

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××—××××

输变电设备在线监测装置校准规范  
金属氧化物避雷器在线监测装置

Calibration specification for on-line monitoring devices  
of metal-oxide surge arrester

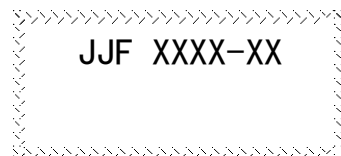
(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布

# 输变电设备在线监测装置校准 规范 金属氧化物避雷器在线监 测装置



Calibration specification for on-line  
monitoring devices of metal-oxide surge  
arrester

---

归口单位：全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会

主要起草单位：国家高电压计量站

×××

×××

参加起草单位：×××

本规范委托全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：

×××（国家高电压计量站）

×××（××××××××××）

×××（××××××××××）

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 .....	3
6. 校准条件 .....	3
6.1 环境条件 .....	3
6.2 测量标准及辅助设备 .....	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 .....	7
8.1 数据处理 .....	7
8.2 校准证书 .....	7
9. 复校时间间隔 .....	8
附录 A 安装后及运行中的监测装置校准方法 .....	9
附录 B 校准原始记录格式 .....	11
附录 C 校准证书内页格式 .....	14
附录 D 测量不确定度评定示例 .....	16

# 引言

本规范依据国家计量技术规范 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》、JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》共同支撑本规范的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

# 输变电设备在线监测装置校准规范

## 金属氧化物避雷器在线监测装置

### 1. 范围

本规范适用于金属氧化物避雷器在线监测装置（以下简称“监测装置”）的校准。  
本标准不适用于避雷器放电计数器的校准。

### 2. 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 2900.12—2008 电工术语 避雷器、低压电涌保护器及元件

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

#### 3.1 金属氧化物避雷器 metal-oxide surge arrester

由非线性金属氧化物电阻片串联和（或）并联组成的用于保护电气设备免受高瞬态过电压危害并限制续流时间也常限制续流幅值的一种电器。

[GB/T 2900.12-2008，一般术语 2.3，有修改]

#### 3.2 在线监测装置 on-line monitoring device

通常安装在被监测设备上或附近，用以自动采集、处理和发送被监测设备状态信息的监测装置（含传感器）。

#### 3.3 （监测装置的）参考电压 reference voltage (of the monitoring device)

测量阻性电流时作为相位参考的电压，该电压通过电压互感器二次侧获取，通常为工频  $100\text{V}/\sqrt{3}$  或  $100\text{V}$ 。

#### 3.4 全电流 total current

在正常运行电压下，流过金属氧化物电阻片的全部电流。全电流由阻性电流和容性电流组成。

[GB/T 2900.12-2008, 无间隙金属氧化物避雷器 3.13, 有修改]

### 3.5 阻性电流 resistive component of current

全电流的阻性分量。

[GB/T 2900.12-2008, 无间隙金属氧化物避雷器 3.14, 有修改]

## 4. 概述

监测装置通过测量金属氧化物避雷器的全电流  $I$ 、阻性电流  $I_r$  及参考电压  $U$  等参数，实时监测金属氧化物避雷器的绝缘状态。监测装置由参考电压采集单元、全电流采集单元、信号处理与分析单元、通讯显示单元组成。其工作原理如图 1 所示。

