

•教学研究与管理•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202303072

www.dxhx.pku.edu.cn

基于产学研协同育人模式的应用化学专业实践教学改革 ——以福建师范大学应用化学专业为例

龚华珍¹, 黄倩¹, 林清强², 卢玉栋¹, 游瑞云^{1,*}¹ 福建师范大学化学与材料学院, 福州 350117² 福建师范大学生命科学学院, 福州 350117

摘要: 实践教学是应用型学科必不可少的教学环节, 产学研协同育人有效整合教育、科研等资源协同培养人才。福建师范大学应用化学专业以产学研项目为支撑, 开展了建设校内实践教学平台、建立产学研实践教学基地等改革措施。在改革后的实践教学支持下, 学生的综合运用能力、实践能力、创新意识有了明显的提高; 培养的学生与企业需求直接对接, 实现校企双赢。

关键词: 应用化学; 产学研协同育人; 实践教学改革

中图分类号: G64; O6

Practical Teaching Reform of Applied Chemistry Major Based on the Collaborative Education Model of Industry-University-Research: Taking the Applied Chemistry Major of Fujian Normal University as an Example

Huazhen Gong¹, Qian Huang¹, Qingqiang Lin², Yudong Lu¹, Ruiyun You^{1,*}¹ College of Chemistry and Materials, Fujian Normal University, Fuzhou 350117, China.² College of Life Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350117, China.

Abstract: Practical teaching is an essential teaching link for applied disciplines, and collaborative education of industry-university-research effectively integrates resources such as education and scientific research to collaborate and cultivate talents. The applied chemistry major of Fujian Normal University is supported by industry-university-research projects, with reform measures such as built campus practical teaching platforms and established practical teaching bases. With the support of practical teaching after the reform, students' comprehensive application, practical ability, innovative thinking have been significantly improved. Students directly connected with the needs of enterprises should be cultivated to achieve a win-win situation for both schools and enterprises.

Key Words: Applied Chemistry; Collaborative education of industry-university-research; Practical teaching reform

习近平总书记在党的二十大报告中指出^[1]: 实施科教兴国战略, 强化现代化建设人才支撑, 加强企业主导的产学研深度融合, 强化目标导向, 提高科技成果转化和产业化水平。产教融合协同发展, 为人才培养提供全方位、多层次的实践教学平台, 全面提高人才的综合能力、实践能力、创新

收稿: 2023-03-23; 录用: 2023-04-19; 网络发表: 2023-05-16

*通讯作者, Email: youruiyun@fjnu.edu.cn

基金资助: 福建省教育厅教学改革项目(FBJG20200357); 福师美星创天地(闽科星[2019] No.2)

创造能力,考虑企业的需求培养人才^[2,3]。在传统实践教学中,教材是多年前出版的,一些教师按照教材教学案例进行教学,教学案例陈旧;实验教材中验证性实验偏多,综合设计性实验较少,不利于学生创新能力的发展;在见习实习环节,一些学校学生只是参观工厂,学生难以将所学知识与实际结合。产学研协同育人通过多方资源,如学校的教育和科研资源、企业的创新技术资源、研究机构资源等协同培养人才。产学研协同育人是完善大学创新体系、加强创新创业教育、提高学生的创新实践能力的一个重要途经,其对促进高校、研究机构、企业科技成果的转化,加速成果产业化具有重要作用。

应用化学专业是要培养能够以专业基础知识、基本技能为根基,并娴熟运用专业技能、把握研究方法的应用人才^[4]。该专业学生不仅是简单的“学习”化学,更重要的是“应用”化学。所以学生既需要学好化学知识,更要与实践相结合。针对现阶段高等院校本科毕业生实践能力弱、就业形势严峻等问题,以“厚基础、重能力、因材施教、校企产学研联合”为总体思路,福建师范大学应用化学专业的实践教学改革以产学研项目为主导,从实验实践改革、产学研实践基地建设等方面完善了应用化学专业的实践教学,产学研协同培养学生的创新能力,同时也为企业输送优秀人才。

