



实验万用电表

曹俊青編

上海科学技术出版社

实驗万用电表

曹俊青編

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书对于万用电表的装制用图解对照的方法作了詳細的介紹,可供实验时的参考。书中介紹三种电路结构不同的万用电表,各有具体的和系統的装配步骤图,对于万用电表的应用零件、工作原理、校驗和修理常識,也有适当的介紹。

本书可供无綫电爱好者和广播工作者参考。

实 驗 万 用 电 表

曹 俊 青 編

上海科学技术出版社出版(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

洪兴印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

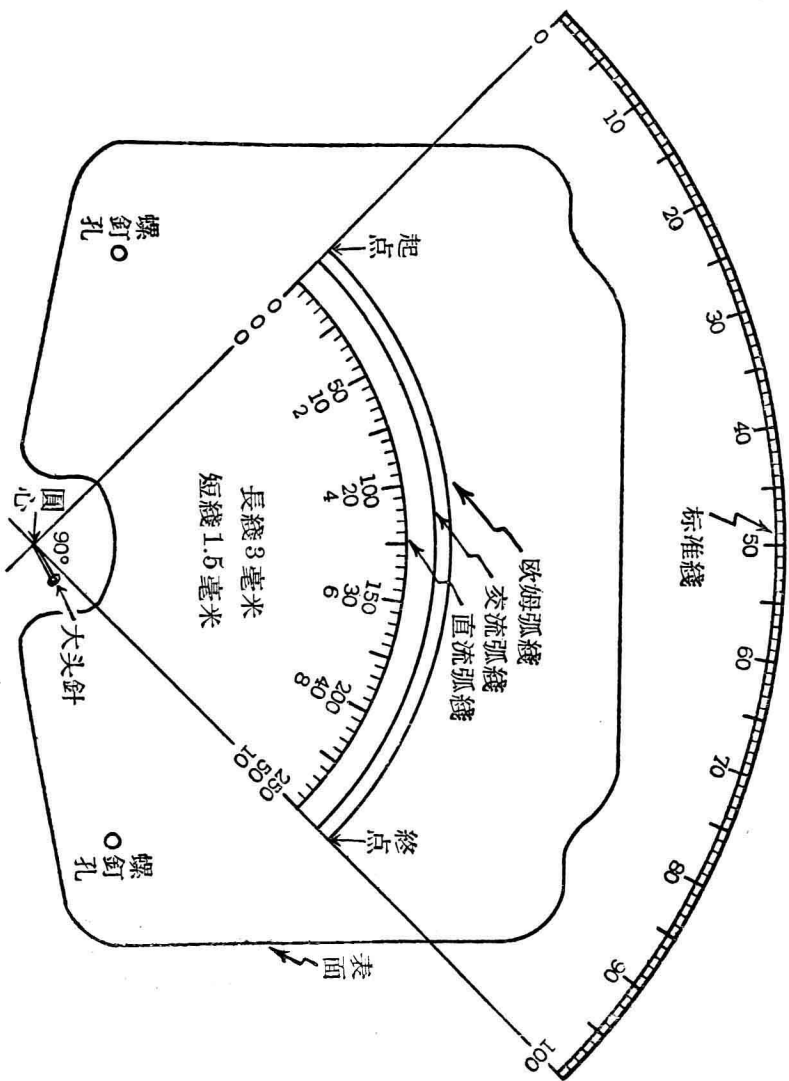
开本 787×1092 1/32 印张 4 16/32 插頁 1 排印字数 95,000

(原科技版印 13,500 册 1958 年 3 月第 1 版)

1959 年 3 月新 1 版 1965 年 8 月第 3 次印刷

印数 34,501—54,500

統一書号 15119·632 定价(科四) 0.50 元



附图 4

前 言

万用电表是一种可以测量电流、电压及电阻数值的复用电表，也是装制和修理各种无綫电机或其他电机时必需的一种仪器。万用电表要有相当的准确度，現在市上已有很多型式的現成制品，但自己装配万用电表并不困难，所需費用不多，而制成后的万用电表也都很准确耐用。

