

# 《大学基础物理实验》课程实验报告

姓名及学号：蒋丰毅 2211082 专业：工科试验班 年级：22 级 座号:10

学院：软件学院 实验组别:C 组 实验时间：2023 年 4 月 6 日 星期五 上午

## 直流单臂电桥

### [实验原理]

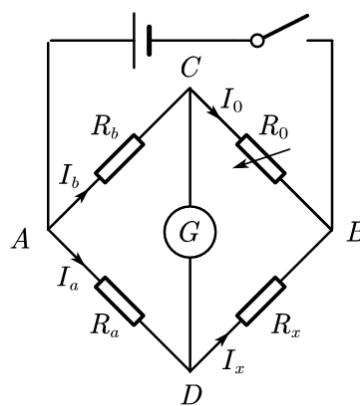


图 1: 实验原理图

直流单臂电桥的原理电路如图 1 所示。它是由四个电阻  $R_a, R_b, R_0, R_x$  联成一个四边形回路，适当调节  $R_0$  值，使得  $C, D$  两点之间无电流通过，这时有：

$$R_a I_a = R_b I_b$$

$$R_x I_x = R_0 I_0$$

并且有

$$I_a = I_x, \quad I_b = I_0$$

上式可整理得：

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

其中  $C = R_a/R_b$ ，则  $R_x = CR_0$

支流双臂电桥适用于测量中等阻值 ( $10 \sim 10^5 \Omega$ ), 对于比例臂倍率  $C$  的选取, 应选取倍率  $C$  使得  $R_0$  调节的有效位数更多, 即应使得  $R_X/C$  的大致值需要用电阻箱的每一个旋钮来表示。

电桥灵敏度  $S$  是指:

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta R_x / R_x} \quad \text{或} \quad S = \frac{\Delta I}{\Delta R_0 / R_0}$$

其中  $R_0$  是电桥平衡时的阻值,  $\Delta R_0$  是在电桥平衡后  $R_0$  的微小改变量,  $\Delta I$  是电桥偏离平衡而引起电流计的示数改变量。

电桥灵敏度可由基尔霍夫定律指出, 忽略电源内阻, 表达式为

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

其中  $K, R_g$  分别为电流计的电流常量和内阻。

### 换臂法

电桥的  $C$  值有误差, 可以通过交换  $R_a, R_b$  完全消除  $C$  的影响。

$$R_x = CR'_0$$

$$R_x = \frac{1}{C} R'_0$$

两式相乘得到

$$R_x = \sqrt{R'_0 R''_0} \approx \frac{1}{2} (R'_0 + R''_0)$$

### [数据处理]

#### 测量未知电阻及灵敏度

根据情况, 选择  $R_a = 100 \Omega, R_b = 100 \Omega$ , 比例臂的倍数  $C = 1$ 。

表 1: 实验一数据记录

电桥状态	$R_0$	$R_1$	$\Delta R_0$	$\Delta I$	$S_1$
换臂前	1183.2 $\Omega$	1183.2 $\Omega$	0.1 $\Omega$	1.3nA	0.0154A
换臂后	1183.1 $\Omega$	1183.1 $\Omega$	0.1 $\Omega$	1.5nA	0.0177A

利用换臂前的数据计算:

$$\rho_x = \sqrt{\rho_0^2 + \rho_c^2 + \left(\frac{\delta}{S}\right)^2}$$

其中  $\delta$  为电流计的分辨率, 计算得

$$\rho_x = \sqrt{0.001^2 + 0.001^2 + \left(\frac{10^{-7}}{0.0154}\right)^2} \approx 0.0014$$

$$\Delta R_x = \rho_x \cdot R'_x \approx 1.7\Omega$$

从而得到:

$$R_x = R'_x \pm \Delta R_x = (1183.2 \pm 1.7)\Omega$$

利用换臂前后的数据计算:

$$R_x \approx \frac{1}{2}(R'_0 + R''_0) = 1183.15\Omega$$

$$\rho_x = \sqrt{\rho_0^2 + \left(\frac{\delta}{S}\right)^2} = \sqrt{0.001^2 + \left(\frac{10^{-7}}{0.166}\right)^2} \approx 0.0010$$

$$\Delta R_x = \rho_x \cdot R'_x \approx 1.2\Omega$$

从而得到:

$$R_x = R'_x \pm \Delta R_x = (1183.2 \pm 1.2)\Omega$$

### 测量未知电阻 $R_2$ 及灵敏度

根据情况, 选择  $R_a = 10\Omega, R_b = 1000\Omega$ , 比例臂的倍数  $C = 100$ 。

表 2: 实验二数据记录

电桥状态	$R_0$	$R_1$	$\Delta R_0$	$\Delta I$	$S_1$
数据记录	4974.5 $\Omega$	49.745 $\Omega$	10 $\Omega$	10.7nA	0.0053A

计算得:

$$\rho_1 = \sqrt{0.002^2 + 0.001^2 + \left(\frac{10^{-7}}{0.0053}\right)^2} \approx 0.0022$$

$$\Delta R_1 = \rho_1 \cdot R'_1 \approx 0.11\Omega$$

$$R_1 = R'_1 \pm \Delta R_1 = (49.75 \pm 0.11)\Omega$$

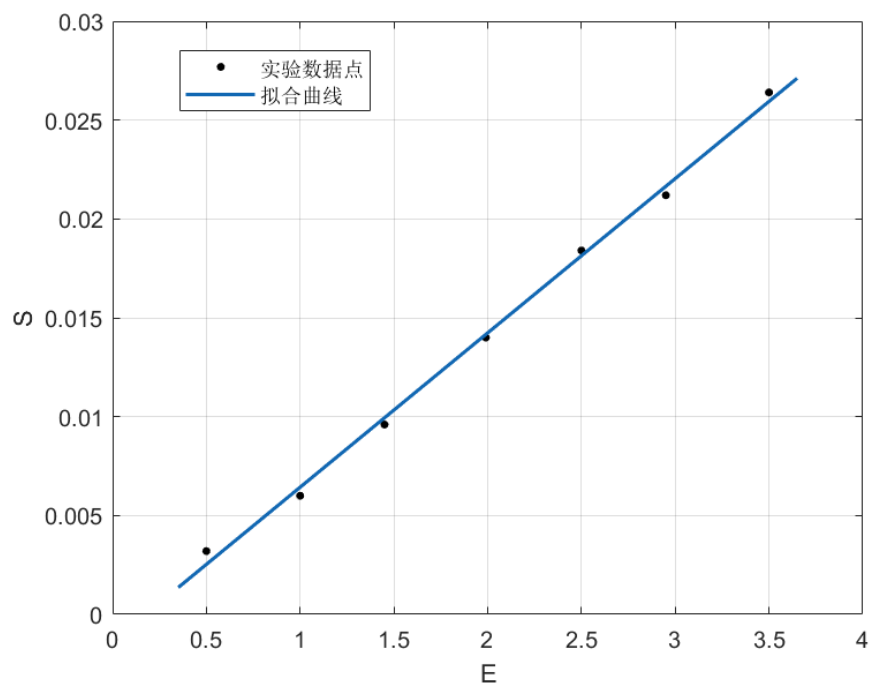
## 电桥灵敏度和电源电压的关系

取  $R_a = R_b = 100\Omega, R_0 = 1200\Omega$

表 3: 实验一数据记录

电源电压 (V)	0.50	1.00	1.45	1.99	2.5	2.95	3.50
$\Delta R_0(\Omega)$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
$\Delta I(nA)$	0.8	1.5	2.4	3.5	4.6	5.3	6.6
$S$	0.0032	0.0060	0.0096	0.0140	0.0184	0.0212	0.0264

画出图像:

图 2:  $E-S$  图

可以看出,  $S$  与  $E$  大致呈正比例关系