

AI 技术赋能《材料性能》课程教学改革研究

马迅 陈树桃 江子俊 李伟^{通讯作者}

上海理工大学材料与化学学院 上海 200093

【摘要】：面对国家“十四五”规划对高端装备制造领域“材料+AI”复合型人才的迫切需求，传统《材料性能》课程存在概念抽象、微观机制与宏观性能关联不清、实验资源不足及个性化支持欠缺等问题。本文提出了以 AI 技术为核心驱动的教学改革方案，包括构建课程知识图谱实现知识体系的系统化组织与智能导航；集成高通量计算模拟与虚拟仿真实验平台；开发生成式 AI 智能问答与个性化学习支持系统，并建立多元过程性智能评价体系。改革旨在帮助学生建立“成分—工艺—组织—性能”一体化认知体系，提升学生复杂机理理解能力与工程应用能力，培养具备 AI 素养的复合型材料人才，为智能制造领域培养高素质应用型人才提供了可借鉴的路径。

【关键词】：人工智能；材料性能；教学改革；个性化学习

DOI:10.12417/2982-3811.26.02.024

引言

随着“中国制造 2025”战略和新工科建设的深入推进，高端装备制造、新能源汽车、生物医用材料等战略性新兴产业对材料性能提出了更高要求。与此同时，人工智能（Artificial Intelligence, AI）与材料科学的深度融合正在催生材料基因工程、智能材料设计等新研究范式，对材料类专业人才培养提出了新的要求^[1-2]。

《材料性能》是材料成型及控制工程专业的重要专业基础课程，在培养学生材料科学思维、建立“成分—工艺—组织—性能”一体化认知体系方面具有重要作用。课程内容涵盖理论部分、实验部分及生产实践部分。然而，在实际教学过程中仍面临诸多挑战：材料微观结构与宏观性能之间的关联机理抽象复杂，学生难以形成直观认知；实验教学受设备、时间和场地等条件限制，实践训练深度不足；学生知识基础和学习能力差异显著，传统统一化教学模式难以满足个性化学习需求。这些问题在一定程度上制约了课程教学质量和人才培养效果。

近年来，AI 技术在高等教育领域的应用不断深化。以智能问答、知识图谱、学习分析和虚拟仿真为代表的新技术手段，为课程教学改革提供了新的思路和方法^[3-4]。在材料科学领域，部分高校已将机器学习、高通量计算和数字孪生等技术融入课程教学与人才培养体系，推动传统教学模式向智能化、个性化和数据驱动模式转变^[5-6]。

因此，针对《材料性能》课程教学中存在的认知壁垒突出、实验资源受限、个性化支持不足和评价方式单一等问题，本文

将探索 AI 技术赋能课程教学改革的实施路径，为培养“材料+AI”复合型人才提供参考。

1 课程教学痛点分析

《材料性能》课程的教学难点主要来源于知识体系本身的复杂性以及传统教学方式与课程要求之间的不匹配。课程既强调理论基础，又注重实践应用，对学生综合分析能力提出了较高要求。

1.1 知识结构的复杂性

《材料性能》涉及材料从原子与电子结构、微观组织到宏观性能的多尺度认知过程，学生需要理解不同层次之间的内在联系，把握“组织影响性能”的基本规律。课程内容涵盖位错理论、断裂力学、相变动力学等抽象理论，并涉及较多数学推导与定量分析，对学生理论基础要求较高。此外，部分性能测试依赖专用设备和实验条件，一些关键过程和现象难以直接观察，增加了课程理解和掌握的难度。

1.2 学生认知差异

从历年教学情况看，学生的学习困难主要集中在三个方面。一部分学生前期基础不够扎实，进入后续内容学习后容易出现理解障碍；部分学生能够记住概念和公式，却难以解释组织结构变化对性能产生的影响；还有部分学生在面对工程计算和实际案例分析时缺乏综合运用知识解决问题的能力。不同学生在知识基础、学习方式和理解深度上的差异，使传统统一教学模式难以取得理想效果。

基金项目：2025 年度上海理工大学校级一流本科课程建设项目(YLKC251431)。

作者简介：马迅(1989.02)，女，汉族，河南，博士，讲师。研究方向：材料表面工程、计算模拟。陈树桃(1999.02)，男，汉族，四川，研究生。研究方向：材料表面工程、人工智能。江子俊(2006.06)，男，汉族，江西，本科生。李伟(1981.08)，男，汉族，河南，博士，教授。研究方向：材料表面工程、纳米结构超硬涂层材料。

