

初級無線電實驗小叢書

實 驗 萬 用 電 表

曹 俊 青 編

科 學 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書是「初級無綫電實驗小叢書」的一種，對於萬用電表的裝制用圖解對照的方法作了詳細的介紹，可供實驗時的參考。書中介紹三種電路結構不同的萬用電表，各有具體的和系統的裝配步驟圖，對於萬用電表的应用零件、工作概況、校驗和修理常識，也有適當的介紹。

本書可供無綫電愛好者和廣播工作者參考。

實 驗 萬 用 電 表

編 者 曹 俊 青

*

科學技術出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 號

上海啟智印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·632

開本 787×1092 毫米 1/32 · 印張 5 1/16 · 插頁 1 · 字數 85,000

1960 年 3 月第 1 版

1968 年 3 月第 1 次印刷 · 印數 1—8,500

定價 (10) 0.70 元

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無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，國內外有很多型式的現成制品，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。

本書是〔初級無綫电实验小叢書〕的一种，書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）表头裝制的，其中一种利用变换插口的地位來变换测量的范围；另一种則利用变换开关的接触点來变换测量的范围；第三种是用高灵敏（0—50微安）表头裝制的，也利用轉換开关來变换测量的范围，但是测量的范围却比前两种更廣。这三种万用电表所用的表头和零件，都是市上較易買到的；凡是不容易買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。

本書的第一章，把裝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、四兩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,然后再用实体接綫圖,把裝接的順序一一列出。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,在附錄里面,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,以供讀者作为参考。

曹 俊 青

1957 年劳动節

目 錄

前言	1
第一章 应用零件的說明	1
第一節 表头	1
第二節 氧化銅整流器	8
第三節 各种开关	13
第四節 電池	15
第五節 电阻器	17
第六節 面板和表箱	21
第七節 其他零件	24
第二章 万用电表的工作原理	26
第一節 怎样擴大直流电流的測量范围	26
第二節 怎样測量直流电压	34
第三節 怎样測量电阻	43
第四節 怎样測量交流电	56
第五節 測量范围的确定	63
第三章 普通万用电表的实验	67
第一節 插口换接式万用电表	67
第二節 开关换接式万用电表	80
第四章 高灵敏度万用电表的实验	90
第一節 电路的分析	95
第二節 装制的順序	101

第五章 万用电表的校驗、使用和修理	108
第一節 万用电表的校驗	108
第二節 使用万用电表时應該注意的地方	114
第三節 万用电表的修理	118
附錄	121
(一) 万用电表表面的繪制	121
(二) 表头的內阻不同时,零件数值的換用表.....	136
(三) 中心点阻值不同时,零件数值的換用表.....	139
(四) 測量的范圍不同时,零件数值的換用表.....	141
(五) 万用电表常用的簡單計算公式	145

第一章

应用零件的說明

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

第一節 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]。表头的品質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構造。

(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公厘(2~4吋)。表头的左端有一根細長的指針,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圍的表头則有好几条)已經校准好的标度,用来标明通过电流的数值。

在正常情况下,指針未使用时停留在表头的最左端,剛指在[0]的地位,見圖101。如果它沒有对准着[0],就應該用

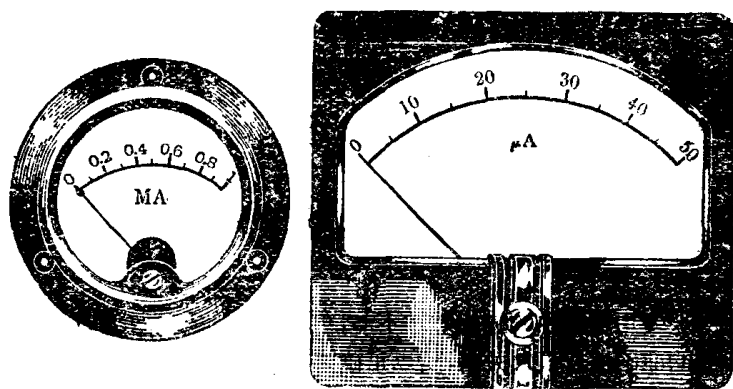


图 101 两种表头的外形

小旋鑿旋动表盖中部的螺釘來校准，否則测量的結果就不准确。

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、低來表示。一只称作[0—1毫安]的表头，就是說这只表头在沒有使用以前，它的指針始終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，指針便会由[0]轉到最右端，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，就可使它的指針由[0]轉到最右端了。無疑的，0—50微安的表头，它的灵敏度要比0—1毫安的表头高20倍。

