

●注重原理 ●传授诀窍 ●突出实用

利用万用表 装修电子装置

方德寿 编著

利用万用表
装修电子装置



EN103/5

版社

利用万用表装修电子装置

方德寿 编著

国防工业出版社

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

利用万用表装修电子装置/方德寿编著。北京:国防工业出版社,1994
ISBN 7-118-01264-5

I. 利…

I. 方…

Ⅱ. ①复用电表-应用-电子元件

②电子元件-应用-复用电表

③电子器件-应用-复用电表 IV. TM938.17

利用万用表装修电子装置

方德寿 编著

责任编辑:王坡麟

开本 787×1092 1/16 印张 14¼ 333 千字

1994 年 6 月第 1 版 1994 年 6 月北京第 1 次印刷 印数:1—7000 册

ISBN 7-118-01264-5/TM·33

定价:14.50 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

1122211

前 言

电子技术的飞速发展,使得电子设备的应用越来越广泛。制作电子装置、维修电子仪器已不仅仅是专业人员的工作,广大的业余电子爱好者都有机会且有必要自己动手试制小仪器、修理家用电器和其他仪器设备。在安装、调试和修理电子仪器过程中,少不了使用检测工具,对于广大业余电子爱好者来说,测量工具仅有万用表而已。据此,作者根据自己多年的实践体会!编写一本只用万用表作为检测工具的安装、修理电子仪器的专用书。

既然万用表作为主要的检测工具,书中首先详细介绍了万用表的构造、原理、性能、使用方法及其维护、检修等。目前,广大读者手中仍然以机械式万用表为多,因此,本书以介绍机械式万用表为主,适当介绍数字式万用表的使用方法。无论是制作电子装置,还是修理电子仪器,都离不开使用电子元器件,因此,本书重点介绍了利用万用表来检查电阻器、电容器、电感器、变压器、扬声器、磁性元件、晶体管、集成电路、显像管、继电器等 28 大类电子元器件性能的测量方法。为便于读者自己修理电子仪器时寻找仪器故障所在,书中还介绍了检查电子装置故障的 15 种常用方法。作为本书的主题内容,书中介绍了 18 个简单实用的电子小制作的电路、元件选用、安装、调试方法和收音机、录音机、电视机的电路、工作原理、故障检修方法。书后附录中列出与本书内容有关的资料。

本书在编写过程中,得到中国空间技术研究院高级工程师方荣生的大力支持。由于时间仓促和限于作者的水平,书中难免存在问题或不足之处,恳请读者批评指正。

编著者

一九九四年二月

目 录

第一章 万用表	(1)
1.1 万用表构造简介	(1)
1.2 万用表工作原理	(1)
1.2.1 直流电流测量电路	
1.2.2 直流电压测量电路	
1.2.3 交流电压测量电路	
1.2.4 电阻测量电路	
1.2.5 晶体三极管 $h_{FE}(\beta)$ 测量电路	
1.3 万用表的主要性能	(4)
1.3.1 万用表的量程	
1.3.2 万用表的基本误差	
1.3.3 选择万用表的原则	
1.4 500 型万用表	(6)
1.4.1 500 型万用表的性能	
1.4.2 500 型万用表的面板布置和旋钮作用	
1.4.3 500 型万用表刻度读法	
1.4.4 500 型万用表表面符号的意义	
1.4.5 500 型万用表的使用方法	
1.5 万用表的正确使用及注意事项	(11)
1.6 万用表的扩大应用	(12)
1.6.1 电阻档的扩大应用	
1.6.2 扩大直流电流量程	
1.6.3 扩大直流电压量程	
1.6.4 用交流电压档测交流电流	
1.7 万用表的保护装置	(16)
1.8 万用表的检修	(17)
1.8.1 机械故障的检修	
1.8.2 电气故障的检修	
1.9 DT-830 型数字万用表	(18)
1.9.1 DT-830 型数字万用表面板布置及各部分的功能	
1.9.2 DT-830 型数字万用表的使用方法	
1.9.3 使用注意事项	
第二章 用万用表测量常用电子元器件	(21)
2.1 电阻器和电位器	(21)
2.1.1 固定电阻器的测量	
2.1.2 热敏电阻器的测量	
2.1.3 电位器的测量	
2.2 电容器	(22)

