

# 大学物理实验预习报告

班级 计科244 学号 2024210858 姓名 傅家琪 成绩  
实验项目 惠斯通电桥测电阻

## 一、实验目的

1. 了解惠斯通电桥的结构和测量原理。
2. 掌握自组式和箱式惠斯通电桥测中值电阻的方法。

## 二、实验原理

### 1. 电桥的基本原理如图：

一般情况下 BC 两端电势差

$V_{BC} \neq 0$ ，那么检流计有电流  $I_g \neq 0$ 。

通过调节  $R_a, R_b, R$  的阻值，可使  $V_{BC} = 0$ ，即检流计无电流通过  $I_g = 0$ ，此时电桥为平衡状态。可得  $V_{AB} = V_{AC}$ ， $V_{BD} = V_{CD}$ 。

即  $I_1 R_x = I_2 R_a$ ， $I_1 R_b = I_2 R_b$

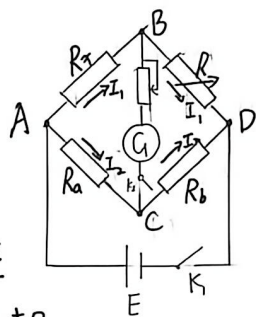
联立①②可得  $R_x = \frac{R_a}{R_b} R_b$

③中令  $k = \frac{R_a}{R_b}$ ，称  $k$  为比率臂； $R_b$  为比较臂

将  $R_x$  与  $R$  对调位置。同理可得  $R_x = \frac{R_b}{R_a} R_b$

结合③④，可知  $R_x = \sqrt{R_a R_b}$

实验取比率  $k$  不变，调节比较臂  $R$ ，此方法有效可行，准确度较高。



待测电阻  $R_x$  与已知电阻  $R_a, R_b, R$  构成了四个桥臂。

B、C 两点接滑动变阻器来保护检流计 G。

## 2. 惠斯通电桥的灵敏度

定义： $S = \frac{\Delta I}{\Delta R_x}$  用于衡量检流计指针偏转过小而带来的影响

$\Delta R_x$  为电桥平衡后  $R_x$  的微小改变量，而  $\Delta n$  为检流计对应的偏转格数  $S$  越大，电桥越灵敏，带来的误差就越小。

因  $R_x$  未知，故用  $R$  代替。

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta R_x} = \frac{\Delta I}{\Delta R_1} = \frac{\Delta I}{\Delta R_2}$$

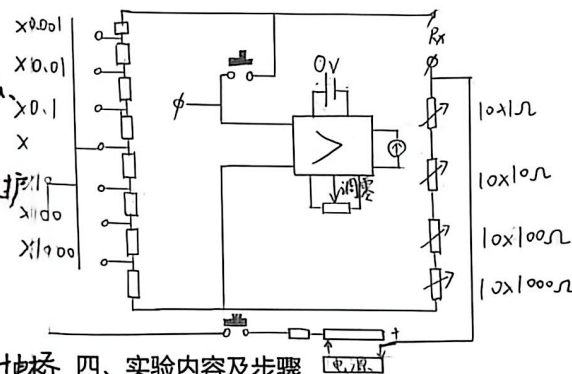
进一步变为  $S = \frac{\Delta I}{\Delta R_x} = \frac{\Delta I}{\Delta I_g} \cdot \left( \frac{\Delta I_g}{\Delta R_x} \right) = S_1 \cdot S_2$ 。其中  $S_1 = \frac{\Delta I}{\Delta I_g}$  为检流计本身灵敏度

$$S_1 = C \cdot \sqrt{R_x} \quad \Delta I \propto U; \Delta I \propto S_1$$

$$S_2 = \frac{\Delta I_g}{\Delta R_x} \text{ 为电桥线路灵敏度}$$

## 三、实验仪器

箱式电桥 (QJ23a 型)、电阻箱、检流计、电源、开关等。



## 四、实验内容及步骤

①

1. 在仪器面板上打开电源开关，转动检流计“调零”旋钮，使检流计指零。将被测电阻接入“ $R_x$ ”。然后选择量程倍率并在测量盘上打上相应的电阻值数字，再按下“G”、“B”。

