

“双碳”战略导向下《材料化学基础》课程教学改革与实践

李 鑫

华中科技大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年8月4日; 录用日期: 2026年9月3日; 发布日期: 2026年9月10日

摘 要

在全球气候治理与我国“碳达峰、碳中和”战略背景下, 材料学科作为绿色低碳转型的关键支撑领域, 肩负着培养具备可持续发展理念的高层次创新人才的重要使命。本文以华中科技大学研究生核心课程《材料化学基础》为对象, 针对传统教学内容与“双碳”前沿脱节、思政元素融入浅层化等问题, 从课程内容重构、前沿知识融合、思政元素有机嵌入、课堂教学方法革新四个维度开展教学改革实践。通过构建“经典理论 - 前沿进展 - 绿色理念”三位一体的教学内容体系, 开发“双碳”导向的教学案例库, 建立“数据 + 思政 + 专业”三维课堂教学模式, 有效激发了学生的学习主动性与绿色创新意识, 为材料类研究生课程落实“双碳”战略导向的教学改革提供可操作的实践路径。

关键词

《材料化学基础》, 双碳战略, 课程思政, 教学改革, 研究生教育

Reform and Practice of *Fundamentals of Materials Chemistry* Course Teaching Guided by the “Dual Carbon” Strategy

Xin Li

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

Received: August 4, 2026; accepted: September 3, 2026; published: September 10, 2026

Abstract

Against the backdrop of global climate governance and China's "carbon peaking and carbon neutrality" strategy, materials science, as a key supporting field for green and low-carbon transition, bears the important mission of cultivating high-level innovative talents with sustainable development concepts. Taking the graduate core course *Fundamentals of Materials Chemistry* at Huazhong University of Science and Technology as the research object, this paper addresses the problems of disconnection between traditional teaching content and "Dual Carbon" frontiers, as well as superficial integration of ideological and political elements. Teaching reform practices are carried out from four dimensions: curriculum content restructuring, frontier knowledge integration, organic embedding of ideological and political elements, and innovation of classroom teaching methods. By constructing a "classical theory - frontier progress - green concept" trinity teaching content system, developing a "Dual Carbon"-oriented teaching case database, and establishing a "data + ideological-political + professional" three-dimensional classroom teaching model, students' learning initiative and green innovation awareness have been effectively stimulated. This provides an operable practical path for implementing the "Dual Carbon" strategic orientation in the teaching reform of materials science graduate courses.

Keywords

Fundamentals of Materials Chemistry, Dual Carbon Strategy, Curriculum Ideological and Political Education, Teaching Reform, Graduate Education

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

2020年,我国明确提出“碳达峰、碳中和”目标,标志着经济社会发展全面绿色转型进入新阶段[1]。材料产业是国民经济的基础性、支柱性产业,同时也是能源消耗和碳排放的重点领域——据统计,我国钢铁、水泥、有色金属等基础材料行业的碳排放量约占全国总量的40%以上。材料学科作为支撑绿色低碳转型的关键学科,肩负着培养具备可持续发展理念和低碳技术创新能力的高层次人才的重要使命。研究生教育处于国民教育体系的顶端,是科技创新的核心驱动力,其课程教学必须深度融入国家“双碳”战略需求,引导学生树立绿色材料研发的价值观与方法论[1]。

然而,当前材料类研究生核心课程的教学实践与这一目标之间仍存在显著差距。以华中科技大学材料科学与工程学院研究生核心课程《材料化学基础》为例,该课程是材料学科研究生的重要专业基础课,教学内容主要聚焦于传统材料合成、结构表征与性能调控等经典知识体系,对材料全生命周期碳排放、环境友好型设计、绿色合成路线等“双碳”相关议题缺乏系统性探讨。与此同时,课程思政元素的融入往往流于表面,多采用“爱国”、“创新”、“奉献”等通用表述作为思政标签,未能紧密结合材料化学领域在国家低碳发展中的特殊责任与时代使命[2]。这种“知识传授与价值引领两张皮”的现象,导致学生在学习过程中难以建立材料化学研究与低碳发展之间的内在联系,也无法形成系统的绿色材料研发思维。

