

## 2.5 直流电桥法测电阻





## 实验简介

电桥法测电阻是将标准电阻与待测电阻进行比较以确定待测电阻阻值的方法。具有测试灵敏、测量精确、使用方便等优点。

电桥可分为直流电桥和交流电桥，本实验中使用的是直流电桥。直流电桥又分为单臂电桥（惠斯通电桥）和双臂电桥（开尔文电桥）。



## 实验目的

1. 了解色环电阻的读数方法，掌握直流单臂电桥测中值电阻的原理和方法；
2. 学习直流双臂电桥测低值电阻的原理和方法。



实

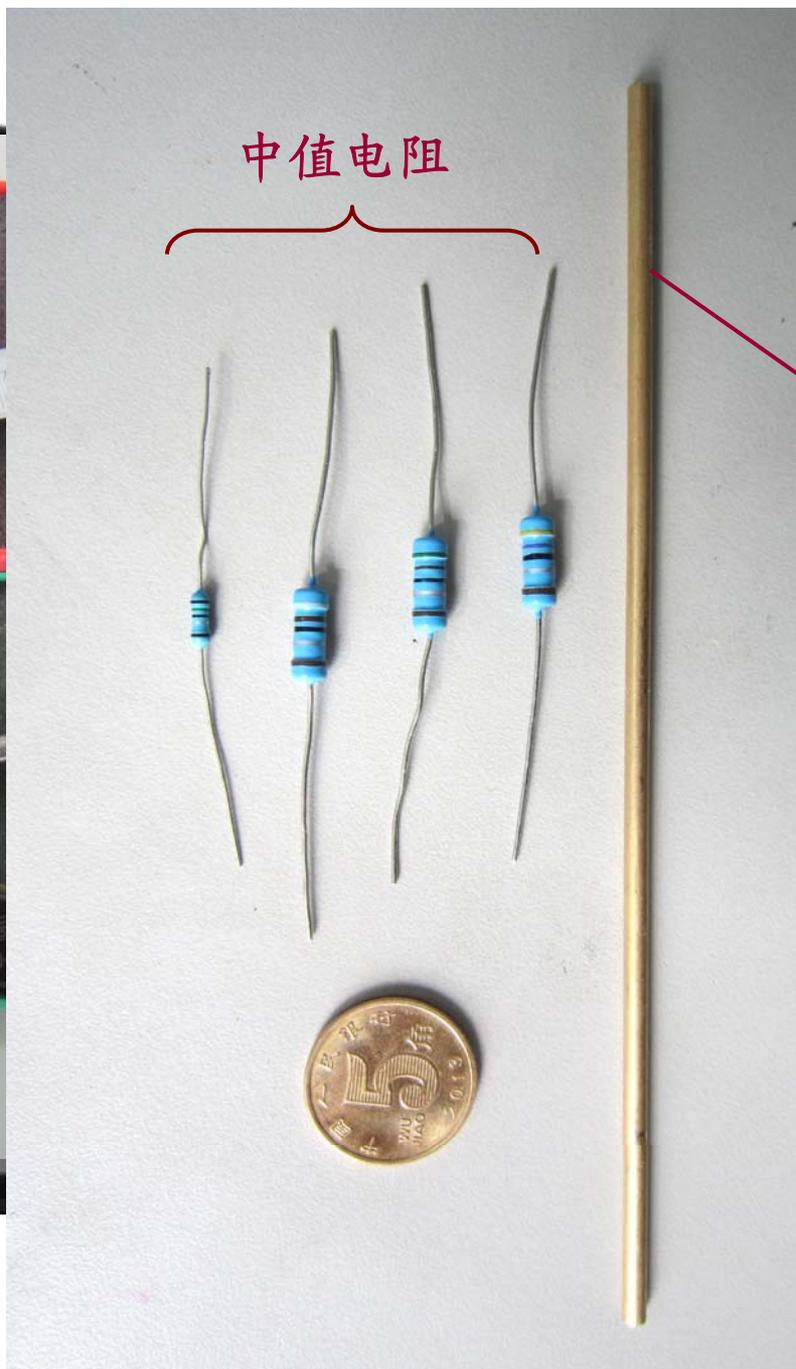
1.

