

高校化学实验改进的多维度探索与实践

李莉, 陈艳

武汉科技大学化学与化工学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年5月20日; 录用日期: 2026年7月6日; 发布日期: 2026年7月16日

摘要

本文聚焦高校化学实验教学改革, 针对教学内容同质化、方法滞后、设备陈旧与配置不足等问题, 从内容、教学模式、时空安排、安全与环保等维度推进改进: 重构实验项目, 融入前沿性与探究性内容; 推行混合式教学; 全面实施绿色化学, 减少试剂用量和废弃物排放。以金属蚀刻、有机合成等实验为例, 说明改进后的设计思路、关键注意事项及结果分析。提出对策: 更新教学内容, 对接学科与产业需求; 落实“以学生为中心”, 常态化开展自主设计、小组合作与开放式实验; 加强实验平台建设, 升级硬件与数字资源。最后, 展望人工智能辅助、虚拟仿真融合、绿色技术集成等方向对实验教学高质量发展的推动作用, 为改革提供切实可行的参考。

关键词

高校化学实验, 实验改进, 多维度, 绿色化学

Multidimensional Exploration and Practice of University Chemistry Experiment Improvement

Li Li, Yan Chen

College of Chemistry and Chemical Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei

Received: May 20, 2026; accepted: July 6, 2026; published: July 16, 2026

Abstract

This study focuses on the reform of chemistry laboratory teaching in universities. Addressing issues such as homogenized teaching content, outdated pedagogical methods, and aging or insufficient equipment, improvements are advanced from four dimensions: content, teaching model, spatial-temporal

arrangement, and safety with environmental protection. Specifically, experimental projects are restructured to incorporate cutting-edge and inquiry-oriented content; blended teaching is implemented; and green chemistry is comprehensively promoted to reduce reagent consumption and waste emission. Taking metal etching and organic synthesis experiments as examples, the improved design concepts, key considerations, and result analysis are elaborated. Countermeasures are proposed: updating teaching content to align with disciplinary and industrial demands; implementing a “student-centered” approach with regular autonomous design, group collaboration, and open experiments; and strengthening laboratory platform construction by upgrading hardware and digital resources. Finally, the prospects of artificial intelligence assistance, virtual simulation integration, and green technology incorporation for promoting high-quality development of laboratory teaching are envisioned, providing practical references for reform.

Keywords

University Chemistry Experiment, Experiment Improvement, Multidimensional, Green Chemistry

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

化学是一门以实验为核心的中心科学,实验教学不仅承担着“验证知识、训练技能”的传统使命,更是培育学生创新思维、科学伦理和绿色低碳意识的主要场所。然而,在“新工科”“双碳战略”及“教育数字化战略行动”等多重驱动下[1],传统高校化学实验体系暴露出“教学内容同质化、方法滞后、设备陈旧与配置不足”等系统性缺陷,已成为制约拔尖创新人才和卓越工程师培养的突出短板。因此,亟需跳出“碎片化修修补补”的旧框架,以多维度、系统性思维重构化学实验教学范式,实现从“验证-重复”向“探究-创新”的转化。基于此,本文从多维度化学实验创新切入,深入探索高校化学实验课程教育提质增效的可行路径。提升学生实验技能与创新能力,提高化学实验教学质量。

2. 多维度重构化学实验教学体系的必要性

国家战略与政策的指导:《教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》(教高〔2018〕2号)¹和《教育部等六部门关于实施基础学科拔尖学生培养计划2.0的意见》(教高〔2018〕8号)²均强调推进综合化、项目式、探究式学习,将实验教学改革列为人才培养的核心任务,单一验证实验已无法满足“拔尖-卓越”双轮驱动的培养规格[2]。AI+自动化+机器人合成已成Nature、Science高频主题,实验教学若仍停留在20世纪玻璃器皿水平,将导致“科研-教学”分开,削弱原始创新源头供给。

学科交叉融合的需要[3]:材料-生命-信息-能源多学科深度耦合,亟需把“单学科验证”升级为“多维度综合探究”,才能培养“会提问、能设计、懂迭代”的复合型人才。化学实验改革已从“教学内部小事”上升为“国家人才-科技-安全-环保”多方面的融合,其紧迫性、复杂性和系统性前所未有。唯有以多维度视角同时瞄准“内容-模式-时空-评价-安全”全要素,才能破解当前困境,以面向未来的视野、引领前沿的追求、绿色低碳的底色、安全高效的保障,重塑化学实验教学新形态,奋力谱写服务教育强国、科技强国和美丽中国建设的时代篇章。

