

陕西省地方计量技术规范

JJF (陕) XXX-2020

脉冲式电火花检漏仪校准规范

Calibration Specification for Pulsed EDM Leak Detector

(报批稿)

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

陕西省市场监督管理局 发布

脉冲式电火花检漏仪
校准规范

Calibration Specification for
Pulsed EDM Leak Detector

JJF(陕)XXX-2020

归口单位：陕西省市场监督管理局

主要起草单位：陕西省计量科学研究院

参加起草单位：西安计量技术研究院

济宁市计量测试所

山东锐智科电检测仪器有限公司

本规范由陕西省市场监督管理局负责解释

本规范主要起草人：

何永全（陕西省计量科学研究院）

汤元会（陕西省计量科学研究院）

张黎辉（陕西省计量科学研究院）

参加起草人：

田丽华（西安计量技术研究院）

李延春（济宁市计量测试所）

王 辉（陕西省计量科学研究院）

窦 智（山东锐智科电检测仪器有限公司）

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 脉冲电压输出稳定度.....	(2)
4.2 脉冲电压示值误差.....	(2)
4.3 放电距离.....	(2)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 测量标准及配套设备.....	(2)
5.3 其他条件.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(3)
6.1 校准前检查.....	(3)
6.2 脉冲电压输出稳定度.....	(3)
6.3 脉冲电压示值误差.....	(3)
6.4 放电距离.....	(4)
7 校准结果的表达.....	(4)
8 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 校准原始记录(推荐)格式样式.....	(6)
附录 B 校准证书内页(推荐)格式样式.....	(7)
附录 C 脉冲式电火花检漏仪示值误差测量不确定度评定示例.....	(8)

引 言

JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规范制定的基础性系列规范。

本规范参考了 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、GB 4793.1-2007《测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第一部分 通用要求》的部分内容，并结合我国目前脉冲式电火花检漏仪实际生产和使用情况，对其具体技术指标和校准方法进行了规定和解释。

本规范为首次发布。

脉冲式电火花检漏仪校准规范

1 范围

本规范适用于输出电压范围为 30kV 及以下的脉冲式电火花检漏仪（以下简称检漏仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义》

GB 4793.1-2007 测量、控制和实验用电气设备的安全要求 第一部分 通用要求

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

检漏仪主要用于检测导电基体（如金属）上非导电涂层中的针孔、裂纹及其他损伤和缺陷。它通过对导电基体上非导电涂层表面加一定幅值的脉冲高压，当脉冲高压经过时，如有非导电涂层损伤或缺陷，会形成气隙击穿而产生火花放电，同时经报警电路送出脉冲信号，使报警器发出声音或光电报警，从而达到涂层质量检测的目的。

检漏仪由稳压电路、脉冲调制电路、升压整流电路和高压发生电路等几部分组成如图 1 所示。

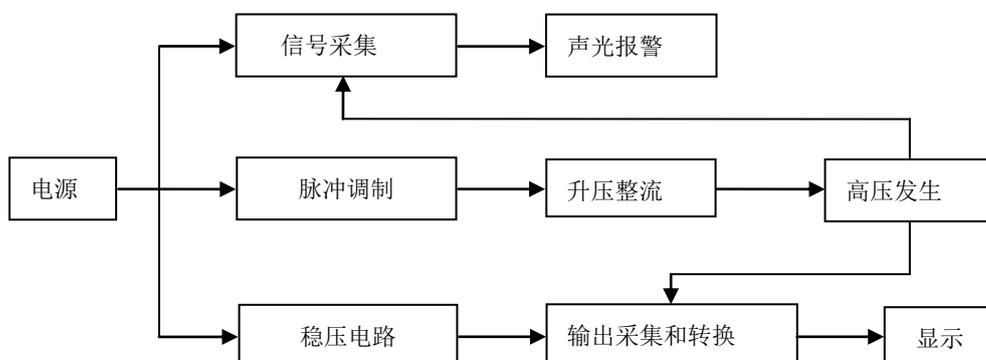


图 1 脉冲式电火花检漏仪原理框图

4 计量特性

4.1 脉冲电压输出稳定度

在规定时间内（如 1min），脉冲电压输出最大变化量与设定值的百分比。

4.2 脉冲电压示值误差

数字式检漏仪示值误差用相对误差表示，指针式检漏仪示值误差用引用误差表示。

4.3 放电距离

检漏仪高压输出端与接地线裸露点间的电火花产生距离。输出电压取 20% 和 100% 量程上限分别进行测试。

5 校准条件

5.1 环境条件

- a) 环境温度：（5~35）℃；
- b) 相对湿度：（45~75）%；
- c) 供电电源：电压（220±11）V，频率（50±0.5）Hz；
- d) 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

5.2 测量标准及配套设备

校准装置的扩展不确定度($k=2$)应小于检漏仪电压示值最大允许误差绝对值的 1/3。

5.2.1 测量标准

选用满足测量范围的带存储功能的数字示波器作为主标准器，其电压垂直测量最大允许误差应不超过±1%，带宽不小于 100MHz。

5.2.2 配套设备

各配套设备及其技术要求如表 1 所示。

表 1 配套设备及其技术要求

配套设备名称	规格 /量程	技术要求
电压探头	衰减比 1000:1，峰值电压量程大于 30kV； 带宽不小于 75MHz，阻抗不小于 100MΩ	衰减比 MPE: ±1%
游标卡尺	(0~125) mm	MPE: ±0.03 mm

5.3 其他条件

校准检漏仪时，操作人员应佩戴绝缘手套，实验室应配备接地线，校准场所应铺

设绝缘胶垫，应配备避免外界干扰的隔离措施。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前检查

a) 通电检查 开机预热后，指针式检漏仪指针应稳定，无阻滞现象，数字式检漏仪显示应清晰完整；

b) 声光报警功能检查 检漏仪按照说明书进行声音报警或光电报警功能检查。

6.2 脉冲电压输出稳定度

通常选取检漏仪量程上限的50%点（也可根据用户要求选取）进行实验，如图2所示接线，在1min内，读取并记录示波器相同时间间隔的10次峰值电压测量值，按式（1）计算输出稳定度 γ_s ：

$$\gamma_s = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_s} \times 100\% \quad (1)$$

U_{\max} ——在1min时间内，10次测量值中的最大值，kV；

U_{\min} ——在1min时间内，10次测量值中的最小值，kV；

U_s ——检漏仪输出设定值，kV。

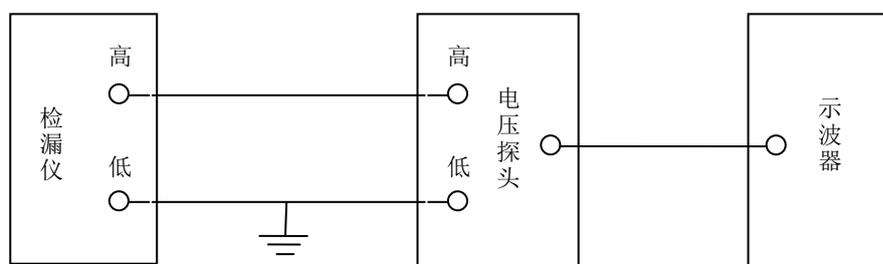


图2 校准示意图

6.3 脉冲电压示值误差

多量程检漏仪一般选取误差限最小的量程为基本量程，其他量程为非基本量程。

指针式检漏仪应对基本量程的所有带数字分度值的点进行校准，非基本量程只校准上限分度线。

数字式检漏仪应在基本量程范围内均匀选取不少于5个点，非基本量程选取量程的两端和中间值作为校准点，也可根据用户要求选取基本量程、校准点等。

如图2接线，调节检漏仪输出脉冲电压，同时读取并记录示波器所测量电压的峰值。

脉冲电压示值绝对误差 Δ (kV) :

$$\Delta = U_x - kU_0 \quad (2)$$

式中:

U_x ——检漏仪脉冲电压示值, kV;

k ——电压探头衰减比;

U_0 ——示波器测得的电压值, V。

指针式检漏仪示值误差用引用误差 γ_1 表示:

$$\gamma_1 = \frac{\Delta}{U_s} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

U_s ——指针式检漏仪量程上限值, kV。

数字式检漏仪示值误差用相对误差 γ_2 表示:

$$\gamma_2 = \frac{\Delta}{kU_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

k ——电压探头衰减比;

U_0 ——示波器测得的电压值, V。

6.4 放电距离

将检漏仪接地线与检漏仪的金属连接杆连接, 并与高压输出端处于同一水平直线, 标记距高压输出端特定距离 (一般为 1mm 和 10mm) 的位置, 开启检漏仪, 按 4.3 设定脉冲电压输出值, 然后将金属连接杆缓慢移向标记点, 观察是否出现放电及声光报警现象, 有放电及声光报警现象符合要求, 无放电及声光报警现象不符合要求。

7 校准结果的表达

经校准的仪器出具校准证书, 校准证书应包括以下信息:

- 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;
- 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) 如果与校准结果的有效性和应用相关时, 应对校准过程中被校对象的设置和操作进行说明;
- 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 A, 校准证书(报告)内页格式见附录 B, 校准结果的测量不确定度评定示例见附录 C。

8 复校时间间隔

复校间隔时间的长短是由设备的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定, 用户可以根据实际使用情况确定复校时间间隔。建议检漏仪校准时间间隔为一年。

附录 A

校准原始记录（推荐）格式样式

脉冲式电火花检漏仪校准原始记录

委托单位：_____ 原始记录编号：_____

仪器名称：_____ 型号规格：_____ 制造厂：_____

准确度等级：_____ 出厂编号：_____ 校准技术依据：_____

校准地点：_____ 环境温度：_____℃ 相对湿度：_____%

校准用主要测量标准名称	型号规格	编号	准确度等级/不确定度/最大允许误差	证书编号	证书有效期					
1.校准前检查： <input type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求 备注：										
2.脉冲电压输出稳定度(%) 设定值：_____ kV										
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值(kV)										
U_{\max} =_____ kV			U_{\min} =_____ kV			γ_s = _____%				
3.脉冲电压示值误差										
量程	检漏仪电压示值(kV)	实测值(kV)	示值误差 γ (%)							
基本量程										
非基本量程										
4.放电距离										
检漏仪输出电压值(kV)		标记点(mm)		是否存在放电及报警现象						
				<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否						
				<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否						
测量结果的不确定度：_____										

校准：_____ 核验：_____ 校准日期：_____

附录 B

校准证书内页（推荐）格式样式

脉冲式电火花检漏仪校准证书内页格式

校准结果

1、脉冲电压输出稳定度： $\gamma_s = \text{——}\%$

2、脉冲电压示值误差：

量程	电压示值(kV)	实测值(kV)	示值误差 γ (%)
基本 量程			
非基本量 程			
测量不确定度：			

3、放电距离

检漏仪输出电压值(kV)	标记点(mm)	是否存在放电及报警现象

以下空白

附录 C

脉冲式电火花检漏仪示值误差测量不确定度评定示例

以校准一台数字式检漏仪的电压示值（10kV，MPE:±10%）为例，进行不确定度评定。

C.1 测量模型

$$\Delta = U_x - kU_0 \quad (\text{C-1})$$

式中：

Δ ——检漏仪脉冲电压示值绝对误差，kV；

U_x ——检漏仪脉冲电压示值，kV；

k ——电压探头衰减比；

U_0 ——数字示波器测得的实际电压值，V。

C.2 相关性分析

在测量过程中，检漏仪输出脉冲电压值与数字示波器测得的实际电压值相互独立，互不相关；数字示波器测得的实际电压值与电压探头衰减比相关。

C.3 标准不确定评定

标准不确定度包括由重复性测量引入的标准不确定度 u_1 ，测量标准引入的不确定度 u_2 （包含数字示波器引入的不确定度 u_0 ，电压探头引入的不确定度 u_k ）。

C.3.1 由重复性测量引入的不确定 u_1

采用 A 类方法评定。调节检漏仪输出电压至 10kV，记录测量标准的电压值，重复测次数 $n=10$ 次。测量结果分别为（kV）：+0.58、+0.58、+0.59、+0.74、+0.59、+0.74、+0.74、+0.58、+0.59、+0.74。

其单次测量结果的实验标准差：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{C-2})$$

式中：

x_i ——第 i 次测量值，kV；

\bar{x} —— n 次测量结果的平均值，kV；

用单次测量结果的实验标准偏差表征测量的重复性，则有：

$$u_1 = s = 0.080 \text{ (kV)} \quad (\text{C-3})$$

C.3.2 测量标准引入的不确定度分量 u_2

C.3.2.1 数字示波器垂直测量最大允许误差引入的不确定度分量 u_0

采用 B 类方法评定，数字示波器垂直测量最大允许误差为 $\pm 1\%$ ，其变化区间的半宽 a 为 1% 。按均匀分布，取区间半宽，则

$$u_0 = \frac{a}{\sqrt{3}} \times U_{\text{测}} = \frac{1\%}{\sqrt{3}} \times U_{\text{测}} = 0.0058U_{\text{测}} \text{ (V)} \quad (\text{C-4})$$

C.3.2.2 衰减探棒衰减误差引入的不确定度分量 u_k

采用 B 类方法评定，分压探头衰减比最大允许误差为 $\pm 1\%$ ，其变化区间的半宽 a 为 1% 。按均匀分布，取区间半宽，则

$$u_k = \frac{a}{\sqrt{3}} \times 1000 = \frac{1\%}{\sqrt{3}} \times 1000 = 5.8 \quad (\text{C-5})$$

C.3.2.3 测量标准引入的合成不确定度 u_2

在 10kV 校准点 ($U_{\text{测}}=10\text{V}$) 处得到由测量标准引入的不确定度分量

$$\begin{aligned} u_2 &= \sqrt{(-k)^2 u_0^2 + (-U_{\text{测}})^2 u_k^2} \\ &= \sqrt{(-1000)^2 (0.0058U_{\text{测}})^2 + (-U_{\text{测}})^2 5.8^2} \\ &= 0.082 \text{ (kV)} \end{aligned} \quad (\text{C-6})$$

C.4 标准不确定度分量一览表，见表 4

表 4 标准不确定度分量一览表

不确定度类型	不确定度来源	灵敏系数	不确定度分量
A	测量重复性引入的不确定度 u_1	1	0.080kV
B	测量标准引入的不确定度 u_2	1	0.082kV

C.5 合成标准不确定度：

由于以上各项标准不确定度分量相互独立，所以合成标准不确定为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.114 \text{ (kV)} \quad (\text{C-7})$$

C.6 扩展不确定度 ($k=2$)

校准脉冲式电火花检漏仪 10kV 示值误差的测量不确定度为：

$$U_r = \frac{ku_c}{10\text{kV}} \times 100\% = 2.3\% \quad (\text{C-8})$$

陕西省地方计量技术规范

JJF（陕）XXX—2020《脉冲式电火花检漏仪校准规范》

编写说明

规范起草组

2020年4月

JJF(陕)XXX-2020《脉冲式电火花检漏仪校准规范》

编写说明

一. 工作简况

1. 任务来源

根据陕西省市场监督管理局关于印发《2020年度第一批陕西省地方计量校准规范制修订项目计划》的通知（陕市监函〔2020〕352号）文件精神，由陕西省计量科学研究院作为主要起草单位起草制定陕西省地方计量技术规范《脉冲式电火花检漏仪校准规范》。

2. 起草单位、协作单位

起草单位：陕西省计量科学研究院

参加起草单位：西安市计量技术研究院

山东锐智科电检测仪器有限公司

3. 主要起草人

姓名	性别	职务/职称	工作单位	任务分工
何永全	男	高工	陕西省计量科学研究院	项目负责
汤元会	女	高工	陕西省计量科学研究院	规范起草
张黎辉	男	工程师	陕西省计量科学研究院	规范起草
田丽华	女	工程师	西安计量技术研究院	规范起草
李延春	男	高工	济宁市计量测试所	试验验证
王辉	男	工程师	陕西省计量科学研究院	现场试验
窦智	男	工程师	山东锐智科电检测仪器有限公司	辅助试验
朱新阳	男	工程师	山东锐智科电检测仪器有限公司	现场试验

二. 调研情况

近几年市场对电火花检漏仪的需求较大，相关企业其产品销往全国各地，并有部分出口日本等发达国家，主要用于化工、石油、橡胶、搪瓷行业、管道防腐等行业。

脉冲式电火花检漏仪通过产生(0~30)kV连续周期脉冲电压信号，主要用于检测容器或管道防腐层的防腐质量（防腐材料是否存在气泡或漏点），工作时脉冲式电火花检漏仪接地端与被检测容器或管道接地端共地，根据防腐层厚度调节输出脉冲电压，由高压探头输出，匀速刷过防腐层，根据有无报警情况，判断是否存在气泡或漏点。

全国尚无任何检定规程或校准规范，生产企业之间出厂检测项目不一，大量计量器具得

不到有效溯源。

在制定本规范时，与厂家技术人员进行深入的沟通交流。本着科学合理，便于操作的原则，根据现有的国际、国家标准和专家意见、建议，以现有的生产技术、检定技术为前提，本着提高生产水平，鼓励进步，淘汰落后，完善电火花检漏仪的量传体系。

起草小组查阅了国家有关规程、规范，参照了国内兄弟省市相关的技术规范，并得到了省市场监管局的支持及相关部门的密切配合。

三. 编制说明

1. 规范名称

《脉冲式电火花检漏仪》校准规范

2. 适用范围

本规范适用于金属绝缘层漏点检测用的脉冲式电火花检漏仪(输出电压范围在 30kV 以内)的首次校准、后续校准和使用中检测。本规范不适用于工频火花机，超过 (0~30) kV 量程的电火花检漏仪及其他用途的火花检漏仪的校准。

本地方规范的制定，将弥补对国内用于金属绝缘层检测的电火花检漏仪计量性能校准的依据空白。

3. 引用文献

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》
GB/T 16927.2-2013	《高电压试验技术》
GB/T 19285-2014	《埋地钢质管道腐蚀防护工程检验》

在规范中所引用的国家、地方检定规程、校准规范、国家标准，均为现行有效版本。

4. 计量性能

根据企业生产技术能力、产品性能、GB/T 16927.2-2013《高电压试验技术》及 GB/T 19285-2014《埋地钢质管道腐蚀防护工程检验》技术要求，对电火花检漏仪的最大允许误差、测量点、稳定性及放电距离试验进行了要求，电火花检漏仪输出脉冲电压的最大允许误差为±10%，稳定性不应大于该测量点的最大允许误差的 1/5，在选定 5kV 点及 30kV 点，放电距离试验，分别不小于 1mm，10mm。

根据 GB4793.1-2007《测量、控制和实验室用电气设备的安全要求》第一部分通用要求，对工频耐压试验及绝缘电阻性能予以了规定。

5. 标准器的选择

根据被校电火花检漏仪的最大允许误差、量值溯源传递方式以及大量的前期试验，确定了以数字示波器及电压探头为主的计量标准器，并对标准器的计量性能予以了规定，如下：所用的标准器电压最大允许误差引入的扩展不确定度（ $k=2$ ）不应超过被校仪器输出电压示值最大允许误差的 1/3；选用满足测量范围的数字示波器作为主标准器（由数字示波器及高压探头组成），其带宽不小于 100MHz；高压探头变比应为 1000:1，阻抗不小于 100M Ω ，峰值电压量程覆盖（0~30）kV。

6. 校准方法

校准项目包括：外观、结构和通电性能的检查。绝缘电阻和工频耐压试验检查、脉冲电压示值误差校准，输出频率校准，短期稳定性试验，放电距离试验几个方面。并确定了首次校准、后续校准、使用中校准的内容。

根据产品设计与性能，对脉冲电火花检漏仪输出脉冲电压值的测量类型（峰峰值）予以了规定 6.2.2，并确定了数字式和指针式脉冲电火花检漏仪的校准点 6.2.3。

7. 校准结果的处理

根据校准项目，设计了原始记录及证书数据页格式，校准数值应按照设定好的格式和要求填写原始记录（见附表 A）；并在校准后出具校准证书。示值校准结果可只给出测量值，脉冲频率数据按四舍六入偶数法则取舍，修约到小数点后一位；当用户有特殊要求时，应按照国家要求测量内容及测量点出具校准证书，证书中应给出测量不确定度，其评定应符合 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》要求。

建议脉冲电火花检漏仪校准时间间隔为一年，当使用频率较高时，考虑到电池寿命对电压示值输出及稳定性的影响，可建议缩短为半年。

四、重大意见分歧处理依据和结果

本规范在制定过程中征求了多家单位的意见，均无重大意见分歧。