# 

机械计量技术规范

**中华人民共和国工业和信息化部发布**

2021-xx-xx实施

2021-xx-xx发布

圆度仪谐波标准器校准规范

（报批稿）

**Calibration Specification for**

**the Harmonic Standard of Roundness Instrument**

JJF（机械）1102-2022

中华人民共和国工业和信息化部

圆度仪谐波标准器

校准规范

Calibration Specification for the Harmonic Standard of Roundness Instrument



JJF（机械）1102-2022

归口单位：中国机械工业联合会

主要起草单位：上海市轴承技术研究所

参加起草单位：英国泰勒·霍普森有限公司

机械工业轴承产品质检中心（上海）/上海

尚轴轴承质量检测所

本规范委托全国机械汽车专业计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

傅明（上海市轴承技术研究所）

张彤（英国泰勒·霍普森有限公司）

曾理（英国泰勒·霍普森有限公司）

**参加起草人：**

周瑾（上海市轴承技术研究所）

王雅琪（上海市轴承技术研究所）

王文杰（英国泰勒·霍普森有限公司）

朱健（英国泰勒·霍普森有限公司）

赵国钦（机械工业轴承产品质检中心（上海）/上海

尚轴轴承质量检测所）

王式涛（机械工业轴承产品质检中心（上海）/上海

尚轴轴承质量检测所）

**目录**

[引言 （II](#_Toc19839)）

[1 范围 （1](#_Toc12920)）

[2 引用文件 （1](#_Toc10912)）

[3 术语 （1](#_Toc3659)）

4 [概述 （2](#_Toc3659)）

[4.1 工作原理 （2](#_Toc14029)）

[4.2 示意图 （2](#_Toc14029)）

[5 计量特性 （3](#_Toc22017)）

[5.1 外观 （2](#_Toc5267)）

[5.2 定位圆柱面 （3](#_Toc5267)）

[5.3 示值误差 （3](#_Toc5267)）

[5.4 示值均匀性 （3](#_Toc11688)）

[6 校准条件 （4](#_Toc10442)）

[6.1 环境条件 （4](#_Toc5784)）

[6.2 测量标准及其他设备 （4](#_Toc13015)）

[7 校准项目和校准方法 （4](#_Toc9009)）

[7.1 外观 （4](#_Toc30856)）

[7.2 定位圆柱面 （4](#_Toc30856)）

[7.3 示值误差 （4](#_Toc32415)）

[7.4 示值均匀性 （8](#_Toc30856)）

8 [校准结果表达 （8](#_Toc23499)）

9 [复校时间间隔 （8](#_Toc23499)）

附录A.1 谐波波长示值误差校准的不确定度评定 [（10](#_Toc23499)）

附录A.2 谐波幅值示值误差校准的不确定度评定 [（14](#_Toc23499)）

[附录B 校准证书内页信息 （17](#_Toc23499)）

引言

JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》共同构成支撑本校准规范编制的基础性系列文件。本规范参照了GB/T 7234-2004《产品几何量技术规范（GPS）圆度测量术语定义和参数》、GB/T 7235-2004 《产品几何量技术规范（GPS）评定圆度误差的方法半径变化量测量》、GB/T 3505-2009《产品几何技术规范(GPS) 表面结构轮廓法术语、定义及表面结构参数》、GB/T 6062-2009《产品几何技术规范（GPS）表面结构轮廓法接触（触针）式仪器的标称特性》、GB/T 10610-2009 《产品几何技术规范（GPS）表面结构轮廓法评定表面结构的规则和方法》、GB/T 19067.1-2003《产品几何技术规范（GPS）表面结构轮廓法测量标准第1部分：实物测量标准》等标准而编制。

