

## 大学物理实验报告

实验名称：

电表改装

学院：理学院      专业：应用物理学    班级：应物 1601

学号：20161413      姓名：谢尘竹      电话：18640451671

实验日期： 2019 年 7 月 24 日

第 二十一 周 星期 三 第 二 节

实验室房间号：313

实验组号：7

成绩

指导教师

批阅日期

刘静

2019 年 7 月 24 日

1. 实验目的:

①.了解磁电式直流电表、数字万用表的基本结构和使用方法;

②.掌握扩大电表量程的方法,了解多用表的改装原理;

③.掌握电表的校准方法;

④.掌握用量程为 200mV 的直流数字电压表组成。

2. 实验器材:

名称	编号	型号	精度
50 $\mu$ A 灵敏电流计	No.3、No.8		0.1 $\mu$ A
单刀开关		KH-1	
万用表		C9805A+	
滑动变阻器		BX7-12	
直流稳压电源		WYK-302	
指针式标准表	No.915 •45	GB7676-87	

3. 实验原理（请用自己的语音简明扼要地叙述，注意原理图需要画出，测试公式需要写明）

## 1.测量微安表的内阻

测量微安表内阻的方法有：半偏分流法、电压表法、电流表法、求差法、替代法、电桥法。本书介绍常用的两种方法：半偏分流法和替代法。

### (1) .半偏分流法

半偏分流法的电路如图 2.10.2 所示，先断开开关 $K_2$ ，接通开关 $K_1$ ，并调节电位器 $R_1$ ，使微安表达到满量程（或某个较大的数值）；再接通开关 $K_2$ ，使电阻箱 $R_0$ 与微安表并联，并调节电阻箱阻值，直到微安表的示值为满量程的  $1/2$ ，如果电路中的电阻满足 $R_1+R_2 \geq R_g$ （微安表的内阻），则可以认为这时电路电流  $I$  与接通开关 $K_2$ 之前近似相等，则有 $R_0=R_g$ 。

