**中华人民共和国国家计量技术规范**

 JJF ××××⎯××××

火花试验机校准规范

**Calibration Specification of Spark Testers**

(讨论稿)

××××⎯××⎯××发布 ××××⎯××⎯××实施

**国家市场监督管理总局** 发 布

火花试验机校准规范

**Calibration Specification of Spark Testers**

JJF XXXX-XXXX

归 口 单 位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：山东省计量科学研究院

参加起草单位：

本规范委托全国电磁计量技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

[引言 II](#_Toc92016312)

[1 范围 1](#_Toc124022787)

[2 引用文件 1](#_Toc124022788)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc124022789)

[3.1 峰值纹波因数 1](#_Toc124022790)

[4 概述 1](#_Toc124022791)

[5 计量特性 2](#_Toc124022792)

[5.1 电压示值误差 2](#_Toc124022793)

[5.2 直流火花机输出电压的峰值纹波因数 2](#_Toc124022794)

[6 校准条件 2](#_Toc124022795)

[6.1 环境条件 2](#_Toc124022796)

[6.2 测量标准及其他设备 2](#_Toc124022797)

[7 校准项目和校准方法 4](#_Toc124022798)

[7.1 校准项目 4](#_Toc124022799)

[7.2 校准方法 4](#_Toc124022800)

[8 校准结果表达 8](#_Toc124022801)

[9 复校时间间隔 8](#_Toc124022802)

[附录A 工频火花机电压示值测量不确定度评定示例 9](#_Toc124022803)

[附录B 校准原始记录格式 12](#_Toc124022804)

[附录C 校准证书内页格式 14](#_Toc124022805)

引言

本规范依据国家计量技术规范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》编制。

本规范是首次制定的国家计量校准规范。

火花试验机校准规范

# 范围

本规范适用于电线电缆检测用工频火花试验机和直流火花试验机的校准。

本规范不适用于脉冲式火花试验机、高频火花试验机、火花检漏仪和其他用途的火花试验机的校准。

# 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 3048.9-2007 电线电缆电性能试验方法 第9部分：绝缘线芯火花试验

GB/T 26873-2011 火花试验机

JB/T 4278.10-2011 橡皮塑料电线电缆试验仪器设备检定方法 第10部分：火花试验机

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。

# 术语和计量单位

## 峰值纹波因数 peak ripple factor

信号中交流分量的峰-峰值与直流分量的绝对值之比。

# 概述

火花试验机(以下简称“火花机”)主要用于检验电线电缆绝缘线芯的绝缘层质量(包括电线电缆试品是否绝缘不良、绝缘材料是否有气孔等)。

火花机一般由高压电源、检测控制装置、试验电极、保护电极、击穿指示器等组成。火花机结构示意图见图1。火花机工作时产生一个交流或直流高压，经高压试验电极对线缆进行电性能试验，当线缆存在绝缘缺陷时发生击穿，线缆导体与电极间产生一个放电火花，击穿指示器记录一次击穿次数，火花机发出击穿报警。

火花机分为工频火花机和直流火花机，其内部的高压电源分别为工频高压电源和直流高压电源。工频火花机的高压电源一端接地(按使用说明书或有关规定确定接地端)；直流火花机的高压电源正极接地，负极由一根低电容的非屏蔽电线与试验电极相连接。

1 2 3 4

 7 10 9 8 7 6 5

1—试样导体；

2—被试绝缘线芯(电线)；

3—试验电极；

4—试验电极箱；

5—检测控制装置；

6—高压电源；

7—接地；

8—保护电极；

9—绝缘子；

10—收线盘。

图1 火花机结构示意图

# 计量特性

## 电压示值误差

火花机试验电压示值的最大允许误差一般不超过±5%。

## 直流火花机输出电压的峰值纹波因数

直流火花机输出电压的峰值纹波因数一般不超过5%。

注：以上的所有指标不适用于合格性判断，仅供参考。

# 校准条件

## 环境条件

环境温度：(5~40)℃；相对湿度：不大于80%；

供电电压：（220±22）V，频率：（50±0.5）Hz；

周围无强烈的电磁干扰，实验室接地端符合高压仪器的接地要求。

## 测量标准及其他设备

6.2.1 高压测量装置

高压测量装置可选用数字高压表，或由高压分压器和数字多用表组成的测量装置；校准工频火花机时，高压测量装置还可选用有足够的测量范围的电压互感器和交流电压表组成的测量装置。

如果高压测量装置只能在较小的温度范围内满足准确度要求，应在保证准确度所允许的温度范围内使用。

高压测量装置的测量范围应能覆盖被校火花机电压输出范围，高压测量装置应所引起的扩展不确定度（*k*=2）不应超过被校火花机输出电压最大允许误差绝对值的1/3。

6.2.2 示波器

示波器带宽不小于100MHz，电压指示最大允许误差不超过±3%。

6.2.3 高压电容

校准工频火花机的高压电容，额定工作电压不低于被校工频火花机的最高试验电压；校准直流火花机的高压电容应不小于0.47μF，耐受电压不低于3kV。

6.2.4 人工击穿装置

a) 人工击穿装置由一构成高压试验电极的金属板与一金属针、微安表、必要的限流阻抗组成。

b) 用于灵敏度试验的金属针针尖的锥度应不大于60°，直径应不大于2mm。为防止针尖熔化，用于稳定性试验的金属针可用较粗的金属针。

c) 金属板与金属针之间隙为(0.25±0.05)mm。

d) 金属板与金属针相对旋转运动，针尖掠越平板周期每秒一次，每次持续时间对工频高压电源为0.025 s，对直流高压电源为0.005 s。持续时间即为人工击穿持续时间。

e) 用于稳定性试验的人工击穿装置应能在火花机输出最高电压下安全使用。

6.2.5 其他设备

其他设备包括游标卡尺、钢卷尺、绝缘电阻表、耐电压测试仪等，其技术要求见表1。

表1 其他设备的技术要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设备名称 | 规格或测量范围 | 要 求 |
| 游标卡尺 | 200 mm | 分度值0.02 mm |
| 钢卷尺 | 2 m | 分度值1 mm |
| 交流微安表 | 不小于600 μA | 不低于5级 |
| 直流微安表 | 不小于600 μA | 不低于5级 |
| 绝缘电阻表 | 1000 V | 不低于10级 |
| 耐电压测试仪 | 1.5 kV | 不低于5级 |

# 校准项目和校准方法

## 校准项目

火花机校准项目见表2。

表2 校准项目一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 校准方法 |
| 1 | 电压示值误差 | 7.2.2 |
| 2 | 直流火花机输出电压的峰值纹波因数① | 7.2.3 |
| 3 | 灵敏度 | 7.2.4 |
| 4 | 稳定性 | 7.2.5 |
| ①仅适用于直流火花机。 |

## 校准方法

7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 一般检查

火花机应具有产品名称、型号、出厂编号、制造厂、试验电压范围、最大走线速度、最大试品外径等标志，标志应清晰，无影响使用的明显缺陷；各开关、按钮、旋钮灵活可靠；零部件装配牢固，无明显松动现象；具有专用的接地端子且有明显接地标识。

火花机应具有高压电源、试验电极、保护电极、试验电压指示表、击穿记数装置、击穿报警装置等部分。

7.2.1.2 通电检查

火花机通电预热后，显示或指示应清晰完整；对于数字显示的火花机，其显示不应有重叠和缺划现象。

开启试验电极箱，安全保护联锁装置应能自动切断电源，且试验电极自动接地。

7.2.1.3 绝缘电阻试验

选取500 V绝缘电阻表，测量火花机电源输入端对机箱外壳的绝缘电阻，其绝缘电阻应不低于10 MΩ；测量火花机高压端与金属外壳及地之间的绝缘电阻，其绝缘电阻应不低于100 MΩ。

7.2.1.4 工频耐压试验

将耐电压测试仪击穿电流设置为5 mA，在被校火花机电源输入端与机箱外壳之间施加1.5 kV试验电压，持续时间1 min，应无击穿和飞弧现象。

7.2.1.5 试验电极检查

a） 试验电极的构成

试验电极底部可制成“V”形或“U”形，对地保持良好绝缘。电极箱壳体应接地。

电极应为金属制成的接触式电极，可用珠链或环链，链长应大于“V”形或“U”形底部电极的深度。珠链或环链应符合：

1）链上的珠或环应分布均匀，表面光滑，不应有刮伤被试绝缘线芯的任何毛刺，且每一节珠或环应灵活可挠。珠链和环链应交叉排列。

2）珠的直径为(2～5) mm，一串珠链上相邻两颗珠子的间距应不超过2.5 mm。

3）环链的环应由直径大于0.8 mm金属丝构成，环的外径应不大于5 mm。如用椭圆形等其他形状时纵轴应不大于5 mm。每100 mm长的环链上，环数不小于20个。

4）相邻两链的间距离(指任何方向的相邻两链间的中心距离)不大于8 mm。

检查珠或环分布表面情况并用钢卷尺及游标卡尺测量相邻两链间距、珠链或环链的有关尺寸。

b） 试验电极的尺寸

工频火花机试验电极的有效长度按公式（1）计算，直流火花机试验电极的有效长度按公式（2）计算。

$L\_{AC}=\frac{V}{1200}$ （1）

式中：

$L\_{AC}$*——*工频火花机试验电极的有效长度，m；

$V$——火花机的最大走线速度，m/s。

$L\_{DC}=\frac{V}{60000}$ （2）

式中：

$L\_{DC}$*——*直流火花机试验电极的有效长度，m。

用游标卡尺测量火花机试验电极的实际长度，试验电极实际长度应不小于其有效长度。

用游标卡尺测量火花机试验电极实际宽度，试验电极实际宽度应大于火花机最大试品外径30 mm。

7.2.1.6 保护电极检查

试验电极的两端应有保护电极，保护电极应接地。保护电极所用珠链或环链应与试验电极一致，宽度应不小于试验电极宽度，长度不小于15 mm。检查珠或环分布表面情况并用钢卷尺及游标卡尺测量相邻两链间距，珠链或环链的有关尺寸。在保护电极与试验电极之间施加最高标称试验电压，检查是否发生试样绝缘表面闪络。

7.2.2 电压示值校准

7.2.2.1 校准点的选取

a) 对于指针式火花机，选取指示仪表每个带数字分度的电压值作为校准点；对于数字式火花机，在指示仪表满量程内选取包括满量程的10%点和满量程点在内的4个电压值作为校准点。

b) 校准多量程数字火花机时，选取一个常用量程作为主要量程按a)选取校准点，其他量程至少应选取该量程的10%点和满量程点作为校准点。

c) 也可根据委托单位要求选取校准点，但选取的校准点试验电压不得低于灵敏度所要求的试验电压。

7.2.2.2 试验电压示值误差校准

试验电压示值误差校准接线图如图2所示。



图2 试验电压示值误差校准接线图

将火花机输出电压调至7.2.2.1规定的校准点，记录火花机电压示值和高压测量装置的电压显示值，火花机试验电压示值绝对误差按公式（3）计算，示值相对误差按公式（4）计算。

$Δ=V\_{x}-V\_{N}$ （3）

式中：

Δ——被校火花机电压示值绝对误差，V；

$V\_{x}$——被校火花机电压示值，V；

$V\_{N}$——高压测量装置电压示值，V。

$γ=\frac{Δ}{V\_{N}}×100\%=\frac{V\_{x}-V\_{N}}{V\_{N}}×100\%$ （4）

式中：

$γ$——被校火花机电压示值相对误差，%。

7.2.3 直流火花机输出电压的峰值纹波因数

高压电容器的一端接试验电极，另一端接示波器输入端。接通直流火花机电源，将试验电压升至标称1 kV，用示波器测量试验电压峰-峰值$ΔV$。按公式（5）计算直流电压的峰值纹波因数。

