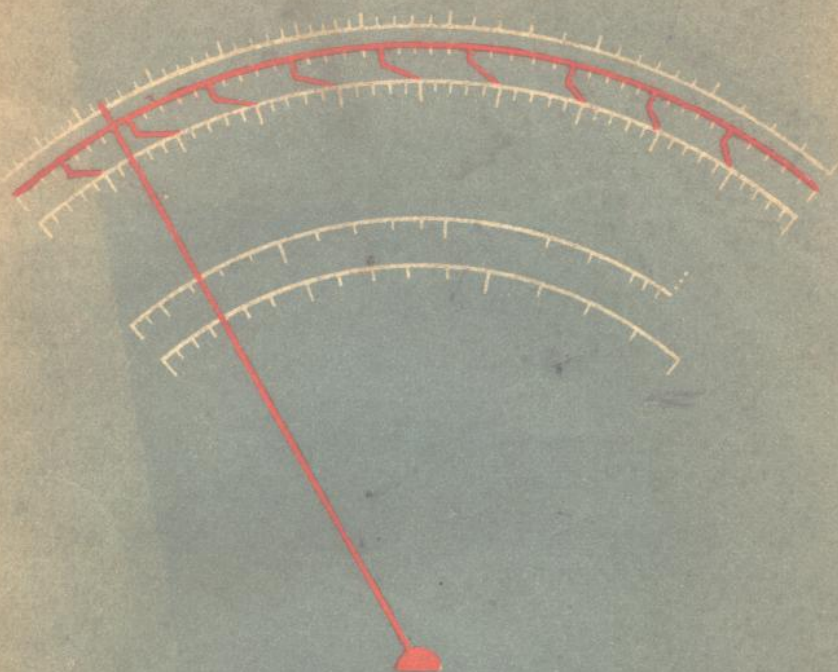




文浩编著

怎样使用 万用电表

人民邮电出版社

73.16
122

怎样使用万用电表

文 浩 編 著

34478/30

人民邮电出版社

內 容 提 要

这本小冊子告訴讀者怎样正确的使用万用电表。其中除了一些符号(外文)說明及正規使用方法外,还介紹一些特殊用法,充分发挥万用电表的作用。

本书內容有些是作者根据自己的經驗写出来的,因此有些方法不一定十全十美的,仅供讀者参考。

本书适合有綫广播机务人員、广播站收音員、收音机維修人員、电信机務員以及一般业余无綫电爱好者参考。

怎样使用万用电表

編 著 者:	文	浩
特約編輯:	吳	光 宇
出 版 者:	人 民 邮 电 出 版 社	
	北 京 东 四 六 条 13 号	
	(北京市书刊出版业营业許可証出字第〇四八号)	
印 刷 者:	北 京 邮 票 厂	
发 行 者:	新 华 书 店	

开本 787×1092 1/32
印張 1 28/32 頁數 31
印刷字數 42,900字

1953年 8 月 北京第一版
1964年 6 月 北京第四次印刷
印數 37,201—69,230 册

統一書號: 15045·总786-无205

定价: (科 4) 0.20 元

目 录

第一章 万用电表的原理与电路	1
(一) 表头	1
(二) 测量直流电流的电路	3
(三) 测量直流电压的电路	5
(四) 测量交流电压的电路	7
(五) 测量电阻的电路	8
(六) 综合电路	11
(七) 面板上的字母符号代表意义	12
(八) 万用表的表盘刻度与测量范围	15
第二章 万用表的一般使用方法	18
(一) 准备工作与注意事项	18
(二) 测量电压	20
(三) 测量直流电流	23
(四) 测量电阻	25
(五) 测量音频功率	27
(六) 其他	28
第三章 万用表的特殊使用方法	29
(一) 测量铁心线圈	29
(二) 测试电容器的容量和漏电	30
(三) 利用直流电压表测量电阻	34
(四) 利用电压表测量电流	36
(五) 利用交流电压档测试较大的交流电流	36
(六) 利用万用表测试电子管特性	37