¹http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017_351887.html

²http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017_351895.html

3. 目前化学实验教学的现状

3.1. 实验教学内容同质化

高校化学实验教学目前仍以验证性实验为主导, 学生按既定步骤操作, 机械验证理论知识, 缺乏对实验深入思考与自主探究, 难以培养创新思维与实践能力, 限制对化学知识深入理解与灵活运用。实验内容未能及时跟进化学领域最新研究成果, 学生接触不到新型化学反应、材料与技术, 对学科前沿动态了解不足, 不利于拓宽视野与激发学习兴趣, 难以满足未来从事化学相关工作或科研的需求。尽管化学与多学科交叉融合已成为学科发展的重要趋势, 但高校化学实验课程中跨学科实验项目设置不足, 制约了学生综合运用多学科知识解决复杂问题能力的培养。

3.2. 实验教学方法滞后

受传统教学理念影响, 实验课堂长期延续教师演示、学生观摩的教学范式。学生被动接受知识与操作指导, 缺乏主动参与和思考, 难以激发学生的学习兴趣与创新潜能, 成为制约实验教学内涵式发展的突出短板。教学过程中师生、生生互动不足, 教师难以关注每个学生学习情况与需求, 无法实施个性化教学[4]。部分学生因基础、学习能力差异在实验中遇到困难, 却得不到及时指导与帮助, 影响学习效果与信心。

3.3. 设备陈旧与配置不足

随着化学学科发展与实验教学改革推进, 部分高校实验设备更新速度慢, 无法满足新实验项目与教学方法需求。先进实验仪器缺乏, 导致一些前沿实验无法开展, 影响教学内容更新与学生实践能力培养。部分高校对实验设备维护管理重视不够, 设备故障率高, 维修不及时, 影响正常教学秩序。设备管理不规范, 使用效率低, 造成资源浪费, 制约实验教学质量的提升[5]。

4. 加强和改进高校化学实验教学的几点建议

4.1. 内容维度——从“知识验证”到“创新型内容重构”

关注化学领域前沿研究, 及时将新型化学反应、材料引入实验教学。如在有机化学实验中, 引入金属有机框架材料合成实验, 让学生了解其独特结构与性能, 拓宽知识视野, 激发对前沿领域探索兴趣。摒弃传统实验的封闭性与单一性, 以综合性实验改革为突破口, 促进知识向能力的有效转化。设置设计性实验, 让学生自主提出问题、设计实验方案并实施, 锻炼创新思维与实践能力。如“复杂样品中多组分物质分离与分析”综合性实验, 以及“新型催化剂设计与性能研究”设计性实验。加强化学与物理、材料等学科交叉融合, 设计跨学科实验项目。如“金属刻蚀”实验, 涉及化学氧化还原、电化学基本知识、物理与材料科学、工程技术方法等多知识点融合、多技能整合的实验项目设计, 搭建学生综合运用知识、解决复杂问题的实践平台, 实现实验教学从“验证再现”向“探究创新”的范式转变。

4.2. 模式维度——从“线下单向”到“线上线下融合的赋能型模式”

加大实验教学硬件投入, 更新升级先进仪器设备与技术平台。如高效液相色谱-质谱联用仪、原子力显微镜等, 提高实验精度与效率, 为开展前沿实验提供条件。选择低毒、利用计算机模拟技术, 辅助实验教学, 让学生在虚拟环境中预演实验, 加深对实验原理理解, 降低实验风险与成本。教学模式创新: “虚拟仿真 + 实体操作”混合模式[6]。从“教师示范”的单向学习, 到“师生协同探究 + 产学研合作实验”模式。

4.3. 时空维度——“小学期 + 预约共享”

打破“固定课表、集中排队”传统桎梏，实验中心搭建“小学期 + 预约共享”双通道时空平台。师生通过手机小程序自助预约，系统自动排班、实时释放机位，提高大型仪器利用率；课外创新、学科竞赛、科普讲解等“小学期”项目被纳入学分统计，学生可跨学期、跨校区累积学时。色谱、质谱、核磁等稀缺设备“一键预约”，实现优质资源动态流转，真正让实验时空从“教室围墙”扩展到“云端 + 全域”。

