

# 实验十四 直流电桥测量电阻 实验报告

1400012141

邵智轩

周二下午3组11号

2017年3月7日

## 1 数据处理

### 1.1 平衡电桥测 $R_x$ 及电桥的灵敏度 $S$

$$E = 4.0V$$

Table 1: 测 $R_x$ 及电桥的灵敏度 $S$

$R_x$	$R_1(\Omega)/R_2(\Omega)$	$R_0(\Omega)$	$R'_0(\Omega)$	$\Delta n(\text{格})$	$R_x(\Omega)$	$\Delta R_0(\Omega)$	$S(\text{格})$
$R_{x1}$	500/500.5	48.0	47.8	5.8	48.0	0.2	$1.4 \times 10^3$
$R_{x2}$	50/500	3602.2	3632.2	4.2	360.2	30.0	$5.0 \times 10^2$
$R_{x2}$	500/500	360.5	361.5	3.8	360.5	1.0	$1.4 \times 10^3$
$R_{x2}$	500/500	360.5	361.5	3.8	360.5	1.0	$1.4 \times 10^3$
$R_{x3}$	500/500	4055.0	4125.0	4.4	4055	70.0	$2.6 \times 10^2$

其中第三和第四组是用交换桥臂法测量 $R_{x2}$  ( $R_1$ 和 $R_2$ 交换)

$$R_x = \sqrt{R_{01} \cdot R_{02}} = 360.5\Omega$$

$$\frac{\sigma_{R_x}}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \frac{\sigma_{R_{01}}}{R_{01}}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \frac{\sigma_{R_{02}}}{R_{02}}\right)^2} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \frac{e_{R_0}}{R_0}$$

因为 $R_{01} = R_{02} = R_0$ , 且 $\sigma_{R_{01}} = \sigma_{R_{02}} = \sigma_{R_0} = \frac{1}{\sqrt{3}} e_{R_0}$

$$\frac{\sigma_{R_x}}{R_x} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \frac{e_{R_0}}{R_0} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \times 0.1\% = 0.03\%$$

考虑电桥灵敏度

$$\frac{\delta R_x}{R_x} = \frac{0.2\Delta R_0}{\Delta n \cdot R_0} = 0.015\%$$

综合 $R_0$ 的不确定度和电桥灵敏域 $\delta R_x$ 两个因素, 得

$$\frac{\sigma_{R_x}}{R_x} = \sqrt{0.0003^2 + 0.00015^2} = 0.03\%$$

$$\sigma_{R_x} = 360 \times 0.03\% = 0.1\Omega$$

$$R_{x2} \pm \sigma_{R_x} = (360.5 \pm 0.1)\Omega$$

## 1.2 其余各组电阻值的不确定度

对于第一行的 $R_{x1}$ ，电桥灵敏度 $S$ 足够高，其贡献的误差可略。

$$\frac{\sigma_{R_{x1}}}{R_{x1}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{R_1}}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{R_2}}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{R_0}}{R_0}\right)^2}$$

$$\frac{\sigma_{R_1}}{R_1} = \frac{\sigma_{R_2}}{R_2} = 0.1\%, \quad \frac{\sigma_{R_0}}{R_0} = \frac{40 \times 0.1\% + 8 \times 0.5\%}{48} = 0.2\%$$

$$\frac{\sigma_{R_{x1}}}{R_{x1}} = \sqrt{0.001^2 + 0.001^2 + 0.002^2} = 0.002$$

$$\sigma_{R_{x1}} = 0.002 \times 48 = 0.1\Omega$$

$$R_{x1} \pm \sigma_{R_{x1}} = (48.0 \pm 0.1)\Omega$$

对于第二行的 $R_{x2}$ ，电桥灵敏度的贡献： $\frac{\delta R_x}{R_x} = \frac{0.2\Delta R_0}{\Delta n \cdot R_0} = 0.04\%$ ，可略。

