



实验一 指针式电表改装与校准

指针式电表在电测量中有着广泛的应用，因此如何了解电表和使用电表就显得十分重要。电流计（表头）由于构造的原因，一般只能测量较小的电流和电压，如果要用它来测量较大的电流或电压，就必须进行改装，以扩大其量程。万用表的原理就是对微安表头进行多量程改装而来，在电路的测量和故障检测中得到了广泛的应用。

一、实验目的

- 1、测量表头内阻及满度电流
- 2、掌握将 $100\mu\text{A}$ 表头改成较大量程的电流表和电压表的方法
- 3、设计一个 $R_{\text{中}}=15000\ \Omega$ 的欧姆表
- 4、用电阻箱校准欧姆表，画校准曲线，根据校准曲线用组装好的欧姆表测未知电阻
- 5、学会校准电流表和电压表的方法

二、实验原理

常见的磁电式电流计主要由放在永久磁场中的由细漆包线绕制的可以转动的线圈、用来产生机械反力矩的游丝、指示用的指针和永久磁铁所组成。当电流通过线圈时，载流线圈在磁场中就产生一磁力矩 $M_{\text{磁}}$ ，使线圈转动，从而带动指针偏转。线圈偏转角度的大小与通过的电流大小成正比，所以可由指针的偏转直接指示出电流值。

1、电流计允许通过的最大电流称为电流计的量程，用 I_g 表示，电流计的线圈有一定内阻，用 R_g 表示， I_g 与 R_g 是两个表示电流计特性的重要参数。

测量内阻 R_g 常用方法有：

（1）半电流法也称中值法。

测量原理图见图 1。当被测电流计接在电路中时，使电流计满偏，再用十进位电阻箱与电流计并联作为分流电阻，改变电阻值即改变分程序度，当电流计指针指示到中间值，且标准表读数（总电流强度）仍保持不变，可通过调电源电压和 R_1 来实现，显然这时分流电阻值就等于电流计的内阻。

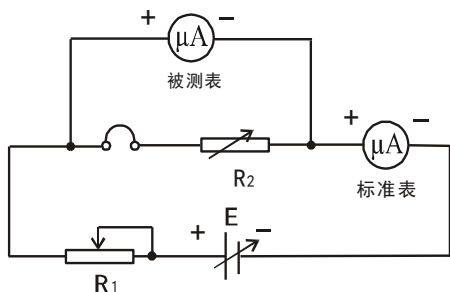


图 1

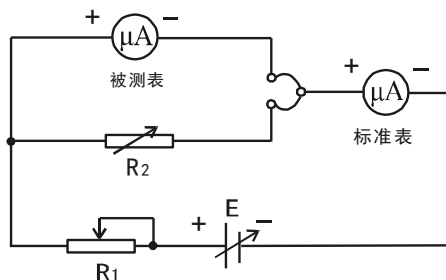


图 2

(2) 替代法

测量原理图见图 2。当被测电流计接在电路中时，用十进位电阻箱替代它，且改变电阻值，当电路中的电压不变时，且电路中的电流（标准表读数）亦保持不变，则电阻箱的电阻值即为被测电流计内阻。

替代法是一种运用很广的测量方法，具有较高的测量准确度。

2、改装为大量程电流表

根据电阻并联规律可知，如果在表头两端并联上一个阻值适当的电阻 R_2 ，如图 3 所示，可使表头不能承受的那部分电流从 R_2 上分流通过。这种由表头和并联电阻 R_2 组成的整体（图中虚线框住的部分）就是改装后的电流表。如需将量程扩大 n 倍，则不难得出

$$R_2 = R_g / (n - 1) \quad (1)$$

图 3 为扩流后的电流表原理图。用电流表测量电流时，电流表应串联在被测电路中，所以要求电流表应有较小的内阻。另外，在表头上并联阻值不同的分流电阻，便可制成多量程的电流表。

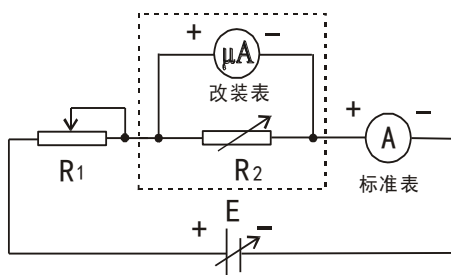


图 3

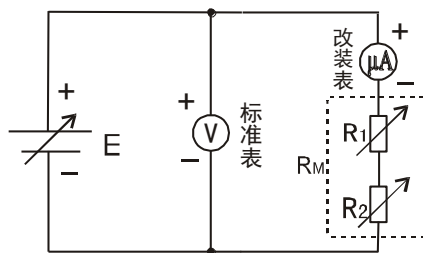


图 4

3、改装为电压表

一般表头能承受的电压很小，不能用来测量较大的电压。为了测量较大的电压，可以给表头串联一个阻值适当的电阻 R_M ，如图 4 所示，使表头上不能承受的那部分电压降落在电阻 R_M 上。这种由表头和串联电阻 R_M 组成的整体就是电压表，串联的电阻 R_M 叫做扩程电阻。选取不同大小的 R_M ，就可以得到不同量程的电压表。由图 4 可求得扩程电阻值为：

