

# 南昌大学物理实验报告

课程名称：普通物理实验（1）

实验名称：惠斯通电桥

学院：理学院 专业班级：物理学 151 班

学生姓名：黄泽豪 学号：5502115014

实验地点：B210 座位号：14

实验时间：第十一周星期四上午十点开始

### 【实验目的】

1. 掌握电桥测电阻的原理和方法.
2. 了解减小测电阻误差的一般方法.

### 【实验原理】

1. 用伏安法测电阻时,除了因使用的电流表和电压表准确度不高带来的误差外,还存在线路本身的不可避免的误差,在伏安法线路上经过改进的电桥线路克服了这些缺点.它不用电流表和电压表(因而与电表的准确度无关),而是将待测电阻的标准电阻相比较,以确定待测电阻是标准电阻的多少倍.这种用比较法来精确测量电阻的方法,与早在 1833 年就有人提出基本的电路网络.但一直未引起注意,直到 1843 年惠斯通才加以应用,为纪念他,就称之为惠斯通电桥.

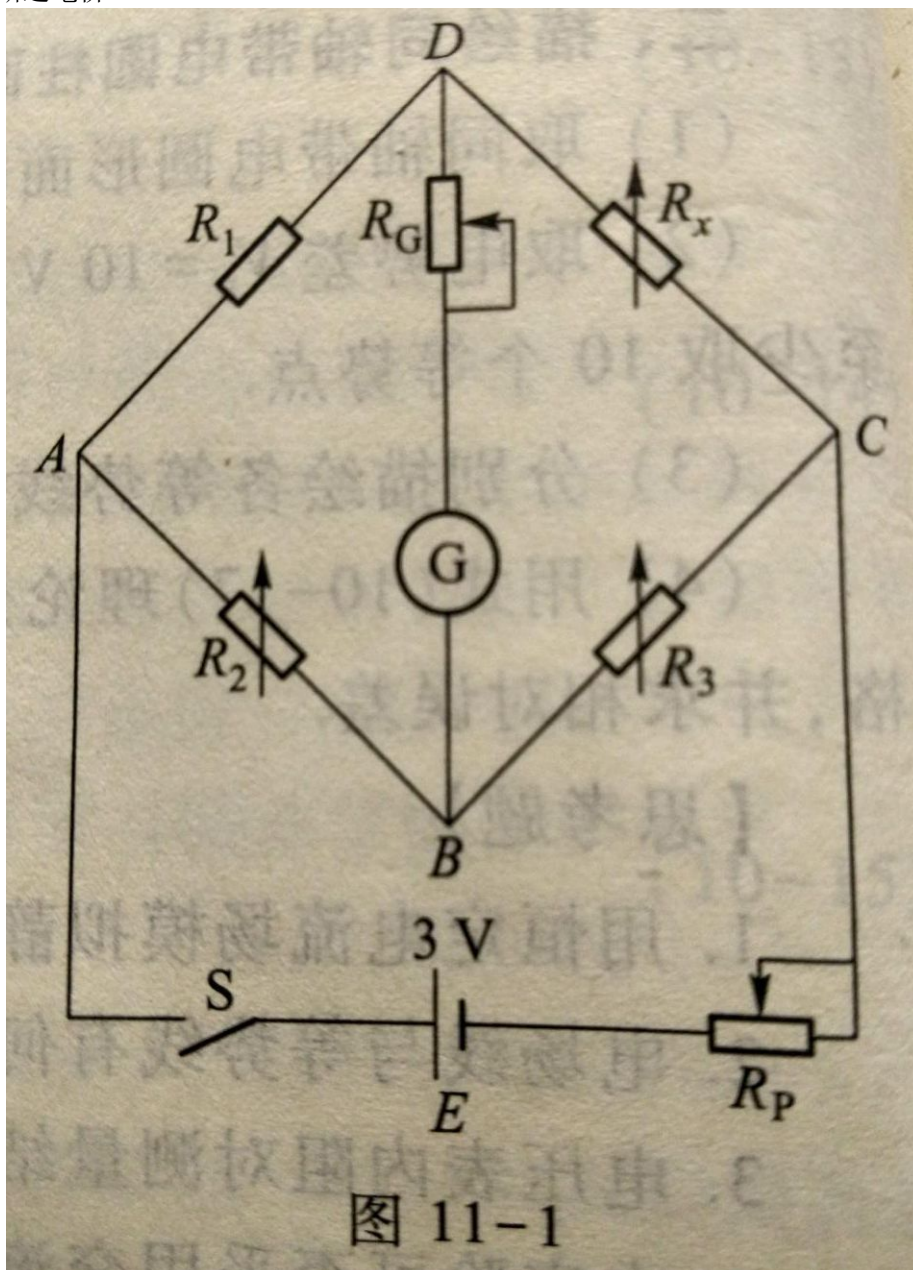


图 11-1

惠斯通电桥的电路如图 11-1 所示,四个电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  和  $R_4$  连成一个四边形,每一条边称作电桥的一个臂,对角  $A$  和  $C$  上加上电源  $E$ ,对角  $B$  和  $D$  之间连接检流计  $G$ ,所谓桥就是指  $BD$  这条对角线,它的作用就是将桥的两个端点的电势直接进行比较.当  $B$ 、 $D$  两点电势相等时,检流计中无电流通过,电桥达到了平衡.这时有

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_x}{R_3}$$

即

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3 \quad (1)$$

若  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  均已知（或  $\frac{R_2}{R_1}$  和  $R_3$  为已知），则  $R_x$  可由上式求出。

电桥电路可以这样理解，电源  $E$ 、 $R_1$ 、 $R_x$  是一个分压电路， $R_x$  上的电压为  $\frac{R_x}{R_1 + R_x} \cdot E$ ，

又  $E$  和  $R_2$ 、 $R_3$  也是一个分压电路。 $R_3$  上的电压等于  $\frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot E$ 。现在用检流计来比较  $R_x$

