

实验 2 伸长法测量杨氏模量

材料受外力作用时必然发生形变，在弹性范围内，其应力（单位面积上受力大小）和应变（即相对形变）的比值称为弹性模量，这是衡量材料受力后形变大小的参数之一，是设计各种工程结构时选用材料的主要依据之一。如果应力使物体长度发生拉伸或压缩形变，则对应的弹性模量称为杨氏模量。杨氏模量的测量方法有动态法与静态法，本实验所用的伸长法是静态法的一种，常用的静态法还有梁弯曲法。本实验用显微镜对微小形变量进行直接测量，并学习采用作图法进行数据处理。

【实验目的】

- (1) 掌握用伸长法测量材料杨氏模量的方法和原理。
- (2) 掌握作图法处理数据的方法。

【实验仪器】

LY-2 型杨氏模量测量仪、螺旋测微器。实验装置如图 4.2.1 所示。

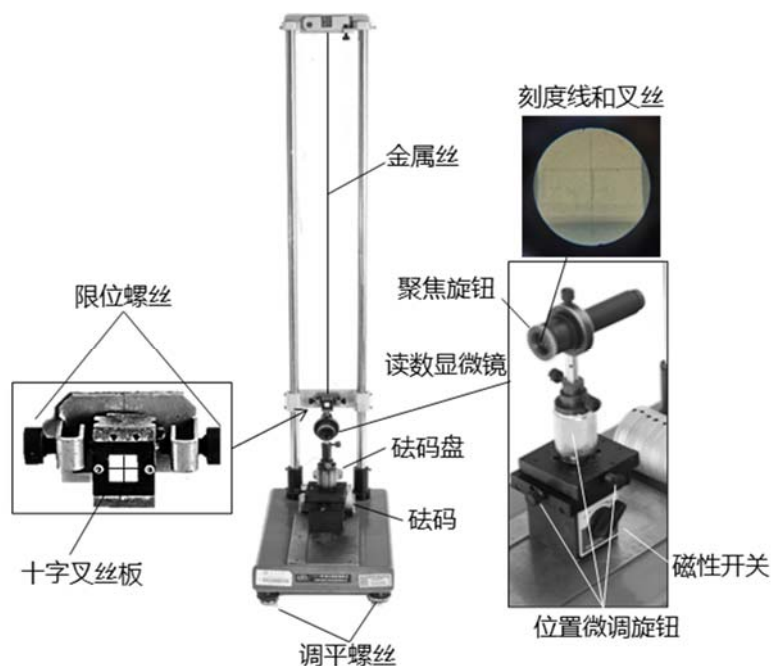


图 4.2.1 LY-2 型杨氏模量测量仪

【实验原理】

1. 杨氏模量

长度为 L 、横截面为 S 的各处均匀的物体沿长度方向受力 F 作用时，会有长度变化 δL 。由胡克定律知，在弹性形变的范围内，相对形变量 $\delta L/L$ （称应变）与单位面积上的作用力 F/S （应力）成正比，于是有

$$\frac{\delta L}{L} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S} \quad (4.2.1)$$

式中 E 就称作杨氏模量。由上式得

$$E = \frac{FL}{S\delta L} \quad (4.2.2)$$

2. 测量原理

如图 4.2.1 所示，在悬挂的金属丝下端连着十字叉丝板和砝码盘，当盘中加上质量为 m 的砝码时，金属丝所受的拉力增大，增量为 δF

$$\delta F = mg \quad (4.2.3)$$

在这个力的作用下金属丝产生了 δL 的拉伸形变，十字叉丝随着金属丝的伸长同

样下降 δL . 而 δL 通过显微镜的物镜作直接测量, 刻度最小分度为 0.05 mm.

设金属丝的直径为 d , 金属丝截面积 $S = \frac{1}{4}\pi d^2$, 将 S 及 (4.2.3) 式代入 (4.2.22) 式, 得

$$E = \frac{4mgL}{\pi d^2 \delta L} \quad (4.2.4)$$

测出 δL 即可得到杨氏模量 E .

【实验内容】

1. 使用拉伸法测量金属丝的杨氏模量.

2. 使用作图法处理数据.

【预习问题】

1. 如果金属丝在测量前存在局部扭曲, 测量时可能出现什么现象? 需要如何降低影响?

2. 如何快速的找到十字叉丝?