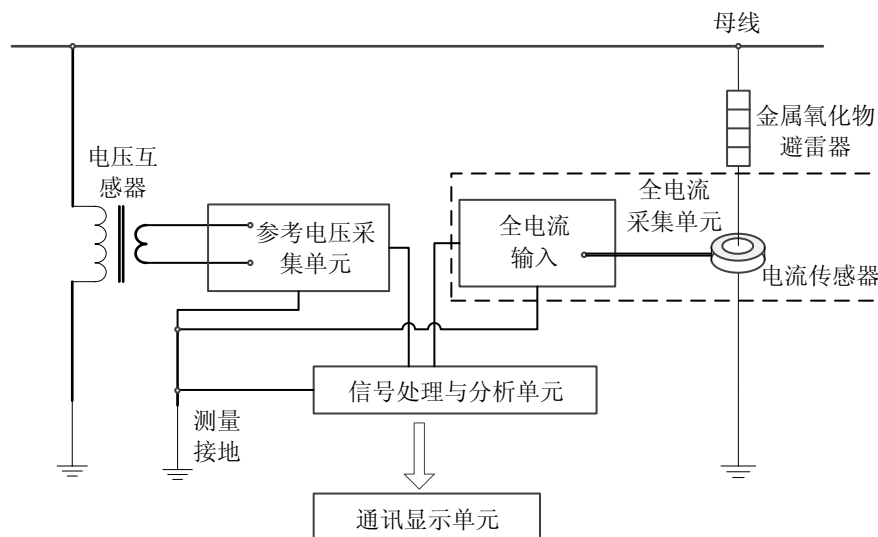


图 1 金属氧化物避雷器在线监测装置工作原理图

## 5. 计量特性

### 5.1 参考电压

参考电压测量范围：(10~120) V；

参考电压示值最大允许误差：±(1%×读数)。

### 5.2 全电流

全电流测量范围：(0.1~50) mA；

全电流示值最大允许误差：±(1%×读数+0.1mA)。

### 5.3 阻性电流

阻性电流测量范围：(0.1~50) mA；

阻性电流示值最大允许误差：±(5%×读数+0.1mA)。

### 5.4 相位角

相位角测量范围：0°~360°；

相位角示值最大允许误差：±0.1°。

注：以上指标不用于合格性判别,仅供参考。

## 6. 校准条件

### 6.1 环境条件

校准时环境条件应满足以下要求：

——电源电压：(220±11) V；

——电源频率：(50±0.5) Hz；

——环境温度：(20±5) °C；

——相对湿度：30%~80%；

——电压谐波总畸变率： $U_{thd} \leq 2\%$ 。

### 6.2 测量标准及辅助设备

#### 6.2.1 绝缘电阻测试仪

准确度等级不低于5级，额定电压不低于1kV。

#### 6.2.2 耐电压测试仪

准确度等级不低于5级，额定电压不低于2kV。

#### 6.2.3 标准装置

应使用具有工频电压、电流、相位角调节等功能的标准装置(标准功率源/标准功率表)实施校准工作。实验室环境条件下，标准装置的计量性能应满足表1的要求。



表1 标准装置的主要技术指标

序号	参数名称	主要技术指标
1	工频电压	测量范围（10~120）V，示值最大允许误差不超过 $\pm(0.2\% \times \text{读数})$
2	工频电流	测量范围（0.1~50）mA，示值最大允许误差不超过 $\pm(0.2\% \times \text{读数} + 20\mu\text{A})$
3	工频相位角	测量范围 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，示值最大允许误差不超过 $\pm 0.02^\circ$

## 7. 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

校准项目包括参考电压、全电流、阻性电流及相位角。

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 校准前准备

##### 7.2.1.1 外观及通电检查

采用目测法进行外观及通电检查，检查内容包括：

——监测装置本体和功能单元外观情况，包括接地端钮和接地标识；

——监测装置面板或铭牌是否明确标明名称、型号、测量范围、最大允许误差、制造厂名称、出厂日期、出厂编号等信息；

——监测装置通电后，显示屏、指示灯应正常，各单元应正常工作。

##### 7.2.1.2 绝缘电阻

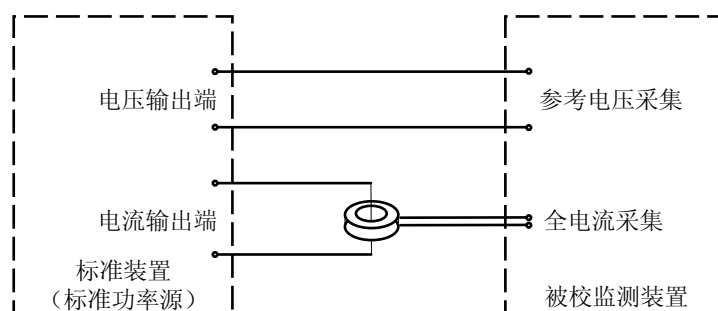
使用绝缘电阻表测量被校监测装置电源输入端与机壳之间的绝缘电阻，试验电压500V，绝缘电阻测量值应不小于20M $\Omega$ 。

