



南昌大学

2022 ~ 2023 学年春季学期《大学物理实验》报告

得 分	评阅人

题 目： 实验三 惠斯通电桥

学 院： 先进制造学院

专业班级： 智能制造工程 221 班

学生姓名： 朱紫华

学 号： 5908122030

指导老师： 全祖赐老师

二〇二三年六月制

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。

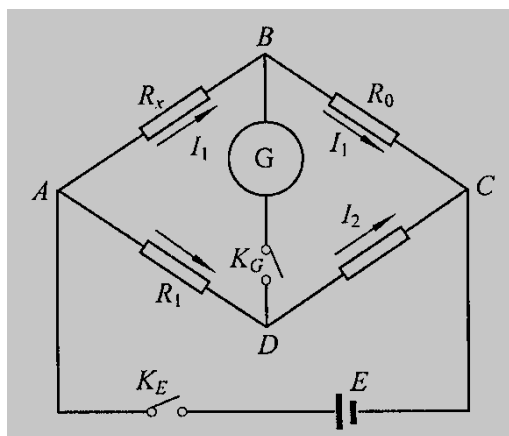


图 1-1 惠斯通电桥原理图

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。

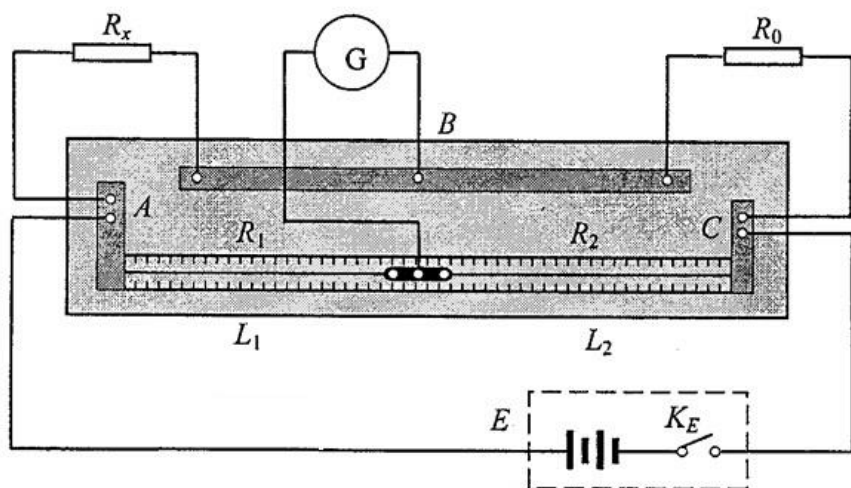


图 1-2 滑线式惠斯通电桥

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 ρ ，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
$$R_x = \frac{L_1}{L_2} R_0 = \frac{L_1}{L - L_1} R_0$$

