

直流单臂电桥实验报告

专业 工科试验班 姓名 史峰源 学号 2412526
分组及座号 H-12 实验日期 周二上午

单臂电桥实验报告

1 实验目的

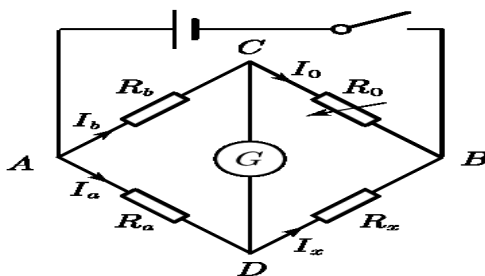
- 1. 掌握箱式电桥的用法
- 2. 掌握电桥测量电阻的原理与方法
- 3. 掌握电桥测量精确度衡量的方法及其影响因素

2 仪器用具

FB3081 型电流数显微电流计, 比例臂电阻四个 ($10\Omega, 100\Omega, 100\Omega, 1000\Omega$), 电阻箱, 待测电阻两个, 直流电源

3 实验原理

- 1. 适用范围: 直流单臂电桥适用于测量中等阻值的电阻
- 2. 实验电路图:



- 3. 推导测量公式: 图中的四个电阻称为电桥的四个“臂”, 接入电流计的支路称为桥。其中, 电阻 R_a 与电阻 R_b 称为比例臂, 其比值 $C = R_a/R_b$ 称为比例臂的倍率, 与 R_x 并联的电阻 R_0 称为比较臂, R_x 称为待测臂, 当电流计的示数为零时, 说明 C, D 两点的电位相同。基于此, 可推导出电阻的测量公式为:

$$R_x = \frac{R_a}{R_b} R_0 = C R_0 \quad (1)$$

- 4. 选取比例臂倍率: 在选取比例臂倍率时, 应尽可能最大程度利用滑动变阻器从而提高测量精度, 进而减小实验误差
- 5. 电桥灵敏度的概念及其影响因素:
电桥灵敏度为:

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta R_x / R_x} \quad (2)$$

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

其中 K, R_g 分别为电流计的电流常量和内阻。由此可见,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、适当减小桥臂电阻等,都可以提高灵敏度

- 6. 换臂法的使用: 在 $C = 1$ 时,通过交换两比例臂,分别计算换臂前的测量值 R_x 与 R'_x ,将两者相乘并开根号可以消除因 C 引起的误差,这种方法成为换臂法,公式表现为:

$$R = \sqrt{R_x R'_x} \approx \frac{R_x + R'_x}{2} \quad (4)$$

4 数据处理

- 1. 测量未知电阻 R_1 (约 1200Ω) 及灵敏度:
选取 $R_a = 1200\Omega, R_b = 100\Omega, C = 1$ 换臂前:

电桥状态	R_0/Ω	R_1/Ω	$\Delta R_0/\Omega$	$\Delta I/nA$	S_1/nA
换臂前	1185.1	1185.1	0.1	1.5	17776.5
换臂后	1185.4	1185.4	0.1	1.6	18966.4

表 1: 实验数据

$$\rho_x = \sqrt{\rho_0^2 + \rho_c^2 + (\frac{\delta}{S})^2} \quad (5)$$

计算得:

$$\rho_x = \sqrt{0.001^2 + 0.001^2 + (\frac{0.1}{17776.5})^2} \approx 0.0014 \quad (6)$$

$$\Delta R_x = \rho_x R'_x \approx 1.7\Omega \quad (7)$$

$$R_x = R'_x \pm \Delta R_x = (1185.1 \pm 1.7)\Omega \quad (8)$$

利用换臂前后的数据计算:

$$R_x \approx \frac{R_0 + R'_0}{2} = 1185.25\Omega \quad (9)$$

$$\rho_x = \sqrt{\rho_0^2 + (\frac{\delta}{S})^2} = \sqrt{0.001^2 + (\frac{0.1}{18371.5})^2} \approx 0.0010 \quad (10)$$

