

# 浙 江 大 学

## 物 理 实 验 报 告

实验名称：非平衡电桥

指导教师：                    

信 箱 号：                    

专      业：                    

班      级：                    

姓      名：                    

学      号：                    

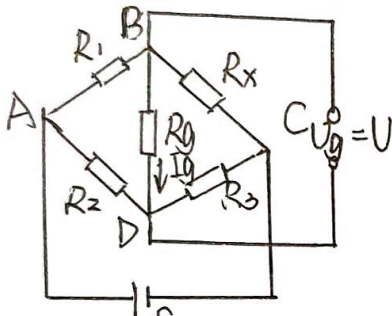
实验日期：    月    日 星期⑦下午

【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. 应用非平衡直流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



当负载电阻  $R_0 \rightarrow \infty$ , BD 处于开路状态,  $I_0 = 0$ , 此时输出电压为:

$$U = U_0 = \frac{R_2 R_x - R_1 R_3}{(R_1 + R_x)(R_2 + R_3)} \varepsilon$$

调节四个桥臂电阻使  $R_1 R_3 = R_2 R_x$ , 此时 B、D 两点电位相等, 在测量起始点处需预调平衡, 即预先将电桥调至平衡状态, 这样可以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,  $R_x$  随待测物理量变化而变化,  $R_x$  变为  $R_x + \Delta R_x$ ,

$$U = \frac{R_2 R_x + R_2 \Delta R_x - R_1 R_3}{(R_1 + R_x + \Delta R_x)(R_2 + R_3)} \varepsilon$$

根据  $U$  的大小变化, 可知桥路中电阻的变化情况。

2. 变温金属电阻温度系数测量原理

变温金属电阻  $R$ , 随温度变化而改变,

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

其中  $R_0$  为电阻在  $0^\circ\text{C}$  时的阻值,  $\alpha$  为电阻的温度系数。在 B、D 处于开路状态, 电阻从  $0^\circ\text{C}$  变到  $t$  时, 令  $R_x = R_t$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = R_0$ , 有:

$$U = \frac{\alpha t}{4 + 2\alpha t} \varepsilon$$

$$\alpha = \frac{4U}{t(\varepsilon - 2U)}$$

$\varepsilon = 1.3\text{V}$ , 只需测出  $U, t$  便可求出  $\alpha$ 。



【实验内容】(重点说明)

1. 测量铜电阻  $Cu50$  温度系数
  - (1) 打开 FQJ 型非平衡直流电桥开关, 连线后将  $R_A, R_B, R_C$  分别接至  $R_1, R_2, R_3$
  - (2) 铜电阻  $Cu50$  在  $0^\circ C$  阻值约为  $50\Omega$ , 因此分别将  $R_A, R_B, R_C$  接为  $50\Omega$
  - (3) 将“功能电压选择”开关置于“非平衡-电压”挡, 按下 B、G 按钮, 测量并记录非平衡电压值  $U$  和室温  $t$
  - (4) 利用非平衡电桥加热装置对铜电阻进行加热, 以  $5^\circ C$  为间隔, 待温度达到相对稳定时按下 B、G 按钮, 测量并记录非平衡电压  $U$  及其对应的温度  $t$
  - (5) 作  $U-t$  特性曲线, 求出  $\alpha$
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)  $R_2 R_1 = R_1 R_3 \Leftrightarrow R_1 = \frac{R_2}{R_3} R_3$ , 若  $\frac{R_2}{R_3} = 1$ , 则  $R_1 = R_3$ , 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  $5^\circ C$  为间隔, 记录  $R_C$  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  $\alpha$

【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实验装置
- 损坏电位器。
4. 实验完后切断电源, 整理导线, 并将实验仪器摆放整齐
- 注意事项:
1. 实验开始前, 应保证所有导线连接可靠, 尤其是加热炉与温控仪之间的信号输入
  2. 传热铜块与传感器组件在出厂时已由厂家调节好
  3. 转动“PID”调节及设定调节旋钮时, 应轻微用力, 以免
  5. 由于热敏电阻、铜电阻耐高温的局限, 设定加温的上限值不能超过  $120^\circ C$

