新工科背景下“化学综合设计实验”课程改革

雷洪^{1,*}, 霍冀川², 张廷红¹, 黄鹤燕²

¹ 西南科技大学材料科学与工程学院, 四川 绵阳 621010

² 西南科技大学分析测试中心, 四川 绵阳 621010

摘要: 2017年以来, 教育部积极推进新工科建设。化学类专业新工科建设与研究在教育部和教育部高等学校化学类专业教学指导委员会相关教改项目的支持下如火如荼地开展, 为化学类专业的新工科建设提出了指导性意见。本文从教材和课程教学两方面介绍了“新工科”理念在一门具体课程(化学综合设计实验)中的融合。基于前期课程开设的成果和经验, 进行了初步的探索和实践, 提出了建设融入“新工科”思想的配套教材、充分发挥线上线下教学优势、DIY实验设置、以赛促教等具体的改革思路。可为其他课程开展“新工科”背景下的改革提供参考。

关键词: 化学综合设计实验; 新工科教材建设; DIY实验; 以赛促教

中图分类号: G64; O6-3

Curriculum Reform of “Comprehensive & Design Chemical Experiments” under the Background of Emerging Engineering Education

Hong Lei^{1,*}, Jichuan Huo², Tinghong Zhang¹, Heyan Huang²

¹ School of Materials Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan Province, China.

² Center of Analysis and Testing, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan Province, China.

Abstract: Since 2017, the Ministry of Education has actively promoted the construction of emerging engineering education. The construction and research of emerging engineering education for chemistry majors are carried out in full swing with the support of the relevant reform projects from the Ministry of Education and the Teaching Steering Committee of Chemical Specialty of the Ministry of Education, and guiding opinions have been put forward for the construction of emerging engineering education for chemistry majors. From the two aspects of teaching materials and course teaching, the integration of the concept of “emerging engineering education” in a specific course (comprehensive & design chemical experiments) is introduced. Based on the previous results and experience, preliminary exploration and practice have been carried out, and some specific reform ideas, such as construction of supporting textbooks that incorporate the idea of “emerging engineering”, giving full play to the advantages of online and offline teaching, DIY experiments, and competitions, etc., are put forward. It can provide a reference for the other courses to carry out reform in the context of “emerging engineering education”.

Key Words: Comprehensive and design chemical experiments; Emerging engineering textbook construction; DIY experiments; Competition-based teaching mode

化学是改造世界的重要武器，其成就是社会文明的重要标志。化学学科的发展离不开高素质化学人才的培养。为主动应对新一轮科技革命与产业变革，支撑服务创新驱动发展、“中国制造2025”等一系列国家战略，培养科学基础厚、工程能力强、综合素质高的新型化学人才已成为时代发展的必然需求。随着我国“新工科”教育改革的兴起^[1,2]，化学专业成为了首批进入“新工科”教育改革的试点专业^[3]。根据成果导向教育(Outcome Based Education, OBE)理念，学生能力的达成是专业改革的宗旨，而专业培养目标的达成最终要具体落实到课程目标的达成上来。在新形势下，化学类专业课程的“新工科”改革不仅要强调培养学生扎实的化学功底，更要注重多学科知识的交叉、融合与运用，进而使之能够与时俱进地支撑新型人才的培养目标。化学学科与其他学科有着密切联系，它们相互促进、共同发展。作为一门以实验为基础的自然科学，化学学科的进步离不开实验科学与与时俱进的发展。“化学综合设计实验”是化学基础实验的综合和拓展，实验内容涉及化学、材料、生命、环境、能源、医药、农学等多学科交叉领域，知识面广，综合程度高。作为一门具有多学科交叉性质的综合性、设计性实验课程，在对传统化学类专业的“新工科”改造中，“化学综合设计实验”必然成为了落实“新工科”思想的理想实践载体之一。

我校“化学综合设计实验”课程目前主要面向应用化学、材料科学与工程、材料物理和功能材料专业本科生，其中在应用化学专业为48学时必修课，在材料科学与工程专业为24学时选修课，在材料物理和功能材料专业为16学时选修课。我们对本课程的改革重点围绕应用化学专业开展，并逐步在向其他专业推广。以下我们将结合我校前期开设“化学综合设计实验”课程的一些探索实践成果及经验，着重从教材和课程教学两方面简要介绍“新工科”理念在具体课程中的融合，以期抛砖引玉，为其他课程开展“新工科”背景下的改革提供参考。

1 新工科背景下《化学综合设计实验》教材的重新编写

2007年，我校人员主编的《化学综合设计实验》由化学工业出版社出版发行。该书出版发行后受到了读者的普遍好评。2009年，该教材获得了第九届中国石油和化学工业优秀教材奖一等奖。至2018年底，该书已重印5次，共计12500册，被国内多所高校院所选作教材，且被大部分理工类院校的图书馆收藏，在网店亦有销售。

