

常用电信仪表的使用与维修经验汇编



人民邮电出版社 编

79.88083
106

常用电信仪表的使用与 维修经验汇编

人民邮电出版社 编

人民邮电出版社

Dt50/09

常用电信仪表的使用与维修经验汇编

人民邮电出版社 编

责任编辑：章 英

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32

1988年2月 第 一 版

印张：11 页数：176

1988年2月河北第1次印刷

字数：251千字

印数：1—4 000 册

统一书号：15045·总3398—有5515

定价：2.05 元

出版说明

本书是常用电信仪表的使用和维修经验汇编。书中文章都选自1978年~1984年的《电信技术》杂志。

本书介绍了一些常用通信仪表的测试原理、使用方法以及常见故障的判断和检修经验，还介绍了在线测试等比较实用的测试方法。

为便于读者阅读，特将收入本书的文章按万用表、示波器、晶体管特性图示器、频率计、数字电压表、在线测试及其它等七部分归类。所选文章一般兼有知识性和实用性，有别于一般书本与仪表说明书。本书可作为电信等部门的设备维修人员和仪表维修人员的参考。

编 者

一九八六年二月

目 录

第一部分 万 用 表

万用表上的符号— Ω/V	(1)
万用表上的 dB 刻度.....	(3)
万用表的测量误差.....	(6)
怎样选择万用表的电压量程.....	(8)
巧用万用表的 L_I 、 L_V 刻度.....	(11)
用万用表测量非正弦周期信号的电压平均值.....	(17)
用万用表测试电容器.....	(22)
用万用表检查 MOS 集成电路.....	(23)
保护万用表的两个小措施.....	(26)
检修万用表表头的点滴经验.....	(28)
万用表测量电路故障分析.....	(30)
数字万用表.....	(35)

第二部分 示 波 器

示波器是怎样显示波形的.....	(42)
双踪示波器的显示原理.....	(55)
一种电子管式的电子开关.....	(63)
怎样观察同步图形.....	(64)
示波器的几种用途.....	(68)
测量脉冲周期和宽度的一种方法—亮度调制法.....	(78)
用示波器检测晶体二极管.....	(82)

• E •

示波器扫描系统故障的检修·····	(83)
当示波器上没有光点显示的时候·····	(95)
示波器调节不当产生的异常现象·····	(96)

第三部分 晶体管特性图示器

JT-1型晶体管特性图示器的测量原理与测试方法·····	(103)
晶体管特性曲线异常的原因分析·····	(123)
JT-1型晶体管特性图示器电源电路常见 故障的检修·····	(129)
JT-1型晶体管特性图示器阶梯信号电路常见 故障的检修·····	(134)

第四部分 频 率 计

怎样用QB307型频率计测量时间·····	(144)
QB307频率计计数、显示单元的检修·····	(147)
QB307频率计门控复延单元的原理及检修·····	(164)
E312型频率计“少字”的原因·····	(171)
E312型频率计“停位”障碍的检修·····	(173)
E312型频率计“错计”障碍的检修·····	(177)
E312型频率计“叠字”障碍的检修·····	(185)
E312型频率计控制单元的检修·····	(188)

第五部分 数字电压表

数字电压表的特点、基本原理和分类·····	(194)
数字电压表的显示位数·····	(206)
数字电压表的主要工作特性·····	(207)
斜波式和逐次逼近式数字电压表·····	(215)

双积分式和脉冲调宽式数字电压表	(221)
复合型数字电压表	(228)
数字电压表的干扰抑制和保护技术	(234)

第六部分 在线测试

电流电阻的在线测试	(248)
晶体管 β 值的在线测试	(257)
电容和低阻的在线测试	(264)
电解电容器的在线测试	(271)
如何在线检测晶体二极管	(276)
晶体管在线检测的一种简便方法	(278)

第七部分 其 它

电平表刻度扩展器	(283)
用电桥测量阻抗的原理	(287)
电桥检流表的校验	(293)
传输测试器的结构及其使用	(295)
滤波器反射损耗的测量方法	(300)
放大器输入、输出电阻的简易测量方法	(304)
用振荡器判断选频表的故障	(306)
测试运算放大器的简易装置	(309)
用毫伏表测量电容量的附加装置	(311)
测试无源LC网络时一个值得注意的问题	(315)
选频电平表的“低失真”和“低噪声”测量	(317)
18.6MHz锁定式传输测试器的特点	(327)
自动选频电平测量仪	(331)

第一部分 万 用 表

万用表上的符号— Ω/V

在万用表标度盘上,有 $20000\Omega/V$ 、 $4000\Omega/V$ 等符号。其中“ Ω/V ”这个符号表示什么意义呢?它在我们选用万用表时以及实际测量计算中又起什么作用呢?

