

惠斯登电桥测电阻

制作人：赵新月 熊冬霞

前言

- 测量电阻的方法很多，如万用表法，伏安法，替代法，半偏法，电位差计法。但每种方法都有其局限性。这里介绍用电桥方法来测量。
- 电桥法来测量电阻是一种比较法来测量的，它是在平衡条件下将待测电阻与标准电阻比较来确定待测电阻的大小。
- 电桥法具有灵敏度高，测量准确和使用方便等特点，已广泛应用于电工技术和非电量测量中。

前言续

- 直流电桥可分为单电桥（又称惠斯登电桥）和双电桥。
- 惠斯登电桥适合测量中值电阻（ $10-10^6 \Omega$ ）
- 对于低值电阻（ 10Ω 以下），不能应用通常的惠斯登电桥测量，其主要矛盾是在接触处存在接触电阻（大小在 0.01Ω 的数量级）。当待测电阻值在 1Ω 甚至 0.1Ω 以下时，显然接触电阻和引线电阻将使测量完全失去其正确性。因此，对于低值电阻，须采用可消除接触电阻和引线电阻的测量方法——四端法（Four Probe ethod）进行测量（也可采用开尔文电桥法进行测量）。四端法是国际上通用的测量低值电阻的标准方法之一。它是通过测量待测电阻两端电压和流经的电流来确定其数值的。四端法具有直接，且克服触点电阻和引线电阻等特点，适用于各类电阻的测量，尤其是低值电阻的测量。
- 而对于高值电阻（ $>10^6 \Omega$ ）的测量，一般可用兆欧表和数字万用表

