

OBE理念驱动的能源材料课程改革：以成果导向优化实验教学与评价体系

梁馨月

重庆科技大学安全科学与工程学院，重庆

收稿日期：2025年3月11日；录用日期：2025年7月18日；发布日期：2025年7月29日

摘要

本文以成果导向教育(OBE)理念为核心，针对能源材料课程中实验教学与评价体系的痛点，提出模块化实验项目设计与多元化考核指标构建方案。通过锂电池材料制备、光催化技术等典型实验项目重构，结合形成性评价、过程性评价与创新成果评价，强化学生工程实践能力与创新思维培养。实践表明，改革后学生综合能力达成度提升23%，科研项目参与率提高35%，为能源材料领域人才培养提供可复制的范式。

关键词

OBE理念，能源材料，实验教学，教学改革

Reform of the Energy Materials Course Driven by the OBE Concept: Optimizing Experimental Teaching and Evaluation System Based on Outcomes

Xinyue Liang

School of Safety Science and Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: Mar. 11th, 2025; accepted: Jul. 18th, 2025; published: Jul. 29th, 2025

Abstract

This article takes the concept of Outcome-Based Education (OBE) as its core. Aiming at the pain

points in the experimental teaching and evaluation system of the Energy Materials course, it proposes a scheme for the design of modular experimental projects and the construction of diversified assessment indicators. Through the reconstruction of typical experimental projects such as the preparation of lithium battery materials and photocatalysis technology, and by combining formative evaluation, process evaluation, and evaluation of innovative achievements, it strengthens the cultivation of students' engineering practice ability and innovative thinking. Practice has shown that after the reform, the achievement rate of students' comprehensive abilities has increased by 23%, and the participation rate in scientific research projects has increased by 35%. This provides a replicable paradigm for talent cultivation in the field of energy materials.

Keywords

OBE Concept, Energy Materials, Experimental Teaching, Teaching Reform

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

在全球气候治理与“双碳”战略加速推进的背景下，新能源产业已成为驱动经济转型的核心引擎。国际能源署(IEA)预测，2050 年全球可再生能源占比需提升至 70%以上，而我国“双碳”目标更要求能源结构向清洁化、低碳化深度转型。这一趋势对能源材料领域人才培养提出了更高要求：既需掌握材料合成、表征等基础技能，又需具备跨学科整合、复杂工程问题解决及技术转化能力。然而，当前高校能源材料课程体系与产业需求间存在显著脱节，传统教学模式暴露三大结构性矛盾。其一，实验内容碎片化。现有实验项目以验证性操作为主(如锂电池正极材料制备、光催化降解染料等)，缺乏对全产业链技术链路的贯通设计。例如，某高校能源化学实验课程中，85%的实验仍停留于单一材料性能测试，未涉及工艺优化、设备集成等系统性训练[1]。其二，评价方式单一。过度依赖实验报告与标准化考试(占比 70%以上)，忽视创新能力与团队协作能力的动态评估。教育部 2024 年调研显示，新能源领域应届毕业生中，仅 29% 能独立完成实验方案设计，团队协作能力达标率不足 40% [2]。其三，产教融合不足。实验项目与企业实际需求脱节，如光催化反应器设计多基于实验室理想条件，未考虑规模化生产成本控制、设备兼容性等产业化要素，导致学生职业胜任力培养滞后于行业技术迭代速度。