2.2.1	电容容量的测量	
2.2.2	大容量电容的测量	
2.2.3	小容量电容的测量	
2.2.4	电容漏电的测量	
2.2.5	电解电容极性的测量	
2.2.6	双连可变电容的测量	
2.3	电感器(电感线圈)	(28)
2.3.1	通断测量	
2.3.2	电感量测量	
2.4	中频变压器及可调线圈	(29)
2.5	变压器	(30)
2.5.1	直流电阻的测量	
2.5.2	绝缘电阻的测量	
2.5.3	空载试验	
2.5.4	绕组平衡测量	
2.5.5	相位的测定	
2.6	扬声器	(32)
2.6.1	好坏的判别	
2.6.2	阻抗测量	
2.6.3	相位鉴别	
2.7	耳机	(33)
2.8	唱头	(34)
2.9	话筒	(34)
2.9.1	好坏的判别	
2.9.2	相位的检查	
2.10	录音机磁头	(35)
2.10.1	交流阻抗及好坏的测试	
2.10.2	录/放磁头、直流抹音磁头、交流抹音磁头的判别	
2.11	磁性元件	(36)
2.12	普通晶体二极管	(36)
2.12.1	极性判别	
2.12.2	性能测量	
2.12.3	判别硅管还是锗管	
2.12.4	用数字万用表测量二极管	
2.13	整流桥堆	(38)
2.13.1	半桥堆	
2.13.2	全桥堆	
2.14	高压整流硅堆	(39)
2.15	稳压二极管	(40)
2.15.1	稳压管与普通二极管的鉴别	
2.15.2	三管脚稳压管与晶体三极管的鉴别	
2.15.3	稳压值的测量	
2.15.4	好坏的判别	

2.16 发光二极管	(43)
2.16.1 判别好坏及极性	
2.16.2 测量发光二极管的工作电流	
2.17 变色发光二极管	(44)
2.17.1 三色变色发光二极管	
2.17.2 双向变色发光二极管	
2.18 光电二极管	(45)
2.19 红外发光二极管	(46)
2.20 光电池	(46)
2.21 晶体三极管	(47)
2.21.1 中、小功率三极管的测试	
2.21.2 大功率三极管的测试	
2.21.3 用数字万用表测量三极管	
2.21.4 三极管的在路测量	
2.22 场效应管	(55)
2.22.1 电极判别测量	
2.22.2 性能测量	
2.23 晶闸管	(56)
2.23.1 单向晶闸管的测量	
2.23.2 双向晶闸管的测量	
2.23.3 用数字万用表测量晶闸管	
2.24 单结晶体管	(58)
2.24.1 与晶体三极管的鉴别	
2.24.2 电极判别	
2.24.3 好坏的简易测试	
2.24.4 分压比 η 的测量	
2.25 集成电路	(59)
2.25.1 集成运算放大器	
2.25.2 TTL 与非门集成电路的测量	
2.25.3 部分电视机集成电路的测量	
2.26 显像管	(72)
2.26.1 黑白显像管	
2.26.2 彩色显像管	
2.27 声表面滤波器(SAW)的检查	(73)
2.28 继电器	(73)
2.28.1 线圈直流电阻的测量	
2.28.2 吸合电流和释放电流的测量	
2.28.3 额定工作电压的测量	
第三章 用万用表装调电子小制作	(75)
3.1 双重功能防盗报警器	(75)
3.2 遥控防盗报警器	(77)
3.3 无线遥控防盗手提包	(81)
3.4 煤气熄火报警器	(84)

3.5	可燃气体泄漏报警器	(86)
3.6	节电型水位控制器	(87)
3.7	电冰箱保护器	(88)
3.8	声控、调光两用彩灯控制器	(90)
3.9	自动关灯装置	(92)
3.10	红外遥控电源开关	(93)
3.11	电感电容测量仪	(95)
3.12	晶体管测试仪	(98)
3.13	简易高、低频信号发生器	(101)
3.14	电子催眠器	(103)
3.15	电子止鼾器	(104)
3.16	微型助听器	(106)
3.17	简易电疗器	(107)
3.18	双向超温报警器	(108)
第四章 电子装置的检修方法		(110)
4.1	询问用户法	(110)
4.2	操作检查法	(110)
4.3	外观检查法	(110)
4.4	测量电阻法	(111)
4.5	测量直流电压法	(112)
4.6	测量交流电压法	(114)
4.7	测量直流电流法	(114)
4.8	简易信号注入法	(115)
4.9	平分法	(115)
4.10	开路法	(116)
4.11	短路法	(116)
4.12	替换法	(117)
4.13	并联试验法	(118)
4.14	敲击、摇晃法	(118)
4.15	局部加热法	(118)
第五章 用万用表检修家用电子装置		(120)
5.1	收音机	(120)
5.1.1	收音机的电路结构及工作原理	
5.1.2	各种典型收音机各级电压、电流值	
5.1.3	收音机的检修	
5.2	录音机	(137)
5.2.1	录音机的基本结构及工作原理	
5.2.2	部分录音机的三极管、集成电路各引脚电压值	
5.2.3	盒式录音机的检修	
5.3	黑白电视机	(163)
5.3.1	黑白电视机电路组成及工作原理	
5.3.2	黑白电视机的检修	
5.4	彩色电视机	(191)

