**《氧化锌避雷器测试仪》校准规范**

**测量结果的不确定度评定**

**校准规范编制小组**

**2021年10月**

氧化锌避雷器测试仪测量结果不确定度评定

1 概述

参考电压、全电流、阻性电流、容性电流、相位角是氧化锌避雷器测试仪最重要的测量参数，氧化锌避雷器测试仪校准规范将其列为校准项目，本文对氧化锌避雷器测试仪校准结果的测量不确定度进行评定。

2 参考电压示值误差校准不确定度评定

2.1 测量模型

氧化锌避雷器测试仪参考电压示值误差校准方法见7.2.2.1，采用氧化锌避雷器测试仪校准装置，直接输出100V标准电压信号，测量模型可用式（2.1）表示：

 (2.1)

式中：

*∆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*——*测量标准输出的参考电压标准值，V。

各输入量之间不相关，不确定度传播可用公式（2.2）表示。

 (2.2)

式中：

*u*c(∆*U*) ——被校氧化锌避雷器测试仪参考电压示值误差的合成标准不确定度，kV；

*u*(*U*X) —— 被校氧化锌避雷器测试仪引入的标准不确定度，kV；

*u*(*U*0)—— 测量标准引入的标准不确定度，V。

2.2 标准不确定度来源

2.2.1 *u*(*U*0)的来源

a) 测量标准的输出电压准确度引入的不确定度*u*1(*U*0)

2.2.2 *u*(*U*X)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(*U*X)；

b) 被校氧化锌避雷器测试仪重复性引入的不确定度*u*2(*U*X)。

注：当*u*2(*U*X) > *u*1(*U*X)时，*u*1(*U*X) 可以不重复计入

2.3 标准不确定度评定

2.3.1 测量标准的输出电压准确度引入的不确定度*u*1(*U*0)

测量标准的输出电压准确度引入的标准不确定度*u*1(*U*0)采用B类方法评定。

测量标准的输出电压技术指标为±0.2%，在100V测量点最大允许误差为±0.2V，则分散区间的半宽度为*a* = 0.2V，在该区间内为均匀分布，包含因子*k*=，则测量标准引入的标准不确定度为：

*u*1(*U*0)=  =0.12V

2.3.2 被校氧化锌避雷器引入的标准不确定度*u*(*U*X)

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(*U*X)

被校氧化锌避雷器测试仪参考电压分辨力为0.01kV，按B类方法进行评定，其区间半宽为*a* = 0.005kV，为均匀分布，则包含因子*k*=，由分辨力引入的标准不确定度为：

*u*1(*U*X)=  =0.0029kV

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(*U*X)

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2.1所示，用贝塞尔公式（2.3）计算实验标准差

 （2.3）

式中：

—— 被校氧化锌避雷器测试仪10次测量值的平均值，kV；

*U*Xi—— 被校氧化锌避雷器测试仪第*i*次测量值，kV；

*n* —— 重复测量的次数。

表2.1 氧化锌避雷器测试仪参考电压重复性测量数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第*i*次测量 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值/kV | 99.81 | 99.82 | 99.81 | 99.81 | 99.82 | 99.81 | 99.81 | 99.82 | 99.81 | 99.81 |

根据公式（2.3）计算出重复性重复测量的单次实验标准差为：

*s*(*U*X) = 0.0048 kV

则测量重复性引入的不确定度为：

*u*2(*U*X)=*s*(*U*X) = 0.0048 kV

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(*U*X) > *u*1(*U*X)，故舍去被校测试仪分辨力引入的标准不确定度分量*u*1(*U*X)。被校测试仪引入的标准不确定度为：

*u* (*U*X)= *u*2(*U*X) = 0.0048 kV

2.4 不确定分量一览表

不确定度分量见表2.2

表2.2 氧化锌避雷器测试仪参考电压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(*U*0) | 测量标准的输出电压准确度 | B | 均匀 |  | 0.12 V |
| *u*(*U*0) | 测量标准 | 0.12 V | | | |
| *u*1(*U*X) | 被校氧化锌避雷器测试仪分辨力 | B | 均匀 |  | 0.0029 kV |
| *u*2(*U*X) | 被校氧化锌避雷器测试仪重复性 | A | 正态 | 1 | 0.0048 kV |
| *u*(*U*X) | 被校氧化锌避雷器 | 0.0048 kV | | | |

2.5 合成标准不确定度*u*c(*∆U*)

合成标准不确定度按公式（2.2）计算。

 kV

2.6 扩展不确定度*U*(*∆U*)

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

*U*(*∆U*) = *k*×*u*c(*∆U*) = 0.24 kV (*k*=2)

