



南开大学

作业纸

2212266

系别 工科试验班 班级 电光5班 姓名 张恒硕 第 1 页

组别座号: G3

日期: 3月8日, 星期五下午

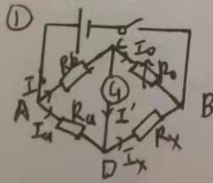
电磁学实验报告: 直流单臂(惠斯登)电桥

预习部分

目的要求: 掌握电桥测量电阻的原理和方法
了解电桥测量精确度所依赖的条件
学会使用箱式电桥

仪器用具: 直流数显微电流计(CF B3081型)
直流电源
比例臂电阻(10Ω, 100Ω, 1000Ω, 10000Ω)
电阻箱
待测电阻(约50Ω, 约1.2kΩ)

原理: 四个电阻构成四边形回路, 一条对角线接电源, 另一条接电流计。当电流计两端电压相等, 即桥两侧电阻对应成比例时, 桥中无电流流过, 电流计示数为0。可以通过比例关系计算阻值。



电桥平衡时, $I' = 0$, $R_a I_a = R_b I_b$, $R_x I_x = R_o I_o$

又 $I_a = I_x$, $I_b = I_o$

$\therefore R_x = \frac{R_a}{R_b} R_o$

当 $\frac{R_a}{R_b} = C$ 时, $R_x = C R_o$

② C与测量精度: 选取合适的C, 使 R_o 调节的有效位数尽量多

换臂法: 当 $C=1$ 时, 交换 R_a, R_b , 得到 R_o'

有 $R_x = \frac{R_a}{R_b} R_o$ 和 $R_x = \frac{R_b}{R_a} R_o'$

$\therefore R_x = \sqrt{R_o R_o'} \approx \frac{R_o + R_o'}{2}$

消除C对测量精度的影响

③ 电桥灵敏度S与测量精度: $S = \frac{\Delta I}{\Delta R_x} = \frac{\Delta I}{\Delta R_o}$

$$\text{有 } \frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta I}{I} \Rightarrow \Delta I \propto \frac{1}{S}$$

$$\text{由基尔霍夫定律可得 } S = \frac{K[(R_a + R_b + R_0 + R_x) + (2 + \frac{R_b}{R_0} + \frac{R_x}{R_a})R_g]}{E}$$

得出提高精度的方法

- $E \uparrow \rightarrow$ 可正反接两次以消除温差电动势的影响
- $K, R_g \downarrow$
- $(R_a + R_b + R_0 + R_x) \downarrow$ / 相等

④ 总相对不确定度

$$P_x = \sqrt{P_c^2 + P_0^2 + (\frac{\Delta}{S})^2} \quad \text{换臂法} \rightarrow \sqrt{P_0^2 + (\frac{\Delta}{S})^2}$$

$$\Delta R_x = P_x R_{\text{测}}$$

$$R_x = R_{\text{测}} \pm \Delta R_x$$

⑤ 优点：不确定度低，测量精度高

适用：测量中等阻值电阻 ($10\Omega < R < 10^5\Omega$)

实验部分

① 测量 R_1 (约 1200Ω) 及灵敏度

$$R_a = 100\Omega, R_b = 100\Omega, C = 1, U = 0.5V$$

电桥状态	R_0	R_1	ΔR_0	ΔI	S_1
换臂前	1184.8 Ω	1184.8 Ω	0.1 Ω	0.3mA	355 μ 4nA
换臂后	1193.1 Ω	1193.1 Ω	0.1 Ω	0.3mA	357 μ 9.3nA

$$\text{换臂前: } P_x = \sqrt{P_c^2 + P_0^2 + (\frac{\Delta I}{S})^2}$$

$$= \sqrt{(0.1\%)^2 + (0.1\%)^2 + (\frac{0.1}{355.4})^2}$$

$$\approx \sqrt{2.0 \times 10^{-6}}$$

$$\approx 1.414 \times 10^{-3}$$

$$\Delta R_x = P_x \cdot R_1 = 1.414 \times 10^{-3} \cdot 1184.8 \approx 1.675\Omega \approx 1.7\Omega$$