5.4.1 彩色电视机电路组成及工作原理

5.4.2 彩色电视机的检修

附录	(208)
附录 A 国产半导体器件型号命名方法	(208)
附录 B 电阻的阻值和误差的色码表示法	(210)
附录 C 收音机、录音机及电视机的英文标记意义	(211)
附录 D 常用万用表主要性能	(216)

第一章 万用表

万用表是一种多量项和多量程的便携式复用电气测量仪表。万用表是安装、调试、检修电子装置最常用最基本的仪表。万用表也是用以测试各种电子元器件的基本仪表。对于一般的修理人员和业余电子爱好者来说，在缺乏示波器、扫频仪、晶体管图示仪等贵重仪器的条件下，万用表将是他们唯一的而且也是最得力的测量工具。因此，熟练掌握万用表的使用是一项基本功，而了解万用表的构造和熟悉它的工作原理，有助于正确合理地使用。

1.1 万用表构造简介

万用表由表头、转换开关、测量电路三部分组成。

表头。一般都使用内阻较大的高灵敏度的磁电式直流电流表。每只表头都有确定的灵敏度（即满刻度电流值）。例如 MF-9 型万用表表头灵敏度为 $41\mu\text{A}$ ，是指流过表头活动线圈（动圈）的电流为 $41\mu\text{A}$ 时，表针偏转到满刻度处。万用表的灵敏度从几微安到几百微安，甚至到 1mA 。一般说来，只有使用高灵敏度表头才能设计制造出高性能的万用表。因而表头是万用表的基础。

转换开关。万用表由于需要作多种测量，因此必须由转换开关把仪表的测量电路转接为所选定的测量项目与量程。利用转换开关选择量程时的读数有两种类型：一种是指满刻度值，电压、电流档属于这一种，例如，当转换开关拨在“ 500mA ”档时，指此时满刻度读数为 500mA ；另一种是指倍乘值，电阻档属于这一种，例如转换开关拨在“ $\times 10\Omega$ ”档，指电阻刻度线上的读数应依次乘以 10。万用表除了利用转换开关来选择量程外，还利用改变表笔插头位置的方法来改变测量量程。例如 500 型万用表当测量大于 500V 交、直流电压时，一只表笔插在“*”处不动，另一只表笔则应插在标有“ 2500V ”的插孔上。这时满刻度读数为 2500V 。万用表对转换开关的要求是触点接触良好，旋转时轻松而有弹性，并能听到清脆的响声，旋转定位准确且不左右晃动。

测量电路。它把被测的各种电量转变成适合于表头指示用的电量。例如：将被测的高电压（相对表头所能承受的电压而言）通过分压电阻变换成表头所需的低电压；将被测的大电流通过分流电阻变换成表头所需的微弱电流；将被测的交流电压（电流）通过整流变换为表头所需的直流电压（电流）等。因此，测量电路通常由分压电阻、分流电阻、整流管等元件组成。

1.2 万用表工作原理

万用表实际上是电流表、电压表和欧姆表的组合，因而万用表也叫三用表。下面简单介绍一下各测量项目电路的工作原理。

1.2.1 直流电流测量电路

一只表头在未并联分流电阻情况下，只能测量小于、等于它的灵敏度的电流值。显然是没有实用价值的。为了扩大被测电流的量程，就要给它并联上分流电阻，使流过表头的电流为被测电流的一部分，从而扩大量程。被测电流越大，分流电阻的阻值应越小。

