

新工科和人工智能背景下力学创新型实验课程构建与实践

聂书严^{1*}, 陈立明¹, 杜冰^{1,2}, 付涛¹

¹重庆大学航空航天学院, 重庆

²重庆科技大学材料与新能源学院, 重庆

收稿日期: 2026年9月7日; 录用日期: 2026年10月8日; 发布日期: 2026年10月15日

摘要

在新工科与数字化双重驱动下, 传统力学实验教学面临体系滞后、模式僵化等困境。本文立足“科教融合、产教融合、数智赋能”理念, 构建了以智能装备类项目为载体的力学创新实验课程体系。该体系基于“5M-5C”培养框架, 融合多学科知识及有限元仿真、AI编程等数字工具, 覆盖从方案设计到迭代优化的完整工程链条, 并采用“项目驱动学习兴趣、AI赋能学习方法、翻转课堂创建学习模式”混合教学模式。三年教学实践表明, 该体系在夯实学生力学理论基础、提升数字素养与创新能力方面显示出一定潜力, 为其他高校力学实验教学改革提供了一套探索性实践路径, 但相关结论普适性仍有待更多院校进一步检验。

关键词

新工科, 数智赋能, 力学实验教学, 项目驱动, 创新人才培养

Construction and Practice of Innovative Mechanics Experiment Courses under the Background of Emerging Engineering Education and Artificial Intelligence

Shuyan Nie^{1*}, Liming Chen¹, Bing Du^{1,2}, Tao Fu¹

¹College of Aerospace Engineering, Chongqing University, Chongqing

²College of Materials and New Energy, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: September 7, 2026; accepted: October 8, 2026; published: October 15, 2026

*第一作者。

文章引用: 聂书严, 陈立明, 杜冰, 付涛. 新工科和人工智能背景下力学创新型实验课程构建与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(10): 585-591. DOI: 10.12677/ae.2026.16102147

Abstract

Driven by the dual forces of Emerging Engineering Education and digital transformation, traditional mechanics experiment teaching faces challenges such as outdated systems and rigid teaching modes. Grounded in the principles of “integration of science and education, integration of industry and education, and digital-intelligent empowerment”, this paper constructs an innovative mechanics experiment curriculum system featuring intelligent equipment-oriented projects. Based on the “5M-5C” training framework, the system integrates multidisciplinary knowledge with digital tools including finite element simulation and AI programming, covering the complete engineering chain from scheme design to iterative optimization. It adopts a blended teaching model characterized by “project-driven learning interest, AI-empowered learning methods, and flipped classroom to create learning modes”. Three years of teaching practice indicate that this system demonstrates certain potential in consolidating students’ theoretical foundations in mechanics, enhancing their digital literacy, and fostering innovation capabilities, providing an exploratory practical pathway for the reform of mechanics experiment teaching in other universities; however, the generalizability of the relevant conclusions remains to be further verified across multiple institutions.

Keywords

Emerging Engineering Education, Digital-Intelligent Empowerment, Mechanics Experiment Teaching, Project-Driven, Innovative Talent Cultivation

Copyright © 2026 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

2026年4月,教育部联合五部门下发《“人工智能+教育”行动计划》[1]。文件指出要推动人工智能成为高校公共基础课,优化传统学科专业人才培养方案,指导高校开设人工智能交叉融合课程,丰富跨学科、跨专业课程群,培养复合型交叉人才。同时,2025年4月下发的《教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见》[2]指出,要在教育中加强人工智能等前瞻布局,推动课程、教材、教学数字化变革,完善知识图谱,构建能力图谱,深化教育大模型应用,推动课程体系、教材体系、教学体系智能化升级,将人工智能技术融入教育教学全要素全过程,推动科技教育和人文教育融合。力学是机械、土木、航空航天、车辆等工科专业的核心基础课程,完备的理论体系是工科工程设计、技术研发、装备创新的核心支撑,在新工科人才培养体系中占据基础性、关键性地位。因此,更应该对力学教学进行数字赋能,智能化升级。

然后,传统力学教学长期存在两大核心痛点:一是课程理论抽象、公式推导繁琐,缺乏前沿工程场景与数智技术载体支撑,学生学习主动性不足、畏难情绪突出;二是理论教学与现代工程实践、数字化技术脱节,传统实验体系滞后于产业数智化转型节奏,难以适配新时代创新型工科人才培养目标[3][4]。但是,在AI迅猛发展,智能制造、高端装备、新能源工程等国家战略性新兴产业快速迭代的当下,社会对工科人才的实践动手能力、复杂工程问题解决能力、跨学科融合能力提出了全新要求[5]-[7]。因此,对力学实验教学进行课程改革不仅是教学需要、政策需要,同时也是经济需要。

随着教育部新工科建设、一流课程建设、产教融合深化改革等政策落地,数智赋能、科教融合、产

教协同已成为高校实验教学改革的核心方向。力学实验作为衔接力学理论与工程应用、融合传统工科与数字技术的关键载体,亟需打破传统教学壁垒。基于此,本文立足新工科育人要求与 AI 数字化发展趋势,重构创新型力学实验课程体系,将传统力学知识、工程实践、有限元仿真、人工智能分析深度融合,实现理论教学、实践训练、创新研发、数智赋能的一体化育人,可为同类型高校开展基础力学实验教学改革提供一份单校实践参考案例[8][9]。

2. 力学实验教学核心问题

在新工科和人工智能背景下,拔尖创新工程人才的培养依旧面临诸多问题。传统力学教学认为实验服务于理论。“重理论、轻实践”是传统力学教学的核心观念。随着实践教学的发展,力学教学已逐步克服这种根深蒂固的观念。然而,随着人工智能的发展,资源唾手可得,知识存储和经验类人才将会逐渐被时代淘汰。在教学模式、教学理念和教学内容上仍延续以往的教学理念,必然会制约拔尖创新人才的培养。

问题一:教学理念滞后,数智教育意识不足。传统力学教学中根深蒂固的“理论为主、实验为辅”的旧有观念尚未完全消除。以重庆大学工程力学专业为例,2021 年开展力学课程为 10 门。10 门力学课程中,理论为 418 学时,实验为 84 学时,占比为 16.7%,实验学时数占比不足 20%。可以看出,力学实验仍被视为理论课程的辅助附属,导致实验课时不足、资源投入不够、考核权重偏低。在教育理念上,力学教学未与时俱进,仍然将力学实验教学作为辅助,现代教育技术融合甚少,导致对学生数字工程素养和创新创业研发能力的培养重视不足,与新工科培养德智体美劳全面发展的创新型复合人才的目标相脱节。

问题二:实验内容同质化,缺乏前沿性与综合性。2015 年,重庆大学《材料力学》《理论力学》均开设了 4 个实验教学项目,包含材料的拉、压、弯、扭、简支梁振动、转子动平衡矫正等。到 2021 年,《材料力学》《理论力学》开设实验项目均未进行变更。这正是当今力学实验教学面临的问题:实验内容同质化,缺乏前沿性与综合性。现有力学实验体系均以验证性和基础性实验为主,学生单纯对课本知识复现,旨在加深对课本知识的理解。但是,这远远没有达到力学实践教学的目的。力学实验教学改革需进一步结合当今学科新型的技术手段,挖掘前沿工程场景、数智技术及交叉学科知识相结合的综合型、设计型和探究型实验项目。

问题三:教学模式僵化单调,削弱了学生的主体创新地位。目前,《材料力学》《理论力学》等课程的实验教学模式均为典型的“教师讲授 + 流程演示 + 学生重复操作”的被动式教学框架,课堂互动和探究式学习极少。学生仅按预设流程进行标准化操作,无需自主方案设计、数据分析或迭代优化。独立思考和创新实践的余地很小。学生自主探索和创新研究的积极性无法被激发,其创新思维和工程迭代能力未能得到培养。

“验证力学理论、训练力学思维、培养力学能力”是力学实验教学对力学拔尖人才培养的重要贡献。但是人工智能时代性下,力学实验教学对人才培养的贡献需进一步拔高,以适应新工科建设发展、数智教育改革和产业创新的需求。

3. AI 赋能下力学创新实验项目体系设计

基于“5M-5C”培的培养目标和力学课程改革定位(见图 1),实验教学要结合数学(Mathematics)、力学(Mechanics)、多学科交叉(Multidisciplinary)、动手操作(Manipulative)、建模分析(Model)五大知识维度,聚焦培养学生创新能力(Creativity)、交流沟通能力(Communication)、终身学习能力(Continuous Learning Ability)、合作能力(Collaboration)、批判性思维(Critical Thinking)五大核心素能力。明确课程改革的育人导

向，契合新工科背景下复合型创新人才的培养要求。

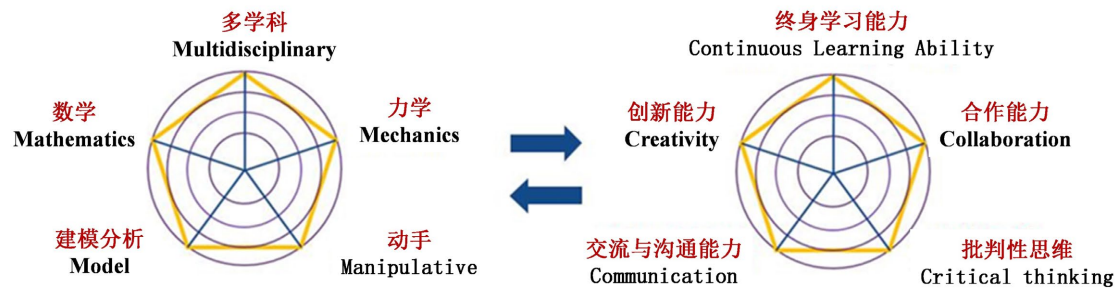


Figure 1. Training objectives and reform positioning
图 1. 培养目标和改革定位

将特色思政元素贯穿力学实验教学全程。力学实验教学必须紧密围绕新工科“科教融合、产教融合、数智赋能”的核心导向。结合数值模拟、数据分析和 AI 编程等技术，借鉴国内高校力学实验教学的先进改革实践，打破单一课程壁垒和传统实验局限。以生活实际、工程实例、科学前沿、科学历史、大国重器等思政元素为载体(见图 2)，融合多学科力学知识与数字化技术，设计综合性、设计型、研究型、数智化创新实验项目。采用项目驱动式教学模式，引导学生在实验中体悟力学思想和力学之美(对称之美、平衡之美、协调之美、相似之美、对立之美)，鼓励学生综合运用多门力学课程知识，借助数字化工具进行创新设计与优化，全面提升其综合工程能力和创新素养。

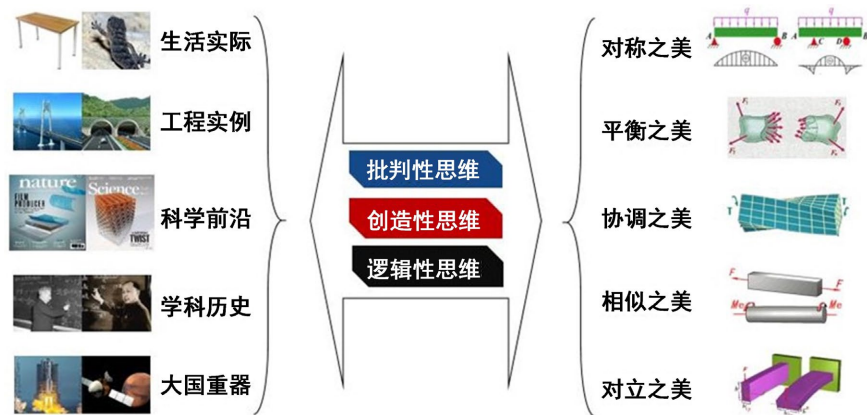


Figure 2. Logical diagram of ideological and political elements in mechanics
图 2. 力学思政元素逻辑图

结合 AI 文献统计、有限元仿真、数据分析、AI 编程等工具，加入新型技术手段、开发创新性的实验教学项目。低年级创新性实验项目融入理论力学、材料力学，以趣味性试题、生活常见现象、简易工程问题为索引，嵌入 AI 文献查找、数据分析、AI 编程等。高年级创新性实验项目融入复杂工程问题、大国重器，嵌入有限元仿真、数字建模、数据分析、AI 编程等工具，全面覆盖方案设计、理论建模、仿真优化、实物制作、迭代测试和创新改进的完整工程链条。基于创新性实验教学项目构建创新性力学实验教学体系，赋予学生充分的创新探究空间，实现专业基础能力、数字素养和创新能力的梯次递进培养。

4. 力学创新型实验课程构建实施体系

围绕上述力学创新实验项目体系和“5M-5C”人才培养目标，构建了“项目驱动学习兴趣、AI 赋能

学习方法、翻转课堂创建学习模式、以赛促教促性学习能力”相结合的实验实施路径。基于教学体系，新开设了《力学实验设计与操作》《力学综合性实验》《电测技术》《实验流体力学》等一系列纯实验课程。课程内，开发了大豆称重、谁的小车跑得最远、金属弹性模量趣味测定等低年级趣味创新实验；排球发球机的研制、万能试验机研发、电子秤设计与开发、桥梁设计与建造等高年级实验项目。这些课程的教学过程均分为方案设计、理论建模、仿真优化、实物组装与测试、创新迭代五个完整阶段。以 3~4 名学生为一组，以翻转课堂和以赛促教的形式开展协作式探讨。课前安排完成力学理论知识自学，通过 AI 文献总结，辅助制定方案；课堂时间开展 PPT 答辩、方案讨论、组间辩论，最终确定方案；课后通过 AI 编程、有限元强度校核制作实物。最终，多组竞赛，对实物进行加载或功能比拼，根据比赛排名确定最终成绩。整个教学过程中嵌入了 AI 辅助文献检索与归纳、有限元强度校核、AI 辅助数据采集与分析编程。将五个知识维度(5M)贯穿项目全过程，在实践过程中同步锻炼学生五大核心素养(5C)。