1 实践教学背景与目标

随着经济的发展,国家对应用型人才的需求日益迫切,为了解决人才问题,越来越多的本科院校在做好基础理论教学的同时,通过实践学习使学生更多与企业相接触,看到目前专业领域内的人才需求和行业发展。为了实现应用化学专业的培养目标,需要进一步加强实践教学的工作。实践教学是培养学生创新思维和应用能力的有效途径^[5]。应用化学专业的实践教学应落到实处,深入行业,了解相关领域的技术难题。通过实践教学,学生将课本知识转化为切实的生产力。在产教融合的背景下,更鼓励将产学研项目与实践教学相结合,培养综合能力高、实践能力强、创新能力强的高素质人才。

福建师范大学(下称学校)应用化学专业于2003年开始招生,历经20年的发展,该专业传统的培养目标较为简单。在改革后的实践教学支持下,培养目标更加全面、具体,全方位提升学生的能力。涉及化学基础、应用化学与社会、科研或开发解决方案、知识整合能力、应用与创新思维能力、项目组织管理能力,对素质的要求也更高。具体的培养目标对比如表1所示(选取学校2014级与2020级应用化学专业培养目标^[6,7]说明传统、近年培养目标对比)。学校应用化学专业基于培养目标的逐渐提高,该专业培养人才的模式也相应发生变化。

表1 福建师范大学应用化学专业培养目标的对比

培养方向	传统的培养目标	近年的培养目标
知识方面	能够较系统扎实地掌握化学基础知识、基本理论	掌握宽厚的化学基础知识、扎实的应用化学专业及相关工程技术的知识和实验技能
能力方面	掌握化学基本技能;富有创新意识和实践能力,具有在应用化学及相关领域从事研究、开发及其他工作的能力	具有化学基础研究和应用基础研究方面的科学思维和科学实验训练;具有团队合作、沟通和组织管理能力;具有综合运用化学化工及相关学科的基本理论和技术方法发现和解决应用化学及相关领域科学问题的能力;具有进行产品研发、生产及技术管理、经营管理、销售和分析测试和质量检测能力;具有在科研机构、高等学校及企事业单位等从事科学研究、教学工作及管理工作的能力
素养方面	具有良好的科学、文化素养	具有高度社会责任感、行业伦理和道德修养,具有终身学习、创新创业意识、国际视野

2 实践教学过程与对比

2.1 传统的实践教学过程分析

应用化学专业传统实践教学模式如图1所示,应用化学专业传统的实践教学课程包括基础实验课程教学、见习和实习实践、毕业设计(论文)三个环节^[8]。

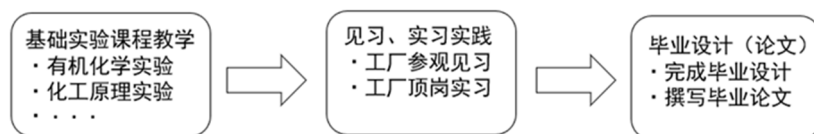


图1 应用化学专业传统实践教学模式

2.1.1 基础实验课程教学

基础实验课程主要包括:对应基础化学理论课程如无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等开设的实验,化工仪表与自动化控制实验,精细化学品综合实验,应用电化学与分析综合实验等专业实验。基础化学实验中验证性实验占比85%,综合性实验占比15%,学生缺少机会创新。专业实验虽然含有综合性实验,但部分教师每年教学都是按照书本的案例进行教学,由于教科书是多年前出版的,书中的案例对于现在来说较陈旧,不利于培养学生的创新思维。

