



天津市地方计量技术规范

JJF (津) XXXX-2026

电火花检漏仪校准规范

Calibration Specification for Electric Spark Leak Detectors

(报批稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

电火花检漏仪校准规范

Calibration Specification for
Electric Spark Leak Detectors

JJF(津) XXXX-2026

归口单位：天津市电磁计量技术委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

天津市武清区计量检定所

参加起草单位：天津市宁河区计量和特种设备检定中心

天津博纳热缩管有限公司

本规范委托天津市电磁计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

付江楠（天津市计量监督检测科学研究院）

张 珩（天津市计量监督检测科学研究院）

胡顺杰（天津市武清区计量检定所）

参加起草人：

李学森（天津市计量监督检测科学研究院）

赵 青（天津市计量监督检测科学研究院）

张付山（天津市宁河区计量和特种设备检定中心）

赵秀林（天津博纳热缩管有限公司）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 电压输出示值误差	(2)
5.2 电压输出稳定度	(3)
5.3 波前时间	(3)
5.4 波形重合性	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 供电条件及安全防护	(3)
6.3 测量标准器及其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 校准项目	(4)
7.2 校准方法	(4)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 电火花检漏仪校准不确定度评定示例	(8)
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

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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

电火花检漏仪校准规范

1 范围

本规范适用于输出电压（0.1~50）kV 的电火花检漏仪的校准。

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

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

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（包括所有修改单）适用于本规范。

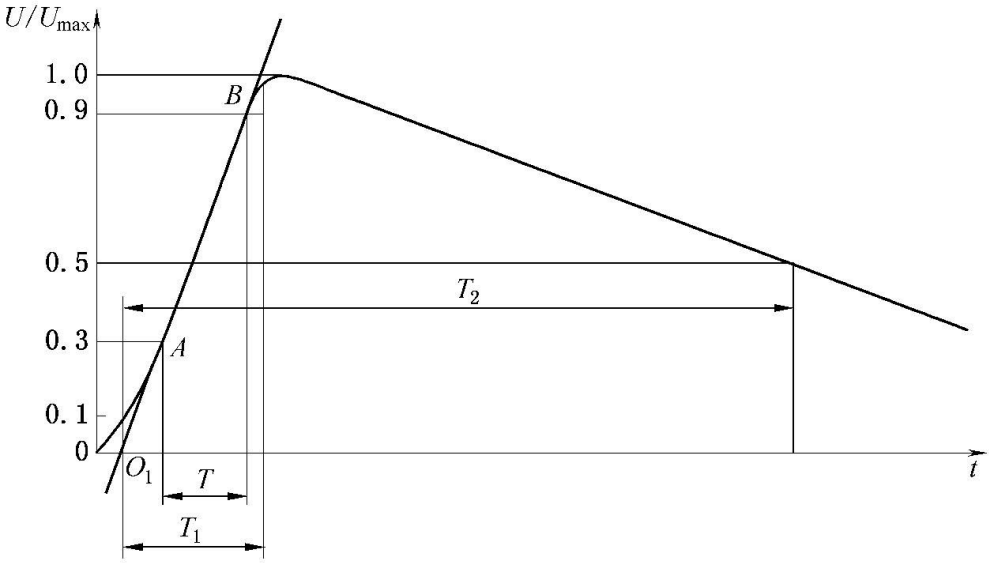
3 术语

3.1 峰值 peak

对于平滑的冲击波形，波形曲线偏离零线的最大值。

3.2 波前时间 wave front time

用于描述冲击电压波的波前特性，其定义为冲击电压 30%峰值点与 90%峰值点之间时间间隔的 1.67 倍。对于平滑的冲击波形，在波形上取幅值为电压 30%峰值的 A 点和幅值为电压 90%峰值的 B 点，从电压波形曲线的 A 点上升到 B 点所经历的时间 T 的 1.67 倍，即为波前时间参数，如图 1 所示。



