

一、预习报告

1. 实验综述

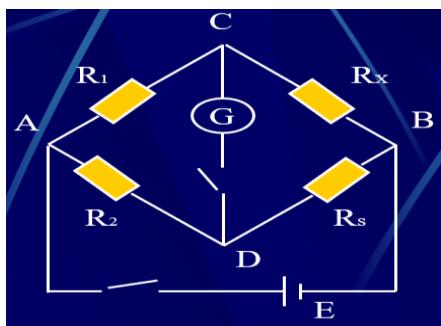
实验原理：如图四个电阻可以组成一个电桥。当中间的检流器没有电流通过时，电桥达到平衡，有 $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_s$ 。

电桥灵敏度：平衡后的电桥微小改变被测电阻检流计指针不发生偏转，由此可以通过研究阻值引起偏转来确定电桥灵敏度。灵敏度为 $s = \frac{\Delta N}{\frac{\Delta R_x}{R_x}}$ ， ΔN 为发生 ΔR_x 时检流计偏转的格数。灵敏度越大，测量误差越小。

交换法减小系统误差：根据电桥平衡可以算其相对不确定度 $\frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_s}{R_s}\right)^2}$

尽量减小系统误差可以将 R_1 与 R_2 互换位置，将 R_s 变为 R_s' 。此时电桥重新达到平衡，得到

$R_x = \sqrt{R_s R'_s}$ ，由此消除了 R_1 与 R_2 自身误差对待测电阻的影响。从而相对不确定度值与 R_s 的仪器误差有关。选用具有一定精度的标准电阻箱，减小系统误差。 $\frac{\Delta R_s}{R_s} = \pm \left(a + b \frac{m}{R_s} \right) \%$ ， a 为电阻箱的精确度等级， b 为与精确度等级有关的系数， m 为电阻箱总转盘数。



实验方法：利用四旋钮电阻箱、标准电阻、检流计和电源等组装成电桥。估计待测电阻，选择比率臂，测定电桥灵敏度，确定测量误差，得出结果。

实验现象：通过连接电阻连接和大小，可以观察到检流计指针偏转，调节可以调零

2. 实验重点

- (1) 了解惠斯登电桥测量未知小电阻大小的原理，并能够推导计算公式
- (2) 利用交换法推导自组电桥的测量误差，推导灵敏度公式
- (3) 测量待测电阻，写出结果表达式，学会分析电阻测量值的离散程度

3. 实验难点

- (1) 实验中误差来源多样，应当综合各项误差来分析计算待测电阻 i
- (2) 若检流计灵敏度不足，可能无法检测微弱电流，从而导致误差较大
- (3) 调节仪器时应避免过大电流通过检流计，否则会损坏仪器

二、原始数据

4号桌					
1. 直阻电桥测未知电阻				检流计 $4 \times 10^{-6} A/格$	
	R_s/Ω	R_s'/Ω	R_1/Ω	R_2/Ω	R_x/Ω
1.	222.4	224.7	7000	7000	
2.	223.6	223.7	7000	7000	
3.	223.5	223.6	7000	7000	
4.	224.2	223.7	7000	7000	
5.	223.6	223.6	7000	7000	
6.	223.7	223.8	7000	7000	

灵敏度： $\Delta d = 4$ $R_s = 223.5\Omega$ $\Delta R_s = 12.8\Omega$

	1	2	3	4	5	6	7	8
R_x/Ω	674.2	685.2	684.7	680.5	672.8	687.7	681.1	699.2

何国芝 3.27

三、结果与分析

1. 数据处理与结果

(1)、自组电桥测量未知电阻

根据自组电桥实验中 R_s 、 R_1 、 R_2 、 R_s' 等数据记录，列出数据表（表一），并计算出待测电阻阻值。

	1	2	3	4	5	6
R_s/Ω	222.4	223.6	223.5	224.2	223.6	223.7
R_s'/Ω	224.7	223.7	223.6	223.7	223.6	223.8
R_1/Ω	7000	7000	7000	7000	7000	7000
R_2/Ω	7000	7000	7000	7000	7000	7000
R_x/Ω	223.5	223.6	223.5	223.9	223.6	223.7

表一

根据测量计算结果可知 R_x 平均值为 $\bar{R}_x = 223.6\Omega$ ，相对误差为 $E_a = \frac{|\bar{R}_x - R_x|}{R_x} \times 100\% = 1.652\%$