4.4. 安全与环保维度——“绿色 - 微型 - 循环”三同步

以绿色化学理念引领实验教学全流程变革[7]。开展“绿色有机合成实验”，使用绿色溶剂与催化剂，降低对环境危害。无污染试剂，优化实验方案减少废弃物产生，对实验废弃物进行有效处理与回收利用。对传统实验方法步骤与流程进行梳理，简化繁琐环节，提高实验效率与成功率。采用微流控技术，减少试剂用量，缩短反应时间，降低实验成本与环境污染，同时提高实验精度与可重复性。

5. 高校化学实验改进实践案例分析

5.1. 有机合成实验改进

信息技术驱动实验教学供给侧结构性改革，打造“线上预习 + 线下实操”的混合式教学新形态。课前阶段，教师依托智慧教学平台投放定制化学习资源包，涵盖实验原理讲解视频、操作规范演示、安全注意事项等，支持学生自主完成全流程虚拟预演。既有效缓解了实验设备紧缺与安全隐患等现实困境，又通过丰富的媒体资源增强学习吸引力，夯实理论认知基础。通过前置性在线测评与答疑互动，动态监测预习成效，为线下实验的精准实施提供学情依据[8]。

线下实操阶段，学生领好实验设备，迅速搭建实验装置，完成实验任务卡。教师重点指导装置搭建、规范操作，实时纠正错误。鼓励学生尝试预设的“拓展操作”(如更换催化剂、调整反应温度)，对比不同条件下的产物差异，培养探究能力。设计线上 + 线下、过程 + 结果的综合评价体系如表 1 所示，从预习→模拟→操作→分析→报告，覆盖实验全流程。不仅评价“做了什么”，更评价“怎么思考”，减少主观偏差，能更公平全面反映学生对课程的掌握情况[9]。

Table 1. Comprehensive evaluation system for organic chemistry experiments
表 1. 有机化学实验综合评价体系

线上评价(40%)		线下评价(60%)	
线上过程(20%)	线上结果(20%)	线下过程(35%)	线下结果(25%)
实验预习	方案设计	实验准备	产物质量
虚拟仿真	数据处理	操作规范	表征分析
	讨论反思	实验记录	实验报告

5.2. 易挥发物质摩尔质量测定实验改进

在长期的实验教学实践中，指导教师团队通过课堂观察、学生访谈及实验数据分析，找到传统验证性实验的不足：测定装置多为分立式、大型化设计，存在占地面积大、组装繁琐、气密性与稳定性难以保障等问题；内容方面则停留在“按方抓药”的验证模式，学生仅需机械复现已知结论，缺乏对实验原理的深层追问与对异常现象的自主探究。

针对上述不足，教学团队确立了“问题驱动、三维革新、协同解决”的改革思路。以学生为中心，将

真实实验问题转化为探究任务, 引导学生从“被动验证者”转变为“主动研究者”。通过构建“装置-方法-内容”三位一体的革新路径, 解决传统实验的教学问题。实验装置改进前后实验测量结果的比较如表 2 所示, 改进后的实验兼具操作便捷、性能稳定、结果可靠等优势, 有效解决了原方案的可操作性差、数据波动大等问题, 培养了学生从验证性学习迈向探索性研究, 切实支撑了实践能力与科研素养的培育目标。

Table 2. Comparison of measured experimental results before and after experimental apparatus improvement
表 2. 实验装置改进前后实验测量结果比较

实验仪器	实验时间(min)	$M_{\text{乙醇}}/(\text{g}\cdot\text{mol}^{-1})$	相对误差/%	有效实验成功率
原装置(平均值)	60	79.45 ± 5.00	72.45	0.75
改进装置(平均值)	35	47.62 ± 0.20	3.34	0.90

5.3. 金属刻蚀实验改进

课前, 学生系统预习氧化还原反应原理, 深入理解电极电势、电子转移等核心概念, 并自主查阅资料掌握常见氧化剂与还原剂的理化性质及反应特征。在此基础上, 学生以小组为单位设计对比实验方案, 探究不同物质氧化还原能力的相对强弱, 明确变量控制与对照设置。教师审核方案可行性, 提供实验试剂与仪器, 并系统指导学生做好实验安全防护, 包括护目镜佩戴、通风橱操作及危险废液分类回收。

课中, 学生严格按设计方案开展实验, 细致观察反应体系的颜色渐变、沉淀生成、气体释放等现象, 同步运用电位差计测量各半反应的电极电势, 通过能斯特方程计算判断氧化还原反应的自发性方向与进行程度, 实时记录多组平行数据。教师巡回指导, 重点提醒学生规避强氧化剂与强还原剂直接混合引发的剧烈反应风险, 规范操作仪器, 确保数据采集的准确性与可重复性, 切实培养学生严谨的实验操作规范与精准的数据采集能力。

