

融合“四化”理念，培养“五会”应用型人才

——以有机化学实验教学改革为例^①

邹晓川¹, 王贵凤², 聂旭元¹, 饶淑容¹,
陈庆¹, 石开云¹, 李强¹, 任彦荣¹

1. 重庆第二师范学院 生物与化学工程学院, 重庆 400067; 2. 南宁师范大学 化学与材料学院, 南宁 530000

摘要: 为了培养会查阅、会设计、会操作、会写作、会担当的“五会”应用型人才, 结合地方院校转型发展背景下应用型人才的培养目标, 从实验过程规范化、教学方法多样化、实验内容绿色化以及评价方式多元化 4 个方面进行了教学改革的有益探索和实践。实践结果表明: 实施了教学改革后培养出的学生在文献调研能力、自主设计能力、实际操作能力、科研能力以及实验报告写作规范等方面有了明显提高; 同时, 为高等学校向应用型转型发展提供了参考意见。

关键词: 地方高校; 有机化学实验; 教学改革; 应用型人才

中图分类号: G642.423

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2021)05-0195-07

重庆市人民政府在《重庆市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出, 深入落实《中国制造 2025》, 加快发展战略新兴产业集群, 重点在新材料、生物医药、精细化工和页岩气等领域取得更大突破。区域急需化药类、生物医药类、材料类以及精细化工类专业技术人才^[1]。重庆第二师范学院为满足地方经济社会发展需求, 提升学校对地方经济社会发展的服务能力, 提出了“培养应用型、技术技能人才”的转型发展目标, 并把实验教学改革作为培养应用型人才的重要途径。考虑到有机合成在药物合成、材料合成等方面的重要性, 本文以有机化学实验为例, 分享了本课题组在应用型人才培养模式下对有机化学实验的一些探索。在此分别从实验过程规范化、教学方法多样化、实验内容绿色化以及评价方式多元化 4 个方面进行教学改革的有益探索和实践, 努力培养会查阅、会设计、会操作、会写作、会担当的“五会”(表 1)应用型人才, 为助推高等学校向应用型转型发展提供参考。

1 探索 and 改革实验教学方法

近年来, 从事有机化学实验研究和教学的专家学者们对有机化学实验教学方法进行了大量的探索和研究, 取得了大量研究成果。有代表性的如有机化学实验专题式教学法^[2-3]、参与式教学法^[4]、PBL 教学法^[5]以及翻转课堂教学法^[6-7]等。但是, 单靠一种教学方法的改革从根本上彻底解决问题是不太现实的^[8]。因此, 结合重庆第二师范学校(本文简称“我校”)的实际情况, 有机化学实验以培养学生“五会”能力为目标, 在教学中以“四化”的教学理念开展改革(图 1)。具体如下: 实验过程规范化主要包括安全意识、规范操作

① 收稿日期: 2020-03-03

基金项目: 重庆市高等教育教学改革研究项目(203483); 广西高等教育本科教学改革工程项目(2019JGA225); 重庆第二师范学院教学改革研究项目(JG202122)。

作者简介: 邹晓川, 副教授, 主要从事非均相不对称催化、化学实验教学改革以及实验室安全。

通信作者: 任彦荣, 博士, 教授。

以及诚信记录；教学方法多样化包括“微翻转＋问题引领互动式”“微翻转＋分段式”教学法以及“专题研讨探究式”等；实验内容绿色化主要是通过替代有毒有害的原料、催化剂等方式更新实验内容；最后，评价方式多样化主要是通过采取三段式考核方式，分别是实验前、实验中、实验后。评价方式多元化，有实验态度、操作水平、写作水平、团队合作能力以及对于课程贡献度等方面。

