

直流数字电压表试行检定规程

JJG 315—1983

直流数字电压表试行检定规程

Verification Regulation of DC
Digital Voltmeter

JJG 315—1983

本检定规程经国家计量局于1983年04月19日批准，并自1984年03月01日起施行。

归口单位：中国计量科学研究院

起草单位：中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

冯占岭（中国计量科学研究院）

参加起草人：

魏德生（中国计量科学研究院）

张春弟（中国计量科学研究院）

郑家平（中国计量科学研究院）

目 录

一 前言	440
二 检定的技术要求和检定条件	440
三 误差的检定方法	444
四 其他项目的检定和测试	447
五 检定周期和检定结果的处理	450
附录 1 主要术语和定义	451
附录 2 直流数字电压表检定系统	454
附录 3 直流数字电压表检定记录格式	455
附录 4 其他技术指标的测试	455

直流数字电压表试行检定规程

一 前 言

本规程适用于新生产的、使用中 and 修理后的直流数字电压表 (DC-DVM), 以及数字多用表和数字面板表中的直流电压测量部分的检定。本规程还适用于在将一些物理量变换为直流电压而进行数字测量的某些测量仪表, 以及模/数变换器 (A/D 变换器) 某些有关部分的检定。

随着数字技术的迅速发展和广泛使用, 高性能的数字电压表 (DVM) 正被陆续普及。DC-DVM 是 DVM 和数字仪表的主体和基础部分, 鉴于这种状况, 首先将 DC-DVM 的检定方法统一起来, 逐步做到制造和使用两者的合理性, 是制订本规程的基本出发点。

二 检定的技术要求和检定条件

1 检定概述

DC-DVM 是高准确度仪表, 为了正确使用并保证测量结果的准确一致, 必须对各种 DC-DVM 进行检定。检定工作可分以下 3 种情况:

1.1 周期检定

这是一般精密仪表的例行检定。一般在标准条件下进行的周期检定内容应包括: 基本误差、稳定误差、线性误差、分辨力、显示能力、输入电阻、零电流以及串、共模干扰抑制比等技术指标, 周期检定的 DC-DVM 要给予定级。

1.2 修理检定

这是对损坏的 DVM 修复后, 为了保证仪器使用的可靠性, 应按周期检定的项目进行 1 次检查。也可根据修理情况, 增加一些必要的检定内容。

1.3 验收检定

是对接受的新仪器(包括进口 DVM)的检验工作。它比周期检定项目要多些, 如温度系数、电源变化的影响、绝缘电阻、耐压试验、测量速度、响应时间、信息输出等技术指标。

出厂检定、定型鉴定等可按验收检定中规定的项目进行。

2. 外观和通电检查

为了确定仪器能否正常工作, 检定前应对仪器本身进行外观和通电检查。

2.1 外观检查

2.1.1 外形结构完好, 面板指示、读数机构、制造厂、仪表编号、型号等均应有明确标记。

2.1.2 仪器外露件是否有松动、机械损坏等; 仪器附件、输入线、电源线、接地端是否齐全; 开关、旋钮等是否能正常转动。

2.1.3 仪器供电电压和频率、电源保险丝的熔断电流应符合要求, 一般不得随意更换。尤其是输入交流 220V 或 110V 电源插头和地线连接应正确无误。

2.2 通电检查

检查外观后, 要通电进行功能检查。

2.2.1 各开关、旋钮放于正确位置，输入信号的种类（如直流电压、交流电压、电阻、电流）一定要和表的测量功能相对应。

2.2.2 按使用说明通电进行预热，检查电气工作性能。

2.2.3 检查“调零”、“调满度值”、“调正、负校准”等功能是否正常工作。

2.2.4 按被检表的量程和测量范围，从低量程到高量程依次输入适当的直流电压信号，检查手动、自动量程切换和仪器工作是否正常。改变输入信号，观察显示读数是否连续，有无叠字、不亮等现象。

2.2.5 改变输入信号极性，检查能否作+、-极性显示。

2.2.6 采样方式检查

观察能否进行手动、自动、连续定时采样。

被检表应在恒温室内放置24h以上，再对其主要技术指标进行检定。

3 检定点的选取原则

3.1 基本量程是衡量一台DC-DVM性能好坏的关键量程，应比较详细地检定，一般要求全检。

3.2 考虑到DVM的线性误差，一般应均匀地选择基本量程的检定点。

3.3 要考虑量程覆盖，即保证各量程测量误差的连续性，各量程中间不要有间断点。

3.4 根据DC-DVM不同的工作原理，选取检定点的原则也要有些差异。

3.5 其他非基本量程要考虑上下限及对应于基本量程最大误差的检定点。

综合上述要求，在基本量程内一般取不少于10个检定点，在非基本量程取3~5个检定点即可。

3.6 正、负两种极性的电压值应分别测量一组对应数据。

根据以上原则选好测试点数，即可进行检定工作。

4 对标准仪器和其他设备的要求

4.1 整个标准装置系统的综合误差，应小于被检DC-DVM允许误差的1/3~1/5。

4.2 直流信号源电压的稳定度和调节细度，应小于被检DC-DVM允许误差的1/5~1/10。信号源要能做到连续可调或外加调节设备进行调节。信号源应为低内阻，其输出直流电压中的交流纹波和噪声尽可能小，不要带来使DC-DVM有跳字等附加误差。

