

学科交叉背景下AI赋能材料类研究生创新能力培养模式探究

朱明伟, 李红梅, 农智升, 高恩志, 张占伟

沈阳航空航天大学材料科学与工程学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2025年9月1日; 录用日期: 2025年10月7日; 发布日期: 2025年10月16日

摘要

人工智能(AI)作为引领性的赋能技术已成为材料创新发展的“新引擎”。在此背景下, 传统以单一学科知识传授和线性实验探索为主的研究生培养模式, 已难以适应学科深度交叉融合对高层次创新人才的需求。文章旨在探讨学科交叉背景下, 如何系统性地将AI技术融入材料类研究生培养的全过程, 构建一种以数据驱动和智能计算为核心的新型创新能力培养模式。文章首先分析了当前材料类研究生培养面临的挑战与机遇, 进而详细阐述了AI赋能改革的具体路径与实施方案, 以期为新工科建设背景下材料类拔尖创新人才的培养提供理论参考与实践范式。

关键词

学科交叉, 人工智能, 材料科学, 研究生培养, 创新能力

Investigation on AI-Enabled Training Model for Fostering Innovation Capability in Materials Science Graduate Students within an Interdisciplinary Context

Mingwei Zhu, Hongmei Li, Zhisheng Nong, Enzhi Gao, Zhanwei Zhang

School of Materials Science and Engineering, Shenyang Aerospace University, Shenyang Liaoning

Received: September 1, 2025; accepted: October 7, 2025; published: October 16, 2025

Abstract

Artificial intelligence (AI) has become a “new engine” for materials innovation and discovery.

文章引用: 朱明伟, 李红梅, 农智升, 高恩志, 张占伟. 学科交叉背景下 AI 赋能材料类研究生创新能力培养模式探究 [J]. 创新教育研究, 2025, 13(10): 344-350. DOI: 10.12677/ces.2025.1310798

Against this backdrop, the traditional graduate education model—which primarily focuses on single-discipline knowledge acquisition and linear experimental exploration—can no longer meet the demand for high-level innovative talents in an era of deep interdisciplinary integration. This paper aims to explore how to systematically integrate AI technology into the entire process of graduate education in materials science within an interdisciplinary context and to construct a new innovation training model centered on data-driven and intelligent computing approaches. The article first analyzes the challenges and opportunities currently faced in the cultivation of materials science graduate students, and then elaborates on the specific pathways and implementation methods for AI-enabled reform from four dimensions. This provides theoretical reference and practical paradigms for the cultivation of top-notch innovative talents in materials science under the framework of emerging engineering education.

Keywords

Interdisciplinary, Artificial Intelligence (AI), Materials Science, Graduate Training, Innovation Capability

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

材料是国民经济和国防建设的基石，材料创新是高端制造业发展的先导。当前，材料科学研究已步入“大数据+”和“AI+”时代，其研究范式正从传统的“经验指导实验”向“数据驱动发现”和“AI辅助设计”转变[1]-[3]。材料类专业本身具有学科交叉性强，涵盖物理学、化学、计算科学、工程学和材料科学等多个学科门类。通过融合机器学习、深度学习、自然语言处理等 AI 技术，科学家们能够从海量的材料科学数据(如高通量计算数据、实验表征数据、文献文本数据)中挖掘隐藏规律，极大加速了新材料的筛选、性能预测、工艺优化乃至反向设计，催生了“材料信息学”(Materials Informatics)这一新兴交叉学科[4]。这一革命性变革对材料类研究生的知识结构、能力素质和创新思维提出了前所未有的新要求。他们不仅需要精通材料学的核心理论与实验技能，还必须掌握数据科学、算法编程和 AI 建模等跨学科知识与工具，形成“材料科学 + 人工智能 + 计算科学”的复合型知识体系。然而，我国大多数高校的材料类研究生培养体系仍存在学科壁垒森严、课程内容滞后、教学模式传统、评价标准单一等问题，导致学生跨学科整合能力、数据思维与算法创新能力不足，难以契合国家战略和产业前沿对高端创新人才的迫切需求[5] [6]。