$$R_M = \frac{U}{I_g} - R_g \quad (2)$$

实际的扩展量程后的电压表原理见图 4。

用电压表测电压时，电压表总是并联在被测电路上，为了不因并联电压表而改变电路中的工作状态，要求电压表应有较高的内阻。

4、改装为欧姆表

用来测量电阻大小的电表称为欧姆表。根据调零方式的不同，可分为串联分压式和

并联分流式两种。其原理电路如图 5 所示。图中 E 为电源， R_2 为“调零”电阻， R_4 为限流电阻， R_x 为被测电阻， R_g 为等效表头内阻。

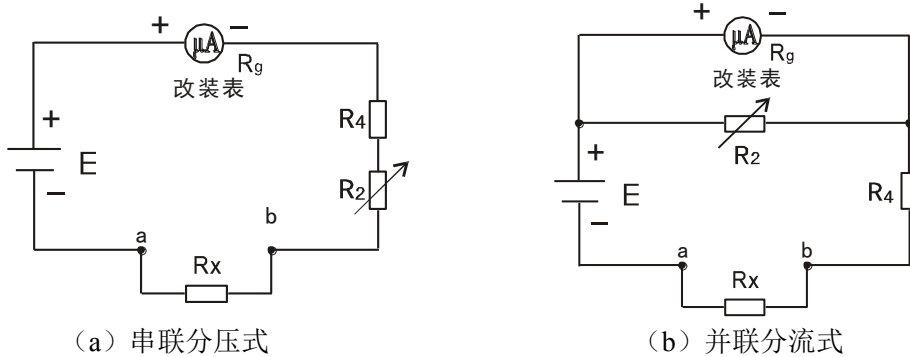


图 5 欧姆表原理图

以下以串联分压式线路为例进行说明。

欧姆表使用前先要调“零”点，即 a、b 两点短路，（相当于 $R_x=0$ ），调节 R_2 的阻值，使表头指针正好偏转到满度。可见，欧姆表的零点是就在表头标度尺的满刻度(即量限)处，与电流表和电压表的零点正好相反。在图（a）中，当 a、b 端接入被测电阻 R_x 后，电路中的电流为

$$I = \frac{E}{R_g + R_2 + R_4 + R_x} \quad (3)$$

对于给定的表头和线路来说， R_g 、 $R_2 + R_4$ 都是常量。由此可见，当电源端电压 E 保持不变时，被测电阻和电流值有一一对应的关系。即接入不同的电阻，表头就会有不同的偏转读数， R_x 越大，电流 I 越小。短路 a、b 两端，即 $R_x=0$ 时

$$I = \frac{E}{R_g + R_2 + R_4} = I_g \quad (4)$$

这时指针满偏。

当 $R_x = R_g + R_2 + R_4$ 时

$$I = \frac{E}{R_g + R_2 + R_4 + R_x} = \frac{1}{2} I_g \quad (5)$$

这时指针在表头的中间位置，对应的阻值为中值电阻，显然

$$R_{\text{中}} = R_g + R_2 + R_4 \quad (6)$$

当 $R_x = \infty$ （相当于 a、b 开路）时， $I=0$ ，即指针在表头的机械零位。

所以欧姆表的标度尺为反向刻度，且刻度是不均匀的，电阻 R 越大，刻度间隔愈密。如果表头的标度尺预先按已知电阻值刻度，就可以用电流表来直接测量电阻了。

并联分流式欧姆表利用对表头分流来进行调零的，具体参数可自行设计。

实际的指针式欧姆表在使用过程中，电池电压会有所改变，而表头的内阻 R_g 及限流

电阻 R_4 为常量，故要求 R_2 要跟着 E 的变化而改变，以满足调“零”的要求，设计时用可调电源模拟电池电压的变化，范围根据设计选择。

三、实验仪器

- 1、DH4508A 型电表改装与校准实验仪 1 台
- 2、四位半数字万用表 1 块

四、实验内容

仪器在进行实验前应对被改装表进行机械调零。

1、用中值法或替代法测出表头的内阻，按图 1 或图 2 接线。 $R_g = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

2、将一个量程为 $100\mu A$ 的表头改装成 $1mA$ 量程的电流表

(1)、根据式①计算出分流电阻值 R_2 ，并调节至相应大小。 R_1 调到 $1k\Omega$ （或其他合适阻值）。先将电源调到最小，再按图 3 接线。

(2)、慢慢调节电源，升高电压，使改装表指到满量程（可配合调节 R_1 ），这时记录标准表读数。注意： R_1 作为限流电阻，阻值不要调至最小值。然后调小电源电压，使改装表每隔 $0.2mA$ （满量程的 $1/5$ ）逐步减小读数直至零点；(将标准电流表选择开关打在 $2mA$ 档量程)再调节电源电压按原间隔逐步增大改装表读数到满量程，每次记下标准表相应的读数于下表。

表 1

改装表读数 (mA)	标准表读数 (mA)			示值误差 ΔI (mA)
	减小时	增大时	平均值	
1				
2				
3				
4				
5				

(3)、以改装表读数为横坐标，标准表由大到小及由小到大调节时两次读数的平均值为纵坐标，在坐标纸上作出电流表的校正曲线，并根据两表最大误差的数值定出改装表的准确度级别。

(4)、重复以上步骤，将 $100\mu A$ 表头改装成 $10mA$ 表头，可按每隔 $2mA$ 测量一次。

(5)、重复以上步骤，将 $100\mu A$ 表头改装成 $100mA$ 表头，可按每隔 $20mA$ 测量一次。

(6)、将面板上的 R_G 和表头串联，作为一个新的表头，重新测量一组数据，并比较扩流电阻有何异同（可选做）。

3、将一个量程为 $100\mu A$ 的表头改装成 $1.5V$ 量程的电压表

(1)、根据式②计算扩程电阻 R_M 的阻值，可用 R_1 、 R_2 进行实验。

(2)、按图 4 连接校准电路。用数字万用表的 $2V$ 量程作为标准表来校准改装的电压

表。

(3)、调节电源电压，使改装表指针指到满量程（1.5V），记下标准表读数。然后每隔 0.3V 逐步减小改装读数直至零点，再按原间隔逐步增大到满量程，每次记下标准表相应的读数于下表：

(4)、以改装表读数为横坐标，标准表由大到小及由小到大调节时两次读数的平均值为纵坐标，在坐标纸上作出电压表的校正曲线，并根据两表最大误差的数值定出改装表的准确度级别。

表 2

改装表读数 (V)	标准表读数 (V)			示值误差 ΔU (V)
	减小时	增大时	平均值	
0.3				
0.6				
0.9				
1.2				
1.5				

(5)、重复以上步骤，将 100 μ A 表头改成 12V 表头，可按每隔 2.4V 测量一次。（可选做）。

4、改装欧姆表及标定表面刻度

(1)、表头参数 $I_g = \underline{\hspace{2cm}} \mu A$ ， $R_g = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ ，选择电源电压 $E = \underline{\hspace{2cm}} V$ 。

(2)、选取中值电阻：

根据公式④可知 $R_g + R_2 + R_4 = E/I_g$ ，一般指针式万用表的电源电压为标称值为 1.5V，改装表头的电流标称值为 100 μ A，故可知 $R_{中} = R_g + R_2 + R_4 = 15000\Omega$ 。

(3)、根据 R_g 值和 R_2 电阻箱的调节范围（0~11.1111k Ω ），选取限流电阻 $R_4 = 10k\Omega$ 。

(4)、按图 5（a）进行连线。将 R_1 电阻箱（这时作为被测电阻 R_x ）接于欧姆表的 a、b 端，先调节 $R_1 = 0\Omega$ ，调节 R_2 约为 15000 $\Omega - R_g - R_4$ 。

(5)、调节电源 $E = 1.5V$ ，微调 R_2 使改装表头指示为满偏。

(6)、调节 R_1 电阻箱，取 R_1 为一组特定的数值 R_{xi} ，读出相应的偏转格数 d_i 。利用所得读数 R_{xi} 、 d_i 绘制出改装欧姆表的标度盘。如表 3 所示：

表 3 $E = \underline{\hspace{2cm}} V$ ， $R_{中} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

$R_{xi} (\Omega)$	$\frac{1}{5} R_{中}$	$\frac{1}{4} R_{中}$	$\frac{1}{3} R_{中}$	$\frac{1}{2} R_{中}$	$R_{中}$	$2R_{中}$	$3R_{中}$	$4R_{中}$	$5R_{中}$
偏转格数 (d_i)									

(7)、按图 5（b）进行连线，设计一个并联分流式欧姆表。试与串联分压式欧姆表

比较，有何异同。（可选做）

五、思考题

1、是否还有别的办法来测定电流计内阻？能否用欧姆定律来进行测定？能否用电桥来进行测定而又保证通过电流计的电流不超过 I_g ？

2、测量高阻时，为了增加灵敏度，常使电源电压 E 提高到 $9V$ ，请按本实验中被改装指针表头的参数，设计一个改装方案。



实验二 数字式电表改装与校准

数字电表以它显示直观、准确度高、分辨率强、功能完善、性能稳定、体积小易于携带等特点在科学研究、工业现场和生产生活中得到了广泛应用。数字电表工作原理简单，完全可以让同学们理解并利用这一工具来设计对电流、电压、电阻、压力、温度等物理量的测量，从而提高大家的动手能力和解决问题能力。

一、实验目的

- 1、了解数字电表的基本原理。
- 2、掌握分压电路的原理，改装数字表头为多量程数字电压表。
- 3、掌握分流电路的原理，改装数字表头为多量程数字电流表。
- 4、掌握一种电阻测量的原理，改装数字表头为多量程数字电阻表。

二、实验仪器

- | | |
|-----------------------|-----|
| 1、DH4508A 型电表改装与校准实验仪 | 1 台 |
| 2、四位半数字万用表 | 1 块 |

三、实验原理

(一)、数字电表原理

常见的物理量都是幅值大小连续变化的所谓模拟量，指针式仪表可以直接对模拟电压和电流进行显示。而对数字式仪表，需要把模拟电信号(通常是电压信号)转换成数字信号，再进行显示和处理。

数字信号与模拟信号不同，其幅值大小是不连续的，就是说数字信号的大小只能是某些分立的数值，所以需要进行量化处理。若最小量化单位为 Δ ，则数字信号的大小是 Δ 的整数倍，该整数可以用二进制码表示。设 $\Delta=0.1\text{ mV}$ ，我们把被测电压 U 与 Δ 比较，看 U 是 Δ 的多少倍，并把结果四舍五入取为整数 N （二进制）。为了获得准确的测量结果，量化工作是由高输入阻抗（一般 $>1\times 10^{10}\Omega$ ）的专用量化电路来完成的。一般情况下， $N\geq 1000$ 即可满足测量精度要求(量化误差 $\leq 1/1000=0.1\%$)。所以，最常见的三位半数字表头是由四个数码管显示而组成的，最高位的最大示数为1，总的最大显示数为1999，如： U 是 Δ (0.1 mV)的1861倍，即 $N=1861$ ，显示结果为186.1(mV)。

本实验使用的数字表头是一个三位半数字电压表，它的基本量程为 0.2 V (200 mV)，它的核心是由双积分式模数 A/D 转换译码驱动集成芯片 ICL7107 和外围元件、LED 数码管构成。这样的数字表头，再加上小数点位选择，就可以测量显示 $-199.9\sim 199.9\text{ mV}$ 的电压，显示分辨率为 0.1 mV 。

(二)、直流电压量程扩展

在前面所述的直流电压表前面加一级分压电路(分压器)，可以扩展直流电压测量的

量程。如图 6 所示, 数字电压表的量程 U_0 为 200mV , 即前面所讲的参考电压选择 100mV 时所组成的直流电压表, r 为其内阻(如 $10000\text{M}\Omega$), r_1 、 r_2 为分压电阻, U_i 为扩展后的量程。

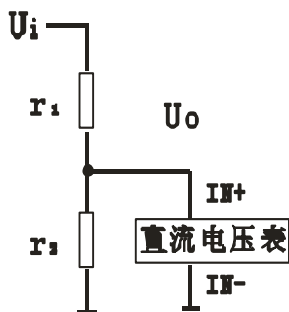


图 6 分压电路原理

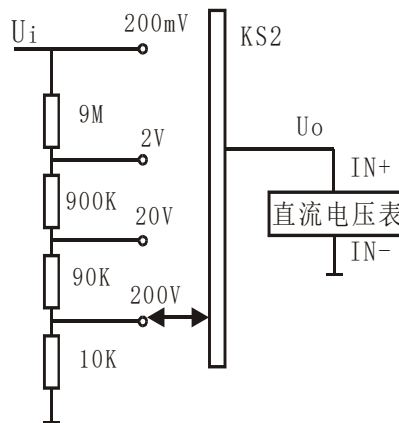


图 7

实际万用表的多量程分压器原理

由于 $r \gg r_2$, 所以分压比为

$$\frac{U_0}{U_i} = \frac{r_2}{r_1 + r_2}$$

扩展后的量程为

$$U_i = \frac{r_1 + r_2}{r_2} U_0 \quad (7)$$

实际万用表的多量程分压器原理电路见图 7, 它能在不降低输入阻抗(一般选 $10\text{M}\Omega$, 大小为 R/r 。)的情况下, 五档量程的分压比分别为 1、0.1、0.01 和 0.001, 对应的量程分别为 200mV 、 2V 、 20V 和 200V 。

