

(8) 应变计电阻

应变计电阻是应变计在未安装也不受外力的情况下,在室温时测得的电阻值。这是使用应变计时应知道的一个参数。国内应变计系列习惯上选用 120 Ω 、175 Ω 、350 Ω 、500 Ω 、1 000 Ω 、1 500 Ω 。

(9) 几何尺寸

圆弧敏感栅应变计敏感栅基长 L 从圆弧顶部算起,箔式应变计则从横向粗线的内沿算起。通常应变计 L 约为 2~30 mm,箔式应变计最小可达 0.2 mm,长的达 100 mm 或更长。

2.1.3 温度误差及其补偿

1. 温度误差产生的原因

把应变计安装在自由膨胀的试件上,即使试件不受任何外力作用,如果环境温度发生变化,应变计的电阻也将发生变化,这种变化叠加在测量结果中将产生很大误差。这种由于环境温度改变而带来的误差,称为应变计的温度误差。产生温度误差的主要原因有:

(1) 电阻温度系数的影响

敏感栅金属丝电阻本身随温度发生变化的关系可用下式表示:

$$R_t = R_0(1 + \alpha_0 \Delta t) \quad (2-11)$$

式中: R_t 为温度为 $t^\circ\text{C}$ 时的电阻值; R_0 为温度为 $t_0^\circ\text{C}$ 时的电阻值; α_0 为金属丝的电阻温度系数; Δt 为温度变化值, $\Delta t = t - t_0$ 。

当温度变化 Δt 时,电阻丝的电阻的变化值为

$$\Delta R_t = R_t - R_0 = R_0 \alpha_0 \Delta t \quad (2-12)$$

(2) 试件材料与应变丝材料膨胀系数的影响

试件材料与应变丝材料线膨胀系数不一,使应变丝产生附加变形而造成电阻变化。

当试件与电阻丝材料的线膨胀系数相同时,不论环境温度如何变化,电阻丝的变形仍和自由状态一样,不会产生附加变形。但是当试件与电阻丝材料的线膨胀系数不同时,由于环境温度的变化,电阻丝会产生附加变形,从而产生附加电阻。

2. 温度补偿方法

(1) 电桥补偿法

这是一种常用和效果较好的补偿法。在被测试件上安装一工作应变计,另外一个与被测试件的材料相同,但不受力的补偿件上安装一补偿应变计。补偿件与被测试件处于完全相同的温度场内。测量时,使两者接入电桥的相邻臂上,如图 2-10 所示。由于补偿片 R_B 是与工作片 R_1 完全相同的,且都贴在同样材料的试件上,并处于同样温度下,这样,由于温度变化使工作片产生的电阻变化 ΔR_1 与补偿片的电阻变化 ΔR_B 相等,因此,电桥输出 U_{sc} 与温度无关,从而补偿了应变计的温度误差。

有时根据被测试件的应变情况,亦可不专门设补偿件,而将补偿片亦贴在被测试件上,使其既能起到温度补偿作用,又能提高灵敏度。例如,构件作纯弯曲变形时,构件面上部的应变为拉应变,下部为压应变,且两者绝对值相等符号相反。测量时可将 R_B 贴在被测试件的下面(如图 2-11 所示),接入图 2-10 的电桥中。由于在外力矩 M 作用下, R_B 与 R_1 的变

化值大小相等符号相反,电桥的输出电压增加一倍。此时 R_B 既起到了温度补偿作用,又提高了灵敏度,而且可补偿非线性误差。

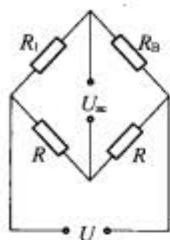
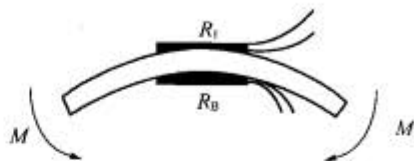
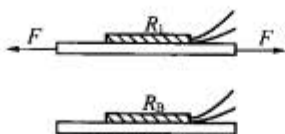


图 2-10 电桥补偿法

图 2-11 测量构件在弯曲应变时
补偿片贴在被测试件上

(2) 辅助测温元件微型计算机补偿法

该方法的基本思想是在传感器内靠近敏感测量元件处安装一个测温元件,用以检测传感器所在环境的温度。常用的测温元件有半导体热敏电阻以及 PN 结二极管等等。测温元件的输出经放大及 A/D 转换送到计算机,如图 2-12 所示。