深入审视“课程思政”的教育学内涵,有助于厘清改革的方向。课程思政不应被窄化为政策宣讲或价值观灌输,其更深层的目标在于实现“价值引领与知识建构的有机统一”。根据建构主义学习理论,

学习者是意义的主动建构者，而非被动接受者[3]。有效的价值引领应当嵌入专业知识的认知图式之中，使学生在主动探究专业问题的过程中自然而然地触及伦理判断与社会责任。这就要求教师明确学术探究与价值引领的边界：学术探究追求客观真理与方法严谨性，价值引领则关涉“为何研究”、“为谁研究”以及“如何负责地研究”等元问题。二者并非对立，而是相互支撑的关系，真正的学术创新从来离不开对研究意义和社会影响的深层关切。在这一认识基础上，本文所提出的教学改革旨在将“双碳”价值导向从外部的政策要求转化为课程内在的认知驱动力，通过思辨讨论、伦理情境分析和数据驱动的专业判断，引导学生形成独立思考的能力和负责任的科研价值观，而非简单地接受某种结论或立场。

针对上述问题，本文以《材料化学基础》课程为研究对象，围绕“如何将‘双碳’战略导向有机融入课程教学全过程”这一核心问题，从课程内容重构、前沿知识融合、思政元素嵌入、课堂教学方法革新四个维度开展教学改革探索，旨在为材料类研究生课程落实“双碳”导向的教学改革提供可操作的实践路径。

2. 课程教学现状与问题剖析

2.1. 教学内容与“双碳”前沿脱节

《材料化学基础》课程的传统教学内容体系主要涵盖晶体化学基础、缺陷化学、扩散与相变、溶液与固相反应、材料合成化学等经典模块。这些内容虽然在材料学科知识体系中具有基础性地位，但有两个突出问题：其一，教学案例与例题多选用经典体系(如 NaCl 晶体结构、金属氧化反应、传统陶瓷烧结等)，缺乏对钙钛矿光伏材料、固态电池电解质、生物可降解高分子等前沿绿色材料体系的引入，未能将绿色化学原则(如原子经济性、可再生原料使用)作为核心教学理念[4]；其二，教学内容未设置“材料与环境”、“绿色化学”等专题模块，学生对材料制备过程中的能耗问题、溶剂毒性问题、资源枯竭问题缺乏系统认知。

例如，在“材料合成化学”章节中，传统教学仅介绍溶胶-凝胶法、水热法、化学气相沉积等方法的原理与操作流程，但很少引导学生思考这些方法在能耗、溶剂使用、副产物处理等方面的环境差异，而这些恰恰是绿色化学关注的核心问题。学生在这样的教学中习得的是“如何合成”，而非“如何绿色地合成”。

2.2. 思政元素融入浅层化、标签化

课程思政要求在知识传授中实现价值引领，但在当前的教学实践中存在两个典型偏差[5]。一是“贴标签式”思政，即在课程某个章节末尾用一两句话简单提及“我们要爱国创新”、“我们要服务国家战略”，缺乏与专业知识的内在逻辑关联。例如，在讲授“催化材料”时仅简单提及“自主创新很重要”，却未能引导学生深入思考我国在高端催化材料领域面临的“卡脖子”困境以及低碳催化技术的战略意义。二是思政元素与专业内容“两张皮”，教师不知道如何在材料化学的具体知识中自然地引出价值观讨论，思政教育沦为课堂教学的“附加环节”，学生也难以产生共鸣。

2.3. 教学方法偏重灌输、缺乏思辨

传统课堂以教师讲授为主，学生被动接受知识，课堂互动不足。对于研究生层次的教学而言，这种模式尤其不适应，因为研究生需要的是思辨能力、批判性思维和独立判断能力，而非简单的知识记忆。在涉及“双碳”这类具有高度争议性和复杂性的议题时，缺乏课堂讨论与思辨训练，学生难以形成对绿色材料研发的系统性认知。例如，“某类传统材料是否应该被替代？”、“绿色材料的成本溢价是否值得？”这类问题没有标准答案，却是研究生走向科研一线后必须面对的伦理抉择，而传统课堂很少提供

