

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.05.020

欢迎按以下格式引用:杨晶,白雨,邓美林,等.以学生为中心的材料力学课程教学改革创新[J].高等建筑教育,2024,33(5):155-161.

以学生为中心的材料力学 课程教学改革创新

杨晶,白雨,邓美林,刘宏,牛玺荣

(山西大学 电力与建筑学院,山西太原 030013)

摘要:作为大多数工科类专业重要的专业基础课程,材料力学旨在培养学生掌握扎实的基础力学知识,具备将基础力学知识与工程问题相结合以解决实际工程问题的能力。当前新一轮科技革命和产业变革蓬勃发展,新时代对掌握坚实力学基础的高素质创新型人才提出了更高的要求,然而,传统课堂吸引力不佳、学生缺乏学习兴趣、分析解决问题的能力不足等问题存在于当下材料力学课堂中。因此,开展材料力学课程教学改革和探索,具有重要意义。在以工程教育认证为目标且基于OBE理念的课程体系改革背景下,以土木工程专业为例,通过对该专业材料力学课程知识模块重组,将实际问题与工程案例引入材料力学的课堂教学,探索材料力学课程教学新模式。多种教学手段相结合,增强学生的学习兴趣,让学生成为学习的中心和主体,实现创新意识和实践能力突出的新型人才培养目的。

关键词:土木工程;材料力学;课堂教学;OBE理念;改革创新

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2024)05-0155-07

目前,我国发展环境面临深刻复杂的巨大挑战。2020年9月11日,习近平总书记主持召开了科学家座谈会并发表重要讲话,在新的历史条件下国家对科技创新作出了重大战略部署,以“四个面向”为准则对科技创新提出了新要求,科学发展、科技创新在新时代被赋予了新的历史意义。人才培养是实现科学发展和科技创新的重要渠道,而高等教育又是人才培养的关键。力学既着眼于科学又兼具工程属性,运用科学的一般规律揭示蕴含在工程中的问题实质和定量设计准则,一直以来在工程类高等教育中占据着重要的地位^[1]。材料力学在课程体系中通常扮演着“桥梁”的角色,是绝大多数工科专业从基础课程学习向专业课程学习过渡的重要通道^[2]。材料力学旨在促成学生掌握扎实的基础力学知识,并能灵活运用基础力学知识解决实际工程问题^[3-4]。材料力学课程的学习对后续课程的学习及未来从事各行业的相关工作至关重要。为适应新时代对人才培养提出的新目标和新要求,材料力学课程教学改革创新势在必行。

修回日期:2022-06-21

基金项目:山西省高等学校教学改革创新项目(重点)(J2017001);山西省高等学校教学改革创新项目(J20220051)

作者简介:杨晶(1981—),女,山西大学电力与建筑学院副教授,工学博士,主要从事岩土工程与新型筑路材料研究,(E-mail) yangjing@sxu.edu.cn。

一、传统材料力学课堂中存在的问题

教学改革以教学过程中存在的主要问题为出发点,只有认识到存在的问题,才能更好地分析问题,找到解决问题的途径,从而更有针对性地进行以需求为导向的教学改革。通过参阅同类文献及对实际教学过程中的体会,认为目前材料力学课堂教学中主要存在如下问题。

(一) 课堂吸引力不足,学生主动学习的热情不高

材料力学同其他力学基础课程一样,传统的课堂教学仍难以摆脱教师难教、学生难学的现状^[5]。有限的课堂教学中,教师多数在将基本原理和主要知识点按常规的课程章节顺序和讲授逻辑陈述给学生,因此传统的以“灌输”式的知识传授为主的教学模式,仍然普遍存在于课堂教学,然而,晦涩难懂的基本原理、枯燥陈旧的知识内容难以激发学生的学习兴趣,这些问题直接导致了学生对材料力学课程的兴趣不高、学习动力不足,对于成长在移动互联网时代的大学生,这一现象更为凸显。学生对知识和内容的理解不深刻,继而影响学生思考及解决问题的能力,严重影响了其创新意识和实践能力的培养^[6]。

