

【实验目的】

- ① 了解指针式万用表测量电流、电压以及电阻的基本原理。
- ② 掌握多量程电流表、电压表和万用表设计方法。

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

对磁电式电流计来说，量程 I_g 与内阻 R_g 是电流计的两个重要参数。 R_g 可以用替代法或中值法获得。

① 改装多量程电流表

由于电流表量程通常远大于 I_g ，因此我们需要给检流计并联上分流电阻。

如右图，有关系：

(1) 接量程 I_1 时，电流计与 R_2 串联，然后与 R_1 并联，即：

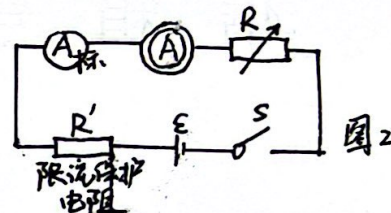
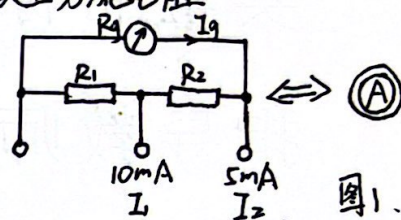
$$(R_g + R_2)I_g = R_1(I_1 - I_g) \quad (a)$$

(2) 接量程 I_2 时， R_1 与 R_2 串联，然后与电流计并联，即：

$$(R_1 + R_2)(I_2 - I_g) = R_g I_g \quad (b)$$

计算出 R_1, R_2 后，即可设计出多量程电流表。

然后用右图所示电路校正，并分析误差。



② 改装多量程电压表

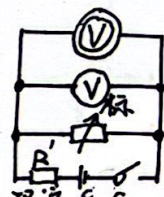
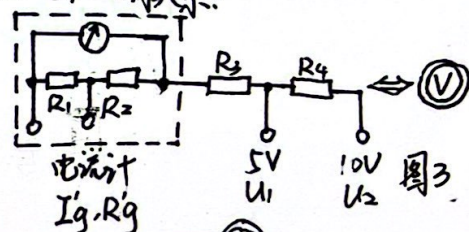
同样，由于电压表量程通常远大于 $I_g R_g$ ，因此我们给检流计串联上分压电阻。

$$I_g(R_g + R_3) = U_1 \quad (c)$$

$$I_g(R_g + R_3 + R_4) = U_2 \quad (d)$$

$$R_g' = \frac{R_g(R_1 + R_2)}{R_g + R_1 + R_2}, \quad I_g' = I_g = I_m A \quad (e) \quad (f)$$

同样进行计算、设计和校正，分析误差。



③ 改装欧姆表

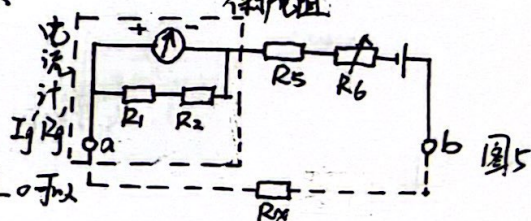
如图5所示，首先短接 a、b，调节 R_6 使电流计满偏，此时有

$$I_0 = I_g' = \frac{E}{R_g' + R'}, \quad \text{其中 } R' \text{ 为回路中其他电阻 } (R_5, R_6, \text{电源内阻等}) \text{ 之和。} \quad (g)$$

$$\text{当 } R_x \text{ 接入回路中，有 } I = \frac{E}{R_g' + R' + R_x} \quad (h)$$

当 $R_x = R_g' + R'$ 时， $I = \frac{I_0}{2}$ ，此时 R_x 称为欧姆表的中值电阻。

在电流计表盘上刻上刻度以显示不同阻值。



【实验内容】（重点说明）

① 替代法测电流计内阻

先将电流计与标准电流表同时接在测量回路中，调节可变电阻使回路电流为合适大小 I_0 ，再用电阻箱将电流计按下，改变电阻箱阻值使回路电流为 I_0 ，此时电阻箱的阻值即为电流计的内阻。

② 设计多量程电流表（5mA 和 10mA）并校准

③ 设计多量程电压表（5V 和 10V）并校准。

④ 设计欧姆表并制作欧姆挡刻度曲线

【实验器材及注意事项】

① 实验器材

标准电流表、电阻箱、滑动变阻器、保护电阻、电源、导线、面包板等。

② 注意事项

(1) 接通电路时，尤其是改装欧姆表时短接电路以调节滑动变阻器使电流计满偏时，应首先试触，如果发现电表已超过满偏则应立即断开，以防损坏电表

(2) 应注意面包板上自带的连线，防止出现连线与标号不符的情况

(3) 应注意电源的状态，防止电源短路



【数据处理与结果】

①改装5mA量程的电流表并校准。

经计算, $R_1 = R_2 = 30\Omega$

实验次数	1	2	3	4	5
$I_{\text{改装}}/\text{mA}$	1.10	1.65	2.40	3.05	3.70
$I_{\text{标准}}/\text{mA}$	1.00	1.50	2.20	2.75	3.35
$\Delta I/\text{mA}$	-0.10	-0.15	-0.20	-0.30	-0.35

校准曲线见图

$$\Delta I = I_{\text{标准}} - I_{\text{改装}}$$

②改装5V量程的电压表并校准。

经计算, $R_3 = 952\Omega$

实验次数	1	2	3	4	5
$U_{\text{改装}}/\text{V}$	1.00	1.50	2.25	2.95	3.60
$U_{\text{标准}}/\text{V}$	1.00	1.50	2.20	2.85	3.50
$\Delta U/\text{V}$	0.00	0.00	-0.05	-0.10	-0.10