2.

3.

4.

5.



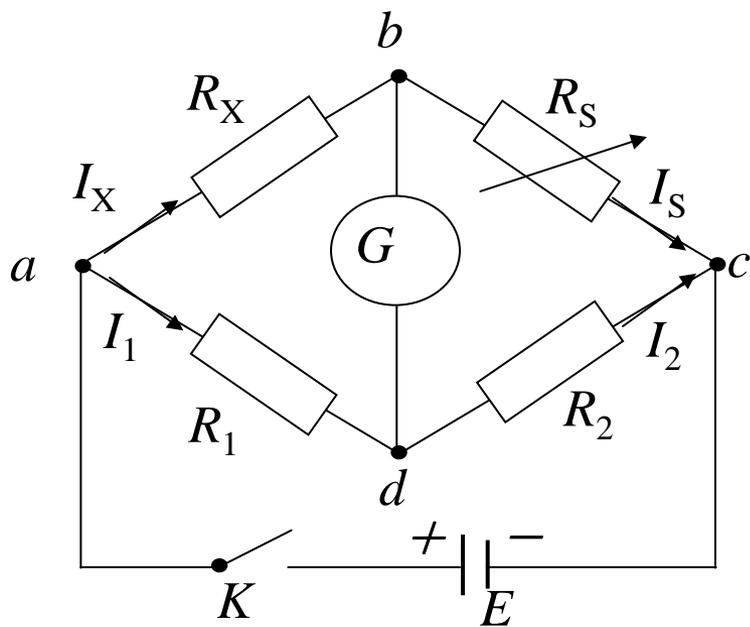
中值电阻

低值电阻



# 实验测量原理

## 1. 惠斯通电桥测中值电阻的原理



惠斯通电桥工作原理

当  $I_g = 0$  时,

$$I_1 R_1 = I_X R_X \quad I_2 R_2 = I_S R_S$$

$$I_1 = I_2 \quad I_X = I_S$$

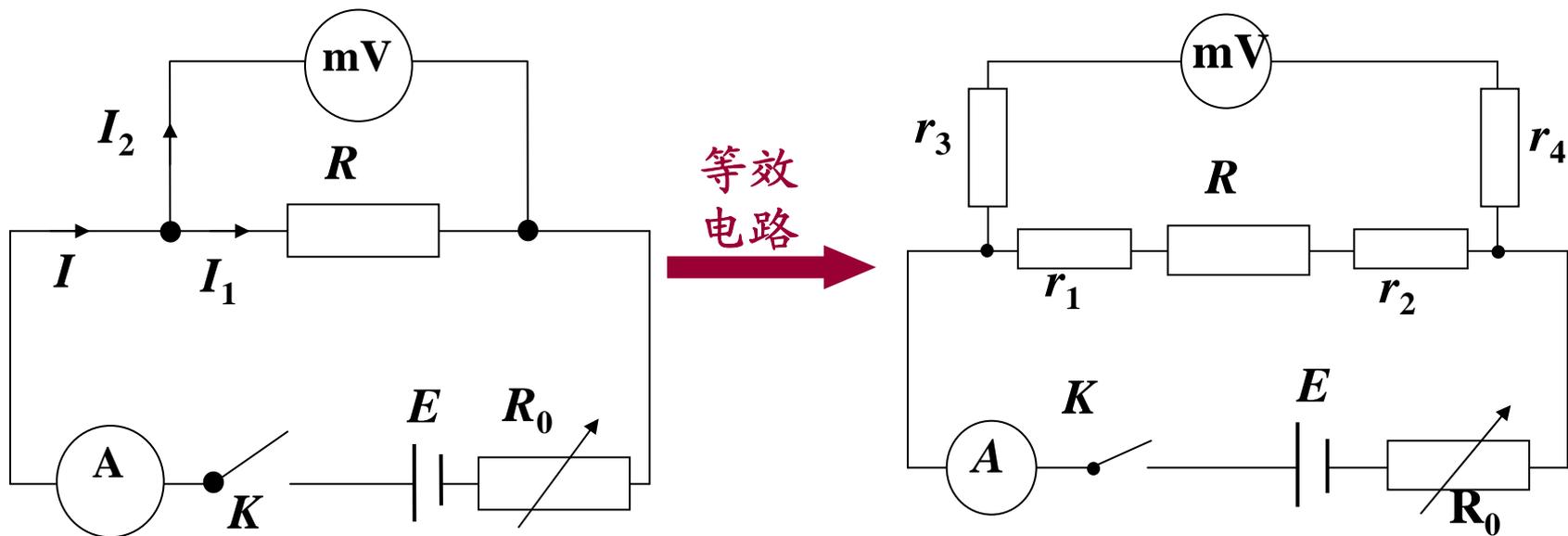


