

AI 虚拟实验室在高中化学实验教学中的应用与效果研究

罗彬

昌都市第六高级中学

摘要：AI 虚拟实验室通过技术赋能为高中化学实验教学提供了创新解决方案。本研究以人教版高中化学教材为载体，探索虚实互补实验体系构建、数据驱动的个性化指导、过程性评价优化及教师信息素养提升等策略，AI 虚拟实验室能够突破传统实验的时空限制，强化学生对抽象概念的理解，通过实时反馈与动态评价促进科学探究能力的阶梯式发展。技术工具与学科逻辑的深度融合既提升了实验教学效率，更推动了学生证据推理、创新意识等核心素养的培育，为化学教学数字化转型提供实践范例。

关键词：AI 虚拟实验室；高中化学实验教学；过程性评价；信息素养

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2025.08.168

引言

目前高中化学实验教学存在着资源分配不公，参与度不足以及评价方式单一的现状，传统实验课堂中危险性高的实验操作行为、实验对象无法呈现宏观或微观现象的缺陷易造成学生在实验课堂上进行表面化的认识，不利于培养学生的科学思维。AI 虚拟实验室利用真实还原实验场景、实时采集学习数据、提供及时反馈等功能突破了这一道屏障，从而解决了这些问题。本研究针对人教版高中化学实验教材核心内容开展实验探究活动，结合虚拟技术与学科教学融合过程中存在的问题，采用虚实互补模式为切入点，分析虚实互补模式下数据反馈机制的实际应用情况以及师生协同优化的实践案例揭示 AI 技术赋能实验教学的内在规律，为新时代化学教育创新提供理论支撑与实践参考。

一、当前高中化学实验教学中的主要问题

（一）实验教学资源配置不均，实践性难以落地

高中化学实验的教学开展离不开各种配套硬件设施和材料，但是各个地方不同学校的资源配置有很大差异，例如经济条件较好的学校会配置标准实验室，有足够多的实验器材和数字化辅助设备，但是经济落后的学校会存在实验室面积不够，仪器设备陈旧或者缺少试剂的情况。因此导致学生的实践机会各不一样，有资源充足的学校能照着教材安排分组实验，条件薄弱的学校只有教师做实验给学生看，或者是播放视频供学生观看。实验耗材的补充以及设备的维护都需要长久的资金支持，一些学校因资金问题将原本应该有的实验课减掉，甚至把部分探究性实验变为理论性讲解，失去了实验教学的实践性、体验性，学生并不能够通过亲自动手来达到了解掌握化学本质规律的目标，

也就无法获得完整的科学探究思维，学生的科学素养也因为实验条件而受到了影响^[1]。

（二）实验课程重“演示”轻“探究”，学生主体性不足

当前化学实验课堂中教师主导的演示型实验仍占据主要地位，许多教师为规避安全风险或追赶教学进度，倾向于预先设定实验步骤与结果，要求学生严格按照操作手册完成流程，例如在“酸碱中和反应”实验中，学生只需按量添加试剂、观察颜色变化并记录数据，却鲜少有机会自主设计实验方案、调整变量或分析异常现象，教师习惯性地实验简化为验证课本结论的工具，忽视了学生提出假设、设计方案、解决问题等关键能力的培养。部分教师对实验教学的价值认知存在偏差，认为实验仅是理论教学的辅助手段，导致实验内容与生活实际脱节，例如学习“金属活动性顺序”时，学生虽能背诵金属反应规律，却无法解释日常生活中的铁器生锈现象。脱离真实问题的教学方式难以激发学生的探究兴趣与创新意识，过度强调演示与验证的实验教学本质上仍是知识灌输的延伸，若学生始终处于被动执行指令的状态，其科学思维与问题解决能力的发展必然受限^[2]。

（三）实验教学评价缺乏针对性与反馈机制

目前实验教学评价过于僵化，大多是根据学生的实验报告的完成情况或者实验结果是否正确来进行评价，并没有考虑到学生在实验过程中有无按照规范来进行实验的操作，是否具有合作能力以及自己思维的表现等。例如在“溶液配制”实验中学生因计算错误导致浓度偏差，但其在称量、定容等操作中展现的严谨态度却未被纳入评价范围。当前很多评价延后而且缺乏针对性，不能及时对学生给出详尽的建议和指导意义。部分学校为追求

评价效率,采用“一刀切”的标准化评分表,忽略不同实验类型的目标差异,例如基础操作类实验与探究设计类实验共用同一评价框架,导致评价结果无法真实反映学生的能力发展梯度。缺乏针对性的评价如同失去校准功能的指南针,既无法准确诊断学生的学习短板,也难以引导教师优化教学设计,当评价与教学目标脱节时实验教学的育人价值必然大打折扣^[3]。