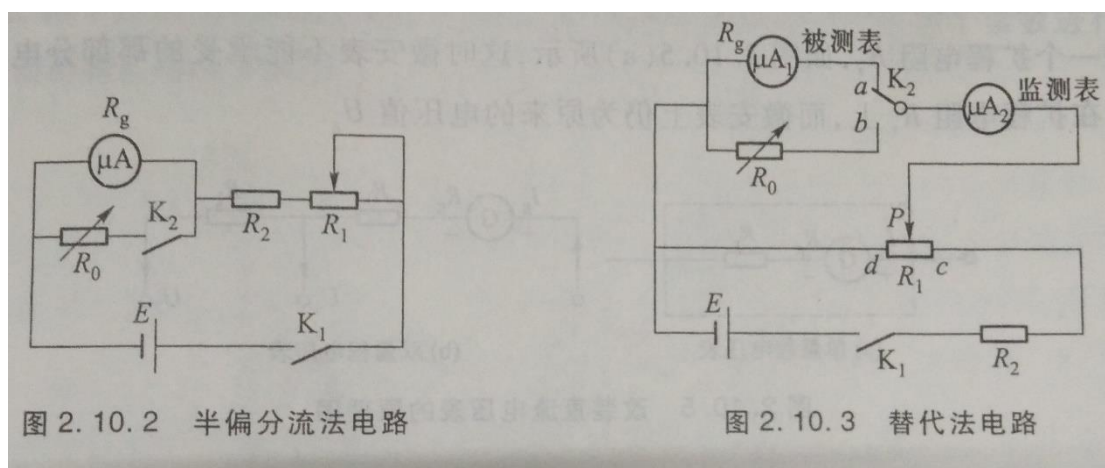


图 2. 10. 2 半偏分流法电路

图 2. 10. 3 替代法电路

## (2) .替代法

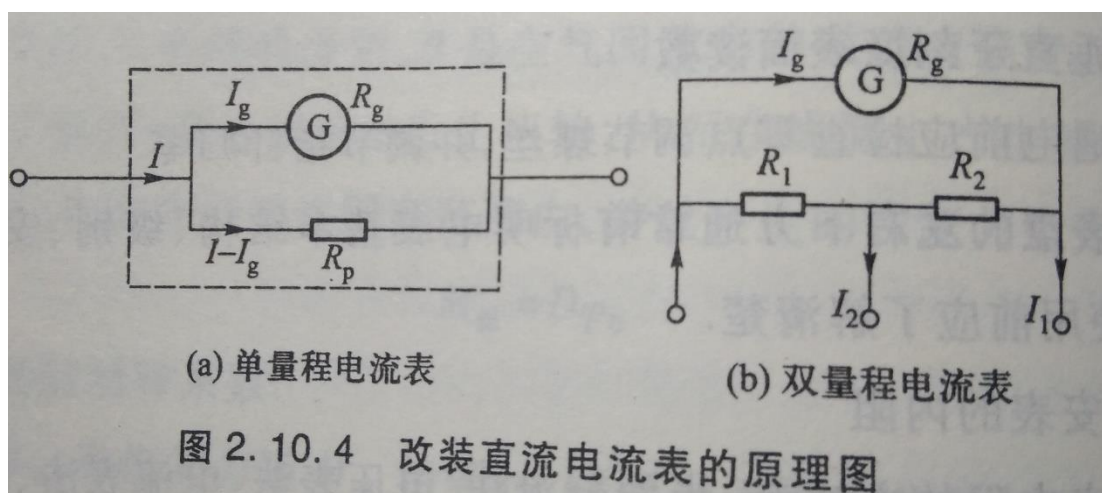
替代法的电路如图 2.10.3 所示。先将开关  $K_2$  接到 a 点，再接通开关  $K_1$ ，调节分压器  $R_1$ ，在被测表不超过满量程的条件下，使监测表达到某个较大的示值  $I$ ，然后保持分压器的输出电压不变，将  $K_2$  改接到 b 点，以电阻箱代替被测表，并调节  $R_0$ ，使监测表示值仍为  $I$ ，此时的  $R_0$  就是被测表的内阻  $R_g$ 。

## 3.磁电式直流电表的改装

### (1) .将微安表扩程改装为直流电流表

微安表的指针偏转到满度时所需要的电流  $I_g$  称为表头量程，满度电流  $I_g$  越小，表头灵敏度越高。表头线圈的电阻  $R_g$  称为表头内阻。表头能流过的电流很小，要将它改装成能

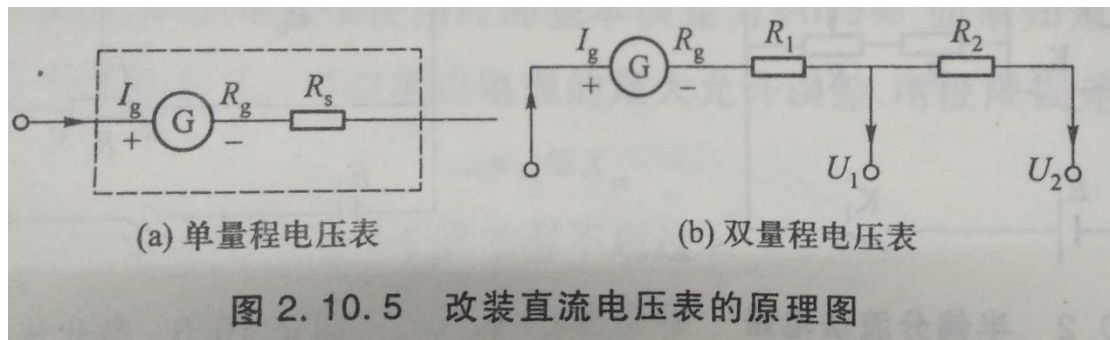
测量大电流的电表，必须扩大它的量程，方法是在表头两端并联一个分流电阻 $R_p$ ，如图 2.10.4 (a) 所示，这样就可使表头不能承受的那部分电流流经分流电阻 $R_p$ ，而表头电流 $I_g$ 仍在原来的许可范围内。



