

物理实验预习报告

实验名称： 用双臂电桥测低电阻

指导教师： 郑昕颖老师

班级： -

姓名： -

学号： -

实验日期： 2025 年 12 月 1 日 星期 一 上午

浙江大学物理实验教学中心

一、预习报告（10 分）

1. 实验综述（5 分）

（自述实验现象、实验原理和实验方法，包括必要的光路图、电路图、公式等。不超过 500 字。）

直流双臂电桥实验（又称开尔文电桥）旨在解决惠斯登单臂电桥无法精确测量低值电阻（ $10^{-5} \sim 1\Omega$ ）的问题。在测量低电阻时，导线电阻和接触电阻（约 $10^{-4} \sim 10^{-2}\Omega$ ）与被测电阻处于同一数量级，直接串联会带来巨大的误差。本实验通过“四端接入法”和特殊的双桥臂结构，消除或减小了这些附加电阻对测量结果的影响。

实验原理：

1. 四端接入法与双臂电桥结构

为了消除接线电阻，待测电阻 R_x 采用四端接法（如下左图所示）：包含两个电流接头（ C'_1, C'_2 ）和两个电位接头（ P'_1, P'_2 ）。电流流经 C' 端，电压由 P' 端引出，使得接触电阻被“转移”到高阻抗回路或不影响平衡的回路中。

双臂电桥原理如下右图所示，电路中包含待测电阻 R_x 、标准电阻 R_s 、以及两对联动比率臂电阻 R_1, R_2 和 R_3, R_4 。 r 为连接 R_x 和 R_s 的粗导线电阻。

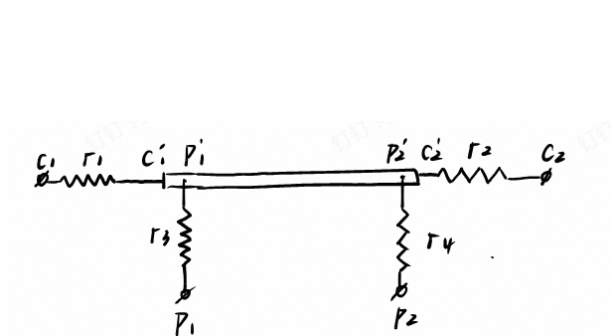


图 1: 四端输入法

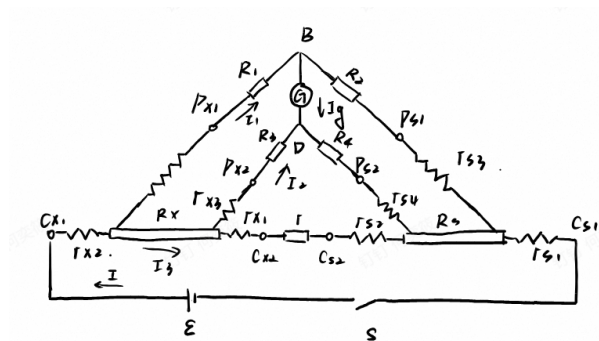


图 2: 直流双臂电桥原理图

2. 平衡条件与公式

当检流计 G 中无电流通过（ $I_G = 0$ ）时，电桥达到平衡。根据基尔霍夫定律，可推导出被测电阻 R_x 的表达式：

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_s + \frac{R_4 r}{R_3 + R_4 + r} \left(\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right) \quad (1)$$

公式中第二项为附加电阻 r 带来的误差项。为了消除此项，实验仪器（如 QJ-44）在设计上通过机械联动装置，确保调节过程中始终满足：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

此时，公式简化为单臂电桥的形式，从而消除了接触电阻 r 的影响：

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_s \quad (2)$$

实验方法：

1. 测量金属导体的电阻率

利用 QJ-44 双臂电桥测出金属棒的阻值 R ，用游标卡尺测量其直径 d 和电位接头间的长度 L ，计算电阻率：

$$\rho = R \cdot \frac{S}{L} = R \cdot \frac{\pi d^2}{4L}$$

2. 测量金属导体的电阻温度系数

将金属导体浸没在变温装置（如机油浴）中。根据金属电阻随温度线性变化的规律（温度不太高时） $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ ，通过升温或降温法，每隔 5°C 记录一组电阻 R_x 和温度 t 。利用以下公式避免在 0°C 下测量 R_0 ，计算温度系数 α ：

$$\alpha = \frac{R_{x2} - R_{x1}}{R_{x1}t_2 - R_{x2}t_1} \quad (3)$$

或通过绘制 $R_t - t$ 特性曲线，由斜率求解 α 。

2. 实验重点（3 分）

（简述本实验的学习重点，不超过 100 字。）

1. **原理掌握：**理解“四端接入法”消除接触电阻的物理机制，以及双臂电桥中两个比率臂（ R_1/R_2 与 R_3/R_4 ）必须同步调节的必要性。
2. **仪器操作：**掌握 QJ-44 型直流双臂电桥的使用方法，包括正确接线（C 端在外，P 端在内）、倍率选择以及“先 B 后 G”的操作规范。
3. **结果测量：**学会测量低值电阻，并能结合温控装置测量并计算金属的电阻温度系数 α 。

3. 实验难点（2 分）

（简述本实验的实现难点，不超过 100 字。）

1. **接线要求：**实验对连线要求较高，待测电阻必须严格按照四端接法接入（电流端与电位端不能接反或短接），且连接点必须紧固，否则极小的接触电阻波动都会引起检流计大幅偏转。
2. **热平衡控制：**在测量温度系数时，加热器、介质（油）与金属电阻之间存在热惯性。若升温过快，温度计读数与电阻实际温度不一致，会导致 $R - t$ 关系偏离线性，产生系统误差。

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”本课程内对应实验项目的“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