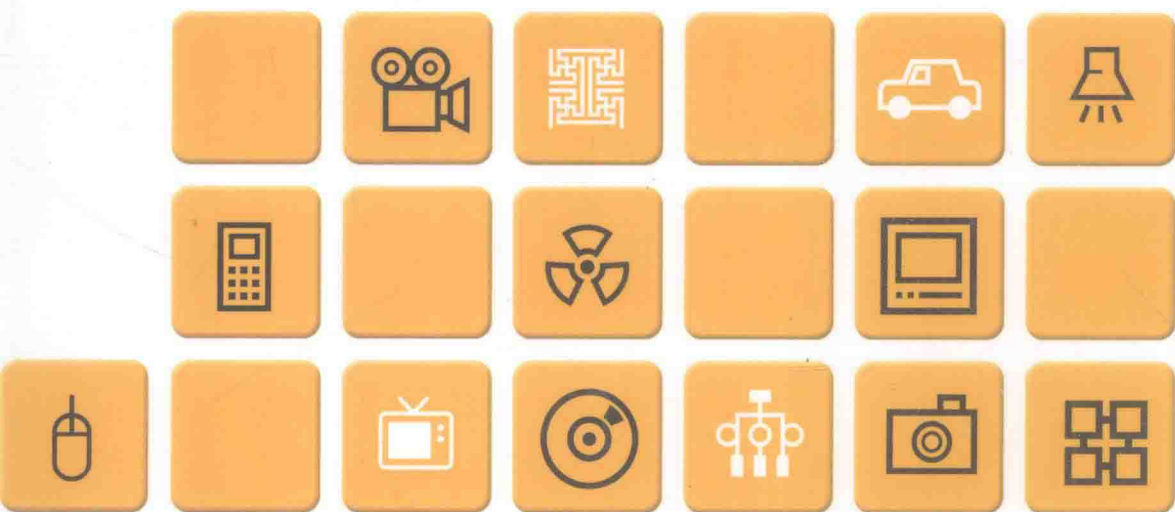




零起步电子电器维修技能

万能表 使用技能

LING QI BU DIAN ZI DIAN QI WEI XIU JI NENG

宋海东◎主编



零起步电子电器维修技能

常州人子 藏书 万能表 使用技能

LING QI BU DIAN ZI DIAN QI WEI XIU JI NENG

宋海东◎主编

图书在版编目(CIP)数据

万能表使用技能/宋海东. —北京:金城出版社,
2010.9

(零起步电子电器维修技能)

ISBN 978-7-80251-649-6

I. ①万 II. ①宋 III. ①万能表使用-技术培训-
教材 IV. ①TN751

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 174665 号

万能表使用技能

作 者	宋海东
责任编辑	钱雨竹
开 本	710 毫米×1000 毫米 1/16
字 数	260 千字
印 张	12
版 次	2010 年 9 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷
印 刷	河南旺高印务有限公司
书 号	ISBN 978-7-80251-649-6
定 价	19.80 元

出版发行 金城出版社北京朝阳区和平街 11 区 37 号楼 邮编:100013
发 行 部 (010)84254364
编 辑 部 (010)64222699
总 编 室 (010)64228516
网 址 <http://www.jccb.com.cn>
电子邮箱 jinchengchuban@163.com
法律顾问 陈鹰律师事务所 (010)64970501

前 言

万能表也称万用表又叫多用表、三用表、复用表，是一种多功能、多量程的测量仪表，一般万用表可测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻和音频电平等，有的还可以测交流电流、电容量、电感量及半导体的一些参数。常见的多用表有指针式多用表和数字式多用表。指针式多用表是一表头为核心部件的多功能测量仪表，测量值由表头指针指示读取。数字式多用表的测量值由液晶显示屏直接以数字的形式显示，读取方便，有些还带有语音提示功能。万用表是公用一个表头，集电压表、电流表和欧姆表于一体的仪表。

万用表具有用途多，量程广，使用方便等优点，是电子测量中最常用的工具。它可以用来测量电阻，交直流电压和直流电压。有的万用表还可以测量晶体管的主要参数及电容器的电容量等。因此掌握万用表的使用方是电子技术的一项基本技能。



目 录

第一章 万能表的基本知识

第一节	指针式万能表	1
第二节	数字式万能表	13
第三节	万能表的各部件的性能	17

第二章 万能表的测量原理

第一节	指针万能表的测量原理	20
第二节	数字万能表常用 A/D 转换器及其构成的数字电压表	31

第三章 电路的基础

第一节	电路的基本知识	43
第二节	关于电路的分析方法	52

第四章 万能表的使用

第一节	指针式万能表的使用	60
第二节	数字万能表的使用	70
第三节	会给万能表增加测量功能	95

第五章 巧用万能表检测常见的单元电路的故障

第一节	电源电路和电压给电路故障	103
第二节	音量控制器的故障	115
第三节	扬声器电路和扬声器保护电路的故障	121
第四节	音频功率放大器的故障	125
第五节	单级放大器和多级放大器故障	139
第六节	用万能表检修彩电	150

第六章 巧用万能表检测常见的电子元器件

第一节	巧用万能表检测电阻器和电位器	159
第二节	巧用万能表检测变压器	168
第三节	巧用万能表检测电容器	175

第一章 万能表的基本知识

万能表是一种便携式的测量仪表,由于万能表具有用途广、操作简便、便于携带等,成为电工和电子技术中最基本、最常用的测量仪表,也是无线电爱好者、电器维修人员、电子制作者必不可少的必备器具。

万能表除了使用最多的指针式万能表外,还有数字式万能表。数字式万能表的功能更多,测量精度也较高,在电工和电子测量中均有广泛的应用。

第一节 指针式万能表

指针式万能表是采用磁电系测量机构的电测仪表,它历史久远、技术成熟、使用方便、价格便宜,应用广泛。这种表除可进行直流电压(DCV)、直流电流(DCA)、交流电压(ACV)、交流电流(ACA)和电阻(R)基本测量项目外,还可进行交流音频电平(dB)、电感(L)、电容(C)和三极管电流放大系数(h_{FE})等项目的测试。但指针式万能表内阻低、精度不够高、测量功能不够多。

一、基本结构

指针式万能表主要由表头(又称测量机构)、测量线路、转换开关和壳体等组成。表头是用来指示被测量的数值;测量线路用来将各种被测量转换为适于表头测量的直流电流;转换开关用来对测量线路的切换,以适应对多种电量的测量和选择不同的量程。

1. 表头(测量机构)

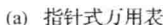
表头是万能表的测量机构,通常采用灵敏度高、准确度较好的磁电系直流微安表,其满偏电流一般为几微安(μA)到几百微安。满偏电流越小,灵敏度越高,测量电压时的内阻就越大,对被测电路的工作状态的影响也就越小。

一般国产MF系列指针式万能表表头的灵敏度在 $10 \sim 100\mu A$ 范围,测量电压时的内阻约在 $2 \sim 20k\Omega/V$ 。

由图 1-1 可见,多数刻度线中没标出测量单位,其用意是一条刻度线可供不同的量程使用。为区别不同用途的刻度线,在每条刻度线的左端或右端均标示出字母或符号:欧姆刻度线用“ Ω ”表示;直流电用“—”或“DC”表示;交流电用“~”或“AC”表示;交直流共用的刻度线用“ $\sim$ ”表示。有些万用表还采用了带反射镜的标度盘,读取读数时,应在指针与反射镜内指针倒影重合时读数,以减小读数的视差。

测量线路是用来实现多种电量、多种量程测量的组合和进行变换的电路。万能表能用一只微安表头实施多种电量和多种量程的测量，靠的就是测量线路，把被测量变换成磁电系表头所能接受的直流微小电流。

万能表的功能越多、测量范围越广，则其测量线路会越复杂。但各种万能表的基本电路大体类同。实际上，一般万能表的测量线路是由多量程直流电流表、多量程直流电压表、多量程整流式交流电压表、交流电流表和多量



