

The Teaching Practice of Mechanics of Materials in New Engineering Education

Guyue Jiao Shenlong Wang* Yuanchen Huang Huijie Yu

School of Mechanical Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai, 200093, China

Abstract

Mechanics of Materials is one of the core foundational courses for manufacturing majors and related disciplines. In response to the common student feedback on traditional teaching methods, which include “numerous knowledge points, outdated engineering cases, and difficulties in practical application” as the three major pain points, our teaching team has closely followed the requirements of the “New Engineering” initiative and proposed a teaching philosophy of “tailoring teaching to students’ needs and striving for innovation.” We have implemented innovative measures such as reconstructing the knowledge map, creating online resources, integrating theory with practice, introducing engineering cases, fostering innovative awareness, and stimulating entrepreneurial potential. This paper starts with the background of the course and the significance of New Engineering education, analyzes the teaching pain points of Mechanics of Materials courses, elucidate our innovative philosophy and measures, and provides feedback on the practical results of teaching innovation through grade analysis and questionnaire surveys. The innovative effectiveness indicates that this teaching practice has stimulated students’ interest in learning, enhanced comprehensive learning outcomes, promoted interdisciplinary integration from a practical application perspective, and met the training requirements of New Engineering.

Keywords

mechanics of materials; new engineering; knowledge map; course case base

材料力学在新工科教育中的教学实践

焦古月 王神龙* 黄元辰 余慧杰

上海理工大学机械工程学院, 中国·上海 200093

摘要

材料力学是制造类专业和相关学科的核心基础课程之一, 针对传统教学中学生反映普遍存在“知识要点繁多, 工程案例陈旧、实际应用困难”三大痛点问题, 本教学团队紧盯新工科要求, 提出“因材施教, 力求创新”教学理念, 实施“重构知识图谱, 创建线上资源; 理论联系实际, 引入工程案例; 培养创新意识, 激发创业潜能”等创新举措。论文从课程背景和新工科教育的意义出发, 分析材料力学课程的教学痛点, 阐述课程团队的创新理念与创新举措, 并通过成绩分析和问卷调查等形式反馈教学创新的实践结果。创新成效表明, 这次教学实践激发了学生学习兴趣, 提升了综合学习效果, 从实际应用层面促进学科交叉融合, 达成新工科的培养要求。

关键词

材料力学; 新工科; 知识图谱; 课程案例库

1 课程背景和新工科教育的意义

“材料力学”是一门面向机械设计制造及其自动化、土木工程等多个专业本科生必修的专业基础课程, 在二年级

【基金项目】上海理工大学2024年度本科教学研究与改革培育项目(项目编号: JGXM202430); 2023年度上海理工大学教师发展研究重点项目组(项目编号: CFTD2023ZD05)。

【作者简介】焦古月(1983-), 女, 中国江苏仪征人, 博士, 讲师, 从事新工科教学研究。

【通讯作者】王神龙(1989-), 男, 中国安徽安庆人, 博士, 副教授, 从事新工科教学研究。

下学期开设。课程对于初步了解常见工程材料力学性能, 理解外力、内力、应力、应变、变形的概念, 熟练掌握杆状构件在拉压、剪切、扭转、弯曲及组合变形下的强度、刚度和稳定性设计与校核有着重要意义, 是连接基础课与专业课、嫁接数理理论与工程实践的一座重要桥梁^[1]。图1以机械专业和土木专业为例, 展示了专业培养方案核心课程与本课程之间的关系。

新工科教育旨在通过整合新兴技术, 培养学生的创新思维和实践能力。它强调跨学科知识融合, 强化理论与实践相结合, 以适应快速变化的技术和市场需求。根据“新工科”建设对于地方高校人才培养的新要求, 结合本地区域经济发展需要与产业结构、办学特色、学缘结构特点, 本教学团队调整本校材料力学课程的培养目标, 培养学生能够创造性地

结合力学原理与其他学科知识解决实际工程问题、具有清晰的逻辑思维分析能力和一定的跨学科知识融合能力、同时具备符合新时代要求的创新精神和创业能力的“工程型、创新性、国际化”专业工程人才。

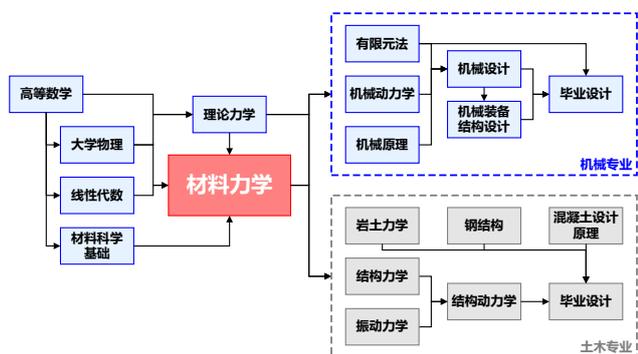


图1 专业培养方案核心课程与本课程之关系
(以某校两个专业为例)

