

AI赋能下的理论力学课程教学改革探索

闫高明, 梁小燕

北京交通大学土木建筑工程学院, 北京

收稿日期: 2025年5月24日; 录用日期: 2025年6月23日; 发布日期: 2025年6月30日

摘要

理论力学作为工程类专业的核心基础课程, 具有高度抽象性与推理性, 长期存在“难教、难学、难评”等教学痛点。传统教学模式难以满足新时代工科教育对学生创新能力与工程实践能力的培养需求。本文基于“新工科”建设背景, 系统分析理论力学课程的教学特点与改革必要性, 提出以人工智能(AI)技术赋能课程教学改革的新路径。通过构建“教-学-评”一体化智能教学体系, 从AI辅助教学设计、AI个性化学习、AI驱动智能评价三大核心环节入手, 开展深入探讨研究。研究表明, AI技术在提升教学效率、增强学习体验、优化评价机制方面具有显著成效, 为理论力学教学的数字化转型与高质量发展提供了新思路与新支撑, 对新时代工程人才培养具有重要意义。

关键词

理论力学, 人工智能, 智能教学体系, 个性化学习, 智能评价

Exploration of AI-Enabled Teaching Reform in Theoretical Mechanics Course

Gaoming Yan, Xiaoyan Liang

School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing

Received: May 24th, 2025; accepted: Jun. 23rd, 2025; published: Jun. 30th, 2025

Abstract

Theoretical Mechanics, as a fundamental course in engineering education, is known for its high level of abstraction and rigorous logical structure. It has long been associated with persistent challenges in instruction, learning, and assessment. Traditional pedagogical approaches often fall short in cultivating the innovation capacity and practical problem-solving skills required by contemporary engineering students. In response to the demands of the “New Engineering” education reform, this paper examines the inherent characteristics and pressing need for transformation in Theoretical

Mechanics teaching. It proposes a novel, AI-driven reform framework centered on an integrated “teaching-learning-assessment” system. This study conducts an in-depth investigation into the construction of an integrated intelligent teaching system that unifies teaching, learning, and assessment, focusing on three core dimensions: AI-assisted instructional design, AI-enabled personalized learning, and AI-driven intelligent evaluation. The application of AI technologies demonstrates significant potential in enhancing instructional effectiveness, enriching learner engagement, and establishing data-informed, adaptive evaluation models. This approach provides a forward-looking pathway for the digital transformation of Theoretical Mechanics education and offers valuable insights into the training of high-level, interdisciplinary engineering talent in the new era.

Keywords

Theoretical Mechanics, Artificial Intelligence, Intelligent Teaching System, Personalized Learning, Intelligent Assessment

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“新工科”建设是在国家战略引领、产业升级需求推动和科技迅猛发展背景下,基于“卓越工程师教育培养计划”提出的工程教育体系深度变革[1],旨在面向未来,培养具有创新精神和工程实践能力的高层次人才。随着新工科理念持续推进,社会对新型工程科技人才的需求不断上升,预计到2025年,我国该领域高素质人才缺口将达1000万人[2]。为落实新工科教育理念,工科专业需及时调整人才培养目标,修订培养标准和课程体系,推动教学内容与方法的更新[3],探索多元、灵活的人才培养模式,从而使所培养人才既契合当前产业发展需求,又具备引领未来技术变革的能力。

新工科背景下,高等教育正迎来新一轮深层次变革,传统工科教育模式面临转型升级的迫切需求。理论力学作为工科专业的重要基础课程,其教学改革已成为新工科建设的重要组成部分。近年来,很多学者针对力学课程的专业建设提出了自己的建议和思考。浙江大学赵沛等论述了对人工智能时代力学本科教学的思考[4]。北京理工大学胡海岩针对如何面向工程需求改善教学内容,如何适应时代发展更新教材,如何引导学生提升学术品位,如何帮助学生拓展学术视野提出了建议[5]。北京工业大学叶红玲构建了“1+4+N”的课堂教学体系,梳理课程知识点,将教与学相统一。并以点的合成运动为例,分析了课程高阶性建设的实施路径和策略[6]。当前“理论力学”教学内容已较为完善,如何在确保学习效果的同时提升学生解决问题的能力,仍是教学中的关键难题与挑战。将AI技术引入理论力学教学,有望打破时空限制,实现学习过程可视化、学习资源个性化推送与全过程动态监测,从而显著提升教学效率和育人质量,然而目前对于AI赋能下“理论力学”课程的教学改革应用研究还较少。教育信息化背景下,AI技术在智能教育、个性化辅导和学习分析等方面展现出巨大潜力[7]。本文围绕AI在理论力学教学中的应用,从AI辅助教学设计、AI个性化学习支持以及AI驱动的智能评价三大核心环节入手,展开系统深入的探讨与研究,旨在构建融合智能技术的高效教学新模式,提升教学质量与学生综合能力。

