

浙 江 大 学

物 理 实 验 报 告

实验名称：非平衡电桥

指导教师：仇志勇

信箱号：

由于实验器材是坏的，故本次实验数据
与他人合作测得

专 业：电子科学与技术

班 级：电科 2102

姓 名：湛梓轩

学 号：3210105209

实验日期：10月24日 星期一上/下午



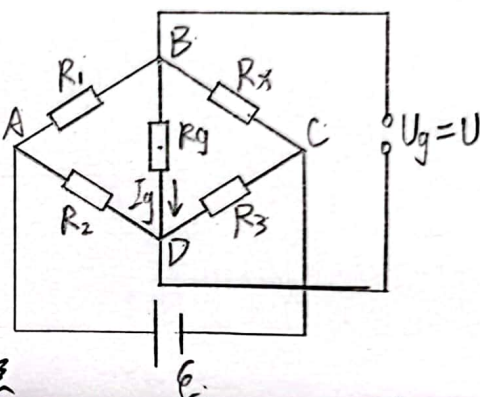
【实验目的】

1. 掌握非平衡直流电桥的工作原理和测量方法
2. 应用非平衡电桥测量变温金属电阻温度系数

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

1. 非平衡电桥工作原理

与惠斯登电桥相比，非平衡电桥在BD间加的不是检流计，而是负载电阻 R_g ，通过 I_g 和 U_g 的测量来换算 R_x 数值。当BD处于开路状态， R_g 无穷大， $I_g = 0$ ，此时只有电压 U_g ，用 U 表示，则输出电压为： $U = U_g = \frac{R_2 R_x - R_1 R_3}{(R_1 + R_x)(R_2 + R_3)} E$ 。



调节四个桥臂电阻使 $R_2 R_x = R_1 R_3$ ，此时BD两点

电位相同， $U = 0$ ，电桥达到平衡状态。为了测量的准确性，在测量起始点，电桥必须调至平衡，称为预调平衡，这样可使输出电压只与某一臂电阻变化有关。若 R_1 、 R_2 、 R_3 固定， R_x 作为传感器随待测物理量的改变而变化时，BD两点电位不等，电桥进入非平衡状态， R_x 也由平衡态变为 $R_x + \Delta R_x$ ，此时BD两端输出非平衡电压为：

$U = \frac{R_2 R_x + R_2 \Delta R_x - R_1 R_3}{(R_1 + R_x + \Delta R_x)(R_2 + R_3)} E$ ，根据 U 的大小变化，可以知道桥路中电阻的变化情况，也就知道待测物理量的变化。

2. 变温金属电阻温度系数测量原理

变温金属电阻阻值 R_t 随温度的改变而不同，其电阻随温度的变化关系近似为： $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ 。 R_0 为变温金属 0°C 的阻值， α 为温度系数。当BD处于开路，变温电阻从 0°C 变为 t ，令 $R_x = R_t$ ， $R_1 = R_2 = R_3 = 0$ ，得： $U = \frac{2t}{4 + 2\alpha t} E$ ；

因此， $\alpha = \frac{4U}{t(E - 2U)}$ ，因为 $E = 1.3\text{V}$ ，所以只需测出 U ，即可求出变温电阻的温度系数 α 。



【实验内容】（重点说明）

1. 测量铜电阻Cu50的温度系数

- (1) 打开FQJ型非平衡直流电桥开关, 将 R_a 、 R_b 、 R_c 分别接至 R_1 、 R_2 、 R_3 ;
- (2) 铜电阻Cu50在 0°C 时阻值为 50Ω , 因此分别将 R_a 、 R_b 、 R_c 设为 50Ω ;
- (3) 如有条件可在 0°C 下预调平衡: 将开关置于非平衡-电压挡, 将 R_x 置于盛冰水混合物液体中, R_a 、 R_b 、 R_c 为 50Ω 接至 R_1 、 R_2 、 R_3 , 按下B.G., 微调 R_3 , 使桥输出电压为零;
- (3) 按下B.G., 测量并记录非平衡电桥电压值 U 和室温 t ;
- (4) 利用加热装置对铜电阻进行加热, 以 5°C 为间隔, 待温度达到相对稳定时按下B.G., 测量并记录非平衡电压 U 及对应温度 t ;
- (5) 利用实验数据作 $U-t$ 特性曲线, 求出 α , 再求其平均值 $\bar{\alpha}$, 与理论值相比较, 计算相对误差

