

电阻应变片灵敏度的测量

李寿松 李锦英

(扬州大学工学院基础科学系 225009)

摘 要 阐明将“电阻应变片灵敏度的测量”引入大学物理实验的意义,叙述该实验的原理、注意事项,同时给出参考数据.

关键词 电阻应变片 灵敏度 电桥

“电阻应变片灵敏度的测量”是一个非电量电测实验,我们把它引入工科大学物理实验,主要考虑该实验为综合性实验,它将物理学、力学、传感器的有关知识和实验有机结合起来,通过对非电量电测过程,对培养学生综合运用知识的能力方面有积极作用.

将金属丝、金属箔或半导体薄片粘贴在支承片(一般为绝缘纸或胶膜)上,再焊接两根引出线,就成了电阻应变片,如图1所示.把电阻应变片粘贴在被测物体上,当被测物体在外力的作用下发生形变时,电阻应变片也发生应变,电阻值发生变化.如果测出应变片电阻的变化值,即可确定被测物体在粘贴应变处的应变大小.

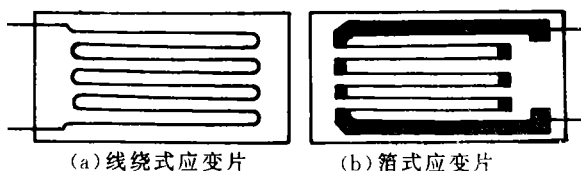


图1 电阻应变片

将应变片粘贴在试件表面上(应变片的主轴方向与试件主应力方向一致).我们将电阻应变片的电阻变化率 $\Delta R/R$ 与试件主应力方向的

个不停.测量中受到短时间的外界振动干扰,在所难免,可以继续测量不影响结果.

5 参考文献

1 中国科学技术大学普通物理实验室.大学物理实验

应变 ϵ_x 之比定义为电阻应变片的灵敏度

$$K = \frac{\Delta R/R}{\epsilon_x} \quad (1)$$

由上式可见,要想测出应变片灵敏度 K ,就必须测出应变 ϵ_x 和电阻变化率 $\Delta R/R$.由于它们均为微小变量,因而采用间接测量法来测试以上参数.

金属等强度悬臂梁实验架如图2所示,图中(a)、(b)分别为实验架的竖直和水平投影.实验时,在金属梁的上下表面各贴一片电阻应变片.上片为 R_1 ,下片为 R_2 ,应变片阻值为 $R_1 = R_2 = R$,约为 120Ω .

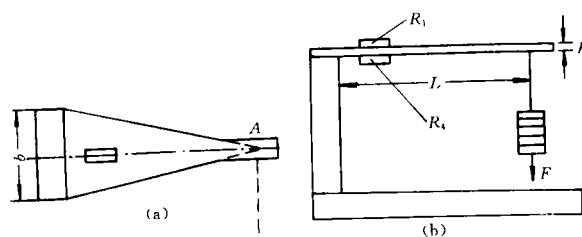


图2 金属等强度悬臂梁实验架

当在悬臂梁的自由端(图2中的A点)加载时,悬臂梁产生弯曲形变,粘贴在梁表面的电阻应变片也将随之产生应变.可以证明,等强度悬臂梁建立应变 ϵ_x 与载荷 F 之间的关系⁽¹⁾为

(3).合肥:中国科学技术大学出版社,1997.6~7

2 徐灏.机械设计手册(1).北京:北京机械工业出版社,1991.(6) 152~154

(1998-08-19 收稿)

$$\epsilon_x = \frac{6Fl}{h^2bE} \quad (2)$$

式中 l 为等强度悬臂梁的长度, h 为梁的厚度, b 为梁根部的宽度, E 为金属材料的杨氏弹性模量。

测量 $\Delta R/R$ 的线路如图3所示。图中 R_1 为粘贴在金属等强度悬臂梁上表面的应变片, R_4 为粘贴在悬臂梁下表面的应变片, 这样可以补偿应变过程中由于温度变化引起的电阻变化, 起到温度补偿作用。 R_2 和 R_3 为固定电阻, 其阻值 $R_2 = R_3 = R$ 。 U 为加在电桥 AC 两点的直流电压。