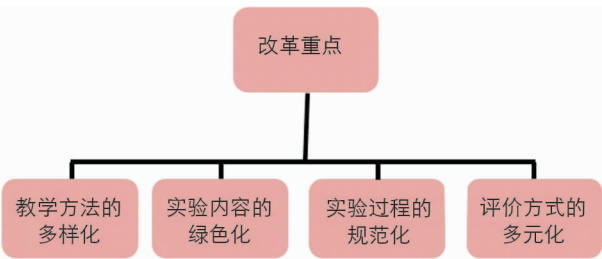


图 1 有机化学实验“四化”改革思想

表 1 有机化学实验“五会”能力要求

序号	能力要求	具体内容
1	会查阅	会准确查阅教材、数据库、工具书、学术论坛等。
2	会设计	能够提出与教材不同的实验方案，如选择不同的合成方法、讨论不同的变量、采用不同的分析方法等。
3	会操作	根据实验内容能够制作精美的 PPT； 能够提供短视频，主要内容为实验结束后自述本次实验的基本原理、操作过程、实验成功关键点； 课程中能够安全、快速重复实验教学内容，如能够规范取样、称量、搭建装置、拆卸装置、操作电器设备等； 通过手机准确记录实验现象、实验数据、实验过程等环节。
4	会写作	能够写出规范、美观的预习报告、实验报告；熟练掌握 origin 作图工具，chemoffice 等画图工具，使用图、表代替繁多的文字性描述，准确使用三线表； 能够撰写大学生科学研究、挑战杯、创新创业等项目申报书，能够规范化撰写科技论文、本科毕业论文等。
5	会担当	能够作为实验教学助理； 低年级作为成员协助开展大学生科研项目； 高年级能够独立承担大学生科研项目、参与教师科研项目。

1.1 实验过程规范化

首先，实验过程规范化是有机化学实验教学中最基本要求，也是最难做好的教学过程。有机化学实验过程安全隐患多，危险系数高，实验安全是做好教学改革的前提。因此，在实验前强制性要求学生熟悉当次实验所需化学品的安全信息，仪器设备的使用说明书、演示视频以及学姐、学长们的错误示范的图片和视频(图 2)。此外，认真检查设备运行状态，是否有漏电和漏气等现象，急救物品是否完整，有无过期现象。实验过程中，要防止学生取样造成拥挤；使用化学物质时强制性要求佩戴护目镜；正确选择、佩戴手套等。此外，实验过程中要随时关注学生的情绪、身体状况；实验结束后，引导学生正确处理废固、废液。

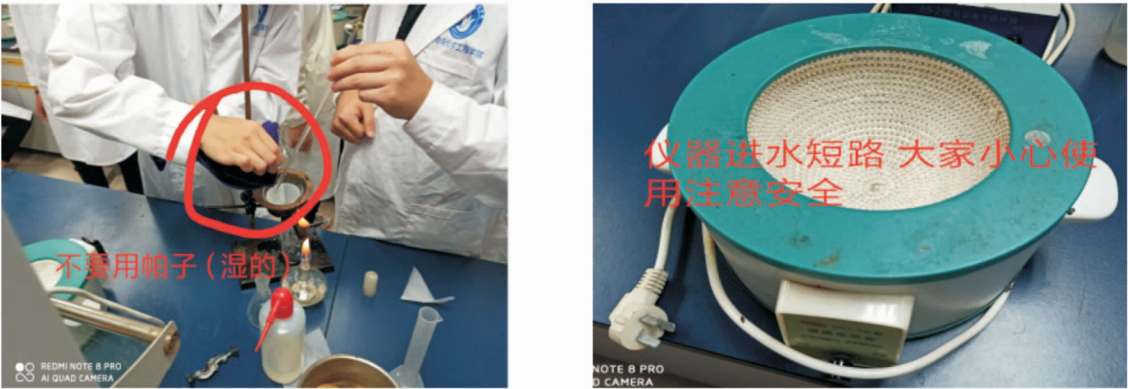


图 2 课程资源—错误操作＋安全隐患示范

其次，有机化学实验操作过程是否规范、标准，体现出该专业学生的基础实验能力。操作过程的规范化不仅仅需要学生扎实的实验操作理论知识，更需要学生具备较强的实际操作与理论知识相结合的能力。

