

AI赋能有机化学实验室教学与管理改革探索

张婷

忻州师范学院, 山西 忻州 034000

DOI:10.61369/EIR.2026080022

摘 要 : 有机化学实验室是多学科关键实践载体, 传统管理效率低, 实验数据缺少标准化、数字化归档, 试剂耗材手工记录监管, 损耗量大; 实验教学考核依靠人工整理, 难以满足新工科、新理科技创新人才培养需求。本文围绕实验室管理需求, 探索人工智能赋能有机实验室管理体系, 涵盖智能安全防控、数字化实验数据管理、试剂耗材管控、线上线下混合教学、全过程多元考核五大模块。AI 赋能可统筹提升实验室安全、物资、数据、教学、考核综合管理能力, 节约耗材, 革新实验教学体系, 培养学生实操与科研创新能力, 为高校化学实验室智慧化改造与教学改革提供可行方案。

关 键 词 : 智慧实验室; 有机化学实验室; 人工智能; 实验室管理

AI-Empowered Reform in Organic Chemistry Lab Teaching and Management

Zhang Ting

Xinzhou Normal University, Xinzhou, Shanxi 034000

Abstract : As a vital practical carrier for multiple disciplines, organic chemistry laboratories suffer from low efficiency under traditional management modes. Experimental data are not archived in standardized digital, manual record-based supervision of reagent and consumable inventory, leading to severe waste. The assessment of laboratory teaching currently depends on manual collation of scores and records cannot satisfy the training requirements of innovative talents proposed by Emerging Engineering and Emerging Science initiatives. Focusing on laboratory management demands, this paper explores an AI-enabled management system for organic laboratories, which consists of five modules: intelligent safety prevention and control, digital experimental data management, reagent and consumable management and control online-offline hybrid teaching, and whole-process multi-dimensional evaluation. AI empowerment can comprehensively boost the integrated management of laboratory safety, supplies, data, teaching and assessment, reduce consumable consumption, renovate the experimental teaching system, and cultivate students' practical skills and scientific research innovation abilities. This study offers a viable scheme for the intelligent transformation of university chemistry laboratories and experimental teaching reform.

Keywords : smart laboratory; organic chemistry laboratory; artificial intelligence; laboratory management

引言

有机化学实验是高等院校化学类相关专业的必修基础课程, 兼具实践性、操作性与危险性是培养学生微观机理认知、动手实操能力、科研创新思维的核心课程。有机实验涉及易燃、易爆、有毒、腐蚀性试剂, 反应条件严苛, 实验变量繁多, 副反应复杂, 对实验室安全管理、流程管控、教学指导有着极高的要求^[1,2]。传统有机化学实验室管理多依赖人工巡查、纸质记录、经验管控, 存在安全隐患排查滞后、实验数据溯源困难、浪费试剂耗材、个性化教学缺失、考核评价繁琐等诸多问题, 不仅制约实验教学质量提升, 也存在一定的安全风险。

随着教育数字化转型与人工智能技术的快速发展, AI大模型、机器视觉、智能传感、大数据分析等技术逐步融入高等教育实验教学领域, 为传统实验室转型升级提供了全新路径。将人工智能技术应用于有机化学实验室管理与实验教学全过程, 能够实现实验室安全主动预警、实验流程智能管控、教学模式精准赋能、考核评价科学量化, 推动有机实验教学从“经验型、被动型、粗放型”向“智能型、主动型、精细化”转型, 契合新时代高等化学教育改革与创新人才培养的核心目标^[3-5]。本文结合高校有机实验教学现状, 探索人工智能在实验室管理与教学中的应用路径, 构建全新的实验教学改革体系, 并总结实践成效与发展展望。

