

Reimagining Mechanics of Materials Education in the AI Era

Junjie Huang

School of Civil and Transportation Engineering, Foshan University, Foshan, Guangdong, 528225, China

Abstract

The rapid advancement of Artificial Intelligence and the "New Engineering" initiative are driving a profound transformation in the traditional pedagogy of Mechanics of Materials. Current teaching methods are often hampered by overly abstract lectures, outdated engineering cases, limited experimental resources, and an inability to cater to individual student needs, which collectively hinder the cultivation of innovative engineers. To address this gap, this paper analyzes the current challenges in Mechanics of Materials education and explores feasible pathways for integrating AI technologies. Specifically, we propose an integrated approach that utilizes knowledge graphs to structure content, generative AI to create relevant case studies, virtual simulations to expand experimental learning, and intelligent tutoring systems to provide personalized, data-driven feedback and support. Together, these measures aim to comprehensively advance the revolution and innovation of Mechanics of Materials education.

Keywords

Mechanics of Materials, Artificial Intelligence, Educational Methodologies, Undergraduate Education

AI 时代的材料力学教学改革探索

黄俊杰

佛山大学土木与交通学院, 中国·广东 佛山 528225

摘要

随着人工智能技术的快速发展和新工科建设的深入推进, 传统材料力学教学模式面临深刻变革。当前材料力学教学普遍存在理论讲授过于抽象、工程案例陈旧匮乏、实验条件受限、难以兼顾学生个体差异等突出问题, 严重制约了创新型工程人才的培养质量。本文剖析了材料力学教学现状, 探讨了AI技术与材料力学教学深度融合的可行路径。研究提出通过构建知识图谱优化课程体系、运用生成式AI丰富教学资源、开发虚拟仿真平台突破实验限制、建立智能导师系统实现个性化辅导、采用数据驱动评价完善过程考核等举措, 全方位推动材料力学教学模式创新。

关键词

材料力学, 人工智能, 教学方法, 本科教学

1 引言

随着国家战略的持续推进和产业结构的深度转型, 我国高等工程教育正迎来前所未有的机遇与挑战。“新工科”建设作为面向未来的教育改革方向, 是在“卓越工程师教育培养计划”的基础上, 为适应新兴产业和科技革命而提出的系统性举措^[1]。“新工科”建设不仅是我国工程教育体系的升级, 更是服务国家战略和产业发展的重要举措。在人工智能、先进制造、绿色能源等新兴领域快速发展的背景下, 社会对复合型、创新型工程科技人才的需求急剧增加。力学作为工程教育的核心基础学科, 承担着培养学生科学思维与工程分析能力的关键任务。在这一背景下, 作为工科专业核心

基础课程的力学, 其教学模式亟需改革, 以确保所培养的人才能够既契合当下产业发展需求, 又具备引领未来技术变革的潜力。

人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 技术的发展正深刻改变教育生态, 教育部“101计划”从计算机拓展到数学、物理、力学等多个基础学科, 便是对这一趋势的积极响应^[2-5]。AI的介入, 使得个性化学习路径、智能化资源推送、虚拟仿真实验与智能建模成为现实, 为传统力学教学的方式和内容带来了深刻变革。

力学不仅是传统工科的基石, 更是新一轮科技革命的重要支撑学科。传统的力学教学模式过于注重理论推导和公式记忆, 难以激发学生的学习兴趣和创新思维。在AI时代, 力学教学改革应着力构建“人机协同”的教学新范式, 培养学生运用现代技术工具解决复杂工程问题的能力, 为新工科人才培养奠定坚实基础。

【作者简介】黄俊杰 (1981-), 男, 中国广东惠州人, 博士, 讲师, 从事多尺度随机计算力学研究。

2 AI时代的材料力学教学现状特点与改革驱动力

2.1 材料力学教学现状分析

材料力学是机械、土木等工科专业的重要基础课，聚焦材料承载特性和结构强度理论，承载着培养学生工程分析能力的重任。作为连接高等数学、大学物理等基础科学与后续结构设计、机械设计等专业应用课程的关键桥梁，它为学生提供了分析工程构件在各种载荷作用下的力学响应所必需的核心理论框架。然而，与其核心地位形成鲜明对比的是，材料力学传统教学模式长期以来饱受诟病，其固有的局限性已成为制约高素质工程人才培养的瓶颈。对当前高校材料力学课程教学现状分析表明，传统的教学范式普遍存在以下几个突出问题：

(1) 过度理论化与抽象化。材料力学课程包含了大量力学的概念和较为复杂的数学推导。诸如“应力状态分析”与“强度理论”等核心知识点，因其高度的抽象性，历来是学生学习的难点和痛点。传统教学往往侧重于公式的严谨推导和逻辑演绎，而学生则被动地记录和记忆。这种脱离物理直观和工程背景的教学方式，使得课程变得枯燥乏味，难以激发学生的学习兴趣。