我校学生多数来自区县中学,且调剂志愿较多,高中阶段没有独立进行实验操作.此外,学生普遍存在学习积极性差、自主学习能力和思考能力较弱等问题.因此,在实验操作过程中,即使老师在旁指导也不能完全避免学生因操作失误而导致实验出现一系列问题,例如玻璃仪器骤冷造成炸裂使冷却产品溶液泄露,造成实验失败;使用电加热套时,液体不小心倒入电加热套中导致其短路发生安全事故.针对这些现象,在实验前一周教师就发送学习资源包供学生预习;进入实验室后要求学生再次观看操作视频,查漏补缺,让学生进一步认知实验仪器的使用及其注意事项;课堂上老师采取集中和分散的教学形式,进行操作示范.实践证明:通过这些措施,学生能够安全地搭建、拆卸装置,整个过程规范、有序.

最后,数据真实、可靠是一篇优秀实验报告最基本要求之一.为了培养学生尊重实验事实,养成诚信习惯的优良品质,要求每一个实验小组自物质的称量、反应物体积的量取、装置的搭建/拆卸以及温度计的位置、冷凝水的方向、震荡洗涤以及干燥效果等关键处都需要逐一拍照、保存.到实验结束后,在撰写实验报告的过程中,凡是涉及实验步骤、现象以及实验结论等环节均需要附上原始图片,并简要说明,省略大量的文字描述.由于每一组学生拍摄角度不同,排版上也有差异(图3),最为重要的最终产物的量也会有差异.因此,最后呈现的实验报告在实验步骤及现象方面会有显著差异,可以有效避免抄袭.此外,图片的再编辑环节能够让学生对实验过程了解更加深入,能增强学生的版权意识以及提高学生的综合能力,实验报告显得更加规范、美观.通过持续性的锻炼,能够为学生日后书写出规范、美观、严谨的毕业论文以及科技论文奠定基础.

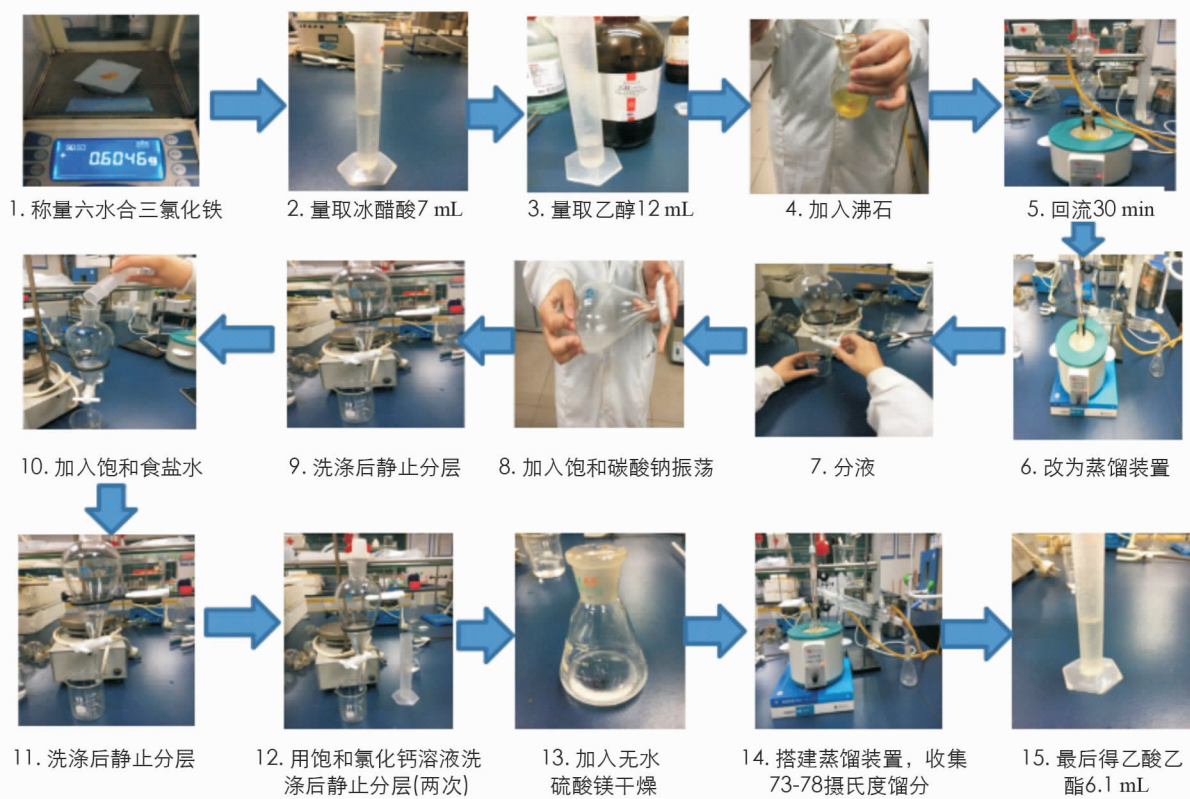


图3 学生代表作—六水合三氯化铁催化合成乙酸乙酯

1.2 教学方法多样化

我校有机化学实验主要分为基础性实验、综合性实验以及设计性实验.基础性实验主要包括如熔点仪的使用、蒸馏/重结晶等纯化操作,旨在培养学生的基本实验技能、养成良好的实验习惯以及提高实验课程效率.对于此类实验,主要采用“微翻转+问题引领互动式”教学法.受限于财力和人力,实验之前,教学团队首先以发送学习资源包的形式提供安全知识、实验基本原理和实验内容、实验操作短视频.其次,教师针对实验内容,围绕教学目标设置问题,让学生带着问题去预习,并拟出解决问题的方案,培养学生自主学习能力,提高实验预习效果.如固体物质重结晶实验,提问学生重结晶的实验原理,操作注意事项以及

溶剂的选择原则。再次,教师在实验课堂上带领学生回忆实验原理、梳理操作步骤,提示安全信息,学生根据操作视频规范操作。最后,在实验过程中,教师抛出预习问题,与学生讨论,形成结论。学生在互动讨论问题的同时,思维得到拓展。对实验的内容也有了更深层次的理解,有利于实践能力的提高。综合性实验室主要包括经典药物的合成,如阿司匹林的合成、对乙酰氨基酚的合成,还包括己二酸、乙酸乙酯的合成。综合性实验旨在训练、巩固已有的基本操作技能,能够安全、高效重复教材内容和改进内容。此外,能够书写出清晰、规范、科学、严谨的实验报告。此类实验主要采取“微翻转+分段式”教学法。如维生素 C 催化合成阿司匹林。实验之前,以学习资源包提供操作视频、错误大全、实验原理以及危化品安全信息单(MS-DS);实验过程中,采用分段教学模式(表 2),关注学生的动手实践能力、自我纠错能力等,在实验的空闲期,穿插讲解本次实验内容的一些最新研究进展,行业发展动态,以及课程思政等内容^[9]。实验后,要求在撰写实验报告过程中用实验流程图代替繁多的文字、使用规范的三线表描述催化数据以及在实验报告背面张贴实验过程中拍摄的原始图等信息。最后继续要求学生共享实验数据,利用 origin 作图软件绘制产率—变量关系图,讨论产率与变量之间的内在联系。

