第一章　万用表及汽车万用表

1　概述

快速准确地诊断发动机电控系统的故障，是正确维修电控发动机的前提，也是维修技术的重要组成部分。发动机电控系统的故障诊断方法很多，最常用的故障诊断方法是根据故障代码和利用万用表检测相应的技术参数，以确定故障的原因和部位。

现代汽车发动机电控系统都有故障自诊断功能。一旦电控系统出现故障，故障自诊断系统就将故障分类，并以故障代码的形式储存在存储器里，以供维修人员调用。在维修发动机电制系统时，维修人员可以采用专用的微机故障诊断仪(解码器)进行故障诊断，只要将其诊断接口和车上发动机电控系统的诊断接口(Diagnosis Connector)接到一起，操纵诊断仪的按键，选择相应的车型、年代和诊断类型，就可以了解故障代码、故障原因和范围。如无微机故障诊断仪，维修人员也可以利用故障自诊断系统本身的接口，按照各公司规定的方法读取故障代码，然后查阅故障代码表，以了解故障的原因和范围(称为故障代码法)。

利用故障代码法所得到的信息仅是关于发动机电控系统的故障原因和范围，而不是具体的某一故障部件或部位。例如，皇冠 3.0 轿车 2JZ-GE 型发动机故障代码‘ 31 ’仅表示故障原因是进气歧管绝对压力传感器线路短路或断路、进气歧管绝对压力传感器损坏或微机（ECU）损坏。为了进一步确定故障部件或部位，需要用仪表检测。如果知道各传感器和执行部件的技术参数和电脑各端子间的电阻值和电压值，则可用数字式万用表进行检测。值得指出的是，各大汽车公司发动机电控系统使用的传感器和执行部件的技术参数基本相同，同一汽车公司的不同车型和同一车型不同年代款式的技术参数更是如此，这为用数字式万用表来检测和判断发动机电控系统的故障提供了方便。

现代汽车用微机及其控制线路的故障可以用该车型的微机故障检测仪或通用的汽车微机故障检测仪来检测。这些微机故障检测仪可以准确地检测出汽车微机及其控制线路的故障所在。但由于不同车型微机的结构及其控制线路分布形式有很大的不同，微机故障检测仪的使用方法也有很大的不同，因此在检测之前应熟练掌握被测车型《维修手册》及《微机故障检测仪使用手册》中所提供的有关检测技术、检测范围、检测步骤等内容。只有在此基础上，才能充分发挥微机故障检测仪的作用，得到正确的检测结果。

如果不具备微机故障检测仪，也可以用另一种检测方法，即通过使用万用表测量微机线束插头内各端子的工作电压或电阻来判断微机及其控制线路是否工作正常。用这种方法检测微机及其控制线路的故障，必须以被测车型的详细维修技术资料为依据。这些资料应包括：该车型微机线束插头中各端子与控制系统中的哪些传感器、执行器相连接；各端子在汽车不同工作状态下的标准电压值或标准电阻值。如果在检测中发现某一端子的实际工作电压或电阻与标准值不相符，即表明微机或控制线路有故障；与执行器连接的端子工作电压不正常，则表明微

需要全本请访问 www.ertongbook.com

机有故障；与传感器连接的端子工作电压不正常，则可能是传感器或线路故障。只要通过进一步的检测，即可以找出故障的准确部位。

必须指出的是，这种检测方法对于判断微机及其控制线路的故障只是一种辅助的方法。因为微机在工作中所接收或输出的信号有多种形式，如脉冲信号、模拟信号等，而一般的万用表只能检测出电路的平均电压值。因此，即使在检测中微机各端子的工作电压都正常，也不能说明微机就绝对没有故障。汽车电控系统工作不正常时，如果用这种方法检测发现异常，必须采用总成互换的方法来判断微机是否有故障。

2 袖珍数字万用表

2.1 袖珍数字万用表的特点

袖珍数字万用表亦称数字多用表（DMM），在电子测量领域中得到广泛使用。它具有很高的准确度与分辨力，显示清晰直观，功能齐全，性能稳定，测量速度快，过载能力强，耗电节省，便于携带。与指针式万用表相比，袖珍数字万用表的主要优点是量程范围宽、精确度高、测量速度快、输入阻抗高(一般可达 10 MΩ)。它有如下特点。

2.1.1 采用数字化测量技术

习惯上，人们把随时间连续变化的物理量称为模拟量，把测量模拟量的仪表称为模拟指示仪表，如电流表、电压表、指针式万用表、温度计等，它们能够连续指示某一物理量在一定范围内的量值；把不随时间连续变化，而以阶跃形式、断续变化的物理量称为数字量，数字量是无法实现连续指示的。袖珍数字万用表采用数字化测量技术，通过 A/D转换器将被测的模拟量转换成数字量，最终以数字量输出。只要仪表不发生跳数现象，测量结果就是唯一的，既保证了读数的客观性与准确性，又符合人们的读数习惯，显示结果一目了然，它不会像指针式万用表(VOM)那样，出现人为的测量误差。

2.1.2 液晶显示器(LCD)

袖珍数字万用表的显示位数通常为 2½位、3 位、3½位、3⅔位、3¾位、4½位、4¾位、5½位、6½位 、7½位、8½ 位，共 11 种。

判别袖珍数字万用表位数有两条原则：第一，能够显示从 0～9 所有数字的位是整数位 第二，分数位的数值是以最大显示值中最高位的数字为分子，而用满量程时最高位的数值作分母。例如，某袖珍数字万用表的最大显示值是 ±1 999 最高位数为 1)，满量程计数值为 2 000 (最高位数字为 2)。根据上述原则很容易判定，该万用表是由 3 个整数位(个位、十位、百位)和一个 1/2 位(千位，它只能显示 0 或 1)构成的，统称为“3½位”，读作“三位半”。这类袖珍数字万用表有 DT830A、DT830C、DT890D等。

3⅔位（读作三又三分之二位）的最大显示值为 ±2 999，其最高位只能显示从 0～2 的数字。这类袖珍数字万用表有 DT860B、DT950、DT960T等。在同样情况下，它们的量限要比 3½位提高 50%.

3¾位（读作三又四分之三位）的最高位只能显示 0～3 的数字，其最大显示值为 ±3 999，量限比 3½位提高 」一倍。此类袖珍数字万用表有 DT910、DT970、3211B 等。

选择 3¾位袖珍数字万用表进行测量有许多方便之处。例如，3½位袖珍万用表的次高交

流电压档为 200 V,欲测量 200 V或 380 V工频电压,必须选用电压分辨力仅为 1 V 的最高交流电压档(700 V 档或 750 V档)。而 $3\frac{3}{4}$位万用表的次高交流电压档设计为 400 V,最适合测量工频电源电压，它既不欠量程也不超量程，不仅准确度优于 $3\frac{1}{2}$位万用表，且分辨力可提高 10倍,达到 0.1 V。

$4\frac{1}{2}$位、$5\frac{1}{2}$位等数字万用表的最大显示值分别为 ±19 999、±199 999,余者类推。

袖珍数字万用表常采用高 12.5mm 的液晶显示器(LCD)。为提高观察的清晰度，也有采用字高 18 mm 的大屏幕 LCD,如 DT830A、DT890D、DT940C、DT960T、DT970、DT980型等采用字高 25mm(1 in)的超大屏幕 LCD。