(2) 教学方法单一，理论与实践脱节。长期以来材料力学教学过于依赖课堂讲授，教师单向灌输知识，缺乏互动和实践环节。教学中往往侧重公式推导和理论讲解，实验环节以验证性实验为主，教材案例又偏重机械类且陈旧，土木等最新工程案例严重不足。传统课堂中的习题和案例大多经过高度简化和理想化，与真实、复杂的工程环境相去甚远。学生们习惯于解决边界条件清晰、参数确定的“教科书式问题”，却在面对开放性、非结构化的实际工程挑战时束手无策。

(3) 课程内容与时代需求存在差距。在“新工科”背景下，工程教育强调培养创新精神和实践能力。然而材料力学课程内容更新滞后，一些教材案例和知识体系未能及时融入AI、大数据等新技术背景下的工程应用场景。课程思政元素也缺乏深度融合，仅作机械嫁接，未能结合力学原理探讨工程伦理等高阶内容。这些都影响了课程对新时代复合型工程人才培养的支撑力度。

2.2 新工科背景下材料力学教学的机遇与挑战

随着全球科技革命和产业变革的加速，以跨学科交叉融合、信息技术深度应用为特征的“新工科”建设成为高等工程教育改革的主旋律。新工科对未来工程师的能力提出了全新的要求，即不仅要具备扎实的专业知识，更要拥有强大的创新能力、跨学科整合能力和解决复杂工程问题的实践能力。在此背景下，材料力学传统教学模式所造成的“能力缺口”问题愈发凸显。AI技术的迅猛发展为材料力学教学改革提供了前所未有的变革契机。AI的出现，不仅仅是为教学增添了一种新的技术工具，还提供了一整套能够系统性破

解传统教学模式顽疾的解决方案。AI技术有潜力将教育从标准化的“知识灌输”模式，彻底转变为个性化的“能力培养”模式。

3 AI赋能材料力学教学改革方法与途径

面对上述挑战，“AI+教育”为材料力学课程的改革提供了全新思路。围绕教学内容、教学方式、实验教学和个性化学习等方面，充分利用AI技术进行赋能，可以有效弥补现有不足，构建起理论与实践融合、师生互动高效、因材施教的新型教学模式。

3.1 AI技术在材料力学教学中应用潜力

AI技术可以构建智能教学辅助系统，为教师提供个性化的教学资源推荐、教学方案优化、学情分析等服务。其次，AI技术能够根据教学目标和学生特点，自动生成适配的教学内容和教学策略，减轻教师备课负担，提高教学针对性。同时，利用AI与虚拟现实、增强现实技术结合，可以构建材料力学虚拟仿真平台。除此之外，利用机器学习算法，可以构建多维度的智能评价体系。

3.2 基于AI的材料力学教学改革策略

3.2.1 AI丰富教学内容与创新教学方式

基于AI为高等工程教育带来的机遇，可以构建一个多层次、一体化的材料力学教学新范式。这个新范式并非单一技术的应用，而是将不同AI技术有机结合，分别针对传统教学中的核心痛点提供系统性解决方案。

(1) 引入知识图谱，重组课程内容脉络。针对材料力学知识点多且体系庞杂的问题，可借助AI技术构建课程的知识图谱，将各章节概念和力学原理以图示方式直观呈现，强化知识之间的逻辑联系。例如，可利用AI协助学生构建《材料力学》课程知识图谱，梳理材料拉伸、剪切、弯曲等模块知识要点及其关联，不仅优化了课程内容布局，更凸显出各知识单元在整体体系中的地位。

(2) 将工程案例融入教学，AI辅助实现抽象知识具体化。为解决理论与实际脱节的问题，应适当增加工程背景案例，加强“知识点-工程应用”的联系。AI技术可以在这方面发挥独特作用：一方面，借助AI的大数据分析能力，教师可以方便地获取与课程相关的最新工程案例或多媒体资源；另一方面，利用AI模型对复杂工程问题进行分析拆解，并与课程知识点相对应，使抽象理论更直观具体。

(3) 创新教学方式，打造互动式智慧课堂。AI技术为教学方式革新提供了技术支撑。从过去以教师讲授为中心，逐步转向以学生为中心的互动探究式教学成为可能。一方面，教师可借助智慧教室系统，实现线上线下相结合的混合教学。另一方面，当学生自学某部分内容时，AI代理会提出逐级深入的问题，引导学生思考“为什么”和“如何”，帮助其将知识由记忆层面深化到理解与应用层面。

3.2.2 AI赋能实验教学与实践环节

材料力学实验是材料力学课程的重要组成部分，实验

教学对于夯实学生对力学原理的理解、培养其实践能力至关重要。借助 AI 和数字仿真技术,可对传统实验教学进行升级改造,构建虚实结合的高效实践教学体系。

(1) 建设虚拟仿真实验平台,拓展实验教学空间。受制于设备和安全限制,某些材料力学实验(如大型构件的破坏性试验、复杂结构长期载荷性能测试等)难以在本科教学中全面开展。对此,可利用虚拟现实(VR)和计算机仿真搭建材料力学虚拟实验室。通过计算机三维建模和数值仿真模拟,将拉伸、扭转、弯曲等典型实验以虚拟方式呈现,学生可在虚拟环境中自行操控实验过程。例如,学生可以在虚拟拉伸试验机上调节材料试样的尺寸和载荷速度,实时观察应力-应变曲线的变化;或在虚拟构件上施加力矩,看到其变形和应力分布的动态可视化。