表 2 维生素 C 催化合成阿司匹林的实验过程

实验阶段	教学过程	教学内容	时间安排(教师讲解)
阶段 1 实验前讲解 过程 1—4	过程 1 安全知识强调	① 告知本次实验有可能的安全隐患,如药品安全、设备安全,以及采取的应急措施。 ② 展示 MSDS 信息单,告知医用急救箱、喷淋装置、灭火毯、灭火器等位置信息。	约 3 min
	过程 2 实验基本知识介绍	① 简单描述合成阿司匹林的意义、维生素 c 催化合成阿司匹林的原理及操作流程。	约 2 min
	过程 3 取样	① 提醒称取不同的催化剂质量以及量取不同摩尔比的液体体积。 ② 提醒学生维护天平卫生,规范操作量取液体体积。	约 2 min
	过程 4 加热	① 提醒水浴锅使用的规范和提醒使用不同的加热温度以及加热时间。 ② 加热等待过程中,提醒学生准备冷却结晶可能需要的玻璃棒及析出晶体后所需的冷水。	约 2 min
阶段 2 加热过程中讲解 过程 5—6	过程 5 冷却结晶	① 提醒用玻璃棒摩擦杯壁的注意事项(有可能存在的安全隐患)。 ② 强调要在晶体析出后再加入 H ₂ O。 ③ 提醒学生准备后续抽滤过程中会用到的玻璃仪器。	约 2 min
	过程 6 抽滤	① 提醒抽滤过程细节。 ② 提醒学生真空循环泵的清洁,使用注意事项。	约 2 min
阶段 3 等待冷却结晶过程中讲解过程 7—8	过程 7 重结晶	① 提醒学生热过滤注意事项。 ② 提醒学生酒精灯的正确使用。	约 2 min
	过程 8 干燥	① 为学生演示真空干燥箱的使用方法。 ② 告知真空干燥箱与电热鼓风干燥箱的区别。	约 2 min
阶段 4 在干燥等待期讲解 过程 9—10	过程 9 分析测试	① 为学生演示熔点仪的操作过程及使用注意事项。	约 3 min
	过程 10 结束实验,离开实验室之前	离开实验室前,要求: ① 查看学生原始数据照片,包括反应物质量和体积、催化剂用量、阿司匹林粗产品质量、阿司匹林精品质量等信息。 ② 要求学生将产品倒入指定的容器以及整理实验台面、地面等清洁卫生。	约 2 min

设计性实验主要包括黄连素的提取, L-proline 不对称催化羟醛缩合等反应^[10], 旨在拓展思路、培育创新意识、锻炼创新能力。考虑到部分同学以后有考取研究生的需求, 针对设计性实验, 教学团队主要采取“专题研讨探究式”教学, 以科研问题为导向, 培养学生自主探索、自主创新能力。如在 L-proline 不对称催

化羟醛缩合等反应教学过程中, 首先要求学生查阅如 ACS, RSC, Elsevier 以及 CNKI 等专业数据库, 设计实验方案, 撰写大学生科研项目申报书. 其次, 按照本科毕业论文的要求做开题报告, 小组讨论, 形成可执行的研究方案. 最后, 组建不同的催化剂用量、反应时间、反应温度、添加剂类型研究小组, 对羟醛缩合反应进行详细的研究.

1.3 实验内容绿色化

在环境问题日益严重的今天, 化学实验的绿色化已成为化学实验教学改革的重点. 在实现教学目标, 确保学生安全有效地完成实验的同时, 如何在教学中体现绿色化学的理念, 降低实验成本, 减少实验室污染的产生, 引导学生接触和学习绿色化学理论, 培养学生的生态意识、实践能力和创新精神已成为化学实验教师面临的新的问题和挑战^[11]. 基于此, 本教学团队进行了深入的教学改革, 积累了一定的经验. 比如乙酰苯胺的重结晶. 为了减少废固处理费用以及避免污染环境, 采取提纯—变质—提纯循环模式. 具体方法为: 以一定变质的乙酰苯胺为原料, 进行重结晶提纯, 实验结束后, 将纯品进行统一保管, 任其自然变质, 后面的学生继续对变质的乙酰苯胺进行重结晶提纯. 整个过程实现了乙酰苯胺的绿色化使用. 此外, 将提纯的乙酰苯胺作为原料, 自主设计乙酰苯胺在酸条件下水解、提纯苯胺^[12], 分享给学院有需要的科研课题组; 在测定固定物质的熔点时, 使用提纯的乙酰苯胺代替萘. 教材中, 合成阿司匹林和乙酸乙酯均使用强腐蚀性、高危险性的浓硫酸作为催化剂, 教学团队将科研成果纳入教学实验过程中, 分别使用路易斯酸催化剂三氯化铁^[13]和维生素 C^[14]代替浓硫酸; 在合成己二酸的时候, 采用双氧水代替强腐蚀性浓硝酸和易制毒的高锰酸钾作为氧化剂等, 实现研究内容的绿色化. 此外, 将合成的阿司匹林应用于后续课程, 如合成贝诺酯作为起始原料, 作为高效液相色谱分析药物的研究对象, 最大程度实现了产品的绿色化使用, 有效避免合成后无法使用的弊端.

