

《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]

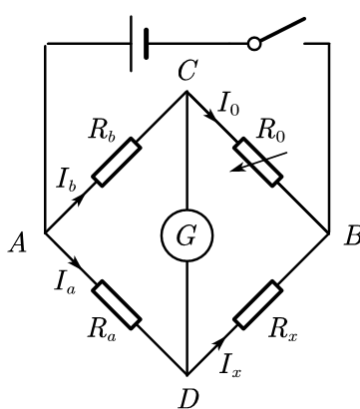


图 1: 实验原理图

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。

$$R_x = C R'_0$$

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

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 | 5003.0 Ω | 50.03 Ω | 4 Ω | 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 | 1184.1 Ω | 1184.1 Ω | 1 Ω | 16.7nA | 19774.47nA |
| 换臂后 | 1183.9 Ω | 1183.9 Ω | 1 Ω | 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：

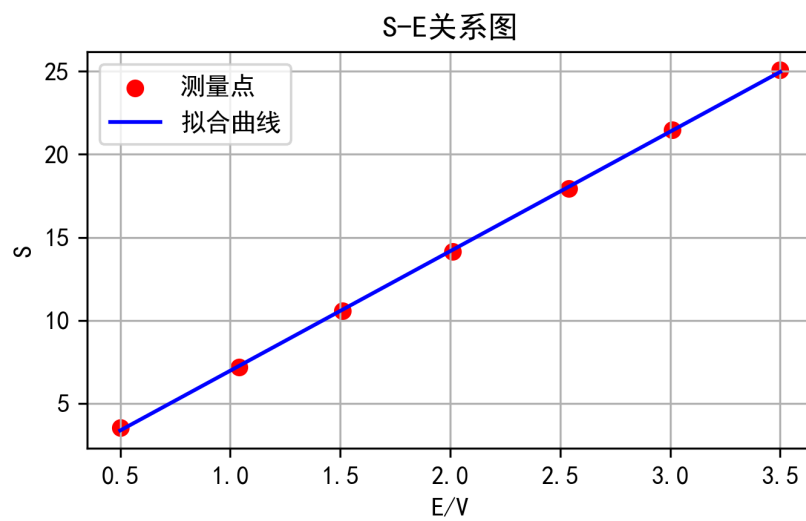


图 2: $S - E$ 图

可以看出， S 与 E 大致呈正比例关系