本规范为首次发布。

圆度仪谐波标准器校准规范

* 1. 范围

本校准规范适用于圆度仪所用的周波数为 (10～500)upr的正弦波波形谐波标准器（使用中状态）的校准。

* 1. 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》

GB/T 3505-2009《产品几何技术规范(GPS) 表面结构轮廓法术语、定义及表面结构参数》

GB/T 6062-2009《产品几何技术规范（GPS）表面结构轮廓法接触（触针）式仪器的标称特性》

GB/T 7234-2004《产品几何量技术规范（GPS）圆度测量术语定义和参数》

GB/T 7235-2004 《产品几何量技术规范（GPS）评定圆度误差的方法半径变化量测量》

GB/T10610-2009 《产品几何技术规范（GPS）表面结构轮廓法评定表面结构的规则和方法》

GB/T 19067.1-2003《产品几何技术规范（GPS）表面结构轮廓法测量标准第1部分：实物测量标准》

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。

* 1. 术语

本规范如下列出的术语和定义部分引自GB/T 7234-2004、GB/T 3505-2009等标准所界定的术语和定义，略有修改。

3.1 **周波数 undulations per revolution *upr***

零件整圆周上所包含的完整的周期性波动的数目。

[来源：GB/T 7234-2004，3.4.1，有修改]

3.2 **轮廓单元的平均宽度 mean width of the profile elements *PSm、RSm***

在一个取样长度内轮廓单元宽度*XS* 的平均值:

[来源：GB/T 3505-2004，4.3.1]

3.3 **谐波波长 harmonic wave circumferential** **wavelength**

零件圆周长除以周波数（3.1）。当实体轮廓为正弦波时与*PSm、RSm*（3.2）等值。

[来源：GB/T 7234-2004，3.4.5，有修改]

3.4 **评定轮廓的均方根偏差 root mean square deviation of the assessed profile *Pq、Rq***

在一个取样长度内纵坐标值的均方根值：

[来源：GB/T 3505-2004，4.2.2]

3.5 谐波幅值 **harmonic amplitude　*HA***

中线到轮廓峰顶的距离。当实体轮廓为正弦波时，其值为*Pq*或*Rq*值（3.4）的倍，见下式(1)。

(1)

[来源：GB/T 3505-2004，3.1.8和3.2.4，有修改]

3.6 谐波（正弦波）波形 **harmonic wave (sinusoid) form *Fha***

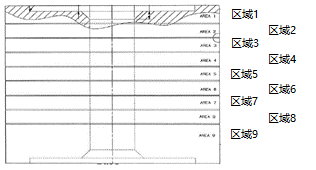
被测量轮廓的波形与标准正弦波波形的一致程度，以波形系数*Fha*来度量。

* 1. 概述
     1. 工作原理

谐波标准器是一种对圆度测量仪的谐波波谱分析参数进行校准的实物测量标准器（GB/T 19067.1-2003 5.4 C1型）。一般由几个不同周波数（如15upr、50upr、150upr、500upr等）的圆周区域组成，每个区域沿整个圆周加工有幅值一致、波长均匀且周波数对应的实体波型面（区域宽度内各径向平面的截面轮廓近似恒定），其波形为正弦波。使用时将谐波标准器置于被校核圆度测量仪工作台上，先进行调心和调平，然后通过对谐波标准器的周波数和幅值等参数进行测量和评估，以核查圆度测量仪的谐波波谱测量分析参数的准确度。各参数数据结果可由圆度测量仪上的显示屏读出。

