

《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]

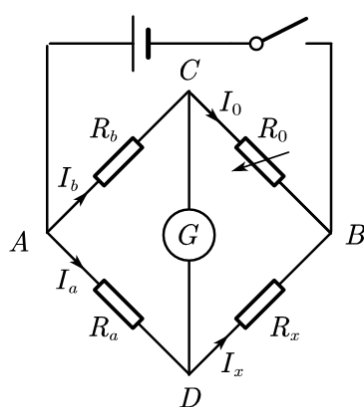


图 1: 实验原理图

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, 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	ΔR_0	ΔI	S_1
换臂前	1183.2 Ω	1183.2 Ω	0.1 Ω	1.3nA	0.0154A
换臂后	1183.1 Ω	1183.1 Ω	0.1 Ω	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 δ 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	ΔR_0	ΔI	S_1
数据记录	4974.5 Ω	49.745 Ω	10 Ω	10.7nA	0.0053A

计算得:

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

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

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

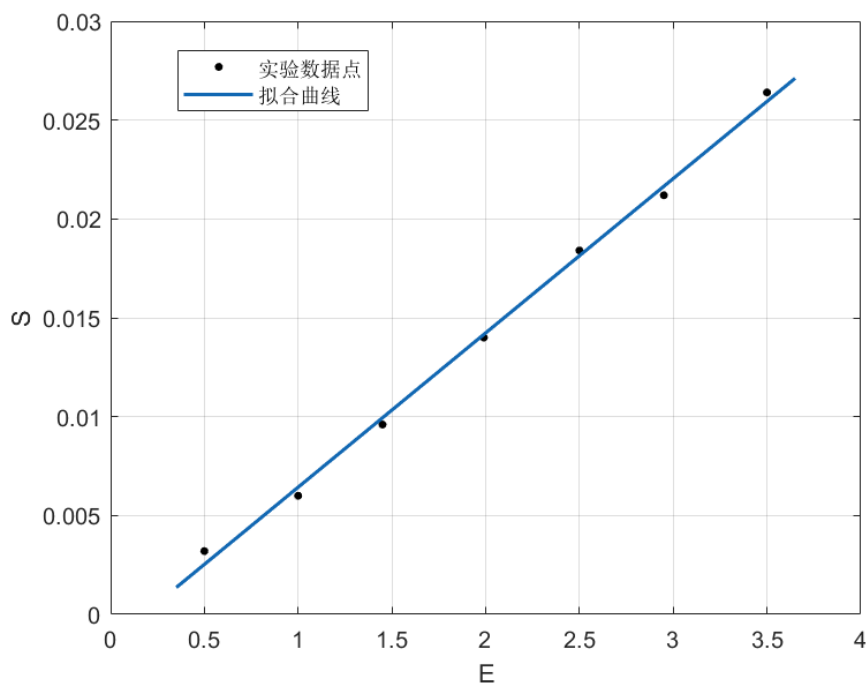
电桥灵敏度和电源电压的关系

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