2.1.2 见习、实习实践

见习、实习实践环节,一般安排带队教师带领学生到工厂见习、实习;先由工厂的相关人员对学生进行工厂安全教育、介绍工厂的相关情况和本次实习相关内容;其次由工厂车间的负责人带领教师、学生进入生产车间参观学习,使学生对生产工艺、生产设备等简单了解;最后由学生撰写实习体会或实习报告结束该环节。有些工厂在学生毕业实习阶段可能还安排有顶岗实习。企业基于保密的原因,学生在见习、实习环节仅仅停留在参观、了解层面,难以对生产过程和实践有深入的体会,即使部分学生有顶岗实习,也因学生实习的时间较短,企业不重视对学生的培养。同时部分带队教师对企业的生产认识不够深入,不能有效指导学生。

2.1.3 毕业设计(论文)

在培养方案中学生在完成毕业设计(论文)阶段,可以对综合运用专业知识技能方面得到有效提高,实际上学生毕业设计(论文)的内容与学校分配指导教师的科研方向相关。由于个别教师与企业合作的较少,所以指导学生的毕业设计(论文)与应用化学专业的实际生产可能不相关。

2.2 产学研实践教学过程分析

2.2.1 建设校内实验教学平台

化学作为一门以实验为基础的学科,应用化学专业也离不开实验。在传统的教学中,学生认为期末考试只考理论知识,因此学生不重视实验课。在产学研的实践教学中,实验课程与其他课程是同等重要的位置。将产学研项目与实践教学融合,加强学生对实验的应用能力,培养适应行业发展的人才^[9]。

首先,依托学校的实验教学平台,对学生进行基础实验课程的教学,如:国家级化工综合实验教学示范中心、福建省化学实验教学示范中心、福建省化学拔尖人才培养模式创新实验区、福建省功能材料研究与新技术开发公共实验平台、福建省高分子材料重点实验室等实验教学平台,具体的校内实验教学平台如图2所示。

在每一节基础实验课上,学生要完成当堂课的实验,包括理解实验的原理方法、掌握实验操作等;学生思考讨论对本节实验装置可以进行哪些创新改进,若学生提出较好的建议,教师指导学生将创新点写成论文、专利等,培养学生的创新能力;教师向学生介绍本节实验在产学研合作企业中的应用,有利于学生了解产学研项目,也可以避免出现“学生觉得学校学的实验只在实验室

里有用”这个现象。增加综合性实验、设计性实验、创新型实验,改革前后各类型实验占比情况如表2所示。综合性实验、设计性实验、创新型实验中主要融入产学研项目的案例进行教学,例如在聚丙烯酰胺实验中,将它的合成、改性、应用整合为一个综合性实验,与实际产学研项目相关的部分结合,培养学生的循环思维。实验教学案例是产学研中各个合作企业的案例,有效将产学研项目融入教学实验中,可以避免教学案例的陈旧,而且可以实际的生产案例带动学生的学习。在课外,将学生改进的实验装置作为大学生创新创业比赛的参赛作品,学生参与大学生创新创业比赛,有利于提升学生的应用与创新能力。

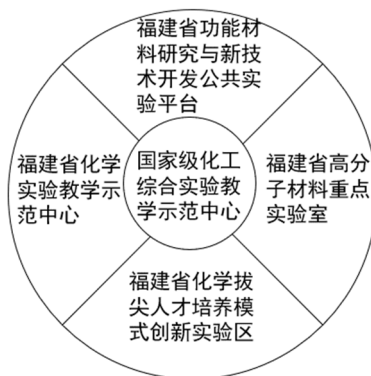


图2 福建师范大学应用化学专业校内实验教学平台

表2 改革前后各类型实验占比情况

时间	实验类型	占比情况
改革前	验证性实验	85%
	综合性实验	15%
改革后	验证性实验	43%
	综合性实验	21%
	设计性实验	21%
	创新型实验	15%

