

物理实验预习报告

实验名称： 非平衡电桥

指导教师： 谭艾林老师

班级： -

姓名： -

学号： -

实验日期： 2025 年 11 月 24 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。）

非平衡直流电桥实验旨在帮助我们掌握非平衡电桥的工作原理，并利用它来测量金属（铜）的电阻温度系数。与平衡电桥不同的是，非平衡电桥不仅能测量相对稳定的物理量，更能将传感器（如热敏电阻）因环境变化（温度、压力等）引起的电阻微小变化转化为电压信号输出，是自动控制和非电量电测技术的基础。

实验现象：

在实验中，将铜电阻（Cu50）置于加热装置中。随着温度 t 的升高，铜电阻阻值 R_t 增大。

1. 在非平衡电压法中，电桥初始处于平衡状态（ $U=0$ ），随温度升高，电桥失去平衡，数字电压表显示的非平衡电压 U 逐渐增大。

2. 在平衡电桥法中，随温度升高，检流计偏转，需调节比较臂电阻使电桥重新达到平衡，此时测量出的电阻值 R_t 随温度线性增加。

实验原理：

1. 非平衡电桥工作原理

非平衡电桥原理如下图所示，由 R_1, R_2, R_3, R_x 组成桥臂，电源电压为 E ：

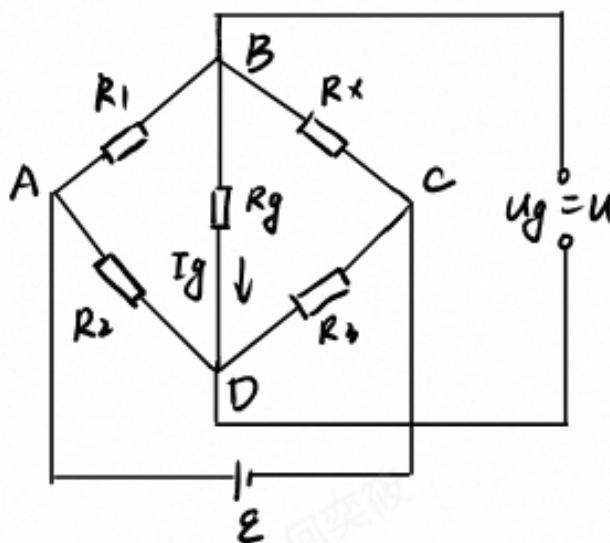


图 1: 非平衡电桥原理图

当负载电阻 $R_g \rightarrow \infty$ （输出端开路）时，输出电压 U 为 B、D 两点电位差，又根据分压原理，B 点和 D 点对负极（C 点）的电压分别为：

$$U_{BC} = \frac{R_x}{R_1 + R_x} E, \quad U_{DC} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} E$$

则输出电压 U 为:

$$U = U_{BC} - U_{DC} = \left(\frac{R_x}{R_1 + R_x} - \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) E = \frac{R_2 R_x - R_1 R_3}{(R_1 + R_x)(R_2 + R_3)} E \quad (1)$$

当满足 $R_1 R_3 = R_2 R_x$ 时, $U = 0$, 电桥处于平衡状态。固定 R_1, R_2, R_3 , 调节电阻 R_x 为 $R_x + \Delta R_x$, 电桥失去平衡, 输出的非平衡电压 U 为:

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

根据 U 的变化, 我们就能得知电桥中电阻的变化情况。

2. 金属电阻温度系数 α 的测量

变温金属电阻阻值随温度线性变化, 即 $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ 。其中 R_0 为变温电阻 0°C 时的阻值, α 为电阻温度系数。

实验中, 当 B、D 处于开路状态时, 设定桥臂电阻 $R_1 = R_2 = R_3 = R_0$, 此时待测电阻 $R_x = R_t = R_0 + \Delta R_x$, 其中 $\Delta R_x = R_0 \alpha t$ 。

将上述条件代入公式 (1) 得输出电压与温度的关系:

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

由此可反解出电阻温度系数 α 的计算公式:

$$\alpha = \frac{4U}{t(E - 2U)} \quad (3)$$

本次实验中 $E \approx 1.3\text{V}$ 。因此通过测量不同温度 t 下的非平衡电压 U , 我们即可求得 α 。

实验方法:

平衡电桥法 (绘 $R_t - t$ 曲线):

1. 将开关置于“平衡 5V”档, 此时电路转换为惠斯登电桥
2. 设定 $R_1 = R_2$, 调节 R_3 (即测量臂 R_c) 使检流计示数为 0。
3. 此时 $R_x = R_3$ 。逐点测量不同温度下的阻值, 绘制 $R_t - t$ 曲线, 验证线性关系并由斜率求 α 。

非平衡电压法 (测 α):

1. 将 FQJ 电桥功能开关置于“非平衡电压”档。
2. 按照 $R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$ 设置桥臂, 接入 0°C 时阻值为 50Ω 的 Cu50 铜电阻。
3. 预调平衡: 若当前非 0°C , 需通过微调 R_3 或利用电桥调零功能, 模拟 $t = 0$ 时 $U = 0$ 的初始状态 (或在数据处理时扣除初始电压)。
4. 开启加热器, 每隔 5°C 记录温度 t 和电压 U , 计算 α 并取平均值。

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: 深刻理解非平衡电桥如何将电阻的微小增量 ΔR 转化为电压信号 U , 以及公式推导过程。
2. 参数测量: 掌握利用公式 $\alpha = \frac{4U}{t(E - 2U)}$ 计算温度系数的方法。
3. 仪器操作: 熟练使用 FQJ 教学电桥的“平衡”与“非平衡”模式切换, 以及 PID 温控仪的设定与读数。

3. 实验难点（2 分）

（简述本实验的实现难点，不超过 100 字。）

1. **热平衡的控制**：加热过程中铜电阻内部与温控传感器之间存在温度梯度的滞后（热惯性），需控制升温速率，待温度示数稳定后再读取电压或调节电阻，否则会导致 U 与 t 不对应，产生较大系统误差。

2. **接触电阻影响**：实验连线（特别是 R_x 端）必须紧固，连接导线的不稳定或接触不良会引起电压读数跳动或引入接触电阻，严重影响非平衡电桥微弱电压信号的测量精度。

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”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