

面向工程教育认证的“理论力学”课程工程化教学方法改革与实践

赵巧绒, 姚晓光, 马吉胜, 张宏伟
西京学院机械工程学院, 陕西 西安 710123
DOI:10.61369/EST.2025010023

摘要 : 本文针对工程教育认证背景下“理论力学”课程教学存在的问题, 提出了一套系统的工程化教学方法改革方案。通过分析当前教学现状与不足, 构建了以工程能力培养为导向的教学内容体系, 通过丰富教学案例、教学内容工程化设计、引入工程计算软件、设计制作辅助教具等教学改革工作, 实现从知识课堂向能力课堂的转变, 提升了学生的工程实践能力和创新意识, 为同类课程的工程化教学改革提供了有益参考。

关键词 : 工程教育认证; 理论力学; 教学改革

Engineering-Oriented Teaching Reform of "Theoretical Mechanics" For Engineering Education Accreditation

Zhao Qiaorong, Yao Xiaoguang, Ma Jisheng, Zhang Hongwei
Xijing University School of Mechanical Engineering, Xi'an, Shaanxi 710123

Abstract : In the context of engineering education accreditation, this paper addresses the existing issues in the teaching of the Theoretical Mechanics course and proposes a systematic reform plan for an engineering-oriented teaching approach. By analyzing the current teaching situation and its shortcomings, the study constructs a teaching content system centered on cultivating engineering competencies. Through enriching teaching cases, engineering-oriented instructional design, the introduction of engineering computation software, and the development of auxiliary teaching aids, the reform transforms knowledge-based classrooms into competency-based ones. This enhances students' engineering practical skills and innovative awareness, providing valuable insights for similar courses undergoing engineering-oriented teaching reforms.

Keywords : engineering education accreditation; theoretical mechanics; teaching reform

引言

中国工程教育自2016年加入《华盛顿协议》后加速国际化进程, 理论力学作为机械类专业的核心基础课, 其教学质量直接影响学生工程能力的培养^[1-4]。当前教学存在突出问题: 教学内容脱离工程实际, 缺乏实践案例; 教学方法单一, 过度依赖理论讲解; 工程软件应用训练不足; 教具使用欠缺, 导致学生对抽象概念理解困难。

针对这些问题, 课程团队开展系统性改革: 重构教学内容体系, 建立理论知识与工程实践的有机联系, 开发专业特色案例库, 将抽象原理转化为工程实例; 创新教学方法, 引入工程软件辅助教学, 通过数值仿真和可视化呈现强化理解; 研制系列教学教具, 以直观演示提升教学效果。改革充分体现工程教育认证核心理念。

一、课程改革的方法与途径

本课程基于 OBE (成果导向教育) 理念推进教学改革, 重点聚焦两方面: 一是夯实学生的力学理论基础, 培养其严谨的力学思维^[5]; 二是提升学生运用力学知识发现、分析和解决实际工程问

题的能力。通过这样的培养模式, 使学生既能胜任传统机械行业的工作要求, 又能适应新兴产业发展需求, 成长为符合时代需求的卓越机械工程人才。为达到以上教学效果, 最大程度的调动学生对课程学习的积极性与主动性, 增加学生的课程参与度与能力获得感, 拟采取以下措施开展课程改革研究。

基金项目: 西京学院2023年度教育教学改革研究项目: 面向工程教育认证的“理论力学”课程工程化教学方法改革与实践 (项目编号: JGYB2301)。

作者简介: 赵巧绒 (1983-), 女, 汉族, 陕西临潼人, 硕士研究生, 副教授, 研究方向: 基础力学。

（一）引入与生活常识相关的教学案例，使“高大上”的知识点变得“接地气”

理论力学课程包含大量抽象严密的概念和定理，这对学生的理解能力提出了较高要求^[6]。在教学实践中，我们发现结合生活实例进行讲解能够显著提升教学效果。例如在讲解“力对轴的矩”时，可以让学生观察自己带的水杯盖子的开合的作用；分析转动水杯或钥匙开锁的过程，能生动诠释力偶的概念；通过拆解剪刀或指甲刀的结构，可以直观展示平面铰链的约束特性；单桨划船易打转分析力的平移定理；而教室里风扇在墙上的定位则为理解约束力提供了绝佳范例。这种理论联系实际的教学方法不仅降低了学习难度，更培养了学生运用力学知识解释生活现象的能力，使抽象的力学原理变得具体可感，有效提升了学生的学习兴趣和课堂参与度。

此外，在讲解较难的定理或定律时，也应举出较为贴切的案例进行解释。在讲授“三力平衡汇交原理”时，教师可以借助教室灯管这一直观教具展开教学：引导学生观察灯管受到的重力和两端链条的拉力作用，虽然三个力相互平行，但并未汇交于一点。这个反例能让学生深刻理解该定理“其中两个力必须汇交”的前提条件。而在讲解“静定与超静定”概念时，可以巧妙引入“三个和尚”的经典寓言：通过分析发现，“一个和尚挑水”和“两个和尚抬水”属于静定问题，而“三个和尚合作取水”则构成了超静定问题——由于未知量过多且缺乏相应的力学知识，导致他们无法找到合理的解决方案。这种寓教于乐的教学方式，既通过生活实例化解了理论难点，又营造了轻松活泼的课堂氛围，使学生在会心一笑中掌握了抽象的力学概念。

