

生成式 AI 在理论力学课程中的应用研究

辛朝军, 柴振霞*, 李晓阳, 张天天, 李修乾, 宋俊玲

航天工程大学宇航科学与技术系, 北京 100400

DOI: 10.61369/SDME.2025250031

摘要 : 在“新工科”与教育数字化背景下, 生成式 AI 为破解理论力学“抽象难学、适配不足”的传统痛点提供新路径。本文聚焦生成式 AI 与理论力学混合式教学的深度融合, 旨在探索如何利用人工智能技术提升教学质量, 满足学生个性化学习需求, 推动教育教学的现代化进程。对此, 本文首先阐述基于生成式 AI 的智慧课程开发, 含核心模块知识图谱与智能学伴构建; 接着明确生成式 AI 辅助混合式教学的具体应用, 最后总结在实践过程中的思考与体会, 以期为相关领域教育工作者提供一定的参考与借鉴。

关键词 : 生成式 AI; 理论力学; 混合式教学; 智慧课程

Research on the Application of Generative AI in the Theoretical Mechanics Course

Xin Chaojun, Chai Zhenxia*, Li Xiaoyang, Zhang Tiantian, Li Xiuqian, Song Junling

Department of Aerospace Science and Technology, Space Engineering University, Beijing 100400

Abstract : In the context of "Emerging Engineering Education" and educational digitization, Generative AI (GenAI) presents a novel approach to addressing the long-standing challenges of theoretical mechanics, namely its abstract nature and inadequate adaptability. This paper focuses on the deep integration of GenAI with blended teaching in theoretical mechanics, aiming to explore how AI technology can enhance teaching quality, meet students' personalized learning needs, and advance the modernization of education. The research first introduces the development of GenAI-based intelligent courses, including the construction of knowledge graphs for core modules and the creation of AI learning companions. It then outlines the design framework for GenAI applications in theoretical mechanics, supported by detailed case studies. Finally, practical insights and reflections are shared to provide actionable references for educators in related fields.

Keywords : generative AI; theoretical mechanics course; blended learning; intelligent course

引言

随着后 MOOC 时代的到来, 学生的知识获取路径更具多元化, 学习时间和空间也更加自由, 视频、文献、文档、讨论、测试等学习资源也更加丰富多样, 导致他们的学习需求也发生了显著变化。学生不再满足教师在课堂教学中提供的单一学习资源, 对个性化与互动性学习体验越来越期望。而精准的生成式人工智能, 就可以较好的满足这一需求。

理论力学课程包含大量抽象概念与复杂推导公式, 不仅要求学生掌握质点、刚体等机械运动模型的数学描述与求解方法, 更注重培养其将复杂工程问题抽象为理论模型的能力^[1-2], 以及综合运用牛顿定律、虚位移原理等解决实际问题的力学思维, 这无疑会增加学生的学习难度, 进而出现学习不均——即不同学习能力的学生在学习进度、抽象力学概念的理解深度、公式推导的掌握程度, 以及工程问题建模与力学原理应用的实践能力上均表现出明显分化, 基础扎实者可快速推进至分析力学模块, 基础薄弱者则易在静力学公式推导等基础环节滞留。

航天工程大学基于航天装备工程专业以“雨课堂”为核心的线上线下混合式^[3]《理论力学》课程, 开发建设了基于人工智能技术的《理论力学》AI 智慧课程, 基于学生学习行为、学习轨迹对学习能力进行量化画像, 可实现精准化、个性化、实时化评价。在教学目标中, 增加了人机互动能力的培养。以“雨课堂”为核心构建的航天装备工程专业的理论力学混合式教学, 形成了典型的“PMVT+SLAS”个性化模式, 基本实现了传统的“教师教授为主”的教学模式向以“学生自主学习为主”的教学模式转变, 不仅精准适配学生的个性化、互动性学习需求, 更通过差异化学习路径设计与精准指导, 确保全体学生都能扎实掌握核心知识, 有效破解了传统教学中“进度不一、掌握不均”的难题。

一、基于生成式 AI 的智慧课程开发

AI 智慧课搭建了以课程知识图谱为核心的支撑架构，支撑学生依托非线性学习轨迹完成知识的结构化生成。智能学伴则针对学生的即时提问，通过课程专属知识库与线上跨学科资源生成可自主筛选的解答内容，进而驱动学生主动质疑、自主发现问题并开展深度追问。这一过程在助力学生梳理知识间隐性关联与逻辑脉络的基础上，培育批判性思维素养、深化思维深刻性，显著优化知识体系的构建效能。

（一）知识图谱的建设

知识图谱能够将理论力学课程中的各种知识点进行系统梳理和关联，构建起一个完整的知识网络。通过对概念、定理、公式等关键知识节点的精准标注和连接，形成一个层次分明、逻辑清晰的知识体系。这有助于学生从宏观上把握理论力学的知识架构，清晰地了解各个知识点之间的内在联系和推导过程^[4]。

在课程建设初期，“理论力学”课程团队系统整合了线上线下混合式教学资源，将 MOOC 视频、学习资料、课程教案、讲义、典型题库、作业、习题库及相关学术论文等结构化数据输入知识库，构建起课程专属知识体系。通过智能解析技术，知识库被拆解为 67 个知识点，其中包含 2094 张图片、1099 分钟音视频，实现了知识单元的精细化管理。

基于该知识库的持续训练，大模型在力学基础内容识别率、问答回复准确率等核心指标上显著提升，有效解决了传统大模型在专业领域的“幻觉”问题。

在课程迭代优化阶段，团队将知识图谱与能力图谱深度融合，进一步构建了三级问题结构（基础问题、应用问题、综合问题）的逻辑关联，形成“问题 - 知识 - 能力”三位一体的动态教学框架。该框架以航天工程问题为牵引，通过因果关系、递进关系的构建相关知识网，引导学生从基础概念理解逐步过渡到复杂工程问题的综合解决，显著提升了课程教学的系统性与针对性。

（二）智能学伴的建设

AI 赋能教学的有效承载形式是 AI 智能学伴，它秉承着教师的思想、理念和方法，依托理论力学专属知识库，在线上以‘分步引导 + 原理溯源’模式解答公式推导等疑问；通过作业测试数据挖掘‘高频错误题型 + 知识关联漏洞’，制定专属学习计划并推送针对性资源（如为动力学错题率高的学生提供原理与解题资料）；同时主动发起讨论话题并及时反馈，激发学习热情，且模拟真实工程场景助学生运用知识提升综合能力^[5]。

智能学伴建设以理论力学专属知识库与教师自拟综合题库为基础，按“技术架构搭建 - 功能模块开发 - 教学适配验证”推进，聚焦智慧评价、知识智能推荐、拓展思考三大方向，覆盖自主学习、课堂讨论、课后作业全环节。

技术架构上，以轻量化教育大模型为核心，将 67 个知识点与教师自拟综合题（如航天工程场景分析题）作为训练语料，通过“公式嵌入 + 出题意图标注”提升专业理解度；同时搭建提示语解析引擎，预设“跨模块知识关联”类专属模板，适配教师引导逻辑，搭配多模态接口支撑公式演示与场景可视化。

功能开发上，知识推荐模块结合学情画像，推送“知识点视频 + 同类例题”，关联教师综合题需求；智慧评价模块对综合题既标注知识遗漏，又追踪“智能工具调用 + 人为修改”轨迹，评估批判思维；拓展思考模块按教师提示语推送对比素材，讨论中实时生成追问（如“考虑摩擦时解法调整”），课后整理多思路报告。

教学验证选取 2 个航天专业班级试用，根据“综合题辅助效果”“评价准确性”反馈优化模型，最终实现与“教师引导 + 学生探究”模式的协同。

二、生成式 AI 辅助混合式教学的具体应用

（一）混合式教学模式

鉴于教学管理和教学对象的特殊性，我们团队逐渐摸索出了一种适合自身教学需求的新的混合式教学模型——PMVT+SLAS 模型。该模型借助雨课堂工具实施，具体分为线上和线下两个阶段^[6-9]。线上阶段，教师将线上资源、考核题目及任务嵌入雨课堂手机课件，以课前任务单形式推送学习目标与自学任务至学生手机，学生通过手机完成视频自学、课堂测试及独立或小组课前任务，为课堂教学做好准备；线下阶段，以学生为中心采用类翻转课堂形式，教师依据线上测试数据与教学目标精讲重难点，引导小组讨论、案例分析等参与式活动提升学生能力，最后通过总结反思帮学生巩固知识、完成目标；结合智慧学伴后，整体教学模式基本结构不变，但在实施中调整优化，新增智能化与个性化元素以进一步提升教学效果。



图 1 “PMVT+SLAS”个性化模式

（二）课前应用设计——知识更新可控

课前阶段主要依托理论力学智慧课程、智能学伴与雨课堂开展教学活动。此前智慧课程中的智慧助手因未完全融入教师思想理念，无法实现 AI 赋能教学，因此我们基于开放大语言模型，将自身教学思路、理念与方法融入训练，打造了专属理论力学智能学伴，还构建“一课一位”智慧伴学并由主讲老师管理，能结合学生专业背景针对性训练（例如，将航天类专业课讲涉及航天装备的刚体力学分析、计算的应用库上传到智能体），确保其回答学术口径与教师一致；同时，该智能学伴可优化更新教学资料，如补充课程思政案例（经教师审核后纳入思政库）、航天工程案例，还能生成并优化 PPT、教案及线下项目式教学方案，也可实现教学资源实时优化与推荐^[10]。

雨课堂仍作为重要工具，教师通过其将学习目标、智能学伴及学习任务发布至学生手机，学生扫码即可按任务单自主学习。

与以往不同，不再直接提供在线学习视频和测试题，而是由智能学伴根据学生学习情况自动推送；且经训练的智能学伴还能突破原有测试局限，可对大型计算类题目及综合题的分析解决逻辑进行测试，进一步增强测试深度与广度，提升对学生思维能力的训练效果。