本书中共介紹三种电路結構不同的万用电表：前两种是用普通(0~1毫安)表头装制的，其中一种利用变换插口的地位来变换测量的范围；另一种則利用变换开关的接触点来变换测量的范围；第三种是用高灵敏(0~50微安)表头装制的，也利用轉換开关来变换测量的范围，但是测量的范围却比前两种更广。这三种万用电表所用的表头和零件，都是市上較易买到的；凡是不容易买到的精确零件如阻值很小及阻值畸零不整的电阻器等，則介紹自制的方法。

本书的第一章，把装制万用电表所需的零件作了詳細的說明，对于上述三种万用电表所用的面板和表箱，都注有尺寸，以便讀者仿制。第二章是万用电表的工作原理簡述。第三、四两章是上述三种万用电表的实验方法，对于每一种电路的結構，都先加以詳細的分析，然后再用实体接綫图，把装接的順序一一列出。第五章介紹这些自制的万用电表校驗和修理的方法，以及使用万用电表时應該注意的地方，这对于万用电表的維護是非常重要的。

最后，在附录里面，有万用电表表面的繪制方法、零件数值的換用表和常用的計算公式，并附有实例，以供参考。

目 录

前 言

第一章 应用零件的說明	1
第一节 表头	1
第二节 氧化銅整流器	7
第三节 各种开关	11
第四节 电池	13
第五节 电阻器	15
第六节 面板和表箱	18
第七节 其他零件	21
第二章 万用电表的工作原理	23
第一节 怎样扩大直流电流的測量范围	23
第二节 怎样測量直流电压	30
第三节 怎样測量电阻	38
第四节 怎样測量交流电	50
第五节 測量范围的确定	56
第三章 普通万用电表的实验	59
第一节 插口换接式万用电表	59
第二节 开关换接式万用电表	70
第四章 高灵敏度万用电表的实验	80
第一节 电路的分析	84
第二节 装制的順序	90
第五章 万用电表的校驗、使用和修理	95
第一节 万用电表的校驗	95
第二节 使用万用电表时应该注意的地方	100
第三节 万用电表的修理	103

附 录	106
(一) 万用电表表面的繪制	106
(二) 表头的內阻不同时,零件数值的換用表	119
(三) 中心点阻值不同时,零件数值的換用表	122
(四) 测量的范围不同时,零件数值的換用表	123
(五) 万用电表常用的簡單計算公式	127

第一章

应用零件的說明

万用电表中的应用零件不多，但这些零件的品质与万用电表的准确性有很大关系，所以正确認識和购用零件是有重要意义的。

第一节 表 头

万用电表是由一只灵敏的直流电流表加上若干零件所組成的，这只“灵敏的直流电流表”通常称做“表头”。表头的品质直接影响着万用电表的准确性，所以应当很好地了解它的性能和构造。

(一) 表头的性能

万用电表常用的表头，有圓形的，也有方形的。直徑約为51~102毫米(2~4吋)。表头的左端有一根細长的指針，能够随着通过电流的大小，向右作不同程度的偏轉。指針的下面是一張表面，印有一条(万用电表或有多种測量范围的表头则有好几条)已經校准好的标度，用来标明通过电流的数值。

在正常情況下，指針未使用时停留在表头的最左端，剛指在“0”的地位，見图 1-1。如果它沒有对准着“0”，就应该用小旋凿旋动表盖中部的螺釘来校准，否則測量的結果就不准确。

凡是表头中通过的电流愈小，而指針偏轉得愈多的，这种表头就愈灵敏。表头的灵敏程度，用灵敏度高、低来表示。一只称作“0~1毫安”的表头，就是說这只表头在沒有使用以

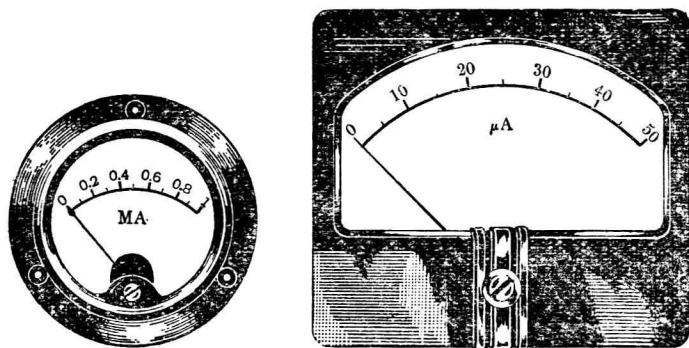


图 1-1 两种表头的外形

前，它的指针始终停留在表面的最左端，指在“0”的地位，当有1毫安的电流通过时，指针便会由“0”转到最右端，指向“1毫安”的地位。又如一只称作“0~50微安”的表头，只要有50微安（1毫安的二十分之一）的电流通过，就可使它的指针由“0”转到最右端了。无疑的，0~50微安的表头，它的灵敏度要比0~1毫安的表头高20倍。

