

# 浙江大学

## 物理实验预习报告

实验名称： 非平衡电桥

实验桌号：                     

指导教师：                     

班级： cc98

姓名： Hydrofoil

学号： 324010

实验日期： 2 025 年 10 月 11 日 星期六 上午

浙江大学物理实验教学中心

## 一、实验综述

(自述实验现象、实验原理和实验方法, 不超过 500 字, 5 分)

非平衡电桥工作原理:

如右图所示, 与惠斯登电桥相比, 非平衡电桥在 B、D 间加的并非检流计, 而是负载电阻  $R_g$ , 通过  $I_g$  和  $U_g$  的测量来换算  $R_x$  的数值。当 B、D 处于开路状态时,  $R_g$  无穷大,  $I_g = 0$ , 此时只有电压  $U_g$ , 用  $U$  表示, 则输出电压为:

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

调节四个桥臂电阻, 使  $R_2 R_x = R_1 R_3$ , 此时 B、D 两点电位相等,  $U = 0$ , 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 (如温度、应力等) 的改变而变化时, B、D 两点电位不等, 电桥进入非平衡状态,  $R_x$  也由平衡状态变为  $R_x + \Delta R_x$ , 此时 B、D 端输出的非平衡电压为:

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

根据  $U$  的大小变化, 可知桥路中电阻的变化情况, 由此知晓物理量的变化。

非平衡电桥实验方法:

1. 打开 FQ 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  $0^\circ\text{C}$  时阻值约为  $50\Omega$ , 因此分别将  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$  设为  $50\Omega$ ;
3. 如有条件, 可先在  $0^\circ\text{C}$  下对电桥预调平衡: 将“功能 - 电压选择”开关置于“非平衡 - 电压”档, 将待测铜电阻  $R_x$  置于盛冰水混合物的容器中,  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$  均置于  $50\Omega$  并接至  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ , 按下 B、G 按钮, 微调  $R_s$ , 使输出电压为零, 此时电桥平衡, 实现  $t = 0^\circ\text{C}$  时,  $U = 0$ ;
4. 将“功能 - 电压选择”开关置于“非平衡 - 电压”档, 按下 B、G 按钮测量并记录非平衡电压值  $U$  和室温  $t$ ;
5. 利用非平衡电桥加热装置对铜电阻进行加温, 以  $5^\circ\text{C}$  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  $U$  及其对应温度  $t$ ;
6. 利用实验数据作  $U - t$  特性曲线, 由  $\alpha = \frac{4U}{t(\varepsilon - 2U)}$  求出  $\alpha$ , 将其平均值与理论值进行比较, 计算相对误差

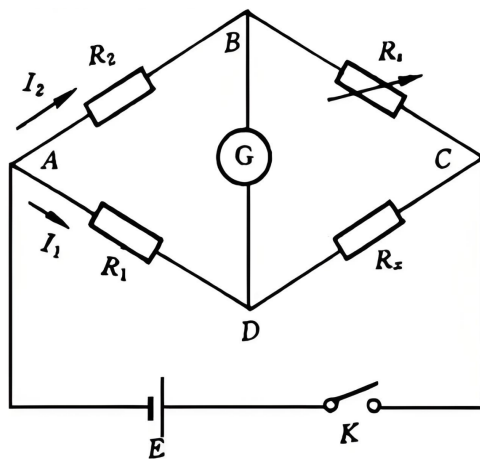


图 1: 非平衡电桥电路图

### 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近似为:

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

(其中,  $R_0$  为变温电阻  $0^\circ\text{C}$  时阻值,  $\alpha$  为电阻的温度系数)。

当 B、D 处于开路状态, 变温电阻从  $0^\circ\text{C}$  变到  $t$  时:

令  $R_x = R_t$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = R_0$ , 代入  $U = \frac{R_2 R_x - R_1 R_3}{(R_1 + R_x)(R_2 + R_3)} \varepsilon$  整理得:

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

由此可得:

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

因电桥工作电源  $\varepsilon = 1.3\text{V}$ , 所以只需测出  $U$ 、 $t$ , 即可求出变温电阻的温度系数  $\alpha$ 。

### 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”档, 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  $R_1 = R_2$ , 则  $R_x = R_3$ , 将  $R_a$ 、 $R_b$  接入  $R_1$ 、 $R_2$ ,  $R_c$  接入  $R_3$ ;
3. 对铜电阻进行加温, 以  $5^\circ\text{C}$  为间隔, 待温度达到相对稳定时, 按下 B、G 按钮, 并迅速调节  $R_c$  使电桥平衡, 此时  $R_c$  的值即为当前温度下铜电阻 Cu50 的阻值, 记录  $R_c$  及其对应的温度  $t$ ;
4. 利用实验数据作  $R_t - t$  特性曲线, 由曲线求出电阻温度系数  $\alpha$ , 与理论值相比计算相对误差。

## 二、实验重点

(简述本实验的学习重点, 不超过 100 字, 3 分)

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。

## 三、实验难点

(简述本实验的实现难点, 不超过 100 字, 2 分)

1. 实验中电阻温度变化快, 读取数据应在同一时刻, 否则会造成较大误差;

2. 应加热装置 PID 调节需反复微调，响应滞后，易超调或不达设定温，影响数据稳定性，难满足实验精度。

### **注意事项：**

1. 用 PDF 格式上传“实验报告”，文件名：学生姓名 + 学号 + 实验名称 + 周次。
2. “实验报告”必须递交在“学在浙大”的本课程的对应实验项目的“作业”模块内。
3. “实验报告”成绩必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内查询。
4. 教学评价必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内进行，学生必须进行教学评价，才能看到实验报告成绩，教学评价必须在本次实验结束后 3 天内进行。

**浙江大学物理实验教学中心制**