4.3 所使用的标准仪器及测量设备应经过定期计量并检定合格。

4.4 当标准的误差小于被检DC-DVM允许误差的1/5时，一般即可忽略。大于被检DC-DVM允许误差的1/5时，则不能忽略。这时应按下述原则处理：

若被检表的误差为 $\pm e\%$ ，标准的误差为 $\pm n\%$ ，则检定误差结果应保持在 $\pm(e-n)\%$ 以内。

当用户使用误差为 $\pm m\%$ 的标准进行验收时，若检定结果的误差超过了 $\pm e\%$ ，但保持在 $\pm(e+m)\%$ 以内时，不能作为超差退货的依据。

4.5 整个测量电路系统应有良好的屏蔽、接地措施，以避免串模和共模干扰，要远离强电场、磁场，以避免电磁场感应、静电感应等。

5 关于标准条件和额定工作条件

按IEC—485的规定，结合我国具体情况，要求DC-DVM的基本误差按表1所规定的标准条件进行检定、校验和使用。

为了确定额定工作条件，仪表按使用环境条件分为A、B、C三组。A组是在良好环境中

表1 直流数字电压表所规定的标准工作条件和额定工作条件

影响量	标准条件		额定工作条件			
	基准数值或范围	偏差	组别			
			A	B	C	
1	2	3	4	5	6	
环境温度 (°C)	20	仪表功耗 ≤50W ±1°C 仪表功耗 >50W ±2°C	+5 ~ +40 (0 ~ +40)	-10 ~ +40	-25 ~ +55	
相对湿度 (%)	60	±15	20~80 (无凝露)	10~90 (无凝露)	5~95 (无凝露)	
大气压强 (mmHg)*	760	±30	600~800	460~800	460~800	
气候影响	阳光照射	无直接照射	无直接照射	无直接照射	太阳辐射加上环境温度的组合效应不使表面温度超过由环境温度为+55°C时的单独效应所产生的温度	
	周围空气流速 (m/s)	0~0.2	0~0.5	0~0.5	0~5	
	空气灰尘量	测不出来	对仪表的影响可忽略不计 由制造厂规定		由制造厂规定	
	空气含盐量	测不出来			由制造厂给出经过验证的值	
	空气中含有毒气体成分	测不出来	由制造厂规定			
	空气中液态水	测不出来	对仪表的影响可忽略不计	滴水	溅水	
机械影响	工作位置	由制造厂规定	±1°C	基准位置 ±30°	基准位置 ±30°	基准位置 ±90°
	通风	通风无阻		受到可忽略的阻碍		由于通风受阻, 加上环境温度的效应, 不应使表面温度超过当环境温度为+55°C时通风无阻的单纯情况下的温度
	振动	测不出来	由制造厂规定			
	冲击	测不出来				
场与辐射	外电场外电磁场	测不出来				
	离子辐射	测不出来				
供电电源	交流电源电压 (V)	额定电压 (V)	±1% U	±10% U	(-12% ~ +10%) U	(-20% ~ +15%) U
	供电频率 (Hz)	额定频率 (f)	±1% f	±3% f	±5% f	±10% f
	波形失真 (β)	0	0.05	0.05	0.1	0.1
	纹波电压 (直流电源)	测不出来	0.1% U'	0.5% U	1.0% U	5.0% U
	电池供电电压	由制造厂规定				
	蓄电池供电电压	由制造厂规定				

* 1 mmHg = 133.32Pa (出版者注)

影响量	标准条件		额定工作条件		
	基准数值或范围	偏差	组别		
			A	B	C
工作时间 连续工作时间	24h		≥24h	≥24h	≥24h

使用的仪器仪表；B组是在一般环境中使用的仪器仪表；C组是在恶劣环境中使用的仪器仪表。DC-DVM的额定工作误差按表1所规定的额定工作条件进行检定、校验和使用。

6 DC-DVM的误差和准确度等级

6.1 基本误差

DVM的基本误差公式用下列形式之一表示。

6.1.1 用两项误差之和所表示的绝对误差表示：

$$\Delta = \pm (a\% U_x + b\% U_m)$$

式中 U_x ——被检表的读数（显示值）；

U_m ——被检表的满刻度值；

a ——与读数有关的误差系数；

b ——与满刻度值有关的误差系数。

6.1.2 用与DVM读数之比的相对误差表示：

$$\gamma = \pm \left(a\% + b\% \frac{U_m}{U_x} \right)$$

6.2 准确度等级

DC-DVM原理上属于电子式仪表，但其外特性属于电工测量仪表，故按直流电压表的规定分级是合理的。DC-DVM的准确度级别分为：0.0005、0.001、0.002、0.005、0.01、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5和1.0，共11个级别（见表2）。

表2 直流数字电压表的级别

级别	年稳定误差 ($U_x = U_m$ 时的相对误差)	输入电阻	零电流
0.0005	≤0.0005%	>2~10GΩ	≤(10~20) pA
0.001	≤0.001%	>1000MΩ	≤100pA
0.002	≤0.002%	>1000MΩ	≤100pA
0.005	≤0.005%	>1000MΩ	≤(2~5) × 10 ⁻¹⁰ A
0.01	≤0.01%	>500MΩ	≤1 × 10 ⁻⁹ A
0.02	≤0.02%	>500MΩ	≤(2~5) × 10 ⁻⁹ A
0.05	≤0.05%	>100MΩ	≤1 × 10 ⁻⁸ A
0.1	≤0.1%	>10MΩ	≤1 × 10 ⁻⁷ A
0.2	≤0.2%	>10MΩ	≤1 × 10 ⁻⁷ A
0.5	≤0.5%	>10MΩ	≤1 × 10 ⁻⁷ A
1.0	≤1.0%	>10MΩ	≤1 × 10 ⁻⁷ A

