

“新工科”视域下 AI 赋能电化学原理课程的立体化教学体系构建研究

潘争辉, 吴婷, 陈庆*, 李文*

同济大学材料科学与工程学院, 上海 201804

DOI: 10.61369/SDME.2026010014

摘 要 : 立足“新工科”建设需要, 聚焦人工智能技术与电化学核心专业课程融合发展, 围绕“AI+ 电化学”开展立体化教学体系理论构建与实践探索。针对现阶段电化学教学中理论高度抽象、公式推导枯燥、实验数据处理繁琐及评价体系单一等突出问题, 通过明确改革目标、优化教学设计、创新教学模式, 构建“知识-能力-素养”协同发展的三维教学框架。同时, 引入大语言模型 (LLM) 助教与 AI 数据驱动实验分析, 建立多维度考核体系与全过程评价机制。实践表明, 该体系有效提升了学生在新能源电池设计、腐蚀防护预测等领域的综合工程实践能力, 为培养人工智能时代下高水平、复合型电化学工程人才提供坚实保障。

关 键 词 : 人工智能; 电化学原理; 教学改革; 立体化教学体系; 过程性评价; 机器学习

Research on the Construction of a Three-Dimensional Teaching System for Electrochemical Principles Courses Enabled by AI from the Perspective of "New Engineering Disciplines"

Pan Zhenghui, Wu Ting, Chen Qing*, Li Wen*

School of Materials Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 201804

Abstract : Based on the needs of "New Engineering" construction, this study focuses on the integrated development of artificial intelligence technology and core electrochemistry courses, and carries out the theoretical construction and practical exploration of a three-dimensional teaching system around "AI Electrochemistry." Addressing prominent issues in current electrochemistry education, such as highly abstract theory, tedious formula derivation, cumbersome experimental data processing, and a single evaluation system, this study constructs a three-dimensional teaching framework of "knowledge-ability-cultivation" through clarifying reform goals, optimizing instructional design, and innovating teaching models. At the same time, large language model (LLM) teaching assistants and AI-driven experimental analysis are introduced to establish a multidimensional assessment system and a comprehensive evaluation mechanism. Practice shows that this system effectively enhances students' comprehensive engineering practice capabilities in fields such as new energy battery design and corrosion protection prediction, providing a solid foundation for cultivating high-level, interdisciplinary electrochemical engineering talents in the era of artificial intelligence.

Keywords : artificial intelligence; electrochemical principles; teaching reform; three-dimensional teaching system; process evaluation; machine learning

在“新工科”建设深入推进的宏观背景下,《电化学原理》作为材料科学与工程、化学工程及新能源科学等多个工科专业的核心基石课程,其地位日益凸显^[1]。电化学不仅是研究电能与化学能相互转化规律的基础科学,更是支撑当前国家战略性新兴产业——如锂离子电池、氢能燃料电池、半导体先进制程及金属腐蚀防护等领域的底层技术逻辑。随着全球“碳达峰、碳中和”目标的确立,产业界对具备跨学科知识储备、能够解决复杂电化学工程问题的复合型人才需求呈现爆发式增长^[2-4]。

一、电化学原理课程现存问题分析

《电化学原理》作为材料、化学、能源等专业的重要基石,具有理论性强、公式推导多、物理图像抽象等特点^[5]。尽管该课程在长期的教学实践中已形成了较为完整的体系,但在人工智能技

术飞速发展和“新工科”建设要求的双重背景下,传统教学模式的局限性日益凸显,主要体现在以下四个方面:

(一) 教学形式单一,理论理解与物理模型构建脱节

目前,《电化学原理》的教学仍以“教师讲授、学生听讲”的传统模式为主^[6]。电化学核心理论如电极/溶液界面双电层模型、

巴特勒-福尔摩 (Butler-Volmer) 动力学方程、以及复杂的电化学阻抗谱 (EIS) 理论, 均涉及高度抽象的数学描述和深奥的物理概念。

(二) 教学内容迭代缓慢, 难以衔接 AI 驱动的科研前沿

现有教材体系多侧重于经典理论, 对近年来人工智能在电化学领域引发的范式变革 (如高通量筛选电解液、机器学习预测电池寿命) 涉及甚少。教学内容与产业界的前沿技术需求存在明显缺口, 导致学生无法追踪最新的科技动向。针对此类问题, 引入基于科研项目的教学案例已成为提升课程时效性的关键手段^[7]。特别是在材料科学领域, 通过 AI 辅助设计与科研案例的植入, 能够显著增强学生解决“卡脖子”工程难题的能力^[8]。

