

# 电磁学实验报告

姓名：蒋薇 学院及专业：计算机学院（工科试验班） 学号：2110957 组别：C 组  
座号：12 实验日期：2022.05.10 星期二 早上

## 实验题目：直流单臂电桥

### 一：实验原理

1：直流单臂电桥的适用范围：中值电阻  $10 \sim 10^5$

2：推导测量公式：

衡。在电桥平衡时有

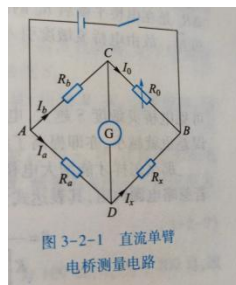
$$R_x I_x = R_0 I_0$$
$$R_x I_x = R_0 I_0$$

且  $I_x = I_x, I_0 = I_0$

则上式整理可得

$$R_x = \frac{R_0}{R_b} R_a$$

3：画出实验电路图



4：比例臂如何适当选取

比例臂选取应使电阻箱调节的有效位数尽可能多，对电桥调节越精细，测量误差越小  
如本实验电阻箱  $0 \sim 99999.9 \Omega$ ，待测约为  $1200 \Omega$ ，比例臂选取 1；  
待测电阻约为  $50 \Omega$ ，比例臂选取 0.01；

(1) 倍率  $C$  的选取与测量精度  
电桥由非平衡态达到平衡态的过程中，需要调节比较臂电阻  $R_0$ 。显然  $R_0$  调节位数越多，对电桥的平衡调节得越精细，由此给测量带来的误差就越小。为此在测量时要恰当地选取倍率  $C$ ，以使  $R_0$  调节的有效位数尽量多。例如本实验中  $R_0$  是一只四钮电阻箱，调节范围为  $1 \sim 9999 \Omega$ ，最小调节量为  $1 \Omega$ ；待测电阻  $R_x$  为  $1200 \Omega$  左右，由  $R_x = CR_0$  可知，只有选取  $C=1$  时， $R_0$  的四个旋钮才都用得上，使电桥的

## 5: 电桥灵敏度的概念及与哪些因素有关

电桥灵敏度指对于电桥检流计, 单位测量值的变化产生的指针偏转大小。灵敏度是电桥测量技术的一个重要指标, 电桥的灵敏度可以用电桥测量臂的单位相对变化量引出输出端电压或电流的变化来表示。

### (2) 电桥灵敏度与测量精度

电桥的平衡在实验上是通过电流计的示数来判断的。当通过电流计的电流小于其分辨率  $\delta$  时, 我们不能判断电桥是否偏离平衡, 仍认为电桥处于平衡态, 从而给测量带来误差。对此, 我们引入电桥灵敏度的概念, 定义为

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta R_x / R_x} \quad \text{或} \quad S = \frac{\Delta I}{\Delta R_0 / R_0} \quad (3-2-3)$$

与电源电压  $E$ 、电流常量  $K$ 、内阻  $R_g$ 、桥臂电阻 ( $R_a + R_b + R_0 + R_x$ ) 有关

那么怎样才能增大电桥灵敏度呢? 电桥灵敏度  $S$  也可由基尔霍夫定律推出。若忽略电源内阻, 其表达式为

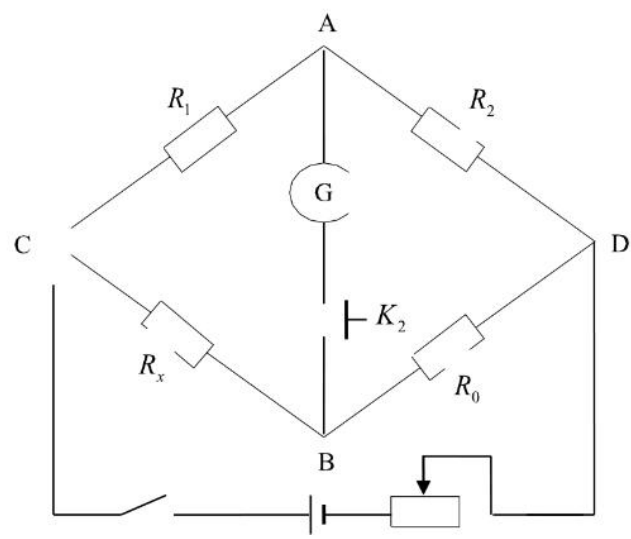
$$S = \frac{E}{K \left[ (R_a + R_b + R_0 + R_x) + \left( 2 + \frac{R_b}{R_0} + \frac{R_x}{R_a} \right) R_g \right]} \quad (3-2-5)$$

式中  $K, R_g$  分别为电流计的电流常量和内阻。由此式可见, 适当提高电源电压  $E$ 、选择电流常量  $K$  和内阻  $R_g$  适当小的灵敏电流计、适当减小桥臂电阻 ( $R_a + R_b + R_0 + R_x$ )、尽量把桥臂配置成均压状态 (即四臂电压相等), 使上式中的  $\left( 2 + \frac{R_b}{R_0} + \frac{R_x}{R_a} \right)$  值最小, 这些对提高电桥灵敏度均有作用, 但需根据具体情况灵活运用。这是因为有时倍率  $C$  的选择使电桥平衡的调节精细度最佳时, 却不能使桥的灵敏度  $S$  最大, 如发生这种矛盾应兼顾考虑。

## 1、电路原理

直流单臂电桥的电路如图 1 所示, 被测电阻  $R_x$  和标准电阻  $R_0, R_1, R_2$  构成电桥的四个臂。在  $CD$  端加上直流电压,  $AB$  间串接检流计  $G$ , 用来检测其间

有无电流（即 A、B 两点有无电势差）。“桥”指 AB 这段线路，它的作用是将 A、B 两点的电势直接进行比较，以确定电桥的平衡状态。



当电源接通后，电路中将有电流通过，并分别在各桥臂的电阻上产生电压降。在一般情况下，A、B 两点间将有电位差，因而，有电流  $I_g$  通过检流计，使检流计指针偏转。适当调节  $R_1$ 、 $R_2$  或  $R_0$  的电阻值，可以使 A、B 两点的电位相等，检流计中无电流通过，即  $I_g=0$ ，称电桥达到了平衡。这时，电桥四个臂上电阻的关系为：

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2}, \text{ 或 } R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_0 = kR_0 \tag{1}$$

上式称为电桥平衡条件。其中， $k = \frac{R_1}{R_2}$  称为比率臂倍率， $R_0$  称为比较臂， $R_x$  称

为测量臂。若  $R_0$  的阻值和倍率  $k$  已知，即可由上式求出  $R_x$ 。

## 二：数据处理

1: 测量未知电阻 R1 及灵敏度

根据情况， 选取  $R_a = 100\Omega$ ，  $R_b = 100\Omega$ ， 比例臂的倍率  $C = 1$

电桥状态	R0(Ω)	R1(Ω)	Δ R0(Ω)	ΔI(nA)	S
换臂前	1181.8	1181.8	0.9	15.6	20441.2
换臂后	1183.5	1183.5	0.5	10.3	24250.3

具体计算过程如下：

换臂前，  $S = \Delta I / (\Delta R_0 / R_0) = 15.6 / (0.9 / 1181.8) = 20441.2$

换臂后，  $S = \Delta I / (\Delta R_0 / R_0) = 10.3 / (0.5 / 1183.5) = 24250.3$

$P_x = \sqrt{(0.1\%)^2 + (0.1\%)^2 + (1/20441.2)^2} = 0.0014$

$\Delta R_x = 1181.8 * 0.0022 = 1.7 \Omega$

换臂前  $R_1 = (1181.8 \pm 1.7) \Omega$

$P_x = 0.003$

$R = \sqrt{R_1 * R_2} \approx (R_1 + R_2) / 2 = 1182.6 \Omega$

$\Delta R_x = 1182.6 * 0.003 = 3.5 \Omega$

利用换臂前后两次的数据计算  $R_1 = (1182.6 \pm 3.5) \Omega$

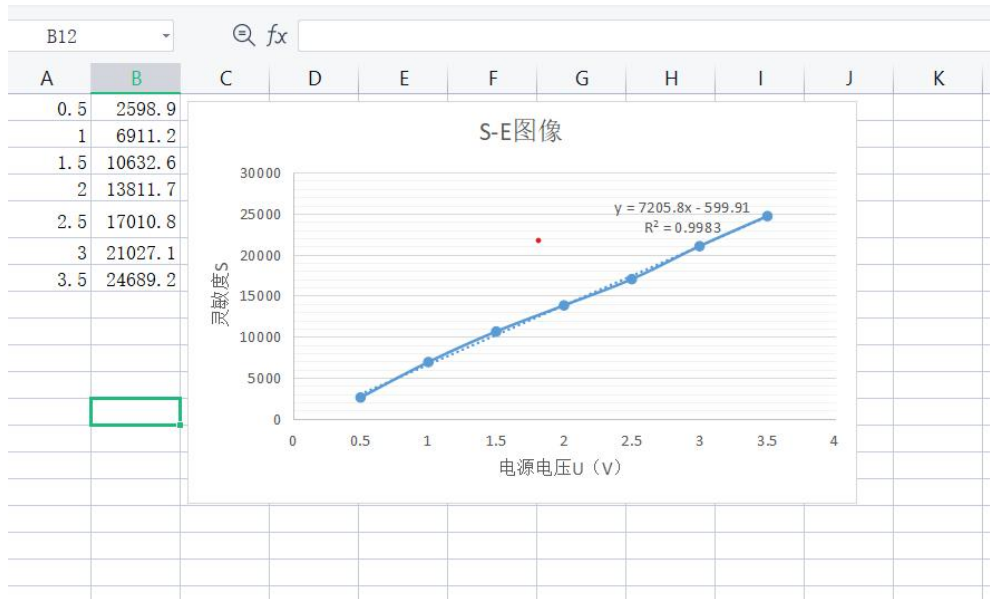
注意：  $\rho_c = 0.1\%$ ,  $\rho_0 = 0.1\%$ , 换臂前  $\rho_x = \sqrt{(\rho_c^2 + \rho_0^2 + (0.1/S)^2)}$ ,