【实验步骤与数据记录】

1. 仪器调节

(1) 调松十字叉线板限位螺丝, 调节底座上的调平螺钉, 使十字叉线板居中自由悬挂并且不旋转.

(2) 移动读数显微镜, 调整聚焦, 使显微镜的刻度线和十字叉丝板的叉丝清楚对齐, 叉丝初始偏离 0 刻度线 ~ 2 个刻度的位置.

2. 测量金属丝的伸长量

在砝码托盘上逐次加上 200 g 的砝码, 共加 9 次. 记录对应的读数为 c_i ($i=1,$

2, ... , 8, 9) . 再将所加的砝码逐个减去, 记下对应的读数为 c'_i ($i=1, 2, \dots, 8, 9$), 并将两对应读数 c_i 与 c'_i 求平均值, $\bar{c}_i = \frac{c_i + c'_i}{2}$ ($i=8, 7, \dots, 1, 0$, 舍掉 c_9), 数据填入表 4.2.1.

3. 测量金属丝的直径

用螺旋测微器测量在金属丝的不同位置测量直径 d 共 5 次, 求平均值, 填入表 4.2.1

表 4.2.1 金属丝杨氏模量测量数据

| d mm | 零点 修正 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
|-------------|----------|-----------------|---|------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|
| | | | | | | | |
| m_i Kg | | 加砝码 c_i mm | | 减砝码 c'_i mm | | $\bar{c}_i = (c_i + c'_i)/2$ mm | $\delta L = \bar{c}_i - \bar{c}_0$ |
| m_0 | | c_0 | | c'_0 | | \bar{c}_0 | |
| m_1 | | c_1 | | c'_1 | | \bar{c}_1 | δL_1 |
| m_2 | | c_2 | | c'_2 | | \bar{c}_2 | δL_2 |
| m_3 | | c_3 | | c'_3 | | \bar{c}_3 | δL_3 |
| m_4 | | c_4 | | c'_4 | | \bar{c}_4 | δL_4 |
| m_5 | | c_5 | | c'_5 | | \bar{c}_5 | δL_5 |
| m_6 | | c_6 | | c'_6 | | \bar{c}_6 | δL_6 |
| m_7 | | c_7 | | c'_7 | | \bar{c}_7 | δL_7 |
| m_8 | | c_8 | | c'_8 | | \bar{c}_8 | δL_8 |
| m_9 | | c_9 | | | | | |

4. 数据处理

(1) 由式 (4.2.4) 得

$$\delta L = \frac{4gL}{\pi d^2 E} m \tag{4.2.5}$$

(2) 以 m 为横坐标, δL 为纵坐标作图, 并进行线性拟合, 求斜率 k . 金属丝长度 L , 本地重力加速度 (如广州地区重力加速度 $g=9.788 \text{ m/s}^2$) 由实验室给出, 根据

$$k = \frac{4gL}{\pi d^2 E},$$

求出杨氏模量 E .

【注意事项】

1. 测量时限位螺丝仅插入凹槽限制十字叉线板的旋转运动，不能锁死.
2. 从显微镜目镜里观察，位于分划板上的刻度尺与十字叉丝的竖线平行，才能测量；
3. 测量金属丝直径时，需要在不同高度的不同方向进行测量.

【思考题】

1. 杨氏模量测量中，微小伸长量的测量除了可以采用显微镜来进行测量外，还可以采用光杠杆的方法测量，请了解并说明其原理.
2. 为什么要测量加、减砝码的伸长量，并用其平均值进行计算。

【物理史话】

托马斯·杨



图 4.2.2 托马斯·杨

杨氏模量是由英国物理学家托马斯·杨 (Thomas Young, 1773 – 1829) 首次引入的概念, 用以描述固体在力作用下的形变. 托马斯·杨在物理上有诸多建树, 比如, 设计了杨氏双缝干涉实验, 为光的波动说奠定了基础; 首次测量了 7 种光的波长, 最先建立了三原色原理; 提出了托马斯·杨方程描述表面张力与接触角的关系, 等等. 当然, 托马斯·杨的贡献并不局限于光波学说方面, 他在生理学、艺术、机械、医学、语言、考古、保险等领域均有所涉猎, 并且建树甚广, 是和阿基米德、牛顿和欧拉等并肩的全才. 因此, 托马斯·杨被誉为“The last man who knew everything”.