其次,对于学生的校内实验实践,增加了虚拟仿真实验和虚拟仿真实训课。虚拟仿真实验属于线上实验,有线下实验不具备的优势,例如污染大、易发生事故、实验过程易出错等实验可以利用虚拟仿真实验进行教学。虚拟仿真实验有助于提高实验教学的效果,学生通过虚拟仿真实验进行预习,可以减少实验过程中废液的产生,提高实验预习质量^[10]。学校为学生提供近200个虚拟仿真实验项目资源,涵盖多门实验课程以及实训课程。在虚拟仿真实训课中,将根据产学研项目模拟相关企业的生产工艺用于课堂教学,线上虚拟仿真实训可节约教学成本、避免一定的危险性。学生通过在虚拟仿真实训中完成不同的操作工序,熟悉整个项目的生产工艺包括设备、仪表等,为后面企业实习打基础,并提升学生的实际应用能力。学校的虚拟仿真实验室由专门负责实验室管理的教师进行管理,学生在课后想练习虚拟仿真实验,则可通过学校平台申请,管理教师审核后进行练习。虚拟仿真实验、实训项目也可以将软件安装到学生的个人电脑上,通过学校的账号密码登录,这样学生就可以随时随地进行练习,为教学提供了极大方便,即使在疫情期间“停课不停教、停课不停学”的情况下,实验教学、生产实习都能正常进行。

再次,在大三的上下学期和大四上学期,分别对精细化学品、应用电化学、应用催化三个方向安排专业课程设计与课程见习。在课堂上将对应企业中运作的项目进行课程设计与教学,教师收集

企业在运行中遇到的难点,用于课堂教学中,让学生思考并应用专业知识进行设计解决方法,以企业难点攻克促进学生学习,将“产”与“学”结合,能够起到项目式驱动学习的效果。

此外,学校不定期安排专业实践活动,如举办“化学探索不止,砥砺前行长存”“创‘皂’青春梦想,义卖从心启航”等实践活动。在实践活动中,学生们设计了利用高锰酸钾和不同物质反应形成不同颜色的物质从而制作高锰酸钾红绿灯、利用碘蒸气的性质制作指纹显现等科普实验,利用实验课上制作的手工皂在学校举办义卖活动等。专业实践活动将理论应用于实践,让化学贴近日常生活,激发学生学会在生活中应用化学知识、化学实验的兴趣。

2.2.2 建立产学研教学实践基地

建立产学研教学实践基地是构建实践教学的重要部分,学校依托教师的产学研项目、研发基地、科技特派员政策,建立了校企沟通的桥梁;利用学校、企业双方的优势资源互补,协调培养人才,学校科研师生团队为企业解决难题,企业将所遇难题与解决供教学使用实现校企双赢^[11,12]。学校现已与福建洋屿环保科技股份有限公司、福建胜华农业科技发展有限公司、福州秋垄心田农业科技有限公司、福州贝树环保产品有限公司、福州仁量生物制品有限公司、福建三状元生物科技有限公司、福州汉佰康生物科技有限公司等企业共建“教学实践基地”。

例如,学校在福建胜华农业科技发展有限公司建立产学研实践教学基地,该公司将茶油压榨生产线、茶皂素提取生产线等作为产学研实践教学项目。首先,在校内专业课程设计时,教师以福建胜华农业科技发展有限公司关于茶油压榨生产线、茶皂素提取生产线等为课题,让学生分组合作完成课程设计,涉及茶油压榨的工序、难点(如生产路线的设计要考虑成本最优、利润最大、副产品的处理、工业除杂、三废处理、选址等),发挥学生自己的想法进行设计。其次,课程设计完成后进入公司的产学研实践教学基地进行实地教学实习,将真实工厂与学校教学一一结合融入,学生体会理论知识的实际运用,真正发挥产学研实践教学基地的作用。学生实习报告中绘制的山茶油生产流程图如图3所示。

