

淮南师范学院实验报告

学院：电子工程学院 专业：物理学 班级:24 物理 1 班

学号:2414050120 姓名 缪雨轩 日期：2025.10.11

一、实验名称：电表的改装与校准

二、实验目的：

- 1. 测量表头内阻及满度电流
- 2. 掌握将 1 mA 表头改成较大量程的电流表和电压表的方法
- 3. 设计一个 $R=1500\ \Omega$ 的欧姆表，要求 E 在 1.3~1.6 V 范围内使用能调零
- 4. 用电阻器校准欧姆表，画校准曲线，并根据校准曲线用组装好的欧姆表测未知电阻

三、实验原理：

（一）测量电流计内阻

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(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流程度，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_w 来实现，显然这时分流电阻值就等于电流计的内阻。

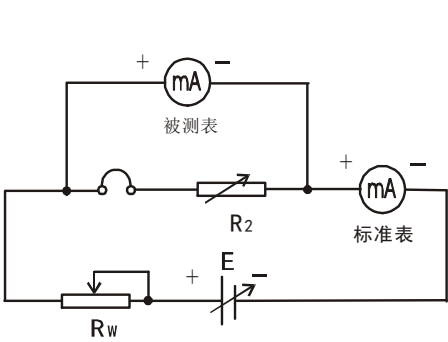


图 1

（2）替代法替代法

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。

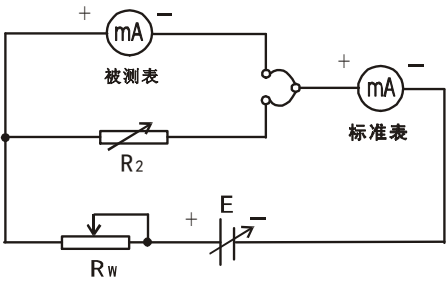


图 2

（二）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

$$R_2=R_g/(n-1) \tag{1}$$

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。

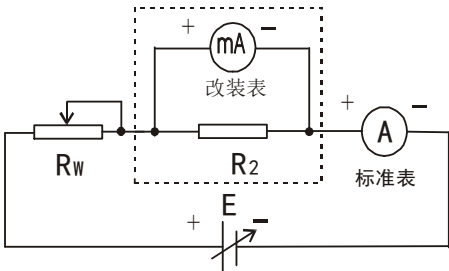


图 1

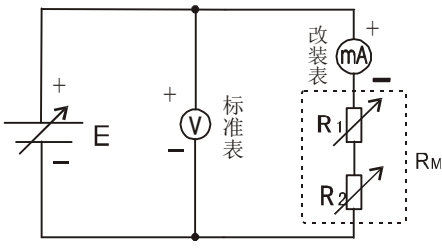


图 2

（三）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：

$$R_M = \frac{U}{I_g} - R_g \tag{2}$$

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。

（四）改装毫安表为欧姆表

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_0 为限流电阻， R_w 为调“零”电位器， R_x 为被测电阻， R_g 为等效表头内阻。图（b）中， R_g 与 R_w 一起组成分流电阻。

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_w 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(即量程)处，与电流表和电压表的零点正好相反。

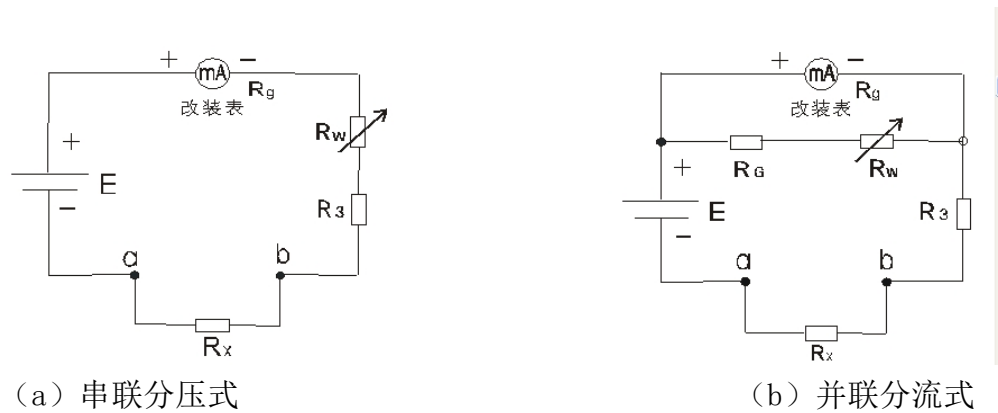


图 5 欧姆表原理图

在图（a）中，当 a、b 端接入被测电阻 R_x 后，电路中的电流为

$$I = \frac{E}{R_g + R_w + R_3 + R_x} \tag{3}$$

对于给定的表头和线路来说， R_g 、 R_w 、 R_3 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

$$I = \frac{E}{R_g + R_w + R_3} = I_g \tag{4}$$

这时指针满偏
当 $R_x=R_g+R_w+R_3$ 时

$$I = \frac{E}{R_g + R_w + R_3 + R_x} = \frac{1}{2} I_g \tag{5}$$

这时指针在表头的中间位置，对应的阻值为中值电阻，显然 $R_{中} = R_g+R_w+R_3$ 。
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
欧姆表在使用过程中电池的端电压会有所改变，而表头的内阻 R_g 及限流电阻 R_3 为常量，故要求 R_w 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，范围取 1.3~1.6V 即可。

三、主要仪器设备: DH4508 型电表改装与校准实验仪

四、实验步骤：

1. 用中值法或替代法测出表头的内阻
2. 将一个量程为 1mA 的表头改装成 5mA 量程的电流表
 - （1）、根据式①计算出分流电阻值，先将电源调到最小， R_w 调到中间位置，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_w 变阻器），这时记录标准表读数。注意： R_w 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 1mA（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 20mA 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表 1。
3. 将一个量程为 1mA 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_v 的阻值，可用 R_1 、 R_2 进行实验。
 - （2）、按图 4 连接校准电路。用量程为 2V 的数显电压表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表 2
 4. 改装欧姆表及标定表面刻度
 - （1）、根据表头参数 I_g 和 R_g 以及电源电压 E ，选择 R_w 为 $470\ \Omega$ ， R_3 为 $1K\ \Omega$ ，也可自行设计确定
 - （2）、按图 5（a）进行连线。将 R_1 、 R_2 电阻箱（这时作为被测电阻 R_x ）接于欧姆表的 a、b 端，调节 R_1 、 R_2 ，使 $R_{中} = R_1+R_2=1500\ \Omega$ 。
 - （3）、调节电源 $E=1.5V$ ，调 R_w 使改装表头指示为零。
 - （4）、取电阻箱的电阻为一组特定的数值 R_{x1} ，读出相应的偏转格数 d_i 。

六．原始数据记录：

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	
0.5	0.50	0.50	0.50	0.00
1	0.99	1.01	1.00	-0.02
1.5	1.49	1.49	1.49	0.00
2	1.99	1.97	1.98	0.02
2.5	2.45	2.45	2.45	0.00
3	2.93	2.93	2.93	0.00
3.5	3.41	3.41	3.41	0.00
4	3.92	3.93	3.93	-0.01
4.5	4.38	4.41	4.40	-0.03
5	4.93	4.93	4.93	0.00

表 1 5mA 电流表的校准

改装表读数（V）	标准表读数（V）			示值误差 ΔU （V）
	增大 1V	减小 1V	平均值	
0.15	0.152	0.150	0.151	-0.002
0.3	0.303	0.301	0.302	-0.002
0.45	0.454	0.451	0.453	-0.003
0.6	0.607	0.601	0.604	-0.006
0.75	0.748	0.742	0.745	-0.006
0.9	0.891	0.884	0.888	-0.007
1.05	1.040	1.033	1.037	-0.007

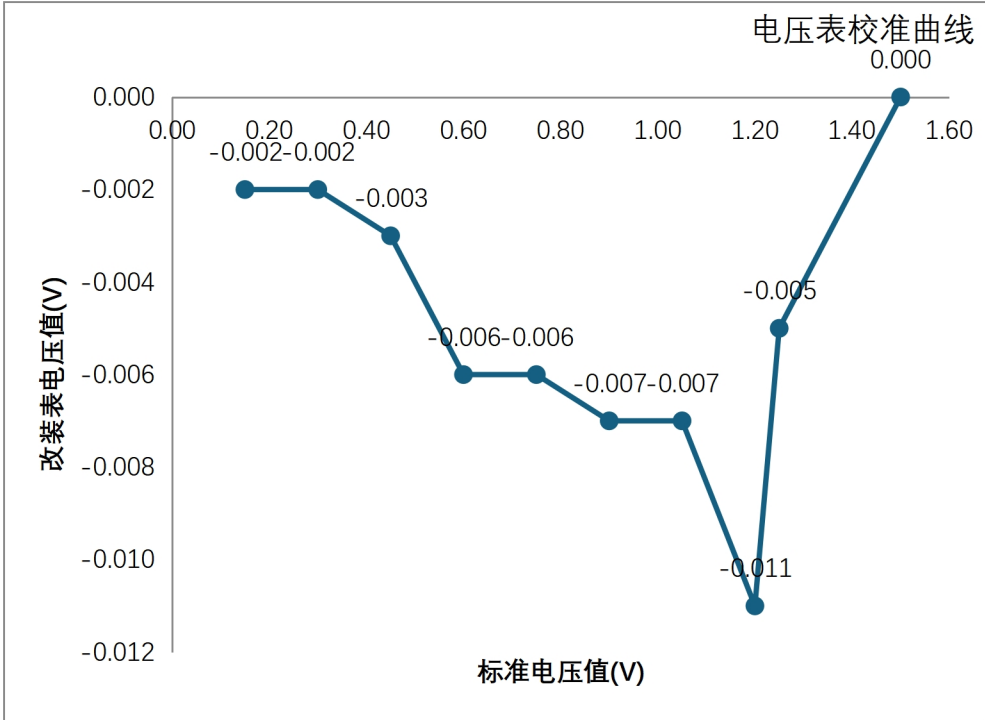
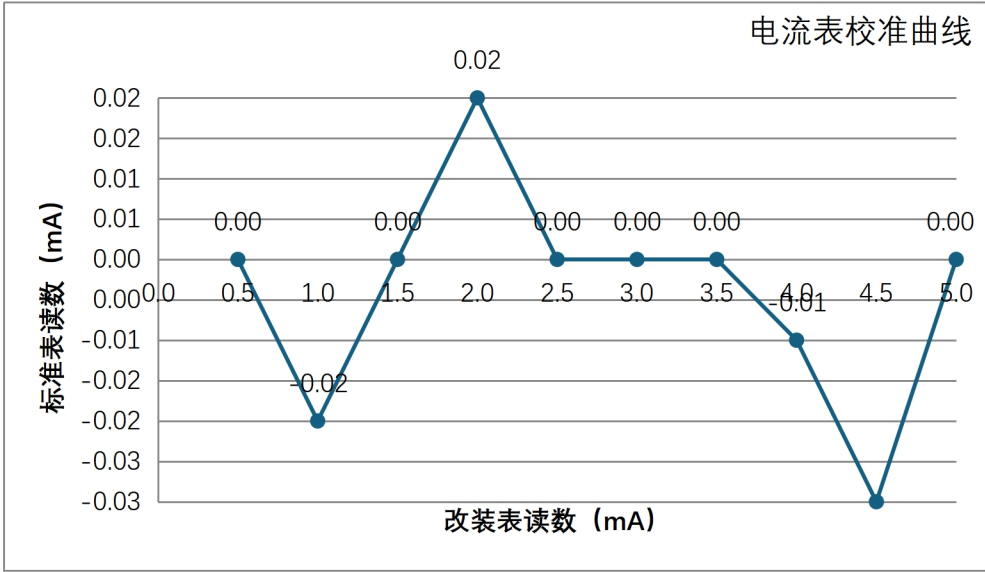
改装表读数 (V)	标准表读数 (V)			示值误差 ΔU (V)
	增大 1V	减小 1V	平均值	
1.2	1.193	1.182	1.188	-0.011
1.25	1.333	1.328	1.331	-0.005
1.5	1.490	1.490	1.490	0.000

表 2 1.5 V 电压表的校准

RxI (Ω)	$\frac{1}{5} R_n$	$\frac{1}{4} R_n$	$\frac{1}{3} R_n$	$\frac{1}{2} R_n$	E=1.5V	2R 中	3R 中	4R 中	5R 中
偏转格数 (di)	33	30	24	16	0	16	30	33	33

表 3 欧姆表标定用偏转格数

七、数据处理：



八、实验结果与讨论:

(1)主要结果 改装电流表分流电阻： $(R_2 = 7.5)$ ；改装电压表串联电阻： $(R_M = 1470)$ 。 校准结果给出最大示值误差： $(|I| = 0.03)$ （在 4.5 mA 点）， $(|U| = 0.011)$ （在 1.20 V 点）。对应准确度评定均满足 ≤ 1.0 级 要求。

(2)现象与合理性 电流表 (I) 在各点呈小幅正负交替，表明分流电阻选取与接触电阻稳定性较好；4.0–5.0 mA 区间出现轻微负偏差，推测与指针摩擦/线圈升温致 (R_g) 微增有关。电压表 (U) 随电压升高略增大，符合串联扩程后等效内阻较高、输入电流更小、受接触噪声与刻度读取影响更显著的直觉。递增/递减回程差异很小（表 1 与表 2 的“增/减”平均差不超过 (0.01)、(0.01)），说明机械回差可忽略。

(3)欧姆表 在 $(E = 1.5)$ 下可调零，且中值阻 $(R = 1500)$ 处半偏，刻度在高阻端显著压缩、在低阻端稀疏，符合 $(I/(R_+R_x))$ 的非线性规律；建议在 中值附近 读数以获得最佳相对分辨率，并通过校准曲线换算未知电阻。

(4)误差与改进 系统误差：扩程电阻温漂、接线接触电阻、标准表不确定度叠加；应选用金属膜电阻并进行四端接线/端钮清洁。随机误差：指针读数视差（建议使用镜面刻度）、回差、摆动；可采用 三次往返读数取均值，并在满量程 30 – 90% 区域校准。

方法改进：

- 1) 采用 多点最小二乘线性校准，对改装电压表建立 $(U_+)-(U_-)$ 拟合并修正刻度；
- 2) 电流表在高电流端采用 分段分流（两段 (R_2) 切换）以降低末端相对误差；
- 3) 欧姆表标度以校准曲线为准，必要时在表盘上重新贴标，给出关键阻值的“对点”标记。

(5)结论 本次改装的 5 mA 电流表与 1.5 V 电压表经校准后，准确度分别约为 0.6% 与 0.73%，满足教学实验的 1.0 级精度要求；欧姆表能在合理范围内调零并完成刻度标定，能用于一般未知电阻的直读测量。