

浙 江 大 学
物 理 实 验 报 告

信箱号:

学 号: _____

实验日期: ___月___日 星期__上下午

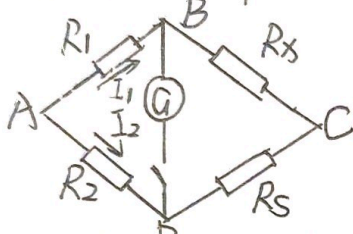
【实验目的】

1. 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
2. 掌握正确使用 QJ-23 型盒式惠斯登电桥测量电阻的方法

3. 学习如何对测量结果进行误差分析

【实验原理】(电学, 光学画出原理图)

1. 惠斯登电桥测量电阻的原理



R_x, R_1, R_2, R_S
组成桥臂;
检流计 G 和开关 S
组成桥路.

当 S 接通时, 通过检流计的电流 I_G 为 0 时, B、D 电位相同, 电桥达到平衡, 此时通过 R_1, R_3 的电流均为 I_1 , 通过 R_2, R_S 的电流均为 I_2 , 有

$$U_{AB} = U_{AD} \text{ 即 } I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$U_{BC} = U_{DC} \text{ 即 } I_1 R_3 = I_2 R_S$$

即: $R_x = \frac{R_2}{R_1} R_S$, 称为电桥的平衡条件.

2. 交换法减小自组电桥系统误差

若电桥灵敏度高, 则系统误差主要由 R_1, R_2, R_S 自身的误差来决定, 此时相对不确定度:

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_S}{R_S}\right)^2}$$

为减小误差, 将 R_1 和 R_S 位置互换,

有 $R_x = \sqrt{R_1 R_S}$, R_x 相对不确定度变为

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_S}{R_S}\right)^2} \approx \frac{\Delta R_S}{R_S}$$

它只与 R_S 的仪器误差有关, 十进位转盘直流电阻箱, 的仪器允差为:

$$\Delta R_S = \pm (0.001 R_S + 0.002 \Omega)$$

3. 电桥灵敏度

当 R_S 变为 ΔR_S , 待测电阻

$$\text{变为 } R_x = \frac{R_2}{R_1} (R_S + \Delta R_S)$$

定义电桥灵敏度为

$$S = \frac{\Delta d}{\frac{\Delta R_x}{R_x}} = \frac{\Delta d}{\frac{\Delta R_S}{R_S}}$$

Δd 为检流计 G 中的偏转格数, S 越大, 对电桥平衡的判断就越容易, 测量结果也越准确.

则最终 R_x 的相对不确定度计算公式为:

$$E = \frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_S}{R_S}\right)^2} = \sqrt{\left(0.001 + \frac{0.002 \Omega}{R_S}\right)^2 + \left(\frac{0.2}{S}\right)^2}$$

【实验内容】(重点说明)

1. 自组电桥测未知电阻

(1) 利用检流计、电阻箱、待测电阻及电源等组装电桥, 其中 R_1 、 R_2 选用四旋钮电阻箱, R_3 选用六旋钮电阻箱。

(2) 选取适当的比率臂, 使测量结果的有效数字最大化。

(3) 按下检流计“电计”按钮, 测量待测电阻 R_x , 并测出该状态下电桥的灵敏度, 并用交换法进行系统误差分析, 估算出测量误差 ΔR_x , 写出测量结果表达式。

2. 用 QJ-23 型盒式惠斯登电桥测量未知电阻

(1) 打开盒式惠斯登电桥开关并调零。

把 B 接上 4.5V 直流稳压电源, “G”和“外接”短接, 然后将待测电阻接入 R_x 接线端。

(2) 根据待测电阻大小, 选几个待测电阻 R_{x1} 、 R_{x2} 、 R_{x3} 、 R_{x4} 的数值, 选取适当的比率臂, 确保测量结果有四位有效数字。

(3) 先按 B, 后按 G 接通电源, 调节 R_s 使电桥达到平衡, 此时 R_s 的阻值即为待测电阻阻值。

(4) 测量 8 个待测电阻, 写出结果表达式, 并确定这批电阻的离散程度。

【实验器材及注意事项】

实验器材:

QJ-23 型盒式惠斯登电桥, 将阻值准确的 R_1 、 R_2 、 R_3 电阻和检流计封装在一个盒子之内。

注意事项:

1. 检流计上的“电计”与“短路”按钮都具有锁定功能, 测量时要确保“短路”按钮未锁定, 否则检流计不会有偏转。

2. 使用盒式惠斯登电桥, 在电桥未平衡时, G 键只能瞬间按下, 待指针一偏转应立即放开 G 键。

3. 实验结束后, 关闭检流计和盒式惠斯登电桥。

【数据处理与结果】

1. 交换法测量未知电阻.

$$R_1 = R_2 = 1000 \Omega$$

档位 $4 \times 10^{-6} \text{ A/格}$.

