



北京航空航天大学 实验报告

实验名称: 双电桥法测电阻

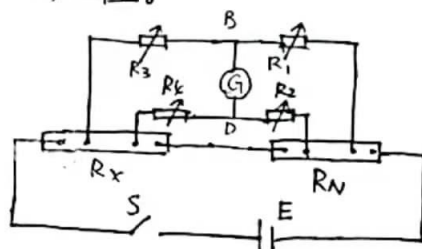
学号: 20373868
 班级: 200613
 姓名: 谭立德
 同组者: _____
 日期: _____
 评分: _____

一、实验重点:

- ① 掌握平衡电桥的原理 — 零示法与电压比较法
- ② 学习用交换测量法消除系统误差
- ③ 学习灵敏度的概念, 了解影响电桥灵敏度的因素
- ④ 掌握电学实验操作规程, 严格规范操作
- ⑤ 学习测量电阻常用电学仪器仪表的正确使用和箱式电桥仪器误差公式
- ⑥ 掌握测量电阻的基本方法, 了解不同测量方法各自的适用条件并学习自己设计实验电路, 测量高、中、低阻的阻值。

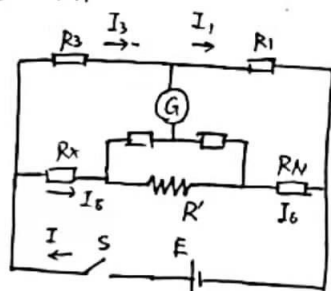
二、实验原理

1. 双电桥测低电阻:



开尔文双电桥图

- 特点:
- ① 增加了一个由 R_3, R_4 组成的桥臂。
 - ② R_N 和 R_x 由两端改为四端接法, P_1, P_2 构成被测低值电阻 R_x , P_3, P_4 为标准低值电阻 R_N



开尔文电路等效电路图

不估读

外接电源 输出 10~15V / 1A左右

调节 R_1, R_2, R_3, R_4 使电桥平衡, 此时 $I_g = 0, I_1 = I_3, I_2 = I_4, I_5 = I_6, V_B = V_D$, 且有:

$$\begin{cases} I_3 R_3 = I_4 R_4 + I_5 R_5 \\ I_1 R_1 = I_2 R_2 + I_6 R_N \\ I_2 R_2 + I_4 R_4 = (I_5 - I_6) R' \end{cases}$$

联立求解: $R_x = \frac{R_2}{R_1} R_N + \frac{R' R_2}{R_2 + R_4 + R'} \left(\frac{R_3}{R_1} - \frac{R_4}{R_2} \right)$

R_x 可视为 $\frac{R_3}{R_1} \cdot R_N$ 与一个修正值的叠加, 若 $R' \rightarrow 0$ 则可忽略之.

$R_x = \frac{R_3}{R_1} \cdot R_N$ $\begin{cases} \text{选择桥臂电阻, 使 } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \\ \text{采用短粗导线连接 } R' \rightarrow 0 \end{cases}$

QJ19双电桥: 选定 R_N 为某固定阻值的标准电阻, 并选定 $R_1 = R_2$ 为某一值, 较调 R_3 和 R_4 使电桥平衡

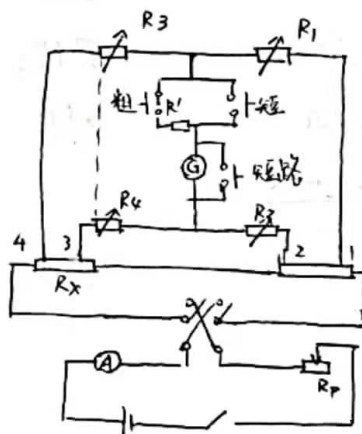
则 $R_x = \frac{R_N}{R_1} \cdot R_3$ 或 $R_x = \frac{R_N}{R_2} \cdot R_4$

准确度等级: 0.05

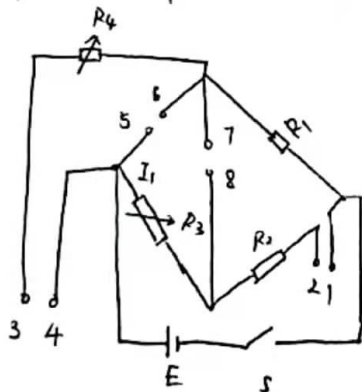
电压表, 电流表: 0.5

测量铜样电阻率, 并分析不确定度

$$\begin{cases} P = \frac{R_x S}{L} \\ S = \pi r^2 = \pi \frac{d^2}{4} \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{\pi R_x d^2}{4L}$$



2. 双电桥改单电桥测中值电阻



※ 检流计归位表头保护!

