



工程教育认证背景下制药工程专业实验教学中渗透绿色化学理念的探索^{*}

刘朝阳,徐仲玉,马小思,孙仲颖,马红梅,马 磊

(华东理工大学 药学院,上海 200237)

[摘要] 本文基于华东理工大学制药工程专业工程教育再认证的背景,聚焦专业毕业要求7(环境和可持续发展),讨论了制药工程专业实验教学中渗透绿色化学理念对有效达成毕业要求7的必要性和重要性,并从实验课程目标设置、实验项目选择、实验环节实施、实验教学手段改革和实验室管理等方面探索如何渗透绿色化学理念。

[关键词] 工程教育认证; 制药工程专业; 实验教学; 绿色化学理念

Exploration of Permeating the Idea of Green Chemistry through Experimental Teaching of Pharmaceutical Engineering Specialty under the Background of Engineering Education Certification

Liu Chaoyang, Xu Zhongyu, Ma Xiaosi, Sun Zhongying, Ma Hongmei, Ma Lei

Abstract: This paper focused on the graduation requirement 7 of environment and sustainable development based on the background of engineering education re-certification of pharmaceutical engineering major in East China University of Science and Technology, discussed the necessity and importance of permeating green chemistry idea into the experiment teaching of pharmaceutical engineering specialty to meet the graduation requirement 7 effectively, and explored to permeating green chemistry concept from the aspects of experiment course objective setting, experiment project selection, experiment implementation, experiment teaching means reform and laboratory management.

Key words: Engineering education certification; Pharmaceutical engineer; Experimental teaching; Green chemistry concept

华东理工大学制药工程专业秉持以学生为中心(Student Centered, SC)、以成果为导向(Out-

[作者简介] 刘朝阳(1988-),男,实验员,硕士。

^{*} 基金项目:2018年中央高校改善基本办学条件专项资金资助项目(XGC18S06)。

come Based Education, OBE)、以质量持续改进为目标(Continuous Quality Improvement, CQI)的工程教育认证三大理念^[1],结合自身发展定位、专业特色、人才培养目标和具体教学实践,制定了12项毕业要求,并于2012年成为全国第一个通过工程教育认证的制药工程专业(有效期六年)。

2018年,华东理工大学进行了制药工程专业工程教育再认证,本着“以评促建”的原则,对各项毕业要求进行了达成度分析。其中,毕业要求7(环境和可持续发展:了解与本专业相关的职业和行业的生产、设计、研究与开发、环境保护和可持续发展等方面的方针、政策和法律法规,能理解和评价针对制药复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响)就体现了有效培养学生的绿色化学理念。

制药工程专业的特点是重实践,而制药工程专业实验对于锻炼学生的实践能力、培养其创新思维、使其理解并应用理论知识分析和解决复杂的工程问题等起着非常重要的作用^[2]。因此,专业实验教学中渗透绿色化学理念的探索,对毕业要求7的目标达成是十分必要的。

一、绿色化学理念与制药工程专业培养目标天然契合

绿色化学强调研究采用具备原子经济性的化学过程和化学反应,遵循减量(Reduction)、重复使用(Reuse)、回收(Recycling)、拒用(Rejection)、再生(Regeneration)的“5R”原则,追求从源头上消除化学污染。只有加强绿色化学教育,有效培养学生的绿色化学理念,才能培养出高素养的化学人才,学生们走入工作岗位后才能最大限度地保护社会环境和考虑社会的可持续发展,从而推动化学化工行业健康发展。

华东理工大学制药工程专业致力于培养德、智、体、美全面发展,适应国家制药工业及其相关领域经济建设需要和人才市场需求,掌握制药工程专业知识、基本原理、基本技能、研究方法和管理知识,具有高度的社会责任感、良好的道德修养和健康的心理素质,具有创新精神、经济观念、法制观念、环保意识、团队精神,具备一定的国际视

野和跨文化交流能力,能从事制药及相关专业领域科研、开发、设计、生产和管理等方面工作的高素质工程技术人才。

随着社会的发展,人们的健康环保意识日益增强,而人们的生活又离不开化学化工行业,二者的矛盾推动着绿色化学的建立和不断发展。制药工程专业培养未来从事制造治疗人类疾患的药品、为人类健康事业服务的各类人才。绿色化学与制药工程专业的目标都是推动人类大健康事业的发展,二者具有天然的契合点。

