

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2019.02.019

欢迎按以下格式引用:顾爱军,杨小令,梁金栋.材料力学实验进课堂的探索与实践[J].高等建筑教育,2019,28(2):112-117.

# 材料力学实验进课堂的探索与实践

顾爱军,杨小令,梁金栋

(扬州大学 水利与能源动力工程学院,江苏 扬州 225127)

**摘要:**为解决材料力学实验与理论教学不同步而引起的脱节问题,提出将材料力学实验引进课堂的策略。研制了一种小型轻便的材料力学试验机,便于教师随堂带入教室进行课堂实验演示,实现理论与实验同步。试验机以小型、便携为其控制目标,采用组合式设计,具备常用的实验功能。试验机的研制需充分掌握材料力学基本知识,熟悉力学测试原理,了解机械、电子等交叉学科,是很好的大学生科技创新训练课题。学生参与其中能够加深对所学知识的理解,拓宽知识面,提高创新和动手能力。实践证明:这种学生参与的“实验进课堂”教改模式对类似工科课程教学具有借鉴意义。

**关键词:**材料力学;课堂实验;小型试验机;大学生科技创新

**中图分类号:** TU502+.6      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-2909(2019)02-0112-06

材料力学的研究方法包括理论分析和实验研究两个方面,实验教学是材料力学课程不可或缺的部分。因此各高校对材料力学实验教学非常重视,并针对传统教学模式中可能存在的轻视实验、被动学习、缺乏兴趣、思维固化等问题,从条件保障<sup>[1]</sup>、形式改进<sup>[2-3]</sup>、内容创新<sup>[4]</sup>等方面开展了有益尝试。

材料力学实验的各种探索性改革实践在学生创新意识和创新能力培养等方面取得了一定的成效<sup>[5]</sup>,然而,在教学实践中,理论教学与实验教学在时间衔接与内容融合等方面仍然存在一些问题,甚至出现脱节的情况,严重影响教学效果。

作为专业基础课,材料力学通常在诸多班级中同时开课。由于学生人数众多,而实验室只能按接纳能力预约安排实验,导致多数学生实验时间相对滞后,即在理论教学后很长一段时间才能进行实验操作,造成了理论教学与实践环节脱节,影响了教学效果。这一问题普遍存在,其中材料力学性能测试实验由于大型万能试验机相对较少,矛盾尤为突出。若减少实验时间而增加每组人数,则将出现少数人做、多数人看的问题,从而失去实验教学在培养学生的观察能力、分析能力、归纳能力、创造能力方面的优势<sup>[6]</sup>。此外,很多高校材料力学课程由理论课教师和实验课教师分别教授。

修回日期:2017-05-20

基金项目:扬州大学教改课题(YZUJX2015-29B);扬州大学自制实验仪器设备项目(YZUZZ2018-04)

作者简介:顾爱军(1968—),男,水利与能源动力工程学院副教授,博士,主要从事固体力学、工程结构无损检测、声发射研究,(E-mail) aju@yzu.edu.cn。

虽可减轻教师工作强度,发挥各自专长,但实施中会出现由于教师之间沟通不畅,导致理论教学与实践有所偏差等问题<sup>[7]</sup>。

为此,提出实验进课堂的策略,采用小型可携带式试验机在课堂教学中同步进行实验演示,较好地解决了理论教学与实验同步的问题。此外,让学生全程参与小型试验机的研制过程,有利于形成更多科技创新课题。

