

基于科研开放式实验的过程装备与控制工程专业课程教改探索

——以过程成套设备技术课程为例

金浩哲¹, 张露露²

(1. 浙江理工大学 流动腐蚀研究所, 浙江 杭州 310018;

2. 杭州三花研究院有限公司 电机及控制技术部, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对过程成套设备技术课程的教学特点和重要性,以流程型工业过程成套设备的实际需求为出发点,结合授课教师团队自身的教学科研和工程实践经验,开展基于科研开放式实验的过程成套设备技术课程教学改革与实践探索,提出涵盖内容设置、模式创新、保障机制、质量控制、实践平台和考核评价体系构建等方面的教学实践方案,以拓宽学生的知识面,全方位地提高教学效果。

关键词:大工程;过程成套设备技术;科研需求;开放式实验;教学改革

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1674-5884(2020)01-0063-05

过程装备制造技术、过程设备设计和过程成套设备技术作为过程装备与控制工程专业的三门主干课程,分别代表与过程装备相关的制造技术、设计方法和成套设备的研究成果^[1]。其中,过程成套设备技术是一门综合性的专业课程,涉及化工机械、机械工程、自动化等多个学科的交叉融合。近年来,随着我国石油化工、煤化工、核电等大型流程型工业的快速发展,与之相关的核心装备例如加氢反应器、换热器、空冷器、加热炉、分馏塔等,都朝着装置大型化、参数多样化和工况苛刻化的方向发展,对人才的需求愈来愈趋向于高素质复合型^[2],传统式的教学方法已远远不能满足社会发展的需求。这就要求我们在培养学生的环节中,一方面要注重深化、加强各种基本能力的培养,另一方面还需进一步调整知识结构、拓宽知识面,全面掌握相近学科知识^[3]。

我校过程装备与控制工程专业成立于2005

年,该专业以培养学生的素质、知识与综合能力为目标,使学生了解和掌握过程装备与控制工程专业教学环节的基本知识,更好地为国家重大的流程工业工程建设服务。过程成套设备技术的教学内容较多,知识面极宽,其教学目标是使相对独立的专业理论知识通过该门课程整体贯穿起来,将学生的思路从单个机器或单体设备的设计拓展到整个化工工艺装置的设计、开发、环评、建设、经济效益评价等诸多方面,缩小理论知识学习与工程实际应用的距离。过程成套设备技术课程的理论性和实践性都很强^[4],其授课目的,一方面,要促使学生更深一步研究和深化过程成套设备的设计制造难点、关键科学问题,为后续硕士、博士深造提供契机;另一方面,要兼顾大部分学生在过程装备与制造领域就业的需求。因此,进行过程成套设备技术课程的教学改革探索,不仅要鼓励和引导学生学习更多的理论知识,更要注重培养学生

收稿日期:20190509

基金项目:国家自然科学基金(51876194);浙江理工大学教学改革项目(kg201710)

作者简介:金浩哲(1982-),男,河南周口人,浙江理工大学特聘教授,博士,主要从事过程装备与控制工程专业教学科研工作。

发现问题、解决问题甚至价值取向等方面的综合素质,引导更多的学生从事本专业的科学研究和工程实践,为我国先进制造业培养梯队人才。必须结合当下教师和学生的发展实际,以“大工程背景”下流程型工业过程成套设备的实际需求为出发点,设计针对性的科研开放式实验,开展过程成套设备技术课程教学改革,以提升该门课程的授课效果。

1 过程成套设备技术课程教学现状及存在的问题

教育部在加强本科教学质量的意见中提出,要注重学生实践能力培养,强化实践教学在整个本科教学体系中的地位,通过创新实践教学方法,培养其发现问题、分析问题和解决问题的能力^[5]。

受基础学分的限制,我校过程成套设备技术课程被列为过程装备与控制工程专业的选修课程,国内外同类兄弟院校将其列为三大核心专业的必修课程。将其列为选修课程存在一些弊端:一方面,学生的重视程度不够,教学效果不显著,而且受到学时的限制,不能有效地将过程装备与控制工程专业的核心课程进行归一化系统讲授;另一方面,培养的学生无法系统掌握各个学科的知识,缺乏应对和解决工程问题的能力,本科生的综合素质得不到有效提高。