07260

(七) 利用万用表的蜂鸣器作音频信号发生器·····	41
第四章 扩展测量范围 ·····	42
(一) 扩展电流测量范围·····	42
(二) 扩展电压测量范围·····	44
(三) 扩展电阻测量范围·····	46
第五章 怎样选择和維護万用表 ·····	50
(一) 灵敏度·····	50
(二) 精密度·····	51
(三) 机械結構·····	51
(四) 元件质量·····	52
(五) 平衡性·····	52
(六) 測量項目·····	52
(七) 維護常識·····	53
附录: 震华 105 型万用电表新产品的电路图 ·····	55

008579

第一章 万用电表的原理与电路

(一) 表头

万用电表（以下简称万用表，也有叫万能电表或万能表，或复用表的）的主要用途是测量电流、电压及电阻，所以又名“安培—伏特—欧姆表”。在这些主要测量项目中除了电流、电压可以测量直流和交流外（一般的万用表不能测交流电流），比較高級的万用表还可测量功率、电平（单位分貝）、电容量、电感量等。这样它就具有許多测量項目，每种测量項目又可以有几个测量范围（也有叫量程的），因此它的用途非常广泛，所以叫做万用表。

万用表的主要元件是一个高灵敏度的动圈式直流电流表，它的結構見图 1 甲。图中“1”是永久磁钢， N （北）和 S （南）是它的两个磁极，“2”是动圈，直立在磁极 N 和 S 之間（图中 N 极已切去一部分，否則看不見动圈的側面），上下有頂尖支持，可以灵活地旋轉。动圈中还有一圓柱形铁心。因为动圈是处在相当强的磁场中，所以当直流电流通过其线圈时它就会旋轉。旋轉方向由电流的极性及动圈的绕制方向决定。在制造时都設計成使它沿順时針方向旋轉（这一点与电动机的原理相同，請參看电磁学或物理学）。

“3”是游絲，上下各一个，用具有弹性的扁銅絲制成。两游絲盘旋的方向相反。它的主要作用是：（1）导电——因为时常旋轉的动圈不能直接接在引线上，只能依靠一端固定一端随着动圈轉动的游絲来导电。从图 1 乙中看出电流是沿着箭头方向经过下游絲——动圈——上游絲而流动的；（2）当动圈中没有电流通过时，使指针回指在零点；（3）当动圈中有电流通过时，游絲开始紧张，加

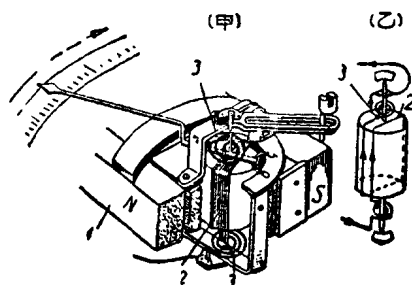


图 1

一个反向的力給动圈，使动圈中的电流强度与动圈的旋轉角度成直线关系。指針固定在动圈上，当动圈旋轉时，指針也随着轉动，因而可指出讀数。

当这个电流表应用在万用表中时，就可簡称它做万用表的“表头”。使表針移动到滿刻度所需要的电流大小是衡量一个表头“灵敏度”的标准。这个电流越小，灵敏度就越高。一般万用表表头的灵敏度是1毫安（千分之一安培）到50甚至200微安（百万分之一安培或千分之一毫安等于一微安）之間。

动圈是用比头髮还細的漆包銅线绕成的（直径約0.02—0.08毫米），銅线越細圈数越多灵敏度就越高。此外，磁場强度也是决定灵敏度的重要因素。随着永久磁鋼制造技术的发展，有了体积小磁通密度高的永久磁鋼，才能制造高灵敏度的表头。目前万用表的表头滿刻度电流大到1毫安的已经很少，几乎都在几百微安以下。例如国产震华牌105型及南京科学仪器厂的袖珍式万用表的表头，各为400（新产品为125）及300微安。

表头的动圈虽然是用导电很好的銅线绕制的，但因线很細，圈数多（可以多到几千圈），所以动圈本身有相当高的电阻值，一般是几十到几百甚至几千欧姆。这个电阻值叫做表头的“內阻”。表头的內阻越低越好，但如果磁場强度一定，灵敏度越高的表头內阻也就高。

