

智能实验工具赋能学生数智化实操能力培养研究

卢芳杰 张书畅*

石河子大学 新疆维吾尔自治区 石河子 832000

【摘要】：随着教育数字化不断推进，智能化学仿真实验工具逐步应用于院校化学实训课堂。传统实体化学实验受场地、试剂、安全条件制约，存在实训场景有限、实操训练浅层化、高危实验难以开展等短板，无法适配学生化学数智化实操能力的培养需求。本文立足一线化学基础实训课堂，结合课堂观察与教学实践分析，梳理智能化学工具赋能实训教学的内在机理，指出当前存在课程适配不足、过程评价缺失、师生素养薄弱等问题，并提出针对性优化路径，为化学数智化实训课堂提质、提升学生实操素养提供实践参考。

【关键词】：智能化学实验工具；化学数智化实操能力；化学实践教学；课堂赋能

DOI:10.12417/2705-1358.26.14.033

引言

数字技术与教学深度融合，促使院校化学实践教学迈向数字化转型，化学数智化实操能力既是化学应用型人才必备核心素养，也是衔接校内实训与化工、检验行业岗位的关键能力。当下行业实验室、化学检测岗位逐步实现智能化，要求学生掌握数字化试剂调配、实验数据处理、智能仪器参数调试等综合技能。而传统化学实训依赖实体器材与化学试剂，受场地、耗材、有毒易燃易爆试剂等条件约束，难以让全体学生开展常态化深度实操，固定标准化操作流程也不利于培养学生化学探究思维。

现有相关研究大多围绕智能化学实验工具研发、仿真平台搭建与宏观教学改革展开，印证了智能工具对化学实训的辅助价值，形成了成熟理论体系。但现有研究仍存在短板，少有研究立足一线化学基础课堂真实教学场景，对工具浅层化使用、与课程适配度低等实操难题分析不足，可落地的优化对策较为稀缺。针对上述研究空白，本文以普通院校化学基础实训课堂为研究载体，完整梳理智能工具培育学生化学数智化实操能力的内在逻辑，系统剖析其育人机理、现实应用困境与课堂优化路径。研究意在细化智能化学实训课堂落地举措，弥补现有研究重理论、轻实操的缺陷，为化学教师改进数智化实训教学、提升学生数字化实操素养提供可行实践参考。

1 智能化学实验工具赋能学生化学数智化实操能力培养的作用机理

1.1 放宽课堂化学训练限制，增加学生实操练习频次

智能化学实验工具依托云端数字化架构，具备线上自主仿

真实训的核心功能，打破了传统化学实训场地、课时与实体实验器材、危险试剂的硬性约束。平台依托网络运行，内置溶液配制、酸碱滴定、气体制备、离子定性检验等多元化学仿真模块，可完整还原各类基础化学实验的标准操作流程，兼顾常规实体化学实验与线下难以开展的高危、有毒、易爆精密化学实训场景^[1]。相较于实体化学实训，数字化仿真平台无需消耗酸碱、金属盐、指示剂等实验耗材，不存在试剂腐蚀、气体泄漏、加热爆炸等安全风险，支持学生随时随地登录系统反复实操、打磨滴定、称量、装置组装等操作细节，持续积累数字化化学操作经验，为常态化化学实操训练提供稳定的场景支撑。

1.2 丰富课堂化学训练场景，锻炼学生数字化化学实操思维

智能化学实验工具具备反应参数可调、实验场景可切换、实验流程可自主设计的核心特征，能够搭建高自由度的数字化化学实训场景，适配学生化学探究性学习需求。平台不固化试剂配比、反应温度、催化剂用量等实验参数与操作流程，支持学生自主更改实验变量、切换中和反应、氧化还原反应、气体制取等实训工况，灵活搭建个性化对照化学实验组合。在溶液配制、酸碱滴定等常规化学实训中，学生可自主设计多组浓度梯度对照实验，通过调整不同试剂用量、反应条件直观观测反应现象与数据差异，完整参与实验方案设计、仿真实操开展、实验数据整理与误差结果分析的全流程，可有效锻炼学生试剂用量研判、异常反应排查、实验数据计算分析能力，助力学生形成适配数字化化学检验岗位的实操思维逻辑。

1.3 留存全程化学实训数据，助力课堂精准化教学指导

智能化学实验工具搭载自动化数据采集系统，可实时捕捉

作者简介：卢芳杰（1994.12），女，汉族，新疆维吾尔自治区石河子人，高级实验师，博士研究生，研究方向：基础化学实验室管理，工业催化。
通讯作者：张书畅（1995.06），男，汉族，新疆维吾尔自治区昌吉市人，讲师，硕士研究生，研究方向：思想政治教育，马克思主义基本原理。
课题：兵团级本科教改项目：数智赋能化学实验教学及实验室建设的探索与实践（BTBKXM-2025-Y41）。

