

面向产业需求的理论力学数智化教学创新实践

柏晓东, 李孝宝*, 程长征, 胡宗军, 浦玉学, 王宝珍

合肥工业大学, 安徽 合肥 230006

DOI: 10.61369/SDME.2026070017

摘 要 : 新工科建设背景下, 工科基础课程《理论力学》面临理论抽象性与工程实践性认知失衡、教学手段单一、课时压缩与产业需求错位等困境。本文以“产业牵引、数智赋能”为核心理念, 系统剖析课程在教学理念、内容、模式及评价体系四个维度的痛点, 提出以人工智能、虚拟现实、数字孪生等数智技术为驱动力的教学创新路径。研究表明, 通过构建“基础夯实—交叉融合—产业赋能”三阶能力培养框架、开发“虚实融通”的跨学科教学资源、重塑“理论—实验—案例”三位一体教学模式、构建“三维浸润”课程思政育人体系以及建立“力学交叉、案例驱动”的全过程评价机制, 可有效破解课程教学的结构性矛盾。改革实践显著提升了学生的工程实践能力与创新意识, 课程获多项省级荣誉, 为工科基础课程高质量发展提供了可借鉴范式。

关 键 词 : 理论力学; 教学创新; 数智赋能; 产教融合; 课程思政; 评价体系

Research on Teaching Innovation and Practice of Theoretical Mechanics Course Driven by Industry and Empowered by Digital Intelligence

Bai Xiaodong, Li Xiaobao*, Cheng Changzheng, Hu Zongjun, Pu Yuxue, Wang Baozhen

Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230006

Abstract : Under the background of emerging engineering education, the fundamental course Theoretical Mechanics faces dilemmas such as cognitive imbalance between theoretical abstraction and engineering practice, singularity of teaching tools, and misalignment between compressed class hours and industrial demands. Taking "industry traction and digital empowerment" as the core concept, this paper systematically analyzes the pain points across four dimensions: teaching philosophy, content, mode, and evaluation system, and proposes innovative pathways driven by digital intelligence technologies including AI, VR, and digital twins. The research demonstrates that constructing a three-tier competency framework of "foundation consolidation—interdisciplinary integration—industry empowerment", developing integrated virtual-real interdisciplinary teaching resources, reshaping a "theory-experiment-case study" teaching model, establishing a "three-dimensional immersion" ideological and political education system, and building a whole-process evaluation mechanism can effectively resolve structural contradictions in course teaching. The reform practice has significantly enhanced students' engineering practice ability and innovative consciousness, and the course has received multiple provincial recognitions, providing a replicable paradigm for high-quality development of fundamental engineering courses.

Keywords : Theoretical Mechanics; teaching innovation; digital empowerment; industry-education integration; curriculum ideological and political education; evaluation system

引言

党的二十大报告明确提出“推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”的战略部署, 为工科教育改革指明了方向。作为工科专业首门专业基础课, 《理论力学》研究宏观物体机械运动的基本规律, 在公共基础课与专业课程间发挥承上启下的枢纽作用。课程涵盖静力学、运动学和动力学三大模块, 为多系统动力学、结构力学等后续课程奠定理论基础^[1]。

项目信息:

项目类型: 2024年安徽省教育质量工程项目—“六卓越一拔尖”项目, 级别或等级: 省级, 项目名称: 交叉学科驱动的高校力学拔尖人才培养模式创新与实践, 所属单位: 合肥工业大学土木与水利工程学院, 项目负责人: 柏晓东, 项目编号: 2024zybj001

项目类型: 2024年度安徽省新时代育人质量工程项目—研究生教育教学改革研究, 级别或等级: 省级, 项目名称: 数智时代多场耦合力学方向研究生培养与实践, 所属单位: 合肥工业大学土木与水利工程学院, 项目负责人: 李孝宝, 项目编号: 2024jyxggyjY052

