

实验 42 简易欧姆表的设计

欧姆表是多用表的一个单元，用来测量电阻的阻值。本实验主要熟悉欧姆表的设计及校正。

【实验目的】

1. 复习巩固电学基本仪表的使用方法和误差处理的原则。
2. 设计并组装一个不带量程变换的欧姆表。
3. 学会自己确定欧姆表的表盘刻度尺，并能用较准确的电阻箱进行校准。
4. 培养动手能力和独立解决实际问题能力。

【实验要求】

1. 写出欧姆表测量电阻的原理，画出测量电路图，写出相应的计算公式。
2. 根据实验条件计算出限流电阻的上、下限阻值。
3. 计算中值电阻。
4. 组装一个不带量程变换的欧姆表。
5. 分析讨论误差产生的原因。

【实验提示】

1. 实验原理

欧姆表是测量电阻的仪器，图 1 为欧姆表的测量原理图。微安表的内阻为 R_g ，量程为 I_g 。 \mathcal{E} 为电源电动势，它的内阻

为 r ，它与限流电阻 R_0 、可变电阻 R 、待测电阻 R_x 串联。

R_x 接在红、黑两点之间。由闭合电路的欧姆定律可知，接

入待测电阻 R_x 后，表头所指示的电流 I_x 为

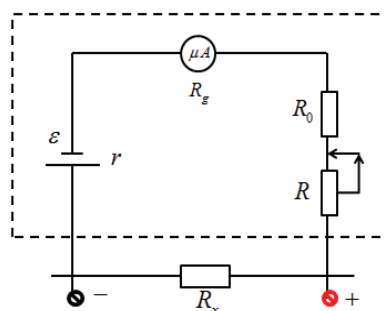


图 1

$$I_x = \frac{\mathcal{E}}{(r + R_g + R + R_0) + R_x} \quad (1)$$

由上式可知：对给定的欧姆表，电流 I_x 与电阻 R_x 有一一对应关系，所以由表头指针位置可

知 R_x 的大小。为了读数方便我们在刻度盘上直接标出欧姆值。

$$R_x = \frac{\mathcal{E}}{I_x} - (r + R_g + R + R_0) \quad (2)$$

下面介绍三个特殊的刻度：

1.1 当 $R_x = 0$ 时，即 a、b 间短路的时候；

调节 R 使电路中电流为

$$I_g = \frac{\varepsilon}{r + R_g + R + R_0} \quad (3)$$

此时电流强度最大，表头指针应指在满刻度处，这个刻度就是电阻值的零刻度。

1.2 当 $R_x = \infty$ 时，即 a、b 间断路的时候；

此时电路中的电流为零，所以表头指针停留在最初的刻度上，这个刻度就是电阻为无穷大时的刻度。

1.3 当 $R_x = r + R_g + R_0 + R$ 时，即待测电阻值刚好等于电阻挡的内部电阻时，电流为：

$$I = \frac{\varepsilon}{2(r + R_g + R_0 + R)} = \frac{I_g}{2} \quad (4)$$

这时表头的指针刚好指在表面正中央的位置，这个刻度值表示的电阻值 $R = r + R_g + R_0 + R$

称为欧姆挡的欧姆中心(或称中值电阻)，用 R_z 来表示，即：

$$R_z = R_g + r + R_0 + R \quad (5)$$

R_z 是由综合内阻 $R_g + r + R_0 + R$ 而定的，它可以随需要决定。也就是说，可以根据设计需要来选定。万用表大多数采用 12Ω 和 24Ω 为电阻挡刻度的欧姆中心。

综上所述，图 1 所示的电路可以测量 $0 \sim \infty$ 范围内的所有电阻值。依据被测电阻与电流的对应关系(2)式，只要将表头的标尺预先按已知电阻值划分刻度，就可以直接用来测量电

阻。因为 $R_x = \infty$ 时， $I_x = 0$ ，表头指在零位； $R_x = R_z$ 时， $I_x = \frac{I_g}{2}$ ，表头指针在标度尺正

中点； $R_x = 0$ 时， $I_x = I_g$ ，表头指针在标度尺的量限 I_g 处。所以欧姆表的刻度尺为反向刻

度的，且刻度是不均匀的，电阻 R_x 越大，刻度间隔越密。

2、电阻挡的调零问题

由于电池经过一段时间的使用以后，电动势有所下降，电阻显著增大。为适应电源的这种变换可在表头回路中串联一个电位器 R 作为“调零电阻”，调节 R 可改变通过表头的电流 I 。例如，当电池电压低于设计值时，可将 R 的滑头向右滑动，使分压电阻增大，分流电流减小，表头电流增大到满刻度。为了获得足够的调节范围， R 的值不能去的太小，在选其值大小时可按下式计算：

$$R \geq \frac{1}{2} R_s \quad (6)$$

式中， R_s 为总的分流电阻。

3、电阻挡的量程变换

欧姆表标度为不等分的倒刻度，电流 I_x 与电阻 R_x 的关系为非线性的。误差理论证明，

只有 R_x 在欧姆中心附近时，误差才比较小，所以欧姆表再在使用时，只有读数在欧姆中心值的 $1/5 \sim 5$ 倍范围内才较准确。因为当被测阻值比欧姆中心值大得多时，其值是无法读出的，即使读出来也会有很大的读数误差。为了准确地读数，电阻按十进位分挡。分挡后，各挡都有各自的欧姆中心。为了能够通用一条欧姆标度尺，这条标度尺的分度值是以该挡的电阻值的千分之一标定的，所以，这一挡是 $R \times 1k\Omega$ ，以下各挡为 $R \times 100$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 1$ 。由欧姆中心的计算公式：

$$R_z = \frac{\varepsilon}{I_g}$$

可见，要改变 R_z 有两种方法：一种是保持 I_g 不变，提高电源电动势的值，可以提高 R_z

继而可以测量较高电阻值的电阻；另一种方法是保持电源电动势不变而增大 I_g ，则可减小

R_z 。分流电阻越小，则 R_z 越小，这样就可以测量较低的电阻了。

【实验仪器】

滑线变阻器（全电阻分别为：140），微安表（量程是 $100 \mu A$ ），电阻箱（最大允许电阻 99999.9Ω ）五个，5号电池一节，单刀、双刀开关各一个，导线若干条。

【问题与讨论】

- 1、为什么不能用万用表欧姆挡测量电源电阻？
- 2、怎样用欧姆表测量表头内阻？
- 3、为什么 I_x 与 R_x 为非线性关系？
- 4、MF-30 万用表欧姆计有 $\times 1$ ， $\times 10$ ， $\times 100$ ， $\times 1k$ ， $\times 10k$ 五挡，其中值电阻分别是 25Ω ， 250Ω ， $2.5k\Omega$ ， $25k\Omega$ ， $250k\Omega$ 。试说明测量下列电阻时，选择哪一档误差最小：
 $R_{x1} \approx 300\Omega$ ， $R_{x2} \approx 40\Omega$ ， $R_{x3} \approx 8k\Omega$ ， $R_{x4} \approx 100k\Omega$ 。

【注意事项】

- 1、万用表的红表笔接欧姆表内电源的负极，黑表笔接正极；
- 2、量程每变一次，都必须调节电位器，使指针满偏（指向 0 欧姆）；
- 3、测量时，人手不能同时触及电阻或表笔的两端；
- 4、为提高测量精确度，选择量程时，应使指针尽可能在表盘中心附近；
- 5、测完电阻，应将万用表的转换开关拨到交流最高电压挡，不能放在欧姆挡。

附录