4.2 谐波标准器示意图

典型的谐波标准器外形如下图1。

区域1、2—定位圆柱面 区域3— 15 upr 区域4— 50 upr 区域5— 100 upr

区域6—150 upr 区域7— 500 upr 区域8—1500 upr 区域9 — 定位圆柱面

**图1 谐波标准器示意图**

5 计量特性

5.1 外观

5.1.1 谐波标准器的工作面不应有锈蚀、毛刺、碰划伤等机械损伤和其他缺陷。

5.1.2 谐波标准器铭牌标识应清晰可辨（如规格型号、出厂编号等），参数指标应与实际状态相一致。

5.2 定位圆柱面

圆柱度：≤ 1μm

5.3 示值误差

各项目/参数的示值误差要求见表1。

表1 示值误差（最大允许误差）和示值均匀性

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目/参数 | 测量范围 | 分辨力 | 最大允许误差 | 示值均匀性 |
| 1 | 谐波波长*Hλ* | （0.025~12）mm | 0.5 μm | ±1 % | ≤ 1 % |
| 2 | 谐波幅值*HA* | （0.03~10）μm | 1 nm | ±5 % | ≤ 5 % |
| 3 | 谐波波形*Fha* | --- | 1 % | ±5 % | --- |
| 4 | 周波数*upr* | （10~500）upr | 1 upr | ±1 upr | --- |
| 注：因校准只给出测量结果，不进行合格判定，故上述计量特性要求仅供各相关方参考。 | | | | | |

5.4 示值均匀性

各项目/参数示值均匀性要求见表1规定。

1. 校准条件

6.1 环境条件

1. 校准时的环境条件要求：环境温度：（20±1）℃，温度变化：≤ 0.5℃/h，湿度：（30～70）%RH，交流电源电压：（220±10）V，供气系统压力波动小于5%。

6.2 测量标准和其他设备

校准所用的测量标准和其他设备的要求见表2。

表2 测量标准和其他设备要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 项目/参数 | 测量标准装置名称 | 测量范围 | 分辨力 | 最大允许误差/准确度等级 |
| 1 | 谐波波长*Hλ* | 高精度粗糙度轮廓仪 | （0 ~100）mm  （X方向） | 0.125μm | *RSm*：±0.3% |
| 高精度测长仪 | （0 ~300）mm | 0.01μm | 直径：±(0.1+L/1500)μm  (L: mm) |
| 2 | 谐波幅值*HA* | 高精度粗糙度轮廓仪 | （0 ~10）mm  （Z方向） | 0.8nm | *Rq*：±（2nm+2%×实测值） |
| 3 | 谐波波形*Fha* | 高精度圆柱度仪 | --- | 0.1% | 二级以上 |
| 4 | 周波数*upr* | 高精度圆柱度仪 | (1~600) upr | 1upr | 二级以上 |
| 注：1.测量谐波波长和谐波幅值时，需要配置使用相应校准工装（见图2示例）。  2.测量谐波波形时，高精度圆柱度仪的噪声应不大于1.5%（对应于相应upr的幅值）。 | | | | | |

7 校准项目和校准方法

7.1 外观

目视检查被校谐波标准器，应外观整洁完好，无影响其计量性能的机械损伤。铭牌上应清晰标明规格型号、制造商名称（或商标）、出厂编号等信息。

7.2 定位圆柱面

圆柱度：

将被测谐波标准器放置在高精度圆柱度仪台面上，调心调平之后，测量两个定位圆柱面（图1示例中区域2和区域9）的圆度，并以此评价得到圆柱度（测量评定参数：滤波范围（1-50）upr、高斯滤波器、参考圆柱设置LSC）。