通讯作者: 李孝宝 xiaobao1@hfut.edu.cn

然而，新工科建设与产业数智化转型的加速，使理论力学教学面临严峻挑战。一方面，课程以理想化模型和数学公理为起点的演绎体系，导致理论抽象与工程应用脱节——学生对物理意义的感知弱化，虽能求解标准化习题，却难以迁移至真实工程场景^[2]。另一方面，人工智能、数字孪生等数智技术正重塑工程教育逻辑，课程的教学手段、资源形态和评价方式亟待系统性更新^[3]。本文以“产业牵引、数智赋能”为核心理念，系统分析课程教学中的结构性矛盾，从理念、内容、模式、评价四个维度探索数智驱动的教学创新路径，以期为工科基础课程高质量发展提供理论与实践参考。

一、理论力学课程教学痛点剖析

（一）教学理念层面：理论抽象性与工程实践性的认知失衡

理论力学以理想化模型和数学公理为起点，通过符号逻辑推演揭示运动规律。这种严密体系虽能导出静力学平衡、刚体运动等普适定理，却衍生双重困境：学生对物理意义感知弱化，面对复杂符号易产生畏难心理；教学内容固守经典框架，未有效关联新能源装备、智能机器人等前沿问题，导致学生虽能解题，却难以理解多体系统运动控制的关键工程逻辑^[4]。理论推导的抽象性与应用场景缺失叠加，加剧了知识内化的表层化倾向。

（二）教学内容层面：工具链单一化与产业资源整合薄弱

尽管部分高校已初步构建“理论—实验—仿真”框架，但技术工具迭代滞后于交叉学科发展需求。机构动力学教学中，动态过程可视化方式单一，难以激发学生对智能装备能量传递效率优化等创新场景的探索兴趣。线上慕课资源偏重知识单向输出，缺乏“基础原理—交叉技术—产业应用”的进阶路径，线上线下资源呈碎片化特征。同时，面向航空航天、新能源等国家重大工程的教学案例稀缺，产业痛点与课程内容的衔接机制尚未有效建立^[5]。

（三）教学模式层面：课时压缩与产业需求的双重挤压

在非力学专业课时普遍压缩的背景下，教学重心被迫向理论推导倾斜。以56学时为例，教师仅能勉强完成静力学、运动学、动力学等基础内容的讲解，难以嵌入新能源装备动力学分析、工业机器人轨迹规划等产业前沿内容，更无法系统开展国家重大工程案例教学。理论讲授与产业实践的割裂，使学生虽掌握力学工具，却缺乏面向真实工程问题的系统思维训练，加剧了人才培养与产业升级需求间的适配鸿沟。

（四）价值引领层面：学科使命与产业赋能理念缺口

课程思政建设存在“表层化”问题，虽引入科学家精神案例，但未将思政元素与力学学科在产业赋能中的战略价值深度融合。教学中鲜少结合国家重大工程需求揭示力学原理在核心技术突破中的作用；缺乏对智能装备、绿色能源等产业赋能领域价值观的引导，导致学生对力学理论的社会责任认知模糊，难以形成服务产业高质量发展的使命担当意识。

二、数智赋能理论力学课程教学创新的路径设计

（一）理念重塑：构建“交叉驱动—能力进阶”一体化培养框架

针对理论抽象与工程实践脱节的核心矛盾，课程团队以“产

业牵引、能力进阶”为导向，构建“基础夯实—交叉融合—产业赋能”三阶能力培养框架。

基础夯实阶段：以OBE理念为依据，逆向构建成果导向目标。运用PBL教学法设置经典力学案例，整合线上线下资源，使学生系统掌握力学基本原理与实验技能。

交叉融合阶段：引入AI、VR等技术，开发“多学科交叉力学案例库”，设计“智能装备力学分析”专题。通过与控制理论、材料科学等多学科团队合作，将前沿交叉内容融入教学，提升学生解决复杂工程问题的能力。

