

实验10 双臂电桥测量低电阻实验

一、实验背景知识

直流双臂电桥又称开尔文电桥，是一种测量低值电阻（ $10^{-5} - 1\Omega$ ）的常用仪器。例如 测量金属材料电阻率、分流器电阻、电机及变压器绕丝电阻等。测量低值电阻时，测量导线 本身和连接处接触电阻引起的附加电阻（约 $10^{-4} - 10^{-2} \Omega$ ）将给测量结果带来巨大误差， 因此，必须设法消除或减小附加电阻对测量结果的影响。

双臂电桥就是为此而设计的。

- (1) 交流电阻，直流电阻，有感电阻，无感电阻
- (2) 电阻式传感器，压敏电阻，光敏，磁阻，温敏
- (3) 碳膜电阻，金属膜电阻，金属氧化膜电阻
- (4) 负载电阻，采样电阻，分流电阻，保护电阻
- (5) 。 。 。 。

二、实验内容

主要内容：测量铜棒和铝棒的电阻和电导率

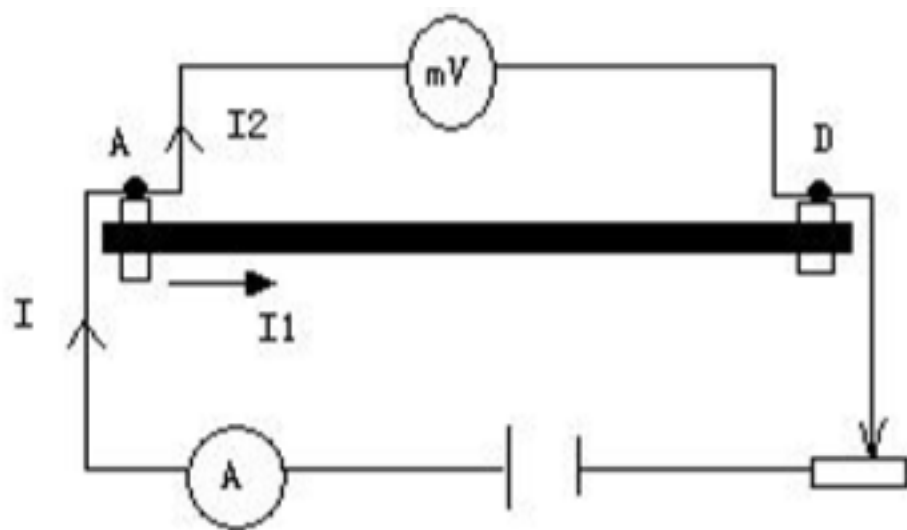
某些金属导体的电阻率及温度系数

名称	银	铜	金	铝	钨	锌	铁	铅	黄铜
电阻率 ρ ($10^{-6}\Omega\cdot\text{cm}$)	1.47 (0°C)	1.55 (0°C)	2.01 (0°C)	2.50 (0°C)	4.89 (0°C)	5.65 (0°C)	8.70 (0°C)	19.2 (0°C)	8.00 (18~20°C)
温度系数 α ($10^{-5}/^\circ\text{C}$)	430	433	402	460	510	417	651	428	100

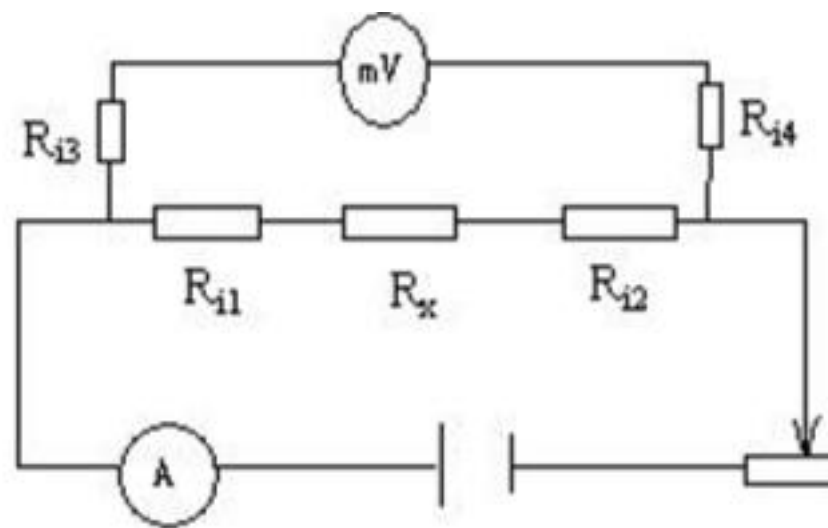
- (1) 电流电桥和交流电桥；平衡电桥和非平衡电桥；
单臂和双臂直流电桥
- (2) 两端接入法，四端接入法
- (3) 测量低电阻的原理和方法
- (4) 。 。 。 。

