

工程力学课程实验教学改革——以材料拉伸实验为例

申帅辉¹ 王秀红² 尚志勇¹ 纪锋¹ 黄霄¹

1 新疆工程学院 数理学院

2 昌吉职业技术学院, 建筑工程学院

DOI:10.32629/jief.v8i1.20887

[摘要] 针对工程力学实验教学中存在的“内容陈旧、模式僵化、评价单一”三大核心问题,本文系统构建“内容重构—模式创新—评价重构”三位一体的改革路径。通过引入虚拟仿真与工程案例,建立“基础认知—综合应用—创新探究”三阶递进式实验体系;创新“虚实结合+项目驱动”教学模式,强化学生自主设计与工程问题解决能力;构建覆盖全过程、多维度的动态评价体系,突出能力导向与过程反馈。改革实践表明,学生实验参与度、创新能力与工程素养显著提升,为新工科背景下基础力学实验教学改革提供了可复制、可推广的范式。

[关键词] 力学实验; 三阶递进式; 项目驱动; 虚实结合

中图分类号: G804.64 **文献标识码:** A

Experimental Teaching Reform in Engineering Mechanics—Taking the Material Tensile Experiment as a Case Study

Shuaihui Shen¹ Xiuhong Wang² Zhiyong Shang¹ Feng Ji¹ Xiao Huang¹

1 Xinjiang Institute of Engineering and School of Mathematics and Physics

2 Changji Vocational and Technical College, School of Construction Engineering

[Abstract] Confronting the three core problems of “out-dated content, rigid pattern and monolithic assessment” in engineering-mechanics experimental teaching, this paper systematically constructs an integrated reform path of “content reconstruction – pattern innovation – assessment re-engineering”. By introducing virtual simulation and real engineering cases, a three-step progressive system—“basic cognition, comprehensive application, creative inquiry”—is established; an innovative “virtual-real integration + project-driven” teaching model is proposed to strengthen students’ ability in independent design and engineering-problem solving; a dynamic, multi-dimensional assessment system covering the whole process is built, emphasizing competence orientation and process feedback. Practice shows that students’ engagement, innovation ability and engineering literacy are significantly improved, providing a replicable and scalable paradigm for basic mechanics experimental teaching reform under the Emerging Engineering Education background.

[Key words] mechanics experiment; three-step progressive; project-driven; virtual-real integration

科技进步与产业变革对工科人才素养提出更高要求^[1-2]。工程力学作为土木、机械等专业的核心基础课,学生需掌握结构、强度、刚度及稳定性分析等知识^[3]。其实验教学是理论的重要补充,是学生联系实际、提升工程实践能力与创新意识的关键环节。然而,在“工程教育认证”与“新工科”双重背景下,当前工程力学实验教学在教学理念、教学内容、技术手段、评价体系以及与工程实际需求的结合程度等方面均存在诸多亟待解决的问题^[4-5]。这些问题相互交织、相互影响,共同制约了工程力学实验教学质量 and 效果的提升,阻碍了学生实践能力、创新精神和解决复杂工程问题能力的培养,难以满足新时代工程教育的要求以及社会对高素质

工程人才的需求。因此,面向新工科建设,培养高素质应用型工程技术人员,改革工程力学课程实验教学已是刻不容缓之举。

1 工程力学课程实验教学现状

通过对多所高校工程力学实验教学的调研分析,当前实验教学主要存在以下三个方面的突出问题:

1.1 教学内容单一陈旧,缺乏创新性与工程联系。当前工程力学实验教学内容相对固化,主要集中在基础力学性能验证层面,如低碳钢拉伸等实验,重复性高,创新性和探索性不足^[4]。以压杆稳定实验为例,普遍采用两端铰支的等截面金属杆作为试件,约束条件单一,难以涵盖两端固定支撑、非对称约束等工程常

见情形,对于不同截面杆件及复合材料构件的实验则基本缺失^[6]。实验内容与复杂工程实际问题脱节明显,学生难以体会其实际应用价值,学习兴趣不足,不利于工程能力与创新意识的培养。

1.2教学模式僵化滞后,技术手段应用不足。实验教学以教师演示、学生被动操作为主,互动性差,缺乏自主设计与创新训练。技术应用滞后:多媒体利用不充分,装置陈旧(如老式杠杆加载装置),数据采集自动化程度低、误差较大^[7]。涉及断裂风险或高成本(如复合材料试件)的实验常被简化或规避,限制了对真实力学现象的深入观察。虚拟仿真虽能解决安全与成本问题(如复杂约束、复合材料行为模拟),但在实验教学中的应用尚未普及和深入^[8]。