设微安表改装后的量程为  $I$ ，由欧姆定律得  $(I - I_g)R_p = I_g R_g$ ，即  $R_p = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{R_g}{\frac{I}{I_g} - 1}$ 。

## (2) .将微安表改装为直流电压表

微安表本身能测量的电压 $U_g$ 是很低的，为了能测量较高的电压，可在微安表上串联一个扩程电阻 $R_s$ ，如图 2.10.5(a) 所示，这时微安表不能承受的那部分电压将降落在扩程电阻 $R_s$ 上，而微安表上仍为原来的电压值 $U_g$ 。



设微安表的量程为 $I_g$ ，内阻为 $R_g$ ，改装成电压表的量程为 $U$ ，则由欧姆定律得到 $I_g(R_g + R_s) = U$ ，即

$$R_s = \frac{U}{I_g} - R_g = \left(\frac{U}{U_g} - 1\right)R_g。$$

#### 4. 实验内容与步骤

①.分别利用半偏法、替代法测量  $50\mu\text{A}$  的灵敏电流计的表头电阻，每种方法各测量 3 次。

②.基于以上电阻值，计算并联电阻，利用指针式标准毫安表，设计电路，将量程为  $50\mu\text{A}$  的表头改装为  $10\text{mA}$  的直流电流表。

③.基于以上电阻值，计算串联电阻，利用万用表，设计电路，将量程为  $50\mu\text{A}$  的灵敏电流表改装为  $1\text{V}$  的直流电压表。

## 5. 实验记录 (注意: 单位、有效数字、列表)

### 一. 原始数据

两种方法, 测了 3 次 50mA 表头电阻

2 个表格

替代法中会用到另一个 50mA 表头。

2 种方法测得, 有的差 300 欧姆, 为什么?

理论上算出没有串联或并联的电阻阻值。

验证一下: 常用标准表 (电流表, 电压表, 指针式仪表 10mA)

① 数字万用表只能当电压表用, 指针式仪表 10mA

$0 \sim 50\text{mA} \Rightarrow 0 \sim 10\text{mA}$

记 0.2, 4, 68, 10. 时, 仍组装的新表头。

指针式 电压表也是。

不超过 5V 就 OK,  $\therefore 1\text{A}$  电流就很大了。

表是没问题, 导线的门。

① 测 50mA 表头内阻

② 半偏法测 50mA 表头内阻。

次数 n	1	2	3	4	5
E	0.6V	1.1V	3.7V	5.2V	4.5V
R <sub>2</sub>	900.0Ω	9900.0Ω	5990.0Ω	99990.0Ω	79900.0Ω
R <sub>0</sub>	980.0Ω	2980.0Ω	3880.0Ω	3990.0Ω	3970.0Ω

(滑动变阻器不变)

② 替代法测 50mA 表头内阻

次数 n	1	2	3
电流表	22.6mA	30.9mA	40.5mA
R <sub>0</sub>	4170.0Ω	4140.0Ω	4129.0Ω

(滑动变阻器变 3, 就设记 R<sub>2</sub>)

3-3-2



2. 改装电流表 <sup>量程</sup>  $50\text{mA} \rightarrow 10\text{mA} = I$ .

