

# 工程教育认证背景下材料力学课程改革探讨

张宇\*, 赵晓旭, 袁哲, 岳国栋, 谢正义#

沈阳建筑大学机械工程学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2026年3月30日; 录用日期: 2026年5月19日; 发布日期: 2026年5月26日

## 摘要

在工程教育认证背景下, 材料力学课程通过开展课程改革, 实现对学生“具备解决复杂工程问题能力”核心要求的有效提升。深入剖析了材料力学课程在教学内容、理论实际联系、考试题目设计、课程思政建设、学生学习效果等方面存在的问题, 提出革新教学内容、实践案例驱动、优化考核模式、深挖思政元素和推动数智教学等改革思路, 并阐明具体改革举措, 推动工程教育认证背景下材料力学课程改革的高质量发展。

## 关键词

材料力学, 案例教学, 课程考核, 课程思政, 数智教学

# Discussion on Curriculum Reform of Mechanics of Materials under the Background of Engineering Education Accreditation

Yu Zhang\*, Xiaoxu Zhao, Zhe Yuan, Guodong Yue, Zhengyi Xie#

School of Mechanical Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang Liaoning

Received: March 30, 2026; accepted: May 19, 2026; published: May 26, 2026

## Abstract

Against the background of engineering education accreditation, a curriculum reform is conducted on the course of Mechanics of Materials to enhance students' core competency in "solving complex

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张宇, 赵晓旭, 袁哲, 岳国栋, 谢正义. 工程教育认证背景下材料力学课程改革探讨[J]. 创新教育研究, 2026, 14(5): 402-409. DOI: 10.12677/ces.2026.145358

engineering problems". The existing problems in the course are analyzed, covering aspects such as teaching content, integration of theory with practice, examination design, curriculum ideological and politics construction, and student learning outcomes. The practical and feasible reform approaches have also been proposed including innovating teaching content, adopting practice-case-driven teaching, optimizing assessment models, exploring ideological and political elements in depth, and promoting digital and intelligent teaching. Specific reform measures are elaborated to advance the high-quality development of the innovative reform of the Mechanics of Materials course in the context of engineering education accreditation.

## Keywords

**Mechanics of Materials, Case-Based Teaching, Course Assessment, Curriculum Ideological and Politics, Digital and Intelligent Teaching**

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

材料力学课程主要研究杆件在拉压、剪切、扭转和弯曲等基本变形和组合变形条件下涉及的强度、刚度和稳定性问题，是工科专业大学本科生从公共基础课学习过渡到专业课学习起到承上启下衔接作用的关键课程之一，是学好后续专业基础课和专业课重要的基础性支撑课程，课程地位不言而喻。材料力学课程内容不仅帮助学生理解自然规律，更为学生提供了解决实际问题的实用技术[1]，因此，材料力学课程既要注重理论知识的讲授，也注重与工程实际的紧密联系，帮助学生培养应用力学知识解决身边工程问题的素质能力，形成贴近生活、贴近工程的力学思维习惯。

材料力学的课程特点完美契合了“具备解决复杂工程问题能力”的工程教育认证[2]的核心要求。在工程教育认证背景下，材料力学课程建设需紧密围绕以学生为中心、成果导向、持续改进的认证理念，结合产业需求和技术发展趋势，构建“理论扎实、实践突出、能力导向”的课程体系。尽管经过多年的教学实践改革，包括材料力学在内的诸多课程深入贯彻工程教育认证的理念，并取得了长足的进步，但就材料力学课程而言，在课堂教学、课程育人和课堂吸引力等方面还存在诸多不足，因此，需要深入剖析课程建设方面存在的主要问题，并提出针对性改革举措，为材料力学课程建设提供新的指导。