DC-DVM是多量程仪表,不同量程有不同的准确度。

一般要求:

0.0005级、0.001级、0.002级,应有 $6\frac{1}{2}$ 位数字显示;

0.005级、0.01级,应有 $5\frac{1}{2}$ 位数字显示;

0.02级、0.05级,应有 $4\frac{1}{2}$ 位数字显示;

0.1级,应有 $3\frac{1}{2}$ 位数字显示。

6.3 定级标准

准确度等级主要以DC-DVM基本量程误差系数($a+b$)的大小和年稳定误差来划分。同时要适当考虑基本量程的输入电阻和零电流的大小。定级标准如下:

6.3.1 在标准条件下,经预热、预调和校准后的检定数据符合被检表的基本误差。

6.3.2 定期一年进行周期检定,要求定级的DVM在标准条件下,经预热、预调但不校准,检定其年稳定误差,此误差应符合 $\pm(a\%U_x + b\%U_m)$ 的要求;同时被检表的年变化量应小于或等于 $(a\%U_x + b\%U_m)$ 。式中 a 、 b 为被检表基本量程的年稳定误差系数(若被检表无一年的误差指标,可由计量部门按实际测试结果或按半年的误差指标确定被检表的准确度等级)。

6.3.3 检定年稳定误差后,再进行校准并检定24h基本误差,此数据应符合基本误差指标。

6.3.4 被检表的输入电阻和零电流要满足表2所列指标。

满足以上规定的被检表给予定级。定级时要有上次送检的证书数据,首次送检不能定级。

定级后投入使用的DC-DVM可以预调,但不允许校准。

新型的微处理器式数字电压表(μ P-DVM),一般按常规检定项目进行,并按上述标准定级。

三 误差的检定方法

7 DC-DVM的误差检定方法和标准设备种类很多,但从原理上一般可归纳为三大类:

直流标准电压发生器法;

直接比较法(标准数字表法);

直流标准仪器法。

具体采用哪一种方法,可根据所具有的标准设备和被检表的级别选择一种最合适、最经济可靠而又简便的方法。下面给出的仅是一些典型的检定方法。

7.1 直流标准电压发生器法:这种方法如图1(a)所示。设直流标准电压发生器输出标准电压为 U_N ,即实际值。被检DVM的显示读数为 U_x ,则被检表的误差为:

$$\Delta = U_x - U_N$$

被检表的相对误差用百分数表示为:

$$\gamma = \frac{U_x - U_N}{U_x} 100\%$$

当被检DVM的量程比标准电压发生器的最低量程小很多或两者量程对不上时,可采用

标准分压箱，分压后再接到被检表，如图 1 (b) 所示。

此时被检表的相对误差，用百分数表示为：

$$\gamma = \frac{U_x - \frac{U_N}{K}}{U_x} 100\%$$

式中 K ——标准分压箱的分压系数。

此法必须考虑被检表输入电阻和零电源的影响，最好选择低阻值的分压箱。

这种方法简便、速度快，适合于工厂大量地校验 DVM。

当标准电压源的准确度不能满足要求，而稳定度较高时，可把标准源作一般稳压源使用，配上标准 DVM，用比较法检定 DVM。

7.2 直接比较法 (标准数字表法)

直接比较法的电路如图 2 (a) 所示。一般情况下标准 DVM 的位数应比被检 DVM 多一位。用这种方法，一定要保证标准 DVM 准确可靠。为此，必须对标准表进行定期的检定和校准。

当可调稳压电源输出一个电压，标准表的显示读数为 U_N ，被检表的误差为 U_x ，被检表的相对误差用百分数表示：

$$\gamma = \frac{U_x - U_N}{U_x} 100\%$$

如果标准表不满足被检表的量程，或有时标准表只有某一个量程符合准确度的要求时，可用标准分压箱来扩展量程，如图 2 (b)，(c) 所示。

同理可得：

$$\gamma = \frac{U_x - KU_N}{U_x} 100\%$$

或者：

$$\gamma = \frac{U_x - \frac{U_N}{K}}{U_x} 100\%$$

7.3 直流标准仪器法

该方法是用直流标准仪器和被检 DVM 测量同一电压，以直流标准仪器的读数为实际值，求出被检表的示值误差。直流标准仪器实质上是一个直流标准电压测量装置，种类繁多，检定线路的形式也多种多样，但基本原理是相同的，都是用直流电压比率标准由标准电池导出一系列的标准电压。比较典型的有以下几种：

7.3.1 电位差计法

这种方法如图 3 所示。

用电位差计可以直接检定 DVM。当在低量程进行检定时，DVM 处于基本量程，其输入电阻很高。此时可把电位差计作为一个直流标准电压源，从其未知电压端（即 x 端）输出标准电压信号给被检 DVM。图 3 中 E_N 为标准电池， G 为检流计。