并完整留存学生化学实训全流程信息,形成可追溯、可复盘的数字化化学实训台账。平台精准记录学生试剂取用顺序、滴定参数设置、反应条件修改轨迹、实训时长及最终实验结果等精细化行为数据,全面覆盖化学实训全过程细节。教师可依托留存数据清晰掌握学生化学实操习惯与能力短板,为分层教学、个性化纠错指导提供客观数据支撑。同时,学生可调取个人化学实训数据复盘滴定读数偏差、装置组装错误、试剂配比失衡等不规范实操行为,持续优化完整实验操作流程。

2 智能化学实验工具赋能学生化学数智化实操能力培养的现实困境

2.1 工具应用贴合化学课堂教学不足,日常实训应用流于形式

目前院校配备的智能化学仿真平台多为通用化工综合系统,平台预设项目以大型有机合成、完整化工流程实验为主,整体偏向一体化综合化工教学,难以匹配基础化学教材碎片化知识点与单课时教学节奏。平台内置的实验流程复杂,而基础化学课堂的教学重心集中在酸碱滴定、溶液定容、气体发生装置组装等零散基础操作,成套综合实验无法直接适配当堂授课需求。受内容匹配度不足的限制,多数化学教师只能简化工具使用方式,仅播放仿真动画展示变色、产气等直观现象,并未结合课时重难点拆分平台模块、设计微型数字化实训任务。线下玻璃仪器实操仍是实训核心,智能仿真工具仅作为课堂演示素材,未能深度融入常规化学实训^[2]。学生操作也仅停留在界面启停等基础点击层面,很少自主调节试剂浓度、搭建多组对照实验、优化原有实验方案,难以借助平台锻炼对应章节的数智实操能力。

2.2 实训评价偏重最终成果,实操全过程缺乏系统考核

现阶段化学实训评价存在明显的结果导向问题,教师评判实训成绩主要依靠滴定最终数据、完整实验报告与课堂出勤,学生仪器操作规范度、变量调控逻辑、误差分析思路等过程性表现长期处于考核空白。这一问题在数字化滴定、溶液配制实训中尤为突出:部分学生直接照搬平台标准试剂配比与固定反应条件就能得出合格数据,但面对装置漏气、滴定终点偏移、试剂过量等突发实验异常时,既无法自主排查故障,也不会调整配比、改变反应条件修正数据偏差。这类学生仅靠复刻标准流程即可取得高分,并未掌握独立开展数字化化学实操的核心能力,仿真后台虽然能够完整留存试剂配比调整轨迹、仪器组装失误、多次调试记录等全过程数据,却很少被教师用于成绩评定^[3]。

2.3 师生平台高阶操作能力薄弱,深度探究类数字化实训开设不足

想要充分发挥智能化学仿真工具的探究育人价值,需要师

生具备成熟的数字化化学实操素养,但当前师生普遍停留在浅层使用阶段,深度探究类实训开设频次较低,直接削弱数智实操能力的培养效果。从教师层面来看,日常教学工作繁杂,缺少系统化的仿真工具专项培训,仅能熟练使用动画播放、页面演示等基础功能,对于自定义试剂参数、搭建化学故障场景、导出实训学情等高阶功能掌握不足。平台支持自主设置试剂污染、装置漏气、滴定读数误差等故障,定制专项纠错实训,可多数教师不熟悉相关操作,只能沿用平台固有模板授课,难以设计探究型、纠错型实训任务。从学生层面来看,多数人仅以完成标准实验流程为学习目标,自主探究意识薄弱。在数字化滴定、溶液配制练习中,很少主动设置梯度浓度对比反应现象,开展气体制备仿真训练时,也不会主动模拟装置破损、药品变质等故障进行排查练习,平台深层次育人价值难以落地。

3 智能化学实验工具赋能学生化学数智化实操能力培养的优化路径

3.1 贴合化学课堂知识点设计实训任务,推动工具常态化落地应用

针对智能化学工具与基础课堂教学适配度不足、应用流于形式的问题,一线化学教学无需开展复杂的体系化整改,只需立足日常课堂教学细节优化实训设计,即可有效推动智能仿真工具常态化落地应用。教师可依托化学教材教学大纲,对照单节课核心教学重难点,针对性拆分平台大型综合化学实训项目,将系统化的复杂合成实验内容改造为适配单课时教学的微型数字化化学实训任务,贴合日常授课节奏。以酸碱中和滴定章节实训教学为例,该章节课堂核心重难点为滴定管规范操作、滴定终点 pH 变化、标准溶液浓度误差计算,教师可精准截取平台滴定仿真核心模块,删减与当堂基础知识无关的有机合成、化工流程等复杂功能,重点保留试剂滴加控制、pH 实时曲线显示、滴定读数记录功能,让平台内容完全贴合当堂化学授课内容。在此基础上,课堂可设置梯度化分层化学实训任务,逐层递进锻炼学生数字化实操能力,基础任务要求学生按照标准流程完成滴定管洗涤、移液、定容等基础数字化操作,帮助学生熟练掌握化学数字化基础操作流程;拓展任务鼓励学生自主设置轻微装置漏气、标准液浓度偏差等实验故障,独立完成问题排查与实验方案修正。通过分层任务设计,教师可将智能化学工具全面融入课前、课中、课后全教学流程,课前推送简短溶液配制仿真预习任务帮助学生熟悉仿真仪器操作界面,课中聚焦滴定、离子检验等重难点开展分层数字实训,课后调取平台数据布置误差复盘巩固练习,循序渐进改善工具闲置、形式化应用的教学问题。