产业赋能阶段：以产业需求为导向，挖掘航空航天、新能源等国家重大工程中的力学问题，设计“产业力学仿真实践”活动。深化课程思政，关联力学原理与产业技术痛点，与行业龙头共建案例库，培养学生服务产业高质量发展的使命担当^[6]。

（二）内容重构：开发“虚实融通”的跨学科教学资源体系

课程团队构建“线下教材+慕课平台+工程案例库”三位一体的教学资源体系。

线下资源：出版主教材及配套习题解答，设计“活页式”分层习题册；研制多媒体交互软件，将抽象力学概念转化为可视化动态演示。

线上资源：依托慕课平台上线全流程教学视频，开发智慧题库，实现知识点智能推送与学习效果实时反馈，支撑混合式学习。

工程案例库（核心）：深度融合产业技术痛点与数智化工具。结合国家重大工程，开发“空间站机械臂多体动力学仿真”“风电叶片流固耦合分析”等案例，通过三维动画与AI驱动的数字孪生平台解析力学原理在复杂系统中的应用逻辑；针对区域产业需求，设计“电机振动模态分析与主动控制”“工业机器人轨迹规划算法优化”等实战项目，引入企业真实工况数据与仿真模型。

（三）模式再造：重塑“理论—实验—案例”三位一体教学模式

构建“理论精讲—实验验证—案例实战”递进式教学闭环，强化力学知识向产业价值的转化。

理论教学：聚焦抽象概念直观化解构，依托数智化工具实现动态可视化。通过机械臂关节运动轨迹动画解析动量矩定理，利用旋风分离器颗粒运动仿真揭示科氏加速度的矢量叠加过程。

实验环节：强化“自主探究+工程实测”能力^[7]。引入多自由度宽频振动台、三自由度机械臂实验平台等设备，学生可开展新能源汽车电机振动特性测试，模拟不同工况下的激励频率，采集数据验证隔振理论；在机械臂轨迹规划实验中，通过跟踪仪实测运动轨迹并与仿真结果对比，分析关节间隙、驱动延迟对定位

精度的影响，形成“理论计算→实验验证→误差溯源”的完整训练链条^{[8],[9]}。

案例实战：对接产业痛点，开发“工业机器人精度优化”“汽车悬架异响诊断”等典型工程案例。以某型码垛机器人末端抖动问题为例，学生需结合动力学方程计算惯性力分布，利用宽频振动台测试不同控制参数下的稳定性，提出基于动力学补偿的优化方案并验证。通过闭环训练，学生将力学原理应用于解决智能装备、新能源等领域的实际问题，显著提升产业场景下的力学综合素养。

（四）思政融入：构建“三维浸润”课程思政育人体系

从哲学思维筑基、工程使命引领、人文情怀浸润三个层面系统推进课程思政。

哲学思维筑基：挖掘力学理论蕴含的辩证唯物主义方法论。在静力学平衡分析中，通过悬索桥索力分布案例阐释“矛盾对立统一”规律；讲解达朗贝尔原理时，结合航天器轨道控制问题，揭示“化动为静”的辩证思维。

工程使命引领：将国家重大工程转化为育人案例。解析FAST天眼索网结构优化中的拓朴力学原理，展现中国科学家攻坚克难的创新精神；开发“国之重器中的力学密码”VR教学模块，学生可沉浸式体验长征火箭姿态控制、C919机翼颤振抑制等场景，激发工业报国使命感。

人文情怀浸润：溯源传统文化中的力学智慧。在运动学教学中，剖析应县木构建筑“斗拱减震”机理，展现古人“道法自然”的营造智慧；结合赵州桥拱结构力学分析，阐释“天人合一”哲学理念的现代工程价值^[10]。

（五）评价革新：建立“力学交叉、案例驱动”的全过程评价机制

以交叉力学为着力点，以工程案例为纽带，重构能力导向的多元化评价机制。

基础能力层面：期末考试设置“案例分析题”，要求学生完成典型工程问题的力学建模与仿真分析；实验报告升级为“工程案例解析报告”；课堂测试融入开放性任务，考查知识迁移能力。