课后, 学生运用 Origin 或 Excel 处理实验数据, 绘制氧化还原反应进程曲线, 系统分析溶液酸碱度、温度、离子强度等因素对反应平衡与速率的影响规律。教师组织专题研讨, 引导学生将实验结论延伸至金属冶炼(如铝热法炼铁)、电化学防腐(如牺牲阳极保护法)、新能源电池(如锂离子电池正负极材料选择)等真实应用场景, 促使学生将抽象的化学原理与具体的工程技术有机对接, 深化对氧化还原反应普适性价值的认知, 达成知识迁移与高阶思维培养目标。为进一步量化评估教学改进对学生能力提升的影响, 本研究采用了细化的实验报告评分标准如表 3 所示, 实施完善的教学评价体系。

Table 3. Test report scoring criteria
表 3. 实验报告评分标准

评价类型	权重 %	评价维度	分值	评分标准
过程性评价	60	小组合作	15	分工明确合理, 全员积极参与, 协作顺畅, 能主动解决冲突, 定期组内交流
		设计创意	15	班徽设计原创性强, 主题鲜明, 构思新颖, 融合班级特色与化学元素巧妙
		操作规范性	15	严格遵守实验规程, 仪器使用正确熟练, 安全防护到位, 操作步骤有序
		实验记录完整性	15	记录及时、详实、规范, 包含设计草图、参数、现象、问题及反思
成果性评价	40	蚀刻清晰度	20	线条清晰流畅, 边缘整齐无毛刺, 图案细节完整可辨, 蚀刻深度均匀
		美观	10	整体布局协调, 色彩搭配和谐, 视觉效果佳, 具有艺术感染力
		小组展示表达能力	10	表达清晰流畅, 逻辑严密, 能突出设计亮点, 时间把控精准

6. 结语

化学实验改革的多维度改进, 绝非单一要素的线性修补, 而是一场触及教育理念、培养模式与治理体系的系统性变革。从内容重构到模式创新, 从绿色低碳到智能治理, 多维度相互嵌套、协同发力, 共同指向一个核心目标——让实验教学真正成为拔尖创新人才成长的“孵化器”和“加速器”。面向未来, 我们将持续深化“AI 赋能、绿色低碳、安全可控”的协同创新, 推动实验教学范式从“标准化供给”向“个性化赋能”转化, 从“校内闭环”向“开放共享”拓展, 为建设教育强国、实现高水平科技自立自强注入化学教育的核心动能。

基金项目

武汉科技大学教学改革研究项目“本科化学实验的创新性改进及教学实践”(项目编号: 2024X014);

参考文献

- [1] 聂祚仁, 张超, 李洪义. “双化协同”驱动高质量人才自主培养体系建设[J]. 中国大学教学, 2025(12): 8-13.
- [2] 黄竹胜, 薛伟, 常永正, 等. 物理化学实验教学改革: 培养学生创新与实践能力[J]. 大学化学, 2025, 40(10): 10-16.
- [3] 阮永红, 翁玉华, 吴平平, 等. 深化实验教学体系改革, 推进国家级实验教学示范中心高质量发展——化学国家级实验教学示范中心(厦门大学)建设与成效[J]. 大学化学, 2024, 39(7): 237-246.
- [4] 唐艳, 陈红祥, 邱江华, 等. 工科高校基础化学实验课程体系重构与实践[J]. 广州化工, 2022, 50(7): 145-147.
- [5] 胡思海, 孙然, 常宁辉. 大型仪器设备融入化学实验教学的探索与实践[J]. 教育教学论坛, 2025(31): 117-120.
- [6] 吴文华, 朱冰洁, 施镇江, 等. 构建“B + X”实验教学体系多维度促进材料类人才培养[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(6): 24-28.
- [7] 彭皓, 崔莉, 郝俊生. 高校化学实验教学存在的问题及改进策略[J]. 教育理论与实践, 2025, 45(6): 53-56.
- [8] 王杏, 严霜, 赵智勇, 等. 新质生产力引领下有机化学实验教学改革探索[J]. 科教导刊(电子版): 2024(31): 207-209.
- [9] 王杏, 严霜, 赵智勇, 蔡群. 基于乙酰苯胺制备实验探索有机化学实验教学改革[J]. 创新教育研究, 2025, 13(12): 510-517.