2. 理论力学课程特点及教学改革必要性

理论力学是工程科学(如机械工程、土木工程、航空航天工程等)中的一门核心基础学科[8][9],它为各类工程问题的建模与分析提供了坚实的理论支撑。作为研究质点、刚体以及连续体在力作用下运动规

律的基础学科, 理论力学通过建立力与运动之间的定量关系, 构建了解决实际工程问题的逻辑框架。理论力学不仅是工程技术人员理解和掌握工程力学问题的出发点, 更是连接数学工具与工程实践的桥梁, 在推动工程技术创新与复杂系统建模中发挥着不可替代的作用。

然而传统理论力学课程教学抽象内容难以呈现, 涉及大量非直观概念(如质心运动、虚功原理、加速度合成定理等), 教师很难用板书或语言清晰表达, 同时缺乏动态演示手段, 抽象推理过程学生难以跟随; 同时数学推导教学负担重, 教师需花大量时间进行公式推导和定理证明, 影响课程节奏, 推导过程复杂且环环相扣, 一旦学生中途跟不上, 很难补回来; 而且课程内容多、时长有限, 内容覆盖从质点、系统、刚体到变质量体系, 知识跨度大, 教师需在有限课时内完成大量内容, 往往导致“重讲授、轻理解”; 此外, 课程教学资源 and 案例匮乏, 缺乏与工程、现代应用紧密结合的教学案例, 内容陈旧, 多数教材例题典型但不够贴近现实, 不利于激发学生兴趣[5][10]。对于学生而言, 理论力学课程知识抽象且逻辑链长, 一个知识点往往需要建立在多个前提之上(如达朗贝尔原理→动量矩方程→拉格朗日方程), 学生容易因一点不通, 造成“连锁障碍”[11]; 同时, 该课程数学基础门槛高, 大量涉及微积分、向量、矩阵、微分方程, 学生若数学不牢固, 理解物理过程将非常吃力[12]; 此外, 课程缺乏直观理解支撑, 静态教材和板书难以形成空间感, 学生无法想象刚体如何运动、力如何分解。这导致学生学习的动机不强, 学生不容易看到理论力学与实际工程的直接关联, 容易产生“学了干嘛”的疑问, 导致被动学习。另一方面, 传统理论力学课程教学的过程性学习难以量化, 学生是否真正理解知识点, 往往只有在考试中才能反映, 平时学习状态难评估; 推导题、理论题标准答案复杂多样, 教师评分主观性强, 难以做到快速、统一、公平; 考试难度与层次不易把握, 题目太简单无法区分层次, 题目太难又导致大量失分, 不利于准确评估学生能力; 传统考试只能给出分数, 无法指出学生具体在哪个知识点或推理环节出错, 不利于后续改进学习策略。综上所述, 传统理论力学课程存在“难教”、“难学”、“难评”等问题。

随着信息技术的迅猛发展以及“新工科”建设的不断推进, 工科教育理论持续迭代, 传统教学模式已难以满足新时代高素质工程人才的培养要求。为缩小课堂教学内容与行业发展前沿之间的落差, 避免教学内容陈旧、知识结构脱节的现象, 理论力学课程改革已势在必行。将人工智能等新兴科技手段与现代教学理念深度融合, 推动教学模式创新、教学方法改进、教学内容重构与考核方式优化, 是提升教学质量、增强课程育人功能的关键路径。通过引入可视化演示、智能推导工具、个性化学习系统及多元评价体系, 不仅有助于夯实学生的力学基础, 更能够拓展其知识边界, 提升解决复杂工程问题的能力。因此, 以服务“新工科”人才培养目标为导向, 推动理论力学课程实现技术融合、方法创新与体系重构, 已成为高校工程教育高质量发展的必然选择。这一改革对培养具备宽广视野、扎实基础、创新思维与实践能力的高层次复合型工程人才具有重要意义。