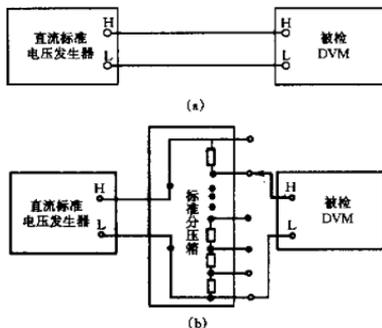


图 1 直流标准电压发生器法

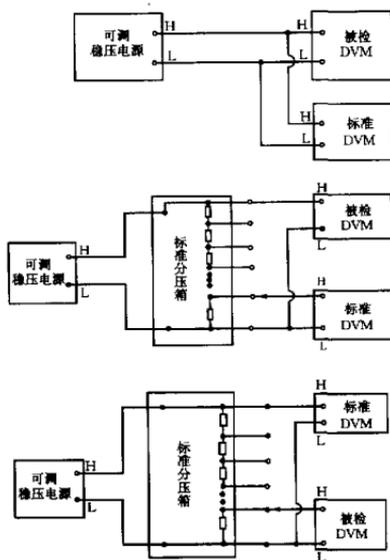


图2 直接比较法

室进行高准确度的 DVM 检定。

7.3.3 差值法

上面的方法是检定高准确度 DVM 最基本的方法，但要求电位差计准确度很高。在没有高准确度电位差计时，可以用多挡分压箱，配上一般级别电位差计测差值的方法，如图 5 所示。

图中 E_{N2} 为标准电池的电动势值，可根据被测电压的大小选择一只或多只标准电池串联组成，使差值电压 $\Delta U \leq E_{N2}$ ，再用电位差计测得差值 ΔU 。这种测量对电位差计要求不高，电位差计最好用低电动势电位差计。则有：

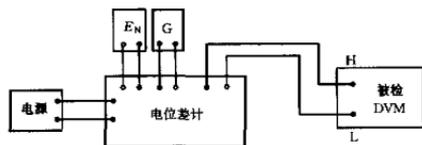


图3 用电位差计检定 DVM

$$U_N = K(E_{N2} \pm \Delta U)$$

若被检表的显示读数为 U_x ，则被检表的相对误差用百分数表示：

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{U_x - U_N}{U_x} 100\% \\ &= \frac{U_x - K(E_{N2} \pm \Delta U)}{U_x} 100\% \end{aligned}$$

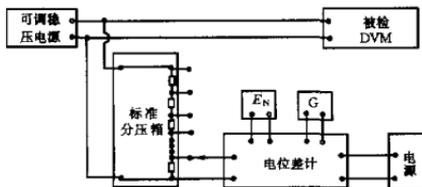


图4 用标准分压箱和电位差计检定 DVM

当电位差计输出一个标准电压 U_N (用其读数盘读数)，被检表的显示读数为 U_x ，被检表的相对误差用百分数表示：

$$\gamma = \frac{U_x - U_N}{U_x} 100\%$$

用电位差计直接检定 DVM 的基本量程，一般选择测量上限较高的电位差计是可以满足的。

7.3.2 用电位差计和分压箱检定 DVM

上述检定线路是在没有适当的直流信号源和电压调节器时的一种简便方法。当 DVM 的被检量程高于电位差计的测量电压时，就必须配上分压箱和稳压电源才能进行检定，如图 4 所示。

当可调稳压电源输出一电压，用电位差计测定值为 U_N ，被检表的显示读数为 U_x ，则被检表的相对误差用百分数表示：

$$\gamma = \frac{U - KU_N}{U_x} 100\%$$

此方法接线比较复杂，但装置准确度高，且稳定、可靠，所以常用在标准计量

由上式可见,在这种检定方法中保证准确度的主要因素是电动势 E_{N2} 和分压系数 K 。

7.3.4 用多挡十进分压箱检定 DVM

如图 6 所示,一个多挡十进分压箱,原理上也可作为电位差计使用,如图 6 是将标准电池和多挡分压箱相配合。首先将开关 K_1 掷向“1”侧,加电压使分压箱的示值等于标准电池的电动势 E_N 。图中 E 为供电电源,调节电阻 R 使检流计 G 指零。然后将开关 K_1 掷向“2”侧,则分压箱由其示值给出输出标准电压的大小。DVM 显示值与分压箱示值之差即为 DVM 的误差。

另一种方式是用标准电压测量装置,将 a 、 b 两点的电压测准确并保持恒定,则多挡十进分压箱可连续输出标准电压,并加到 DVM 的输入端,这相当于一个标准电压源。

8 稳定误差的检定

DC-DVM 的稳定误差一般应在各个量程进行。检定方法与检定 DC-DVM 误差的方法相同,可任选一种。但这里要求信号源的长期稳定性要高,不然信号源的变化和 DVM 的漂移就分不清了。

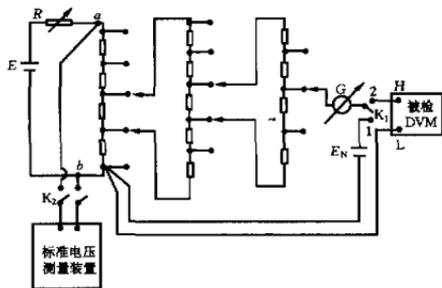


图 6 用多挡分压箱检定 DVM

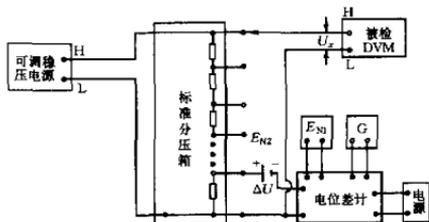


图 5 用差值法检定 DVM

DC-DVM 经预热、预调后,输入端短路,在不再调整仪表的情况下观察零位的变化。然后输入一标准信号,观察各测试点的电压变化。

按说明书的规定和被检表的要求,可测量某一规定时间间隔内的稳定误差。但定级检定的 DVM 必须做 24h 的短期稳定误差和 1 年的长期稳定误差。测量次数一般不少于 3 次。由记录值可找出最大偏差点按稳定误差公式指标判断 DVM 是否合格。