新型袖珍数字万用表大多增加了功能标志符，如单位符号 mV、V、kV、μA、mA、A、Ω、kΩ、MΩ、nS、kHz、pF、nF、μF,测量项目符号 AC、DC、LOΩ、MEM,特殊符号 LO BAT(低电压符号)、H(读数保持符号)、AUTO(自动量程符号)、×10(10倍乘符号)、·)(蜂鸣器符号))

为克服数字显示不能反映被测量的变化过程及变化趋势之不足,"数字/模拟条图"双重显示袖珍数字万用表、多重显示袖珍数字万用表也竞相问世。这类仪表兼有数字仪表和模拟的表的优点,为袖珍数字万用表完全取代指针式(模拟式)万用表创造了条件。

2.1.3 准确度高

袖珍数字万用表的准确度是测量结果中系统误差和随机意味着的综合，它表示测量结果与真值的一致程度,反映测量误差的大小。一般讲,准确度愈高,测量误差就愈小,反之亦然。

根据 JJG 315-83《直流数字电压表》计量检定规程规定,数字电压表(DVM)的测量误差用绝对误差形式表示。即

$$\Delta = U_x - U_N$$

式中 Δ——测量误差/V;

U_x——被测电压/V;

U_N——被测电压的实际值/V (可用准确度比被测电压表高 3～5倍的标准仪表读得)。

数字电压表测量准确度的表示方法有两种表达式：

$$\Delta = \pm(a\%RDG + b\%FS); \tag{1-1}$$

$$\Delta = \pm(a\%RDG + n\ 个字)。 \tag{1-2}$$

式 1-1 中,RDG 为被测量值的读数(显示值),FS 为该量程的满度值。a 为误差的相对项系数，与所选择的测量项目及量程有关;b 为误差的固定项系数，与测量项目及量程无关。$a\%RDG$ 项为读数误差,是数字万用表内 A/D 转换器和功能转换器的综合误差;$b\%FS$ 项为满度误差,是由数字化处理带来的误差(包括零飘、噪声),对于给定的量程是不变的。

式 1-2 中,n 是量化误差反映在末位数上的变化量，满度误差用末位数字的跳变个数来表示,记为 $\pm n$ 个字,即在该量程上末位数字跳变 n 个字时的量值恰好等于 $b\%FS$。由此可见,(1-1)式与(1-2)式是等价的。

袖珍数字万用表的准确度远优于指针式万用表。表 1-1 列出国内外数字万用表典型产品与指针式万用表基本量程 (数字电压表的不经分压器和不加放大器的量程，是测量误差最小的量程)的准确度比较(不含满度误差项,仅指综合误差项)。由表 1-1 可见,袖珍数字万用表的优良性能是传统的指针式万用表望尘莫及的。

2.1.4 测量范围宽

$3\frac{1}{2}$位袖珍数字万用表测量范围一般为:DCV,200 mV～1 000 V;ACV,200 mV～700 V;

DCA,20 μA～20 A;ACA,20 μA～20 A;Ω,200 Ω～20 MΩ;h_{FE},0～1 000。

4½位袖珍多功能数字万用表的测量范围一般为:DCV,0.01 mV～1 000 V;ACV;0.01 mV～700 V(或 750 V);DCA,0.1 μA～20 A;ACA,1 μA～20 A;Ω,0.01 Ω～20 MΩ(少数表可达 200 MΩ);S(导电),0.1 nS～100 nS;C(电容),0.1 pF～20 μF;f(频率),10 Hz～20 kHz(部分可达 200 kHz);h_{FE}(共发射极电流放大系数),0～1 000。这类数字万用表,可满足常规电子测量需要。

表 1-1 袖珍数字万用表与指针式万用表准确度比较

基本准确度 / 显示位数 \ 被测量	直流电压 DCV	直流电流 DCA	交流电压 ACV	电阻/Ω	典型产品*
3½位	±0.5%	±0.5%	±0.8%	±1.0%	DT830A
4½位	±0.03%	±0.3%	±0.2%	±0.05%	HZ1942
5½位	±0.002%	±0.04%	±0.07%	±0.002 8%	8840A
指针式万用表	±2.5% ±1.0%	±2.5% ±1.0%	±5.0% ±1.5%	±2.5% ±1.0%	500 MF18

* DT830A 是深圳胜利仪器有限公司产品,HZ1942 为北京瑞普电子仪器厂产品,8840A 系美国福鲁克(Fluke)公司产品,500、MF18 均为国产模拟式万用表。

2.1.5 分辨力高

指针式万用表的分辨力是用其刻度最小分度(或按指针宽度和刻度宽度)来衡量的,而数字万用表的分辨力是其最低电压量程上末位一个字所对应的电压值。例如:3½位袖珍数字万用表最低电压量程为 200 mV,其分辨力则为 0.1 mV;如果指针式万用表最低电压量程为 1 V,按 50 格计算,其分辨力则约为 0.02 V(20 mV)。显然,指针式万用表的电压分辨力远低于袖珍数字万用表的分辨力。

袖珍数字万用表的分辨力指标亦可用分辨率来表示。分辨率是指所能显示的最小数字(零除外)与最大数字之比,通常用百分数表示。例如,3½位袖珍数字万用表可显示的最小数字为 1,最大数字为 1 999,故分辨率等于 1/1 999≈0.05%。同理可以计算出 3¾位、4½位、4¾位、5½位数字万用表的分辨率依次为 0.025%、0.005%、0.002 5% 和 0.000 5%。

袖珍数字万用表具有分辨力高的优点。表 1-2 列出显示位数不同的袖珍数字万用表的最高分辨力指标。不难看出,数字万用表的分辨力随着显示位数的增加而提高。

必须指出,分辨力与准确度是两个不同的概念。前者表征袖珍数字万用表对微小电量的“识别”能力,即“灵敏性”后者则反映测量的“准确性”,即测量结果与真值的一致程度。因此,不可将分辨力(或分辨率)视为一项类似于准确度的指标。

2.1.6 测量速率快

每秒钟内对被测电量的测量次数叫作测量速率(亦称抽样速率),单位是“次/s”。它主要取决于袖珍万用表 A/D 转换器的转换速率。

3½位、4½位袖珍数字万用表的测量速率一般为(2～5)次/s,多数(2～3)次/s。4¾位袖珍数字万用表测量速率可达 20 次/s。测量速率随数字万用表的显示位数增加而增加,可达几十次每秒以上。

表 1-2 袖珍数字万用表最高分辨力指标

显示位数	最大显示值	最高分辨力/μV	最高分辨率/%	备　注
2½	199	1 000	0.5	1 μV=10⁻⁶ V
3½	1 999	100	0.05	
3¾	3 999	100	0.025	
4½	19 999	10	0.005	
4¾	39 999	10	0.002 5	
5½	199 999	1	0.000 5	

测量速率与准确度指标存在着矛盾，通常是准确度愈高，测量速率愈低，二者难以兼顾。为此，常采两种办法解决这一矛盾，其一是增设快速测量档；其二是通过降低显示位数来大幅度提高测量速率，此法应用比较普遍。

