

千分表在梁弯曲法测金属弹性模量中的应用*

蔡彦 李孝攀 包 涔 陈 松 谢 静

(昭通学院物理与电子信息工程学院 云南 昭通 657000)

(收稿日期:2017-01-02)

摘 要:对在用的梁弯曲法测金属弹性模量实验仪存在的问题进行了分析,针对问题提出了一种实验仪器改进方案,将在用弹性模量测定仪的光杠杆和望远镜系统撤掉,并将千分表装载在仪器的立柱上,可以上下自由移动,方便千分表的装上或取下,利用逐差法处理直接读取的千分表表盘数据,即可得到待测金属片的弹性模量.改进后的弹性模量测定仪从装配结构上就避免了现有仪器的不足,增强了该实验的可操作性,并从源头上减少了人为误差和系统误差.

关键词:梁弯曲法 千分表 金属片 弹性模量

弹性模量是表征金属固体材料特征的一个非常重要的物理量,是工程技术中机械选材构件时需要考虑的要素.梁弯曲法测量金属片或金属棒弹性模量实验的重点是,如何测定出金属片或金属棒受力而发生的微小长度变化,大学物理实验教材中多采用光杠杆原理,利用光学放大法进行测量,用尺读望远镜和光杠杆组合测定微小长度变化量^[1,2].

这种方法使用的仪器主要有徂英装置或FD-YMM-B弯曲法弹性模量测试实验仪、光杠杆、尺读望远镜,此方法涉及光路的调整,实验中要测量的物理量较多,实验操作复杂,容易引入人为误差,在实验操作过程中,尺读望远镜和光杠杆的调整经常要花费很多的时间,同时需要较大的场地^[3,4].

针对现有仪器在实验中存在的这些问题,对测定金属片或金属棒弹性模量的实验装置进行了新的设计,即应用千分表代替尺读望远镜和光杠杆对金属受外力产生的微小变化量进行直接测量,改进后的实验装置可使实验操作变得简单,减少了产生实验误差的来源,在千分表上直接读数即可,提高了金属片弹性模量实验测定的速度和精确度.

1 弹性模量测定原理

大学物理实验教材中,都有利用尺读望远镜和

光杠杆测定金属弹性模量的实验.徂英装置如图1所示,将厚度为 δ ,宽为 b 的待测金属片放在相距为 l 的两端刀口上,在金属片的中点处下挂带刀口的挂钩和砝码托盘,依次加砝码到托盘上时金属片将被压弯.当挂上质量为 m 的砝码时,金属片的中点处下降 λ , λ 称为弛垂度,根据胡克定理,在金属片的弹性限度内,弹性模量 E 可用下式表示^[2]

$$E = \frac{mgl^3}{4\delta^3 b\lambda} \quad (1)$$

式中 g 为重力加速度.

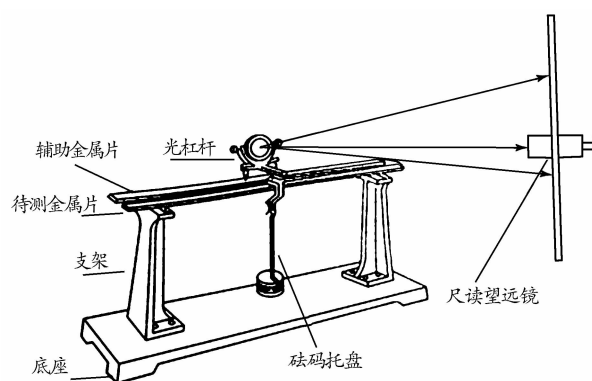


图1 弹性模量测定仪——徂英装置示意图

只要测出式(1)右边的各个量即可算出弹性模量 E ,式中 m 和 l 的数值较大,可以用一般方法测量, δ 和 b 可以使用游标卡尺测量,金属片的弛垂度 λ 数

* 昭通学院科学研究课题,项目编号:2016xh27

作者简介:蔡彦(1987-),男,硕士,助教,主要从事大学物理实验教学与科研工作.

