

物理实验报告

实验名称： 非平衡电桥

实验桌号： _____

指导教师： 王鲲

班级： _____

姓名： _____

学号： _____

实验日期: 2025 年 4 月 24 日 星期四上午

浙江大学物理实验教学中心

一、预习报告

1. 实验综述

实验现象：随着温度升高，铜电阻的阻值增大，导致电桥失衡，输出电压 U 随温度 t 呈非线性变化。通过测量不同温度下的 U 值，可发现 U 与 t 的近似线性关系，验证电阻温度系数的存在。

实验原理：非平衡直流电桥通过检测桥臂电阻变化引起的不平衡电压来反映物理量变化。当

待测电阻 R_x （如铜电阻）随温度改变 ΔR_x 时，输出电压 U 由公式 $U = \frac{R_2 R_x + R_2 \Delta R_x - R_1 R_3}{(R_1 + R_x + \Delta R_x)(R_2 + R_3)} E$ 确

定。结合铜电阻的线性关系 $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ ，推导出温度系数公式 $\alpha = \frac{4U}{t(E - 2U)}$ 。

实验方法：

- (1) 预调平衡：在 0°C 下调节电桥使 $U=0$ 。
- (2) 非平衡测量：加热铜电阻，每 5°C 间隔记录 U 和 t ，利用公式计算 α 。
- (3) 平衡测量：切换为惠斯登电桥，调节电阻箱使电桥平衡，直接读取不同温度下的阻值 R_t ，绘制 R_t-t 曲线求 α 。
- (4) 数据分析：通过实验数据验证理论值，计算相对误差。

2. 实验重点

了解非平衡直流电桥工作原理和操作方法；应用非平衡直流电桥测量变温金属电阻温度系数。

3. 实验难点

预调平衡需在 0°C 精准调节，微小误差影响后续结果；加热过程需维持温度稳定，避免波动干扰数据；非平衡电压（mV 级）测量易受环境干扰，需高精度操作；公式计算中分母（ $E - 2U$ ）趋近零时误差放大，需谨慎处理。

二、原始数据

温度系数	1	2	3	4	5	6	7	8
次数				44.9	50.0	55.0	60.3	65.3
温度 $t/^\circ\text{C}$	30.0	35.0	40.0	44.9	50.0	55.0	60.3	65.3
U/mV	39.6	45.6	51.2	56.9	63.7	69.0	74.1	79.6
$\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$	0.004325	0.004311	0.004275	0.004261	0.00421	0.004272	0.004268	0.004274

$R_t - t$ 39.6

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
温度 $t/^\circ\text{C}$	30.0	35.0	40.0	44.9	50.0	55.0	60.3	65.3
R_t/Ω	56.94	57.98	59.00	60.01	61.28	62.32	63.30	64.36

王 强

三、结果与分析

1. 数据处理与结果

(1) 测量铜电阻 Cu50 温度系数

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
温度 $t/^{\circ}\text{C}$	30.0	35.0	40.0	44.9	50.8	55.6	60.3	65.3
U/mV	39.6	45.6	51.2	56.9	63.7	69.0	74.1	79.6
$\alpha/^{\circ}\text{C}^{-1}$	0.00433	0.00431	0.00428	0.00427	0.00428	0.00427	0.00427	0.00427