过程成套设备技术课程教学效果不佳的原因主要包括两个方面:(1)跨学院、跨系融合性存在不足。我校过程装备与控制工程专业成立较晚,鉴于该专业的前身是化工机械专业,既有化工又有机械,而该专业所在的机械自动控制学院与化学工程系所在的理学院之间穿插联系不充分,影响教学效果;(2)培养方案缺乏整体性和系统性。教学方法基本采用传统的书本教学方式,再者因我校前期缺少与石油、化工方面相关的专业基础,教学过程与工程实际相脱离,专业的实践课程学时有限且效果不佳。制定的培养方案缺乏整体性和系统性,无法将基础理论与工程实际有机结合,培养的本科生只知其操作原理而动手能力不强。除上述外,教师群体的工程经验不足,也影响过程成套设备技术课程实践课的教学效果。当前,一个普遍的现象是,高校教师的培养体系基本上是博士到学校就业的体制,而过程成套设备技术涉

及化工工艺设计、压力容器设计、管道安装、重要工艺参数的自动控制、经济性评价和环境评价等多学科的交叉,必要的实践环节较少,学生的感性认识不足,也是影响过程成套设备技术课程教学实践效果的重要因素之一。因此,考虑到该课程的教学实际,以科研项目为载体^[6],科学设置开放式教学实验,形成以提升学生综合能力为核心的教学方法,是亟待解决的关键问题。

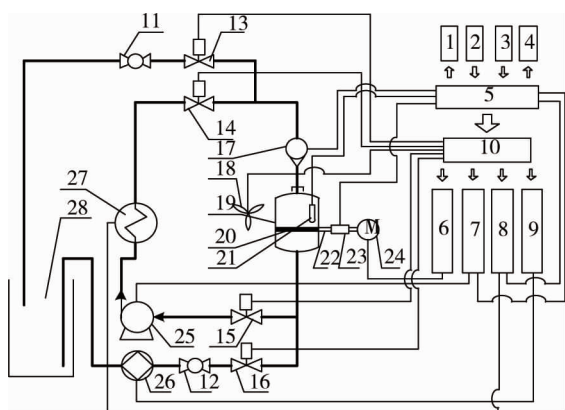
2 科研开放式教学实践的教学改革与创新

根据石油化工、煤化工等流程型工业发展的需要,从多方面、多角度对教学实践体系进行优化、改革和创新^[7]。

2.1 教学实践的内容设置

以过程成套设备技术课程为例,结合我系在石油化工、煤化工等流程工业中的科研背景,以过程装备中的动设备(流程泵、压缩机、风机)和静设备(换热器、空冷器、压力管道、阀门系统)为切入点,在传统教学模块的基础上,增加参与式、互动式、案例讨论式、体验式等开放式创新型教学内容的比重。针对石(煤)化工企业的连续生产特点,在“四年一修”的大检修间隙,设置关键高风险系统的腐蚀调查环节,重点关注离心泵、反应器、分馏塔、换热器、空冷器的腐蚀形貌,了解关键单元的结构特征、工作原理、工作过程,进行工程实际的科研教学实践。

教学实践过程,将现有40学时的教学课程分为关键核心内容讲解模块(约占30学时)和课外实践模块(约占10学时)。对于课外实践模块,以指导教师在石化设备系统流动腐蚀预测及智能防控方向的国家自然科学基金和国家重点研发计划项目为依托,针对性地设计环道式冲蚀实验装置(图1),主要训练学生的工艺设计、设备选型、自动控制等方面的能力,实验装置设计完成后进行相应的成本核算,分析总结实验装置设计搭建过程中存在的问题,并进行交互式分析讨论。该部分实践课程与30学时的核心内容讲解模块基本对应,前者是理论授课,后者是实践学习。同时,由指导教师安排时间带领学生赴相关流程型企业或工程设计院进行实践学习。



1-显示屏,2-按键,3-开关,4-指示灯,5-单片机,6-电机驱动,7-离心泵驱动,8-热交换驱动,9-蠕动泵驱动,10-继电器组,11-出液球阀,12-进液球阀,13-出液电磁阀,14-上循环阀,15-下循环阀,16-进液电磁阀,17-流速传感器,18-风筒,19-冲蚀罩,20-试件台,21-温度传感器,22-传动轴,23-角度传感器,24-步进电机,25-离心泵,26-蠕动泵,27-热交换器,28-试剂瓶

图1 环道式冲蚀试验装置原理图

2.2 教学实践的模式创新

教学过程中,充分利用CAD、Fluent、EDM、Solidworks等软件,介绍分析流程工业的核心装备单元,例如煤直接液化中的原料制备、反应单元、分离单元、分馏单元等,以当前流行的数字化工厂为起点介绍工艺设计、设备选型、仪表自动化、成本核算、环境评价等基础知识。针对流程型工业的特点,结合全国及浙江省大学生化工竞赛的目标和实践方式,开展教学实践。近两年分别围绕“为某大型石化综合企业设计一座分厂,以异丁烯为原料生产非燃料油用途的有机化工产品”“针对某一含硫工业废气源设计一套深度脱硫并予以资源化利用的装置”两个方向,组织过程装备与控制工程专业的本科生从项目可行性论证、工艺流程设计、设备选型及典型设备设计、车间设备布置设计、装置总体布置设计、经济分析与评价基础数据等方面进行教学实践,与过程成套设备技术主体教学内容非常贴合。

2.3 教学实践的保障机制

纵向和横向科研项目的立足点是基础应用技术研究,纵向是基础,横向是应用技术,既能“顶天”,又要“立地”。课程教改过程中,一方面,要使学生了解到该门课程仍然存在许多关键共性的基础问题尚未解决;另一方面,引导学生致力于基础理论研究,形成具有自主知识产权的方法技术,并解决大工程背景中的实际问题^[8]。因此,过程

成套设备技术课程教改的核心保障是:以纵向和横向科研项目为载体,设计与课程相关的开放式教学实验,将科研项目划分成若干个与过程成套设备技术相关的子课题引入到课程学习中,供学有余力的同学根据需要进行选择。组织过程装备与控制专业的本科生自主设计搭建滑块式油水分离系统和管流式智能化冲蚀试验测试系统^[9-10],为过程成套设备技术教改实践提供开放式实验平台,并鼓励本科生在实践过程中继续创新,寻找和发现实验装置的不足之处,提出创新科学的实验改进方法,编写控制方案,在此基础上培养其专利和软件著作权的撰写能力。

科研实践过程中,引入课外助教制度,聘请与课程教改相关的机械工程、流体机械等专业研究生做助教,有针对性地对本科生进行课程辅导。研究生助教指导过程中,其主要职能是协助教师继续深化加强本科毕业设计前端环节的相关指导,保障本科生与研究生的交互性培养效果。

除上述保障机制外,我校为了保障“卓越工程师教育培养计划”的顺利实施,专门制定了“浙江理工大学教师工程实践锻炼办法”,坚持“按需选派”“择优选派”“学以致用”三项基本原则进行双师制教师培养,特别是针对新引进的年轻博士,重点选派实践能力不足但培养潜力大的教师,每年有计划地参加实践锻炼,每名教师参加各类实践的总时间为6~12个月。针对“卓越工程师教育培养计划”试点专业“过程装备与控制工程专业”,要求机械类工科博士具备不少于1年的驻企工作经验(或博士后)。培养过程中采取灵活多样的锻炼方式,主要从事企业的科研开发、项目管理等基层工作锻炼,并参与指导学生参加生产实习。该项制度实施以来,我校过程装备与控制工程专业向流程型行业的设计院、制造厂、用户单位派遣多位年轻博士进行工程实践锻炼,从青年教师的理论方面和工程实践方面同时着手,提升和巩固教学实践队伍的科学研究和工程服务意识,弥补当前高校教师从学校到学校培养模式的不足,取得了显著效果。