波前时间 $T_1=1.67T$ 。

图 1 波前时间参数的确定

4 概述

电火花检漏仪（以下简称检漏仪）主要用于检测导电基体（如金属）上非导电涂层上的裂纹、针孔等缺陷和损伤。

根据输出电压类型的不同，检漏仪可分为直流检漏仪和脉冲检漏仪两种。直流检漏仪电路结构简单，功耗稳定，对硬质涂层损伤风险低，适用于核工业、化工高腐蚀设备等对检测可靠性要求高的场景；脉冲检漏仪通常为间歇式放电，整机功耗较低，电池续航更长，适用于野外管道、储罐、船舶等户外移动作业，以及薄涂层批量检测场景。

工作时，检漏仪低端通常与被检对象金属端连接，由高压发生器输出电压，并可根据非导电涂层厚度进行调节。将电刷匀速刷过非导电涂层，根据有无报警情况，判断涂层是否存在缺陷或损伤。

检漏仪主要由稳压电路、脉冲调制电路、升压整流电路和高压发生器等几部分组成，由电源提供工作电压，调节电压调制电路旋钮，通过高压发生器产生连续直流或脉冲高压信号，并在显示器中显示输出电压值。具体见图 2。

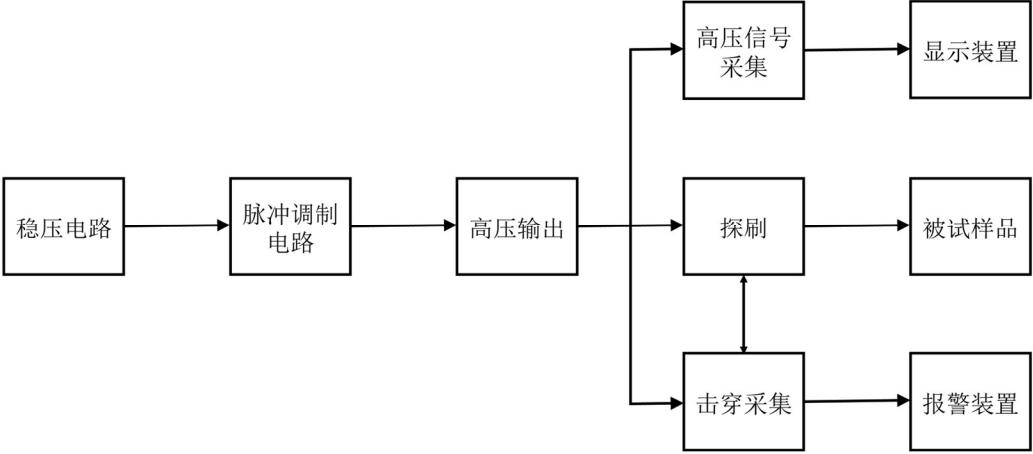


图 2 检漏仪工作原理图

5 计量特性

5.1 电压输出示值误差

5.1.1 直流电压

数字式直流检漏仪直流电压的示值误差以相对误差形式表示，最大允许误差一般不超过±5%；模拟式直流检漏仪直流电压的示值误差以引用误差形式表示，最大允许误差一般不超过±5%。

5.1.2 峰值电压

数字式脉冲检漏仪脉冲电压峰值的示值误差以相对误差形式表示，最大允许误差一般不超过 $\pm 5\%$ ；模拟式脉冲检漏仪脉冲电压峰值的示值误差以引用误差形式表示，最大允许误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

5.2 电压输出稳定度

对于直流检漏仪，在规定时间内，直流电压输出值的最大变化量，最大允许误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

5.3 波前时间

对于脉冲检漏仪，其输出的第一个脉冲电压波的波前时间为 $0.2^{+0.3}_{-0.1} \mu s$ 或 $1.2 \mu s$ ，最大允许误差一般不超过 $\pm 1\%$ 。