值很小,需要用精度较高的方法进行测量.

2 现用弹性模量测定仪的问题

现用弹性模量测定仪如图 1 所示,仪器装配 4 只底脚螺丝和两根立柱,放置水平仪后,对底脚螺丝进行调节,让立柱垂直.在两端支架上设置相互平行的钢制刀口,其上放置待测金属片和辅助金属片,在待测金属片的中点处挂上有刀口的挂钩和砝码托盘,在待测金属片和辅助金属片上放置光杠杆,光杠杆的后尖脚置于待测金属片的上端面中点处,两前尖脚置于辅助金属片上.标尺和望远镜都固定在一支架上,称为尺读望远镜,望远镜水平地对准镜面,其功能是观察平面镜内标尺的成像,进而通过尺读望远镜与光杠杆配合使用测量出金属片的弛垂度,从而求出材料的弹性模量^[5~7].

该方法用于测量金属片的弛垂度,构思巧妙,有助于提高学生的实验综合能力,但也存在一些问题^[8~10]:

(1)涉及到的实验部件较多,容易引入系统误差,且需要较宽的场地.

(2)实验中所用尺读望远镜视角不大,实验要求调整光杠杆镜面法线与望远镜光轴重合,学生需要用大量时间才能找到光杠杆的镜面所反射的标尺的像.

(3)光杠杆是分离元件,其支架部分和反光镜的稳定性都较差,调整光路时反光镜镜面容易移动方位,甚至光杠杆会出现从金属片上掉落的情况,易造成损坏,出现这种情况只能重新调节仪器,影响实验效果和进度.

3 弹性模量测定仪的改进方法

针对实验过程中存在的上述问题,需要对现有弹性模量测定仪进行改进.大学物理实验是理论结合实践的重要环节,可以有效提高学生的实验能力和培养学生的创新精神,结合这一特征,探索出一种使用千分表直接测定金属片受重力而产生的弛垂度的方法.

该改进方法中的主要仪器部件有三角铸铁底

座、刀口支架、待测金属片、千分表、千分表固定装置、砝码及砝码托盘等,改进设计后的实验装置如图 2 所示.

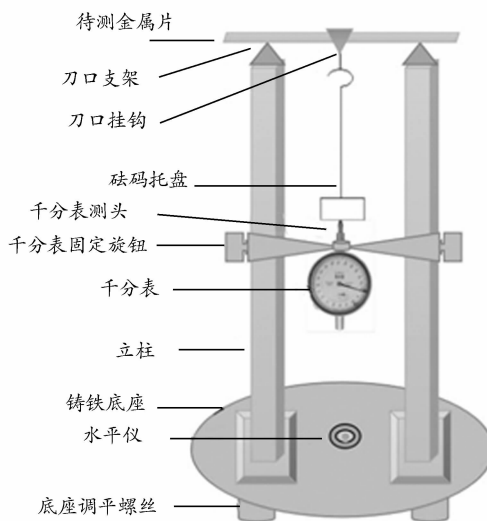


图 2 改进后的弹性模量测定仪

三角铸铁底座的重量较大,可将整套实验装置的重心降低,提高稳定性,防止仪器翻倒.固定千分表的卡子装置直接装配在砝码托盘下方的立柱上,可沿立柱上下移动.砝码托盘做成下底面中心内陷的形状,内陷孔成圆形,直径略大于千分表测头.实验时将千分表用卡子固定住,调整千分表,使其与砝码盘内陷孔接触,使千分表有一初始读数,当增加砝码质量为 Δm 时,千分表表盘上的读数变化量就等于金属片的弯曲量 $\Delta \lambda$,故金属片的弹性模量可方便地由下式计算出^[11,12]

