

新工科背景下新能源材料与器件专业综合实验教学改革与探索

——以“锂离子电池组装及测试”为例

张香华*, 曲立学, 朱玉静, 杜永旭, 位登虎, 王 杰, 金传玉#

聊城大学材料科学与工程学院, 山东 聊城

收稿日期: 2025年4月15日; 录用日期: 2025年6月3日; 发布日期: 2025年6月11日

摘 要

新工科背景下, 针对新能源材料与器件专业综合实验教学体系开展系统性改革。通过课程思政元素与锂离子电池组装与测试实验课程深度融合, 将工匠精神、绿色理念植入教学环节; 采用“线上线下混合式预实验 + 多维度互动”方法, 设计虚实结合的模块化实验项目, 拓展工程案例分析与行业工艺仿真训练; 重构教学内容体系, 建立“基础规范 - 综合设计 - 创新研究”分层递进式课程结构, 配套多元化考核评价机制。改革突破传统实验单一技能培养局限, 强化学生工程实践能力与创新意识, 形成具有新工科特色的实验教学范式, 为培养新能源电池行业应用型复合人才提供实践路径, 教学成效表明学生高阶思维能力和工程素养显著提升, 研究成果对新能源材料与器件专业实验教学改革具有示范价值。

关键词

新能源材料与器件, 综合实验, 教学改革, 课程思政, 考核评价机制

Reform and Exploration of Comprehensive Experimental Pedagogy in New Energy Materials and Devices Specialty under the Background of New Engineering Education

—A Case Study on “Lithium-Ion Battery Assembly and Testing”

Xianghua Zhang*, Lixue Qu, Yujing Zhu, Yongxu Du, Denghu Wei, Jie Wang, Chuanyu Jin#

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张香华, 曲立学, 朱玉静, 杜永旭, 位登虎, 王杰, 金传玉. 新工科背景下新能源材料与器件专业综合实验教学改革与探索[J]. 创新教育研究, 2025, 13(6): 88-94. DOI: 10.12677/ces.2025.136415

Abstract

This study conducts systematic reforms in the comprehensive experimental teaching system for the New Energy Materials and Devices specialty against the backdrop of Emerging Engineering Education. By deeply integrating ideological and political education elements into the “Lithium-ion Battery Assembly and Testing” experimental curriculum, we embedded craftsmanship spirit and green development principles into pedagogical practices. Innovatively adopting an “online-offline hybrid pre-experiment preparation and multi-dimensional interactive pedagogy” approach, we designed modular experimental projects combining virtual and physical operations, while expanding engineering case analysis and industrial process simulation training. The restructured teaching content framework established a hierarchical and progressive curriculum structure spanning “fundamental norms-comprehensive design-innovative research”, supported by a diversified assessment mechanism. These reforms transcend the limitations of traditional single-skill cultivation in experimental education, significantly enhancing students’ engineering practice capabilities and innovative thinking. A distinctive experimental teaching paradigm aligned with Emerging Engineering Education principles has been established, providing actionable pathways for cultivating interdisciplinary talent in the new energy battery industry. Empirical results demonstrate marked improvements in students’ higher-order cognitive skills and engineering literacy, with the research outcomes serving as a paradigmatic reference for experimental pedagogy reforms in chemical engineering disciplines.

Keywords

New Energy Materials and Devices, Comprehensive Experiment, Pedagogical Reform, Curriculum-Based Ideological and Political Education, Assessment and Evaluation Mechanism

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球能源转型与“双碳”战略驱动下，新能源材料与器件作为支撑绿色能源技术发展的核心领域，其专业人才培养面临产业需求升级与教育模式滞后的双重挑战。新工科建设要求高等教育紧密对接新能源产业智能化、绿色化发展趋势，培养兼具工程实践能力、创新思维及可持续发展意识的复合型人才[1]。然而，传统实验教学体系存在显著短板：其一，教学内容与产业技术脱节，以锂离子电池为代表的实验课程多聚焦基础验证性操作，缺乏对材料设计、器件集成及工艺优化等产业核心环节的系统训练；其二，能力培养维度单一，过度侧重操作技能而忽视工程伦理、跨学科协同及绿色创新意识的融合培养；其三，教学模式固化，虚拟仿真、案例驱动等现代教育技术应用不足，难以满足新工科“创新性、交叉性、实践性”的育人需求，导致学生解决复杂工程问题的能力薄弱，制约其与产业需求的适配性[2]。

