

重修

39-19 Y 中国民航飞行学院学生实验报告

课程名称: 材料力学实验	姓名: 杨海亮	学号: 2016051003
专业: 空管	班级: 1816	教学单位: 民航学院
实验室名称: 材料力学实验室	实验日期: 11-21	
实验成绩:	批阅教师: 吴文杰	日期:

一、实验项目名称
用拉伸法测量金属的杨氏模量

二、实验目的:

1. 测定金属的杨氏模量
2. 了解光杠杆测量微小变形的原理和方法
3. 学会用最小二乘法处理实验数据
4. 学会不确定度的计算方法及正确表达

三、实验设备及材料

1. 杨氏模量测定仪 ZY-YN 杨氏模量仪	5. 细棉线
2. 光杠杆	6. 游标卡尺
3. 砝码组	7. 螺旋测微计
4. 望远镜	

四、实验原理简述:

1. 杨氏模量

应力: $\sigma = \frac{F}{S}$ 应变: $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$

在弹性范围内, 应力与应变成正比: $\sigma = E \epsilon$

杨氏模量: $E = \frac{F}{S \epsilon} = \frac{FL}{\Delta L}$ 单位: Pa 常用: $GPa = 10^9 Pa$

杨氏模量越大, 表示材料越硬, 刚性越强。

六、实验现象、测试数据与结果记录

表1 一次性测量数据

L(mm)	H(mm)	D(mm)
732.0	685.0 685.0	40.02

表2 钢丝直径测量数据

钢丝直径测量 $d_0 = 0.002$ mm

序号 i	1	2	3	4	5	6	平均值
钢丝直径 d_i (mm)	0.605	0.610	0.606	0.605	0.610	0.608	0.603
钢丝直径 d_i (mm)	0.603	0.608	0.604	0.603	0.608	0.606	0.603

表3 加载力时标尺读数与对应拉力的数据

序号 i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
拉力标准值 M_i (kg)	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00
标尺读数 L_i (mm)	19.5	24.0	28.2	32.8	37.0	41.1	45.9	50.0	54.2	58.9
标尺读数 L_i (mm)	19.5	24.1	28.5	33.0	37.2	41.1	46.1	50.2	54.8	59.1
标尺读数 L_i (mm)	19.50	24.05	28.35	32.70	37.10	41.00	46.00	50.10	54.50	59.00

1. 杨氏模量的计算

采用最小二乘法计算杨氏模量，用 n - s 直线的 $L = km \Rightarrow \frac{\Delta m}{\Delta L} = \frac{1}{k}$ 斜率 k 替换 $\frac{\Delta m}{\Delta L}$ 。

$$E = \frac{8\Delta m g L H}{\pi d^2 D} \cdot \frac{1}{\Delta L} = \frac{8g L H}{\pi d^2 D} \cdot \frac{\Delta m}{\Delta L} = \frac{8g L H}{\pi d^2 D} \cdot \frac{1}{k} = 1.94051 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

2. 不确定度估计

由于一次性测量数据无不确定度 U_A ，所以一次性测量数据的合成不确定度 U 等于B类不确定度 U_B ，即 $U = U_B$ 。

$$L \text{ 的合成不确定度: } U_L = U_{BL} = \Delta L = 0.8 \text{ mm}$$

$$H \text{ 的合成不确定度: } U_H = U_{BH} = \Delta H = 0.8 \text{ mm}$$

$$D \text{ 的合成不确定度: } U_D = U_{BD} = \Delta D = 0.02 \text{ mm}$$

钢丝的屈服强度: $\sigma_s = 0.04 \text{ Pa}$

(1) 证明钢丝的屈服强度: $\sigma_s < 0.1 \text{ Pa}$

(2) 钢丝的屈服强度, 所以钢丝的屈服强度, 也是不稳定的。

$$U_1 = \sqrt{U_{11}^2 + U_{12}^2} \quad U_{11} = \sqrt{\frac{6}{n-2} (d_1 - \bar{d})^2} \quad U_{12} = \frac{1.91}{13}$$

(3) 若用最小二乘法拟合钢丝的屈服强度:

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-2}} = 0.00025125$$

$$U_y = \sqrt{S_y^2 + U_{12}^2} = 0.0004$$

$$D = \bar{y} - \bar{y}^2 = 0.25$$

$$U_k = U_y \sqrt{\frac{1}{D}} = 0.00042$$

修正量:

(4) E 的修正量的计算:

$$U_E = \sqrt{\left(-k \cdot \frac{\partial E}{\partial U_k}\right)^2 \cdot U_k^2} = 1.8523 \times 10^8 \text{ Pa} \approx 2.0\%$$

$$E = 194.051 \times 10^9 \text{ Pa} \approx 194 \text{ GPa}$$

∴ 钢丝的屈服强度为: $194 \pm 2 \text{ GPa}$

修正量为

2. 光杠杆放大原理

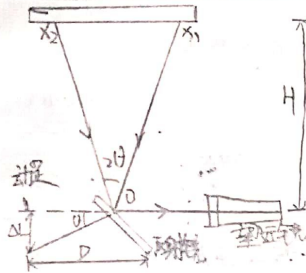
ΔL 很小, 需放大测量:

当 θ , 2θ 很小时: $\tan\theta \approx \theta$, $\tan 2\theta \approx 2\theta$

$$\tan\theta = \frac{\Delta L}{D} \quad \theta \approx \tan\theta \approx \frac{\Delta L}{D} \quad \Delta L = \frac{D}{2H} \Delta x$$

$$\tan 2\theta = \frac{\Delta x}{H} \quad 2\theta \approx \tan 2\theta = \frac{\Delta x}{H} \quad E = \frac{8FLH}{\pi d^2 D \Delta x}$$

$$\therefore E = \frac{8\Delta mg LH}{\pi d^2 D} \cdot \frac{1}{\Delta x}$$



五、实验内容与步骤

- (1) 打开数字拉力计电源开关, 预热 10 min
- (2) 旋松光杠杆动足上的紧固螺钉, 调节光杠杆动足至适当长度。旋紧施力螺母, 施力由小到大 (连续回转), 给钢丝施加一定的预拉力 m_0 (3.00 ± 0.02 kg), 拉直钢丝。
- (3) 调节望远镜使其正对反射镜中心, 然后仔细调节反射镜的角度, 直到从望远镜中能看到标尺背光源发出的光。
- (4) 调节目镜手轮, 使十字分划清晰。调节调焦手轮, 使标尺的像清晰可见。再次仔细调节反射镜的角度, 使十字分划线横 < 2.0 cm 的刻度线。 (避免实验做到最后超出标尺量程)。

2'