5.4 波形重合性

对于脉冲检漏仪，其每次输出的脉冲电压波之间的偏差，最大允许误差一般不超过 $\pm 1\%$ 。

注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度： $\leq 80\%$ 。

6.2 供电条件及安全防护

电压： $(220\pm 22)\text{V}$ ；

频率： $(50\pm 0.5)\text{Hz}$ ；

应配备保障校准人员安全的绝缘橡胶垫、手套和良好的接地。

6.3 测量标准器及其他设备

6.3.1 高压探头，带宽不小于 200MHz ，阻抗不小于 $100\text{M}\Omega$ ，峰值电压量程应覆盖 $(0.1\sim 50)\text{kV}$ ，最大允许误差不超过被校检漏仪输出电压最大允许误差的 $1/3$ ；

6.3.2 数字示波器，带宽不小于 200MHz ，准确度等级不低于 0.5 级；

6.3.3 数字高压表，输入阻抗不小于 $100\text{M}\Omega$ ，电压量程应覆盖 $(0.1\sim 50)\text{kV}$ ，最大允许误差不超过被校检漏仪输出电压最大允许误差的 $1/3$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

检漏仪的校准项目见表 1，可以根据客户要求选择校准其中的项目。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	电压输出示值误差	7.2.2
2	电压输出稳定度	7.2.3
3	波前时间	7.2.4
4	波形重合性	7.2.5

注：电压输出稳定度仅适用于直流检漏仪，波前时间及波形重合性仅适用于脉冲检漏仪。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

被校检漏铭牌/外壳或说明书上应有以下主要标志：产品名称、型号、生产厂家、出厂编号、制造日期、准确度等级等信息；被校检漏仪各种开关、按钮及接线端子应接触良好，机身有明显的高压输出端子标示和可靠的接地端子；使用电池供电的检漏仪，应检查电池工作状态是否正常。

7.2.2 电压输出示值误差校准

7.2.2.1 校准点的选取

对于数字式直流检漏仪或数字式脉冲检漏仪，在其输出电压量程的（10%～100%）范围内均匀选取不少于 5 个校准点进行校准，也可以根据客户需求增加校准点；对于模拟式直流检漏仪或模拟式脉冲检漏仪，选取其输出电压指示盘上每个带数字标识的点，逐一进行校准。

7.2.2.2 直流检漏仪输出示值校准

进行直流检漏仪输出电压示值校准时，如图 3 所示进行接线，采用直接测量法，调节直流检漏仪的输出电压进行校准。

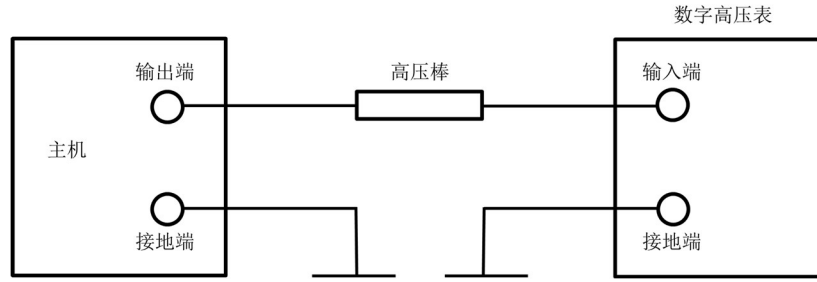


图3 直流检漏仪校准接线图

被校检漏仪输出电压的相对示值误差按公式（1）计算：

$$\varepsilon_V = \frac{V_x - V_n}{V_n} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