这样的思辨训练。

3. 教学改革措施

3.1. 重构课程内容，构建“三位一体”教学体系

(一) 建立“经典 + 前沿 + 绿色”的内容框架。在保留经典材料化学核心知识(晶体结构、缺陷、扩散、相变、合成方法等)的基础上，系统融入绿色化学原则与“双碳”相关议题，形成“经典理论 - 前沿进展 - 绿色理念”三位一体的教学内容体系[6] (见表 1)。

Table 1. “Classical-frontier-green” trinity teaching content framework
表 1. “经典 - 前沿 - 绿色”三位一体教学内容框架

经典知识模块	前沿融合内容	绿色理念嵌入
晶体化学基础	低维材料(MOF、COF 等)的低碳合成	如何用最少的原子构建目标结构
缺陷化学	缺陷调控在钙钛矿光伏中的应用	缺陷工程如何提升材料效率、降低材料用量
扩散与相变	固态电解质中的离子输运	固态电池替代液态电池的安全性与资源效益
材料合成化学	生物基高分子合成、水相合成	绿色溶剂选择、温和条件合成、原子利用率
材料的化学稳定性	可降解材料的设计原理	材料全生命周期设计与循环经济
纳米材料化学	光催化 CO ₂ 还原、人工光合作用	利用太阳能驱动化学反应、负碳技术

(二) 编制《“双碳”思政元素与教学内容映射表》。对各章节的知识点逐一梳理，明确每个知识模块可关联的“双碳”议题与思政融入点[7]，使教师在备课时即有据可依(见表 2)。映射表的核心设计原则是“从知识中长出价值”，思政不是外加的标签，而是从专业知识的深层逻辑中自然引申出的价值判断。

Table 2. Mapping table of “Dual Carbon” ideological-political elements and teaching content (excerpt)
表 2. “双碳”思政元素与教学内容映射表(节选)

教学章节	知识点	“双碳”关联点	思政融入点
材料合成化学	溶胶 - 凝胶法	有机溶剂使用、高温煅烧能耗	绿色溶剂替代、低能耗工艺的环保责任
缺陷化学	氧空位调控	提高光催化/电催化效率	缺陷工程助力新能源技术自主创新
催化材料	多项催化原理	高效催化剂降低反应温度和压力	高端催化材料的国产化替代与科技自立自强
高分子材料化学	聚合反应机理	生物基体替代石化路线	摆脱石油依赖的战略意义
材料的稳定性	氧化与腐蚀	材料寿命延长减少资源消耗	节约资源、循环利用的可持续发展观

3.2. 开发“双碳”导向的教学案例库

教学案例库是连接理论与实践的桥梁。项目团队系统收集了 20 个国内外典型低碳材料研发案例，按照“技术原理 - 碳排放痛点 - 思政启示”的结构进行标准化处理，形成分级教学案例库，分为基础认知、拓展思辨、挑战探究三个层级[8]。

(一) 典型案例——钙钛矿太阳能电池的低碳价值。在讲授“缺陷化学”与“光电材料”相关内容时，以钙钛矿太阳能电池为案例，引导学生思考：为什么钙钛矿电池被视为“低碳光伏技术”？其低温溶液加工工艺相比传统硅基电池的高温制备可节省多少能耗？学生在掌握缺陷钝化、能级调控等核心化学原理的同时，理解材料创新对能源转型的战略价值，并结合我国光伏产业全球领先的现状，增强科技自信

与绿色发展的使命感。

(二) **典型案例——锂离子电池正极材料的资源循环。**在讲授“材料合成化学”与“材料的稳定性”时,以三元正极材料(NCM)和磷酸铁锂(LFP)的对比分析为切入点,从钴、镍等战略资源的稀缺性出发,引导学生分析不同材料体系在全生命周期内的资源消耗与环境影响差异,思考“高性能 vs 可持续”之间的平衡,并结合我国锂资源禀赋与回收技术进展,探讨电池回收的必要性与产业化前景。