表头的动圈虽然是用导电很好的銅线绕制的，但因线很細，圈数多（可以多到几千圈），所以动圈本身有相当高的电阻值，一般是几十到几百甚至几千欧姆。这个电阻值叫做表头的“內阻”。表头的內阻越低越好，但如果磁場强度一定，灵敏度越高的表头內阻也就高。

以上是表头的簡單介紹，但由于它是非常精密細致的器械，絲毫不能有尘埃尤其是铁屑之类的杂物进入，所以不要轻易拆看。如果有了故障应交給有经验的修理者修理。

(二) 测量直流电流的电路

万用表的表头既然是一个电流表，自然可以直接测量直流电流。表头越灵敏的，越能测量小电流。表头内阻越小，测量的数值就越准确。例如图 2 甲，一个 1500 欧的负荷接在 1.5 伏电池上，电流表的读数应该是 $I = \frac{E}{R} = \frac{1.5}{1500} = 0.001$ 安（即 1 毫安）。如果用内阻 100 欧的电流表来测量电流读数是 0.94 毫安了。原因是内阻 100 欧的电流表来测量，就等于 1 个电阻串联在电路中，真正加在电池上的负荷不是 1500 欧，而是 $R + R_m = 1500 + 100 = 1600 \Omega$ 了。所以电路中的电流不是 1 毫安，而是 $I = \frac{E}{R + R_m} = \frac{1.5}{1600} = 0.00094$ 安 (A)，即 0.94 毫安（见图 2 乙），比实际电流小了 6%。如果换用内阻 50 欧的电流表测量，电流 $I = \frac{E}{R + R_m} = \frac{1.5}{1550} = 0.00097$ A，比实际电流只小 3%。可见表头内阻越小，测量电流越准确。

如果所要测的电流大于表头能通过的最大电流，就要加一个“分流电阻”与表头并联（如图 3）。例如用 1 毫安的表头测量 10 毫安电流，就要有一个与表头并联的分流电阻 R_f ，使 9 毫安的电流通过此电阻。这时此电阻的值就应是动圈内阻的 $\frac{1}{9}$ 。但电流的测量范围不止一个，那就需要象图 4 甲的样子，用一个单刀多掷开关 S 换接几个不同值的分流电阻改变测量范围。这个电路有一个严重的缺

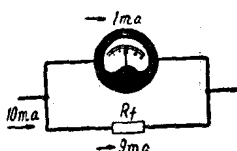
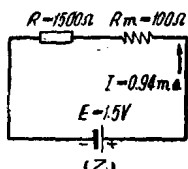
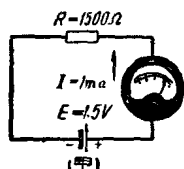


图 2

图 3

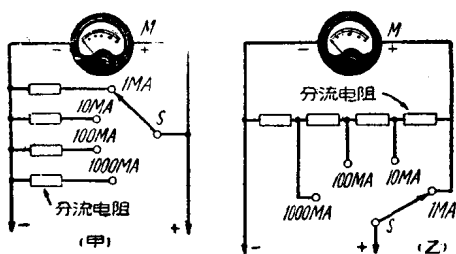


图 4

表不起作用，不会烧毁表头。

图 5 是震华 105 型万用电表（以后简称 105 型表）测量直流电流时的电路。当 S 放在 3 毫安 (ma) 位置时，因为表头电流是 0.4 毫安， R_4 与表头串联，所以 AB 两点间电阻是： $R_m + R_4 = 1300$ 欧，所以 $A-B$ 间电位差应为 $E = I(R_m + R_4) = 0.0004 \times 1300 = 0.52$ 伏，分流电阻 $R_1 R_2 R_3$ 中通过的电流应为 $3 - 0.4 = 2.6$ 毫安（即 0.0026 安），所以 $R_1 + R_2 + R_3 = \frac{E}{I_0} = \frac{0.52}{0.0026} = 200$ 欧； S 在 30 毫安位置电路如图 6； S 在 300 毫安位置电路如图 7。当测量范围加大时与表头串联的电阻增大，而分流电阻减小。这样，通过整个电路的电流虽加大，

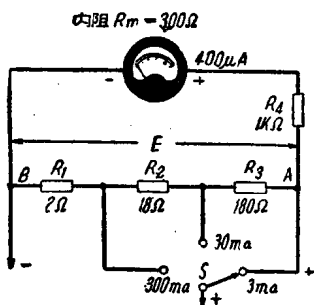
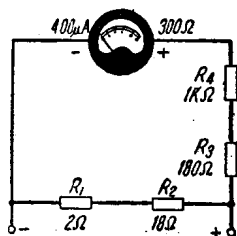


图 5

图 6 (R_3 串入表头电路，仅 R_1 、 R_2 为分流电阻)

但通过表头的电流仍为 400 微安。

(三) 测量直流电压的电路

表头既有一定的内阻，所以当有电流通过时就会有一定的电压降。这个电压降的大小是与通过的电流成正比的。例如一个 0—1 毫安，内阻 100 欧的表头，当通过不同数值的电流时，表头两端间的电压降见下表（根据 $E = I \cdot R$ 的公式算出）：

电流(毫安)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
电压降(伏)	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10

反过来，如果在表头两端间加上上表所列的那些不同电压时，也会有相应的电流通过表头。这样只要在表面刻度线上写上电压数值，它就变成一个电压表了。

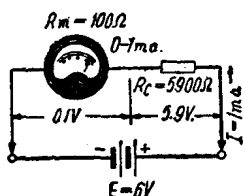


图 8

自然，象这样 0—0.1 伏的电压表测量范围是太小了，不适合一般使用。扩展测量范围的方法是与表头串联一个“分压电阻”（又叫倍率器），如图 8 所示。本来只能测 0.1 伏的表头就可测量 6 伏的电压了。因为在分压电阻 R_c 上的电压降应为 $6 - 0.1 = 5.9$ 伏，所以 R_c 应等于 $\frac{5.9}{0.001} = 5900$ 欧。这样表头加上 R_c 就变成 0—6 伏的电压表。这个电压表的内阻是 $R_m + R_c = 6000$ 欧，如果按每伏计算就是 $6000/6 = 1000$ 欧。这个数字愈大，表头满刻度的电流就愈小，也就是说表头灵敏度越高，甚至有高到 50000 欧/伏的（0—20 微安）。

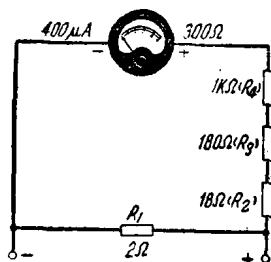


图 7

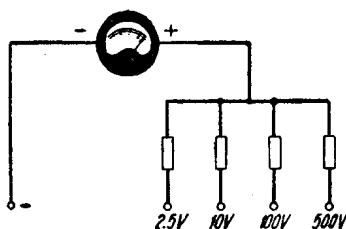


图 9

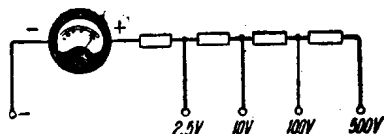


图 10

具有几个测量范围的电路,有图9和图10两种方式。105型表是采用图10的方式的,它的具体电路见图11。原来测量电流的四个分流电阻 R_1 至 R_4 仍然串联后再与表头并联。所以使表头变成了0—500微安,内阻240欧($R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4$ 相加为1200欧再与 $R_m 300\Omega$ 并联,才变成此值)。改成电压表后,每伏内阻应为 $240/0.12^{\text{①}} = 2000$ 欧/伏。

R_5 上的电压降应为 $6 - 0.12 = 5.88$ 伏,故 $R_5 = \frac{5.88}{0.0005} = 11760$ 欧;