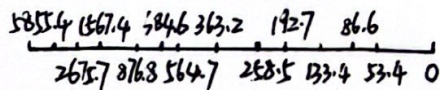
校准曲线见图

$$\Delta U = U_{\text{标准}} - U_{\text{改装}}$$

③改装为欧姆表

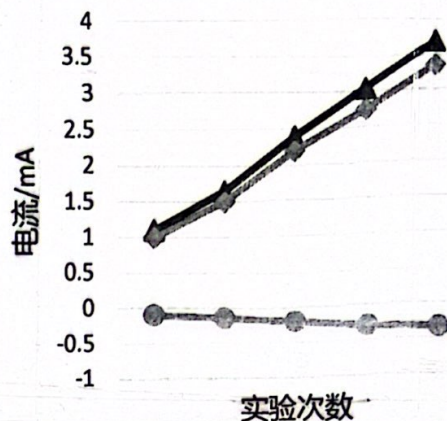
R_x/Ω	0.0	53.4	86.6	133.4	192.7	258.5	363.2	564.7	864.6
I_x/mA	5.00	4.30	4.00	3.60	3.15	2.80	2.30	1.80	1.60
R_x/Ω	876.8	1567.4	2675.7	5855.4					
I_x/mA	1.30	0.85	0.55	0.35					

对应曲线见右图, 刻度如下:



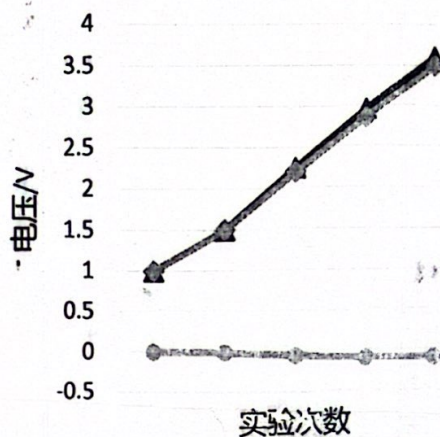
改装5mA量程的电流表

—▲— 改装电流表/mA —●— 标准电流表/mA
—●— 差值/mA

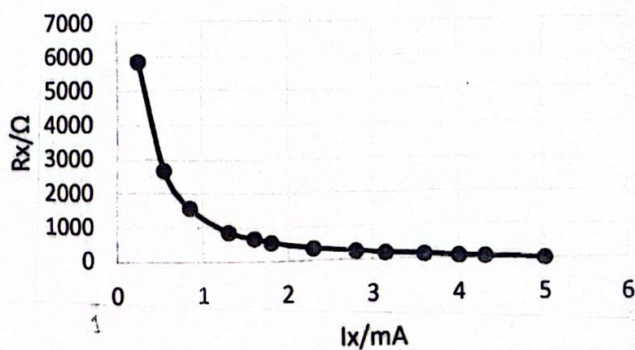


改装5V量程的电压表

—▲— 改装电压表/V —●— 标准电压表/V
—●— 差值/V



改装欧姆表



【误差分析】

- ①注意到校准电压表时标准电压表和表头指针都十分不稳定,这说明装置存在较大的不稳定性
- ②导线和面包板的内阻、电源的内阻均会对实验造成一定误差。
- ③无法重新构造电流计内阻,导致电流计实际内阻可能与标识不相同,造成实验误差。

【实验心得及思考题】

①实验心得.

本次实验我了解了指针式万用表测量电流、电压以及电阻的基本原理,掌握了多量程电表、电压表和万用表的使用方法,总体来说本次实验也较为顺利,电路搭建和数据测量也都比较准确,误差也比较小。

②思考题

Q: 为什么 I_x 与 R_x 为非线性关系?

A: 记改装电表内阻为 R_g , 则可得到 I_x 与 R_x 的关系为 $I_x = \frac{E}{R_g + R_x}$ 这显然为非线性关系。



【数据记录及草表】

①改装5mA量程的电流表并校准.

实验次数	1	2	3	4	5
$I_{\text{改装}}/\text{mA}$	1.10	1.65	2.40	3.05	3.70
$I_{\text{标准}}/\text{mA}$	1.00	1.50	2.20	2.75	3.35
$\Delta I/\text{mA}$	-0.10	-0.15	-0.20	-0.30	-0.35
	0.22	0.33	0.48	0.61	0.74

②改装5V量程的电压表并校准.

实验次数	1	2	3	4	5
$U_{\text{改装}}/\text{V}$	1.00	1.50	2.25	2.95	3.60
$U_{\text{标准}}/\text{V}$	1.00	1.50	2.20	2.85	3.50
$\Delta U/\text{V}$	0.00	0.00	-0.05	-0.10	-0.10
	0.20	0.30	0.45	0.59	0.72

③改装为欧姆表

R_x/Ω	0.0	53.4	86.6	258.5	263.2	133.4	192.7	564.7	684.6	876.8	1567.4	2675.7	5855.4
I_x/mA	5.00	4.30	4.00	2.80	2.30	3.60	3.15	1.80	1.60	1.30	0.85	0.55	0.25
	1.00	0.86	0.80	0.56	0.46	0.72	0.63	0.36	0.32	0.26	0.17	0.11	0.05

$$\begin{cases} (R_1 + R_2)(5 - I_g) = R_3 I_g \\ (R_2 + R_g) I_g = R_1(10 - I_g) \end{cases}$$

$$R_1 = R_2 = 30\Omega = \frac{1}{8}R_g$$

$$R_3 = 1000\Omega - \frac{1}{8}R_g = 952\Omega$$

$$R_4 = 1000\Omega$$

教师签字: