

《新型储能材料》课堂互动创新设计与实践

屈钧娥

湖北大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年7月3日; 录用日期: 2025年8月11日; 发布日期: 2025年8月19日

摘要

在全球能源转型与“双碳”战略背景下,《新型储能材料》课程作为新能源/材料类专业的重要专业课程,亟需突破传统单向讲授模式的局限,以提高教与学的双向效率。研究基于超星学习通平台,构建了线上线下融合的互动型教学模式,通过实时讨论、智能抢答、即时测验等多元交互手段,实现了“问题导向-互动探究-精准反馈”的教学闭环。实践表明,该模式显著提升了学生的课堂参与度与知识掌握效率。此外,通过将课堂表现纳入过程性考核,形成了更加科学的评价体系。研究为工科课程的互动教学改革提供了可推广的实践方案,对培养适应新能源产业发展的复合型人才具有重要意义。

关键词

新型储能材料, 互动教学, 教学效率, 线上线下融合, 超星学习通平台

Innovative Design and Practice of Classroom Interaction for the Course “Advanced Energy Storage Materials”

Jun'e Qu

School of Materials Science and Engineering, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Jul. 3rd, 2025; accepted: Aug. 11th, 2025; published: Aug. 19th, 2025

Abstract

Under the background of global energy transformation and the “dual-carbon” strategy, “New Energy Storage Materials”, as an important professional course for related majors in new energy and materials, urgently needs to break through the limitations of traditional one-way lecturing mode, so as to enliven the classroom and improve the bidirectional efficiency of teaching and learning. This study, based on the Superstar Learning platform, developed an interactive teaching model integrat-

ing online and offline approaches. Through diversified interaction methods such as real-time discussions, smart quick-response quizzes, and instant tests, the teaching closed-loop of “problem-oriented—interactive inquiry—precise feedback” was achieved. Practical implementation demonstrated that this model significantly improves student participation and learning efficiency in the classroom. Moreover, by incorporating classroom performance into formative evaluation, a more scientific assessment system was developed. This research provides a replicable, practical solution for interactive teaching reform in engineering courses, holding significant implications for cultivating interdisciplinary talents to meet the demands of the new energy industry.

Keywords

Advanced Energy Storage Materials, Interactive Teaching, Teaching and Learning Efficiency, Online-Offline Integration, Superstar Learning Platform

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

在全球能源结构转型与“双碳”战略驱动下，新型储能材料已成为支撑可再生能源规模化应用的核心技术领域[1]。作为交叉性极强的《新型储能材料》课程涉及材料科学、化学学科以及能源学科的理论融合，强调解决实际工程问题的创新能力培养。然而，传统讲授式课堂中单向知识传递模式导致学生在应对电极材料设计、储能机制分析等板块时核心能力建构不足。尤其在大批授课场景下，师生互动频率与质双重衰减，严重影响了课堂教学质量，需要进行互动式教学的改革与实践。本研究基于建构主义学习理论[2]、认知负荷理论及学习动机理论[3]，构建系统性教学改革框架，主要通过线上线下融合的互动型教学模式设计和实践，通过创设问题情境(建构主义)、提供即时反馈与支架(降低认知负荷)、设计积分激励机制(提升学习动机)，以促进深度参与和有效学习。

2. 课程简介

2.1. 专业背景

伴随人类社会工业化进程的深入发展，传统化石能源的过度消耗已导致双重危机：一方面其不可再生储量持续锐减，另一方面燃烧产生的温室气体与污染物严重威胁生态环境安全。在此背景下，发展具有清洁特性的新能源技术已成为实现可持续发展的必然选择。值得注意的是，以太阳能、风能、地热能等为代表的新能源形式普遍存在间歇性和波动性特征，必须依赖储能技术实现能源输出的稳定性调控。与此同时，火电、水电及核电等基础能源系统同样需要通过储能装置完成电网的调峰填谷。这种能源结构的变革使新型储能技术成为现代能源体系构建的战略性支撑。