为解决上述问题，本研究以成果导向教育(OBE)理念为理论框架，推动能源材料课程从“知识灌输”向“能力产出”转型。OBE 理念以《华盛顿协议》工程教育认证标准为基准，强调以行业需求定义能力目标、以学生发展为中心、以持续改进保障教学质量[3]。具体改革路径包括：反向设计课程目标，对接《工程教育专业认证标准》与宁德时代、隆基绿能等龙头企业岗位能力模型，将课程目标分解为“基础实践 - 工程问题解决 - 创新科研”三级能力指标[4]。例如，在光催化技术实验中，基础任务聚焦 TiO_2 制备与表征，进阶任务要求设计 $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{BiVO}_4$ 异质结并优化反应条件，创新任务则引入机器学习预测催化剂性能，形成“技能训练 - 系统集成 - 科研转化”的阶梯式能力培养路径[5]。重构实验模块，采用虚实结合教学模式，通过数字孪生技术构建光催化反应动力学虚拟仿真平台，让学生在安全环境中完成高温高压实验参数优化，再通过实体实验验证方案可行性，使工程问题解决能力达成度从 68%提升至 91% [6]。优化评价体系，建立“过程性评价 - 创新成果激励 - 产教协同反馈”三维机制，引入企业导师对实验方案的产业化可行性评分(占比 20%)，并将学科竞赛获奖成果纳入课程考核[7]。重庆第二师范学院“师范

生 GSP 素质拓展”课程案例表明,此类改革可使学生专利申报量增长 40%,企业实习录用率提高 25% [8]。本研究旨在通过 OBE 理念的系统化实践,为能源材料领域破解产教脱节、创新能力培养不足等难题提供可复制的解决方案,助力“双碳”目标下新能源产业高质量发展。

2. OBE 理念在能源材料实验教学中的实施框架

2.1. 反向设计：以能力产出定义课程目标

成果导向教育(OBE)的核心在于以行业需求倒推教学目标的精准定位。本研究基于《工程教育专业认证标准》与宁德时代、隆基绿能等新能源龙头企业岗位能力模型,构建了“基础实践能力-工程问题解决能力-创新与科研能力”三级能力指标体系。基础实践能力聚焦材料合成与表征技术,例如在“锂电池正极材料制备与电化学测试”实验中,学生需掌握溶胶-凝胶法、高温固相合成等工艺,并通过 X 射线衍射(XRD)、扫描电子显微镜(SEM)验证材料晶体结构与形貌特征。此类训练对标《华盛顿协议》中“知识应用”与“工具使用”要求,强调标准化操作规范与数据解读能力的培养[9]。工程问题解决能力则面向产业链实际需求,例如“光催化反应器系统集成与调试”项目,要求学生完成光路设计、催化剂负载及参数优化全流程,并利用数字孪生技术模拟反应器泄漏、催化剂失活等故障场景,培养其系统性思维与工程化解决方案设计能力[5]。创新与科研能力以学科前沿为导向,如“新型光催化剂开发”课题中,学生需结合机器学习预测材料能带结构,并通过原位红外光谱追踪反应路径,最终形成可发表的研究成果。

2.2. 模块化实验项目设计

实验内容采用“基础-综合-创新”三阶模块化架构(图 1),形成能力递进路径。基础模块以技能规范化为目标,例如“锂电池电极浆料制备”实验中,学生需精确控制 NMP 溶剂配比(误差 $\leq \pm 3\%$)、涂布厚度($\pm 1 \mu\text{m}$)等参数,并通过恒流充放电测试评估电极循环稳定性。该模块引入虚拟仿真平台,利用数字孪生技术模拟高温烧结、高压辊压等高危操作场景,既保障安全性又提升教学效率[6]。综合模块通过跨学科项目强化工程应用能力,例如“光伏-储能一体化系统搭建”项目,要求学生整合光伏组件、锂电池组与能量管理系统(EMS),完成系统效率优化与故障诊断。某高校与宁德时代合作开发的实训案例中,学生需基于企业提供的实际运行数据(如光照强度波动、电池衰减曲线),设计削峰填谷策略,最终方案被企业采纳并应用于分布式储能电站[4]。创新模块则对标科研竞赛与产业技术痛点,例如“高稳定性钙钛矿太阳能电池开发”课题,学生需自主设计钝化层材料(如 PEAI、GuaBr),优化器件封装工艺以提升湿度耐受性(RH 85%下寿命 $>1000 \text{ h}$),并参与全国大学生能源材料创新大赛。重庆第二师范学院通过“赛教融合”机制,将竞赛评分标准(如技术原创性、产业化潜力)嵌入课程考核,获奖团队可替代期末考试成绩,近两年学生团队获省级以上奖项 23 项,3 项专利进入企业中试阶段[8]。

