

文章编号 :1009-038X(2000)02-0202-03

用百分表测金属丝的杨氏弹性模量^①

高光华, 杜莉玮

(无锡轻工大学计算科学与信息传播系, 江苏无锡 214036)

摘要 :简要介绍了用百分表测钢丝杨氏弹性模量的原理及方法,同时阐明了此方法的主要优点,并将此法的测量结果与传统测量光杠杆法的结果作了进一步比较.

关键词 :百分表;杨氏弹性模量;光杠杆;误差分析

中图分类号 :O4-34 文献标识码 :A

Determining Young Modulus of Elasticity to a Metallic Cable by a Dial Gauge

GAO Guang-hua, DU Li-wei

(Department of Computation Science & Information Communication,
Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036)

Abstract : A method of determining Young modulus of elasticity to a metallic cable by a dial gauge is introduced. The advantage of this method is avoiding the expectation of the unmeasured variable. The precision of the measurement is higher than traditional optical level method.

Key words : dial gauge; young modulus; optical level; analysis of error

杨氏弹性模量是描述固体材料抵抗形变能力的重要物理量,是工程技术常用参数,对此参数的测定通常采用传统的光杠杆放大测量法,而此种方法对环境的稳定性要求较高,且需要测量的物理量较多,因此测量误差增大.利用百分表测量该物理量,不但使测量方法简化,而且可以减少上述间接测量给实验结果带来的误差.本文简要介绍用百分表测金属丝杨氏弹性模量的原理和方法.

1 测量装置及原理

百分表由刻度盘、指针、轴套和导杆组成^[1],其

外形如图 1 所示,测量范围 0~5 mm,精度 0.01 mm.

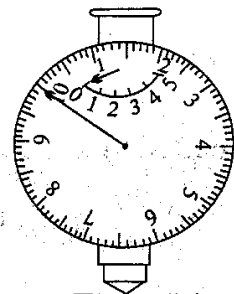


图 1 百分表

Fig. 1 Dial gauge

用百分表测杨氏弹性模量的装置如图 2 所示.

① 收稿日期 :1999-07-16;修订日期 :1999-12-02.

作者简介 :高光华(1966年6月生),男,江苏溧阳人,助理工程师.
万方数据

将百分表用支架固定在杨氏模量测定仪的金属杆上,使测微导杆与圆柱形夹头的下端面接触.当金属丝受拉力产生弹性形变时,其微小伸长量就可以由百分表读出.

2 测量方法

用圆柱形螺旋卡头夹紧金属丝,下悬砝码托,调节杨氏模量仪底部的 3 个调节螺丝,使钢丝与杨氏模量仪的金属杆平行.将百分表用支架固定在杨氏模量测定仪的金属杆上,使测微导杆与夹头表面良好接触且垂直,记录百分表的初读数.

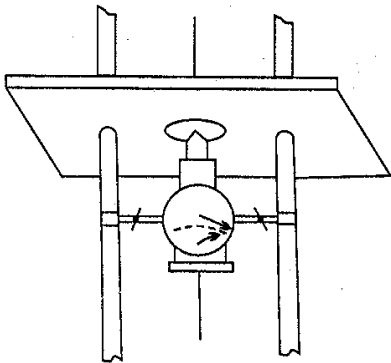


图 2 测量装置

Fig.2 Measuring structure

逐个增加砝码,每次增加一个 1 kg 的砝码,直至 9 kg(因砝码托自重 2 kg),并依次记录百分表的读数,然后再逐个取下砝码,并记录下百分表的读数.由增加和减轻时百分表的读数,计算出在某一荷重下,金属丝的伸长量 ΔL 的平均值($\overline{\Delta L}$).再测量金属丝的长度 L 及金属丝直径 d ,将测得数据代入公式 $Y = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L}$,便可求得金属丝的杨氏弹性模量值.

3 实验结果及误差分析

3.1 百分表测量与光杠杆法测量的比较

用光杠杆法测得数据见表 1,用百分表测得数据见表 2.

$L = 819 \text{ mm}$, $d = 0.482 \text{ mm}$, $D = 2165 \text{ mm}$, $N_4 = 64.6 \text{ mm}$.

$K = 73.80 \text{ mm}$ (光杠杆前足与后两足连线的距离).

$$Y = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L} = \frac{32gLD}{\pi d^2 KN_4} = 1.60 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$(g = 9.80 \text{ m/s}^2)$$

$L = 827 \text{ mm}$, $d = 0.487 \text{ mm}$, $N_4 = 0.978 \text{ mm}$
(光杠杆前足与后两足连线的距离).

$$Y = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L} = \frac{16gL}{\pi d^2 N_4} = 1.78 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

表 1 直尺读数

Tab.1 Measuring results of ruler

荷重/kg	增重读数/ cm	减重读数/ cm	平均值/ cm	逐差值/ cm
砝码托 2	6.00	5.90	$n_0 = 5.95$	$n_4 - n_0 = 6.60$
3	7.70	7.60	$n_1 = 7.65$	
4	9.45	9.30	$n_2 = 9.38$	$n_5 - n_1 = 6.53$
5	11.00	10.90	$n_3 = 10.95$	
6	12.60	12.50	$n_4 = 12.55$	$n_6 - n_2 = 6.37$
7	14.20	14.15	$n_5 = 14.18$	
8	15.75	15.75	$n_6 = 15.75$	$n_7 - n_3 = 6.35$
9	17.30	17.30	$n_7 = 17.30$	

表 2 百分表读数

Tab.2 Measuring results of dial gauge

荷重/ kg	增重读数/ cm	减重读数/ cm	平均值/ cm	逐差值/ cm
砝码托 2	0.231	0.229	$n_0 = 0.230$	$n_4 - n_0 = 0.986$
3	0.503	0.499	$n_1 = 0.501$	
4	0.754	0.751	$n_2 = 0.753$	$n_5 - n_1 = 0.969$
5	0.983	0.980	$n_3 = 0.982$	
6	1.219	1.213	$n_4 = 1.216$	$n_6 - n_2 = 0.970$
7	1.472	1.468	$n_5 = 1.470$	
8	1.725	1.720	$n_6 = 1.732$	$n_7 - n_3 = 0.985$
9	1.967	1.967	$n_7 = 1.967$	

3.2 实验数据的最小二乘法分析

用最小二乘法对实验数据作进一步分析,由弹性模量的计算公式 $Y = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L}$ 变换得^[1]

$$\overline{\Delta L} = \frac{4L}{\pi d^2 Y} \cdot F = b_1 F \quad (b_1 = \frac{4L}{\pi d^2 Y})$$

为了简便,把 \overline{x} 、 \overline{y} 、 \overline{xy} 、 $\overline{x^2}$ 的计算程序列在表

3.

$$b_1 = \frac{\overline{xy} - \overline{x}\overline{y}}{\overline{x^2} - \overline{x}^2} = \frac{(8.357 - 6 \times 1.230) \times 10^{-3}}{40 - 36} =$$

$$2.443 \times 10^{-4} (\text{m/kg})$$

$$Y = \frac{4Lg}{\pi d^2 b_1} =$$

$$\frac{4 \times 0.877 \times 9.80}{\pi \times (0.487)^2 \times 10^{-6} \times 2.443 \times 10^{-4}} =$$

$$1.78 \times 10^{11} (\text{N/m}^2)$$

由于用最小二乘法处理实验数据的优点在于理论上比较严格,在函数形式确定后,结果是唯一的,故此实验结果具有较强的代表性.

钢丝杨氏弹性模量的公称值为 $1.80 \times 10^{11} \text{ N}$

m^2 . 据此求得两种方法测量的相对误差分别为 1.1% 和 11% ; 多年实践表明 , 用光杠杆法测钢丝杨氏模量时 , 实际测得的弹性模量值大体在 $1.60 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ 左右 , 其相对误差约在 5% ~ 11% .

表3 计算程序

Tab.3 Computing program

x/kg (F)	y/mm (ΔL)	xy ($F\Delta L$)	x^2 (F^2)
3	0.501	1.503	9
4	0.753	3.012	16
5	0.982	4.910	25
6	1.216	7.296	36
7	1.470	10.290	49
8	1.723	13.784	64
9	1.967	17.703	81
$\Sigma x = 42$	$\Sigma y = 8.612$	$\Sigma xy = 58.498$	$\Sigma x^2 = 280$
$\bar{x} = 6$	$\bar{y} = 1.230$	$\overline{xy} = 8.357$	$\overline{x^2} = 40$

3.3 较大误差的原因

在弹性模量的计算公式 $Y = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L} =$

$\frac{32gLD}{\pi d^2 KN_4}$ 中 , L 、 d 、 k 、 N_4 是直接测量量 , 其测量误差

可通过改进测量方法减小至接近仪器误差的程度 , 而唯有 D 的值是不可直接测量的 , 因为根据望远镜成像原理 , 通过目镜所观察到的标尺的像的位置无法确定 , 但在实际实验中常常把平面镜到标尺的距离作为 D , 事实上此值往往要比 D 的真实值小很多 , 以致于利用光杠杆法测得的弹性模量值普遍偏小 , 而利用百分表测量弹性模量不需测量光杠杆长度 K , 这样就减少了对 K 的测定所带来的实验误差 ; 再者 , 采用百分表法测弹性模量 , 实验者不必因增减砝码和观察读数来回走动 , 从而避免了人为因素和环境因素所造成的误差 .

参考文献

[1] 北京轻工业学院 , 无锡轻工业学院 , 山东轻工业学院等 . 大学物理实验 [M]. 北京 : 北京师范大学出版社 , 1991 .

(责任编辑 : 秦和平)