

聚焦科教融合，以赛促建，推动兰州大学综合化学实验课程建设改革

张保新¹，张海娟^{2,*}，李小龙¹，孙春霖¹，沈永雯¹，惠新平¹，刘子桐^{1,*}

¹兰州大学化学化工学院，化学国家级实验教学示范中心(兰州大学)，兰州 730000

²兰州大学生态学院，兰州 730000

摘要：兰州大学综合化学实验课程坚持“课程是人才培养的核心要素，课程质量直接决定人才培养质量，必须深化教育教学改革，必须把教学改革成果落实到课程建设上”的政策，提出了“科教融合，以赛促建”的建设方针，以培养新时代背景下学生的综合创新能力。通过高质量的科研转化与化学竞赛带动综合化学实验课程的发展，从而培养学生的创新思维与科研兴趣。目前实验课程改革的探索已经取得了明显的成效，成果可为化学类其他实验课程的建设提供一定的借鉴和参考价值。

关键词：课程改革；化学；科教融合；以赛促建

中图分类号：G64；O6

Focusing on Science and Education Integration, Promoting Construction by Competition, and Promoting the Reform and Development of Comprehensive Chemistry Experimental Course Construction at Lanzhou University

Baoxin Zhang¹, Haijuan Zhang^{2,*}, Xiaolong Li¹, Chunlin Sun¹, Yongwen Shen¹, Xinping Hui¹, Zitong Liu^{1,*}

¹ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Lanzhou University), College of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China.

² College of Ecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China.

Abstract: The Comprehensive Chemistry Experimental course at Lanzhou University adheres to the principle: The curriculum is the core element of talent development, and the quality of the curriculum directly influences the quality of talent cultivation; Therefore, it is essential to deepen educational reforms and translate the outcomes of these reforms into effective curriculum development. To nurture students' innovative capabilities in the context of the new technological era, we have introduced the policy of "integrating science and education while advancing development through competition". This approach leverages high-quality scientific research and competitions to enhance the Comprehensive Chemistry Experimental course, thereby fostering students' innovative thinking and interest in scientific inquiry. The ongoing exploration of reforms in this experimental course has yielded significant results, which may serve as valuable references for the development of similar experimental courses in the field of chemistry.

Key Words: Curriculum reform; Chemistry; Integration of science and education; Competition for construction

收稿：2024-10-09；录用：2024-12-27；网络发表：2025-03-19

*通讯作者，Emails: hjzh@lzu.edu.cn (张海娟); liuzt@lzu.edu.cn (刘子桐)

基金资助：兰州大学2023年度教育教学改革研究项目(202317)；基础学科拔尖学生培养计划2.0研究课题(20232015)；甘肃省2023年高等教育教学成果培育项目(PX-48232736)

1 引言

教育部在关于一流本科课程建设的实施意见中指出^[1]，“课程是人才培养的核心要素，课程质量直接决定人才培养质量。必须深化教育教学改革，必须把教学改革成果落实到课程建设上”。因此，实验课程作为化学专业不可或缺的一部分，全面改革创新实验课程内容迫在眉睫，是落实高校立德树人根本任务、实现“全员、全过程、全方位”育人的关键举措。党的二十大报告也指出^[2]：“培养造就大批德才兼备的高素质人才，是国家和民族长远发展大计”。化学国家级实验教学示范中心(兰州大学)的课程改革必须积极响应国家号召，做到与时俱进，科教融合，培养学生们的创新科研能力。同时加强思政建设，为国家培养德才兼备的人才。

随着信息技术的飞速发展和知识经济的兴起，教育理念和教学模式也在不断更新与变革，以传统的课堂教学为主导的教学模式正在逐渐被更新为以实践教学为主导的新型教学模式^[3]。化学国家级实验教学示范中心(兰州大学)聚焦国家战略人才培养和社会发展需求，结合兰州大学自身基础定位，稳步推进各项课程改革。在这一改革过程中，以综合化学实验改革为突破口、社会需求为导向、学生为改革中心、实验教学为载体、突出学生综合创新能力培养为目标，构建了一套“科教融合，以赛促建”的综合化学实验改革体系^[4]。课程从实验内容构建、课程思政建设、实验课程教学模式创新、师资队伍建设的四个方面出发，全面推进综合化学实验改革(图1)。使其更符合学科发展趋势和人才培养需求，提升学生的实践能力、科研素养以及创新意识，形成具有化学化工特色的综合实验^[5]。

