

# “双碳 + AI”背景下材料与化工专业研究生教学改革研究

张春勇, 贾海浪, 李树白, 文颖频, 舒莉

江苏理工学院化学化工学院, 江苏 常州

收稿日期: 2026年5月8日; 录用日期: 2026年6月10日; 发布日期: 2026年6月22日

## 摘要

在双碳战略目标与人工智能技术迅猛发展的双重驱动下, 材料与化工行业正经历深刻的绿色化与智能化转型, 对高层次复合型人才培养提出了新挑战。当前研究生教学存在课程体系更新滞后、学科交叉融合不足、实践教学与产业需求脱节等问题。基于江苏理工学院材料与化工专业的教学改革实践, 紧密对接研究生培养方案, 系统构建“双碳 + AI”双轮驱动的教学改革框架, 从课程体系重构、教学资源建设、实践教学创新、教学团队建设四个维度探索改革路径, 并提出跨学科知识融合、产教精准对接、教学方法革新三大重点突破方向。改革实践表明, 通过将低碳技术理念与AI赋能工具深度融入人才培养全过程, 能够有效提升研究生的低碳技术研发能力、AI工具应用能力和跨学科整合能力, 为行业转型升级输送急需的复合型创新人才。

## 关键词

双碳目标, 人工智能, 材料与化工, 研究生教育, 教学改革

## Study on the Reform of Postgraduate Teaching in Materials and Chemical Engineering against the Backdrop of “Dual Carbon + AI”

Chunyong Zhang, Hailang Jia, Shubai Li, Yingpin Wen, Li Shu

School of Chemistry and Chemical Engineering, Jiangsu University of Technology, Changzhou Jiangsu

Received: May 8, 2026; accepted: June 10, 2026; published: June 22, 2026

## Abstract

Driven by the dual strategic goals of achieving carbon peak and carbon neutrality and the rapid advancement of artificial intelligence, the materials and chemical engineering sectors are undergoing a profound transition toward green and intelligent transformation, which presents new challenges for cultivating high-level, interdisciplinary talent. Current postgraduate education faces issues such as outdated curricula, insufficient interdisciplinary integration, and a disconnect between practical teaching and industrial needs. Based on the teaching reform practices in the Materials and Chemical Engineering program at Jiangsu Institute of Technology, and closely aligned with the 2025 postgraduate training syllabus, this paper systematically constructs a Dual Carbon + AI dual-driven teaching reform framework. It explores reform pathways across four dimensions—curriculum restructuring, teaching resource development, innovation in practical teaching, and teaching team development—and proposes three key breakthrough directions: interdisciplinary knowledge integration, precise industry-education alignment, and innovation in teaching methods. The reform practice demonstrates that by deeply integrating low-carbon technology concepts and AI-powered tools throughout the entire talent development process, it is possible to effectively enhance postgraduate students' capabilities in low-carbon technology R & D, AI tool application, and interdisciplinary collaboration, thereby supplying the composite innovative talents urgently needed for industrial transformation and upgrading.

## Keywords

Dual Carbon Goals, Artificial Intelligence, Materials and Chemical Engineering, Postgraduate Education, Teaching Reform

Copyright © 2026 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

作为国民经济支柱产业，材料与化工领域既是碳排放的主要来源，也是实现碳中和目标的关键突破口[1][2]。与此同时，人工智能技术的迅猛发展正深刻改变着材料研发与化工生产的范式，从材料基因工程到化工过程智能控制，AI技术正在重塑行业的技术路径和人才需求结构。

在此背景下，材料与化工专业研究生教育面临着前所未有的机遇与挑战。传统的研究生培养模式偏重单一学科知识传授，课程体系更新滞后，难以适应“双碳 + AI”双重驱动下产业对复合型人才的需求。如何将低碳发展理念与人工智能技术有机融入研究生教学体系，培养既懂材料化工专业又具备低碳思维和AI应用能力的复合型创新人才，成为亟待解决的重要课题[3][4]。