9 线性误差的检定

线性误差是衡量 DVM 质量的一项重要指标,可结合基本误差的检定一起进行。该指标一般只在基本量程内测试,DVM 误差的检定方法基本上也适用于线性误差的检定。

四 其他项目的检定和测试

10 显示能力的测试

可在通电检查时一起进行(一般只测基本量程)。由电压源供出直流电压信号,观察被检表能否作连续变化。现以 20000 序列为例说明如下:

0.0001 → 0.0010 → 0.0100 → 0.1000 → 1.1000
 0.0002 → 0.0020 → 0.0200 → 0.2000 → 1.2000

\vdots \vdots \vdots \vdots \vdots
 0.0009 → 0.0090 → 0.0900 → 0.9000 → 1.9000

也可按下列规则进行。

0.0000 \rightleftharpoons 0.0001 0.0001 \rightleftharpoons 0.0002 \cdots 0.0008 \rightleftharpoons 0.0009
 0.0009 \rightleftharpoons 0.0010 0.0019 \rightleftharpoons 0.0020 \cdots 0.0089 \rightleftharpoons 0.0090
 0.0099 \rightleftharpoons 0.0100 0.0199 \rightleftharpoons 0.0200 \cdots 0.0899 \rightleftharpoons 0.0900
 0.0999 \rightleftharpoons 0.1000 0.1999 \rightleftharpoons 0.2000 \cdots 0.8999 \rightleftharpoons 0.9000
 0.9999 \rightleftharpoons 1.0000 1.9999 \rightleftharpoons 2.0000

被检点能一点不漏地作上述变化，其显示能力是好的，否则是有一定问题的。除此之外还要检查正、负极性（尤其注意正负零位是否交替出现），小数点及过载显示能力等。

11 分辨力的测试

一般只在最小量程测被检表的最高分辨力（灵敏度），可采用具有高分辨力的测量装置进行测试。例如由信号源供给直流信号使被检 DVM 显示值为某一数值，同时读出测量装置的示值 U_1 ；然后微调使被检 DVM 读数在末位上变化一个字，再读出测量装置的示值 U_2 。则两次示值之差 $\Delta U = U_2 - U_1$ 即为被检表的分辨力。

12 输入电阻和零电流的测试

将被检 DVM 投入工作状态，改变输入电压，DVM 测量端子的输入电压变化量 ΔU 与其输入电流变化量 ΔI 之比为工作状态下的输入电阻，用 R_i 表示。依此定义可用图 7 接线按如下程序操作：

当 K_1 、 K_2 处在下列位置时，分别读取被检 DVM 的不同指示数：

K_1 置于 1， K_2 置于 3 时，指示值为 U_{13} ；

K_1 置于 1， K_2 置于 4 时，指示值为 U_{14} ；

K_1 置于 2， K_2 置于 3 时，指示值为 U_{23} ；

K_1 置于 2， K_2 置于 4 时，指示值为 U_{24} 。

根据上述读数，可以按下列公式计算出被检表的输入电阻和零电流：

输入电阻 $R_i = \Delta U / \Delta I$

式中 $\Delta U = U_{24} - U_{14}$

$$\Delta I = \frac{U_{23} - U_{24}}{R} - \frac{U_{13} - U_{14}}{R}$$

零电流 $I_0 = (U_{14} - U_{13}) / R, R$ 取 $(10^5 \sim 10^7) \Omega$

零电流也可以用微电流计进行测试。如图 8 是用检流计的方法测试零电流的大小。

将检流计 G 接在 DVM 的输入端， R 为一分流电阻，则零电流：

$$I_0 = \alpha C_I (R + r) / R$$

式中 α ——检流计偏转格数；

r ——检流计内阻；

C_I ——检流计灵敏度常数。

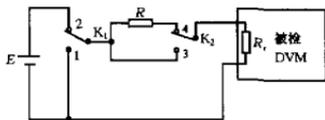


图7 输入电阻和零电流的测试

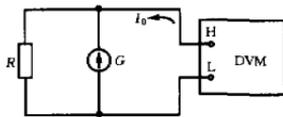


图8 用电流计测零电流

13 串模干扰抑制比 (SMR) 的测试

SMR (NMR) 测试电路如图 9 所示。图中 T 为隔离变压器, U_s 为交流电源, V 为交流电压表。一般应在最小量程进行测试, 先在输入端加一直流电压 E (如干电池等), E 的电压值接近满度的 $1/2 \sim 1/3$, 并保持不变。然后再送加交流电压 U_s , 逐渐加大, 使被测 DVM 有一个 ΔU_{cm} 变化, 记下此时所加的交流电压峰值 U_{sm} 。串模干扰电压的大小应使被检表读数有明显变化, 但不能超过允许电压值。则有:

$$SMR = 20 \lg U_{sm} / \Delta U_{cm} \text{ (dB)}$$

测试中应注意:

13.1 交流干扰源不宜用 50Hz 电网电压, 最好用音频信号发生器或交流电压源。但具有自动频率跟踪的 DVM 要使供电电源和干扰源为同一电源。

13.2 SMR 值的大小与干扰电压的频率和相位有关。一般情况下, 可取串模干扰源的频率与仪器说明书的规定值相一致。

13.3 若 SMR 与被测直流电压大小有关, 应读取最不利的直流电压时的 SMR 值为测量结果。

13.4 加上串模干扰后, 若 DVM 的显示值不稳定, 应取其中最大的偏差值。

13.5 线路中电容 C 可用 $1\mu\text{F}$ 左右的云母电容。

13.6 没有抗干扰能力的 DVM, 可不进行测试。

14 共模干扰抑制比 (CMR) 的测试

测试电路如图 10 所示。

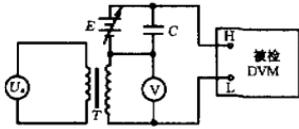


图9 串模干扰抑制比的测试

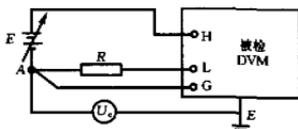


图10 共模干扰抑制比的测试

输入端加上一个直流电压 E (使 DVM 显示为满刻度的 $1/2 \sim 2/3$), 然后加入共模干扰电压 U_c (包括直流电压和交流电压两种情况)。逐渐增加 U_c 使 DVM 指示有一个明显的 ΔU_{cm} 变化为止。电阻 R 为不平衡电阻, 是模拟被测信号源与地之间有一定电阻所必须的。R = 1kΩ 是统一规定值。记下电压表的读数 U_c , 那么对交流和直流共模干扰抑制比分别为:

$$CMR_{\text{直流}} = 20 \lg (U_{c\text{直流}} / \Delta U_{cm}) \text{ (dB)}$$

$$CMR_{\text{交流}} = 20 \lg (U_{c\text{交流峰值}} / \Delta U_{cm}) \text{ (dB)}$$

测试应注意:

14.1 交流共模干扰源的频率可按说明书中的规定选取。干扰电压的大小应使 DVM 有明

显变化,但不要超过最大允许电压(包括所加的直流电压)。

14.2 具有保护输入端G的DVM,应将G端接于A点。

15 绝缘电阻和耐压试验

一般只测绝缘电阻,只有在用户提出要求时才进行耐压试验。

15.1 绝缘电阻的测定

测定DVM的绝缘电阻可使用兆欧表(摇表)、兆欧表或伏特-微安表等。试验电压按表3的规定,试验部位如表4的规定。

表 3

被测仪表额定电压 (V)	兆欧表所加试验电压 (V)
≤100	>100
>100~660	>500
>660~2000	>1000
>2000	>2500~5000

不大于绝缘强度的试验电压

表 4

试验部位	试验电压
电源输入端—机壳接地端或保护端	按表3的规定
仪表输入端—机壳接地端或保护端	按表3的规定
仪表输入端和保护端—电源输入端	按表3的规定

所测的绝缘电阻数值应满足 SJ 947—1975《电子测量仪器的安全要求》的规定或产品说明书的要求。

15.2 耐压试验

试验部位与所列表4相同,试验电压按说明书的要求进行。

五 检定周期和检定结果的处理

16 检定周期

DC-DVM 损坏修复后,应进行修理检定。

新进口的或新接受的 DC-DVM 应首先进行验收检定,然后再投入使用。

作为标准表使用的 DC-DVM 应进行周期检定,检定周期一般规定为1年,但根据使用情况和实际可能性也可作适当的缩短或延长。

17 有效数字和数据化整

DVM 的检定和测试应有完整的原始记录,并对数据进行正确的计算和整理,得出被测仪表的测试结果。一般常用规则为:

17.1 记录测量数据时,一般只保留一位不可靠数字。

17.2 检定记录的数据应先计算后化整。化整的原则和有效数字保留的位数取决于被检表的误差和标准装置的误差。一般应使末位数与被检表的分辨力相一致。由于化整带来的误差一般不超过允许误差的1/5~1/3。最后一个“0”因与测量结果有关,不能随意省去。

17.3 化整后的末位数(不可靠数)一般是如下3种情况之一:

末位数是1的整数倍(即0~9之间的任何数);末位数是2的整数倍(即0~8之间的偶数);末位数是5的整数倍(即只有0和5)。判断仪表是否超过允许误差时应以化整后的数据为准。

18 检定结果的误差

根据DVM的检定数据计算出显示值 U_x 与实际值 U_N 之差值,即为示值的绝对误差 Δ 。则

$$\Delta = U_x - U_N \leq \pm (a\% U_x + b\% U_m)$$

用此结果判断被检 DC-DVM 的检定数据是否合格。也可以用相对误差表示：

$$\gamma = \frac{\Delta}{U_x} \leq \pm \left(a\% + b\% \frac{U_m}{U_x} \right)$$

- 19 要求定级的送检表，计量部门按定级标准确定准确度等级并在检定证书上给予注明。定级的表要打上封印。
- 20 凡不要求定级的送检表，如按部颁技术标准或工厂技术条件送检的表以及国外进口验收的表，计量部门均应进行检定并可按产品相应的技术条件判别检定数据是否合格。
- 21 检定证书中要给出 24h 的基本误差和 1 年的稳定误差。在送检单位要求下，也可给出其他期限的数据，并判断受检表是否满足技术指标。
- 22 不合格的不能定级，但允许降级处理和使用。在降到下一级时，必须符合该级别的要求。
- 23 送检的 DC-DVM 一般只给出实测数据，不给出更正值。
- 24 除基本误差外，其他技术指标的测量数据，都可按前面的方法进行计算和化整。各项指标检定结果在检定证书上予以注明。
- 25 按照规程检定合格的 DC-DVM，发给检定合格证书并加盖公章。检定不合格的可根据具体情况发给检定结果通知书或不合格证书。证书上要给出检定日期或检定数据的有效期限。

