

# 新工科背景下的材料力学实验教学改革

康颖安,程玉兰,夏平,王高升,张志伟

(湖南工程学院 机械工程学院,湖南 湘潭 411104)

[摘要] 实验教学是促进学生工程思维、实践能力和科学素养提高的重要手段。以湖南工程学院材料力学实验教学实践为出发点,针对传统实验教学中存在的问题,结合新工科背景下人才培养理念,从材料力学实验内容的延伸与融合、实验教学思政元素的融入、实验教学模式的转变和实验教师队伍的建设等方面推动材料力学实验教学改革,为培养具备实践能力和创新精神,具有协同合作、求真务实、学习能力等综合高素养的未来工程人才提供借鉴和参考。

[关键词] 新工科;思政教育;材料力学实验;实验教学

[基金项目] 2019年度湖南省普通高等学校教学改革研究项目“新工科背景下工程力学虚拟仿真实验平台建设与实验教学改革”(湘教通[2019]291号);2019年度教育部高等教育司第一批产学合作协同育人项目“新工科背景下材料力学虚拟仿真实验室建设”(201901273040);2021年度湖南省线上线下混合式一流本科课程“材料力学”(湘教通[2021]322号)

[作者简介] 康颖安(1972—),女,湖南涟源人,工学博士,湖南工程学院机械工程学院副教授,主要从事材料力学相关的理论和实验研究。

[中图分类号] G642.0

[文献标识码] A

[文章编号] 1674-9324(2022)18-0073-04

[收稿日期] 2021-07-10

随着新产业的繁荣兴起及就业需求的变化,高等工程教育人才培养存在滞后和不匹配等问题,需要进行改革创新。为加快新工科建设,培养具备较强实践能力、创新能力和学习能力、深度思考能力的新工科人才,高校在培养卓越人才时要做到“融、通、变”的转变<sup>[1]</sup>。我校是教育部首批“卓越工程师教育培养计划”高校之一。为培养卓越的工程技术人才,我校在课程教学模式方面做出诸多改革和创新<sup>[2]</sup>。

材料力学是实践性强、与工程实际结合紧密,能解决工程实际问题的一门学科。实验研究和理论分析在材料力学中同样重要,材料力学实验由理论分析向实践迈进,是培养学生实践和创新等综合能力的重要手段<sup>[3]</sup>。当今社会互联网、教育教学信息技术迅猛发展。为满足新工科培养人才的需求,材料力学实验课程的教学改革需要受到教育工作者的重视。目前,材料力学实验教学存在以下问题,值得思考和改进。

## 一、材料力学实验教学现状

### (一) 实验内容固化,缺乏创新

材料力学性能测试实验中,通过实验测定材料的强度指标,如屈服极限、强度极限等;塑性指

标,如延伸率、断面收缩率等,这些材料性能指标是设计构件的基本参数和依据。性能测试实验作为演示性实验,常用低碳钢和铸铁作为试件材料,对于一些新型材料、新技术加工的材料力学研究较少涉及。缺乏新的实验技术,例如依托虚拟仿真技术建设的虚拟仿真实验尚未被充分利用。

### (二) 实验教学重知识传授,缺乏价值引领

工科学生不仅要掌握专业内容和前沿知识,更需要具备良好的职业道德、社会责任,以及正确的世界观、人生观、价值观。如何在注重专业知识传授的同时,在实验教学中培养学生严谨的学习作风和坚持不懈的科学精神,以及创新思维、团队合作精神和实事求是的学习态度,是力学实验教学改革的重要方向。

### (三) 实验教学模式单一,缺乏自主性

为应对新冠肺炎疫情,教师与学生和信息化网络教学从陌生到熟悉。重新回归课堂,我校对理论课程的线上线下混合式教学模式进行了积极的探索和实践。但材料力学实验教学模式依然以教师为中心的旧模式为主,教师全程讲解并示范基本操作。学生只是机械地完成实验,对实验目的不明确、实验内容不清楚、操作过程不细究、实

验结果不了解,学生在实验中缺乏自主能动性<sup>[4]</sup>。

教师对学生的实验成绩评价单一且不全面,也是需要解决的问题。通常教师以实验报告作为唯一评价依据,而当存在多份实验报告内容较多雷同时,很难判断教学目标是否达成。单一的考核方式必将影响学生对实验学习的积极性。