2. 描绘铜电阻Cu50电阻温度特性曲线 R_t-t

- (1) 将“功能、电压选择”开关置于“平衡-5V”挡, 此时电桥进入平衡电桥工作状态;
- (2) 因电桥平衡时 $R_2 R_x = R_1 R_3$, 即 $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$, 若 $\frac{R_1}{R_2} = 1$, 则 $R_x = R_3$. 将 R_a 、 R_b 接入 R_1 、 R_2 , R_c 接入 R_3 ;
- (3) 对铜电阻进行加热, 以 5°C 为间隔, 待温度达到相对稳定时按下B.G., 并迅速调节 R_c 使电桥平衡, 此时 R_c 即为Cu50的阻值。记录 R 及其对应的温度值 t ;
- (4) 作 R_t-t 特性曲线, 由曲线求出电阻温度系数 α , 与理论值比较, 算相对误差。

【实验器材及注意事项】

实验器材:

1. FQJ型非平衡直流电桥。
2. 非平衡直流电桥加热装置。

注意事项:

1. 实验开始前, 所有导线, 特别是加热炉与温控仪间的信号输入线应连接可靠。
2. 传热铜铁与传感器组件在出厂时已由厂家调好, 不得随意拆卸。
3. 转动“PID调节”及“设定调节”旋钮时, 不应用力过猛, 以防损坏电位器

4. 实验完毕后, 切断电源, 整理导线, 并将实验仪器摆放整齐

5. 由于热敏电阻, 铜电阻而于高温的局限, 设定加温的上限值不能超过 120°C 。



【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
$t/^\circ C$	25.9	31.0	36.5	41.5	46.5	51.5	56.5	61.5
U_g/mV	38.6	44.7	51.7	56.9	62.7	68.3	73.9	79.3
$\alpha/^\circ C^{-1}$	0.004875	0.004764	0.004734	0.004623	0.004591	0.004560	0.004541	0.004519

 U_g-t 特性曲线见附页

$$\alpha = \frac{4 U_g}{t(e^{-2U_g})}$$

 α 的理论值为 $\alpha_0 = 0.004280 ^\circ C^{-1}$

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i}{8} = 0.004650 ^\circ C^{-1}$$

$$\text{相对误差 } E = \frac{|\bar{\alpha} - \alpha_0|}{\alpha_0} = 8.6\%$$

2. 描绘铜电阻温度特性曲线 R_t-t

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
$t/^\circ C$	25.9	31.0	36.5	41.5	46.5	51.5	56.5	61.5
R_t/Ω	56.80	57.90	59.10	60.18	61.16	62.28	63.32	64.41

 R_t-t 特性曲线见附页

$$\text{由图知: } R = 0.2130 t + 51.3002$$

$$\text{可得: } \alpha = \frac{0.2130}{51.3002} = 0.004152 ^\circ C^{-1}$$

$$\therefore \text{相对误差: } E = \frac{|\alpha - \alpha_0|}{\alpha_0} = 2.9\%$$



【误差分析】

1. 在温度升至设定温度后, 读取 U 后, 调整 R_c 的大小时, 温度会有所下滑, 导致温度 t 与 R 对应不准确。
2. 实验设备精度有限, 且在温度相对稳定时, 电压 U 的示数仍有一定的波动, 读数不完全准确。
3. 由于没有条件使电阻降至 0°C , 不进行预调平衡, 将 R_1, R_2, R_3 调 50Ω 只是一个估计值, 导致公式推导本身就有一定的误差, 这一点由最后得出的 $R-t$ 图可看出, 实际 R_x 在 0°C 时应为 51Ω 左右。
4. 在调 R_x 使检流计示数归零时, 会出现 -0.00mA 的情况, 可以看出电桥并不能完全平衡。

【实验心得及思考题】

思考题:

1. 在平衡电桥中, 我们需要通过调节电臂电阻的阻值来使电桥电势差为 0, 通过电阻的等比关系来计算未知电阻的大小; 而非平衡电桥中, 电臂电阻不用改变, 而是通过电桥的电势差, 利用电阻的分压原理来逆推未知电阻大小。
2. ① 快速测量电阻
② 传感器
③ 控制电路(电机、电气元件等)

实验心得:

本次实验的操作和原理其实都相对简单, 仅对测量数据而言可以说是相当快了, 但是电路设计的构思非常地精巧, 我们应该在原有电桥的基础上, 进一步简化操作和提高精度, 这是更值得思考的问题。另外, 在调温时要有一定耐心, 但动作要快, 不然温度与 U, R 可能不对应。



【数据记录及草表】

1. Cu50 - 非平衡

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
温度 $t/^{\circ}\text{C}$	28.9	31.0	36.5	41.5	46.5	51.5	56.5	61.5
U/mV	38.6	44.7	51.7	56.9	62.7	68.3	73.9	79.3

2. Cu50 - $R_t - t$

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
温度 $t/^{\circ}\text{C}$	28.9	31.0	36.5	41.5	46.5	51.5	56.5	61.5
R_t/Ω	56.80	57.90	59.10	60.18	61.16	62.28	63.32	64.41

教师签字:

(Handwritten signature)