1.3 传统教学模式的困境

目前课程教学仍以课堂讲授为主,学生主动参与和自主探究的空间相对有限。统一的教学安排虽然有利于教学组织,但难以兼顾学生个体差异,教师也难以及时了解学生的学习情况并进行针对性指导。此外,理论教学与实验教学之间衔接不足,学生往往难以将理论分析与实验现象、工程应用有效结合,影响课程学习的整体成效。

2 AI 赋能《材料性能》课程的教学改革路径

结合近年来《材料性能》课程教学实践中发现的问题,课程团队尝试将知识图谱、虚拟仿真、生成式人工智能以及学习分析等技术引入教学全过程,探索更加符合材料类专业人才培养需求的教學模式。

2.1 知识图谱辅助课程内容

传统课程以教材章节为线性结构,知识点割裂明显,学生难以建立“微观结构—宏观性能”的系统认知。为此,引入知识图谱技术对课程内容进行结构化重构。课程知识图谱以“成分—工艺—组织—性能”为主线,覆盖力学、物理与化学性能三大知识域,构建多层次知识网络,并重点刻画知识点之间的逻辑关系,包括前置依赖、因果关联与工程应用路径。例如在“细晶强化”知识点中,系统可自动关联“位错运动”“晶界阻碍”“Hall-Petch 关系”等关键节点,并延伸至高强钢与铝合金等工程案例,使学生形成“概念—机制—应用”的完整链条。

在此基础上构建智能学习导航系统,通过学习行为数据分析学生知识掌握情况,动态识别薄弱环节并追溯前置知识,自动推荐补充资源与学习路径,实现个性化学习引导。知识图谱由此从静态知识结构转变为动态认知导航工具,促进学生形成跨尺度、多层次的材料科学系统思维。

2.2 虚拟仿真与计算模拟辅助实验教学

实验教学一直是《材料性能》课程的重要组成部分,但是由于设备条件和实验周期的限制,有些实验难以向学生进行直观展示,比如长周期的腐蚀浸泡测试、疲劳测试等。因此虚拟仿真实验可作为课堂教学的重要补充。通过引入有限元模拟和材料性能预测的相关实际案例,学生可以在虚拟实验中,通过调整材料种类、实验加载条件和环境参数等,实时观察材料性能的宏观变化情况以及材料内部组织的微观演变过程。例如,在讲解疲劳断裂机理时,虚拟实验可以辅助教师动态展示裂纹萌生和扩展过程,使课本中抽象的理论描述变成可视化的直观认识,从而提高学生理论基础的理解决能力,以及分析和解决工程问题的能力。

2.3 生成式 AI 支持个性化学习

在课程教学过程中发现,不同学生关注的问题差异较大。部分学生基础较差,对概念等专业基础内容掌握不牢;也有部

分学生学习能力较强,希望进一步了解工程应用背景。我们需要根据学生的个性化差异进行教学指导和设计。相比于依靠单个教师的力量,基于课程知识库的 AI 学习助手可以更高效的为学生提供个性化的学习支持。对于学习基础较弱的学生,系统可推荐相关基础知识;对于学习能力较强的学生,则提供拓展阅读资料和研究案例。而且 AI 助手不受教学时间的限制,不管是课前、课中、课后,当学生对课程内容存在疑惑不解时,系统都可以及时给出针对性的解答。经过一学期的实践, AI 辅助学习可以在一定程度上提高了学生课外学习的积极性,也为教师了解学生学习状况提供了参考依据。

2.4 学习过程导向的评价改革

传统教学的评价方式过于单一,“重结果、轻过程”的弊病明显。为了使课程评价更注重强调学习过程中的能力提升,团队依托本课程平台构建了涵盖四个方面的智能评价体系,用于系统记录学生在线学习、实验操作、课堂互动和项目实践等情况,最终形成较为完整的学习档案,可用于时时分析和评价学生的基础学习能力、实验操作能力、分析和解决问题的能力以及创新能力。通过平台反馈的数据,教师可随时掌握学生的学习情况,便于在教学过程中及时调整教学内容。学生也能够通过学习记录了解自身的优势与不足,明确后续重点学习方向。通过该学习过程的评价,教师会更加关注学生能力的发展过程,有助于实现学生的全面培养。