$δ=\frac{ΔV}{V\_{0}}×100\%$ （5）

式中：

$δ$——直流火花机输出电压的峰值纹波因数，%。

$ΔV$——直流火花机输出电压的峰-峰值，V；

$V\_{0}$——直流火花机输出直流电压标称值，V。

7.2.4 灵敏度

7.2.4.1 工频高压电源有效值3 kV或直流高压电源5 kV时，在空载电压下用交直流数字微安表串接在试验变压器次级绕组低压侧的电阻上端测量短路稳态电流。也允许采用其他实际上等效的连接方法取样。为将短路稳态电流限制在600 μA以内，可以串接一个一端接地的电阻器作为限流阻抗。

7.2.4.2 断开触发信号，用人工击穿装置检查，使金属板与金属针相对旋转持续20个周期，分别记录火花机击穿指示器记录的击穿数和人工击穿装置记录下的击穿数。击穿指示器记录的击穿数和人工击穿装置记录下的击穿数应一致。

7.2.5 稳定性

7.2.5.1 如外接附加阻抗，将附加阻抗短路。

7.2.5.2 在火花机电极之间接入用于稳定性试验的人工击穿装置。用于工频火花机稳定性试验的人工击穿装置应在板电极与针尖电极之间并联一个与被试品具有相同电容值的电容器，也可以采用一段没有缺陷的具有最大电容值(根据火花机规格)的被试品(该被试品的绝缘或护套应为PVC材料，其线芯或铠装层接地)替代人工击穿装置。

7.2.5.3 进行稳定性试验时，每次试验应更换人工击穿装置的金属针，或采用等效的针。断开触发信号，将试验电压升至最高标称试验电压，启动人工击穿装置，使金属板与金属针相对旋转持续20个周期，分别记录火花机击穿指示器记录的击穿数和人工击穿装置记录下的击穿数。击穿指示器记录的击穿数和人工击穿装置记录下的击穿数应一致。

7.2.5.4 重新启动人工击穿装置，使金属板与金属针相对旋转持续20个周期，在金属板与金属针相对旋转期间，将试验电压自工频有效值3 kV或直流5 kV至最高电压连续调整两次，旋转结束后分别记录火花机击穿指示器记录的击穿数和人工击穿装置记录下的击穿数。击穿指示器记录的击穿数和人工击穿装置记录下的击穿数应一致。

# 校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反应，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和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

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) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录B，校准证书（报告）内页格式见附录C。

# 复校时间间隔

建议复校时间间隔为一年。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 工频火花机电压示值测量不确定度评定示例

A.1 概述

环境条件：温度：22.0℃，相对湿度：55%；

测量标准：数字高压表等。

被测对象：工频火花机，型号CHJ2。

采用方法：直接测量。

A.2 测量模型

设*V*N为数字高压表示值，*V*x为被校火花机显示值，在校准条件下，温度、湿度、零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到测量模型见公式（A.1）。

$Δ=V\_{x}-V\_{N}$ （A.1）

式中：

Δ——被校火花机电压示值误差，V；

$V\_{x}$——被校火花机电压示值，V；

$V\_{N}$——数字高压表电压示值，V。

A.3 标准不确定度评定

A.3.1 由测量重复性引入的不确定度分量*u*(*V*x1)评定

用数字高压表做标准，在相同环境条件下，对被校火花机5kV点重复测量10次，获得数据如表A.1。

表A.1 重复性测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 次数 | *x*i /kV |
| 1 | 4.993 |
| 2 | 4.987 |
| 3 | 4.990 |
| 4 | 4.991 |
| 5 | 4.986 |
| 6 | 4.988 |
| 7 | 4.993 |
| 8 | 4.984 |
| 9 | 4.992 |
| 10 | 4.995 |

测量数据的平均值：==4.9899 kV

单次测量值的实验标准偏差：*s*=≈ 3.54×10-3 kV

则$u\_{A}$ =3.54×10-3 kV

A.3.2 由被校火花机分辨力引入的标准不确定度*u*(*V*x)

被校火花机示值的分辨力为0.01 kV，其在±0.005 kV的区间内为均匀分布，包含因子*k*=$\sqrt{3}$，因此

$u\left(V\_{x}\right)=\frac{0.005}{\sqrt{3}}$=2.89×10-3 kV

A.3.3 由数字高压表引入的标准不确定度*u*(*V*N)