2020 年 7 月 29 日，习近平总书记对研究生教育工作作出重要指示，明确指出研究生教育在培养创新人才、提高创新能力、服务经济社会发展以及推进国家治理体系与治理能力现代化中的关键作用[7]。在新时代协同创新的宏观背景下，加强研究生创新能力培养已成为我国高等学校面临的一项重大战略任务。因此，以学科交叉为背景，以 AI 技术为赋能手段，对现有材料类研究生培养模式进行系统性、深层次的改革，不仅是顺应科学研究范式变迁的必然选择，更是提升我国材料领域自主创新能力、抢占未来科技竞争制高点的战略举措。天津大学则通过实施“新工科数智增效工程”，将人工智能通识教育全面覆盖全校，并建立了“AI+X”交叉课程群，将机器学习、数字孪生、智能传感等模块嵌入传统工程课程[8]。中国石油大学(华东)材料科学与工程学院构建了以“四模块”课程为核心、“四递进”实践为载体、“四链融合”生态为保障的“AI+ 能源材料”人才培养模式[9]。工业和信息化部人才交流中心自 2025 年

起举办了多期“人工智能赋能材料科学关键技术应用高级研修班”，聚焦 AI 与材料科学融合的关键技术应用，面向企事业单位、研究院所和高校的技术骨干开展培训[10]。尽管国内外在“AI + 材料科学”交叉学科人才培养方面取得了显著进展，但仍存在一些问题。

2. 传统培养模式的困境与 AI 赋能的新机遇

2.1. 传统培养模式的主要困境

我国研究生教育和培养在对国外发达国家的经验学习总结基础上进行兼收并蓄，尤其在对导师队伍的构建和培训上一直投入较大。在新时代背景下，随着我国研究生教育规模的大幅增长以及科学技术的迅猛发展，传统的单导师制的研究生培养模式已不能满足当前研究生的培养需要，成为制约研究生创新能力提高的一个关键问题[11]。目前的培养模式存在以下几个问题：

(1) 学科壁垒固化，知识结构单一。学科壁垒森严，知识结构单一固化，是当前材料类研究生培养中的显著瓶颈。传统课程体系严格囿于材料学的二级学科划分(如金属材料、无机非金属材料、高分子材料等)，不仅缺乏跨学科整合，更导致课程内容更新严重滞后，多年未变的教学框架仍延续数十年前的理论体系与知识结构，未能及时反映材料学科的最新进展与发展动态。与此同时，现有课程与信息科学、先进计算、数据建模等前沿交叉领域的联系薄弱，学生普遍缺乏利用人工智能、机器学习及数理统计方法解决材料科学问题的能力。这种封闭而陈旧的知识供给模式，严重限制了学生的学术视野与思维广度，使其难以跨越传统学科边界，从而制约了其在跨学科融合背景下实现原始创新能力的形成与发展。

(2) 教学方式陈旧，创新思维欠缺。教学方式与范式趋于传统，对学生创新思维的培养明显不足。现行教学模式仍以教师为中心，侧重于单向度的知识传递与灌输，学生多处于被动接收状态，师生互动及生生协作不足，课堂难以形成启发式、探究式的学术氛围。在实验教学环节，内容设置往往以演示性和验证性为主，学生通常严格遵循预设的操作流程与手册步骤，而缺乏足够的探索性、设计性实验项目。这种机械重复、强调模仿而非创造的教学过程，严重束缚了学生批判性思维的养成与主动探索精神的激发，不利于其面对真实复杂科学问题时提出新颖解决方案的能力发展。