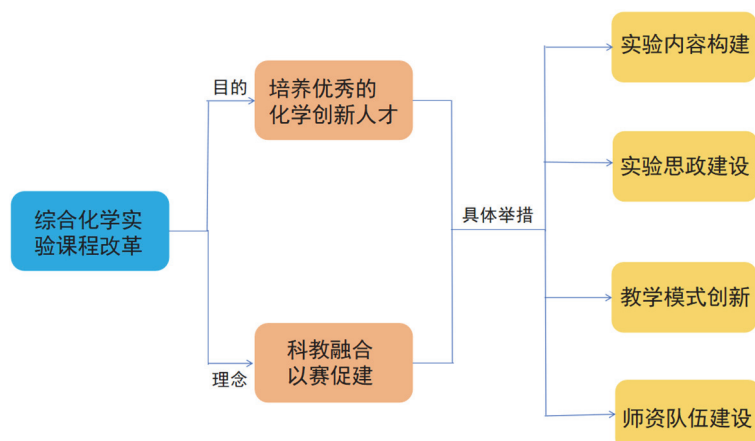


图1 综合化学实验改革示意图

2 综合实验改革总体方向

培养具有创新思维的高素质人才是21世纪高等教育的首要目标。兰州大学化学学科作为国家一流建设学科，其人才培养的目标定位是全面贯彻党的教育方针，落实立德树人根本任务，培养专业基础知识扎实、知识面宽、实践能力强、富有创新精神的高素质专业人才。目前部分综合实验内容设置相对陈旧，在教学环节中，学生只是照搬实验步骤完成实验学习，达不到对化学前沿知识的深层次认识和理解，更达不到培养学生独立思考、解决问题能力的教学目的，其次，也无法开拓学生的眼界。因此，综合实验课程改革迫在眉睫。

综合化学实验课程改革将依据“两性一度”的课程建设标准，在以赛促改的模式推动下，进一步转化前沿科研成果为综合化学实验内容，促进综合化学实验课程内容的全面建设。其主要方向为将科研一线教师的科研成果转化为综合化学实验内容，进而提高课程建设的创新性和挑战度。科研与教学之间是一种互为基础的源流关系和相互促进的共生关系，教学为科研提供实践基础和人才资源，而科研又为更高层次的教学提供理论支持和科学依据。因此，科研成果转化为教学资源有利于

提升科研成果自身的科学水平与应用价值,有利于高校加强高质量创新型人才培养,推动高校健康可持续发展,是各大高校提高教学质量的一个重要突破点。目前,综合化学课程已将部分教师的科研成果成功转化为实验教学内容,在实验设计上引入了最前沿的学术概念,提高了实验的创新性、综合性和先进性,并进一步开拓了学生的科研思维,增强了学生的实践操作能力,使学生能够在完成四大化学的学习后,更深刻地掌握最新的科研理念,提高学生的创新思维和综合能力。

3 综合实验改革具体内容

3.1 实验内容构建

在当前全球科技迅猛发展的大背景下,我国为进一步推动教育领域的改革与创新,提出了一系列有力的国家政策,特别是在高等教育和科研结合方面的部署。笔者所在的综合化学实验课程组积极响应国家“科教融合”的战略方针,致力于以科学研究为驱动,以实验教学为基础,通过“以赛促建”的创新模式,全面构建和提升综合实验内容,确保课程内容的先进性和完整性。

“科教融合”的实质在于依托科学研究的前沿进展丰富教育内容和教学方法,从而提升学生的创新能力与实践动手能力。为此,综合化学实验课程组将依据国家对大学实验教学的要求,努力推动实验内容的系统化、科学化改造,开发与国际前沿接轨的实验项目,与科研课题相结合,形成多个方向的交叉、融合实验模块。这些实验模块不仅要侧重于基本实验技能的培养,还要着重于学生对实验设计、数据分析以及结果解读能力的提升。

