

天津市地方计量技术规范

JJF(津)3035-2024

交直流数字高压表校准规范

Calibration Specification of AC & DC Digital High Voltage Meters

2024-05-16 发布

2024-07-01 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

交直流数字高压表校准规范

Calibration Specification of AC & DC
Digital High Voltage Meters

JJF(津) 3035-2024

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

河北省计量监督检测研究院

北京市计量检测科学研究院

天津市南开医院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

董 娜（天津市计量监督检测科学研究院）

谢卫彬（河北省计量监督检测研究院）

张 磊（北京市计量检测科学研究院）

王成罡（天津市南开医院）

郭苓伊（天津市南开医院）

参加起草人：

付江楠（天津市计量监督检测科学研究院）

熊潞嘉（天津市计量监督检测科学研究院）

张一萌（天津市计量监督检测科学研究院）

张 涛（天津市计量监督检测科学研究院）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 示值误差	(2)
4.2 最大允许误差	(2)
4.3 变差	(2)
4.4 短时稳定性	(2)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件及设施	(3)
5.2 测量标准器及配套设备	(3)
5.3 其他	(4)
6 校准项目和校准方法	(4)
6.1 校准项目	(4)
6.2 校准方法	(4)
7 校准结果表达	(6)
8 复校时间间隔	(7)
附录 A 电压示值校准不确定度评定示例	(8)
附录 B 校准原始记录格式	(11)
附录 C 校准证书内页格式	(13)

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范作为京津冀共建规范，为首次发布。

交直流数字高压表校准规范

1 范围

本规范适用于测量（1~500）kV，频率为 45 Hz~55 Hz 的交流高电压和直流高电压，最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ ~ $\pm 2.0\%$ 的数字高压表（以下简称数字高压表）的校准，也适用于具有上述单一测量功能的数字高压表的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 496 工频高压分压器

JJG 1007 直流高压分压器

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

3 概述

数字高压表是用于测量工频交流高电压和直流高电压的测量仪器，它由高压分压器、传输电缆和低压数字表构成，其工作原理如图 1 所示。

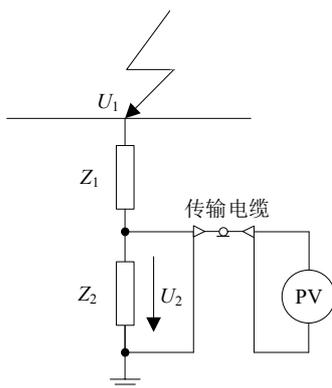


图 1 数字高压表工作原理

图中：

Z_1 ——高压分压器高压臂阻抗；

Z_2 ——高压分压器低压臂阻抗；

PV——低压数字表；

U_2 ——低压侧电压值；

U_1 ——高压侧电压值， $U_1 = \frac{Z_1+Z_2}{Z_2} U_2$ 。

为了减小外界干扰，高压分压器的低压输出端通常使用屏蔽电缆与低压显示单元连接，电缆的屏蔽层与芯线间的电容与高压分压器的低压臂阻抗并联，因此应把传输电缆视为数字高压表的一部分。

4 计量特性

4.1 示值误差

数字高压表的示值误差表达式为公式（1），相对示值误差表达式为公式（2）。

$$\Delta = U_x - U_n \quad (1)$$

式中：

Δ ——示值误差；

U_x ——被校数字高压表的显示值，kV；

U_n ——对应输入量的实际值，kV。

$$\gamma = \frac{\Delta}{U_n} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

γ ——相对示值误差。

4.2 最大允许误差

数字高压表在 10%~100%额定电压下的最大允许误差分为： $\pm 0.2\%$ ， $\pm 0.5\%$ ， $\pm 1.0\%$ 和 $\pm 2.0\%$ 。

对多量程数字高压表，不同的量程允许有不同的最大允许误差；对于交流电压测量功能和直流电压测量功能允许有不同的最大允许误差。

4.3 变差

数字高压表的变差是指电压上升与下降时误差测量结果之差。

数字高压表交流电压测量功能的变差应不大于其最大允许误差的 1/3；

数字高压表直流电压测量功能的变差应不大于其最大允许误差的 1/2。

4.4 短时稳定性

数字高压表交流电压测量功能的稳定性，应在 80%额定工作电压下测量，10 min 内其误差的变化应不大于其最大允许误差的 1/3；

数字高压表直流电压测量功能的稳定性，应在额定工作电压下测量，10 min 内其误差的变化应不大于其最大允许误差的 1/2。

如被校数字高压表技术条件有预热要求时，应先预热后再按要求进行试验。

注：以上指标不适用于合格性判定，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件及设施

5.1.1 环境条件

环境温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；相对湿度：不大于 80%。

5.1.2 电源要求

交流供电电压： $(220 \pm 22)\text{V}$ ；电源频率： $(50 \pm 0.5)\text{Hz}$ 。

5.1.3 应配备保障人员安全的绝缘手套、橡胶垫等，应具备良好的接地设施。

5.2 测量标准器及配套设备

标准设备的测量范围应覆盖被校数字高压表的测量范围，并具有足够高的分辨力、准确度等级和稳定性。测量标准单独或组合使用时的扩展不确定度 ($k=2$) 应不大于被校数字高压表对应参数最大允许误差绝对值的 1/3。根据所采用的校准方法，选择以下可以满足校准要求的测量设备。

测量标准及其他设备见表 1。

表 1 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备名称	性能指标
标准电压源	交流输出电压稳定度及频率稳定度引起的误差应不大于被校数字高压表交流电压测量功能最大允许误差的 1/10，交流高压源的谐波总含量应不大于 3%； 直流输出电压稳定度引起的误差应不大于被校数字高压表直流电压测量功能最大允许误差的 1/10，直流高压源的纹波系数应不大于 0.2%。

表 1 (续)

测量标准及其他设备名称	性能指标
高压测量标准 (直流高压分压器、电容分压器、数字高压表、电压互感器、工频电压比例标准)	额定电压应能覆盖被校数字高压表的电压测量范围，其实际使用范围应经过溯源；准确度等级应不大于被校数字高压表对应测量功能最大允许误差的 1/5。
标准电压表	最大允许误差应不大于被校数字高压表对应参数最大允许误差的 1/10。
耐压试验装置 (耐压测试仪、试验变压器、谐振试验装置、直流高压发生器等)	输出电压应满足被校数字高压表的绝缘强度试验要求。

5.3 其他

5.3.1 因外界电磁场影响而引起的误差，不应超过数字高压表最大允许误差的 1/10。

5.3.2 被校数字高压表四周与其高度相等的范围内应无其他杂物体；高压引线与被校数字高压表本体的夹角应不小于 90°。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

数字高电压表的校准项目见表 2 中的规定。

表 2 校准项目

序号	校准项目	校准方法条款编号
1	外观检查	6.2.2
2	绝缘强度	6.2.3
3	基本误差	6.2.4
4	变 差	6.2.5
5	短时稳定性	6.2.6

6.2 校准方法

6.2.1 校准前准备

被校数字高压表应在 5.1 规定的环境条件下存放不小于 2h。

6.2.2 外观检查

数字高压表的外观应完好，应有专用的接地端钮，且有明显的接地标识。

铭牌上应明确标出：产品名称、型号、制造厂名、出厂日期、出厂编号、准确度等级或最大允许误差、额定电压、额定频率等信息。高压输入端钮、低压输出端钮应有明显标志。

数字高压表不应有影响正常工作的机械损伤，各按键应正常；通电后，显示部分应显示正常，无缺笔画，小数点显示正常。

6.2.3 绝缘强度

数字高压表应能承受 1 min、1.1 倍额定电压的耐压试验且无闪络或击穿现象。具体试验方法应符合 GB/T 16927.1 中 6.3.1 相关要求。

6.2.4 基本误差

基本误差校准采用电压比法。交流电压的基本误差校准在工频下进行。在进行基本误差试验前应进行不少于 2 次的全电压升降试验，然后从下限校准点开始，逐点校准。除上限校准点外，其他校准点的误差均在电压上升和下降时各测量一次，实际值为测量标准上升值与下降值的平均值。校准多量程数字高压表时，应对其全部量程进行校准。

6.2.4.1 校准方法的选取

将被校数字高压表电压测量端并联接入电压测量回路中，接地端可靠连接并接地。调节高压电源，缓慢地增加电压，使被校数字高压表示值顺序的指示到每个校准点，并记录测量标准测得的实际值。

数字高压表电压示值误差的校准可按图 2 中 a)、b)、c) 三种方法之一进行。

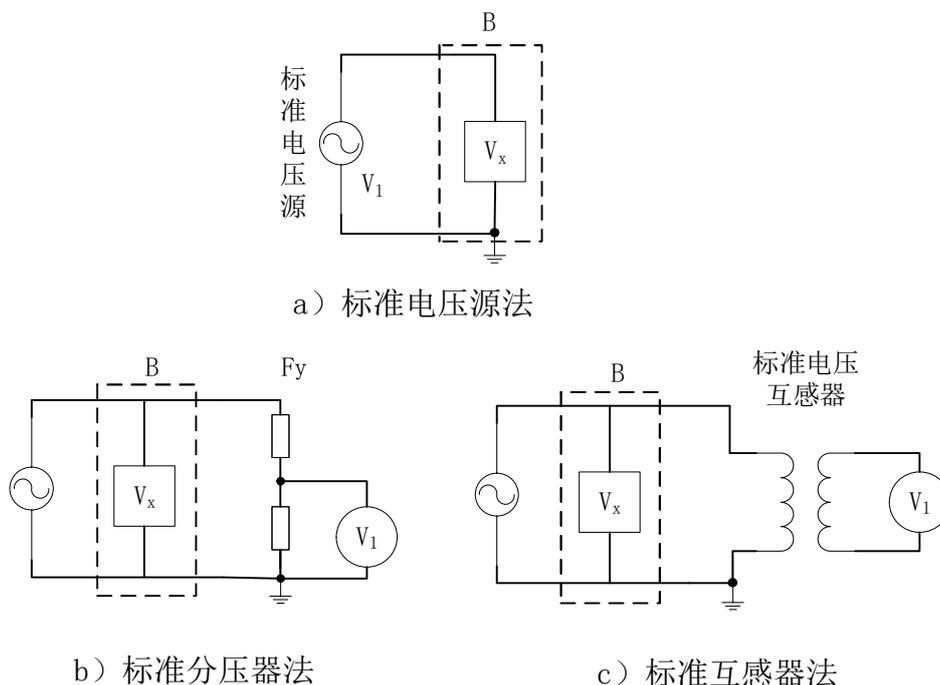


图2 示值高压表电压示值误差校准原理图

B—被校高压表； V_x —被校高电压表示值； F_y —标准分压器； V_1 —标准电压表示值

a) 标准源法

调节标准电压源输出电压至被校数字高压表校准点，此时被校数字高压表示值为 U_x ，标准电压源输出电压为 U_n ，用公式(1)计算示值误差，用公式(2)计算相对示值误差。

b) 标准分压器法

调节高压源输出电压至被校数字高压表校准点，此时通过高压测量标准测得的电压值为 U_n ，用公式(1)计算示值误差，用公式(2)计算相对示值误差。

c) 标准电压互感器法

校准数字高压表的交流电压示值误差时，也可使用标准电压互感器法进行校准。调节高压源输出电压至被校数字高压表校准点，此时通过标准电压互感器测得的电压值为 U_n ，用公式(1)计算示值误差，用公式(2)计算相对示值误差。

6.2.4.2 校准点的选取

数字高压表电压示值误差校准点为被校数字高压表各量程测量上限的10%、20%、50%、80%、100%，也可根据用户的实际工作需要和要求，增加校准点。

6.2.5 变差

数字高压表交流电压测量功能的变差校准采用JJG 496中7.3.6方法进行；直流电

压测量功能的变差校准采用 JJG 1007 中 6.3.5 方法进行。

被校数字高压表的变差应满足本规范 4.3 条款要求。

6.2.6 短时稳定性

数字高压表交流电压测量功能的短时稳定性试验采用 JJG 496 中 7.3.7 方法进行；
直流电压测量功能的短时稳定性试验采用 JJG 1007 中 7.3.7 方法进行。

被校数字高压表的短时稳定性应满足本规范 4.4 条款要求。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书(报告)上反映, 校准证书(报告)应至少包括以下信息:

- a) 标题, 如“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果与实验室的地址不同);
- d) 证书或报告的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 对校准规范的偏离的说明;
- m) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务等效标识;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

电压示值校准不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 环境条件：(20±5)℃；环境湿度：≤75%RH。

A.1.2 测量标准：标准分压器，0.1级。

A.1.3 被校对象：工频高压表（以下简称高压表），MPE：±0.5%。

A.1.4 测量过程：将被校高压表的高压测量端子与标准分压器一次高压端连接并接至高压升压器，调节升压器输出电压至校准点，此时，被校高压表示值 U_x ，标准分压器测得的一次电压值为实际值 U_n ，按公式计算被校高压表示值误差。

A.2 建立测量模型

A.2.1 测量模型

$$\Delta_1 = U_x - U_n$$

式中：

Δ_1 ——被校高压表示值误差，kV；

U_x ——被校高压表示值，kV；

U_n ——标准分压器测得的高压实际值，kV。

A.2.2 灵敏系数：

测量模型

$$\Delta_1 = U_x - U_n$$

灵敏系数

$$C_1 = \frac{\partial \Delta_1}{\partial U_x} = 1 \quad C_2 = \frac{\partial \Delta_1}{\partial U_n} = -1$$

A.2.3 传播律：因各输入量彼此独立不相关，所以：

$$u_c^2 = c_1^2 u_1^2(U_x) + c_2^2 u_2^2(U_n)$$

A.3 输入量的标准不确定度评定

A.3.1 输入量 U_x 的标准不确定度 $u(U_x)$ 的评定

输入量 U_x 的标准不确定度 $u(U_x)$ 的来源主要是由被校高压表测量重复性 $u(U_{x1})$ 以及被校高压表分辨力引起的不确定度分量 $u(U_{x2})$ 。

不确定度分项 $u(U_{x1})$ 采用 A 类方法评定。在 100 kV 电压校准点，在重复性条件下连续独立测量 10 次，测量数据见表 A.1

表 A.1 测量重复性及其引入的标准不确定度分量

测量次数 n	电压测量结果 kV
1	100.12
2	100.15
3	100.19
4	100.11
5	100.11
6	100.16
7	100.19
8	100.15
9	100.17
10	100.11
平均值	100.146

根据贝塞尔公式计算出标准偏差 s 为：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.032 \text{ kV}$$

由于在实际工作中取上升与下降的平均值作为最终结果，故标准不确定度分量为：

$$u(U_{x1}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{2}} = 0.023 \text{ kV}$$

不确定度分量 $u(U_{x2})$ 采用 B 类方法评定，被校高压表的分辨力为 0.01 kV，则相应区间半宽 $a = 0.005 \text{ kV}$ ，其概率分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，不确定度分量为：

$$u(U_{x2}) = \frac{a}{k} = 0.0029 \text{ kV}$$

为了避免重复,由被校高压表引入的不确定度分量 $u(U_x)$ 选择 $u(U_{x1})$ 和 $u(U_{x2})$ 两值较大者。

A.3.2 输入量 U_n 的标准不确定度 $u(U_n)$ 的评定

输入量 U_n 的不确定度来源主要是由标准分压器的准确度等级引入,采用B类方法进行评定。标准分压器为0.1级,在100 kV测量点的最大允许误差为 $MPE=\pm 0.1$ kV,则区间半宽为0.1 kV,其概率分布为均匀分布,包含因子 $k = \sqrt{3}$,不确定度分量为:

$$u(U_n) = \frac{\alpha}{k} = 0.058 \text{ kV}$$

A.4 标准不确定度汇总

表 A.2 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u(X_i)$	不确定度来源	标准不确定度 kV	概率分布	C_i
$u(U_x)$	重复性	0.023	正态	1
$u(U_n)$	标准器	0.058	均匀	-1

A.5 合成标准不确定度的评定

由A.2.3计算为:

$$u_c = \sqrt{u^2(U_x) + u^2(U_n)} = 0.062 \text{ kV}$$

A.6 扩展不确定度的评定

取 $k = 2$,则, $U = ku_c$,该校准点的扩展不确定度为:

$$U = 0.062 \times 2 = 0.124 \text{ kV}, k = 2$$

相对扩展不确定度为:

$$U_{\text{rel}} = \frac{0.124 \text{ kV}}{100 \text{ kV}} \times 100\% = 0.124\% \approx 0.13\%, k = 2$$

附录 B

校准原始记录格式

XXXXX 校准原始记录

证书编号：

送校仪器信息：				
委托单号		送校单位		
名 称		制造单位		
型号/规格		出厂编号		
校准环境条件及地点：				
温 度		℃	地 点	
相对湿度		%	其 它	
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

第 页 共 页

XXXXX 校准原始记录

证书编号:

校准结果记录

一、外观检查:

二、基本误差

交流电压					直流电压				
量程 () kV				测量结果的 不确定 度 U ($k=2$) /kV	量程 () kV				测量结果的 不确定 度 U ($k=2$) /kV
示值 /kV	实际值 /kV				示值 /kV	实际值/kV			
	上升值	下降值	平均值	上升值		下降值	平均值		

三、变差:

交流电压测量功能:

直流电压测量功能:

四、短时稳定性:

交流电压测量功能:

直流电压测量功能:

校准员:

核验员:

校准日期:

年

月

日

附录 C

校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

<校准机构授权说明>				
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059.1 的要求。				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 它		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

第 X 页 共 X 页

校准结果

一、外观检查：

二、基本误差

交流电压			直流电压		
量程 () kV			量程 () kV		
示值 /kV	实际值 /kV	测量结果的 不确定度 U ($k=2$) /kV	示值 /kV	实际值 /kV	测量结果的 不确定度 U ($k=2$) /kV

三、变差：

交流电压测量功能：

直流电压测量功能：

四、短时稳定性：

交流电压测量功能：

直流电压测量功能：

说明：

根据客户要求和校准文件的规定，通常情况下_____个月校准一次。

声明：

1. 仅对加盖“XXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

校准员：

核验员：