二、绿色化学教育亟待解决的问题

(一)正确认识绿色化学教育的时代趋势

绿色化学是人类社会可持续发展的客观要求。从科学角度看,它是化学过程、化学工程内容的更新和提升,代表着化学化工行业的研究发展方向;从环境角度看,它追求从源头上消除污染,保护社会生态环境;从经济角度看,它可以充分利用资源和能源,降低成本^[3]。高校教师必须认识到绿色化学教育是大势所趋,深入认识绿色化学教育对培养高素养化学人才的重要性和必要性;要采取切实、有效的教学手段来培养学生的绿色化学理念,引导学生树立科学、正确的绿色化学观,并将这种观念融入生活、学习、工作,从而推动化学化工行业可持续发展。

(二)及时完善绿色化学教育的体系规划

只有体系化的绿色化学教育才能有效培养学生的绿色化学理念。当下许多高校没有建设完善、专业、系统的绿色化学教育体系,教师往往只将绿色化学知识作为化学相关课程的配套教学内容进行理论教学,这就无法有效达成绿色化学教育的目标要求。而同时期的绝大部分美国高校建立了专业化、实践化、立体化的绿色化学教育体系,并且配备了专业教师,给予学生系统、全面的绿色化学教育^[4]。我国高校必须给予绿色化学教育足够的重视,及时完善绿色化学教育的体系规划。

(三)改革和创新绿色化学教育教学手段

综观目前的绿色化学教育,许多教师只注重理论教学,往往采用“照本宣科”的方法,对学生进

行灌输教学,通过一次课程就将绿色化学知识、思维与技巧全盘托出,缺乏专业化、持续化、立体化、实践化的教育过程。学生只学到极少量浅显的、片面的绿色化学知识,绿色化学教育的效果不佳,课程无法有效达成绿色化学教育的目标。对此,在不影响实验教学正常开展的前提下,高校教师可在实验教学中渗透绿色化学理念,组织学生交流、讨论实验中的绿色化学知识,引导学生积极参与绿色化学教育的实践环节,还可尝试引入虚拟仿真等现代化教学手段,快速、便捷地构建出丰富的虚拟场景。教学中采用理论与实践、现实与虚拟、个人学习与集体讨论等多种手段可以提高绿色化学教育的效果,实现绿色化学理念的内化。

三、在制药工程专业实验教学中渗透绿色化学理念

实践出真知。在制药工程专业实验教学中,教师不仅要教给学生实验知识和技能,也要大力将绿色化学理念渗透到实验教学的每一个环节。本文从学生角度出发,结合实验教学的方方面面,探索在专业实验教学中渗透绿色化学理念,以期使实验课程教学和绿色化学理念培育融合开展、相辅相成。

(一)将绿色化学理念的培育融入实验课程目标

教师在制定实验课程大纲时,不仅要将提高学生对药物及中间体的合成制备、质量控制、工艺开发、工程生产、问题的分析和解决等能力作为课程目标,而且要将绿色化学观念的培育融入课程目标。授课老师要充分认识到,实验教学不仅仅教授学生实验知识和技能,更是培育学生绿色化学理念的一种有效途径。教师应自始至终将培育学生的绿色化学理念作为教学基本要求和教学重点,系统学习绿色化学理论、方法、应用及最新研究动态,积极探索将绿色化学理论与实验教学紧密结合的有效方式,自觉将学生是否建立绿色化学理念作为衡量教学效果的重要标准之一^[5]。

(二)科学改良实验内容,突出绿色化学思想

在选择实验项目时,教师不仅要考虑其是否具备典型性、重现性,还要基于绿色化学理念优化

实验内容。

1.优化工艺路线,坚持低能耗、低毒性、低危险性的原则。在选择实验项目时,我们尽量选用绿色、可回收的溶剂和稳定、可控的催化剂,并选用常见、低毒的实验药品。如在“过滤洗涤干燥三合一小型工业化实验设备”实验项目中,经过综合分析,我们最终将常见、低毒的对乙酰氨基酚作为原料,将水作为溶剂;在“药物结晶”实验项目中,我们考察了一系列原料药(API),由于氟康唑在水中的溶解度随温度变化敏感,最终将其作为实验原料,将水作为溶剂;在“冻干粉针剂的制备”实验项目中,我们选用常见的维生素C作为原料,以水作为溶剂。在条件成熟的情况下,教学中还可以考虑引入超临界流体、离子液体、连续流反应、微波和无溶剂等新型绿色化反应,这样既可以让学生接触一些前沿的实验设备和实验方法,也能让学生切身感知绿色化学理念的具体应用和发展动态,体会到绿色化学的友好性、先进性。