实验目的及要求

- 1、掌握惠斯登电桥的原理及特点。
- 2、学习用惠斯登电桥测量电阻。
- 3、了解电桥灵敏度。

实验仪器

- 电阻箱:3只,精度都为0.1级,其中R1,R2最小单位为0.1 Ω ,Rs最小单位为0.01 Ω

三路稳压电源

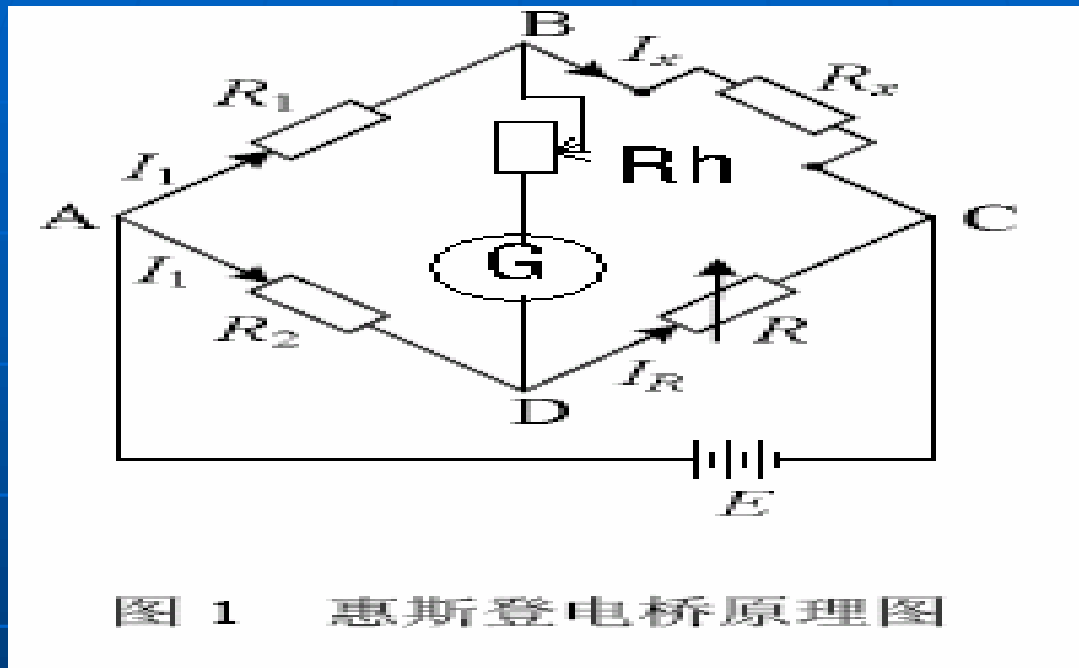
AC-5检流计

滑线变阻器:10K Ω

单刀开关

待测电阻:3个

实验原理



由原理图可知：

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

实验过程

- 1) 按原理图连成桥路
- 2) 根据给定的阻值大致值和 R_1 与 R_2 的比值, 将 R_s 预置在估测值附近, 这样可使电桥在接近平衡状态下进行测量。同时可进一步保护检流计。
- 3) 通电前调整检流计零点, 并将滑线变阻器放在最大阻值位置。
- 4) 测量: 接通电源, 按下检流计“电计”按钮, 调整 R_s 值使检流计指零, 然后将滑线变阻器调到最小值, 然后调节 R_s 使电桥平衡。
- 5) 数据记录于书中的表格, 由公式计算 R_x 值, 分析测量误差

实验注意事项

- ① 检流计平衡指示调零时，指针锁动钮必须处于开启状态，使用结束后应置于关闭状态。
- ② 检流计按钮开关**G**一般只能跃按，以避免非瞬时过载而引起检流计损坏。
- ③ 滑线变阻器**R_h**的作用是改变桥路的灵敏度（即改变**E**）。在测量读数时使**R_h = 0**，此时灵敏度最高。
- ④ 滑线变阻器**R_h**保护检流计的能力有限，一定要在**R1/R2**比值确定后先把**R_s**调节到估计值上。

附1.电阻箱的误差

1. 可变电阻箱 (ZX21 型)

可变电阻箱总的误差为各十进电阻盘的数值乘以相应的相对误差之和再加上残余电阻 R_0 . $R_0 = 20 \text{ m}\Omega$.

各十进电阻盘的相对误差见下表:

十进电阻盘	$\times 10000$	$\times 1000$	$\times 100$	$\times 10$	$\times 1$	$\times 0.1$
相对误差	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	1%	5%

例如, 若电阻箱输出的电阻值是 12345.6Ω , 则电阻箱的误差为

$$10000 \times 0.1\% + 2000 \times 0.1\% + 300 \times 0.1\% + 40 \times 0.1\% + 5 \times 1\% + 0.6 \times 5\% + 0.02 = 12.44 (\Omega)$$

附2:电阻箱的误差计算公式

电阻箱的误差由下式近似给出:

$$\frac{\Delta R}{R} = (0.1 + 0.2 \frac{m}{R})\%$$

这部分误差主要来自于电阻箱上6个电阻盘之间的接触误差,且电阻越小,则误差越大。

附3:桥路灵敏度带入的测量误差

电桥灵敏度的定义为:

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

可将上式改写为:

$$S = \frac{ES_i}{R_1 + R_2 + R_s + R_x + R_g \left(2 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_s}{R_x} \right)}$$

附4:减小测量误差的方法

(1)、选择合适的桥臂电阻

综前所述，可以给出如下结论：

桥臂电阻太小，会增加电阻箱本身误差引入的测量误差，同时不能满足测量结果所需的有效位数。

桥臂电阻太大，则测量的灵敏度将大大下降。

- 本实验的选择的原则：在满足测量有效位数的前提下尽可能取小。

附4:减小测量误差的方法续

(2)、利用交换法进行测量

交换前有:

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

交换后有:

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R'_s$$

将交换前后两式相乘有:



$$R_x = \sqrt{R_s \cdot R'_s}$$



附4:减小测量误差的方法续

交换前的不确定度为:

$$\frac{u(R_x)}{R_x} = \sqrt{\left[\frac{u(R_1)}{R_1}\right]^2 + \left[\frac{u(R_2)}{R_2}\right]^2 + \left[\frac{u(R_s)}{R_s}\right]^2}$$

交换后的不确定度为:

$$\frac{u(R_x)}{R_x} = \frac{1}{2} \sqrt{\left[\frac{u(R_s)}{R_s}\right]^2 + \left[\frac{u(R'_s)}{R'_s}\right]^2}$$