

JJF

# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××—××××

## 氧化锌避雷器测试仪校准规范

Calibration Specification for Metal-oxide Surge Arresters Tester

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布

# 氧化锌避雷器测试仪 校准规范

## Calibration Specification for Metal-oxide Surge Arresters Tester

---

JJF XXXX-XX

归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：

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
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	2
5.1 参考电压.....	2
5.2 全电流.....	2
5.3 阻性电流.....	2
5.4 容性电流.....	3
5.5 相位角.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 测量标准及其他设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	4
8 校准结果表达.....	6
8.1 校准证书.....	6
9 复校时间间隔.....	7
附录 A.....	8
附录 B.....	11
附录 C.....	12

## 引言

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》、JJF1059.1-2019《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范是首次制定的国家计量校准规范。

## 氧化锌避雷器测试仪校准规范

### 1 范围

本规范适用于氧化锌避雷器交流参数测试仪的校准，本规范不适用于氧化锌避雷器直流参数测试仪、避雷器计数器测试仪等的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB 11032-2010 交流无间隙金属氧化物避雷器

DL/T 987-2017 氧化锌避雷器阻性电流测试仪通用技术条件

IEC 60099-5-2018 避雷器 第 5 部分：选择和应用建议 (Surge arresters –Part 5: Selection and application recommendations)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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 术语和计量单位

下列术语和定义适应于本规范

#### 3.1 参考电压 Reference voltage (IEC60099-5, 6.3.1)

避雷器端子间的运行电压。

备注：氧化锌避雷器测试仪输入电压通常为电压互感器二次电压，通过设置电压互感器的电压比，换算为参考电压显示。

#### 3.2 全泄漏电流 Total leakage current (IEC60099-5)

流过金属氧化物避雷器的电流，简称全电流。

#### 3.3 阻性泄漏电流 Resistive leakage current

由避雷器的非线性金属氧化物电阻片的电阻引起的泄漏电流，为全电流的阻性分量，简称阻性电流。

#### 3.4 容性泄漏电流 Capacitive leakage current

由避雷器的非线性金属氧化物电阻片的介电常数、分布电容等引起的泄漏电流，为全电流的容性分量，简称容性电流。

### 3.5 相位角 Phase angle

全电流超前参考电压的角度。

备注：校准过程中，对于具有谐波测量功能的氧化锌避雷器测试仪，阻性电流、容性电流指其基波；全电流、阻性电流和容性电流可用有效值或峰值表示，峰值为有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

## 4 概述

氧化锌避雷器测试仪是用于对金属氧化物避雷器的全电流、阻性电流、容性电流等交流电气参数进行测试的仪器，根据测量结果可判断避雷器的老化、受潮等质量状况。氧化锌避雷器测试仪通常具有参考电压和全电流输入端，其典型工作原理图如图 1 所示，参考输入电压通常采用电压互感器的二次电压，通过穿心式电流传感器或利用分流器与避雷器放电计数器并联的方式，实现避雷器全泄漏电流的采集，通过测量和分析全电流与参考电压的幅值和相位关系，得到相应电气参数。

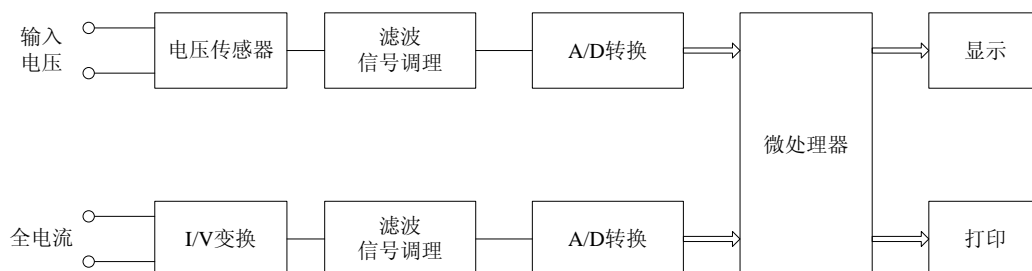


图 1 氧化锌避雷器测试仪测量原理图

## 5 计量特性

### 5.1 参考电压

参考电压除以互感器的电压比值即为氧化锌避雷器测试仪的输入电压，输入电压范围通常为 $(10\sim 200)\text{V}$ ，最大允许误差 $\pm(1\%\sim 10\%)$ 。