## 一、总体思路

理论与实验相结合有利于锻炼学生的观察能力和思维能力,培养学生严谨的科学态度和求实精神。国外一些著名高校(如麻省理工学院)将力学教学安排在包含很多实验设备的专用教室中,不但实现了理论与实践教学的同步,也实现了基于创新能力培养的“研究性教学”,取得了很好的效果<sup>[8]</sup>。显然这种模式需要大量的经费投入,且班级较多时同样存在错时排课问题,影响教学进程。张娟霞等将数值试验教学引入材料力学课程教学<sup>[9]</sup>,利用数值试验结果展现“真实破坏过程”,使理论教学与实践教学紧密结合,激发学生的兴趣。有的高校利用事先录制好的实验视频作为同步辅助教学的手段,也有的学校开发了虚拟仿真实验室作为学生及时练习的平台<sup>[10]</sup>。这些方法为解决上述矛盾提供了很好的思路,但这些虚拟方法显然难以达到真实实验“探索未知现象”的效果。

将大型实验小型化,研制可随意组合的小型多功能试验机,由教师随堂带进教室,可以很好地解决这些问题。课堂实验只是作为辅助理论教学的一种教学方式,因此,后续预约实验在时间上可更加宽松,学生对仪器操作更容易上手。小型试验机现场实验的教学效果必然超过播放实验视频,实验进课堂也必定是今后类似课程的发展趋势。

为实现上述目标,需在控制试验机的外形、尺寸和重量的基础上实现试验机的原有功能。其研制过程并非大型试验机的简单缩小,需要对其空间和功能进行合理布置和重新设计。小型试验机的研制需要掌握力学知识,涉及机械、电子等交叉学科,对于工科在校大学生而言,只要进行适当的学习和研究即可胜任,是很好的研究性学习内容和科技创新活动课题。让学生参与课题的意义不仅在于研制的最后结果,更为重要的是这种学生参与“实验进课堂”的教学模式将为工科专业类似问题的解决提供一种全新的思路。

## 二、小型材料力学试验机的研制

该课题的核心是小型可携带式试验机的研制,其总体控制目标是总重量,必须一人可提,便于携带,在此基础上对其结构形式、量程以及被测材料和试件等进行设计和改造,使其能够胜任常规材料力学性能测试的课堂教学演示。

### (一) 小型试验机现状

常见的金属材料万能试验机主要有液压系列和电子系列两种。液压系列以高压油作为动力源,适用于大吨位试验机;电子系列以伺服电机作为动力源,丝杠、丝母作为执行部件,可用于小型试验机<sup>[11]</sup>。目前厂家所生产的小型试验机多用于特殊的材料性能测试,如稀有金属、贵金属和合金等材料研究,事故零件断口附近机械性能研究等。少数用于课堂教学演示的小型试验机可分为两类:一类是专为高校小型材料力学实验室设计的小型多功能试验机<sup>[12]</sup>,这种试验机功能较为齐全,通常能满足材料力学常规实验要求,但体积大,质量重,整套设备质量通常达50 kg以上,虽为“小

型”,但并不方便携带(图1a);另一类为体积小、功能单一的简易拉伸试验机(图1b),其质量大约15 kg,基本满足“便携”要求,但功能相对简单,荷载测试单元需要另外配置,多数未配置位移测试单元。

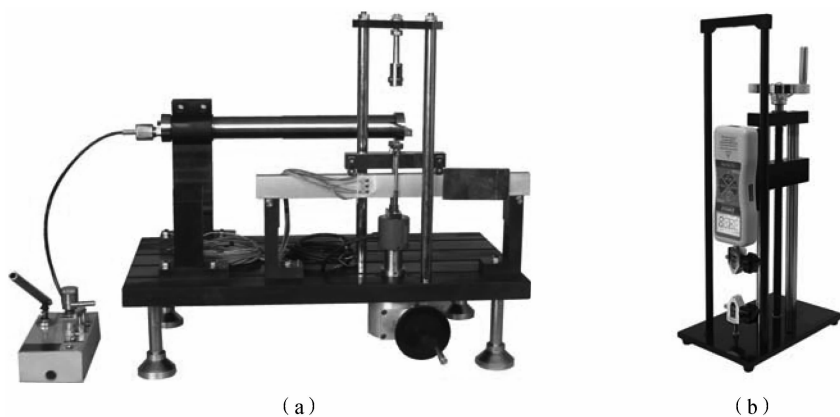


图1 小型多功能试验机与单一型便携式试验机

此外,材料的拉伸试验需要利用荷载-位移曲线(加载曲线)表现材料的力学性能,而市场上的小型力学试验机几乎都不具备此功能,能够显示加载曲线的试验机均已不在“便携式”的范围。

