

12

浙 江 大 学

物 理 实 验 报 告

实验名称：非平衡电桥

指导教师：邓欣雨

信 箱 号：

专 业：计算机科学与技术

班 级：2304

姓 名：贺怀志

学 号：3230105907

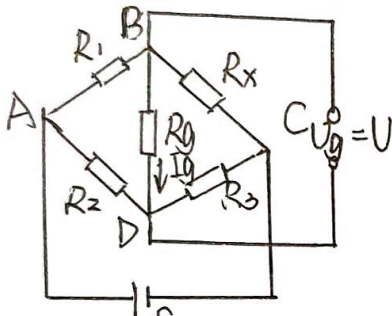
实验日期：12月9日 星期二①下午

【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°C 时的阻值, α 为电阻的温度系数。在 B、D 处于开路状态, 电阻从 0°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 α 。

【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 50Ω , 因此分别将 R_A 、 R_B 、 R_C 接为 50Ω
 - (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 α
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 α

【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”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/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/Ω	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.

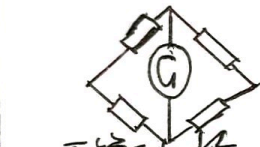
$$\text{由计算机拟合有 } \alpha' = 0.004227/^\circ\text{C}.$$

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

【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/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/Ω	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/mV	60.6	66.6
$\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$		

2

$t/^\circ\text{C}$	45.8	51.1
R_t/Ω	60.71	61.84

教师签字: 邓欣雨