3.2 活用平台化学实训数据,搭建过程化课堂评价方式

为有效解决传统化学实训结果评价片面、过程能力考核缺

失的问题,教师可充分依托智能化学实验工具的全程数据留存功能,重构精细化、过程化的课堂评价模式,彻底改变单一依靠最终实验成果打分的评价方式。日常化学实训成绩可细化为五项可落地、可量化的评分维度,具体包含化学仪器操作规范度、试剂配比设置合理性、实验误差修正效率、实训数据计算准确度、实验方案拓展创新度,全方位覆盖学生化学实操全过程的能力表现。以数字化酸碱滴定实训为例,教师可在每节课教学结束后导出班级化学实训台账,逐一查看每位学生的试剂添加浓度调节轨迹、滴定读数操作步骤、仪器组装出错次数、多组平行实验反复调试记录等实操细节。依托平台大数据优势,系统可自动完成学生基础化学仪器操作规范性的量化打分,教师则结合学生自主排查实验故障、多组数据对比分析、自主改进实验方案等高阶素养,补充对应的质性评价内容,实现量化评分与质性评价的有机结合^[4]。这种精细化的评价模式,不仅能够帮助教师精准识别只会照搬标准试剂配比、不会自主调控反应条件、分析实验误差的学生,进而开展针对性纠错辅导,还能真实反映学生化学实操成长过程,有效引导学生重视每一次数字化学实训的过程积累。

3.3 开展轻量化实训培训,提升师生深度化学实操应用能力

针对师生智能化学工具深度应用能力薄弱的核心痛点,院校可依托化学校本教研体系开展轻量化、常态化的专项培训,稳步提升师生双向深度数字化化学实操能力,适配数智化化学实训课堂的发展需求。学校无需组织大规模、集中式的专项培

训,可依托日常十分钟化学教研微课堂打磨师生仿真实操技能,贴合一线化学教学工作实际。同时,搭建化学教师常态化交流机制,鼓励教师互相分享智能仿真工具课堂应用实操案例,交流探究型滴定实训设计、多梯度试剂对照实验搭建、化学故障场景设置等实用教学方法,实现教学经验共享互通^[5]。在学生培养层面,化学教师可利用实训课前五分钟开展轻量化微指导,针对性讲解单节课对应的仿真平台进阶操作方法,帮助学生掌握深度化学实训技巧。课堂可定期设置开放性化学实训小任务,比如在滴定仿真实训中引导学生自主设计2至3组不同浓度酸碱对照实验,在气体制备实训中模拟装置漏气故障并完成排查修复操作。同时,依托班级内部小型数字化滴定技能比拼、化学仿真实操打卡等趣味活动,充分调动学生深度化学实训的探究积极性,逐步夯实师生整体数智化学实训应用能力。

4 结论

本文系统阐释智能化学仿真工具在基础化学实训课堂的育人价值,明确其可通过拓展实训场景、塑造数字化探究思维、支撑精准教学三条路径,培育学生化学数智实操能力。针对仿真工具落地存在的现实痛点,文中结合一线教学实际,提出分层微型实训设计、数据化过程评价、轻量化师生素养培育三类实操方案,可有效缓解实训教学浅层化问题。相关优化举措贴合化学基础实验教学场景,能够为院校推进化学实训数字化改革、提升学生数字化实操综合素养提供可行实践方案。

参考文献:

- [1] 林森,姜蓉,卢雪峰,等.数智技术促进科教融合:将“数据驱动制备低成本高效电解水催化剂”研究用于综合化学实验教学[J].大学化学,2026,41(1):188-203.
- [2] 陶呈安,黄坚,李玉姣.大学化学实验教学人工智能的应用探讨[J].大学化学,2025,40(9):11-16.
- [3] 王金龙,陈晓宇,颜攀,等.人工智能辅助的 Chem Score 系统在化学实验教学中的应用研究[J].化学教育(中英文),2025,46(16):110-115.
- [4] 许慧.职业院校课程教学数智化建设的应然逻辑、现实困境和优化路径[J].职教通讯,2025,(8):61-67.
- [5] 蒋浩阳,畅正轩,赵卫光.AI赋能化学人才培养路径:基于AI创新教育平台的气相色谱数据分析教学辅助系统的构建[J].化学教育(中英文),2025,46(24):53-60.