3 全电流示值误差校准不确定度评定

3.1 测量模型

氧化锌避雷器测试仪全电流示值误差校准方法见7.2.2.2，采用氧化锌避雷器测试仪校准装置，直接输出1mA全电流信号，测量模型可用式（3.1）表示：

 (3.1)

式中：

*∆I ——*氧化锌避雷器测试仪全电流的示值误差，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。

各输入量之间不相关，不确定度传播可用公式（3.2）表示。

 (3.2)

式中：

*u*c(∆*I*) ——被校氧化锌避雷器测试仪全电流示值误差的合成标准不确定度，mA；

*u*(*I*X) —— 被校氧化锌避雷器测试仪引入的标准不确定度，mA；

*u*(*I*0)—— 测量标准引入的标准不确定度，mA。

3.2 标准不确定度来源

3.2.1 *u*(*I*0)的来源

a) 测量标准的全电流准确度引入的不确定度*u*1(*I*0)

3.2.2 *u*(*I*X)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*X)；

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*X)。

注：当*u*2(*I*X) > *u*1(*I*X)时，*u*1(*I*X) 可以不重复计入

3.3 标准不确定度评定

3.3.1 测量标准的全电流准确度引入的不确定度*u*1(*I*0)

测量标准输出的全电流准确度引入的标准不确定度*u*1(*I*0)采用B类方法评定。

测量标准全电流的技术指标为±(0.2%+1μA)，在1mA测量点最大允许误差为±0.003mA，则分散区间的半宽度为*a* = 0.003mA，在该区间内为均匀分布，包含因子*k*=，则测量标准引入的标准不确定度为：

*u*1(*I*0)=  =0.0018mA

3.3.2 被校氧化锌避雷器引入的标准不确定度*u*(*I*X)

3.3.2.1 被校氧化锌避雷器测试仪分辨力引入的不确定度*u*1(*I*X)

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

*u*1(*I*X)=  =0.00029mA

3.3.2.2 被校氧化锌避雷器重复性引入的标准不确定度*u*2(*I*X)

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3.1所示，用贝塞尔公式（3.3）计算实验标准差

 （3.3）

式中：

—— 被校氧化锌避雷器测试仪10次测量值的平均值，mA；

*I*Xi—— 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3.1 氧化锌避雷器测试仪全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 | 0.996 | 0.996 | 0.996 | 0.996 | 0.995 | 0.996 | 0.996 | 0.996 | 0.996 | 0.996 |

根据公式（3.3）计算出重复性重复测量的单次实验标准差为：

*s*(*I*X) = 0.00032 mA

则测量重复性引入的不确定度为：

*u*2(*I*X)=*s*(*I*X) = 0.00032 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*X) > *u*1(*I*X)，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*X)。被校测试仪引入的标准不确定度为：

*u* (*I*X)=*u*2(*I*X) = 0.00032 mA

3.4 不确定分量一览表

不确定度分量见表3.2

表3.2 氧化锌避雷器测试仪全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*0) | 测量标准的全电流准确度 | B | 均匀 |  | 0.0018 mA |
| *u*(*I*0) | 测量标准 | 0.0018 mA | | | |
| *u*1(*I*X) | 被校氧化锌避雷器测试仪分辨力 | B | 均匀 |  | 0.00029 mA |
| *u*2(*I*X) | 被校氧化锌避雷器测试仪重复性 | A | 正态 | 1 | 0.00032 mA |
| *u*(*I*X) | 被校氧化锌避雷器 | 0.00032 mA | | | |

3.5 合成标准不确定度*u*c(*∆I*)

合成标准不确定度按公式（3.2）计算。

 mA

3.6 扩展不确定度*U*(*∆I*)

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

*U*(*∆I*) = *k*×*u*c(*∆I*) = 0.004 mA (*k*=2)

4 阻性电流示值误差校准不确定度评定

4.1 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，输出标准电压100V，阻性电流0.1mA，容性电流1mA，测量模型可用式（4.1）表示：

 (4.1)

式中：

*∆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。

各输入量之间不相关，不确定度传播可用公式（4.2）表示。

 (4.2)

式中：

*u*c(∆*I*R) ——被校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*RX) —— 被校氧化锌避雷器测试仪引入的标准不确定度，mA；

*u*(*I*R0)—— 测量标准引入的标准不确定度，mA。

4.2 标准不确定度来源

4.2.1 *u*(*I*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*R0)

4.2.2 *u*(*I*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*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*RX)。

注：当*u*2(*I*RX) > *u*1(*I*RX)时，*u*1(*I*RX) 可以不重复计入

4.3 标准不确定度评定

4.3.1 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±(0.2%＋1μA)，在0.1mA测量点最大允许误差为±0.0012mA，则分散区间的半宽度为*a* = 0.0012mA，在该区间内为均匀分布，包含因子*k*=，则测量标准引入的标准不确定度为：