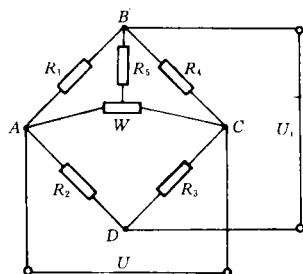


图3 测量电桥及调零电路

由于在实际的电桥中, R_1, R_2, R_3 和 R_4 不可能完全相等, 也不可能恰好满足电桥平衡关系式 $R_1 : R_4 = R_2 : R_3$, 这样 BD 端将有一初输出, 需利用调零电路, 即图3中电阻 R_5 (约 $10k\Omega$) 和滑线变阻器 W (约 220Ω), 将其调零。

当悬臂梁的自由端加上载荷 F 时, 由于应变片电阻值的变化将使电桥失去平衡。如图4所示^[2], 设 R_1 的阻值变为 $R + \Delta R$, R_4 的阻值变为 $R - \Delta R$ (R_4 粘贴在悬臂梁下表面受压缩应变), 此时有

$$I_1 = \frac{U}{(R + \Delta R) + (R - \Delta R)} = \frac{U}{2R} \quad (3)$$

$$I_2 = U/2R \quad (4)$$

$$U_i = I_2 R_3 - I_1 (R - \Delta R) \quad (5)$$

将式(3), (4)代入式(5)

$$U_i = \frac{U}{2} - \frac{U(R - \Delta R)}{2R} = \frac{U\Delta R}{2R} \quad (6)$$

$$\text{即} \quad \Delta R/R = 2U_i/U \quad (7)$$

将式(2), 式(7)代入式(1), 可得

$$K = \frac{U_i h^2 b E}{3UFl} \quad (8)$$

由上式可见, E 为金属材料的杨氏弹性模

量(常量), 只要测量 h, b, l, F, U 和 U_i , 就可计算电阻应变片的灵敏度 K 。

用螺旋测微器测出等强度悬臂梁的厚度 h , 用游标卡尺测其根部宽度 b , 用米尺测出梁的长度 l , 其结果为: $b = 45.84\text{mm}$, $h = 4.030\text{mm}$, $l = 299.9\text{mm}$, 用电压表测出桥压 $U = 5.000\text{V}$, 已知梁的杨氏模量为 $E = 1.62 \times 10^{11} \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ 。加载和卸载时直流电位差计相应示值如表1所示。

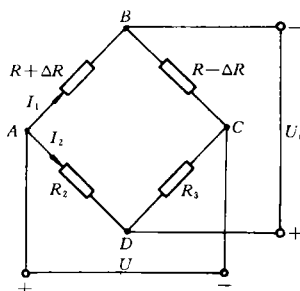


图4 半电桥差动电路

表 1

载荷质量/kg	U_i/mV		
	加载时	卸载时	平均
0	0	0.0450	0.0225
挂钩	0.0600	0.0800	0.0700
1	0.8480	0.8720	0.8600
2	1.6480	1.6700	1.6590
3	2.4550	2.4660	2.4605
4	3.2380	3.2500	3.2440
5	4.0440	4.0450	4.0445

用逐差法求出加载 3kg 时, 相应的电桥输出电压变化量的平均值

$$\bar{U}_{i3} = 2.3866\text{mV}$$

将有关数据代入式(8)有

$$\bar{K} = \frac{\bar{U}_{i3} h^2 b E}{3F l U} = 2.18$$

电阻应变片 K 的标称值为 2.22 , 测量的相对误差 E_r 为 0.018 。

参考文献

- 1 梁治明等. 材料力学. 人民教育出版社, 1964. 214 ~ 216
- 2 强金龙. 非电量电测技术. 高等教育出版社, 1989. 36

(1998-06-26 收稿)