万用表分流电阻的接法分闭路式（闭路串并联式）和开路式（单独并联式）两种。分流电阻这两种不同接法如图 1-1 所示。

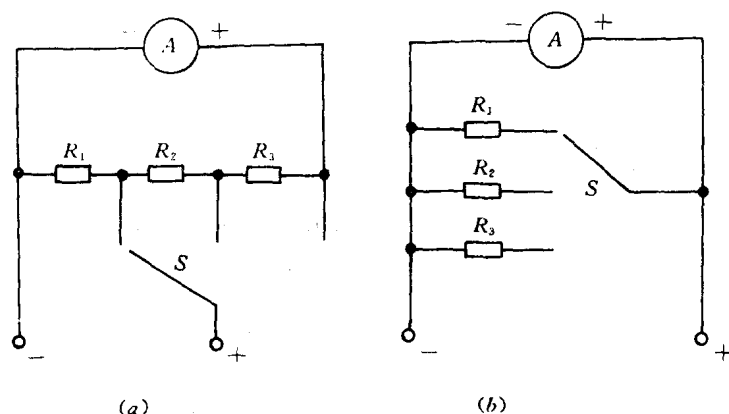


图 1-1 分流电阻的两种接法
(a) 闭路式接法；(b) 开路式接法。

分流电阻闭路式接法具有测量误差小，各量程表针阻尼均匀及转换开关失灵时总电路不通因而不会烧毁表头等优点，万用表中分流电阻大多采用闭路式接法。

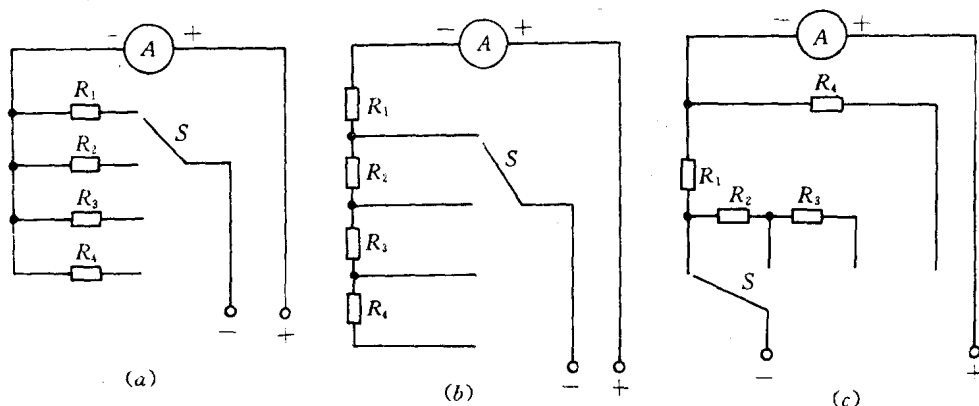


图 1-2 倍压电阻的三种接法
(a) 单独联接法；(b) 串联联接法；(c) 混合联接法。

1.2.2 直流电压测量电路

如果用一只表头在未串联分压电阻情况下去测量直流电压，其允许测量电压范围是很小的。例如，一只灵敏度为 $50\mu\text{A}$ ，内阻为 $2\text{k}\Omega$ 的表头，能用来测量的电压范围显然为 $50 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^3 = 0.1\text{V}$ ，即只能用它测 $\leq 0.1\text{V}$ 的电压，高于 0.1V 的电压是不能测量的。为了扩大被测电压的量程，就要给它串联上分压电阻，使加在表头上的电压为被测电压的一部分。例如在上述表头上串接一只 $48\text{k}\Omega$ 的电阻，其电压测量范围扩大为 $(48+2) \times 10^3 \times 50 \times 10^{-6} = 2.5\text{V}$ 。此时电压表内阻为 $50\text{k}\Omega$ ，其直流电压灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ 。直流电压灵敏度越高，测量直流电压时表的分流越小，测量结果越准确。

万用表中为扩大直流电压测量范围而串入的分压电阻又叫倍压电阻。倍压电阻与表头的联接方式有三种：单独联接、串联联接和混合联接，如图 1-2 所示。单独联接的优点是各

量程之间互不影响,调整误差方便。而串联联接大量程利用了小量程的电阻,误差互相影响,但电阻利用率高,较经济。

1.2.3 交流电压测量电路

磁电式直流表头只能测量直流电,不能直接用来测量交流电。如果要测量交流电,必须通过整流电路将交流电变换为直流电,才能对交流电进行测量。

整流元件有氧化亚铜整流器、锗二极管和硅二极管等几种。早期生产的万用表多使用氧化亚铜整流器,现在则多用锗或硅二极管。整流电路有桥式整流电路和半波整流电路两种,如图 1-3 所示。在半波整流电路中, V_2 似乎是多余的,其实不然。设在被测电压正半周时, V_1 导通, V_2 截止,表头有指示;而在被测电压负半周时, V_1 截止; V_2 导通。 V_2 的导通使表头内没有反方向的电流流过而表针不会反方向偏转,可以避免表针因反方向电流通过而摇晃不定。另外, V_2 的导通使得 V_1 不承受反向电压,所以 V_2 又起到保护 V_1 的作用,使它在反向电压时不被击穿。半波整流电路的结构简单,量程转换容易,因而现代万用表大多采用半波整流电路。

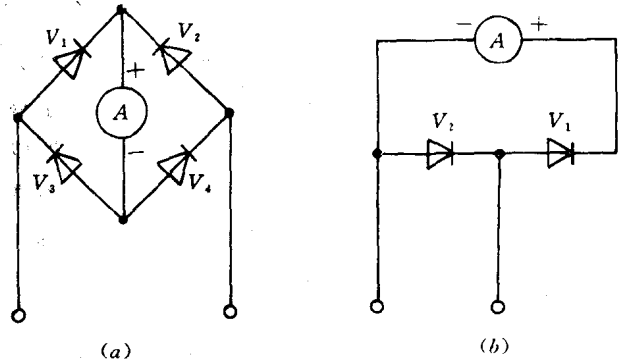


图 1-3 桥式整流电路和半波整流电路

(a) 桥式整流电路; (b) 半波整流电路。

通过整流电路把交流电变成了直流电,再利用串联倍压电阻的方法,就可把表头安装成多量程的交流电压表了。

1.2.4 电阻测量电路

用表头装制成电流表或电压表来测量电流或电压时,因为被测电路本身就有电流或电压,因此不必另加电池。而用来测量电阻或其他元件的电阻值时,由于被测元件本身是不带电流或电压的,所以测量时必须另外加上电池和适当阻值的电阻,使表针能够随着被测电阻的大小作不同程度的偏转,从而区别出被测元件阻值的大小。所以电阻测量电路除表头外,还必须配以电池及适当阻值的电阻。测量元件电阻值的仪表通常称为欧姆表。

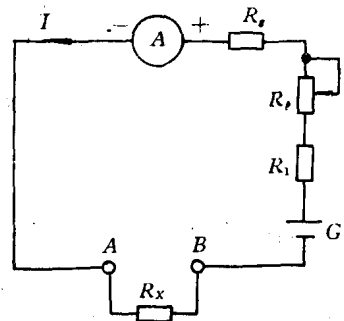


图 1-4 欧姆表的原理电路

欧姆表的原理电路如图 1-4 所示。被测电阻 R_x 接在 A、B 之间。该电路中,流过表头的电流为 $I = G / (R_0 + R_x)$,显然 R_x 的阻值越大,通过表头的电流 I 越小,表针偏转角度也越小;反之 R_x 阻值越小, I 越大,表针偏转角度也越大。 $R_x = 0$ 时表针在右端, $R_x = \infty$ 时表针在左端。为进一步说明电阻值测量原理,下面分三种情况分析该电路:

1. 当 $R_x = 0$ 时,被测电阻短路,即 A、B 两端短接,回路中电流最大,表针偏转角度也最大。为了使通过表头的电流恰好等于满刻度值 I_g ,用电位器 R_p 进行调节。当 $I = I_g$ 时,该点即被定为欧姆表的零值刻度,设此时表头等效内阻为 R_0 ,则 $R_0 = R_g + R_1 + R_p$ 。电位器 R_p 被称为调零电位器。

2. 当 $R_x = \infty$ 时, 即 A、B 两端开路时的情况, 这时 $I=0$, 表针不发生偏转, 这个点定为 $\infty \Omega$ 刻度。

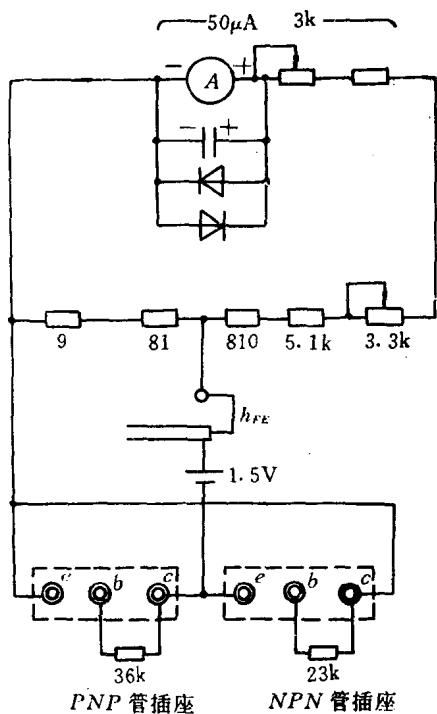


图 1—5 晶体三极管 h_{FE} 测量电路

极管插入 PNP 插座, 若为 NPN 管则插入 NPN 插座, 由第四条刻度上读数。

3. 当 $R_x = R_0$, 即被测电阻等于表头等效内阻的情况, 这时 $I = G/2R_0 = I_g/2$ 。此时表头中通过的电流为 $R_x = 0$ 时的一半, 因而表针位于刻度线的中央位置。所对应的欧姆数应为 R_0 , 通常 R_0 被称为中值电阻。中值电阻说明该电阻档的内阻, 它是电阻档的重要指标。

由上面分析可知, 电阻档刻度是自右向左增大, 这正好与电压档, 电流档相反。此外, 由于被测电阻 R_x 中的电流由表内电池 G 供给, 所以表头与电池必然是同极性相接, 而表笔与电池却是反极性相接的, 即红表笔带负电压, 黑表笔带正电压, 在测量晶体管时应加以注意。

1.2.5 晶体三极管 h_{FE} (β) 测量电路

有些表型还可测量晶体三极管直流电流放大系数 h_{FE} 的值。例如杭州电表厂生产的 U-201 型万用表, 晶体三极管的直流电流放大系数 h_{FE} 的测量电路如图 1-5 所示。测量时, 先将转换开关旋至 “ $\Omega \times 10$ ” 档位置, 并短接二表笔, 调整调零电位器使表针对准零欧姆刻度, 然后将开关旋至 “ h_{FE} ” 档位置, 若为 PNP 管, 将被测三

1.3 万用表的主要性能

普通万用表一般可以测量直流电流、直流电压、交流电压及直流电阻这四个项目。有些型号万用表还具有 “电感量”、“电容量”、“分贝” 及 “交流电流” 测量档。此外, 还有部分万用表备有 h_{FE} 、 I_{ceo} 、 I_{cbo} 等晶体三极管直流参数测试档。

1.3.1 万用表的量程

1. 直流电流档 一般万用表的量程设置在 $50\mu A \sim 500mA$ 之间, 分为 3~5 档。高灵敏度的 MF-10 型万用表可达 $10\mu A \sim 1000mA$ 。有的表型具有扩大量程 $1A \sim 5A$ 档, 便于测试家用电子电器的整机电流。

2. 直流电压档 一般万用表的量程为 $1V \sim 500V$ 之间, 分为 5 或 6 档。有些表型备有 “mV” 档及扩展量程档 $1000V \sim 2500V$ 。直流电压灵敏度较高的为 $20k\Omega/V$ 。

有的表型配有高压探头可测量 $\leq 25KV$ 高压。

3. 交流电压档 一般万用表的量程从 $10V \sim 500V$, 分为 3~5 档。有些表型具有扩展量程, 可测量 $1000V \sim 2500V$ 的高压。一般交流电压灵敏度较直流电压低, 通常仅为 $4k\Omega/V$ 。

万用表的工作频率一般为 $50Hz$, 多数可达 $45Hz \sim 1000Hz$ 。个别表型可达 $5kHz$, 属于

中频万用表。

4. 直流电阻档 一般万用表电阻档的量程为 $2k\Omega \sim 20M\Omega$, 分为 $R \times 1 \sim R \times 10k$ 约 2~5 个档。

某些表型无“ $R \times 1$ ”档, 或中值电阻较大, 不利于测试小阻值电阻及大功率晶体三极管。而对于缺“ $R \times 100$ ”档的表型, 则难以测试小功率晶体管。

具有“ $R \times 100k$ ”档的表型, 测试高阻值电阻及小电容比较理想。

5. 晶体三极管直流电流放大系数 $h_{FE} (\beta)$ 档 应用“ h_{FE} ”档可方便地测量晶体三极管的直流电流放大系数。一般可测量 β 的范围为 $0 \sim 300$ 。

此外, 应用“ h_{FE} ”档还可判断三极管的极性及识别管脚。

6. 电容、电感档 有的万用表表盘上具有测电容量、电感量的专用刻度, 在配有一定的外加交流电源的条件下, 就可以进行电容、电感量的测量。电容量可测范围约在 $0.001\mu F \sim 0.3\mu F$ 之间, 这可用于测试家用电子电器中几千皮法以上的电容。电感量可测范围约为 $20H \sim 1000H$ 。因其量程偏大, 一般仅可用于估测电源变压器的好坏。

7. 音频电平档 音频电平档是用以测量在一定负载阻抗上放大级的增益和线路输送的损耗(衰减)。测量时一般是与交流电压最低一档相结合。音频电平的测量单位以分贝(dB)表示。一般测量范围为 $-10 \sim +22dB$ 。用万用表电平档可测出被测点的脉冲电压平均值。可用来判断电路工作是否正常。

注: 万用表分贝(dB)标度尺的标定

分贝(dB)是用以测量放大级的增益和线路输送衰减的计量单位。一般万用表以 $0dB = 1mW/600\Omega$ 作为参考零电平。即在 600Ω 负载阻抗得到 $1mW$ 功率定为 $0dB$ 。此时相当于交流电压 $0.775V$, 算式如下:

$$U = \sqrt{PZ}$$

式中 U ——交流电压(V);

P ——功率(W);

Z ——负载阻抗(Ω)。

因而

$$U = \sqrt{0.001 \times 600} = 0.775V$$

即零分贝的标度是在交流电压 $0.775V$ 处, 大于 $0.775V$ 的电压为正分贝数, 而小于 $0.775V$ 的电压为负分贝数。其他电压值下的分贝数可按式计算:

$$dB = 20\lg(U_2/U_1)$$

式中 U_1 ——零电平对应的交流电压值(V);

U_2 ——被测电压(V);

dB——被测电压 U_2 对应的分贝数 (dB)。

例：计算 $U_2=2.45\text{V}$ 时的分贝数

$$\text{dB}=20\lg(2.45/0.775)=10\text{dB}$$

1.3.2 万用表的基本误差

万用表的基本误差一般是以精度来加以描述的。精度也叫准确度。万用表的精度等级一般在1.0级~5.0级之间。精度等级反映了基本误差的大小。例如2.5级精度表示基本误差为 $\pm 2.5\%$ 。

