

4-1 什么是应变片的灵敏度系数？什么是电桥转换电路的灵敏度系数？如果测量系统的传感器有应变片和电桥转换电路组成，那么传感器的灵敏度系数与前面两者的灵敏度系数是什么关系？

解：参考教材P56~57

4-2 什么是横向效应？为什么应变片的灵敏度系数比电阻丝的灵敏度系数小？

解：参见教材P58

4-3 一应变片的电阻 $R=120\Omega$, $K=2.05$, 用做最大应变为 $\varepsilon=800\mu\text{m}/\text{m}$ 的传感元件。当弹性体受力变形至最大应变时,

(1) 求 ΔR 和 $\Delta R/R$;

(2) 若将应变片接入电桥单臂, 其余桥臂电阻均为 120Ω 的固定电阻, 供桥电压 $U=3\text{V}$, 求传感元件最大应变时单臂电桥的输出电压 U 。和非线性误差。

解: (1)
$$\frac{\Delta R}{R} = k\varepsilon = 2.05 \times 800 \times 10^{-6} = 1.64 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \Delta R = 1.64 \times 10^{-3} \times 120 = 0.1968\Omega$$

(2)
$$u_0 = \frac{E}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} = \frac{3}{4} \times 1.64 \times 10^{-3} = 1.23\text{mv}$$

$$u'_0 = E \left(\frac{R_1 + \Delta R_1}{R_1 + \Delta R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) = 1.229\text{mv}$$

$$\therefore \text{非线性误差} \gamma_L = \frac{u_0 - u'_0}{u_0} \times 100\% = 0.082\%$$

4-4 用等强度梁作为弹性元件的电子秤，在梁的上方贴一个应变片，如题4-4图所示，应变片的灵敏度系数 $K=2$ ，每受 1kg 力在应变片处产生的平均应变 $\varepsilon' = 8 \times 10^{-3} \text{1/kg}$ 。已知电子秤未放置重物时，应变片的初始电阻 $R_1=100 \Omega$ ，当电子秤上放置 500g 重物时，求

- (1) 应变片的电阻变化量 ΔR_1 和相对变化 $\Delta R_1/R_1$ ；
- (2) 用单臂电桥做转换电路（ $R_2=R_3=R_4=100 \Omega$ ），电桥电压 $U=5\text{V}$ 时的输出电压 U_o ，以及考虑非线性因素时单臂电桥的实际输出；
- (3) 用单臂电桥做转换电路导致的非线性误差。

解：（1）

$$\varepsilon = m\varepsilon' = 0.5 \times 8 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \frac{\Delta R_1}{R_1} = k\varepsilon = 2 \times 4 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \Delta R_1 = k\varepsilon R_1 = 0.8 \Omega$$

$$(2) u_0 = \frac{E}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} = \frac{5}{4} \times 8 \times 10^{-3} = 10 \text{mv}$$

$$u'_0 = u_0 \frac{n \Delta R_1 / R_1}{(1 + n + \Delta R_1 / R_1)(1 + n)} = \frac{\Delta R_1 / R_1}{(2 + \Delta R_1 / R_1) \times 2} u_0 = 9.96 \text{mv}$$

(3)非线性误差为:

$$\gamma_L = \frac{u_0 - u'_0}{u_0} \times 100\% = 0.4\%$$

4-5 一电阻应变片 $R=120\Omega$,灵敏度系数 $K=2$,粘贴在某钢质弹性元件上。已知电阻应变丝的材料为钢镍合金,其电阻温度系数为 $20\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$,线膨胀温度系数为 $16\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$;钢质弹性元件的线膨胀系数为 $12\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。试求:

- (1) 温度变化 20°C 时,引起的附加电阻变化;
- (2) 单位温度变化引起的虚应变。

解: (1)若假设电阻应变与钢质弹性元件不粘贴,温度变化 20°C 之后长度变化为:

$$\text{应变片: } L_s - L_{s_0} = L_{s_0} \cdot \beta_s \cdot 20 = 3.2 \times 10^{-4} L_{s_0}$$

$$\therefore L_s = (1 + 3.2 \times 10^{-4}) L_{s_0}$$

$$\text{弹性元件: } L_g - L_{g_0} = L_{g_0} \cdot \beta_g \cdot 20 = 2.4 \times 10^{-4} L_{g_0}$$

$$\therefore L_g = (1 + 2.4 \times 10^{-4}) L_{g_0}$$

粘贴在一起后, $L_{s_0} = L_{g_0} = L_0$ 则附加应变为:

$$\varepsilon_\beta = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_s - L_g}{L_0} = 8 \times 10^{-5}$$

\therefore 附加电阻变化为: $\Delta R_\beta = KR_0 \varepsilon_\beta = 0.0192\Omega$

(2) 应变片粘贴后的电阻温度系数为:

$$\alpha = \alpha_0 + K(\beta_s - \beta_g) = 2.8 \times 10^{-5}$$

\therefore 单位温度变化引起的虚应变为:

$$\varepsilon_t = \frac{\alpha}{K} \Delta t = 1.4 \times 10^{-5}$$