附录 1 主要术语和定义

- 1 数字电压表
一种包含模拟/数字变换器(A/D 变换器)并以十进制数字形式显示被测电压值的仪表。
- 2 直流数字电压表
一种专门用于测量直流电压的数字显示测量仪表。
- 3 测量范围
指测量能够达到的被测量的范围。能满足误差极限的那部分测量范围称有效测量范围。
- 4 基本量程
在多量程的 DVM 中测量误差最小的量程。一般是不加量程衰减器及量程放大器的量程。
- 5 分辨力
能够显示的被测电压的最小变化值，也就是使显示器末位变化一个字所代表的输入电压值。通常在最低量程上，DVM 具有最高的分辨力（也叫灵敏度）。
- 6 满度值
各量程有效测量范围上限值的绝对值。
- 7 标准条件
为了检定和校准试验，对影响量（必要时对影响特性）所规定的一组有允许偏差的数值或范围。
- 8 额定工作条件
是影响量的额定工作范围和仪表各性能特性的有效范围的总和。在此条件下，应保证 DVM 的工作误差符合要求。
- 9 基本误差
DVM 处在标准条件下，经预热、预调和校准之后，仪表本身所固有的 24h 的误差。

10 附加误差

当影响量中的一个量（如温度、湿度、电源频率和电压等）偏离标准条件下的值（或范围）时所引起的仪表误差。

11 工作误差

在额定工作条件下 DVM 所具有的误差极限。

12 线性误差

表征 DVM 测量电压时是否均匀地反映被测电压的特性称为线性度，而实际变换曲线对理想直线的偏差称为线性误差。

13 稳定误差

是指在规定时间内其他条件保持不变，DVM 在某一校准点显示值的最大变化量。稳定误差包括波动和漂移两种变动量。根据不同的时间间隔，又有短期稳定误差（如 7h、24h）和长期稳定误差（1 个月、3 个月、半年、1 年）之分。

14 预热时间

在规定的条件下，从接通 DVM 的供电电源算起到能够满足全部性能特性指标所需要的时间。

15 预调整

指为达到制造者对 DVM 所规定的误差要求，不打开机器内部，利用仪表面板调节装置所进行的，不需使用外部标准或设备的调整过程。如“调零”、“调正、负”、“校准”等。这是预先调整程序的一部分。

16 校准

在规定条件下，将标准产生的标准电压加到 DVM，使仪表的显示值与校准电压进行比较，而对 DVM 的调整装置所进行的全部调整工作。DVM 经一次校准后，能保证仪表准确度指标的最短期限称为校准周期。

17 准确度

指测量结果与真值一致的程度。也就是在校准周期内，经预热、预调和校准后被测仪表的误差。按照不同的条件又有标准准确度（基本误差）和额定准确度（工作误差）之分。

18 影响量

除仪表测量的量外，能导致仪表性能特性改变的量。

19 接地输入

指输入电路的一个输入端直接与测量地线相连接，此地线通常是公共端。

20 浮置输入

DVM 的一种输入方式。指输入电路的两端子与机壳、电源和输出电路的任何一端都隔离起来。一般情况下，在正向输入时输入电路的正端就是高端（H 端），负端就是低端（L 端）。

21 保护输入

DVM 的另一种输入方式。装有浮置屏蔽盒的输入电路中，屏蔽与机壳及公共端都是隔离的。除去输入高端和低端两端子外，与屏蔽盒相接的端子称保护端子（G 端）。将 G 接到测量电路的适当点，可以减少共模干扰的影响。

22 输入电阻

对于 DC-DVM 来说，一般是指工作状态下从输入端看进去的输入电路的等效电阻。用输入电压的变化值和相应的输入电流的变化值之比表示。

23 零电流

又称输入偏置电流。是指由仪表内部所引起的在输入电路中流入或流出的电流。其电流值与输入信号电压大小无关。

24 串模干扰抑制比

表征 DVM 对串模（又称常模）干扰电压的抑制能力。用串模电压的峰值与由它引起的读数最大变化值之比以对数表示，即：

$$SMR = 20 \lg \frac{U_{sm}}{\Delta U_{sm}} \text{ (dB)}$$

式中 SMR(或 NMR)——串模干扰抑制比；

U_{sm} ——串模干扰电压峰值；

ΔU_{sm} ——串模干扰电压引起的最大变化电压。

25 共模干扰抑制比

表征 DVM 对共模电压的抑制能力。用共模电压的峰值与由它引起的读数最大变化值之比以对数表示，即：

$$CMR = 20 \lg \frac{U_{cm}}{\Delta U_{cm}} \text{ (dB)}$$

式中 CMR——共模干扰抑制比；

U_{cm} ——共模干扰电压峰值；

ΔU_{cm} ——共模干扰电压引起的最大变化电压。

CMR 又有交流和直流之分。

26 显示能力

DVM 的每一位数码管能够按照它的编码作连续变化的能力。

27 显示位数

DVM 的显示位数是以完整的显示数字（即能够显示 0~9 的 10 个数码的显示能力）的多少来确定。能够显示“9”的数字的位称为“满位”，否则称“半位”或“1/2 位”。显示数字的位置从左至右规定为第一位（首位）、第二位……末位。