数字高压表经量值传递，符合其技术指标要求。5 kV的最大允许示值误差为±1.0%，在测量5 kV时其允许误差限为±(1.0%×5kV)=±5×10-2 kV，在区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则：

$u\left(V\_{N}\right)=\frac{5×10^{-2}}{\sqrt{3}}$=2.89×10-2 kV

A.3.4 测量不确定度汇总

各不确定度分量汇总见表A.2。

表A.2 不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 符号 | 来源 | 类型 | 不确定度分量 |
| $$u\_{A}$$ | 测量重复性 | A | 3.54×10-3 kV |
| $$u\left(V\_{x}\right)$$ | 被校火花机分辨力 | B | 2.89×10-3 kV |
| $$u\left(V\_{N}\right)$$ | 数字高压表 | B | 2.89×10-2 kV |

A.4 合成标准不确定度

依据公式（A.1）得到灵敏系数：$c\_{1}=\frac{∂∆}{∂V\_{x}}=1$，$c\_{2}=\frac{∂∆}{∂V\_{N}}=-1$

各影响量相互独立，同时考虑到被校火花机的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则合成标准不确定度为：

$u\_{c}=\sqrt{（c\_{1}u\_{A}）^{2}+（c\_{2}u\left(V\_{N}\right)）^{2}}=\sqrt{(3.54×10^{-3})^{2}+(2.89×10^{-2})^{2}}$=2.9×10-2 kV

A.5 扩展不确定度

取*k*=2，由此得到5 kV点的扩展不确定度为：

*U*=*ku*c=0.058 kV，*k*=2

附录B 校准原始记录格式

委托单位名称： 地址：

计量器具名称： 证书编号：

制造者： 型号/规格： 出厂编号：

校准依据： 校准日期： 年 月 日 温度： ℃ 湿度： %RH

校准地点： 校准： 核验：

校准所使用的主要标准器（或标准装置）：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 名 称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级或最大允许误差 | 证书号 | 证书有效期至 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

校 准 内 容

一、一般检查： ； 通电检查： ；工频耐压试验： ；

绝缘电阻试验： ；电源输入端与机箱外壳之间 MΩ；高压端和金属外壳之间 MΩ。

二、试验电极检查： ；试验电极形状：V型□ U型□

试验电极珠子直径 mm；同一串珠子间距离 mm；珠链长度 mm；链距 mm；

电极有效长度 mm，实际长度 mm；电极有效宽度 mm；实际宽度 mm。

三、保护电极检查： ；

保护电极珠子直径 mm；同一串珠子间距离 mm；珠链长度 mm；链距 mm；

电极有效长度 mm，实际长度 mm；电极有效宽度 mm；实际宽度 mm。

四、电压示值校准：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 量程 | 示值/kV | 实际值/kV | 示值误差/% | 不确定度（*k*=2） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

五、直流火花机输出电压的峰值纹波因数：

试验电压 V，试验电压峰-峰值 V，峰值纹波因数： 。

六、灵敏度：

试验电压 kV，短路电流 μA，人工击穿装置持续旋转20次，击穿指示器记录的击穿数 次，人工击穿装置记录的击穿数 次。

七、稳定性：

试验电压 kV，人工击穿装置并联电容 pF，人工击穿装置持续旋转20次，击穿指示器记录的击穿数 次，人工击穿装置记录的击穿数 次。

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/准确度等级或最大允许误差 | 证书编号 | 证书有效期至(YYYY-MM-DD) |
|  |  |  |  |  |

第X页 共X页

证书编号 XXXXXX-XXXX

校 准 结 果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 一、试验电极检查：二、保护电极检查：三、电压示值校准：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 量程 | 示值/kV | 实际值/kV | 不确定度（*k*=2） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

四、直流火花机输出电压的峰值纹波因数： 。五、灵敏度： 。六、稳定性： 。 |

校 准 员： 核 验 员：

——————

第X页 共X页