1. 直流电流档 万用表直流电流档的基本误差一般为 $\pm 1\% \sim \pm 2.5\%$ 。如果使用基本误差为 $\pm 2.5\%$ 万用表的直流电流的“100mA”档，测得一稳压电源输出电流为40mA，根据基本误差的定义可知，稳压电源输出实际电流值为39~41mA之间。

2. 直流电压档 直流电压档的基本误差一般为 $\pm 1.5\% \sim \pm 2.5\%$ 。若基本误差为 $\pm 2.0\%$ ，当测得电压为100V时，则实际电压值在98~102V之间。

3. 交流电压档 交流电压档的基本误差一般为 $\pm 4\% \sim \pm 5\%$ 。当用万用表250V交流电压档测220V标准电压时，若测得值在210~230V之间，其基本误差即在 $\pm 4\%$ 的范围内。

4. 直流电阻档 一般万用表的电阻档基本误差为 $\pm 2.5\% \sim \pm 4\%$ 。

注：以上误差是指正确使用万用表前提下的情况。若测试方法不当，误差会大大增加。

1.3.3 选择万用表的原则

万用表的主要性能是灵敏度和测量精度，这是选表的重要依据。结合检修家用电子电器对万用表的要求，选用原则如下：

1. 电压灵敏度高。即电压档的每伏电阻值较大，表明电压档内阻较高，这样可减小电压测量误差。

2. 精度高，即基本误差小。包括直流电压档、直流电流档、交流电压档及电阻档的基本误差都要小。

3. 具有直流低电压（2.5V以下）和小电流（1mA以下）档位以及直流电流扩大量程档位（2~5A），及较高的电压扩大量程档位，最好还备有25kV特定量程。

4. 具有包括 $R \times 1$ 档在内的全档位的电阻档（ $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$ 等）。可满足对大、小功率晶体管的测试及阻、容元件的测试。

5. 具有音频电平档及“ h_{FE} ”档，便于进行dB检测和晶体三极管 h_{FE} 的测量。同时最好也具有电容、电感档，便于对电容、电感元件的测试。

1.4 500型万用表

500型万用表是一种使用得比较广泛的万用表。该表测量误差小、读数方便。不少电子电路用该表的实测结果，作为电路电压值的标注依据。

1.4.1 500型万用表的性能

500型万用表的性能指标见表1-1。

1.4.2 500型万用表的面板布置和旋钮作用

表 1-1^①

测 量 范 围		灵敏度	精度等级	误差表示方法
直流电流	0~0.5~1~10~100~500mA		2.5	以标尺的工作部分上限的百分数表示
直流电压	0~2.5~10~50~250~500V	20k Ω /V	2.5	
	2500V	4k Ω /V	4.0	
交流电压	0~10~50~250~500V	4k Ω /V	4.0	
	2500V	4k Ω /V	5.0	
电阻	中心值 10 Ω 、100 Ω 、1k Ω 、10k Ω		2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	倍率 R $\times$ 1、R $\times$ 10、R $\times$ 100、R $\times$ 1k、R $\times$ 10k			
	范围 0~2~20~200k Ω ~2~20M Ω			
分贝刻度	-10dB~+22dB			

①500 型万用表结构种类较多，上表所列为 500-F 的性能指标。

500 型万用表的面板布置如图 1-6 所示。面板的上半部是表面刻度，下半部是调节旋钮和插孔。500 型万用表共有四个调节旋钮和四个插孔，它们的名称和作用如下：

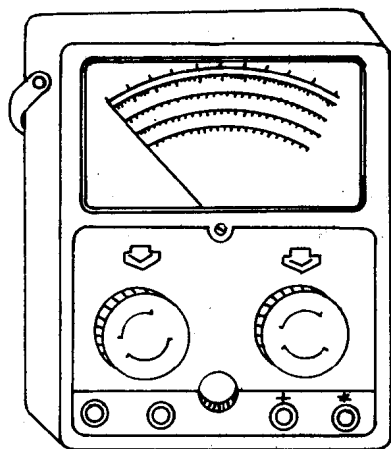


图 1-6 500 型万用表面板布置

1. 表针机械零位校正螺丝 万用表磁电式表头的表针，静止状态时应指在表面刻度的“0”位处。如有偏移，可调节该螺丝使其复原。

2. 测量项目和量程选择转换开关旋钮 该旋钮共有两个，左右各一。这两个旋钮必须配合使用：把左（或右）面旋钮拨到所需的测量项目，拨动右（或左）面旋钮即可在相应的项目里选择合适的量程。