“ Ω/V ”也称之为电压灵敏度。符号中的 Ω 代表欧姆, V 代表伏特。在“ Ω/V ”后面,一般还有“—”(或DC)、“~”(或AC)符号,前者表示直流电压灵敏度,后者表示交流电压灵敏度。“ Ω/V ”符号前面的数字所表示的是当用该万用表测量电压时,每伏电压所对应的电压表内阻值。比如500型万用表的直流电压灵敏度是 $20000\Omega/V$,即表示每伏电压对应的内阻是 20000Ω 。如果使用该表50V档量程时,对应的万用表内阻为 $(20000\Omega/V) \times 50 = 1M\Omega$;如果使用2.5V档量程时,对应的万用表内阻为 $(20000\Omega/V) \times 2.5V = 50k\Omega$ 。

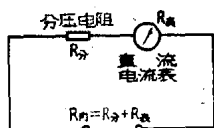
由上可见,同一只万用表的电压灵敏度是一固定值,但其各档量程的内阻是不一样的,量程越高,内阻越大;量程越低,内阻越小。国产500型万用表测量直流电压时,各档量程的内阻如表1所示;测量交流电压时,各档量程的内阻如表2所示。

用万用表进行电压测量时,为了减小电压表对被测电路的影响,我们希望电压表的分流影响越小越好,亦即希望它的内阻越大越好。因此一般尽量选用“ Ω/V ”值较大的万用表。例

如，一块直流电压灵敏度是 $20000\Omega/V$ 的万用表与另一块直流电压灵敏度是 $10000\Omega/V$ 的万用表相比较，如果置同样量值的档位测量电压，前者的测量结果比后者更接近于实际情况。

万用表的电压灵敏度(Ω/V)是受所采用的表头灵敏度限制的。这是因为万用表测量电压的电路是由一个直流电流表和分压电阻串联而成的。其简化原理图如附图所示，如果直流电流表的灵敏度为 $50\mu A$ （即当有 $50\mu A$ 的电流流过它时，电表指针将有满度的偏转），则 $50V$ 电压档的内阻 $R_{内}=50V/50\mu A=1M\Omega$ ，直流电压灵敏度为 $R_{内}/V_{满度}=1M\Omega/50V=20000\Omega/V$ ； $10V$ 电压档的内阻 $R_{内}=10V/50\mu A=200k\Omega$ ，直流电压灵敏度 $R_{内}/V_{满度}=200k\Omega/10V=20000\Omega/V$ 。如果所用电流表灵敏度为 $100\mu A$ ，那么， $50V$ 电压档的内阻 $R_{内}=50V/100\mu A=500k\Omega$ ，直流电压灵敏度 $R_{内}/V_{满度}=500k\Omega/50V=10000\Omega/V$ ； $10V$ 电压档的内阻 $R_{内}=10V/100\mu A=100k\Omega$ ，直流电压灵敏度 $R_{内}/V_{满度}=100k\Omega/10V=10000\Omega/V$ 。

由上可见，用一定灵敏度的表头所构成的电压表，其直流电压灵敏度“ Ω/V ”也是一定的。也就是说用同一个表头串联上不同的分压电阻可以作成多种量程（如 $2.5V$ 、 $10V$ 、 $50V$ 、 $250V$ 、 $500V$ 等）的电压表，而且其各档的直流灵敏度都是相同的。因此要提高万用表的电压灵敏度“ Ω/V ”，就必须提高表头的灵敏度。表头的灵敏度越高，万用表的“ Ω/V ”数值就越大。由前边的例子可以看出，万用表的直流电压灵敏度实际上就是直流电流表灵敏度的倒数。例如， $20000\Omega/V=1/50\mu A$ ， $10000\Omega/V=1/100\mu A$ ，等等。



0230186

表 1

量 程	2.5 V	10 V	50 V	250 V	500 V
Ω/V	20000	20000	20000	20000	20000
内 阻	50k Ω	200k Ω	1M Ω	5M Ω	10M Ω

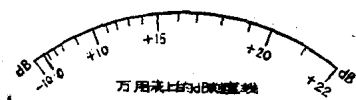
表 2

量 程	10 V ~	50 V ~	250 V ~	500 V ~
Ω/V	4000	4000	4000	4000
内 阻	40k Ω	200k Ω	1M Ω	2M Ω

(朱锡仁)