## 二、实验教学改革措施

新工科建设强调科学基础、交叉融合和实践教学。新工科实践要立足基础科学新发现。为顺应时代要求,培养具备较强实践能力、创新能力等综合素质的新工科人才,需要对材料力学实验教学提出更高的要求,在教学内容、教学方法、教学模式等方面进行改革。

### (一) 实验内容的延伸与融合

根据材料力学实验教学大纲,我校开设的材料力学实验共8学时,包括基础性实验、综合性实验和创新性实验。基础性实验和综合性实验为必修实验,创新性实验为选修实验,同时也是大学生创新训练项目的一部分。

基础性力学实验,包括金属材料拉伸、压缩、测弹性模量、扭转、弯曲等力学性能测定实验,这些实验项目的主要目的是使学生掌握常用材料的基本力学性能及测试方法,通过基本实验技能的掌握,加深对材料力学理论知识的理解。

综合性力学实验,包括直梁纯弯曲正应力实验、组合变形构件内力测定、偏心拉伸、压杆稳定等电测应力分析实验。这些实验在受力构件或模型表面直接粘贴应变片来测得各点应力和变形,从而分析构件的应力分布规律和承载能力。在实验中能够根据对象特征,选择研究路线、设计实验方案,具有实验数据的获得和处理能力及综合设计能力。例如,在偏心块的拉伸测试分析中,学生独立设计实验方案,确定应变片粘贴位置和电桥接线方式。选用夹具,完成拉伸机上偏心试件安装,加载拉力让偏心试件承受拉伸与弯曲组合变形,完成实验。压杆稳定实验临界载荷的测定方案:用电测法测压杆试样中间的轴向应变,由应变来确定临界压力;当然也可用百分表测试样中间的挠度来得到临界载荷。而电测法选择组桥方案,熟悉电测法组桥技巧。将材料力学理论知识在实际中运用,开拓思维,加强综合分析能力。

随着时代的发展,力学与其他学科交叉融合

形成新力学分支。材料力学实验中,引入具有工程背景的实验项目,延伸材料力学实验内容,开设力学与材料学、机械工程等交叉学科融合的开放性研究和创新性实验。新型材料如泡沫金属、功能梯度材料等力学性能研究。依托“风电运维与测试技术”湖南省工程实验室,模型叶片在动载荷下应力测试实验,培养学生科研创新能力。3D打印技术是科技发展的前沿技术,利用3D打印技术,将截面逐层打印出来从而制造出一个拉伸试件耗材。拉伸实验测试发现:同样形状的实体采用不同方向的打印方式,其力学性能表现明显不同。创新性实验可以打破学科界限,拓宽视野,加强创新思维意识和能力的培养。

### (二) 实验教学思政元素的融入

新工科人才培养需要学科和专业的融合,也需要人才能力的融合。未来的工程人才在具备丰富知识储备的前提下,还应当具有协同合作、理想信念、科学素养、学习能力等综合素质。因此,实验教学也要承担起思政育人职责,将价值塑造、知识传授和能力培养三者融为一体。在实验教学中帮助学生树立正确科学观,助力学生掌握科学方法、形成高尚科学精神、提高科学素养、培养实事求是的科学作风。

培养实验安全防范意识。材料力学实验中,需要用到电子实验设备。在使用电子实验设备时,必须强调实验设备不能带电插拔电源线;开机后要预热10分钟,待系统稳定后,才可进一步使用;实验结束,一定要关闭所有电源。在实验前进行操作规范 and 安全教育,培养学生正确使用实验设备,具备良好的安全意识。

培养严谨细致、精益求精科学精神。如拉伸试件安装前,学生动手测量试样原始尺寸。要求在试件标距的上、中、下部三个位置,沿两个相互垂直的方向测量试样直径,记录数据,计算且取其中横截面积较小值。试件尺寸测量,要求学生动手测量,记录真实数据,不得随意改动数据。电测法粘贴应变片,则要求学生严谨细致,应变片位置、角度和粘合度都需要精益求精的科学精神。