作为能量存储与转换的物理载体，储能材料直接决定着储能系统的能量密度、循环寿命及安全性能等核心指标。因此，先进储能材料的开发创新是推动新能源技术规模化应用的基础性工程。基于此，在高等教育体系中，对新能源类专业以及材料类专业，开设《新型储能材料》专业课程，系统构建从储能材料基础理论到工程应用的知识框架，对培养支撑新能源产业发展的复合型人才意义重大。

2.2. 课程内容及目标

湖北大学新能源学院以及材料院所开设的《新型储能材料》课程，其采用的主要参考书目为吴其

胜主编的《新型能源材料》[4], 教学任务是讲授新型能源储存/转换材料的基础理论以及介绍相关领域的研究和开发热点。主要内容包括氢镍电池材料、燃料电池材料、光电转换材料、超级电容器材料、相变储能材料和非锂金属离子电池材料。旨在通过学习和了解这些能源形式的供能原理, 涉及的关键材料、存在的问题和未来的发展方向, 掌握相关基础知识, 激发学生对新型储能材料领域的兴趣, 推动学生未来自主深入学习各类能源材料, 引导其在新能源学科方向进行深入探索。

基于工程教育认证理念与高校专业改革背景[5], 本课程以成果导向模式构建教学体系, 具体设定以下四个培养目标。课程目标一为系统掌握氢镍电池、钠/钾/镁离子电池等新型二次电池的电荷传递机制、器件构效关系及关键材料体系, 能结合技术指标分析不同电池体系的适用场景, 形成对二次电池材料前沿发展的动态认知。课程目标二为建立燃料电池分类认知模型, 深入理解各类燃料电池的能量转化规律、核心组件功能及材料设计原理, 具备结合工程参数评估材料性能瓶颈并提出改进方案的能力。课程目标三为深入理解多元储能/转换体系(涵盖半导体发光材料、相变储热材料及超级电容器)的能量转换机制与材料设计原理, 能够结合材料理化特性进行器件结构设计, 形成对新型能源材料开发路径的研判能力。课程目标四为通过嵌入式科研案例解析与工程实践项目的学习, 培养新能源材料领域的工程思维与创新意识, 引导学生建立服务国家“双碳”战略的使命担当, 提升解决复杂工程问题的综合素养。

3. 网络辅助互联网互动模式的设计与实践

3.1. 网络互动式教学的必要性

随着教育信息化 2.0 时代的到来, 高校教学形态正经历深刻变革。传统线下教学模式受时空限制, 存在师生互动深度不足、学情反馈滞后等结构性缺陷; 而纯远程教学又面临情感交流缺失、学习状态监测困难等现实困境。因此, 基于互动型课堂的线上线下融合教学模式无疑成为了解决二者困境的最佳途径。该模式的设计深刻融入了教育学核心理念: 首先, 契合建构主义学习观, 通过实时讨论、协作探究等互动, 促进学生主动建构知识而非被动接受; 其次, 遵循认知负荷理论, 利用平台的即时测验、数据可视化等功能, 将复杂的知识难点分解, 提供精准反馈(降低外在认知负荷), 并通过优化信息呈现(如图表、结构化对比)帮助管理内在认知负荷; 最后, 依据学习动机理论(如自我决定理论), 设计积分、排名、即时认可等激励机制, 满足学生的能力感、自主感和归属感需求, 激发其持续参与的内驱力。