图 2-12 辅助测温元件微型计算机补偿法

图中传感器把非电量转变成电量,并经放大,转换成统一信号。测温元件的变化经放大也转换成统一信号。然后经过多路开关, A/D 转换, 分别把模拟量变成数字量, 并经 I/O 接口读入计算机。计算机在处理传感器数据时, 即可把此测温元件温度变化对传感器的影响加以补偿, 以达到提高测量精度的目的。

(3) 应变计自补偿法

自补偿应变计是一种特殊的应变计, 当温度变化时, 产生的附加应变为零或相互抵消。用自补偿应变计进行温度补偿的方法叫做应变计自补偿法。

下面介绍两种自补偿应变计。

① 温度自补偿应变计

利用自身具有温度补偿作用进行温度补偿的应变片, 称之为温度自补偿应变片。实现温度补偿的条件为

$$\alpha_0 \Delta t + k(\beta_g - \beta_s) \Delta t = 0 \quad (2-13)$$

则

$$\alpha_0 = -k(\beta_g - \beta_s) \quad (2-14)$$

上式表明, 被测试件的线膨胀系数 β_g 已知时, 就可以选择合适的敏感栅材料满足式 (2-14), 不论温度如何变化, 均有 $\Delta R_t/R_0 = 0$, 达到温度自补偿的目的。这种方法的缺点是一种 α_0 值的应变计只能用在一种材料上, 因此局限性很大。

② 双金属敏感栅自补偿应变计

这种应变计也称组合式自补偿应变计。它是利用两种电阻丝材料的电阻温度系数符号

不同(一个为正,一个为负)的特性,将二者串联绕制成敏感栅,如图 2-13 所示。若两段敏感栅 R_1 和 R_2 由于温度变化而产生的电阻变化为 ΔR_{1t} 和 ΔR_{2t} ,大小相等且符号相反,就可以实现温度补偿。 ΔR_1 与 ΔR_2 的关系可由下式决定:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{|\Delta R_{2t}|/R_2}{|\Delta R_{1t}|/R_1} \quad (2-15)$$

其中, $\Delta R_{1t} = -\Delta R_{2t}$ 。

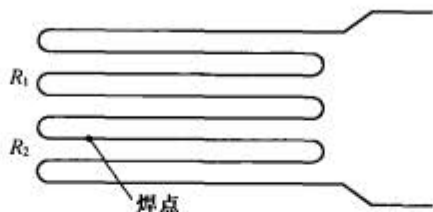


图 2-13 电阻温度系数符号不同的双金属敏感栅自补偿应变计

这种补偿效果较前者好,在工作温度范围内通常可达到 $\pm 0.14 \mu\epsilon/^\circ\text{C}$ 。

2.1.4 应变片式电阻传感器的测量电路

应变片将试件应变 ϵ 转换成电阻相对变化 $\Delta R/R$,为了能用电测仪器进行测量,还必须将 $\Delta R/R$ 进一步转换成电压或电流信号,这种转换通常采用各种电桥线路。根据电源的不同,可将电桥分为直流电桥和交流电桥。

1. 直流电桥的特性方程及平衡条件

图 2-14 为由桥臂 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 组成的直流电桥。

直流电桥的特性方程是指电桥对角端负载电流 I_t 与各桥臂参数和电源电压的关系式。利用等效电源定理, a 、 b 两端的开路电压和内阻分别为

$$e = U \frac{R_4 R_1 - R_2 R_3}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2)} \quad (2-16)$$

$$R = \frac{R_1 R_2 (R_3 + R_4) + R_4 R_3 (R_1 + R_2)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \quad (2-17)$$

平衡时有 $R_1 R_4 - R_2 R_3 = 0$, 上式称为直流电桥平衡条件,它说明欲使电桥达到平衡,其相邻两臂的比值应相等,即

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (2-18)$$

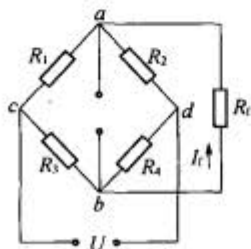


图 2-14 直流电桥

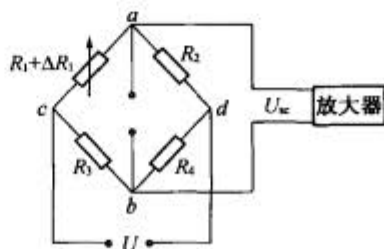


图 2-15 R_1 为工作臂时的直流电桥