### 5.2 全电流

测量范围 $(0.1\sim 20)\text{mA}$ ，最大允许误差 $\pm(1\%\sim 10\%)$ 。

### 5.3 阻性电流

测量范围 $(0.01\sim 20)\text{mA}$ ，最大允许误差 $\pm(1\%\sim 10\%)$ 。

## 5.4 容性电流

测量范围(0.1~20) mA, 最大允许误差  $\pm(1\% \sim 10\%)$ 。

## 5.5 相位角

测量范围  $0 \sim 90^\circ$ , 最大允许误差  $\pm(0.05^\circ \sim 0.5^\circ)$ 。

注: 具体计量特性可参照被校氧化锌避雷器测试仪的技术要求。以上要求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:  $\leq 80\%$ 。

电网电压:  $(220 \pm 22)\text{V}$ 。

电网频率:  $(50 \pm 0.5)\text{Hz}$ 。

环境周围无影响仪器正常工作的干扰和机械振动, 以及其它影响量。

### 6.2 测量标准及其他设备

校准所用标准仪器设备, 应经过计量技术机构检定(或校准), 满足校准使用要求, 并在有效期内。校准所用标准仪器设备的测量范围应覆盖被校准参数的范围, 应具有足够的分辨力、准确度和稳定性。由测量标准、辅助设备及环境条件所引起的扩展不确定度( $k=2$ ), 应不大于被校氧化锌避雷器测试仪最大允许误差绝对值的三分之一。可选择以下可以满足校准要求的测量标准:

a) 氧化锌避雷器测试仪校准装置

b) 标准功率源

校准用测量标准的电压分辨力不低于  $0.1\text{V}$ , 全电流、阻性电流、容性电流的分辨力不低于  $0.01\text{mA}$ , 相位角分辨力不低于  $0.1^\circ$ 。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

氧化锌避雷器测试仪的校准项目见表 1。

表 1 氧化锌避雷器测试仪校准项目一览表

序号	项目名称	计量特性的条款	校准方法的条款
----	------	---------	---------



1	参考电压	5.1	7.2.2.1
2	全电流	5.2	7.2.2.2
3	阻性电流	5.3	7.2.2.3
4	容性电流	5.4	7.2.2.4
5	相位角	5.5	7.2.2.5

## 7.2 校准方法

### 7.2.1 校准前准备

#### 7.2.1.1 外观检查

被校氧化锌避雷器测试仪的名称、型号、制造厂名或商标、出厂编号等信息应齐全；外壳、端钮、开关和按键等应无影响校准或使用安全的松动、损伤、脱落；各种功能标志应齐全正确。