(二) 知识体系固化,课程内容推陈出新慢

长久以来,力学知识课堂教学体系固化、内容陈旧,整体推陈出新速度慢,技术与产业发展、近现代力学的新进展未能有效地融入力学基本课程,交叉学科中形成的新认识也未能有效融入力学学科,以人工智能为代表的新科技革命技术还没有在力学的知识体系中引起足够的共鸣。对于当代大学生,若课堂吸引力不能超越便捷而丰富的网络和信息资源,授课效果将不尽如人意^[1]。因此,在严谨的纲领下将教学变得有趣,实现教学内容的与时俱进,提高学生学习的自主性和学习效果的方法,均是当下从事基础力学课程教学的教师应该深入思考的问题^[7]。同时结合时代特征和力学学科发展规律,开展材料力学课程的教学改革和探索,具有重要意义。

(三) 课时不断压缩与课程内容无法割舍的矛盾凸显

在总课程课时和学分不断优化缩减的大形势下,材料力学的课时也一压再压,目前我国《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》中,对土木工程专业材料力学的课时标准要求为“54+10”,即54个理论学时,10个实验学时。然而,材料力学一线授课教师均有体会,基本变形、超静定问题求解、强度理论、组合变形、压杆稳定、能量法、动荷载,这些固有的教学内容均有先后逻辑关系顺序,对于学生基本知识结构能力的培养和后续课程的衔接学习,任何一部分内容都无法割舍。尽管有中国大学慕课 Mooc、雨课堂、学习通等线上学习平台作为课前预习和课后巩固的辅助教学手段,但学生繁重的课业任务、有限的课后学习时间、低效的学习过程和效果检验方法,对线上学习的成效产生较大影响。对部分自觉性差的学生,课堂上教学内容的调整 and 教学形式的变化反而导致了学习效果不尽如人意,无法真正发挥线上线下结合提高教学效果的作用。

二、以学生为中心的教学创新模式

进入21世纪以来,新一轮科技革命和产业变革蓬勃发展,对掌握坚实力学基础的高素质创新型人才提出了更高的要求。针对目前土木工程专业材料力学课程教学中存在的诸多问题,在以工程教育认证为目标的课程体系改革背景下,本着“问题提出-思路启发-主动思考-拓展应用-加深理解”这一基本思路,将传统教学观念以“教”为中心向以“学”为中心转变,突出教学过程以学生为中心的教学创新模式。针对具体的教学内容设计,以上述基本思路为主线的教学实施过程,以实际问题为出发点引入专业概念和知识点,通过启发和引导促使学生理解抽象概念,并主动思考以解决

实际问题。在此基础上,进行与章节教学内容相关的拓展训练,让学生在动手实践的过程中动脑思考,主动尝试,从而加深对基本知识内容和概念的理解,深化知识体系,达到灵活应用的目的。以上教学思路和创新模式的实施,不仅注重知识的传授,还注重能力的培养;不仅强调基本原理的理解,还强调知识的拓展应用与创新思维的锻炼。

此外,为实现基础知识扎实、工程实践能力和创新能力凸显的人才培养目标,以OBE理念为根本,遵循“社会需求-培养目标-毕业要求-课程体系-课程目标-教学内容”的逻辑,重组材料力学的知识模块,反向设计了材料力学的教学内容,如表1所示。

表1 基于产出的教学内容逆向设计与正向实施

→逆向设计→						
社会需求	培养目标	毕业要求	课程体系	课程目标	教学内容	达成度权重值
		1.2 掌握用于解决土木工程问题的自然科学知识。		基本原理	掌握材料力学的研究对象、任务、基本假设,掌握杆件的内力、应力、变形、应变和能量等基本概念、相互关系与研究方法,熟悉材料的力学性能与截面的几何性质等基本概念及其对杆件性能的影响	0.4
应用型创新创业人才	基础扎实、专业宽广、工程实践能力强	2.2 能够应用土木工程的基本原理判断土木工程领域复杂工程问题,建立简单合理的土木工程力学模型	力学课程群	分析能力	能够熟练运用基本变形的应力、变形和能量法等相关理论进行静定与超静定构件的强度、刚度与稳定性分析。能够运用复杂应力状态分析和强度理论分析组合变形、动荷载等的强度问题	0.4
		4.2 能够基于科学原理并采用科学方法对实验数据和实验现象进行整理和分析,并通过信息综合得到合理有效的结论		研究与创新能力	掌握应变分析、电测法及相关实验技能,并能将实验技能与理论知识相结合用于解决实际的复杂工程问题,具备将工程实际问题模型化、抽象化的分析与研究能力	0.2
毕业要求控制			课程达成度控制,持续改进机制			
←正向实施,实施过程标准化控制←						

遵循以上教学改革创新理念,材料力学的课堂教学具有了更为明显的特色和吸引力。团队授课教师经常进行教学研讨,搜集并交流与教学内容相关的具体案例,设计引人入胜的每课一问,通过设问的形式,引起学生对内容探究的兴趣,继而循循引入主题,引导学生积极思考,主动参与教学过程,将课堂教学由传统的知识灌输转变为问题引导和主动求证的新模式。在课堂的教学组织中,丰富教学方法和手段,适时将情景教学、游戏教学融入课堂教学,采取多种教学手段相结合的方法,在很大程度上增强了学生的学习兴趣,让学生成为主体,主动求知,勇于实践,知行合一。拓展应用

采取小组讨论的形式开展,学生根据教师提出的问题设计合理的实施方案,学习成果以项目展示、成果汇报等方式展现。这个过程对于学生很有吸引力,学生在认真准备的过程中不仅巩固了基本原理和课程内容,加深了对理论知识的理解,还将理论知识与实际应用结合起来,启发了思维,锻炼了发现问题与解决问题的能力。此外,采取多方位、灵活和柔性的考评策略,强调学生在考评机制中的主体作用,不断提高教学效果对培养目标的达成度,形成良性的闭环系统。

三、课堂教学创新方法体现及实施途径

以“问题提出-思路启发-主动思考-拓展应用-加深理解”为课程教学改革的基本思路,突出了教学过程“学生想、学生学和学生做”的创新教学模式,激发了学生主动学习的热情,有益于学生创新意识和实践能力的培养。

(一) 革新教学内容,提升课程教学吸引力

从实际问题及工程问题出发,通过先抛出问题的方式,引导学生对知识内容进行主动思考,并尽快进入教学状态,避免了一味地知识灌输,增强了课堂吸引力。将课程讲授的主要章节内容与具体实际问题相结合,使学生将无感的应力、强度等概念与有感的事物或实例相结合,能更好地理解材料力学的主要内容和核心知识点。通过引入身边的事物和实例,结合典型工程案例或实时案例,如暴雪后的顶棚坍塌事故,暴雨后古城墙的破坏,我国第一座鱼腹式箱梁转体桥的设计思路等,将课堂教学内容与生活实际相联系,将基本知识、原理和公式的推导以实际问题的求解为前提,在学生已经主动思考的基础上再进行系统讲授,学生可切身感受如何应用基本原理解决实际问题,在教学过程中的参与度及主动性明显提高。

(二) 合理组织实施课堂教学内容,活跃课堂气氛

通过引出问题、思考问题、基本知识原理讲述、分组讨论、展示实施、总结点评等环节将教师教学和学生参与相结合,增强了教学过程中的师生互动,活跃了课堂气氛。分组讨论和展示实施将被动教学转变为主动教学,将学习的主动权交给学生。学生在理解基本知识原理后,分组设计演示与教学内容相关的验证试验或应用实例,学生全程参与课堂教学,学习兴趣油然而生。此外,理论知识的实际应用有助于学生思维的启发和锻炼,培养了学生发现问题和解决问题的能力,在交流展示的过程中,学生积极讨论,互相学习,激励自己不断进步。