(三) **典型案例——生物基高分子材料对石油路线的替代。**在讲授聚合反应与高分子材料时,引入聚乳酸(PLA)、聚羟基脂肪酸酯(PHA)等生物基可降解材料的案例,对比传统聚乙烯、聚丙烯的石化合成路线,从化石资源耗竭和白色污染两个维度展开讨论,引导学生理解发展生物基材料的国家战略意义与科研工作者的时代责任。

3.3. 创新课堂教学方法

(一) **构建“数据 + 思政 + 专业”三维课堂。**针对研究生层次的学习特点,在课堂教学中嵌入权威量化数据,以精准数值替代定性描述,增强教学的说服力与科学性[9]。例如,在讲授“材料合成能耗”时,展示钢铁行业吨钢能耗数据、不同合成方法(高温固相法 vs 溶胶-凝胶法 vs 共沉淀法)的能耗与碳排放对比,让学生直观感知材料制备工艺选择的环境影响差异。在此基础上自然延伸出思政讨论:作为材料科研工作者,如何在自己的研究中践行绿色化学原则?这种“以数据说话、从专业到价值”的教学方式,避免了空洞的说教,使思政教育真正“入脑入心”。

(二) **引入“双碳”时事思辨讨论。**研究生阶段的学习重在思辨。每两周利用课前 10 分钟或雨课堂推送一个“双碳”时事材料(如“欧盟电池法案对我国电池出口的影响”“某企业因重金属污染被重罚”),组织学生进行 3~5 分钟的快速思辨讨论或在线弹幕互动,要求学生从材料化学的专业视角分析时事背后的科学问题与伦理判断[10]。这种方式将“双碳”议题从远处拉到近处,让学生感受到专业学习与时代脉搏的紧密关联,同时也锻炼了批判性思维与学术表达能力的培养。

(三) **设计绿色实验方案微项目。**在课程中设置“绿色合成方案设计”微型项目作业,如给定一个目标材料(如纳米 ZnO、TiO₂ 薄膜),要求学生设计一条“尽可能绿色”的合成路线,需要从溶剂选择、反应温度、反应时间、原子利用率、副产物处理等多个维度论证其“绿色性”,并采用“实验方案碳效比”进行量化自评。这一作业促使学生将“绿色化学”理念从被动接受转化为主动运用,在科研实践能力的培养中实现价值内化。

3.4. 有机融入思政元素的操作策略

(一) **从知识点的历史脉络引出科学精神与家国情怀。**在每个经典理论或方法的讲授中,适度引入中国科学家的贡献(如卢嘉锡在结构化学领域的成就、严东生在中国先进无机材料研究中的开拓性工作),让学生了解中国材料化学学科的奋斗历程与自主创新,既增强专业认同感,也培养文化自信。

(二) **从国家重大需求切入使命担当教育。**在讲授“催化材料”时,系统介绍我国在高端催化材料领域面临的“卡脖子”困境,也就是部分关键催化剂仍依赖进口,引导学生认识到这一领域的科研攻关不仅是学术问题,更是国家战略需求。这种“从专业困境到国家需求”的叙事逻辑,能够有效激发研究生的使命感与责任感。

(三) **从伦理抉择训练价值观。**在课堂中设计伦理两难情境引导学生进行判断与讨论。例如:“你研发了一种高性能催化剂,但需要使用一种毒性较大的贵金属,成本较低;另一种方案性能略低但使用无毒、丰产元素,成本较高,你会如何选择?如果是产业化应用又该如何取舍?”这种真实的伦理困境训练,比单向说教更能帮助学生在未来的科研实践中形成坚定的绿色价值取向。

(四) 善用反面案例进行警示教育。选取材料化学领域的环境教训作为反面教材(如氟利昂对臭氧层的破坏、某些重污染工艺对生态环境的长期影响),开展“作为材料化学工作者,如何避免重蹈覆辙”的讨论。反面案例的冲击力往往比正面说教更强,能够使学生在震撼中建立专业伦理底线。

4. 实施条件与分类实施建议

上述改革措施的系统落地需要相应的支撑条件予以保障。不同层次、不同类型院校在师资力量、课时资源、课程定位等方面存在显著差异,因此有必要对实施条件进行分析,并提出分层、分类的实施建议,以提高改革方案的可迁移性和可操作性。

4.1. 核心实施条件分析

(一) 师资能力要求。改革对任课教师提出了“双素养”要求:一方面需要具备扎实的材料化学专业功底,能够准确解读前沿文献并将其转化为适宜的教学内容;另一方面需要具备一定的“双碳”素养,能够理解碳排放核算的基本逻辑、全生命周期评价的方法框架以及绿色化学的核心原则。此外,教师在思政融入方面需要具备将价值议题嵌入专业讨论的教学设计能力,而非简单的口号式宣讲。

(二) 课时资源配置。“三位一体”内容体系意味着在有限的课时内需要兼顾经典知识、前沿进展与绿色理念三个维度,这对课时总量形成了一定压力。以华中科技大学为例,该课程为2学分(32学时),在保持核心知识点完整讲授的前提下,新增的前沿案例和思辨讨论环节需要通过优化既有内容的讲授效率、适度压缩部分经典习题课课时、利用课前10分钟碎片时间等方式加以消化。若课时进一步压缩至24学时以下,则需对内容进行更有力的取舍。

(三) 教学资源支撑。案例库的建设、量化数据的收集、时事材料的筛选与更新均需要持续投入。基础资源包括:权威碳排放数据库(如IPCC报告、中国产品全生命周期温室气体排放系数库)、主流材料化学期刊的前沿综述、以及国家“双碳”政策文件原文等。进阶资源则包括行业调研报告、企业实地调研素材以及交叉学科的合作成果。

4.2. 分类实施建议

(一) 研究型大学(如“双一流”建设高校)。此类院校通常具备较强的科研平台和师资储备,建议全面推行本文所述的改革方案。可进一步拓展“绿色实验方案微项目”的实践深度,将其与课题组的科研方向对接,鼓励学生将课程项目转化为学位论文的前期探索。同时,可利用本校学科优势开展跨院系协作,例如联合环境学院、能源学院教师开展联合授课或专题讲座。

(二) 教学型或应用型本科院校。若师资力量有限或课时紧张,建议采取“模块化选做”策略,不必一次性全面铺开。优先实施两项核心举措:一是聚焦“经典+前沿+绿色”内容框架中的2~3个绿色融入点(如选择“合成化学”和“催化材料”两个模块先行改造),二是引入“数据+思政+专业”三维课堂中的量化数据教学。对于需要较多前期积累的案例库建设和思辨讨论环节,可选用公开出版的“双碳”教学案例集、依托教育部或省级教改项目共享平台获取同行资源。

(三) 课时严重受限的课程(如16学时及以下)。建议在保持核心知识骨架的前提下,采用“嵌入式渗透”策略而非系统重构。具体做法是:在每节课中预留5~8分钟,围绕当堂核心知识点引入一个“绿色视角”拓展(如讲授完NaCl晶体结构后,追问“如果我们要设计一种可降解的钠离子电池正极材料,晶体结构设计应优先考虑哪些因素?”),并在期末设置一次“双碳”专题研讨课(2学时),集中讨论2~3个典型案例。这种轻量化方案可在不显著增加课时压力的前提下实现“双碳”理念的初步渗透。

(四) 跨学科课程或公共选修课。若课程面向多个学科背景的学生,建议弱化材料化学的专业深度,

强化“绿色化学原则”与“材料全生命周期评价”两大通用方法论的讲授。案例选择上应兼顾不同专业学生的认知基础,更多选取社会关注度高、跨学科特征明显的议题(如“塑料微颗粒污染与可降解材料”、“动力电池回收产业链”),以激发多元背景学生的参与兴趣。

4.3. 支撑机制建设

针对师资力量薄弱的院校,建议组建跨校或跨学科的“双碳”教学虚拟教研室,通过线上定期教研、集体备课、案例共享等方式实现优质教学资源的共建共享。虚拟教研室可由一所牵头高校组织,每学期开展2~3次线上教研活动,逐步积累形成开源案例库。同时,建议院校层面将“双碳”教学能力纳入教师培训体系,通过短期研修、企业挂职、行业调研等途径帮助教师快速提升“双碳”素养。