（二）教学内容工程化，淡化定理推导过程，侧重知识的工程应用

基于 OBE 教育理念的《理论力学》课程教学改革，着力改变传统重理论推导、轻工程应用的教学模式。在教学内容上，我们精简了繁琐的公式推导过程，转而引入大量机械工程典型案例，以刨床急回机构的三维模型来讲解“点的速度合成定理”，使抽象理论与工程实践紧密结合^[7-9]。这种案例驱动的教学方法，着重培养学生从工程实际问题中提炼科学问题、建立力学模型的能力，促使学生完成从被动接受知识到主动探索应用的转变。通过将理论教学与专业实践有机融合，不仅有效激发了学生的学习兴趣，更显著提升了他们解决实际工程问题的能力，实现了知识传授向能力培养的质的飞跃。

在教学设计上，我们采用“工程实例—力学模型—理论分析”的递进式教学方法。以刨床急回机构为例，首先通过三维模型展示曲柄和摇杆的运动特性，引导学生回顾刚体基本运动类型；其次明确动点（接触点）、动系（凸轮）和定系（机架）等核心概念；最后通过求解过程自然引出速度合成定理的相关概念。针对教材中的电机约束力例题，可以引入电机结构实物图，能够直观展示定子、转子的实际构造，解释加工误差导致的质心偏心现象，帮助学生理解抽象力学模型（质量 m_1 、 m_2 ，偏心距 e 等参数）的工程背景。这种“实物展示—模型建立—理论应用”的教学路径，有效打通了工程实际与理论分析的桥梁，形成了“问题

导向—模型构建—理论求解”的完整认知闭环，显著提升了学生的工程建模能力和理论应用水平^[10-12]。

（三）将工程分析软件引入课堂教学，培养学生解决复杂工程问题的能力

当前理论力学的教学存在一个普遍现象：学生在掌握基础概念后，虽然能够解决常规习题，但教学过程中过分侧重手工计算的解题技巧训练，而忽视了现代工程实践必备的科学计算能力培养。这种传统的手算教学模式存在明显局限——它往往局限于特定条件下的单一计算，既无法展现力学模型在不同工况下的动态特性，也缺乏对运动学和动力学问题的多维度分析。这种教学方式直接导致学生在面对真实工程问题时，难以将所学理论知识转化为实际分析能力，更无法进行系统性、创新性的工程问题求解^[13-14]。要改变这一现状，必须将科学计算能力的培养纳入教学重点，帮助学生建立从理论到实践的完整能力链条。在课堂教学中引入工程分析中常用的多体动力学分析软件 ADAMS 和工程计算软件 MATLAB，将其作为教学辅助手段，可把抽象的结果以图形化动态化展示，可使受力及运动过程变得更加形象直观。这样既可以提高学生理论力学的兴趣，也有助于培养学生使用现代工具解决复杂工程问题的能力。例如：开槽机上的急回机构为例，原动件曲柄做匀速转动，角速度为 $\omega = 2\pi \text{ rad/s}$ ，各构件的几何长度已知，求解连杆几何中心点在某时刻的运动速度。所谓急回是指“进刀慢、退刀快”，此特性较为抽象，如果不对运动的全过程进行求解计算，则学生很难理解，教师也很难进行形象解释。此题目可以利用点的速度合成定理，手动列式推导，但只能求某一特定时刻的运动速度，不便于理解全局的“急回特性”。此种情况下，可以利用动力学分析软件 ADAMS 建立急回机构的三维模型，添加连接约束后，在曲柄上施加匀角速度驱动，进行长时间历程的求解分析。通过动态仿真可以使学生观察到曲柄摇杆机构的运动过程，理解此类机构运动的“急回”特性，深化学生的认识。

此外，在理论力学教学中，绝大多数动力学问题最终都转化为代数方程或微分方程的求解问题。然而教学实践面临一个关键瓶颈：除二阶线性常系数微分方程外，大多数非线性微分方程无法获得解析解。传统教学模式受限于计算工具，往往止步于方程建立阶段，或仅能给出定性分析。通过引入 MATLAB 等工程计算软件，可以实现了三大教学突破：一是直接获得微分方程的数值解；二是动态可视化呈现运动轨迹曲线；三是实时展示不同参数下的系统响应。这种“建模—求解—可视化”一体化的教学方法，不仅突破了理论求解的限制，更通过图形化展示使抽象的力学现象变得直观可感，显著提升了学生对复杂动力学问题的理解深度和解决能力。

例如在讲解动力学部分大摆角单摆的运动微分方程、空气阻力中抛体运动的运动微分方程、做定轴转动的杆的运动微分方程等，都可以采用 MATLAB 求数值解，并可将其结果图形化展示。

