

# 双电桥法测电阻（1042）预习报告

## 一、实验重点

- 1.掌握平衡电桥的原理，零示法与电压比较法。
- 2.学习用交换测量法消除系统误差
- 3.学习灵敏度的概念，了解影响电桥灵敏度的因素
- 4.掌握电学实验操作规程，严格规范操作
- 5.学习测量电阻常用电学仪器仪表的正确使用
- 6.掌握测量电阻的基本方法，了解不同测量方法各自的适用条件，并学习自己设计实验电路

## 二、实验原理

双电桥法测低电阻

- 1.开尔文电桥是惠斯通电桥的变形，在测量小阻值电阻时能给出相当高的准确度。

卡尔文电桥做了两点重要改进：

- (1) 增加了一个由 $R_2, R_4$ 组成的桥臂

- (2)  $R_N$ 和 $R_x$ 的两端接法改为四端接法，其中 $P_1P_2$ 构成被测低电阻， $R_x, P_3P_4$ 是标准低电阻  
 $R_N, P_1, P_2, P_3, P_4$ 常被称为电压节点， $C_1, C_2, C_3, C_4$ 称为电流节点

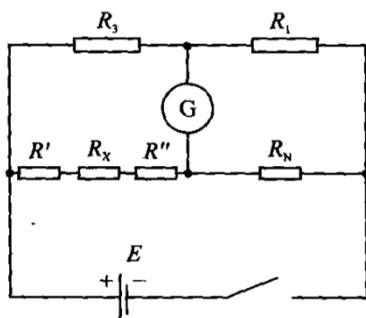


图 4.7.10 单电桥附加电阻的影响

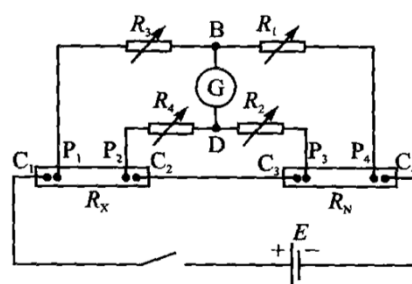
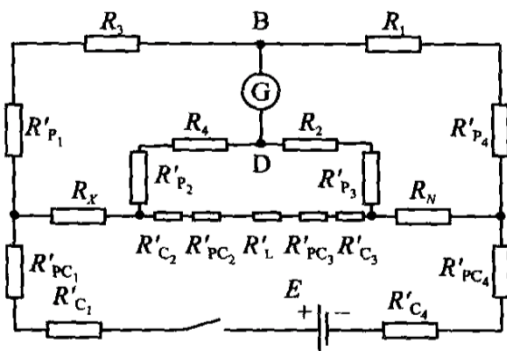


图 4.7.11 开尔文电桥原理图

- 2.在测低电阻时， $R_x$ 和 $R_N$ 都很小，所以与 $P_1 \sim P_4$ ， $C_1 \sim C_4$ 相连的 8 个接点的附加电阻 $R_{P_1'} \sim R_{P_4'}$ ， $R_{C_1'} \sim R_{C_4'}$ ， $R_N$ ， $R_x$ 间的连线电阻 $R_{C_1'}$ ， $P_1C_1$ 间的电阻 $R_{PC_1'}$ ， $P_2C_2$ 间的电阻 $R_{PC_2'}$ 、 $P_3C_3$ 间的电阻 $R_{PC_3'}$ ， $P_4C_4$ 间的电阻 $R_{PC_4'}$ ，均应给予考虑。