2 课程教学痛点

“材料力学”当前的课程内容架构与知识体系在数十年前已基本定型，其中涉及的理论更是在19世纪末业已成熟。在现行培养计划下，几乎不存在对课程核心内容进行调整的空间。进入21世纪之后，特别是近十年以来，科学技术进步日新月异。在与“材料力学”课程内容息息相关的领域，如材料科学、航空航天、智能制造等，大量新发现、新应用不断涌现，迫切要求本课程任课教师进一步思考如何强化经典理论与科技前沿的联系，使这门经典课程重新焕发活力，更好地服务于中国制造、中国创造。基于以上考量，结合教学团队在长期教学实践中的观察与学生问卷调查结果，总结出目前本课程教学中存在以下痛点^[2,3]：

①知识要点繁多，机械记忆难。“材料力学”课程普遍涉及严格的数学推导和较长的逻辑链条，学习曲线相对陡峭，学生普遍反映需理解和记忆的知识点远多于理论力学等课程。②工程案例陈旧，课堂体验差。课程内容包含的工程案例与时代需求脱节，难以反映当前工程领域的最新发展情况和应用技术，缺乏启发意义。学生课堂参与度、融入度、代入感低，对培养学生的创新性思维缺乏积极作用，也无法激发学生的兴趣和求知欲。③力学模型简单，实际应用难。

“材料力学”课程以杆状构件为研究对象进行理论分析，而学生普遍缺乏将力学模型与实际工程构件相互转化的能力，难以将理论知识直接应用于解决实际工程问题，在进入研究生阶段或踏足社会工作实践时，易遭遇角色转变困境。

3 课程创新理念与创新举措

“新工科”强调学生在工程实践中的创新能力、多学科融合思维及团队合作等综合素养。针对上文提及的目前本课程教学存在的“学、融、用”关键痛点问题，团队基于过去10余年的课堂教学、人才培养、工程实际经验，提出“因

材施教，力求创新”的教学创新理念^[4]。

该理念在重构知识图谱、因材施教的基础上，培养学生理论联系实际的能力和创新能力，以满足“新工科”要求。

基于上述创新理念，本课程教学团队采取了以下具体创新举措，以使“材料力学”教育能够更好地满足“新工科”要求，培养学生的创新思维、实际应用能力和多学科融合综合素养，使学生更好地适应未来复杂多变的工程环境^[5]。

3.1 重构知识图谱，创建线上资源

针对课程知识点多而散、学生学习困难问题，团队重新梳理知识体系，形成以“强度、刚度、稳定性”为核心的内容脉络，将繁杂的知识点拆分为基本内容、方法应用及专题部分^[6]。基于图示脉络，将原有10章、160多个知识点凝练为“内力、应力、变形、应用”4个层次，重构以内容相关联的多层次复杂工程问题分析为主线的全新知识图谱，为学生提供清晰的学习路径。

面向“新工科”教育提出的高端人才培养要求，团队依托国家级装备制造虚拟仿真教学中心及长三角机械设计制造课程群虚拟教研室，创建线上虚拟仿真教学案例库，利用信息化学习平台与学生互动，因材施教，满足其个性化学习需求。

通过重构课程知识图谱，革新教学内容体系，将原有的复杂冗长的内力→应力→变形→强度、刚度→应力状态与强度理论教学过程，简化为基本内容→方法及应用→专题部分，能够让学生更容易理解并掌握课程内容；线上虚拟仿真案例库的创建，能帮助学生找到兴趣所在，提前规划学习路线，达成“因材施教”和个性化培养的目标。

3.2 理论联系实际，引入工程案例

通过将团队近期与企业合作开展的真实工程项目案例引入课堂，更新教学资源，以工程研究前沿和工程开发前沿为抓手，从教学内容层面创新，一方面更好地启发学生思考，提高学生的参与度和体验感，吸引学生参与工程项目；另一方面，将真实工程案例分析纳入课程教学和过程化考核中，培养企业亟须的人才，使得学生能够更好地适应社会。

3.3 培养创新意识，激发创业潜能

教学团队依托本课程及其前修、后续课程知识，与国内外知名学者合作指导学生创新项目立项，参与科学探索研究。此外，团队教师连续指导学生参加多届全国周培源大学生力学竞赛、机械工程创新大赛、挑战杯、互联网+等高水平学科竞赛。

通过多学科交叉融合案例及创新创业实践教育，从实际应用层面开展创新教学，帮助学生更好地理解“材料力学”课程的实际应用场景和价值，解决传统简化力学模型和书本案例难以联系实际的问题。

综上所述，团队围绕“材料力学”课程的固有教学痛点，瞄准“新工科”背景下高水平人才培养目标重大需求，提出颇具创新的教学理念。基于不同专业学生的知识结构，重构

知识图谱,创建虚拟仿真信息化教学平台,融入工程案例,生成学习路径,减缓学习曲线,提升学习体验,践行“因材施教”。坚持“力学+”框架下的跨学科交叉培养模式,引导学生应用多学科融合技术创新创业,革新考核方式,是本课程最具特色的创新举措。

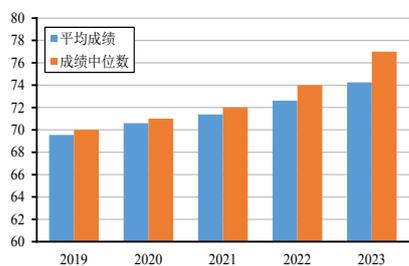
4 课程创新成效

通过在“材料力学”教学过程中应用上述针对“新工科”理念而提出的创新举措,整体教学氛围和教学效果获得了很大改进,学生的学习反馈更加积极,主要体现在以下几个方面。

4.1 逐渐完备的知识图谱和线上资源,稳步提升学习效果

近十余年来,本课程团队在教学过程中逐步落实创新举措,并对能够客观反映教学效果的若干关键统计指标进行持续跟踪,如图2(a)所示,某专业学生近五年“材料力学”课程成绩平均值与中位数持续增长,同时学生对于课程的整体满意度也由88%增长至近94%。

利用先进的虚拟实验和信息化虚拟仿真软件等技术工具,提供更多灵活性和便捷性的学习途径。学生可以根据自身学习情况和专业背景,通过数字化仿真工具更深入地理解材料的力学行为,培养知识获取和终身学习的能力。随着知识图谱的更新和完善、线上资源库的不断扩大,根据近5年进行的问卷调查,学生对本课程是否有助于提升他们的综合能力的认可度呈攀升趋势,如图2(b)所示。



(a) 某专业学生近五年材料力学课程平均成绩与成绩中位数变化



(b) 学生问卷调查结果 (每年有效问卷 500 份)

图2 创新成效

4.2 真实工程案例引入,提升课堂体验感、夯实学生实践能力

团队坚持以成果为导向,加强课外拓展学习活动建设,课程内容更贴近实际应用,引入真实工程案例和行业趋势使

学生了解本课程在事件中的应用和发展方向,提高学生的课程参与度、代入感和体验感,提升学生实践能力和核心素养。让学生通过解决工程问题来学习力学知识,有助于培养学生的独立思考的能力,激发创新思维。随着创新举措的开展,本课程的考核方式持续改进,从传统的习题求解逐步演化为解决真实工程应用问题,全过程、全方位的“新工科”考核目标,荣获校级过程化考核一等奖;同时,培养出的学生更符合企业需求,极大增强了学校相关专业的社会认可度,也提升了学生对于专业的认同感。

4.3 创新创业教育,切实落实三育人

团队教师依托“材料力学”及后续课程指导学生参与多项创新课题,不仅锻炼学生团队协作、实验设计和动手能力,也充分培养学生领导力。将力学基础知识与其他学科嫁接,消弭学科边界,在“新工科”背景下实现跨学科融合,使学生能够在更广泛的背景下思考和解决问题,达到“宽口径,厚基础”的培养目标。学生们不仅对专业知识有更深入的理解,同时强化了问题解决、团队合作、思维创新等综合能力,促进全面发展,为未来工程实践中贡献“中国制造、中国创造”力量奠定基础。

5 结语

论文中,教学团队坚持以学生发展为中心,以习近平总书记在党的二十大报告中对人才培养的要求为引领,以“新工科”建设目标为导向,针对目前“材料力学”课程教学过程中存在的痛点提出“因材施教,力求创新”教学理念,实施“重构知识图谱,创建线上资源;理论联系实际,引入工程案例;培养创新意识,激发创业潜能”等创新举措,结合“材料力学”课程“理论分析多,实践应用广”的特点,重构课程内容呈现方式与授课体系,围绕创新理念采取多种创新举措,切实提升了学生的课堂体验感、参与度和综合学习效果,强化了知识点之间逻辑联系在学生头脑中的印象;引入紧跟科技发展前沿的真实工程案例,强化创新创业,以实际行动培养一流人才,大大激发了学生的学习热情,全方位提升学习成效,达成新工科的培养要求。

参考文献

- [1] 郝鹏,王博,姜田田,等.新工科背景下的材料力学虚拟实验仿真范例库建设[J].力学与实践,2023,45(2):443-453.
- [2] 李奕霖,孙婵娟.新工科专业英语课程思政建设探索与实践——以建环专业英语阅读及写作课程为例[J].校园英语,2021(1):20-21.
- [3] 于璟初.基于知识图谱的机器人工程新工科专业建设方法研究[D].武汉:华中科技大学,2022.
- [4] 陆静.新工科背景下地方院校“材料力学”混合式教学模式的探索[J].科技与创新,2023(17):34-36.
- [5] 徐慧华.新工科背景下工科专业课程思政教学探索与实践——以《材料力学》课程教学为例[J].教育进展,2024,14(5):6.
- [6] 李俊秀,王再友.“项目中心、能力导向”的新工科人才培养探索[J].新教育时代电子杂志(教师版),2024(26):30-32.