## 2. 现阶段材料力学课程存在的主要问题

材料力学课程教学团队已有将近十年的材料力学课程教学研究实践经历，通过多年的课堂观察、书面作业的检查、与学生沟通反馈以及学情调研，在材料力学课程教学、考核和课程思政建设方面，主要存在以下问题：① 课程知识体系长期固化于传统经典理论范畴，对与材料力学相关的、前沿的新成果新进展很少涉及，知识体系难以衔接学科发展前沿，降低课程的时代性；② 课程知识内容在工程实践中应用广泛，但课程授课过程重理论轻实践，导致学生普遍缺乏应用材料力学知识解决简单工程实际问题的能力；③ 考试内容偏重于记公式，且大多数题目考核的知识点较为单一，普遍缺乏综合类和工程性质题目，不利于解决工程问题能力的锻炼和评价；④ 课程思政建设持续推进，但思政元素挖掘不够、深度不足，课程育人作用有待提升；⑤ 部分学生课堂听课质量不佳或者课程内容理解不深入，课后复习效果难以保证，甚至不清楚自己对问题的认识是否正确。

### 3. 总体改革思路

2024 版的《工程教育认证标准》着重强化立德树人、适应技术变革、聚焦学生能力培养等核心内容，这为课程改革提供了明确建设方向。在《工程教育认证标准》理念指导下，针对以上的问题和痛点，探索革新教学内容，接轨学科前沿，通过课堂教学内容延申与拓展，实现知识前沿化；实践案例驱动，强化应用能力，灵活运用生产生活案例引领知识讲授，实现知识实用化；优化题目设计、注重能力考核，拓展面向复杂工程问题的考核内容，实现考核内容实际化；深挖思政元素、实现价值塑造，探索与教材内容紧密相连的思政元素开展思想教育，实现思政浸润化；推动数智教学、塑造学为中心的课程改革新思路，依托 AI 技术助力教师解放时间精准教学、助力学生主动探索个性学习补齐短板，实现教与学协同化。解决材料力学课程存在问题的主要技术路线如下图 1 所示：

