

# 浙江大学

## 物理实验预习报告

实验名称: 双臂电桥测低电阻

实验桌号: 02

指导教师: 刘公羽

班级: 机器人工程 2402

姓名: 毛挺

学号: 3240104043

实验日期: 2025 年 10 月 15 日星期三 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)

**双臂电桥测量原理:**

右图是一个完整的低值电阻, 其中  $C'_1$  和  $C'_2$  均为电流接头,  $P_1$ 、 $P_2$  为电位接头, 电位接头间的电阻才是实测电阻  $R_x$ 。

将采用四端接入法的低电阻 (如带测小电阻和比较臂低电阻) 接入原单臂电桥, 等效电阻图如右下图 2 所示。

为了消除 (或减小) 附加电阻 (如接线电阻和导线电阻) 的影响, 分别接入了阻值均大于  $10\Omega$  的标准电阻  $R_3$ 、 $R_4$ , 且为考虑平衡时  $\frac{R_1}{R_2}$  和  $\frac{R_3}{R_4}$  的差别对测量结果的影响, 用阻值小于  $0.001\Omega$  的粗导线  $r$  来连接电阻  $R_x$  和  $R_s$ 。此外, 电路中加接一放大器用以增加灵敏度, 使不平衡电流  $I_g$  经过放大再由检流计指示。

电桥平衡时,  $I_g=0$ , 可得以下公式:

$$I_1 R_1 = I_3 R_x + I_2 R_3$$

$$I_1 R_2 = I_3 R_4 + I_2 R_3$$

$$I_2 (R_3 + R_4) = (I_3 - I_2) r$$

进而推导得出:

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_4 + \frac{R_3 \cdot r}{R_3 + R_4 + r} \left( \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right)$$

当  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$  时, 有:

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_4$$

测量金属导体电阻温度系数时, 存在以下关系:

$$R = R_0 (1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \dots)$$

式中, 式中,  $R$  是  $t^\circ C$  时的阻值,  $R_0$  是  $0^\circ C$  时的阻值,  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  是该材料的电阻温度系数。温度不太高时, 上式可近似为:

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

为避免  $R_0$  的测量, 可设  $R_{x1} = R(t_1)$ 、 $R_{x2} = R(t_2)$ , 则:

$$\alpha = \frac{R_{x2} - R_{x1}}{R_{x1}t_2 - R_{x2}t_1}$$

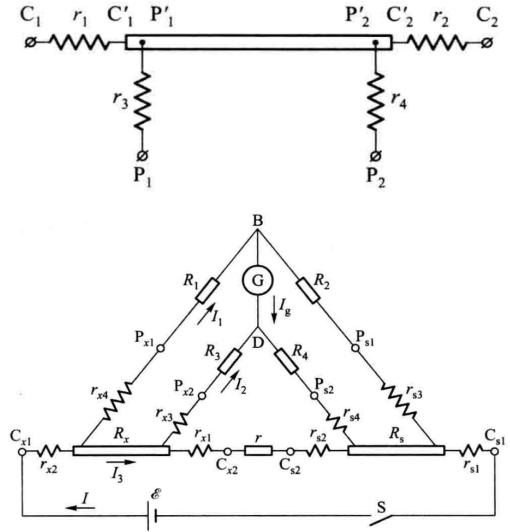


图 1: 双臂电桥电路图

### 测量金属导体的电阻率：

1. 将待测导体接入电位接头 ( $P_1$ 、 $P_2$ ) 和电流接头 ( $C'_1$ 、 $C'_2$ )，按步骤将“电阻粗调”示数加上“电阻细调”示数乘上倍率，读得阻值  $R$ 。再用游标卡尺测出待测金属导体的直径  $d$ ，读取电位接头间的长度  $l$ 。由以上数据，可算出导体的电阻率  $\rho = R \cdot \frac{S}{l} = R \cdot \frac{\pi d^2}{4l}$ ；
2. 分别计算出  $R$ 、 $d, l$  的不确定度，计算相对不确定度  $\frac{U(\rho)}{\rho}$ ；
3. 得出电阻率的结果表达式  $\rho = \bar{\rho} \pm U(\rho)$ 。

### 测量金属导体的电阻温度系数：

1. 将待测电阻封装在加热炉内并浸泡在机油中，采用升温法完成后续测量；
2. 升温法：将温控仪电源开启，显示屏显示当前温度。将“转换开关”设置于“设定”档，按动调节按钮，根据实验需要设定加热温度上限，再将转换开关置于“运行”档位。加热过程中，调节双臂电桥进行低电阻测量，每隔  $5^{\circ}\text{C}$  左右记录一次阻值及其对应的温度值。
3. 降温法：先将待测电阻加热至一定温度，然后开启风扇降温，在降温过程中，约每  $5^{\circ}\text{C}$  记录一次电阻值对应的阻值及温度值。
4. 整理实验数据，将数据分别代入  $R = R_0(1 + \alpha t)$  中，计算出平均温度系数  $\bar{\alpha}$ ；
5. 绘制  $R - t$  特性曲线，根据曲线求温度系数  $\alpha$ ，并计算相对误差。

## 二、实验重点

(简述本实验的学习重点，不超过 100 字，3 分)

1. 掌握双臂电桥测低电阻的原理和使用方法；
2. 了解单臂电桥与双臂电桥的联系与区别；
3. 掌握 Q-44 型电桥测量低电阻的操作方法。

## 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**