在课程教学过程中，通过 ChatGPT、Gemini、Kim、讯飞星火、GLM 等大模型汇总领域文献，辅助总结和归纳，分析现有可行方案并择优选取。通过 Abaqus standard/explicit 对构件进行建模，通过仿真计算进行强度仿真，随后通过软件优化模块对结构进行拓扑优化。当仿真结果满足设计要求后，通过 CNC 加工、激光切割、3D 打印等手段制作并装配实物。部分实物安装力传感器、加速度计、应变片、陀螺仪等传感器。通过 AI 辅助编写上位机 VC++ 程序，实现对下位机(采集卡/模数转换卡)的控制和数据的实时采集。将理论值、仿真值与实测结果进行对比，分析误差来源，对实物原型进行持续迭代改进，最终完成综合性实验报告。力学实验教学过程将课程转变为完整的工业机械的开发流程，充分体现了综合型、设计型和研究型实验的教学要求，有效克服了传统力学实验教学中创新训练不足、数字化水平低和育人效果不佳等现实弊端。

以电子秤设计与开发教学项目为例，“电子秤设计与开发”为面向高年级的综合性创新实验项目，以电阻应变式电子秤完整开发为载体，对标“5M-5C”培养框架开展教学。项目融合等强度梁弯曲力学理论、应变电测原理、有限元仿真、传感器技术与 AI 数据处理，覆盖方案设计、理论建模、仿真优化、实物加工装配、标定测试与迭代改进完整工程链条。在知识层面兼顾数学计算、力学分析、多学科交叉、动手实操与建模分析五大维度；能力层面同步训练学生创新设计、沟通协作、批判性思维、终身学习与团队合作素养。教学采用小组协作、翻转课堂开题答辩、以赛促学的模式，设置 8 周教学周期。学生借助大模型开展文献梳理；通过 CNC 加工、转床等完成等强度梁弹性体加工；利用 Abaqus 完成重物在托盘不同点位对测量结果影响的分析；动手粘贴应变片，并组成全桥，建立质量与应变关系，并计算标定系数；通过采集模块，单片机搭建显示模块，AI 辅助单片机 C 语言代码编写，实现质量显示。本项目采用多维度量规开展过程性评价，考核涵盖方案建模、仿真工具应用、实物制作、误差迭代分析、答辩报告与团队协作。学生最终产出力学计算文档、仿真结果、加工图纸、电子秤实物、标定数据集、采集和显示程序以及综合实验报告。实践中也明确 AI 仅作为辅助工具，力学公式推导、仿真参数设定、实验结果研判必须由学生独立完成，避免对生成式工具过度依赖。优秀学生成果可进一步对接大创项目、学科竞赛，实现课程学习向课外创新实践的延伸。

5. 教学实践成效与改革创新启示

2023 年以来，通过对力学课程的构建，形成了材料力学知识图谱、《基础力学实验》数字教材等系列智能化资源，开设了如《力学实验设计与操作》《力学综合性实验》《电测技术》《实验流体力学》等系列项目制课程，创新性力学实验项目数量持续增加，教学内容不断更新，创新实验课程体系逐步完善。经过创新性的实验课程构建，重庆大学工程力学和航空航天工程专业，2025 年开展实验课程总门数为 65 门，其中含实验课程为 20 门，占比仅为 30.7%。在含有实验课程中，理论为 445 学时，实验和上机为 192

学时, 占比为 30.1%。占比均超过 30%。其中《理论力学》《材料力学》课程实验均由原来的 8 学时提升至 12 学时, 增加了 50%。从本校实践反馈来看, 传统力学教学存在的内容枯燥、理论与实践脱节、创新训练不足及数字素养培育不够等实际问题得到有效缓解。在新工科人才培养和教学模式创新方面取得了良好的实践成效, 现归纳为以下三个方面。