实验数据

实验1: 双电桥测低电阻

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

$R_1 = R_2 / \Omega$	1000	1000	1000	100	100
待测电阻长度/mm	70	120	170	220	270
R_E / Ω	398.85	691.75	979.65	127.15	155.45
R_B / Ω	418.55	711.45	999.85	129.45	158.75
$\bar{R} = \frac{R_E + R_B}{2} / \Omega$	409.20	701.60	989.75	128.30	157.10
$R_x = \frac{R_N}{R_1} \cdot \bar{R} / 10^{-3} \Omega$	4.0920	7.0160	9.8975	12.830	15.710

$R_1 = R_2 / \Omega$	100	100	100
待测电阻长度/mm	320	370	420
R_E / Ω	184.05	213.15	241.65
R_B / Ω	187.15	216.75	246.55
$\bar{R} = \frac{R_E + R_B}{2}$	185.60	214.95	244.10
$R_x = \frac{R_N}{R_1} \cdot \bar{R} / 10^{-3} \Omega$	18.560	21.495	24.410

铜杆直径:	次数	1	2	3	4	5	6	7	8
直径/mm		4.06	4.08	4.04	4.00	4.02	4.04	4.08	4.04

$$\bar{d} = 4.045 \text{ mm}$$

10.18

一元线性回归法处理数据:

$$\begin{cases} P = \frac{R_x S}{L} \\ S = \pi r^2 = \frac{\pi D^2}{4} \end{cases} \Rightarrow P = \frac{\pi R_x D^2}{4L}$$

$$R_x = \frac{4PL}{\pi D^2} \text{ (SI)} \rightarrow y = ax + b$$

$$\therefore y = R_x, x = L, a = \frac{4P}{\pi D^2}$$

$$\text{a) } \bar{x} = 0.245 \quad \bar{y} = 14.2513125$$

$$\bar{x}^2 = 0.07315$$

$$\bar{xy} = 4.252473125$$

$$a = 5.797345238 \times 10^{-3}$$

$$b = 4.781666 \times 10^{-6}$$

$$r = 0.999958013 \quad \therefore \text{相关性良好}$$

$$\therefore P = \frac{\pi D^2 a}{4} = 7.449997 \times 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

计算不确定度:

$$u(a) = a \cdot \sqrt{\frac{\frac{1}{k} - 1}{k-2}} = 5.797345 \times 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{\frac{1}{0.999958^2} - 1}{8-2}} = 6.859532 \times 10^{-6}$$

$$u_a(D) = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{k(k-1)}} = 9.819805 \times 10^{-3}$$

$$u_b(D) = \frac{\Delta k}{J_3} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.011547$$

$$u(D) = \sqrt{u_a^2(D) + u_b^2(D)} = 0.015157$$

$$\frac{u(P)}{P} = \sqrt{\left(\frac{2u(D)}{\bar{D}}\right)^2 + \left(\frac{u(a)}{a}\right)^2} = 7.58702 \times 10^{-3}$$

$$\therefore u(P) = 5.65 \times 10^{-10}$$

$$\therefore P = (7.45 \pm 0.06) \times 10^{-10} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

实验2. 单电桥测中电阻

$$R_1 = 100\Omega, \quad R_2 = 100\Omega$$

$$R_3 = 995.39\Omega$$

$$\Delta n = 8 \text{ div}, \quad \Delta R_3 = 0.1\Omega$$

(30mA档)

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_3 = 99.539\Omega$$

灵敏度分析

$$S = \frac{\Delta n}{\Delta R_x} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta R_3} = \frac{\Delta n}{\Delta R_3} = 80$$

$$\Delta \bar{x} = \frac{0.2}{S} = 2.5 \times 10^{-3}$$

$$u_{\bar{x}} = \frac{\Delta \bar{x}}{\sqrt{3}} = 1.4434 \times 10^{-3}$$

仪器误差: $R_{\max} = 100\Omega, R_0 = 100\Omega, a = 0.05$

$$\Delta_{\text{仪}} = a\% \left(R_x + \frac{R_0}{10} \right) = 9.97695 \times 10^{-2}$$

$$u_{\text{仪}} = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} = 5.76019 \times 10^{-2}$$

$$u(R_x) = \sqrt{u_{\text{仪}}^2 + u_{\bar{x}}^2} = 0.057619$$

$$\therefore R_x = (99.54 \pm 0.06) \Omega$$