7.3 示值误差

所有示值误差校准都应在校准用高精度粗糙度轮廓仪、高精度测长仪及高精度圆柱度仪开机预热30分钟以后进行，并进行必要的规范性调校。

7.3.1 谐波波长

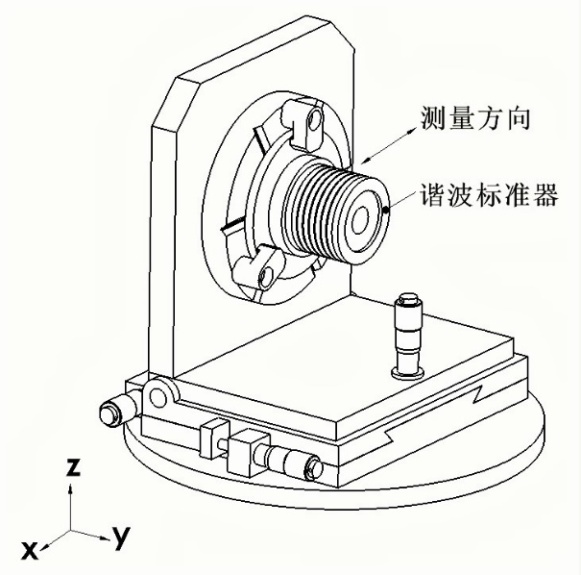
7.3.1.1 测量参考波长()：将谐波标准器垂直置于高精度测长仪上，测长仪选用斧形测头。首先对被校标准器上的定位圆柱区域（图2示例中区域2和区域9）进行调正，再在被校标准器上选定需校准的某一周波数区域，在其同一截面上均匀选取至少3个以上不同方位进行直径测量，每个方位测量3次，取平均后得到直径*di*，然后再求得3个方位上的平均值*d(ave)*。按下式（2）得到其参考波长：

(2)

7.3.1.2 测量实际波长()：在被校谐波标准器的选定周波数区域上选取相应测量位置，按圆周方向均匀选取至少6个位置。

将被校谐波标准器水平固定在高精度粗糙度轮廓仪工作台的专用校准工装上，如图2所示（专用工装为一可调式高精度定位座，可使被测谐波标准器轴心线平行于Y轴，其沿Y轴前后位置、绕X轴、Y轴和Z轴的转动角度均为可调）。将被校标准器轴心线调整至水平位置且垂直于粗糙度轮廓仪X轴测量行进方向，对准被测区域宽度的中间部位。仪器测针选用针尖形状为60°锥角、针尖半径为2μm的金刚石测针。测量时被校标准器固定不动，测针先与被校标准器的上半圆弧轮廓接触并找到圆弧最高点，然后向左移动二分之一的测量长度（测量长度的选取见表3），以此为零点开始向右测量，测量速度不大于0.25mm/s。测量方式为传感器沿X轴方向获取测量长度内的圆弧轮廓，然后将其水平展开并进行分析。每个位置重复测量3次，以其平均值作为实测值报出。

注：测量圆弧轮廓的起点和终点应尽量保持在同一高度上（按被测圆弧顶点左右对称）。



**图2 专用校准工装**

然后绕Y轴旋转被校标准器，将其调整到该校准区域上的下一个圆周测量位置，同上述方法进行第二个位置的测量，如此直至六个位置测量全部完成。

表3 测量长度、评价长度及取样长度选择

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 示例区域 | 周波数  upr | 测量长度  mm | 评价长度mm | 取样长度(*λc*)  mm | 参数 | 带宽  (*λc/λs*) |
| 区域3 | 15 | ≥32 | ≥24 | 无  （原始滤波器Primary） | *PSm、Pq* | 无 |
| 区域4 | 50 | ≥32 | ≥24 | 8 | *RSm、Rq* | 300:1 |
| 区域5 | 100 | ≥32 | ≥24 | 8 | *RSm、Rq* | 300:1 |
| 区域6 | 150 | 15 | 12.5 | 2.5 | *RSm、Rq* | 300:1 |
| 区域7 | 500 | 4.8 | 4 | 0.8 | *RSm、Rq* | 300:1 |
| 注：1. 本表参数摘引自GB/T 3505-2009、GB/T 6062-2009和GB/T 10610-2009等标准及相关资料。  2. X轴采样长度间距 ≤ 0.5μm。  3. 本表中所涉及的评价均使用高斯滤波器。  4. 本表适用范围为直径(42～60)mm的谐波标准器。若标准器直径在此范围之外，请参照GB/T10610-2009选择相应的取样长度（表3）。  5. 本表所涉周波数区域仅对应于本规范图1示例的规格，若标准器的周波数（*upr*）在此范围之外，参数选择时参照注1相关标准。 | | | | | | |

测量完毕后根据表3设置参数进行评价，得到某个测量部位的*RSm*值（或*PSm*值）。然后计算圆周上6个测量部位实测值的平均值，得到*RSm*(*ave*)值（或*PSm*(*ave*)值），即为实测波长值。按下式(3)计算，得到被校标准器该周波数区域波长的示值绝对误差。