$$E = \frac{\Delta m g l^3}{4 \delta^3 b \Delta \lambda} \quad (2)$$

实验中用最小分度为 0.02 mm 的游标卡尺分别测量金属片的左、中、右 3 个位置的厚度 δ 和宽度 b ,用最小分度为 1 mm 的直尺测量支架两端刀口间金属片的长度 l .在托盘上依次递增 1 个砝码,每次在稳定后记录千分表的读数,递增至 5 个后,再依次递减 1 个砝码,同样需要稳定后记录千分表的读数,再利用逐差法即可得到金属片的弯曲量 $\Delta \lambda$,将式(2)等号右边的各个物理量代入,即可得到待测金属片的弹性模量.改进后的实验仪具有结构简单,稳定性高,易于调节,误差来源少,占地面积小,便于生产

制造等优点.

4 结论

改进后的弹性模量测定仪从根本上避免了现有仪器存在的容易引入误差、光杠杆系统难以调节及容易掉落等问题. 实验后将卡子松开即可取下千分表, 操作简单, 有利于保护仪器. 改进的实验仪器结构简单, 操作方便, 直达主题, 有效减少了原有仪器调试的时间, 制造成本低, 符合高等院校物理实验的性质, 能够满足实验教学要求, 非常适合在大学物理实验中予以推广.

参考文献

- 1 李平. 大学物理实验. 北京: 高等教育出版社, 2004. 67~71
- 2 杨述武, 赵立竹. 普通物理实验. 北京: 高等教育出版社, 2009. 52~55
- 3 梁霄, 田源, 铁位金. 横梁弯曲衍射法测杨氏模量实验仪的研制. 物理实验, 2011(8): 31~33
- 4 GA Le, F Fardus, J Warren. Bias and Uncertainty in Non-Ideal qNMR Analysis. Critical Reviews in Analytical Chemistry, 2014, 45(4): 300~310
- 5 梁霄, 田源, 铁位金, 等. 横梁弯曲衍射法测杨氏模量实验仪的研制. 物理实验, 2011(8): 31~33
- 6 刘颖, 张嘉誉, 王颖. 激光光杠杆弯曲法测杨氏模量. 大学物理实验, 2015(6): 28~30
- 7 李冠成. 激光全息法测钢板的杨氏模量. 激光杂志, 2007, 28(6): 58~59
- 8 M Yang, M Wang, J Zhou. Characterization and Uncertainty Assessment of a Certified Reference Material of Chloramphenicol in Methanol (GBW(E)082557). International Journal of Analytical Chemistry, 2016, 2016(6): 1~8
- 9 EG Alves Filho, L Sartori, LMA Silva. 1H qNMR and Chemometric Analyses of Urban Wastewater. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2015, 26(6): 1257~1264
- 10 李儒颂, 叶文江. 金属片弹性模量测量装置的设计. 大学物理实验, 2014(5): 51~53
- 11 刘乔花, 王宛菁, 李熊. 用千分表测量金属片的弹性模量. 大学物理实验, 2012, 25(4): 81~83
- 12 黄秋萍. 千分表法测定金属片的弹性模量. 实验科学与技术, 2014, 12(1): 4~5

Application on Dial Gauge in Measuring Elastic Modulus of Metal Using Beam Bending Method

Cai Yan Li Xiaopan Bao Jin Chen Song Xie Jing

(College of Physics and Electronic Information Engineering, Zhaotong University, Zhaotong, Yunnan 657000)

Abstract: The problem existing in measuring the elastic modulus of metal sheet by using beam bending method is analyzed. Aiming at the problem, an improved experimental instrument is proposed. The optical lever and telescope system in the original elastic modulus instrument are removed, And the dial gauge mounted on the instrument column, the dial gauge can be moved up and down freely. Through the differential method to read directly the value of the dial gauge, the elastic modulus of the measured metal sheet can be calculated. The improved elastic modulus device avoids the shortage of the existing instrument from the assembling structure. The operability of the experiment is enhanced, and the human error and systematic error are reduced from the source.

Key words: beam bending method; dial gauge; metal sheet; elastic modulus