

《大学基础物理实验》课程实验报告

姓名：柯云超 学号：2413575

学院：计算机学院 时间：2025 年 4 月 8 日 组别：L 组 11 号

直流单臂电桥

[实验原理]

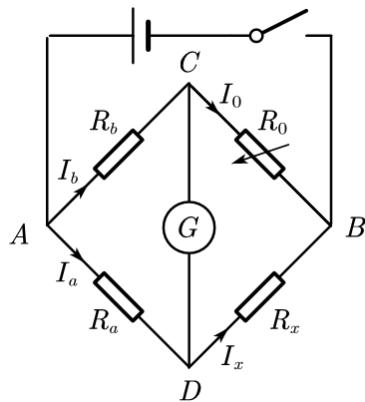


图 1：实验原理图

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， ΔR_0 是在电桥平衡后 R_0 的微小改变量， ΔI 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 R_1 及灵敏度

根据情况，选择 $R_a = 10\Omega, R_b = 1000.0\Omega$ ，比例臂的倍数 $C = 0.01$ 。

表 1：实验一数据记录

电桥状态	R_0	R_1	ΔR_0	ΔI	S_1
数据记录	5003.0Ω	50.03Ω	4Ω	10.8nA	13508.1nA

计算得：

$$\rho_1 = \sqrt{0.002^2 + 0.001^2 + \left(\frac{0.1}{13508.1} \right)^2} \approx 0.0022$$

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

$$R_1 = R'_1 \pm \Delta R_1 = (50.03 \pm 0.11)\Omega$$

测量未知电阻 R_2 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 2: 实验一数据记录

电桥状态	R_0	R_2	ΔR_0	ΔI	S_1
换臂前	1184.1Ω	1184.1Ω	1Ω	16.7nA	19774.47nA
换臂后	1183.9Ω	1183.9Ω	1Ω	16.8nA	19889.52nA

利用换臂前后的数据计算：

$$R_x \approx \frac{1}{2}(R'_0 + R''_0) = 1184.0\Omega$$

$$\rho_x = \sqrt{\rho_0^2 + \left(\frac{\delta}{S}\right)^2} = \sqrt{0.001^2 + \left(\frac{0.1}{19774.47}\right)^2} \approx 0.0010$$

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

从而得到：

$$R_x = R'_x \pm \Delta R_x = (1184.0 \pm 1.2)\Omega$$

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	1.04	1.51	2.01	2.54	3.01	3.50
$\Delta R_0(\Omega)$	2	2	2	2	2	2	2
$\Delta I(nA)$	5.9	12.0	17.6	23.6	29.9	35.8	41.8
$S(*10^3)$	3.540	7.200	10.56	14.16	17.94	21.48	25.08

画出图像：

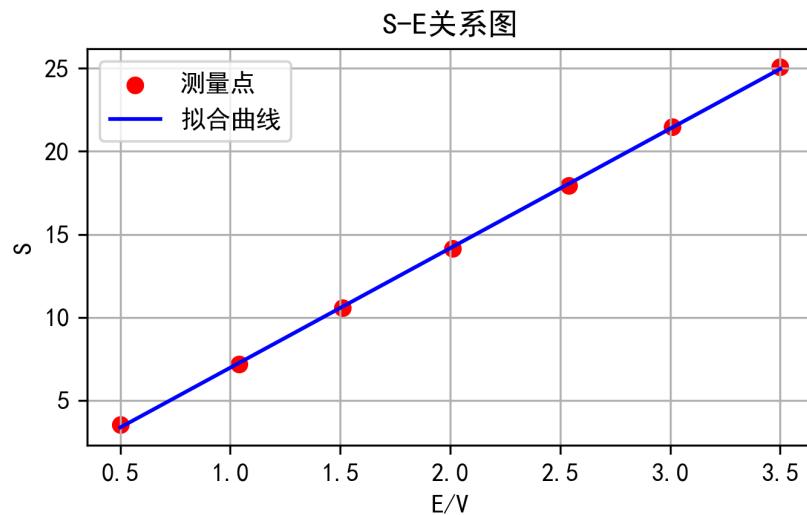


图 2: $S - E$ 图

可以看出， S 与 E 大致呈正比例关系