和  $R_3$  的电压，根据电流方向，可以发现哪一个电压大些。当检流计指零时，说明两电压相等，也就得出式（1）。

## 2. 电压灵敏度

式（1）是在电桥平衡的条件下推导出来的，而电桥是否平衡，实验中是以检流计示数为零来判断的，检流计的灵敏度总是有限的，假设电桥在  $\frac{R_2}{R_1} = 1$  时调到了平衡，则有

$R_x = R_3$ ，若把  $R_3$  稍微变化一点  $\Delta R_3$ ，电桥就应失去平衡，就有电流  $I_g$  流过检流计，如果  $I_g$  小到不能被检流计觉察出来，那么我们会认为电桥还是平衡的，因而得出  $R_x = R_3 + \Delta R_3$ ，这就是由于检流计灵敏度不够而带来的测量误差，对此我们引入电桥灵敏度  $S$  的概念，它定义为

$$S = \frac{\Delta n}{\frac{\Delta R_x}{R_x}} \quad (2)$$

式中  $\Delta R_x$  是电桥平衡后  $R_x$  的微小变量（实际上  $R_x$  是不能变的，改变的是标准电阻），而  $\Delta n$  是电桥偏离平衡而引起的检流计变化量，它越大说明就越灵敏，带来的误差就越小。

### （1）电桥平衡的调节方法

从上式（1）可以看出，调节电桥平衡与两种方法：一种是固定  $R_3$  值，改变比值电阻  $R_1$  和  $R_2$  的比例，使电桥平衡。这种情况可能使  $R_1$  和  $R_2$  的值相差甚远，因而对电阻的精度要求特别高，比值的相对误差较大，另一种方法是固定  $R_2 / R_1$  为某一比值，调节  $R_3$ ，使电桥平衡。在实际测量中，常采用后一种方法来调节电桥平衡。

## 【实验仪器】

箱式惠斯通电桥、待测电阻。

## 【实验内容及步骤】

- （1）将箱式电桥打开平放，调节检流计指零。
- （2）根据待测电阻的大小和  $R_3$  值取满四位有效数字的原则，确定比例臂的取值，例如， $R_x$  为数千欧的电阻，为保证四位有效数字， $K_r$  取为 0.1。
- （3）调节  $R_3$  的值与  $R_x$  的估计值相同，按下  $B_0$  和  $G_1$  按钮，用逐步逼近法粗测电桥平衡，再按下  $B_0$  和  $G_0$  细调电桥平衡，根据式（1）可得

$$R_x = K_r R_3$$

- （4）用上述方法测量另一待测电阻  $R_{x2}$ ，以及  $R_{x1}$  与  $R_{x2}$  串、并联值，一并记入自拟表。

(5) 测量完毕后, 先松开  $G_0(G_1)$ , 然后松开  $B_0$  使仪器恢复到实验前状态.