(三) 丰富教学手段,增进教学效果

在各教学环节的实施过程中融入情景教学、直观教学及课堂研讨等教学方法与手段,有助于学生对知识内容的深刻理解和拓展应用^[8]。通过图片、动画、视频等丰富的网络教学资源,设置与教学内容融为一体的情景式教学,寓理于情。采用实体教具演示构件受到不同外力发生不同变形时其表面横、纵向线段的变化,帮助学生理解变形几何条件及平面假设。利用硅胶材质教具,讲解矩形截面梁如何通过增大抗弯截面系数提高强度。利用压杆稳定装置的演示,帮助学生理解不稳定平衡状态的概念。对一些重要的内容适时进行课堂研讨,如相同的等边角钢组合成不同形式的组合截面,通过分组讨论哪种形式的组合截面强度更高,并进行计算验证,切实保障了每一位学生的课堂参与度。同时,将学生参与教学活动部分的情况计入考核内容中,不仅丰富成绩构成,体现了过程考核,还激发学生课堂思维的活跃性,保证了教学效果。

(四) 思政融合专业,建立良好的师生关系,体现个性化教育

在日常教学过程中,融入思政元素,由授课教师针对近期社会热点或课程前沿准备讨论话题,引导学生参与讨论,从而达到传递主流正能量,抨击社会不良现象,帮助学生形成正确的世界观、人

生观、价值观的目的。通过幽默、巧妙的方式,利用网络热词,适时将思想、文化及品德的教育与课程内容相联系,如在讲到提高梁弯曲强度措施这部分内容时,在理论上对同一截面矩形梁竖放和平放的强度进行比较后,提到“躺平”这一热门词汇。保证学生的注意力紧紧围绕在课堂上,活跃的课堂氛围会增进整个班级对课堂知识的获取度。建立良好的师生关系对于学生提升学习兴趣起到至关重要的作用,学生信任教师,愿意全力配合教师,课堂上会有非常强烈的听课意识和表现欲,而教师也在良好的课堂氛围中,全身心投入教学,这种双向促进关系能将课堂讲授的效果发挥得淋漓尽致,教师讲课、学生听课成为一种享受,教学效果自然提升。良好的师生关系,还体现在对每一位学生的了解和关心上。小班教学是必要的条件,通过穿插几次随堂测试,掌握每个学生的学习程度,一方面作为平时成绩的部分依据,另一方面有助于教师针对性地对不同学习程度的学生进行有效辅导。

(五) 不断更新教学理念,不忘教学初心

在教育教学中要体现以学生为中心,以学生为主体的模式,离不开好的教学设计理念。任课教师除了需要熟悉课程的知识点与知识体系、准确把握重点和难点,还要对教学内容的开展方式进行思考,选取合适的实例,合理地抛出设计的问题,既要抓住学生的眼球,又要与理论知识相联系,起到衔接互补的作用。另外,要挖掘教学内容的深层次内涵,摆脱知识固化,超越现有的教学内容,引入与教学内容相关的力学新进展,甚至跨学科的内容等^[9-10]。因此,教学团队应常与兄弟院校的同行交流、探讨,学习先进的教学理念,拓展思路。

教学改革与创新,必然对教师提出更高的要求,无论如何更新教育理念,作为课堂教学的主要责任人,教师都应始终不忘教学改革和创新的初心,这样才能真正切实投入课堂教学,才能让学生真正有所收获。

四、教学创新案例与效果

以材料力学中的弯曲应力部分教学内容为例,说明材料力学课程教学创新和改革的具体实施过程。

(1)抛出问题。如“房屋结构中的梁,其横截面是什么形状?是竖放还是平放?为什么?”从身边的小问题出发,学生通过观察所在教室的梁,对提出的问题进行思考。在进行理论计算前,学生已有答案,问题会促使他们去思考。

(2)引用古今中外的事例。对问题进一步深入探讨:①1103年,北宋著名建筑学家李诫在其所著《营造法式》“大木作制度”一篇中,对矩形梁的高宽比作了如下规定:“凡梁之大小,各随其广分为三分,以二分为厚。”即 $h/b=3/2$ 。②伽利略在1638年出版的《关于力学和局部运动的两门新科学的对话和数学证明》一书中,比较了矩形截面竖放和平放时悬臂梁的强度,得出了结论:“竖放时的强度要比平放时大,其比例等于宽度与厚度之比。”以上问题的提出与课程教学内容紧密切合,有助于引出学生对弯曲应力和强度的思考,激发了他们对原理性知识学习的热情。同时从思政元素的角度,指出我国早于国外近半个世纪得到相同的结论,并以《大木作制度》为背景,引入土木工程规范,并强调规范的意义。