针对上述问题,本研究以“价值-能力-产业”协同为导向,构建系统性改革方案。课程体系上,深度融合课程思政与专业实验,将工匠精神、绿色理念嵌入锂离子电池组装与测试等核心实验,例如通过废旧电池材料回收实验强化全生命周期环保意识;教学模式上,创新“虚实融通+产教协同”双轨机制,开发涵盖材料表征、第一性原理模拟的虚拟仿真预实验平台,并引入企业真实课题(如高钒正极材料工艺优化),以“任务驱动-工程验证”模式提升实践能力;课程结构上,建立“基础规范-综合设计-创新研究”三级递进体系,配套“过程-能力-价值”三维评价机制,增设创新贡献度、团队协作等指标[3]。通过教学体系改革,一是突破传统实验单一技能训练局限,形成“思政引领-工程实践-数字赋能”的新工科实验范式;二是通过产教深度融合,实现教学内容与产业技术的动态耦合,为新能源行业输送兼具技术深度、创新能力和绿色责任感的复合型人才;三是为新能源材料与器件专业提供可推广的改革路径,助力高等教育服务国家“双碳”战略与能源转型需求[4]。

2. 引入课程思政元素

新能源材料与器件专业实验教学需立足“立德树人”根本任务,将课程思政深度融入教学全过程。通过挖掘思想道德修养、工匠精神、绿色化学、科技强国与生态保护等思政元素,构建“价值引领-知识深化-能力进阶-实践反哺”四位一体的育人模式[5]。以“锂离子电池组装及测试”实验为例,可从以下维度展开思政融合:

2.1. 以职业伦理与工匠精神夯实价值根基

在实验教学中强化“安全规范即职业生命线”意识,通过实验室安全准入考核、标准化操作流程演练,将严谨细致、责任担当的工匠精神具象化。例如,在电池组装环节设置电极涂布厚度公差($\pm 2\mu\text{m}$)控制训练,要求学生反复校准涂布机参数并记录数据波动,通过精密操作实践传递“毫厘之差定品质”的职业信念。同时要求学生对比中/日/韩电池制造工艺标准,讨论“中国智造”的挑战与机遇,以小组形式汇报,增强学生的爱国情怀。此外,引入宁德时代、小米、华为、比亚迪等龙头企业工程师案例,剖析电池生产过程中因操作失误引发的安全事故,强化学生“规范即底线”的工程伦理观,实现“安全规范-职业素养-社会责任感”的递进式价值塑造。

2.2. 以绿色化学与生态理念贯穿技术实践

紧扣“绿水青山就是金山银山”发展理念,在实验设计中嵌入全生命周期思维。针对锂离子电池电解液配制环节,引导学生对比传统碳酸酯类溶剂与新型低毒离子液体的环境影响数据,通过计算碳足迹理解绿色溶剂替代的生态价值;在电池回收模块设置“退役电池拆解-材料再生-资源化利用”虚拟仿真任务,结合《新能源汽车动力蓄电池回收利用管理暂行办法》政策解读,使学生认知技术创新与生态保护的辩证关系。此外,设计开放式辩论题目,比如“废旧电池回收责任主体应是消费者、企业还是政府?”“钠离子电池技术路线是否应优先考虑专利壁垒或社会效益?”要求学生结合实验数据与产业现实,评估的重点涵盖论点的事实依据、价值立场的一致性、多利益相关方视角的全面性。基于此,通过构建“绿色合成-低碳应用-循环再生”教学闭环,推动学生形成“技术研发必须服务可持续发展”的深层价值认同。

2.3. 以科技报国与创新驱动赋能学以致用

将“突破卡脖子技术”的强国使命融入实验教学:在电池性能测试阶段,对比国产石墨负极材料与进口产品的比容量、循环寿命等参数,剖析我国在高端隔膜领域的“技术突围”案例;设置“钒基磷酸盐材料热稳定性优化”开放性课题,引导学生查阅宁德时代“麒麟电池”、比亚迪“刀片电池”等专利文

献,理解“从实验室到产业化”的创新链条。通过设计“企业需求导入-关键技术攻关-成果转化评价”教学路径,培育学生“把论文写在祖国大地上”的科研报国情怀。

2.4. 以协同育人机制深化思政效能

构建“三全育人”立体化思政矩阵:在实验准备阶段,通过《中国锂电产业发展白皮书》研讨、新能源扶贫纪录片观摩等方式,实现科技强国意识导入;在操作过程中,采用“教师示范-小组互评-企业导师点评”三级指导模式,将团队协作、知识产权保护等隐性素养显性化;在考核环节增设“实验伦理自评报告”“技术方案社会效益分析”等思政维度,形成“知识+技能+价值”综合评价体系[6]。此外,依托校企共建的“动力电池工程中心”,组织学生参与储能电站运维、废旧电池回收等社会服务项目,推动思政教育从课堂认知向实践认同转化。