(3) 科研训练体系相对封闭，研究范式转型滞后。目前，研究生的科研训练高度依赖于导师的既定研究方向与已有实验设备条件，其在选题、方法和技术路径上往往存在较强的路径依赖。这种培养模式仍延续以“经验试错”为主导的传统研究范式，大量精力消耗在重复性、低效的实验摸索中，而缺乏系统性地引入大数据分析、机器学习、智能计算等现代科学思维与工具方法的训练。正因如此，学生应对复杂科学问题时多局限于手工操作与定性分析，难以开展高维度、跨尺度的建模与仿真研究，导致科研效率低下，创新视野狭窄，最终阻碍其走向以“数据驱动”和“AI 赋能”为特征的第四科研范式，难以孕育具有颠覆性潜力的原始创新。

(4) 评价体系功利，交叉创新激励不足。当前的研究生评价体系存在明显的短期功利导向，对交叉学科学术创新活动的激励显著不足。在具体实施中，现有评价机制过度偏重于论文发表数量、期刊影响因子等易于量化的传统指标，而忽视那些周期长、风险高但潜在影响重大的交叉融合类研究。此外，对于支撑未来科研创新的关键“使能性”工作——例如开发开源 AI 算法工具、构建与维护高质量专业数据库、研制新型科研仪器或推动方法学创新等——往往难以在现有评价框架中获得应有的认可与价值回报。这可能无形中削弱了研究生从事跨学科探索和底层技术攻关的内在动力，也在制度层面阻碍了以人工智能赋能材料研究为代表的范式转型与颠覆性创新的涌现。

2.2. AI 赋能创新能力培养模式改革

研究生创新能力的培养需要导师团队多元协同模式，包括高校、科研院所、行业协会共同发力，为

研究生实践创新能力的多元协同模式搭建成成长成才平台[12] [13]。AI 技术的快速发展为破解上述困境提供了强大的技术工具和全新的方法论。

(1) 赋能知识获取与融合。AI 技术，特别是自然语言处理和知识图谱，可以高效整合跨学科的海量文献、教科书与数据库，为学生构建系统化、关联性的动态知识网络，打破信息孤岛。

(2) 赋能科学预测与设计。机器学习模型能够建立材料“成分 - 结构 - 工艺 - 性能”之间的复杂映射关系，实现性能的精准预测和新材料的智能逆向设计，将研究从“经验盲搜”推向“理性设计”。

(3) 赋能实验过程与优化：AI 可以驱动自动化实验平台(如机器人科学家)，自主进行实验操作、实时采集数据并优化实验参数，极大提升实验效率，并将研究生从重复性劳动中解放出来，专注于更具创造性的科学思考。

(4) 赋能创新思维培养：学习并应用 AI 解决问题的过程，本身就是一种对数据思维、算法思维和模型思维的系统训练，能有效培养学生的计算思维和解决复杂工程科学问题的创新能力。

3. AI 赋能材料类研究生创新能力培养模式的改革路径

通过对本学院 8 位博导及硕导的访谈，我们发现所有导师都认为在学科交叉背景下 AI 赋能对提高学生的知识融合能力和解决问题能力具有很大帮助。但同时导师们普遍反映学生缺乏对 AI 知识的辨别能力，不能很好的掌握 AI 这把双刃剑。这为我们设计新的培养模式提供了思路。基于上述分析，本研究在科研团队的基础上构建导师团队，结合相关的科研基础平台，提出一个“四维一体”的 AI 赋能改革模式，如图 1 所示。