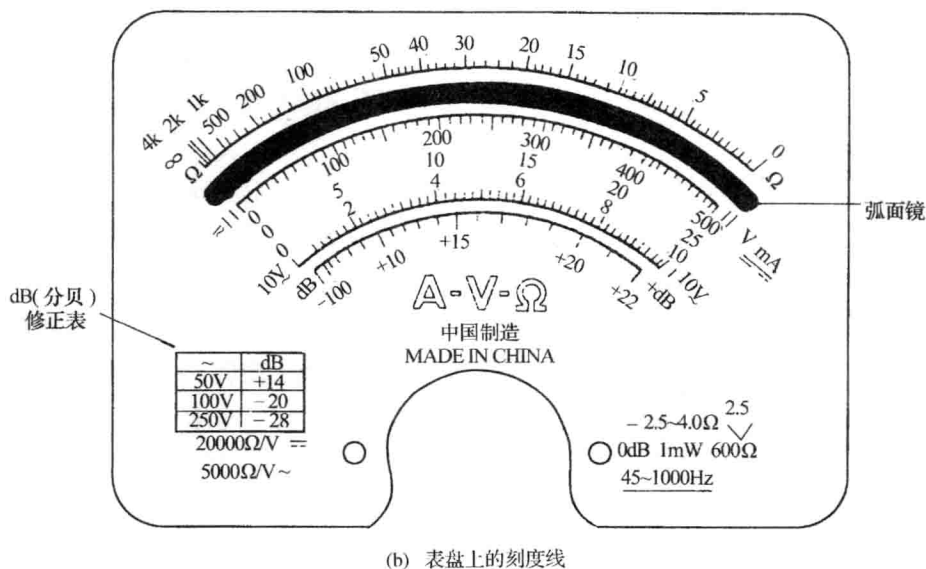


图 1-1 常见指针式万能表及其表盘刻度线

程欧姆表等几种测量线路组合而成的。

构成测量线路的主要元件，是各种类型、各种阻值的电阻元件，如线绕电阻、金属膜或碳膜电阻、电位器等。在测量交流时，还使用整流元件（如二极管），把交流电转换为磁电系表头所能测量的微小直流电流。

图 1-2 是 MF-500 型指针式万能表的电气原理图。

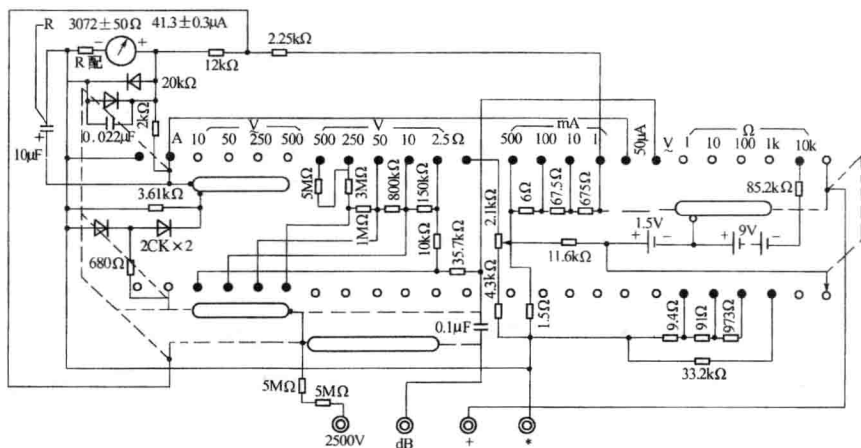


图 1-2 MF-500 型指针式万能表的电气原理图

3. 转换开关

万能表中的各种电量的测量及其量程的选择,是通过面板上的转换开关来实现的。当转换开关在不同位置时,可组成不同的测量电路,从而实施不同电量的测量。

一般指针式万能表,均采用机械式转换开关,它由固定触点(静触点)和动触点组成,动触点通常称为“刀”,固定触点通常称为“掷”,因而机械式转换开关又称做刀掷转换开关。

转换开关通常采用多刀多掷开关。静触点固定在测量电路板上,动触点装在转轴上,当转换开关旋转时,转轴带动动触点随之旋转,当动触点与某一挡位静触点接触时,就接通了该挡的测量电路,实现了对不同测量电路的切换。MF-500型指针式万能表有两个转换开关(见图1-10),测量时这两个开关要配合使用。左边的开关是一只双层三刀十二掷开关,共12个挡位;右边的开关是一只双刀+双掷,也有12个挡位。

