•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202006025

www.dxhx.pku.edu.cn

新工科背景下湖南大学应用化学专业的改革与建设

朱日龙, 楚宗霖, 黄中原, 邹雨芹, 张小华, 周海晖, 蔡双莲, 杜翠翠, 李永军, 刘娅莉*
湖南大学化学化工学院, 长沙 410082

摘要: 探索建立依托化学学科的“新工科”应用化学专业设置并按照“新工科”理念对现有专业进行革命性改造是十分必要的。结合我校 2020 应用化学专业培养计划修订及教学改革研究的实际情况, 通过调整专业培养目标、课程体系、教学内容和教学模式, 突出德才兼备人才培养的中心地位, 以期在传承本专业腐蚀与防护的特色基础上, 进一步满足新材料、新能源、高端制造、节能环保及新一代信息技术等新兴战略产业对人才的需求。还提出了应用化学新工科专业发展的方向。

关键词: 应用化学; 战略新兴产业; 新工科; 腐蚀与防护; 创新实践
中图分类号: G64; O6

Remodeling of Applied Chemistry Specialty in Hunan University for Emerging Engineering Education

Rilong Zhu, Zonglin Chu, Zhongyuan Huang, Yuqin Zou, Xiaohua Zhang, Haihui Zhou,
Shuanglian Cai, Cuicui Du, Yongjun Li, Yali Liu *
College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University, Changsha 410082, P. R. China.

Abstract: It is necessary to develop new engineering-directed applied chemistry major on the basis of chemistry major and to remodel the current applied chemistry education according to the concept of emerging engineering. Herein, emendation in 2020 version of applied chemistry education plan and researches on teaching renovations for applied chemistry major in Hunan University is introduced. Through the adjustments of education goals, course systems, teaching contents and teaching models, we wish to highlight the central status of the educations that integrates morality and ability. In addition to the inheritance of the specialty in corrosion and protection, it is expected to further satisfy the need of graduates for the industries such as new materials, new energy, high-tech production, environmental protection, and new generation of information technique. At last, future trends and perspectives in emerging engineering applied chemistry is proposed.

Key Words: Applied chemistry; Strategic emerging industries; Emerging engineering education;
Corrosion and protection; Innovation practice

我国高等教育体系为传统工程人才的培养做出了重要贡献, 造就了一大批国之重匠。随着世界范围内新一轮科技革命和产业变革的蓬勃兴起, 不同学科之间交叉融合^[1], 传统的专业型工程人才培养模式已经难以满足新兴产业发展需求。“中国制造 2025”“一带一路”等建设需要一大批创新能力突出、实践能力强的高素质、跨学科、复合型人才。

收稿: 2020-06-04; 录用: 2020-07-23; 网络发表: 2020-07-27

*通讯作者, Email: yaliliu@hnu.edu.cn

应用化学与材料、能源、环境、医药、农业、信息、电工电子、石油化工、航空航天等众多产业息息相关,直接影响着这些产业的发展层次和水平^[2]。在新一轮科技革命和产业变革高速发展的背景下,如何发展应用化学是一个摆在我们面前的重大课题。按照“新工科”理念对现有专业进行改造,主要是加强知识应用能力的拓展,强化专业的应用特色建设,加强与行业企业对接,完善协同育人机制建设等,使专业人才培养能够更好地适应新技术、新产业、新业态的发展和行业产业发展的需要^[3-5]。本文主要介绍了我校应用化学专业在新工科背景下,通过调整专业培养目标、课程体系、教学内容和教学模式,突出人才培养的中心地位,满足新兴战略产业人才需求方面所做的工作及思考。

1 新时期应用化学专业的培养目标

根据本校办学定位和人才培养总目标,本专业目标在于培养具有家国情怀和良好的科学文化素养,掌握化学、化工及材料等学科的基础知识和实验技能,具备应用化学思维、实践能力、创新创业意识、终身学习能力、国际视野,德智体美劳全面发展的高素质的应化创新人才。预计学生毕业后五年能够成为从事应用化学、金属腐蚀与防护、新能源材料、高分子化学及精细品化学、表面技术与工程领域研究开发和生产管理的杰出人才和骨干。毕业要求可以概括为:

(1) 具有人文底蕴和家国情怀,崇尚科学,遵守职业道德规范,能够自觉践行社会主义核心价值观,有服务国家、服务人民的意识。

(2) 有宽阔的国际视野,具有安全意识、环保意识和可持续发展理念,能够理解“人类命运共同体”思想的科学内涵。

(3) 具有较高的专业综合素质:具有完整的化学、化工、材料知识体系,掌握化学实验方法与技能,具有运用现代信息技术和手段获取专业信息的能力,具备创新和批判精神,具备初步开展应用化学科学和技术研究的能力。

(4) 具有良好的口头和书面表达能力,能够与同行、社会公众进行有效沟通与交流;具有团队协作精神和能力,能够在团队中发挥自身的优势和作用。

(5) 具有终身学习意识,能够根据社会发展的需要,自我管理、自主学习,实现个人的可持续发展。

2 应用化学专业核心课程设置与改革

湖南大学应用化学专业以应用电化学、腐蚀科学与防护技术、高分子合成与涂料应用、绿色能源为特色专业发展方向,具理工融合特色,在课程设置方面体现厚基础和重专业双重特色。然而,我校应化专业核心课程往往在第三学年才开始,理论学习任务重、时间长,而实验和实践教育力度明显不足,存在“重理论、轻实践应用”的问题。为了在“新工科”背景下,培养具有扎实科学、技术、工程背景的综合型创新人才,应用化学在专业教育教学过程中进行了全面的改革,主要体现在:(1) 改善课程体系,突出能力培养。在课堂教学中加大应用案例、实际问题的探讨,着重培养学生分析解决实际问题的能力;(2) 学科交叉融合,培养创新能力。加强学生数学、物理、化学、材料学等方面的知识学习,培养具有多学科背景的创新型人才;(3) 对接产业需求,与时俱进。针对近年来国家对能源、材料领域的重大需求,聚焦该领域的研究前沿,将其融入到课堂或实践实验教学,保持教学内容的时效性甚至领先性。以下介绍我们在金属学与金属材料、电化学动力学及金属腐蚀及防腐蚀理论课程方面的改革与思考。

2.1 金属学与金属材料课程改革

金属学与金属材料是我校应化专业的专业核心课之一,该课程属于物理、化学、材料学交叉融合性学科,是引导学生掌握本专业领域特别是金属材料科学基本原理的入门课。主要内容包括金属材料的晶体结构与性能、纯金属材料的结晶过程、二元合金的相图与合金的凝固、铁-碳合金相图、

钢在加热及冷却时的转变以及工业用钢铁材料的热处理工艺等, 对培养学生的综合创新能力非常重要。其存在的主要问题为课程内容知识点缺乏关联性; 课程教学内容过于注重理论, 忽视了实际应用。针对这些问题, 我们从课程知识体系逻辑化、课堂教学兴趣化、课堂内容多样化三方面入手建设。首先对课程内容进行全面梳理, 抓住“组织-性能-强化途径”这一脉络, 建立课程逻辑, 用知识树进行总结, 让知识形成网络关联性。其次, 结合工业生产实际案例以及金属材料相关的前沿科研进展, 寻找讨论主题进行集体讨论, 让学生由被动接受转变为主动查找资料。通过组织学生讨论或辩论, 对学生提出的知识点随时纠正补充, 教学相长, 培养学生发现、分析、解决问题的能力。

2.2 电化学动力学课程改革

电化学动力学是应用化学专业的核心课程之一, 要求学生掌握物理、化学、电工电子学、数学等基础知识。通过该课程的教学, 使学生能够理解和掌握电化学动力学基本理论, 培养学生分析及解决电化学相关问题的能力, 同时为后续课程如金属腐蚀及防护理论、化学电源、电镀原理与工艺、电化学测量等诸多课程的学习奠定基础。随着电化学理论与技术在能源、材料等领域中的迅速发展, 新的知识体系不断涌现, 该课程的教学内容、教学方法和形式亟待革新。