*u*1(*I*R0)=  =0.00069mA

4.3.2 被校氧化锌避雷器引入的标准不确定度*u*(*I*RX)

4.3.2.1 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* = 0.0005mA，为均匀分布，则包含因子*k*=，由分辨力引入的标准不确定度为：

*u*1(*I*RX)=  =0.00029mA

4.3.2.2 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4.1所示，用贝塞尔公式（4.3）计算实验标准差

 （4.3）

式中：

—— 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4.1 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（4.3）计算出重复性重复测量的单次实验标准差为：

*s*(*I*RX) = 0.00057 mA

则测量重复性引入的不确定度为：

*u*2(*I*RX)=*s*(*I*RX) = 0.00057 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 mA

4.4 不确定分量一览表

不确定度分量见表4.2

表4.2 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 |  | 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 |  | 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 | | | |

4.5 合成标准不确定度*u*c(*∆I*R)

合成标准不确定度按公式（4.2）计算。

 mA

4.6 扩展不确定度*U*(*∆I*R)

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

*U*(*∆I*R) = *k*×*u*c(*∆I*R) = 0.002 mA (*k*=2)

5 容性电流示值误差校准不确定度评定

5.1 测量模型

氧化锌避雷器测试仪容性电流示值误差校准方法见7.2.2.4，采用氧化锌避雷器测试仪校准装置，输出100V电压信号、1mA阻性电流和1mA容性电流，测量模型可用式（5.1）表示：

 (5.1)

式中：

*∆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。

各输入量之间不相关，不确定度传播可用公式（5.2）表示。

 (5.2)

式中：

*u*c(∆*I*C) ——被校氧化锌避雷器测试仪容性电流示值误差的合成标准不确定度，mA；

*u*(*I*CX) —— 被校氧化锌避雷器测试仪引入的标准不确定度，mA；

*u*(*I*C0)—— 测量标准引入的标准不确定度，mA。

5.2 标准不确定度来源

5.2.1 *u*(*I*C0)的来源

a) 测量标准的容电流准确度引入的不确定度*u*1(*I*C0)

5.2.2 *u*(*I*CX)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*CX)；

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*CX)。

注：当*u*2(*I*CX) > *u*1(*I*CX)时，*u*1(*I*CX) 可以不重复计入

5.3 标准不确定度评定

5.3.1 测量标准的容性电流准确度引入的不确定度*u*1(*I*C0)

测量标准输出的容性电流准确度引入的标准不确定度*u*1(*I*C0)采用B类方法评定。

测量标准容性电流的技术指标为±(0.2%＋1μA)，在1mA测量点最大允许误差为±0.003mA，则分散区间的半宽度为*a* = 0.003mA，在该区间内为均匀分布，包含因子*k*=，则测量标准引入的标准不确定度为：

*u*1(*I*R0)=  =0.0018mA

5.3.2 被校氧化锌避雷器引入的标准不确定度*u*(*I*CX)

5.3.2.1 被校氧化锌避雷器测试仪分辨力引入的不确定度*u*1(*I*CX)

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

*u*1(*I*CX)=  =0.00029mA

5.3.2.2 被校氧化锌避雷器重复性引入的标准不确定度*u*2(*I*CX)

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5.1所示，用贝塞尔公式（5.3）计算实验标准差

 （5.3）

式中：

—— 被校氧化锌避雷器测试仪10次测量值的平均值，mA；

*I*CXi—— 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5.1 氧化锌避雷器测试仪容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 | 0.998 | 0.997 | 0.997 | 0.996 | 0.998 | 0.998 | 0.997 | 0.998 | 0.998 | 0.997 |

根据公式（5.3）计算出重复性重复测量的单次实验标准差为：

*s*(*I*CX) = 0.00070 mA

则测量重复性引入的不确定度为：

*u*2(*I*CX)=*s*(*I*CX) = 0.00070 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*CX) > *u*1(*I*CX)，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*CX)。被校测试仪引入的标准不确定度为：

*u* (*I*RX)=*u*2(*I*RX) = 0.00070 mA

5.4 不确定分量一览表

不确定度分量见表5.2

表5.2 氧化锌避雷器测试仪容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*C0) | 测量标准的容性电流准确度 | B | 均匀 |  | 0.0018 mA |
| *u*(*I*C0) | 测量标准 | 0.0018 mA | | | |
| *u*1(*I*CX) | 被校氧化锌避雷器测试仪分辨力 | B | 均匀 |  | 0.00029 mA |
| *u*2(*I*CX) | 被校氧化锌避雷器测试仪重复性 | A | 正态 | 1 | 0.00070 mA |
| *u*(*I*CX) | 被校氧化锌避雷器 | 0.00070 mA | | | |