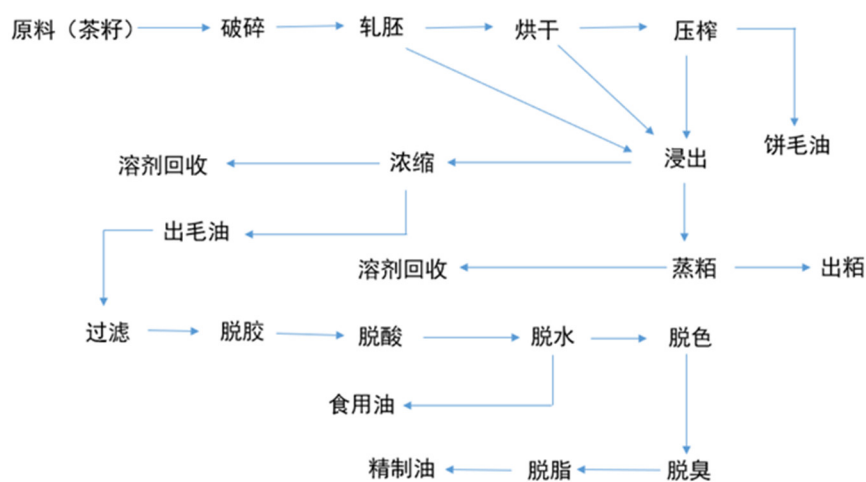


图3 学生实习报告中绘制的山茶油生产流程图

在实习过程中,学生可以结合课堂分析的企业项目相关难点及解决方案,深入理解体会,灵活运用专业知识。实习过程以学生为中心,调动学生的主动性,充分发挥产学研协同育人的作用,培养学生的综合实践创新能力,结合企业的需求培养学生,增强学生的市场竞争力。有些学生在从产学研实践教学基地返校后,将萌生的创新想法与教师沟通,并在教师的引领下设计成专利并发表。学校在福建胜华农业科技发展有限公司的产学研实践案例“基于油茶循环产业链构建的应用化学专业人才培养”,已被中国高等教育学会认定为“校企合作双百计划”的典型案列。

2.2.3 实践教学师资队伍的建设

实践教学的成功离不开实践教学师资队伍的建设^[13],教师水平的高低直接影响学生的实践效果和创新能力的培养。学校应用化学专业实践教学师资建设从学校、企业两个角度建设实践教学的教师队伍。在学校方面,遴选负责、参与产学研项目的教师担任该专业实践教学的教师,以及专业课程设计、综合设计实验的教师。基础化学实验课程的教师、虚拟仿真实验实训课程的教师需要每年到企业进行相关实验教学培训。在协作企业方面,企业安排专家、项目负责人到学校做外聘教师。学生在实践基地实习时,企业根据学生的分组情况,为每组学生安排行业导师。学生自行选择学校教师、行业导师作为毕业设计的指导教师。此外,学校在引进该专业教师时,会更加注重应聘教师的企业经验。

2.2.4 实践教学管理及过程评价

加强实践教学管理,对实验课程、产学研实践等不同的教学环节设置相应的教学管理,在学校由教师进行管理,在企业中由企业专门的负责人(行业导师)进行管理。

在此基础上,学生的实践成绩评价由以往单一的教师评价转化为多元素评价,更注重过程性评价,注重学生在过程中对知识的学习和运用。评价主体也由任课教师评价,增加了学生自评、学生他评等,应用化学专业实践教学的学生过程性评价如表3所示。学生的实践成绩包括基础实验课成绩、专业课程设计成绩、虚拟仿真实训成绩、产学研实践教学实训成绩等,并将学生参与产学研项目的成果如各大比赛、申请专利等纳入奖学金评选范围。

表3 福建师范大学应用化学专业实践教学的学生过程性评价

评价分类	评价的实践项目	评价主体	评价占比
校内实验实践评价	实验课表现、实训表现、 课程设计、活动表现	教师评价	35%
		学生自评	35%
		学生他评	30%
校外实习实践评价	实习实践表现、比赛表现、 活动表现	教师评价	20%
		学生自评	25%
		学生他评	25%
		企业导师评价	30%