2.1.7 输入阻抗很高

袖珍数字万用表的输入阻抗是指其处于工作状态下，从输入端看进去的输入电路等效阻抗。袖珍数字万用表应具有很高的输入阻抗，只有这样，在测量过程从被测电路上吸取的电流才会极小，才不会影响被测电路(或信号源)的工作状态，从而减小测量误差。

3½位袖珍数字万用表直流电压(DCV) 基本量程档的输入电阻一般为 10 MΩ 其他扩展量程，由于分压器的影响则有所降低，但也都在 10^7 Ω 数量级。交流电压(ACV)档受输入电容的影响，其输入阻抗明显低于直流电压(DCV)档，只适用于测量低频或中频电压 测量高频电压则需借助于高频探头(配套件)。

2.1.8 微功耗

袖珍数字万用表普遍采用 CMOS 大规模集成电路的 A/D 转换器，整机功耗很低。3½位、4½位袖珍数字万用表的功耗仅几十毫瓦，可由 9 V 叠层电池供电。

2.1.9 集成度高

袖珍数字万用表均采用单片 A/D 转换器，外围电路比较简单，只需要少量辅助芯片以及其他元器件。近年来单片数字万用表专用芯片不断问世，使用一片即可构成功能较完善的自动量程式袖珍数字万用表。

2.1.10 测试功能齐全

袖珍数字万用表的测试功能远远超过指针式万用表，不仅可以测量直流电压（DCV)、交流电压(ACV)、直流电流(DCA)、交流电流(ACA)、电阻(Ω)、二极管正向压降(V_F)、晶体管共发射极电流放大系数(h_{FE})，还可以测量电容量(C)、电导(S)、温度(T)、频率(f)，有的还增设了用于检查线路通断峰鸣器档(BZ)、低功率法测电阻档(LOΩ)，还能输出 50 Hz 方波信号(作低频信号源使用)。

新型袖珍数字万用表除具有上述功能外，还有一些实用测试功能：读数保持（HOLD)、逻辑测试(LOGIC)、真有效值测量(TRMS)、相对值测量(RELΔ)、自动关断电源(AUTO OFF POWER)、液晶条图显示(LCD Bargraph)、峰值保持(PK HOLD)等。

2.1.11 过载能力强

袖珍数字万用表具有较完善的保护电路，过载能力强。使用过程中只要不超过规定的极

需要全本请访问 www.ertongbook.com

限值,即使出现误操作,例如用电阻档去测 220 V 交流电压，一般也不会损坏表内的大规模集成电路(A/D 转换器)。虽然如此,但还应力求避免误操作,以免由于外围元器件(如快速熔丝管、量程转换开关)损坏而影响正常使用。

2.1.12 抗干扰能力强

噪声干扰大致分两类，一类是串模干扰，干扰电压与被测信号串联加至仪表的输入端；另一类是共模干扰，干扰电压是同时加于仪表的两个输入端。衡量仪表抗干扰能力的技术指标也有两个，即串模抑制比(SMRR)和共模抑制比(CMRR)。袖珍数字万用表的共模抑制比可达 86 dB～120 dB。

2.2 袖珍数字万用表分类

国内外生产的袖珍数字万用表品种繁多，型号多达数百种，大致可作如下分类。

2.2.1 按量程转换方式分类

按量程转换方式可分为 3 种。

(1)手动转换量程式袖珍数字万用表

手动转换量程式袖珍数字万用表的内部电路比较简单，价格较低，但操作比较繁琐，常由于量程选择得不合适而过载。这类数字万用表的典型产品有 DT810、DT830A、DT830C、DT830D、DT840D、DT890C+、DT890D、DT930F+、DT930FG、DT980、DT1 000。

(2 自动量程式袖珍数字万用表

自动量程式袖珍数字万用表不仅可以简化操作，有效地避免出现过载，而且能保证测量处在最佳量程，有助于提高测量的准确度与分辨力。不过，测量的过程较长，尤其是被测电量很小时，这是因为这类数字万用表、总是从最高量程开始测量，然后逐渐降低量程，直至合适量程为止。自动量程式袖珍数字万用表的典型产品有 DT840、DT845、DT860、DT860B、DT860C、DT860D、DT870、DT910、DT950、DT960T 等。

测量电压和电阻一般都是自动转换量程。由于受 A/D 转换器芯片内部模拟开关限制，测量电流有时尚需手动转换量程。有些单片芯片（ICL 7139、ICL 7149 型）还是能够自动转换电流档量程的。Fluke 23 型袖珍数字万用表能自动转换电流量程。

(3 自动／手动转换量程式袖珍数字万用表

这类数字万用表的特点是一部分测量项目为自动转换量程，而另一部分测量项目为手动转换量程,如 DT970,频率档能自动转换量程，其余档均需手动转换量程。

2.2.2 按用途和功能分类

按照用途、功能,大致可分为 5 种。

(1)低档袖珍数字万用表

此类数字万用表属普及型袖珍数字万用表，功能比较简单，价格较低，一般只具有测量电压(V)、电流(A)、电阻(Ω)的基本功能,此外,有的设有二极管及峰鸣器档、h_{FE}插口。

这类数字万用表的典型产品有 DT810、DT830A、DT830B、DT830C、DT840D、DT860B、DT860D、DT910 等。

(2 中档袖珍数字万用表

①多功能型袖珍数字万用表

这类袖珍万用表一般设有电容档，有的还增加了 200 MΩ 高阻档(或电导档)、温度档、频

率档及逻辑电平档等。典型产品有 DT890B、DT890C、DT890D、DT940C、DT970。

②中等准确度的多功能型袖珍数字万用表

此类表的准确度较高，功能较全。典型产品有 DT930F+、DT980、DT1 000 型。

它们属 4½位袖珍式数字万用表，具有读数保持（HOLD)功能，准确度也较高。例如，DT930F+基本电压档准确度达到 ±(0.05%RDC+3 个字)。

(3)智能数字万用表

①中档智能数字万用表

此类袖珍数字万用表一般采用 4 位～8位单片机，显示位数是 3¾位～4¾位。典型产品有 VC8235、VC8345，二者均配 RS-232 接口，可与 PC 电脑联机。

②高档智能数字万用表

这类数字万用表一般采用 8 位～16 位微处理器，具有数据处理、故障自检等多种功能，显示位数在 4 位以上，均配有与计算机相连的接口（RS-232 或 IEEE-488)。典型产品有美国 Fluke 公司生产的 8840A(5½ 位)、8520A(6½位、7½位)，美国 HP 公司生产的 HP3440A(6½位)、HP 3458A(8½位)，英国 Solartron 公司生产的 7081(8½位)，天津中环科学仪器公司引进生产的 HG 1971(6½位～7½位)。

(4)数字／模拟混合式万用表

其结构特点是在指针式万用表的基础上增加了 3½位数字显示装置。典型产品有日本三和电气计器公司生产的 DA250 型、英国约翰·弗卢克公司生产的 20 系列袖珍式万用表。

(5)数字／模拟条图"双显示数字万用表

数字万用表采用数字化测量技术，先将被测电量转换成电压信号，再以不连续、离散的数字形式予以显示，其测量是通过断续的方式进行的。因此，用数字万用表观察被测电量的连续变化以及变化趋势，如观察电解电容器的充、放电过程或热敏电阻值随温度变化的规律，就不如指针式万用表那样方便、直观。近年来问世的"数字／模拟条图"双显示数字万用表，彻底解决了数字万用表不适应测量连续变化量的技术难题。典型产品有美国 Fluke 公司生产的 73 型、75 型、77型、83 型、87 型、88 型。