(3)循序渐进引入主要知识内容。前期的代入让学生充满兴趣,而对问题的急于求证也促使学生饶有兴致地听完公式的推导,从而加深对知识的理解程度。讲述过程中,为加深学生对弯曲应力分布情况的认识,随机找一名学生在课堂上现场进行平板支撑,小臂和脚尖临时构成了人体的支座,支座中间部分即为受弯的“梁”,在重力的作用下,应力分布表现为上部受压,下部受拉,学生立

刻心领神会。情景式和游戏式教学方法的融入,让课堂气氛变得空前活跃,学生的注意力集中在课堂上。另外,还可以利用ABAQUS制作模型梁演示其变形和应力的情况,让学生对内容有更为直观的认识。

以往提高弯曲强度的措施一般需要讲授一个课时,利用结余的课时让学生开展分组讨论和展示交流。首先,要求学生根据教师下发的材料制作规定长度的梁,截面形式由各组讨论确定。其次,在课堂上进行分组展示并现场测试承载能力。最后,通过承受荷载的情况和梁的自重,评比设计方案。教师引导学生根据测试结果进行思考。这种启发式、讨论式的方法不仅加强了学生之间、师生之间的互动,增进了感情,而且引导学生对知识内容进行拓展应用,加深了对理论知识的思考。在该部分内容结束后,进行一次随堂测试,填写学生测试情况记录卡,了解每个学生对知识的掌握程度。

与创新性教学模式相适应,改革传统死板的考试考核方式。学生参与教学活动部分情况计入考核内容,将分组讨论、成果展示、项目汇报和随堂测试等计入总成绩,采取多方位、灵活和柔性的考评策略,不断提高培养目标的达成度,形成良性的闭环系统。

材料力学课程在遵循上述理念,开展教学改革实施后,学生的学习状态有明显改观,成绩也有所提升。图1为对应教学改革实施前后,土木工程专业两个年级的成绩分布柱状对比。由图1可知,80分以上的人数大幅增加,不及格人数有所下降,直观上表明教学改革的成效。

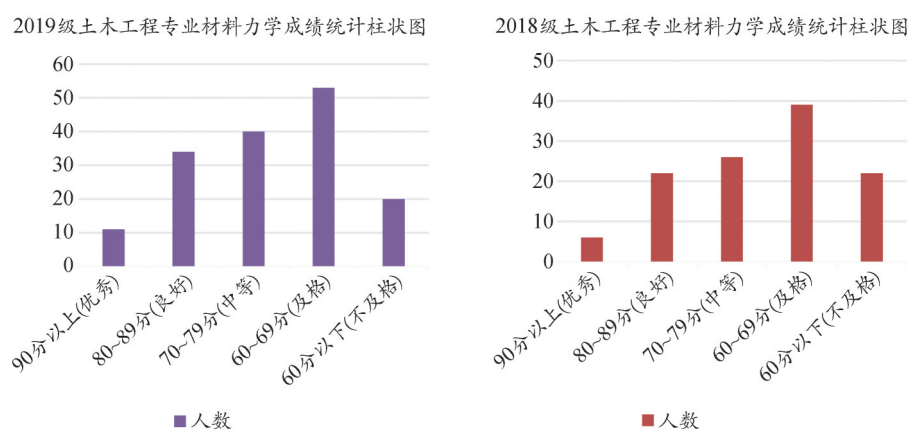


图1 实施教学创新改革前后材料力学成绩统计柱状对比图

五、结语

以上关于材料力学课程教学的有关创新思想和改革措施,有利于提高学生课堂学习和动手实践的积极性,提高教学质量。

(1)通过以目标为导向的基于OBE理念教学设计思路,重组了材料力学的知识模块,反向设计了材料力学的教学内容。课程模块内容更为合理,教学目的更加明确。

(2)通过探索分析实际工程问题激发学生的兴趣,让学生有机会运用所学知识解决实际问题,从而使其更有成就感。帮助学生更为直观地了解和掌握材料力学的基本原理,加深对知识的理解和记忆,激发学生扩展课堂知识的热情,理论联系实际,提高学生的工程应用意识和创新性思维意识。