R_6 的电压降应为 $30 - 6 = 24$ 伏,故 R_6 的电阻值应是 $24/0.0005 = 48$ 千欧,其余电阻以此类推。

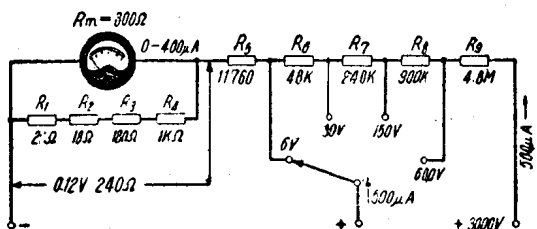


图 11

① 因为要使满刻度时,通过表头的电流为400微安,所以两端的电压应为 $0.0004 \times 300 = 0.12$ 伏。

(四) 测量交流电压的电路

测量交流电压的电路基本上与测量直流电压的电路相同，只是增加一整流器，把交流变成直流。一般万用表都采用氧化铜整流器，整流电路见图12。比较常用的是全波桥式电路。105型表的测交流

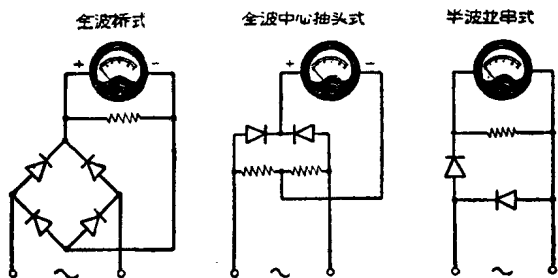


图 12

电压电路见图13。若将此电路与图11的直流电路相比较，可发现： R_6 至 R_9 与测量范围都没有改变，这说明电路中的满刻度电流仍然是500微安，内阻还是2000欧/伏。但也有以下两点不同：

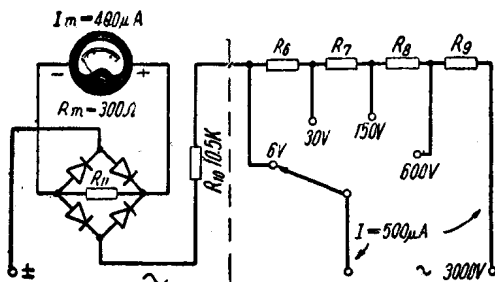


图 13

(1) 图11中与表头并联的分流电阻 R_1 至 R_4 在图13中已去掉而换用另一电阻 R_{11} 。这是因为加在表头上的是经过氧化铜整流的

“脉动直流”，使表针移动的是交流电的平均值，而一般我們所用的都是实效值，而实效值是平均值的1.11倍，所以加在表头上（包括氧化銅）的交流电流（实效值）应是 $400 \times 1.11 = 444$ 微安才为满度电流。另外，氧化銅整流器的反向电阻也不能是无限大，也会有些分流作用。故要使表头部分（包括整流器及 R_{11} ）正好通过交流500微安时表针移至满刻度，那么必須換掉原来的分流电阻（ R_1 至 R_4 ）。

（2）图11中的 R_5 換用阻值比較小的 R_{10} ，这是因为氧化銅的正向电阻不可能是零，等于与表头又串联了一个电阻，所以要把0—6伏测量范围的分压电阻减小一些，使內阻不变，以保持讀数准确。

有些万用表可以测量交流电流（见图14），是在表內加了一个

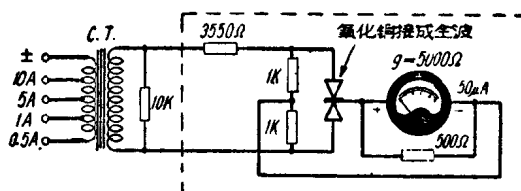


图 14

电流互感器 C.T. 和負荷电阻。当通过 C.T. 的电流大小不同时，10K 电阻上也产生不同的电压降，而虚线内实际是一个0—5伏的交流电压表，只是在表头的刻度是电流值。

（五）测量电阻的电路

如图15，用一个內阻 100 欧，满度电流 0—1 毫安的表头串联一个可变电阻 R 与 1.5 伏电池 E 。若将 AB 两点沿虚线短路，調节

R 到1400欧时, 表针就指满刻度^①。再将 AB 两点断开, 接入 R_x (1500欧), 这时加在电池 E 上的负荷电阻阻值加倍 (原来是 $R_m + R = 1500$ 欧), 电流就减半, 表针指在正中, 这时的 R_x 也叫中心值。 R_x 越小, 电流就越大, R_x 小到零欧 (等于 AB 两点短路), 电流表指 1 毫安; R_x 越大电流越