在实现线下线上课堂融合的工具中, 超星学习通平台作为智能化教学终端已被同学们熟知, 具有较好的推广基础[6]。学习通 APP 具有以下显著优势: 其一, 可构建多元交互矩阵。平台集成实时讨论区、智能抢答、即时测验等多种交互模块, 支持全员同步参与, 有效突破传统课堂的互动容量限制。其二, 建立动态学情监测系统。通过智能组卷、自动批阅、数据可视化等功能, 实现教学评价从“延时反馈”向“即时诊断”的范式转换, 教师可实时获取知识点掌握热力图, 以快速形成反馈, 完成针对性纠错或知识点巩固; 该功能直接服务于降低外在认知负荷和提供建构支架。其三, 创新激励机制设计, 教师可根据需要设置平时成绩构成, 将参与度积分(如讨论话题参与程度)与质量积分(课堂测验, 线上作业等)均纳入考核范畴, 可使学生课堂主动参与互动频次显著提升。该设计核心在于提升学习动机, 将外部激励逐步转化为内部动机。

3.2. 课堂互动实例分析

3.2.1. “Ni(OH)₂ 正极材料性能影响因素” 知识点互动实例

在学习氢镍电池中正极材料时, 学习内容之一是了解影响其性能的四个关键因素: 化学组成、粒径及分布、表面状态, 微晶晶粒尺寸及缺陷, 并理解其影响机制。教师先通过学习通 APP 发布多选题进行小测试, 题目为要求同学们在四个选项中选出正确项: (A) 颗粒表面粗糙度越大, 比表面积越高, 则电极

综合性能越好；(B) 粒径减小可增强电化学反应活性，但过小会降低松装和振实密度；(C) 适量掺杂 Co 或者 Zn 元素可提高 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 的导电性和改善质子扩散，提高电池的放电容量；(D) 微晶晶粒无序度提高会降低电极活化性能和放电容量。92 名同学中 83 名同学在规定时间内参与作答，正确选项为 B、C。如图 1 所示，APP 实时统计结果显示所有学生均选 C，仅 1 人未选 B。主要问题集中在 A、D 选项，错误选择了 A 和 D 选项的比率分别为 25.3% 和 38.6%。针对实时反馈结果，教师在后续授课过程中，略讲已掌握点(B、C 选项涉及因素)，而针对 A、D 选项的影响因素则展开精讲。表面粗糙度主要通过对颗粒材料振实密度、流动性、电化学活性而综合产生影响：增大粗糙度虽可增大比表面积、提升电化学活性，但会降低颗粒流动性(影响混合均匀性)和振实密度(降低体积能量密度)。因此，需在合适粗糙度下才能获得最优放电容量。而在讨论微晶晶粒尺寸及缺陷的影响时，首先解释了“颗粒尺寸”与“晶粒尺寸”对材料微结构影响的区别，进一步以实际研究数据引出结论：结晶度差、层错率高、微晶晶粒小、排列无序的 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 材料，具有活化速度快、放电容量高、循环寿命长及综合电性能较优的特点。其机理在于：晶界阻碍裂纹扩展；小晶粒使应力分布更均匀，增强电极抗粉化能力；更多的晶界与微缺陷有利于改善质子/电子传导，从而提升电化学反应活性。

该实例充分体现了建构主义(问题驱动下的主动探究、认知冲突的解决促进意义建构)与认知负荷理论(通过课前测试精准定位“认知瓶颈”，教师后续精讲有效降低学生处理关键误解时的外在认知负荷，聚焦核心难点)的协同作用。这种课前互动教学法通过“问题驱动-精准解惑”的双阶设计(先激发认知冲突，再针对性释疑)，显著提升了学生的知识探索欲、课堂专注度及长期记忆留存率，将被动预习转化为主动知识建构，为深度学习奠定了认知锚点。