##### 7.2.1.3 介电强度

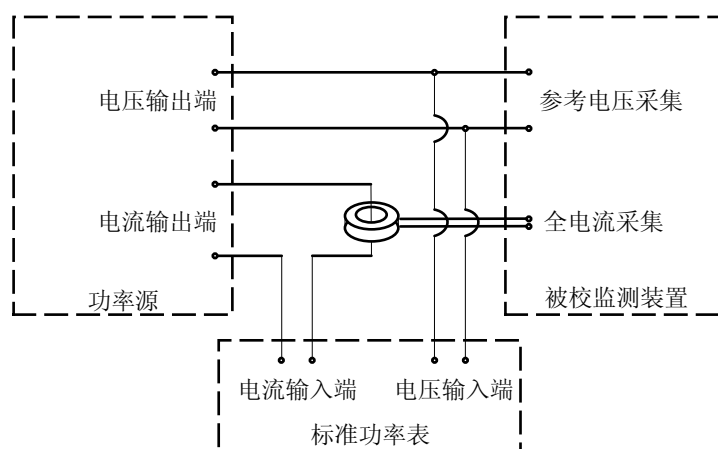
使用耐电压测试仪在被校监测装置的电源输入端与外壳之间，施加电压2kV，历时1min，应无飞弧和击穿现象。

### 7.2.2 参考电压

监测装置校准接线按图2进行。



a) 标准源法



b) 标准表法

图 2 金属氧化物避雷器在线监测装置校准接线图

参考电压的校准点为10V、57.7V、100V、120V，其它校准点可根据实际需要进行增补。将标准装置输出的参考电压设置为各个校准点对应的电压值，施加标准信号，启动被校监测装置进行测量并记录参考电压示值，示值误差按公式（1）计算：

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

式中：

$\Delta U$ ——被校监测装置的示值绝对误差，V；

$U_x$ ——被校监测装置的示值，V；

$U_s$ ——标准装置的示值，V。

### 7.2.3 全电流

按图2所示接线。校准点在被校监测装置的全电流测量范围内均匀选取，且宜覆盖被校监测装置的全电流测量范围的上限值、下限值及1mA、2mA、5mA点。其它校准点可根

据实际需要进行增补。将标准装置输出的全电流设置为各个校准点对应的输出电流值，施加标准信号，启动被校监测装置进行测量并记录全电流示值，示值误差按公式（2）计算：

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

式中：

$\Delta I$ ——被校监测装置的示值绝对误差，mA；

$I_x$ ——被校监测装置的示值，mA；

$I_s$ ——标准装置的示值，mA。

#### 7.2.4 阻性电流

按图2所示接线。校准点在被校监测装置的阻性电流测量范围内均匀选取，且宜覆盖被校监测装置的阻性电流测量范围的上限值、下限值及0.1mA、0.2mA、0.5mA、1mA点。其它校准点可根据实际需要进行增补。将标准装置输出的阻性电流设置为各个校准点对应的输出电流值，标准装置输出的参考电压设置为57.7V或100V，标准装置输出的全电流设置为被校监测装置阻性电流校准点的5倍或被校监测装置全电流测量上限值，施加标准信号，记录被校监测装置阻性电流示值，示值误差按公式（3）计算。

$$\Delta I_{rx} = I_{rx} - I_{rs} \quad (3)$$

式中：

$\Delta I_{rx}$ ——被校监测装置的示值绝对误差，mA；

$I_{rx}$ ——被校监测装置的示值，mA；

$I_{rs}$ ——标准装置的示值，mA。

#### 7.2.5 相位角

按图2所示接线。校准点在被校监测装置的相位角测量范围内均匀选取，且宜覆盖被校监测装置的相位角测量范围的上限值、下限值及75°、80°、85°点。其它校准点可根据实际需要进行增补。将标准装置输出的相位角设置为各个校准点对应的输出相位角值，标准装置输出的参考电压设置为57.7V或100V，标准装置输出的全电流设置为5mA或被校监测装置全电流测量上限值，施加标准信号，记录被校监测装置电流相位角示值，示值误差按公式（4）计算。