## 【数据处理与结果】

## 1. 测量Cu50温度系数.

$$\alpha = \frac{4U}{t(E-2U)}$$

$$(E=1.3V)$$

| 次数                           | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 温度 $t/^\circ\text{C}$        | 13.7     | 19.9     | 26.0     | 31.0     | 36.0     | 40.9     |
| $U/\text{mV}$                | 21.1     | 29.2     | 36.8     | 42.9     | 49.0     | 54.8     |
| $\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$ | 0.004898 | 0.004727 | 0.004616 | 0.004559 | 0.004529 | 0.004502 |
|                              | 7        | 8        |          |          |          |          |
|                              | 45.9     | 51.1     |          |          |          |          |
|                              | 60.6     | 66.6     |          |          |          |          |
|                              | 0.004480 | 0.004468 |          |          |          |          |

$U-t$  特性曲线见附页.

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i}{8} = 0.004597^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha = 0.004280/^\circ\text{C}.$$

$$\text{相对误差为 } \frac{|\bar{\alpha} - \alpha|}{\alpha} = \frac{7}{100} 7\%.$$

2. 描绘铜电阻Cu50电阻温度特性曲线  $R_t-t$ .

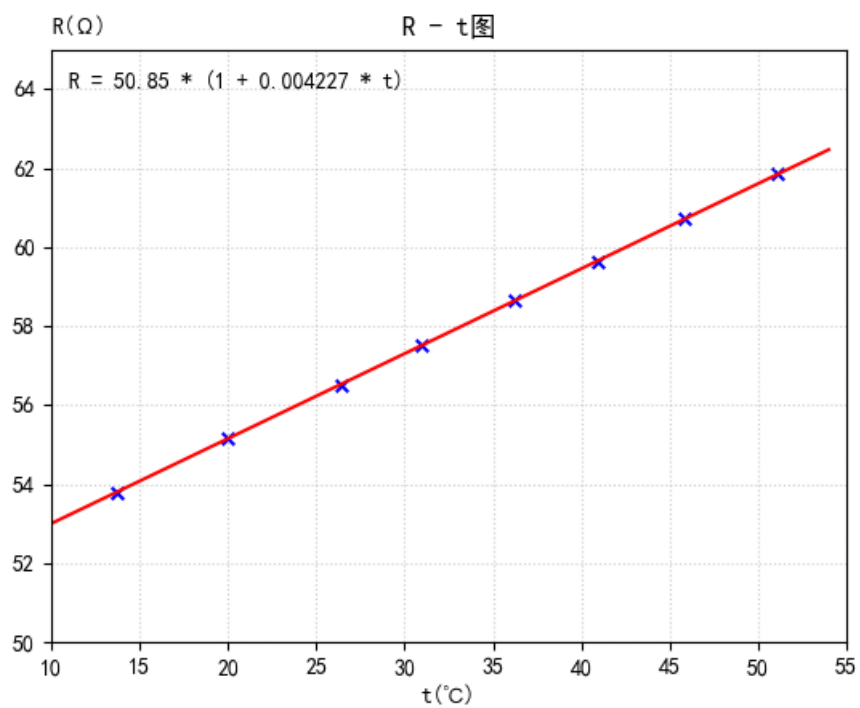
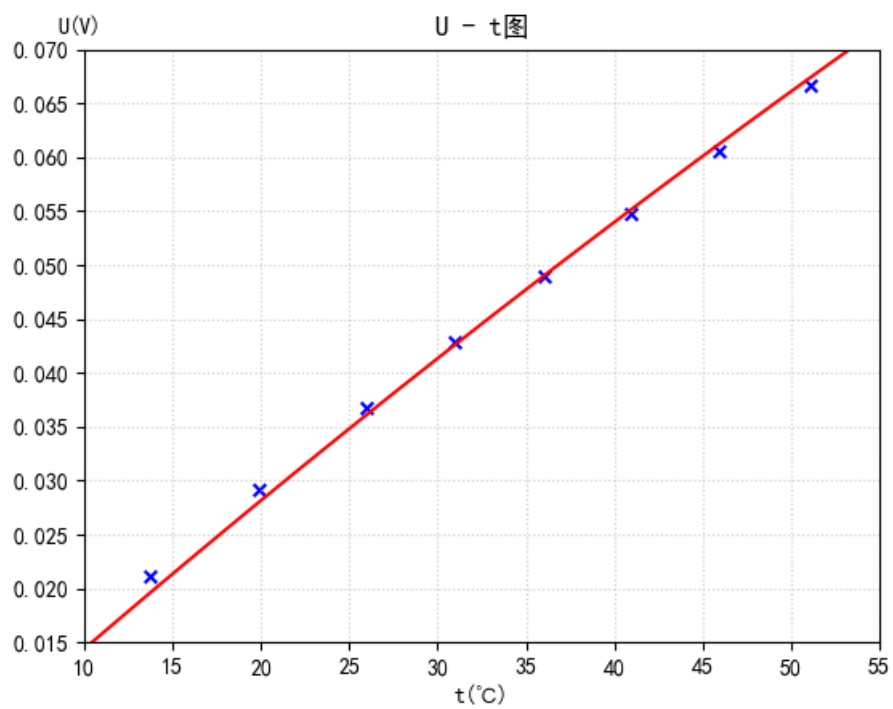
$$R_t = \frac{R_1}{R_2} R_3 = R_3, \quad R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