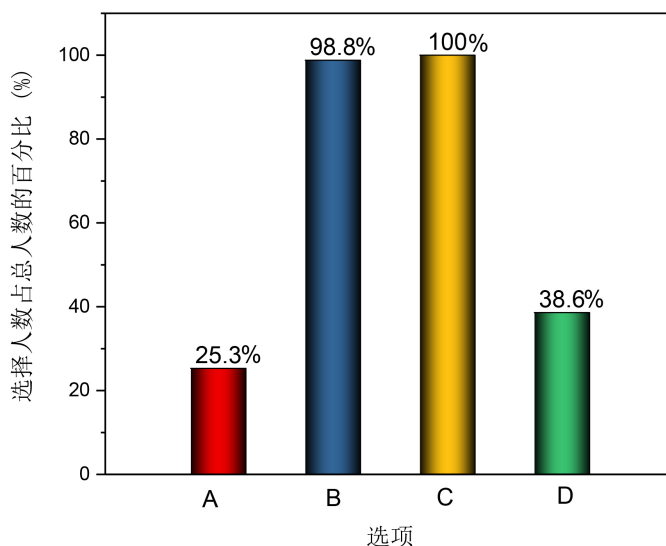


Figure 1. Real-time statistics of multiple-choice responses to key factors affecting performance of MH/Ni battery cathode materials

图 1. 氢镍电池正极材料性能影响因素选择题答题结果实时统计图

3.2.2. “AFC 和 PEMFC 工作原理” 知识点互动实例

在燃料电池章节教学中，教师按“基本结构与原理→热力学与动力学→分类详析”的路线展开。鉴于碱性燃料电池(AFC)与质子交换膜燃料电池(PEMFC)均以氢气为燃料、氧气/空气为氧化剂，为深化学生对两者工作原理差异的理解，在讲解完 AFC 相关内容后，教师展示了 PEMFC 结构示意图，并组织课堂讨论，请大家对比 AFC 与 PEMFC 的工作原理差异。

学生课堂讨论内容的词频统计如图 2 所示，显示大家对电解质、传导离子、隔膜材料、工作温度及电极反应等关键差异点已有识别，但讨论深度不足，尤其在差异具体表现对电池性能的影响上理解尚不充分。基于此，教师进一步通过表 1 的形式系统总结了两者的核心差异及影响。



Figure 2. Discusses the word frequency statistics results of “the differences in working principles between AFC and PEMFC”

图 2. “AFC 与 PEMFC 的工作原理差异”讨论词频统计结果

总结可见 AFC 与 PEMFC 主要相同点包括能量转换原理(H_2 与 O_2 反应生成 H_2O)、基本组件结构(阴阳极、电解质、双极板)、电子流动路径一致。而核心差异点包括：电解质类型、传导离子、水生成/消耗位置、催化剂要求、 CO_2 敏感性、水热管理策略、工作温度范围与启动特性不同。他们在工作原理上的差异性直接决定了两者的技术特性与应用领域。PEMFC 凭借快速启动、固态电解质、较高功率密度及对空气的相对适应性，成为交通和便携应用的主流。而 AFC 则由于对燃料和氧化剂的纯度要求高主要应用于一些特殊领域：如航天航空和军事应用领域。

Table 1. Comparison of characteristics between AFC and PEMFC

表 1. AFC 与 PEMFC 的特征对比

特征	碱性燃料电池 (AFC)	质子交换膜燃料电池 (PEMFC)	差异带来的影响
电解质	液态碱性溶液(通常为 30%~45% KOH 溶液)	全氟磺酸型质子交换膜(如 Nafion)，仅允许 H^+ 通过。	AFC：电解质易流动、泄漏风险高、具腐蚀性。 PEMFC：固态电解质，结构紧凑、无泄漏风险。
传导离子	OH^- ，由阴极迁移至阳极。	H^+ ，由阳极迁移至阴极。	离子迁移方向相反，直接导致电极反应式不同。
阳极反应	$\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	AFC：阳极消耗 OH^- 并生成水。可能导致阳极淹没，需要及时排水。
阴极反应	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	AFC：阴极消耗水并生成 OH^- ，需要持续供水(来自电解质或增湿反应气)，否则易干涸。 PEMFC：阴极消耗 H^+ 生成水，需排水以防止阴极淹没；阴极、阳极入口处需要增湿以维持膜湿润。