3. 理论力学课程教学改革探索与思考

当前高校理论力学课程教学与用人单位对复合型人才的需求之间存在明显差距。因此, 针对理论力学课程的教学现状及新工科背景下对于培养多元化、创新型高端人才的改革需求, 亟需紧密结合课程内容和行业发展需要, 基于新工科建设及其发展方向调整课程教学设计, 提供个性化学习路径, 构建多元化评价体系。在此背景下, 理论力学课程的教学可以从以下三个方面进行改进, 如图1所示。

3.1. AI 辅助教学设计——破解“难教”

理论力学课程中包含大量抽象概念与复杂推导过程, 传统教学手段往往难以实现“讲清楚”“讲深入”, 导致教学效率低下、学生难以跟上。AI 技术的引入, 为教学设计提供了新的突破口, 能够有效破解“难教”困境, 提升教师授课能力与课堂表现力。

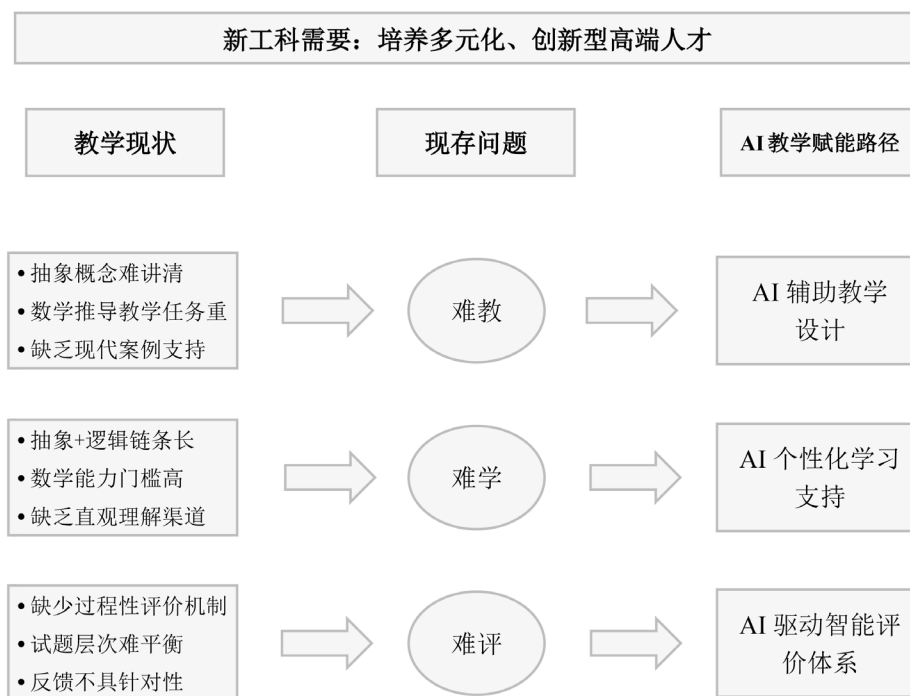


Figure 1. Technical route for teaching reform of theoretical mechanics
图 1. 理论力学课程教学改革技术路线

(1) AI 建模与可视化

利用 AI 驱动的三维建模与仿真技术, 可直观演示刚体旋转、受力平衡等关键力学现象。例如, 静力学的梁、杆、支座的受力分析问题, 使用 AI 绘图工具(如 SVG 生成器、WebGL、Unity), 生成可旋转、交互结构图。通过动态展示物体在不同力系下的运动状态, 帮助学生构建空间感知和物理直觉, 显著提高课堂理解效率。例如, 配合 WebGL、MATLAB 仿真平台, 教师可实时调整力矩方向或初始速度, 直观展示运动响应过程。