(四)教师对AI技术认知偏浅,融合教学能力不足。伴随着人工智能技术应用于教育的程度逐步加深,化学实验教学也迎来了全新的发展机遇和挑战,但是目前仍然有部分教师对于AI的理解仅停留在理论层面,无法掌握将AI技术与实验教学进行深度融合的方法,还有部分教师将AI简单地理解为“虚拟实验软件”,仅仅用来代替一些危险实验的模拟或作为演示的补充素材。比如,“化学反应速率影响因素”实验本可以通过AI采集温度、浓度等变化情况并通过形成动态模型的方式来让学生更加直观的了解因素之间的联系,但是在当前教学过程中这一类技术较为少见。且大部分教师并未接受过专业的系统的培训,不知道如何利用智能设备来开展实际的实验操作,不会从实验数据的角度进行相关的分析,所以在教学过程中就会出现部分设备闲置或是使用率较低的情况,还有一部分教师虽然操作能力较强,但是由于自身对技术不够了解,也导致技术方面的工具无法发挥出相应的价值,AI就很难去为实验教学带来有效的赋能,反而可能会因为错误的应用而加大教师的工作负担^[4]。

二、AI虚拟实验室在高中化学实验教学中的应用策略

(一)构建“虚实互补”实验体系,提升教学完整性

AI虚拟实验室的应用需与传统实验形成协同效应,通过“虚拟预演—实体操作—虚拟拓展”的三阶段设计构建完整的实验学习闭环,虚拟场景能够突破时空限制,让学生在安全环境中熟悉实验流程、观察微观反应机理;实体实验则着重培养动手能力与真实问题解决能力;后续虚拟拓展可深化理论认知,形成知识迁移,互补模式既弥补了传统实验的局限性,又放大了虚拟技术的优势^[5]。

以人教版必修一《物质的量浓度溶液配制》为例,传统教学中学生常因操作步骤烦琐(计算、称量、溶解、转移、定容)导致误差较大,教师则可以通过虚实互补设计:第一阶段,学生在虚拟实验室中反复模拟托盘天平使用、容量瓶定容操作,系统实时提示“称量纸未归

零”“刻度线俯视读数”等常见错误;第二阶段进入实体实验室,学生因已掌握关键操作要点,能更专注解决实际难题,如处理溶解时液体飞溅、定容时液面过高等突发情况;第三阶段返回虚拟场景,通过调整溶质质量、溶液体积等参数,观察浓度变化曲线,理解“物质的量浓度”与溶质、溶剂量的动态关系。虚实互补不是简单的技术叠加,而是通过阶段化设计重构实验教学逻辑,虚拟环节化解了操作风险,实体环节锤炼了实践能力,拓展环节打通了理论关联,三者协同保障学习目标的完整实现。

(二)以AI数据反馈为依托,优化个性化指导路径

AI虚拟实验室的核心价值在于实时采集、分析学生学习数据,为教师提供精准学情画像,AI通过记录学生操作轨迹、反应时间、错误频率等细节识别个体认知盲区与能力短板,进而生生成定制化训练方案,进而使教学指导从“经验驱动”转向“数据驱动”,真正实现因材施教。

教师可以借助于人教版必修一《氧化还原反应》的虚拟实验设计方案,当学生在虚拟场景中探究铁与稀硫酸、浓硫酸反应的不同之处时,AI系统会记录学生的多个行为数据:比如学生多次调节硫酸浓度,但不观察气体速率的变化时说明其缺乏变量控制意识,此时AI推送给学生有关“单变量”的微课;如果学生多次不能正确区分 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 两种溶液对应的检验方法,AI将会推送该类题目的专项训练。对于操作实验,教师根据AI的班级热力图开展实验环节重点演示,运用纠错任务卡练习高频错误点并借助于虚拟回放中功能将自己所操作的过程呈现在学生面前,对比学生操作的过程,AI能够自动识别出“药匙取用后未擦拭”“读数时未平视”等失误并提出相应的分步改进意见。数据反馈将模糊的教学评价转化成了具体的改进指南,指导着教师改变原有的课堂教学行为,也指引着学生自身的问题所在并主动加以改正,这样一来就形成了“诊断—干预—强化”的实验教学的良性循环,从本质上提高实验教学质量。

(三)强化实验过程评价与多元呈现方式

传统实验评价常聚焦于最终结果,忽视了学生在操作过程中的思维变化与能力发展,因此教师需要强化过程性评价的核心,通过多维度观察记录学生的实验行为、问题解决策略及协作表现,并采用多样化的成果呈现方式,全面反映学生的科学素养成长轨迹,帮助学生更清晰地认知自身优势与不足,也为教师调整教学策略提供依据。