交换前 ~~是~~ $R_S = 228.7 \Omega$

交换后 $R'_S = 225.7 \Omega$

$$\bar{R}_x = \sqrt{R_S R'_S} = 227.2 \Omega$$

调节使 $\Delta R_S = 10 \Omega$,

$$\Delta d = 14 \text{ 格}.$$

$$\text{灵敏度 } S = \frac{\Delta d}{\Delta R_S / R_S} = 3.2 \times 10^2 \text{ 格}$$

相对不确定度:

$$E = \frac{\Delta R_x}{\bar{R}_x} = \sqrt{\left(0.0014 \frac{0.002 \text{ m}}{R_S}\right)^2 + \left(\frac{0.2}{S}\right)^2}$$

(m=6)

$$E = 2.3 \times 10^{-3}$$

$$\Delta R_x = E \cdot \bar{R}_x$$

$$= 0.5 \Omega$$

$$\text{则 } R_x = (227.2 \pm 0.5) \Omega$$

2. 测量 8 个特测电阻.

倍率: 0.1

序号	1	2	3	4	5
R_{xi}	681.4	677.8	679.7	677.3	682.1
	6	7	8		
	680.8	686.7	686.4		

$$\bar{R}_x = \frac{\sum_{i=1}^8 R_{xi}}{8} = 681.5 \Omega$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 (R_{xi} - \bar{R}_x)^2}{7}}$$

$$= \cancel{3.5} 3.5 \Omega$$

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

$$= \cancel{0.5} 0.5\%$$

【误差分析】

1. 检流计调零时无法保证其指针恰好处于0刻度线处, 存在一定误差
2. 实验中即使更改检流计档位, 测量过程中仍存在无法将指针处于0刻度的情况
3. 设备本身具有一定准确度, 属于仪器带来的系统误差

4. 导线连接处可能接触不良

【实验心得及思考题】

思考题1: 伏安法测量电阻 $R = \frac{U}{I}$, 电流表与电压表本身存在内阻, 会引起较大误差; 惠斯登电桥若使用友换法仅 R_s 引起误差而 R_x 使用电阻箱充当, 准确度相对较高

思考题2: ①更改 R_2 比值, 增加有效数字位数

- ②使用灵敏度更高的检流计
- ③选取最小分度值更小的电阻箱
- ④在 R_2 比值不变的前提下, 适当减小 R_1 , R_2 的选取阻值

思考题3: 向一个方向偏转: ①线路连接错误 ②各比值选取不合理 不偏转: ①电路连接错误 ②检流计通路按钮未按下

③ R_1 与 R_2 或待测电阻的阻值过大

思考题4: 保证使得电阻箱不超过最大阻值的前提下, 尽可能多地使用有效位数, 提高数据的精确度。常选择 1、10 等易计算的比值

思考题5: 将电阻 R_x 替换为电表即可。在实验前应预估电表的阻值范围, 避免实验过程中烧坏电表。选择合适 ε 和 R_1 , R_2 值, 或增加保护电阻。

可以去掉检流计, 但保留中间的开关 S , 通过观察 S 闭合后电表指针位置是否发生变化从而判断是否平衡, 不改变说明平衡。

【数据记录及草表】

实验2: $R_x = 680 \Omega$

倍率 0.1

	1	2	3	4	5	6	7	8
R_s	6814	6778	6797	6773	6821	6808	6867	6864

实验1:

$R_1 = R_2 = 1000 \Omega$, 档位 $4 \times 10^{-6} \text{ A/格}$

$R_s = 228.7 \Omega$

$R_s' = 225.7 \Omega$

$\Delta R_s = 10 \Omega$

$\Delta d = 14 \text{ 格}$.

$$R_{x1} = \frac{R_1}{R_2} R_s \quad R_{x2} = \frac{R_2}{R_1} R_s'$$

$$\bar{R}_x = \sqrt{R_{x1} R_{x2}} = \sqrt{R_s R_s'}$$

$$\Delta R_s = \pm (0.001 R_s + 0.002 \text{ m}) \quad m=6.$$

$$S = \frac{\Delta d}{\Delta R_s / R_s}$$

$$E = \frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{(0.001 + \frac{0.002 \text{ m}}{R_s})^2 + (\frac{0.2}{S})^2}$$

$$\Delta R_x = E \cdot \bar{R}_x$$

$$R_x = \bar{R}_x \pm \Delta R_x.$$

$$\bar{R}_x, S = \sqrt{\frac{1}{n-1}}$$

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

教师签字: