

中华人民共和国工业和信息化部发布

**2020—XX—XX实施**

**2020—XX—XX发布**

**直流高电压测量系统校准规范**

**Calibration Specification for DC High Voltage Test system**

（报批稿）

JJF（机械）1040-2020

**中华人民共和国工业和信息化部**

**机械计量技术规范**

**JJF (机械)1040-2020**

**直流高电压测量系统**

**校准规范**

Calibration Specification for DC

High Voltage Test system

****

**归口单位**：中国机械工业联合会

**起草单位**：西安高压电器研究院有限责任公司

本规范条文由全国机械汽车专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

郭小妍（西安高压电器研究院有限责任公司）

赵 昱（西安高压电器研究院有限责任公司）

任稳柱（西安高压电器研究院有限责任公司）

参加起草人：

葛 震 （甘肃电器科学研究院有限责任公司）

常 旖 （西安高压电器研究院有限责任公司）

张 茜 （西安高压电器研究院有限责任公司）

孔珍珍 （西安高压电器研究院有限责任公司）

**目 录**

[引言 1](#_Toc42786852)

[1 范围 2](#_Toc42786853)

[2 引用文献 2](#_Toc42786854)

[3 术语和计量单位 2](#_Toc42786855)

[5 计量特性 4](#_Toc42786856)

[6 校准条件 5](#_Toc42786857)

[7 校准项目和校准方法 7](#_Toc42786858)

[8 校准结果的表达 10](#_Toc42786859)

[9 复校时间间隔 10](#_Toc42786860)

[附录A： 12](#_Toc42786861)

[附录B： 14](#_Toc42786862)

引言

本规范依据国家计量技术规范JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与标示》编制而成。本规范参照采用了国家标准GB/T16927.2-2013《高电压试验技术第2部分测量系统》有关直流电压测量的计量性能的规定。

本规范为首次发布。

**直流高电压测量系统校准规范**

1 范围

本规范适用于测量直流电压高于1000V，用于测量直流高电压的直流电压测量系统的校准。

2 引用文献

JJF1001-2011《通用计量术语及定义》

JJF1071-2010《国家计量标准规范编写规则》

JJF1059-2012《测量不确定度评定与表示》

GB/T 16927.1-2011高电压试验技术第1部分：一般定义和试验要求

GB/T 16927.2-2013《高电压试验技术 第 2部分：测量系统》

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(包括所有的修改版)适用于本规范。

3 术语和计量单位

下列术语和定义适用于本规范

3.1测量系统 Measuring systems

用于进行高电压测量的整套装置。用于获取或计算测量结果的软件也是测量系统的一部分。

注：测量系统所处的环境，它与带电体和接地物体的净距，周围有无电场或磁场都可能明显影响测量结果及其不确定度。

3.2 测量系统组件 Components of a measuring system

3.2.1分压器 voltage divider

由高压臂和低压臂组成的转换装置。输入电压加到整个装置上，而输出电压则取自低压臂。

注：直流分压器的两个臂的元件通常是电阻组合而成。

3.2.2 传输系统 transmissionsystem

将转换装置的输出信号传递到测量仪器的一套装置。

注1：传输系统一般由带终端阻抗的同轴电缆组成，还可包括转换装置与测量仪器之间所连接的衰减器、放大器或其他装置。

注2：传输系统可全部或部分地归入转换装置和测量仪器中。

3.2.3 测量仪器 measuring instrument

单独或与辅助设备组合，用于进行测量的装置。

3.3刻度因数 scale factor

与测量仪器的读数相乘便得到整个测量系统的输入量值的因数。

注1：对不同标定测量范围、不同的频率范围或不同的波形，一个测量系统可有多个刻度因数。

注2：直接显示输入量值的测量系统，其标称刻度因数为1。

4 概述

直流高电压测量系统是用于测量直流高电压的测量装置，它可将被测直流高电压通过转换装置按一定的比例转换为可以用低压直流电压表或峰值电压表直接测量的直流电压。因此要求直流分压器有稳定而准确的分压比以及良好的动态特性。它由直流分压器、传输系统和测量仪器等组成。

直流分压器由高压臂和低压臂两部分组成。高电压加在高压臂顶端。低压臂一端和高压臂相连，另一端必须接地。输出信号由高、低压臂连接经匹配阻抗引出，经过测量电缆引到显示仪器。直流分压器的高压臂一般是由电阻组成。（还包括有交、直流两用阻容分压器，交流、直流、冲击阻容通用分压器，均可用于测量直流电压，原理等同于纯电阻分压器）其原理图见图1。



图1直流电压测量系统原理图

*U*1--被测直流高电压；

*U*2--直流高压测量系统低压输出端输出电压。

为了减少外界的干扰，直流电压分压器的低压输出端通常使用屏蔽电缆与低压数字表或（峰值电压表）连接，电缆的屏蔽层与芯线间的电容与直流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或（峰值电压表）的一部分。

5 计量特性

5.1基本误差

直流电压测量系统的基本误差表达式为公式（1）。

γ=  （1）

式中：γ——被校直流电压测量系统基本误差；

*U*1—— 标准测量系统测得的电压值；

*U*2—— 被校测量系统测得的电压值；

5.2准确度等级

直流电压测量系统的准确度等级可分为0.5，1.0，2.0，3.0.在10%~100%额定电压下，每一个准确度等级对应的允许误差见表1的规定：

表1准确度等级和允许误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 准确度等级 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| 允许误差 | ±0.5% | ±1.0% | ±2.0% | ±3.0% |

对于有多个分压比的同一直流电压测量系统，不同分压比允许有不同的准确度等级。

5.3短时稳定性

直流电压测量系统在其技术条件规定、保证准确度的环境条件内，在额定工作电压下30min内，其误差的变化应不大于与其准确度等级对应的误差限值的1/2。

注1：短时稳定性试验应包括转换装置的自热效应。

注2：电压施加时间不能长于标定工作时间，但可限制到一个足以达到平衡的时间。如被校直流电压测量系统技术条件有预热要求时，应先预热后再按要求进行该项校准。

5.4长期稳定性

直流电压测量系统误差的年变化量应不大于其允许误差的2/3。

注：长期稳定性通常规定以一年为周期。

5.5线性度试验

适用于被校系统测量范围超过标准测量系统测量范围的情况，在高于标准测量系统最高电压水平至被校系统最高测量电压的比对区间内，被校系统的基本误差的变化应不超过被校系统允许误差的1/3。

5.6绝缘强度

直流电压测试系统整体应能承受1.1倍额定电压1分钟的耐压试验而无闪络或击穿现

象。当试验电压下降到工作电压范围内时，仍能保持原有准确度。

试验应在系统使用的正负极性下各进行三次试验。

6 校准条件

6.1环境条件

6.1.1校准时的环境温度：20℃±10℃；相对湿度：35%-80%。

6.1.2电源：220V±22V，50Hz±0.5Hz。

6.1.3周围环境清洁，无腐蚀介质，无明显振源。

6.2测量标准及其他设备

6.2.1校准的主要设备：

根据采用的校准方法，选择以下标准设备：

1. 数字多用表；
2. 标准直流电压测量系统；
3. 标准分压器；
4. 直流电压表（测量不准确度：在±0.2%以内）；
5. 宽频带数字示波器（频带宽100MHz以上，Y轴准确度优于±1%，用于测量直流电压脉动系数）；

6.2.2校准用直流电压测量系统的扩展不确定度（*k*=2）应不超过被校测量系统最大允许误差的1/3。

6.2.3标准分压器应能允许耐受额定直流电压的最大值。

6.2.4对于不同的被校直流电压测量系统应选择不同的标准直流电压测量系统进行校准。

校准中使用的标准直流电压测量系统的准确度等级应不低于表2的规定。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 准确度等级 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1.0 |
| 允许误差 | ±0.1% | ±0.2% | ±0.5% | ±1.0% |

表2标准直流电压测量系统的要求

6.3由外界电磁场影响而引起的误差，应小于被校直流电压测量系统允许误差的1/10 。

6.4被校直流电压测量系统四周与其高度相等的范围应无其他物体。

6.5 周围无影响正常校准工作的电磁干扰和机械震动。

6.6辅助设备

辅助设备主要是直流高压发生器，其技术条件应满足以下要求：由直流高压发生器稳定性引起的误差应小于被校直流电压测量系统允许误差的1/10。

6.7直流高压发生器的纹波系数应满足表3的规定。

表3直流高压电压的纹波要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 被校直流高电压测量系统准确度等级 | 0.5 | 1.0-3.0 |
| 直流高压电源纹波（%） | 0.5 | 1.0 |

6.8校准中使用的直流高压发生器的电压调节装置应能保证输出电压由接近零值平稳连续地调到被校直流电压测量系统的额定电压。

7 校准项目和校准方法

7.1校准项目

直流高电压测量系统的校准项目按表4中的规定进行。

表4校准项目

|  |  |
| --- | --- |
| 校准项目 | 需要校准项目 |
| 外观及标志检查 | + |
| 基本误差 | + |
| 线性度 | + |
| 短时稳定性 | - |
| 绝缘强度 | - |
| 注：“+”为需校准项目，“-”为首次校准需增加的项目 | |

7.2 校准方法

7.2.1外观及标志检查

目测方法检测，直流电压测量系统外观应完好，各端子标志清晰明确，外露件不应有松动和机械损伤。应有专用的接地端钮，且有明显的接地标识。直流电压测量系统铭牌上应明确标明：产品名称、型号、制造厂名、出厂日期、出厂编号、准确度等级、额定电压等信息。测量系统各个功能及显示应正常，各个开关和按键应能正常工作。

7.2.2基本误差的校准方法

基本误差的校准采用如图2所示的直接比较法进行校准。即同时用标准测量系统和被校准测量系统测量同一直流高电压，两个测量系统同时读数，标准测量系统测出实际高压值*U*1，被校准测量系统测出高压值*U*2，利用公式（1）计算出被校测量系统的基本误差。

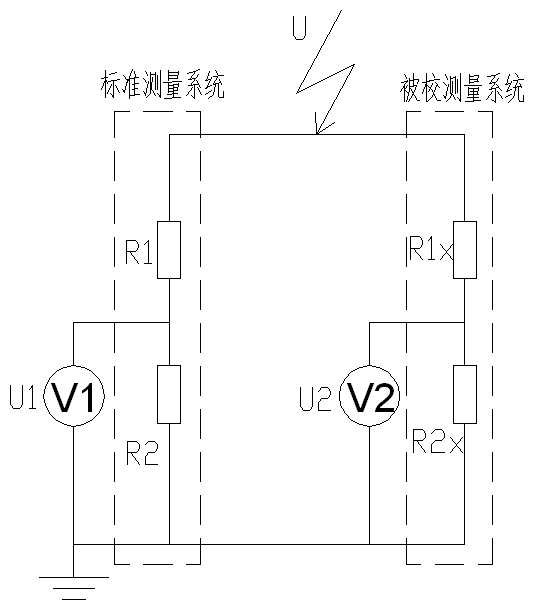
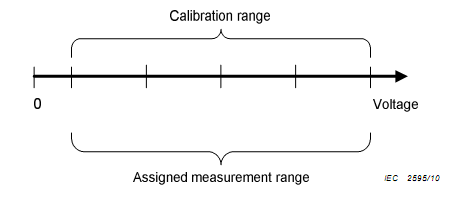


图2校准接线示意图

当被校准直流高压测量系统的测量范围在标准直流电压测量系统的测量范围内时，需在标定测量范围的最小和最大值之间直接与标准测量系统进行比对，同时还应在至少3个近乎相等间隔的中间值下进行比对（见图3），通常校准选点为被校测量系统的10%，20%，50%，80%，100%额定电压点。此时不需再进行线性度试验。



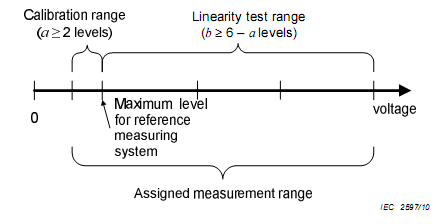
标准校准范围

标定测量范围

电压

图3

在标定测量范围超过标准测量系统测量范围情况下，应根据图2线路比对至标准测量系统的最高电压水平，且应保证比对电压不低于标定测量范围的20%（见图4），且至少选择2个校准点进行校准，并附加进行线性度试验。



校准范围

（a ≥ 2电压水平）

线性度试验范围

（b ≥ 5-a 电压水平）

标准测量系统

最高电压

标定测量范围

电压

图4

7.2.3 线性度校准

在标定测量范围超过标准测量系统测量范围情况下，被校准的直流高压测量系统应进行线性度试验，线性度试验的选点如图4所示，在标准测量系统的最高电压水平内至少选择2个，然后，在与标准测量系统比对的最高电压至被较准准测量系统的最高测量电压之间至少选择3个测量点，线性度测量见图4。

高于标准器额定电压时线性度测量采用以下方法：

方法一 倍压法

用标准直流电压表读取倍压直流高压发生器的第一级倍压上的直流电压，如果倍压直流高压发生器的级数为n，被校准的直流电压测量系统读数应为标准读数的n倍，从而可以得出被校准的直流电压测量系统的测量线性度。

方法二 组件法

如果直流电压测量系统的转换装置是由多级分压器组成，可以用具有不大于1%的扩展不确定度的标准直流电压测量系统来校核被校准系统的分压器的每一节高压臂和低压臂组成的新系统的基本误差，从而推算整个测量系统的线性度。

方法三 与认可测量系统的比对

当认可的标准测量系统线性度已知时，依据 7.2.3所述步骤，用认可标准测量系统的输出可校核其它测量系统的线性度。

注：认可测量系统为满足使用要求或技术指标的测量系统。

7.3 短时稳定性

对直流电压测量系统施加额定电压，在规定的使用试验时间或30min，在刚刚达到最大电压时，立即测量电压并计算误差.当电压达到规定的时间时,并在电压降低前立即重复测量电压并计算误差, 其两次测量的误差变化应不大于与其准确度等级对应的允许误差的1/2。

7.4长期稳定性试验

比较直流高压测量系统误差的年变化量,应不大于其允许误差的2/3。

7.5绝缘强度试验

对直流高压测试系统整体施加1.1倍额定电压1分钟的耐压试验,无闪络或击穿现象。当试验电压下压范围内时降到工作电，仍能保持原有准确度。耐受试验的试验程序见GB/T 16927.1。

8 校准结果的表达

经校准后应出具校准证书，校准证书由封面和校准数据内页组成，封面由校准机构确定统一格式，校准数据按附录A、附录B要求，并可根据直流电压测量系统的情况进行填写。校准证书应至少包括以下信息：

a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；

b) 实验室名称和地址；

c) 如果不在实验室内进行校准时，需说明进行校准的地点；

d) 证书和报告的唯一标识（如编号），每页及总页数的标识；

e) 送检单位的名称和地址；

f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 进行校准的日期，应说明被校对象的接收日期；

h) 如果与校准结果的有效性以及应用有关时，应对抽样程序进行说明；

i) 本校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

j) 本次校准所用的测量标准的溯源有效性说明；

k) 校准环境描述；

l) 校准结果及其测量不确定度的说明；

m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；

n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

o） 未经实验室书面授权，不得部分复印证书或报告的声明。

9 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。

直流电压测量系统在修理或调整后，应经校准才能使用。

附录A：

**校准原始记录格式**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 委托单位： | | |
| 委托单位地址： | | |
| 仪器名称： | 型号规格： | 出厂编号： |
| 制造单位： | 不确定度/准确度等级/允许误差： | |
| 校准地点： | 环境温度： | 相对湿度： |
| 校准日期： | 校准员： | 核验员： |

校准用主要计量标准器具：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器名称 | 型号/出厂编号 | 不确定度/准确度等级/允许误差 | 证书编号 | 证书有效期至 | 溯源至 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