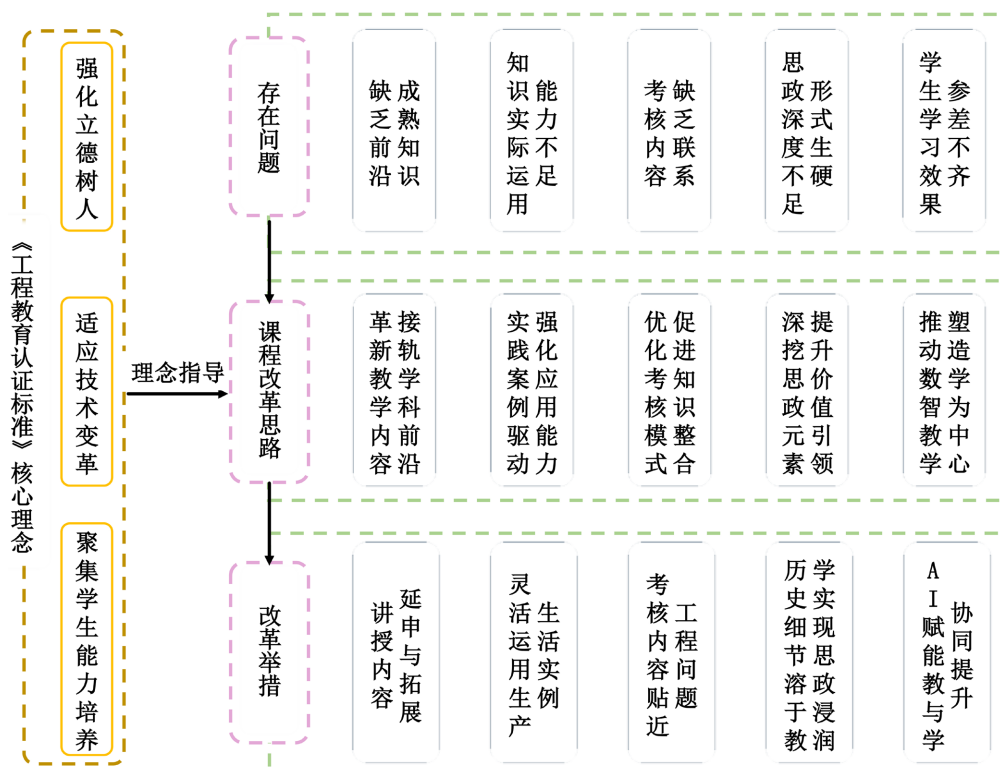


Figure 1. Existing problems and reform measures

图 1. 现存问题与改革举措

### 4. 课程改革举措

#### 4.1. 教学内容延申与拓展

材料力学讲到泊松比这个知识点，传统材料都是正泊松比材料，即材料或者结构轴向拉伸(压缩)，横向收缩(伸长)，这种经验大部分同学都有，工程中也较为常见。然而现在已经有很多负泊松比材料，这种材料轴向拉伸(压缩)，横向伸长(缩短)。材料的负泊松比特性不受尺度的影响，既可以是材料的整体行为，还可源于其内部结构，即是宏观材料的性质，也是微观内部结构的性质[3]。负泊松比材料的特性源于其内凹多孔结构、旋转单元等特殊拓扑设计。负泊松比材料在医疗设备、传感器、防护设备、航空航海及国防工程等领域有广泛的应用前景[3] [4]，比如负泊松比材料可以用于制造智能医用绷带，当伤口肿胀时，

内含药物的负泊松比绷带受到张力作用而截面变大，其储存在网格内的药剂被释放作用于伤口，达到治疗效果；而当伤口消除肿胀后，绷带会收缩从而停止释放药物；采用负泊松比多孔材料可以制作缓冲和保护装置，例如缓冲垫、手套、头盔和座椅，具有比传统材料更轻薄和吸能效果更好的特点；根据负泊松比拉胀压缩的特性，学者们提出将金属负泊松比材料应用于制造紧固件，具有比传统紧固件更容易打入而更难拔出的特性。负泊松比材料已渗透到国防领域的方方面面，目前防弹衣、作战服等均引入了负泊松比材料，负泊松比特性的材料在受到冲击时，材料会向受冲击区域聚集，因此防弹性能较传统材料显著提升。

在强度理论章节，大部分的材料力学教材，主要讲授四大强度理论，然而材料的静强度失效不仅与材料属性有关，也受到应力分布的影响，而四大理论对于导致材料失效的应力因素考虑较少，在实际应用中并不是总是可靠和合理的，因此，从一个更加普适性的角度来讲，需要具有广泛适用性的强度理论的建立。西安交通大学俞茂宏教授提出了统一强度理论[5]-[7]，该理论充分考虑了主切应力与正应力对材料屈服与破坏的贡献，突破了“最大主应力”或“最大切应力”等传统强度理论思想，适用范围从金属到岩、土和混凝土等各类材料，形成了完整的理论体系。只要通过试验确定了其中的参数，即可应用统一强度理论开展实际结构的强度校核或者结构设计。统一强度理论被写入 280 多种学术著作和教科书，将统一强度理论应用于实际问题并取得新成果的国内外文献已超 500 多种，比如长江科学院对三峡船闸高边坡的塑性区研究、黄河上游拉西瓦水电站的高拱坝关键技术研究、上海世博会地下变电站工程分析和国家重点文物城楼的地基承载力和抗震性能研究等，涉及土木、水利、矿业、军工、岩石等工程领域，统一强度理论的研究成果获国家自然科学二等奖。统一强度理论并非否定传统的四大强度理论，而是在其基础上补充与拓展，四大强度理论仅仅是统一强度理论的特例。这启示学生不能将理论视为“绝对正确的结论”，而应该从“适用条件”“精度缺陷”“改进空间”等角度辩证看待，跳出“被动学习现有理论”的框架，思考“现有理论的不足在哪”，激发学生创新拓展思维，从“被动接受”到“主动延伸”。