培养正确的人生观和价值观。扭转实验中,我们发现低碳钢抗扭力学性能比铸铁强。其原因是低碳钢扭矩较小时,在比例极限内,横截面上切应力沿半径线性分布如图1(a)所示。随着外力矩

增大,横截面边缘处的切应力率先到达剪切屈服极限,但是塑性区逐渐向圆心扩展,形成环形塑性区如图 1(b) 所示。扭矩继续增加,直到整个截面几乎都是塑性区如图 1(c) 所示,在扭矩与扭转角的曲线上出现屈服平台。而铸铁在扭矩作用下发生扭转变形,只要横截面边缘处的切应力到达剪切强度极限,材料就破坏。从低碳钢应力分布规

律来看,这蕴含着部分和整体、个人和集体的哲学原理。部分构成整体,在一定情况下,关键部分的性能状态对整体起决定性作用。个体融入集体,个体的聪明才智才能得到发挥,才能实现个体在社会中的价值。个人利益得到实现,才有利于集体利益的高水平实现。“一根筷子折不断,十根筷子抱成团”,明白团结就是力量的道理。

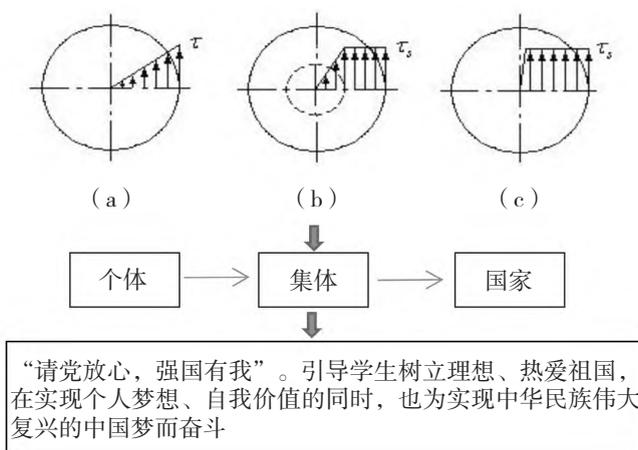


图 1 横截面上切应力分布及其对应的思政元素

### (三) 实验教学模式的转变

虚拟仿真实验以其绿色、经济和安全,真实模拟实验对象与环境等优点快速走进大家的视野。相比传统实体实验,虚拟仿真实验有着不可比拟的优势。许多高校实验室相继建设了各具专业特色的虚拟仿真实验项目<sup>[5]</sup>。国家虚拟仿真实验教学“实验空间”有着优质的实验资源。我校也建有工程力学虚拟仿真实验室。实验教学充分利用虚拟仿真实验资源,虚实结合、虚实互补,将实体实验和仿真实验有机结合,依托学习通材料力学教学平台,开展线上线下混合式实验教学模式。(1)课前。教师通过学习平台提前一周发布实验项目内容、实验目的和实验资料,学生通过实验预习,回答问题,了解相关实验的设备、操作规范和注意事项,完成预习报告。(2)课中。教师理论联系实际,既有实体实验操作,又可通过虚拟仿真实验将材料力学中的力学原理和现象剖开放大展示给学生。例如,低碳钢拉伸实验中屈服阶段,光滑试件表面出现与轴线约 $45^\circ$ 倾角的滑移线,这是因为最大切应力引起的。在实体实验中,学生很难观察到这一现象,且整个实验过程是连续的。材料力学性能测试实验也是耗材、成本比较大的,

在压缩实验中,由于压头部分没有防护,在压缩试件压断时,可能有蹦出物弹出伤人。这些在虚拟仿真实验中都能很好地解决,它可多次重复实验,经济且安全。学生熟悉仿真实验,设计实验方案后,再进行实体实验操作。并记录实验数据,完成数据处理。师生探讨、生生合作式学习解决实验疑问。(3)课后。学生完成实验思考题、撰写实验心得,线上提交实验报告。教师总结并延伸出力学实验的新问题,提供拓展性实验资料,供学生思索和丰富实验内容,促进学生实践能力不断提高。

