

人工智能融入化工原理实验教学改革的探索与实践

石晨 王雅坤 刘光辉 朱亚楠 亢玉红

榆林学院化学与化工学院, 陕西榆林, 719000;

摘要: 化工原理实验是化工类专业连接理论知识与工程实践的核心课程, 在培养学生工程思维和实践能力方面具有不可替代的作用。然而, 传统实验教学模式存在数据处理效率低、实验场景局限性大、学生创新能力培养不足等问题。随着人工智能(AI)技术在各行各业的深度渗透, 将AI融入化工原理实验教学成为推动课程升级的重要方向。本文首先分析了传统化工原理实验教学的现状与不足, 随后从教学内容优化、教学方法创新、评价体系完善三个维度, 系统探讨了AI技术在化工原理实验中的应用路径, 包括虚拟仿真实验平台构建、实验数据智能分析系统开发、个性化学习方案推送等。最后, 通过教学实践案例验证了AI赋能化工原理实验教学的成效, 同时指出了改革过程中面临的挑战与未来展望, 为化工类专业实验教学改革提供参考。

关键词: 人工智能; 化工原理实验; 教学改革; 虚拟仿真; 数据智能分析

DOI: 10.69979/3029-2735.26.04.044

化工原理实验以“传递过程”和“单元操作”为核心, 涵盖流体输送、传热、精馏、吸收等多个经典实验项目, 其教学目标不仅是让学生验证理论公式、掌握实验操作技能, 更重要的是培养学生发现问题、分析问题和解决工程实际问题的能力^[1]。随着化工行业向智能化、绿色化方向转型, 企业对人才的需求不再局限于传统的操作能力, 更强调具备数据驱动决策、智能系统应用等复合型能力。

传统化工原理实验教学模式已难以适应新时代人才培养要求。一方面, 实验装置多为固定流程, 学生只能按照预设步骤操作, 难以探索不同工艺参数对实验结果的影响, 创新思维受到限制; 另一方面, 实验数据处理依赖人工计算和绘图, 不仅效率低下, 还容易因人为误差导致结果偏差, 无法体现工程实践中的“精准性”要求。此外, 部分高危、高耗、大型的化工实验(如高温反应、有毒物质分离)受限于实验室条件, 学生无法亲自动手操作, 导致工程认知存在断层^[2]。

人工智能技术的快速发展为解决上述问题提供了新的思路。AI技术能够实现实验数据的实时采集与智能分析、构建高仿真的虚拟实验场景、为学生提供个性化的学习指导, 从而打破传统实验教学的时空限制, 提升教学质量和效率^[3]。因此, 开展AI融入化工原理实验教学的改革研究, 具有重要的理论意义和实践价值。

1 传统化工原理实验教学的现状与不足

1.1 实验内容固化, 创新性不足

传统化工原理实验多以验证性实验为主, 实验项目和流程长期固定(如“离心泵特性曲线测定”“套管换

热器传热系数测定”等), 学生只需按照实验指导书的步骤完成操作、记录数据即可, 缺乏对实验原理的深入思考和对实验方案的自主设计空间。这种“照方抓药”式的实验模式, 导致学生主动探索意识薄弱, 难以培养其创新思维和工程实践能力。

1.2 数据处理效率低, 误差控制困难

在实验过程中, 学生需要手动记录大量实验数据(如流量、温度、压力、浓度等), 实验结束后通过Excel或计算器进行数据计算、线性拟合和图表绘制。一方面, 人工处理数据耗时较长, 学生往往将大量时间花费在重复计算上, 而非对数据背后的工程意义进行分析; 另一方面, 人工操作容易引入人为误差(如数据记录错误、计算失误), 导致实验结果与理论值偏差较大, 影响学生对实验原理的理解和信任。

1.3 实验场景局限, 高危实验难以开展

受限于实验室场地、设备成本和安全风险, 部分具有重要工程意义的化工实验(如大型精馏塔操作、有毒气体吸收、高温高压反应等)无法让学生亲自动手操作。学生只能通过理论学习或观看视频了解相关实验过程, 难以形成直观的工程认知, 导致理论知识与工程实践脱节。

1.4 教学评价单一, 缺乏过程性考核

传统化工原理实验教学评价多以实验报告为主要依据, 重点关注实验数据的完整性和实验结果的准确性, 忽视了学生在实验过程中的操作规范性、团队协作能力、问题解决能力和创新思维。这种单一的评价方式无法全

面反映学生的学习效果,也难以激发学生的学习积极性。

2 AI融入化工原理实验教学的改革策略

针对传统化工原理实验教学的不足,结合AI技术的优势,本文从教学内容、教学方法和评价体系三个维度,提出以下改革策略:

2.1 优化教学内容:构建“虚拟仿真+真实实验”双轨实验体系

利用AI技术(如三维建模、虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等)构建化工原理虚拟仿真实验平台,还原高危、高耗、大型化工实验的真实场景。例如,针对“大型精馏塔操作”实验,通过VR技术构建与工业实际一致的精馏塔模型,学生可在虚拟环境中调整回流比、进料位置、塔釜温度等参数,实时观察塔内气液两相流动状态、浓度分布变化,并通过AI算法模拟不同参数对精馏效率的影响。虚拟实验不仅解决了真实实验中安全风险高、设备成本高的问题,还允许学生进行“试错式”探索,培养其自主设计实验方案的能力^[4]。

在保留经典验证性实验的基础上,增加综合性、创新性实验项目。例如,设计“基于AI的换热器性能优化实验”,要求学生结合传热理论,利用实验平台采集不同工况下的传热数据(如流体流量、进出口温度、传热系数等),通过AI算法(如回归分析、神经网络)建立传热系数预测模型,并基于模型优化换热器的操作参数,实现能耗最低化或传热效率最大化。这类实验项目将AI技术与化工原理知识深度融合,能够有效培养学生的工程思维和创新能力。

2.2 创新教学方法:实现“数据智能分析+个性化学习”双驱动

基于Python、MATLAB等工具,结合机器学习算法,开发化工原理实验数据智能分析系统。该系统可通过传感器实时采集实验数据,并自动完成数据清洗、异常值检测、公式计算、图表绘制和结果分析。例如,在“离心泵特性曲线测定”实验中,系统可实时采集流量、扬程、功率等数据,自动剔除异常数据,拟合离心泵特性曲线(H-Q曲线、N-Q曲线、 η -Q曲线),并生成数据分析报告,指出实验结果与理论值的偏差原因(如管路阻力损失、泵的磨损等)。数据智能分析系统不仅提高了数据处理效率,还能帮助学生深入理解实验数据背后的工程意义,培养其数据驱动决策的能力^[5]。

利用AI技术分析学生的学习数据(如实验操作记录、数据处理结果、实验报告成绩等),构建学生学习画像,识别学生的知识薄弱点(如对“传质系数计算”理解不足、对“实验误差分析”掌握不扎实等),并推

送个性化的学习资源(如相关理论视频、例题讲解、拓展实验项目等)。例如,对于在“吸收实验”中数据处理错误较多的学生,系统可推送“吸收速率方程推导”的微课视频和“传质系数计算实例”,帮助其巩固相关知识;对于实验操作规范的学生,系统可推荐“新型吸收剂性能研究”的创新性实验项目,激发其探索兴趣。个性化学习指导系统能够满足不同学生的学习需求,实现“因材施教”。

2.3 完善评价体系:建立“过程性考核+能力导向”的多元评价机制

利用AI技术记录学生在实验过程中的表现,包括实验操作规范性(如设备组装顺序、参数调节准确性)、团队协作能力(如任务分工、沟通效率)、问题解决能力(如对实验异常情况的处理)等,并将这些指标纳入考核体系。例如,在虚拟仿真实验中,系统可实时监测学生的操作步骤,对错误操作(如未关闭阀门就启动泵、进料浓度设置错误)进行提示,并记录操作失误次数;在真实实验中,教师可通过视频监控和AI行为分析系统,评估学生的操作规范性和团队协作情况。过程性考核能够全面反映学生的学习过程,避免“一考定终身”的弊端^[6]。

在评价体系中增加对学生创新能力和工程实践能力的考核权重。例如,对于学生自主设计的实验方案(如“基于AI的多效蒸发系统优化方案”),从方案的科学性、可行性、创新性三个维度进行评价;对于实验报告,不仅关注数据准确性,还关注学生对实验结果的分析深度(如是否结合工业实际提出改进建议)和创新思考(如是否提出新的实验方法或优化思路)。此外,可引入企业工程师参与评价,从工业实际需求出发,评估学生实验成果的工程应用价值,使评价结果更贴合企业人才需求^[7]。

3 教学实践案例与成效分析

为验证AI融入化工原理实验教学的成效,以榆林学院2023级化工工程与工艺专业学生为研究对象,将学生分为实验组(采用AI赋能的实验教学模式)和对照组(采用传统实验教学模式),每组各30人,在“流体输送”“传热”“精馏”三个核心实验项目中开展教学实践。

3.1 实验过程与数据收集

在实验组中,学生通过虚拟仿真实验平台完成“大型离心泵操作”的预习和探索,利用数据智能分析系统处理实验数据,并通过个性化学习指导系统获取针对性学习资源;对照组则采用传统实验教学模式,学生按照

