

实验力学作业 4

孙振川 PB23081463

2025 年 10 月 29 日

题目 1. 一批应变片的横向效应系数 $H = 3\%$ ，灵敏系数在材料泊松比 $\mu_0 = 0.2$ 的梁上标定。现将此应变片用于铝（泊松比 $\mu = 0.36$ ）试件应变测量，设有三个测点，应变片的安装方位和测点出应变状态分别使（a） $\varepsilon_l = \varepsilon_b$ ，（b） $\varepsilon_l = -\varepsilon_b$ ，（c） $\varepsilon_b = -\mu\varepsilon_l$ ，试计算三种情况下由于横向效应造成的应变读数相对误差。

解答：

$$K \cdot \varepsilon_{\text{read}} = K^* \cdot \varepsilon_l$$

$$K = K_l \cdot (1 - \mu_0 H)$$

$$K^* = K_l \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_l} \cdot H\right)$$

测量结果 ε_i 满足：

$$K \cdot \varepsilon_i = K^* \cdot \varepsilon_{x,i} \Rightarrow K_l \cdot (1 - \mu_0 \cdot H) \cdot \varepsilon_i = K_l \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_l} \cdot H\right) \cdot \varepsilon_{x,i}$$

1. 当 $\varepsilon_l = \varepsilon_b$ 时，有

$$\begin{aligned} (1 - \mu_0 \cdot H) \cdot \varepsilon_i &= (1 + H) \cdot \varepsilon_{x,i} \\ \Rightarrow \varepsilon_i &= \frac{1 + H}{1 - \mu_0 \cdot H} \cdot \varepsilon_{x,i} = \frac{1 + 0.03}{1 - 0.2 \times 0.03} \cdot \varepsilon_{x,i} \approx 1.033 \cdot \varepsilon_{x,i} \end{aligned}$$

相对误差约为 3.3%。

2. 当 $\varepsilon_l = -\varepsilon_b$ 时, 有

$$(1 - \mu_0 \cdot H) \cdot \varepsilon_i = (1 - H) \cdot \varepsilon_{x,i}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_i = \frac{1 - H}{1 - \mu_0 \cdot H} \cdot \varepsilon_{x,i} = \frac{1 - 0.03}{1 - 0.2 \times 0.03} \cdot \varepsilon_{x,i} \approx 0.967 \cdot \varepsilon_{x,i}$$

相对误差约为 -3.3% 。

3. 当 $\varepsilon_b = -\mu\varepsilon_l$ 时, 有

$$(1 - \mu_0 \cdot H) \cdot \varepsilon_i = (1 + \mu H) \cdot \varepsilon_{x,i}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_i = \frac{1 + \mu H}{1 - \mu_0 \cdot H} \cdot \varepsilon_{x,i} = \frac{1 + 0.36 \times 0.03}{1 - 0.2 \times 0.03} \cdot \varepsilon_{x,i} \approx 1.010 \cdot \varepsilon_{x,i}$$

相对误差约为 1.0% 。

题目 2. 采用阻值 $R = 120\Omega$ 、灵敏度系数 $K = 2.0$ 的金属电阻应变片与阻值 $R = 120\Omega$ 的固定电阻组成电桥, 供桥电压为 10 V 。当应变片应变为 1000 时, 若要使输出电压大于 10 mV , 可采用何种工作方式? (设输出阻抗为无穷大)

解答: 设应变片的应变为 ε , 则应变片的阻值变化为

$$\Delta R = KR\varepsilon = 2.0 \times 120\Omega \times 1000 \times 10^{-6} = 0.24\Omega$$

如图 1, R_1 、 R_3 为应变片, R_2 、 R_4 为固定电阻。

$$U_O = \frac{U}{2} \frac{\Delta R}{R} = \frac{10\text{V}}{2} \frac{0.24\Omega}{120\Omega} = 10\text{mV} = 10\text{mV}$$

题目 3. 直流电桥供电电源电压 $U = 3\text{V}$; R_1 和 R_2 为同型号的电阻应变片, 初始电阻均为 50Ω , 灵敏度系数 $K = 2.0$; R_3 和 R_4 为固定电阻, $R_3 = R_4 = 100\Omega$ 。上述两应变片分别粘贴于等强度梁同一截面的正反两面, 且和固定电阻组成卧式半等臂电桥。(1) 请画出电桥电路图; (2) 设等强度梁在受力后产生的应变为 5000 , 试求此时电桥输出端电压 U_O 。

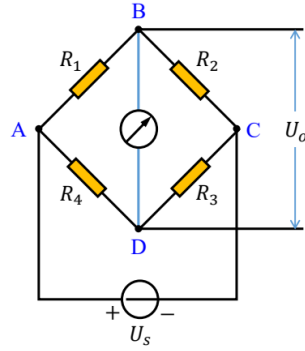


图 1: 电桥电路图

解答: (1) 电桥电路描述: 电桥电路图如下所示: (2) 设应变片 R_1 和 R_2 的应变均为 $\varepsilon = 5000 \times 10^{-6}$, 则应变片的阻值变化为

$$\Delta R = KR\varepsilon = 2.0 \times 50\Omega \times 5000 \times 10^{-6} = 0.5\Omega$$

因此, 有

$$R_1 = 50\Omega + 0.5\Omega = 50.5\Omega$$

$$R_2 = 50\Omega - 0.5\Omega = 49.5\Omega$$

电桥输出端电压 U_O 为

$$U_O = U \frac{R_4}{R_3 + R_4} - U \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3V \frac{100\Omega}{100\Omega + 100\Omega} - 3V \frac{49.5\Omega}{50.5\Omega + 49.5\Omega} = 15mV$$