指針轉到表面的最右端时，我們叫做[滿标度偏轉]。

指針偏轉的多少，和通过的电流大小成正比。要是通过的电流数值只有滿标度时的一半，那末指針就停留在表面的

正中。應該注意的是：0—1 毫安的表头，通过的电流不可超过 1 毫安，否則它的指針就会因揮擺过度而撞弯；如果通过的电流超过得太多，表头内部的綫圈也会因發热过度而燒断。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、負也不能接反，接反了指針就会向相反的方向偏轉，亦將使指針受損。表头的背后，有两个接綫柱，上面注有〔+〕号和〔-〕号，就是表头的正端和負端。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塗上紅色，來代替〔+〕号。

普通的万用电表采用 0—1 毫安的表头已經可以勝任了，事实上很多万用电表都是用 0—1 毫安的表头來裝制的，所以用这种表头裝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—50 微安等灵敏度很高的表头來裝制，用这种表头裝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裝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，因为它分取被测电路里的电流很小，所以測量的結果更为准确。此外，用它來測量电阻的时候，所需要的电池数量也很少。关于这些，我們將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長；弧綫長了，

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公厘(3吋)，而方形的比圓形的更为適用。

我們在購買表头的时候，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—1毫安的表头，內阻大多在25~105欧姆之間，其中以27欧姆的一种最为普遍；0—50微安的表头，內阻有低至500欧姆以下的，也有高至2,100欧姆的，而以2,000欧姆的一种最普遍。表头的灵敏度和內阻阻值是裝制万用电表时一切数值的依据，所以非常重要。成品的表头，这两項数字都是有說明的，初学的讀者最好購買成品的表头來裝制万用电表。至于灵敏度的高低和直徑的大小，則可以根据自己的需要來决定：或者选用0—1毫安的表头；或者选用0—50微安的表头。

(二) 表头的構造

裝制万用电表时，免不了要揭开表头的盖來更換表面；即使表头上已經附有[万用电表表面]的，也未必適用或准确，所以我們有必要了解一下表头內部的構造。

圖 102 是表头內部的構造簡圖，當我們把表头上的螺釘旋下，揭开表盖之后，可以看到一塊磁性很强的永久磁鋼，它的兩極相对，并且大多制成圓形。兩極的磁場当中有一塊圓柱形的軟鐵，周圍留出一圈距离相等的空隙，綫圈就裝在这个

空隙里面。

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。

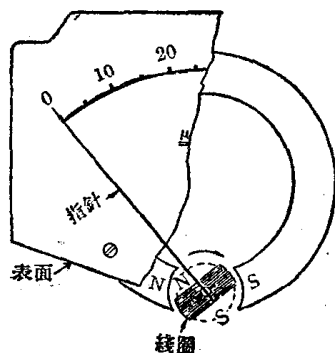


圖 103 表頭內部的構造。當電流依照規定的方向通過線圈時，線圈上便產生磁場，和磁極發生「相斥」的作用而轉動

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 ）一面的磁线方向也是南极，靠北极（图中的 N ）一面的也是北极，根据「同性相斥」的特性，线圈便朝着顺时针方向（图中的箭头）转动。转动的多少和通过的电流大小成正比：电流愈大，转动的范围也愈大；反之则小。