Fluke87型属于 4½ 数字／4 × 32(128 段) 模拟条图双显示数字万用表。除测量 DCV、ACV、DCA、ACA、Ω、二极管之外，还能测量电容量(10 pF～5 μF)、频率(0.5 Hz～20 kHz)、占空比(0.1%～99.9%)、最小值／最大值以及平均值，还具有读数保持(HOLD)、相对值测量(RELΔ 功能。测量交流时为真有效值响应，峰值保持时间为 1 ms 能存储测量中的最小值、最大值和所有读数的平均值。高分辨力的模拟条图(指针)，模拟显示速率为 40 次/s。数字显示速率为 4 次/s。

国内生产的数字／模拟条图双显示数字万用表的典型产品有 SIC 6010、SIC 6030(3½位数字/40段模拟条图)、BY 1935(3¾位数字／31 段模拟条图)、DT 960T(3½位数字／41 段模拟条图)。

2.3 袖珍数字万用表电路结构

袖珍数字万用表是由直流电压表（DVM)扩展而成，其电路框图如图 1-1。

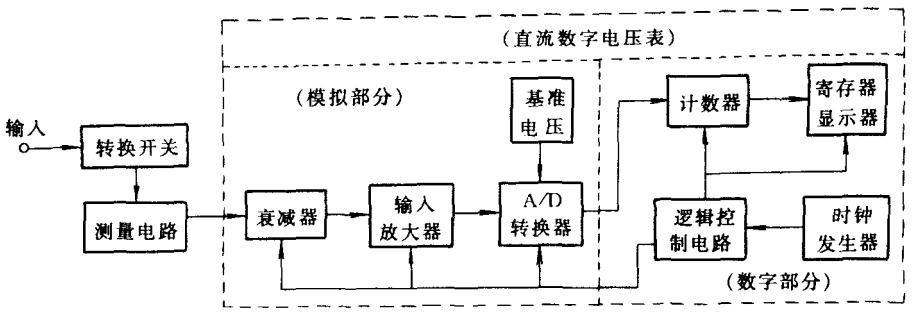


图 1-1 袖珍数字万用表电路结构

直流数字电压表的电路分为模拟部分和数字部分。模拟部分用于模拟信号处理，将模拟量转换为与之成正比的数字量。数字部分完成整机逻辑控制、计数和显示等功能。

被测量首先通过转换开关，再通过测量电路输出适于数字电压表测量的直流电压。测量电路包括 AC/DC 转换电路、I/V 转换电路、Ω/V 转换电路等。

2.4 A/D 转换器

2.4.1 A/D 转换器类型

A/D(模拟量／数字量)转换器是直流数字电压表的“心脏”。A/D转换器多达数十种，大致可分为 3 类：①单片 A/D 转换器；②单片数字万用表专用集成电路；③多重显示数字万用表专用集成电路。

所谓的单片 A/D 转换器，是采用 CMOS 工艺将直流数字电压表的基本电路（包括模拟电路与数字电路)集成在同一芯片上，配以 LCD(或 LED)数显器件后就能数显 A/D 转换结果的专用集成电路。用它可以以最简单的方式构成直流数字电压表；若对其外围电路进行扩展，增加各种功能转换器，就能构成一块具有常用功能的数字万用表。

单片数字万用表专用集成电路的典型产品有 UJN 9207(3½位)、TSC 815、ICL 7149(3¾位）等。用它构成的数字万用表，除电流档外，其余各档均可自动转换量程，外围电路简单、测试功能强、体积小，便于维修和调试。

多重显示数字万用表专用集成电路可动态驱动液晶条图和数字显示器，测试功能强。典型产品有 ICL 7182、TSC 818A、TSC 818D、TSC 828 等。

2.4.2 A/D 转换器工作原理

A/D 转换器电路的具体形式较多，这里以常用的双斜积分式电路为例，介绍 A/D 转换器，其工作原理是：

在一次测量过程中，由同一积分器进行两次积分，一次是对被测电压 U，进行定时积分，另一次是对基准电压 E_r 进行定值积分。通过对两次积分过程的时间比较，将 U_X 变换成与之成正比的时间间隔，属于 V-T 型。并利用计数器测量该时间间隔。

双斜积分式 A/D 转换器的原理图见图 1-2。它主要由基准电压 E_r、模拟开关(S)、积分器、零比较器、控制逻辑电路、时钟发生器和计数、寄存、译码、显示等部分组成。工作时这种转换器按一定程序工作，整个工作过程可分为准备、采样、比较三个阶段。

积分器的输出波形见图 1-3。现分述如下。

(1)准备阶段($t_0 \sim t_1$)

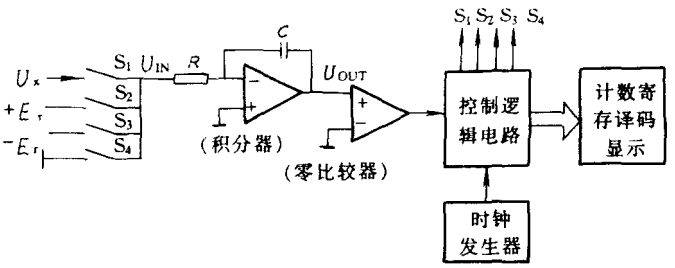


图 1-2　双斜积分式 A/D 转换器原理

控制逻辑电路发出指令,使 S_4 接通,$S_1 \sim S_3$ 断开。积分器输入电压为零,输出 $U_{OUT}=0$。此时，积分电容完全放电至零，计数器复零，电路处于休止状态。

(2)采样阶段($t_1 \sim t_2$)

控制逻辑电路发出指令使 S_1 接通,$S_2 \sim S_4$ 断开,积分器输入端接入被测电压 U_X。设 $U_X<0$，积分器则输出正电压。本阶段积分时间是固定的，因此称定时积分阶段。

在 S_1 接通的同时,计数器闸门也被打开,时钟脉冲进入计数器计数。为了对本阶段定量时积分，采用对时钟脉冲定值计数的方法,即计数器计数满定值 N_1 后终止,与此同时,S_1 立即断开。这样,在 t_2 时刻积分器输出电压 $U_{OUT}=\dfrac{N_1 T_0}{RC}U_X$。($T_0$ 为时钟脉冲周期,$N_1 T_0$ 为本阶段积分时间)。

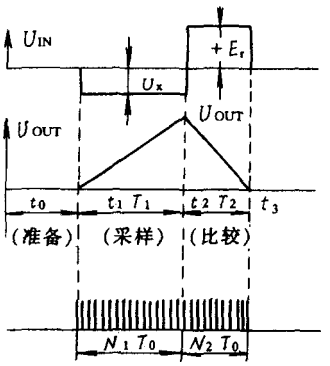


图 1-3　工作波形

(3)比较阶段($t_2 \sim t_3$)