换臂后  $\rho_x = \sqrt{\rho_0^2 + (0.1/S)^2}$

2：观察电桥灵敏度与电源电压关系

$R_a = 100 \Omega$ ，  $R_b = 100 \Omega$ ，  $R_x = 1200 \Omega$ ， 改变电源电压  $E$ ， 测量不同电压下的电桥灵敏度， 做出  $S$ - $E$  关系图。

电 源 电 压 $E(V)$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
$R_0(\Omega)$	1181.2	1181.3	1181.3	1181.3	1181.4	1181.4	1181.4
$\Delta R_0(\Omega)$	10	5	5	3	2	2	1
$\Delta I(nA)$	22.0	29.3	45.0	35.1	28.8	35.6	20.9
$S$	2598.9	6911.2	10632.6	13811.7	17010.8	21027.1	24689.2



### 3: 测量未知电阻 R2 及灵敏度

根据情况， 选取  $R_a = 10 \Omega$ ，  $R_b = 1000 \Omega$ ， 比例臂的倍率  $C = 0.01$

电桥状态	$R_0(\Omega)$	$R_1(\Omega)$	$\Delta R_0(\Omega)$	$\Delta I(nA)$	S
数据记录	4970.0	49.7	3.5	16.2	23010.7

具体计算过程如下（包括灵敏度）：

$$S = 16.2 / (3.5 / 4970.0) = 23010.7;$$

$$P_x = 0.003$$

$$\Delta R_x = P_x R = 1.3 \Omega$$

利用数据计算  $R_2 = (49.7 \pm 1.3) \Omega$

$$\rho_c = 0.2\%, \rho_0 = 0.1\%,$$

## 四：实验分析讨论及思考题

思考题：

1: 能用一只  $1000 \Omega$  的标准电阻并联测量  
确

$R_{并} = (10^6 * 10^3) / (10^6 + 10^3) = 999.0;$   
 $20 < 999.0 < 99999,$   
选取适当倍率在保证准确度范围内;  
后经  $R_{并} = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)$  计算电阻。

## 2: 理论计算

$R_g = 100$  微安,  $k = I/d$ ,  $S = E / (k * (R_a + R_b + R_0 + R_x) + (2 + R_b / R_0 + R_x / R_a) R_g)$  ;  
 $S_1 = 20441.2,$   
 $S_2 = 23010.7,$   
在误差允许范围内相等

3: 不要求  $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_0$  准确, 不要求电源稳定  
电桥测电阻采取平衡比较方法, 中间检测电流为 0, 电源电压变化不影响实验结果

## 考察题

1: 选用恰当倍率的目的:  
可以提高测量精度。可以通过比较臂  $R_0$  调节的有效位数多少来判断,  $R_0$  调节的有效位数越多  $C$  选取越恰当

## 2: 影响 $R_x$ 测量精确度的因素

$R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_0$  准确度, 电路中电源电压, 倍率  $C$ , 测量方法 (当选取倍率  $C=1$  时, 可采用换臂法消除倍率  $C$  的误差)

3: 电源电压不稳定是否影响测量精确度, 电源电压太低为什么影响精确度  
不影响测量的精确度, 电源电压太低使回路的电流减小, 降低灵敏度增大误差, 影响精确度

4: 桥臂回路有导线不通, 电流计示数大或小;  $C$ 、 $R_x$  预置不当, 电流计示数大或小  
若桥臂回路有导线不通, 电流计示数大;  
若  $C$  和  $R_0$  预置不当, 电流计示数大

# 五：分析总结

- 1: 在测量时应恰当选取倍率  $C$ , 使  $R_0$  调节的有效数位尽量多;
- 2: 避免在通电情况下调  $R_0$ , 避免损坏电流表或调节不精细;
- 3: 调节时有目的地从高位到低位顺次逼近;
- 4: 直流数显微镜使用前调零校准