三、实验原理

1、四端接线法

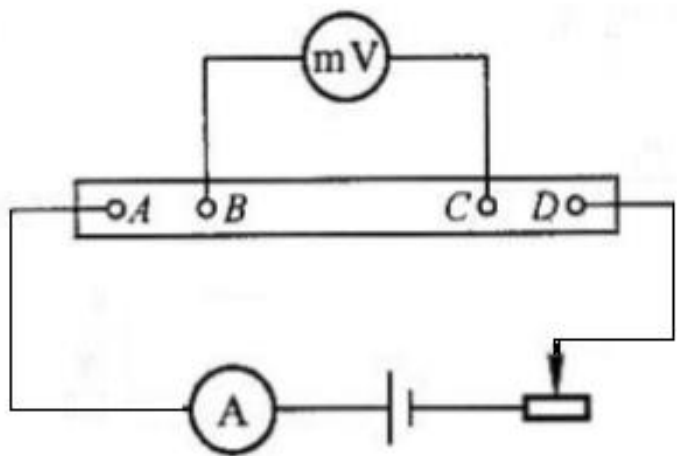


测量电阻电路

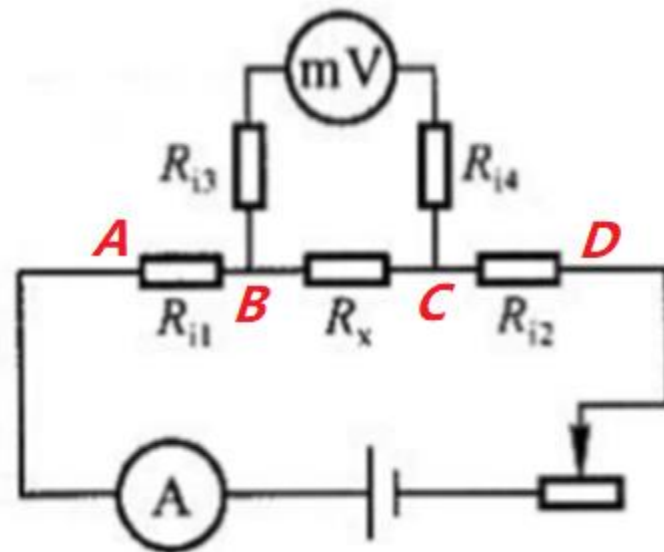


测量电阻等效电路

$$R_x + R_{i1} + R_{i2} = \frac{V}{I} \quad R_x \text{ 测不准}$$



四端接线电路



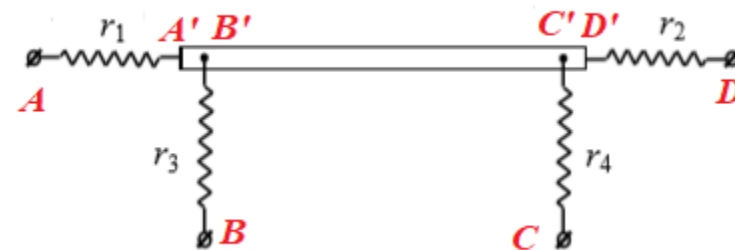
四端接线等效电路

$$R_x = \frac{V}{I}$$

接触电阻 R_i 不影响低电阻 R_x 的测量



许多低电阻的标准电阻都做成四端钮方式
A/D端为电流端， B/C端为电压端。

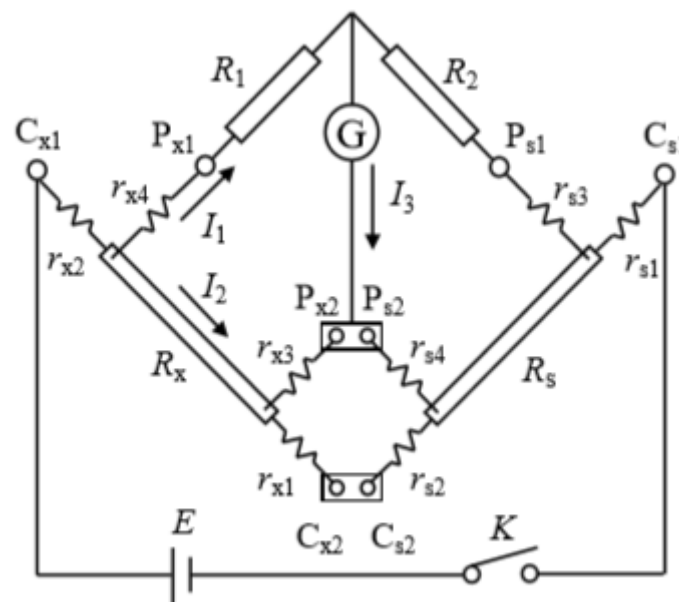
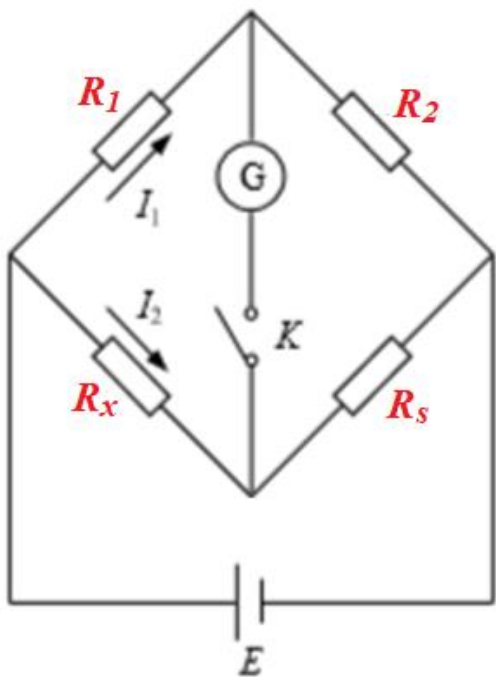