例如: 其中 20V 档的分压比为:

$$100\text{K}\Omega/10\text{M}\Omega = 0.01$$

其余各档的分压比也可照此算出。

在改装电压表, 电流表量程多档量程时。小数点也应该相应的转换。通过面板相应孔位连接来改变小数点显示的位置。

(三)、直流电流量程扩展

测量电流的原理是: 根据欧姆定律, 用合适的取样电阻(也称分流电阻)把待测电流转换为相应的电压, 再进行测量。如图 8, 由于电压表内阻 $r \gg R$, 故取样电阻 R 上的电压降为:

$$U_i = I_i R$$

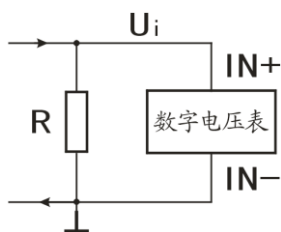


图8 电流测量原理

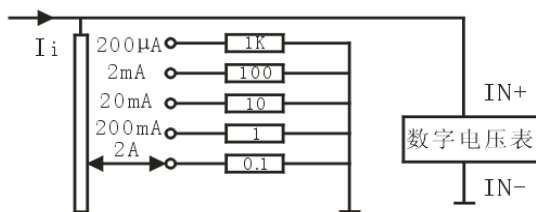


图9 多量程分流器电路

若数字表头的电压量程为 U_0 ，欲使电流档量程为 I_0 ，则该档的取样电阻(也称分流电阻) $R_0 = \frac{U_0}{I_0}$ 。若 $U_0 = 200\text{mV}$ ，则 $I_0 = 200\text{mA}$ 档的分流电阻为 $R = 1\Omega$ 。

多量程分流器原理电路见图9。

(四)、电阻量程改装（比较法测量）

1、比较法测量电阻的基本原理

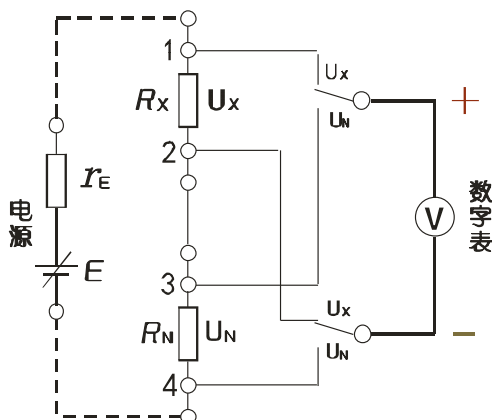


图10 比较法测量电阻的基本原理

直接用伏安法测量需要精密而稳定的恒流源，且需精确度高的数字电压表，以至精度难以保证。随着现代数字技术的发展基础，可以采用简洁直观的直接(直读)比较法测量电阻，电路原理简图如图10所示。图中 E 是电动势为 E 的稳压电源，电源等效内阻为 r_E (r_E 中包括外电路的引线电阻)；被测对象为 R_X ；比较测量用标准电阻为 R_N ；等效内阻为 r_V 的数字电压表 V 通过开关可以分别测量 R_N 与 R_X 上的电压 U_N 和 U_X 。 $r_V \rightarrow \infty$ 时可得

$$R_X = \frac{U_X}{U_N} R_N \quad (8)$$

由于是短时间间隔内的比较测量， U_N 和 U_X 不需按数字表直接测量时的不确定度计算，而可代之以非线性残差限作(2)式中的相对不确定度值。这样做的优点是：**数字表的非线性残差限明显小于数字电压表的不确定度**。当标准电阻 R_N 的准确度较高时， R_X 的测量结果的准确度也较高。

比较法测量电阻的测量方式可以是：调电压使 U_N 为额定值的“直读”式测量，步骤为：

- ①调电源 E ，使 U_N 为 0.1000V 等额定值；
- ②读出 U_X 后，根据公式 (2) 可知， $R_X = U_X \times 10^k$ ，这里指数 k 为与量程有关的整数。

2、本实验进行的改装

以上实验方案具有较高的测量精度。但在本实验中，当我们测量一个阻值的电阻后，如进行另一个阻值的测量，为了获得“直读”的效果，显然需要重新调整 U_N 值，也就是要重新调整电源电压。如果不重新调整，则必须各测量一次 U_N 和 U_X ，再进行除法运算，这给测量带来了不便。

我们将图 10 的直流稳定电源改成恒流源，如图 11，就可以做到通过调节恒流源，调整 U_N 后，在测量量程内的 R_X 电阻时，不必重新调整 U_N 。电阻的计算公式与 (8) 相同。

