



广西师范大学
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

用惠斯登电桥测电阻

▶ 授课老师 - 朱长明





一、实验目的

1

掌握用惠斯登电桥测电阻的原理。

2

学会用惠斯登电桥测电阻。



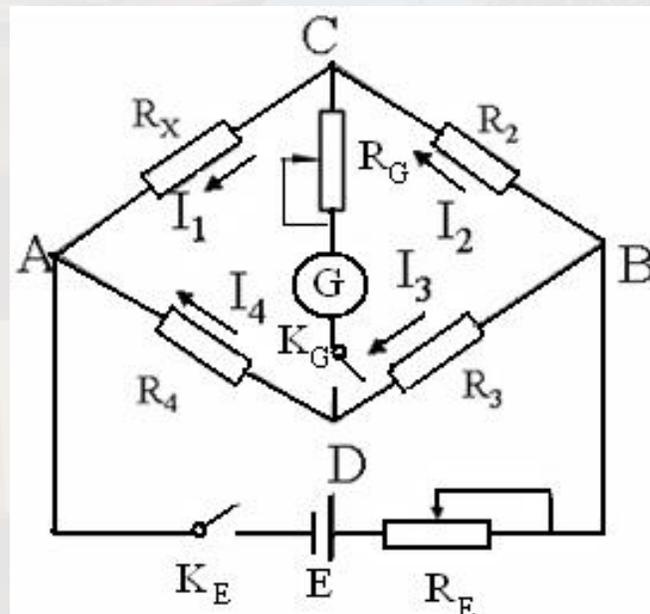
二、实验原理

1 电桥法

电桥法是电学的基本测量方法之一，是测量电阻的很重要也是应用最为普遍的一种方法。

2 惠斯登电桥

惠斯登电桥又称为单臂电桥，通常用来测量中值电阻。

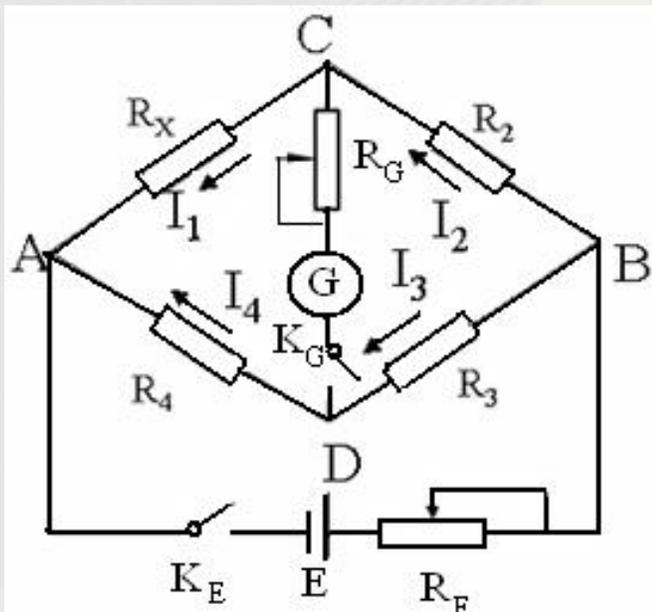




二、实验原理

2.1 电阻值的测量

电桥达到平衡：C，D两点电位相等



$$\begin{cases} U_{AC} = U_{AD} \\ U_{CB} = U_{DB} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} I_1 R_x = I_4 R_4 \\ I_2 R_2 = I_3 R_3 \end{cases} \rightarrow \frac{R_x}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

$$\rightarrow R_x * R_3 = R_4 * R_2$$

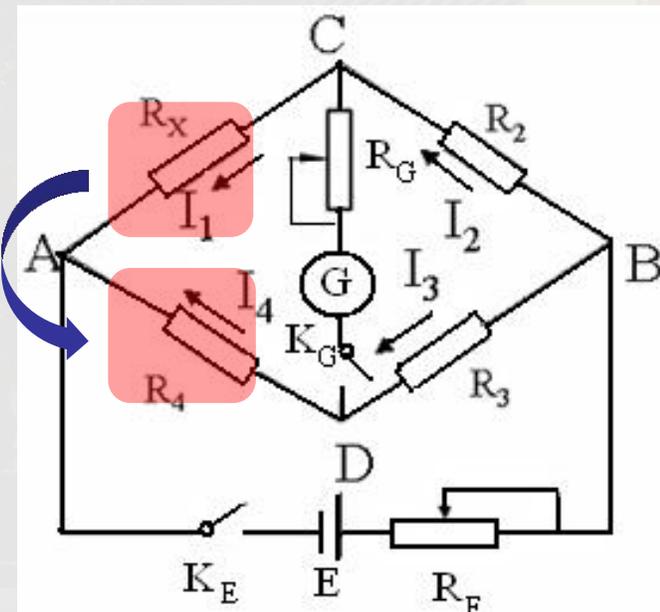
$$R_x = \underbrace{\left(\frac{R_2}{R_3} \right)}_{\text{比例臂}} \underline{R_4}_{\text{比较臂}}$$

比例臂 比较臂



二、实验原理

2.1 电阻值的测量



由平衡公式：

$$R_x = \frac{R_2 R_4}{R_3}$$

交换 R_x 与 R_4 后：

$$R'_x = \frac{R_3 R'_4}{R_2}$$

联立两式：

$$R_x = \sqrt{R_4 R'_4}$$



二、实验原理

2.2 电桥灵敏度的测量

电桥平衡与否，我们是通过看检流计有无偏转来判断的，而检流计的灵敏度是有限的，当通过它的电流很小，使得指针偏转小于0.1格，此时 I_G 虽不等于零，但眼睛已无法察觉出来了，这表示电桥不够灵敏，会给测量带来误差。

通常用相对灵敏度 S 来表示电桥灵敏度：

$$S = \frac{n}{\frac{\Delta R_x}{R_x}}$$

式中 ΔR_x 是在电桥平衡时的微小改变量， n 是由 R_x 有一微小改变量后，电桥失去平衡引起检流计偏转的格数。



二、实验原理

2.2 电桥灵敏度的测量

实际上，待测电阻 R_x 一般不能改变，所以只能改变比较臂的阻值，以 $\Delta R_4/R_4$ 代替 $\Delta R_x/R_x$ ，于是上式可改写为：

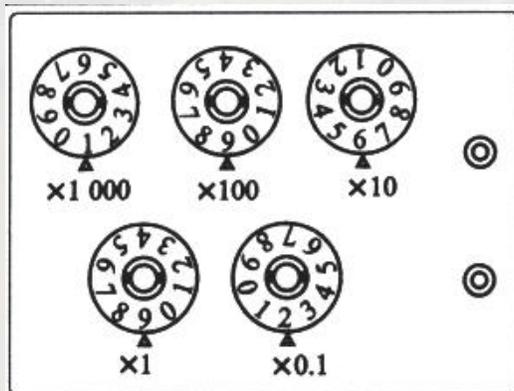
$$S = \frac{n}{\frac{\Delta R_4}{R_4}}$$

电桥灵敏度 S 越大，表明电桥的灵敏度越高，判断所得的平衡点越精确。



三、实验仪器和用具

- 电阻箱
- 检流计
- 滑线变阻器
- 待测电阻
- 直流电源
- 开关
- 导线



电阻箱读数
选择合适的量程！！！！

R=1969.2欧



检流计
检流计接“-”和“G0”两个接线柱



四、实验步骤（简略）

4.1 待测电阻的测量

- 1) 参照图1，用三个电阻箱和待测电阻及检流计组装电桥，取电源电压 $E=1.5V$ 。
- 2) 取 $R_2=R_3=200.0\ \Omega$ ，调节 R_G 、 R_E 到最大值。
- 3) 用万用表欧姆档粗测 R_x ，粗调 R_4 等于 R_x 的粗测值。
- 4) 调节检流计为0。
- 5) 再调节 R_G 、 R_E 使其接入电路中的电阻为0，若检流计偏转，需细调 R_4 至电桥平衡。
- 6) 交换 R_x 和 R_4 ，重复（1）~（5）。

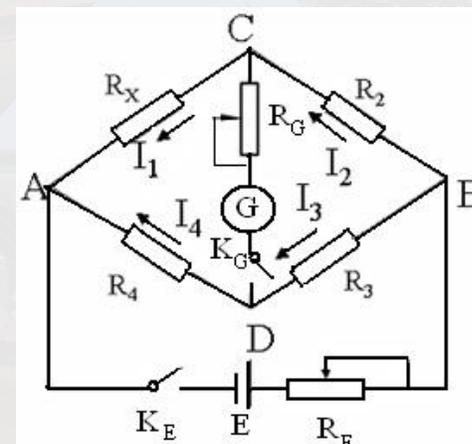


图1 惠斯登电桥

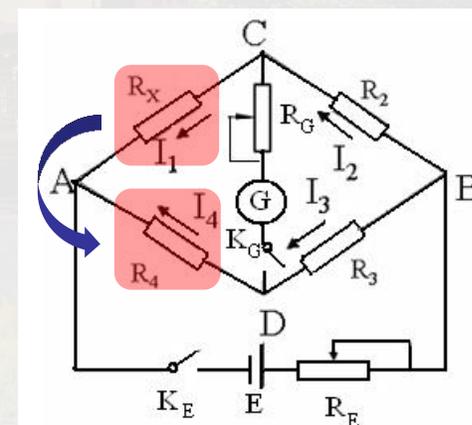


图2 交换 R_x 和 R_4



四、实验步骤（简略）

4.2 电桥灵敏度的测量

①在电桥处于平衡状态下，分别增加和减小 R_4 的值，使检流计指针偏转1格或2格（即 $n=1$ 或 2 ），记下对应的 $\Delta R_4(+)$ 、 $n(+)$ 和 $\Delta R_4(-)$ 、 $n(-)$