2.4 教学实践的质量控制

过程成套设备技术课程实践性很强,尽管在低年级阶段已开展过“金工实习”和“认知实习”,但学生对于过程装备的认知仍处于较浅的水平,缺乏一定的感性认识。因此,在教学实践的质量

控制方面,从以下方面予以着手。教师层面,根据课程的工程实践性特点,结合科研开放式的实验教学,例如多相流冲蚀实验数据库建设、冲蚀磨损数据库建设等,由学生设计、搭建实验装置和开展实验测试,撰写实验报告。通过科研开放式实验,训练学生的工艺设计、材料选择、设备选型、自动控制等方面的综合能力,再通过小组讨论分享学习成果,实现交互式学习。学生层面,调动自身学习的积极性和主动性,以主人翁意识充满热情地投入到学习讨论中。结合研究生助教的“传、帮、带”,采用随机抽号的方式进行案例式教学,确保未抽到的小组学习效果不下降。也可以以某一小组为主导、其余小组配合的方式予以实施,保障教学实践效果。

为进一步巩固教学实践质量,在课堂教学实践10学时的基础上,设置12学时的课外助教实践环节,分组进行6次助教助研实践(2学时/次)。核心环节是,在石化企业调研的基础上,设计与流动腐蚀相关的调查问卷,了解过程装备流程工艺,收集装备结构、材质特性参数,进行流体动力学建模分析计算,建立基于过程工艺分析、流体动力学仿真计算和实验研究相结合的科研思维方式。培养学生的流程工业流动-传热-相变-腐蚀过程的工艺关联分析、流体动力学建模及计算机仿真分析能力,具体而言,包括针对典型的弯头、异径管、三通等管配件进行多相流的物性仿真、几何结构建模与网格划分、传热计算校核、流体动力学校核等,分析复杂变工况环境下典型石化管配件内部的流体动力学参数分布规律,提出相应的管配件结构优化方案。在教师和研究生助教的联合指导下,着力于本科生课程学习和研究能力的培养,保证教学实践效果。

2.5 校外教学实践平台及考核评价机制

教学实践是实现学生“学以致用”的重要环节,也是当前国家一直在提倡的“产、学、研”合作要求。因此,教学实践平台一方面要积极从教学环节设置、课程教学方面营造有利于学生发展的实践平台;另一方面,要与石(煤)化工企业联合建立“产学研用”的实践平台,真正将科研成果“写在大地上,落实在工程中”。因此,校外教学实践平台是校内教学实践平台的有益补充。本科生大部分要进入到企业工作,少部分进行深造学习,培养过程装备与控制工程专业学生的创新、创

业能力和综合能力,引导他们养成创新的、持续的自发式学习习惯尤为重要。以流程型实验平台为基础,辅之以学术竞赛(例如互联网+创新创业竞赛等),与企业联合构建校外实践平台,加大对工程实践环节的重视度,将理论知识与工程实际相结合,锻炼过程装备与控制工程专业本科生发现问题和解决问题的综合能力,实现以大工程需求为导向的专业复合型技术人才培养目标。

针对教学实践过程的质量控制是保证实践效果的关键,其中核心之核心便是重视过程管理,制定多样化、差异化、重实效的考核评价机制。在过程成套设备技术课程教学实践过程中,提高平时成绩的比重,平时成绩按照互动参与度进行评价。仅参加课堂教学的学生按照“平时成绩+期末成绩”相结合的方式进行评价;对于参与过程成套设备技术课程实践以及撰写论文、申报专利的学生,按照“平时成绩+技术实践+学术论文+专利申报”等相结合的方式进行综合评价。对于在课堂教学实践中创新能力突出以及项目实践完成度方面有突出表现的学生,可由学生申请,经指导老师组面试通过后,给予“优秀”等级,并推荐攻读硕士研究生,或优先考虑到指导教师所在的课题组攻读硕士研究生,保证培养的连续性。

教学实践过程中,通过课堂教学改革的实践和不断修正,制定并完善目标多样化、差异化、重实效的过程成套设备技术教学实践课程评价方法,并将具体的教学实践内容写入教学大纲遵照实施,根据教学实践效果每年予以针对性的小幅修订。

3 结语

在新形势下,随着能源工业的发展,社会对石(煤)化工行业的复合型人才培养方面提出了更高的要求。对于过程装备与控制工程专业的核心课程,过程成套设备技术课程的教学体系尤其是教学实践体系应主动适应大工程发展的实际需求,主动进行教学实践改革。唯有如此,才能在创新、创业方面,培养新一代的过程装备与控制工程专业人才。

本文在总结过程成套设备技术课程教学实践存在问题的基础上,围绕其教学特点和重要性,以石(煤)化工关键装置高风险单元的安全防控需求为出发点,结合课题组在大工程中的教学科研

和工程实践经验,开展了基于科研开放式实验的课程教学改革和实践探索,从教学实践的内容设置、模式创新、保障机制、质量控制、校外实践平台构建和考核评价体系构建方面,阐述了科研开放式教学实践的教学改革与创新方案。以期为促进过程装备与控制工程专业的发展提供参考和借鉴,为国家培养以大工程需求为导向的复合型人才提供培养经验。

参考文献:

- [1] 代玉强,周一卉,刘学武. 能力目标导向的过程成套装备课程教学改革与实践[J]. 化工高等教育,2018(6):36-40.
- [2] 莫甲凤,周光礼. 能力、整合、国际化:麻省理工学院工程教育的第三次教学改革[J]. 现代大学教育,2016(4):47-54.
- [3] 王勇,季雷平,偶国富. 比较教学法在《过程设备设计》课程教学中的应用[J]. 广州化工,2012(14):203-205.
- [4] 王勇,偶国富. 过程设备设计教学方法探讨及对教材的建议[J]. 化工高等教育,2011(3):78-81.
- [5] 秦瑜,廖传华,黄振仁. 过程装备成套技术开放式创新型实验教学改革[J]. 化工高等教育,2007(2):81-84.
- [6] 禹丽娥,何川,彭青林. 水分析化学实验课程的教学改革探微[J]. 当代教育理论与实践,2019(1):61-65.
- [7] 王平,朱永建. 新形势下采矿工程专业实践教学体系变革探讨[J]. 当代教育理论与实践,2019(1):55-60.
- [8] 刘太勋,张立强,杨少春. 基于“大工程观”的资源勘查工程专业教学模式改革[J]. 中国地质教育,2019(1):32-36.
- [9] 洪森,金浩哲,谢浩平,等. 基于STM32的滑块式油水分离装置设计及测试[J]. 工业仪表与自动化装置,2018(1):58-61.
- [10] 金浩哲,洪森. 智能化油水分离罐除油系统及控制方法:ZL201610187585.1[P]. 2018-04-27.

Exploration on Teaching Reform of Process Equipment and Control Engineering Based on Open Experiment of Scientific Research: Taking the Process Complete Equipment Technology Course as an Example

JIN Haozhe^a, ZHANG Lulu^b

(a. Institute of Flow Induced Corrosion, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;

b. Motor and Control Technology Department, Hangzhou Sanhua R&D Center, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In view of the teaching characteristics and importance of process complete equipment technology, this paper, starting from the actual needs of process-oriented industrial process complete equipment, explores the teaching reform and practice of process complete equipment technology course based on open experiment of scientific research, according to the teaching, scientific research and engineering practice experience of the instructor team. It proposes teaching practice plans covering content setting, model innovation, guarantee mechanism, quality control, practice platform and assessment system to broaden students' knowledge and improve teaching effect in all aspects.

Key words: large-scale engineering; process complete equipment technology; scientific research needs; open experiment; teaching reform

(责任校对 王菊英)