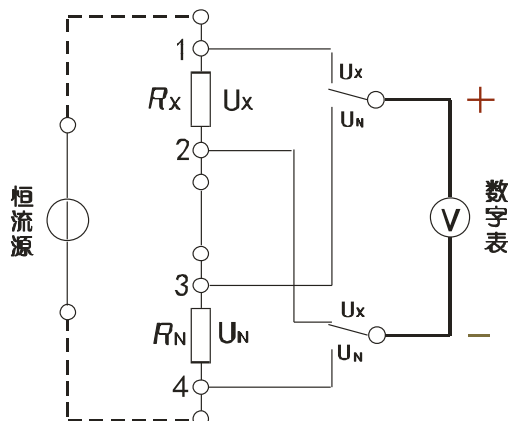


图 11 比较法测量电阻的改装原理

四、实验内容与步骤

(一) 直流电压的测量

(1) 200mV 档量程的校准

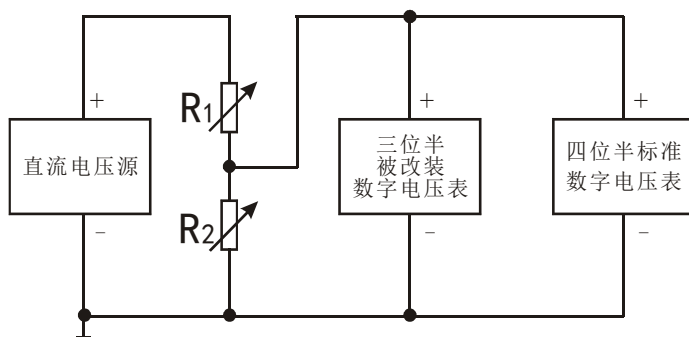


图 12 200mV 直流电压表的校准接线图

1、按图 12 连接好测量线路。注意电源电位器应逆时针调节至最小，并合适的小数点位置。接入 R_1 、 R_2 的作用是提高直流电源调节细度。请自行考虑选择阻值的大小，注意阻值不能太小，以免使电源或电阻箱过载。

2、将四位半数字万用表调至 200mV 档。通电调节直流电压源的电位器，同时观察三位半改装数字表头的测量值，使其电压输出值为 199.0mV，记录四位半数字万用表的测量值。依次进行 180.0mV、160.0mV、.....20.0mV、0mV 等测量。

3、以模块显示的读数为横坐标，以万用表显示的读数为纵坐标，绘制校准曲线。

(2) 2V 档量程校准

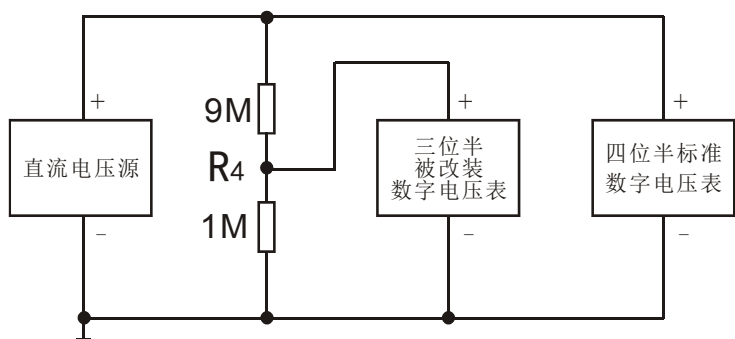


图 13 直流电压表的改装和校准接线图

1、按图 13 方式接线。注意选择合适的小数点位置。为了使改装后的数字表具有较高的内阻，而不影响测量精度，我们选择改装表的等效内阻为 $10\text{M}\Omega$ 。请根据这个要求选择 R_4 的电阻和分压值。

2、将四位半数字万用表调至 2V 档，调节直流电压源的输出电压为 1.990V、1.800V、1.600V、...0.020V、0V；记录下四位半数字万用表所对应的读数。再以三位半改装数字表头显示的读数为横坐标，以四位半数字万用表显示的读数为纵坐标，绘制校准曲线。

3、用改装后的数字电压表测量未知电压，并估算测量不确定度。

(3) 更高量程的改装

1、更高量程的改装原理与 2V 量程的改装相同。注意改装表的等效内阻为 $10\text{M}\Omega$ 。请自行选择 R_4 的电阻和分压值。

2、限于仪器的电压源的输出值，20V 量程的校准请外接电压源。

3、用改装后的数字电压表测量未知电压，并估算测量不确定度。

4、建议不进行 200V 以上量程的校准。

(二) 直流电流的测量

(1) 2mA 档量程校准

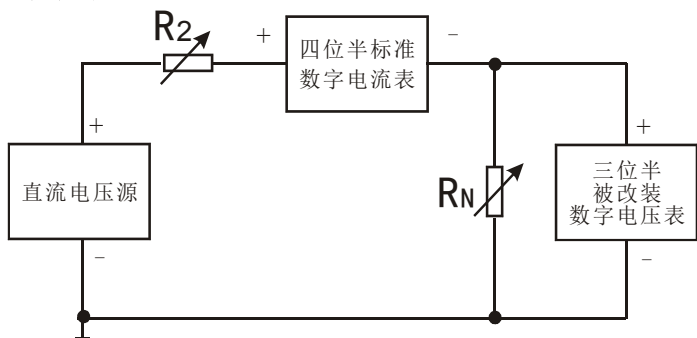


图 14 直流电流的改装和校准接线图

1、按图 14 接线。 R_2 为限流电阻，请根据需要的电流调节。 R_N 为分流器，2mA 档量程选择 100Ω （为什么？）其他改装的量程请根据需要选择。

2、四位半数字电流表选择 2mA 量程。从零开始调节电压源电压（如果电流变化较快，请加大 R_2 值），使被改装数字电流表的显示电流为 1.990mA、1.800mA、1.600mA、...0.200mA、0mA；记录下四位半数字电流表所对应的读数。再以被改装数字电流表显示的读数为横坐标，以四位半数字电流表显示的读数为纵坐标，绘制校准曲线。