指针转到表面的最右端时，我们叫做“满标度偏转”。

指针偏转的多少，和通过的电流大小成正比。要是通过的电流数值只有满标度时的一半，那末指针就停留在表面的正中。应该注意的是：0~1毫安的表头，通过的电流不可超过1毫安，否则它的指针就会因挥摆过度而撞弯；如果通过的电流超过得太多，表头内部的线圈也会因发热过度而烧断。同样的，一只0~50微安的表头，通过的电流不能超过50微安。

表头在使用的时候，正、负也不能接反，接反了，指针就会向相反的方向偏转，亦将使指针受损。表头的背后，有两个接线柱，上面注有“+”号和“-”号，就是表头的正端和负端。有



的表头只在正端的接綫柱頂上刻一个“+”号，或者在正端的接綫柱上涂上紅色，来代替“+”号。

普通的万用电表采用 $0\sim 1$ 毫安的表头已經可以胜任了，事实上很多万用电表都是用 $0\sim 1$ 毫安的表头来装制的，所以用这种表头装制的万用电表叫做普通的万用电表。灵敏度較高的万用电表則需要 $0\sim 50$ 微安等灵敏度很高的表头来装制，用这种表头装制的万用电表叫做高灵敏度万用电表。

采用高灵敏度的表头装制的万用电表在測量較小的电流时，讀数比較清晰；在測量电压(尤其是低电压)时，因为它分取被測电路里的电流很小，所以測量的結果更为准确。此外，用它来測量电阻的时候，所需要的电池数量也很少。关于这些，我們将在第二章加以說明和比較。

在灵敏度相同的表头中，凡是直徑愈大，讀数也愈清晰，因为表头的直徑愈大，表面上的标度弧綫也愈长；弧綫长了，分格一定愈多；分格多了，讀数当然更清晰了。所以一般用作万用电表的表头，直徑不宜小于 76 毫米 (3 吋)，而方形的比圓形的更为适用。

我們在购买表头的时候，除了要知道它的灵敏度之外，还应当知道它的內阻，也就是表头內部綫圈的直流电阻。一般 $0\sim 1$ 毫安的表头，內阻大多在 $25\sim 105$ 欧之間，其中以 27 欧的一种最为普遍； $0\sim 50$ 微安的表头，內阻有低至 500 欧以下的，也有高至 2,100 欧的，而以 2,000 欧的一种最普遍。表头的灵敏度和內阻阻值是装制万用电表时一切数值的依据，所以非常重要。成品的新表头，这两項数字都是有說明的，初学的讀者最好购买成品的新表头来装制万用电表。至于灵敏度的高低和直徑的大小，則可以根据自己的需要来决定：或者选用 $0\sim 1$ 毫安的表头；或者选用 $0\sim 50$ 微安的表头。

(二) 表头的构造

装制万用电表时,免不了要揭开表头的盖来更换表面;即使表头上已经附有“万用电表面”的,也未必适用或准确,所以我们有必要了解一下表头内部的构造。

图 1-2 是表头内部的构造简图,当我们把表头上的螺钉旋下,揭开表盖之后,可以看到一块磁性很强的永久磁钢,它的两极相对,并且大多制成圆形。两极的磁场当中有一块圆柱形的软铁,周围留出一圈距离相等的空隙,线圈就装在这个空隙里面。

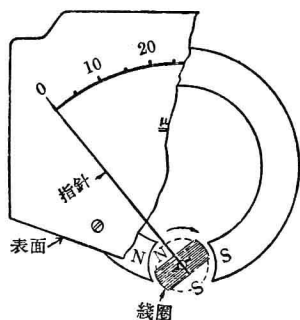


图 1-2 表头内部的构造。当电流依照规定的方向通过线圈时,线圈上便产生磁场,和磁极发生“相斥”的作用而转动

线圈是用很细的漆包线在长方形的铝质框架上绕成的,表头的内阻,便是指这只线圈的直流电阻。线圈上下两面的中心各装有金属轴梗,附有两盘弹簧游丝,轴梗的尖端支在宝石轴承内,整个线圈就被准确地架在磁场的正中,所以当它在软铁周围的磁场里转动时,不会和软铁或永久磁钢的两极相碰。

线圈上部附有很轻的铝质指针,指针的尾端套有平衡用的金属环,线圈转动时,指针也就跟着转动。

为什么线圈中通过了电流会转动呢?原因很简单:当电流依照我们规定的方向通过线圈时,线圈就产生了磁场,由于靠永久磁钢的南极(图中的 S)一面的磁感方向也是南极,靠北极(图中的 N)一面的也是北极,根据“同性相斥”的特性,线圈

便朝着順时針方向(图中的箭头)轉动。轉动的多少和通过的电流大小成正比:电流愈大,轉动的范围也愈大;反之則小。

如果通过綫圈的电流方向相反,那末綫圈便将朝着反时針方向轉动,为了避免指針作反方向轉动,所以綫圈上也就是表头上要規定正端和負端,以便接到电源的正极和負极上。

不要忘記,綫圈上还附有两盘彈簧游絲,它們的回旋方向是相反的,在正常情況下,它們把綫圈固定着使指針指着“0”的地位上,当綫圈轉动时,其中一盘游絲被絞紧,另一盘却相反地放松了,于是产生了“將綫圈拉回原处”的力量。如果綫圈的动力和游絲的拉力相等时,綫圈便停止轉动,这时我們可以由指針停留的地位,从預先校准好的标度上讀出电流的数值来;而当通过綫圈的电流截断时,游絲就馬上把綫圈和指針拉回原处。

这两盘彈簧游絲还有两个用处:

(1) 綫圈上所用的綫是很細的,要是直接引出,很容易折断,有了两盘游絲,綫圈上的两个綫头便可就近分別接在两盘游絲的内端,然后再用較粗的导綫从游絲的外端引到表头的正負两个接綫柱上去。

(2) 上面一盘游絲的外端,連接着一片叉状的銅片,移动这片銅片时,可以改变綫圈和指針在靜止时的地位。如果指針在靜止时并不指在“0”端,可以調整这个銅片来校准,所以这銅片叫做“零点校整器”。我們在讲表头的性能时,曾提到过表盖中部的一个螺釘,那个螺釘的下部有一个突出的小針,当盖上表盖时,小針就嵌在銅片的叉里,因此我們能够在表盖外面校整指針的地位。图 1-3 就是綫圈、指針、游絲及零点校整器的装置情形。

接下来,我們要讲一讲那只鋁质綫圈框架的作用。

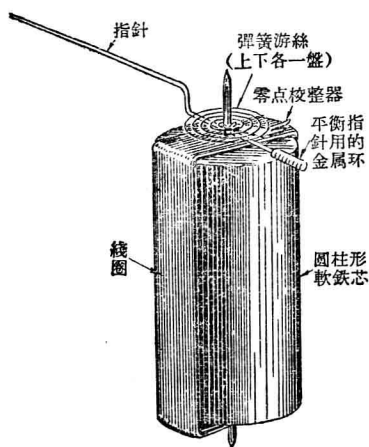


图 1-3 线圈、指針、游絲及零
点校整器的装置情形

线圈是繞在框架上的，线圈轉动时，当然要帶着框架一同轉动。框架的本身既然是鋁质的金属，在磁場中轉动时，就一定会截割磁綫而产生感应电流，同时也产生动力，使自己朝反时針方向轉动，直到綫圈停止轉动时，这个作用才停止。

框架的这个作用，就使得綫圈在轉到应有的地位时，能够很快地停止搖摆，讓我們能及早地讀出指数。否

則綫圈在轉动后，将因慣性而搖摆不停，我們亦将等待多时才能讀出确数来。

最后，我們还得談談表头的灵敏度跟构造的关系，以便对表头的选择和维护上，有一些概念。

表头灵敏度的高低，决定于永久磁鋼磁性的强弱、綫圈的大小、匝数的多少、指針的长短輕重、宝石軸承的优劣及彈簧游絲的軟硬程度等六个因素。不过一般表头中所用的磁鋼，总是磁性很强的；綫圈的面积虽然愈大愈好，总得适可而止，如果太大，就会使重量增加，反而得不偿失；指針总是采用輕而坚韧的金属薄片制成，以減輕重量；軸承也总是选取上品的；至于彈簧游絲，則总是采用彈性优良的磷銅片繞成，以质地柔軟而能剛好支持綫圈和指針为度。所以表头灵敏度高低的主要因素，大多数还是决定在綫圈的匝数上。通常灵敏度高的表头，匝数都很多，为了顧到綫圈的重量和繞綫的地位，

用的綫极細,因此表头的灵敏度愈高,綫圈的內阻就愈大。有时在其他几种因素不够好的限制下,一般也往往增加綫圈的匝数,来增强綫圈的磁場,以提高灵敏度。所以灵敏度相同的表头,也可以有不同的內阻。

从上面这些和灵敏度有关的因素方面,我們当可知道:表头的各部分是比较脆弱的,绝对經不起剧烈地震动,买来以后,应当小心地放在盒內,也不要常把表盖打开,以免沾上灰尘,影响它的灵敏度。

第二节 氧化銅整流器

表头是直流电流表,不能用来测量交流电。但如果先把交流电經過整流,使它变为直流电以后,就可以用表头来测量了。

万用电表中常用氧化銅整流器来担任整流工作。氧化銅是一种經過特殊处理的銅片,它的一面是純銅,另一面是一层氧化銅(实际上是氧化亚銅,习惯上称它为氧化銅)薄膜,如图1-4。

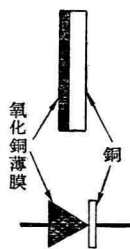


图1-4 氧化銅及其符号

氧化銅具有“单向导电”的特性,它可以让电流順利地从銅流向氧化銅,但很难使电流从氧化銅流向銅,即电流从銅流向氧化銅时受到的电阻很小,而从氧化銅流向銅时受到的电阻很大,两者之間阻值之比約为1:40或更大。假定正方向(由銅至氧化銅)通过的电流是1毫安,那末反方向(由氧化銅至銅)通过的电流是1/40毫安。

氧化銅具有这种特性,所以可以用在万用电表中,作为变交流为直流的整流器。这种用氧化銅来担任整流工作的整流器就叫做氧化銅整流器。

常用的氧化銅整流器有全波的和半波的二種。全波整流器由四片氧化銅組成，一般接成“橋式”，它的外形及符號如圖 1-5 及 1-6。在使用的時候，我們應當把圖中注有“~”號的兩焊片分別接在交流電源上，注有“+”號和“-”號的兩焊片分接表頭的正、負兩個接線柱，如圖 1-7。要是所買的氧化銅整流器式樣類似圖 1-5 左邊那一種，那末使用時應當把兩個有“+”號的焊片用綫連起來，作為一個正極；並不是任何一個有