$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_S$$



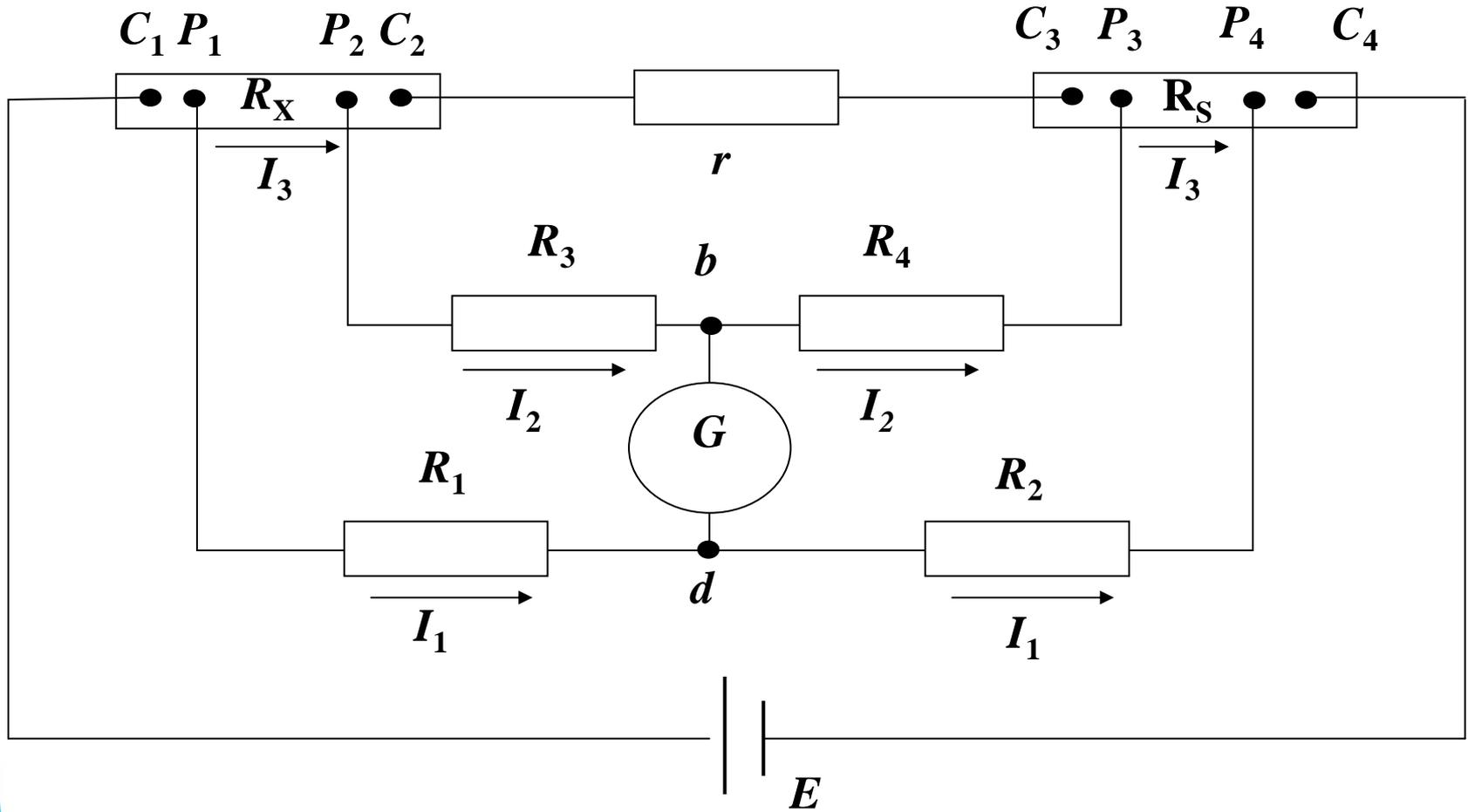
## 2、开尔文电桥测量低值电阻

测量低值电阻，不能忽略导线电阻和接点电阻。

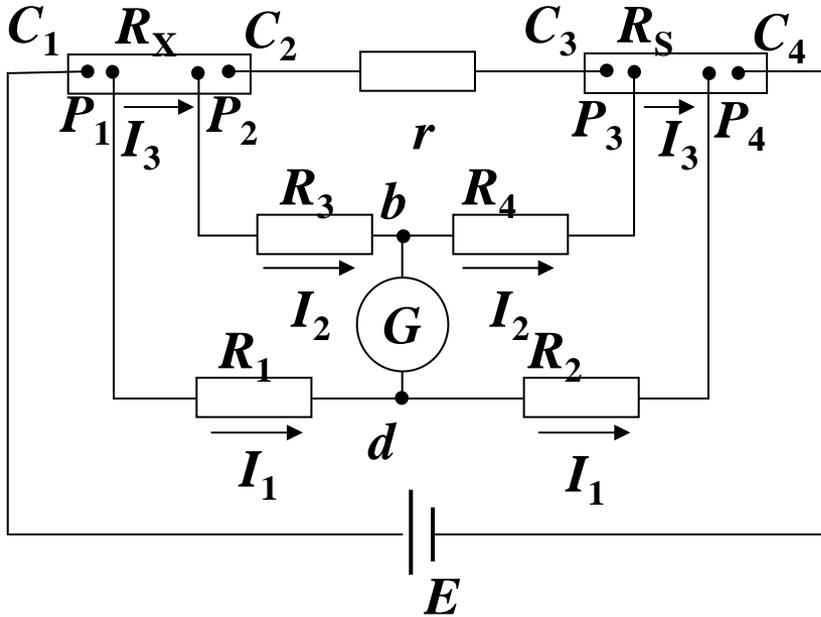


如何消除附加电阻？

开尔文双臂电桥



双臂电桥原理图



当  $I_g = 0$  时,

$$I_1 R_1 = I_3 R_X + I_2 R_3$$

$$I_1 R_2 = I_3 R_N + I_2 R_4$$

$$I_2 (R_3 + R_4) = (I_3 - I_2) r$$

➔ 
$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_S + \frac{r R_4}{R_3 + R_4 + r} \left( \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right) = \frac{R_1}{R_2} R_S + N$$



