

Teaching Reform in Electrochemical Energy Storage Courses Enabled by AI

Yunfeng Mao Ni Liu

School of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, 200093, China

Abstract

This paper focuses on the critical role of electrochemical courses in training talent for electrochemical energy storage. Facing rapid technological advancements and rising demand for interdisciplinary skills, traditional teaching methods fall short. Artificial intelligence (AI), as an emerging driver, presents a crucial opportunity for course innovation: it can effectively restructure content, optimize experimental systems, enable personalized learning paths, and upgrade assessment. Deep integration of AI can forge a "teaching-research-industry" ecosystem, shifting courses from knowledge delivery to capability building. This systematically cultivates versatile talents equipped with innovative thinking and complex problem-solving skills.

Keywords

energy storage science and engineering; electrochemical fundamentals; artificial intelligent; personnel training

人工智能技术赋能电化学储能相关课程的教学改革研究

毛云峰 刘妮

上海理工大学能源与动力工程学院, 中国·上海 200093

摘要

本文聚焦电化学课程在电化学储能人才培养中的关键作用, 剖析当前教学中存在的重要问题。面对电化学储能技术快速发展的趋势和跨学科人才需求的提升, 传统教学模式已难以满足现代教育目标。人工智能作为新兴驱动力, 为课程革新提供了关键契机, 能有效重构教学内容、优化实验体系、实现个性化学习路径并升级教学评价。通过AI技术的深度融入, 可构建“教学-科研-产业”融合生态, 推动课程从知识传递向能力构建跃迁, 从而系统性地培养具备创新思维与解决复杂问题能力的高素质复合型人才。

关键词

储能科学与工程; 电化学; 人工智能; 人才培养

1 引言

全球能源转型背景下, 电化学储能已成为新型电力系统的核心支撑。我国将储能产业纳入战略性新兴产业, 政策层面密集出台《“十四五”新型储能发展实施方案》等文件, 明确提出到 2030 年电化学储能技术性能进一步提升。国家政策的强力驱动与市场需求的急剧扩张, 对储能人才培养提出了前所未有的迫切要求和更高标准^[1]。在此背景下, 高等教育作为人才培养的主阵地, 高校课程《电化学基础》作为电化学储能领域的核心基础课程, 在电化学储能人才培养

体系中扮演着至关重要的角色^[2]。扎实的电化学基础知识是学生深入理解储能材料构效关系、电池反应机理、界面过程、寿命衰减因素以及安全边界的基础, 也是其后续学习储能材料、电池技术、系统集成等专业课程, 乃至进行前沿研究和技术创新的必备前提。该课程教学质量的高低, 深刻影响着学生对电化学储能本质的理解深度和未来解决实际复杂工程问题的潜力^[3]。与此同时, 人工智能被列为教育现代化核心引擎, 教育部《高等学校人工智能创新行动计划》明确提出促进相关交叉学科发展, 并重视“人工智能+X”人才培养模式。田中群院士指出未来 AI 会更有力量、更全面地支撑电化学和能源电化学的发展, 助力我国新能源赛道的开辟。因而, 如何有效地将人工智能技术融合、设计并实施于电化学课程的具体教学环节(如理论讲授、实验实践、案例分析、考核评价), 以最大化其在电化学储能背景下的教学效能, 便成为当前教学改革亟待深入研究的核心问题。

【基金项目】上海理工大学本科教学研究与改革项目(项目编号:JGXM202422); 上海理工大学本科课程思政示范课程建设项目; 上海高校市级重点课程建设项目。

【作者简介】毛云峰(1987-), 男, 中国江苏常州人, 博士, 副教授, 从事新型储能技术研究。

2 “电化学基础”课程的现状和挑战

《电化学基础》作为储能专业的核心基础课，其课程体系紧密围绕理论与实践结合的教学理念展开。课程以电化学基本原理为核心，涵盖电化学基础理论、化学电源等应用领域。教学内容既包含电化学热力学、电极/溶液界面的结构与性质等历史经典理论，也融入纳米电化学合成、固态电解质等前沿方向，形成“基础-应用-前沿”三位一体的知识结构，同时注重与无机化学、材料科学、新型储能系统等学科的交叉融合。但当前课程的核心矛盾在于：基础理论的深度要求与快速迭代的应用需求之间的张力，以及传统教学方法与跨学科人才培养目标的错位，需要未来依托动态课程更新机制、虚实结合的实验平台及产学研联动，推动课程从“知识传递”向“能力构建”转型。