(3)

式中：

——谐波标准器波长的示值绝对误差

——谐波标准器的实测波长值*RSm*(*ave*)（或*PSm*(*ave*)）

——谐波标准器的参考波长值

将代入如下公式(4)，即得到被测谐波标准器该区域波长的示值相对误差。

(4)

对其它周波数区域重复以上各步骤，直至被校谐波标准器上所有区域校准完毕。

校准证书上应给出被校标准器各周波数区域测得的参考波长、实测波长及相对误差。

7.3.2谐波幅值

在按本规范7.3.1测量实际谐波波长()时，在高精度粗糙度轮廓仪测得的数据上可同时评价而获得被校标准器在该周波数区域表面上的*Rq*值（或*Pq*值）（评价时的参数选择亦参照本规范表3），然后将圆周方向6个不同测量位置的*Rq*值（或*Pq*值）求平均，得到*Rq*(*ave*)值（或*Pq*(*ave*)值），根据下式(5)计算即得到该周波数区域的谐波幅值*HA*：

（或） (5)

代入以下公式(6)，得到被校标准器该区域谐波幅值的示值相对误差。

(6)

式中：

——谐波标准器幅值的示值相对误差

——通过公式(5)得到的谐波标准器幅值实测值

——谐波标准器幅值的参考值（来源于谐波标准器原始证书）

对其它周波数区域重复以上步骤，直至被校谐波标准器上所有区域校准完毕。

校准证书上应给出被校标准器各周波数区域测得的谐波幅值及其示值相对误差。

7.3.3 谐波波形

将被校谐波标准器垂直置于高精度圆柱度仪工作台中心，先对谐波标准器进行调心调平，然后对所需校准的周波数区域进行圆度测量操作，获得完整圆周轮廓，并对其实施谐波波谱分析（傅里叶变换展开），在波谱图（或相应列表）上可得到该区域主导波幅值（如15 upr或50upr所对应的幅值）及其相邻两侧多个周波数（*upr*）点的幅值(*i*=±1、±2、±3)，选择其两侧相邻周波数（*upr*）点中的最大幅值，按下式(7)进行幅值比较可获得该区域的波形系数*Fha*：

(7)

式中：

*Fha*——该区域的波形系数

——该区域的主导波幅值

——该区域主导波两侧的相邻波幅值中的最大值(*i*=±1、2、3)

对其它周波数区域重复以上步骤，直至被校谐波标准器上所有区域校准完毕。

圆度测量操作和分析评定条件：所选测针球头直径不大于2mm，主轴转速不大于6 r/min，滤波选择为无滤波。

7.3.4 谐波波数

在按本规范7.3.3对某一个被校准区域进行测量操作时，可得到波谱图上连续各个周波数（*upr*）点所对应的幅值*HAi*，其中对应着最大幅值（主导波）的周波数（*upr*）点值即为该被校区域的实测周波数值。

对其它周波数区域重复以上步骤，直至被校谐波标准器上所有区域校准完毕。

圆度测量操作和分析评定条件同本规范7.3.3。

7.4 示值均匀性

7.4.1 波长示值均匀性

选择需校准的某周波数区域，将其在谐波波长校准时获得的6个点位（沿圆周向均布）的波长测量结果代入如下公式(8)计算，即得到该标准器谐波波长的示值均匀性。

(8)

式中：

——谐波标准器某一周波数区域谐波波长的示值均匀性

——某一周波数区域6个位置实际波长测量值中的最大值

——某一周波数区域6个位置实际波长测量值中的最小值

——谐波标准器某一周波数区域的参考波长

7.4.2 幅值示值均匀性

选择需校准的某一周波数区域，将其在谐波幅值校准时获得的6个点位（沿圆周向均布）的幅值测量结果代入如下公式计算，得到该标准器谐波幅值的示值均匀性。

(9)