5.5 合成标准不确定度*u*c(*∆I*C)

合成标准不确定度按公式（4.2）计算。

 mA

5.6 扩展不确定度*U*(*∆I*C)

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

*U*(*∆I*C) = *k*×*u*c(*∆I*C) = 0.004 mA (*k*=2)

6 相位角示值误差校准不确定度评定

6.1 测量模型

氧化锌避雷器测试仪相位角示值误差校准方法见7.2.2.5，采用氧化锌避雷器测试仪校准装置，输出100V标准电压和1mA全电流信号，相位角设置为90°，测量模型可用式（6.1）表示：

 (6.1)

式中：

——氧化锌避雷器测试仪相位角的示值误差，°；

——氧化锌避雷器测试仪相位角的示值，°；

——测量标准输出信号的相位角标准值，°。

各输入量之间不相关，不确定度传播可用公式（6.2）表示。

 (6.2)

式中：

*u*c(∆) ——被校氧化锌避雷器测试仪相位角示值误差的合成标准不确定度，°；

*u*(X) —— 被校氧化锌避雷器测试仪引入的标准不确定度，°；

*u*(0)—— 测量标准引入的标准不确定度，°。

6.2 标准不确定度来源

6.2.1 *u*(0)的来源

a) 测量标准的相位角准确度引入的不确定度*u*1(0)

6.2.2 *u*(X)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(X)；

b) 被校氧化锌避雷器测试仪重复性引入的不确定度*u*2(X)。

注：当*u*2(X) > *u*1(X)时，*u*1(X) 可以不重复计入

6.3 标准不确定度评定

6.3.1 测量标准的相位角准确度引入的不确定度*u*1(0)

测量标准输出的相位角准确度引入的标准不确定度*u*1(0)采用B类方法评定。

测量标准相位的技术指标为±0.1°，则分散区间的半宽度为*a* = 0.1°，在该区间内为均匀分布，包含因子*k*=，则测量标准引入的标准不确定度为：

*u*1(*I*R0)=  =0.058°

6.3.2 被校氧化锌避雷器引入的标准不确定度*u*(X)

6.3.2.1 被校氧化锌避雷器测试仪分辨力引入的不确定度*u*1(X)

被校氧化锌避雷器测试仪相位角分辨力为0.01°，按B类方法进行评定，其区间半宽为*a* = 0.005°，为均匀分布，则包含因子*k*=，由分辨力引入的标准不确定度为：

*u*1(*I*CX)=  =0.0029°

6.3.2.2 被校氧化锌避雷器重复性引入的标准不确定度*u*2(X)

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6.1所示，用贝塞尔公式（6.3）计算实验标准差

 （6.3）

式中：

—— 被校氧化锌避雷器测试仪10次测量值的平均值，°；

Xi—— 被校氧化锌避雷器测试仪第*i*次测量值，°；

*n* —— 重复测量的次数。

表6.1 氧化锌避雷器测试仪相位角重复性测量数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第*i*次测量 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值/° | 90.01 | 90.00 | 90.01 | 90.01 | 90.01 | 90.00 | 90.01 | 90.01 | 90.00 | 90.01 |

根据公式（6.3）计算出重复性重复测量的单次实验标准差为：

*s*(X) = 0.0049 °

则测量重复性引入的不确定度为：

*u*2(X)=*s*(X) = 0.0049 °

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(X) > *u*1(X)，故舍去被校测试仪分辨力引入的标准不确定度分量*u*1(X)。被校测试仪引入的标准不确定度为：

*u* (X)=*u*2(X) = 0.0049 °

6.4 不确定分量一览表

不确定度分量见表6.2

表6.2 氧化锌避雷器测试仪相位角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(0) | 测量标准的相位角准确度 | B | 均匀 |  | 0.058 ° |
| *u*(0) | 测量标准 | 0.058 ° | | | |
| *u*1(X) | 被校氧化锌避雷器测试仪分辨力 | B | 均匀 |  | 0.0029 ° |
| *u*2(X) | 被校氧化锌避雷器测试仪重复性 | A | 正态 | 1 | 0.0049 ° |
| *u*(X) | 被校氧化锌避雷器 | 0.0049 ° | | | |

6.5 合成标准不确定度*u*c(*∆*)

合成标准不确定度按公式（4.2）计算。

 °

6.6 扩展不确定度*U*(*∆*)

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

*U*(*∆*) = *k*×*u*c(*∆*) = 0.12 ° (*k*=2)