#### 7.2.1.2 通电检查

通电后开关、按键应能正常工作，各种显示均应正常。

### 7.2.2 校准过程

氧化锌避雷器测试仪校准时，被测仪器与标准器的接线图如图 2 所示。

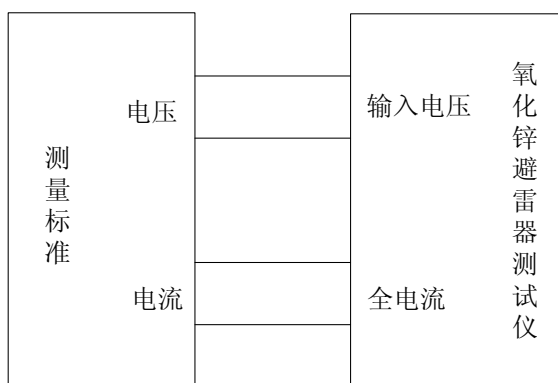


图 2 氧化锌避雷器测试仪校准连接图

#### 7.2.2.1 参考电压

根据客户要求设置互感器电压比，或选择某一常用电压比。

改变测量标准的输出电压，在被校测试仪输入电压量程范围内均匀选取至少 5 个点进行校准，校准点必须包含 100V。参考电压的示值误差按公式(1)计算。

$$\Delta U = U_x - kU_0 \quad (1)$$

式中：

$\Delta U$  —— 氧化锌避雷器测试仪参考电压的示值误差，kV；

$U_x$  —— 氧化锌避雷器测试仪参考电压的示值，kV；

$k$  —— 互感器电压比设置值；

$U_0$  —— 测量标准输出的电压标准值，V。

#### 7.2.2.2 全电流

改变测量标准的输出电流，在被校测试仪全电流量程范围内均匀选取至少 5 个点进行校准。全电流的示值误差按公式(2)计算。

$$\Delta I = I_x - I_0 \quad (2)$$

式中：

$\Delta I$  —— 氧化锌避雷器测试仪全电流示值误差，mA；

$I_x$  —— 氧化锌避雷器测试仪全电流的示值，mA；

$I_0$  —— 测量标准输出的全电流标准值，mA。

#### 7.2.2.3 阻性电流

被校氧化锌避雷器测试仪的补偿角设为 0°；测量标准的输出电压设置为 100V，容性电流设置为 1mA，阻性电流分别设置为 50 $\mu$ A、100 $\mu$ A、200 $\mu$ A、500 $\mu$ A 以及被校测试仪阻性电流测量上限值的 10%、50%和 80%，记录测试仪阻性电流的示值。阻性电流的示值误差按公式(3)计算。

$$\Delta I_R = I_{RX} - I_{R0} \quad (3)$$

式中：

$\Delta I_R$  —— 氧化锌避雷器测试仪阻性电流的示值误差，mA；

$I_{RX}$  —— 氧化锌避雷器测试仪阻性电流的示值，mA；

$I_{R0}$  —— 测量标准输出的阻性电流标准值，mA。

#### 7.2.2.4 容性电流

被校氧化锌避雷器测试仪的补偿角设为 0°；测量标准的输出电压设置为 100V，阻性电流设置为 1mA，容性电流分别设置为被校测试仪容性电流测量上限值的 10%、20%、50%和 80%，记录测试仪容性电流的示值。容性电流的示值误差按公式(4)计算。

$$\Delta I_C = I_{CX} - I_{C0} \quad (4)$$

式中：

$\Delta I_C$ ——氧化锌避雷器测试仪容性电流的示值误差，mA；

$I_{CX}$ ——氧化锌避雷器测试仪容性电流的示值，mA；

$I_{C0}$ ——测量标准输出的容性电流标准值，mA。

#### 7.2.2.5 相位角

被校氧化锌避雷器测试仪的补偿角设为  $0^\circ$ ，测量标准的输出电压设置为 100V，输出电流设置为 1mA，分别设置输出电流超前输出电压  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$  和  $90^\circ$ ，记录测试仪相位角的示值。相位角的示值误差按公式(5)计算。

$$\Delta\varphi = \varphi_x - \varphi_0 \quad (5)$$

式中：

$\Delta\varphi$ ——氧化锌避雷器测试仪相位角的示值误差， $^\circ$ ；

$\varphi_x$ ——氧化锌避雷器测试仪相位角的示值， $^\circ$ ；

$\varphi_0$ ——测量标准输出信号的相位角标准值， $^\circ$ 。

## 8 校准结果表达

### 8.1 校准证书

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。

## 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 测量不确定度评定示例

### A.1 引言

阻性电流是氧化锌避雷器测试仪最重要的测量参数，本附录以阻性电流 0.1 mA 示值误差校准结果的测量不确定度为例，说明氧化锌避雷器测试仪校准项目的测量不确定度评定的程序，其它校准项目的测量不确定度评定程序类同。

### A.2 阻性电流示值误差校准不确定度评定

#### A.2.1 测量模型

氧化锌避雷器测试仪阻性电流示值误差校准方法见 7.2.2.3，采用氧化锌避雷器测试仪校准装置，直接输出标准电压和电流信号，测量模型可用式 (A.1) 表示：

$$\Delta I_{\text{R}} = I_{\text{RX}} - I_{\text{R0}} \quad (\text{A.1})$$

式中：

$\Delta I_{\text{R}}$ ——氧化锌避雷器测试仪阻性电流的示值误差，mA；

$I_{\text{RX}}$ ——氧化锌避雷器测试仪阻性电流的示值，mA；

$I_{\text{R0}}$ ——测量标准输出的阻性电流标准值，mA。

各输入量之间不相关，不确定度传播可用公式 (A.2) 表示。

$$u_{\text{c}}(\Delta I_{\text{R}}) = \sqrt{u^2(I_{\text{RX}}) + u^2(I_{\text{R0}})} \quad (\text{A.2})$$

式中：

$u_{\text{c}}(\Delta I_{\text{R}})$ ——氧化锌避雷器测试仪阻性电流示值误差的合成标准不确定度，mA；

$u(I_{\text{RX}})$ ——被校氧化锌避雷器测试仪引入的标准不确定度，mA；

$u(I_{\text{R0}})$ ——测量标准引入的标准不确定度，mA。

#### A.2.2 标准不确定度来源

##### A.2.2.1 $u(I_{\text{R0}})$ 的来源

a) 测量标准的阻性电流准确度引入的不确定度  $u_1(I_{\text{R0}})$

##### A.2.2.2 $u(I_{\text{RX}})$ 的来源

a) 被校氧化锌避雷器测试仪分辨力引入的不确定度  $u_1(I_{\text{RX}})$ ；

b) 被校氧化锌避雷器测试仪重复性引入的不确定度  $u_2(I_{\text{RX}})$ 。

注：当  $u_2(I_{\text{RX}}) > u_1(I_{\text{RX}})$  时， $u_1(I_{\text{RX}})$  可以不重复计入

#### A.2.3 标准不确定度评定

A.2.3.1 测量标准的阻性电流准确度引入的不确定度  $u_1(I_{R0})$ 

测量标准输出的阻性电流准确度引入的标准不确定度  $u_1(I_{R0})$  采用 B 类方法评定。

测量标准阻性电流的技术指标为  $\pm(0.2\% + 1\mu\text{A})$ ，在 0.1mA 测量点最大允许误差为  $\pm 0.0012\text{mA}$ ，则分散区间的半宽度为  $a = 0.0012\text{mA}$ ，在该区间内为均匀分布，包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，则测量标准引入的标准不确定度为：

$$u_1(I_{R0}) = \frac{a}{k} = \frac{0.0012\text{mA}}{\sqrt{3}} = 0.00069\text{mA}$$

A.2.3.2 被校氧化锌避雷器引入的标准不确定度  $u(I_{RX})$ A.2.3.2.1 被校氧化锌避雷器测试仪分辨力引入的不确定度  $u_1(I_{RX})$ 

被校氧化锌避雷器测试仪阻性电流分辨力为 0.001mA，按 B 类方法进行评定，其区间半宽为  $a = 0.0005\text{mA}$ ，为均匀分布，则包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，由分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_1(I_{RX}) = \frac{a}{k} = \frac{0.0005\text{mA}}{\sqrt{3}} = 0.00029\text{mA}$$

A.2.3.2.2 被校氧化锌避雷器重复性引入的标准不确定度  $u_2(I_{RX})$ 

测量结果的重复性引入的标准不确定度采用 A 类方法评定。10 次重复测量结果如表 A.1 所示，用贝塞尔公式 (A.3) 计算实验标准差

$$s(I_{RX}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (I_{RXi} - \overline{I_{RX}})^2}{n-1}} \quad (\text{A.3})$$

式中：

$\overline{I_{RX}}$  —— 被校氧化锌避雷器测试仪 10 次测量值的平均值，mA；

$I_{RXi}$  —— 被校氧化锌避雷器测试仪第  $i$  次测量值，mA；

$n$  —— 重复测量的次数。

表 A.1 氧化锌避雷器测试仪阻性电流重复性测量数据

第 $i$ 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/mA	0.100	0.101	0.100	0.100	0.100	0.099	0.100	0.101	0.100	0.100