3. 新能源与器件专业实验教学改革的具体策略

在新工科建设背景下,新能源材料与器件专业实验教学改革以“学生中心、能力导向、产教融合”为核心理念,通过系统性重构实验课程体系、创新教学模式、强化师生互动、完善评价机制,构建了多维度协同育人的实践教学范式。

3.1. 实验项目推陈出新,构建多层次创新能力培养体系

在深化实验教学改革中,以“锂离子电池组装及测试”为典型载体,打破传统验证性实验的局限性,构建“基础操作-设计创新-科研拓展”三阶递进式实验体系。实验项目设计突出前瞻性与实用性,依托新能源产业技术前沿,将锂离子电池正极材料合成、电池封装工艺优化、电化学性能测试等关键技术转化为实验模块。例如,在“电池充放电截止电压优化”实验中,仅提供安全电压范围,学生需通过文献调研、虚拟仿真预实验等方式自主设计参数,探索电压对电池循环寿命的影响规律。增设开放性设计实验,如“高比能锂离子电池材料筛选与器件集成”,要求学生基于实验室现有资源,自主拟定材料改性方案(如掺杂、包覆等)并完成电池组装,强化从理论分析到工程实践的转化能力。通过减少验证性实验比例(降至30%)、增加设计性实验(提升至50%)与创新性实验(占比20%),形成“学研用”一体的实验课程结构,显著提升学生的自主设计能力与科研思维。

3.2. 实验教学形式现代化,打造虚实融合的混合式教学模式

依托信息化平台构建全流程实验生态链,采用“线上预实验-线下实操-云端复盘”的混合式教学模式。在锂离子电池组装实验前,通过“长江雨课堂或者超星学习通”平台发布虚拟仿真实验任务,如利用国家虚拟仿真实验教学平台的“锂离子电池正极材料制备及性能探究”模块,学生可模拟完成材料合成、电池封装及性能测试的全流程操作,国家虚拟仿真实验教学平台的功能与特点见表1所示。学生在VR中平均重复练习多次后,涂布达标率在95%以上,方可认为考核通过,进入实验室进行操作训练。引入微课与翻转课堂,针对涂布工艺不均匀、电池短路等常见问题,教师录制10分钟左右的微课视频,重点讲解浆料粘度控制、隔膜装配规范等操作要点,学生课前自主学习并参与线上讨论。实验过程中,采用“学生主导、教师引导”的翻转模式,例如在电池电化学测试环节,学生需基于虚拟仿真数据自主设计充放电协议,并通过小组辩论优化方案,教师仅提供技术框架与安全规范。构建“慕课+虚拟仿真+实时互动”资源库,整合中国大学MOOC《新能源材料与器件专业综合实验》课程资源,支持学生拓展学习固态电池、半固态电池、钾离子电池、钠离子电池、锌离子电池等新兴技术,强化实验教学与学科前沿的衔接。

Table 1. Functions and features of the virtual simulation experiment platform
表 1. 虚拟仿真实验平台功能与特点

模块名称	功能描述	技术特点
基础操作训练	模拟电池组装全流程(极片裁切→涂布→叠片→封装→注液), 提供标准化操作引导与实时纠错。	VR 沉浸式交互: 手柄操作模拟真实器械触感; AI 动作捕捉: 识别操作规范性(如涂布均匀度偏差报警)。
参数优化实验	支持电解液配方、正负极材料配比、充放电制度等变量调整, 实时生成电池性能曲线(容量、循环寿命)。	多物理场耦合模型: 基于电化学-热力学耦合算法预测电池行为; 数据可视化: 3D 动态展示锂离子迁移路径。
故障诊断场景	预设常见工艺缺陷(如极片褶皱、注液量不足)、安全风险(热失控)场景, 训练学生排查与应急处置能力。	增强现实(AR)叠加: 虚实融合标记故障点; 机器学习推荐修复方案: 根据历史数据智能推荐优化策略。
产业级任务仿真	模拟企业产线环境(如电池分选配组、一致性检测), 对接行业标准(如 GB/T 31486-2015)。	数字孪生技术: 1:1 还原产线设备与工艺流程; 云端数据比对: 实时对比学生操作与企业标准作业程序(SOP)。

