

贵州省地方计量技术规范

JJF (黔) XXXX-2020

交直流数字高压表校准规范

Calibration Specification for The AC&DC Digital High Voltage Meters

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

贵州省市场监督管理局 发布

交直流数字高压表校准规范

Calibration Specification for

The AC&DC Digiton High Voltage Meters

JJF(黔) XXXX—2020

归口单位：贵州省市场监督管理局

主要起草单位：贵州省计量测试院

参加起草单位：南京长创科技有限公司

本规范委托贵州省计量测试院负责解释

本规范主要起草人：

王嵘瑜（贵州省计量测试院）

陈光贵（贵州省计量测试院）

王庆举（贵州省计量测试院）

参加起草人：

杜鸿程（贵州省计量测试院）

谢 鑫（贵州省计量测试院）

杨 丁（贵州省计量测试院）

周 元（南京长创科技有限公司）

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 基本误差和准确度等级.....	(2)
4.2 短时稳定性.....	(3)
4.3 变差.....	(3)
5 校准条件.....	(3)
5.1 环境条件.....	(3)
5.2 测量标准及其他设备.....	(3)
6 校准项目和校准方法.....	(4)
6.1 校准项目.....	(5)
6.2 校准方法.....	(5)
7 校准结果表达.....	(7)
8 复校时间间隔.....	(8)
附录 A 交直流数字高压表校准测量不确定度评定示例.....	(9)
附录 B 校准原始记录格式.....	(13)
附录 C 校准证书内页格式.....	(15)

引 言

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

交直流数字高压表校准规范

1 范围

本规范适用于电压（1~200）kV、频率（45~65Hz）的交直流数字高压表（以下简称数字高压表）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 7345-2018 高电压试验技术 局部放电测量

GB/T 16927.1-2011 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求

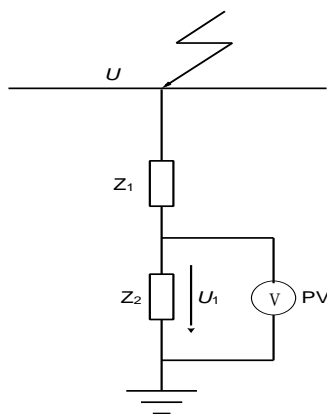
GB/T 16927.2-2013 高电压试验技术 第2部分：测量系统

DL/T 973-2005 数字高压表检定规程

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；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。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。



说明： 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 ——

被校高电压， $U = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} U_1 = nU_1$ ； U_1 ——PV 读数。

图1 数字高压表工作原理图

为了减少外界干扰，高压分压器的低压输出端通常使用屏蔽电缆与低压数字表连接，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 基本误差和准确度等级

4.1.1 基本误差

数字高压表的基本误差公式可用下列形式之一表示：

a) 两项误差之和所表示的绝对误差来表示，如公式(1)所示。

$$\Delta = \pm(a\%U_x + b\%U_m) \quad (1)$$

式中：

Δ ——用绝对误差的形式表示的最大允许误差，kV 或 V；

U_x ——数字高压表电压示值，kV 或 V；

U_m ——数字高压表满量程值，kV 或 V；

a ——与读数有关的误差系数；

b ——与满量程有关的误差系数。

a 、 b 数值参照仪表使用说明书， b 值应不大于 a 值的 1/5。

b) 用与数字高压表读数值之比的相对误差来表示，如公式(2)所示。

$$\gamma = \pm(a\% + b\% \frac{U_m}{U_x}) \quad (2)$$

式中：

γ ——用相对误差的形式表示的最大允许误差，%。

4.1.2 准确度等级

数字高压表的准确度等级根据与数字高压表示值有关的系数 a 的大小来划分，可分为 0.1 级、0.2 级、0.5 级、1 级、1.5 级、2 级六个级别，每个等级的系数 a 和系数 b 应符合表 1 的规定。

表 1 数字高压表准确度等级的要求

准确度等级 ^①	a	b
0.1	0.1	≤ 0.02
0.2	0.2	≤ 0.04
0.5	0.5	≤ 0.1
1	1	≤ 0.2
1.5	1.5	≤ 0.3
2	2	≤ 0.4
① 0.1 级、0.2 级仅适用于数字直流高压表。对于多量程数字高压表，不同量程允许有不同准确度等级。		

4.2 短时稳定性

直流数字高压表在测量范围上限值电压下，或交流数字高压表在 80%测量范围上限值电压下，3min 内误差的变化应不大于最大允许误差绝对值的 1/2。

4.3 变差

数字高压表的校准点上两次测量（上升与下降或下降与上升）的差值绝对值应不超过被校准点允许误差的 1/3。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：20℃±5℃；相对湿度：40%~70%。

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

5.1.3 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；高压引线与数字高压表本地的夹角不小于 90°，高压引线不应起电晕。

5.2 测量标准器及其他设备

5.2.1 测量标准器

校准时使用的标准器具种类、名称、准确度等级见表 2。校准数字高压表的标准器，准确度等级应在工作频率范围内满足表 2 要求。

表 2 标准器要求

被校数字高压表的准确度等级	标准器		
	名称	准确度等级	
0.1	标准电压表	0.02	0.01
	分压器	0.01	0.02
0.2	标准电压表	0.05	0.02
	分压器	0.02	0.05
0.5	标准电压表	0.1	0.05
	互感器或分压器	0.05	0.1
1.0	标准电压表	0.2	0.1
	互感器或分压器	0.1	0.2
1.5	标准电压表	0.2	
	互感器或分压器	0.2	
2.0	标准电压表	0.5	
	互感器或分压器	0.2	

5.2.2 其他设备

辅助设备包括交流高压源、直流高压源和调压控制装置，技术要求应满足以下要求：

- a) 交流或直流高压源的稳定度应满足在半分钟内电压的稳定度不低于 $\pm \frac{1}{10} k\%$ (K 为被校数字高压表准确度等级的数值)，其他技术要求应满足表 3 的规定。

表 3 高压电源其他技术要求

被校数字高压表的准确度等级	交流电压 频率误差	交流电压波 形畸变系数	直流电压纹 波系数
0.1	$(50 \pm 0.5) \text{ Hz}$	$\leq 3\%$	$\leq 0.1\%$
0.2、0.5、1.0			$\leq 0.5\%$
1.5、2.0			$\leq 1.5\%$

- b) 调压控制装置连续可调。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目一览表见表 4。

表 4 校准项目一览表

序号	校准项目
1	基本误差
2	变差
3	短时稳定性

6.2 校准方法

6.2.1 校准前准备

6.2.1.1 预处理

被校数字高压表应在 5.1 规定的环境条件下存放不小于 8h。

6.2.1.2 外观和通电检查

a) 数字高压表外观应完好, 应有专用接地端子, 且有明显接地标识; 铭牌上应明确标出产品名称、制造厂、型号、出厂编号、出厂日期、准确度等级、额定电压、频率范围等。

b) 通电后数字高压表显示屏、各功能开关、按钮和示值灯应能正常工作。

6.2.2 基本误差校准

6.2.2.1 方法的选取

可根据标准器选取标准分压器法或标准互感器法进行基本误差校准。交流电压的基本误差校准应在 50Hz 频率下进行, 根据需求也可在其他频率点进行校准。

6.2.2.2 电压基本误差校准点的选取

电压基本误差的校准点为被校数字高压表额定电压的 10%、20%、50%、80%、100% 的 5 个点。校准时, 各校准点在电压上升和下降各测量一次, 实际值为上升值与下降值的平均值。如果校准多量程数字高压表, 应对全部量程分别进行校准。

6.2.2.3 标准分压器法

a) 按图 2 连接方式连接被校数字高压表与标准器。

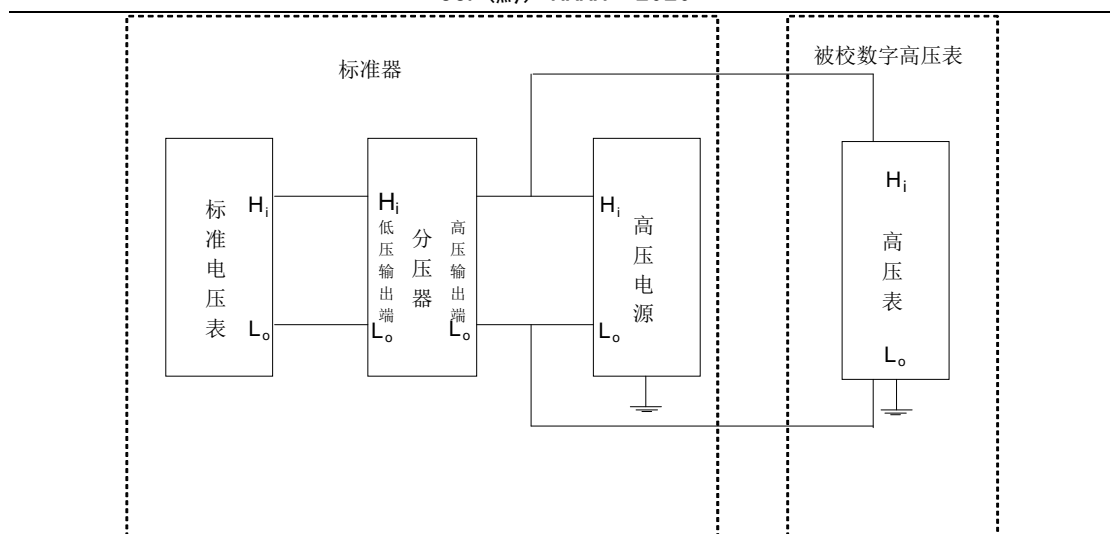


图2 标准分压器法校准数字高压表接线图

b) 调节高压电源输出，使标准电压表达到校准点相应的指示值，当被校数字高压表的电压指示值稳定后，读取被校数字高压表指示值。

6.2.2.4 标准互感器法

a) 按图3连接方式连接被校数字高压表与标准器。

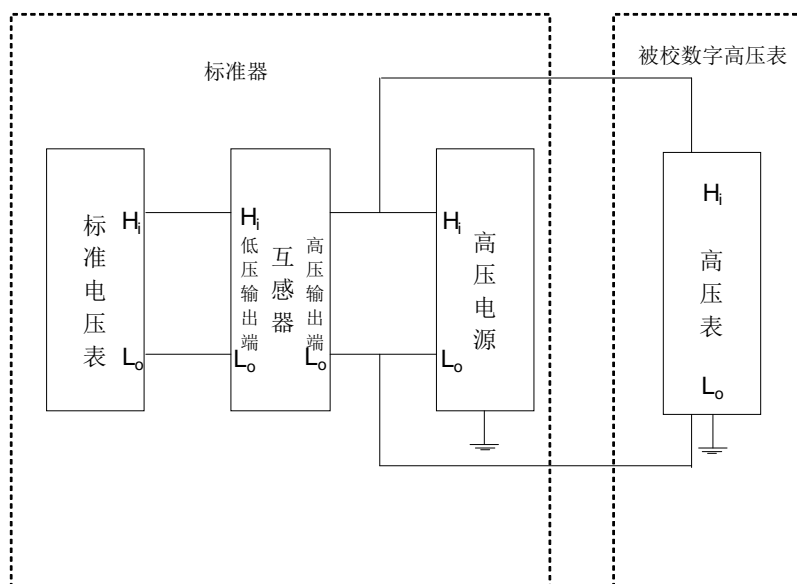


图3 标准互感器法校准数字高压表接线图

b) 调节高压电源输出，使标准电压表达到校准点相应的指示值，当被校数字高压表的电压指示值稳定后，读取被校数字高压表指示值。

6.2.3 变差校准

被校数字高压表在每个校准点两次测量（上升和下降），取差值绝对值为被校数字高压表在该校准点的变差。

6.2.4 短时稳定性试验

对直流数字高压表施加直流电压测量范围上限的标准电压, 或对交流数字高压表施加 80% 交流电压测量范围上限的标准电压, 并保持此电压 4 min, 期间每隔 30 s, 读取被校数字高压表多次测量中电压示值的最大值和最小值, 按公式 (3) 计算电压示值的短时稳定性。

$$S = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

S ——被校数字高压表电压示值的短时稳定性, %;

U_{\max} ——被校数字高压表多次测量中读数的最大值, V;

U_{\min} ——被校数字高压表多次测量中读数的最小值, V;

U ——标准高压电源的输出实际值, V。

7 校准结果表达

7.1 校准记录

校准原始记录格式见附录 B。

7.2 校准证书

校准证书内页格式见附录 C。校准结果应在校准证书上反映, 校准证书应至少包含以下信息:

- a) 标题“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) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次测量所用的测量标准的溯源性和有效性的说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对校准对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定，因此，送校单位也可以根据实际使用情况决定复校时间间隔。建议复校的时间间隔为一年。

附录 A

电压示值误差测量结果的不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 测量依据

JJF (黔) **—2020 交直流数字高压表校准规范

A.1.2 环境条件

温度：20.0℃，相对湿度：55%。

A.1.3 测量标准

A.1.3.1 交流高压源：准确度等级为 0.2 级。

A.1.3.2 标准电压互感器：准确度等级为 0.05 级。

A.1.3.3 交直流标准表：准确度等级为 0.02 级，测量范围为（0.5~200）kV。

A.1.4 被测对象

数字高压表：准确度等级为 1.5 级，测量范围为（0.5~100）kV。

A.2 测量方法

被校数字高压表在干燥的天气下进行，数字高压表表面应擦拭干净，试验场地应保持清洁。被校数字高压表和标准器在温度 20.0℃、相对湿度 55%条件下放置 24 小时。被校数字高压表和标准器的周围物体应有足够的安全距离。试验前，将数字高压表对地直流放电 1 min 以上。被校数字高压表和标准器并联，检查接线无误后启动交流高压发生器及数字高压表。采用直接比较法，比较两者电压示值误差。

A.3 数学模型

依据测量方法，数字高压表电压示值误差可表示为公式（1）：

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

式中：

ΔU ——数字高压表电压示值误差，kV；

U_x ——被校数字高压表电压示值，kV；

U_n ——标准器实际值，kV。

A.4 不确定度来源

数字高压表电压值测量不确定度来源主要有几方面：

——测量重复性引入的不确定度分量 u_A ；

——标准电压互感器准确度等级引入的不确定度分量 u_{B1} ；

——被校数字高压表显示分辨率引入的不确定度分量 u_{B2} ；

——交直流标准表允许误差引入的不确定度分量 u_{B3} ；

——温度、电源等随机因素变化引入的不确定度分量 u_{B4} 。

A.5 各分量的不确定度评定

A.5.1 测量重复性引入的不确定度 u_A

在重复性条件下，用标准电压互感器和交直流标准表对数字高压表进行校准，在 AC100kV 示值处进行 10 次重复性测量，测量结果如表 1。

表 A.1 电压示值测量结果

测量次数	1	2	3	4	5
实际值/kV	100.43	100.38	100.46	100.56	100.34
测量次数	6	7	8	9	10
实际值/kV	100.43	100.46	100.53	100.49	100.41

平均值： $\bar{U}=100.449\text{kV}$ 。

$$\text{单次测量实验标准差: } s(U) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2}{n-1}} = 0.067\text{kV}$$

在实际测量中，在重复性条件下连续测量 2 次，以 2 次测量值的算术平均值为测量结果，则测量重复性引入的不确定度为：

$$u_A = \frac{s(U)}{\sqrt{2}} = (0.067/100.449) \times 100\% = 0.047\%$$

A.5.2 标准电压互感器准确等级引入的不确定度分量 u_{B1}

标准电压互感器准确度等级：0.05 级，区间内服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则不确定度分量为：

$$u_{B1} = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.035\%$$

A.5.3 数字高压表显示分辨率引入的不确定度分量 u_{B2}

该数字高压表在 100kV 时，数字显示为小数点后两位，即读数值最小为 0.01kV，则可能引起的最大偏差为 $0.01\text{kV}/2=0.005\text{kV}$ ，服从均匀分布，则不确定度分量为：

$$u_{B2} = \frac{0.005}{\sqrt{3} \times 100.449} \times 100\% = 0.0029\%$$

A.5.4 交直流标准表允许误差引入的不确定度分量 u_{B3}

由交直流标准表在 75mV~600V 内示值最大允许误差为：0.02%读数+0.002%范围。在重复性条件下独立测量电压取平均值为 49.689V，交直流标准表最大允许误差： $0.02\% \times 49.689\text{V} + 0.002\% \times 75\text{V} = 0.0114\text{V}$ ，区间半宽为 0.0114V，服从均匀分布，则不确定度分量为：

$$u_{B3} = 0.0114 / (\sqrt{3} / 49.689) \times 100\% = 0.013\%$$

A.5.5 交直流标准表允许误差引入的不确定度分量 u_{B4}

因本次试验时间较短，温湿度都在规定的范围内，所以由温度、电源等随机因素变化的影响可以忽略不计。

A.6 标准不确定度汇总

数字高压表电压示值测量不确定度汇总表见表 A.1。

表 A.2 数字高压表电压示值测量不确定度汇总表

不确定度分量	不确定度分类	不确定度来源	测量结果分布	不确定度分量 (%)
u_A	A	测量重复性	正态	0.047

表 A.2 数字高压表电压示值测量不确定度汇总表(续)

u_{B1}	B	标准电压互感器 准确度等级	均匀	0.035
u_{B2}	B	数字高压表显示 分辨率	均匀	0.0029
u_{B3}	B	交直流标准表允 许误差	均匀	0.013
u_{B4}	B	温度、电源等随机 因素变化	——	忽略

参照不确定度分量汇总表,各分量不相关,被校表分辨力引入的不确定度及重复测量引入的不确定度二者取大的原则,合成标准不确定度如下:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B3}^2} = 0.061\%$$

A.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 电压示值误差测量结果扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.061\% = 0.13\% \quad (k=2)$$

附录 B

校准原始记录格式

交直流数字高压表校准记录格式

第 页 共 页

委托单位		原始记录编号	
单位地址		仪器名称	
仪器型号		出厂编号	
制造单位		校准依据	
环境温度	℃	相对湿度	%

校准用计量标准

名 称	型号规格	扩展不确定度 及最大示值误差	出厂编号	证书编号	有效期

一、外观及通电检查：_____。

二、短时稳定性：

直流电压实际值：

交流电压实际值：

量程次数	DC 指示值 (kV)	AC 指示值 (kV)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
直流电压稳定性：		交流电压稳定性：

三、示值误差：

量程（ ）： kV				量程（ ）： kV			
标准器	被校表显示值			标准器	被校表显示值		
标准值	上升值	下降值	平均值	示值	上升值	下降值	平均值

四、变差： _____

校准员：

核验员：

日期：

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)

校准结果

一、外观及通电检查：_____。

二、短时稳定性：

直流电压实际值：

交流电压实际值：

量程次数	DC 指示值 (kV)	AC 指示值 (kV)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
直流电压稳定性：		交流电压稳定性：

三、示值误差：

量程 () : kV				量程 () : kV			
标准器	被校表显示值			标准器	被校表显示值		
示值	上升值	下降值	平均值	示值	上升值	下降值	平均值

四、变差：_____。

测量结果不确定度：

以下空白

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。

