	✓			
工程与社会				✓		✓
环境与可持续发展					✓	✓
职业规范	✓		✓			✓
个人和团队	✓					
沟通交流	✓			✓		
项目管理	✓					✓
终身学习			✓			
价值观			✓			✓

学生在专业理论课学习过程中,已经对实习内容有了初步了解,再通过新增的线上教学环节,能够更加积极主动地独立思考,从而有效改善了传统实习过程中主动性差、只能死记硬背、被动接受信息的状况。学生通过线上资源的学习和特定案例的针对性预习,经过自己的理解和输出,就能够在线下实习过程中积极主动地与工程师交流工艺细节,并提出可能的改进方案。

此次改革后,学生的工程思维得到了更好的

培养,其分析问题、解决问题的能力有所提升(见表 2)。全流程工艺的系统讲解有效提升了学生对于工艺流程的整体把握,对不同工段之间的对比、分析和总结使学生对工艺过程的设计理念和设计依据有了更深刻的了解,从而实现了举一反三、融会贯通和学以致用。如针对分离过程应选择精馏还是膜分离、各工艺适用于何种情况等问题,教师通过实际应用案例的分析,帮助学生真正掌握了分析问题、解决问题的思路和方法。

表 2 线上线下一体化教学改革前后的模式及效果对比

	改革前	改革后	实习效果改善情况
学习兴趣	较低	高	有效提升学习兴趣和主动性
整体工艺把握	单一工段线下实习	全流程工艺实习	有效提升对整体工艺的把握能力,培养大化工思维
新增线上环节	无	在线讲解工艺流程,可回放;线上答疑互动;分组预习	线上教学时间灵活性较强,学生可多次回放
线上线下衔接	无	理论课介绍;分组课题研究	理论与实习相结合,巩固知识点的学习
师生互动	授课;笔试	工艺讲解;互问互答;即时反馈答疑	互动渠道多样化,及时调整进度
实习报告	内容单薄	内容充实,言之有物	研究能力明显提高
综合能力	较弱	较强	沟通协作能力有效提高,责任感得到提升

在新增的师生互动环节中,我们针对线上预习提问答疑、仿真模拟、流程图绘制、授课过程中的现场提问回答及随机口试等过程进行量化考核,并增加了过程考核的占比,再结合学生的实习报告,给出最终成绩,切实鼓励学生主动学习和思考,通过实际动手操作和与他人团结协作,提高分析和解决实际问题的综合能力。学生对知识点的把握更加准确,实习报告质量显著提升,这对于学生今后深造或从事专业相关工作有长期的裨益。

此外,在线下实习过程中,新型化工企业整洁的园区环境、高精尖的仪器设备及工程师严谨的工作态度都给学生留下了深刻的印象,使学生消除了对专业的误解和偏见,增强了对专业的认可度和满意度。2019年实习结束后,本专业有70%以上的学生选择专业相关方向作为就业或升学方向。线上线下一体化教学激发了学生的学习兴趣,提升了学生的内在学习动力,让学生有了更大的收获,树立了比肩国际领先技术的志向。

四、结束语

我校化学工程与工艺专业针对实习教学中存在的问题,提出了线上线下一体化教学模式,利用线上教学加强学生对知识理论的学习,将线下课题分解、互答互问等环节与现场实践相结合,培养学生发现和解决实际问题的工程思维。与传统实习方式相比,线上教学具有灵活性和再现性,保证了教学内容的传授不受空间和时间限制,巩固和加强了学生对理论知识的学习,有助于教师及时解答学生的问题和及时获得学习效果的反馈。此次教学改革有效激发了学生的专业兴趣,提高了学生的学习热情,培养了学生的工程思维,使学生对实际生产有了更为直观和感性的认识,了解了国内外技术水平的差距,从而激发了学生的责任感和使命感,提升了学生技术创新、科技报国的热情和信念。同时,教学实践中遇到的问题也促使我们在正确理念的指引下,继续探索增强课程趣

味性和实践性的方法,进一步提升实践型课程的教学质量。

(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

- [1] 林健.面向未来的中国新工科建设[J].清华大学教育研究,2017,38(2):26-35.
- [2] 叶民,钱辉.新业态之新与新工科之新[J].高等教育研究,2017(4):5-9.
- [3] 辛晓,陈立波,栾学钢,等.我国石油和化工行业人才需求调研分析与思考[J].化工高等教育,2019(3):1-5.
- [4] 新华社.教育部:实施“六卓越一拔尖”计划2.0建设高水平本科教育[N].中国政府网,2018-10-18, http://www.gov.cn/xinwen/2018-10/18/content_5331923.htm.
- [5] 何菁菁.我国工程教育实现国际多边互认[N].中国教育报,2016-06-03.
- [6] 万玉凤.中国高等教育将真正走向世界——我国工程教育正式加入《华盛顿协议》的背后[N].中国教育新闻网-中国教育报,2016-06-03.
- [7] 邱丽,闫晓亮,徐守冬,等.卓越工程师培养过程中企业生产实习的改革与探索——以太原理工大学为例[J].化工高等教育,2017(27):20-23, 77.
- [8] 王敏,陈英.化工专业生产实习中的困惑和应对措施[J].化工高等教育,2019(3):86-89.
- [9] 马蔚蔚,张忠明,刘君.改进高等工科院校生产实习工作的思考[J].高教学刊,2019(17):191-193.
- [10] Takriff M S, Abdullah S R S, Mohammad A B, et al. Students' feedback in the continuous quality improvement cycle of engineering education [C]. 2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Amman, Jordan, 2011:374-377.
- [11] 王虹,孙锦昌,李翠清,等.基于OBE教育理念的化工专业生产实习新模式探究[J].化工高等教育,2018(3):68-70, 85.
- [12] 刘国清,李友凤,曾令玮,等.基于“卓越计划”的化工专业人才培养模式探索[J].当代教育理论与实践,2017(9):33-36.