

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: 15

指导教师: 唐浩原

班级: 机器人工程 2402

姓名: 毛挺

学号: 3240104043

实验日期: 2025 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 $0^\circ C$ 时阻值约为 50Ω , 因此分别将 R_a 、 R_b 、 R_c 设为 50Ω ;
3. 如有条件, 可先在 $0^\circ C$ 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 50Ω 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 $t = 0^\circ C$ 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 $5^\circ C$ 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 α , 将其平均值与理论值进行比较, 计算相对误差

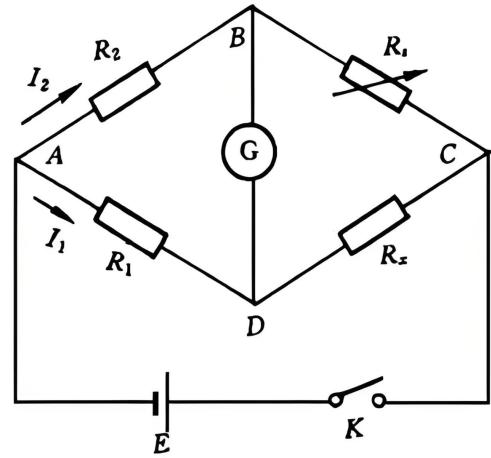


图 1: 非平衡电桥电路图

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 $0^{\circ}C$ 时阻值， α 为电阻的温度系数)。

当 B、D 处于开路状态，变温电阻从 $0^{\circ}C$ 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 $\varepsilon = 1.3V$, 所以只需测出 U 、 t , 即可求出变温电阻的温度系数 α 。

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 $5^{\circ}C$ 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 α ，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