(2) 其他量程电流表的改装与校准

- 1、其他量程的电流表改装原理与 2mA 量程的改装相同。
- 2、限于仪器的电压源的电流输出有限，2A 及以上量程的校准请外接电流源。
- 3、用改装后的数字电流表测量未知电压，并估算测量不确定度。
- 4、建议不进行 10A 以上电流的测量。

(三) 电阻的测量

分别用电压比较法测量数十欧、一千多欧、数百千欧电阻和小于 1 欧的低电阻。

- 1、调电压使为额定值的“直读”式测量，具体步骤为：

①预备：通过面板开关和旋钮选择合适的测量档，根据测量范围（ $0.199R_N \sim 1.99R_N$ ）选定标准电阻 R_N ，如 R_X 为 1200Ω ，选 R_N 为 1000Ω ； R_X 为 2100Ω ，选 R_N 为 $10k\Omega$ ，等等。可参见表 3。按图 11 所示，将恒流源、表头、标准电阻和被测电阻接好。合适选择小数点显示位置。

②调整：将改装数表输入端通过“ U_N/U_X ”开关选择接至 R_N 电阻的 U_N 端（电位端），仔细调节恒流源的电流值，使 U_N 电压显示为 $0.1000V$ 。

表 3 $0.199R_N \leq R_X \leq 1.99R_N$ 时的“直读”式测量参数选择

项目	单位	低值电阻			中值电阻			高值电阻	
标准电阻 R_N	Ω	1.000E-1	1.000E+0	1.000E+1	1.000E+2	1.000E+3	1.000E+4	1.000E+5	1.000E+6
上限值 $R_X = 1.99R_N$	Ω	1.99E-1	1.99E+0	1.99E+1	1.99E+2	1.99E+3	1.99E+4	1.99E+5	1.99E+6
下限值 $R_X = 0.199R_N$	Ω	1.99E-2	1.99E-1	1.99E+0	1.99E+1	1.99E+2	1.99E+3	1.99E+4	1.99E+5
电压表量程	V	0.1999	0.1999	0.1999	0.1999	0.1999	0.1999	0.1999	0.1999
V_N 值	V	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
电流 I 的值	A	1.0	1.0E-1	1.0E-2	1.0E-3	1.0E-4	1.00E-5	1.00E-6	1.00E-7

③测量：将改装数表输入端通过“ U_N/U_X ”开关选择接 R_X 电阻的 U_X 端，读取 U_X 。如果这时数字表超过量程，说明 R_X 过大，应该换大 R_N 值，并微调恒流电流值；如果读数小于 200 个字，则应换小 R_N 值。

- ④计算： U_X 直接读出后， $R_X = U_X \times 10^k$ ，这里指数 k 为与量程有关的整数。

DH4508A 型电表改装与校准实验仪使用说明

一、概述

指针式电流表、数字式电压表、多用表广泛应用于各种电测场合。单纯的指针式电流计或单量程的数字式电压表一般只能用来测量较小的电流和电压，所以必须对电表进行改装，才能运用于各种测量领域。

本仪器内附指针式电流计、标准电压表电流表、可调直流稳压电源、十进式电阻箱、

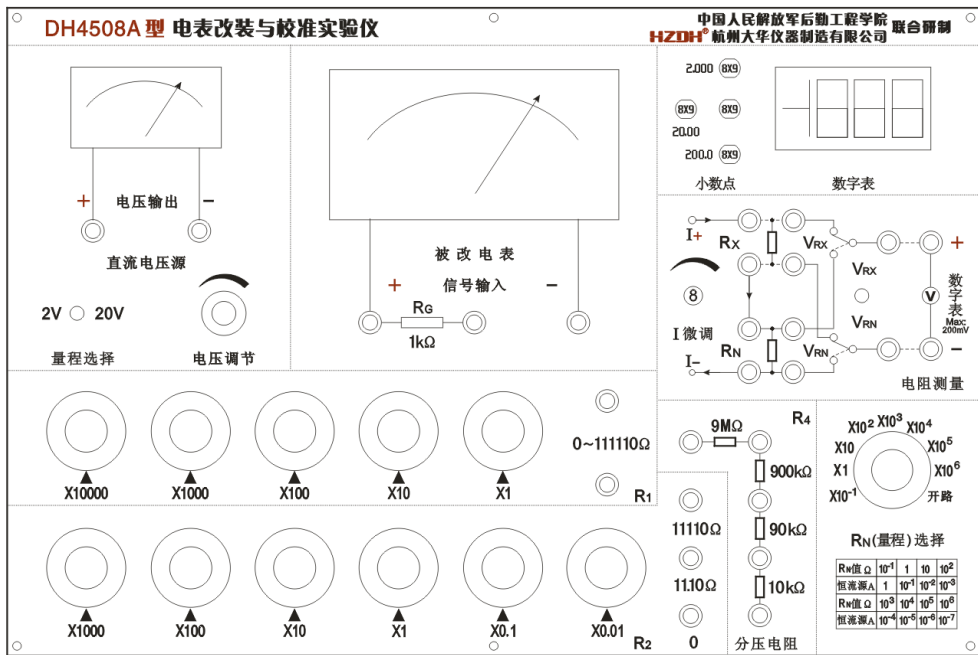
专用导线及其它部件，无需其它配件便可完成改装电流表、电压表、欧姆表等实验，通过实验能提高使用者运用电表、使用电表的能力。