| 次数                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 温度 $t/^\circ\text{C}$ | 13.7  | 20.0  | 26.4  | 31.0  | 36.2  | 40.9  | 45.8  | 51.1  |
| $R_t/\Omega$          | 53.79 | 55.18 | 56.52 | 57.51 | 58.64 | 59.64 | 60.71 | 61.84 |

$R_t-t$  特性曲线见附页.

$$\text{由计算机拟合有 } \alpha' = 0.004227/^\circ\text{C}.$$

$$\text{相对误差为 } \frac{|\alpha' - \alpha|}{\alpha} = 1.2\%.$$

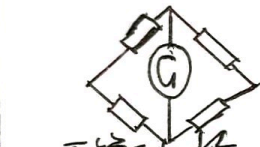




### 【误差分析】

1. 观察到在升温过程中由于加热“惯性”，停止加热后温度还会继续上升一阵子，此时调整电阻阻值可能导致当前电阻值与实际温度不匹配的情况，这可能带来误差。
2. 导线连接可能接触不良，导线电阻，给实验数据带来一定误差。

### 【实验心得及思考题】



平衡电桥

平衡电桥中间放置电流计，当电桥平衡状态时，表示两个相对臂比例相等，主要用于精确测量电阻。



非平衡电桥

非平衡电桥的桥臂阻值不是按比例设置的，在输出时有一个非零的电压差，常用于传感器应用中，例如压敏电阻、热敏电阻等，电阻的变化反应了物理量的变化。

#### 思考题 2:

传感器测量，利用应变片、热敏电阻可以得到相应的垂直应力或温度数值。此外，还有湿度传感器。

器、位移/位置传感器等应用

#### 实验心得:

本实验了解了非平衡电桥的基本工作原理，并了解了非平衡电桥的具体应用以及其与平衡电桥的异同。

【数据记录及草表】

1

|                              |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 温度 $t/^\circ\text{C}$        | 13.7 | 19.9 | 26.0 | 31.0 | 36.0 | 40.9 |
| $U/\text{mV}$                | 21.1 | 29.2 | 36.8 | 42.9 | 49.0 | 54.8 |
| $\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$ |      |      |      |      |      |      |

2

|                       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 温度 $t/^\circ\text{C}$ | 13.7  | 20.0  | 26.4  | 31.0  | 36.2  | 40.9  |
| $R_t/\Omega$          | 53.79 | 55.18 | 56.52 | 57.51 | 58.64 | 59.64 |

$$\alpha = \frac{4U}{t(E-2U)}$$

$$E = 1.3\text{V}$$

1

|                              |      |      |
|------------------------------|------|------|
| $t/^\circ\text{C}$           | 45.9 | 51.1 |
| $U/\text{mV}$                | 60.6 | 66.6 |
| $\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$ |      |      |

2

|                    |       |       |
|--------------------|-------|-------|
| $t/^\circ\text{C}$ | 45.8  | 51.1  |
| $R_t/\Omega$       | 60.71 | 61.84 |