万用表上的dB刻度

万用表的表头上有好几条刻度线，其中一条就是如下图所示的dB刻度线。下面谈谈这条线的来源以及如何从这条线上读数的问题。



dB 是传输单位分贝的缩写符号。它是 1 贝尔的十分之一。如果取某电路上两个测量点功率比值(P_2/P_1)

的常用对数，则所得之值就是这两个测量点的相对功率电平，单位是贝尔。即 $P_{\text{相对}} = \lg(P_2/P_1)$ (贝尔)，或 $P_{\text{相对}} = 10 \lg(P_2/P_1)$ (分贝)。

在知道相对功率电平的分贝数后，如果不知道其中一点的功率大小，则仍然无法知道另一点功率的数值。所以说，相对

功率电平值只能说明同一电路中两点功率的相对关系。然而，万用表上的分贝刻度表示的是绝对功率电平。所谓绝对功率电平，就是把电路中某点的功率 P_x 与一个规定的标准功率 P_0 （常用的标准功率为1毫瓦）进行比较，然后取常用对数，所得之电平值即为绝对功率电平。绝对功率电平的数学表示式为：

$$P_{\text{绝功}} = 10 \lg(P_x/P_0) = 10 \lg(P_x/1 \text{毫瓦}) \text{ (分贝)}$$
 可见，电路中某点的功率 P_x 若等于1毫瓦时，则它的绝对功率电平将等于0分贝；若 P_x 大于1毫瓦时，则它的绝对功率电平的分贝数是正值；若 P_x 小于1毫瓦时，则它的绝对功率电平的分贝数就是负值。

国产500型万用表的分贝刻度线上有-10dB、0dB、+10dB、+15dB、+22dB等刻度，这几点刻度所对应的功率比如表1所示。根据公式 $P_{\text{绝功}} = 10 \lg(P_x/1 \text{毫瓦})$ 和表1所示的功率比可以很方便地计算出各点所对应的实际功率数值。为了说明表1的由来，现以刻度线上+10dB刻度为例作说明。在这个刻度上的实际功率数值可用下式计算，即 $+10 \text{dB} = 10 \lg(P_x/1 \text{毫瓦})$ ， $P_x/1 \text{毫瓦} = 10$ ，所以 $P_x = 10 \text{毫瓦}$ 。

用万用表测量功率时，实际上就是利用万用表测量交流电压时的测试电路。具体来说，就是用万用表测量已知阻值电阻上的交流电压值，以确定功率值。由于 $P = U^2/R$ ，所以当电阻 R 为已知定值（一般的万用表规定为600欧）时，则功率 P_x 值就可由量得的 U 值折算过来。

例如： $P_0 = 1 \text{毫瓦}$ 时，其绝对功率电平 $P_{\text{绝功}} = 10 \lg(P_x/1 \text{毫瓦}) = 10 \lg 1 = 0 \text{dB}$ 。假如这1毫瓦功率是消耗在一个600欧电阻上，则据 $P_x = U_x^2/R$ ，可得

$$U_x = \sqrt{P_0 \cdot R} = \sqrt{1 \text{毫瓦} \times 600 \text{欧}} = 0.775 \text{伏}$$

所以当在600欧的电阻上测得0.775伏电压时，其所对应的功率

• • •

为1毫瓦，而对应的绝对功率电平是0dB。通过同样的计算可得-10dB、+10dB、+15dB、+22dB等各点所对应的电压值。

由于万用表的分贝刻度一般是在输入信号为音频正弦信号（频率为1千赫），负载为600欧的电阻时标定的。所以只有当被测信号满足这个条件时，用万用表测得的分贝刻度读数才是正确的。在负载电阻不等于600欧的情况下，用万用表进行电平测量时，必须使用校正系数（请参阅有关资料）。这点必须注意。

用万用表测量绝对功率电平时，其测量方法也与测量交流电压相类似。比如，用500型万用表测量时，可先根据表2所示的V量程和dB测量范围的对应关系，将量程范围开关置于适当档位上，以尽可能使表头指针的偏转角度较大，从而减小测量误差。然后根据所置的量程和表头的指示值来确定分贝数。如果被测的量小于+22dB时，V量程可选在10V档，这时被测量的分贝数可直接从-10dB~+22dB的刻度线上读取。如果被测量大于+22dB时，应选择50V、100V或250V档进行测量，这时被测量的分贝数是表头指示值（dB刻度线上读数）再加上表2所示的电平刻度增加值。例如用100V档测量一个绝对功率电平值，如万用表指针指在dB刻度线的+20dB处，则被测量的实际电平值就应为20dB+20dB=40dB。