$$R_p = R_g / \left( \frac{I}{I_g} - 1 \right) = 4000\Omega / \left( \frac{10\text{mA}}{50\text{mA}} - 1 \right) = \frac{4000}{199} = 20.10\Omega$$

$$E = 1.5\text{V}$$

指针式标准表示数/MA 0 2.4 6 8 10

改装后的新表/MA 0 8.2 18.4 28.3 38.2 48.1

3. 改装成电压表 <sup>量程</sup>  $I_g(R_g + R_s) = 50\text{mA} \cdot (4000 + R_s) = 1\text{V} = U$

$$R_s = \left( \frac{U}{I_g} - 1 \right) R_g = \frac{U}{I_g} R_g - R_g = \frac{1\text{V}}{50\text{mA}} \cdot 4000\Omega - 4000\Omega = 16000\Omega \Rightarrow 15200\Omega$$

$$E = 1\text{V}$$

万用表(量程2V)示数/V 0 0.2 0.4 0.6 0.8 1

改装后的电压表/MA 0 9.4 18.6 28.0 37.0 46.8

## 6. 数据处理及误差分析

表 1 半偏法测  $50\mu\text{A}$  表头内阻数据记录表

(注：滑动变阻器阻值 $R_1$ 保持不变，只改变 $R_2$ 改变外部电路电阻)

记录次数 $i/\text{次}$	1	2	3
电压 $E/\text{V}$	3.7	4.5	5.2
2 号电阻箱 $R_2/\Omega$	59900.0	79900.0	99990.0
0 号电阻箱 $R_0/\Omega$	3880.0	3970.0	3990.0

表 2 替代法测  $50\mu\text{A}$  表头内阻数据记录表

(注：过程中改变了滑动变阻器阻值 $R_1$ ， $\therefore$ 记录 $R_2$ 的阻值也没用了)

记录次数 $i/\text{次}$	1	2	3
监测表 $I/\mu\text{A}$	22.6	30.9	40.5
0 号电阻箱 $R_0/\Omega$	4170.0	4140.0	4129.0

表 3 改装电流表量程及电表的校准

(注：50 $\mu$ A $\rightarrow$ 10mA)

记录次数 $i/\text{次}$	1	2	3	4	5	6
标准表示数 $I_0/\text{mA}$	0	2	4	6	8	10
灵敏表示数 $I/\mu\text{A}$	0	8.2	18.4	28.3	38.2	49.1
改装表示数 $I_x/\text{mA}$	0	1.64	3.68	5.66	7.64	9.82
修正值 $I_0 - I_x/\text{mA}$	0	0.36	0.32	0.34	0.36	0.18
最大绝对误差 $\delta I_{\max}/\text{mA}$	0.36					
最大相对误差 $\frac{\delta I_{\max}}{10}/\%$	3.6					
电表等级 $\alpha$	5.0					

表 4 改装为电压表及电表的校准

(注：50 $\mu$ A $\rightarrow$ 1V)

记录次数 $i/\text{次}$	1	2	3	4	5	6
标准表示数 $I_0/\text{mA}$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
灵敏表示数 $I/\mu\text{A}$	0	9.4	18.6	28.9	39.0	49.8
改装表示数 $I_x/\text{mA}$	0	0.19	0.37	0.58	0.78	0.99
修正值 $I_0 - I_x/\text{mA}$	0	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01
最大绝对误差 $\delta I_{\max}/\text{mA}$	0.03					
最大相对误差 $\frac{\delta I_{\max}}{I_0}/\%$	0.3					
电表等级 $\alpha$	0.5					

## 7. 思考题及实验小结

### 1. 思考题一

①. 如果预先不知道表头内阻，能否在改装电压表的同时，确定表头的内阻？

答：可以。先将电阻箱 $R_s$ 调到 $>\frac{U}{I_g}$ ，改装后，再在输入端上加入满量程电压  $U$ ，逐渐减小 $R_s$ 使得表头满偏，有 $I_g(R_g + R_s) = U$ ，即 $R_s = \frac{U}{I_g} - R_g$ ，从电阻箱读出 $R_s$ 就可以计算出表头内阻 $R_g = \frac{U}{I_g} - R_s$ 。

以下内容为报告保留内容，请勿填写或删除，否则影响实验成绩

上课时间： 上课地点： 任课教师：
报告得分：  教师留言：
操作得分：  教师留言：
预习得分： 预习情况：