



国防军工计量检定规程

JJG (军工) 198—2019

直流数字电压表

DC Digital Voltmeters

2019-12-20 发布

2020-04-01 实施

国家国防科技工业局 发布

直流数字电压表

检定规程

Verification Regulation for DC Digital
Voltmeters

JJG (军工) 198—2019

起草单位：国防科技工业电学一级计量站

本规程主要起草人:

- 李晶晶 (国防科技工业电学一级计量站)
王 薇 (国防科技工业电学一级计量站)
孙 智 (国防科技工业电学一级计量站)
宋 琦 (国防科技工业电学一级计量站)

参加起草人:

- 金海彬 (国防科技工业电学一级计量站)
国北辰 (国防科技工业电学一级计量站)
王乾娟 (国防科技工业电学一级计量站)
罗春妹 (国防科技工业电学一级计量站)

目 录

1 范围.....	1
2 概述.....	1
3 计量性能要求.....	1
3.1 电压示值误差.....	1
3.2 电压稳定性.....	1
3.3 输入电阻和零电流.....	1
3.4 串模干扰抑制比.....	1
3.5 共模干扰抑制比.....	2
4 通用技术要求.....	2
4.1 外观及附件.....	2
4.2 工作正常性.....	2
5 计量器具控制.....	2
5.1 检定条件.....	2
5.2 检定项目.....	4
5.3 检定方法.....	4
5.4 检定结果的处理.....	10
5.5 检定周期.....	10
附录 A 原始记录内页格式.....	11
附录 B 检定证书内页格式.....	12

国防军工

直流数字电压表检定规程

1 范围

本规程适用于测量范围为 $\pm(10\text{ mV}\sim 1\text{ kV})$ 的直流数字电压表以及数字多用表中直流电压功能的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 概述

直流数字电压表主要由基准电压、衰减器、前置放大器、A/D转换器、计数译码显示器等组成。直流数字电压表的原理是将被测直流电压通过高输入阻抗的放大器或衰减器放大或衰减后经数模转换器(A/D转换器)转换为数字量,再经过量程比例运算和内部修正得到准确的被测电压量。直流数字电压表主要用于直流电压的测量。

3 计量性能要求

3.1 电压示值误差

- a) 测量范围: $\pm(10\text{ mV}\sim 1\text{ kV})$;
- b) 最大允许误差: $\pm(4.0\times 10^{-6}\sim 5.0\times 10^{-2})$;

直流数字电压表的最大允许误差一般可以用公式(1)表示,相对最大允许误差一般可以用公式(2)表示:

$$\Delta_{\text{MPE}} = \pm(a\%U_t + b\%U_m) \quad (1)$$

$$\gamma_{\text{MPE}} = \pm(a\% + b\% \frac{U_m}{U_t}) \quad (2)$$

式中:

Δ_{MPE} ——被检直流数字电压表的最大允许误差, V;

a ——与示值有关的误差系数;

U_t ——被检直流数字电压表的示值, V;

b ——与量程值有关的误差系数;

U_m ——被检直流数字电压表的量程值, V;

γ_{MPE} ——被检直流数字电压表的相对最大允许误差。

3.2 电压稳定性

24h稳定性: $9.0\times 10^{-7}\sim 1.0\times 10^{-4}$ 。

3.3 输入电阻和零电流

- a) 基本量程输入电阻: $\geq 10\text{ G}\Omega$ 或 $\geq 10\text{ M}\Omega$ (手持式);
- b) 零电流: $\leq 50\text{ pA}$ 。

3.4 串模干扰抑制比

a) 串模干扰抑制比: ≥ 60 dB;

b) 频率: 50 Hz。

3.5 共模干扰抑制比

a) 共模干扰抑制比: ≥ 120 dB;

b) 频率: DC、50 Hz。

4 通用技术要求

4.1 外观及附件

被检直流数字电压表外观应完好, 无影响正常工作的机械损伤, 各附件应齐全。

面板或铭牌上应有名称、型号、国别厂家、出厂编号等, 各按键、开关应有保证正确使用的标志。

4.2 工作正常性

通电后被检直流数字电压表应能正常工作, 各种指示、显示及通讯接口应正常, 测量范围应符合要求。

5 计量器具控制

5.1 检定条件

5.1.1 检定用设备

检定用设备应经过计量技术机构检定或校准, 满足检定使用要求, 并在有效期内。检定装置的测量范围应覆盖被检直流数字电压表的测量范围; 检定装置的扩展不确定度应不大于被检直流数字电压表最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

检定所用主要设备包括:

a) 直流标准电压源

1) 测量范围: $\pm (10 \text{ mV} \sim 1 \text{ kV})$;

2) 最大允许误差: $\pm (4.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-3})$ 。

b) 固态电压标准

1) 电压范围: 1 V、1.018 V、10 V;

2) 年稳定性: $1.0 \times 10^{-6} \sim 2.0 \times 10^{-6}$;

3) 24h稳定性: $5.0 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-6}$ 。

c) 直流标准分压箱

1) 电压范围: $\pm (10 \text{ mV} \sim 1 \text{ kV})$;

2) 分压比例: 2 : 1 ~ 100 : 1;

3) 比例误差: $\pm (2.0 \times 10^{-7} \sim 5.0 \times 10^{-4})$ 。

d) 直流数字电压表

1) 测量范围: $\pm (10 \text{ mV} \sim 1 \text{ kV})$;

- 2) 最大允许误差: $\pm(4.0 \times 10^{-6} \sim 5.0 \times 10^{-2})$ 。
 - e) 直流电阻器
 - 1) 阻值范围: $100 \text{ k}\Omega \sim 10 \text{ M}\Omega$;
 - 2) 最大允许误差: $\pm 5\%$ 。
 - f) 隔离变压器
 - 变比: 1:1。
 - g) 直流电压源
 - 1) 测量范围: $\pm(10 \text{ mV} \sim 1 \text{ kV})$;
 - 2) 最大允许误差: $\pm(1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-3})$ 。
 - h) 交流电压源
 - 1) 测量范围: $10 \text{ mV} \sim 1 \text{ kV}$ ($10 \text{ Hz} \sim 1 \text{ MHz}$);
 - 2) 最大允许误差: $\pm(3.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-3})$ 。
 - i) 交流数字电压表 (峰值电压表)
 - 1) 测量范围: $10 \text{ mV} \sim 1 \text{ kV}$ ($10 \text{ Hz} \sim 1 \text{ MHz}$);
 - 2) 最大允许误差: $\pm(2.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-3})$ 。
 - j) 滤波电容器 (云母电容器)
 - 1) 标称值: $1 \mu\text{F}$;
 - 2) 最大允许误差: $\pm 5\%$;
 - 3) 耐压值: $\geq 1 \text{ V}$ 。
 - k) 干扰电压源
 - 1) 电压输出范围: $0 \text{ V} \sim 100 \text{ V}$;
 - 2) 频率范围: DC、 50 Hz ;
 - 3) 最大允许误差: $\pm 1.0 \times 10^{-2}$ 。
 - l) 直流电阻器
 - 1) 标称值: $1 \text{ k}\Omega$;
 - 2) 最大允许误差: $\pm 5\%$ 。
- 5.1.2 环境条件
- a) 环境温度:
 - 六位半及以上直流数字电压表 $(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$;
 - 六位半以下直流数字电压表 $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$;
 - b) 相对湿度: $30\% \sim 75\%$;
 - c) 供电电源: $(220 \pm 22) \text{ V}$, $(50 \pm 1) \text{ Hz}$;
 - d) 其他: 周围无影响检定系统正常工作的机械振动和电磁干扰。

5.2 检定项目

直流数字电压表的检定项目见表 1。

表 1 检定项目

序号	检定项目名称	首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观及附件	+	+	+
2	工作正常性	+	+	+
3	电压示值误差	+	+	+
4	电压稳定性	+	-*	-
5	输入电阻和零电流	+	-	-
6	串模干扰抑制比	+	-	-
7	共模干扰抑制比	+	-	-

注：1. “+”为应检项目，“-”为可不检项目；
 2. “*”仪器调整后“电压稳定性”为应检项目；
 3. 第 4 项~第 7 项，若仪器说明书中未给出技术指标可不检。

5.3 检定方法

5.3.1 外观和附件

通电前目视检查，应符合 4.1 的规定。

5.3.2 工作正常性

通电后目视检查，应符合 4.2 的规定。

5.3.3 检定前准备工作

六位半及以上被检直流数字电压表应在检定条件下放置 24h 以上，其余被检直流数字电压表放置不少于 5h。严格按使用说明书要求对被检直流数字电压表和检定用设备进行预热和预调。检定直流电压示值误差时应采用低热电势测试线，检定系统应有良好的屏蔽和接地。

5.3.4 电压示值误差

5.3.4.1 检定点的选取

a) 基本量程均匀选取 10 个检定点，包括量程值的 10%和 100%点（或接近量程值），应有 10 的整数次幂点；

b) 非基本量程选取 3~5 个检定点，包括量程值的 10%和 100%点（或接近量程值），应有 10 的整数次幂点；

c) 对于有正、负极性的直流数字电压表，负向应选取量程值的 10%和 100%点（或接近量程值）；

d) 对于四位半及以下的直流数字电压表，可只选各量程量程值的 100%点（或接近量程值），应包含正负极性。

5.3.4.2 对具有清零或调零功能的直流数字电压表, 应进行短路清零或调零。

5.3.4.3 标准源法

a) 按图 1 所示连接仪器。

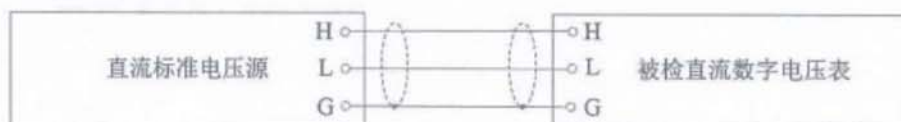


图 1 标准源法连接示意图

b) 依据被检直流数字电压表的量程选择直流标准电压源的量程。

c) 依据检定点设置直流标准电压源输出电压标准值为 U_{n1} , 待稳定后, 读取被检直流数字电压表显示值 U_t 。

d) 按公式 (3) 和公式 (4) 计算被检直流数字电压表的示值误差, 示值误差应不超出仪器说明书规定的最大允许误差;

$$\Delta U = U_t - U_{n1} \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{U_t - U_{n1}}{U_{n1}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

ΔU ——被检直流数字电压表的示值绝对误差, V;

U_{n1} ——直流标准电压源输出电压标准值, V;

γ ——被检直流数字电压表的示值相对误差。

e) 其他检定点重复以上步骤。

5.3.4.4 标准表法

a) 按图 2 所示连接仪器, 直流标准电压源短期稳定性及标准直流数字电压表的分辨力应小于被检直流数字电压表最大允许误差的 1/10。

b) 依据检定点设置直流标准电压源输出值并输出, 待稳定后, 读取被检直流数字电压表显示值 U_1 以及标准直流数字电压表显示值 U_{t2} 。

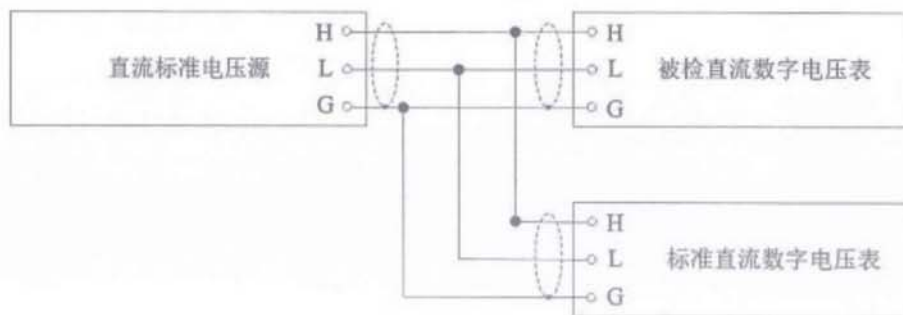


图 2 标准表法连接示意图

c) 按公式 (5) 和公式 (6) 计算被检直流数字电压表的示值误差, 示值误差应不超过仪器说明书规定的最大允许误差;

$$\Delta U = U_1 - U_{r2} \quad (5)$$

$$\gamma = \frac{U_1 - U_{r2}}{U_{r2}} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

U_{r2} ——标准直流数字电压表显示值, V。

d) 其他检定点重复以上步骤。

5.3.4.5 直流标准分压箱法

a) 按图 3 (a) 所示连接仪器, 固态电压标准输出电压标准值为 U_{ref} , 标准直流数字电压表显示值为 U_{r3} , 按公式 (7) 计算标准直流数字电压表的修正值:

$$\delta = U_{ref} - U_{r3} \quad (7)$$

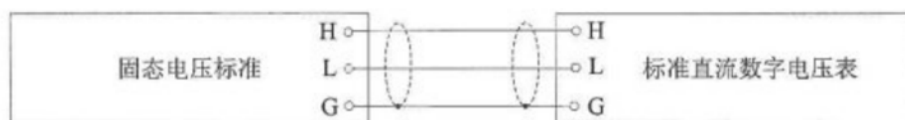
式中:

δ ——标准直流数字电压表的修正值, V;

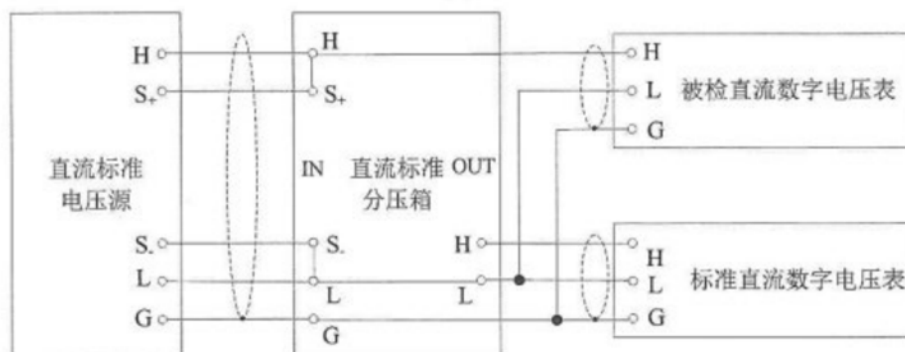
U_{ref} ——固态电压标准电压标准值, V;

U_{r3} ——标准直流数字电压表显示值, V。

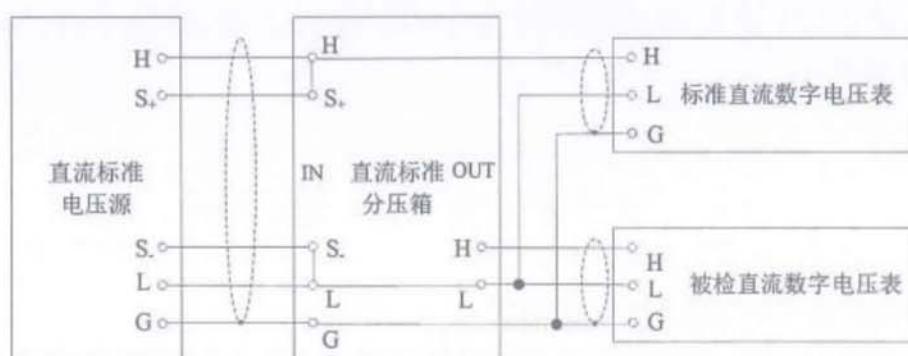
b) 依据检定点选取或设置直流标准分压箱的分压比例 K , 1V 及以上检定点按图 3 (b) 所示连接仪器, 1V 以下检定点按图 3 (c) 所示连接仪器, 直流标准电压源短期稳定性及标准直流数字电压表的分辨力应小于被检直流数字电压表最大允许误差的 1/10, 标准直流数字电压表输入电阻应大于 $10G\Omega$ 。



(a)



(b)



(c)

图3 直流标准分压箱法连接示意图

c) 依据检定点设置直流标准电压源输出值并输出，待稳定后，读取被检直流数字电压表显示值 U_t 以及标准直流数字电压表的显示值 U_{rd} 。

d) 1V及以上检定点按公式(8)和公式(9)计算被检直流数字电压表的示值误差，示值误差应不超出仪器说明书规定的最大允许误差：

$$\Delta U = U_t - K \times (U_{rd} + \delta) \quad (8)$$

$$\gamma = \frac{U_t - K \times (U_{rd} + \delta)}{K \times (U_{rd} + \delta)} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

K ——直流标准分压箱分压比例标准值；

U_{rd} ——标准直流数字电压表显示值，V。

e) 1V以下检定点按公式(10)和公式(11)计算被检直流数字电压表的示值误差，示值误差应不超出仪器说明书规定的最大允许误差。

$$\Delta U = U_t - (U_{rd} + \delta) / K \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{U_t - (U_{rd} + \delta) / K}{(U_{rd} + \delta) / K} \times 100\% \quad (11)$$

e) 其他检定点重复以上步骤。

5.3.5 电压稳定性

5.3.5.1 选择检定点

选择每个量程量程值的100%点（或接近量程值）作为检定点。

5.3.5.2 检定方法

a) 按5.3.4得到 U_t 。

b) 间隔24h后再用同样方法对被检直流数字电压表同一检定点进行一次检定，得到24h后被检直流数字电压表的示值 U_t' 。

c) 按公式 (12) 计算被检直流数字电压表的稳定性, 稳定性应不大于仪器说明书规定的24h稳定性指标:

$$\gamma_{st} = \left| \frac{U_t' - U_t}{U_t} \right| \times 100\% \quad (12)$$

式中:

γ_{st} ——被检直流数字电压表的稳定性;

U_t' ——间隔 24h 后, 对被检直流数字电压表同一检定点进行检定所得示值, V。

d) 其他检定点重复以上步骤。

5.3.6 输入电阻和零电流

5.3.6.1 选择检定点

选择基本量程满量程值的80%点作为检定点。

5.3.6.2 检定方法

a) 按图 4 所示连接仪器, 串联直流电阻器的阻值为 $100\text{ k}\Omega \sim 10\text{ M}\Omega$, 设置直流标准电压源输出值为被检直流数字电压表满量程值的 80%。

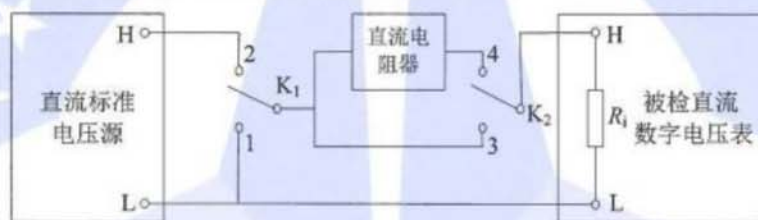


图 4 输入电阻和零电流连接示意图

b) 将开关 K_1 和 K_2 处于下列位置时, 分别读取被检直流数字电压表的显示值:

K_1 置于 1, K_2 置于 3 时, 被检直流数字电压表显示值为 U_{13}

K_1 置于 1, K_2 置于 4 时, 被检直流数字电压表显示值为 U_{14}

K_1 置于 2, K_2 置于 3 时, 被检直流数字电压表显示值为 U_{23}

K_1 置于 2, K_2 置于 4 时, 被检直流数字电压表显示值为 U_{24}

c) 按公式 (13) 和公式 (14) 分别计算被检直流数字电压表的输入电阻和零电流, 输入电阻和零电流应满足仪器说明书规定的技术指标。

$$R_i = \frac{U_{24} - U_{14}}{(U_{23} - U_{24}) - (U_{13} - U_{14})} \times R \quad (13)$$

$$I_i = \frac{U_{14} - U_{13}}{R} \quad (14)$$

式中:

R_i ——被检直流数字电压表的输入电阻, Ω ;

R ——串联直流电阻器的阻值, Ω ;

I_0 ——被检直流数字电压表的零电流, A。

5.3.7 串模干扰抑制比

5.3.7.1 选择检定点

最小量程满量程值的1/2~1/3范围内任选一点作为检定点。

5.3.7.2 检定方法

a) 按图5所示连接仪器, 交流电压源频率设置为50Hz, 滤波电容器一般选用1 μ F云母电容, 设置直流电压源(一般选用干电池或浮地的直流电压源)输出值为被检直流数字电压表的检定点。

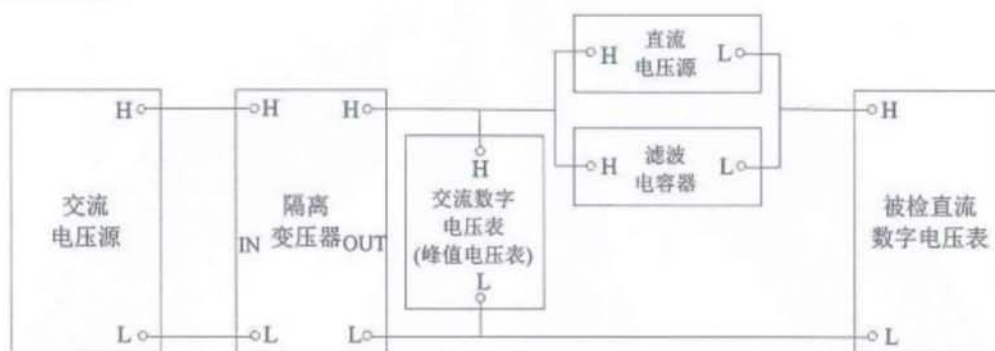


图5 串模干扰抑制比连接示意图

b) 调节交流电压源 U_s ,使其从零开始逐渐增大,当被检直流数字电压表的显示值有一个明显的变化 ΔU_{sm} 时,记录此时交流数字电压表(峰值电压表)测得的交流电压峰值 U_{sm} 。

c) 按公式(15)计算被检直流数字电压表的串模干扰抑制比,串模干扰抑制比应不小于仪器说明书规定的技术指标:

$$SMRR = 20 \lg \frac{U_{sm}}{\Delta U_{sm}} \quad (15)$$

式中:

SMRR——被检直流数字电压表的串模干扰抑制比, dB;

U_{sm} ——交流数字电压表(峰值电压表)测得的交流电压峰值, V;

ΔU_{sm} ——被检直流数字电压表的变化值, V。

5.3.8 共模干扰抑制比

5.3.8.1 选择检定点

最小量程满量程值的1/2~1/3范围内任选一点作为检定点。

5.3.8.2 检定方法

a) 按图 6 所示连接仪器, 应断开被检直流数字电压表接地端子 (Earth) 与屏蔽端子 (Guard) 之间的短接片, 共模干扰电压源包括直流和交流 50Hz 两种, 直流电阻器为不平衡电阻 (标称电阻值为 $1k\Omega$), 设置直流电压源 (一般选用干电池或浮地的直流电压源) 输出值为被检直流数字电压表的检定点。

b) 调节共模干扰电压源, 使其从零开始逐渐增大, 输出电压应不超过说明书规定的接地端子 (Earth) 和屏蔽端子 (Guard) 之间的电压限值, 当被检直流数字电压表的显示值有一个明显的变化 ΔU_{cm} 时, 记录此时共模干扰电压源输出电压峰值 U_{cm} 。

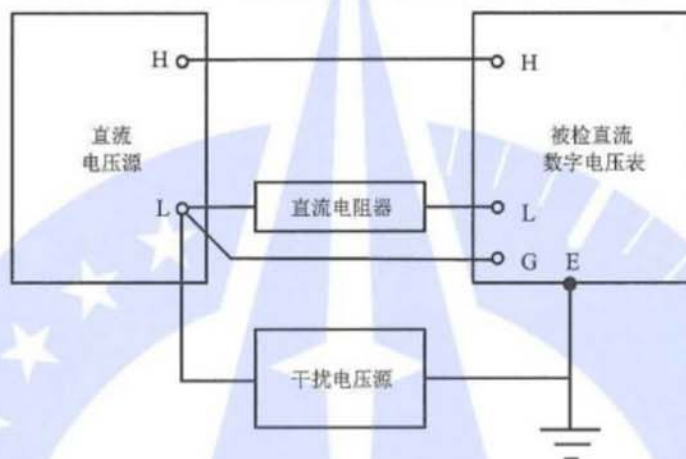


图 6 共模干扰抑制比连接示意图

c) 按公式 (16) 计算被检直流数字电压表的共模干扰抑制比, 共模干扰抑制比应不小于仪器说明书规定的技术指标;

$$CMRR = 20 \lg \frac{U_{cm}}{\Delta U_{cm}} \quad (16)$$

式中:

CMRR——被检直流数字电压表的共模干扰抑制比, dB;

U_{cm} ——直流干扰电压源输出直流电压值或交流干扰电压源输出交流电压峰值, V;

ΔU_{cm} ——被检直流数字电压表的变化值, V。

5.4 检定结果的处理

检定合格的被检直流数字电压表出具检定证书; 检定不合格的被检直流数字电压表出具检定结果通知书, 并注明不合格项。

5.5 检定周期

被检直流数字电压表检定周期一般不超过 12 个月。

附录 A

原始记录内页格式

A.1 外观及附件检查: 结论。

A.2 工作正常性检查: 结论。

A.3 电压示值误差:

量程(V)	标准值(V)	示值(V)	示值误差(V)	最大允许误差(V)	结论

A.4 电压稳定性:

量程(V)	标准值(V)	示值 U_1 (V)	24h 后示值 U_1' (V)	稳定性	最大允许值	结论

A.5 输入电阻和零电流:

量程(V)	检定点(V)	电压值(V)	输入电阻 R_i (Ω)	最小允许值 (Ω)	结论	零电流 I_0 (A)	最大允许值 (A)	结论
		$U_{13} =$						
		$U_{14} =$						
		$U_{23} =$						
		$U_{24} =$						

A.6 串模干扰抑制比:

量程(V)	标准值(V)	干扰电压频率 (Hz)	干扰电压值 (V)	示值 (V)	串模干扰抑制比 (dB)	最小允许值 (dB)	结论
		50					

A.7 共模干扰抑制比:

量程(V)	标准值(V)	干扰电压频率 (Hz)	干扰电压值 (V)	示值 (V)	共模干扰抑制比 (dB)	最小允许值 (dB)	结论
		DC					
		50					

附录 B

检定证书内页格式

B.1 外观及附件检查：结论。

B.2 工作正常性检查：结论。

B.3 电压示值误差：

量程(V)	标准值(V)	示值(V)	示值误差(V)	最大允许误差(V)	结论

B.4 电压稳定性：结论。

B.5 输入电阻和零电流：结论。

B.6 串模干扰抑制比：结论。

B.7 共模干扰抑制比：结论。

国防军工计量检定规程

直流数字电压表

JJG (军工) 198—2019

国家国防科技工业局发布