

基于AI驱动下力学与有限元分析贯通式教学模式探讨

李建华 毛文贵 夏 平 康颖安

湖南工程学院 机械工程学院, 中国·湖南 湘潭 411100

【摘要】本文针对传统力学与有限元分析教学中存在的知识割裂、实践薄弱等问题,提出基于人工智能技术的贯通式教学模式。通过构建力学的语义知识表达,将教学内容转化为知识图谱,实现“以点拓面、汇滴成云”的“碎片化”教学。构建“动态知识图谱-自适应内容引擎-多模态交互界面”三位一体的新型教材体系,引入“教-学-做-讲”的四位一体的项目设计。整合力学与有限元仿真智能仿真平台,实现力学与有限元分析两类课程的深度融合。教学实践表明,该模式显著提升了学生的解决复杂工程问题的能力和创新思维。

【关键词】人工智能;贯通式教学;有限元分析;力学教学改革

【基金项目】2023年度湖南省普通高等学校教学改革研究项目“新工科背景下力学类基础课程与有限元分析的贯通式教学模式探讨”(HNJG-20230968)

2021年湖南省线上线下混合式一流本科课程《材料力学》(湘教通[2021]322号)

1 前言

力学为有限元分析提供理论框架和数学描述,有限元分析是解决复杂力学问题的强大数值工具。两者相辅相成,共同推动工程科学的发展^[1]。融会贯通力学和有限元分析的“工程知识”,有助于提升学生解决复杂工程问题的能力。但教学中因力学知识点多而散,有限元分析同工程实际联系极其紧密,学生工程经验匮乏,加上高校学科专业教学改革学时削减等原因,在教学实践中达成培养目标的挑战性越来越大^[2]。因此,在力学与有限元分析贯通式教学模式中如何引导学生获得力学和有限元分析的“工程知识”的同时形成解决复杂工程问题的思维方式,进而促进学生工程实践应用能力发展,成为贯通式教学模式中需要探索的一个新的问题。

人工智能(artificial intelligence, AI)时代的课程教学,旨在挖掘数据时代课程知识的最本质、最核心、最基础的要素,将其转化为一系列易于接受的形式^[3-6]。赵沛^[7]提出人工智能时代构筑力学“人在回路”、“建构双脑”、“具身智能”的全新教育生态。代岩伟^[8]指出ChatGPT 强大的素材整理能力和总结能力可以服务力学的课程教学,让学生能够更容易接触力学发展史的思想脉络。阎军^[6]以力学中常见的平面桁架探讨了以chatGPT为代表的生成式人工智能应用力学程序开发,使初学者能够更快地掌握有限元分析应用中所需的力学程序编制的技能。因此,在教育部第二批“101计划”驱动下,以AI 赋能教育教学改革,在力学

与有限元分析贯通式教学模式中融入人工智能技术,进行深度改革和创新,以教育数字化带动教育现代化。

2 AI贯通式教学模式构建

2.1 力学的语义知识表达

AI力学的语义知识表达是梳理知识点之间的逻辑关系,将教学内容转化为知识图谱,实现“以点拓面、汇滴成云”的“碎片化”教学。在有限元分析应用时驱动它关联的知识点和知识关系,交叉与融合使“工程知识”理解更加丰富和全面。实现“知行合一”的能力培养。AI力学的语义知识表达须全面整合知识点、能力点、思政点和素质点构建相对应的知识图谱、能力图谱、价值图谱和素质图谱^[7]。其中知识图谱是载体,能力图谱是表现,价值图谱是导向,素质图谱是根基。各课程间的传递本质是“数学工具→物理原理→工程方法”的转化过程。AI力学教育需注重四维图谱的同步构建^[9],尤其强化有限元仿真能力与工程伦理素质的融合培养。力学的语义知识表达建立力学理论与有限元应用的映射关系。其知识点网络关系如图1所示呈现明显的层级结构和逻辑递进关系。实现“基础认知→数值建模→工程拓展”三阶段递进。(见图1)

2.2 数字化教材建设

贯通式教学模式强调课程内外之间的相互联系,强调知识的融会贯通,有助于解决知识与技能体系碎片化的问题。教材在教育教学中扮演着知识载体、学习工具和教学指南的多重角色。传统教材按固定章节划分,主要提供共识知识。

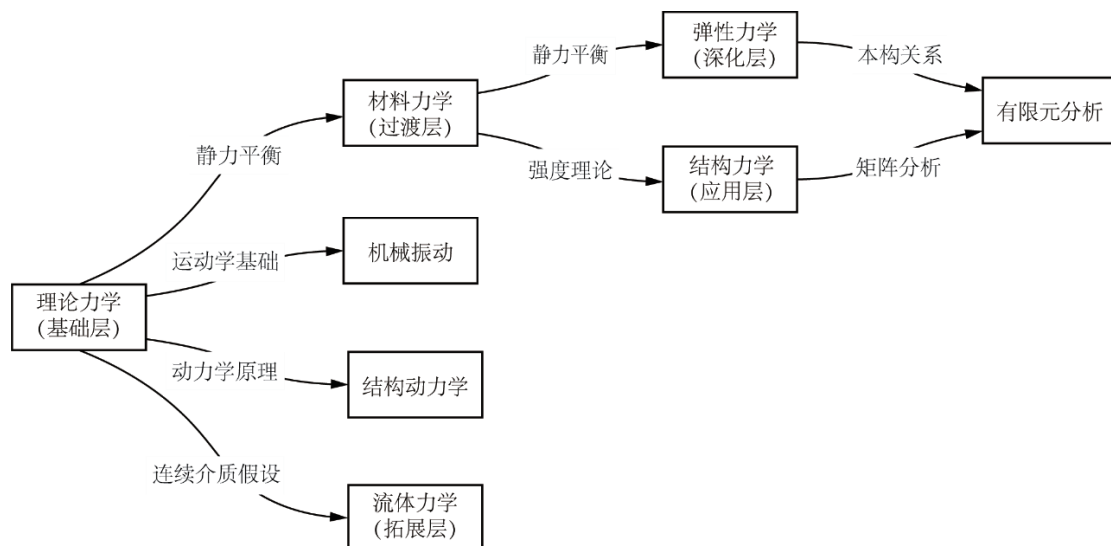


图1 知识点网络关系

现在的教材体系中力学与有限元分析课程内容没有衔接, 各门课程都强调各自的完整性和独立性, 忽略学生对于有限元分析所需的理论与应用的结合度的把握。学生不清楚内在联系, 学习目标不明确。在AI技术驱动下, 教材改革的核心在于构建“动态知识图谱-自适应内容引擎-多模态交互界面”三位一体的新型体系^[10]。在知识映射层实现AI赋能的动态知识图谱构建和概念智能关联。贯通力学与有限元的数字化教材需结合现代教育技术、行业需求和学生培养目标, 可开发“力学与有限元分析”AR课件, 涵盖“力学仿真”等ANSYS仿真案例库, 扫描课本即可观看结构的动态演示。如学生阅读“平面应力问题”时, AI侧边栏自动显示ANSYS中对应的Plane182单元设置案例。从而使数字化教材中的关键理论(如胡克定律、虚功原理)与有限元操作(如材料属性定义、载荷步设置)实现相应的对应关系。以更加直观形象的方式加深学生对知识点的理解, 了解理论力学-材料力学-流体力学-有限元分析的课程共性, 启发学生更深的思考和联想, 将繁杂的内容简单化和明晰化, 培养学生学会用“联系”的思维方式分析问题。通过教材改革, 让学生掌握力学与有限元仿真的复合型技能, 具备解决复杂工程问题的系统思维, 适应产业快速变化的终身学习能力。

2.3 AI项目设计融入课堂教学

训练和实操在教学环节中扮演着至关重要的角色, 不仅是知识内化和能力培养的核心手段, 还能有效弥补理论教学的局限性。通过实操(如实验、模拟、项目等), 学生将抽象概念转化为具体应用, 加深理解, 促进知识内化与

技能掌握。真实问题(如工程设计故障)迫使学生分析、调整方案, 锻炼批判性思维。培养解决复杂问题的综合能力。将AI项目设计^[11, 12]融入课堂教学的“教-学-做-讲”的四位一体, 从传统的“以教为中心”转向“以学为中心”, 把启发式讲授和“讲得出”互动式交流、项目驱动式实战“做得出”有机融合。对比、分析、讨论, 给试错的机会, 深化理解, 培养学生严谨、精益求精的“工匠精神”。课堂中布置一些不同约束方式的简支梁、悬臂梁分析类典型案例, 让学生进行力学传统解析和有限元模型分析, 通过数值模拟验证解析解的正确性, 结合力学仿真领域的前沿热点问题, 临摹职场, 形成AI优化方案对比。揭示力学现象(如应力集中、裂纹扩展)的细节, 弥补实验或理论的局限性。小组协作利用AI工具完成参数敏感性分析。由问题驱动学生实现“教”和“学”两个主体呈现, 在具体的问题情境中积极思考探讨, 培养学生的探究学习能力、实践能力和创新能力为基本价值取向。多维度激发学习兴趣和学习动机, 全局观培养, 突出创新思维。

3 教学实践效果

3.1 与毕业设计和机械创新设计融合

按本院校机械专业认证要求, 对AI贯通式教学模式中各教学设计进行进一步的完善。逐渐贯通毕业设计、机械创新设计与前期的专业课, 改革传统的毕业设计与其他教学环节在时间和内容上分割的缺陷, 从学科、专业教学的整体性、系统性出发, 将各个相对独立的教学环节贯通, 培养学生的创造性, 提升综合能力。贯通力学类基础课程

