

拉伸法测量杨氏模量预习报告

郑晓旻

2024 年 4 月 25 日

目录

1	实验原理	2
2	实验过程	2
3	实验结果和数据分析	4
3.1	实验结果	4
3.2	误差分析	4
3.3	讨论	4
4	附录	5
4.1	原始数据	5

3. 测量金属丝原长 L 、反射镜到标尺距离 H 、光杠杆常数 D 和金属丝直径 d 。

(a) 用千分尺测量金属丝直径 d 。在不同位置测量 10 次，数据如下：

$d(\text{mm})$
0.70
0.70
0.70
0.70
0.70
0.71
0.70
0.71
0.70
0.70

(b) 使用卷尺和游标卡尺测量金属丝原长 L 、反射镜到标尺距离 H ，以及光杠杆长度 D 。数据如下：

$L(\text{mm})$	$H(\text{mm})$	$D(\text{mm})$
764.0	703.0	34.56

4. 缓慢旋转施力螺母，每隔 1kg 记录一次标尺读数，测量加力和卸力两个过程。

(a) 施力过程由 0.51kg 开始，每隔 1kg 记录一次标尺读数，直至 10.51kg。

(b) 然后加至 11.51kg，松弛一部分。

(c) 从 10.21kg 开始记录，每隔 1kg 记录一次标尺读数，直至 0.34kg。

(d) 记录数据如下图 2:

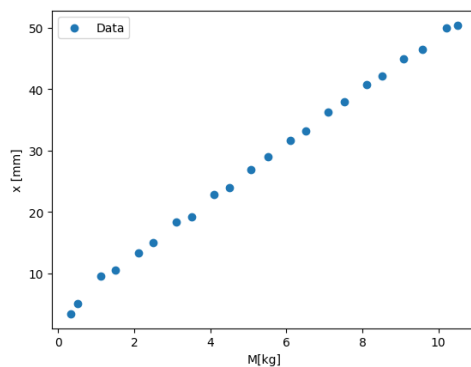


图 2: 原始测量数据

5. 数据处理, 根据公式 (3) 计算 $\delta L = \frac{D\delta x}{2H}$ 和拉力 $F = Mg$ 。
6. 数据处理, 线性拟合 $F_i - x_i$, 结果如下图 3, 计算杨氏模量 E 及其不确定度 $u(E)$ 。

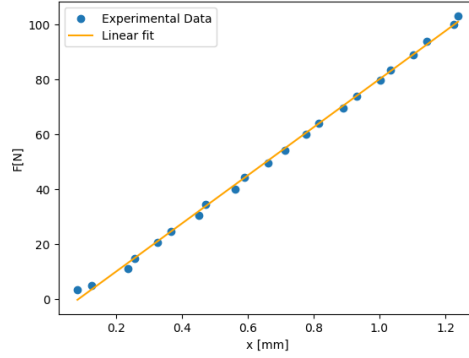


图 3: 拟合结果

3 实验结果和数据分析

3.1 实验结果

根据公式 (1), 由钢丝伸长量 δL 和所受外力 F 的关系, 得到计算杨氏模量 E 的公式:

$$E = \frac{F/S}{\Delta L/L} = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L} \quad (6)$$

由拟合得到的: $F/\delta L = 87.5849 \text{ N/mm}$ 计算得到杨氏模量 $E = 173 \pm 2 \text{ GPa}$ 。

3.2 误差分析

1. 金属丝直径 d 的不确定度为 $u(d) = \sqrt{\frac{\sigma(d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)} + \frac{0.001}{\sqrt{3}}} = 0.0038 \text{ mm}$ 。
2. 金属丝原长 L 、反射镜到标尺距离 H 、光杠杆长度 D 的不确定度为 $u(L) = u(H) = u(D) = 0.6 \text{ mm}$ 。
3. 金属丝拉力与伸长量比值 $F/\delta L$ 的不确定度为 $u(F/\delta L) = \sqrt{\frac{\frac{1}{x^2} - 1}{n-2}} = 0.80 \text{ N/mm}$ 。
4. 由公式 (3) 和 (4) 计算得到杨氏模量 E 的不确定度为

$$\frac{u(E)}{E} = \sqrt{\left(\frac{u(F/\delta L)}{F/\delta L}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2 + \left(\frac{2u(d)}{d}\right)^2} = 1.42\% \quad (7)$$

3.3 讨论

1. 与理论值比较钢的杨氏模量约为 210 GPa , 本实验测得的杨氏模量为 173 GPa , 与理论值相差较大。可能的原因有: 实验用金属丝不是结构钢丝, 而是精钢丝, 或者蒙乃尔合金丝。
2. 实验中的不确定度本实验中的主要不确定度来源是金属丝直径 d 的测量误差, 其次是金属丝拉力与伸长量比值 $F/\delta L$ 的测量误差。通过减小这两项误差, 可以提高实验结果的精度。
3. 实验中的系统误差本实验中的系统误差主要来源是金属丝的弯曲和滞弹性。通过预拉金属丝, 可以消除弯曲的影响; 通过测量加卸载两个过程的拉伸, 可以消除滞弹性的影响。

4 附录

4.1 原始数据

见附页