(2) 智能公式推导器

引入 AI 公式推导工具(如基于符号计算的演算引擎), 辅助教师自动生成力学定理、运动方程、平衡条件等公式的多步推导过程。每一步均可附带文字解释、图形辅助与关键注意事项, 方便学生边学边看, 降低理解门槛, 提高教师在有限课堂时间内的讲授深度与条理性。

(3) AI 内容生成与拓展

借助大语言模型与知识图谱技术, 教师可以快速生成工程背景下的案例题库, 如桥梁结构分析、航天器姿态控制、机械系统动力学建模等题目, 并配套生成图示、分析步骤与模拟动画。同时, AI 还可自动设计虚拟仿真实验项目, 如多自由度系统响应仿真、非惯性系分析等, 丰富教学资源体系, 增强教学的开放性与趣味性。

通过上述 AI 工具的集成应用, 理论力学教学设计将从“线性知识传授”转向“多维知识建构”, 帮助教师更清晰地讲难点、更高效地讲重点、更直观地讲抽象内容, 为后续“破解难学”“破解难评”提供基础支撑。

3.2. AI 个性化学习支持——缓解“难学”

理论力学抽象性强、逻辑链条长、数学推导密集, 学生普遍反映“难学”“跟不上”“容易忘”, 尤

其在大班教学中个体差异难以兼顾。AI 技术的引入,为解决“千人一面”教学模式提供了解决方案,能实现差异化分析、个性化推荐、智能化答疑,真正做到因材施教,提升学习效率与学习体验。

(1) 知识图谱与路径规划

基于理论力学的核心知识结构,构建全课程的知识图谱,将关键概念(如平衡条件、运动方程、动能定理等)及其相互依赖关系清晰展示。AI 系统根据学生在题目作答、在线行为、学习时长等维度的表现,实时识别其知识掌握情况与薄弱环节,并据此动态规划最优学习路径。例如,当学生在“质点运动”知识点表现不佳,系统会推荐基础复习材料、典型例题及动画解析,并规划后续学习顺序,形成“知识闭环”。

(2) AI 智能答疑系统

借助类 DeepSeek 的智能问答机器人,学生在学习中遇到概念疑问、推导卡顿或题目困难时,可以随时进行自然语言提问,获得贴合上下文、图文结合的解析与指导。系统支持多轮交互、公式演示、图像解析等形式,打破时间与空间限制,提升学习的主动性与连续性。部分平台还具备“错因分析”功能,帮助学生认识思维漏洞,实现深度改错。

(3) 交互式仿真练习平台

引入 AI 驱动的力学仿真平台与“沙盒式”操作环境,学生可通过调整参数(如力的大小、方向、质量分布等)模拟物体运动,实时观察系统响应并与理论计算对比,从而增强物理直觉与建模能力。通过 AI 自动判题与反馈,系统可评估学生在操作中体现出的思维过程,给予过程性引导。例如,在刚体转动的练习中,学生可以通过模拟“偏心旋转”实验,观察力矩随偏心距离变化的趋势,从而更直观地理解转动定律及其适用前提,深化对理论知识的掌握。

通过 AI 技术对学习过程的全面感知与智能干预,理论力学教学可从“教师统一推进”转向“学生自适应前行”,真正做到精确诊断-个性推荐-反馈优化,显著缓解“难学”问题,为学生提供更加高效、有趣、自主的学习体验。

3.3. AI 驱动智能评价体系——突破“难评”

理论力学教学长期存在评价手段单一、反馈滞后、评价结果无法指导学习等问题,尤其在大班环境中,教师难以对每位学生的学习过程进行精准、全面评估。AI 赋能下的智能评价体系,为构建全过程、多维度、个性化的评价提供了技术路径,助力实现“教-学-评”一体化协同。

(1) 学习数据追踪与诊断分析

依托智慧教学平台,系统实时采集学生的学习行为数据,如视频观看时长、答题频率、作业提交情况、仿真实验操作路径等,通过 AI 算法进行综合分析,自动识别学生的学习瓶颈与易错知识点。

例如,当系统检测到学生在“虚功原理”相关题型中出现高频错误时,将自动推送相应的强化练习资源。同时,系统会生成“个性化学习画像”以及“学习进展雷达图”,帮助教师全面掌握学生在该知识点上的掌握程度,提供有针对性的教学干预支持。