A.1、外观检查：

A.2、基本误差：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 直流电压基本误差试验 | | | |
| 电压极性：□正极性 □负极性 | | | |
| 示值（kV） | 实际值（kV） | 基本误差（%） | 测量不确定度  (*U*rel ,*k*=2) |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

A.3、线性度试验：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 直流电压线性度试验 | | | | |
| 电压极性：□正极性 □负极性 | | | | |
| 被校系统全级示值U1(kV) | 一级倍压测量实际值U2 (kV) | U1和U2比值F | F的平均值F1 | F1与F的相对变化量（%） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

A.4、绝缘强度试验：

A.5、短时稳定性试验：

A.6、长期稳定性试验：

附录B：

直流高电压测量系统测量结果不确定度评定示例

**B.1、测量条件**

B.1.1 环境条件：温度：25.5℃，湿度：42.8%RH。

B.1.2 计量标准：标准分压器，允许误差：±0.1%；

数字多压表，允许误差：±0.02%。

B.1.3 被测对象：由直流分压器和的数字多用表组成的测量系统。

**B.2 数学模型**

Δ*U* = *U* X－*U* N

式中:

Δ*U*——被测直流电压测量系统的示值误差；

*U*X——被测直流电压测量系统的示值；

*U*N——标准直流电压测量系统的示值。

**B.3 标准不确定度*u*的评定**

B.3.1 被校准的直流电压测量系统测量重复性引入的标准不确定度*u*1。

在重复性条件下，用标准电压测量系统对100kV进行10次连续测量，数据如下：

表1 测量数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| kV | | | | | | | | | |
| 100.15 | 100.17 | 100.15 | 100.13 | 100.16 | 100.17 | 100.15 | 100.16 | 100.14 | 100.15 |

平均值：100.15 kV

由贝塞尔公式得到实验标准差s（xi）==0.01187kV

*u*1rel= s（xi）/100.15kV

=1.2×10-4

B.3.2 标准分压器分压比不准确引入的标准不确定*u*2

标准直流分压器引入的不确定度为1.0×10-3，则其半宽度为*a*=0.1%，在此区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则相对标准不确定度*u*2为：

*u*2rel =1.0×10-3/=5.8×10-4 （均匀分布*k*=）。

B3.3、数字多用表示值不准确引入的不确定度分量*u*3

数字多用表在测量范围0.1V、10V、100V中0.1V档允许误差最大，温度变化20℃其值不超过0.02%，则其半宽度为*a*=0.02%，在此区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，数字多用表的测量不确定度为

*u*3rel=2.0×10-4/=1.2×10-4 （均匀分布*k*=）

B3.4、被校直流电压测量系统分辨力的影响带来的不确定度分量*u*4

被校测量系统的最小分辨力为0.001kV，则其半宽度为0.0005kV，该不确定度分量很小可忽略不计。

B3.5工作电磁场的影响带来的不确定度分量*u*5

校准地点周围无大功率用电设备及大功率发生器等产生的电磁干扰，故该分量忽略不计。

B.3.6 测试方法或测试线路的影响带来的不确定度分量*u*6

因为本次实验测试线路采用技术规范中的标准接线方式，故该分量忽略不计。

B.3.7 由电源稳定度引入的不确定度分量*u*7

本次校准使用的高压电源纹波系数总含量经测量为0.5%，符合规范中的要求，且电源能无困难地调节到相应的校准点，故该分量忽略不计。

**B.4 合成标准不确定度*u*c的评定**

各不确定度分量互不相关，则各标准不确定度分量独立。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *u*1rel | *u*2rel | *u*3rel |
| 1.2×10-4 | 5.8×10-4 | 1.2×10-4 |

合成标准不确定度：

=6.0×10-4

**B.5 扩展不确定度*U***

取包含因子*k*=2，则测量扩展不确定度为

*Urel=*1.2×10-3 （*k*=2）

**B.6 测量不确定度的报告与表示**

直流高电压测量系统在100kV测量点时的测量结果相对扩展不确定度*U*rel为：

*Urel=*1.2×10-3 （*k*=2）