式中：

——谐波标准器某一周波数区域幅值示值均匀性

——某一周波数区域6个位置幅值测量值中的最大值

——某一周波数区域6个位置幅值测量值中的最小值

——谐波标准器某一周波数区域幅值的参考值（来源于谐波标准器原始证书）

8 校准结果表达

8.1 主要参数示值误差校准不确定度的评定方法见附录A。

8.2 经校准的谐波标准器发给校准证书，校准证书的内容见附录B。

9 复校时间间隔

谐波标准器复校时间间隔的长短是由标准器的使用情况、使用者、标准器及仪器本身质量等因素决定，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。但建议一般用途的谐波标准器的复校时间间隔不大于一年。

附录A

A.1 谐波波长示值误差校准的不确定度评定

A.1.1 校准及评定对象：谐波标准器：直径为43.900mm，校准点为周波数500upr区域。

A.1.2 评定依据：JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》等。

A.1.3 测量方法

校准谐波标准器的谐波波长示值误差时，在被校谐波标准器规定的校准点区域，波长实测标准装置（高精度粗糙度轮廓仪）上得到的波长实测值（*RSm*）与用高精度测长仪测量并计算获得的参考波长值之差即为该校准点位的波长的绝对误差（相对误差则为绝对误差除以校准点参考波长值）。

测量时各工作参数选取方法按本规范7.3.1。

A.1.4 测量模型

由测量方法可得到测量模型为：

式中：

—— 谐波波长示值误差，μm

—— 被校标准器经测量（*RSm*值）获得的波长实测值，μm

—— 被校标准器经测量（直径量）并计算获得的参考波长值，μm

A.1.5 测量不确定度来源分析

根据测量方法可知，谐波波长示值误差校准结果的不确定度来源，主要为测量重复性误差引入的不确定度分量*u1*和波长测量标准装置本身示值误差引入的不确定度分量*u2*。

被校谐波标准器进行谐波波长校准时与其本身其他参数无关，各数据系统相对独立。

A.1.6 不确定度传播率

根据测量模型和不确定度来源分析，可得合成标准不确定度的传播率表达式为：

式中：

—— 合成标准不确定度，μm

—— 由测量重复性引入的标准不确定度分量，μm

—— 由波长测量标准装置自身示值误差引入的标准不确定度分量，μm

—— 灵敏系数

并可知灵敏系数为

：（实测波长测量标准装置在同一位置的测量重复性引入）

（实测波长测量标准装置在不同测量位置的测量均匀性引入）

（参考波长测量标准装置在同一位置的测量重复性引入）

：（实测波长测量标准装置本身示值误差引入）

（参考波长测量标准装置本身示值误差引入）

A.1.7 标准不确定度评定

A.1.7.1 由测量重复性引入的不确定度分量

根据测量方法可知，谐波波长测量重复性引入的不确定度分量可分成三个部分：高精度粗糙度轮廓仪的波长测量重复性（同一测量位置）、波长测量均匀性（沿圆周向均布的6个不同测量位置）以及高精度测长仪对参考波长值的直径测量重复性（定点测量），故相应有*u11、u12*和*u13*三个部分。

对于*u11*：已知被校谐波标准器直径为43.900mm，校准点位为500upr区域，则其标称波长应为276μm。在重复测量条件下（同一测量部位），以高精度粗糙度轮廓仪对其进行10次重复测量（*RSm*值)。得到结果为：276.2μm、276.2μm、275.9μm、276.1μm、276.0μm、276.6μm、276.1μm、276.7μm、276.0μm、275.6μm，由贝塞尔公式计算得到=0.33225μm，则测量重复性引入的不确定度分量为：

对于*u12*：在与*u11*相同的500 upr测量区域中选取6个不同的圆周部位（均匀分布）各自测量并求得平均值（按本规程6.3.1）。得到结果为：276.1μm、276.3μm、276.3μm、276.2μm、276.0μm、276.0μm，由贝塞尔公式计算得到=0.11623μm，则测量均匀性引入的不确定度分量为：