本阶段为定电压值积分阶段。t_2 时刻在 S_1 断开的同时，逻辑控制电路使 S_2(若 $U_X>0$，则 S_3 接通,接入 $-E_T$)接通,S_1、S_3、S_4 断开,正的基准电压 $+E_r$ 接至积分器，积分器开始反向积分。当到达 t_3,积分器输出电压 $U_{OUT}=0$ 时,零比较器翻转。于是 S_2 断开，一次转换过程结束 S_4 重新接通，积分器进入下一个测量过程的准备阶段。寄存器将计数器的结果送译码、显示电路。

在 S_2 接通期间 T_2,计数器仍然进行计数,设所得计数值为 N_2,则 $T_2=N_2 I_0$。在 T_2 期间积分器输出电压回到零,即

$$U_{OUT2}=U_{OUT1}-\frac{T_2 E_r}{RC}=\frac{N_1 T_0}{RC}U_X-\frac{N_2 T_0 E_r}{RC}=0$$

化简上式可得到

$$U_X=\frac{N_2}{N_1}E_r=eN_2 \tag{1-3}$$

式中 $e=E_r/N_1$,称双斜积分式 A/D转换器灵敏度,单位为 mV/字。对于确定的电压表，e 为定值。由式 1-3 可知,根据 N_2 可读出被测电压值。

双斜积分式 A/D 转换器的优点：

①其准确度和稳定度取决于基准电压，与积分元件时间常数开关，因此无需对元件进行精

选。

②由于两次积分都是对同一时钟脉冲计数，在测量期内时钟频率稳定度对两次积分过程的影响相同，U_X 只与比值 $T_2/T_1 = N_2/N_1$ 有关。降低了对时钟频率源稳定度的要求。

③测量结果是 U_X 在采样阶段的平均值。因此，随机干扰产生的测量误差具有抵偿性，可大大减弱各种随机干扰的影响。

④成本低。

双斜式 A/D 转换器的主要缺点是测量速度低。目前这种转换器 CMOS 集成电路愈来愈多，它集成度高，成本低廉，在普及型数字多用表中已得到广泛应用。

2.5 袖珍数字万用表整机电路

下面以 DT—980 型袖珍数字万用表为例，简要介绍其电路组成。

DT—980 型袖珍数字万用表采用 ICL—7129 型 CMOS 单片 4½位 A/D 转换器，为高准确度、多功能袖珍数字万用表。它除了能测量交、直流电压，交、直流电流及电阻外，还能测量电容量、频率、二极管正向压降，检查线路的通断。各测量功能的分档情况如下：

直流电压(DCV)：200 mV、2 V、20 V、200 V、1 000 V，最高分辨力 10 μV；

交流电压(ACV)：200 mV、2 V、20 V、200 V、700 V，最高分辨力 10 μA；

交、直流电流(ACA、DCA)：20 mA、200 mA、20 A，最高分辨力 1 μA；

电阻(Ω)：200 Ω、2 kΩ、20 kΩ、200 kΩ、2 MΩ、20 MΩ，最高分辨力 10 mΩ；

频率(F)：20 kHz、200 kHz，最高分辨力 1 Hz；

电容(C)：20 nF、200 nF、2 μF、20 μF，最高分辨力 1 pF。

除以上测量功能外，还有自动校零、自动显示极性、过载指示、读数保持、显示被测量单位的符号等功能。测量直流电压时准确度为 ±0.005%，配用专用 4½位大屏幕 LCD。

2.5.1 电路的基本组成

DT-980型袖珍数字万用表的原理图如图 1-4 所示。全机由集成电路 ICL-7129、4½位

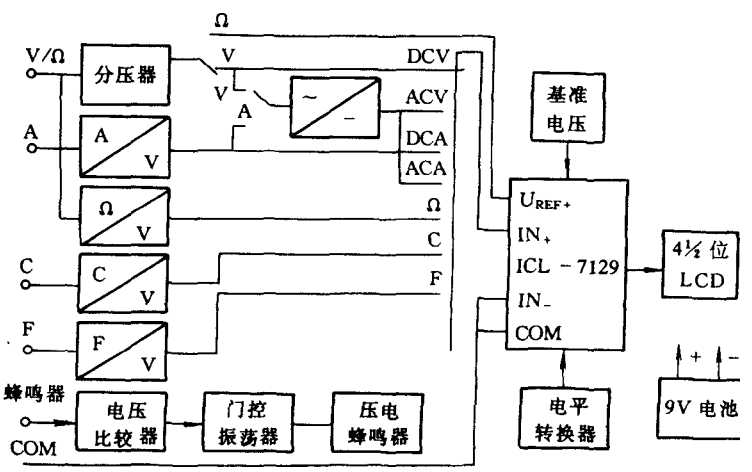


图 1-4 DT-980袖珍数字万用表原理方框图

IN_+、IN_- 为 A/D 转换器输入电压正负端；COM 为公共端(模拟地)；V_{REF+} 为基准电压端

LCD、分压器、电流-电压变换器(A/V)、电阻-电压变换器(Ω/V)、AC/DC转换器、电容-电压变换器(C/V)、频率-电压变换器(F/V)、峰鸣器电路、电源电路等组成。

集成电路ICL-7129测量电路的基本部分为基本量程200mV的直流数字电压表，对于电流、电阻、电容量、频率等非电压量，都必须经过变换器转换成电压量后，送入A/D转换器。对于高于基本量程的输入电压，还须经分压器变换到基本量程范围。

ICL-7129型A/D转换器，内部包括模拟电路和数字电路两大部分。模拟部分为积分式A/D转换器，采用多重积分方案，实现了测量的高准确度。数字部分用于产生A/D变换过程的控制信号及对变换后的数字信号进行计数、锁存、译码，最后送往LCD显示。使用9V电池，经基准电压产生电路产生A/D变换过程所需的基准电压V_{REF}。电平转换器将电源电压转换为LCD显示所需的电平幅值。每秒可完成A/D转换1.6次。

2.5.2 测量电路

电压、电流和电阻的测量电路分别如图1-5、图1-6、图1-7。

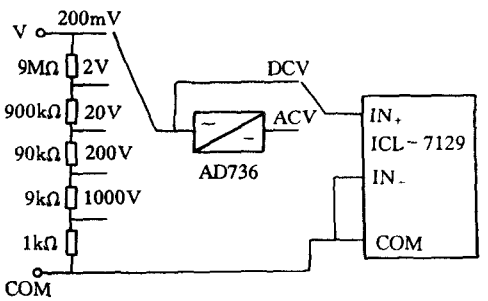


图1-5 电压测量电路

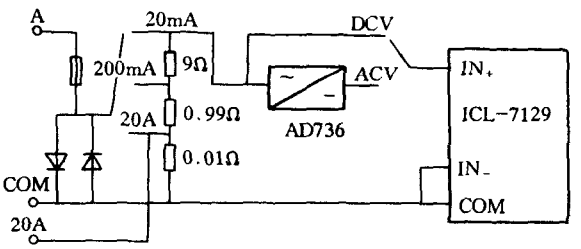


图1-6 电流测量电路

电压和电阻测量共用一个输入端。电压的基本量程为200 mV。测量时对高于200mV的被测电压，需通过分压电路变换到基本量程范围。测量电流时被测电流流过取样电阻，将电流量转换为电压量送至A/D转换器。取样电阻的大小依量程而定，它保证在满量程电流值时，取样电压为200 mV。