ε_V ——直流检漏仪输出电压的相对示值误差，%；

V_x ——直流检漏仪输出电压示值，kV；

V_n ——校准装置实测值，kV。

7.2.2.3 脉冲检漏仪输出示值校准

进行脉冲检漏仪输出电压示值校准时，如图4所示进行接线，采用直接测量法，调节脉冲检漏仪的输出电压峰值进行校准。

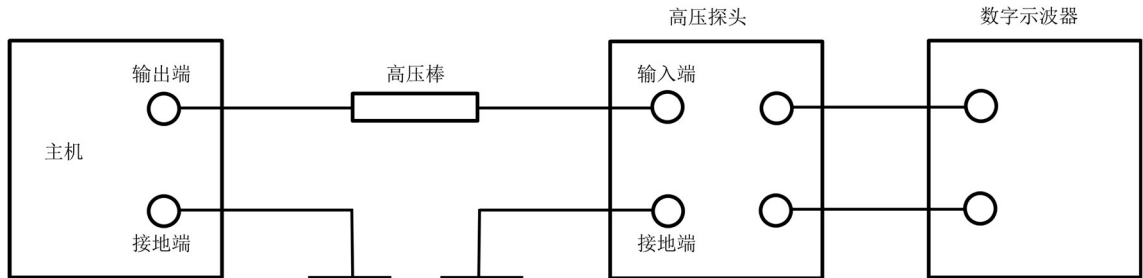


图4 脉冲检漏仪校准接线图

被校检漏仪脉冲电压峰值的相对示值误差按公式（2）计算：

$$\varepsilon_{V_{peak}} = \frac{V_{peak\ x} - V_{peak\ n}}{V_{peak\ n}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\varepsilon_{V_{peak}}$ ——脉冲检漏仪输出电压的相对示值误差，%；

$V_{peak\ x}$ ——脉冲检漏仪输出脉冲电压峰值，kV；

$V_{peak\ n}$ ——校准装置脉冲电压峰值实测值，kV。

7.2.3 电压输出稳定度校准

对于直流检漏仪, 进行输出电压输出稳定度校准时, 如图 3 所示进行接线, 将校准点设定为检漏仪量程上限的 50%, 按此进行试验。在 1min 内, 读取并记录相同时间间隔的 6 个数据, 选取其中最大值与最小值, 按公式 (3) 计算电压输出稳定度:

$$\Delta = V_{max} - V_{min} \quad (3)$$

式中:

Δ ——直流检漏仪的输出稳定度, kV;

V_{max} ——在 1min 时间内, 被校对象同一组数据中的最大值, kV;

V_{min} ——在 1min 时间内, 被校对象同一组数据中的最小值, kV。

7.2.4 波前时间校准

对于脉冲检漏仪, 进行波前时间校准时, 如图 4 所示进行接线, 选取第一个冲击波形进行波前时间的校准, 按公式 (4) 计算波前时间的误差:

$$\delta_T = \frac{T_x - T_n}{T_n} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

δ_T ——波前时间的相对误差, %;

T_x ——波前时间的标称值, μs ;

T_n ——波前时间的实测值, μs 。

7.2.5 波形重合性校准

对于脉冲检漏仪, 进行波形重合性校准时, 如图 4 所示进行接线, 用数字示波器记录并储存三次脉冲电压波形, 按公式 (5) 计算波形重复性偏差:

$$\beta = \frac{\Delta V_{max}}{\bar{V}_{peak n}} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

β ——波形重合性的相对误差, %;

ΔV_{max} ——校准装置三次脉冲电压峰值的最大差值, kV;

$\bar{V}_{peak n}$ ——校准装置三次脉冲电压峰值实测值的平均值, kV。

8 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)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)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。

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。

附录 A

电火花检漏仪校准不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 测量依据

JJF(津) XXX-2026 《电火花检漏仪校准规范》

A.1.2 环境条件

环境温度：20.1℃；相对湿度：48%。

A.1.3 测量标准

数字高压表：量程：（0.1~200）kV，准确度等级：0.5 级；

高压探头：量程：（0.1~100）kV，准确度等级：0.5 级；

数字示波器：量程：（0.1~100）V，最大允许误差：±0.5%。

A.1.4 被测对象

DC30 型直流电火花检漏仪，最大允许误差±5%；DJ-6 型脉冲电火花检漏仪，最大允许误差±5%。

A.1.5 测量方法

对直流电火花检漏仪进行校准时，如图 A.1 所示进行接线，采用直接测量法，调节电火花检漏仪的输出电压进行校准；对脉冲电火花检漏仪进行校准时，如图 A.2 所示进行接线，采用直接测量法，调节电火花检漏仪的输出电压进行校准。

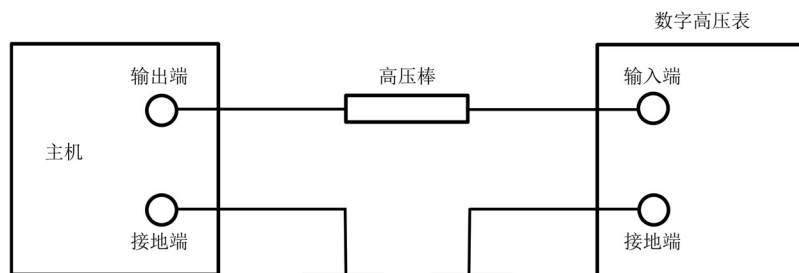


图 A.1 直流电火花检漏仪校准接线图

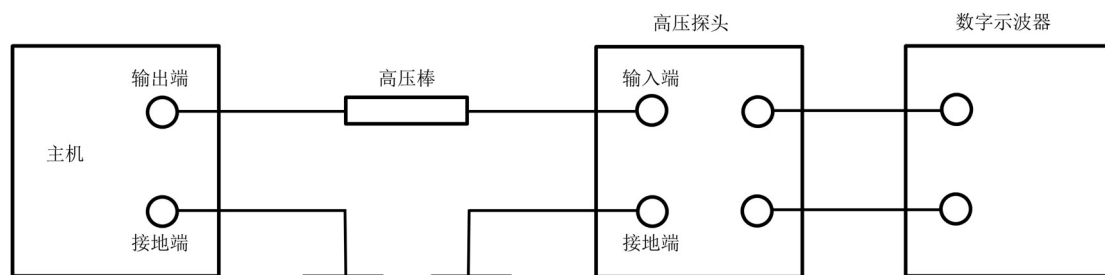


图 A.2 脉冲电火花检漏仪校准接线图

A.1.6 评定结果的使用

符合上述条件下的测量，一般可直接使用本不确定度评定结果。

A.2 测量模型

A.2.1 直流电压输出示值误差：

$$\delta_V = V_x - V_n \quad (\text{A.1})$$

式中：

δ_V ——直流电火花检漏仪的输出电压示值误差，kV；

V_x ——直流电火花检漏仪输出示值，kV；

V_n ——校准装置实测值，kV。

A.2.2 峰值电压输出示值误差：

$$\delta_{V_{peak}} = V_{peak x} - V_{peak n} \quad (\text{A.2})$$

式中：

$\delta_{V_{peak}}$ ——脉冲电火花检漏仪的输出电压示值误差，kV；

$V_{peak x}$ ——脉冲电火花检漏仪输出示值，kV；

$V_{peak n}$ ——校准装置实测值，kV。

A.2.3 波前时间示值误差：

$$\delta_T = T_x - T_n \quad (\text{A.3})$$

式中：

δ_T ——波前时间的相对误差， μs ；

T_x ——波前时间的标称值， μs ；

T_n ——波前时间的实测值， μs 。

A.3 标准不确定度评定

A.3.1 A 类不确定度分量

对被校电火花检漏仪在短时间内分别进行 10 次独立重复测量，得到测量数据，如表 A.1:

表 A.1 重复性测量数据

测量点	直流电压输出	脉冲电压峰值输出	波前时间
	$U=30\text{kV}$	$U_{peak}=30\text{kV}$	$T_x=0.2\mu\text{s}$
1	29.92	29.92	0.246
2	29.92	29.90	0.258
3	29.92	29.90	0.266
4	29.90	29.88	0.259
5	29.90	29.91	0.261
6	29.88	29.92	0.247
7	29.91	29.91	0.255
8	29.89	29.92	0.263
9	29.91	29.92	0.266
10	29.92	29.89	0.251

测量结果的算术平均值和试验标准偏差为:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\nu = n - 1$$

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

$$u_1(x) = \frac{s_1(x)}{\sqrt{n}}$$

$$u_{rel} = \frac{u_1}{\bar{x}}$$

表 A.2 A 类不确定度计算表

测量点	直流电压输出	脉冲电压峰值输出	波前时间
	$U=30\text{kV}$	$U_{peak}=30\text{kV}$	$T_x=0.2\mu\text{s}$
$\bar{x}$	29.91	29.91	0.26
S	0.034	0.034	0.0073
u	0.011	0.011	0.0023
u_{rel}	0.0004	0.0004	0.0088