3.3. 师生实时互动与多维度协同，推进实验教学高效实施

建立“三维互动”机制，通过“师生 - 生生 - 校企”协同提升实验效能。实验前期，教师依托线上平台开展“预实验方案提问”，例如针对锂离子电池浆料配方设计，学生小组需提交球磨时间、粘结剂比例等关键参数的优化依据，教师通过腾讯会议、微信小程序等进行“一对一”质询，筛选出可行性方案。实验过程中嵌入“问题驱动式”指导，例如当学生遇到涂布不均匀问题时，教师引导学生回溯理论课程中的流变学知识，结合环境湿度、温度监测数据，自主调整浆料固含量与干燥工艺，形成“问题分析 - 方案迭代 - 效果验证”的闭环思维。引入企业工程师参与实验评价，邀请希格斯新能源有限公司、菏泽天宇新能源科技有限公司等企业技术专家通过线上会议实时观察电池封装过程，对极片压实密度、电解液注液量等工程细节提出改进建议，强化实验教学与产业需求的对接。此外，通过“实验日志共享系统”，学生可实时上传操作视频与数据，教师利用 AI 辅助分析工具(如 Python 脚本)快速识别共性问题并集中反馈，提升指导效率。

3.4. 实验考核多元化，强化过程评价与能力导向

构建“三阶段六维度”考核体系，覆盖预习、操作、创新、协作等核心能力。在锂离子电池实验中，预习环节采用“虚拟仿真完成度 + 线上测试”双指标考核，未达 80 分者需重新学习；实操环节引入“操作规范性雷达图”，从设备使用(如手套箱操作、电化学工作站的使用)、数据记录(如充放电曲线采集、倍率性能曲线测试、循环稳定性的标定)、安全规范(如电解液处理、废旧锂离子电池回收)等多个维度进行动态评分；创新性评价重点关注方案设计独特性(如采用生物质碳包覆正极材料、三维多孔材料设计)与问题解决有效性(如通过添加导电剂改善电池倍率性能、在电解液中适度调控添加剂改善电池的低温性能)。实施“过程性材料”管理，将学生的预实验报告、优化方案、答辩视频、企业专家评语等纳入综合评分，其中实验创新贡献度占比提升至 30%。例如，在电池循环寿命测试中，自主提出“分段式充放电策略”“迂回式充放电手段”的小组可获得额外加分。建立“能力增值”评价模型，通过对比学生首次实验与终期项目的方案复杂度、数据分析深度等指标，量化创新能力提升幅度，破除“唯结果论”“唯字迹优美”评价弊端。

3.5. 项目成果转化与反馈闭环，赋能学生综合素养提升

通过“三级成果展示平台”推动实验价值延伸，一是课程内举办“新能源电池组装大赛”，学生以锂离子电池性能优化成果参与答辩，由校企联合评审团评选最佳大学生工程设计奖、大学生创新设计奖；

二是对接“互联网+”“挑战杯”等创新赛事，将实验中衍生的新型正极材料合成、隔膜材料制备、电池健康状态监测等课题转化为创新创业项目；三是依托校企联合实验室，将优秀设计方案(如高钒正极材料合成工艺)纳入企业预研项目库。构建“双向反馈”机制，教师通过 SPSS 分析实验考核数据，识别教学薄弱点(如 30%学生电极制备合格率偏低、20%学生电池组装成功率偏低)，针对性修订教学案例库；学生每学期提交“实验能力自评报告”，结合教师评语制定个性化提升计划。例如，某学生通过分析自评报告中“电化学表征能力较弱”的问题，自主选修《先进电池测试技术》微专业课程，并在后续实验中成功完成锂离子电池阻抗谱建模、准固态锌离子电池的组装与交换电流密度的测定、高电压混合电容器组装及电化学性能测试等新能源材料与器件专业综合实验，实现能力跃迁。

基于上述改革措施，课题组对 2024~2025 年参与该实验的 70 名学生进行了系统性数据采集与统计分析，通过知识测试、技能考核、创新能力评估及课程思政与产业衔接成效四类指标验证改革成效，具体数据见表 2 所示。

相较于国内同类研究，本方案通过目标协同化、技术集成化、评价实证化，构建了新能源实验教学改革的新范式，见表 3。其核心优势明显突出，既避免了单一维度改革的局限性，又以数据驱动验证了多