②将 R_x 与 R_4 交换位置，重新调节 R_4 使电桥平衡，此时 R_4 的读数记为 R'_4 ，仿上一步骤测出相应的数值 $\Delta R'_4(+)$ 、 $n(+)$ 和 $\Delta R'_4(-)$ 、 $n(-)$



五、数据处理

1

根据公式计算待测电阻 R_x 的阻值

2

计算电桥灵敏度

3

计算实验测量的不确定度



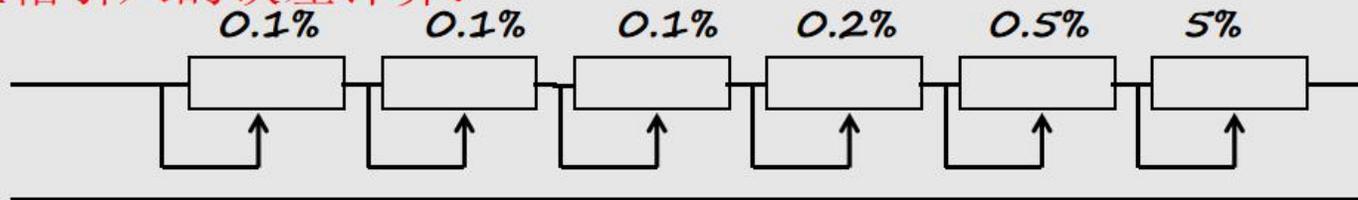
五、数据处理

$$R_x = \sqrt{R_4 R'_4}$$

$$S = \frac{n}{\frac{\Delta R_x}{R_x}}$$

$$\Delta R_{x(\text{桥})} = \frac{1}{2} \left(\frac{|\Delta R'_4|}{R'_4} + \frac{|\Delta R_4|}{R_4} \right) * R_x = \frac{1}{2} \left(\frac{|\Delta R'_4|}{R'_4} + \frac{|\Delta R_4|}{R_4} \right) * \sqrt{R_4 R'_4}$$

电阻箱引入的误差计算:



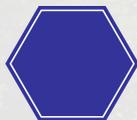
例子：计算 $R=12345.6$ 的绝对误差

$\Delta R = \alpha \% R$ (α 准确度等级) :

$$\begin{aligned} \Delta R &= 10000 * 0.1\% + 2000 * 0.1\% + 300 * 0.1\% + 40 * 0.2\% + 5 * 0.5\% + 0.6 * 5\% \\ &= (10000 * 0.1 + 2000 * 0.1 + 300 * 0.1 + 40 * 0.2 + 5 * 0.5 + 0.6 * 5)\% \end{aligned}$$



五、数据处理



不确定度的计算

1) 桥臂电阻引入的不确定度

$$u_B(R) = \frac{\Delta R}{\sqrt{3}} \quad u_B(R_{x1}) = \frac{R_x}{2} \sqrt{\left(\frac{u(R_4)}{R_4}\right)^2 + \left(\frac{u(R'_4)}{R'_4}\right)^2}$$

2) 电桥灵敏度的限制引入的不确定度

$$\Delta R_{x2} = \frac{\Delta n}{S} R_x \quad u_B(R_{x2}) = \frac{\Delta R_{x2}}{\sqrt{3}}$$

总的合成不确定度 $u_C(R_x) = \sqrt{u_B(R_{x1})^2 + u_B(R_{x2})^2}$



六、注意事项

- 1 检流计接“-”和“ G_0 ”两个接线柱。
- 2 桥臂电阻不能为零电阻、开路（无穷大）状态。检查电路是否接触良好。
- 3 先从200.0欧姆等臂电桥开始。调节电阻时，必须从最小位开始调节。当从整数值电阻调小（例如：200欧姆），必须先将桥路开关开路，调节 R_4 为199.9欧姆。闭合桥路开关后，就可以调小电阻了。
- 4 大范围调节电阻时，必须将桥路开关开路。必须要计算对臂电阻乘积相等后，才能闭合桥路开关。
- 5 如果计算对臂电阻乘积相等后，闭合桥路开关仍然打表，说明有某一桥臂没有接触好，从而电桥没有平衡。请检查有哪个接线没有接好。
- 6 如果计算对臂电阻乘积相等后，闭合桥路开关，调节比较臂 R_4 电阻，却没有动静，说明桥路CD有开路现象。



七、思考题

- 1 怎样消除比例臂两个电阻不准确相等所造成的误差？
- 2 如果没有检流计，如何用电桥来测量电流表的内阻？
- 3 怎样使电桥较快地达到平衡？



广西师范大学
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

感谢您的观看

▶ 授课老师 - 朱长明