(2) 借助数值仿真软件,实现即时演示与探究实验。MATLAB 和 Abaqus 等数值仿真软件也是材料力学教学的重要辅助工具。在课堂上,教师可以用 MATLAB 编写简单仿真程序,实时演示力学模型的行为。例如,通过 MATLAB 计算并绘制剪力图和弯矩图,学生可以直观了解梁在不同载荷分布下剪力和弯矩的分布规律。同样地,对于柱的稳定、组合变形等复杂问题,Abaqus 等有限元软件进行模拟演示,往往比单纯的板书推导更具说服力和启发性。

3.2.3 AI 支持个性化学习与因材施教

每个学生的知识基础和学习节奏不同,而传统教学往往难以顾及个体差异。AI 技术的引入为实现大班教学中的个性化学习创造了条件。通过智能答疑系统、自适应学习平台等手段,可以针对不同学生的需求提供差异化的指导与资源推送,真正落实“因材施教”。

(1) 学习路径自适应调整。基于 AI 的学习平台可以实时收集学生的学习数据(如章节测验成绩、作业完成情况、知识点掌握度等),形成每个学生的学习画像。系统利用机器学习算法对这些数据进行分析,智能诊断学生的知识弱项和掌握程度。当发现某学生在某些知识点多次答错或表现不佳时,平台会自动推荐相应的补救措施。例如,针对性地推送该知识点的微课视频、提供额外练习题或引导其回顾前序基础知识。

(2) 智能答疑与辅导。在传统教学中,师生课下交流和答疑往往受到时间空间限制。引入 AI 驱动的智能答疑系统后,学生可以随时提问获取帮助,提高了自主学习的支持力度。例如,教学平台上部署的 deepseek 问答机器人可解答关于材料力学概念、公式推导、习题步骤等各类问题。当学生自习遇到瓶颈时,只需在对话框输入问题,AI 即可给

予详尽的解答或提示。

(3) 数据驱动的过程评价与反馈。个性化教学离不开科学的评价和及时反馈。AI 可以让评价不再局限于期末一次性考试,而是贯穿学习全过程,并提供深度分析。比如,在平时作业和测验中引入自动评分与分析系统,学生提交答案后立即获得评分和详细解析,了解自己哪里出错以及正确思路是什么。系统还会统计班级在各知识点上的得分分布,为教师提供学情报告:哪些概念大部分人掌握良好,哪些是薄弱环节。教师据此可以调整后续教学安排或进行针对性补偿教学。

4 结论

进入 AI 时代,材料力学教学迎来了前所未有的发展机遇。通过上述改革探索可以看出,人工智能技术在促进教学模式转型、提升教学效果方面潜力巨大。AI 有效弥补了传统教学的短板:它将抽象的力学理论与生动的工程实践相连,克服了理论与实践脱节的顽疾;它为学生提供个性化的学习支持,改变了过去“一锅煮”照顾不到个体差异的状况;它丰富了教学手段和资源,使课堂变得生动有趣、互动频繁,极大激发了学生的学习兴趣 and 主动性。

目前,AI 赋能教学改革还处于起步阶段,也伴随着一些挑战,如教师数字素养需提升、AI 工具的正确使用与局限需理性看待、教学模式转变对传统课堂管理的冲击等。展望未来,AI 时代材料力学乃至整个工程教育的终极目标,并非培养出被 AI 替代的工程师,而是培养出能够与 AI 高效协同、并驾齐驱的“AI 增强型工程师”。这样的工程师将具备一种复合型的、面向未来的核心素养结构,即具备坚实的领域知识与物理直观、卓越的 AI 素养与协同能力、高级的批判性判断与伦理责任。随着 AI 技术的进一步发展,材料力学这门古老而基础的学科,在 AI 的赋能下必将焕发出新的生机,为培养面向未来的高素质工程人才作出更大贡献。

参考文献

- [1] 张莉,杨建伟,鄂娜. 新工科背景下控制工程基础课程教学改革探索. 教育进展, 2024, 14(5): 957-962.
- [2] 赵沛,杨卫. AI时代的力学教学. 力学与实践, 2025, 47(1): 9-14.
- [3] 杨卫,赵沛. 范式融合导向的数智时代力学专业核心课程. 力学与实践, 2025, 47(1): 3-8.
- [4] 教育部推进基础学科系列“101 计划”一为拔尖创新人才培养筑基. 中国教育报, 2024-04-20.
- [5] 殷雅俊. 直面AI挑战——“101 计划”下的材料力学教学研究. 力学与实践, 2025, 47(4): 697-704.