1.4 评价方式多元化

改革之前, 我校有机化学实验成绩评定方式为: 总评成绩 = 平时成绩 × 60% + 期末成绩 × 40%. 平时成绩以实验报告成绩为主, 期末考核为乙酸乙酯的合成. 这种考核方式无法科学地评价学生的掌握水平, 导致学生更重视实验报告, 相对忽视实验过程; 只重视最后一次实验过程, 忽略其他实验. 因此, 为了充分调动学生学习的积极性, 培养会查阅、会设计、会操作、会写作、会当担的“五会”应用型人才, 我们主要采取三段式考核方式, 分别是实验前、实验中、实验后. 评价方式多元化, 实验态度、操作水平、写作水平、团队合作能力以及对于课程贡献度等方面. 此外, 课前主动参加教学预实验、实验过程中能够组织课堂讨论、课后教学内容深入研究得到科研项目立项, 均会给予额外的分数, 具体比例详见表 3.

表 3 有机化学实验评价方式

序号	实验阶段	评价内容	分值比例/%
1	实验前	1、充分掌握学习资源包内容; 2、高质量完成预习报告; 3、科学设计实验方案; 4、熟悉药品、设备相关安全知识; 5、参加教学预实验活动(额外加分).	20
2	实验中	1、能够安全、快速重复实验教学内容; 2、能够规范取样、称量、搭建装置、拆卸装置、操作电器设备等; 3、实验态度与团队合作能力; 4、实验间隙期, 提出科学问题的个数, 并且在课堂上与同学们分享、讨论(额外加分); 5、遵守规章制度、课程要求等.	50
3	实验后	1、规范化完成实验报告的写作; 2、提供实验短视频, 主要内容为实验结束后自述本次实验的基本原理、操作过程、实验成功关键点(额外加分); 3、提供本次实验内容相关领域研究综述; 4、协助老师完善课程资源, 如编辑 PPT 内容、短视频录制、教材编写等(额外加分); 5、教学内容得到科研项目立项研究(额外加分).	30

2 课程效果

通过持续性的“四化”教学改革,学生能够快速、精准地从中文数据库获取实验信息,对于英文数据库,受限学校数字化图书资源英文数据库不足、专业英语知识匮乏等因素,仅有少量的学生能达到要求。针对经典教学内容,学生能够找到改进措施,如实验内容绿色化。尤其通过实验视频的循环播放和回放功能以及任课教师的“分段式”讲解,学生能清楚直观地了解相关实验器材的正确组装以及规范的操作过程,及时回顾实验步骤,顺利地整个实验过程,减少一些不必要的操作失误,避免有机化学实验潜在的危险性。图片的再编辑环节以及课后视频录制环节能够让学生对实验过程了解更加深入。由于额外加分项的实施,学生学习的积极性普遍提高。此外,受益于系列课程改革,近 3 年来,我校生物与化学工程学院学生科研成果突出,如成功获得国家级创新创业项目 1 项,重庆市创新创业项目 6 项,获得重庆市挑战杯一等奖 1 项,发表论文 20 余篇,其中被 SCI 收录 6 篇, JCR 二区论文 3 篇,三区 1 篇,四区 2 篇,北大中文核心 8 篇,成功考取国内重点大学硕士研究生数十人。