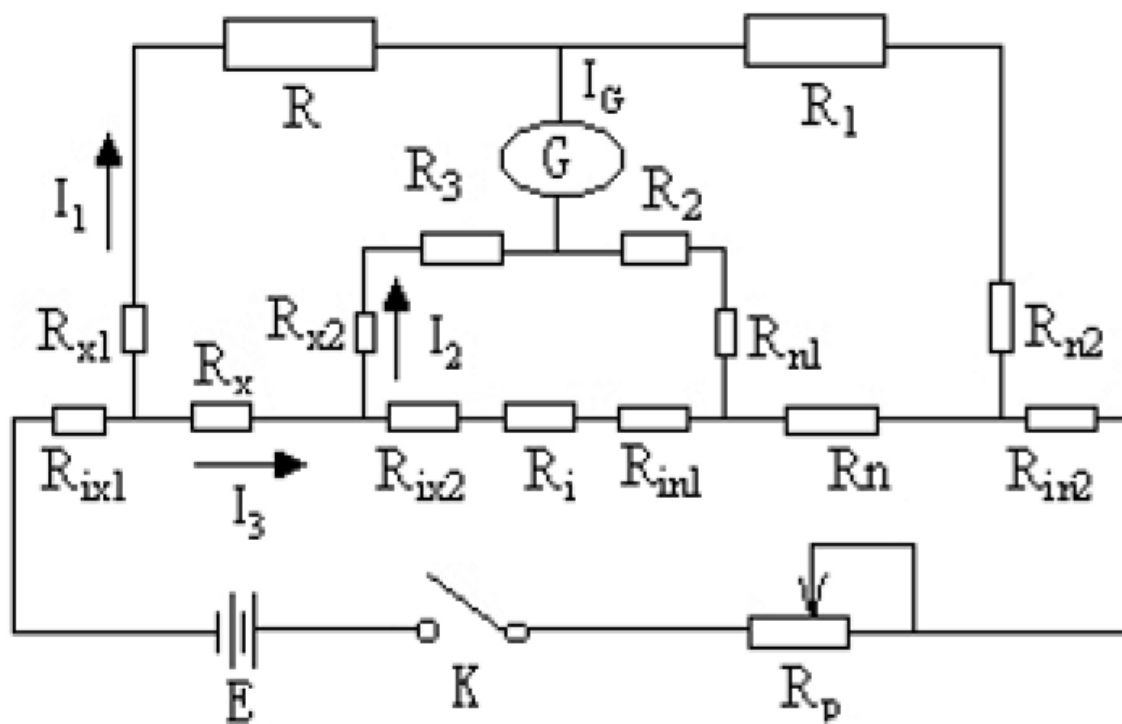
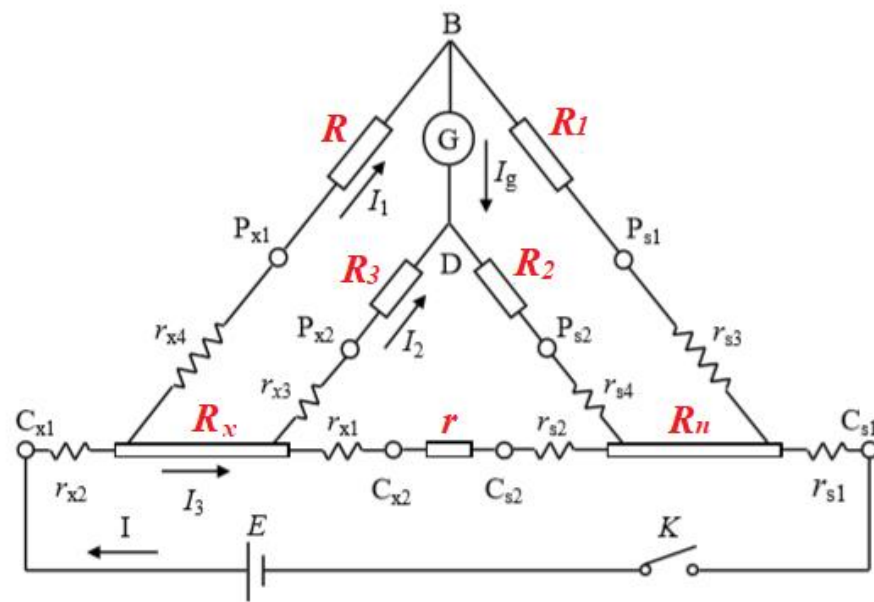
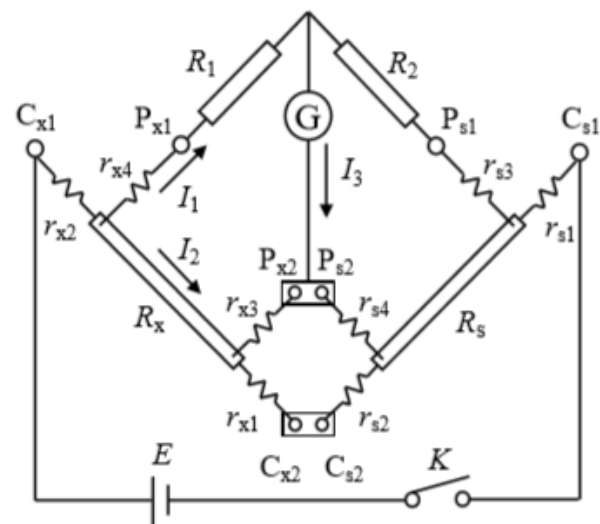
2、电桥