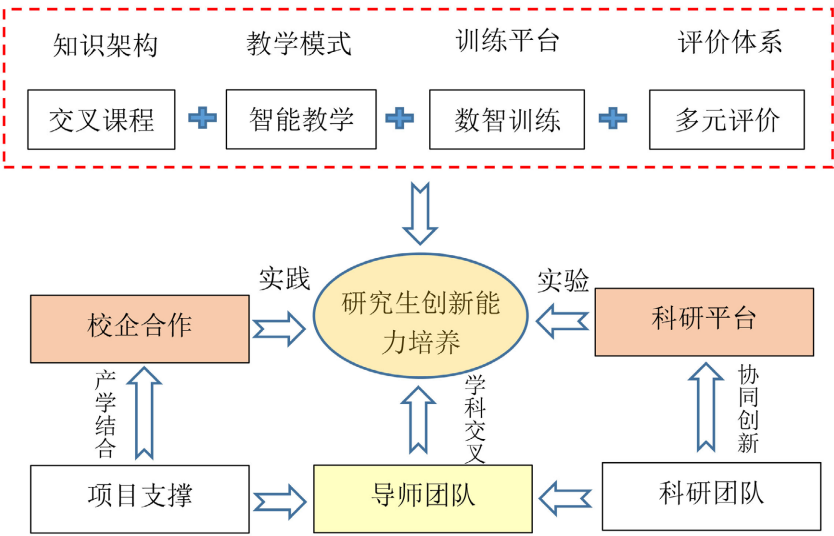


Figure 1. Diagram of the AI-empowered “Four-in-One” training model for innovative materials science graduates
图 1. AI 赋能材料类研究生创新能力培养“四维一体”模式框架图

3.1. 重构“模块化、跨学科”的课程体系

为突破传统院系组织边界，建议协同材料、计算机、数学、物理等多学院资源，共同构建“核心基础 + 交叉模块 + AI 前沿”三层式课程体系。该体系具体设计如下：① 核心基础层：着重夯实材料学科核心知识基础，保留并强化材料科学基础、材料热力学、材料表征等传统专业课程。同时，为增强学生的 computational 思维与数据处理能力，增设《Python 科学计算与数据分析》《机器学习基础》等作为必修内容，为后续跨学科研究奠定理论与工具基础。② 交叉模块层：设立若干前沿交叉课程模块，例如“材

料信息学”“计算材料学前沿”“AI 在材料研发中的应用”等，学生可依据个人兴趣与研究方向自主选修。此外，积极引入产业资源，邀请企业专家开设 AI 与智能制造等方面的讲座类课程，推动产学研深度融合，增强学生对实际应用场景的理解。③ AI 前沿层：以专题研讨班(Seminar)形式开设《深度学习在材料科学中的进阶应用》《科学机器学习》等高阶课程，引导学生跟踪顶刊论文与开源项目，聚焦生成式 AI、强化学习等新兴 AI 模型在材料领域的实践应用，培养其在前沿技术层面发现问题、解决问题的创新能力。

3.2. 变革“人机协同、项目驱动”的教学方式

推动教学模式实现从“教师中心”向“学生中心”的转型，突出“做中学、学中创”的教育理念。具体举措包括：① 案例式与项目式教学(PBL)：以真实的科学问题或产业挑战(例如“设计一种新型固态电解质”)作为项目主题，引导学生组建跨学科团队，运用 AI 工具协作完成材料筛选、计算模拟与方案设计。② 虚拟仿真与数字孪生：构建基于人工智能的材料制备与表征虚拟仿真实验平台，允许学生在数字环境中模拟高风险、高成本或极端条件下的实验操作。通过模拟数据训练 AI 模型，优化实验方案，进而指导下实践，形成“虚拟-现实”双向驱动的研究闭环。③ 人机协同研讨：引入大型语言模型(LLM)作为学生的“学术助手”，辅助开展文献综述、研究思路、代码调试与论文撰写等工作。将教师从繁杂的文献综述与论文修改工作中解脱出来，教师在此过程中更多担任引导者、启发者和评估者的角色，着力培养学生与 AI 协同解决问题的能力。

3.3. 重塑“数据驱动、智能计算”的科研训练范式

将人工智能全面融入研究生科研训练的各个环节，重塑其科研范式，推动科研训练向智能化、创新化方向发展，如表 1 所示。具体实施路径包括：① 选题阶段：引导学生借助文献挖掘工具与 AI 知识图谱，系统梳理领域发展趋势，识别研究空白与技术瓶颈，从而提出更具创新性和前瞻性的科学问题。② 研究阶段：支持学生依托公共材料数据库(如 Materials Project 等)及 AI 分析平台，开展数据驱动的材料发现研究。为其提供便捷的高性能计算与人工智能计算中心资源接入通道，夯实算力基础，提升科研效率与深度。③ 实践阶段：与行业领先企业共建联合实验室及实习基地，使学生直接面向产业现实挑战，运用人工智能技术解决材料研发、工艺优化与失效诊断等关键问题，推动产学研用深度融合与创新协同。