2020年初我们对《化学综合设计实验》第一版教材进行了再版修订。此次修订充分肯定了第一版教材的优点、特色和所取得的成绩，在对原有优点和特色进行了保留继承的基础上，增加了部分融入“新工科”理念的内容。考虑到教材的使用专业可能涉及除化学类专业以外的其他相近专业，第二版教材继续采用了模块化编写的方式。全书由化学实验基本知识、化学信息资源、试验设计与数据分析方法、综合实验以及设计研究实验五部分组成，其中以综合实验和设计研究实验两大部分为主。综合实验是在学生具备化学基础实验理论和技能的基础上，将多种基本理论和技能在单个实验中融会贯通，旨在培养学生综合运用基础知识和基本技能解决复杂问题的能力；化学设计研究实验是综合实验的进一步提升，要求学生根据课题需求，能够自行查阅文献、设计实验方案和步骤，并完成具有一定创新性的实验，其目的在于培养学生独立开展科学研究的能力和创新能力^[4]。

《化学综合设计实验》再版修订更加注重学生综合实践能力和工程能力的培养，强调多学科知识技能的交叉、融合和综合运用。在体现化学学科特色的基础上，增加了“化学常用软件简介”和“分析仪器综合设计实验”章节，更加注重现代分析测试技术在教学中的应用和学生综合实践能力的培养。具体说明如下。

掌握和应用现代化技术(特别是计算机及其技术)并用于解决各专业的相关问题在这个“互联网+”时代显得尤为重要。就化学学科来说，计算机技术的高速发展及其在化学研究和教学中的应用极大地提升了化学研究的效率和化学教学的效果。再版教材的“化学常用软件简介”部分对一些常见的化学软件进行了梳理和简单介绍，以方便读者在后续的学习中能根据自身所需，有目的地选取合适的软件进行深入了解和学习。相关软件包括化学结构绘制软件、数据处理软件、文献管理软件、

图谱解析软件、计算机辅助教学软件和量子化学计算软件等。

2020年,教育部高等学校化学类专业教学指导委员会(以下简称化学类专业教指委)研究提出了设置基于化学的新工科专业“化学测量学与技术”,厦门大学随后将该专业作为新增专业进行申报。我们对教材的再版修订在一定程度上与化学类新工科专业的建设保持了一致方向。新版教材的“分析仪器综合设计实验”章节涉及化学分析中两种重要的光谱仪器(紫外-可见光谱和激光拉曼光谱),内容包括相关仪器的设计、装配、调试与实验测定,是化学、光学、测量学、计算机等多学科的交叉融合。学生通过查阅资料设计分析仪器的装配图纸,将组成仪器的零件和部件按规定的技术要求组装起来,并经过调试、检验使之成为合格的分析仪器,用于物质的分析测试。这种DIY模式的实验需要学生充分掌握实验原理、仪器装配、实验测量、甚至计算机编程、仪器升级、科研探索等内容,可充分调动学生的学习兴趣,发挥学生自我探索和团队合作的能力,有利于其全方位综合能力的培养和终身学习意识的形成。

2 新工科背景下“化学综合设计实验”课程教学过程改革

2.1 采用线上线下相结合的教学模式

西南科技大学“化学综合设计实验”课程经过多年的建设已经形成了一套较为完善的课程教学体系,培养并组建了一支具有丰富教学经验的国家级教学团队——化学实验教学团队。该课程在2005、2007和2008年分别被评为校级、省级和国家级精品课程^[5]。多年来,该课程的教学过程一直采用线下实践教学为主、线上理论学习为辅的方式进行。

2019年,我们对“化学综合设计实验”线上SPOC (Small Private Online Course)资源进行了重建。新建线上资源包括绪论、化学实验室基本知识、化学信息资源、试验设计与数据分析方法、综合设计实验和分析仪器综合设计实验六大部分,完善了在线测试和考评题库。目前已完成3期、519人次的教学。该线上资源在新冠疫情期间的教学活动中发挥了重要作用。学生返校后,使用线上资源进行安全教育、理论教学、实验前的准备等辅助教学,可使学生前期的基础理论学习变得更加有效,相关学习效果的评价也变得更加细化、更加合理。实践证明,线上学习环节对学生进入后期实践环节的学习具有重要的引导和辅助作用,可有效地提高教学效率,为实践环节争取更多的教学课时,用于学生综合能力的训练和达成。

作为一门实验课程,线下教学是整个课程教学环节的主体和重点。作为地方高校,在教学资源有限的情况下,可通过优势资源整合,使资源在人才培养上效能最大化。西南科技大学分析测试中心是国家计量认证合格单位,拥有40余台套大型精密分析测试设备及配套运行设施,总价值超过4500万元。中心实验室用房总面积约5000 m²,设置了无机成分分析室、有机成分及结构分析室、物相及晶体结构分析室、电子显微分析室、谱学性质分析室、综合热学性质分析室、颗粒特性分析室、生化与电化学分析室等分析测试实验室,能够从事物质的形貌、成分、物相、结构及性能等分析测试工作^[6]。我校化学类专业在化学与分析测试中心实验教学中心(省级实验教学示范中心)的平台基础上,进一步引入了学校分析测试中心的平台资源用于本科教学。在为教学提供充足的硬件条件的基础上,通过引入具有多学科背景的分析测试中心专职教师参与教学以及采用分小组教学等方式,保证了学生能有足够的时间接触并操作大型现代分析测试仪器。有别于基础化学实验,“化学综合设计实验”的线下部分更加注重学生科学思维的训练,着重培养学生分析问题、解决问题的能力和交叉学科知识技能的运用。随着“新工科”的兴起,本课程已逐步开设DIY模式的“分析仪器综合设计实验”,使学生具备综合运用多学科基础知识解决复杂的化学分析测试工程问题的能力。实践表明,学生对此实验项目表现出极大的兴趣,在通过资料查阅、小组合作、运用多学科综合知识解决一些小问题后,学生获得了在传统化学实验中难以获得的自信心和成就感。