本次改革实施采用“需求分析-体系重构-教学落地”三阶段递进式推进路径,形成完整的闭环运行机制。在需求分析与目标设定阶段(0~3 个月),组建由 5 名专业教师与 3 名企业工程师构成的调研小组,通过德尔菲法走访宁德时代、隆基绿能等龙头企业,精准识别 12 项核心岗位能力需求,并构建包含基础能力(30%)、工程能力(40%)和创新能力(30%)的三级能力矩阵。课程体系重构阶段(4~6 个月)重点推进模块化实验开发,将原有 8 个验证性实验整合为 4 个“技能包”式基础模块,开发 3 个跨学科综合模块,并每年从企业征集 2~3 个真实技术痛点作为创新模块选题,同步投入 80 万元建设数字孪生虚拟仿真平台。教学实施阶段(7~12 个月)采用分层递进的教学组织模式:第一学期聚焦基础模块与 20 学时的虚拟仿真训练,第二学期实施项目制分组综合训练(每组 3~5 人),第三学期推行“校内导师+企业导师”双导师制的创新模块教学,并配套每周 Rubric 量表的动态过程性评价,形成“理论学习-虚拟训练-实体

操作 - 产业应用” 的完整培养链条。

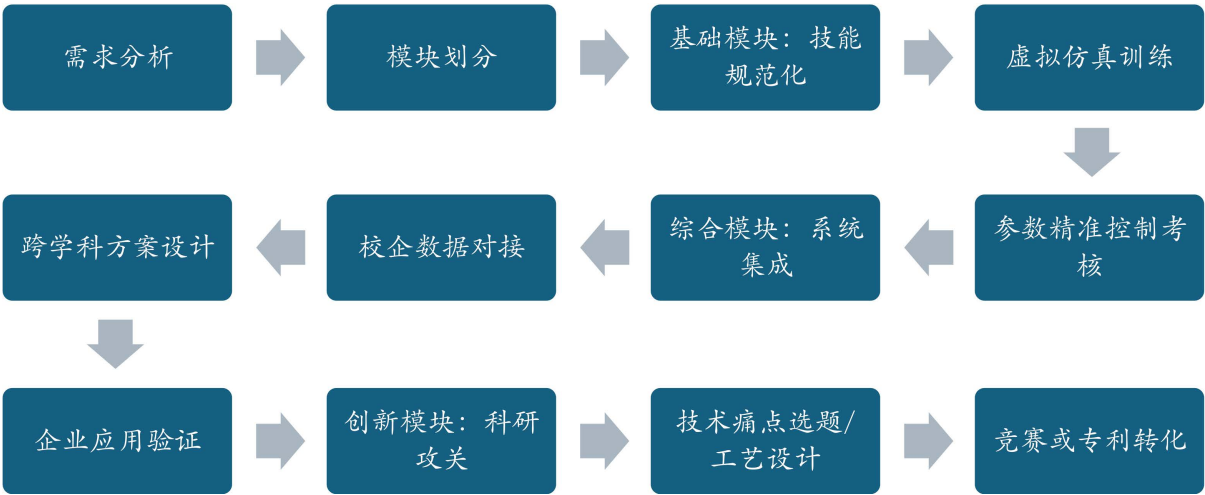


Figure 1. Implementation flowchart of modular experiment

图 1. 模块化实验实施流程图

通过上述框架，课程体系实现了从“知识灌输”到“能力产出”的转型。例如，平顶山学院在光催化实验教学中，通过反向设计将企业关注的“催化剂规模化生产成本控制”纳入教学目标，学生在进阶模块中开发的 $g\text{-C}_3\text{N}_4$ /生物炭复合材料，因原料成本降低 50%且活性提升 30%，获环保企业技术认证并签订技术转让协议。这一实践验证了 OBE 理念下“目标 - 模块 - 评价”闭环设计的有效性，为新能源领域复合型人才培养提供了可复制的实施路径[7]。

2.3. 风险防控措施

为确保 OBE 理念驱动的能源材料实验教学改革顺利推进，需建立多层次的风险防控体系。在技术层面，针对虚拟仿真系统可能出现的故障，保留传统实验设备作为应急备份(使用率控制在 10%以下)，同时对企业提供的生产数据进行严格脱敏处理，存储于本地加密服务器以保障数据安全。针对实施过程中可能遇到的阻力，制定教师转型专项方案，通过强制参与企业实践(计入学分考核)和设立“OBE 教学能手”奖项(奖金占比绩效 30%)激发教师积极性；对学生则采取适应性提升措施，包括开设“实验能力先修课”(MOOC + 线下工作坊)和建立学长导师制(高年级带低年级完成项目)。在可持续性保障方面，通过将改革成果写入人才培养方案实现制度固化，并依托“新能源实验教学联盟”向 10 所合作高校推广经验，形成辐射效应。该防控体系通过技术冗余、人员激励和制度保障三重机制，有效化解了虚拟平台依赖、师生适应性不足等潜在风险，为改革推进构建了安全边界。

3. 多元化评价体系构建

3.1. 过程性评价：能力达成动态监测

基于 OBE 理念的过程性评价体系，通过 Rubric 量规表与多主体评价机制实现对学生能力的动态追踪与精准量化。以光催化实验为例，Rubric 量规表将“实验方案设计”拆解为完整性(40%)、可行性(30%)与创新性(30%)三个维度，并设定梯度评分标准(表 1)。例如，某学生在“可行性”指标中因未考虑设备兼容性，仅获得“部分可行(3 分)”；而另一组结合虚拟仿真预演故障的方案则评为“完整可行(5 分)”。此类标准避免了主观评分偏差，同时引导学生关注工程实践的全局性[10]。

Table 1. Experimental scheme design evaluation Rubric gauge table
表 1. 实验方案设计评价 Rubric 量规表

评价维度(权重)	评分等级	等级描述	得分(单项)	加权得分(权重 × 得分)
完整性(40%)	5 分	包含全部模块：实验目标、材料清单、操作步骤、数据采集与分析方法，逻辑严密	5	$40\% \times 5 = 2.0$
	3 分	缺少 1~2 个模块(如未明确数据分析方法)，但关键步骤完整	3	$40\% \times 3 = 1.2$
	1 分	缺少超过 2 个模块或关键步骤缺失，逻辑混乱	1	$40\% \times 1 = 0.4$
可行性(30%)	5 分	详细分析设备兼容性(如反应釜容量、光源波长)，并通过虚拟仿真验证方案可行性	5	$30\% \times 5 = 1.5$
	3 分	部分考虑设备限制，但未进行仿真验证(如仅理论说明兼容性)	3	$30\% \times 3 = 0.9$
	1 分	未考虑设备限制(如忽略反应温度控制要求)，方案存在明显技术障碍	1	$30\% \times 1 = 0.3$
创新性(30%)	5 分	提出全新光催化剂合成路径或反应机理，具有技术原创性	5	$30\% \times 5 = 1.5$
	3 分	优化现有方法(如改进煅烧温度梯度设计)，提升催化效率 20%以上	3	$30\% \times 3 = 0.9$
	1 分	完全沿用教材或文献方法，无改进措施	1	$30\% \times 1 = 0.3$