$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_S$$

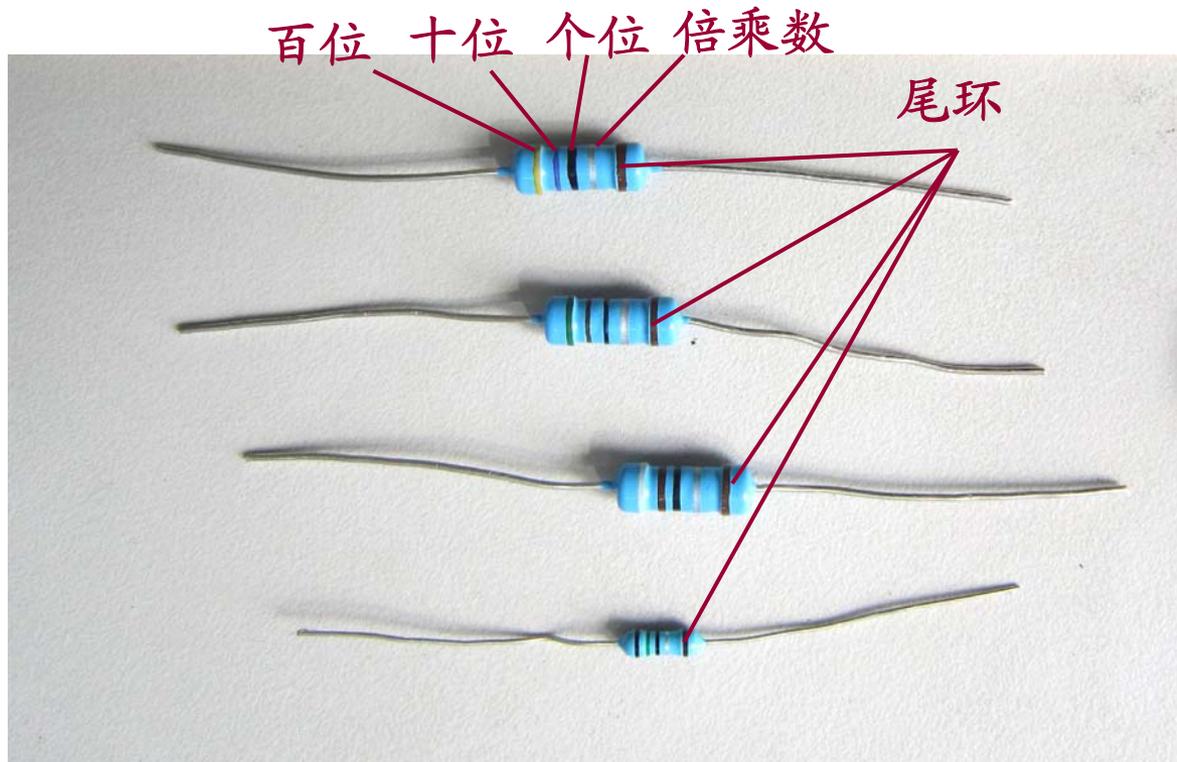


## 实验内容与数据处理

### 1. 惠更斯电桥测量中值电阻

(1) 根据电阻上的色环，读出所待测五色环电阻的称值。

黑	0;	棕	1;	红	2;
橙	3;	黄	4;	绿	5;
蓝	6;	紫	7;	灰	8;
白	9;				
金	-1;	银	-2		





## (2) 单臂电桥面板与电路对比。

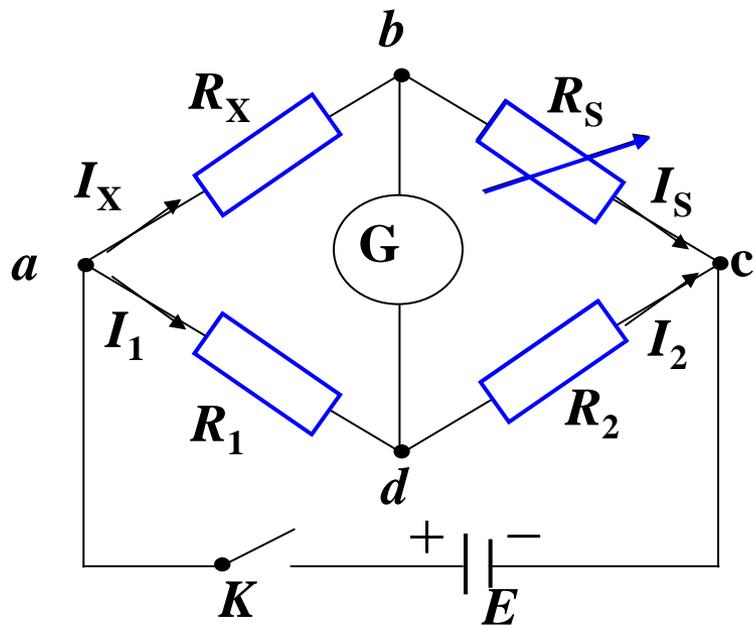


图1 惠斯通电桥工作原理

$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_S$$