1.3教学评价体系局限,过程性评价缺失。当前工程力学实验教学评价过度依赖报告的正确性与规范性,忽视实验设计、操作能力、数据分析及反思改进等关键素养。评价过程缺乏实时指导与过程记录,普遍采用“课后一次性打分”,导致形成性评价流于形式。数字化支撑不足,难以有效跟踪学生全过程表现。评价结果多用于课程总评,未能与后续专业课程、竞赛及科研项目有效衔接。这种终结性评价模式不利于全面衡量学生的实践能力与工程素养,也无法激发主动探究与创新思维。综上所述,当前工程力学实验教学在教学内容更新、教学模式改革与技术融合、评价体系构建等方面均存在显著不足。这些问题共同制约了实验教学质量 and 效果的提升,影响了学生动手能力、创新思维和解决工程实际问题的能力,难以满足社会对应用型人才的需求。

2 工程力学课程实验教学改革措施

针对前文所述工程力学实验教学中存在的内容单一、模式僵化、评价局限等问题,提出以下系统性改革措施:

2.1实验教学内容体系化更新与拓展。面向“新工科”对综合实践能力的要求,重构“3类实验+3层递进”内容体系:(1)基础验证类:保留经典实验如低碳钢拉伸、压杆稳定,但引入“参数扰动”设计,如不同长细比、边界条件对比,强化理论验证与误差分析能力;(2)工程模拟类:开发“脚手架稳定性”“复合材料支柱失效”等工程案例实验,学生需根据工况设计实验方案,模拟真实结构行为;(3)创新探究类:设置“轻量化压杆设计挑战”、“3D打印结构优化”等开放任务,鼓励学生自主提出假设、设计实验、验证方案。三层内容对应“三阶能力”:知识复现→工程应用→创新解决,实现实验内容从“验证”走向“探究”。同步更新实验指导资源,减少刻板操作步骤描述,增加开放性、探索性任务设计,引导学生深入理解力学原理的工程应用背景。

2.2实验教学模式创新与技术深度融合。构建“虚实结合+项目驱动”教学范式,形成“三阶五环”教学流程:(1)课前:学生通过虚拟仿真平台(如ANSYS、Abaqus)完成“预实验”,例如模拟不同参数下的压杆失稳过程,生成初步数据与疑问;(2)课中:以“项目任务单”驱动教学,学生分组承担“实验设计—操作—数据采集—结果分析—汇报答辩”五环节,教师转为“指导者+质疑者”,通过提问、设误、对比等方式引导学生反思,如图1所示;(3)课后:学生提交“实验+改进”双报告,教师组织“跨组评审”,引入同行评价与工程专家点评,强化成果应用与反馈。

该模式实现从“教实验”到“用实验解决问题”的范式转变。利用虚拟仿真突破实体实验在安全风险、高成本、极端条件模拟等方面的限制,实现复杂工况(如非线性屈曲、冲击载荷、复合材料失效)的预演、参数化研究和方案优化。同时,升级实体实验装备,普及高精度传感器与自动化数据采集分析系统,提升实验数据的实时性、精确性与可视化程度,将学生精力从繁琐操作转向现象观察、数据分析与原理探究。



图1 学生开展材料拉伸实验

2.3 实验教学评价机制多元化与过程化重构。构建三维度、三主体、三阶段的多元动态评价体系(简称“3×3×3”体系): (1) 评价维度3类: 知识掌握(理论应用、误差分析)、能力表现(方案设计、操作规范、数据处理)、素养发展(团队协作、工程伦理、创新意识); (2) 评价主体3方: 教师(专业评价)、学生(自评+互评)、企业/专家(工程视角); (3) 评价过程3段: 课前(预习报告+仿真设计)、课中(操作表现+实时问答)、课后(实验报告+改进方案+答辩表现)。所有评价数据通过平台实时记录, 生成“能力成长轨迹图”, 实现从“打分”到“诊断+反馈+改进”的转变。平台记录预习、操作、成果等关键环节数据, 支持持续跟踪与多维度评估。评价结果不仅用于成绩评定, 还反馈指导改进, 并与后续课程、科研、竞赛等能力培养贯通。

3 教学改革成效评价——以材料拉伸实验为例

为验证上述改革体系的有效性, 我们以材料拉伸实验为例, 系统实施了教学改革实践。材料拉伸实验是工程力学课程的核心实验之一, 其教学过程围绕学生工程实践能力和创新思维培养展开。为客观评价工程力学实验教学改革的效果, 选取2025—2026学年两个学期、4个教学班(共158人)进行改革前后对比, 数据来源于本校2025—2026学年教学平台成绩记录、实验过程记录及匿名问卷调查, 改革前后评价标准一致, 样本具有可比性。我们建立了多维度的成效评估体系, 通过定量分析和定性评价相结合的方式, 全面评估改革成效。