$$\Delta R_x = \rho_x R'_x \approx 1.2\Omega \quad (11)$$

$$R_x = R'_x \pm \Delta R_x = (1185.25 \pm 1.2)\Omega \quad (12)$$

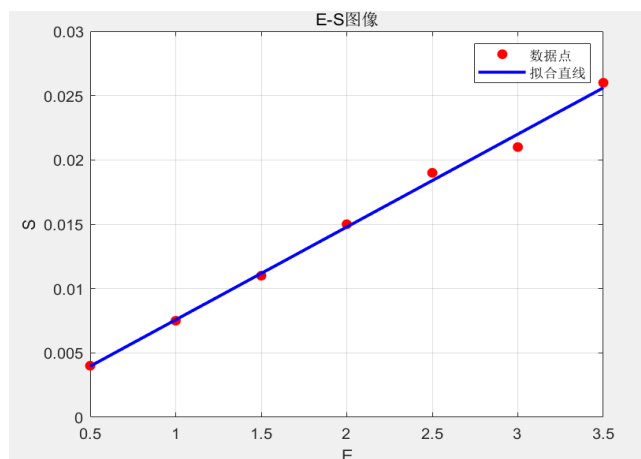
- 2. 观察电桥灵敏度与电源电压的关系:

选取 $R_a = R_b = 100\Omega, R_x = 1200\Omega$, 改变电压 E , 测量 $\Delta I, \Delta R_0$, 计算出相应的 S 并作图: 可判断出基本上呈正比关系

(接下页)

电源电压	0.5V	1.0V	1.5V	2.0V	2.5V	3.0V	3.5V
R_0/Ω	1185.4	1185.4	1185.4	1185.4	1185.4	1185.4	1185.4
$\Delta R_0/\Omega$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
$\Delta I/nA$	1.0	1.9	2.8	3.7	4.8	5.5	6.8
S/mA	0.0040	0.0075	0.011	0.015	0.019	0.021	0.026

表 2: 实验数据



- 3. 测量未知电阻 R_2 (约 20Ω 及灵敏度:
选取 $R_a = 10\Omega$, $R_b = 100\Omega$, $C = 0.01$ 计算得:

电桥状态	R_0/Ω	R_2/Ω	$\Delta R_0/\Omega$	$\Delta I/nA$	S_2/nA
对应数据	4976.5	49.765	10	10.6	5275.09

表 3: 实验数据

$$\rho_x = \sqrt{0.002^2 + 0.001^2 + \left(\frac{0.1}{5275.09}\right)^2} \approx 0.0020 \quad (13)$$

$$\Delta R_x = \rho_x R'_x \approx 0.10\Omega \quad (14)$$

$$R_x = R'_x \pm \Delta R_x = (49.77 \pm 0.10)\Omega \quad (15)$$

5 实验分析谈论及思考题

本实验利用直流单臂电桥测量未知电阻。实验表明, 该方法测量精度较高, 但仍受仪器误差和人为操作等影响。通过使用高精度电阻、改进操作方法, 可以进一步提高测量的准确性。本实验加深了对直流电桥的理解, 同时也培养了分析误差的能力。

- 1. 若电桥保证准确度范围为 $20 - 99999\Omega$, 要测一个 $1 \times 10^6\Omega$ 左右的电阻, 可否用一只 100Ω 的标准电阻与之并联起来测量? 能否测准?
答: 可以, 并联后可以测准。
- 2. 根据实验中测 R_1 和 R_2 时的电路参数, 计算电桥灵敏度 S_1, S_2 并与测量值比较, 看看是否一致。
答: 基本一致。

- 3. 用替代法测 R_x , 即电桥平衡后若以电阻箱某值 R_0 替下 R_x 时桥仍平衡, 则 $R_x = R_0$ 。注意替代时需断开电源, 这种测法要求 R_a, R_b, R_0 准确吗? 要求电源稳定吗?

答: 不要求 R_a, R_b, R_0 准确, 要求电源稳定。

6 分析总结

通过本次实验, 我深入理解了直流单臂电桥测量电阻的基本原理和应用, 并在实际操作过程中体会到该方法的优势与局限性。

首先, 在数据测量过程中, 我意识到接线是否正确有效, 是否严格遵守实验步骤是影响实验进度的重要因素。因此, 在后续实验中, 我会更加注重实践操作并遵循实验步骤。本次实验也我认识到尽管理论计算可以给出精确的电阻值, 但实验测量总会受到各种因素的影响。因此, 在实验中, 不仅要关注如何获取测量数据, 更要学会分析误差来源, 并尝试通过优化实验方法来减少误差。

在未来的实验中, 我将更加注重实验操作的细节, 提高数据处理能力, 以提高自己的能力。