表 1

分 贝 数 (dB)	-10	0	+10	+15	+22
功率比($P_0/1$ 毫瓦)	0.1	1	10	31.62	158.5
实际功率数值 P_0 (毫瓦)	0.1	1	10	31.62	158.5

表 2

V 量 程	电平刻度增加值 (dB)	电平的测量范围 (dB)
50 V ~	+ 14	+ 4 ~ + 36
100 V ~	+ 20	+ 10 ~ + 42
250 V ~	+ 28	+ 18 ~ + 50

(朱锡仁)

万用表的测量误差

万用表的测量误差通常是以准确度来表示的。这也是仪表的主要指标之一。用万用表测量时，由于它本身的测量机构、测量电路参数的变化或受外界条件变化的影响，表针指示值与实际值总是存在着差别，这差值就是万用表的测量误差。万用表的测量误差也常用引用误差来表示，它是相对误差的特殊表示法。引用误差就是用百分数来表示仪表的最大绝对误差 ΔX_m 与测量的上限值 X_m 之比。比如，万用表的准确度为2级，则说明此表的引用误差为2%。由于万用表是便携式仪表，因而其准确度并不高，一般在1级至5级之间。

万用表的基本误差是在正常条件下的指示误差。除此之外，还有其它因素造成的附加误差，如表身倾斜、环境温度超出适用范围、被测信号频率和电压的过高或过低、交流电流或电压波形不是正弦波等等都将造成误差。这些误差通常是无法表示出来的，但其误差值却很大。

万用表的测量误差是不可避免的，但是如何在可能的条件下尽量减少测量误差呢？

首先要保证万用表的准确度。万用表在出厂时，其基本误差已作为主要指标给予了保证。但由于环境温度、故障、老化等各种原因，测量误差还会加大。对此，需要采用较高精度的或同类的仪表进行校对，这在一般的使用单位是有条件做到的。当然，最好是定期到计量部门进行校对。国家在全国各地均设有这样的计量机构。在计量部门，可以用国家统一标准的、具有较高精度的仪表来校对，并指出被计量仪表的绝对误差及其修正值。

其次，在用万用表测量时，要注意使用方法的正确与合理。为减小测量误差，应注意以下几点：

1. 仪表的工作位置要正确。万用表的表盘上，一般都有垂直（ $\perp$ 或 $\uparrow$ ）或水平（ $\rightarrow$ 或 $\leftarrow$ ）的符号，以表示工作位置。如果万用表的位置没有按规定的方向放置，而是向某方向倾斜，那么，由于表头活动部分重心的改变，使得轴尖在轴承中的位置发生偏移，因而指针也随着产生偏移，将造成倾斜误差。

2. 测量电流或电压时，要根据被测部件的具体情况，选择相应灵敏度的万用表。在此情况下，还应适当选择比较大的量程。这主要是从减小万用表对被测部件的影响来考虑的。因为电流表的内阻 R_i 不可能无限小；电压表的内阻 R_v 不可能无限大，所以，用万用表测电流（即与被测电路串联）或测电压（即与被测电路并联）时，将对被测电路有所影响，因而产生一定的误差。但是，如果适当选择大一点的量程，就会使测电流时的 R_i 减小；测电压时的 R_v 增大。于是，减小了万用表对被测电路的影响。当然，万用表的量程也不宜置于太大，以免表头指针的偏转角度太小，造成误差。

3. 测量电阻时，应使指针指在满刻度的20%~80%之间，也就是说，指针应尽可能靠近表盘的中心位置。因为当被测电

阻 R_x 接近该档的中心阻值 $R_{中}$ 时, 指针随 R_x 变化的幅度较大。当 $R_x \gg R_{中}$ 或 $R_x \ll R_{中}$ 时, 由于刻度的非线性影响, 使指针位置不能准确地读出, 也产生视觉误差。

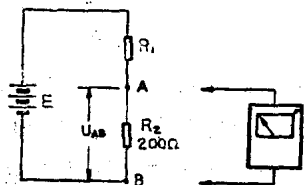
此外, 测量电阻时, 特别是测量较大阻值的电阻时, 不要用手同时摸电阻的两端, 以免由于人体电阻的并联, 使测量值小于实际值。

4. 由于万用表的交流电压刻度是按正弦信号有效值校对的, 所以, 当被测交流电压是非正弦周期信号时, 若仍直接读数则误差比较大。这时, 应考虑换算系数。

如果被测信号的频率已超过允许值, 则因分布电容的影响, 将使电表指示偏小。所以, 使用频率不要超过允许值。

(王军)

怎样选择万用表的电压量程



设有一电路如附图所示, 当用500型万用表的2.5伏直流电压档测量该电路的A、B两点间的电压时, 测得 U_{AB} 为2.3伏, 而用该表的10伏档测得的 U_{AB} 却为2.5伏。两次测得的结果为什么不同?

哪一次测量值的误差小些呢? 这是一个涉及怎样正确选择万用表电压量程的问题。

用万用表测量直流或交流电压时, 怎样正确选择量程呢? 为了便于说明, 先简单介绍一下几个常用误差。①绝对误差, 用符号 Δx 表示。它是该仪表的指示值 x 与实际值(标准仪表的

指示值)之差,即 $\Delta x = x - A$ 。②示值相对误差,用符号 r_x 表示。它是绝对误差 Δx 与仪表的指示值 x 的百分比值,即
$$r_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$
。③满度相对误差(又称引用误差),用符号 r_m 表示。它是绝对误差 Δx 与仪表的满度值 x_m 的百分比值,即
$$r_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\%$$
。通常电工仪表的准确度等级(如0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5和5.0)即表示满度相对误差值。

以500型万用表为例,由其表头符号可知,其测量直流电压时的准确度等级是2.5级,即说明500型万用表测量直流电压时各档的满度相对误差不超过 $\pm 2.5\%$ 。由于满度相对误差是由绝对误差 Δx 与一个常数 x_m (量程上限)的比值来表示的,故给出了满度相对误差值也就给出了绝对误差值。

对于500型万用表的10伏档,由于已知满度相对误差是 $\pm 2.5\%$,即可知该档的绝对误差是10伏 $\times (\pm 2.5\%) = \pm 0.25$ 伏。这说明该万用表表头刻度线上各点的绝对误差不超过 ± 0.25 伏。所以,随着示值 x 的减小,示值的相对误差越大。对于500型万用表的2.5伏档,表头相应的刻度线上各点的绝对误差不超过2.5伏 $\times (\pm 2.5\%) = \pm 0.0625$ 伏。

由上所述可见,用500型万用表的2.5伏档进行测量时的绝对误差比用10伏档小得多,所以使用指针式仪表(电压表、电流表)时,一般情况下应使仪表的量程尽量接近被测量的值(指针指示最好处于表头标尺满度的三分之一到满度位置),这样测量的误差就较小。

万用表测量电压时,其表头内阻是与被测电路相并联的。在万用表的输入电阻远大于被测电路电阻的情况下,万用表对被测电路工作状态的影响可忽略不计。在此情况下,可按上述原则选择量程。附图所示电路即属此类情形。500型万用表的输入电阻可由万用表表头所标 Ω/V 值得求得(具体求法可参阅本

书《万用表上的符号—— Ω/V 》一文)。由表头标出的 Ω/V 值可知,500型万用表的直流电压灵敏度是 $20000\Omega/V$,所以2.5伏档的输入电阻是 $2.5V \times 20000\Omega/V = 50k\Omega$,10伏档的输入电阻是 $10V \times 20000\Omega/V = 200k\Omega$ 。由于万用表的输入电阻远大于被测电路电阻,故其并联到被测电路上时,对被测电路的影响可忽略不计。

综上所述,当用500型万用表测量附图所示电路A、B两点间的电压时,用2.5伏档比用10伏档准确, U_{AB} 应为2.3伏。

但是,在万用表的输入电阻不满足远大于被测电路电阻的情况下,它对被测电路的工作状态的影响就不可忽视了。这时,选择万用表的电压量程就不能完全按照前面所述的原则。如被测电路A、B两点间的电阻 R_2 是 $10k\Omega$,当内阻为 $50k\Omega$ 的万用电表(即置2.5伏档)并联到 R_2 两端时,A、B两点间的电阻是 R_2 与 $R_{内}(50k\Omega)$ 的并联值,此值约为 $8.3k\Omega$;当内阻为 $200k\Omega$ 的万用表(即置10伏档)并联到电阻 R_2 两端时,A、B两点间的实际电阻是 R_2 与 $R'_{内}(200k\Omega)$ 的并联值,此值约为 $9.5k\Omega$ 。前后两次测量都改变了电路原来的工作状态,使A、B两点间的电阻值下降,A、B两点间电压值低于未并联万用表时的电压值。由于万用表10伏档的输入电阻4倍于2.5伏档的输入电阻,所以万用表置10伏档相对于置2.5伏档时对电路工作状态影响小,因此用万用表进行测量时,在被测电路电阻比较高的情况下,宜选用高输入电阻的量程(即高档量程)进行测量,以减小测量误差。

综上所述,为了保证较高的测量精度,万用表的量程应按具体情况合理选择。

(朱锡仁)