3.1 学生能力提升显著。通过对改革前后学生能力的对比分析, 我们获得了以下数据: (1) 学习成绩提升方面。实验课程平均成绩: 改革前78.5分, 改革后85.2分, 提升8.5%; 不及格率(60分以下): 改革前8.9%, 改革后2.1%, 下降76.4%。(2) 实践能力改善方面。实验操作规范性: 改革前合格率82.3%, 改革后95.8%, 提升16.4%; 数据处理准确性: 改革前平均误差12.5%, 改革后6.8%, 下降45.6%。(3) 创新思维发展方面。创新方案提交率: 改革前23.4%, 改革后67.8%, 提升189.7%; 方案可行性评估: 改革前平均得分72.1分, 改革后84.6分, 提升17.3%。

3.2 教学满意度明显提升。通过问卷调查和访谈, 我们收集了学生对教学改革的反馈: (1) 教学内容满意度方面。内容实用性: 满意度从改革前的3.2分(5分制)提升到4.6分; 内容先进性: 满意度从改革前的2.8分提升到4.4分。(2) 教学方法满意度方面。教学方法多样性: 满意度从改革前的2.9分提升到4.5分; 师生互动效果: 满意度从改革前的3.0分提升到4.7分。(3) 教学效果满意度方面。知识掌握程度: 满意度从改革前的3.3分提升到4.4分; 能力提升效果: 满意度从改革前的3.1分提升到4.5分。

改革成效评估显示, 工程力学实验教学经过“内容—模式—评价”三位一体系统改革后, 学生在课程成绩、实验规范性与创新能力方面均呈现明显提升, 整体表现向好, 改革在知识掌握、实践能力、创新思维与学习体验方面均取得明显改善, 可为新工科背景下基础力学实验教学改革提供可借鉴的实践路径与实施

参考。

4 结语

针对工程力学实验课程教学内容单一、模式僵化及评价局限等问题, 本文系统实施了教学改革。内容上, 强化工程关联与多样性, 突破传统验证性实验局限。模式上, 融合“虚实结合”与“项目驱动”, 构建以学生为中心、能力导向的教学范式, 提升主动探究与解决复杂工程问题的能力。评价上, 重构多元化、过程化机制, 覆盖全流程核心素养, 强化形成性反馈与发展跟踪。

本文系统构建“内容—模式—评价”三位一体改革路径, 形成“3类实验×三阶递进×3×3×3评价”可复制的实验教学范式。实践表明, 该改革不仅明显提升了学生的工程实践能力、创新思维与复杂问题解决能力, 也为新工科背景下基础力学实验教学改革提供了可推广的范式与经验。未来将进一步拓展虚拟仿真案例库, 探索跨课程项目整合, 持续优化能力导向的实验教学体系。并且该改革能够有效激发学生的学习主动性与创造性, 切实增强学生的动手实践能力、创新思维能力和复杂工程问题解决能力, 为培养符合新工科要求的高素质应用型工程技术人才提供了有力支撑。

[基金项目]

2025年度高校本科教育教学研究与改革项目(XJGXJGPTB-2025129); 2025年度高校本科教育教学研究与改革项目(XJGXJGPTB-2025134); 新疆工程学院2025年度教育教学研究与改革项目资助(XJGCJGB202517)。

[参考文献]

- [1] 刘晓宇, 杨谨蔚, 赵晓争, 等. 新工科背景下基础力学实验教学模式改革实践与探索[J]. 力学与实践, 2022, 44(3): 693-699.
- [2] 张明康, 王关皓, 陈扬枝, 等. 材料力学理论与实验课程教学改革探讨[J]. 大学教育, 2023, 12(10): 31-34.
- [3] 岳艳丽, 屈彩虹, 王朋朋. “工程力学”实验教学的改革与探索[J]. 教育教学论坛, 2024(29): 65-68.
- [4] 王云洋, 蒋楚, 肖磊, 等. 新工科背景下材料力学实验课程思政教学改革研究[J]. 大学物理实验, 2020, 33(6): 111-114.
- [5] 吴蒙蒙, 杨少红, 章向明. 材料力学考核评价方式的改革与探索[J]. 力学与实践, 2019, 41(4): 475-477.
- [6] 尹瑞森, 陈立明, 涂坚, 等. 面向新工科的力学创新类实验设计[J]. 实验科学与技术, 2025: 1-6.
- [7] 韩铁林, 马凯, 胡义锋, 等. 新工科背景下材料力学课程教学改革与实践[J]. 力学与实践, 2024, 46(5): 1096-1107.
- [8] 戴云彤. 以工程问题为导向的“结构力学”教学设计及实施[J]. 安徽建筑大学学报, 2024, 2(2): 5-9.

作者简介:

申帅辉(1993--), 男, 汉族, 河南周口人, 硕士研究生, 实验师, 从事工程力学理论及实验教学的工作和研究。