

电桥法测电阻实验

23 级 Elaina

引言

电桥是一种用比较法测量电阻、电容或电感的仪器。通常的电桥是将电阻、电容、电感等元件或这些元件的组合组成四个桥臂的电路。根据激励电源性质的不同，电桥分为交流电桥和直流电桥两大类。惠斯登电桥是直流电桥中的一种，它是测中值电阻的重要仪器。它用比较法进行测量，即在平衡条件下，将待测电阻与标准电阻进行比较以确定其阻值。它具有测试灵敏、精确、方便等优点。

电桥电路在检测技术中应用非常广泛，不仅可以测量电阻，还可以测量电容电感、温度、压力、真空度等许多物理量。这种测量方法广泛应用于工业和科研的自动控制中。

一、实验目的

1. 理解并掌握用电桥法测定电阻的原理和方法；
2. 掌握自搭电桥测定电阻的原理和方法；
3. 学习用交换法消除自搭电桥的系统误差。

二、实验仪器

9 孔插件板、JK-31 稳压电源、恒流源、数字万用表、电阻箱、电阻 ($200\ \Omega$ 、 $1\text{k}\ \Omega$ 、 $10\text{k}\ \Omega$)、连接线。

三、实验原理

3.1 惠斯登电桥

将待测电阻 R_x 与另外三个可变电阻 R_1, R_2, R_0 连接成一个闭路的电阻四边形电路，如图所示。电池 E 通过与四边形的两个相对顶端 A 和 B 连接，在另外两个相对顶端 C 和 D 之间接入检流计。检流计对 C 和 D 两端点的电位进行比较，当 C、D 两点电位相等时，检流计中无电流通过，电桥达到平衡。此时， $V_{AC} = V_{AD}$ ； $I_1 = I_2$ ； $I_3 = I_4$ 。可得

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2}{R_0}$$

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_0 = K R_0$$

式中, $K \frac{R_1}{R_2}$ 称为比率。若 R_1, R_2, R_0 (或 K 和 R_0) 为已知, R_x 即可由上式求出。

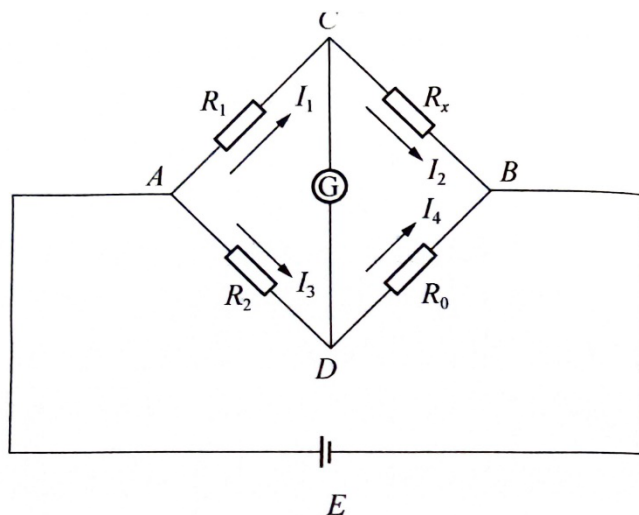


图 3.1.1 惠斯登电桥电路

3.2 电桥的灵敏度

检流计灵敏度有限导致测量误差 ΔR , 引入电桥灵敏度 S 的概念, 定义为

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

式中, Δn 是检流计偏转的格数。电桥灵敏度的通用表达式为

$$S = \frac{S_1 E}{(R_1 + R_2 + R_0 + R_x) + \left(2 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_x}{R_0}\right) R_G}$$

由于峭壁电阻的对称性, 可以得到

$$S = \frac{\Delta n}{\frac{\Delta R_0}{R_0}}$$

3.3 电桥的测量误差估算

电桥的基本误差极限可用下式表示：

$$E_{lim} = \pm \frac{\alpha}{100} \left(\frac{R_N}{10} + R_0 \right) k$$

式中， α 为电桥的准确度等级； k 为缩放因子，取电桥的比率； R_0 为测量盘示值； R_N 为基准值，各有效量程的基准值应为该量程内最大值的 10 的整数幂。例如，量程为 11111.1 Ω ，此量程的基准值为 10000 Ω 。等级指数 α 不但反映了电桥中各标准电阻（比率 k 和测量臂 R_0 ，）的准确度及检流计自身的灵敏度，而且还与测量范围、电源电压等因素有关。

一般在实验中由电桥的灵敏度引人的误差 ΔR 是这样估测的：在电桥平衡时，将 R_0 改变 ΔR_0 。使检流计指针偏转的格数 $\Delta n = 2$ ，而人的眼睛觉察到的界限是 0.2 格，所以取

$$\Delta R = 0.2 \times \frac{\Delta R_0}{2}$$

ΔR 反映了平衡判断中可能包含的误差。 ΔR 越大，电桥越不灵敏。测量结果的误差可表示为

$$\sigma_R \approx \sqrt{E_{lim}^2 + (\Delta R)^2}$$

3.4 交换测量法（互易法）

用交换 R_x 和 R_0 的测量法可消除因 R_1, R_2 引人的误差。为了消除上述原因造成的误差，可在保持 R_1/R_2 比值不变的条件下，将 R_x 和 R_0 交换位置，调节 R_0 为 R'_0 使电桥重新平衡，则

$$R_x = \sqrt{R_0 \cdot R'_0}$$

这表明使用交换法可消除由 R_1, R_2 引入 R_x 的误差。

四、 内容步骤

用交换法测量电阻 R_x 。测量时用万用表估计被测电阻的大小。分别令 $R_x = 200\ \Omega$ 和 $R_x = 1k\ \Omega$ 重复下列步骤。

- ① 取电源电压 $E = 5V$ ，并预置 R_0 的值。
- ② 改变 R_0 值调节电桥平衡，记录 R_0 的值。
- ③ 将 R_0 和 R_x 交换，重复上述步骤，再次调节电桥平衡，记录 R'_0 值。

五、 数据处理

数据的计算结果已经在原始数据表格中记录。

六、 结论及分析

① 对于 $R_x = 200\ \Omega$ ，计算得到的 R_x 均值为 200.0744，相对误差为 0.0372%；对于 $R_x = 1k\ \Omega$ ，计算得到的 R_x 均值为 1000.8245，相对误差为 0.08245%。

② 在本次实验中，对于 $E = 1V$ 的情况，计算得到的 S 的均值为 16.1718；对于 $E = 2V$ 的情况，计算得到的 S 的均值为 30.4929。这说明本次实验中测得的电桥灵敏度较高，且 $E = 2V$ 情况下的灵敏度大于 $E = 1V$ 情况。

附：原始数据