电桥灵敏度： $s = \frac{\Delta d}{\Delta R_s/R_s} = 69.84$ 格， 相对不确定度： $E = \frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(0.001 + \frac{0.002m}{R_s}\right)^2 + \left(\frac{0.2}{s}\right)^2} = 0.3051\%$ ， 不确定度 $\Delta R_x = \bar{R}_x \cdot E = 0.7\Omega$ ，因此测量结果为 $R_x = (223.6 \pm 0.7)\Omega$

(2)、用 QJ-23 型盒式惠斯登电桥测量未知电阻

根据待测电阻标记值和电阻测量值记录，列出数据表（表二）。

待测电阻 R_n/Ω	680	680	680	680	680	680	680	680
测得电阻 R_x/Ω	674.2	685.2	684.7	680.5	672.8	687.7	681.1	699.2

表二

平均测得电阻 $\bar{R}_x = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_{x_i} = 683.2\Omega$ ，标准偏差 $s = \sqrt{\frac{1}{7} \sum_{i=1}^8 (R_{x_i} - \bar{R}_x)^2} = 8.3\Omega$ ，离散度 $= \frac{s}{\bar{R}_x} \times 100\% = 1.2\%$

2. 误差分析

(1)、自组电桥测量未知电阻

- 1) 测量仪器有些老化，调节电阻旋钮时比较松动，电阻值读数存在误差
- 2) 选择比率臂上 R_1 和 R_2 的值偏大，导致比值电阻误差范围大，电桥灵敏度偏低
- 3) 检流计指针难以调零，即使调到零刻度线后过一段时间指针又发生微小偏转
- 4) 随着实验进行，电阻发热温度升高，致使电阻测量逐渐产生偏差

(2)、用 QJ-23 型盒式惠斯登电桥测量未知电阻

- 1) 使用的电阻板上电阻明显老化，因此测量出来的电阻离散度较大
- 2) 盒式惠斯登电桥仪器本身旋钮存在一定的误差，导致实际电阻与读数存在误差

3. 实验探讨

本次实验通过自组装惠斯登电桥对未知电阻测量，并进一步对其灵敏度计算，让我对电桥的比以往有更多认识。通过交换 R_s 与 R_x 可以计算出未知电阻并且消除 R_1 与 R_2 带来的误差，同时测量灵敏度的方法也让我对误差分析有了深入了解。

四、思考题

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？

答：伏安法测量电阻是根据欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 计算得到，但是由于电压表和电流表自身都有一定的内阻，导致电流有分流或者电压有分压，从而产生测量误差。而惠斯登电桥根据比值关系相等来间接计算出待测电阻值，避免了测量电流和电压数据时的误差，因此准确度更高。
电桥法的误差主要因素：电桥自身存在一定的灵敏度，这会影响电流计对电阻变化的偏转幅度。同时电桥与被测电阻、标准电阻连接处存在接触电阻。

2.为了提高电桥测量灵敏度，应采取哪些措施？为什么？

答：1) 选择合适的桥臂电阻值。当桥臂电阻的阻值相等或接近时，电桥输出电压对被测电阻变化更加敏感 2) 提高电源电压的值。提高电压后可以使通过电流计的电流更大，对桥臂的比例是否平衡反映更加明显 3) 选择灵敏度更高的检流计。检流计灵敏度越高，对微弱电流反映更加明显。

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

答：可能电路连接有误，导致电路存在断路或者检流计被短路。也有可能是电桥比率选择不合理，使电桥偏离平衡位置过远，导致偏差过大。

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？

答：原则：提高电桥灵敏度，方便读数和计算。

当电桥四个桥臂电阻的阻值相等或者接近时，电桥灵敏度最高，这样选取可以准确测量，减小实验中的误差。同时比率臂的选择便于读数计算可以方便进行误差分析，对误差来源进行讨论。

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？

答：如果是电压表可以将其当作惠斯登电桥中的 R_x 进行测量，如果是电流表可以并联一个阻值适当的定值电阻，间接计算出电流表阻值。或者可以用双臂电桥测量电流表的低电阻。

不可以将桥路中的检流计换成行测电表来判断电桥平衡，因为检流计灵敏度高，能够检测到电桥不平衡时微小的电流变化，从而准确判断电桥是否平衡。而行测电表灵敏度相对较低，会导致较大误差。