

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： 理学院 专业班级： 应用物理学 152 班

学生姓名： 马文青 学号： 5502215035

实验地点： 基础实验大楼 B210 座位号： 24

实验时间： 第十二周星期四上午十点开始

一、实验目的：

- 1、掌握电桥测电阻的原理和方法。
- 2、了解减小电阻测量误差的一般方法。

二、实验原理：

1、惠斯通电桥的线路如图所示，四个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_x 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，电桥达到平衡。这时有

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

即

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

若 R_1 、 R_2 、 R_3 均已知（或 $\frac{R_1}{R_2}$ 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 $\frac{R_3}{R_3 + R_2} \cdot E$ ，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 $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$ 。

2、电压灵敏度

$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$ 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 $\frac{R_1}{R_2} = 1$ 时调到了平衡，则有 $R_x = R_3$ ，若把 R_3 稍微变化一点 ΔR_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

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

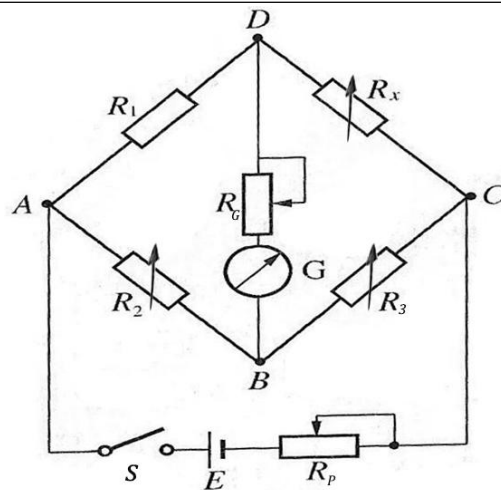
式中 ΔR_x 是电桥平衡后 R_x 的微小变量（实际上 R_x 是不能变的，改变的是标准电阻），而 Δn 是电桥偏离平衡而引起的检流计变化量，它越大说明就越灵敏，带来的误差就越小。

（1）电桥平衡的调节方法

从 $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$ 可以看出，调节电桥平衡有两种方法：一种是固定 R_3 的值，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_1/R_2 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。

（2）线式电桥中减小误差的一种方法

线式电桥使用日久后，导线磨损致使电阻分布不均匀，结果会带进系统误差。为消除误差，可采用交换测量法：使 R_1 、 R_2 的位置不变，将 R_x 和 R_3 对调，各测量一次。设第二次测量电桥平衡时 R_3 的值为 R_3' ，则有



$$R_x = \sqrt{R_3 R_3'}$$

因为 $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$ 中不包含长度，由此还可避免长度读数带来的误差。

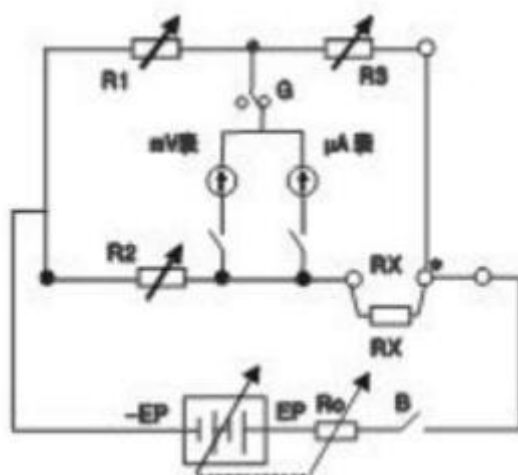
三、实验仪器及描述：

箱式惠斯通电桥、待测电阻。

箱式惠斯通电桥单臂电桥使用方法（两端电阻测量法）

测量 100Ω 以上中值电阻时，应采用单臂电桥工作方式。

下图为 DHQJ-5 单臂电桥工作方式时的简化图。



测量操作步骤：

- (1) 标准电阻 R_N 选择开关选择“单桥”挡；
- (2) 工作方式开关选择“单桥”挡；
- (3) 电源开关按有效量程选择工作电源电压；
- (4) G 开关选择“G 内接”；
- (5) 根据 R_x 的估计值选择量程倍率，设置好 R_1 、 R_2 值和 R_3 值，将未知电阻 R_x 接入 R_x 接线端子（注意 R_x 端子于上方短接片应接好）；
- (6) 打开仪器市电开关、面板指示灯亮；
- (7) 建议选择毫伏表作为仪器检流计，释放“接入”键，量程置“2mV”挡，调节“调零”电位器，将数显表调零。调零后将量程转入 200mV 量程，按下“接入”按键，也可以选择微安表作检流计；
- (8) 调节 R_3 各盘电阻，粗平衡后，可以选择 20mV 或 2mV 挡，细调 R_3 ，使电桥平衡；
- (9) 按下式计算被测电阻值：

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

四、实验内容和步骤：

- 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。
- 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，用逐步逼近法粗调电桥平衡，再按下 B_0 和 G_0 细调电桥平衡，可得

$$R_x = K R_3$$

- 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的状态。

五、实验数据与处理：

(单位: Ω)	51 Ω		200 Ω		3k Ω		75k Ω	
R_1	1000		1000		1000		1000	
R_2	10		100		1000		10000	
R_3	200mV	20mV	200mV	20mV	200mV	20mV	200mV	20mV
	5013.0	5010.5	1996.5	1996.8	2981.2	2981.4	7471.7	7472.8
R_x	50.130	≈ 50.11	199.65	199.68	2981.2	2981.4	74717	74728
ΔR_x	0.014		0.021		0.14		7.78	
$R_x \pm \Delta R_x$	50.12 \pm 0.014		199.665 \pm 0.021		2981.3 \pm 0.14		74722.5 \pm 7.78	
$U = \frac{\Delta R_x}{R_x}$	2.82×10^{-4}		1.06×10^{-4}		0.47×10^{-4}		1.04×10^{-4}	

六、误差分析：

电阻箱有时并不能调到恰好零的位置，读数可能会有误差。
如果接入方式不对，可能会影响电阻值，导致误差。

七、思考题：

八、附上原始数据：

Mo Tu We Th Fr Sa Su

马文青 应物152 5502215035 座号 24

Memo No. _____

Date / /

	51 Ω	200 Ω	3k Ω	75 k Ω
R_1	1000	1000	1000	1000
R_2	10	100	1000	10000
R_3	200mV 20mV 2mV 5013.0 5018.5	200mV 20mV 2mV 1996.5 1996.8	200mV 20mV 2mV 2981.2 2981.4	200mV 20mV 2mV 7471.7 7472.8
R_x				
ΔR_x				
$R_x \pm \Delta R_x$				
$u = \frac{\Delta R_x}{R_x}$				

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

电阻
↑
T022