

# 用自组惠斯通电桥测量电阻

## 1. 实验目的

- (1) 了解惠斯通电桥的结构，掌握惠斯通电桥的工作原理；
- (2) 掌握用滑线式惠斯通电桥测量电阻。

## 2. 实验仪器

滑线式惠斯通电桥，直流可调稳压电源，数字检流计，ZX21型旋转式电阻箱，单刀单掷开关2只，待测电阻五只，导线若干。

## 3. 实验原理

电阻是电路的基本元件之一，电阻的测量是基本的电学测量。用伏安法测量电阻，虽然原理简单，但有系统误差。在需要精确测量阻值时，必须用惠斯通电桥，惠斯通电桥适宜于测量中值电阻( $1 \sim 10^6 \Omega$ )。

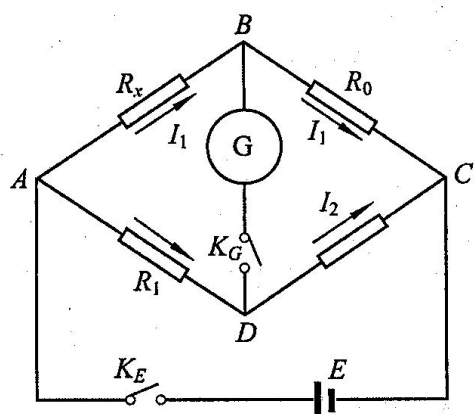


图 1-1 惠斯通电桥原理图

惠斯通电桥的原理如图 1-1 所示。标准电阻  $R_0$ 、 $R_1$ 、 $R_2$  和待测电阻  $R_x$  连成四边形，每一条边称为电桥的一个臂。在对角  $A$  和  $C$  之间接电源  $E$ ，在对角  $B$  和  $D$  之间接检流计  $G$ 。因此电桥由 4 个臂、电源和检流计三部分组成。当开关  $K_E$  和  $K_G$  接通后，各条支路中均有电流通过，检流计支路起了沟通  $ABC$  和  $ADC$  两条支路的作用，好象一座“桥”一样，故称为“电桥”。适当调节  $R_0$ 、 $R_1$  和  $R_2$  的大小，可以使桥上没有电流通过，即通过检流计的电流

$I_G = 0$ ，这时， $B$ 、 $D$  两点的电势相等。电桥的这种状态称为平衡状态。这时  $A$ 、 $B$  之间的电势差等于  $A$ 、 $D$  之间的电势差， $B$ 、 $C$  之间的电势差等于  $D$ 、 $C$  之间的电势差。设  $ABC$  支路和  $ADC$  支路中的电流分别为  $I_1$  和  $I_2$ ，由欧姆定律得

$$I_1 R_x = I_2 R_1$$

$$I_1 R_0 = I_2 R_2$$

两式相除，得

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

(1)式称为电桥的平衡条件。由(1)式得

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_0 \quad (2)$$

即待测电阻  $R_x$  等于  $R_1 / R_2$  与  $R_0$  的乘积。通常将  $R_1 / R_2$  称为比率臂，将  $R_0$  称为比较臂。

## 4. 仪器简介

### (1) 滑线式惠斯通电桥

滑线式惠斯通电桥的构造如图 1-2 所示。 $A$ 、 $B$ 、 $C$  是装有接线柱的厚铜片(其电阻可忽略)，它们相当于图 1-1 中的  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点。 $A$ 、 $C$  之间有一根长度  $L=100.00\text{cm}$  的电阻丝，装有接线柱的滑键相当于图 1-1 中的“ $D$ ”点。滑键可以沿电阻丝左右滑动，它上面有两个弹性铜片。按下掀钮，铜片就与电阻丝接触，接触点将电阻丝分为左右两段， $AD$  段(设长度为  $L_1$ )的电阻  $R_1$  相当于图 1-1 中的  $R_1$ ， $BD$  段(设长度为  $L_2$ )的电阻  $R_2$  相当于图 1-1 中的  $R_2$ 。在  $A$ 、 $B$  之间接待测电阻  $R_x$ ， $B$ 、 $C$  之间接电阻箱  $R_0$ ， $B$ 、 $D$  之间接检流计  $G$ 。 $A$ 、 $C$  之间接电源  $E$ ，电源  $E$  为可调直流电源，带短路保护功能。