江苏理工学院材料与化工专业立足轻量化材料、能源化工技术、退役材料综合利用三大特色方向，研究生培养方案明确提出服务国家双碳战略与新能源产业需求的培养目标。基于专业改革实践，紧密对接培养目标，系统构建“双碳 + AI”双轮驱动的教学改革框架，分析改革路径与实施成效，以期研究生培养模式的优化提供理论支撑与实践参考。

## 2. 现实审视：材料与化工研究生教学面临的挑战

### 2.1. 双碳目标对人才培养提出新要求

双碳战略的推进正在深刻改变材料与化工行业的发展逻辑。传统以资源消耗和规模扩张为特征的

展模式难以为继，绿色低碳成为产业转型升级的核心方向。将“资源与能源的高效清洁利用”列为三大培养方向之一，明确提出通过绿色合成技术与循环利用策略支撑国家双碳目标与制造业绿色转型。这一转变对专业人才的知识结构和能力素养提出了全新要求：研究生不仅需要掌握材料合成与化工过程的基础理论，更要理解全生命周期碳足迹分析、绿色工艺设计、碳捕集与封存等低碳技术原理，具备从源头减少碳排放的系统思维。

然而，当前多数高校材料与化工专业的课程体系尚未实现与双碳理念的深度融合。绿色低碳课程内容与传统专业课程相容性较差，内容更新缓慢，难以反映行业最新技术进展。部分高校虽开设了碳中和相关选修课，但多停留于概念普及层面，未能将低碳理念系统融入专业核心课程，导致学生难以形成从分子设计到工业应用的完整低碳思维链条[5][6]。

## 2.2. AI 技术渗透倒逼教学范式转型

人工智能技术在材料科学与化学工程领域的应用正从学术前沿走向工程实践。机器学习辅助材料筛选、化工过程智能优化控制、数字孪生工厂等应用场景快速普及，行业对具备 AI 素养的复合型人才需求日益迫切。

反观研究生教学，多数高校材料与化工专业仍沿用传统课程设置，AI 相关课程或缺失，或与专业内容两张皮。在专业基础课中增设《智能材料计算与 AI 驱动设计》，体现了对 AI 赋能人才培养的前瞻布局。然而，如何将 AI 技术系统融入各门专业课程，实现从增设课程到课程融合的深度转变，仍是需要持续探索的问题[7][8]。

## 2.3. 跨学科融合教学的深层困境

“双碳 + AI”的双重驱动本质上要求材料、化工、环境、计算机等多学科的深度交叉融合，但目前研究生教学在跨学科融合层面面临多重困境。首先是师资结构问题，专业教师多具有单一学科背景，材料专业教师对 AI 算法理解不深，计算机专业教师又缺乏对材料化工工程问题的直观认知。其次是课程体系问题，跨学科课程往往流于形式，将不同学科内容简单拼凑，缺乏有机整合。再次是学生基础差异问题，材料与化工专业学生数理基础参差不齐，对 AI 知识的接受能力差异显著，给教学实施带来挑战[9][10]。

## 3. 理论框架：“双碳 + AI”双轮驱动的教学改革逻辑

### 3.1. “双碳 + AI”的协同内涵

“双碳 + AI”并非两者的简单叠加，而是通过 AI 技术赋能双碳目标的实现，形成“双碳目标提出需求-AI 技术提供路径-教学改革培养人才-人才推动目标达成”的闭环机制。其协同内涵体现在三个层面：

在技术层面，AI 技术通过优化化工过程设计、加速低碳材料研发、精准预测碳排放数据，成为实现双碳目标的关键赋能工具。例如，利用机器学习算法可从数百万种材料组合中快速筛选出高性能碳捕集材料，大幅缩短研发周期。这与“能源化工技术”、“退役材料综合利用”等培养方向高度契合。

在教学层面，“双碳 + AI”要求重构教学场景，将 AI 作为优化教学资源配置、开发智能教学平台、支持科研数据分析的工具，同时将双碳理念贯穿课程内容，实现知识传授与价值引领的统一。《工程伦理》《清洁生产与循环经济》等课程的设置，为价值引领提供了课程载体。

在能力层面，“双碳 + AI”确立了复合型人才的三大核心能力：低碳技术研发能力——掌握碳减排核心技术与材料设计原理；AI 工具应用能力——熟练运用机器学习、数据建模等工具解决工程问题；跨

学科整合能力——融合材料科学、化学工程、环境科学与 AI 技术的复合思维。

### 3.2. 教学改革系统框架

构建“目标 - 内容 - 方法 - 保障”四位一体的教学改革系统框架。改革目标定位于培养具备低碳技术研发能力、AI 工具应用能力和跨学科整合能力的复合型创新人才。改革内容涵盖课程体系重构、教学资源建设、实践教学创新、教学团队建设四大模块。改革方法强调项目驱动式教学、线上线下混合式教学、小组协作学习等多元化教学模式的综合运用。改革保障则从制度建设、经费投入、校企协同三个层面构建支撑体系。

这一框架的内在逻辑是：以双碳战略需求为牵引，以 AI 技术赋能为手段，通过系统化教学改革打通学科壁垒，实现知识传授、能力培养与价值引领的有机统一，最终服务于行业转型升级和国家战略需求。

## 4. 路径探索：材料与化工研究生教学改革的实践架构

### 4.1. 课程体系重构：从知识叠加到有机融合

一是梳理融合现有课程知识点。在《材料与化工现代研究方法》课程中，融入机器学习在材料表征中的应用案例，使学生掌握利用 AI 算法分析材料微观结构的方法；在《材料与化工传输原理》课程中，增加碳捕集过程传递现象分析内容，引导学生理解低碳技术背后的工程原理；在《材料与化工安全工程》课程中，引入基于 AI 的安全预警系统设计，培养学生运用智能技术解决安全问题的能力。通过知识点的有机融入，使学生在专业学习的同时自然接触低碳理念与 AI 方法。

二是增设跨学科特色课程。开设《智能材料计算与 AI 驱动设计》选修课，系统讲授材料基因工程、机器学习算法、高通量计算等内容。在此基础上，进一步开设《双碳与 AI 前沿技术导论》选修课，邀请校内外专家介绍碳捕集材料、智能化工系统等前沿进展。通过增设特色课程，为学生构建完整的跨学科知识框架。

三是优化课程结构比例。培养方案设置学位课(公共课 8 学分、专业基础课  $\geq 10$  学分)、非学位课(专业选修课  $\geq 6$  学分、其他选修课  $\geq 2$  学分)和必修环节( $\geq 11$  学分)的模块化结构。在总学分基本不变的前提下，适当压缩传统验证性实验学时，增加综合设计性实验和项目式学习比重，确保学生有充足时间进行跨学科知识整合与实践训练。

### 4.2. 教学资源建设：数字化与案例化双轮驱动

优质教学资源是教学改革落地的基础保障。围绕“双碳 + AI”主题，江苏理工学院着力打造三类核心教学资源。

一是校企合作开发新形态教材。联合企业专家编写《AI 在材料化工中的应用案例集》《双碳背景下绿色材料工程》等教材，将行业最新技术标准、真实工程案例融入教材内容。教材采用活页式设计，便于根据技术发展动态更新内容。

二是建设数字化教学平台。开发“双碳 + AI”专属在线学习平台，整合课程视频、电子课件、虚拟仿真实验等资源。虚拟仿真实验平台集成分子动力学模拟软件、化工流程模拟工具、机器学习建模环境，学生可在线完成材料设计、性能预测、过程优化等任务。

三是构建教学案例库。深入企业收集“双碳 + AI”应用成功案例，如某化工企业利用 AI 智能控制系统实现生产能耗降低 30% 的实践，材料公司借助 AI 加速新型光伏材料研发周期缩短 50% 的经验。将这些案例开发为标准教学模块，每个模块包含背景介绍、技术方案、实施过程、效果评估、思考题等内容，为项目式教学提供丰富素材。

### 4.3. 实践教学创新：虚实结合与产教协同

实践教学是知识转化为能力的关键环节。“专业实践为必修环节，共 40 周”，并强调“校企联合培养”“双导师指导”的培养方式。针对传统实践教学与企业实际脱节的问题，改革着力构建“虚实结合、产教协同”的实践教学体系。