实验指导书完成操作,手动处理数据。实验结束后,通过实验报告成绩、操作技能考核、创新方案设计、问卷

调查等方式收集数据,对比两组学生的学习效果。

3.2 实践成效分析

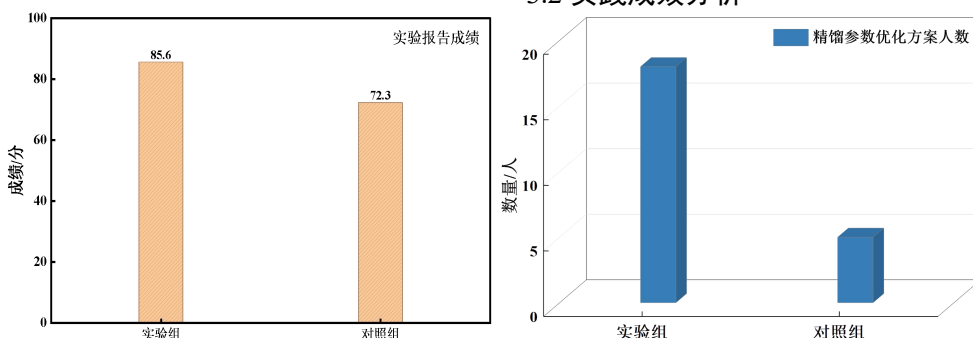


图1 实验报告(a)和精馏参数优化方案人数(b)对比

实验组学生的实验报告平均成绩(85.6分)显著高于对照组(72.3分),这表明AI技术的融入不仅提高了学生数据处理的准确性和操作的规范性,还帮助学生深入理解了实验原理,提升了学习效果。

在“精馏实验”的创新方案设计环节,实验组有18名学生提出了基于AI的精馏参数优化方案(如利用神经网络预测精馏塔效率),占比60%;而对照组仅有5名学生提出创新方案,占比16%。这说明AI赋能的实验教学模式能够有效激发学生的创新思维,培养其创新能力。

问卷调查结果显示,实验组中有92%的学生认为虚拟仿真实验和数据智能分析系统提高了学习兴趣,帮助其解决了知识薄弱点;而对照组仅有65%的学生对实验教学感兴趣。这表明AI融入实验教学能够有效提升学生的学习积极性和主动性。

4 结论

AI融入化工原理实验教学是顺应化工行业智能化发展趋势、培养复合型化工人才的重要举措。本文通过分析传统化工原理实验教学的不足,提出了“虚拟仿真+真实实验”双轨实验体系、“数据智能分析+个性化学习”双驱动教学方法、“过程性考核+能力导向”多元评价机制的改革策略,并通过教学实践验证了改革的有效性。尽管改革过程中面临师资、资源、学生基础等方面的挑战,但通过加强师资建设、推动资源共享、优化基础教学、深化产教融合等措施,能够有效解决这些问题,推动化工原理实验教学的高质量发展。未来,随着AI技术的不断进步和教学改革的不断深化,AI将在化工原理实验教学中发挥更大的作用,为化工行业培养更多具备创新能力和工程实践能力的高素质人才。

参考文献

[1]王要令,张秀涛,张罡,等.基于应用型人才培养的

“化工原理实验”教学改革[J].化工时刊,2024,38(6):73-76.

[2]景介辉,董子龙,赵艳红,等.基于学生能力培养的化工原理实验课程教学改革探索[J].中国现代教育装备,2025(1):110-112.

[3]陆素芬,于倩倩,钱丰.结合虚拟仿真技术的化工原理实验课教学改革与实践[J].科研成果与传播,2023(1):423-425.

[4]舒群威,王雪丽,罗孜,等.基于OBE背景下“化工原理实验”信息化教学改革探索[J].大众科技,2023,25(3):183-185.

[5]刘国辉,杨丹.教育强国建设背景下化工原理实验教学改革创新研究[J].化学工程与装备,2025,11:161-163.

[6]范明霞,韩东,胡兵,等.化工原理实验课程思政建设探索与实践[J].化工设计通讯,2025,51(10):69-71.

[7]柳富杰,阮文红,张建辉,等.基于宽口径高素质人才培养教改探索——以“化工原理实验”为例[J].化工时刊,2025,39(02):57-60.

作者简介:石晨(1993.01-),男,汉族,陕西西安人,博士,讲师,研究方向:化工过程强化与模拟。本文为国家自然科学基金委员会“煤焦油沥青质定向转化的双功能催化剂多尺度结构与性能协同调控及活性氢转移机制”(编号:22068038),国家自然科学基金委员会“木质素热解中分子间相互作用机理研究”(编号:52106177),陕西省教育科学研究院“化工类专业课程思政体系的设计、构建与实践”(编号:SGH25Q681),榆林学院“表面活性剂对微生物降解低阶煤的影响机理研究”(编号:2023GK59)项目成果。