二、主要技术参数

1. 指针式被改装表：量程 $100\mu\text{A}$ ，内阻约 $2.1\text{k}\Omega$ ，精度 1.5 级；
2. 电阻： R_1 调节范围 $0\sim111110\Omega$ ， R_2 调节范围 $0\sim11111.10\Omega$ ，精度 0.1%；
 R_N 调节范围 $0.1\Omega\sim1\text{M}\Omega$ ，8 挡，精度 0.05%；
 R_4 选择范围 $9\text{M}\Omega$ 、 $900\text{k}\Omega$ 、 $90\text{k}\Omega$ 、 $10\text{k}\Omega$ ，精度 0.05%。
3. 数字式被改装表： $0\sim\pm200\text{mV}$ ，三位半数显，精度 $\pm0.5\%$ ，可选小数点位置；
4. 可调稳压源：输出范围 $0\sim2\text{V}$ ， $0\sim20\text{V}$ 两量程，输出电流 20mA ，稳定度 $0.1\%/\text{min}$ ；
5. 可调恒流源：按 R_N 在 $0.1\Omega\sim1\text{M}\Omega$ 不同量程，输出在 $1\text{A}\sim0.1\mu\text{A}$ ，开路电压：约 5V ，稳定度 $0.1\%/\text{min}$ ；
6. 供电电源：交流 $220\text{V}\pm10\%$ ， 50Hz 。
7. 需要另行配套的仪器：四位半数字万用表 1 个。

三、使用说明

本仪器的面板见附图 1。



附图 1 面板示意图

可调直流稳压源分为 2V、20V 两个量程，通过“电压选择开关”选择所需的电压输出，调节“电压调节”电位器调节需要的电压。指针式电压表的指示也对应地分为 2V、20V 两个量程。其输出电流限定于 200mA 。

可调稳流源 I：其正端内部已连接 R_X 的一个电流端，其负端内部已连接至 R_N 的一个电流端，见面板示意图。按 R_N 在 $0.1\Omega\sim1\text{M}\Omega$ 不同量程，输出在 $1\text{A}\sim0.1\mu\text{A}$ ，开路电压：约 5V ，稳定度 $0.1\%/\text{min}$ ；在使用过程中，根据不同的测量对象，可通过“电流微调”旋钮调节工作电流至示值“1000”。

被改装的数字电压表的测量范围为 $0\sim\pm200\text{mV}$ ，请不要超过此范围测量。改装电

压表和电流表时，从其“+”、“-”两端输入；改装数字电阻表时， R_N 、 R_X 端的电压通过开关转换内部连接到V数表，再用短路插连到被改装数字电表输入端。

R_1 、 R_2 是一系列十进位的电阻箱。为了减小引线电阻的影响， R_2 电阻设有3个接线端子，在需要小于 11.1Ω 的阻值时，请接0~11.10两端；大于 11.1Ω 的阻值时，请接0~11110两端。注意其使用功率不得超过0.25W，电流不得超过该功率所限定的电流值，该电流的允许值在不同的电阻档位是不同的。

R_N 为改装数字电流表时的分流电阻。注意其使用功率不得超过0.25W，电流不得超过该功率所限定的电流值。其电阻已于内部连接至 R_N 的四个接线端。

R_4 用于改装数字电压表时的分压电阻，使用功率不得超过0.25W，请根据需要使用。

R_G 可用于人为地改变指针式表头的内阻，可用于研究表头内阻不同时，改装参数的变化，其使用功率不得超过0.25W。

R_X 端用于外接被测电阻，内部并没有连接电阻。所以 R_X 的四个接线端在内部是不连通的，要由外部接线来连通测量。注意：小于 10Ω 的被测电阻，请务必用四线法连接。大于 100Ω 的被测电阻，可以用两端法测量，这时 R_X 的同一侧的电位端和电流端应用短路插短路，变为两端法后测量。

四、维护与保修

- 1、仪器应按实验要求正确使用。
- 2、使用完毕后应关闭电源开关，若长期不用应拨下电源插头。
- 3、仪器应存放于没有腐蚀性物质的环境中，并保持干燥，以防腐蝕。