5. 结语

“双碳”战略的深入推进对材料学科研究生人才培养提出了新要求,即《材料化学基础》的教学不能仅停留在经典知识的传授层面,而应成为引导学生建立绿色材料观、形成低碳科研方法论的重要载体。

本文针对当前课程教学中存在的三个核心问题(教学内容与“双碳”前沿脱节、思政元素融入表层化标签化、教学方法偏重灌输缺乏思辨),提出了系统性的改革策略。在教学内容上,构建“经典理论-前沿进展-绿色理念”三位一体的内容体系,将绿色化学原则与材料全生命周期理念有机嵌入各知识模块;在思政融入上,编制“双碳”思政元素与教学内容映射表,从知识的历史脉络、国家重大需求、伦理抉择训练、反面案例警示四个路径实现价值引领的自然生发;在教学方法上,引入“双碳”时事思辨讨论与绿色实验方案设计,让学生在真实问题情境中完成从“知道绿色”到“践行绿色”的转变。值得强调的是,上述课程思政设计始终遵循“以思辨促认同”的教育学逻辑,其目标不在于让学生记住某个政策结论,而在于通过伦理两难讨论、数据对比分析和时事研判训练,培养学生独立判断“何种材料研发路径更符合可持续发展要求”的能力。这种能力一旦形成,将超越具体的政策周期,成为学生终身受用的专业伦理素养。

应当指出,上述改革策略的有效落地仍有赖于若干支撑条件:教学案例库需保持动态更新以追踪学科前沿,教师团队需通过跨学科协作持续提升“双碳”素养与思政嵌入能力,课程大纲与评价方式亦需随“双碳”政策的演进进行周期性迭代。同时,不同院校应根据自身师资水平、课时总量和课程定位,选择差异化的实施方案,避免“一刀切”式的机械照搬。这些实施层面的问题,有待在后续的教学实践中逐步探索和完善。

总之,从“为材料而教材料”转向“为绿色未来而教材料”,既是时代赋予材料学科教育的使命,也是值得每一位材料学科教师持续探索的课题。

基金项目

本研究受华中科技大学研究生教学研究项目(2026JYYB01,“双碳”战略导向下研究生课程思政评价指标体系构建——以《材料化学基础》课程为例)的资助。

参考文献

- [1] 国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content_5644984.htm, 2021-10-26.
- [2] 惠昱晨, 李仁忠, 穆瑞花, 等. 课程思政背景下的“材料化学”课程改革[J]. 教育教学论坛, 2025(38): 81-84.
- [3] Vygotsky, L.S. (1978) *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- [4] 杨金美, 耿启金, 刘莹, 等. 双碳战略下环境专业多层次融合课程思政体系的建立[J]. 高教学刊, 2021, 7(Z1):

- 155-157, 161.
- [5] 贺山明, 佟志芳, 邓庚凤, 等. “三全育人”视域下工科类研究生课程思政多维度路径的构建与实践[J]. 高教学刊, 2023, 9(23): 48-51.
 - [6] 李茹画, 李鹏飞, 刘惠青. 基于绿色化学理念的无机化学课程探究[J]. 环境教育, 2025(5): 38-41.
 - [7] 李艳芳, 李楠. 新工科视域下材料化学专业“大思政课”协同育人机制构建与实践[J]. 化工设计通讯, 2025, 51(12): 75-77.
 - [8] 晏鹏, 赵敏, 王海燕. 基于文献计量学的“双碳”学科研究生课程思政研究[J]. 科教文汇, 2024(8): 90-94.
 - [9] 陈静, 李月英, 孙晓云, 朱协彬. 新工科背景下材料科技基础课程教学改革与实践[J]. 化工设计通讯, 2025, 51(3): 50-51+63.
 - [10] 赵雅宁, 石珂金, 刘瑶. 基于全生命周期理论及模糊层次分析法的护理学研究生课程思政指标体系构建[J]. 上海护理, 2026, 26(7): 70-74.