### 【注意事项】

1. 箱式电桥应轻拿轻放, 旋动表弹簧旋钮时应轻轻操作, 切忌过猛, 否则容易损坏检流计.
2. 严禁在没有确定好比例臂和  $R_3$  值较小或为零的情况下按下  $B_0G_1(G_0)$  开关.

### 【数据处理】(单位均为 $\Omega$ )

	51 $\Omega$			200 $\Omega$			3k $\Omega$			75k $\Omega$		
$R_1$	10000			10000			1000			1000		
$R_2$	100			1000			1000			10000		
$R_3$	200mA	20mA	2mA	200mA	20mA	2mA	200mA	20mA	2mA	200mA	20mA	2mA
$R_x$	5215.0	5217.0	5217.6	2025.0	2025.3	2026.5	2956.0	2956.4	2956.8	7378.8	7383.0	7383.5
	52.150	52.170	52.176	202.50	202.53	202.65	2956.0	2956.4	2956.8	73788	73830	73835
$\Delta R_x$	0.014			0.08			0.4			26		
$\overline{R_x} \pm \Delta R_x$	$52.165 \pm 0.014$			$202.56 \pm 0.08$			$2956.4 \pm 0.4$			$73817 \pm 26$		
$U = \frac{\Delta R_x}{\overline{R_x}}$	0.00026097			0.00039185			0.00013530			0.00034969		

### 【思考题】

简述箱式电桥测电阻的调节步骤?

答:

- (1) 调零;
- (2) 调节  $R_1$ 、 $R_2$  使  $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_x \text{的数量级}}{R_3 \text{的数量级}}$  ( $R_3$  的千位不为零);
- (3) 调节  $R_3$ , 使电桥平衡;
- (4) 记录数据;

### 【实验结果分析与小结】


1. 用惠斯通电桥法测电阻不同于用伏安法测量电阻, 伏安法是粗测电阻, 惠斯通电桥法是精测电阻, 所以在用惠斯通电桥之前必须已知待测电阻的大致阻值范围, 若不知道大致阻值范围, 则无法精密测量.
2. 使  $R_3$  得千位不为零可使实验结果保留 5 位有效数字, 实验结果更加精确.
3. 若实验时出现断路情况, 可能是三种原因造成的:
  - (1) 导线断路;
  - (2) 电阻虚接;
  - (3) 仪器故障;
4. 这个实验虽然过程简单, 但是想要操作的迅速其实并不容易, 需要我们熟练掌握实验

原理才能做到游刃有余，在遇到突发情况的时候，及时找到问题的关键所在。

### 5. 误差分析：

- (1) 由于仪器非常精密，仪器的老化很可能造成实验结果的误差；
- (2) 在改变测量精度时，会改变电路，不同的电路测出来的数据，误差也不同；

【原始数据】（见下页）



## 南昌大学实验报告

学生姓名: 黄泽豪      学号: 5502115014      专业班级: 物理151班

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

	51Ω	200Ω	3kΩ	75kΩ
$R_1$	10000	10000	1000	1000
$R_2$	10000 100	1000	1000	10000
$R_3$	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <span>200mV</span><span>20mV</span><span>2mV</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>5215.0</span><span>5217.0</span><span>5217.6</span> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <span>200mV</span><span>20mV</span><span>2mV</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>2025.0</span><span>2025.3</span><span>2026.5</span> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <span>200mV</span><span>20mV</span><span>2mV</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>2956.0</span><span>2956.4</span><span>2956.8</span> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <span>200mV</span><span>20mV</span><span>2mV</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>7378.8</span><span>7383.0</span><span>7383.5</span> </div>
$R_x$				
$\Delta R_x$				
$\bar{R}_x \pm \Delta R_x$				
$U = \frac{\Delta R_x}{R_x}$				

$$\Delta R_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{xi} - \bar{R}_x)^2}{n-1}}$$