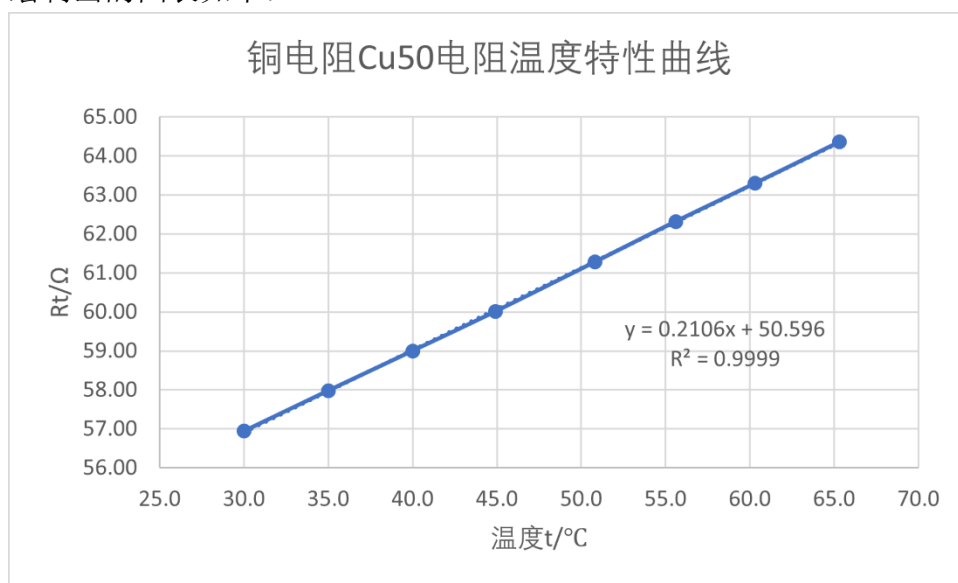
其中, $\alpha = \frac{4U}{t(E-2U)}$ 。

计算 α 的平均值, 可得 $\bar{\alpha} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \alpha_i = 0.00429^{\circ}\text{C}^{-1}$, 相对误差 $E_r = \frac{0.00429-0.004280}{0.00429} \times 100\% = 0.2\%$ 。

(2) 描绘铜电阻 Cu50 电阻温度特性曲线 R_t-t

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
温度 $t/^{\circ}\text{C}$	30.0	35.0	40.0	44.9	50.8	55.6	60.3	65.3
R_t/Ω	56.94	57.98	59.00	60.01	61.28	62.32	63.30	64.36

绘制出的图表如下:



由 $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ 可得 $k = \alpha R_0, b = R_0$ 。

因此 $\alpha = \frac{k}{b} = \frac{0.2106}{50.596}^{\circ}\text{C}^{-1} = 0.4162^{\circ}\text{C}^{-1}$, 相对误差 $E_r = \frac{0.004162-0.004280}{0.00429} \times 100\% = -2.8\%$ 。

2. 误差分析

通过上面两种方法的对比, 我们发现第二种方法的误差相对较大, 结合测量过程, 其误差来源可能为实验过程中, 本人是两种方法同时做的, 即先测第一种方法的数据, 再测第二种方法的数据, 而在测第一种方法的数据之前, 本人已等待至热惯性与散热平衡, 故方法一误差很小, 然而转换测量模式及电阻阻值的时间不可忽略, 从而导致铜电阻温度开始下降, 且初始温度越高, 下降速度越快, 进而导致斜率偏小, 截距偏大, α 的测量值偏小。

此外, 本实验还有以下误差来源:

- (1) 非平衡电桥在实验开始前，并没有条件在 0°C 条件下对电桥进行预调平衡操作，可能为后续测量带来实验误差。
- (2) 非平衡电桥实验中，电动势 E 按照 1.3V 进行计算，实际上可能因电压老化而导致电动势降低，为实验带来误差。
- (3) 铜电阻本身可能发生氧化等变化，使得其温度系数与标准值不符。
- (4) 加热装置具有热惯性，导致结束加热后的一段时间内电阻仍然被加热。

3. 实验探讨

本次实验完成了非平衡电桥和平衡电桥对铜电阻温度系数的测量，掌握了测量电阻温度系数的方法，同时也对非平衡电桥和平衡电桥的原理有了更加深刻的理解。

四、思考题

1. 平衡电桥是把待测电阻与标准电阻进行比较，通过调节电桥平衡，从而得到电阻值，一般只适用于测量相对稳定状态的物理量；非平衡电桥通过测量桥式电路中的不平衡电压，通过运算处理得到某个物理量的信息。平衡电桥在实验过程中需要不断调整电阻箱的电阻使得电流为零，而非平衡电桥并不需要这一步，操作方便。
2. 本实验中的非平衡电桥可以测量电阻的温度系数，因此在工程中，可以将非平衡电桥与热敏电阻进行结合，通过电压差的值倒推出温度，从而制作成温度传感器。