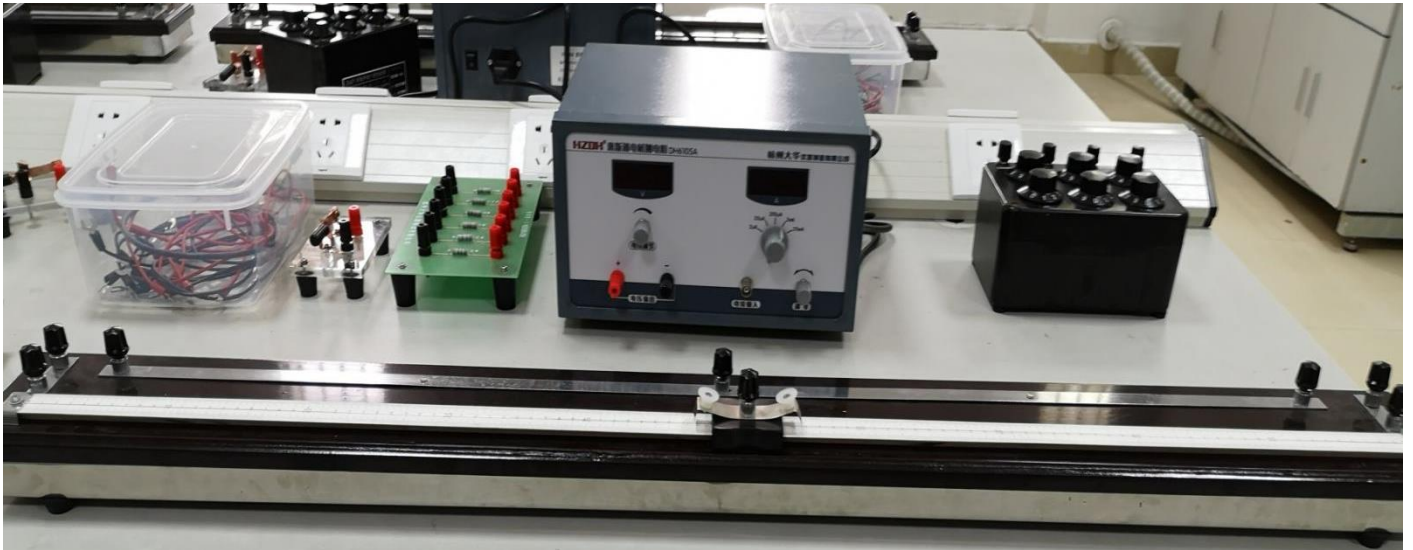
$$\text{得 } \Delta R_x = \frac{(L-L_1)\Delta L_1 + L_1\Delta L_1}{(L-L_1)^2} R_0 = \frac{L\Delta L_1}{(L-L_1)^2} R_0$$

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

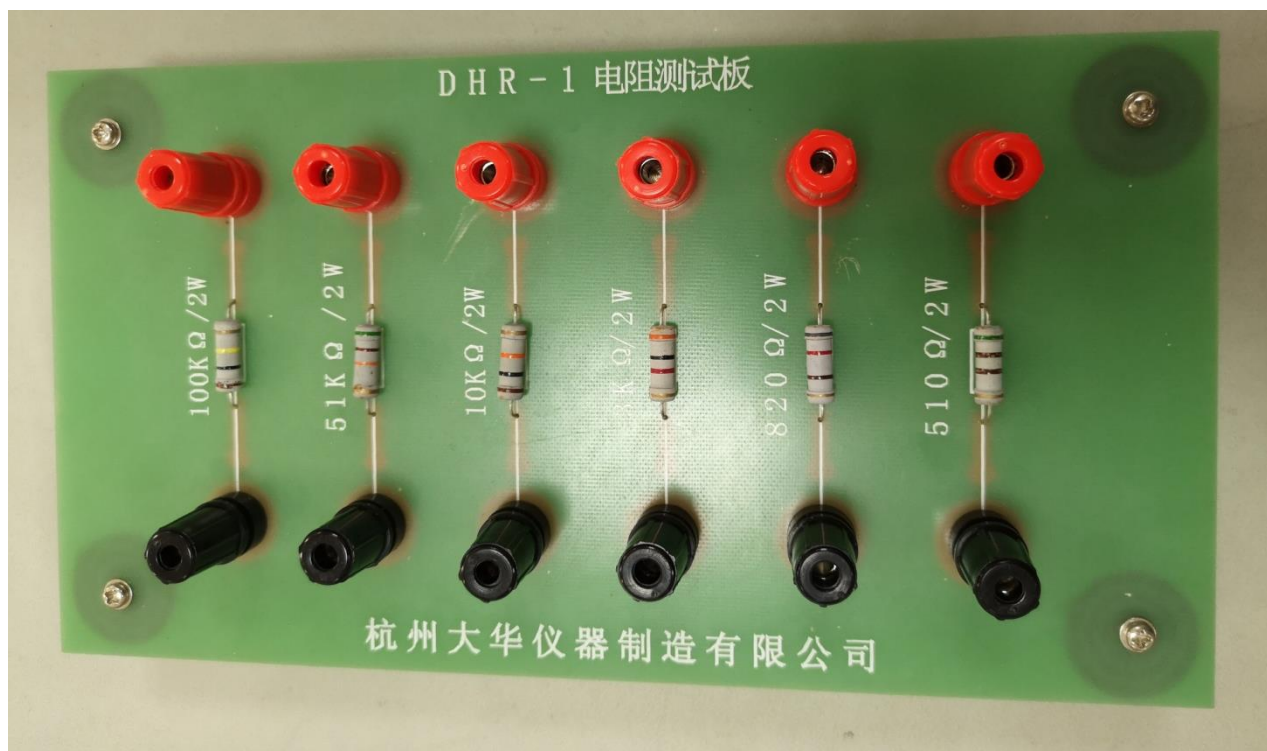
达到平衡状态。



5. 实验内容:

6. 利用惠斯通电桥测量 6 个电阻阻值:

510 Ω 、820 Ω 、3 k Ω 、10 k Ω 、51 k Ω 、100 k Ω



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 Ω 左右(若不知 R_X 的大概数值，可用万用表的 Ω 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($k\Omega$)	63(cm)	37(cm)	0.3($k\Omega$)	27.5(cm)	72.5(cm)	0.2($k\Omega$)	0.51($k\Omega$)	0.53($k\Omega$)	0.52($k\Omega$)
0.82($k\Omega$)	44.5(cm)	55.5(cm)	1.0($k\Omega$)	37.7(cm)	62.3(cm)	0.5($k\Omega$)	0.80($k\Omega$)	0.83($k\Omega$)	0.815($k\Omega$)
3.00($k\Omega$)	37(cm)	63(cm)	5.0($k\Omega$)	24.5(cm)	75.5(cm)	1.0($k\Omega$)	2.94($k\Omega$)	3.08($k\Omega$)	3.01($k\Omega$)
10.00($k\Omega$)	33(cm)	67(cm)	20.0($k\Omega$)	37.3(cm)	62.7(cm)	6.0($k\Omega$)	9.85($k\Omega$)	10.09($k\Omega$)	9.97($k\Omega$)
51.00($k\Omega$)	55.5(cm)	44.5(cm)	40.0($k\Omega$)	60.5(cm)	39.5(cm)	80.0($k\Omega$)	49.89($k\Omega$)	52.23($k\Omega$)	51.06($k\Omega$)
100.00($k\Omega$)	66.8(cm)	33.2(cm)	50.0($k\Omega$)	43.7(cm)	56.3(cm)	80.0($k\Omega$)	100.60($k\Omega$)	103.07($k\Omega$)	101.84($k\Omega$)

9. 误差分析：

1. 零点偏移误差,当检流计零点发生偏移时，必然影响测量的准确度。
2. 电阻箱结构误差，提高电阻箱准确度等级，可以减小电阻箱结构误差。
3. 导线电阻可使测量值偏大或偏小，跟电路中电阻分布有关，属于系统误差.
4. 待测电阻两端接触电阻均可造成测量结果偏大。

10.附上原始数据:



南昌大学实验报告

学生姓名: _____ 学号: _____ 专业班级: _____

实验类型: ☐验证 ☐综合 ☐设计 ☐创新 实验日期: _____ 实验成绩: _____

R _e 标称值 (kN)	L ₁ (cm)	L ₂ (cm)	R ₀ (kN)	L ₁ ' (cm)	L ₂ ' (cm)	R ₀ ' (kN)	R _v 实验值(kN)		
							R _{x1}	R _{x2}	$R_x = \frac{R_{x1} + R_{x2}}{2}$
0.51	63	37	0.3	27.5	72.5	0.2	0.51	0.53	0.52
0.82	44.5	55.5	1.0	37.7	62.3	0.5	0.80	0.83	0.815
3.00	37	63	5.0	24.5	75.5	1.0	2.94	3.08	3.01
10.00	33	67	20.0	37.3	62.7	6.0	9.85	10.09	9.97
51.00	55.5	44.5	40.0	60.5	39.5	80.0	49.89	52.23	51.06
100.00	66.8	33.2	50.0	43.7	56.3	80.0	100.60	103.07	101.84

全祖赐

2023-4-8

朱紫华 5908122030

吴锦瑞 5908122011

彭锋 5908122015

刘小英 5908122029