## (二) 小型试验机结构设计与改进

针对上述矛盾,以具有拉伸、压缩功能的试验机为基本构架,通过合理的拆卸与互换性设计,实现弯曲或剪切等多种功能,课堂实验时根据需要选用相应功能。通过结构的进一步优化使其质量控制在10 kg以内。此外,完善加载、测力、测位移功能,使之完整、精确地表现材料的受力-变形关系。

试验机的研制按图2所示技术路线展开,根据测试对象计算位移与荷载量程,从而确定机架的总体尺寸,并按强度、刚度计算确定构件形状和尺寸,加载装置和测试装置均按现有试验机中已有类型进行选择,并作相应改进。此时试验机的重量可以计算确定,若不能满足便携要求,则反向对试验机主体尺寸进行调整,并重新确定机器的量程。最后按量程对试件类型进行选择,包括材料类型、尺寸等,使其破坏过程能够完整展示,满足材料力学性能课堂演示的需要。

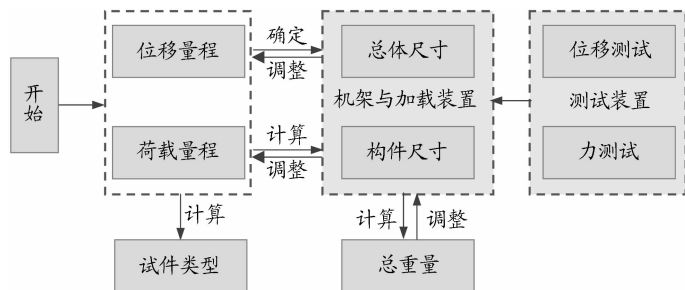


图2 试验机研制技术路线

## (三) 大学生科技创新活动

试验机的研制离不开材料力学知识的铺垫,为此,组织大二学生开展了大学生科技创新活动。活动着重研制拉伸试验机,充分利用已有小型试验机进行改造,研制过程包括选型、验算、改造和改进四个环节。

为实现试验机的便携性,按照轻便优先的原则,在已有小型试验机中选择购买了某型号简易加载架,按上述技术路线进行计算,将整个研究过程分为机架、加载机构、夹头、力测量、位移测量、试件选择等小课题,通过分析讨论,提出优化方案。

(1) 试验机以轻便为主要目标,不追求功能齐全,但设计中应考虑使结构具有相应的组合功能,以便通过简单拆卸实现各功能的替换。

(2) 利用材料力学知识对各部分构件进行安全计算,通过尺寸、截面的优化降低横梁、立柱、底板等部件的重量,并从理论上对轻质材料进行了重量和成本估算。

(3) 对加载方法、夹紧机构、测力方法、测位移方法提出优选或改进方案。如采用手摇丝杆式加载方式,配以光栅尺测位移,采用商用拉压力传感器测力,夹头中部开 V 型槽使之适用于圆柱形试件等。

(4) 提出利用齿轮传动,实现横梁双速升降。非加载情况下快速移动,节约时间;加载情况下慢速移动,稳定省力。

通过对简易加载架的计算校核,确认其具有很高的安全系数。若试件采用直径 4 mm 低碳钢杆,则将其拉至断裂所需拉力约为 5.0 kN,而原结构所能承受的最大荷载为 51 kN。为此结合上述方案,设计了多功能组合式试验机如图 3 所示,其中试验机中的夹头、压盘、弯曲支座等部件均可按需拆除。