对学生实践能力全面、有效的考核方式是约束和促进学生学习的有力手段,可改善学生抄袭实验报告、实验积极性不高的问题。材料力学实验成绩由预习报告、实验操作、实验报告、线上学习数据等组成。其中预习报告占 10%,实验操作占 30%,实验报告占 50%,线上学习数据根据学生实验课出勤签到、实验资料学习次数、讨论等进行汇总,其数据由学习通课程平台数据得出,占 10%。对于创新性实验,学生感兴趣并在教师指导下完成实验,根据研究报告中的实验内容、数据处理、结果分析和结论,在实验成绩考核中适当加分,让实验动手和设计能力强的学生脱颖而出。

#### (四) 实验教师队伍的建设

为适应新型的工业化时代,教师需要更新教育理念,实验教学要起到价值引领、能力达成、知识传授的作用。教师个人首先要爱岗敬业、为人师表、热爱学生,同时要有过硬的职业素质和夯实的专业知识,掌握学科前沿发展动态,注重知识结构更新和学识学术水平的提高。

为实现选择多样性和特色多样化的新工科教育,新工科培养体系需要行业与企业的参与,实现产学研融合协同育人。选拔引进有行业背景的骨干教师和研究新材料、新测试方法的新生力量注入。通过企业项目合作和各种教育教学能力培训,建立起一支高素质的实验教师队伍。我校机械设计专业是国家级一流专业建设点,也是卓越计划实施专业。根据区域经济发展和产业转型升级对机械类人才的需求,机械工程学院实行“双师型”教师队伍建设方式。为青年实验教师配备传帮带的指导教师;选送优秀教师到国内外知名高校进修;将无工程背景的教师送到企业锻炼;将具有工程背景的优秀人才引进学校充实到实验教师队伍,和企业联合建立实验中心。经多年实践,学生的工程实践、创新能力明显增强。学生力学、机械创新大赛等学科竞赛成果突出。

#### 结语

实验教学是培养学生工程思维、实践能力和

创新能力的重要途径。为培养复合型工程人才,改变现有实验教学不良现状,实验教学改革尤为重要。新工科背景下实验教学应始终坚持以需求为导向、以学生为中心,让学生主动学习和参与工程实践。通过实验内容的延伸与融合、实验教学思政元素的融入、实验教学模式的转变和实验教师队伍的建设等方面推动材料力学实验教学的改革,培养具备实践能力和创新精神,同时具有协同合作、求真务实、学习能力等综合素质的高素质未来工程人才。

#### 参考文献

- [1] 孙如军,李泽,孟德华.新工科背景下应用型人才培养模式研究[J].黑龙江教育(高教研究与评估),2021(3):51-53.
- [2] 夏平,陈莘莘,康颖安.基于“卓越工程师”培养的工科学教学改革研究[J].湖南工程学院学报(社会科学版),2012,22(4):99-101.
- [3] 赵清,徐红玉,王彦生,等.基于工程教育专业认证的材料力学实验教学改革[J].中国现代教育装备,2020(19):36-38+45.
- [4] 刘红光.材料力学基本变形自主式教学模式探索[J].实验科学与技术,2019,17(6):116-119+142.
- [5] 曲淑英,周志新,吴江龙,等.工程力学虚拟仿真实验教学中心资源建设[J].实验室研究与探索,2017,36(12):172-175.

### On the Teaching Reform of Material Mechanics Experiment under the Background of Emerging Engineering Education

KANG Ying-an, CHENG Yu-lan, XIA Ping, WANG Gao-sheng, ZHANG Zhi-wei

(School of Mechanical Engineering, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan, Hunan 411104, China)

**Abstract:** Experimental teaching is an important means to improve students' engineering thinking, practical ability and scientific competence. Taking the teaching practice of Material Mechanics Experiment in Hunan Institute of Engineering as the starting point and aiming at the problems existing in the traditional experimental teaching, combined with the concept of talent training under the background of emerging engineering education, we promote the teaching reform of Material Mechanics Experiment from the aspects of the extension and integration of experimental content, the integration of ideological and political elements of experimental teaching, the transformation of experimental teaching mode and the construction of experimental teachers, so as to cultivate practical ability and innovative spirit, which can provide reference for future engineering talents, such as collaborative cooperation, truth-seeking, learning ability and so on.

**Key words:** emerging engineering education; ideological and political education; Material Mechanics Experiment; experimental teaching