于是卡尔文电桥的有效电路图为：



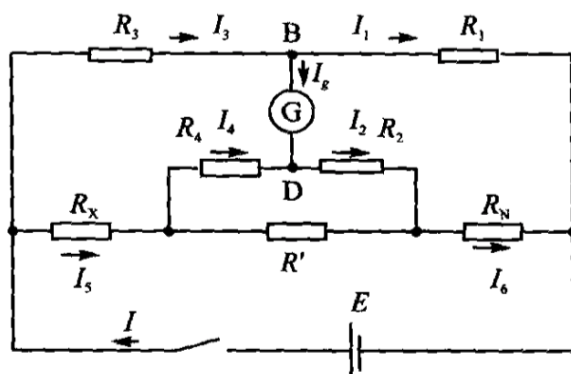
(a) 开尔文电桥的等效电路

其中 $R'_{p1}, R'_{p2}, R'_{p3}, R'_{p4}$ 分别远小于 $R_3, R_4, R_2, R_1$ 均可忽;

$R'_{c1}, R'_{pc1}, R'_{c4}, R'_{pc4}$ 可以并入电源内阻, 不影响测量结果, 也不予考虑。

需要考虑的只有跨线电阻 $R' = R'_{c2} + R'_{pc3} + R'_{c3} + R'_{pc3} + R'_L$

简化后的电路如图所示:



(b) 简化后的电路

调节 $R_1, R_2, R_3, R_4$ 使电桥平衡, 此时 $I_g = 0, I_1 = I_3, I_2 = I_4, I_5 = I_6, V_B = V_P$ , 且有

$$\left\{ \begin{array}{l} I_3 R_3 = I_4 R_4 + I_5 R_x \\ I_1 R_1 = I_2 R_2 + I_6 R_N \\ \text{三式联立求得 } R_x = \frac{R_3}{R_1} R_N + \frac{R' R_2}{R_2 + R_4 + R'} \left( \frac{R_3}{R_1} - \frac{R_4}{R_2} \right) \end{array} \right.$$

$$I_2 R_2 + I_4 R_4 = (I_5 - I_4) R'$$

$R_x$ 可以看做 $\frac{R_3}{R_1} R_N$ 与一个修正值 $\Delta$ 的叠加, 跨线电阻足够小 $R' \approx 0$ , 就可以在测量精度允许的范围内忽略 $\Delta$ 影响。

3. 为保证双电桥的平衡条件, 可以有两种设计方式:

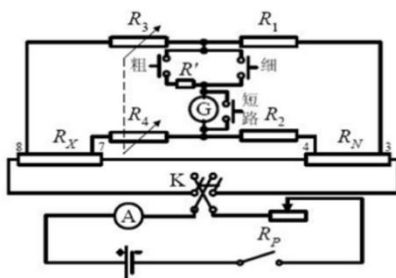


图 5

(1) 选定两组桥臂之比为  $M = \frac{R_3}{R_1} = R_4 R_2$ ，将  $R_N$  做成可变的标准电阻，调节  $R_N$  使电桥平衡，则计算  $R_x$  的公式变换为  $R_x = M R_N$ ，式中  $R_N$  称为比较臂电阻，M 为电桥倍率系数。

(2) 选定  $R_N$  为某固定阻值的标准电阻，并选定  $R_1 = R_2$  为某一值，联调  $R_3, R_4$  使电桥平衡，则计算  $R_x$  的公式变化为  $R_x = \frac{R_N}{R_1} R_3$  或  $R_x = \frac{R_N}{R_2} R_4$

此时  $R_3$  或  $R_4$  为比较臂电阻， $\frac{R_N}{R_1}, \frac{R_N}{R_2}$  为电桥倍率系数。实验室提供的 UJ19 型单双电桥采用的是第二种方式。 $R_1, R_2$  阻值选择原则：使测量值有最多位有效数字。

(3) 实验内容：测量合金杆不同长度间电阻，用一元线性回归法计算电阻率  $\rho = \frac{S R_x}{L}$  =

$$\frac{\pi d^2 R_x}{4L}$$

### 三、实验仪器

电阻箱、指针式检流计、固定电阻两个、直流稳压电源、滑线变阻器、待测低电阻（钢杆）、数显卡尺、换向开关、UJ19 型单双电桥。