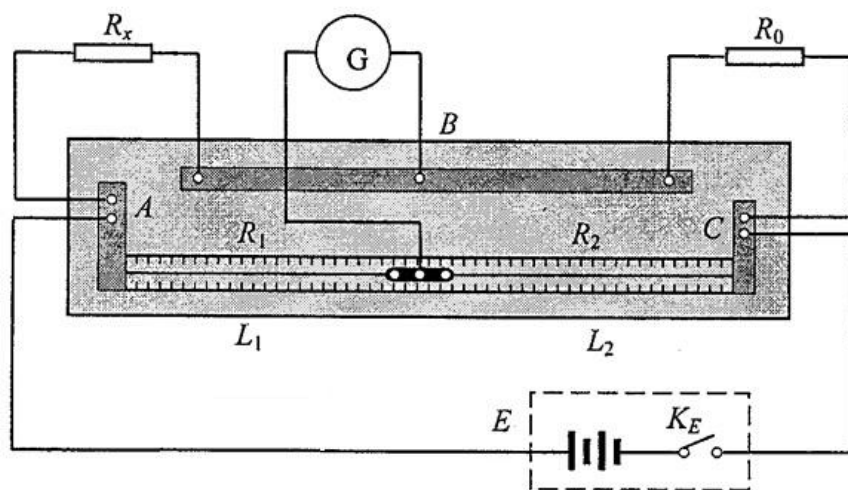


图 1-2 滑线式惠斯通电桥

当滑动滑键，使检流计通过的电流为 0，即电桥处于平衡状态时，待测电阻

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

设电阻丝的电阻率为  $\rho$ ，横截面积为  $S$ ，则

$$R_1 = \rho \frac{L_1}{S} \quad R_2 = \rho \frac{L_2}{S}$$

因此，
$$R_{X1} = \frac{L_1}{L_2} R_0 \quad (3)$$

$L_1$  的长度可以从电阻丝下面所附的米尺上读出， $L_2 = L - L_1$ ， $R_0$  可以从电阻箱上读出，根据(3)式即可求出待测电阻  $R_{X1}$ 。

为了消除由于电阻丝不均匀所产生的误差，在上述测量之后，我们把  $R_X$  和  $R_0$  的位置对调，重新使电桥处于平衡状态，测得电阻丝  $AD$  的长度为  $L_1'$ ， $DC$  的长度为  $L_2' = L - L_1'$  由电桥的平衡条件得

$$R_{X2} = \frac{L_2'}{L_1'} R_0 \quad (4)$$

我们取两次测量的平均值，作为待测电阻的阻值。

最后讨论滑键在什么位置时，测量结果的相对误差最小。

由 
$$R_X = \frac{L_1}{L_2} R_0 = \frac{L_1}{L - L_1} R_0$$

得 
$$\Delta R_X = \frac{(L - L_1)\Delta L_1 + L_1\Delta L_1}{(L - L_1)^2} R_0 = \frac{L\Delta L_1}{(L - L_1)^2} R_0$$

所以， $R_X$  的相对误差

$$E = \frac{|\Delta R_X|}{R_X} = \frac{L|\Delta L_1|}{(L - L_1)L_1}$$

由  $\frac{dE}{dL_1} = 0$  知，当  $L_1 = \frac{L}{2}$  时， $E$  有极小值。因此，我们应当这样选择  $R_0$ ：当滑键  $D$

在电阻丝中央时，使电桥达到平衡状态。

## 5. 实验步骤

1) 按图 1-2 先摆好仪器，再接好线路。选择待测电阻  $R_X=510\Omega$ ，可知  $R_X$  的阻值在  $510\Omega$  左右(若不知  $R_X$  的大概数值，可用万用表的  $\Omega$  档进行粗测)。将电阻箱  $R_0$  的阻值调至与  $R_X$  相当，稳压电源  $E$  调节到  $1V$  左右；滑键  $D$  滑到  $AC$  中央。经教师检查后，打开稳压电源开关  $K_E$ 。

2) 用左手按下滑键  $D$  上的铜片（注意只能按滑键的一端），眼睛密切注视检流计  $G$ ，如果指针迅速偏转，说明通过  $G$  的电流很大，应迅速松开手指，使铜片弹起，以免烧坏检流计。这是由于  $R_0$  的阻值和  $R_X$  的阻值相差太大，电桥很不平衡造成的。应检查  $R_0$  的阻