$$\frac{\sigma_{R_1}}{R_1} = \frac{\sigma_{R_2}}{R_2} = \frac{\sigma_{R_0}}{R_0} = 0.1\%$$

$$\frac{\sigma_{R_{x2}}}{R_{x2}} = \sqrt{0.001^2 + 0.001^2 + 0.001^2} = 0.002$$

$$\sigma_{R_{x2}} = 0.002 \times 360 = 0.7\Omega$$

$$R_{x2} \pm \sigma_{R_{x2}} = (360.2 \pm 0.7)\Omega$$

对于最后一行的 $R_{x3}$ ，电桥灵敏度的贡献： $\frac{\delta R_x}{R_x} = \frac{0.2\Delta R_0}{\Delta n \cdot R_0} = 0.08\%$ ，可略。

$$\frac{\sigma_{R_1}}{R_1} = \frac{\sigma_{R_2}}{R_2} = \frac{\sigma_{R_0}}{R_0} = 0.1\%$$

$$\frac{\sigma_{R_{x3}}}{R_{x3}} = \sqrt{0.001^2 + 0.001^2 + 0.001^2} = 0.002$$

$$\sigma_{R_{x3}} = 0.002 \times 4000 = 8\Omega$$

$$R_{x3} \pm \sigma_{R_{x3}} = (4055 \pm 8)\Omega$$

## 1.3 电路参数对电桥灵敏度 $S$ 的影响

$R_x$ 取 $R_{x2}$ 。

Table 2: 电路参数对电桥灵敏度 $S$ 的影响

条件	$R_0(\Omega)$	$R'_0(\Omega)$	$\Delta n(\text{格})$	$R_x(\Omega)$	$\Delta R_0(\Omega)$	$S(\text{格})$
$E = 4.0\text{V}$ , $R_1/R_2 = 500/500$ , $R_h = 0$	360.5	361.5	3.8	360.5	1.0	$1.4 \times 10^3$
<b><math>E=2.0\text{V}</math></b> , $R_1/R_2 = 500/500$ , $R_h = 0$	360.5	362.7	4.0	360.5	2.2	$6.6 \times 10^2$
$E = 4.0\text{V}$ , $R_1/R_2 = 500/\mathbf{5000}$ , $R_h = 0$	3605.0	3661.0	4.0	360.5	56.0	$2.6 \times 10^2$
$E = 4.0\text{V}$ , $R_1/R_2 = 500/500$ , $R_h = 3\Omega$	360.5	368.7	4.0	360.5	8.2	$1.8 \times 10^2$

## 2 思考题

下列因素是否会加大测量误差？

- ①电源电压大幅下降：会，电桥灵敏度 $S$ 下降，灵敏域 $\delta R_x$ 增大。
- ②电源电压稍有波动：不会。平衡电桥法对电源稳定度要求不高。
- ③在测量较低电阻时，导线电阻不可忽略：会。导线电阻已相当于，甚至大于待测电阻的不确定度，所以此时不确定度合成时需要加入导线电阻的贡献。
- ④检流计零点没有校准：会。测量中检流计显示零时，实际电流不为零，电桥未达到平衡。
- ⑤检流计灵敏度不高：会。会使得电桥灵敏度 $S$ 不高，电桥灵敏域 $\delta R_x$ 增大。

## 3 分析与讨论

通过1.2节的计算可以发现，当电桥灵敏度足够高时，其对误差的贡献可忽略， $R_x$ 的不确定度主要来源于 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_0$ ，主要取决于其中阻值最小的电阻的相对不确定度。

## 4 收获与感想

学习了直流平衡电桥测量电阻的方法。相比以往的伏安法测电阻，平衡电桥法对电源稳定性、电表精确性的要求不高，只要检流计足够灵敏，被测电阻 $R_x$ 就可以达到同其他桥臂上的标准电阻同样的精度。

体会了电路中不同参数变化对电桥灵敏度的影响，与电桥灵敏度公式相吻合。