3 结 语

从实验过程规范化、教学方法多样化、实验内容绿色化以及评价方式多元化四方面进行了教学改革的有益探索和实践。通过对有机化学实验的教学改革研究,尝试构建适应学校发展、人才培养需要的实验教学体系,培养综合素质高的“五会”应用型人才。本文提出的有机化学实验教学改革措施在实际教学过程中得到检验,实施了教学改革后培养出的学生在文献调研能力、自主设计能力、实操能力、科研能力和实验报告写作规范等方面有了明显提高,为助推高等学校向应用型转型发展提供参考。

参考文献:

- [1] 段益琴,吴明珠,刘克建,等.重庆高职化工医药专业群建设的背景分析及思路[J].西南师范大学学报(自然科学版),2019,44(7):121-126.
- [2] 刘秋平,强根荣,王海滨,等.专题式教学方法在有机化学实验教学中的应用探索[J].高等理科教育,2014(5):98-102.
- [3] 强根荣,孙 莉,王海滨,等.理论与实践贯通专题式有机化学实验教学改革[J].实验室研究与探索,2013,32(11):180-182,192.
- [4] 杨振平,王海滨,盛卫坚,等.大学有机化学实验参与式教学方法[J].实验室研究与探索,2015,34(10):191-194.
- [5] 蒋卫华,李忠玉.PBL教学法在大学有机化学实验教学中的研究与实践[J].化学教育,2015,36(4):26-29.
- [6] 邹晓川,王 存,石开云,等.基于 FC 模式的有机化学实验教学设计及应用研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2015,40(9):234-240.
- [7] 王 红,曾秀琼,刘秋平,等.基础化学实验翻转课堂教学模式的研究和实践[J].实验技术与管理,2015,32(5):196-199.
- [8] 强根荣,王 红,杨振平,等.大学有机化学实验教学方法研究与实践[J].实验室研究与探索,2017,36(3):200-202,211.
- [9] 朱 敏.在有机化学实验中渗透“课程思政”元素的探索与研究[J].广州化工,2019,47(6):153-155.
- [10] 房 芳.L-脯氨酸催化的不对称 Aldol 缩合反应实验设计[J].化学教育,2018,39(22):49-52.
- [11] 王 红,刘秋平,王海滨,等.有机化学实验教学绿色化改革的研究与实施[J].实验室研究与探索,2019,38(7):139-144.
- [12] 王 刚,何照林,孙 琦,等.氨基的脱保护——乙酰苯胺水解实验教学设计[J].化学教育,2020,41(2):44-47.
- [13] 曾 艳,邹晓川.再谈合成乙酸乙酯的催化剂选择[J].化学教育,2009,30(12):69-70.
- [14] 王嘉琳,周迎春,张 鸿.乙酰水杨酸(阿司匹林)的制备[J].化工中间体,2015,11(1):20-21.

On Integration of “Four Modernizations” Concept and Cultivation of “Five Sessions” Applied Talents

——Take the Reform of Organic Chemistry
Experiment Teaching as an Example

ZOU Xiao-chuan¹, WANG Gui-feng², NIE Xu-yuan¹, RAO Shu-rong¹,
CHEN Qing¹, SHI Kai-yun¹, LI Qiang¹, REN Yan-rong¹

1. College of Biological & Chemical Engineering, Chongqing University of Education, Chongqing 400067, China;

2. College of Chemistry and Material, Nanning Normal University, Nanning 530000, China

Abstract: In order to cultivate the “five sessions” application-oriented talents who can consult, design, operate, write, and be responsible, the organic chemistry experimental teaching team, combining the training objectives of applied talents in the context of the transformation and development of local colleges and universities, have carried out some useful explorations and practices of teaching reform on the four aspects of standardizing the experimental process, diversifying teaching methods, greening experimental content, and diversifying evaluation methods. The practice results show that the students trained after the implementation of the teaching reform have significantly improved their capabilities in literature research, independent design, practical skills, scientific research, and writing of experimental reports, at the same time, it will provide a reference for helping colleges and universities to transition to application-oriented development.

Key words: local colleges; organic chemistry experiment; teaching reform; applied talents

责任编辑 潘春燕