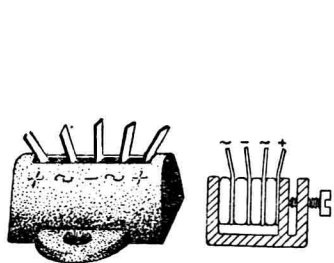


圖 1-5 兩種全波橋式氧化銅整流器的外形

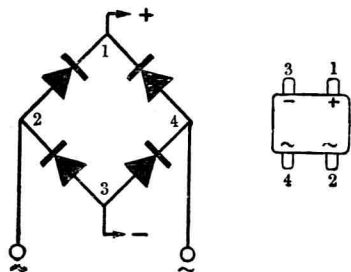


圖 1-6 全波橋式氧化銅整流器的兩種符號

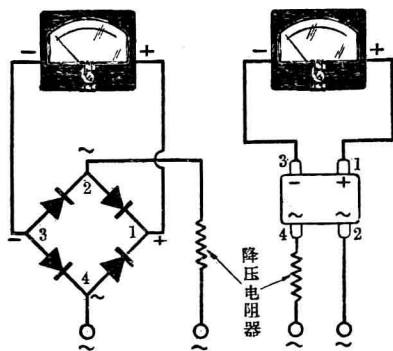


圖 1-7 全波橋式氧化銅整流器和表頭的接法

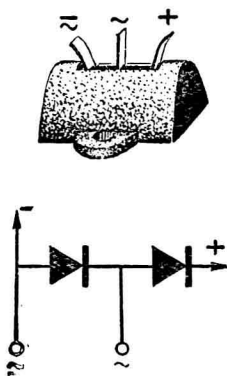


圖 1-8 半波氧化銅整流器的外形及符號

“+”号的焊片都可以单独地作为正极,这是应该注意的。

半波氧化铜整流器是由两片氧化铜组成的,它的外形及符号如图 1-8。用作半波整流,似乎只需一片氧化铜就可以了,为什么这里却要两片呢?原因是当我们用一片氧化铜接在表头上担任整流工作时,事实上正方向和反方向是都有电流通过的,虽然反方向通过的电流只有正方向的 1/40,但已经会使表头的指针摇摆不定,不易读出确数了,所以我们加用一片氧化铜,把它并联在表头及第一片氧化铜之间,如图 1-9,连接的方向,跟第一片氧化铜是相反的,这样一来,绝大部分的反向电流都从第二片氧化铜中通过,就不致影响读数了。

在万用电表中,通过氧化铜整流器的电流都很小,例如用 1 毫安的表头时,通过的电流最大只有 1 毫安;用 50 微安的表头时,通过的电流最大只有 50 微安,所以氧化铜的体积可以做得很小,一般直径只有 5 毫米左右,常用的全波桥式氧化铜整流器的体积也不到 1/2 立方厘米。

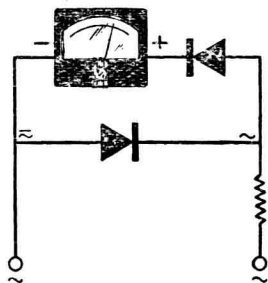


图 1-9 加上了第二片氧化铜后,指针就不会摇摆不定了

购买氧化铜整流器的时候,可以用欧姆表中测量中等阻值(一般注着“ $R \times 100$ ”)的一档来测量它,因为氧化铜的阻值会随着通过电流的不同而改变,这一档通过的电流大多在 1 毫安左右,跟我们所用的表头是差不多的。

测量时,先将欧姆表的校验棒正极接氧化铜整流器我们注有“+”号的焊片,负极接注有“~”号的焊片,这时的阻值一定较小;然后调一个向,就是将欧姆表的负极接氧化铜整流器上注有“+”号的焊片,而正极接注有“~”号的焊片,这时的阻

值一定很大，只要两者之比在 1:40 以上的都可用，如果比数在 1:40 以下，就不能用了。

上面所讲的，是测量氧化铜整流器中两片氧化铜之间阻值之比的方法；对于其他各片氧化铜，则应按照下面所举的例子逐一测量。目前市售的氧化铜整流器品质都很好，阻值之比一般在 1:40 以上，只有在注有“~”号的两片之间测量时，

则无论正反，阻值都差不多，这是应有的现象。各项测得的阻值，应当记录下来，我们在装制高灵敏度的万用电表时，这些数值是很有用的。

在测试一只全波桥式氧化铜整流器的时候，应将它的四只焊片依次注上 1、2、3、4 四个数字，如图 1-10。现在把它的测试顺序和结果举例如下，给初学的读者作为参考。所应注意的是：一般氧化铜整流器的阻值各不相同，阻值之比亦不尽一样，可能和例子里的数值有很大的出入，这是不足为奇的。

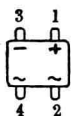
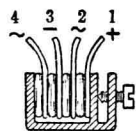


图 1-10 测试时在焊片上注上数字

测试的顺序	欧姆表正极所接的焊片	欧姆表负极所接的焊片	测得的阻值(欧)
1	1(+)	2(~)	500
2	2(~)	1(+)	85,000
3	1(+)	4(~)	500
4	4(~)	1(+)	90,000
5	3(-)	2(~)	90,000
6	2(~)	3(-)	500
7	3(-)	4(~)	85,000
8	4(~)	3(-)	500
9	1(+)	3(-)	1,000
10	3(-)	1(+)	180,000
11	2(~)	4(~)	72,000
12	4(~)	2(~)	75,000