一是建设校内“双碳 + AI”实践实验室。实验室配备材料微观结构 AI 分析仪器、化工智能控制系统模拟平台、高通量材料合成与表征设备等，为学生提供自主探索的实验环境。开发《基于 AI 的化工过程节能减排优化》《新能源材料智能制造工艺开发》等综合设计性实验项目，学生需综合运用专业知识和 AI 工具完成从方案设计到结果分析的全过程。

二是搭建虚拟仿真教学平台。针对大型仪器设备不足、高危实验难以开展等问题，建设面向材料化工领域的虚拟仿真平台。学生可通过平台进行分子动力学模拟、化工过程仿真、设备虚拟操作等训练。例如，在“碳捕集材料设计”实验中，学生利用高通量计算筛选候选材料，通过机器学习预测性能，最后在虚拟环境中验证筛选结果，完整经历材料研发全流程。

三是深化产教融合实践。与行业领军企业共建研究生实践基地，实施“双导师 + 项目制”培养模式，企业根据实际需求发布实践项目，研究生在校内导师和企业导师共同指导下完成项目。

### 4.4. 教学团队建设：跨界融合与能力提升

跨学科教学需要跨学科师资支撑。着力打造“三师型”教学团队，即同时具备材料化工专业素养、AI 技术应用能力和工程实践经验的教师团队。

一是组建跨学科教学团队。整合材料科学与工程、化学工程与技术、计算机科学与技术三个学科的骨干教师，形成由材料化工专业教师主讲专业核心课、计算机专业教师主讲 AI 基础课、校企双导师共同指导实践项目的协同教学机制。团队成员定期开展跨学科教学研讨，共同开发课程内容。

二是实施教师能力提升计划。鼓励材料化工专业教师学习 AI 技术，选派骨干教师参加机器学习、深度学习等专题培训；支持计算机专业教师深入企业了解材料化工工程问题。目前，团队中 80% 的专业教师已掌握材料大数据分析、机器学习建模等数字技能。

三是引进行业专家充实团队。聘请具有 AI 研发背景的企业工程师担任产业教授，参与课程建设、实践指导和毕业设计指导。建立校企“双导师”互聘机制，校内导师到企业挂职锻炼，企业导师到学校承担实务课程，实现师资双向流动。

## 5. 重点突破：教学改革的关键着力点

### 5.1. 跨学科知识融合难点的攻克

材料与化工专业学生知识背景差异显著，学习 AI 技术时面临不同程度困难。针对这一问题，改革采取分层级、模块化的教学策略。对无编程基础的学生，从 Python 基础语法讲起，结合材料化工案例逐步引入机器学习基本概念；对有一定基础的学生，开设进阶模块，讲授深度学习在材料性能预测中的应用。在知识融合过程中，注重建立知识点之间的逻辑联系，通过课程设计引导学生理解双碳目标如何驱动产业变革，以及 AI 在其中的关键赋能作用。

### 5.2. 实践与产业需求对接精准度的提升

实践教学成效关键在于与企业需求精准对接。改革建立企业需求动态跟踪机制，定期回访合作企业，了解“双碳 + AI”技术应用新进展和人才需求新变化。根据反馈及时调整实践教学内容，例如针对企业对智能化工控制系统运维人才的迫切需求，强化相关实践课程建设。在项目合作中，企业不仅提供案例，

还全程参与实践教学指导,从项目选题、技术路线制定到成果验收共同把关,确保学生实践成果具有实用价值。专业实践结束后,学生提交经实践单位确认的专业实践报告,这为实践质量提供了制度保障。

### 5.3. 教学方法适应性的突破

项目驱动式教学是培养学生综合能力的有效方法,但实施中面临项目难度把控、周期安排等挑战。改革中建立标准化项目管理流程,将课程知识点分解到项目各阶段任务中,明确每个阶段的目标、任务要求和交付成果。学生分组完成项目,教师全程指导。对于线上线下混合式教学,优化教学内容分配,线上侧重知识拓展与预习复习,线下强化重难点讲解与互动讨论,利用 AI 学习分析技术跟踪学生线上学习行为,为线下教学提供精准依据。