$$\Delta \varphi = \varphi_x - \varphi_s \quad (3)$$

式中：

$\Delta\varphi$ ——被校监测装置的示值绝对误差，°；

$\varphi_x$ ——被校监测装置的示值，°；

$\varphi_s$ ——标准装置的示值，°。

## 8. 校准结果表达

### 8.1 数据处理

校准数据结果末位应与测量结果扩展不确定度的末位对齐。

### 8.2 校准证书

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，测量不确定度评定示例见附录 D。

## 9. 复校时间间隔

建议监测装置投运后的复校时间间隔，结合监测装置的工作状态和被监测主设备检修计划综合确定。安装后及运行中的监测装置校准方法可参照附录 A 进行。

## 附录 A 安装后及运行中的监测装置校准方法

安装后及运行中的监测装置校准时，应对试验现场的环境温度、相对湿度以及工频电场和工频磁场值进行记录。校准时标准装置环境条件要求与实验室校准条件一致，辅助设备及其试品环境条件为温度（-25~70）℃、相对湿度5%~100%。

监测装置带电运行工况下，可采用电流清零法和阻性电流增量叠加比较法进行校准。

电流清零法校准接线如图A.1所示。标准装置的电压取样单元与被校监测装置的参考电压采集单元接在同一个电压互感器二次侧。被校监测装置的穿心线通过标准装置的电流清零传感器接入电流清零回路。调节标准装置清零电流输出，观察被校监测装置的示值。当被校接近0（或小于1mA）时，按图A.1接入标准装置，并按7.2.2和7.2.4进行全电流和阻性电流的校准。

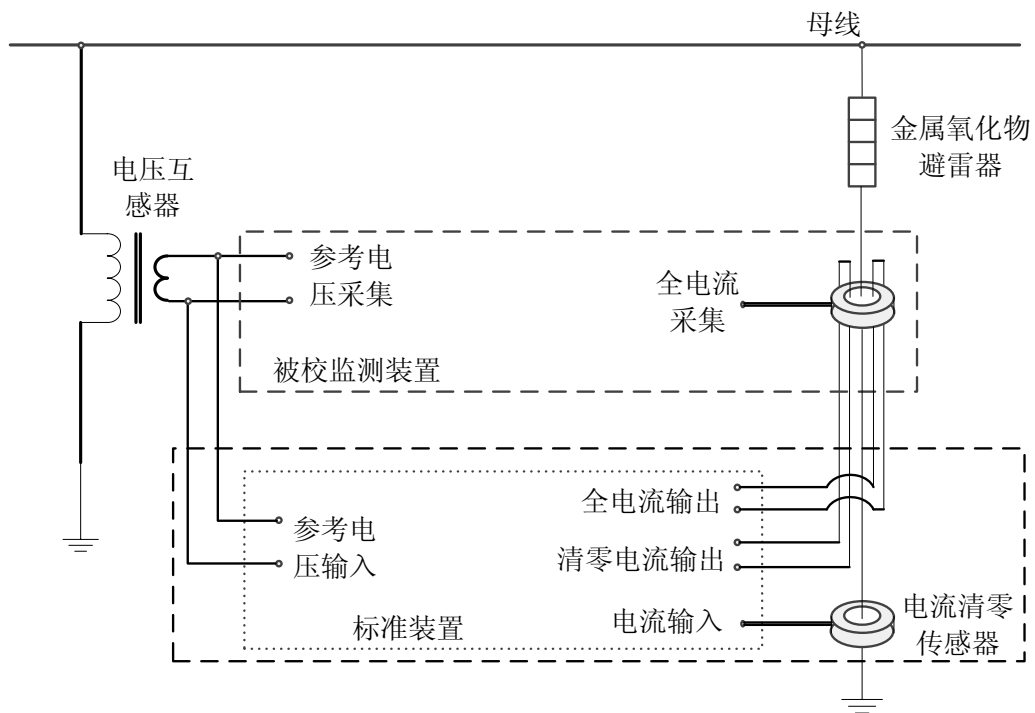


图 A.1 电流清零法校准接线图

阻性电流增量叠加比较法校准接线如图A.2所示。标准装置的电压取样单元与被校监测装置的参考电压采集部分接在同一个电压互感器二次侧。调节标准装置输出电流与标准装置参考电压的相角，使得标准装置输出电流为阻性电流（或为容性电流）；改变标准装置

输出电流的大小，使得施加进入被校监测装置传感器的全电流和阻性电流达到预定的校准点，并按7.2.2和7.2.4进行全电流和阻性电流的校准。

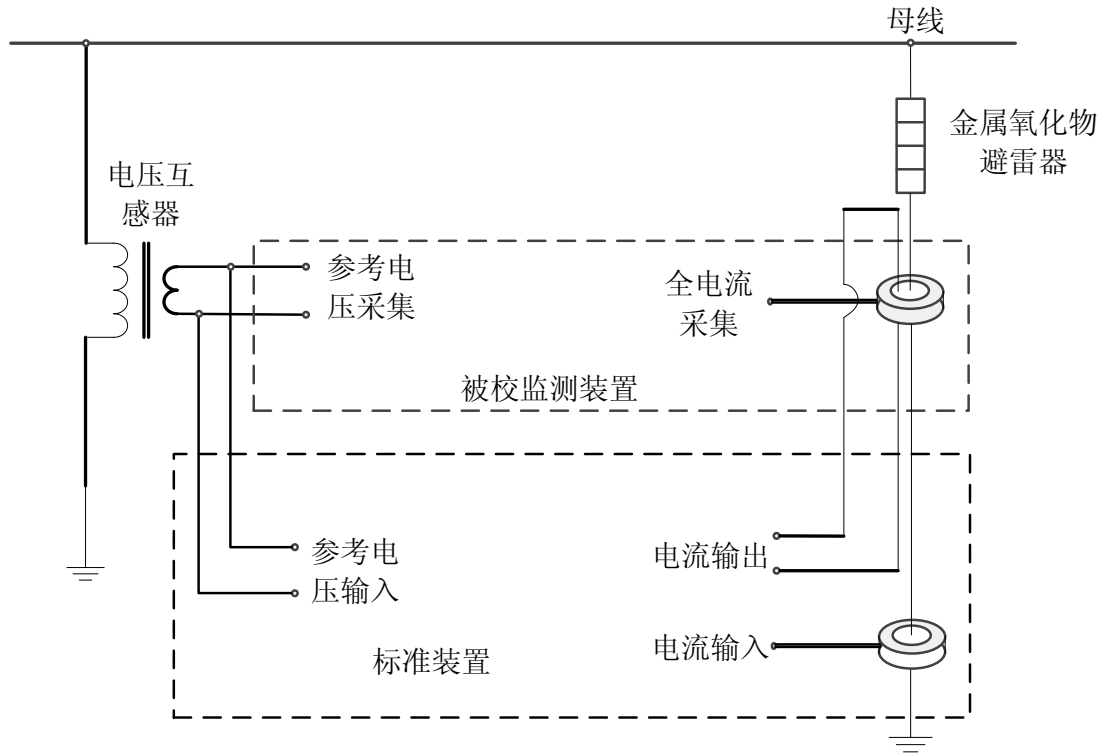


图 A.2 阻性电流增量叠加比较法校准接线图

附录 B 校准原始记录格式

金属氧化物避雷器在线监测装置校准原始记录

第×页，共×页

(第×××号)

委托单位： \_\_\_\_\_

被校监测装置名称： \_\_\_\_\_

制造单位： \_\_\_\_\_

型号规格： \_\_\_\_\_

被校监测装置编号： \_\_\_\_\_

校准时间： \_\_\_\_\_



校准依据:			
校准使用的计量标准器			
标准器具名称			
型号			
出厂编号			
测量范围			
准确度等级			
证书号及有效期			
上级溯源机构名称			
校准环境条件			
环境温度	℃	相对湿度	%
校准项目			
一、参考电压			
标准值 (V)	被校监测装置示值 (V)	不确定度 ( $k=2$ )	
二、全电流			
标准值 (mA)	被校监测装置示值 (mA)	不确定度 ( $k=2$ )	

## 校准项目

## 三、阻性电流

全电流 (mA)	参考电压 (V)	标准值 (mA)	被校监测装置示值 (mA)	不确定度 ( $k=2$ )

## 四、相位角

全电流 (mA)	参考电压 (V)	标准值 (°)	被校监测装置示值 (°)	不确定度 ( $k=2$ )

校准员:

核验员:

第×页, 共×页

## 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>				
不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 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	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

证书编号 XXXXXX-XXXX

## 校准结果

## 一、参考电压

标准值 (V)	被校监测装置示值 (V)	不确定度 ( $k=2$ )

## 二、全电流

标准值 (mA)	被校监测装置示值 (mA)	不确定度 ( $k=2$ )