对于*u13*：已知被校谐波标准器工作面直径为43.900mm，在重复测量条件下，以高精度测长仪对其同一测量部位的直径量进行10次重复测量。得到结果为：43.9000mm、43.9001mm、43.9000mm、43.9000mm、43.8999mm、43.9002mm、43.9001mm、43.8999mm、43.8999mm、43.9001mm，由此得到其均值为*d(ave)*=43.90002mm，并由贝塞尔公式计算得到=0.10328μm，则测量重复性引入的不确定度分量为：

又，经计算得到其参考波长的均值为

A.1.7.2 由波长测量标准装置示值误差引入的不确定度分量

与A.1.7.1同理，由波长测量标准装置示值误差引入的不确定度分量可分为*u21*（来源于高精度粗糙度轮廓仪）和*u22*二部分（来源于高精度测长仪）。

对于*u21*：经核查高精度粗糙度测量仪的技术说明书（经外送溯源校准符合要求），显示其波长参数*RSm*的测量最大允许误差（MPE）为±0.3%，已知上述校准点波长标称值为276μm，则置信区间半宽为*a=*276×0.3%=0.828μm，设区间内均匀分布，*k*=，则由校准标准装置（高精度粗糙度测量仪）示值误差引入的不确定度分量为：

对于*u22*：经核查高精度测长仪的技术说明书（外送溯源校准符合要求），显示参与计算参考波长的直径量的测量最大允差(MPE)为±(0.1+L/1500)μm (L: mm)，已知谐波标准器直径为43.900mm，则置信区间半宽为*a=*0.1+43.900/1500=0.1293μm，设区间内均匀分布，*k*=，则由校准标准装置（高精度测长仪）示值误差引入的不确定度分量为：

A.1.8 合成标准不确定度

根据测量模型和不确定度来源分析，可知合成标准不确定度的表达式为：

标准不确定度分量汇总见表A.1。

表A.1 标准不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度计算值 | 灵敏系数 |  |
| 1 |  | 实测波长测量标准装置在同一位置的测量（重复性） | 0.33225μm | 1 | 0.33225μm |
| 2 |  | 实测波长测量标准装置在不同位置的测量（均匀性） | 0.11623μm | 1 | 0.11623μm |
| 3 |  | 参考波长测量标准装置在同一位置的测量（重复性） | 0.10328μm | π/500 | 0.0006489μm |
| 4 |  | 实测波长测量标准装置的自身示值误差 | 0.4781μm | -1 | 0.4781μm |
| 5 |  | 参考波长测量标准装置的自身示值误差 | 0.07463μm | -π/500 | 0.0004689μm |

合成标准不确定度为：

A.1.9 谐波波长示值误差校准结果的扩展不确定度

取包含因子*k=*2，扩展不确定度为：

又因测得参考波长为：*Hλ0*=275.83μm，由此得到相对量扩展不确定度为：

A.2 谐波幅值示值误差校准的不确定度评定

A.2.1 校准及评定对象：谐波标准器：直径为43.900mm，校准点为周波数150upr区域。

A.2.2 评定依据：JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》等。

A.2.3 测量方法

校准谐波标准器的谐波幅值示值误差时，在被校谐波标准器设定的校准点区域，幅值测量标准装置（高精度粗糙度轮廓仪）对其沿圆周向6个不同位置分别测量*Rq*参数并计算其平均值，然后计算得到其幅值实测值*HA*（）。