$$R_x = R_1 \pm \Delta R_x = 1184.8\Omega \pm 1.7\Omega$$

换臂后 $R_1'' = \sqrt{R_0 R_0'} \approx \frac{R_0 + R_0'}{2} = 1183.95 \Omega$ $S' = \frac{\Delta I}{\Delta R_0} = 3566.85 \text{ nA}$

$$P_X = \sqrt{P_0^2 + \left(\frac{0.1}{S'}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(0.1\%)^2 + \left(\frac{0.1}{3566.85}\right)^2}$$

$$\approx 0.1\%$$

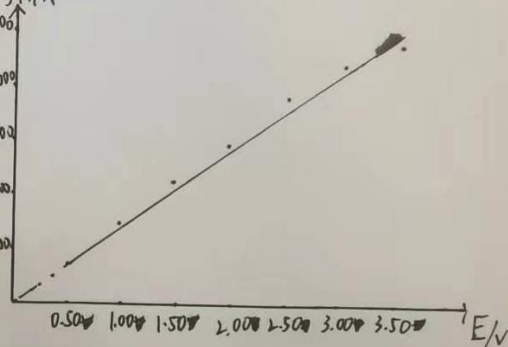
$$= 1 \times 10^{-3}$$

$$\Delta R_X' = P_X \cdot R_1'' = 1 \times 10^{-3} \cdot 1183.95 \Omega = 1.18395 \Omega \approx 1.19 \Omega$$

$$R_X = R_1'' \pm \Delta R_X' = 1183.95 \Omega \pm 1.19 \Omega$$

② 观察电桥灵敏度与电源电压的关系 S/nA

E	0.50V	0.99V	1.50V	2.00V	2.49V	3.00V	3.48V
R ₀	1184.32	1184.31	1184.22	1184.31	1184.31	1184.21	1184.21
ΔR ₀	0.1Ω	0.1Ω	0.1Ω	0.1Ω	0.1Ω	0.1Ω	0.1Ω
ΔI	0.3nA	0.6nA	1.0nA	1.2nA	1.6nA	1.8nA	2.0nA
S	3554.4	7108.8	11849	14212.6	17568	21324	23694.4
	nA	nA	nA	nA	nA	nA	nA



③ 测量 R_2 (约 50Ω) 及灵敏度

$$R_a = 10 \Omega, R_b = 1000 \Omega, C = 0.01,$$

电桥状态	R ₀	R ₂	ΔR ₀	ΔI	S ₂
数据	4993.1	4993.1	1	1.3nA	6491.03nA

$$P_X = \sqrt{P_C^2 + P_0^2 + \left(\frac{0.1}{S}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(0.2\%)^2 + (0.1\%)^2 + \left(\frac{0.1}{6491.03}\right)^2}$$

$$\approx \sqrt{5 \times 10^{-6}}$$

$$\approx 2.236 \times 10^{-3}$$

$$\Delta R_x = P_x \cdot R_2 = 2.236 \times 10^{-3} \cdot 49.931 \approx 0.111646 \approx 0.11 \Omega$$

$$R_x = R_2 \pm \Delta R_x = 49.93 \Omega \pm 0.11 \Omega$$

考察题

- ① 选取倍率 C 的目的: 更充分地使用变阻箱的调节旋钮, 使之更精确
如何判断 C 选得是否恰当: 调节最小的旋钮, 电流计示数变化小
- ② 影响 R_x 测量精确度的因素: C, E, k, R_g
- ③ 电源电压不太稳定, 会干扰调节旋钮使电流计示数归 0 的过程
电源电压太低, 电流太低, 电桥灵敏度低, 测量精确度低
- ④ $\left\{ \begin{array}{l} \text{桥臂回路导线不通} \\ \text{电流计支路、电源支路不通} \\ C \text{ 和 } R_0 \text{ 预置不当} \end{array} \right.$

思考题

- ① 何以, ~~但是~~ 误差会变得特别大
- ② 略
- ③ 皆不要求