教师以必修二《影响化学反应速率的因素》这一实验课程来设置教学评价框架,在探讨探究浓度对化学反应速率的影响过程中设计“硫代硫酸钠和硫酸的对比实验”,过程性评价包括学生能否认真做好溶液混浊度变化时间差的数据记录(记录证据的能力);能否作好浓度-反应时间关系图(数据分析能力);在小组内是否针对实验变量之外可能影响实验结果的条件进行了相关的质疑(如温度是否会影响实验结果?)。除了上述结果汇报采用书写的文字表达外,学生的成果还有不同的表现形式:制作实验视频日志,如一组学生用延时摄影将硫代硫酸钠各浓度下的沉淀生成全过程记录下来并配文说明各条曲线间斜率差异的原因;或者用白描屏屏制作成不同装置组合下硫代硫酸钠在不同浓度下的变化全过程动画;或者将实验数据绘制成柱状图并用不同颜色区划出各组浓度大小,用来表示变量之间的关系。这一过程中“勤思考”“善巧思”也成了区别不同类型学生的区分指标之一,使得评价不再是“齐步走”。

(四) 推进教师信息素养提升与校本平台建设

教师信息素养的提升是技术赋能教学的前提,而校本平台建设则为资源整合与经验共享提供了载体,教师需从“技术使用者”转变为“课程设计者”,能够根据学科特点筛选、改造技术工具并开发符合校情的数字化资源。

以人教版选择性必修一《电解池》教学为例,教师在备课阶段利用平台调用电解饱和食盐水的三维模拟动画,将其拆解为“电极反应”“离子迁移”“气体检验”三个模块并插入关键问题链:“为何阴极产生氢气而非钠单质?”“如何证明阳极气体是氯气?”授课时,学生通过平台终端操控虚拟实验参数,如调整电压观察气泡生成速率变化,系统自动生成电极反应式并标注电子转移方向。课后教师将学生提交的电解精炼铜创意方案(如“如何降低阳极泥中的银损耗”)上传至平台讨论区,发起跨班级投票与优化建议征集,平台内置的教师研修模块提供“电解工业应用”虚拟仿真实训,帮助教师掌握电化学技术的前沿案例,反哺课堂教学设计。信息素养提升与平台建设是技术落地的双重保障,当教师能够自主构建数字化资源,当校本平台成为连接理论与实践的桥梁时技术才能真正服务于学生的深度学习需求。

(五) 融合学科主题项目化学习,拓展综合实践能力

项目化学习通过设定真实情境中的复杂问题引导学生整合多学科知识开展探究,其核心在于打破学科壁垒,让学生在解决实际问题的过程中形成系统性思维,化学

学科与生活、环境、技术等领域的天然关联性,为项目设计提供了丰富的主题资源。教师需选取既能体现化学核心概念,又具备现实意义的研究主题,以此来设计“问题提出—方案设计—实践验证—成果迭代”的完整链条,使学生在跨学科协作中深化知识理解,培养信息整合、创新设计等高阶能力。

以人教版选择性必修三《功能高分子材料》为例,教师可设计“智能环保包装材料研发”项目,学生需结合化学、工程、环境等学科知识,先通过虚拟实验室模拟聚乙烯、聚乳酸等材料的降解过程,分析温度、湿度对降解速率的影响,再研究天然植物纤维(如竹粉、秸秆)与合成材料的复合性能,利用AI建模预测不同配比的力学强度与降解周期,最后设计一款兼具缓冲性能与快速降解特性的快递包装方案,并制作三维模型展示材料结构。在此过程中,学生需自主查阅生物降解机理、物流运输需求等资料,协调小组分工,例如化学基础较好的成员负责材料合成模拟,擅长技术的成员操作建模软件,沟通能力强的成员进行成果答辩。项目化学习将零散的化学知识转化为解决实际问题的工具,当学生为了完成一个真实任务而主动调用跨学科知识、反复修正方案时,他们对化学原理的理解便从表层记忆升华为深度应用,批判性思维与团队协作能力也得到同步发展。

结语

人工智能虚拟实验室的应用实现了高中化学实验教学从“经验主导”到“数据驱动”时代的新飞跃,在虚实结合的实验体系中使学生能够在安全的环境下反复试错,观察微观机理,在动态反馈和过程性评价的背景下能更精准地找到学生存在问题所在,实行因材施教并且学校自有平台及信息素养能使教育持续被赋能,让学校教研与家校共育协同开展。

参考文献

- [1] 王文,何盼,占小红.基于虚拟实验室的中学化学实验教学创新研究[J].化学教与学,2023,(03):82-88.
- [2] 雷江蛟.基于NOBOOK虚拟实验室的中学化学混合式教学模式研究[D].陕西理工大学,2019.
- [3] 吕浩.中学化学虚拟实验室的构建及实现[D].东北师范大学,2013.
- [4] 齐悦含.中学化学虚拟实验室智能诊断平台知识表示研究[J].科技创新导报,2012,(21):13-16.
- [5] 黄睿航.浅谈虚拟实验室在中学化学考试的应用潜力[J].中小学电教(下),2012,(07):2-3.