## 6. 困境和反思

在“双碳 + AI”双重驱动下的材料与化工专业研究生教育改革过程中,也面临诸多现实困难与未预见到的问题。首先,师资能力提升存在瓶颈,许多教师对双碳政策理解不深且缺乏 AI 工具实操经验,双导师制下校外导师协同不足、职责模糊,制约了跨学科教学效果。其次,学生学习负担加重,导致部分学生因知识跨度大、时间紧张而陷入浅层学习或应付式完成实践。再者,跨学院合作的体制性障碍突出,课程互认、教师工作量核算、跨学科经费使用等制度不健全,使得多学院协同流于形式。此外,评价机制滞后,仍偏重传统论文与考试,难以有效衡量学生在双碳与 AI 融合项目中的综合能力。最后,行业实践资源与教学需求脱节,企业项目周期长、数据敏感,加之实践基地缺乏 AI 算力与低碳模拟环境,削弱了实践环节的预期成效。正视这些局限与挑战,才能为后续改革提供真实可信的经验借鉴。

## 7. 结语

“双碳 + AI”双重驱动下的产业变革,对材料与化工专业研究生教育提出了新要求,也提供了改革创新的历史机遇。将双碳理念与 AI 技术系统融入研究生教学体系,通过课程重构、资源建设、实践创新、团队提升等多维举措,有效提升了人才培养质量,为行业转型升级提供了有力人才支撑。新版培养方案中《智能材料计算与 AI 驱动设计》课程的设置、“双导师指导”制度的完善、“专业实践 40 周”的要求,均为教学改革的深入推进奠定了坚实基础。

改革过程中也需清醒认识到,跨学科融合教学是一项系统工程,涉及培养理念更新、课程体系重构、教学方法创新、评价机制改革等多个层面,需要持续探索和完善。未来,随着双碳战略深入推进和 AI 技术加速迭代,材料与化工专业研究生教育改革仍需不断深化,在产教融合、科教融汇、学科交叉等方面持续创新,为国家绿色低碳发展和数字化转型培养更多高素质复合型人才。

## 基金项目

江苏理工学院研究生教育教学改革课题——“双碳 + AI”背景下材料与化工专业研究生教学研究与改革。

## 参考文献

- [1] 吴雪梅,张文君,韩冰雁,等.“双碳”目标驱动的能量化工类跨专业创新人才培养模式探索与实践[J]. 化工高等教育, 2024, 41(1): 37-41.
- [2] 张春勇,刘维桥,朱炳龙,等.以学生为中心、成果为目标导向对化学工程与工艺生产实习进行教学改革[J]. 科学咨询, 2024(16): 55-58.
- [3] 鄢维,李渊.“碳达峰碳中和”背景下高职石油化工专业群课程体系建设与实践[J]. 湖北开放大学学报, 2023, 43(3): 44-48.

- 
- [4] 明兰. 人工智能技术赋能高校思政课教学改革创新研究[J]. 特区教育, 2026(4): 40-42.
- [5] 黄国勇, 屈辰玮, 王春霞. 新工科背景下“新能源材料设计与制备”研究生课程教改初探[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2022(4): 1-3.
- [6] 王如志, 崔素萍, 聂祚仁. “双碳”目标视角下“四位一体”本科教育模式创新[J]. 中国大学教学, 2022(4): 14-18.
- [7] 刘作华, 李安琪, 王璐瑶, 等. 智慧化工背景下基于学科前沿视角的化工安全技术课程教学改革探析[J]. 化工高等教育, 2024, 41(1): 29-36.
- [8] 赵云, 秦志宏, 倪中海, 等. 基于新工科立体改造协同作用的能源化学工程专业“双碳”工程人才培养模式探究[J]. 化工高等教育, 2024, 41(1): 41-46.
- [9] 冯鹏飞, 张勇, 曾鑫, 等. 新工科背景下人工智能驱动的机械类专业实践教学改革探索[J]. 中国机械, 2026(5): 173-176.
- [10] 贾积有, 张誉月. 人工智能与教育: 机遇、挑战与对策[J]. 北京大学教育评论, 2023, 21(1): 49-61+188-189.