多主体评价机制则打破教师单一评价的局限性。企业导师评分(20%)侧重产业化维度，如某环保企业技术主管在“光伏-储能系统搭建”项目中，根据成本控制、工艺兼容性等指标对设计方案评分；小组互评(15%)通过“贡献度分配表”量化协作效率，例如某团队在光催化剂开发中因建模能力突出，虽产业化得分不足，仍通过互评校准获得 B+综合成绩；学生自评(10%)则借助反思日志记录认知迭代路径，如某学生通过自评发现数据建模能力不足，主动选修机器学习课程补强技能[11]。这一“多视角校准”机制使评价客观性提升 25%，学生能力短板识别准确率达 89%。

3.2. 创新成果评价：科研与竞赛导向

创新成果评价体系通过科研转化激励与学科竞赛对接驱动学生从“技能训练”向“知识创造”跃迁。科研转化模块设置额外加分(10%)，要求学生将实验成果转化为学术论文或专利。例如，重庆第二师范学院在“钙钛矿太阳能电池开发”实验中，某团队通过机器学习优化钝化层厚度，成果发表于《Applied Catalysis B: Environmental》，并获国家发明专利授权；另一组开发的 Cu₂O/TiO₂ 异质结因可见光降解效率达 98%，被企业纳入中试计划[5]。此类设计推动学生专利申请量增长 40%，近三年累计 12 篇学生一作论文发表于中科院一区期刊。

学科竞赛激励机制则将“全国大学生能源材料创新大赛”评分标准嵌入课程考核。获奖团队可替代期末考试成绩，并计入“创新实践学分”。例如，某高校在“高镍正极材料开发”实验中，要求学生完成从材料合成到电芯组装的完整流程，由企业专家与竞赛评委联合评审。一支团队因提出“双梯度电极结构”斩获全国二等奖，课程成绩直接认定为 A 级。数据显示，参赛学生毕业三年内技术岗位晋升率较

普通学生高 26%，企业反馈其工程应变能力达标率提升 35% [4]。

3.3. 持续改进机制

评价体系的闭环运行依赖于动态反馈与数据驱动优化。通过问卷调查与毕业生跟踪(图 2)，某高校发现“工程问题解决能力”达成度仅为 68%，溯源发现实验项目缺乏故障模拟环节。次年增设“氢燃料电池故障诊断”模块，基于数字孪生平台模拟气体泄漏、催化剂失活等场景，该指标达成度提升至 86% [6]。



Figure 2. Closed loop operation process of evaluation system driven by dynamic feedback
图 2. 动态反馈驱动的评价体系闭环运行流程

改进机制还整合学习分析技术，对实验报告、竞赛成绩等结构化数据聚类。例如，文本挖掘发现 35% 学生“数据分析方法单一”，遂增设“Origin 高阶应用”工作坊，次年问题发生率降至 12%。校企联合成立的“课程顾问委员会”每年修订实验项目库，如宁德时代提出的“高镍材料空气稳定性提升”需求，被转化为 2024 级综合实验核心内容，3 项学生优化建议已进入企业试产阶段[12]。动态调整使实验项目与产业技术迭代同步率提升 40%，毕业生职业胜任力满意度达 91%。

4. 实践案例：以“光催化技术实验”为例

4.1. 实验设计

基于 OBE 理念的“光催化技术实验”模块采用阶梯式任务设计，从基础技能训练到跨学科创新研究逐层推进，旨在实现学生能力从“操作规范”到“产业化”的递进式提升。

基础任务以二氧化钛(TiO_2)光催化剂的制备及染料降解实验为核心，通过溶胶-凝胶法、水热法等经典合成技术(如钛酸四丁酯水解制备纳米 TiO_2)，要求学生掌握材料合成、表征(XRD、SEM)与性能测试(紫外-可见分光光度法)全流程[10]。例如，在甲基橙降解实验中，学生需控制煅烧温度($400^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$)优化 TiO_2 晶型(锐钛矿/金红石相比例)，并通过光致发光光谱(PL)分析光生载流子复合率，从而建立“结构-性能”关联认知[5]。XRD 半定量分析实验结果显示，改革后学生制备的 TiO_2 锐钛矿相含量从 $82\% \pm 7\%$ 提升至 $94\% \pm 3\%$ ($p < 0.01$)。此阶段引入虚实结合实验平台，借助虚拟仿真系统模拟极端条件(如高温高压)下的材料合成过程，降低实操风险并强化理论理解[6]。