Table 1. New paradigm in scientific research

表 1. 科研新范式

训练阶段	核心内容	AI 赋能点
选题阶段	文献综述、课题提出	知识图谱梳理
研究阶段	方案制定、工艺优化	机器学习与算法实战
实践阶段	实验操作、数据分析	数据分析与论文撰写

3.4. 革新“多元、发展性”的评价与激励机制

建立与交叉创新特质相适应的多元评价体系，突破“唯论文”单一导向，并进行正向反馈和激励机制。具体措施包括：① 多元评价指标：评价标准不应局限于学术论文，还应涵盖专利申请、软件著作权、开源代码贡献、算法模型性能、专用数据库构建、跨学科竞赛获奖，以及解决企业实际问题的应用效益等。② 过程性评价：注重对学生在项目研究过程中的综合表现进行评估，包括跨学科沟通与协作能力、工具使用与创新能力、创新思维活跃度以及团队贡献等维度。具体的评价体系如表 2 所示。由导师主导，

邀请跨学科教师(如计算机学院)或企业专家组成评价小组。大幅降低传统课业成绩的权重,将重心转向“创新能力”和“实践能力”的培养。同时,学院也可从宏观上对相关的绩效成果进行统计,适度出台相应的政策进行配合。

Table 2. Multi-dimensional assessment system
表 2. 多元评价体系

评价维度	评价指标	权重	评价方式	评价主体
知识掌握	核心课程成绩	20%	考试/作业	授课老师
过程表现	项目参与度及贡献	15%	课堂观察、小组评议	导师/同组成员
创新能力	成果创新性、难度	30%	答辩评审	导师/行业专家
实践能力	模型构建能力问题解决有效性	20%	项目报告	导师
综合素养	学科交叉能力	15%	小组评议	导师/同组成员

4. 实施挑战与对策

传统的材料研究生培养模式侧重于“理论计算 - 实验制备 - 表征分析”的线性循环。AI 赋能将其升级为一个“数据驱动、AI 加速、人类决策”的智能化闭环。在本改革模式实施过程中必然会面临一些困难和挑战,主要可能面临的问题可能包括以下几个方面:

- ① 师资短缺问题: 目前同时具备材料科学与人工智能交叉背景的复合型教师较为匮乏。对策: 推动“导师团队”机制与“校企双导师制”,鼓励跨院系、跨单位师资共享,组成交叉学科团队,打破专业壁垒;加大对现有教师培训的支持力度,并积极引进海外高水平交叉学科人才,优化师资结构。
- ② 平台建设滞后: 支持交叉教学与科研的一体化智能平台尚未完善,缺乏统一的数据、算力及工具支持。对策: 整合资源建设材料科学与人工智能交叉创新中心,集聚高质量数据集、高性能计算资源、专业软件与实验设备,为教学与科研提供系统化支撑。
- ③ 学生适应性问题: 学生数理基础与编程能力差异显著,部分学生在入门阶段面临困难。对策: 开设前沿技术前置辅导班,构建“研究生 - 本科生”学习互助梯队,并开发层次化、差异化的教学资源,助力学生逐步提升跨学科学习能力。
- ④ 学术伦理挑战: AI (如大型语言模型、生成式 AI、AI 辅助数据分析工具)的介入模糊了“工具”与“作者”的界限。因此, AI 生成内容的使用边界与学术诚信重塑是当前面临的又一挑战。对策: 确立清晰的 AI 学术伦理规范与教育体系,对 AI 生成内容进行明确标注(如在论文中增设“AI 使用声明”部分);学生必须对 AI 输出的所有内容负有最终核实责任。
- ⑤ 知识体系挑战: AI 是把双刃剑, AI 时代知识的碎片化趋势导致学生容易陷入学习具体 AI 工具的“操作陷阱”。缺乏对底层科学原理(如热力学、动力学、量子力学)与核心 AI 算法(如神经网络架构、优化原理)的深刻理解,反而可能弱化学生创新能力根基。对策: 坚定不移地强化材料热力学、动力学、相变、电子结构等核心物理化学原理的教学。这是创新的源头,不会被任何技术淘汰。