二、测量原理

1. 直流电流的测量

万能表中的直流电流测量电路,实际上是一个多量程的直流电流表,它是将磁电系直流微安表与一些分流电阻并联,以实现扩大量程的目的,测量原理如图1-3所示。

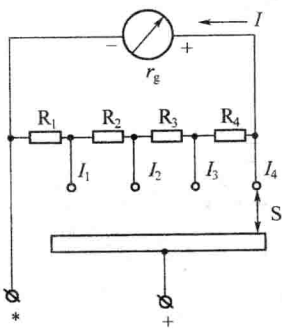


图 1-3 直流电流的测量原理

万能表测量直流电流时,将转换开关拨至直流电流挡,并通过转换开关 S 的不同位置来改变分流器的阻值,以便达到改变量程的目的。在这个电路中,将各分流电阻彼此串接后,再与表头并接,形成一个闭合环路。

由图 1-3 可见,当开关 S 接在 $R_1 \sim R_4$ 的不同位置时,表头所配用的分流器的阻值是不同的,分流器的电阻值越小,则相应的电流量程越大,从而达到变换量程的目的。

当开关 S 接至 I_4 的触点时, $R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ 构成了 I_4 电流挡的分流器,这时的分流器阻值最大, I_4 是该表头的最低量程。

当开关 S 接至 I_3 的触点时,其分流器的阻值为 $R_1 + R_2 + R_3$,而 R_4 变为与表头 R_g 相串接,因此,测量电流的量程得到了扩大,即 $I_3 > I_4$ 。

当开关 S 接至 I_1 的触点时, $R_2 + R_3 + R_4$ 变成与表头串接, 而仅有 R_1 作为分流器了, 则相应的电流量程也就进一步得到扩展, $I_1 > I_2$ 。

显然, 图 1-3 所示的 4 个量程挡的电流有 $I_1 > I_2 > I_3 > I_4$ 的关系。

图 1-2 所示的 MF-500 型指针式万能表的直流电流挡, 是由 5 个电阻构成的闭路式分流器, 可构成 $50\mu\text{A}$ 、 1mA 、 10mA 、 50mA 、 100mA 和 500mA 六个电流挡。从图 1-1 (a) 所示的 MF-500 型指针式万能表的面板图上也可看出。

2. 直流电压的测量

万能表的直流电压测量电路, 实际上是一个多量程的直流电压表。它使用的表头与电流测量电路使用的是同一个磁电系微安表头, 将该表头与 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 分压电阻器相串接, 并从 U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 的触点引出, 通过开关 S 与相应触点相接, 就可获得一个多量程的直流电压挡, 如图 1-4 所示。多个分压电阻的接入, 可扩大测量电压。

图 1-4 是分压电阻共用式直流电压测量电路。当表头串联的电阻越大时, 串联电阻分得电压就越大, 万能表电压挡的测量量程就越大。

图 1-4 所示的共用式多量程直流测量电路的优点是, 低量程的分压电阻被其他高电压量程所利用。如 U_1 量程的 R_1 分别为 U_2 量程 ($R_1 + R_2$)、 U_3 量程 ($R_1 + R_2 + R_3$) 和 U_4 量程 ($R_1 + R_2 + R_3 + R_4$) 所利用。这样, 可以节省绕制电阻 (一般用价格昂贵的锰铜丝绕制) 的材料, 压低生产成本。

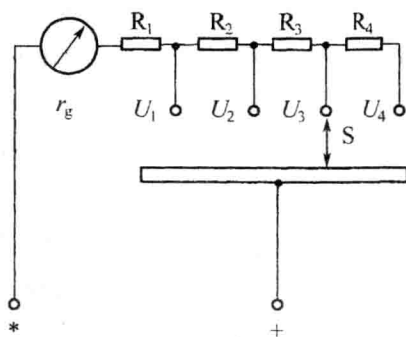


图 1-4 分压电阻共用式多量程直流电压测量电路

由于 U_1 量程的电阻为 R_1 , U_2 量程的电阻为 $R_1 + R_2$, U_3 量程的电阻为 $R_1 + R_2 + R_3$, U_4 量程的电阻为 $R_1 + R_2 + R_3 + R_4$, 因此, 通过开关 S 转换测得的直流电压的量程为 $U_4 > U_3 > U_2 > U_1$ 。