的非技术能力和有限元分析应用类课程的技术能力的“工程知识”，提升知识体系的高阶性，很大程度上影响了机械类“解决复杂工程问题能力”人才的培养效果。让参加机械创新设计大赛的学生以创新设计的结构进行仿真分析来验证结构的可靠性，融合贯通《理论力学》、《材料力学》和《有限元分析》课程的“工程知识”。毕业设计引导学生注重力学模型的构架、对设计的结构通过有限元分析来进行虚拟设计完善优化设计结构。2023年和2024年累计指导6个应院学生的毕业设计。积极引导学生参加创新创业活动，以第一指导老师带领学生参加全国三维数字化创新设计大赛16周年精英联赛（2023-2024）（湖南赛区龙鼎奖）二等奖1项、三等奖1项。

3.2与科研项目融合

以产学研一体化，以科教融合和校企合作等多方式融合专业知识与工程实践，令枯燥抽象的理论知识变得生动实际，从而激发学生的学习兴趣 and 创新能力，促进成才教育。从横向和纵向优化实践课程体系，贯通式项目驱动教学模式发挥贯通式、多维度的项目化教学优势，推动教学成果的转变，基于机械设计专业人才特点拓展知识体系。引入本科生和研究生参与团队的磁流固载荷耦合建模与分析等力学基础应用研究。累计参与《净水器滤芯结构优化》、《净水流道优化设计与仿真》和《高速电机的仿真分析及结构改进》三项横向项目。以课题研究为导向引导学生培养理论联系实际的分析能力，贯通对应的基础理论与应用实践的课程体系，将多种知识在实际的工程应用中有机地结合起来，取得了良好的能力培养效果，授权发明专利4项，其中3项本科生参与。

4 总结

本研究构建的AI驱动贯通教学模式有效打破了力学与有限元分析间的知识壁垒，重塑了力学与有限元分析课程知识体系，构建了知识体系的高阶性，增强了理论与实践结合度。激发了学生工程意识，提升了复杂工程问题能力。但存在的商业软件教学授权限制等技术挑战和教学平衡中考虑AI工具使用与基础理论掌握的权重分配等问题，要防止过度依赖自动化的对策。AI驱动下贯通式教学模式有待进一步优化，需要结合大语言模型的智能助教系统、数字

孪生技术在教学中的延伸应用，进一步探索力学与有限元分析工程知识图谱，提出更易于理解和操作的“工程知识”。后续将重点开发跨课程智能评价系统，进一步强化“理论-实践-创新”的培养闭环。

参考文献：

- [1] 赖荣荣, 黄海鹏. 基于有限元分析与专业案例库的《工程力学》课程教学模式研究[J]. 教育教学论坛, 2020, (13): 276-277.
- [2] 周腾, 吴之豪, 史留勇. 有限元分析及混合教学法在材料力学课程中的教学研究[J]. 高教学刊, 2021, 7(35): 82-86+90.
- [3] 中家旭. 生成式人工智能赋能的结构分析有限元法课程教学改革设想[J]. 现代职业教育, 2024, (30): 109-112.
- [4] 陈林, 赵梦龙. 教育数字化赋能拔尖创新人才培养[J]. 教育评论, 2024, 302(8): 11-19.
- [5] 李庆鹏, 张振军, 梁桥康, 等. “机器人感知与学习”项目制教学改革实践[J]. 电气电子教学学报, 2022, 44(02): 21-23.
- [6] 阎军, 姜立哲, 耿东岭. ChatGPT在计算结构力学领域的应用初探与浅析[J]. 计算力学学报, 2023, 40(3): 499-504.
- [7] 赵沛, 杨卫. AI时代的力学教学[J]. 力学与实践, 2025, 47(1): 9-14.
- [8] 代岩伟, 秦飞. ChatGPT在材料力学教学中的应用前景和风险因素探讨[J]. 中国教育技术装备, 2024, (12): 37-39.
- [9] 李健, 纪易廷, 王东. 机械本科专业“流体力学”课程创新探索[J]. 教育教学论坛, 2024, (52): 105-108.
- [10] 苏继龙. 新工科背景下智能建造专业材料力学智能元素教学模式的探索与实践[J]. 河南教育(高教), 2024, (12): 95-96.
- [11] 张搏, 秦晓辉, 徐超华. 生成式人工智能在岩体力学教学中的应用与挑战[J]. 科教导刊, 2024, (22): 114-116.
- [12] 朱俊杰, 薛永飞, 周国雄, 郑志安. AI赋能“自动化系统综合课程设计”探索[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(10): 142-146.

作者简介：李建华（1976—），男（苗族），湖南泸溪人，硕士，讲师，主要从事机械设计与方法研究。