案例实践层面：升级“案例仿真与优化”模块，学生需完成运动学仿真并撰写包含误差分析与改进建议的报告，优秀成果可置换部分平时成绩。设置“企业命题挑战赛”，引入汽车电机振动抑制、液压顶升系统载荷分析等真实课题，引导学生团队进行

力学建模与方案优化。

创新拓展层面：设置开放性实践任务，鼓励学生自主分析实际工程问题中的力学原理，优秀成果推荐参加相关竞赛。学科竞赛深度反哺教学改革，学生团队综合运用多体系统仿真、智能算法等技术，形成“力学+AI”“力学+材料”的解决方案，实现交叉学科协作与产教融合能力的全面提升。

三、改革成效与推广应用

教学创新改革实施以来，课程团队取得丰硕成果。课程建设方面，先后获批省级重点建设课程、精品课程、精品资源共享课及省级线上课程，教学软件在全国多所高校推广应用。师资建设方面，团队成员在教学竞赛中屡获殊荣。通过“老带新”导师制培养机制，形成了“骨干引领—梯队协同”的可持续发展格局。

实践表明，“产业牵引、数智赋能”的教学创新有效破解了传统力学课程中学生参与度低、理解难度大等教学痛点，显著提升了课堂活跃度和学习效果，强化了基础课程在产业高质量发展中的赋能作用。

四、结语

在新工科建设与产业数智化转型的双重驱动下，理论力学课程教学改革势在必行。本文从教学理念、内容、模式和评价四个维度系统阐述了数智赋能理论力学教学创新的路径设计。研究表明，“产业牵引、数智赋能”是破解课程教学结构性矛盾的有效范式：通过构建三阶能力培养框架，实现从知识积累到创新实践的系统性跨越；通过开发虚实融通的教学资源，打通基础原理与产业应用的衔接通道；通过重塑三位一体教学模式，完成从“公式推导”到“问题解决”的能力转化；通过构建三维浸润思政体系，实现从“知识传授”到“价值引领”的育人升级；通过建立数据驱动的全过程评价机制，激发学生的创新动力与发展潜能。数智技术不仅为传统工科课程注入了新的教学活力，更为培养适应产业高质量发展需求的复合型力学人才开辟了新的可能。理论力学课程的教学创新实践，对工科基础课程的改革具有普遍的参考价值和推广意义。

参考文献

[1] 郝颖,余为,李哲.理论力学研究导向型教学方法探索与实践[J].力学与实践,2023,45(05):1160-1166.
[2] 李英杰,左建平,刘杰,等.面向工程力学专业的基础课高阶性目标探索[J].教育教学论坛,2022(23):73-76.
[3] 陆佩佩,汪洪峰,蒲家飞,等.新工科背景下理论力学课程教改的探索[J].黄山学院学报,2025,27(02):120-123.
[4] 刘召,胡树山,刘荣娥,等.地方应用型本科理论力学课程改革与实践[J].现代商贸工业,2025(20):249-251.
[5] 张茜茜,王立岩,张慧川,等.新工科人才核心素养的价值体系探讨[J].中国高校科技,2022(8):17-21.
[6] 闫松显,陶雪,郭继元,等."四新"学科建设背景下"5+3"产教融合协同育人模式实践探索[J].科教导刊,2022(3):8-10.
[7] 彭宇,余世策,钱匡亮.自主探究性实验课程的教学模式探讨[J].实验室研究与探索,2024,42(2):169-174.
[8] 樊久铭,刘彦菊,刘伟,等.新工科背景下力学实验教学改革与实践[J].西南交通大学学报(社会科学版),2023,24(A2):134-138.
[9] 伍灿,王秋生.工程力学实验教学新模式探讨[J].实验室科学,2022,25(2):145-148.
[10] 艾心炎,潘美萍,张健超.新工科背景下土木类专业"理论力学"课程综合改革研究[J].黑龙江教育(理论与实践),2025(09):43-47.