## 三、阻性电流

全电流 (mA)	参考电压 (V)	标准值 (mA)	被校监测装置示值 (mA)	不确定度 ( $k=2$ )

## 四、相位角

全电流 (mA)	参考电压 (V)	标准值 ( $^{\circ}$ )	被校监测装置示值 ( $^{\circ}$ )	不确定度 ( $k=2$ )

## 附录 D 测量不确定度评定示例

### D.1 引言

本部分以全电流为例进行测量不确定度的评定，其他参量的测量不确定度评定可参照进行。

### D.2 测量模型

全电流的校准采用绝对误差表达式作为参考模型，如公式 (D.1)。

$$\Delta I = I_x - I_s \quad (\text{D.1})$$

式中：

$\Delta I$ ——被校监测装置的示值误差，mA；

$I_x$ ——被校监测装置的示值，mA；

$I_s$ ——标准装置的示值，mA。

不确定度传播可用公式 (D.2) 表示。

$$u_c(\Delta I) = \sqrt{u^2(I_x) + u^2(I_s)} \quad (\text{D.2})$$

式中：

$u_c(\Delta I)$ ——被校监测装置示值误差的合成标准不确定度；

$u(I_x)$ ——被校监测装置引入的标准不确定度；

$u(I_s)$ ——标准装置引入的标准不确定度。

### D.3 校准结果测量不确定度评定

#### D.3.1 测量不确定度的主要来源

校准监测装置时，其校准不确定度来源主要包括以下几项：

- a) 被校监测装置测量结果重复性引入的不确定度分量  $u_1$ ；
- b) 被校监测装置分辨力引入的不确定度分量  $u_2$ ；
- c) 由标准装置示值误差引入的标准不确定度分量  $u_3$ 。

由于在A类方法评估中已经包含了标准装置的稳定性、试验环境温度变化等因素，因此在B类方法评估中不再单独列举由上述因素引入的分量。

#### D.3.2 重复性引入的不确定度分量 $u_1$

重复性引入的测量不确定度分量用测量结果的标准偏差表示，采用A类方法评定。选取参考电压100V、全电流10mA作为校准点，进行重复性测量，结果如表D.1。

表D.1 实验室重复性测量结果

序号	全电流示值 (mA)
1	10.03
2	10.05
3	10.04
4	10.03
5	10.05
6	10.03
7	10.02
8	10.02
9	10.04
10	10.03
平均值 $\bar{x}$	10.034
标准偏差 $S(x)$	$1.1 \times 10^{-2}$

### D.3.3 监测装置分辨力引入的不确定度分量 $u_2$

监测装置在 10mA 时的分辨力为 0.01mA，区间半宽为 0.005mA，服从均匀分布，包含因子  $k=\sqrt{3}$ ，则由监测装置分辨力引入的不确定度分量：

$$u_2 = 0.005\text{mA} / \sqrt{3} \approx 2.9 \times 10^{-3}\text{mA}$$

由于  $u_1 > u_2$ ，在合成时忽略此分量。

### D.3.4 标准装置示值误差引入的不确定度分量 $u_3$

由校准证书上给出标准装置的校准不确定度及出厂技术指标得出，在10mA校准点其最大允许误差为  $\pm 0.02\text{mA}$ ，服从均匀分布，包含因子  $k=\sqrt{3}$ ，则由标准装置示值最大允许误差引入的不确定度分量：

$$u_3 = 0.02\text{mA} / \sqrt{3} \approx 1.2 \times 10^{-2}\text{mA}$$

### D.3.5 合成标准不确定度与扩展不确定度

全电流校准结果的测量不确定度的来源及数值汇总见表D.2中。

表D.2 实验室校准测量不确定度的来源及数值汇总

不确定度来源	测量结果分布	标准不确定度方法类型	标准不确定度分量	标准不确定度分量值 (mA)
测量结果重复性	正态	A	$u_1$	$1.1 \times 10^{-2}$
标准器	均匀	B	$u_3$	$1.2 \times 10^{-2}$

由于表D.2中各标准不确定度分量互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} \approx 1.7 \times 10^{-2} \text{ mA}$$

取包含因子 $k=2$ ，则全电流校准的扩展不确定度：

$$U = k u_c \approx 4 \times 10^{-2} \text{ mA}, \quad k=2$$