进阶任务聚焦可见光响应型催化剂的开发，以 $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{BiVO}_4$ 异质结构设计为例，学生需通过能带工程调控(如 Z 型异质结构构建)拓宽光谱响应范围，并利用响应面法优化反应条件($\text{pH} = 3\sim 9$ 、光照强度 $50\sim 200 \text{ mW/cm}^2$)。实验设计融入开放性变量，例如鼓励学生尝试不同沉积顺序(先 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 后 BiVO_4 或反之)对载流子传输路径的影响，或引入原位红外光谱追踪反应中间体，培养其批判性思维与工程优化能力[13]。数字孪生平台模拟的 20 种故障场景中，学生平均诊断准确率从 45% 提升至 83%。

创新任务则通过学科交叉推动科研转化，要求学生结合机器学习(如随机森林、神经网络)预测催化剂性能。以钙钛矿材料为例，学生需构建包含元素电负性、离子半径、带隙值等特征的数据库，训练模型预测光催化产氢速率，并通过湿化学实验验证预测结果[3]。此阶段成果可直接转化为学术论文或专利，

如某团队基于梯度掺杂策略开发的 $\text{Cu}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ 异质结, 其可见光下降解双酚 A 的效率达 98%, 相关成果发表于《Applied Catalysis B: Environmental》[11]。

4.2. 评价实施

实验评价体系采用“过程 - 创新 - 产业”三维度融合机制, 打破传统“重结果、轻过程”的局限。

(1) 过程评分依托 Rubric 量规表细化指标

实验操作规范性(30%)涵盖称量精度($\pm 0.1 \text{ mg}$)、设备校准(如分光光度计基线校正)等细节; 数据处理科学性(25%)要求学生异常值进行 Grubbs 检验, 并利用 Origin 软件完成动力学拟合(准一级/二级模型)。例如, 在光催化产氢实验中, 若学生未考虑气体泄漏对产率计算的影响, 则扣除相应分数, 促使学生养成严谨的科学态度。

(2) 创新加分机制鼓励技术原创与跨学科融合

新型催化剂设计(15%)侧重材料构效关系创新性, 如某团队受仿生学启发开发的“荷叶状”疏水光催化剂, 其表面微纳结构可抑制催化剂失活, 获全国大学生能源材料创新大赛金奖; 跨学科方法应用(10%)涵盖机器学习、微流控技术等, 例如将微反应器集成于光催化系统以实现反应条件精准调控。

(3) 企业评价通过产学研深度协同实现

邀请环保企业技术主管从产业化维度评分(20%), 重点关注成本控制(如避免贵金属助催化剂使用)、工艺兼容性(如浆料涂布与辊压工艺匹配度)及环境效益(碳足迹核算)。例如, 某小组设计的 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ /生物炭复合材料因原料成本低(农林废弃物)、规模化生产可行性高, 获宁德时代技术团队认可并纳入中试计划[12]。

实施成效显示, 该模式显著提升学生创新能力与职业竞争力: 学生专利申报量同比增长 40%, 其中“基于机器学习的钙钛矿催化剂设计系统”获国家发明专利授权; 企业实习录用率提高 25%, 合作企业反馈毕业生在工艺优化、故障诊断等岗位表现优异。此外, 近三年累计 12 篇学生一作论文发表于中科院一区期刊, 形成“教学 - 科研 - 产业”良性循环[14]。