Table 2. Comparison of indicators before and after reform
表 2. 改革前后指标对比

指标	阶段	评估维度	改革前 (均值)	改革后 (均值)	提升幅度
知识掌握程度		实验预习(0~20 分)	14.3	19.2	+34.3%
		知识点掌握(0~20 分)	13.7	18.6	+35.8%
实验技能水平		操作规范性(0~10 分)	6.2	8.7	+40.3%
		任务完成时间(min)	135	92	-31.9%
创新能力表现		方案设计创新性(0~10 分)	5.1	7.8	+52.9%
		跨学科整合能力(0~10 分)	4.3	7.2	+67.4%
课程思政与产业衔接 成效		产业规范认知(0~5 分)	3.2	4.5	+40.6%
		安全环保意识(0~5 分)	3.5	4.7	+34.3%
		职业责任感(0~5 分)	3.1	4.3	+38.7%

Table 3. Comparison of this teaching reform programme with similar studies in other universities
表 3. 本教学改革方案与其他高校同类研究的比较

对比维度	典型模式 A (产教融合导向)	典型模式 B (虚拟仿真导向)	典型模式 C (课程思政导向)	本改革方案
核心目标	强化产业需求对接，培养应用型人才	突破实验条件限制，提升操作规范性	价值引领与专业教育融合	“价值 - 能力 - 产业”三位一体，培养复合型创新人才
实验项目设计	引入企业真实项目(如电池 Pack 设计)	开发高仿真实训系统(如电池热失控模拟)	增设“新能源政策分析”等理论研讨环节	基础操作→设计创新→科研拓展，全链条嵌入思政与产业元素
教学模式	企业导师主导的“双师制”	纯虚拟仿真训练	传统实验 + 思政案例讨论	虚拟预训练 + 真实操作 + 产业反馈
考核机制	企业专家参与评分	AI 自动评分(操作规范性)	思政报告占比 30%	实操(30%) + 创新设计(40%) + 思政表现(10%) + 理论(20%)
局限性	能力培养单一(偏重技能复制)	价值引领缺失，与真实场景脱节	产业脱节，实验技术含量低	系统性短板突破：实现价值、能力、产业目标的协同达成

元目标的达成效能,为新工科背景下产教融合与创新人才培养提供了可复制、可推广的系统解决方案。

4. 结语

在新工科建设与“双碳”战略背景下,新能源材料与器件专业综合实验教学改革以思政引领与教学创新双轮驱动为核心路径。一方面,通过构建“前沿技术+实践案例”的多层次实验课程体系,将科研平台资源、交叉学科知识及行业最新成果融入教学内容,采用虚实结合、项目驱动的教学模式,强化学生创新思维与工程实践能力,同步深化“双碳”目标导向的可持续发展意识;另一方面,将思政教育贯穿实验教学全链条,通过引入新能源产业真实工程案例与大国工匠精神解析,在工艺流程实践中渗透社会责任、职业伦理与科技报国理念,实现专业能力与价值塑造的协同培养。改革以“科技报国-绿色创新-工程实践”为主线,既注重提升学生解决复杂工程问题的专业素养,又通过实验场景中的价值引领推动正确三观的形成,为新工科人才培养提供了可复制的课程范式,为新能源材料与器件专业教学改革及国家新能源战略人才储备奠定了理论与实践基础。

基金项目

2023 年山东省自然科学基金项目“阴离子掺杂 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 复合材料的构筑、生长机理及低温储钠性能研究”(ZR2023QB011); 2023 年山东省研究生优质课程建设项目“材料先进制备技术”(202306193); 2023 年聊城大学研究生优质课程建设项目“材料先进制备技术”(322092320)。

参考文献

- [1] 陈翠红, 崔玉晓, 王雁南, 等. 新工科背景下现代仪器分析实验课程改革与实践[J]. 实验室科学, 2025, 28(1): 212-215.
- [2] 郭婷婷, 申羽佳, 闫娟枝, 等. 基于科教融合的物理化学实验教学模式改革与实践[J]. 上海化工, 2025, 42(3): 61-63.
- [3] 宋洪海, 段辉平. 大类培养模式下材料专业实验课程体系的改革与思考[J]. 中国现代教育装备, 2025, 453(3): 105-107.
- [4] 张琴, 李仕超, 潘雨, 等. 新工科背景下应用化学专业基础实验教学改革与探索[J]. 上海化工, 2023, 48(4): 63-66.
- [5] 徐一凤, 吴泽颖, 商贵芹, 等. 产教深融背景下仪器分析与实验课程的教学改革与实践[J]. 大学化学, 2025, 40(3): 285-290.
- [6] 吴珏, 陈昕, 成锦强, 等. 新工科背景下微项目式新能源专业实验教学——锂离子电池实验案例[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(4): 121-124.