MF-500 型指针式万能表, 通过转换开关可获得 500V、250V、50V、

10V 和 2.5V 五种不同量程的直流电压挡。各分压电阻的阻值请参看图 1-2 所示的整机电路。

3. 交流电压的测量

指针式万能表的表头是磁电系测量机构，只适合测量直流电流或直流电压。欲要测量交流电压，测量电路必须有整流装置，把交流变为直流。因此，可用表的交流电压测量电路，实际上是一个多量程的整流系交流电压表的电路。它由表头、半波整流电路或全波整流电路和共用式分压电阻（或附加电阻）等组成。图 1-5 给出了半波整流和桥式整流的电阻共用式测量电路。

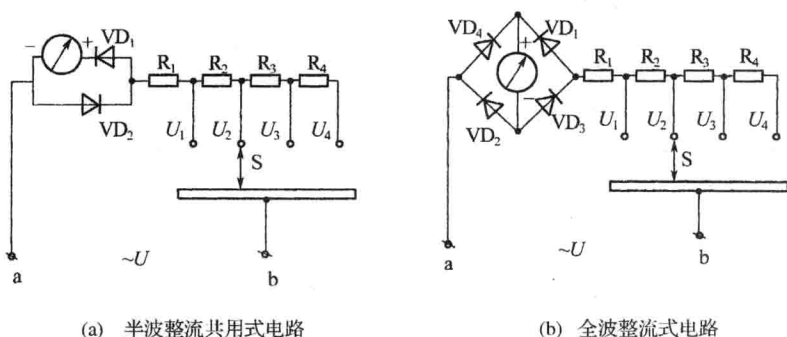


图 1-5 半波整流和桥式整流的电阻共用式测量电路

图 1-5 (a) 所示半波整流式电路，当交流电压处于正半波时，二极管 VD_1 导通，接入的电阻和表头可得到整流电流，从而使表头的指针发生偏转；当交流电压处于负半波时，二极管 VD_2 导通，可对表头和二极管 VD_1 起保护作用。

图 1-5 (b) 所示为全波整流式测量电路。当交流电压处于正半波时，二极管 VD_1 、 VD_2 导通，接入电阻和表头分压可以得到整流电流，从而使表头指针偏转；当交流电压处于负半波时，二极管 VD_4 、 VD_3 导通，接入电阻和表头分压可以得到整流电流，使表头的指针发生偏转。

4. 电阻的测量

万能表的欧姆挡是用来测量电阻数值大小的，其测量电路实际上是一个多量程的欧姆表电路。图 1-6 是万能表测量电阻的基本原理电路。

图 1-6 中的电源 U 为一节 1.5V 干电池，其端电压为 U ，被测电阻 R_x 接在 a、b 两个端钮之间， R_x 和干电池、表头、固定电阻 R 构成一个串联电路，设表头的内阻为 r ，则流过被测电阻的电流为

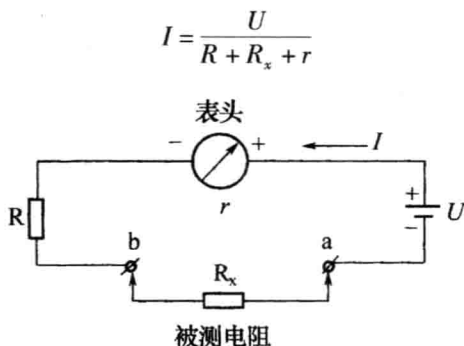


图 1-6 万能表测量电阻的基本原理电路

因为表头与 R 和电源（电池）串联，故流过表头的电流与流过被测电阻 R_x 的电流是同一电流，电流随被测电阻 R_x 的变化而变化，且与流过表头的电流成比例。这样，就可用电流 I 的大小来衡量被测电阻 R_x 的大小。

指针式表头的指针偏转角的大小与流过被测电阻 R_x 的电流 I 有相对应的关系，因此，测量电阻实际上测量的是电流。被测电阻 R_x 的阻值越大，电流 I 就越小，指针偏转角就越小；反之，若被测电阻 R_x 的值越小，电流 I 就越大，指针偏转角就越大，满偏时会指到欧姆标度尺的“0”附近。这就是为什么指针式万能表的欧姆标度尺的“0”在右侧的原因。由于万能表的电压和电流标度尺的“0”均在左侧，因此说电阻挡的标度尺是反向刻度的，如图 1-7 所示。