（四）设计制作辅助课堂教学的教具，使抽象的概念直观化

基于理论力学逻辑性较强、概念抽象的特点，为辅助解释“光滑圆柱铰链约束”“固定铰支座约束”“力偶”等抽象概念，

增加课程学习的趣味性,设计并制作教学教具,利用教具辅助抽象知识点的讲解^[15]。通过老式的木质门销展示了光滑铰链约束的实际结构,通过实物铰链和销钉的配合关系,帮助学生建立约束反力的空间概念;采用乐高积木模块化拼装的汽车起重机模型,生动演示了刚体定轴转动与点的复合运动规律;通过剪叉式升降机模型,系统呈现了刚体的转动、平动以及复杂平面运动特征。这些教具的运用,将抽象的力学原理转化为可视化的动态演示,有效突破了运动学部分的教学难点,使学生能够直观理解各类运动形式的本质特征。

利用该类模型教具,既可以使学生直接感知机械结构件,又能够直观认识各种约束、传动及运动。此外,还可以利用组合式的颗粒教具鼓励学生开展创新设计,例如设计小型机械手、手动升降机、旋转木马游乐机构等。采用这类简单教具,既能促进学生多思考、勤动手,又能培养学生的创新意识和创新能力,以最终提高学生的工程素养和解决实际问题的能力。

二、课程改革的成效

(一) 课程目标达成值提高

通过近一年对机制2301、2302、2303班一学期的理论力学教学改革实践,实践过程中,课程团队开发了12个工程案例,梳理

出用工程软件计算的案例10个,设计并制作可辅助于课堂教学的教具8组。对标工程认证的能力培养目标,学生的期末考试总体达成度明显提高,课程目标3值达到85%以上,说明学生在利用软件构建力学模型以及力学应用计算能力明显提升。

(二) 学生参与学科竞赛比例提高

本课程团队不仅强调理论授课质量,更重视学生动手实践和团队协作能力培养,课余鼓励学生积极参加学科竞赛。近1年以来,学习过理论力学课程的机制学生共计获得各类国家级省级学科竞赛奖项100人次(不完全统计),极大提高学生的学习积极性,为全方位育人起到支撑作用。

三、总结

本次理论力学的教学改革,以工程教育专业认证为背景,采用工程化的教学方法与手段,旨在深入贯彻“产出导向”“以学生为中心”和“持续改进”等核心理念,聚焦于“毕业要求”的达成,建构“产出导向”的人才培养体系。本次改革的研究成果可推广到其它专业基础课的教学实践中,教学方法规范、可扩展性强,充分体现工程教育的理念,实现从知识课堂向能力课堂的转变。

参考文献

- [1] 魏建伟,陈晓平,郑军.专业认证背景下专业课程理论课堂教学改革初探——以车辆工程专业“汽车理论”课程为例[J].机械职业教育,2018(05):37-40.
- [2] 李兴莉,梁清香,张俊婷,等.理论力学新形态教材建设的探索与实践[J].教育现代化,2019,6(85):170-171.
- [3] 郭荣春.以工程教育认证助推地方高校一流本科专业建设研究[J].科技视界,2021(09):67-69.
- [4] 冯建有,王彪,段士伟.工程教育认证背景下的理论力学课程中动力学问题的教学改革与实践[J].黄山学院学报,2022,24(05):100-102.
- [5] 艾心炎,刘良坤,潘兆东,等.基于OBE的工程教育模式下土木工程专业理论力学教学设计改革与实践[J].大学教育,2022(09):61-64.
- [6] 季德生,李宏伟.应用型本科机械类专业理论力学教学方法改革探索与实践[J].中国教育技术装备,2019(13):96+99.
- [7] 陈志超.工程教育认证下机械类专业理论力学教学改革[J].装备制造技术,2021(7):163-165.
- [8] 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.
- [9] 胡昌林.应用型本科院校理论力学课程工程化教学改革策略研究[J].黑龙江科学,2022,13(7):150-152.
- [10] 张立勇,蔡瑞宾,申立泉,等.应用型本科院校《理论力学》工程化教改分析[J].浙江水利水电学院学报,2020,32(4):86-88.5
- [11] 赵德敏,钮瑞艳,刘建林.以培养工程能力和创新思维为导向——谈《理论力学》教学改革[J].教育教学论坛,2015(36):99-100.
- [12] 张方明.农业机械专业理论力学课程工程化教改实践[J].中南农业科技,2023,44(2):221-224.
- [13] 黄忠文,於潜军,王培.ANSYS软件在理论力学课程辅助教学中的应用[J].数字技术与应用,2013(8):225-226.
- [14] 季德生,李宏伟.ADAMS软件在理论力学教学中的应用[C]//中国力学学会.力学与工程应用(第十六卷).滨州学院机电工程系,2016:440-442.
- [15] 王铁军,尤小梅.机械设计课程群的工程化改革研究[J].教育现代化,2016(37):46-48.