

实验十五 非平衡电桥测量铂电阻的温度系数 实验报告

1400012141

邵智轩

周二下午3组11号

2017年3月7日

1 数据处理

$$I_0 = 4.002\text{mA}, \quad R_P = 100.2\Omega$$

Table 1: 非平衡电桥输出电压随铂电阻温度的变化

$T/^{\circ}\text{C}$	0.0	21.5	40.6	55.6	69.8	85.5	99.8
U_{out}/mV	0.00	16.36	30.89	42.33	53.01	64.89	75.69

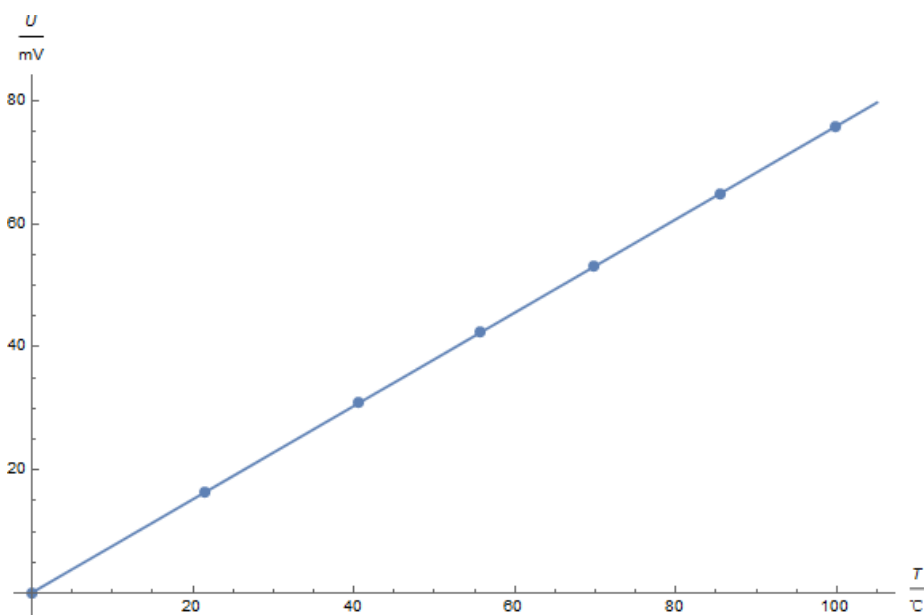


Figure 1: 非平衡电桥输出电压随铂电阻温度的变化

$$r = 0.9999977$$

$$k = 0.7584\text{mV}/^{\circ}\text{C}$$

$$U_0 = 0.06\text{mV}$$

$$\frac{\sigma_k}{k} = \sqrt{\frac{1/r^2 - 1}{n - 2}} = 0.1\%$$

$$\sigma_k = 0.1\% \times 0.76 = 0.0008\text{mV}/^{\circ}\text{C}$$

$$k \pm \sigma_k = (0.7584 \pm 0.0008)\text{mV}/^{\circ}\text{C}$$

$$A = \frac{2k}{I_0 R_0} = 3.783 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$$

$$\frac{\sigma_A}{A} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_k}{k}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{I_0}}{I_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{R_0}}{R_0}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_k}{k}\right)^2 + \frac{1}{3}\left(\frac{e_{I_0}}{I_0}\right)^2 + \frac{1}{3}\left(\frac{e_{R_0}}{R_0}\right)^2}$$

$$\text{又 } \frac{e_{R_0}}{R_0} = 0.1\%, \quad \frac{e_{I_0}}{I_0} = \frac{4 \times 0.5\% + 0.004}{4} = 0.6\%$$

$$\frac{\sigma_A}{A} = \sqrt{0.001^2 + \frac{1}{3} \times 0.001^2 + \frac{1}{3} \times 0.006^2} = 0.4\%$$

$$\sigma_A = 3.8 \times 0.4\% \times 10^{-3} = 0.02 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$$

$$A \pm \sigma_A = (3.78 \pm 0.02) \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$$

2 思考题

2.1 实验中有哪些因素会引起输出—输入非线性误差？对测量的影响多大？本实验采取了什么措施，用以改善非平衡电桥的线性？

U_{out} 与 T 的线性关系 $U_{out} = \frac{I_0}{2}(R_T - R_P) = \frac{I_0}{2}R_0A\Delta T$ 建立在 $R_1 = R_2$ ，且 $R_1 \gg R_T$ ， $R_2 \gg R_P$ ，且在 $0 - 100^\circ\text{C}$ 范围内近似认为 $R_T = R_0(1 + AT)$ 等条件上。这些条件是否严格满足决定了其引入的非线性误差的大小。若不作 $R_1 = R_2$ ，且 $R_1 \gg R_T$ ， $R_2 \gg R_P$ 的近似，则 $U'_{out} = \frac{R_2 R_T - R_1 R_P}{R_1 + R_2 + R_T + R_P} I_0$ ，含有非线性。

实验中，电阻随温度变化的非线性可忽略。考虑近似公式引入的极限误差，在 $T = 100^\circ\text{C}$ ， $R_1 = R_2 = 9\text{k}\Omega$ ， $R_P = R_0 = 100\Omega$ ， $R_T = R_0(1 + A\Delta T) = R_0(1 + 3.8 \times 10^{-3} \times 100) = 138\Omega$ ， $\frac{R_1}{R_T} \approx \frac{R_2}{R_P} \approx 90$ 。

$$\frac{\delta U_{out}}{U_{out}} = 1 - \frac{U'_{out}}{U_{out}} = 1 - \left(\frac{R_1 \cdot 0.38 R_0}{2R_1 + 2.38 R_0} I_0\right) / \left(\frac{1}{2} \cdot 0.38 I_0\right) = 1.3\%$$

可见当温度升高，电桥偏离平衡较大后，这一近似将引入非线性误差。

另外，在测量过程中可能由于操作引入误差，如在系统为达到热平衡时读数。仪器精度有限也会引入一定的非线性误差。

从实验设计的角度，热电阻采用三线式接法，可以使温度变化时导线电阻的影响相互抵消。设定阻值，使得 $R_1 \gg R_T$ ， $R_2 \gg R_P$ 。

从操作的角度，测量过程中要不断搅拌，等温度稳定后再读数，避免读数引入的非线性因素。

从数据处理的角度，采用精度较高的最小二乘法拟合使其“线性化”。

2.2 处理实验数据时，如果发现 $U_{out} - T$ 拟合直线截距不为零，是何原因？是否会影响测量精度？

第一个原因是 $T = 0^\circ\text{C}$ 时本身测得的 U_{out} 就不为0，但只要比较接近0，就不会影响测量精度。

第二个原因是上一问中的 $U_{out} - T$ 在 T 较大时非线性，真实的 U'_{out} 在热电阻阻值增大时会偏离线性（极限情况下比 U_{out} 小1%）。但根据拟合出的线性相关系数很高 $r = 0.9999977$ ，这一因素的影响也很小。

3 收获与感想

认识了铂电阻的温度特性，在 $0 - 100^{\circ}\text{C}$ 范围内可认为线性。学习了非平衡电桥的测量原理，通过非平衡电压反映出桥臂电阻的微小变化，如果是一个电阻传感器，就可以从而检测外界物理量的变化。