测量交流电压和电流时，还须经过AC/DC转换。本袖珍数字万用表使用集成电路AD736作交直流转换。它是一种计算式有效值型转换器，既可用于测量正弦电压，也可用于测量方波、三角波等非正弦电压，所得结果都为有效值，不必进行换算。但是，由于交流测量电路中没有使用隔直流电容器，因此指示值为交流真有效值和直流分量之和。

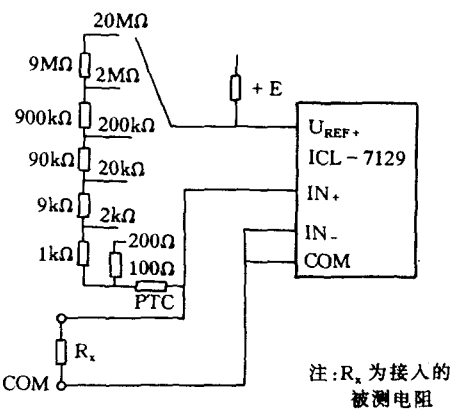


图1-7 电阻测量电路

ICL-7129有一量程控制端。测量电阻时仪器基本量程改为2 V。这时V_{REF+}端电压为+3.2 V。被测电阻与内部的标准电阻串联后分压，将被测量转换为相应的电压值进行测量。

测量电容和频率时，也需将被测量转换为相应的电压值送至A/D转换器。图1-8为测量

需要全本请访问 www.ertongbook.com

电容时的电路连接图。图中 A_1 和周围的阻容网络组成文氏桥振荡器，A_2、A_3 为放大器。文氏桥振荡电路中，闭环增益由负反馈支路决定，略大于 3；振荡频率由负反馈支路的电阻、电容决定，频率约为 400 Hz。

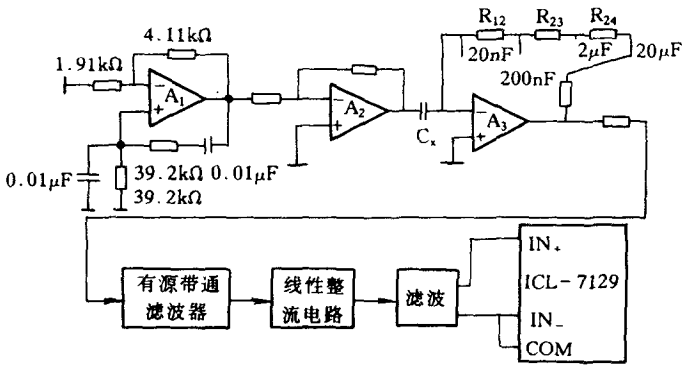


图 1-8　测量电容时电路连接图

在 A_3 放大电路中反馈支路电阻 R_{12}、R_{23}、R_{24} 为量程电阻，前级来的输入信号经被测电容 C_X 加至 A_3 的反相端，本级的闭环增益为

$$A_y = -\frac{R_f}{1/j\omega C_X} = -j\omega C_X R_f$$

式中，R_f 为图中的 R_{12}、R_{23}、R_{24}。

可见 R_f 一定时放大器的输出电压与被测电容的容量成正比。该电压经有源滤波、线性整流后，加至(数字电压表)输入端进行测量(可直读电容的数值)。这种线路的特点是可自动调零，准确度高。

测量频率时，首先对信号进行放大、整形，然后经频率-电压变换器，将被测频率变换为成比例的电压后，再送至数字电压表中测量。

本万用表内装有蜂鸣器电路，可用于检查线路的通断。线路接通时使比较器翻转。门控振荡器起振，从而推动蜂鸣器发声。

.6　袖珍数字万用表的使用要点

袖珍数字万用表属于精密电子仪表，也是常用的工具仪表，需要正确操作、合理使用，才能充分发挥其特长。如果使用不当，不但会引起测量失准，严重时也可造成仪表本身损坏。在使用中务必注意下列诸点。

2.6.1　应注意的一般事项

(1)使用前，应仔细阅读袖珍数字万用表的说明书，了解其技术性能及特点。

(2) 保证袖珍数字万用表准确度的环境条件，通常在(23±5)℃，湿度 RH<80%。实际使用的环境条件一般为 0 ℃～40 ℃，RH<85%。禁止在高温、阳光直射、潮湿、寒冷、灰尘多的环境下使用或存放袖珍数字万用表，以免损坏液晶显示器和其他元器件。液晶屏若长期处于高温环境下，表面会发黑，出现永久性损坏。潮湿环境容易造成集成电路、印制电路板漏电，引起测量误差增大，甚至发生短路故障。

应在清洁干燥、环境温度适宜、无外界强电磁场干扰、没有震动条件下使用数字万用表。

(3)测量之前，需仔细检查表笔有无裂痕和引线的绝缘层是否损坏，以确保安全。

(4) 尽管袖珍数字万用表内部电路有比较完善的保护措施，还应避免出现误操作，例如用电流档去测电压，用电阻档去测电压或电流，用电容档去测带电的电容量，以免损坏仪表。

测量之前必须明确现在要测什么和怎样测，然后选择相应的测量项目和合适的量程。

每拿起表笔准备测量时，一定要核对测量项目和量程开关是否拨对位置，输入插孔（或专用插口）是否选对。对于自动量程式袖珍数字万用表，亦不得按错功能键或把输入插口搞错。

(5)测量时,假如事先无法估计被测电压(或电流)的大小,应先拨至最高量程试测一次,然后根据测试情况选择合理的量程。

(6)严禁在测量高电压(100 V 以上)时,拨动量程开关,以免电弧烧毁触点。

(7)具有自动关机功能的袖珍数字万用表,在使用中如果出现 LCD 突然消隐,不是故障现象,是仪表进入“休眠”状态(电源切断)。这只需重新启动,即可恢复正常。

(8)测量时,仅高位显示数字“1”,其他数字位均消隐,这表明仪表过载,应选择较高量程。

(9)具有读数保持键(HOLD)的袖珍数字万用表,在作连续测量时,该键应置于“关断”位置。否则仪表不能正常采样，无法刷新显示数符。

(10 具有峰值保持键(PKHOLD) 的袖珍数字万用表只能保持并显示被测量的最大读数值(例如,发动机燃烧室的最大爆发压力 P_z),不能检测被测量的瞬态变化峰值,这里的“峰值”应理解成“最大值”。

(11)测量完毕后，应将量程开关拨至最高电压档，再关闭电源，以防止下次误操作损坏仪表。

(12 如果开机后 LCD不显示任何数字，应首先检查是否忘记装 9 V 叠层电池或者电池已失效，还需检查电池引线有无断线。若显示电源低电压指示符，则应换用新电池。更换电池前，应把电源开关关闭。

(13 袖珍数字万用表常用的熔丝管有多种规格（如 0.2 A、0.3 A、0.5 A、1 A、2 A),更换时必须选用与原规格相同的熔丝管。

(14)长期不使用的袖珍数字万用表,其中的电池应取出,以免电池渗出电解液将印制板腐蚀。

(15) 不得随意打开袖珍数字万用表拆卸线路，以免造成人为故障或改变已调好的技术指标。

(16)有的袖珍数字万用表在后盖上贴有屏蔽层,不得揭掉或拆掉引线,以免引入外界电磁干扰。

(17)清洗袖珍数字万用表表壳时，不可用丙酮、汽油等有机溶剂，建议用无水酒精棉球擦去污垢。

2.6.2 测量电压应注意的事项

(1)测量电压时，袖珍数字万用表应与被测电路并联。在测量直流电压时不必考虑表笔的接法，数字万用表具有自动转换、显示极性功能。

(2)袖珍数字万用表的最高输入电压，直流档为 1 000 V,交流档为 700 V 或 750 V(有效值）。当被测交流电压上叠加有直流分量时，二者之和不得超过所用交流档的最高输入电压。必要时可加隔直电容，使直流分量不能进入仪表。

(3)在测量高压(几百伏)时,应单手操作,即先把黑表笔固定在被测电路的公共端,再用一只手持红表笔去接触测试点。这样才比较安全。

(4)输入插口旁边注明危险标记的数字,是该插口输入的电压(或电流)的极限值。在使用时,切莫超过,否则,可能损坏仪表,甚至可能危及操作者的安全。

(5)袖珍数字万用表电压档的输入阻抗很高(一般为 10 MΩ),当两支表笔开路时外界干扰信号很容易从输入端引入,显示屏低数位上会出现没有变化规律的数字。这属正常现象。只要被测电源的内阻较低,干扰信号就会被短路掉,因此,不影响测量准确度。但当被测电压很低,其内阻又超过 1 MΩ 时,外界干扰信号则会进入袖珍数字万用表,使测量准确度降低。必要时可将表笔线改成屏蔽线,并把金属屏蔽层与 COM 端(模拟地)一同接大地,即可消除由表笔引线所感应的干扰信号。

(6)测量交流电压时,应当用黑表笔接触被测电压的低电位端(如被测信号的公共地端,机壳,220 V 交流电的零线端等),这样,可以消除袖珍数字万用表输入端(V)对地(COM)分布电容的影响,减小测量误差。

(7)大多数袖珍数字万用表交流档反映的是正弦电压的平均值(用采用平均值 AC/DC 转换器),且要求被测正弦电压的失真度不能过大,若超过 5%,其测量误差将明显增大。这种袖珍数字万用表不能直接测量方波、矩形波、三角波、梯形波、半波或全波整流波、阶梯波等非正弦电压波。

(8)少数袖珍数字万用表交流档测量电路中采用了真有效值 AC/DC 转换器,这类万用表可以测量各种波形的有效值电压。

(9)袖珍式数字万用表的频率特性较差,其交流电压的频率上限一般为 400 Hz(少数为 500 Hz 或 1 000 Hz 以上)。如果被测交流电压是超上限频率(如几十兆赫,甚至几百兆赫)的电压,要用特制的高频探头。

(10)如需要测量几十至几百微伏的微弱电压信号,最好选用设有 20 mV 档的数字万用表。

2.6.3 测量电流的注意事项

(1)测量电流时,应把袖珍数字万用表串联到被测电路中。当被测电流源的内阻很低时,应选用高的电流量程,以减少两电笔间的电压降,提高测量准确度。(袖珍数字万用表能自动制定并显示被测电流的极性,测电流时不必考虑表笔的接法。)

(2)测量大电流时,测量时间不得超过 10 s~15 s,以免袖珍数字万用表内的锰铜丝分流电阻发热引起电阻值改变,影响测量的准确性。

(3)严禁在测量大电流(0.5 A 以上)时拨动量程开关,以免电弧烧毁触点。

2.6.4 测量电阻注意事项

(1)测量电阻以及检测二极管、检查线路通断时,红表笔应接在 V·Ω 插孔(或 mA·Ω、f/V/Ω、……、视具体仪表而定)。此时红表笔带正电,黑表笔接 COM 插孔带负电。这与指针式万用表的电阻档极性恰好相反。检测二极管、晶体管、发光二极管(IED)、电解电容、稳压管等有极性的元器件时,必须注意表笔的极性。

(2)测量电阻(特别是低电阻)时,测试插头与插座、表笔与被测点之间必须接触良好,否则会引起显示器低位跳数,导致读数不稳。

(3)用 200 Ω 电阻档测量低阻时,应首先将两支表笔短路,测出两根表笔引线的电阻值(一

般为 0.1 Ω～0.3 Ω)，然后，从实测的结果中减去此值，所得才是实际电阻值。对于其他电阻档，表笔引线电阻在测量中可忽略不计。

(4)在用 20 MΩ高阻档测量高阻时，显示值需经过几秒钟后才趋于稳定。这属正常现象。

(5)少数袖珍数字万用表增设了 200 MΩ 高阻档。该档存在 1 MΩ 的零点误差。测量高阻时应从读数中扣除初始值，方为实际电阻值。

(6)测量在线电阻时，应考虑与之并联的其他元器件的影响。有些袖珍数字万用表设有低功率法测电阻档("LOΩ",或' LOW OHM"、"OHM LOW")，若用此档(开路电压低于 0.3 V)，可忽略硅管对被测电路的并联作用。

(7)袖珍数字万用表各电阻档的开路电压、满量程测试电压、短路电流(即最大测试电流)不尽相同。在用不同电阻档去测同一只非线性的电子元件(例如二极管、热敏电阻)时，所测的电阻有差异是正常现象。

(8)不宜用袖珍数字万用表测量二极管、晶体管正向电阻。袖珍数字万用表电阻档所提供的测试电流很小，用它测量所得的要比用指针式万用表电阻档的测量值高出几倍，甚至几十倍，在这种情况下，建议改用二极管档。

(9)测量电阻时两手不得碰触表笔的金属端或被测物体，以免人体电阻影响测量结果。

(10) 严禁在被测线路带电的情况下测量电阻，也不允许用电阻档测量电池的内阻。因为这相当于给袖珍数字万用表的电阻测量电路外加了一个电压，测量结果完全失去意义，而且，还有可能损坏仪表。

(11)当被测电阻超过 20 MΩ 时，可用电导档测量其电导 G_X，再根据公式 $R_X = 1/G_X$ 换算成电阻值。电导档在开路时，显示值应为 000(对应的电阻值为无穷大)。测量电缆线或印制板的绝缘电阻时，两手不得碰触测试点。插孔和表壳均应保持干燥、清洁，否则插孔之间的漏电阻会影响测量结果。

使用电导档测量超高阻的优点是量程宽、抗干扰能力强，显示稳定，测试电压很低，不会损坏被测元器件。

2.6.5 其他测试应注意的事项

(1)袖珍数字万用表频率档的测频范围一般为 10 Hz～20 kHz，被测信号应大于 50 mV(有效值)，小于 10 V。超过 10 V 时，虽仍可读数，但测量误差有可能增大。频率档的输入阻抗较高，在测量笔未接触被测信号源时也可能有一定读数，这不影响正常测量。

(2)袖珍数字万用表电容档系采用容抗法测电容量，能自动调零，不必考虑电容档的零点误差。在测量电容器时即使读数不回零，只要插上被测电容器就会快速回零。(测量之前必须将电容器短路放电，以免损坏仪表)。

测量有极性的电解电容器(例如钽电池)，其电容插座(CAP) 的极性应与被测电容器的极性保持一致。

(3)使用 h_{FE}插口测量晶体管共发射极电流放大系数时，晶体管的三个电极不得插错档位(PNP、NPN)。

由于被测晶体管工作在低电压 (集电极约 3 V)、小电流(基极电流约 10 μA)，测量结果仅供参考。又因设计 h_{FE}档时，未考虑穿透电流 I_{ceo}的影响，故在测量穿透电流较大的晶体管 (如 3AX31、3AX81)时，其测量值会比用晶体管测试仪测出的典型值偏高 20%～30%。

利用 h_{FE}插口检测发光二极管(LED) 的质量好坏时，测量时间应尽量短。LED 正常发光

时的正向电流约 10 mA。测量时间长会降低叠层电池的使用寿命。

(4) 部分袖珍数字万用表设有相对值测量键(RELΔ),按此键后 LCD 显示" -MEM",表示已进入相对值测量模式。其工作特点是将首次测量值中的个位和十位数据存储下来，再从以后每次测量值中自动扣除。此档适用于测量电阻、电压与电流。当被测电量低于该电量存储值时，将显示负值。

(5)部分袖珍数字万用表设有逻辑测试 (LOGIC) ,此档可(代替逻辑测试笔)测量逻辑电平,快速检查 TTL、CMOS 数字电路的故障。检测到低电平时 LCD显示低电平标志符(▼或 LOW) ,检测到高电平时 LCD 显示高电平标符(▲或 HIGH)。此外还可利用该档估计脉冲信号的占空比。

3 汽车万用表及其使用方法

汽车万用表也是一种数字多用仪表，其外形和工作原理与袖珍数字万用表几乎没有区别，只增加了几个汽车专用功能档(如 DWELL 档、TACHO 档) 。前面已详细介绍了袖珍数字万用表，这里不再讨论汽车万用表的工作原理，仅介绍汽车万用表的功能及其使用。

汽车万用表除具有袖珍数字万用表功能外，还具有汽车专用项目测试功能：可测量交流电压、电流、直流电压、电流、电阻、频率、电容、占空比、温度、二极管、闭合角、转速 也有一些新颖功能,如自动断电,自动变换量程,模拟条图显示,峰值保持,读数保持(数据锁定),以及电池测试(低电压提示)等。

为实现某些功能(例如测量温度、转速),汽车万用表还配有一些配套件,如热电偶适配器、热电偶探头、电感式拾取器以及 AC/DC感应式电流夹钳(5 A～2 000 A 等)。

3.1 汽车万用表的功能要求

在发动机电控系统故障的检测与诊断中，除经常需要检测电压、电阻和电流等参数外，还需要检测转速、闭合角、频宽比(占空比)、频率、压力、时间、电容、电感、温度、半导体元件等。这些参数对于发动机电控系统的故障检测与诊断具有重要意义。但是这些参数用一般数字式万用表无法检测，需用专用仪表即汽车万用表。汽车万用表一般应具备下述功能：

(1) 测量交、直流电压。考虑到电压的允许变动范围及可能产生的过载，汽车万用表应能测量大于 40 V 的电压值,但测量范围也不能过大,否则,读数的精度下降。

(2)测量电阻。汽车万用表应能测量 1 MΩ的电阻，测量范围大一些使用起来较方便。

(3)测量电流。汽车万用表应能测量大于 10 A 的电流，测量范围再小则使用不方便。

(4) 记忆最大值和最小值。该功能用于检查某电路的瞬间故障。

(5)模拟条显示。该功能用于观测连续变化的数据。

(6) 测量脉冲波形的频宽比和点火线圈一次侧电流的闭合角。该功能用于检测喷油器、怠速稳定控制阀、EGR 电磁阀及点火系统等的工作状况。

(7) 测量转速。

(8)输出脉冲信号。该功能用于检测无分电器点火系统的故障。

(9) 测量传感器输出的电信号频率。

(10)测量二极管的性能。

(11)测量大电流。配置电流传感器(霍尔式电流传感夹)后,可以测量大电流。

(12) 测量温度。配置温度传感器后可以检测冷却水温度、尾气温度和进气温度等。

目前国内生产的汽车万用表,如"胜利-98"、笛威 TWAY 9206、TWAY 9406 A 和 EDA-230 等型号的汽车万用表,都具有上述功能。有些汽车万用表,除了具有上述基本功能外,还有一些扩展功能。例如,EDA-230型汽车万用表在配用真空/压力转换器(附件)时可以测量压力和真空度,并且它还具有背光显示功能(使显示数据在光线较暗时也能被看清楚)。

3.2 汽车万用表的基本结构及使用方法举例

3.2.1 汽车万用表的基本结构

如图 1-9 所示,汽车万用表主要由数字及模拟量显示屏、功能按钮、测试项目选择开关、温度测量座孔、公用座孔(用于测量电压、电阻、频率、闭合角、频宽比和转速等)、搭铁座孔、电流测量座孔等构成。

3.2.2 汽车万用表的量程

直流电压:400 mV～400 V(精度 ±0.5%),(1 000±1%)V;

交流电压:400 mV～400 V(精度 ±1.2%),(750±1.5%)V;

直流电流 (400±1%)mA,(20±2%)A;

交流电流:(400±1%)mA,(20±2.5%)A;

电阻:(400±1%)Ω,4 kΩ～4 MΩ(精度 ±1%),(400±2%)MΩ;

频率 4 kHz～4 kHz(±0.05%),最小输入 10 Hz;

二极管检测 精度 ±1% dgt;

电路通断音频信号测试;

测度检测:18～300℃(精度 ±3℃),301～1 100℃(精度 ±3%);

转速:150～3 999 r/min (精度 ±0.3%),4 000～10 000 r/min(精度 ±0.6%);

闭合角:±0.5°;

频宽比:±0.2%。

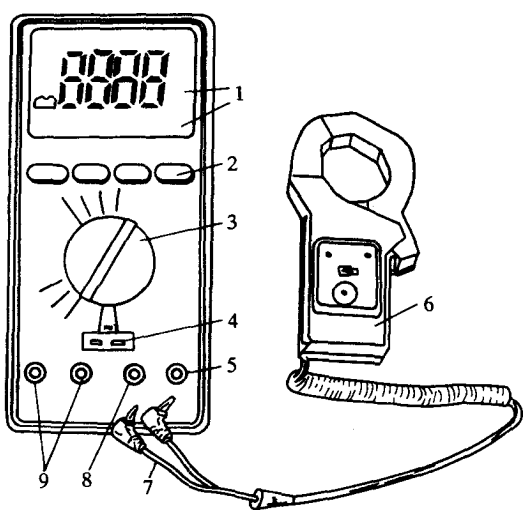


图 1-9 汽车万用表及电流传感器

1. 数字及模拟量显示屏 2. 功能按钮 3. 测试项目选择开关 4. 温度测量座孔 5. 公用座孔 6. 霍尔式电流传感夹 7. 霍尔式电流传感夹引线插头 8. 搭铁座孔 9. 电流测量座孔

3.2.3 汽车万用表使用方法

(1)信号频率测试

测试项目选择开关置于频率 (Freq)档,黑线(自汽车万用表搭铁座孔引出)搭铁,红线(自汽车万用表公用座孔引出)接被测信号线,显示屏即显示被测频率。

(2)温度检测

测试项目选择开关置于温度 (Temp)档,按下功能按钮(℃/℉),将黑线搭铁,探针线插头

需要全本请访问 www.ertongbook.com