28 测量速度

在单位时间内，以规定的准确度完成的最大测量次数。按测量速度，DVM 又可分为低速、中速、高速等。

29 响应时间

从输入电压发生阶跃变化的瞬间到满足准确度的新的稳定显示值之间的时间间隔。

响应时间又分为如下 3 种：

29.1 阶跃响应时间

在某量程上，在无极性变化时，由输入量以规定的幅度阶跃变化引起的响应时间。

29.2 极性响应时间

由输入量以规定的幅度跃变使输出极性变化引起的响应时间。

29.3 量程响应时间

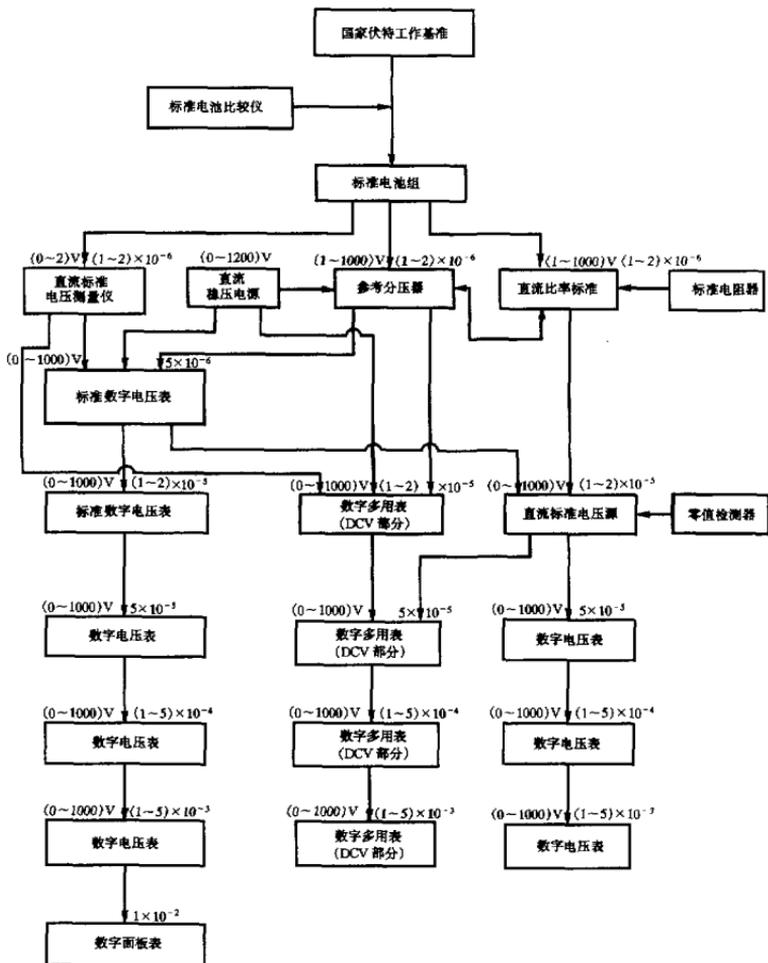
在无极性变化时，由输入量以规定的幅度跃变引起转换到相邻量程的响应时间。

30 信息输出

用于输出电压表的编码信息。如在后面板的信息输出插座上提供 8-4-2-1 或 4-2-2-1 等

BCD (二—十进制) 编码输送给专用打印机或计算机。新型的微处理器式数字电压表还配有 IEEE-488 或 RS-232 R/C 等标准接口。

附录 2 直流数字电压表检定系统



- 1 DC-DVM 逐步取代电位差计和分压箱，与直流仪器的传递系统是并行的。
- 2 按 DC-DVM 的不同等级，检定方法可采用标准源法、标准表法或直流标准仪器法。

附录 3 直流数字电压表检定记录格式

送检单位_____，仪器型号_____，仪器编号_____，准确度等级_____
 生产厂_____，检定日期_____年_____月_____日_____，检定温度_____
 湿度_____，检定员_____，核验员_____，批准_____

(一) 基本误差

量 程	实际值 (标准值)	被检表显示值		被检表显示值		绝对误差	
		+	-	+	-	+	-
量程 I							
量程 II							
量程 III							
量程 IV							

(二) 稳定误差_____

(三) 线性误差_____

附录 4 其他技术指标的测试

(一) 显示能力_____

(二) 分辨力_____

(三) 输入电阻和零电流_____

U_{13}	U_{14}	U_{23}	U_{24}	ΔU	ΔI	R_i	I_0

(四) 抗干扰抑制能力

(1) $SMR = 20 \lg \frac{U_{sm}}{\Delta U_{sm}}$					
f (Hz)	50	50 + 1	50 - 1	50 + 2	50 - 2
U_{sm}					
ΔU_{sm}					
SMR (dB)					
(2) 交流 $CMR_{AC} = 20 \lg \frac{U_{cm}}{\Delta U_{cm}}$					
f (Hz)	50	50 + 1	50 - 1	50 + 2	50 - 2
ΔU_{cm}					
U_{cm}					
CMR (dB)					
(3) 直流 $CMR_{DC} = 20 \lg \frac{U_{DC}}{\Delta U_{cm}} =$					

(五) 其他性能测试

绝缘电阻: _____, 采样速率: _____

信息输出: _____, 温度系数: _____
