

# 南昌大学

## 物理实验报告



课程名称： 大学物理实验

实验名称： 惠斯通电桥

学院： 先进制造学院 专业班级： 智造 221 班

学生姓名： 朱紫华 学号： 5908122030

实验地点： 基础实验大楼 B105 实验时间： 2023 年 4 月 8 日

# 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( $1 \sim 10^6 \Omega$ )。惠斯通电桥的原理如图 1-1 所示。

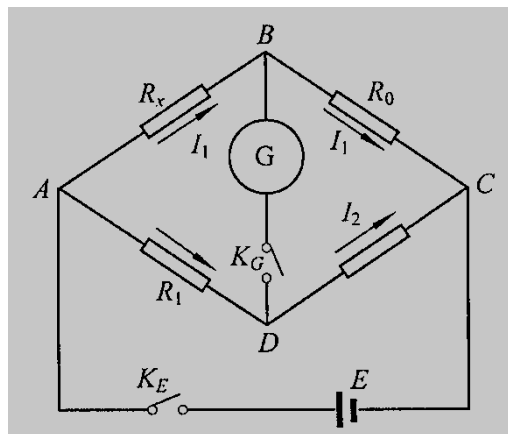


图 1-1 惠斯通电桥原理图

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。

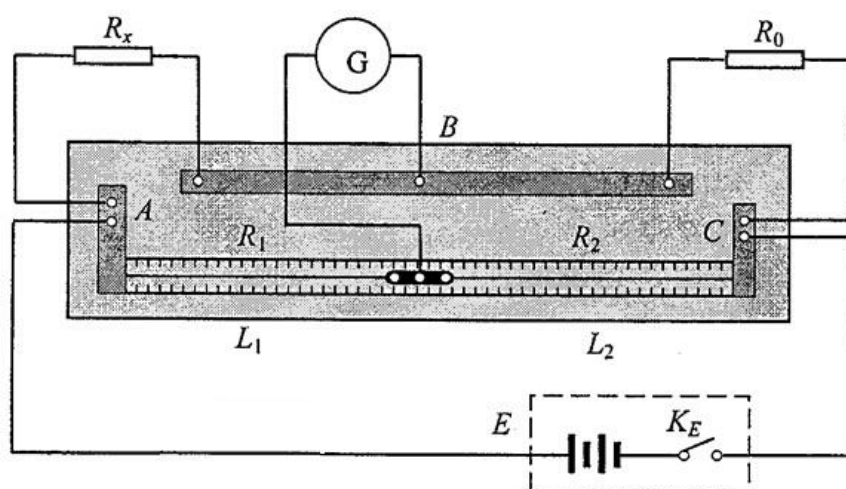


图 1-2 滑线式惠斯通电桥

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。

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

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

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. 实验内容:

利用惠斯通电桥测量 6 个电阻阻值:

510  $\Omega$ 、820  $\Omega$ 、3 k $\Omega$ 、10 k $\Omega$ 、51 k $\Omega$ 、100 k $\Omega$

## 6. 实验步骤

1. 按图先摆好仪器, 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  $R_0$  的阻值, 如有错置, 立即改正。当左手按下铜片时, 如果指针较慢慢地偏转, 可用右手调节  $R_0$ , 使  $G$  的指针向“0”移动, 直到指针最接近“0”为止。调节的方法是由电阻箱的高阻档到低阻档, ( $\times 100$  档、 $\times 10$  档和  $\times 1$  档)逐个仔细调节。

3. 缓慢增加稳压电源  $E$  到 3V 左右, 提高加在  $AC$  两端的电压, 以增大电桥的灵敏度, 这时检流计的指针又会偏离“0”, 仔细调  $R_0$  的低阻档, 使指针重新接近“0”, 这时电桥基本处于平衡状态。

4. 稍微移动滑键  $D$ , 当按下铜片时, 检流计指针准确指“0”, 这时电桥就处于平衡状态。读记  $R_0$  和  $L_1$ 。

5. 把  $R_0$  和  $R_x$  的位置对调, 重复上述步骤, 读记  $R_0'$  和  $L_1'$ 。

6. 根据(3)式和(4)式, 分别计算出待测电阻  $R_{x1}$  和  $R_{x2}$ , 并求出它们的平均值  $R_x$ 。

- 7.选择其它待测电阻，重复上述步骤。
- 8.用标准电阻箱作为被测电阻，验证电阻箱的准确度。

7.实验心得：

通过这次实验，我理解了惠斯通电桥测电阻的原理以及四色环电阻的识别方法，在实验过程中我发现无论是调换前还是调换后，测得  $R_x$  的实验值与标称值误差都很大，但当将两次测量结果求几何平均值后，所得的实验值与标称值很接近，说明交换测量法可以减少误差。同时随  $R_x$  增大，需要将检流计的量程调小，以便更好地观察电流变化，减小误差。

8.数据处理：

$R_x$ 标称 值 ( $k\Omega$ )	$L_1$ (cm)	$L_2$ (cm)	$R_0$ ( $k\Omega$ )	$L_1'$ (cm)	$L_2'$ (cm)	$R_0'$ ( $k\Omega$ )	$R_x$ 实验值 ( $k\Omega$ )		
							$R_{x1}$	$R_{x2}$	$R_x = (R_{x1} + R_{x2}) / 2$
0.51( $k\Omega$ )									
0.82( $k\Omega$ )									
3.00( $k\Omega$ )									
10.00( $k\Omega$ )									
51.00( $k\Omega$ )									
100.00( $k\Omega$ )									

9. 误差分析：

10.附上原始数据：