5. 结论与展望

在学科交叉融合不断深入的时代背景下,借助人工智能技术推动材料类研究生培养模式改革,提高学生的创新能力,已成为应对科研范式转型、培育拔尖人才的必然路径。本文构建了以“交叉课程体系、智能教学方式、数智科研训练、多元评价体系”为核心的“四维一体”改革模式,旨在系统融入数据驱动与智能计算思维,贯穿人才培育全流程,推动学生从传统的知识接受者,转变为具备跨学科整合能力与

AI 赋能创新能力的主动探索者。

展望未来,随着生成式人工智能、大型科学模型等技术的持续演进,材料类研究生的培养将进一步呈现智能化、个性化与社会化特征。教育工作者应不断探索人工智能与教育深度融合的创新路径,积极构建人机协同、教学相长的教育新生态,为我国实现高水平科技自立自强和可持续发展输送更多卓越的工程科技人才。

基金项目

辽宁省研究生教育教学改革研究项目(LNYJG2023071);沈阳航空航天大学教学研究改革项目(JG251104C2)。

参考文献

- [1] 施一公. 立足教育、科技、人才“三位一体”探索拔尖创新人才自主培养之路[J]. 国家教育行政学院学报, 2023(10): 3-10.
- [2] 罗自生, 王蕾, 徐艳群. 研究生学科交叉培养探索与实践[J]. 中国大学教学, 2025(1): 17-22.
- [3] 王斌, 邹雪, 王家滨. 人工智能背景下土木工程研究生培养模式研究[J]. 教育观察, 2024, 13(7): 9-12.
- [4] 王琼, 李鹏辉, 周杰, 等. 学科交叉推动高层次创新人才培养[J]. 学位与研究生教育, 2025(3): 32-38.
- [5] 方薇, 石立君. 研究生创新能力与导师团队建设中的若干问题[J]. 科技创新导报, 2021, 18(29): 152-158.
- [6] 闫勇刚, 张登攀, 代军. 产教融合背景下人工智能赋能仪器仪表工程专业学位硕士研究生创新能力提升研究[J]. 中国现代教育装备, 2025(9): 138-139+145.
- [7] 习近平对研究生教育工作作出重要指示[EB/OL].
https://www.gov.cn/xinwen/2020-07/29/content_5531011.htm, 2020-07-29.
- [8] 胡德鑫, 王耀荣. 人工智能技术对学生学习效果的影响研究——基于 2010 至 2022 年 40 项实验与准实验的元分析[J]. 天津大学学报: 社会科学版, 2022, 24(6): 493-502.
- [9] 刘德建. 人工智能赋能高校人才培养变革的研究综述[J]. 电化教育研究, 2019, 40(11): 106-113.
- [10] 关于举办人工智能赋能材料科学关键技术应用高级研修班的通知[EB/OL].
<https://www.miitec.cn/home/index/detail?id=4222>, 2025-09-09.
- [11] 高恩志, 朱明伟, 农智升, 等. 学科交叉背景下基于导师团队的材料类研究生创新能力培养研究[J]. 创新教育研究, 2025, 13(1): 186-191.
- [12] 李海生. 我国研究生院高校导师队伍现状及思考[J]. 学位与研究生教育, 2015(9): 14-19.
- [13] 刘海瑞, 乔翔, 杨枫, 等. 新时代背景下提高材料类研究生创新能力探究[J]. 教育教学论坛, 2021(31): 64-67.