

# 浙江大学

## 物理实验报告

实验名称: 非平衡电桥

实验桌号: \_\_\_\_\_

指导教师: 郑远

班级: 机械工程

姓名: CyanHaze

学号: \_\_\_\_\_

实验日期: 2025 年 10 月 16 日 星期四 下午

# 一、预习报告（10分）

（注：将已经写好的“物理实验预习报告”内容拷贝过来）

## 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。）

直流电桥是一种精密的电阻测量仪器，分为平衡直流电桥和非平衡直流电桥。平衡直流电桥如惠斯登电桥，适用于测量稳定状态的物理量，而非平衡直流电桥则适用于测量连续变化的物理量，如温度、压力等。非平衡直流电桥通过测量桥式电路中的不平衡电压，再经过运算处理，得到待测物理量的变化信息。本实验旨在通过非平衡直流电桥测量变温金属电阻的温度系数。实验原理基于非平衡电桥的工作原理，通过调节桥臂电阻使电桥达到平衡状态，再通过测量非平衡电压来推算电阻的变化。实验方法包括预调平衡、加热测量和数据处理等步骤，最终通过实验数据绘制温度特性曲线并计算温度系数。

## 2. 实验重点（3分）

（简述本实验的学习重点，不超过100字。）

本实验的学习重点在于理解非平衡直流电桥的工作原理，掌握如何通过调节桥臂电阻使电桥达到平衡状态，并能够通过测量非平衡电压来推算电阻的变化。此外，实验还要求掌握变温金属电阻温度系数的测量方法，能够通过实验数据绘制温度特性曲线并计算温度系数。

## 3. 实验难点（2分）

（简述本实验的实现难点，不超过100字。）

本实验的实现难点在于如何精确调节电桥的平衡状态，尤其是在温度变化时，电阻的变化会导致电桥失衡，需要及时调整桥臂电阻以保持平衡。此外，实验过程中需要准确测量非平衡电压和温度，确保数据的准确性，以便后续计算温度系数。加热过程中的温度控制和测量也是实验的难点之一，需要确保温度变化的稳定性和测量的同步性。

# 二、原始数据（20分）

（将有老师签名的“自备数据记录草稿纸”的扫描或手机拍摄图粘贴在下方，完整保留姓名，学号，教师签字和日期。）

# 三、结果与分析（60分）

## 1. 数据处理与结果（30分）

（列出数据表格、选择适合的数据处理方法、写出测量或计算结果。）

实验一：测量铜电阻 Cu50 温度系数 实验中的总电压  $E=1.3V$ ， $\alpha_0 = 4.28 \times 10^{-3} \text{C}^{-1}$   
实验测得的温度  $t$ ，非平衡电压  $u$ ，计算得到的温度系数  $\alpha = \frac{4U}{t(E-2U)}$  如下表所示：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
----	---	---	---	---	---	---	---	---

温度 $t(^{\circ}C)$	26.2	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0
电压 $U/mV$	34.6	39.4	45.4	51.3	57.1	62.9	68.3	74.0
$\alpha/^{\circ}C^{-1} * 10^{-3}$	4.29	4.30	4.29	4.28	4.28	4.29	4.27	4.28

平均值  $\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i}{8} = 4.29 \times 10^{-3} ^{\circ}C^{-1}$