2.2 以“实验竞赛”方式完成实验课程教学

我校自2005年开始每年举行化学综合设计实验大赛。多年的实践证明,竞赛是一种激发学生学

习兴趣、促进学生主动积极自主学习、培养学生综合素质的有效方法。通过竞赛,学生可以找到自己的不足、意识到与他人的差距。适当的挫折教育有利于激励学生不屈不挠、戒骄戒躁、坚持进取的内在品质,可培养学生形成健康的心态和宽广的胸怀。而经过努力获得的成绩和荣誉有益于学生自信心的树立。在本课程的后期教学过程中,我们将围绕教学大纲,通过制定化学综合设计实验课程学习竞赛章程,以“实验竞赛”的方式完成部分课程内容的教学,探索开启实验教学的新模式。该章程已在第二版《化学综合设计实验》教材中添加,可供相关教师在实验课程教学改革中参考。

竞赛周期拟以学期为单位举行。学生以个人为基本参赛单位,报名参赛。竞赛分为初赛、复赛和决赛三个阶段。初赛阶段以化学实验基本知识、化学信息资源和试验设计与数据分析方法为主,比赛方式为线上笔试。复赛阶段为开卷笔试,内容涵盖化学及相邻交叉学科的实验内容。具体操作方式为教师给定实验设计题目,学生在规定的时间地点完成相关实验方案设计,包括实验原理、主要仪器及试剂、实验步骤、安全预防注意事项等。决赛阶段为综合实验操作考试,重点考查内容为学生正确记录、处理实验数据和撰写规范的实验报告等。

3 新工科背景下的课程改革思考

尽管我校拥有国家级教学团队“化学实验教学团队”,在后期又引入了具有多种学科背景的分析测试中心专职教师参与教学,但我们也意识到“新工科”背景下的课程教学对教师提出了更高的要求。“新工科”对学科交叉融合的要求不是简单的“1+1=2”的跨学科组合。在我校的教学改革历史中,有人曾提出针对一门课程中涉及的交叉学科知识,可由不同专业或行业背景的骨干教师、企事业单位专家为学生讲授不同专业领域的知识。这样的方式固然可以使一门课程中涉及的不同学科的知识碎块更加鲜活和更有深度,但各知识碎块之间容易缺乏联系、缺少融合。“新工科”背景下的课程教学最终是要能让学生搭建起具有多学科交叉融合特征的整体知识网络框架,使其具备运用多学科知识融会贯通解决复杂工程问题的能力。在“新工科”背景下,对学生能力达成的要求对教师的专业知识架构、科学研究领域、知识面的广度和深度、跨学科交叉融合的能力、教学方法和教学手段等都提出了更高的要求。因此,成功的“新工科”教学改革不仅要注重学生能力的培养和达成,还要为教师业务能力的提升创造条件。

4 结语

根据化学类专业教指委的建议,化学以数学和物理学为基础,是支撑生命、材料、能源、环境、医药、农业、信息、电工电子、航空航天等众多学科和支柱产业、高精尖技术发展的上游学科^[3],在“新工科”改革中首当其冲。具有“新工科”理念的课程改革是“新工科”改革的最终落脚点。“化学综合设计实验”课程既体现了化学的学科特点,又具备跨学科交叉融合的特质,是开展“新工科”背景下课程改革的一门理想课程。本文从教材和课程教学两方面介绍了“新工科”理念在“化学综合设计实验”课程中的融合,并基于我们的实践经验提供了一些较为具体的改革思路,可为其他课程的相关改革提供参考。

参 考 文 献

- [1] 王强. 大学化学, 2019, 34 (7), 42.
- [2] 李明磊, 杜娟, 王传毅, 赵良玉. 高等教育研究学报, 2020, 43 (1), 60.
- [3] 张树永, 朱亚先, 霍冀川, 宋丽娟, 徐华龙, 郑兰荪. 大学化学, 2020, 35 (10), 6.
- [4] 霍冀川. 化学综合设计实验. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [5] 钟国清, 霍冀川, 叶旭, 张欢. 大学化学, 2011, 26 (1), 16.
- [6] 西南科技大学分析测试中心简介. [2020-05-11]. <http://www.atc.swust.edu.cn/2016/1227/c2861a45630/page.htm>