(2) AI 自动评分系统

结合自然语言处理(NLP)、图像识别和符号计算技术,AI 系统可对主观题、图示题、计算题等多类型题目实现智能批改与即时反馈。对书写解答或手绘图形题,系统通过 OCR 识别并与标准答案进行语义比对,对推导类题目,系统识别逻辑链条的正确性,而非仅依赖最终答案,学生可立即获得批改结果与错因分析,实现“即时反馈-即时改进”的学习闭环。

(3) 形成性与个性化评价机制

智能评价体系将评价融入学习全过程,不再以期末考试“一锤定音”为唯一标准。形成性评价贯穿

课前、课中、课后,如在线测验、课堂互动、项目作业、仿真实验等多元任务均纳入评估,系统依据每位学生的任务完成情况、学习轨迹、能力发展水平,动态生成学习成长报告,并可定期推送“阶段性学习建议”,结合 AI 分析结果,教师可实施分层化教学策略,对学业预警学生给予及时辅导,对能力拔尖者提供拓展任务,提升教学公平性与实效性。

通过 AI 的深度介入,理论力学教学评价从“结果导向”转向“过程导向”,从“统一尺度”转向“因人而异”,构建起科学、智能、可视化的学习评价生态,有效推动学生“学得更准、学得更深、学得更主动”。

4. 结语

理论力学作为工程类专业的重要基础课程,其教学改革既是挑战,更是机遇。面对“难教、难学、难评”的现实困境,人工智能技术的引入为课程转型提供了新的路径与动力。从教学设计的智能优化,到学习过程的个性化支持,再到评价体系的科学升级,AI 正在深度重塑理论力学课程的教学模式、学习方式与评价机制。

通过构建“教-学-评”一体化的智能教学体系,不仅能够提升教学效率和学生学习效果,更能推动教师角色从知识传授者向学习引导者转变,实现真正意义上的“以学为中心”。未来,随着 AI 技术不断发展,理论力学教学将更加智能化、精准化、人本化,为培养新时代高水平工程人才夯实基础。

基金项目

北京交通大学校级教研项目(LX20240188)。

参考文献

- [1] 林健. 引领高等教育改革的新工科建设[J]. 中国高等教育, 2017(Z2): 40-43.
- [2] 夏建国, 赵军. 新工科建设背景下地方高校工程教育改革发展刍议[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 15-19.
- [3] 张莉, 杨建伟, 邬娜. 新工科背景下控制工程基础课程教学改革探索[J]. 教育进展, 2024, 14(5): 957-962.
- [4] 赵沛, 杨卫. AI 时代的力学教学[J]. 力学与实践, 2025, 47(1): 9-14.
- [5] 胡海岩. 对理论力学课程改革的期盼[J]. 力学与实践, 2022, 44(4): 914-917.
- [6] 叶红玲, 杨庆生, 刘赵淼, 李晓阳. 理论力学课程教学高阶性建设的探索与实践[J]. 力学与实践, 2020, 42(4): 489-494.
- [7] 龚炜博. 以 AI 技术在教育领域的应用浅析人工智能对未来教育的影响[J]. 中国战略新兴产业, 2018(8): 51-53.
- [8] 李俊峰. 力学“101 计划”中理论力学课程设计[J]. 力学与实践, 2025, 47(2): 265-272.
- [9] 田勇, 缪玉松, 孟凡震, 张兆军. 高校理工科专业理论力学课程思政建设探索[J]. 高教学刊, 2025, 11(3): 193-196.
- [10] 陈恩惠, 税国双. 新工科背景下“理论力学”课程改革的探索与实践[J]. 教育教学论坛, 2024(28): 108-112.
- [11] 沙丽荣, 高振国, 王秀丽. 混合教学模式下理论力学一流课程建设与实践[J]. 高教学刊, 2023, 9(1): 38-41.
- [12] 张颖, 冯桑, 刘延伟, 胡红斐. 面向车辆工程的基于 OBE-CDIO 融合理念的理论力学教学改革探索[J]. 时代汽车, 2025(7): 74-76.