相对误差  $E_1 = \frac{|\bar{\alpha} - \alpha_0|}{\alpha_0} \times 100\% = 0.12\%$

结果小于 10%，在合理的范围内。

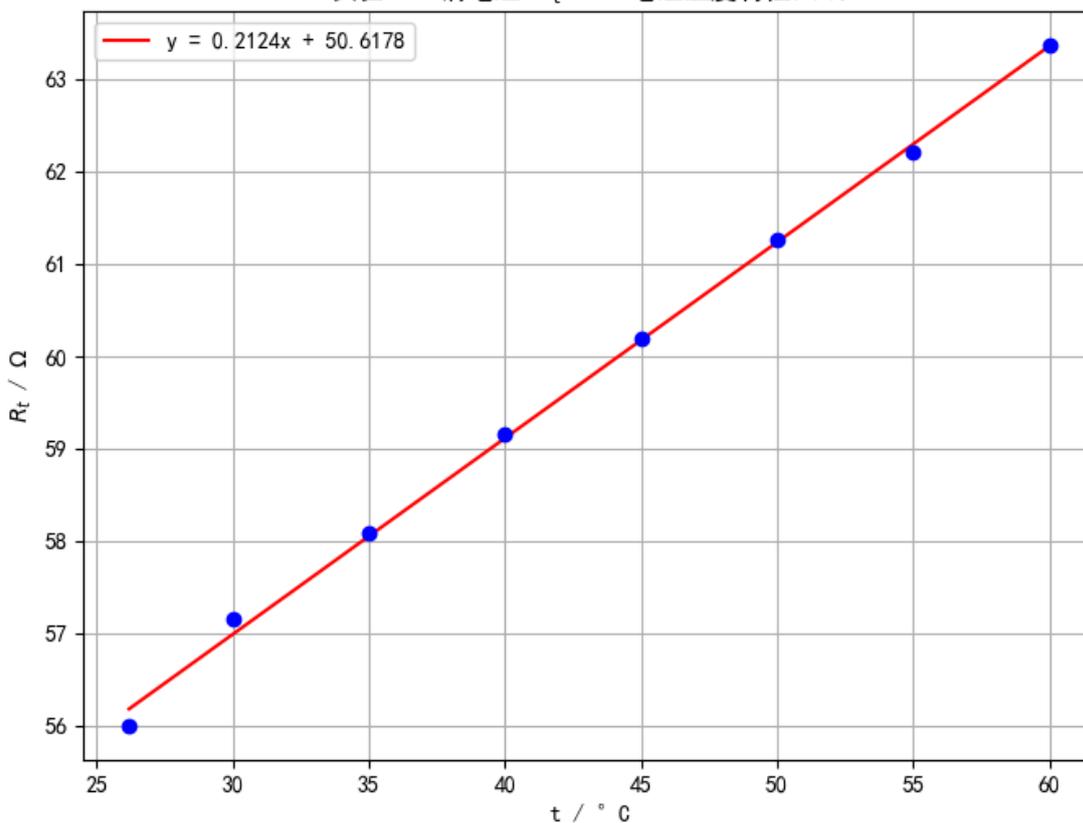
实验二：描绘铜电阻 Cu50 电阻温度特性曲线  $R_t \sim t$

实验测得的温度  $t(^{\circ}C)$ ，电阻  $R_t(\Omega)$  如下表所示：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
温度 $t(^{\circ}C)$	26.2	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0
电阻 $R_t(\Omega)$	56.00	57.15	58.08	59.15	60.19	61.26	62.22	63.37

根据数据绘制的铜电阻 Cu50 电阻温度特性曲线如下图所示：

实验二：铜电阻  $R_t - t$  电阻温度特性曲线



通过线性拟合，得到的方程为  $y = 0.2124x + 50.6178$

由  $R_t = R_0(1 + \alpha t)$  得  $\alpha = \frac{k}{b} = 4.20 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

由实验一，理论值  $\alpha_0 = 4.28 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

计算相对误差  $E_2 = \frac{|\alpha - \alpha_0|}{\alpha_0} \times 100\% = 1.9\%$

结果精确，误差较小。

## 2. 误差分析 (20 分)

(运用测量误差、相对误差或不确定度等分析实验结果，写出完整的结果表达式，并分析误差原因。)

### (1) 系统误差

- 本实验采用的总电压  $E=1.3\text{V}$ ，而实际电压可能小于  $1.3\text{V}$ ，导致  $\alpha$  的测量值偏大。
- 实验一中假定  $0^\circ\text{C}$  时的电阻为  $50\ \Omega$  进行预先调平衡，而实际阻值不一定为  $50\ \Omega$ ，具有一定的误差。
- 加热过程中，加热炉的温度分布可能不均匀，导致铜电阻的实际温度与温度计显示的温度存在差异，进而影响测量结果。
- 实验中存在接线头等被忽略的电阻，可能产生误差。

### (2) 测量误差

实验二中手动调节阻值时，温度正在实时变化，难以精确对应所测量的温度，导致测得的电压与阻值具有测量误差。

### (3) 实验结果分析

通过误差分析可以看出，实验一和实验二的测量结果均较为可靠，实验二的线性拟合方法，相对误差为 1.9%。实验一的相对误差为 0.12%，在合理范围内。误差主要来源于温度、电压和电阻的测量误差，以及电桥平衡调节和加热过程中的系统误差。通过改进测量仪器的精度和控制加热过程的均匀性，可以进一步减小实验误差，提高测量结果的准确性。

## 3. 实验探讨（10 分）

（对实验内容、现象和过程的小结，不超过 100 字。）

本次实验通过非平衡直流电桥测量铜电阻的温度系数，实验内容包括预调平衡、加热测量和数据处理。实验现象表现为随着温度升高，电阻和非平衡电压均呈线性增长。实验过程中，通过调节电桥平衡和精确测量电压与温度，成功绘制了电阻温度特性曲线并计算了温度系数。实验结果与理论值吻合较好，误差在合理范围内，验证了非平衡电桥的测量原理和应用价值。

## 四、 思考题（10 分）

（解答教材或讲义或老师布置的思考题，请先写题干，再作答。）

1. 非平衡电桥与平衡电桥的主要区别是什么？非平衡电桥的优点是什么？

非平衡电桥与平衡电桥的主要区别在于，前者通过测量一个与被测量（如温度）相关的连续变化的非零电压来进行动态监测，而后者通过调节电阻使输出归零来精确测量一个固定的电阻值。非平衡电桥的核心优点是响应速度快，能够实时反映物理量的动态变化，并且易于自动化数据采集，非常适合用作传感器。

2. 能否通过实验推测  $0^{\circ}\text{C}$  时 Cu50 电阻？

可以。通过测量一系列不同温度下的电阻值，并将这些数据点进行线性拟合得到一条直线，该直线在纵轴上的截距  $R_0$  即为我们推测出的  $0^{\circ}\text{C}$  时 Cu50 的电阻值，基于金属电阻随温度线性变化的物理原理。

3. 什么是非平衡电桥的灵敏度？如何提高灵敏度？

非平衡电桥的灵敏度是指输出电压的变化量与引起该变化的输入物理量（如电阻或温度）变化量之比，它衡量了电桥将微小变化转换为电压信号的放大能力。提高灵敏度的主要方法包括：适当增加供电电压、使四个桥臂的电阻值尽可能相等、选用温度系数更高的传感材料，以及在输出端加装信号放大电路。

• 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。