## 4.2. 案例驱动教学

材料力学课程知识容量比较大，需要掌握的公式比较多，学生学习压力大，运用所学知识解决实际工程问题能力不足。多年的教学实践感悟：限制学生学以致用能力最根本的薄弱点是力学思维习惯的缺失和基本力学问题处理能力的不足，比如，工程结构包含何种力学问题、如何简化工程结构抽象力学模型，学生们难以应对，甚至面对一些简单工程结构，学生们也束手无策。为了解决这一问题，借鉴 PBL (问题导向学习)教育理念[8]，采用案例教学法，依托工程案例涉及的力学问题讲解知识点。首先通过案例提出问题，在此基础上，开展工程案例简化，抽象出力学模型，采用逐步引导的方式，实现抽丝剥茧式的逐层深入，最终聚焦在课程知识点上，既达到学习知识的目的，又与工程实际建立联系。

比如在讲到提高梁弯曲强度的主要措施时，为了让学生们深入理解等强度设计的思想，以日常常见的健身器材双杠横梁为例，首先对同学们提出如下问题：如何确定双杠横梁外伸段的长度，设计该尺寸应考虑到哪些问题？材料力学主要聚焦强度、刚度与稳定性三大问题，该问题重在帮助学生找到设计横梁外伸段长度的落脚点，即强度与刚度两方面(本节主要讲强度问题，讨论只限制在强度方面)，明确研究问题的范畴。进一步，为了解决上述问题，需要将双杠进行简化，抽象出力学模型，因此设计第二个问题：双杠可以简化为何种力学模型？基于结构形式的特点，双杠可以简化为外伸梁，明确研究对象。再者，设计第三个问题：双杠上外载荷是活荷载还是固定载荷？体操运动员在表演时，可能处于双杠上的不同位置，很明显双杠载荷是活荷载，这帮助引出第四个问题：双杠在活荷载的作用下，其内力，特别是弯矩，分布具有什么样的特点？最后设计第五个问题：根据内力分布特点，分析应力分布特点，从强度角度考虑，双杠外伸段长度设计应满足什么条件较为合理？按照等强度思想设计较为合理，即体操运

动员处于双杠横梁中间部位或者处于双杠横梁最外端两种情况下，双杠横梁内的最大弯矩是相同的，这样的设计可以保证双杠横梁的承载力是最大的。按照等强度设计的思想，最终计算得到双杠横梁外伸段的长度与横梁总长的比值为  $1/6$  (16.7%)，这与基于国家标准[9]中给出的数据计算得到的比例( $\approx 17.14\%$ )基本一致。

通过循序渐进的提问，逐步引导学生从结构类型、外在特点、内力分布、弯曲强度等多方面思考双杠横梁设计包含的丰富力学问题，最终落脚到等强度设计思想。案例的讲授过程，遵循从实际工程结构到力学模型，再到提出力学问题(强度、刚度或者稳定性问题)，并给出解决方案，不仅培养了学生们系统化的力学思维习惯，也锻炼了理论知识与实际工程问题的联系能力。为深化学生对等强度设计思想的理解与应用认知，请同学们课后主动探寻身边相关工程结构实例，梳理其中的等强度设计思路，并于下次课堂进行展示讲解。

### 4.3. 注重应用能力锻炼的考核内容设计

课堂讲授是学生学习新知识的重要且主要途径，期末考试也是督促和引导学生学习知识的重要手段。多年的学情调查发现，低年级的学生通常会向经历过某门课程学习的高年级学生了解课程授课情况与期末考试情况，因此，抓住期末考试的机会，实现以考促学，让经历过考试的学生把期末考试后的一些有益感想传达给低年级即将学习的新同学，可能比授课教师苦口婆心的强调更有感染力。从这点出发，借鉴布卢姆教育目标分类学理论[10]，期末考试试卷考题应该重点强调以下四方面：(1) 重理解，记住知识的基础上更要明白其本质含义，期末考试题目应重点考察学生对所学知识的理解能力，避免存在大量的简单带入公式计算结果的考题；(2) 强综合，强调知识的综合应用，试卷中必须包含一定数量的不同章节知识点组合应用的题目；(3) 易渐进，重视培养思维逻辑，无论是综合题目还是其他题目，对于主观题的考核，宜采取多步问答渐进考核的思路设计考核内容；(4) 拓思维，锻炼分析能力，试卷中设置开放题目，题目内容结合工程实践，同时紧扣材料力学核心知识点，但题目答案不唯一，允许学生从不同角度展开分析，方案合理即可。