3 实施路径与保障机制

3.1 分阶段推进策略

AI 赋能《材料性能》课程改革是一项系统工程,应遵循“试点先行、逐步推广、持续优化”的实施路径。第一阶段为试点建设阶段。以“力学性能”模块为切入点,完成课程知识图谱初步构建,开发虚拟拉伸试验、“Hall-Petch 关系”验证等典型虚拟仿真实验项目,部署 AI 助教原型系统,组建由专业教师与技术人员构成的教学团队。通过小范围教学实践验证技术方案可行性,积累建设经验。第二阶段为全面推广阶段。改革范围拓展至热学性能、电学性能和化学性能等模块,完成课程知识图谱建设与资源整合,丰富虚拟仿真实验内容,实现主要实验项目数字化覆盖。同步优化 AI 助教和个性化推荐功能,建立过程性与终结性评价相结合的教学评价体系,逐步形成较成熟的智能教学模式。第三阶段为优化提升阶段。建立课程资源动态更新机制,将材料信息学、高熵合金、量子材料等前沿成果融入教学内容;加强与兄弟高校及行业企业的合作,推动优质资源共享和真实工程案例引入,实现由“技术辅助教学”向“技术重构教学”的转变。

3.2 师资队伍建设与校企协同

教师是教学改革顺利实施的关键。因此要加强教师数字化教学能力建设。围绕人工智能基础、数据分析、知识图谱构建、

虚拟仿真平台应用及生成式AI工具使用等内容开展专项培训,提高教师智能化教学设计与评价能力。其次,推动跨学科协同创新,鼓励材料专业教师与计算机、教育技术等领域教师联合开展课程建设与教学研究,共同开发智能教学资源。通过建立教学共同体,定期开展教学研讨、案例交流和集体备课,促进经验共享与能力提升。

在课程改革过程中,校企合作不仅是实践教学的重要支撑,也是提升人才培养质量的重要途径。课程建设可充分利用企业资源,将典型材料设计案例、产品研发过程中的性能优化问题以及实际检测数据引入教学环节,让学生在真实的工程场景下体会材料性能到底如何影响实际应用。此外,可以联合企业的研发人员、质量工程师一起进课堂,把行业一线的新需求和实战经验直接带进教室。再借助企业的实验平台和生产现场,安排一些实地实践,让学生亲自上手,完整经历材料制备、性能检测和质量控制的全过程。这样下来,学生的工程意识和动手能力就能得到实实在在的锻炼,人才培养和产业需求也能衔接得更紧密。

3.3 持续改进机制与产学研协同

课程改革成效的保持和提升离不开持续改进机制的支撑。随着AI教学平台的应用,学生在学习过程中的资源使用情况、课堂参与度、实验操作表现以及知识掌握情况等数据能够被持续记录和分析。这些数据可以较为准确地发现学生普遍存在的学习难点和课程实施中的薄弱环节,为教学内容更新、教学方法调整以及资源优化提供参考依据。同时,结合学习行为特征

构建学生能力画像,为个性化指导和分层培养提供支持,提高教学干预的针对性和有效性。

材料领域的更新换代速度非常快,课程建设还应加强与企业、科研院所和行业组织之间的交流与合作,及时了解产业发展需求,将企业实际项目、科研课题以及工程问题转化为教学案例或实践任务,引导学生在解决真实问题的过程中提升学习的兴趣和综合能力。这种多方参与、协同推进的教学模式,有利于促进课程建设、教学实施、评价反馈和持续优化的良性循环,不断提升《材料性能》课程的人才培养质量和教学水平。

4 结论与展望

针对《材料性能》课程存在的知识抽象、资源受限、学习差异大和评价单一等问题,人工智能技术为教学体系提供了改革的新路径。以知识图谱、虚拟仿真、生成式AI助教和智能评价为核心,改革后的教学体系实现了课程内容结构化、实验教学虚拟化、学习支持个性化和教学评价多元化。初步教学改革实践表明,AI辅助的教学模式显著提升了学生的学习兴趣、基础学习能力和工程应用能力。

未来,随着大模型、多模态交互和数字孪生等技术的发展,人工智能将在课程教学中发挥更加重要的作用。《材料性能》课程建设也将进一步结合材料科学前沿和产业发展需求,持续优化教学内容与教学模式,探索更加高效的人机协同教学方式,为培养具有工程实践能力和创新意识的“材料+AI”复合型人才提供支撑。

参考文献:

- [1] 吴岩.新工科:高等工程教育的未来—对高等教育未来发展的战略思考[J].高等工程教育研究,2018(6):1-3.
- [2] 钟秉林.人工智能背景下高等教育变革与创新[J].中国高教研究,2020(1):1-8.
- [3] 李德毅.人工智能驱动教育变革的思考[J].中国电化教育,2018(9):1-4.
- [4] 王兆波.虚拟仿真技术在材料科学与工程实验教学体系中的应用[J].青岛科技大学学报,2022,39(S1):1-4.
- [5] 张统一.材料信息学导论:机器学习基础[M].北京:科学出版社,2022.
- [6] 祝智庭,胡姣.教育数字化转型的实践逻辑与发展机遇[J].电化教育研究,2022,43(1):5-15.