

浙江大学

物理实验报告

实验名称: 惠斯登电桥

实验桌号: 1

指导教师: 王鲲

班级: _____

姓名: _____

学号: _____

实验日期: 2025 年 12 月 18 日 星期 四 下午

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。）

惠斯登电桥属于直流平衡单臂电桥，主要用于测量中等数值的电阻。

1. 惠斯登电桥测量电阻的原理

电桥原理图如图 1 所示，当通过检流计 G 的电流 $I_g = 0$ 时，B、D 两点电位相同，电桥达到平衡，此时有：

$$I_1 R_1 = I_2 R_2, I_1 R_x = I_2 R_s$$

解得电桥平衡条件： $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_s$

$\frac{R_1}{R_2}$ 为电桥比率臂， R_s 为电桥比较臂，若 R_1, R_2 已知，只要调节 R_s ，使检流计 G 无电流通过并记下 R_s 数值，便可求得 R_x 值。

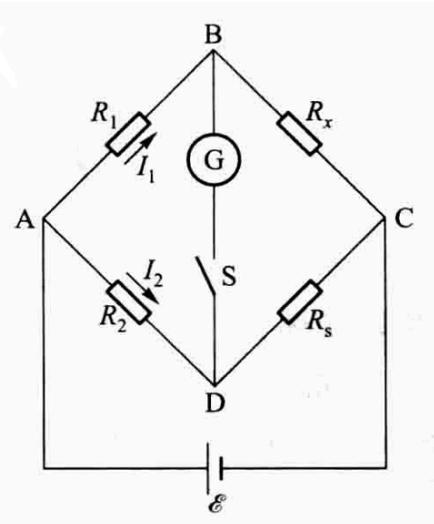


图 1

2. 交换法减小自组电桥系统误差

为尽量减小系统误差，可在电桥调节平衡后互换 R_x 和 R_s ，设 R_s 变为 R'_s 时电桥重新达到平衡，此时有 $R_x = \frac{R_2}{R_1} R'_s$ ，解得： $R_x = \sqrt{R_s R'_s}$

这样就消除了 R_1, R_2 自身的误差对测量误差的影响，可以求出所测电阻的相对不确定度：

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\Delta R_s}{R_s} \right)^2 + \left(\frac{\Delta R'_s}{R'_s} \right)^2} \approx \frac{\Delta R_s}{R_s}$$

3. 电桥灵敏度

在电桥平衡后，比较臂变动 ΔR_s ，会有电流通过检流计，若电流较小，检流计未偏转，则 $\left(\frac{R_1}{R_2} \Delta R_s \right)$ 就是电桥不够灵敏而引入的误差 ΔR_x 。引入电桥灵敏度 $S = \frac{\Delta d}{\Delta R_x / R_x} = \frac{\Delta d}{\Delta R_s / R_s}$ ，其中 ΔR_s 为电阻箱的该变量， Δd 为待测电阻的相对改变量引起的检流计 G 中的偏转格数。

2. 实验重点 (3 分)

(简述本实验的学习重点, 不超过 100 字。)

本实验的重点在于掌握惠斯登电桥工作原理及其特点, 学会自组电桥测量未知电阻; 掌握正确使用 QJ-23 型盒式惠斯登电桥测量电阻的方法, 以及学习如何对测量结果进行误差分析。

3. 实验难点 (2 分)

(简述本实验的实现难点, 不超过 100 字。)

本实验的难点在于如何精确地调节比率臂和标准电阻, 使得电桥能够平衡。此外, 理解灵敏度对测量结果的影响, 并根据实验数据计算实验误差也是该实验的难点。

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。)

1. 自组电桥测未知电阻

根据尝试, 检流计灵敏度在 $4 \times 10^{-8} A$ 时电桥难以调节平衡, 故采用检流计灵敏度为 $4 \times 10^{-8} A$, 记录实验数据如下表:

R_1	R_2	$R_1 : R_2$	R_s	R'_s	ΔR_s	Δd
300Ω	300Ω	1 : 1	221.1Ω	221.1Ω	2Ω	8格

$$\text{电桥灵敏度 } S = \frac{\Delta d}{\Delta R_s / R_s} = 884.4 \text{ 格}$$

$$\text{未知电阻 } R_x = \sqrt{R_s R'_s} = 221.1\Omega$$

2. 用 QJ-23 型盒式惠斯登电桥测未知电阻

下表为测得编号 1-8 的电阻阻值:

编号 <i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
阻值 R_{xi}/Ω	684.2	685.0	690.0	677.5	677.6	679.8	676.9	691.8

$$\bar{R}_x = (R_{x1} + R_{x2} + \dots + R_{x8})/8 = 682.9\Omega$$

$$\text{标准偏差 } S = \sqrt{\frac{1}{7} \sum_{i=1}^8 (R_{xi} - \bar{R}_x)^2} = 5.8\Omega$$

$$\text{离散度} = \frac{S}{\bar{R}_x} \times 100\% = 0.8\%$$

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) 实验结果分析

1. 自组电桥测未知电阻

$$R_x \text{ 相对不确定度: } E = \frac{u(R_x)}{\bar{R}_x} = \sqrt{\left(0.001 + \frac{0.002m}{R_s}\right)^2 + \left(\frac{0.2}{S}\right)^2} = 1.1 \times 10^{-3}$$

$$u(R_x) = E \times \bar{R}_x = 0.2\Omega$$

$$R_x \text{ 最终结果: } R_x = (221.1 \pm 0.2)\Omega$$

(2) 误差原因分析

1. 实验中检流计判断零偏存在一定的主观性，可能造成一定误差。
2. 实验中检流计选择的灵敏度相对较低，可能影响测量精度。
3. 实验器材和电子元器件可能测量中发热，导致电阻值变化，影响测量结果。
4. 自组电桥的连接线和接触点可能存在接触电阻，影响测量结果。
5. 实验所用电阻的最小分度值为 0.1Ω ，调节时难以使检流计完全零偏。

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。)

本次实验分别通过自组电桥和使用 QJ-23 型盒式惠斯登电桥测量了未知电阻，并对测量结果进行了误差分析。实验过程中，掌握了电桥平衡的调节方法，理解了灵敏度对测量精度的影响。通过数据处理，计算了未知电阻的平均值和标准偏差，验证了惠斯登电桥在测量电阻方面的可靠性。

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. 为什么用惠斯登电桥测电阻比伏安法测量的准确度高？用电桥法测电阻产生误差的主要因素是什么？

惠斯登电桥测量电阻的准确度高于伏安法，主要因为电桥法通过平衡状态下的比较测量，消除了电源电压和测量仪器内阻等因素的影响，从而提高了测量精度。用电桥法测电阻产生误差的主要因素包括：接触电阻、环境温度变化引起的电阻变化、检流计的灵敏度限制以及电桥元件本身的误差等。

2. 为了提高电桥测量灵敏度，应采取哪些措施？为什么？

为了提高电桥测量灵敏度，可以采取以下措施：

- a. 更改电桥比率臂，增加有效数位数
- b. 选用灵敏度更高的检流计以及分度值更小的电阻箱

原因：这些措施可以增强电桥对微小不平衡的检测能力，从而提高测量的灵敏度和准确性。

3. 用电桥测电阻时，若线路接通后检流计总是往一个方向偏转或总不偏转，试分析是什么原因？

总在一个方向偏转：可能是电桥未达到平衡，原因包括电阻值不匹配、电源电压不稳定或接线错误。

总不偏转：可能是检流计损坏、线路断路或电源未接通。

4. 惠斯登电桥比率臂选取的原则是什么？为什么要这样选取？

原则：比率臂的电阻值应尽量接近，这样能够保证结果有效数字为四位。

原因：这样选取可以减少调节难度，提高测量的精度和灵敏度。

5. 如何使用自组电桥测量电表内阻（注意电表所能允许通过的最大电流）？根据电桥平衡的特点，可否将桥路中的检流计去掉，换成行测电表判别电桥的平衡？

测量方法：将待测电表接入电桥的一个臂，调节其他电阻使电桥平衡，通过平衡条件计算电表内阻。注意控制通过电表的电流不超过其最大允许值。

替换检流计：理论上可以，但待测电表的灵敏度可能不足以检测微小的不平衡，影响测量精度。因此，通常使用高灵敏度检流计来确保平衡的准确性。

• 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。