重理解，就是要求学生们细致琢磨考试题目，理解考核的本质内容，提炼出其中涉及的力学知识点，才能解决问题，避免死记硬背。比如，针对弯曲内力的内容，要求同学们根据弯矩图或者剪力图，反推杆件的受力，这是基于载荷集度、剪力和弯矩三者微分关系画内力图的反向思维，锻炼学生是否真正掌握三者之间的关系。强综合，锻炼学生所学知识的综合运用能力。杆件在实际工程应用中，经常发生组合变形，比如斜弯曲、弯扭组合变形、拉(压)弯组合变形以及更复杂的拉(压)弯扭组合变形，组合变形中包含大量的综合知识考点，能够满足综合知识考核的需求，通过综合题目，贯通知识，强化体系。通过手摇纺车、电动机链轮系统或者电动机胶带系统、受风载荷和自重作用的烟囱、二级减速器的传动轴等实际生活和工程中的经典案例考查学生对组合变形问题的实际分析能力。易渐进，以引导学生逐层深入思考问题为目的，帮助学生培养形成解决复杂问题的思维习惯。为了实现这一目标，综合题目通常设置4~5个问题，从外载荷到内力分析、危险截面确定、应力状态分析、强度校核或者计算许用载荷，逐层深入，帮助学生建立求解复杂工程问题的基本思路。拓思维，意在训练学生发散性思维，提升分析能力。比如应用提高压杆稳定性措施的相关知识点解释为什么抗倒伏小麦相比于普通小麦不容易倾倒弯曲；杆件端部设置柔性连接(比如弹簧、橡胶软接头)探究压杆临界载荷范围等。

### 4.4. 思政内容的柔性融合

课程思政是将思政元素融入课程教学过程，实现知识传授与价值塑造相统一的教育理念与实践，其作用不仅体现在教育本身的育人功能上，对于个体成长、社会发展和国家建设均具有深远意义。经过多

年的教学实践发现，材料力学理论公式背后的故事具有重要的课程思政作用，这主要是因为材料力学课程中重要公式的发现往往伴随着科学家们突破传统、勇于实践的探索历程，这些故事不仅揭示了科学发现的规律，更蕴含着深刻的育人价值。

比如，在杆件拉伸变形章节，杆件的拉压变形如同弹簧变形一样，符合胡克定律。胡克定律的提出与钟表螺旋弹簧密切相关，胡克发现了螺旋弹簧振动周期的等时性，制成了弹簧钟，在此基础上，通过大量实验，提出了螺旋弹簧的伸长量与所受的拉伸力成正比，胡克定律发现是从钟表弹簧到科学定律的跨越，之后，英国科学家托马斯·杨提出弹性模量概念[11]，将胡克定律从定性描述提升为定量关系，这一概念的提出为现代材料科学奠定了基础。在压杆稳定章节，细长压杆的临界力计算公式被称为欧拉公式，是瑞士数学天才莱昂哈德·欧拉破解了压杆失稳的难题而提出的。18世纪桥梁和建筑中大量使用细长压杆，这些压杆在实际工程中常发生强度足够却突然弯曲失效的现象。在莱布尼茨微积分、雅科布·伯努利梁的挠曲线微分方程的基础上，欧拉在1744年推导出细长压杆失稳后的弹性曲线及临界载荷公式，并于1757年完善了理论体系，在欧拉工作的基础上，拉格朗日于1770年左右基于欧拉的微分方程，最终确立了两端铰支压杆的经典欧拉公式。弯曲正应力公式明确了梁在发生弯曲的过程中，横截面上一点处的正应力与该点坐标以及横截面弯矩的之间关系，虽然公式本身比较简单，但公式的建立经历了多位科学家的贡献。伽利略(1564~1642)在《关于两门新科学的对话》中讨论了梁的弯曲强度问题，但误认为应力均匀分布[12]；胡克(1678年)观察到梁弯曲时纤维的伸长与缩短现象[12]，马略特(1620~1684)认为梁截面上的力沿着梁高度方向线性分布，梁的最上面纤维所受的力最大，最下面一层纤维所受的力为0，相当于认为中性层位于梁的最下面一层[11]，法国学者帕伦(1666~1716)对梁弯曲后中性层位置进行了深入的研究，并认定中性层一定处于梁中间的某个位置[12]，纳维1826年出版的《力学在机械与结构方面的应用》一书，第一次给出中性层准确定义，并明确中性层通过截面的形心[12]。弯曲正应力公式经历了从伽利略的错误到纳维的完善，整个过程跨越三个世纪，凝聚了多位科学家的智慧。弯曲切应力公式是弯曲应力章节与弯曲正应力公式同等重要的知识点，该公式陈述了截面上的切应力与截面上的剪力、截面的几何性质和截面宽度之间的联系，该公式是由俄国铁路工程师儒拉夫斯基提出。19世纪中叶，铁路工程快速发展，钢梁在桥梁和轨道中的应用日益广泛。传统弯曲理论仅考虑正应力，但实际横力弯曲中剪力引起的切应力会导致梁发生翘曲变形，影响结构安全。基于这一工程需求，儒拉夫斯基基于切应力互等定理和截面平衡条件，将剪力与切应力定量关联，填补了理论空白，完善了梁的强度设计理论，解决了19世纪铁路工程中梁的剪切破坏问题[12]。

这些公式背后的故事发人深省，揭示了材料力学发展过程中的科学精神、创新思维和工程责任。将历史细节溶于教学实践，转化为育人资源，能够实现知识传授与价值塑造的有机统一，达到课程育人目的。

#### 4.5. 推动数智教学，实现教与学协同化

AI赋能课程改革，贯穿课前、课中、课后全部环节，实现教与学协同化。课前聚焦“数据驱动备课”和“薄弱环节定位”，授课教师课前发布课程学习目标和具体预习任务，并推荐学习资源，同时鼓励所有学生反馈预习过程中遇到的难点问题，并通过AI梳理总结，反馈给授课教师，在了解学生预习过程中的难点后，授课教师提前准备，设计教学步骤与细节，提出针对性解决方案。课中，授课教师精准教学，有的放矢地讲授重难点，根据实际需要，授课教师可以利用AI技术生成图文并茂的力学原理图，让抽象的力学原理可感可视，提升学生课堂参与度与理解深度。课后，授课教师发布课堂知识总结，设计若干原理性问题以及应用性问题，帮助学生巩固所学知识，并实现信息反馈。基于AI技术定位每个学生的知识薄弱点，并智能推送练习题与习题讲解，帮助学生实现个性化学习和针对性补习；另外，授课教师通过信息反馈了解学生所学知识总体掌握情况，研究针对性解决措施。

## 5. 反思

材料力学课程的改革举措已在实际教学过程中进行了多轮的实践，总体上取得了较好的效果，对于学生解决工程问题能力的培养也初见成效。为了课程改革举措持续有效进行，实践过程仍存在多方面细节有待进一步提升：(1) 课程边界拓展，需要谨慎把握。拓展的知识内容必须是材料力学领域目前已经发展较为成熟的成果，并在工程上广泛应用，且要避免繁琐的新理论，否则可能造成引入错误的知识或者拓展的知识实际工程意义不大或者陷入复杂公式的讲解中造成学术的厌烦。(2) 案例教学关键在案例选取，案例需要与所讲知识密切契合且难度适中，但目前而言，部分案例选取不够典型，学生学习印象不深；部分案例涉及知识内容过多难度过大，导致本末倒置。(3) 面向能力的考核需要灵活设计考核题目。期末试卷过分注重工程性质题目或者综合性较强的题目，不仅导致题目设计难度显著提升，同时导致近几年考试题目内容出现同质化，如何更为灵活地设计工程类题目，锻炼和测评学生解决工程问题的真实能力，而非简单记住套路，值得深入思考。(4) 课程思政融入的时机和方式还需要深度打磨，科学家故事的简单陈述很难打动学生，难以形成实质效果，容易导致课程讲授内容的不连续，并影响授课节奏。(5) 学生课程多，学业压力大，有时难以保证课前预习和有效反馈，课后也没有充足时间巩固训练，授课教师需要基于多年教学实践，摸清学生学习过程的薄弱环节，精准教学，课堂上帮助学生解决每次课的重难点。AI的作用是为有精力和有时间，且需要进一步提升的学生提供学习帮助。

## 6. 结语

本文针对材料力学课程教学内容联系前沿较少、案例驱动教学方式欠缺、知识点考核单一不成体系、思政建设不够深入以及 AI 技术未能实现教与学的深度结合等方面的问题，提出一系列改革措施：

1) 突破教材局限，聚焦前沿，引导学生辩证看待传统理论，实现从被动接受知识到主动创新思考的转变。

2) 以贴近生活和工程的实例为载体，串联知识体系，锻炼建立“实际结构→力学模型→问题解决”的思维过程。

3) 课程考核突出“重理解、强综合、易渐进、拓思维”，减少套用公式，增加综合题、渐进式主观题和工程导向的开放题，提升知识运用能力。

4) 深挖材料力学经典公式背后的科学史故事，将科学家勇于探索、敢于突破的科学精神融入教学，实现“知识传授”与“价值塑造”的有机统一。

5) AI 赋能为学生提供个性化学习资源，为教师提供授课素材，掌握学生学习效果，实现个性化学习与高效教学的协同推进。

课程改革是一项长期且艰巨的任务，伴随改革持续深化，教师需不断适应新要求、破解新问题，同步实现自身能力的提升，探索之路任重而道远。

## 基金项目

中国建设教育协会教育教学科研课题(编号：2023223)，项目名称：面向工程教育认证的机械类材料力学课程改革与实践。

## 参考文献

- [1] 任晓霞, 刘丕养, 赵伟娜, 李凯. 材料力学课程思政教学探索[J]. 高教学刊, 2025, 11(25): 117-120.
- [2] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证标准(2024版)[EB/OL]. <https://www.cceaa.org.cn/gcyjzrzh/xwdt/tzgg56/677023/index.html>, 2024-12-01.

- 
- [3] 任鑫, 张相玉, 谢亿民. 负泊松比材料和结构的研究进展[J]. 力学学报, 2019, 51(3): 656-687.
- [4] 胡天男, 郭鸿鹤. 三维负泊松比超材料拓扑优化设计[J]. 上海理工大学学报, 2025, 47(3): 262-268.
- [5] 杨霖. 俞茂宏: 在中国本土产生世界超一流的创新成果[J]. 中国高新科技, 2018(9): 19-20.
- [6] 俞茂宏, Yoshimine, M., 强洪夫, 咎月稳, 肖耘, 李林生, 盛祖铭. 强度理论的发展和展望[J]. 工程力学, 2004(6): 1-20.
- [7] 俞茂宏, 彭一江. 强度理论百年总结[J]. 力学进展, 2004(4): 529-560.
- [8] Hmelo-Silver, C.E. (2004) Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, **16**, 235-266. <https://doi.org/10.1023/b:edpr.0000034022.16470.f3>
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会. GB/T8391-2007. 双杠[S]. 2007. <https://openstd.samr.gov.cn/bzgk/std/newGbInfo?hcno=00A95A6ACD18ABD1A0A2EEE6ADD62B4C>
- [10] 布卢姆. 教育目标分类学[M]. 罗黎辉, 丁证霖, 石伟平, 等, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 1986.
- [11] 张伟伟, 马宏伟, 武静. 弹性模量的发现历程[J]. 力学与实践, 2023, 45(5): 1209-1214.
- [12] 武际可. 力学史杂谈[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.