比率臂

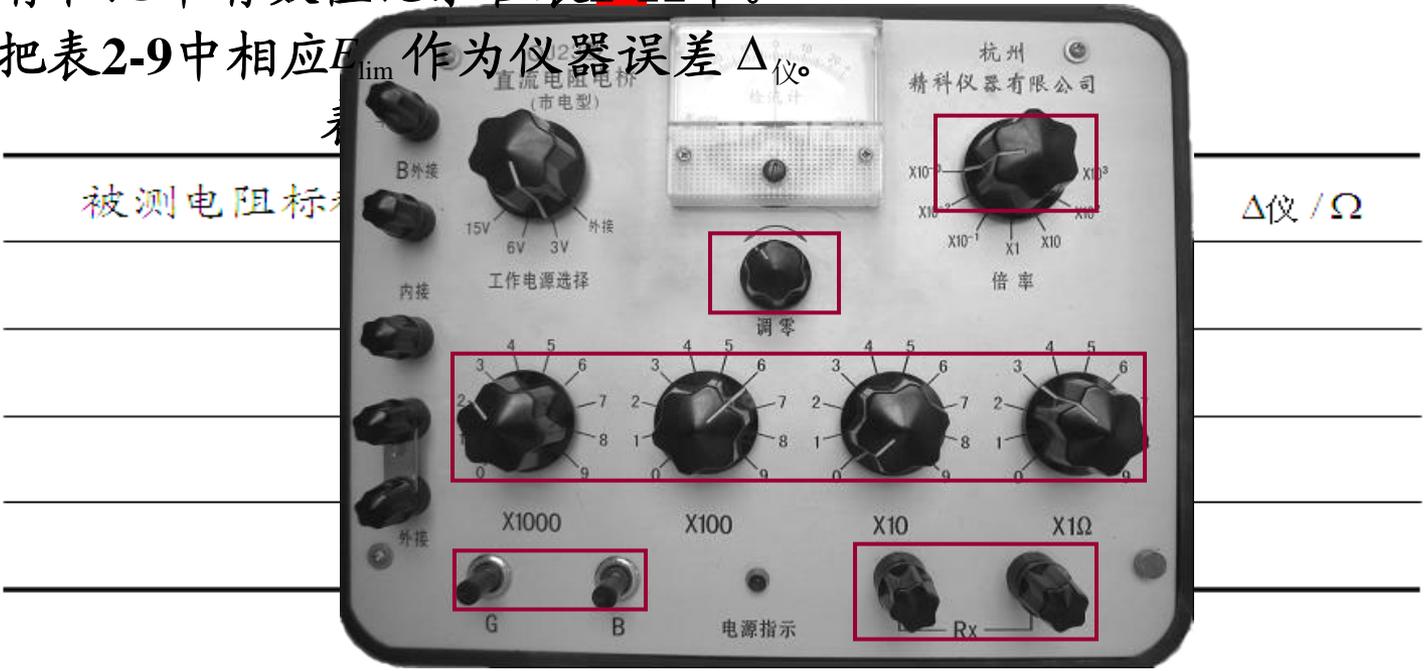
比较臂

待测电阻  
接入口



### (3) 用惠斯通电桥测定值电阻操作步骤:

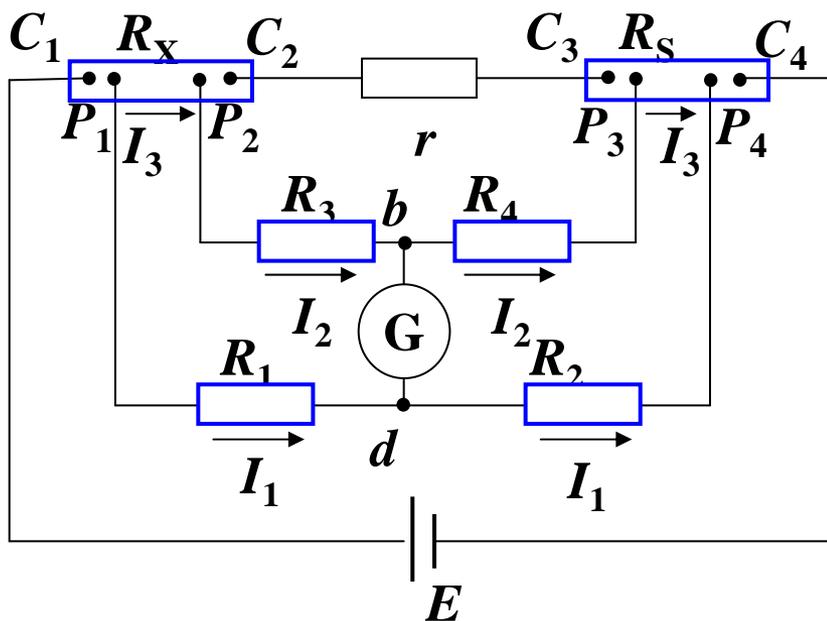
- ① 打开电源开关，将检流计指针调零。
- ② 接入待测电阻。
- ③ 选择适当的“倍率”。（保证4位有效数字）
- ④ 调平衡：按下开关B，按一下开关G（立即放开），观察检流计指针，根据偏离方向调整比较臂电阻使流计指针指向零位，电桥平衡。
- ⑤ 将比较臂和比率臂数值记录在表2-11中。
- ⑥ 简单地把表2-9中相应 $R_{lim}$ 作为仪器误差  $\Delta_{仪}$ 。