在“以赛促建”的理念下,实验中心通过组织各类实验竞赛活动,激励学生积极参与到科研项目实践中。在各级科研竞赛中,鼓励科研教师指导学生将实验室中的前沿创新成果、研究思路转化为具体的实验方案与实践项目,让学生在参与竞赛的过程中,学习如何将理论知识应用于实际问题,提升其科研素养和实践能力。此外,结合国家对大学生创新创业的相关政策,实验中心搭建了一个多元化的实验竞赛平台,鼓励学生组队参与科研项目的设计与实施,将综合化学实验内容与社会需求紧密结合,为学生构建一个开放、共享的实验教学环境。

为了确保将教师的前沿科研成果有效转化为综合化学实验内容,学校及学院出台了相关的实验内容更新政策及考核奖励机制:

(1) 学校基于《兰州大学一流本科教育方案》及《兰州大学关于完善本科实验教学内容建立定期更新机制的指导意见》,对由最新科研成果转化为实验教学内容的项目进行优先立项和经费支持;

(2) 学院鼓励教师积极将前沿科研成果转变为实验教学内容,对于转化成功的项目学院优先推荐参加全国大学生化学创新实验设计大赛等各种化学竞赛,在竞赛参与过程中可能获得相应的奖项及发表教学论文;

(3) 学院已将科研成果向教学项目转化列入教师年度绩效评价及相关评优考核中,对于转化成功的项目学院将会给予一定的奖励,这将有利于教师的成长。

上述激励机制的实施,有效保障了本校综合化学实验内容的更新。

近年来,综合化学实验课程组已经成功转化多项比赛中获得优异成绩的项目进入综合化学实验课程中。例如,为了通过“科教融合,以赛促建”模式实现将前沿科研成果转化为“蛋白质中总巯基的测定、标记及活细胞成像”实验内容这一目标:首先,房建国教授和张保新老师通过多次讨论及修改得到完整的实验讲义;其次,两位老师带领学生通过反复实践和删减实验步骤调整整体实验时长,最终将其成功转化为综合化学实验内容。该实验曾获得第二届全国大学生化学实验创新设计大赛总决赛特等奖,此外,还有多项由科研成果转化的实验内容获得全国大学生化学实验创新设计大赛总决赛特等奖和西北赛区一等奖等(表1)。上述实验内容一经推出便得到了师生的一致好评,该类实验内容的设置可以很好地拓宽学术视野,锻造学生创新思维,培养分析和解决问题能力、增强独立思考与实践能力,全面培养学生科学创新能力和团队协作精神,从而养成学生严谨、认真、踏实的科学态度,为国家培养具有家国情怀的复合型化学创新人才。

表1 科研成果转化为实验内容的比赛项目举例

| 项目名称 | 前沿热点 | 教学目标 | 获得奖项 |
|-------------------------|---|---|--------------------------------|
| 蛋白质中总巯基的测定、标记及活细胞成像 | 将生物大分子的化学修饰前沿研究引入到综合化学实验教学中, 帮助学生了解生物大分子化学修饰的原理及应用, 并掌握常见化学生物学实验操作 | 将科研前沿融入到平常的实验课程中去, 并让学生领略交叉学科的魅力, 增加学生对交叉学科的兴趣, 促进学科之间的融合 | 第二届全国大学生化学实验创新设计大赛 全国总决赛特等奖 |
| 紫外光固化3D打印用光敏树脂成形高分子模型材料 | 将新兴的3D打印技术带入到综合实验课程中, 并通过改变树脂的不同配比让学生理解结构与性能的关系 | 通过将新技术融入到实验中来培养学生对于新兴技术的兴趣与接受能力, 培养学生的创造与设计思维 | 第二届全国大学生化学实验创新设计大赛 西北赛区一等奖 |
| 光催化合成二氢咪唑化合物 | 将光催化领域前沿研究——可见光氧化还原催化引入到综合化学实验教学中, 并涉及无水无氧等多种有机化学实验操作, 及反应监测、分离纯化、利用核磁共振表征产物等一些科研中常见的操作 | 将科研前沿融入到平常的实验课程中, 拓宽学生的眼界, 培养学生对于科研的兴趣。为学生以后的科研生活打好基础 | 第三届全国大学生化学实验创新设计大赛 全国总决赛特等奖 |
| 自制开放式荧光光谱仪的搭建、性能测试与实际应用 | 将双光子荧光材料的创制引入综合化学实验, 让学生深入了解荧光光谱仪的结构及仪器原理, 自主设计创制体积小、成本低、开放可视的荧光光谱仪, 并对其性能进行测试 | 培养学生设计创制仪器的能力, 增强自主创制拥有知识产权国产仪器设备的意识与信心 | 第四届全国大学生化学实验创新设计大赛 全国总决赛特等奖 |

3.2 课程思政建设

在当前全国教育改革的大背景下, 化学实验教育作为高等教育的重要组成部分, 正面临着前所未有的机遇与挑战。国家对于教育的重视程度不断加深, 尤其是在“培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人”的背景下, 课程思政理念逐渐成为贯穿高等教育全过程的重要指导思想。综合化学实验的改革, 作为高校化学人才培养的重要环节, 要做到坚持立德树人的根本任务, 深挖综合化学实验课程中的思政元素, 有机融入教学活动, 实现“润物细无声”的育人目标。

2023年, 综合化学实验已经被学校列入课程思政改革示范课程, 在综合化学实验课程的教学实施过程中, 全体教师已经将思政元素有机地融入实验教学的各个环节。例如: 在实验“蛋白质中总巯基的测定、标记及活细胞成像”中, 教师通过讲解三聚氰胺奶粉案例, 引导学生分组讨论和分析, 激发学生对蛋白质测定专业知识的求知欲, 同时融入“道德、诚信”的核心价值观教育, 培养学生的社会责任感和使命感。在讲解荧光标记及在生物医学中的相关应用时, 引入2008年诺贝尔化学奖授予在绿色荧光蛋白发现和研究方面做出杰出贡献的三位科学家——日本科学家下村修、美国科学家马丁·查尔菲以及美籍华裔科学家钱永健的事例, 以此激励学生在当前实验及未来的科研生活中敢于探索、追求卓越, 为国家的科学事业贡献自己的力量。在“离子色谱法测定水溶液中的磷酸根和焦磷酸根”实验中, 教师通过讲述建国初期, 卢佩章教授带领的研究小组设计出我国第一台体积色谱仪, 使石油样品的分析速度由原来30 h缩短至不到1 h, 且样品用量仅为原来的0.1%的事迹, 向学生传承老一辈化学家脚踏实地、埋头苦干、开拓进取、无私奉献的精神。在“光催化串联反应合成二氢咪唑化合物及其机理探究”实验中, 教师通过讲述绿色能源在“碳中和”国家战略实践中的重要意义, 让学生理解光催化前沿热点的同时主动融入国家绿色发展趋势。在“自制开放式荧光光谱仪的搭建、性能测试与实际应用”实验中, 教师除了引导学生独立搭建光路开放的荧光光谱仪, 更要培养学生设计创制仪器的能力, 增强学生创制拥有自主知识产权国产仪器设备的意识与信心。

综合化学实验课程的思政融合是科技与教育深度融合的重要体现, 是推动教育教学改革、促进学生全面发展的关键途径。在国家政策的指引下, 通过课程内容、教学方法、评价方式等方面的综

合改革, 不仅能够提升学生的专业素养, 还能培养他们成为具有社会责任感、自主创新能力和人文关怀的高素质人才, 为实现中华民族伟大复兴的中国梦贡献力量。化学教育在美好未来的构建中责任重大, 任重道远。

3.3 实验课程教学模式创新

“科教融合”的理念要求我们在实验课程的设计中注重跨学科整合, 打破传统化学实验教学的单一性, 倡导多学科交叉。以综合化学实验为例, 可以结合物理、生物、材料科学等相关学科, 设计综合性实验项目, 强调学生在实验过程中对化学原理的深刻理解与多维应用。这样的设计不仅能够丰富实验的内容, 增进学生对化学知识的应用能力, 还能激发他们对多学科知识交叉的探索热情, 培养符合“复合型”人才需求的能力。传统的“以教师为中心”的实验教学模式大多以“灌输式”为主, 且形式和手段单一, 只重视课中学习环节, 对于实验前、实验后的“第二课堂”关注不够, 没有把“课前-课中-课后”看作一个整体进行教学设计, 导致学生课前缺少独立思考, 课上机械地完成操作, 课后缺乏总结反思, 知识和技能得不到内化提高, 还制约了学生学习的主动性和积极性。

综合化学实验课程教学模式创新主要包括“PBL模式”建设和“线上线下混合教学模式”建设。

PBL教学法, 即以问题为导向的教学方法, 该模式强调以学生为教学主体, 强调将学习引入有意义的问题情境中, 通过学生间的相互协作来解决实际问题, 从而让学生学习到问题背后隐含的知识, 培养学生自主学习、积极思考、解决问题的能力。PBL课程真正的魅力在于, 在面临和解决各种问题的过程中, 学生能学到知识、掌握技能、学会协作, 并能学到在真实工作中特别需要的项目管理能力, 获得真正的综合能力提升。它为学生营造了一个轻松、主动的学习氛围, 使其能够自主、积极地畅所欲言, 充分表达自己的观点(图2)。例如, 在“紫外光固化3D打印用光敏树脂成形高分子模型”实验中, 教师要求学生提前预习准备需要打印的作品模型文件, 包括实心模型和镂空模型, 选择合适的打印尺寸, 此外学生在实验之前需要提前查阅相关资料学会使用切片软件等。在“光催化串联反应合成二氢咪唑化合物及其机理探究”实验中, 教师会与学生互动, 探讨光催化实验中存在的问题, 例如: (1) 光催化剂的作用是什么? (2) 串联环化各步反应是如何进行的? (3) 光催化实验中如何选择合适的光源? (4) 在光催化实验中, 如何全面设计对照实验以探究不同光照条件、光敏剂和氮气保护对反应的影响等。

“线上+线下”的教学模式是将两种教学方式相融合, 打破学生学习的时间和空间限制, 激发学生学习的主动性和积极性, 让学生在课下自主学习。通过在线学习空间能够轻松实现教师和学生的及时交流、及时指导, 改善师生沟通不足的难题。通过在线课程平台中加强实验课程多媒体的使用,

