

AI 赋能材料类课程教学改革：现状、路径与挑战

李传强

广东工业大学材料与能源学院，广东 广州 510006

DOI: 10.61369/ETR.2026200034

摘 要： 人工智能技术正重塑高等教育教学生态，并为材料类课程缓解“多尺度机理难直观、工艺过程难再现、工程场景难低成本进入”等问题提供新路径。本文围绕材料类课程的知识结构与能力培养需求，梳理 AI 赋能课堂教学、课程体系与任务链重构、虚实融合实践教学及证据链评价的研究进展^[1]。研究表明，“教师—智能系统—学生”协同机制可强化学习诊断与反馈闭环；递进式课程体系与项目驱动任务有助于实现知识向能力转化；跨尺度模拟与虚拟仿真支撑的“虚实共生”平台可提升实践训练的可达性与可重复性。本文据此提出面向材料类课程的实施建议：以核心能力为锚点优化任务与资源供给，构建可评价、可迭代的质量保障机制，并协同推进教师数智素养提升与产教融合场景嵌入。

关 键 词： 人工智能；材料类课程；教学改革；虚实融合；学习分析

AI-Empowered Teaching Reform of Materials Courses: Current Status, Paths and Challenges

Li Chuanqiang

School of Materials and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510006

Abstract： Artificial intelligence technology is reshaping the teaching and learning ecosystem of higher education and offering new solutions for material-related courses to address prominent challenges, including the difficulty in visualizing multi-scale mechanisms, reproducing technological processes, and accessing engineering scenarios at low cost. Centering on the knowledge structure and competency cultivation requirements of material-related courses, this paper reviews the research progress of AI-enabled classroom teaching, the reconstruction of curriculum systems and task chains, virtual-reality integrated practical teaching, and evidence-based evaluation systems. The research indicates that the collaborative mechanism of "teachers-intelligent systems-students" can strengthen the closed loop of learning diagnosis and feedback; progressive curriculum systems and project-driven tasks facilitate the transformation from theoretical knowledge to practical competencies; and the virtual-reality symbiosis platform supported by cross-scale simulation and virtual simulation improves the accessibility and repeatability of practical training. On this basis, this paper puts forward implementation suggestions for material-related courses: optimizing task design and resource supply anchored at core competencies, establishing an evaluable and iterable quality assurance mechanism, and coordinately promoting the digital literacy improvement of teachers and the integration of industry-education scenarios.

Keywords： artificial intelligence; materials courses; teaching reform; virtual-reality integration; learning analytics

引言

人工智能（AI）在自然语言理解、知识组织、学习分析与智能交互等方面的能力突破，使其逐渐从“辅助工具”转向“教学系统能力”的组成部分。相关研究指出，AI 能够对课堂生成的多模态信息和学习过程数据进行分析，形成可用于教学反思与改进的证据支持，从而推动课堂教学从经验驱动走向数据与证据驱动。在高校层面，AI 赋能教学变革不仅体现为资源供给方式更新，更牵涉课程目标、学习活动与评价体系的整体重构^[2]。对于材料类课程而言，这种变革具有更强的必要性与紧迫性：材料学科知识常常跨越从原子尺度到构件尺度的多层结构，既依赖理论推演，也依赖实验表征与工程情境。传统课堂在时间、设备、安全与成本约束下，难以把微观结构演化、工艺参数耦合与工程失效机理以可感知、可操作的方式呈现给学生，最终容易造成“概念记住了、机理没建成，公式会用了、情境迁移不会”的学习断裂。因此，AI 在材料教学中的价值不应被简化为内容生成或答疑替代，而应被理解作为一种能够增强“场景供给、过程诊断、反馈优化与证据沉淀”的系统性能力。关于“AI 何以赋能课程改革”的研究也强调，技术价值能否转化为教学质量提升，关键在于将 AI 能力嵌入“目标—活动—评价”的闭环之中，而非简单叠加工具。

一、应用现状：从工具引入走向体系嵌入

当前 AI 在材料类课程中的应用大体呈现由浅入深的演化轨迹：早期多集中于课堂环节的智能辅助，如生成学习材料、辅助答疑、课堂互动与作业批改；进一步发展为课程资源与知识组织的结构化，如通过知识图谱梳理概念关系、通过学习分析识别薄弱环节并推荐学习路径；更为深入的应用则进入实践教学与工程场景构建，如虚拟仿真、过程再现、跨尺度模拟与虚实融合实验训练。这一演化并非简单的技术升级，而是教学对象、教学活动与教学证据的同步变化：当 AI 能够识别学生概念理解中的典型误区时，它对教学的意义就从“更快地给出答案”转向“更早地发现问题并提供支架”；当 AI 能够记录并分析实践环节的关键操作与参数选择时，实践教学就从一次性体验转向可重复训练与可追踪改进。