旋钮上的符号表示测量项目，如“ Ω ”——直流电阻；“ $\underline{A}$ ”——直流电流；“ ∇ ”——交、直流电压；“ $\bullet$ ”——空档。旋钮上的数字表示量程。数字下面的符号是该量程的单位，如“mA”、“ μ A”——电流的单位“毫安”、“微安”；“V”——电压单位“伏”；“ Ω ”——电阻单位“欧姆”；“dB”——交流电平的单位“分贝”。

3. 欧姆档调零旋钮 测量电阻时，无论选择哪一个欧姆档，都必须先短路表笔，调节该旋钮使表针指在 0 Ω 处。

4. 公共插孔 标有“*”记号的插孔是公共插孔，作任何项目测量时，黑表笔均插入该插孔里。

5. 正极插孔 标有“+”记号的插孔是正极插孔，测量直流电阻、电流及交直流电压（2500V 除外）时，红表笔插入该插孔里。

6. 电平插孔 标有“dB”（或“DB”）记号的插孔是测电平专用插孔，在测量电路电平时，把红表笔插入该插孔里。

7. 高压插孔 要测量 500V 以上交流或直流电压时,把红表笔插入标有“2500V”的高压插孔里,这时表的量程是 2500V,可测量 $\leq 2500\text{V}$ 的电压。

1.4.3 500 型万用表刻度读法

500 型万用表表面有五条刻度线,它们依次为直流刻度线、交流刻度线、电阻刻度线、交流 10V 档刻度线和电平刻度线。

第一条直流刻度线是线性等分线,自左至右标有 0、2、4、6、8、10 的字样,每两个数字之间还各有 10 个分刻度线,每条分度线正好是 $1/5$ 。这条刻度线供直流电流、电压测量时读数。当量程为“10V”或“10mA”时,在这条刻度线上可直读测量值。对其他各直流量程,读数应按比例扩大或缩小。如量程为“1mA”时,实际值是读数的 $1/10$ 。“50V”时,实际值是读数的 5 倍。

第二条非线性交流刻度线供测交流电压时读数用。该线的刻度值有上、下两层,上层是 0、10、20、30、40、50,下层是 0、50、100、200、250。每两个刻度值之间有 10 个分刻度,用上层刻度值,每个分刻度是 1,用下层刻度值,每个分刻度是 5。使用“50”和“250”量程时,可在该刻度上直接读数,使用其他交流量程时,读数应按比例扩大或缩小。

第三条是电阻刻度线,该刻度线非线性分格,阻值分布从左到右递减。这条刻度线可供“ $R \times 1$ ”档测量时直读。用其他各电阻档测量时,读数应按该档的倍率扩大。

第四条刻度线是交流“10V”档专用刻度,用“10V”档测量时可直接读出测量值。

最后一条是电平刻度线,供测量交流信号电平专用,刻度范围从 -10dB 至 $+22\text{dB}$,非线性分格。

对于有反射镜的万用表,当看到表针与镜面里的“表针”相重合时,读数最准确。

1.4.4 500 型万用表表面符号的意义

“ ”——交流和直流。该表既可测直流又可以测交流。

“ ”——整流系统。表里面装有半导体整流系统,交流测量是通过整流系统进行的。

“ ”——Ⅲ级防外磁场。该表具有Ⅲ级防外磁场性能,可以在强度为 5Oe (奥斯特) 外磁场环境中工作,误差不超过 2.5%。

“☆”——绝缘强度试验电压为 6kV。该表经 6kV 电压历时 1 分钟进行绝缘强度试验正常,可确保 6kV 以内使用。

“→”——该表应水平放置使用。

“2.5”——直流误差 2.5 级。表的直流测量误差是表针指示值的 $\pm 2.5\%$ 。

“4.0”——交流误差 4.0 级。交流测量误差是表针指示值的 $\pm 4\%$ 。

“AC 8-2500 $\sqrt{4000\Omega/V}$ ”——交流电压测量和 2500V 高压测量时,表的阻抗是每伏 4k Ω 。

“20000 Ω/V DC”——直流电压测量时,表的内阻是每伏 20k Ω 。

“0dB=1mV600 Ω ”——电平测量时,信号频率范围是 45~1000Hz,表的负载阻抗为 600 Ω ,分贝刻度以 1mW 功率定为 0dB。

1.4.5 500 型万用表的使用方法

1. 装电池 500 型万用表使用两个电池:一节 1.5V 的 2 号电池,一节 6F22 型 9V 层叠电池(早期生产的 500 型万用表使用 15V 层叠电池)。新表第一次使用,应先装入上述电池。打开表壳背部的电池盖板,将 2 号电池装入右盒,层叠电池装入左盒。电池放入时还