二、“AI+ 电化学”立体化教学体系构建

针对前述传统教学中的痛点, 本研究提出以“AI 赋能”为核心的立体化教学体系^[9-10]。该体系不再将人工智能简单视为辅助工具, 而是将其作为底层逻辑植入教学全过程, 构建起“知识内化、能力转化、素养升华”三位一体的立体化培育模式。该模式以人工智能技术为底层支撑, 通过三个维度的深度融合, 旨在实现学生综合工程素养的全面提升。



图1. “AI+ 电化学原理”课程立体化教学体系构建路径

(一) 强化知行合一: 明确“AI 驱动型”育人目标

在“新工科”背景下, 本课程的育人目标由单纯的理论传授转向“复合型工程创新能力”的培养。依托高水平科研平台开展科教融合, 被证明是人工智能时代下培养材料类专业领军人才的关键路径。本体系旨在引导学生掌握电解质溶液、动力学方程等基础知识的同时, 学习如何利用数据驱动的方法描述电化学界面行为, 实现从“知识消费者”向“知识创造者”的转变。

(二) 构建“知识-能力-素养”三维协同教学框架

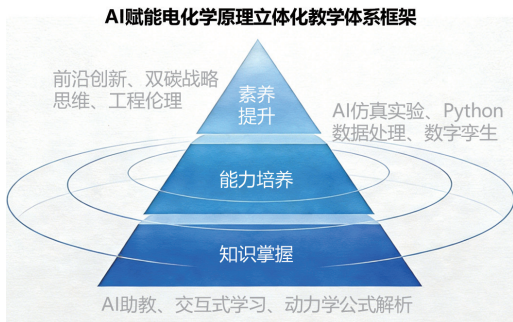


图2. 构建“知识-能力-素养”三维协同框架

1. 知识掌握: 大语言模型赋能的交互式学习

在传统课堂中, 电极动力学等推导过程往往占据大量时间且效果不佳。

AI 助教个性化答疑: 引入定制化的大语言模型 (LLM) 作为助教。学生在学习巴特勒-福尔摩 (Butler-Volmer) 方程时, 若对交换电流密度 j_0 或传递系数 α 的物理意义感到困惑, 可随时与 AI 互动。AI 通过多维度案例 (如氢氧化反应与氧还原反应的对比) 进行启发式讲解, 帮助学生构建直观的物理图像。

三、多维度考核与过程性评价优化

科学合理地构建考核评价体系, 既是确保教学质量的关键保障, 也是激发学生自主创新潜能的强有力引擎。针对《电化学原理》课程理论深度大、实验逻辑强、跨学科融合紧密的特点, 本研究打破了传统“一考定终身”的局限, 构建了“50% 标准化评价 + 50% 个性化考核”的立体化、全过程考核评价机制。具体各评价模块的权重分配与逻辑关系如图3所示。该体系旨在从传统的“考核知识点”转向“评价综合素养”, 实现对学生学习轨迹的全方位捕捉与精准评估。

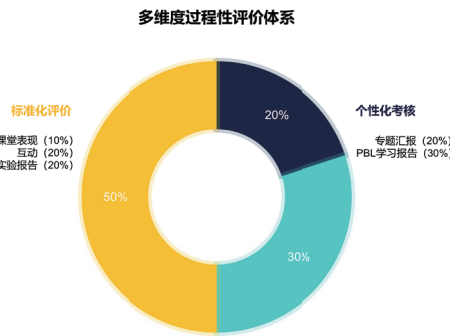


图3. 多维度、过程性评价体系下的成绩构成

(一) 标准化评价: 夯实电化学理论与实验基础 (50%)

标准化评价侧重于评估学生对电化学核心知识体系的掌握程度, 通过引入 AI 数字化平台, 使评价过程更加透明、实时且具备反馈功能。

数字化课堂出勤与状态监测 (10%)

利用智慧教学平台 (如雨课堂、学习通结合 AI 插件), 将传统的点名升级为“学习状态画像”。AI 系统根据学生在课堂练习中的响应速度、参与互动频率以及在线学习时长, 生成阶段性学习报告。这种方式不仅考核了出勤率, 更重要的是评估了学生的课堂专注度。

(二) 个性化考核: 挖掘跨学科创新与 AI 应用能力 (50%)

个性化考核是本教学体系的亮点, 旨在鼓励学生利用 AI 工具解决复杂工程难题, 实现从“知识习得”到“思维产出”的飞跃。

四、教学实践效果评价: 知识、能力与素养的协同提升

为全面、客观地评价“AI+ 电化学”立体化教学体系的实施

成效，本研究以同济大学24级新能源材料与器件班级为试点，开展了为期一个学年的教学实践探索。评价过程坚持定量分析与定性评估相结合，不仅关注学生期末考核的绝对分数，更侧重于观察学生在引入AI工具后，其工程逻辑思维、实验探究深度以及解决复杂电化学问题的综合素养变化。通过对改革前后（2024年秋季学期与2025年春季学期）的数据进行深度比对，得出以下评价结论。