从课堂层面看，AI 的常见切入点包括“前置学习—课堂互动—课后巩固”的全流程支持。课前，教师可利用 AI 快速整理案例与材料体系的背景信息，形成面向不同基础学生的导学单，并通过小测与学习画像把握班级的先修差异；课中，AI 可协助实现即时问答与概念澄清，但更有价值的是对课堂互动、作业提交与实验日志形成结构化记录，为教师进行教学反思提供证据；课后，AI 可通过错因分析与针对性练习生成，支持学生在关键概念处“练到会”。但需要强调，材料类课程的关键不在于让学生获得更多文本解释，而在于让其建立跨表征的理解，即把微观组织、相变机理、加工过程与宏观性能联系起来。

从课程层面看，“三元协同”成为材料类课程改革中较具代表性的组织方式：教师负责目标设定、任务设计与高阶引导，智能系统承担部分诊断、资源匹配与过程反馈，学生在任务驱动下完成探究、实践与反思，从而形成可迭代的学习闭环^[3]。这一模式的优势在于能在大班教学条件下强化“过程性支持”，把原本隐性的学习困难显性化，使教师能把有限时间用于关键概念的澄清与关键能力的训练。

二、教学模式创新：以能力为锚点构建闭环改进

材料类课程的学习目标通常不仅是掌握概念、定律与计算方法，更包括结构—性能—工艺关联分析能力、实验设计与数据解释能力、工程问题建模与优化能力以及跨学科沟通与协作能力。AI 赋能教学模式创新的关键，在于把这些能力目标转化为连续的学习任务，并形成可采集、可解释、可用于改进的学习证据链。关于课程改革机理的研究指出，AI 只有嵌入“目标—活动—评价”并形成闭环，才能从效率工具转化为质量工具。

在课程与任务设计方面，递进式课程体系与项目驱动机制被认为是连接知识与能力的有效路径，尤其适合传统工科课程应对“课程割裂、实践滞后、情境不真实”等问题。材料类课程可据此构建“基础理解—综合分析—设计优化”的学习序列：在基础阶段，以材料结构与相变、扩散与动力学、力学与物理性能等为主，强调核心概念与表征方法的准确理解；在综合阶段，通过典

型材料体系（如钢铁材料、轻合金、陶瓷/复合材料）把知识组织成可用于解释现象的模型；在设计阶段，引入工艺路线选择、性能目标约束与失效风险控制等真实工程要素，促使学生进行多因素权衡与证据化决策。

在实践教学方面，材料实验与工程训练受限于成本、安全与设备资源，常出现“看过但没练够”“练过但难复现”的现象。材料学科改革研究表明，跨尺度模拟与虚实结合实验平台能够增强过程可视化与操作可重复性，进而提升学生对机理与实验之间关系的理解。与“把实验搬到线上”不同，更有效的路径是把虚拟训练作为“关键环节的可重复练习”，把线下实验作为“关键能力的真实性检验”。

三、个性化学习支持：从资源推送走向诊断、分层与自我调节

材料类课程的学习差异往往同时体现在数学与物理基础、空间想象与抽象理解、实验操作经验等多个方面，且差异会在学习链条中被放大：相图与热力学基础薄弱的学生往往难以理解热处理组织演化，表征方法不扎实的学生又难以对性能波动做出可靠解释。AI 在个性化学习支持中的价值，不应被理解为简单的“推送更多资源”，而应体现为对学习困难的及时诊断、对学习路径的合理建议以及对关键能力短板的分层干预^[4]。研究表明，AI 可通过学习行为与产出证据识别学生薄弱环节，提供分层学习资源与针对性练习，从而缓解大班教学中教学供给与学习需求错配的问题；在作业与练习环节，引入个性化作业设计与即时反馈也被证明能够增强练习针对性与学习动机，为能力达成提供持续支撑。

更进一步的个性化支持，应服务于学生自我调节学习能力的形成。材料类课程学习常见问题并非“没听过”，而是“以为懂了但不会用”，因此诊断与反馈应尽量聚焦于可迁移的思维过程，例如“如何根据表征证据选择可能机理”“如何判断数据异常来自实验误差还是材料缺陷”“如何在性能目标与工艺约束之间做权衡”。动态优化课程内容与个性化推送的思路虽多见于数学等基础课程，但其方法论对材料类课程同样适用：以关键概念与典型错误为抓手，结合学习诊断对内容与任务进行动态调整，从而提高学习支持的精准度。

四、实践与案例分析：以平台、数据与任务链支撑可复制的改革机制

材料类课程改革的关键难点往往不在课堂讲授本身，而在于如何把复杂材料过程转化为可理解、可操作、可评价的学习经验。已有实践表明，改革成效能否稳定呈现，很大程度上取决于三类机制是否同步建立：其一是面向学科知识结构的“内容组织机制”，其二是面向实践训练的“平台支撑机制”，其三是面向教学改进的“证据闭环机制”。若只建设平台却缺少任务链条，平台容易沦为展示性资源；若只强调任务驱动却缺少数据与评价证据，改革难以沉淀并推广；若只有评价而缺少可训练的场景供