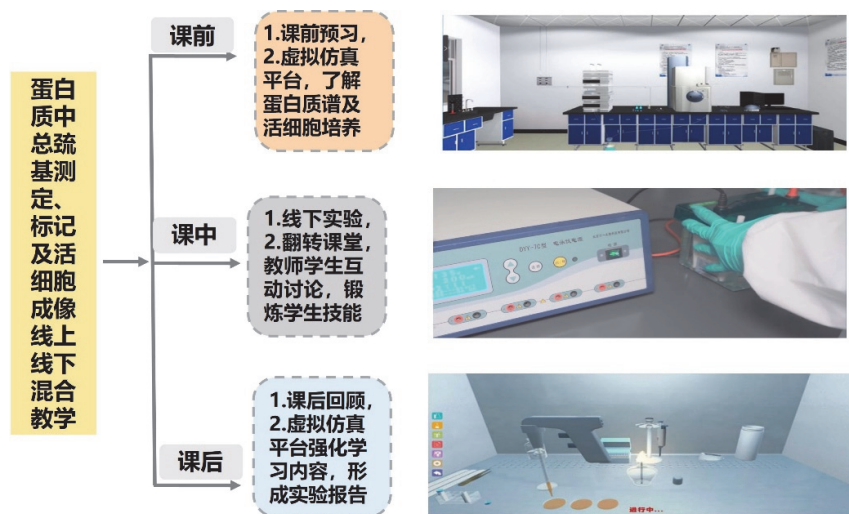


图2 蛋白质中总硫基测定、标记及活细胞成像线上线下混合教学示意图

能够提高学生实验学习效果。例如,在“蛋白质中巯基的测定、标记及活细胞成像”实验中,由于细胞培养条件苛刻及蛋白质谱测定所需仪器价格昂贵等限制因素的存在,无法让学生在课下完成细胞培养等实验操作。目前,在学院的支持下,课程组已将活细胞培养实验和蛋白质谱分析实验设置为虚拟仿真训练实验教学内容。通过线上线下混合教学进一步开拓了学生的科研思维,增强实践能力,提高实验教学质量。

综合化学实验课程的教学模式创新,不仅要紧密结合国家政策导向,融入“科教融合,以赛促建”的理念,还需通过多方面的努力与探索,形成完善的实验教学体系。通过以上措施的实施,我们能够有效提升学生的创新能力与实践能力,为国家的科技进步与经济建设培养出更多高素质的化学人才。

3.4 师资队伍建设

综合化学实验改革是当前化学教育领域的重要课题,对于提高学生的实验操作能力、培养创新精神和实践能力具有重要意义。当前,我国深入推进教育教学改革,加强师资队伍建设和提高教师的专业水平和教学能力,以适应科教融合的发展需求。通过科教融合,我们要做到转化前沿学术成果成为教学内容,吸纳高水平人才进入教师队伍,实现教学科研双高型队伍的建设。

在实验教学体系的建设改革和人才培养质量的提升过程中,高水平的教学队伍不可或缺。为了实现这一目标,学校和学院采取一系列积极措施,进行高水平师资队伍的建设。(1) 学校通过相关的政策支持培养教学骨干并加强教学一线教师培训,这一措施有助于综合化学实验课程组师资水平的提升,例如:2023年,教务处及学院组织多名教学一线教师先后进入中国科学技术大学和南京大学进行交流学习,以此提升自身教学水平;(2) 在“科教融合,以赛促建”的理念下,学院要求科研成果转化的实验教学由具体的项目转化教师或者本课题组承担。例如,化学生物学实验“蛋白质中总巯基的测定、标记及活细胞成像实验”由实验转化教师房建国教授和课题组成员张保新老师承担,材料试验“自制开放式荧光光谱仪的搭建、性能测试与实际应用实验”由实验转化教师孙春霖老师承担,分析实验“柔性SERS基底的制备及其分析检测应用”由实验转化教师曾智聪老师承担等,上述措施有力促进了综合化学实验课程组的师资队伍建设和综合化学实验改革的师资队伍建设和与时俱进,紧跟国家政策的要求,不断提高教师的学科素养和教学水平,促进科教融合,以赛促建,实现综合实验教学的创新发展。中心将始终秉持高远的立意、严谨的态度,加强师资队伍建设和推动综合化学实验教学改革深入发展,为培养高素质化学人才做出更大的贡献。

4 结语

兰州大学综合化学实验课程坚持“科教融合,以赛促建”的理念,在实验内容构建、课程思政建设、实验课程教学模式创新,师资队伍建设和多个方面取得了重大进展,全面稳步推进课程改革。然而,改革并不是一件一蹴而就的事情,现在的课程改革仍存在许多不足。后期将进一步多途径深化课程改革,为国家培养出更多德才兼备的人才。

参 考 文 献

- [1] 教育部关于一流本科课程建设的实施意见(教高〔2019〕8号). [2025-06-25]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html
- [2] 习近平:高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告. [2025-06-25]. https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm
- [3] 刘秋平,杨阿三,蔡金法,刘玲,计伟荣,强根荣. 大学化学, **2024**, *39* (7), 1.
- [4] 周丽,唐冬雁,杜耘辰. 大学化学, **2024**, *39* (7), 121.
- [5] 沈永雯,王薇,冯庆华,兰景凤,陆广农,李小龙,杨柳,徐向阳,俞娥,吴莉,等. 大学化学, **2024**, *39* (7), 172.