②

2. 电桥中“灵敏度”使用要掌握从低到高的原则，即初测试时，灵敏度应略低，随着调节测量盘开关，电桥逐渐平衡，相应提高灵敏度，以提高测量准确度。

③

3. 在测量之前，首先要知道  $R_x$  的约数，在一般情况下，量程变换器在  $\times 1$  上，测量盘在  $1000\Omega$  上，按下“B”，轻按“G”。若观察到检流计指针在“+”一边偏转，说明  $R_x > 1000\Omega$ 。可将量程变换器放在  $\times 10$  上，在“-”的一边偏转同理。

④

4. 得到  $R_x$  的大约数值后，选定一个量程变换器的倍率，再调节测量盘的四个开关使得电桥处于平衡状态。

⑤

$R_x$  值可用： $R_x = \text{量程倍率} \times \text{标度盘示值}$  求得。

自组式：在原理中公式⑤已写明。

# 大学物理实验结果报告

实验地点 实验楼301 日期 10.24 指导教师 朱玉华

## 箱式：五、数据表格

待测对象	$R_{2x}(\Omega)$	$R_{1x}(\Omega)$	$R_{串}(\Omega)$	$R_{并}(\Omega)$
比较臂(k)	1	10	10	1
比较臂(R)	1479	4999	5147	1436
待测电阻 $R_x(\Omega)$ ( $R_x = k \cdot R$ )	1479	49990	51470	1436

$\frac{R_x}{R_1 R_2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{3}{2}$	4
$R_a$	1000	2000	1000	3000	4000
$R_b$	4000	3000	1000	2000	1000
$R_{右}$	5933.7	2217.6	1481.3	985.4	369.3
$R_{左}$	370.2	987.5	1479.4	2217.4	5935.2
$R_x = \frac{R_{右}}{R_{左}} R_0$	1482.1	1479.8	1480.3	1478.18	1480.50

## ① 自组式 六、数据分析及处理

$$\bar{R}_x = \frac{R_{x1} + R_{x2} + R_{x3} + R_{x4} + R_{x5}}{5} = 1480.18 \Omega$$

$$\sigma_{\bar{R}_x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{xi} - \bar{R}_x)^2}{5(5-1)}} = 0.61698 \Omega$$

$$\therefore R_x = \bar{R}_x \pm \sigma_{\bar{R}_x} = 1480.18 \Omega \pm 0.62 \Omega \quad 1480.2 \pm 0.7 \Omega$$

$$\text{相对不确定度: } E_{R_x} = \frac{\sigma_{\bar{R}_x}}{\bar{R}_x} \times 100\%$$

$$= 0.04\%$$

$$= 0.040\%$$

② 箱式：算术平均值 = 测量结果

$$\text{相对不确定度 } E_{R_2} = \frac{|\bar{R}_x - R_2|}{R_2} \times 100\% = \frac{|1479 - 1500|}{1500} \times 100\% = 1.4\%$$

$$E_{R_1} = \frac{|\bar{R}_x - R_1|}{R_1} \times 100\% = \frac{|149990 - 50000|}{50000} \times 100\% = 0.020\%$$

$$R_{串} = R_1 + R_2 = 51500 \Omega \quad R_{并} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = 1456 \Omega$$

$$E_{R_{串}} = \frac{|\bar{R}_{串} - R_{串}|}{R_{串}} \times 100\% = \frac{|51470 - 51500|}{51500} \times 100\% = 0.059\%$$

$$E_{R_{并}} = \frac{|\bar{R}_{并} - R_{并}|}{R_{并}} \times 100\% = \frac{|1436 - 1456|}{1456} \times 100\% = 1.4\%$$

## 七、实验结果讨论

实验测的是  $R_2$  的阻值，其阻值一开始老师说约  $1.5k\Omega$ ，经自组式电桥测量，其阻值约为  $1480.18\Omega$ ，相对不确定度为  $0.04\%$ ，阻值变小可能是因为设备老化，阻值不准。

自组式电桥通过转换  $R_s$  与待测电阻  $R_x$  的位置，消除了  $R_a, R_b$  阻值的误差对实验的影响。且  $R_a, R_b$  不能选用“10000”档，选用“1000”档会比较好。

另外调节电阻箱  $R_s$  时，滑动变阻器应调至最小阻值处，可以提高检流计灵敏度以提高电桥灵敏度。