2.调整实验顺序,设计合理的关联实验。在不影响实验效果和实验目的的前提下,科学调整实验项目的顺序,并对实验产物进行回收再利用,既节约又环保,一举两得。如我们安排学生先开展制药工艺实验项目“用正交设计法研究左氧氟沙星的缩合工艺条件”,合成出大量的产物左氧氟沙星,再将其作为制药工程、药物合成、药物化学、药物制剂或药物分析等其他实验项目的实验原料。

3.探索实验微量、半微量化,尽可能减少药品用量。在不影响实验效果和实验目的的前提下,我们通过开展预实验探究,让学生以尽可能少的实验试剂完成实验项目。这样能减少“三废”排放量,降低实验成本,缩短实验时间,提高实验安全性,改善实验环境,实现实验项目绿色化。同时,学生在进行实验操作时必须更加认真、细致,这就进一步提高了其观察、分析能力。如在实验项目“冻干粉针剂的制备”中,我们预先设计采用5mL西林瓶开展实验,探究后发现采用2mL西林瓶也可很好地达到实验目的和要求;在实验项目“氯霉素的制备”中,我们预先设计缩合物的投料量是

5g,可是进行实验操作时发现反应液非常黏稠,导致后处理过程中的抽滤操作非常困难。经一番实验探究后,我们将缩合物投料量改为2g,很好地解决了该问题。在实验项目“用正交设计法研究左氧氟沙星的缩合工艺条件”中,原方案中反应底物左氧氟羧酸的投料量是15g,由于实验批次较多,所需总量大,因此我们通过探究发现将投料量降为10g也是可行的。

(三)实验教学各环节充分贯彻绿色化学观念

1.实验预习阶段

对每一个实验项目,我们都要求学生必须提前撰写预实验报告,才能进入实验室开展实验项目。在预实验报告撰写过程中,我们不仅要求学生写出实验目的、实验原理、操作流程及相关注意事项,还要求学生了解实验所用试剂的理化性质、毒性、安全使用方法和意外事故应对措施等知识,并引导学生思考如何在实验过程中做好个人防护、降低环境污染等问题。

2.实验操作阶段

在实验过程中,授课老师应要求学生规范操作,对过量取用试剂、随意丢弃或掺杂药品等一些不符合绿色化学要求的行为及时指正。教师可以鼓励学生积极进行一些符合绿色化学理念的创新探索,组织学生交流讨论,集思广益,引导学生对实验方案、实验仪器等提出合理的绿色化改良方案。

3.实验报告阶段

实验报告不仅要对实验内容进行总结,也要反映绿色化学理念的实践探索。我们要求学生在撰写实验报告时,结合实验现象、产率、条件、试剂(包括溶剂、试剂、催化剂)毒性及可替代性、投料量、产品及溶剂回收再利用、“三废”处理方法及环境影响等方面,从绿色化学角度进行综合评判。这不仅有利于学生全面、立体地理解绿色化学理念,而且有助于促进绿色化学教育体系的不断完善与发展。

4.实验考核阶段

学生对绿色化学知识的掌握和运用情况应该以量化的形式体现在实验成绩上,避免“口惠而实

不至”,如对履行绿色化学原则和树立绿色化学意识的评价结果可占总成绩的5%~10%。我们尝试在学生实验报告本的扉页印上绿色化学的理论、方法、发展等知识,在每一页最下方标注一条绿色化学小贴士,在最后几页附上一些实验案例,引导学生运用所学绿色化学知识对案例进行合理分析,并给予一定加分。这样不仅营造了绿色化学教育的氛围,也提高了学生对绿色化学的重视程度和积极性,还可以检验绿色化学教育的效果。

(四)引入现代化实验教学手段

随着现代信息技术的发展,实验教学中可以积极尝试运用网络信息平台、虚拟仿真等现代化的教学手段,直接呈现一些由于操作危险、过程复杂、试剂昂贵等问题难以实施的实验过程。这样既可以加深学生对实验内容的认知,还可以快速、便捷地构建出丰富的虚拟场景,拓宽学生的实验研究范围,促使学生在有限的课时内开展更多的开放式、综合性实验,并从绿色化学的角度进行综合分析。如我校药学实验教学中心引入了“药物生产GMP仿真系统”和“实验室安全教育仿真系统”,综合运用视频、声音、动画等形式进行场景模拟,让学生以“打通关游戏”的形式参与其中。我们还制作了实验教学课件并上传至综合管理信息平台,供学生实验前预习和实验后进行比较、总结。实践表明,综合运用现代化实验教学手段有力地提高了学生参与实验的积极性,有效地提升了绿色化学教育的效果。

(五)实验室管理注重绿色化

实验室应该建立严格的药品审批、登记、签名使用等规章制度,根据性质将试剂分类存放,并为其提供安全存储条件,危险化学品需专人、专库管理。教学中要引导学生对“三废”进行绿色化处理,督促学生将不同类型的废渣、废液倒入专属的回收容器,鼓励学生参与设计一些废液的无害处理或回收实验,实现废液循环利用或者无害排放。

四、结语

有效培育学生的绿色化学理念不仅需要设置一定的绿色化学相关理论课程,而且需要基于实践进行专业化、持续化、系统化的(下转第76页)

以潜移默化地引导学生珍爱生命、拥抱生活,对于帮助学生树立远大理想、引导学生用专业知识和坚持不懈的努力实现人生价值具有积极的作用。用人生哲理诠释化学知识,将思政教育融入课堂教学,对于全面提升学生的综合素质、满足大数据和“互联网+”时代对综合型人才的需求具有现实意义。

(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

[1] 刘金库,张文清,卢怡.班导师真心加策略工作模

式探索[J].化工高等教育,2014,31(6):118-121.

[2] 刘金库,卢怡.化学类应用型专业课“案例贯穿授课过程”教学模式探索[J].大学化学,2015,30(5):16-19.

[3] 刘金库,薛亚楠,张敏,等.强化归属感引导学生回归课堂的效果研究[J].大学化学,2018,33(4):36-40.

[4] 刘金库,卢怡.本科自催化教学模式探索[J].化工高等教育,2012,29(5):74-77.

[5] 刘金库,张婧玉,卢怡,等.以应用型化学专业为载体,强化学生的责任意识[J].化工高等教育,2017,35(1):22-25.

(上接第9页)绿色化学教育。制药工程专业实验教学中渗透绿色化学理念,实现了绿色化学教育从理论到实践、从认知过程到内化阶段的转化,可以有效地达成绿色化学教育的目标,满足我校制药工程专业的毕业要求7。

(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

[1] 王远洋.基于工程教育专业认证的工业催化课堂教学改革研究[J].化工高等教育,2018(4):36-42.

[2] 马红梅,徐仲玉,孙仲颖,等.制药工程专业本科生实

验课程建设的探索与实践[J].化工高等教育,2018(4):67-71.

[3] 杜春华,白玉兰,张懿.在教学中强化绿色过程工程教育的思考和尝试[J].化工高等教育,2011(6):64-73.

[4] 郑红艳,王丹,文丰玉.2017年美国国家化学周活动展示及启示[J].化学教育,2018(17):78-81.

[5] 赵大伟,王佩华,孙红梅.制药工程专业有机化学实验教学中绿色化学意识的培养[J].新西部,2009(18):229-230.

(上接第20页)课程所体现出的特点值得进一步探索和研究。在未来的课程建设中,我们首先需要挑选符合留学生教育背景、知识体系和学时要求的优秀英文教材,并配套英文解题手册;其次要严把招生关,严格考试要求,培养出与“双一流”大学相符的国际留学生;最后通过聘请海外名校的名师来校交流及派遣更多的教师去海外进修等方式,提升教师的英文授课能力,努力培养出一批具有国际化特色的教师师资力量。

(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

[1] 王朝晖,张春胜.“一带一路”倡议下中国企业“走出

去”人才本土化研究——以来华留学生为例[J].上海对外经贸大学学报,2018,28(5):63-73.

[2] 中华人民共和国教育部高等教育司.普通高等学校本科专业目录和专业介绍[M].北京:高等教育出版社,1998.

[3] 孙占伟.高职院校校企文化融合建设初探[J].中国市场,2015(47):138-139.

[4] 朱顺钗,叶信治.研究生教学问题与对策:基于教学本质的分析[J].扬州大学学报(高教研究版)2018,22(2):93-97.

[5] 王艳,随力,蔡文杰,等.工科留学生人体解剖学课程的全英语教学研究[J].中国医药导报,2013,10(27):130-133.