如果通过线圈的电流方向相反，那末线圈便将朝着反时针方向转动，为了避免指针作反方向转动，所以线圈上也就是表头上要规定正端和负端，以便接到电源的正极和负极上。

不要忘記，綫圈上還附有兩盤彈簧游絲，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，當綫圈轉動時，其中一盤游絲被絞緊，另一盤却相反地放鬆了，於是產生了[將綫圈拉回原處]的力量。如果綫圈的動力和游絲的拉力相等時，綫圈便停止轉動，這時我們可以由指針停留的地位，從預先校準好的標度上讀出電流的數值來；而當通過綫圈的電流截斷時，游絲就馬上把綫圈和指針拉回原處。

這兩盤彈簧游絲還有兩個用途：

(1) 綫圈上所用的綫是很細的，要是直接引出，很容易折斷，有了兩盤游絲，綫圈上的兩個綫頭便可就近分別接在兩盤游絲的內端，然後再用較粗的導綫從游絲的外端引到表頭的正負兩個接綫柱上去。

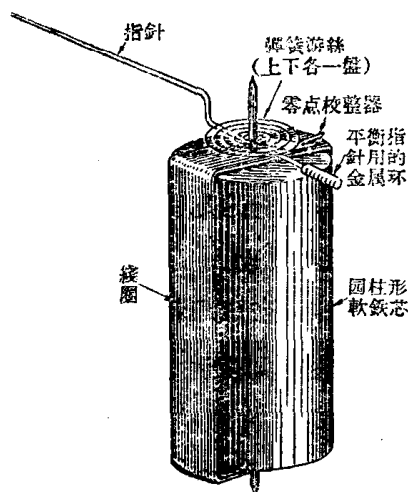


圖 103 綫圈、指針、游絲及零點校整器的裝置情形

(2) 上面一盤游絲的外端，連接著一片叉狀的銅片，移動這片銅片時，可以改變綫圈和指針在靜止時的地位。如果指針在靜止時並不指在[0]端，可以調整這個銅片來校準，所以

这銅片叫做[零点校整器]。我們在講表头的性能时，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。圖 103 就是綫圈、指針、游絲及零点校整器的裝置情形。

接下來，我們要講一講那只鋁質綫圈框架的作用。

綫圈是繞在框架上的，綫圈轉动时，当然要帶着框架一同轉动。框架的本身既然是鋁質的金屬，在磁場中轉动时，就一定会截割磁綫而產生感应电流，同时也產生动力，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，能够很快地停止搖擺，讓我們能及早地讀出指数。否則綫圈在轉动后，將因慣性而搖擺不停，我們亦將等待多时才能讀出确数來。

最后，我們还得談談表头的灵敏度跟構造的关系，以便对表头的选择和維護上，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、指針的長短輕重、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；綫圈的面積虽然愈大愈好，总得適可而止，如果太大，就会使重量增加，反而得不偿失；指針总是采用輕而堅韌的金屬薄片制成，以減輕重量；軸承也总是选取上品

的；至于弹簧游丝，则总是采用弹性优良的磷铜片绕成，以质地柔软而能刚好支持线圈和指针为度。所以表头灵敏度高低的主要因素，大多数还是决定在线圈的匝数上。通常灵敏度高的表头，匝数都很多，为了顾到线圈的重量和绕线的地位，用的线极细，因此表头的灵敏度愈高，线圈的内阻就愈大。有时在其他几种因素不够好的限制下，一般也往往增加线圈的匝数，来增强线圈的磁场，以提高灵敏度。所以灵敏度相同的表头，也可以有不同的内阻。

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

第二節 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

交流电经过整流，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铜整流器来担任整流工作。氧化铜是一种经过特殊处理的铜片，它的一面是純铜，另一面是一層氧化铜（实际上是氧化亚铜，习惯上称它为氧化铜）薄膜，

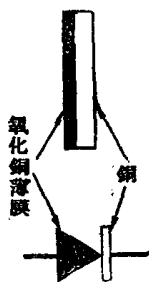


圖 104 氧化銅及其符号

如圖 104.