2.1 理论与实践脱节，教学内容滞后于技术发展

该课程需兼顾电化学基础理论（如电极过程动力学、热力学）与实际应用（如新能源电池、金属防护），但现有教材内容更新缓慢，难以覆盖前沿技术。传统教学模式下，学生对抽象概念（如界面电子传递、塔菲尔方程）的理解易停留在表面，而电化学技术的快速迭代（如新型储能电池、电催化材料）又要求课程内容持续更新，导致教材知识与工业应用存在滞后性。例如，纳米材料电化学合成、燃料电池产业化等新兴领域在教学中常被简略提及，而传统内容（如铅蓄电池原理）仍占较大比重，导致学生知识体系与产业需求存在代差。此外，实验环节受限于设备陈旧、课时不足，学生难以通过实践深化对复杂原理（如电化学阻抗谱）的理解。

2.2 教学深度与学生认知能力不匹配

电化学涉及微观粒子行为（如电子转移、离子迁移）和抽象概念（如双电层结构），学生普遍反映理解困难。尤其对于非化学专业（如储能科学与工程）学生，缺乏前导课程（如物理化学）支撑时，易因公式推导和理论模型产生畏难情绪。此外，学生综合能力培养存在不均衡的问题，部分学生仍延续应试思维，对实验设计、数据分析及工程问题转化的能力较弱，尤其在复杂电化学体系（如燃料电池多相反应）的建模与优化上缺乏系统训练。大班教学模式下更难针对性解决个体差异问题，部分院校尝试通过小班研讨、虚拟仿真实验优化，但推广仍受资源限制。

2.3 学科交叉性加剧课程设计复杂性

随着新能源、材料科学、储能系统等领域的快速发展，电化学原理课程的教学内容需从传统的电解质溶液理论、电极过程动力学等基础理论，扩展到涉及流动传质、半导体物理、人工智能等多学科交叉领域。例如，锂离子电池材料研究需结合固体电子结构理论，而电催化反应的微区分析需要微纳加工与高频信号测试技术，这种跨学科融合导致课程知识体系庞杂，教学逻辑难以兼顾化学、材料、电子等不同专业背景学生的认知差异。学生可能因缺乏相关前置知识（如

固体物理或编程基础）而难以理解复合型内容，教师也面临如何平衡理论深度与学科广度的矛盾。同时，考核方式单一（侧重理论笔试），难以评估学生解决跨学科实际问题的能力，亟需通过案例教学、项目式学习重构评价体系。

3 人工智能在电化学储能教学中的重要性和作用

3.1 人工智能在电化学储能高等教育中的核心价值

人工智能已成为推动电化学储能领域高等教育变革的关键驱动力。随着新型储能技术的快速发展，传统教学模式难以覆盖锂离子电池、固态电解质、液流电池等多元化技术体系的知识需求。人工智能通过数据挖掘和机器学习算法^[4]，能够高效分析海量电化学数据（如充放电曲线、阻抗谱等），帮助学生快速掌握材料构效关系和反应机理。例如，通过智能算法可视化双电层结构或模拟电极界面反应过程，可将抽象理论转化为直观认知，显著提升学生对复杂电化学系统的理解能力。

3.2 人工智能作为教学辅助工具的多维角色

在电化学储能课程中，人工智能可扮演智能导师、虚拟实验设计师和个性化学习规划师三重角色。智能问答系统能实时解答学生关于电极极化、SEI膜形成等专业问题；基于VR的虚拟仿真平台可安全模拟高难度高风险实验（如锂枝晶生长观测）；自适应学习系统则能根据学生知识掌握程度，动态调整教学内容（如对基础薄弱者强化Nernst方程推导，对进阶学习者增加DFT计算案例）。华东理工大学开发的“基于智能算法的电化学界面结构与性能计算平台”已实现教学-科研数据互通，学生通过该平台完成的科研成果甚至能发表于国际高水平期刊。

3.3 人工智能促进跨学科人才培养的创新实践

电化学储能领域的跨学科特性决定了传统单一学科培养模式的局限性，而人工智能通过构建动态知识网络和智能分析工具，重塑复合型人才的培养。在课程体系设计层面，基于自然语言处理的学科知识图谱技术可以自动识别并关联电化学、材料科学、热力学、机械工程等学科的核心概念，例如将锂离子电池的正极材料设计与晶体场理论、第一性原理计算等物理化学知识智能关联，形成“概念-方法-应用”的三维学习地图。这种智能化的知识整合使学生在研究固态电解质界面问题时，能快速调用跨学科的认知工具和分析方法。

3.4 人工智能助力下的科研反哺教学智能生态系统构建

人工智能正在电化学储能高等教育中打造“教学-科研-产业”深度融合的智能生态体系，可实现从知识单向传授向多向价值创造的范式转变。这一生态系统的核心在于建立了科研成果向教学资源的高效转化通道，例如通过智能标注和知识抽取技术，系统能自动将实验室产生的电极材料表征

数据(如XRD图谱、SEM图像)转化为结构化的教学案例库,并基于学生的学习阶段智能匹配难度适宜的研究素材。这种“即研即教”模式可大幅缩减课堂教学与前沿研究的时差,这种人工智能助力下的科研反哺教学智能生态系统不仅可培养大批具有科研素养的应用型人才,其产生的教学反馈又反向优化了科研方向。

4 人工智能在电化学储能教学中的应用和融合

4.1 人工智能赋能《电化学基础》课程内容重构

人工智能技术可以深度重构传统《电化学基础》课程的知识体系与教学内容。基于自然语言处理技术,可对海量电化学文献和产业报告进行智能分析,提取最新的锂离子电池、液流电池等储能技术案例,动态更新教学内容。通过知识图谱技术构建“电化学概念-材料体系-器件应用”的三维知识网络,帮助学生理解双电层理论、电极过程动力学等抽象概念与实际储能装置的关联。例如,可以利用生成式AI创建电解质溶液理论的交互式学习模块,学生通过调整参数实时观察离子迁移速率的变化规律,将传统的静态公式推导转变为动态可视化探索过程。

4.2 智能化的实验教学体系构建

人工智能可显著提升电化学实验教学的安全性和创新性。开发基于虚拟现实的电化学实验仿真系统,学生可安全地进行高风险的锂枝晶生长观察、固态电解质合成等实验操作。智能实验助手能实时分析学生的实验操作数据,自动识别常见错误(如参比电极安装不当),并提供针对性指导。更先进的是,采用强化学习算法构建“材料设计-性能测试”闭环实验平台,学生输入目标电池参数后,系统可推荐最优的材料组合和工艺路线,并预测可能的失效模式,培养学生的工程系统思维。

4.3 个性化学习路径的智能实现

人工智能使《电化学基础》课程实现真正的因材施教。通过采集学生的学习行为数据(如在线测试结果、虚拟实验记录),智能系统可构建个性化的知识掌握画像,动态调整教学内容难度。对基础薄弱的学生强化能斯特方程等核心概念的讲解,对进阶学习者则提供电池管理系统算法设计等拓展内容。智能答疑机器人7×24小时响应学生关于交换电流

密度、电化学阻抗谱解析等专业问题,大幅提升学习效率。系统还能根据学生的专业背景(材料、化工、能源等)推荐差异化的学习路径,实现跨学科能力的精准培养。

4.4 教学评价体系的智能化转型

人工智能革新了传统的课程考核方式^[5]。通过多模态学习分析技术,系统可全面评估学生的理论掌握程度、实验操作技能和工程应用能力。智能评测系统能自动批改开放式论述题,如分析不同电解质体系的优劣比较,并提供详细的改进建议。基于区块链技术建立的学习档案可全程记录学生的能力发展轨迹,包括参与的科研项目、解决的工程问题等,为人才能力认证提供可靠依据。这种多维度的智能评价体系更有助于发现和培养电化学储能领域的创新人才。

5 结语

电化学课程在电化学储能人才培养中具有核心地位,但其教学面临着理论与实践脱节、教学深度与学生认知能力不匹配以及学科交叉性带来的复杂性等多重挑战。人工智能的引入不仅能够通过数据挖掘和机器学习算法提升学生对复杂电化学系统的理解能力,还能以智能导师、虚拟实验设计师和个性化学习规划师的角色优化教学过程。此外,人工智能助力构建了动态知识网络,实现了教学内容的实时更新,并推动了教学评价体系的智能化转型。人工智能赋能下的“教学-科研-产业”融合生态,不仅提升了教学质量,还促进了科研成果向教学资源的高效转化,为培养具备系统思维和创新能力的复合型电化学储能人才提供了坚实支撑。

参考文献

- [1] 张勇,王力臻,张林森,等.加强素质教育,深化电化学工程系列课程教学改革[J].河南化工,2010(21):4.
- [2] 刘洪涛,王海燕,何震,等.“双一流”背景下高等电化学课程改革与创新[J].化学教育,2023,44(2):99-103.
- [3] 高镜涵,李菲晖.高质量教育视域下电化学课程线上教学评价指标研究[J].电镀与精饰,2025(6).
- [4] 胡青云.人工智能背景下开放教育教学研究[J].吉林广播电视大学学报,2023(3):16-18.
- [5] 杜江峰.人工智能助力高等教育创新发展的路径探索[J].中国高等教育,2024(24):4-8.