2.2.5 组织参加赛事与政策支持

在校期间,学校安排了应用化学学科前沿讲座、就业讲座,以及创新创业课程等。在课下鼓励学生开展创新实验研究,通过中国·海峡创新项目成果交易会、“挑战杯”中国大学生创业计划竞赛、中国“互联网+”大学生创新创业大赛等赛事,向社会展示该专业师生的研究成果,吸引有技术需求的企业来校对接,实现校企的良好互通,扩大合作企业的覆盖面。结合产学研项目,通过大学生创新创业训练计划平台等,开发学生的创新思维能力。学生的基本素质得到提升,体会到书本知识不再停留在课堂上,能积极主动地将书本知识运用到实际中,从内心深处体会到运用知识的快乐,有效明确自己的学习目的,积极主动地学习知识。在综合素质方面,学生的动手实践、综合应用、创新、分析和解决问题等能力有了显著提升,项目研究与成果转化等方面也得到提升。

政府层面制订相关法规作保障,对从事产学研研究工作的教师在工资福利待遇、职称评审、项目申报、岗位竞聘、奖励等方面进行保障,从而有效地调动参与教师的积极性,推动产学研合作向深度融合方向发展,提升高校教学实践的效果。

3 专业实践教学的建设成果

应用化学专业产学研协同育人的实践教学模式有利于培养学生的主动性、创新性及适应性,也

有利于解决企业的某些问题。新的实践教学模式对比传统的实践教学有更好的完善和发展，深入贯彻产学研结合下“资源互补”的理念。学校已经建立了应用化学专业产学研协同育人的实践教学模式如图4所示。

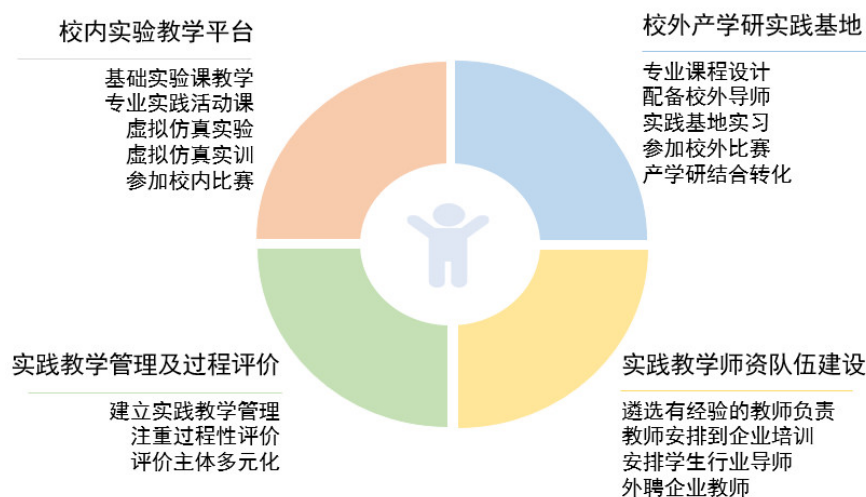


图4 应用化学专业产学研协同育人的实践教学模式

近年来，学校应用化学专业通过产学研协同育人模式培养学生，在师生的共同努力下，取得了较好成绩。学生共获大学生创新创业训练计划立项资助152项，其中国家级32项，参与教师科研项目56项。在“挑战杯”中国大学生创业计划竞赛等活动中，取得了国家级银奖2项、铜奖1项、省级金奖16项、银奖22项的优异成绩，申请国家专利57件，创建公司12家。学校应用化学专业学生参与项目如表4所示。

表4 福建师范大学应用化学专业学生参与项目

项目	数量
“挑战杯”大学生创业计划竞赛	国家级银奖2项、铜奖1项 省级金奖16项、银奖22项
大学生创新创业训练计划	152项(其中国家级32项)
教师科研项目	56项
申请国家专利	57件
创建公司	12家