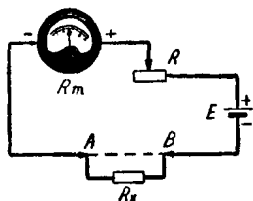


图 15

小, R_x 大到无限大即 AB 两点断路, 表头读数是零。这样, 在表盘上根据不同阻值的 R_x , 表针所指的地位画上刻度, 标出电阻数值, 就成为测量电阻阻值的欧姆表了。

当电池用旧, 电压减低时, 电路中的电流也减小, 当短路 AB 两点时, 表头指针到不了电阻值的“零点” (也就是达不到 1 毫安)。这时可减小 R 的阻值, 增大电路中的电流。但 R 减小后, $R + R_m$ 也变小, 原来表盘刻度的 R_x 值与实际的 R_x 值就不一致了。如上例, 当电池 E 的电压降低至 1.2 伏时, R 必须改成 1100 欧, 才能使当 AB 两点短路时, 表针指满刻度^②。但要使表针指在正中, 就必须使 $R_x = R_m + R = 1200$ 欧, 而实际表盘刻度正中的读数则为 1500 欧, 比实际 R_x 值大了 25%。象这样直接调整串联电阻 R 的阻值来调整零点的电路误差太大, 很少应用。实际应用的电路见图 16。图中甲的调零点电阻 r 与表头并联, 成为分流电阻; 乙和丙的调零点电阻 r 亦与表头并联, 但另有 R_f 作为分流电阻。在这三种电路中只要适当选择 R 及 R_f 的阻值, 可以使 r 改变阻值时对全部电路的内影响较小, 误差也就小了。

① 因 $1.5 \div (100 + 1500) = 1$ 毫安。

② $1.2 \div (100 + 1100) = 1$ 毫安。

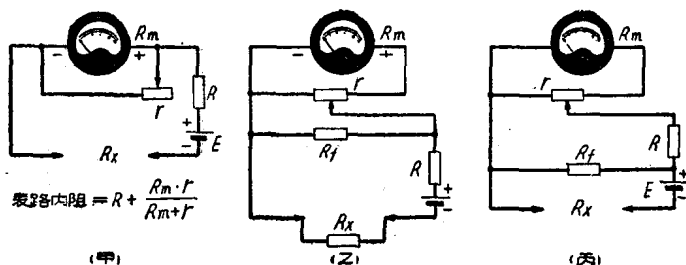


图 16

图 17 是 105 型表测量电阻时的电路，甲是 $R \times 1$ ， $R \times 10$ ， $R \times 100$ 的电路与图 16 丙相同，中心值①各为 12、120、1200 欧。因此当电池电压为 1.2 伏时电路中的满刻度电流各为 100、10 及 1 毫安。乙是 $R \times 1000$ 及 $R \times 10000$ 的电路，基本上与图 16 丙相同，只是限于表头灵敏度无法小到 0.1 毫安（当 $R \times 1000$ 时，如果电池电压仍为 1.2 伏，中心值 12000 欧，电路中满刻度电流应是 0.1 毫安），只好另加电池和串联电阻 R_1 ，使这两个测量范围电路中的满刻度电流达