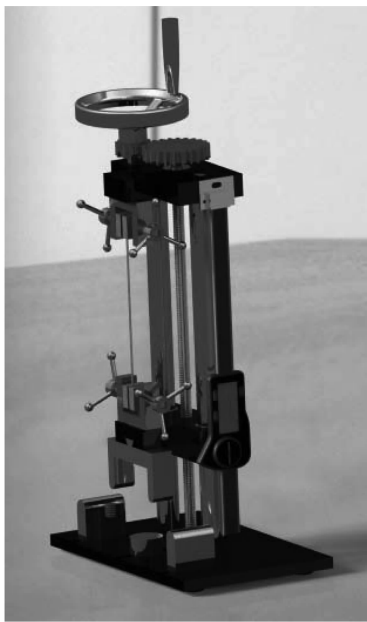
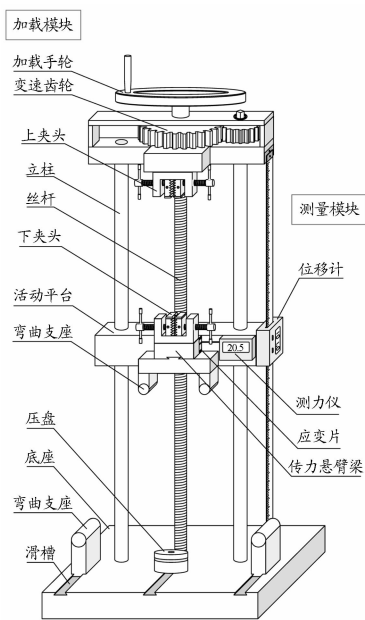


图 3 试验机设计图

### 三、课堂使用效果

课堂使用效果主要体现在两个方面:一是提高了材料力学性能教学效果;二是丰富了相关内容研究教学素材。

#### (一) 材料力学性能教学效果

材料的力学性能这部分内容具有信息量大、知识点陌生等特点,若仅靠课堂讲述学习有一定的难度。利用小型试验机现场进行拉伸破坏试验演示,无论对知识点的理解还是对试验机的认识都

起到了良好的效果。初步设计中尚未加入加载曲线显示功能,仅有力值和位移值的显示。但相比于播放实验视频,其过程更加灵活生动,拉近了实验与理论教学的距离,课堂气氛也更加活跃,达到了预期的教学效果。

为了使力学教学更加贴近生活,试验除采用金属塑性和脆性材料进行课堂演示外,还利用生活中常见的塑料板、细树枝等材料进行拉伸试验。例如:通过试验学生明白了看似脆性材料的枯树枝竟表现出明显的塑性性质。

试验班在讲授该内容两周后安排了真正的金属材料拉伸、压缩实验。从实验过程可以看出,学生对相关力学基本概念有着更清晰的认识,对实验原理和思路更容易理解,对亲手操作电子试验机也更有兴趣。

## (二) 研究性教学素材

在试验机的研制过程中用到了许多材料力学相关知识,如表1所示。因此,设计好的试验机本身也是很好的工程实例,在材料力学教学过程中,一旦讲到相关知识点时,即可以该试验机为模型进行实例讲解,或展开研究性教学。对小型多功能试验机的研制不仅只有部分参加科技创新活动的学生参与,也不仅只参加一次,而是让每一位、每一届的学生都可以体验其研制过程。对照实物进行相关计算,更接近工程实际,学生也更有兴趣。

表1 试验机研制过程中涉及的材料力学知识点

序号	知识点	研究内容	研究目标
1	材料的力学性能	机架设计	各部位选用合理材料
		试件选择	表现破坏的不同塑性性能
2	拉压杆强度计算	试件选择	表现试件破坏全过程
		加载机构设计	丝杆拉压强度要求
3	扭转杆强度计算	加载机构设计	丝杆扭转强度要求
		机架设计	横梁满足强度要求
4	弯曲杆强度计算	荷载测量	通过应变计算弯曲应力
		荷载测量	通过弯曲应力公式计算荷载
5	弯曲杆刚度计算	机架设计	横梁满足刚度要求
6	应变测试原理	荷载测量	利用应变片测试局部应变
7	压杆的稳定计算	机架设计	立柱满足稳定性要求