本专业依据社会需要，面向科研、面向企业、面向基层，不断拓宽专业口径，积极参与海峡西岸经济区建设，充分发挥人才优势及地方资源优势，在应用化学发展方向上突出了精细化工、应用电化学和应用催化三个特色方向的培养。很多毕业生考取了应用化学相关方向的硕士研究生，包括厦门大学、南开大学、北京理工大学、华南理工大学、武汉大学、美国韦恩州立大学、英国格拉斯哥大学以及中国科学院物质结构研究所等。在产学研协同育人模式下培养的毕业生，大部分参加工作时都选择了与专业相关的岗位，如实验员、地质测试研究、质量检测、环境和食品药品检测等技术与管理工。部分学生考取公务员，进入政府部门工作；也有学生从事教育行业等。以2014级和2016级应用化学专业的学生为调查对象收集的有效调查问卷如图5所示，展示了学生毕业去向所占比例，这部分学生毕业4年、2年，目前工作相对稳定。

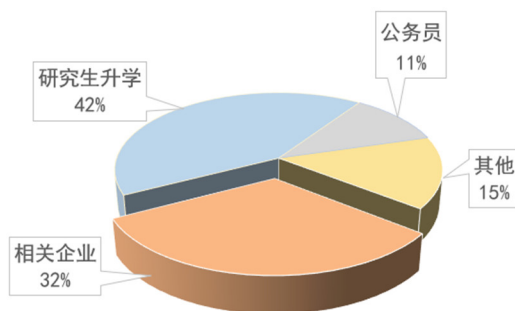


图5 2014级和2016级应用化学专业学生毕业去向调查

4 结语

产学研协同育人,有利于加深校企合作,促进产学研深度融合。福建师范大学应用化学专业的产学研协同育人实践教学改革,对提高学生的创新能力、科研思维、实践能力以及本专业相关的升学就业具有明显的促进作用,为其他高校应用化学专业人才培养提供一定的参考经验。

参 考 文 献

- [1] 习近平在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告. [2023-02-03]. http://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm
- [2] 郭明,朱寅帆,郭建忠,吴荣晖,史林芳,杨雪娟. 化学教育(中英文), **2020**, *41* (22), 73.
- [3] 王修中,徐鲁斌,龚良玉. 大学化学, **2020**, *35* (10), 92.
- [4] 王丛丛,蒋秀燕. 化学教育(中英文), **2020**, *41* (12), 13.
- [5] 田金磊,牛志强,陈军. 化学教育(中英文), **2021**, *42* (18), 61.
- [6] 福建师范大学2014级应用化学专业人才培养方案. [2023-04-08]. <http://chem.fjnu.edu.cn/e3/3c/c10059a189244/page.htm>
- [7] 福建师范大学2020级应用化学专业人才培养方案. [2023-04-08]. <http://chem.fjnu.edu.cn/b5/83/c10059a308611/page.htm>
- [8] 司红岩,向天成. 山东化工, **2019**, *48* (11), 110.
- [9] 陈立妙,李亚娟,周发,厉江华,李嘉伟,刘又年,黄健涵. 大学化学, **2023**, *38* (3), 119.
- [10] 范寒寒,张戎,朱久娟. 化学教育(中英文), **2022**, *43* (20), 117.
- [11] 马品一,魏士刚,王兴华,孙颖,宋大千. 化学教育(中英文), **2018**, *39* (4), 25.
- [12] 霍冀川,雷永林,叶旭,雷洪,李鸿波,钟国清,张亚萍,张廷红,彭汝芳,林晓艳. 大学化学, **2021**, *36* (11), 2108036.
- [13] 郭明,胡芳玉,吴荣晖,周建钟,文先红,李铭慧,李莎. 大学化学, **2019**, *34* (5), 1.