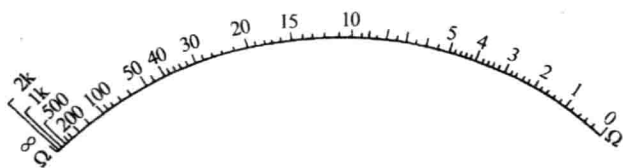


图 1-7 万能表电阻挡标度尺

由于流过表头的电流与被测电阻不是线性关系，因此电阻挡标度尺的刻度是非均匀的。

三、MF-47 型指针式万能表

1. MF-47 型指针式万能表的结构特征

MF-47 型指针式万能表是一种磁电系、便携式测量仪表，它可以测量直

流电压、直流电流、电阻和交流电压等基本量，前三项的准确度等级为 2.5 级（基本误差为 $\pm 2.5\%$ ），交流电压的测量准确度为 5.0 级（基本误差为 $\pm 5.0\%$ ），除上述基本量外，还可测量音频电平、电感、电容和半导体三极管直流参数等，具有多量程、分挡细、灵敏度高、性能稳定、使用方便等特点。

MF-47 型指针式万能表的结构主要由表头、测量电路和转换开关等组成。它的表头采用高灵敏度的磁电式直流微安表。图 1-8 是 MF-47 型指针

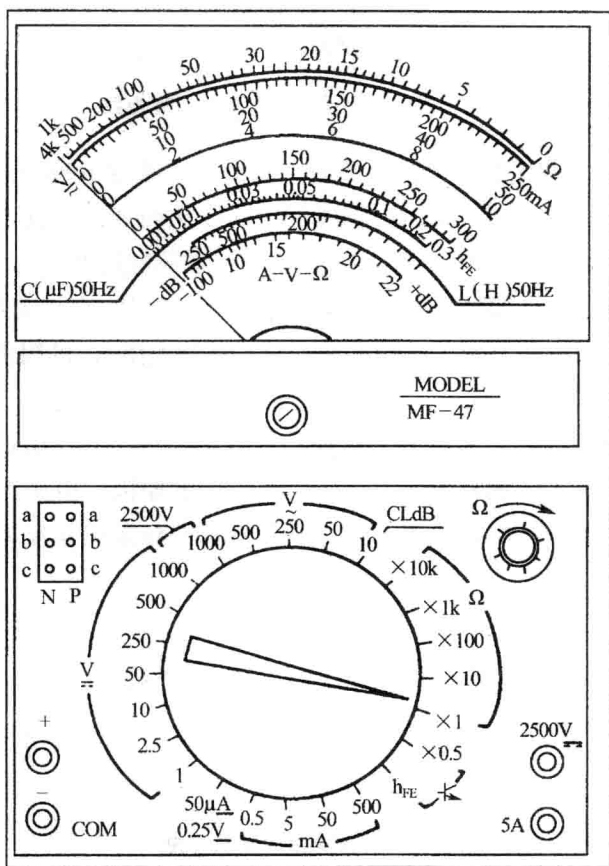


图 1-8 MF-47 型指针式万能表的面板和表盘图

式万能表的面板和表盘图。MF-47 型指针式万能表的面板上主要有表头、机械调零旋钮、量程选择开关、欧姆 (Ω) 调零旋钮和表笔插孔等。

2. MF-47 型指针式万能表的测量电路原理

MF-47 型指针式万能表的电路原理图如图 1-9 所示。

直流 电流	0 ~ 50 μ A ~ 0.5mA ~ 5mA ~ 50mA ~ 500mA ~ 5A	0.3V	2.5	± 2.5	以标度尺弧长 的百分数计算
h_{FE}	0 ~ 300				
电感	20 ~ 1000H (50Hz)				
电容	0.001 ~ 0.3 μ F				交流 (AC) 10V
音频 电平	-10 ~ +22dB	0dB1mV600 Ω			

四、MF-500 型指针式万能表

MF-500 型指针式万能表具有较高的灵敏度、操作简便、经久耐用、体积小、便于携带、价格低,很适于电子爱好者和电工维修人员使用。

1. MF-500 型指针式万能表的外形和面板

图 1-10 是 MF-500 型指针式万能表的外形和面板图。它的外壳用黑色胶木制成,有皮提手 10 其面板上部为表头,下部有两只转换开关和调零电位器、表笔插孔等。壳体内装有用于测试电流、电压和电阻阻值的电路板和供电电池等,结构紧凑。

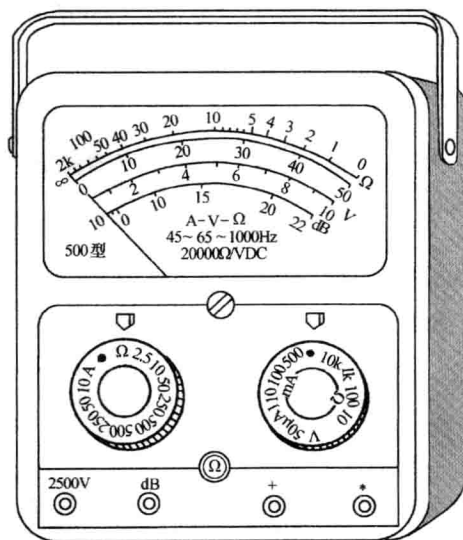


图 1-10 MF-500 型指针式万能表的外形和面板图

(1) MF-500 型指针式万能表的表头及标度盘

MF-500 型指针式万能表的表头采用内阻较大的高灵敏度的磁电系直流微安表，它的内阻 $R_i = 2800\Omega$ ，满度电流为 $40\mu\text{A}$ 。

电表的标度盘有 4 条标度尺，最上面是测量电阻用的电阻欧姆 (Ω) 值的标尺；第 2 条和第 3 条标尺是用于测量直流电流、直流电压和交流电压值的共同标尺；第 4 条是用来进行音频电平 (dB) 测试，该音频电平刻度线是以交流电压 10V 挡为基准刻度的， $0\text{dB} = 0.775\text{V}$ ，刻度范围为 $-10 \sim +22\text{dB}$ 。不涉及音频 (交流) 信号的初学者暂不使用，可先不管它。

(2) MF-500 型指针式万能表的转换开关

转换开关是万能表选择不同测量种类和不同量程时的切换元件。MF-47 型指针式万用表面板上只设置了一个转换开关，共 24 挡。而 MF-500 型指针式万能表面板上装设了两个转换开关，分装在面板的右边和左边。

左边的转换开关共 12 个挡位，分别为 A、 Ω 、交流电压 (10、50、250、500) 四挡、直流电压 (2.5、10、50、250、500) 五挡。该开关为一只双层三刀十二掷转换开关。

右边的转换开关共 12 个挡位，分别为电压、 $50\mu\text{A}$ 、直流电流 (1mA、50mA、1100mA、500mA) 四挡、电阻 ($\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1\text{k}$ 、 $\times 10\text{k}$) 五挡以及空挡位“。”。该开关为一只双刀十二掷转换开关。

2. MF-500 型指针式万能表的测量电路

MF-500 型指针式万能表包括直流电压测量电路、直流电流测量电路、交流电压测量电路和电阻测量电路，整个测量电路实际上是测量电流、电压和欧姆阻值的组合体，通过面板上的两个转换开关，一个用来选择测量项目，另一个来选择量程。图 1-2 是 MF-500 型指针式万能表的测量电路原理图。

3. MF-500 型指针式万能表的主要性能指标

下表列出了 MF-500 型指针式万能表的主要性能指标。

表 MF-500 型指针式万能表的技术特性

项 目	测量范围	灵敏度	基本误差 (%)	误差表示方法
直流电流	$0 \sim 1 \sim 10 \sim 100 \sim 500\text{mA}$		± 2.5	刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	$0 \sim 2.5 \sim 10 \sim 50 \sim 250 \sim 500 \sim 2500\text{V}$	$20\text{k}\Omega/\text{V}$	± 2.5	
交流电压	$0 \sim 10 \sim 50 \sim 250 \sim 500 \sim 2500\text{V}$	$4\text{k}\Omega/\text{V}$	± 4	