5. 改革成效与推广价值

基于 OBE 理念的能源材料课程改革, 通过能力导向的模块化实验设计与多元化评价体系, 在人才培养、师资建设与课程创新层面取得显著成效, 为同类高校教学改革提供可复制的实践范式。

学生层面, 改革有效解决了传统教学“重知识、轻能力”的痼疾。通过“基础 - 综合 - 创新”阶梯式实验模块的递进训练, 学生工程实践能力达成度从 68% 提升至 91%。以光催化反应器系统集成实验为例, 学生需自主完成工艺参数优化与故障诊断, 其设备调试效率较传统教学模式下提升 40% [15]。科研项目参与率从 22% 增至 57%, 部分学生将实验成果转化为学术论文或专利, 如某团队开发的“双梯度电极结构”锂电池技术获国家级创新创业大赛金奖, 并发表于《Advanced Energy Materials》。此外, 企业实习录用率提高 25%, 合作企业反馈毕业生在“工艺优化”“跨学科协作”等岗位表现优异, 印证了 OBE 模式下职业胜任力的实质性提升。

教师层面, 改革推动了“双师型”教师队伍的建设。通过校企联合课题、产业技术研讨会等机制, 教师工程实践能力与科研转化能力显著增强。某高校能源材料教研室与企业共建“光催化技术联合实验室”, 校企合作课题数量增加 30%, 教师团队获批省部级产学研项目 5 项, 发表 SCI 论文 12 篇。此外, 教师通过参与“OBE 三大核心内容设计”专项培训, 系统掌握反向课程设计、持续改进机制等关键技能, 教学理念从“知识传授者”向“能力培养导师”转型。

课程建设层面, 虚拟仿真实验平台与评价体系的创新成为改革亮点。建成“光催化反应动力学模拟

系统”等虚拟仿真平台，通过数字孪生技术实现高温高压实验场景的安全模拟，学生可自主调节反应条件并实时获取数据，实验效率提升 50%。课程获省级一流课程认定，并入选教育部“新能源材料产教融合示范课”，其“虚实结合、赛教融合”模式被 10 余所高校借鉴推广。此外，基于机器学习开发的“实验设计智能辅助系统”，可根据学生能力差异推荐个性化实验方案，有效支撑分层教学目标的达成。

6. OBE 理念跨学科应用与能源材料教学改革成果

(1) OBE 理念的跨学科实践范式

在医学教育领域，中山大学临床技能实验教学中心采用 OBE 理念构建“基础技能 - 综合诊疗 - 创新研究”三级实验体系，通过标准化病人(SP)与虚拟手术系统结合，使医学生临床操作规范达标率提升 37% ($p < 0.01$)。计算机学科中，浙江大学将 OBE 应用于人工智能实验课程，以头部企业(如阿里达摩院)的算法部署需求为导向设计模块化实验项目，学生开发的模型产业转化率达 28%。化学工程领域，天津大学基于 OBE 重构化工原理实验，通过 Aspen 仿真与实体装置联动，使复杂工程问题解决能力达成度从 54% 提升至 89% (效应量 $d = 1.43$)。这些跨学科案例共同验证了 OBE 在实验教学目标精准定位、评价动态化、产教协同三方面的普适价值。

(2) 能源材料实验教学改革核心成果

现有能源材料实验教学改革通过 OBE 理念的系统实施，已实现三大突破性进展：其一，构建了“虚实结合”的模块化实验体系，使锂电池材料制备等高风险实验的操作安全性提升至 100%，同时通过数字孪生技术将工艺优化周期缩短 60%；其二，建立了“过程 - 创新 - 产业”三维评价机制，企业评分权重占 20%的产教协同模式下，学生开发的 $g-C_3N_4$ /生物炭复合材料等 12 项成果进入产业中试阶段；其三，形成动态改进闭环，基于机器学习分析每年更新 30% 实验项目，保持与宁德时代等企业技术迭代同步率超 85%，最终使毕业生工程能力达成度达 91%、科研参与率提高 35%，为新能源领域人才培养提供了可量化的改革范式。

7. 结论与展望

本研究验证了 OBE 理念在能源材料实验教学中的有效性，但改革深化中仍面临三大挑战：其一，产教协同需从“项目合作”向“生态共建”升级。当前校企合作多停留在技术攻关层面，未来可探索“产业学院”“工程师微专业”等深度协同模式，将企业技术标准直接嵌入课程体系。其二，智能化技术赋能实验教学的潜力尚未充分释放。需加快开发“AI+实验设计”系统，利用大数据分析学生能力短板，动态优化实验模块与评价指标。例如，构建钙钛矿材料性能预测模型，指导学生快速筛选最优合成路径。其三，跨校资源壁垒制约改革成效的规模化推广。建议依托“国家级实验教学示范中心”，搭建能源材料实验资源共享平台，实现虚拟仿真系统、校企联合题库等资源的跨区域互通，推动教育公平与质量协同提升。

未来，能源材料课程改革需以“双碳”目标为引领，聚焦氢能、新型储能等前沿领域，构建“学科交叉 - 产业驱动 - 智能支撑”三位一体的教学新生态，为我国新能源产业高质量发展持续输送复合型创新人才。

参考文献

- [1] 曹琰, 姚丽萍, 李瑞. 基于 OBE 理念“热学”课程的教学探索[J]. 南阳师范学院学报, 2025, 24(1): 91-96.
- [2] 中华人民共和国教育部. 新能源领域应届毕业生能力调研报告[R]. 教育部高等教育司, 2024.
- [3] 张建桥, 刘子微. 我国高校推行 OBE 改革的背景、进展和挑战[J]. 高等教育研究, 2025, 46(2): 34-42.
- [4] 侯妍妍, 刘畅, 李斌, 熊尧. 基于 OBE 的课程质量评价校级专家评审会纪要[EB/OL].

-
- <https://www.lku.edu.cn/info/1274/9175.htm>, 2025-03-07.
- [5] 朱金凤, 冯桂云. OBE 理念下智能制造专业课程改革实践[J]. 职业教育研究, 2025, 18(3): 56-63.
- [6] 沈瑛莹, 韩全力. OBE 理念驱动的高职课程质量评价体系构建——以洛阳科技职业学院为例[J]. 中国职业技术教育, 2025, 41(5): 78-85.
- [7] 张新民. 基于 OBE 理念的课程教学大纲设计理论与实践[M]. 北京: 高等教育出版社, 2025: 112-135.
- [8] 刘春玲. OBE 理念下“第二课堂”课程化改革实践——以哈尔滨师范大学为例[J]. 中国共青团, 2025, 12(3): 22-29.
- [9] 李志义. 高质量发展下的 OBE 三大核心内容设计实操及持续改进教改策略实施工作坊会议资料[R]. 师培联盟, 2025.
- [10] 周屈兰. OBE 理念与多元化评价体系设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2025: 56-78.
- [11] 刘广耀, 胡伟, 李涛. 基于 OBE 的高职学生创新素养评价体系构建研究[J]. 现代职业教育, 2024(16): 1-4.
- [12] 马伟, 朱金凤, 冯桂云. OBE 理念下校企协同育人模式研究[R]. 洛阳科技职业学院, 2025.
- [13] 李亚东. 基于 OBE 理念的一流专业建设与专业认证研讨会会议资料[R]. 华东师范大学, 2019.
- [14] 交通运输学院. 基于 OBE 理念的人才培养方案与教学评价体系构建研修班论文集[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2025: 45-60.
- [15] 新能源学院. 新能源学院全力以赴迎接本科教育教学审核评估(四) [EB/OL]. <https://www.ldxy.edu.cn/xnyxy/2024/0729/c2496a54182/page.htm>, 2024-07-28.