基金项目: 阳离子硼基纳米团簇与小分子反应性理论研究, XJ2025106。

作者简介: 张婷 (1986-), 女, 汉族, 山西省忻州市人, 博士研究生, 实验师, 从事实验教学及管理研究。

一、传统有机化学实验室教学与管理现存问题

传统高校有机化学实验室存在管理与资源管控弊端，难以适配现代化实验教学需求。有机化学实验具有高危特性，多数试剂易燃易爆、有毒有害，实验操作风险较高，但目前实验室多采用人工巡查的被动管理模式，无法实时监管学生违规操作，也难以对气体泄漏、设备故障、环境参数异常等风险进行事前预警，安全防护存在较大隐患^[9]。学生试剂取用缺乏量化约束，操作失误、重复实验加剧资源浪费，且废液及固体废弃物处置不规范，大幅增加教学成本，违背绿色化学教学理念。此外，传统纸质实验记录存在涂改、缺失、无法溯源等问题，实验数据难以沉淀复用，不利于实验过程规范化管理。

传统有机实验教学模式与考核体系制约了学生综合能力的培养。教学上普遍采用教师演示，教学内容和流程固定，学生自主探究、实验设计的空间不足。针对高危、高成本、长周期的合成实验，学生实操机会有限，难以深度理解实验原理与变量影响，且人工答疑指导难以兼顾学生的基础差异，分层化、个性化教学难以落地^[7]。考核评价方面，现有体系较为片面，主要依托实验报告和期末考试结果开展终结性评价，实验操作、安全行为、问题分析及创新思考等过程性表现占比较少，对学生的实操能力、科研思维与创新素养培养有一定的局限性，且不利于有机实验教学的优化升级^[8]。

二、人工智能赋能有机化学实验室管理的教学改革路径

针对传统有机实验室管理与教学的各类痛点，本文依托人工智能技术，从安全防护、数据管理、物料管控、教学模式、考核体系五个维度，构建智能化、精细化的智慧实验教学管理体系，全面实现实验室管理提质、教学增效与育人赋能^[9-11]。在安全管理方面，结合机器视觉、智能传感与深度学习算法，搭建智能安全预警系统，可精准识别两百余项实验违规操作并实时预警，同步监测实验室气体、温湿度、设备运行状态，依托 AI 风险模型预判安全隐患。同时结合物联网技术对高危试剂实行人脸识别、全程溯源管理，构建主动式全方位安全防护体系。在数据与物料管理方面，引入智能电子实验记录系统，实现实验数据标准化、可溯源管理，AI 可校验实验数据、辅助误差分析，助力培养学生科研素养。依托 AI 物料管理系统，可自动盘点库存、预警过期试剂、智能规划采购方案，同时识别试剂存放风险，优化实验方案以减少耗材损耗与废液排放，践行绿色化学教学理念。

在教学与考核层面，依托 AI 虚拟仿真平台搭建虚实融合教学模式，针对高危、高成本有机实验提供线上模拟训练，结合 AI 反应预测模型，支持学生自主设计合成路线、优化实验参数，有效培养创新思维。搭配 24 小时 AI 智能助教，推送个性化学习资源，实现分层精准教学，弥补传统教学短板。此外，本文重构多元量化考核体系，依托大数据技术建立过程性与创新素养相结合的综

合评价机制。AI 自动获取学生实验操作、安全规范、数据处理、自主预习、巩固反思等全过程数据，智能批改实验报告、量化创新能力。该体系彻底打破传统考核模式，规避主观评分偏差，可客观全面评价学生实操能力与科研创新素养，有效革新有机实验教学模式，为高校化学实验教学高质量发展提供支撑。

三、教学改革实践预期成效

AI 赋能智慧实验室体系的落地应用，从安全管理、人才培养、资源利用及教学质量等方面改善了传统有机实验教学的弊端，能取得显著的应用成效。在安全管理方面，智能安全防控系统实现了实验风险事前预警、事中管控与事后溯源，能有效杜绝学生不规范操作、气体泄漏、设备异常等各类安全隐患，大幅降低实验安全风险，有效解决传统人工管控被动滞后的问题，构建起常态化、智能化的实验室安全管理机制，为实验教学有序开展筑牢安全保障。