测量时各参数选取方法按本规范7.3.2。

A.2.4 测量模型

由测量方法可得到测量模型为：

式中：

—— 被校谐波标准器幅值计算值，μm

—— 被校谐波标准器参数测得值，μm

A.2.5 测量不确定度来源分析

根据测量方法可知，谐波幅值示值误差测量结果的不确定度来源，主要为测量重复性误差引入的不确定度分量和幅值测量标准装置（仪器）本身示值误差引入的不确定度分量。

被校谐波标准器进行谐波幅值校准时与其本身其他参数无干涉，其数据系统相对独立。

A.2.6 不确定度传播率

根据测量模型和不确定度来源分析，可得合成标准不确定度的传播率表达式为：

式中：

—— 合成标准不确定度，μm

—— 由测量重复性引入的标准不确定度分量，μm

—— 由幅值测量标准装置自身示值误差引入的标准不确定度分量，μm

—— 灵敏系数

并可知灵敏系数为

：（幅值测量标准装置在同一位置的测量重复性引入）

（幅值测量标准装置在不同测量位置的测量均匀性引入）

（幅值测量标准装置本身示值误差引入）

A.2.7 标准不确定度评定

A.2.7.1 由测量重复性（*Rq*值）引入的不确定度分量

根据测量方法可知，谐波幅值测量重复性引入的不确定度分量可分成二个来源：高精度粗糙度轮廓仪的同点测量重复性（同一测量部位）和不同点测量均匀性（沿圆周向均布的6个测量点），故相应有*u11*和*u12*二个部分。

对于*u11*：已知被校谐波标准器校准点位为150（upr）周波数区域，在重复测量条件下（相同点位），以高精度粗糙度轮廓仪对其进行10次重复测量（*Rq*值）。得到结果为：0.3375μm、0.3368μm、0.3370μm、0.3367μm、0.3372μm、0.3378μm、0.3376μm、0.3374μm、0.3373μm、0.3371μm。由贝塞尔公式计算得到=0.0003533μm，则测量重复性引入的不确定度分量为：

对于*u12*：在与*u11*相同的测量区域中选取6个不同的圆周部位（均匀分布），各自测量评定其*Rq*值（按本规范6.3.2）。分别得到测量结果为：0.3372μm、0.3371μm、0.3384μm、0.3364μm、0.3385μm、0.3393μm，故6个测量部位的均值为：*Rq*(*ave*) =0.3378μm,并由贝塞尔公式计算得标准偏差：=0.0010751μm，则测量均匀性引入的不确定度分量为：

又由以上*u12*测值数据可知其*Rq*均值为0.3378μm，则该周波数区域的谐波幅值为：

A.2.7.2 由幅值测量标准装置（仪器）引入的不确定度分量

经核查高精度粗糙度轮廓仪的技术规格书，其上显示测量*Rq*参数时的最大允差为：±(2nm+2%×实测值)，由A.2.7.1得到*Rq*重复测量的均值为0.3378μm，则置信区间半宽为*a=*2nm+2%×0.3378=0.0087561μm，设区间内均匀分布，*k*=。则由测量标准装置（高精度粗糙度测量仪）示值误差引入的不确定度分量为：

A.2.8 合成标准不确定度

根据测量模型和不确定度来源分析，可得合成标准不确定度的表达式为：

标准不确定度分量汇总见表A.2。

表A.2 标准不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度计算值（*Rq*） | 灵敏系数 |  |
| 1 |  | 幅值测量标准装置在同一位置的测量（重复性） | 0.0003533μm |  | 0.0004996μm |
| 2 |  | 幅值测量标准装置在不同位置的测量（均匀性） | 0.001075μm |  | 0.001520μm |
| 23 |  | 幅值测量标准装置的自身示值误差 | 0.0050555μm |  | 0.007148μm |

故合成标准不确定度为：

A.2.9 谐波幅值示值误差校准的扩展不确定度

取包含因子*k=*2，扩展不确定度为：

又因校准点幅值测值为：*HA*=0.4777，故由此得到幅值的相对量扩展不确定度为：

**附录B**

校准证书内页信息

校准证书至少应包括以下信息：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
4. 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用相关时，应说明被校对象的

接收日期；

1. 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；
2. 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
3. 本次校准所用测量标准及其溯源性及有效性说明；
4. 校准环境的描述；
5. 校准结果及其测量不确定度的说明；
6. 对校准规范的偏离的说明；
7. 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
8. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
9. 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

————————————