原有教学内容是以电极溶液/界面的结构和性质为基础, 拓展至液相传质、电极反应动力学等内容, 重理论轻应用, 且理论知识往往晦涩难懂, 课堂趣味性也不高。近年来, 针对学生核心概念模糊、动手能力差等问题, 该课程以讨论课以及科研小课题的形式引入了新型电化学能量转化与储存体系、电化学催化、电化学分析传感等内容, 让学生自主设计课题、完成实验、撰写报告, 通过这些教学环节, 帮助学生更好地理解和运用电化学理论与技术。此外, 在课程教学过程中还融入了翻转课堂的教学模式, 鼓励学生查阅资料、备课、讲课, 培养学生自主学习的能力。该课程指导教师利用课余时间组织学生设计并完成一系列电化学创新实验, 如电解水、氧气电化学还原反应、电化学合成聚合物等, 利用这些实验, 加强核心知识点的学习, 锻炼学生实验动手能力, 让学生充分理解所学知识在实际应用过程中的价值以及存在的局限性。

2.3 金属腐蚀及防护理论课程改革

金属腐蚀学是建立在化学、物理、冶金等学科基础之上的交叉科学, 是以解决实际问题为中心的应用科学。金属腐蚀及防护理论是我校应用化学专业的核心课, 本专业特色的载体, 课程内容包括金属腐蚀前沿问题、电化学腐蚀动力学、氢去极化和氧去极化、金属的钝化、局部腐蚀产生机理及控制方法、腐蚀控制方法等。尽管内容系统完备, 但作为一门应用性很强的课程, 教材内容显得层次不够清晰, 需要对部分内容进行微调。从理论讲授的宏观层面上拓展知识点, 建立金属腐蚀与防护理论大框架; 从内容的社会贴合度方面, 则新增近年来国内外的腐蚀工程应用案例分析, 培养学生的新工科思维。为了让学生对该课程内容更容易接受和提高兴趣, 调整了课程教学, 如让学生观察日常生活中的腐蚀现象及进行国内外重大腐蚀案例调查, 撰写相关调查报告并进行分组 PPT 汇报。通过慕课建设, 把金属腐蚀理论相关的最新研究成果融入到课程教学之中, 实现翻转课堂教学。本课程还选取一些应用性很强的知识点, 请国内外腐蚀与防护相关科研院所及企业专家讲课, 加深学生对腐蚀理论及工程应用的理解。

3 应用化学专业实验实践教学教学改革

面对实用性更强、交叉性更广、综合性更高的新要求和新挑战, 应化专业从教学内容、教学模式、教学评价等方面都对学生实验技能的培养进行了全面改革, 构建了应用化学“新工科”专业实验教学体系。以应化专业综合实验和实践教育为例。

3.1 应用化学专业综合实验改革

传统的应用化学综合实验在拓展学科视野、启发创新思维、提升应用开发能力等方面已无法满足“新工科”要求。本专业基于立足基础、结合实际、引导创新的原则, 将专业实验按综合模块整合设计为化学电源、电催化析氢及析氧、腐蚀与防护技术及高分子合成与功能涂层四大模块, 实验设

计从面向实际工程应用出发,融合前沿科学技术发展,引导和促进学生依托应用电化学、腐蚀与防护、能源电化学、新材料及表面工程技术等方向系统掌握化学和材料、能源等学科交叉领域的基本理论和研究方法。

在教学形式上推进线上线下结合、翻转课堂的立体化教学模式改革,并借助信息化教学手段的在线开放性、时空灵活性、网络互动性等优势,全新打造基于互联网的自主学习、启发式、探究式及研讨式等多种教学方法相结合的实验教学模式。

基于翻转课堂的立体化实验教学模式建立了实验自主预习阶段、操作阶段、实验分析总结阶段以及实验拓展讨论阶段的多维度考评体系,实现对学生各个实验模块学习和探究全过程的综合考评。预习阶段考评学生对实验原理等理论知识的掌握程度;操作阶段重点从实验操作的连贯性、正确性、发现问题能力和工程技术能力等方面考查;实验分析总结阶段评价针对应用问题的分析能力;最后拓展阶段的实践及应用案例讨论,从多维度评价学生的探究精神及创新能力。

3.2 应用化学专业实践教育改革

专业还多途径提高学生科研工作兴趣,培养学生的工程思维能力。从2014年开始,学院定期开展“学长有话好好说”访谈活动,通过分享创业经验、成长过程,讴歌伟大祖国改革开放40年成就,通过现身说法让学生感受到创新创业的艰辛和喜悦。在实习实践教学中,还把访谈活动搬到了工厂。现场开展“学长有话好好说”活动,对当前新工科的教学实践也起到了良好的思政课程启发作用。另外,通过化学类专业导论课学习,了解应用化学学科发展;聘请企业导师给新生讲课,宣讲化工工程观念、创新需求、安全措施及企业管理等。