（三）课中应用设计——知识学习可信

1. 教学内容区分与技术应用策略

依据教学效果金字塔理论，将教学内容分为被动与主动两类。被动学习（概念、定理等陈述性知识）安排在线上，以 AI 学伴为主、雨课堂为辅，AI 学伴提供解释、案例及实时答疑；主动学习（高阶能力、策略性知识）安排在线下，以雨课堂为主、AI 学伴为辅，雨课堂获取互动反馈数据，助力教师制定精准策略，激发学生参与。

2. 线上课程：从传统到 AI 学伴助力的变革

传统线上学习单一线性，资源难度适配不足、互动滞后；AI 学伴助力的线上学习则通过扫码互动开启，内容按教师思路规范，支持实时答疑、AI 学伴生成个性化内容与测试，可实时批改反馈、多维度评价，实现非线性、个性化的持续支持与精准评价。

3. 线下课堂：雨课堂与 AI 学伴的协同作用

线下以雨课堂为主，按翻转课堂开展参与式教学，结合精讲，用其投稿、点名、弹幕等功能促进互动反馈；AI 学伴辅助发挥作用，提供讨论思路引导、学习数据分析、编程帮助等，协同提升课堂教学效果。

（四）课后应用设计——评价与激励可用

在课后，生成式 AI 对于理论力学课程的评价与激励作用显著。首先，AI 学伴整合学生学习记录、测试成绩、互动数据等，全面分析总结其学习进度、知识点掌握情况、现存问题及学习方

法优劣，生成总结反馈给师生；学生可通过个性化报告明确不足并改进，教师能掌握学情、发现教学问题以调整后续教学。其次，结合 AI 学伴提供的线上评价（含互动、测试、作业表现）与雨课堂的线下评价（含课堂参与度、小组作业、讨论表现），给出客观的形成性成绩，精准反映学生线上线下综合学习成果。最后，教师依据反馈及评价实施精准教学：对学习困难学生加强关注辅导，提供个性化建议与资源；为学优生布置拓展任务以激发潜力，提升教学针对性与有效性。

生成式 AI 从多方面提升学习激励效果：为学生设置专属学习目标与任务，完成后给予虚拟奖章、学习积分等奖励，积分可兑换学习资源或教学权限；创建学习排行榜展现学业水平与进步，还可开展在线学习竞赛，调动学生进取心，助力其深化理论力学理解、增强实践能力；同时实时关注学生学习态度与情绪，发现焦急、颓丧等不良心理时及时安抚，助其以积极状态投入学习。

三、结语

本文聚焦生成式 AI 在理论力学混合式教学中的应用，系统阐述了智慧课程、智慧学伴与雨课堂协同应用的实践路径，通过构建 PMVT+RLAS 模型，明确了课前、课中、课后全环节的生成式 AI 技术应用与教学设计方案，展现了智慧学伴在个性化学习辅助、主观性题目逻辑评价、人机交互能力培养及多元化激励等方面的优势。

研究表明，AI 技术虽为教学创新提供了重要支撑，但教师的核心地位不可替代——教师需提升数字化素养，把控训练资源质量，从“传道授业解惑者”转变为智慧教学的设计者与引导者。未来，AI 与教学的深度融合将持续优化个性化学习体验，培育 AI 时代的创新人才。

参考文献

- [1] 张梦樱，梁彦刚，李海阳，等.“理实结合，AI 赋能”：数字化转型下的“理论力学”教学实践与探索 [C] 教育部高等学校航空航天类专业教学指导委员会. 第六届全国高等学校航空航天类专业教育教学研讨会论文集. 国防科技大学空天科学学院，2024:930-936.
- [2] 初晓孟，李微. 基于虚拟样机技术在《理论力学》课程教学中的应用 [J]. 机械管理开发，2024, 39(05):285-286+290.
- [3] 张丽，李磊. 线上线下混合式教学模式探讨和实践——以力学专业“理论力学”为例 [J]. 科技风，2024,(08):125-127.
- [4] 王坎盛，刘立锐，孙晓勇，等. 基于混合式教学的“理论力学”课程分层教学的探索 [J]. 南方农机，2024, 55(04):177-180.
- [5] 马静敏，付彦坤，李龙飞，等. 新工科背景下理论力学教学内容信息化改革——以振动筛运动分析为例 [J]. 科教导刊，2024,(01):73-76.
- [6] 李思慧，苑学众，孟维迎，等. 混合式教学改革背景下“理论力学”课程建设初探 [J]. 中国建设教育，2022,(04):27-31.
- [7] 马静敏，付彦坤，文志杰，等. 基于在线课程的理论力学翻转课堂教学探究 [J]. 高教学刊，2023, 9(01):131-134.
- [8] 黄会男，周培林，袁志华，等. 基于信息化技术手段的“理论力学”课程混合教学模式探究与实践 [J]. 辽宁科技学院学报，2022, 24(05):48-50.
- [9] 崔玉洁，段洪君，化建宁，等. 混合式教学在理论力学课程中的研究与实践 [J]. 高教学刊，2022, 8(14):94-97.
- [10] 刘静. ADAMS 虚拟仿真技术在理论力学运动学教学中的应用探讨 [J]. 科技资讯，2023, 21(17):206-209.