给，评价将失去教学促进意义。

在内容组织机制方面，材料学科改革研究强调通过知识图谱与概念网络梳理“结构—性能—工艺—表征”之间的关系，将学习从“记住结论”引导到“理解联系并能解释”。更进一步的做法是围绕典型材料体系或典型工程问题建立“知识—方法—工具—证据”的映射关系，例如以热处理为主线组织相变动力学、显微组织演化与力学性能变化的关联，以腐蚀与失效为主线组织电化学原理、环境因素、表面状态与防护策略之间的关系。这样的组织方式不仅能减少学生在概念之间来回跳转的认知负担，还能使学生在完成任务时自然调用相关知识，从而强化迁移能力。

在平台支撑机制方面，材料类实践教学需要回答两个核心问题：学生练什么、怎么练，以及练到什么程度算达标。梁策等报告的跨尺度模拟虚实结合平台提供了一个可借鉴的方向，即把材料微观结构与宏观性能之间的联系以可视化方式呈现，并将实验操作与过程数据纳入反馈链条，使学生既能在虚拟环境中重复训练关键步骤，也能在真实实验中体验误差、噪声与不可控因素，从而形成更接近工程实践的能力结构^[5]。将“虚拟训练—真实实验—数据分析—机理解释—方案优化”组织为闭环后，平台就不再只是仿真软件或演示动画，而成为承载学习任务、记录学习证据与支持教师指导的综合载体。

综上，材料类课程 AI 改革需要以任务链为牵引，以平台为载体，以证据为纽带实现闭环。内容组织决定学生“学什么与如何理解”，平台支撑决定学生“怎么练与能否反复练”，证据闭环决定教师“如何评与如何持续改”。三者协同，才能使改革从个别教师经验走向可复制、可推广的制度化实践。

五、未来展望与挑战：走向“技术—课程—教师—治理”协同共进

尽管 AI 赋能材料类课程已呈现出积极趋势，但其进一步深化仍面临多重挑战，并且这些挑战往往相互耦合、难以通过单一技术方案解决。课程深度融合问题仍然突出，部分实践停留在工具

层面的效率提升，尚未形成围绕核心能力目标的任务链条与证据链条，因而难以稳定地产生可验证的学习增益。课程改革研究已经指出，AI 赋能的关键在于把技术能力转化为课程机制，尤其是将其嵌入目标、活动与评价的闭环，使教学改进可以被证据支撑并持续迭代。同时，随着学生获取答案门槛降低，传统考核的区分度下降，材料类课程必须更快转向对过程证据、推理链条与工程判断的考核，否则改革将陷入“看似更高效、实则更难评价”的尴尬。

教师数智素养与教学设计能力的提升具有基础性意义。AI 环境下教师更需要具备学习任务设计、过程引导、学习证据解释与评价改进能力，这一能力结构与传统“讲授—作业—考试”的经验体系并不完全同构，因此仅靠短期工具培训难以满足需要。相关研究强调应建立协同联动的规划机制，把教师发展、平台建设 with 课程治理纳入整体工程，通过制度与资源配置保障改革落地。与此同时，质量保障与伦理治理的压力会随数据化程度提升而增加，学生数据使用边界、隐私保护、算法偏差、学术诚信与学习依赖等问题需要在课程层面形成明确规则，并通过评价制度与任务设计引导学生把 AI 作为思维训练的支架而非替代品。高校教学质量保障体系建设研究提示，建立多元评价与持续改进机制既能提升改革的可持续性，也能为治理提供可操作抓手；关于 AI 赋能育人范式的讨论进一步提醒我们，技术介入必须服务于育人目标，避免把“可测量”误当作“最重要”，并在制度层面守住学术规范与价值导向。

六、结论

AI 赋能为材料类课程提供了从场景供给、过程诊断到反馈优化与证据沉淀的系统性能力，使课程改革有机会从“讲清楚知识”进一步走向“训练出能力、形成可评价证据并实现持续改进”。围绕核心能力目标重构任务链条、建设虚实融合的实践平台并以证据闭环驱动教学迭代，是提升改革可复制性与可推广性的关键路径。

参考文献

- [1] 刘文龙, 朱泽民. 人工智能赋能课堂教学的五个维度 [J]. 湖北教育 (教育教学), 2025, (04): 32-33.
- [2] 丁亚. 人工智能技术赋能高校教学变革的路径研究 [J]. 科技和产业, 2025, 25(12): 332-338.
- [3] 沈凯, 郑岳久, 来鑫. AI 在新工科教学中的应用 [J]. 南方农机, 2025, 56(06): 183-185.
- [4] 梁策, 李欣, 于歌, 韩奇钢. 人工智能赋能材料学科教育教学改革研究 [J]. 高教学刊, 2025, 11(32): 42-45.
- [5] 李尤. 人工智能赋能高等数学课程教学创新探索 [J]. 科教文汇, 2025, (17): 121-124.