从二年级开始,学生根据个人兴趣参加SIT(Student innovation training)大学生创新训练计划。应用化学专业立项了“铝合金的阳极氧化及膜层耐碱性能研究”“基于生物质碳源可控制备氮掺杂碳纳米材料及其电化学性能研究”“石墨烯卷的制备及其在超级电容器中的应用研究”“铝翅片水冷器腐蚀机理及防护方法”等多个项目,这些计划一直延续到研究生阶段,培养了学生的创新能力以及对科研工作的兴趣。

我院还为1-3年级学生专门设立了科研创新能力提升计划——青苗计划。该计划和SIT区别在于更低年级学生参与科研,通过指导教师引导促进学生发展对科学研究工作的兴趣,在新能源电池、化学生物传感、光电材料、分析检测、高分子功能树脂、腐蚀机理研究,生物医药等领域提供了大量的科研课题供学生选择,提高科学研究能力。最近两年已约有340名学生进入约120位教师的课题组。

学院还鼓励学生参加各项大学生学科竞赛活动,并在学分、保研及升学方面给予鼓励。如疫情期间,成立以本科生为主研究生为辅的科研团队,参加双创电商大赛。该赛事要求学生不仅仅提供产品研发及产业化情况,还要求团队给出创业团队的盈利方案,并迎接答辩比赛。学院还依托绿色创客联盟开展创客赋能培训,培养校外双创人才300多人。创客培养模式已在十多所高校推广应用,取得了丰硕成果。

近十年来,应用化学专业先后在四个重大的新兴战略产业领域如化工新材料、新能源材料、高端装备制造、集成电路企业建设了湖南大学校外实习教学及创新创业基地。实习基地建设还促进形成了由实习指导教师、学院领导、教学办和学生办,企业负责人、技术总管、工程师、人力资源部教师等多主体协同培育机制,通过面对面交流、微信群、QQ、邮件及答辩等形式,交流新材料、新能源及化工技术行业动态和发展方向。专业还多次邀请创新创业领军人物现场分享其创业创新经验,进行现场企业宣讲等,给学生提供了人生职业生涯目标及创新创业的动力,同时也促进了高校和企业的产学研合作,不仅起到了培养学生工程实践能力的作用,企业也获得了技术成果和人才支持,企业还为学生提供了更多的工作实习机会及奖学金支持。以湖南湘江关西涂料有限公司为例,2015-2018年期间该企业与专业共同承担了湖南省科技重大专项“绿色高性能汽车电泳涂料关键技术研究及产业化”,期间双方共建了本科生实习教学基地、湖南大学湘江涂料博士后科研流动站协作研

发中心及湖南省汽车涂料工程技术研究中心，企业在我院设立“湘江关西助学金”，已惠及化学化工学院研究生和本科生总计 60 名。

4 结语

本专业以新工科建设为契机，紧紧围绕立德树人这一核心目标，全面落实人才培养中心地位，强化专业特色，确保应用化学人才培养质量稳步提升。未来还将结合新兴产业用人需求，继续深化实践教学改革，探索新工科背景下应用化学工程人才培养新模式。努力打造具有工程背景的人才队伍，进一步提高专业师资力量。积极引进国外优质教学资源，尤其是工程教育的先进经验，扩大大本科生的国际视野，促进本科教育国际化进程。进一步扩大和国外一流高校一流学科的合作，促进人才的联合培养。进一步探索信息技术与教育教学的融合方式，开展数字化课程建设、实现教育资源的共享。凝练与新产业相关的应用化学问题，探索应用化学人才培养新方向，更好地培养具有前瞻性和引领性的新工科人才。

参 考 文 献

- [1] 国务院关于全面加强基础科学研究的若干意见 (国发[2018]4 号), 2018.
- [2] 2013-2018 年教育部化学类专业教学指导委员会. 普通高等学校化学类专业教学质量国家标准. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [3] 张树永, 朱亚先. 中国大学教学, **2018**, No. 3, 25.
- [4] 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.
- [5] 张树永, 朱亚先. 中国大学教学, **2018**, No. 3, 25.