在人才培养层面，数字化数据管理体系规范了学生科研行为，锤炼了学生的数据处理与实验分析能力。虚实融合的创新教学模式，为学生提供了自主实验设计、反应条件优化的实践空间，有效激活学生创新思维。改革案例分析表明，改革后学生实操规范性、问题分析与科研创新能力显著提升，多名学生依托智慧实验平台完成科研课题与创新创业项目，综合科研素养得到充分锻炼。同时，智能物料管控系统有效规避了试剂过期、浪费等问题，优化微量实验方案，减少耗材损耗与实验污染，降低教学成本，践行了绿色化学教学理念。此外，AI 个性化教学与多元量化考核模式，打破传统“一刀切”教学弊端，精准适配不同学生学习需求，充分调动学生学习主动性，推动有机实验教学从单一技能训练向综合素质培育转型，全面提升实验教学育人质量。

四、改革存在的问题与优化对策

当前 AI 赋能有机智慧实验室建设仍存在若干亟待完善的问题：项目建设初期硬件投入成本较高，老旧实验室设备兼容性不足，无法快速完成全场景智能化升级；通用 AI 算法模型针对性较弱，与有机化学反应机理、实验细节的适配度有待提升；师生 AI 应用水平参差不齐，自主思考与实操探究能力有待提升；同时实验数据缺乏统一标准，各系统数据无法互通，实验数据的育人价值未能充分挖掘。针对以上问题，可通过多项举措优化完善：采用分步建设模式，优先部署安全防护、数据管理、物料管控等核心功能模块，逐步完成老旧设备智能化适配升级；联合技术团队研发有机化学实验专属 AI 模型，提升风险识别、反应预测与教学指导的精准性；开展师生 AI 应用专项培训，强化教师智能化教学能力，引导学生树立“自主探究为主、AI 辅助为辅”的合理应用理念；统一实验数据规范标准，搭建一体化数据共享平台，深度挖掘实验数据价值，为实验教学改革与创新人才培养提供可靠的数据支撑。

五、小结

人工智能赋能有机化学实验室管理与教学是化学教育数字化转型的必然路径，能够有效破解传统实验室管理粗放、教学模式固化等诸多短板。AI 智慧实验管理体系围绕安全、物资、教学、考核

等角度，全面升级实验室运行机制，既能强化安全风险管控、实现精细化运维，也可提升学生科研创新素养。后续院校应持续深化 AI 技术落地，迭代优化智能管理体系，完善软硬件配套，提升师生数字应用能力，推动有机实验室朝着智能、精细、绿色、创新方向发展，为复合型化学人才培养提供坚实管理保障。

参考文献

[1] 卜建, 涂经纬, 王利军. “人工智能+”时代下数智化赋能高校实验室安全管理的实践研究 [J]. 江苏科技信息, 2025, (24): 74-78.

[2] 郭战胜, 马庆林, 高腾, 等. AI 赋能高校实验室安全管理创新策略初探 [J]. 化工管理, 2024, 33, 61-64.

[3] 张晋, 魏会廷. 人工智能在高校实验室管理中的应用研究 [J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(11): 51-53.

[4] 柳长峰, 王睿. 人工智能在实验室安全管理中的应用、挑战及应对策略 [J]. 实验技术与管理, 2025, 42(4): 239-244.

[5] 厉旭杰, 顾雨晨, 姚持恩, 等. 生成式 AI 驱动的实验室安全隐患智能识别系统 [J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(7): 262-268.

[6] 朱雅婷. “大数据+AI”支持下的高校化学实验室绿色化管理模式研究 [J]. 化纤与纺织技术, 2024, 12: 204-206.

[7] 周成卓, 谢召军. 人工智能预测模型在有机化学实验教学中的应用初探 [J]. 大学化学, 2025, 40(2): 320-331.

[8] 王繁章, 刘成, 尤婷婷, 等. 数智时代高校教学实验室安全管理现状分析与展望 [J]. 实验室科学, 2024, 27(4): 204-209.

[9] 毛慧敏. 大数据与 AI 技术驱动下的高校化学实验室绿色化管理模式创新路径研究 [J]. 化纤与纺织技术, 2025, 54(5): 255-257.

[10] 杜静, 马骁飞, 张树永, 等. 高等学校化学实验室数智化建设建议 [J]. 大学化学, 2026, 41(3): 58-66.

[11] 齐军营. 智能化背景下高校化学实验室安全管理体系的构建 [J]. 塑料工业, 2025, 52(9): 1005-5770.