续表

催化剂	非贵金属可用(如 Ni, Ag, 金属氧化物), Pt 非必需。	Pt 或 Pt 合金纳米颗粒, 对 CO 等杂质高度敏感。	AFC: 催化剂成本相对低, CO 耐受性较好。 PEMFC: 催化剂成本高、易中毒。
工作温度	范围宽(60℃~250℃, 传统型约 60℃~90℃)	较低(60℃~80℃)	高温 AFC: 启动慢, 但水热管理更简单、效率及催化剂活性可能更高。 PEMFC: 启动快, 但低温限制功率密度提升, 水/热管理复杂。
CO ₂ 耐受性	极差, CO ₂ 与 OH ⁻ 反应生成碳酸盐(K ₂ CO ₃), 堵塞电极、毒化催化剂、降低电导率。	较好(固态膜不受 CO ₂ 影响)	AFC 致命弱点为必须使用极高纯度氢气/氧气(或对空气严格脱除 CO ₂), 限制应用场景。 PEMFC: 可用重整气(需除 CO, CO < 10 ppm)。空气需过滤。

本实例中, 词频统计引导的讨论与教师的系统总结表, 是建构主义中“社会协商”和“脚手架”理论的典型应用。讨论激活学生前认知并暴露差异点(建构主义), 词频统计可视化呈现群体认知状态(降低认知负荷中的内在负荷), 教师随后的结构化对比表(表 1)则为学生理解复杂差异提供了清晰支架(进一步降低外在认知负荷, 支持深度建构)。同时, 公开讨论和观点碰撞本身也能激发学习动机。这种互动式讨论教学法通过激发学生主动性, 促进深度思维碰撞与观点互鉴。学生在互动中不仅能够激发创新灵感、提炼核心知识, 教师更可基于讨论成果进行系统性分析与拓展, 从而全面提升学生的批判性思维、多维分析能力及认知系统性。

3.2.3. “相变材料工作原理” 知识点互动实例

在讲解“典型相变材料”一节时, 内容主要围绕固-液有机/无机相变材料和固-固有机/无机相变材料展开。当介绍到固-固有机相变材料中的多元醇时, 教师首先设置了一道思考题, 引导学生思考多元醇相变材料的相变原理。题目提供了四种碳链结构相似但醇羟基数量不同的多元醇分子结构, 如图 3, 要求学生判断哪一种材料对应的相变潜热最大。

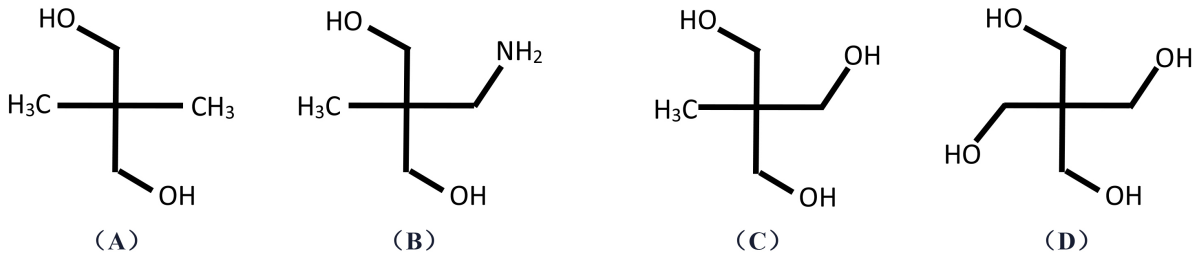


Figure 3. Four different groups of polyol phase change materials
图 3. 四组不同的多元醇相变材料

答题结果显示 80% 的同学选择了正确答案 D, 仍有 20% 的同学没有领会到多元醇相变原理。结合该题目, 我们进一步向学生阐释了相变多元醇的工作原理: 其核心机制依赖分子间氢键网络: 醇羟基既可与其他醇羟基作用, 亦可与氨基等极性基团结合。相变过程中氢键的断裂与重组, 直接主导热能储存与释放。四个选项的分子具有相近的碳链骨架和相同碳原子数。因此, 分子中能形成氢键的位点, 即羟基或氨基等极性基团数量越多, 在相变过程中破坏和形成氢键所吸收和释放的热量就越大, 对应的相变潜