根据公式 (A.3) 计算出重复性重复测量的单次实验标准差为：

$$s(I_{RX}) = 0.00057 \text{ mA}$$

则测量重复性引入的不确定度为：

$$u_2(I_{RX})=s(I_{RX}) = 0.00057 \text{ mA}$$

为避免重复计算，测量结果的重复性和氧化锌避雷器测试仪的分辨力引入的不确定度，取两者较大值作为被校测试仪引入的合成标准不确定度分量。因  $u_2(I_{RX}) > u_1(I_{RX})$ ，故舍去被校测试仪分辨力引入的标准不确定度分量  $u_1(I_{RX})$ 。被校测试仪引入的标准不确定度为：

$$u(I_{RX})=u_2(I_{RX}) = 0.00057 \text{ mA}$$

#### A.2.4 不确定分量一览表

不确定度分量见表 A.2

表 A.2 氧化锌避雷器测试仪阻性电流校准不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	分布类型	k 值	标准不确定度
$u_1(I_{R0})$	测量标准的阻性电流准确度	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.00069 mA
$u(I_{R0})$	测量标准	0.00069 mA			
$u_1(I_{RX})$	被校氧化锌避雷器测试仪分辨力	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.00029 mA
$u_2(I_{RX})$	被校氧化锌避雷器测试仪重复性	A	正态	1	0.00057 mA
$u(I_{RX})$	被校氧化锌避雷器	0.00057 mA			

#### A.2.5 合成标准不确定度 $u_c(\Delta I_R)$

合成标准不确定度按公式 (A.2) 计算。

$$u_c(\Delta I_R) = \sqrt{u^2(I_{RX}) + u^2(I_{R0})} = 0.0009 \text{ mA}$$

#### A.2.6 扩展不确定度 $U(\Delta I_R)$

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta I_R) = k \times u_c(\Delta I_R) = 0.002 \text{ mA} \quad (k=2)$$

## 附录 B 校准原始记录格式

## 氧化锌避雷器测试仪校准原始记录格式

证书编号 \_\_\_\_\_ 记录编号 \_\_\_\_\_  
 委托单位 \_\_\_\_\_ 委托单位地址 \_\_\_\_\_  
 型号规格 \_\_\_\_\_ 出厂编号 \_\_\_\_\_  
 制造单位 \_\_\_\_\_ 校准依据 \_\_\_\_\_  
 校准环境条件： 温度 \_\_\_\_\_ °C 相对湿度 \_\_\_\_\_ % 校准地点 \_\_\_\_\_  
 校准日期 \_\_\_\_\_ 年 月 日 复校时间 \_\_\_\_\_ 年 月 日  
 校准员 \_\_\_\_\_ 核验员 \_\_\_\_\_

## 主要标准器

序号	标准器名称	型号规格	编号	不确定度或准确度等级或最大允许误差	证书编号	有效期至

1.参考电压(电压比: _____ )			
标准值/V	显示值/kV	示值误差/kV	测量不确定度(k=2)
2.全电流			
标准值/mA	显示值/mA	示值误差/mA	测量不确定度(k=2)
3.阻性电流 (电压: 100 V, 容性电流: 1 mA)			
标准值/mA	显示值/mA	示值误差/mA	测量不确定度(k=2)
4.容性电流 (电压: 100 V, 阻性电流: 1 mA)			
标准值/mA	显示值/mA	示值误差/mA	测量不确定度(k=2)
5.相位角 (电压: 100 V, 全电流: 1 mA)			
标准值/°	显示值/°	示值误差/°	测量不确定度(k=2)



## 附录 C 校准证书内页格式

## 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	检定/校准证 书编号	证书有效期至

注:

1. XXXXX 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所校准的对象有效。
3. 未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

证书编号 XXXXXX-XXXX

# 校准结果

1.参考电压(电压比: )			
标准值/V	显示值/kV	示值误差/kV	测量不确定度(k=2)
2.全电流			
标准值/mA	显示值/mA	示值误差/mA	测量不确定度(k=2)
3.阻性电流 (电压: 100 V, 容性电流: 1 mA)			
标准值/mA	显示值/mA	示值误差/mA	测量不确定度(k=2)
4.容性电流 (电压: 100 V, 阻性电流: 1 mA)			
标准值/mA	显示值/mA	示值误差/mA	测量不确定度(k=2)
5.相位角 (电压: 100 V, 全电流: 1 mA)			
标准值/°	显示值/°	示值误差/°	测量不确定度(k=2)
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1-2017 的要求。			
敬告:			
1. 被校准仪器修理后, 应立即进行校准。			
2. 在使用过程中, 如对被校准仪器的技术指标产生怀疑, 请重新校准。			
3. 根据客户要求和校准文件的规定, 通常情况下 12 个月校准一次。			

校准员:

核验员:

第 X 页 共 X 页