(3)学生在与教师的互动中增强了教学参与感,良好的师生关系促使教和学的良性循环。学生

转变思想,成为课堂的主体,学习的主动性提高,自主的探究能力提升,在思维启发、语言交流、批判及创新等方面的能力均得到了锻炼。

(4)创新型教学模式对教师提出了更高的要求,任课教师需根据专业特点挖掘更多的素材,在充分熟悉课程知识体系和教学目标的基础上,花更多的精力进行教学设计,合理组织教学,继续深入开展个性化教育,提升教育教学质量,适应新产业技术飞速发展形势下国家对创新人才培养的需求。

参考文献:

- [1] 赵沛,王宏涛,杨卫. 新语境下力学本科课程体系的重塑与实践[J]. 力学与实践,2020,42(6):766-770.
- [2] 郑训臻. 基础力学课程思政教学理念与实践探索[J]. 高等建筑教育,2021,30(2):103-112.
- [3] 杨庆生,叶红玲,杜家政,等. 基础力学课程教学与课程思政的协同建设与实践[J]. 力学与实践,2021,43(6):955-958.
- [4] 张桂民,王贞硕,董纪伟,等. 土木工程专业材料力学课程教学典型案例剖析[J]. 高等建筑教育,2020,29(1):181-188.
- [5] 周宏伟. 力学教育的前世今生[J]. 力学与实践,2015,37(1):113-116.
- [6] 杨晓峰,刘全. 工程问题导向型材料力学教学法改革与实践[J]. 力学与实践,2018,40(4):442-445.
- [7] 苏恒宇. 基于PLB理念的翻转课堂在建筑力学课程中的建设应用[J]. 现代教育技术,2018,40(4):442-445.
- [8] 付晓强,杨焱,魏超,等. 案例教学法在《材料力学》课程教学改革与实践中的引导作用[J]. 南昌师范学院学报,2020,41(3):22-25.
- [9] 范钦珊,殷雅俊,唐静静,等. 改革教学,创新教学——“材料力学”课程教学改革实践与体会[J]. 力学与实践,2018,40(5):543-549.
- [10] 薛秀丽,曾超峰. 浅谈高校青年教师如何开展教学工作——以材料力学课程为例[J]. 高等建筑教育,2018,27(4):140-143.

Student-centered teaching innovation and reform of mechanics of material

YANG Jing, BAI Yu, DENG Meilin, LIU Hong, NIU Xirong

(School of Electric Power and Civil Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030013, P. R. China)

Abstract: As an important professional foundation course of most engineering majors, mechanics of material aims to train students to master solid basic mechanics knowledge, and have practical ability to integrate basic mechanics knowledge with engineering problems. At the present stage, a new round of scientific and technological revolution and industrial transformation is flourishing. Higher requirements are put forward for high quality creative talents with solid mechanics knowledge. However, some problems are still common, such as unattractive traditional classroom teaching, lack of interest in learning, and lack of ability to analyze and solve problems. Therefore, it gets great significance to carry out teaching reform and exploration of mechanics of material. Under the background of curriculum system reform which is aiming at engineering education certification and concept of OBE, the knowledge module of mechanics of material is regrouped, and practical problems and engineering cases are introduced into the teaching process. The new teaching mode is explored. A variety of teaching methods are used, and the students' interest in learning have been increased. Students gradually become the main body of learning, and the purpose of cultivating innovative talents with creative consciousness and practical ability can be achieved.

Key words: civil engineering; mechanics of material; classroom teaching; OBE concept; reform and innovation

(责任编辑 邓云)