(1) 惠斯登电桥属于单臂直流平衡电桥

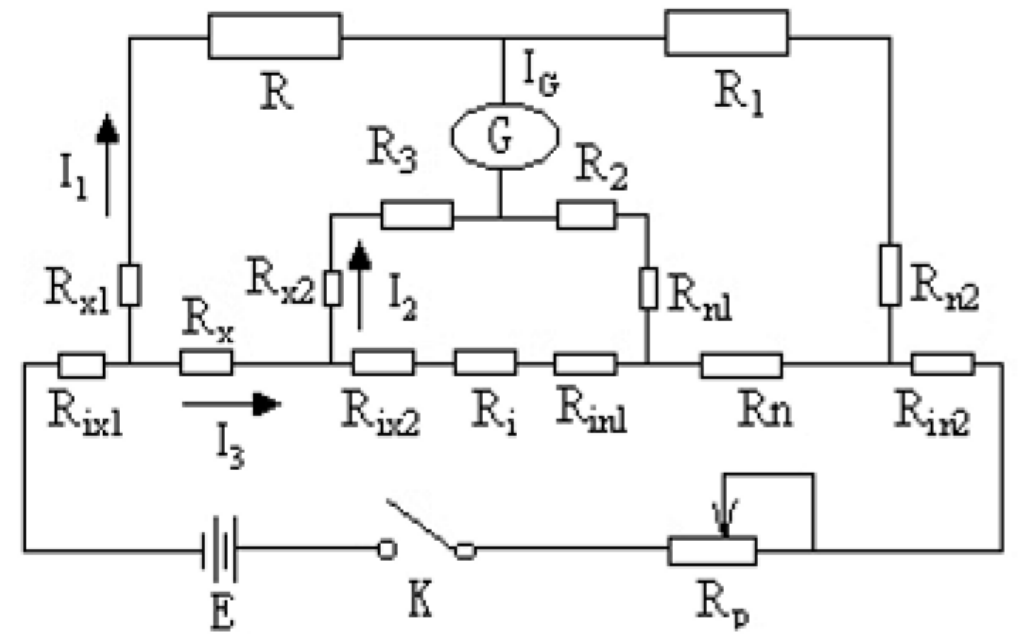
主要用于测量中等数值的电阻 ($10^1 - 10^6 \Omega$)

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_s$$





$$\begin{cases} I_1 R = I_3 R_x + I_2 R_3 \\ I_1 R_1 = I_3 R_n + I_2 R_2 \\ (I_3 - I_2) R_i = I_2 (R_3 + R_2) \end{cases}$$



解方程组得
$$R_x = \frac{R}{R_1} R_n + \frac{R \cdot R_i}{R_3 + R_2 + R_i} \left(\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_3}{R} \right)$$

若 $R_1 = R_2$ $R = R_3$ 和 R_i 很小时, 则有: $R_x = \frac{R}{R_1} R_n$

实验中, 选用双十进制电阻箱, 选取 $R_1 = R_2 = 10^3 \Omega$

四、实验设备





检流计不能在短路情况调零；
在直接时灵敏度最高。



附QJ36

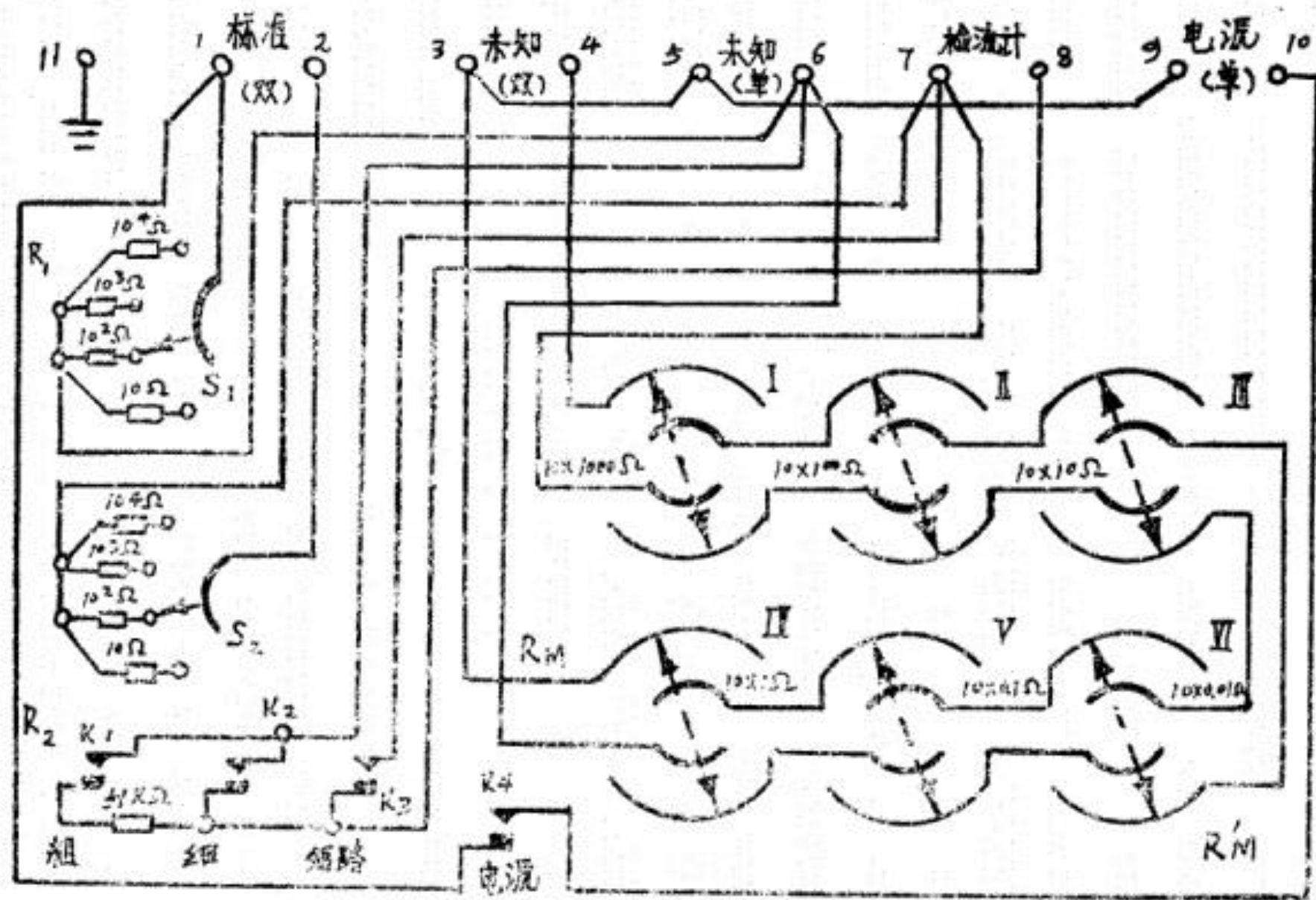
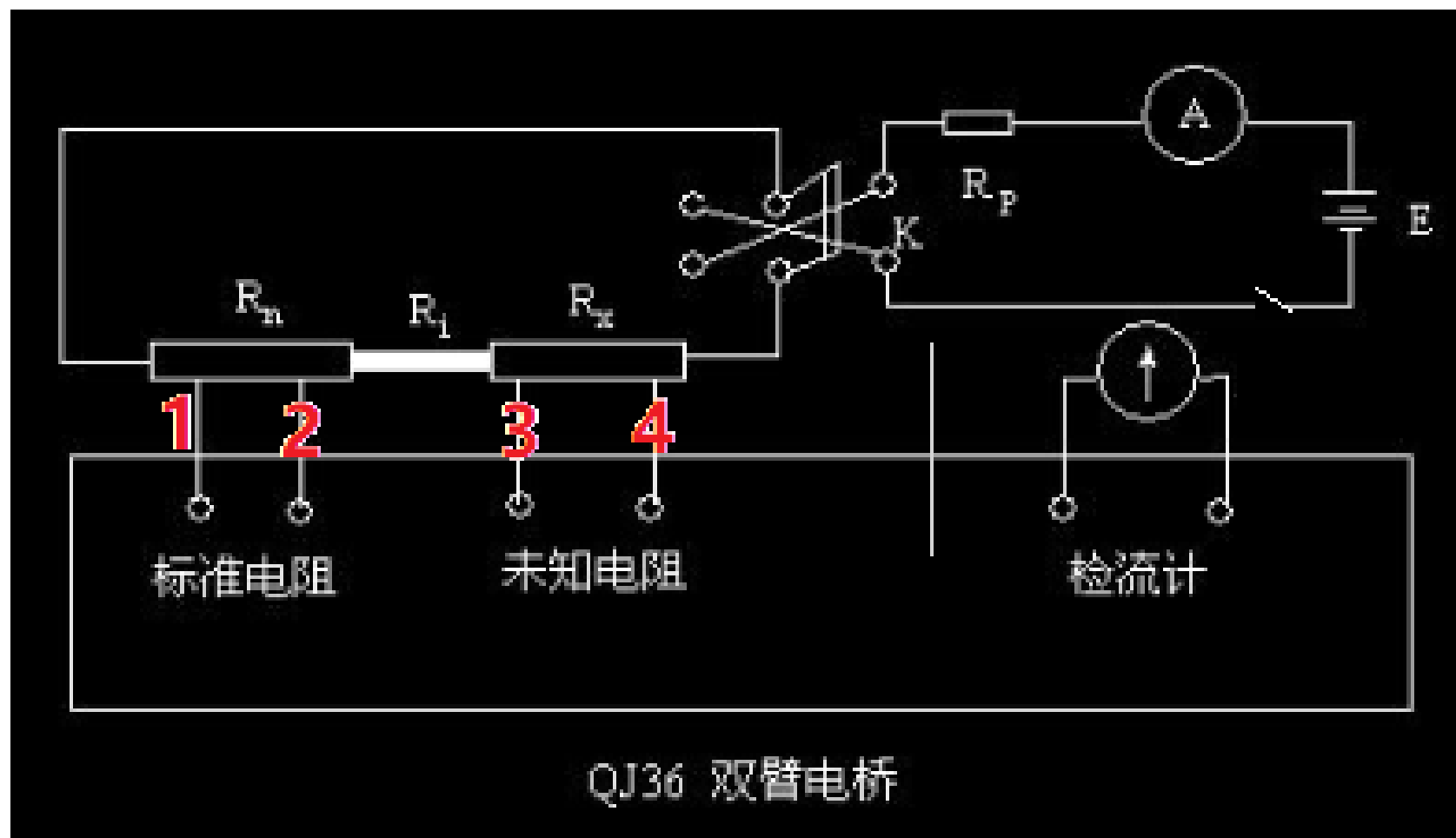
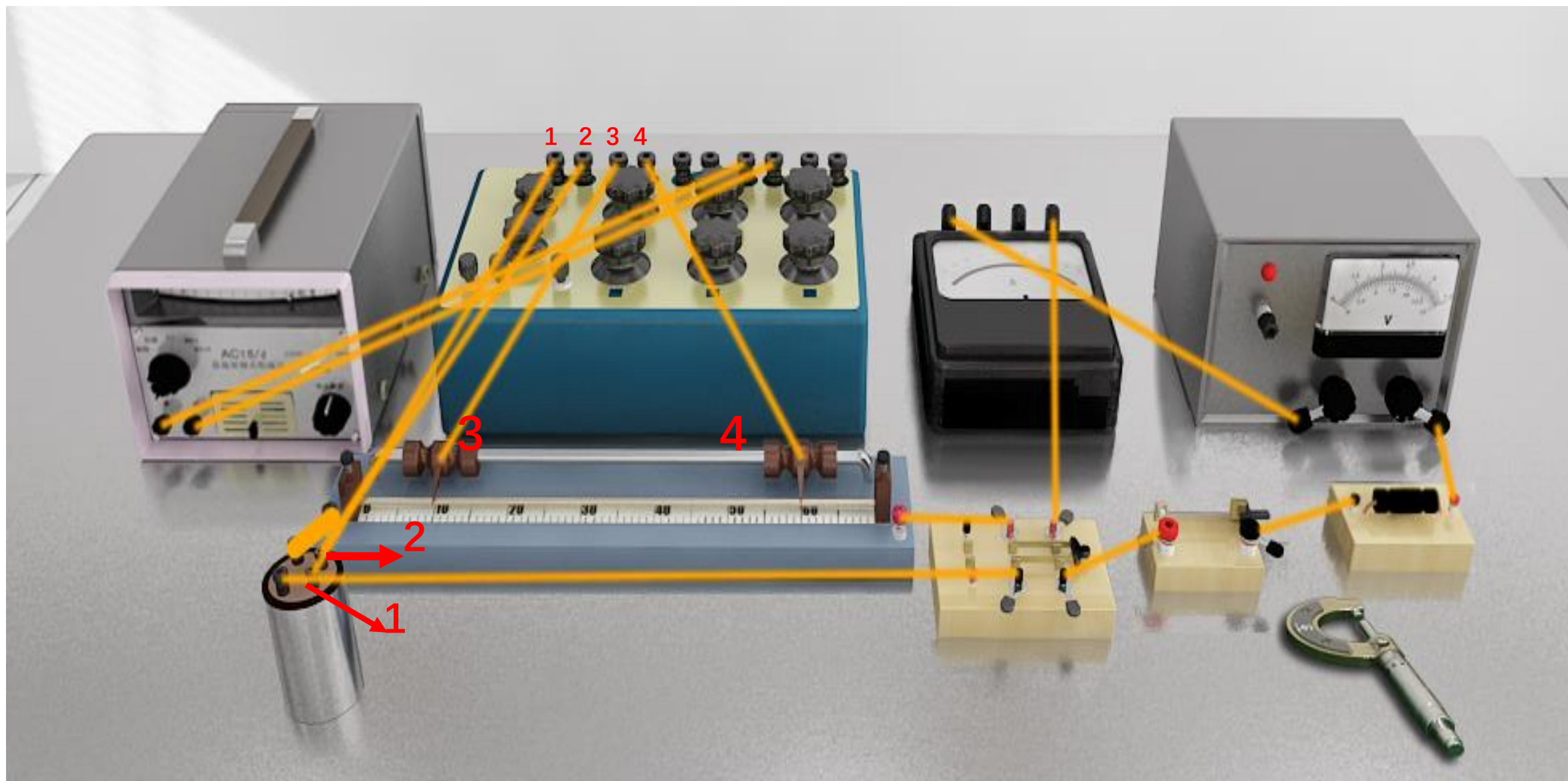


图 1 QJ36 型单双臂两用直流电桥简化线路图

五、实验操作和注意事项

1、接线原理图





$$R_x = \frac{R}{R_1} R_n$$

$$\rho = R_x \cdot \frac{\pi d^2}{4l} = \frac{\pi d^2}{4l} \cdot \frac{R_n}{R_1} R$$

$$R = \left(\frac{4\rho}{\pi d^2} \cdot \frac{R_1}{R_n} \right) l$$

已知标准电阻 $R_n = 0.001 \, \Omega$ 改为 $\rightarrow R_n = 1.00 \times 10^{-3} \, \Omega$

数据记录，有效位数和仪器不确定度

合理选择处理方法：公式？作图？最小二乘法拟合？

最后结果要有不确定度。

【注意事项】

- 1.、注意测量电阻和标准电阻的电流端和电压端，电压端1、2、3、4的连接顺序相对应。
- 2、 电源电压大检流计灵敏度高，同时要注意电源和低电阻的负载能力。
- 3、 检流计不能在短路情况调零；在直接时灵敏度最高。

【思考题】

1. 讨论本实验误差因素。
- 2、 如果四端电阻的电流端和电压端接反了，对测量结果有什么影响？
3. 在双臂电桥测量低电阻时，四端标准电阻的两个电压端是否有极性？是否可以交换接入？