## 四、结语

针对材料力学实验与理论教学脱节的问题,通过研制小型可携带式试验机进行“实验进课堂”的探索与实践,并作为科技创新训练活动鼓励大学生参与研制过程,无论是科创训练过程还是课程教学脱节问题都取得了预期效果。文中所采用的学生参与的“实验进课堂”教学模式将有助于理论力学、结构力学课程课堂教学效果的提升,对于其他工科专业类似问题的解决具有一定的借鉴意义和推广价值。

## 参考文献:

- [1] 罗伟林, 杨晓翔. 工程力学课程中实践教学的建设[J]. 中国现代教育装备, 2011(3): 18-22.
- [2] 孙建国. 关于材料力学实验教学改革的设想[J]. 力学与实践, 2004(3): 88-89.
- [3] 曾鸣, 邓嵘, 王钰文. 以学生为主体的启发式材料力学实验课程改革[J]. 大学教育, 2017(3): 31-32.
- [4] 金立强, 李书卉, 李达, 孙凯, 刘增利, 邢怀念. 基础力学实验教学体系的改革与探索[J]. 实验室科学, 2017, 20(4): 143-146.
- [5] 唐晓雯. 改革材料力学实验教学注重培养学生的工程素质与创新能力[J]. 高等建筑教育, 2003(4): 82-83; 104.
- [6] 王艳云. 改革实验教学体系 提高学生动手能力[J]. 石河子大学学报: 哲学社会科学版, 2006(S1): 114-115.
- [7] 张旭光, 王秀振, 李莉, 肖明葵. 独立学院土木专业材料力学课程实验教学研究探讨[J]. 高等建筑教育, 2013, 22(5): 125-128.
- [8] 陈棣湘, 潘孟春, 张玘. 麻省理工学院研究性实验教学的启示[J]. 实验科学与技术, 2013(4): 75-77.
- [9] 张娟霞, 郭献章, 周秀艳, 梁正召. 数值试验在提高材料力学课程教学效果中的作用[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(6): 126-129.
- [10] 郝俊才, 程玲, 赵春香. 虚拟现实技术在材料力学实验教学中的应用研究[J]. 课程教育研究, 2013(24): 231-232.
- [11] 郭亮. 金属材料万能试验机概况及主要配置分析[J]. 金属制品, 2011(2): 80-83.
- [12] 孙仙山, 孙芳山. 多功能材料力学试验机[P]. 中国, CN200520200361.7. 2007-02-28.

## Exploration and practice of introducing material mechanics experiments into classroom teaching

GU Aijun, YANG Xiaoling, LIANG Jindong

(School of Hydraulic, Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, P. R. China)

**Abstract:** In order to solve the divorce between experimental and theoretical teaching in mechanics of materials caused by their different steps, the strategy of introducing material mechanics experiments into classroom was proposed. To this end, a small and lightweight material mechanics testing machine was developed, which is convenient for teachers to bring into the classroom for experiment demonstration, and to synchronize theory with experiment. The control objective of test machine was “small” and “portable”, and the combined design was adopted. In addition, the commonly used experimental functions in material mechanics were considered. In the development of testing machine, the basic knowledge of material mechanics needs to fully understand, the principle of mechanical testing needs to know well, and the related knowledge of mechanical engineering, electronics and other interdisciplinary are also needed. Therefore, it was a good scientific and technological innovation training project for college students. The participation of students is conducive to deepening the understanding of knowledge, widening the scope of knowledge, and improving innovation and operation ability. The educational reform mode of “introducing experiments into classrooms” with participation of college students can be applied to similar engineering courses.

**Key words:** mechanics of materials; classroom experiments; small testing machine; scientific and technological innovation of college students