A.3.2 B 类不确定度分量

主要为检定装置中的不确定度分量。根据标准器溯源证书，其校准结果符合其等级要求。依据误差的传递原则，测量量均服从均匀分布，取覆盖因子 $k=\sqrt{3}$ ，则由标准器引入的标准不确定度分量为表 A.3。

表 A.3 B 类不确定度计算表

不确定度分量	误差限 a	分布系数 k	标准不确定度分量 u_{rel}
数字高压表引入	$U \times 0.5\%$	$\sqrt{3}$	0.0029
高压探头引入	$U \times 0.5\%$	$\sqrt{3}$	0.0029
数字示波器引入	$U \times 0.5\%$	$\sqrt{3}$	0.0029

对于直流检漏仪，由标准器引入的不确定度为：

$$u'_{DCrel} = 0.0029$$

对于脉冲检漏仪，由标准器共同引入的不确定度为：

$$u'_{ACrel} = \sqrt{0.0029^2 + 0.0029^2} = 0.0041$$

A.3.3 标准不确定度评定

A.3.3.1 直流电压示值误差的合成不确定度：

$$u_c(V) = \sqrt{u_{rel}^2 + u'_{rel}^2} = \sqrt{0.0004^2 + 0.0029^2} = 0.0029$$

A.3.3.2 脉冲电压峰值示值误差的合成不确定度：

$$u_c(V_{peak}) = \sqrt{u_{rel}^2 + u'_{rel}^2} = \sqrt{0.0004^2 + 0.0041^2} = 0.0041$$

A.3.3.3 波前时间示值误差的合成不确定度:

$$u_c(T) = \sqrt{u_{rel}^2 + u_{rel}'^2} = \sqrt{0.0004^2 + 0.0041^2} = 0.0041$$

A.3.4 扩展不确定度评定

取覆盖因子 $k=2$, 则扩展不确定度计算如表 A.4。

$$U = ku_c$$

表 A.4 扩展不确定度计算表

不确定度	直流电压输出	脉冲电压峰值输出	波前时间
u_{rel}	0.0029	0.0041	0.0041
k	2	2	2
U_{rel}	0.6%	0.9%	0.9%

附录 B

校准原始记录格式

电火花检漏仪校准原始记录

委托单号:	证书编号:
客户名称:	校准日期: 年 月 日
联络信息:	接收日期: 年 月 日
器具名称:	生产厂商:
型号/规格: 出厂编号:	器具等级:
基(标)准装置名称:	基(标)准装置的测量范围及不确定度:
基(标)准装置号:	证书有效期至:
校准依据:	
校准环境条件: 温度 相对湿度	校准地点:

1. 电压输出示值

示值 (kV)	实测值 (kV)	测量不确定度 $U_{rel} (k=2)$

2. 电压输出稳定度

设定值 (kV)						
测量次数	1	2	3	4	5	6
实测值 (kV)						
稳定度 (%)						

3. 波前时间

标称值 (μs)	实测值 (μs)	测量不确定度 $U_{rel} (k=2)$

4.波形重合性

测量次数	1	2	3
实测值（kV）			
波形重合性偏差（%）			

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				
校准环境条件及地点：				
温 度		℃	地 点	
相对湿度		%	其 他	
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	检定/校准 证书编号	证书有效期至

证书编号 XXXXXXX-XXXX

校准结果

表 1 电压输出示值

示值 (kV)	实测值 (kV)	测量不确定度 U_{rel} ($k=2$)

表 2 电压输出稳定度

设定值 (kV)						
测量次数	1	2	3	4	5	6
实测值 (kV)						
稳定度 (%)						

表 3 波前时间

示值 (μs)	实测值 (μs)	测量不确定度 U_{rel} ($k=2$)

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

表 4 波形重合性			
测量次数	1	2	3
实测值 (kV)			
波形重合性偏差 (%)			
-----以下空白-----			
校准： 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“×××××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：

