

AI 赋能新能源基础实验课程模式构建与实践路径

成蕾, 侯亚男, 王珍彦, 丁玉洁, 范文宇, 陈雍, 方心妍

珠海科技学院 生命科学学院, 广东 珠海 519041

DOI:10.61369/EST.2025060004

摘要 : 随着人工智能技术的迅猛发展与“双碳”战略目标的深入推进, 传统的新能源专业实验教学面临教学内容滞后、高风险实验难以开展、评价方式单一等诸多挑战。本文旨在探讨人工智能技术赋能新能源基础实验课程的教学改革新模式。论文首先分析了传统实验教学的痛点与 AI 技术的内在赋能优势, 进而以《AI 赋能新能源基础实验》课程为例, 系统构建了“虚拟-增强-自主”三层递进式的实验教学新范式, 详细阐述了其“AI+实验设计”“AI+实验过程”“AI+实验评价”的核心教学模式。通过具体实验案例, 展示了 AI 在锂离子电池性能预测、光伏系统故障诊断等实验中的应用实效。实践表明, 该模式能有效破解高危、高成本实验的教学瓶颈, 实现实验教学的个性化、智能化与高效化, 显著提升学生的创新思维与解决复杂工程问题的能力, 为新时代工科实验教学改革提供了可资借鉴的路径。

关键词 : 人工智能; 教育改革; 新能源实验; 教学模式; 课程创新

AI-Empowered Construction and Implementation Pathways for New Energy Fundamentals Experimental Courses

Cheng Lei, Hou Yanan, Wang Zhenyan, Ding Yujie, Fan Wenyu, Chen Yong, Fang Xinyan

School of Life Sciences, Zhuhai University of Science and Technology, Zhuhai, Guangdong 519041

Abstract : With the rapid advancement of artificial intelligence technology and the deepening implementation of the "dual carbon" strategic goals, traditional experimental teaching in new energy disciplines faces numerous challenges, including outdated teaching content, difficulties in conducting high-risk experiments, and limited evaluation methods. This paper aims to explore a new model for teaching reform in foundational new energy experimental courses enabled by artificial intelligence technology. The paper first analyzes the pain points of traditional experimental teaching and the inherent enabling advantages of AI technology. Taking the course "AI-Empowered Fundamental Experiments in New Energy" as an example, it systematically constructs a new three-tier progressive experimental teaching paradigm—"virtual-augmented-autonomous"—and elaborates on its core teaching modes: "AI+Experiment Design" "AI+Experiment Process" and "AI+Experiment Evaluation". Through concrete experimental cases, it demonstrates the practical effectiveness of AI applications in experiments such as lithium-ion battery performance prediction and photovoltaic system fault diagnosis. Practice shows that this model can effectively overcome the teaching bottlenecks of high-risk, high-cost experiments, achieving personalized, intelligent, and efficient experimental teaching. It significantly enhances students' innovative thinking and ability to solve complex engineering problems, providing a reference path for engineering experimental teaching reform in the new era.

Keywords : artificial intelligence; educational reform; new energy experiments; teaching model; curriculum innovation

引言

新能源科学与工程是支撑国家能源结构转型和实现“碳达峰、碳中和”目标的核心专业领域。其人才培养质量, 特别是学生的工程实践与创新能力, 直接关系到国家未来能源产业的竞争力^[1,2]。实验教学作为连接理论知识与工程实践的关键桥梁, 在培养学生动手能力、科学素养和创新意识方面具有不可替代的作用。然而, 传统的新能源实验教学普遍存在以下困境: (1) 安全性与成本限制: 新能源实验常涉及高温、高压、易燃易爆材料(如锂离子电池)、高电压系统等, 存在较高安全风险^[2-4]。同时, 精密实验设备(如电化学工作站、SEM、光伏IV测试仪)购置与维护成本高昂, 限制了实验的开出率和学生的实操机会。(2) 内容滞后性与单一性: 实验项目多以验证性为主, 内容更新速度往往跟不上前沿技术(如电池智能管理、风光功率预测)的发展步伐, 难以激发学生兴趣, 也无法有效培

养学生面对新兴技术问题的能力^[3,5]。(3)过程与评价的粗放性：实验过程高度依赖教师指导，难以实现个性化教学。实验结果评价多侧重于最终报告和数据准确性，缺乏对实验设计、过程调试、故障分析等关键能力的形成性评价。

与此同时，人工智能技术在数据处理、模式识别、预测优化和虚拟仿真等方面展现出强大能力，为破解上述教学难题提供了全新思路^[3]。AI赋能教育不是技术的简单叠加，而是对教学理念、模式和方法的系统性重塑。本文将基于《AI赋能新能源基础实验》课程的建设与实践，深入探讨AI与新能源实验教学深度融合的模式构建与实施效果。

一、AI赋能实验教学的理论框架与模式构建

本课程改革的核心在于构建一个以学生为中心、以AI技术为驱动、以能力培养为导向的新型实验教学体系。我们提出了“虚拟-增强-自主”三层递进式的教学模式。

(一) 底层：虚拟仿真层——破解“进不去、看不见、做不了”的瓶颈

利用AI驱动的虚拟仿真技术，构建高保真的数字孪生实验环境。学生可以在虚拟空间中安全、无成本地完成高风险、高成本或宏观/微观过程不可见的实验。例如：电池热失控模拟：通过AI算法模拟不同滥用条件下（过充、针刺、挤压）电池内部短路、产热、蔓延的全过程，使学生直观理解热失控机理，而无需承担真实风险。材料微观结构分析：利用AI图像识别技术，对虚拟生成的电极材料SEM/TEM图像进行自动分析、分类和量化，训练学生从海量微观数据中提取特征的能力。

(二) 中间层：增强交互层——实现“个性化、实时性、引导式”学习

在虚实结合的实验环境中，AI扮演“智能助教”角色。智能指导与预警：在学生进行实物实验时，计算机视觉系统可实时监控操作流程，对不规范或危险动作发出预警；自然语言处理（NLP）引擎可随时解答学生关于实验步骤、原理的疑问。数据实时分析与可视化：AI算法对接实验设备数据流，实时处理并可视化数据（如实时绘制电池充放电曲线、光伏IV曲线），并即时给出初步分析反馈，帮助学生快速判断实验状态。

(三) 顶层：自主探索层——赋能“创新性、设计性、研究性”学习

这是AI赋能的最高层次，旨在培养学生的高级思维和创新能力。AI辅助实验设计：学生给定一个研究目标（如“设计一款快充电池电解液”），可利用AI生成式模型或优化算法，获得初步的实验方案建议和参数优化方向。数据驱动发现：鼓励学生利用机器学习模型（如线性回归、支持向量机、神经网络）对实验中获得或平台提供的大型数据集进行挖掘，自主发现数据背后的新规律、构建预测模型，从而将传统验证性实验转变为探索性研究项目。

二、AI赋能新能源实验的教学实践与案例析

本课程围绕“电化学能源”和“太阳能”两大模块，设计了一系列融合AI技术的实验项目。以下选取两个典型案例进行说明。

案例一：基于机器学习的电化学工作电极活性面积精确测定实验

传统实验局限：

传统电化学实验中，工作电极活性面积的测定依赖于计时电流法或计时库仑法，需通过Cottrell方程或Anson方程手动计算。该方法对实验条件（如溶液纯度、电极表面状态、温度稳定性）要求极高，且数据处理过程繁琐，易引入人为误差。学生往往耗费大量时间于重复性操作与手工计算，难以深入理解扩散动力学与电极表面微观结构之间的关系，更无法体验现代数据驱动方法在电化学表征中的应用。

AI赋能路径：

数据自动化采集与增强：利用电化学工作站自动采集高时序分辨率的电流-时间曲线，并通过AI算法（如生成对抗网络GAN）模拟在不同扩散系数、浓度及电极表面状态下的电流响应曲线，生成大规模、多样化的虚拟数据集，用于模型训练与验证。引导学生从电流-时间曲线中提取关键特征，如初始电流衰减斜率、积分电量变化率、非线性拟合残差等，作为机器学习模型的输入，电极真实活性面积作为输出。学生使用Python及scikit-learn库，构建线性回归、支持向量机（SVR）或梯度提升树（GBDT）等模型，通过交叉验证与超参数调优提升预测精度。将模型预测结果与经典Cottrell方程计算结果进行对比，分析误差来源，撰写实验报告，探讨机器学习方法在电化学参数识别中的优势与局限性。

教学成效：

该实验将传统依赖手工计算的电化学参数测定转化为智能化、自动化的数据处理过程，使学生不仅掌握了电极活性面积测定的物理化学本质，更提升了数据建模、特征工程与算法优化的综合能力，为其今后从事新能源材料与器件的智能表征与优化研究奠定基础。

案例二：基于计算机视觉的Pt电极表面洁净度智能判定实验

传统实验局限：Pt电极的洁净度直接影响电化学测量的准确性。传统方法依赖循环伏安曲线在硫酸溶液中的特征峰形判断洁净程度，需学生反复研磨、冲洗、扫描，并凭经验主观判断曲线是否“标准”。该过程耗时较长，且判断标准不统一，不利于学生系统掌握电极预处理的关键技术与评价标准。

AI赋能路径：

图像数据构建与标注：课程提供大量已标注的Pt电极循环伏安曲线图像数据集，包括“洁净”、“轻度污染”、“严重污染”等类别，每条曲线对应电极表面状态的实际评价。引导学生使用

预训练的卷积神经网络（如 ResNet、VGG）进行迁移学习，对伏安曲线图像进行特征提取与分类，训练一个能够自动判定电极洁净度的智能模型。将训练好的模型集成至电化学工作站控制软件中，实时采集循环伏安曲线并自动判断洁净度，若未达标则提示学生继续研磨或清洗，实现“智能指导－实时反馈”的闭环学习。系统自动生成电极洁净度评估报告，包括曲线特征参数、分类置信度及改进建议，帮助学生理解判断依据。

教学成效：

学生通过该实验不仅掌握了 Pt 电极预处理的核心技能，更深入体验了计算机视觉与人工智能在电化学实验中的实际应用，提升了其利用智能化工具解决工程问题的能力，增强了实验的科学性、规范性与趣味性。

三、教学成效与反思

通过对课程两轮教学实践的观察和学生反馈调查，AI 赋能改革取得了显著成效：学习兴趣与主动性显著增强：AI 技术的新颖性和强大功能极大地激发了学生的好奇心和探索欲，从“要我学”转变为“我要学”。高阶思维能力得到有效训练：学生在处理复杂数据、构建和优化模型的过程中，系统性地锻炼了批判性思维、算法思维和解决开放性问题的能力。实践技能与前沿技术接轨：学生掌握了 Python 数据科学栈、机器学习基础框架和云平台工具的使用，其技能组合更贴合现代新能源企业的研发需求。

同时，改革过程也带来一些值得反思的问题与挑战：技术门槛与教学平衡：AI 技术本身存在一定学习曲线，需合理设计教学

节奏，避免学生因编程或算法困难而削弱对新能源本体知识的学习焦点。提供足够的代码范例和脚手架支持至关重要。对教师角色的新要求：教师需从知识的传授者转变为学习环境的设计者、资源的提供者和探究过程的引导者，其自身也需不断学习更新 AI 与专业交叉的知识。“虚”与“实”的辩证统一：虚拟仿真和 AI 预测不能完全替代动手操作。课程必须精心设计，确保虚拟实验与实物实验、算法训练与机理探究有机结合，防止学生产生“唯数据论”而脱离物理实际的倾向。

四、结论与展望

本研究构建并实践了 AI 技术深度赋能新能源基础实验课程的新模式。实践证明，以“虚拟－增强－自主”三层架构为核心的教学改革，能够有效克服传统实验教学的固有弊端，为学生创造一个安全、开放、前沿和高效率的学习环境，成功培养其数字化素养与创新实践能力。未来，本课程的建设还将从三方面持续深化：一是引入更多大语言模型应用，如构建领域特定的 AI 学术助手，辅助文献调研和报告撰写；二是开发更复杂的“数字孪生”实验项目，实现虚拟与现实实验数据的实时交互与迭代优化；三是探索基于学习行为数据的 AI 学情分析，为每一位学生提供自适应的学习路径推荐，最终实现规模化因材施教。AI 与教育的融合方兴未艾。本次教学改革探索表明，将 AI 作为赋能工具而非目的，紧密围绕工科人才培养的内在规律与核心目标进行系统性设计，方能真正推动教育范式向智能化、个性化方向变革，为培养引领未来能源革命的卓越工程师奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 袁博. 人工智能(AI)赋能基因工程实验课程探析 [J]. 品位·经典, 2025,(05):129-131+134.
- [2] 崔美荣, 谢茉, 晏洁. 人工智能赋能物理化学实验课程的设计与思考 [J]. 大学化学, 2025, 40(05):291-300.
- [3] 王佳乐, 王旗. 数字化大学物理实验课程赋能个性化人才培养 [J]. 物理实验, 2024, 44(07):35-40.
- [4] 谈金, 刘琼, 严子军, 吴燕妮. 混合式教学赋能“分析化学实验”课程的研究 [J]. 化工时刊, 2023, 37(04):75-77.
- [5] 刘金库, 葛云晓, 黄婕, 张浩然. 虚拟仿真实验教学课程：数字赋能工程能力培养新模式 [J]. 高等工程教育研究, 2023,(03):85-88+113.