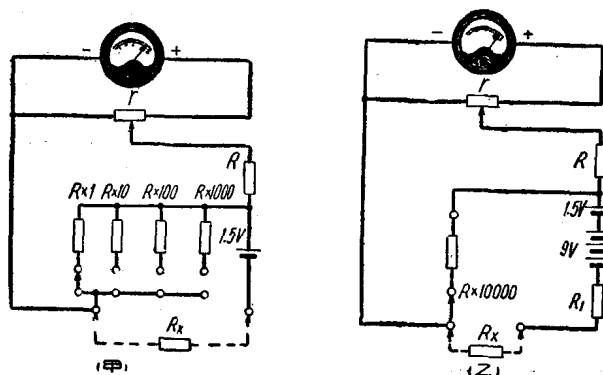


图 17

① 所谓中心值是指指针指在度盘中心时的值，实际上也是表的综合内阻。

0.5 毫安（分流电阻分去 0.1 毫安，表头为 0.4 毫安），中心值各为 12000 及 120000 欧。

（六）綜合电路

将图 5、11、13 及 17 的电路拼在一起，加用“交流、直流、电阻”的轉換开关，就成为一个完整的万用电表，这就是国产震华 105 型万用电表。电路见图 18，其中多了一个 0.1 微法的电容器和一个“輸出”插口，是为测量音频輸出用的。

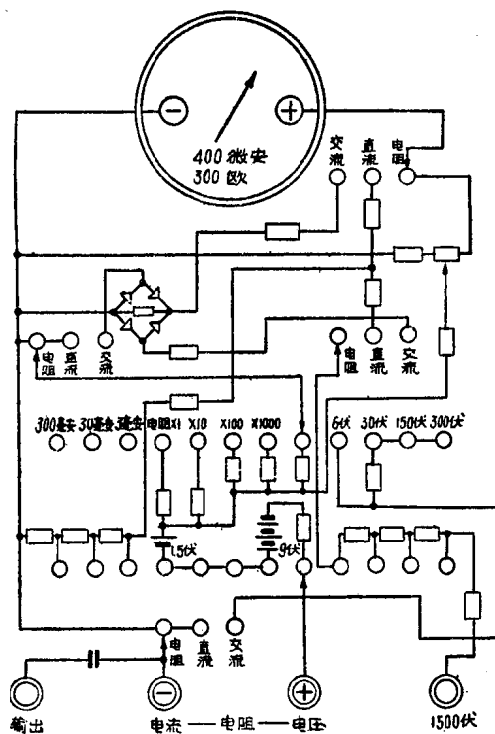


图 18 震华 105 型万用电表电路

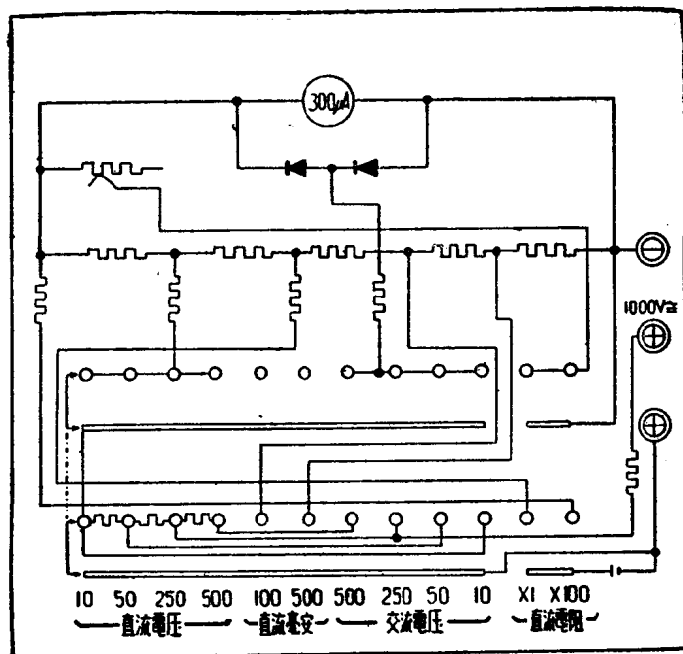


图 19 袖珍万用电表电路

图19是国营南京科学仪器厂制造的袖珍万用表的电路。在这个电路中全部测量项目及测量范围的转换只用一个开关，测量交流电压用的氧化铜整流器，永远接在表头上，当测量直流电压、电流及电阻时，因为电流方向不变，氧化铜变成了分流电阻，减低些表头的灵敏度，这样做主要是为了结构简单使用方便。

(七) 面板上的字母符号代表意义

万用表转换测量项目和范围的方法主要有两种类型：用开关选择的（见图20甲乙）；用插口选择的（见图20丙）。有些老式万用表也有开关与插口合用的。