热也就越高。

此案例的核心在于利用具象化的分子结构图(图 3)和关联性思考题,有效降低了理解抽象相变原理的内在认知负荷(符合认知负荷理论)。学生通过分析具体选项,主动探索分子结构与性能(潜热)的关系,是建构主义“发现学习”的体现,而即时答题反馈则强化了学习动机和能力感。相较于单向理论灌输,这种实例分析互动教学法通过真实场景的原理解构,显著提升学生的知识内化效率,以具象案例驱动抽象认知,在互动中深化理解深度,强化长期记忆,并可促进学生形成结构化知识网络与迁移应用能力。

4. 互动型教学模式教学效果调查

除了以上课堂实时交互式互动的实施,利用学习通 APP,还可以实现在线课后作业发布与提交、线上视频资源共享等课外互动,并提供平时成绩实时统计更新。平时成绩由课堂表现积分和课后线上作业积分按照一定比例核算。而课堂表现积分中,任何一种互动方式包括参与讨论、随堂测试、抢答等均赋予一定分值,这大大调动了同学们参与课堂互动的主动性和积极性,起到了活化课堂、催化学习热情高涨的效果,同时也使得课程考核机制更加合理,不再是期末一卷定音,而是充分结合平时的学习参与度进行评价,有效提高了学生学习主动性和改善了教学效果。

课程结束后,就同学们对在线式课堂互动的看法进行了在线调查,教学班中约 60%的同学参与了调查,统计结果如下:认为“很有必要”的同学占比为 10.5%,认为“有必要”的同学占比为 61.4%,选项“无所谓”态度的占 15.8%,认为没有必要的占 12.3%。可见持有不支持态度的同学仅占 10%左右,大多数同学认同互动型教学模式在《新型储能材料》课堂上的实施方式以及效果。这一高认可度验证了本模式在提升学习动机方面的有效性。积分机制(能力感)、参与讨论的选择性(自主感)、课堂互动的氛围(归属感)共同作用,符合自我决定理论的核心要素,是学生积极参与的内在驱动力来源。同时,即时的正反馈(答题、积分增长)也显著增强了学习效能感。

5. 结语

本研究基于《新型储能材料》课程,以建构主义学习理论、认知负荷理论和学习动机理论为系统性框架,指导了线上线下融合互动教学模式的设计与实践。该框架下设计的“问题导向-互动探究-精准反馈”闭环,有效促进了学生的主动知识建构;利用技术工具优化信息呈现与反馈,显著降低了认知负荷瓶颈;而融入过程性评价的激励机制,则持续激发了学生的学习内驱力。后续研究中教师将持续优化互动设计,结合学科前沿动态,将“双碳”战略、工程实践等元素融入课堂,培养兼具理论素养和创新能力的复合型人才,为推动新能源领域的高质量人才培养奠定基础。

参考文献

- [1] 王敏,曾昆. 能源革命时代新型储能材料产业亟须加速布局[J]. 科技中国, 2025(1): 37-41.
- [2] 王青. 认知心理学视阈下的多媒体教学综述[J]. 高教学刊, 2015(20): 45-46+48.
- [3] 路娟,赵笑梅. 澳大利亚减负教学模式及其启示[J]. 成都师范学院学报, 2023, 39(10): 98-106.
- [4] 吴其胜. 新能源材料[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 2017.
- [5] 马振,孙鹏飞,邸可新,牟立婷,袁世丹. 工程教育认证背景下材料类专业人才培养目标达成度体系建设研究[J]. 中国科技经济新闻数据库 教育, 2024(1): 21-24.
- [6] 吴晓璇,李正茂,郭昌建. 基于“学习通”的智慧课堂教学设计与应用研究[J]. 软件导刊, 2020, 19(12): 167-170.