第一, 数智化手段重塑课堂模式, 激发学生内在学习动力。本改革摒弃传统实验被动跟做的学习模式, 以工程创新项目为载体, 采用 AI 文献检索、数值模拟、数据分析和 AI 编程等数字化工具, 根据高低年级分别设置趣味性和挑战性的实验教学项目。将实验教学项目导向工业机械研发, 融入翻转课堂和以赛促教的教学模式, 促使学生主动探索力学理论, 探索解决方案, 缓解了学生对力学课程的畏难情绪。学习从被动的机械操作转变为主动的探究性学习。

第二, 打破知识壁垒, 教学团队与实验平台同步升级。各项目消除了不同力学课程间的知识碎片化现象, 构建了“力学理论-数智技术-工程实践”的完整知识闭环, 帮助学生形成系统化工程认知。数智化实验教学反过来推动教师向兼具理论、实践与数字化能力的复合型教师转变。实验室也朝着仿真平台与数字化制造实训平台的开放化、智能化方向升级, 为力学实验教学的进一步深化提供团队与硬件支撑。

第三, 创新评价机制, 落实全过程育人。本改革摒弃以实验报告为主单一考核方式, 建立了涵盖过程表现、方案创新性、数智化工具运用、实物成果和迭代改进的多维度评价体系。评价重心从最终成果转向全过程的综合能力, 着重考查学生自主设计、问题分析和创新优化的能力。考核充分发挥激励与引导功能, 实现全过程、全方位育人。

6. 讨论与反思

本次教学改革是重庆大学在新工科与数智化背景下开展的探索性实践。实施过程中也面临复合型师资储备不足、学生仿真与编程基础差异较大、创新项目耗材与硬件成本较高等现实约束。同时, 该方案基于本校力学类专业建设条件形成, 评价量规仍存在一定主观成分, 整套体系难以直接照搬至所有工科专业, 结论普适性有待更多院校验证。后续可通过搭建分层实验资源包、细化评价观测点、虚实结合降低硬件门槛等方式持续优化课程。

7. 结语

本文基于新工科和人工智能时代的新要求, 针对传统力学实验教学长期存在的问题, 构建了“5M-5C”的课程目标和改革定位, 结合思政元素, 引导学生在力学实验中体悟力学思想和力学之美; 同时将人工智能、力学新型技术融入教学, 构建了以学生创新能力培养为核心的创新实验课程体系。本校三年教学实践初步表明, 本课程体系在夯实学生力学理论基础、提升数字素养与创新能力方面显示出一定潜力。本方案是面向新工科的单校探索实践, 不同高校需要结合自身师资、经费、专业条件进行适配调整, 可为国内力学实验教改提供参考样本。

基金项目

重庆市高等教育教学改革研究项目(244007, 243002, 253011)、重庆大学 2025 年人工智能赋能本科课程建设项目(2025KC118)、重庆市级力学产教融合虚实一体化实践教学平台建设项目、力学重庆市级实验教学示范中心建设项目。

参考文献

- [1] 教育部等五部门关于印发《“人工智能+教育”行动计划》的通知[EB/OL]. 2026-04-02.

-
- http://www.moe.gov.cn:8080/srcsite/A16/s3342/202604/t20260410_1433240.html, 2026-09-07.
- [2] 教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见[EB/OL]. 2025-04-15.
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A01/s7048/202504/t20250416_1187476.html, 2026-09-07.
- [3] 马银行, 殷红莲, 刘清华, 等. 基于薄膜比拟和散斑干涉的扭轴横截面切应力可视化教学探索[J]. 力学与实践, 2026, 48(1): 102-108.
- [4] 仇巍, 于起峰, 王晋军. 浅谈力学领域“101 计划”中实验力学课程的禁锢之锁与脱困之匙[J]. 力学与实践, 2025, 47(6): 1075-1085.
- [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] 叶志明, 李俊峰, 王世斌, 等. 基础力学课程教材及教学体系分析(一)——国内基础力学教材基本情况简述[J]. 力学与实践, 2019, 41(3): 314-319.
- [7] 曲淑英. 地方高校基础力学实验教学“问题导向”的科学方法论实践——以烟台大学工程力学实验教学中心为例[J/OL]. 力学与实践: 1-7. <https://link.cnki.net/urlid/11.2064.O3.20250124.1747.002>, 2026-09-29.
- [8] 杨卫, 赵沛. 力学“101 计划”专题序[J]. 力学与实践, 2025, 47(1): 1-2.
- [9] 尹瑞森, 陈立明, 涂坚, 等. 面向新工科的材料力学创新类实验设计[J]. 实验科学与技术, 2025, 24(5): 1-6.