氧化銅具有[單向導電]的特性，它可以讓電流順利地從銅流向氧化銅，但很難使電流從氧化銅流向銅，即電流從銅流向氧化銅時受到的電阻很小，而從氧化銅流向銅時受到的電阻很大，兩者之間阻值之比約為 1:40 或更大。假定正方向（由銅至氧化銅）通過的電流是 1 毫安，那末反方向（由氧化銅至銅）通過的電流是 1/40 毫安。

氧化銅具有這種特性，所以可以用在萬用電表中，作為變交流為直流的整流器。這種用氧化銅來擔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兩種。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 105 及 106。在使用的時候，我們應當把圖中注有[~]號的兩

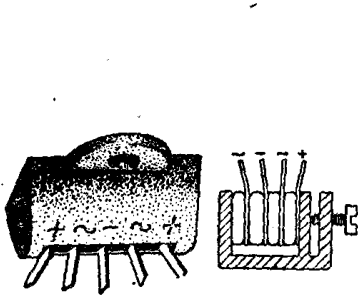


圖 105 兩種全波橋式
氧化銅整流器的外形

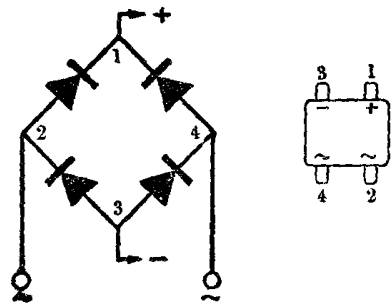


圖 106 全波橋式氧化銅
整流器的兩種符號

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、負兩個接綫柱，如圖 107。要是所買的氧化銅整

流器式样类似圖 105 左边那一种,那末使用时应当把两个有 [+] 号的焊片用綫連起來,作为一个正極;并不是任何一个有 [+] 号的焊片都可以单独地作为正極,这是应该注意的.

半波氧化銅整流器是由两片氧化銅組成的,它的外形及符号如圖 108. 用作半波整流,

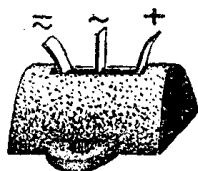


圖 108 半波氧化銅整流器的外形及符号

似乎只需一片氧化銅就可以了,为什么这里却要两片呢? 原因是当我们用一片氧化銅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 $1/40$,但已經会使表头的指针搖擺不定,不易讀出确数了,所以我们加用一片氧化銅,把它并連在表头及第一片氧化銅之間,如圖 109,連接的方向,跟第一片氧化銅是相反的,这样一來,絕大部分的反向电流都从第二片氧化銅中通过,就不致影响讀数了.

在万用电表中,通过氧化銅整流器的电流都很小,例如用

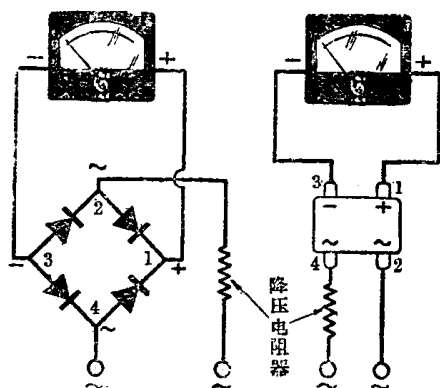


圖 107 全波桥式氧化銅整流器和表头的接法

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 公厘左右,常用的全波桥式氧化铜整流器的体积也不到 $\frac{1}{2}$ 立方公分。

購買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 $[\sim]$ 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 $[\sim]$ 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大都很好,阻值之比亦均在 $1:40$ 以上,只有在注有 $[\sim]$ 号的两片之间测量

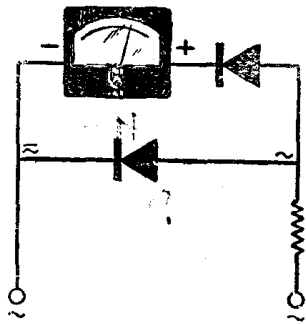


圖 109 加上了第二片氧化铜后,指针就不会摇摇了