## 2. 开尔文电桥测量低值电阻

### (1) 双臂电桥面板与电路对比。



比率臂

比较臂

$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_S$$



### (3) 用开尔文电桥测低值电阻操作步骤:

- ① 打开电源开关，在灵敏度最高状态下将检流计指针调零。
- ② 接入待测电阻。
- ③ 选择适当的“倍率”。（估测待测电阻阻值）
- ④ 调平衡：按下开关B，按一下开关G（立即放开），观察检流计指针，根据偏离方向调整比较臂电阻使流计指针指向零位，电桥平衡。
- ⑤ 将比较臂和比率臂数值记录在表自拟表格中。





(2) 用千分尺对圆柱导体每次测量部位的直径进行6次测量，用游标卡尺对圆柱导体每次测量部位长度进行6次测量，并记入自拟表格中。

参考自拟表格

	1	2	3	4	5	6	平均值
倍率K							X
读书盘示值							
铜丝电阻 $R_x$							
铜丝长度(mm)							
铜丝直径(mm)							



### 3. 数据处理

(1) 利用表中数据，由  $\bar{\rho} = \bar{R}_x \frac{\pi \bar{d}^2}{4 \bar{l}}$  式，

计算出圆柱导体的电阻率  $\bar{\rho}$ ，

(2) 根据各测量值的不确定度（见附录），计算圆柱导体电阻率的不确定度：

$$U_{\rho} = \bar{\rho} \sqrt{\left(\frac{U_{R_x}}{\bar{R}_x}\right)^2 + \left(\frac{U_l}{\bar{l}}\right)^2 + \left(\frac{2U_d}{\bar{d}}\right)^2}$$

(3) 电阻率测量结果表达式： $\rho = (\bar{\rho} \pm U_{\rho})$



## 附录

### 圆柱导体电阻率的数据处理

直径 $d$ 的不确定度:  $U_d = \sqrt{u_{Ad}^2 + u_{Bd}^2}$  其中

$$u_{Ad} = \sqrt{\frac{1}{6-1} \sum_{i=1}^6 (d_i - \bar{d})^2} \quad u_{Bd} = \Delta_{\text{仪}} = 0.004(\text{mm})$$

长度 $l$ 的不确定度:  $U_l = \sqrt{u_{Al}^2 + u_{Bl}^2}$  其中

$$u_{Al} = \sqrt{\frac{1}{6-1} \sum_{i=1}^6 (l_i - \bar{l})^2} \quad u_{Bl} = \Delta_{\text{仪}} = 0.02(\text{mm})$$



电阻 $R_x$ 的不确定度:  $U_{R_x} = \sqrt{u_{AR_x}^2 + u_{BR_x}^2}$  其中

$$u_{AR_x} = \sqrt{\frac{1}{6-1} \sum_{i=1}^6 (R_i - \bar{R}_x)^2} \quad u_{BR_x} = \Delta_{\text{仪}} = E_{\text{lim}}$$

**QJ42型开尔文双臂电桥基本误差的允许极限**  
由下式给出:

$$E_{\text{lim}} = \pm C\% \left( \frac{R_N}{10} + X \right)$$

**C**为等级数,  **$R_N$** 为基准值, **X**为标度盘的欧姆示值 (即 $R_x$ 的测量值)