（一）成绩数据的定量分析：整体表现显著优化

根据教学管理系统导出的成绩分布显示，如表1所示，实行立体化教学改革后，学生的综合评价成绩呈现明显的正态分布右移态势。

评价维度	考核模块	权重	改革前 (24秋) 平均分	改革后 (25春) 平均分	提升值	提升率
标准化评价 (50%)	课堂互动与AI出勤监测	10%	88.5	94.2	5.7	6.40%
	随堂测验 (AI实时反馈)	20%	82.4	88.6	6.2	7.50%
	实验报告 (数据拟合分析)	20%	78.6	85.4	6.8	8.60%
个性化考核 (50%)	专题汇报 (AI前沿调研)	20%	81.2	91.5	10.3	12.70%
	PBL项目报告 (AI建模)	30%	76.5	89.8	13.3	17.40%
综合评价成绩	加权总分	100%	80.4	89.5	9.1	11.30%

表1. 教学改革前后《电化学原理》课程学生综合成绩及能力指标对比

1. 基础理论掌握的稳步提升：在标准化评价维度，改革后的学生成绩展现出更高的稳健性。随堂测验平均分从82.4分提升至88.6分（提升率7.5%），课堂互动得分增长了6.4%。这主要归功于AI助教与实时反馈系统的介入，使得以往在《电化学原理》中

难以消化的动力学方程等“硬块知识”能够在碎片化时间内得到多次迭代解析，有效防止了知识盲区的累积。实验报告得分的提升（+6.8分）则反映出数字化拟合工具极大地优化了数据处理流程，使学生的关注点从机械计算转向了对物理意义的深层探讨。

（二）实验实践能力的定性观察：从“操作工”到“研究者”

在教学实践过程中，通过对学生在电化学工作站操作及数据处理环节的观察，发现学生表现出了从“被动执行命令”向“主动探索规律”的质变。

数据挖掘的深度：在以往的实验中，学生对于循环伏安曲线（CV）的分析仅限于读取峰电流和峰电位。而在改革后的实验课堂上，学生普遍能够自发利用Python脚本或AI插件进行电化活性面积（ECSA）的积分计算，并尝试通过对比不同扫描速率下的数据，利用AI拟合判断反应是受扩散控制还是表面受控。

五、结语

人工智能时代背景下的《电化学原理》课程改革，不仅是教学手段的数字化迁移，更是教育逻辑与人才培养模式的范式重构。本研究立足“新工科”建设需求，通过构建“AI+电化学”立体化教学体系，成功将人工智能技术深度植入“知识-能力-素养”三维育人框架中。实践证明，引入AI助教、数字孪生仿真及大数据驱动的考核机制，不仅有效破解了电化理论高度抽象、实验数据处理枯燥等传统教学痛点，更显著提升了学生在应对新能源、储能及智能制造等领域复杂工程问题时的创新思维与实践技能。

参考文献

[1] 刘志福. 课程体系教学案例的探索与融入——以《半导体器件与工艺》为例 [J]. 中国新通信, 2021. 23(06): p. 190-191.

[2] 王运武, 田阳, and 任楷文, 教育数字化赋能教育强国建设的战略构想及实现路径——《教育强国建设规划纲要（2024—2035年）》解读. 中国医学教育技术, 2025. 39(04): p. 425-431.

[3] 孙艺丹. "互联网+"背景下基于OBE理念的土木工程材料课程教学改革探索与实践 [J]. 科教文汇, 2024(13): p. 83-86.

[4] 欧立军. 以项目驱动为主的课程过程性考核探索与实践 [J]. 大学教育, 2025(03): p. 56-60.

[5] 徐晓峰, 基于科教融合的吉林大学材料加工工程专业人才培养路径研究 [J]. 造纸装备及材料, 2025. 54(01): p. 213-215.

[6] 何彩霞 and 岑伟富, 基于科研项目的人工智能课程在材料科学领域的教学改革研究 [J]. 造纸装备及材料, 2025. 54(04): p. 213-215.

[7] 谷佳, "互联网+"背景下高校课程多元化过程性考核模式的探索 [J]. 互联网周刊, 2024(07): p. 75-77.

[8] 强胜, 刘琳莉, and 刘宇婧, 以实验为主体线上线下混合式自主学习教学模式改革的课程教学设计 [J]. 中国大学教学, 2025(21): p. 23-27.

[9] 闫泊, 方彦, and 王公强, 基于数字资源的混合式环境下教学改革研究——以《城市轨道交通供电规程与规则》课程为例 [J]. 时代汽车, 2025(11): p. 82-84.

[10] 张珍. 工科背景下科学普及融入通识教育的探索与实践 [J]. 创新创业理论与实践, 2025. 8(10): p. 71-73.