**JJF**

**中华人民共和国国家计量技术规范**

**JJF xxxx-xxxx**

**长度设定仪校准规范**

Calibration Specification for Length Presetters

**（征求意见稿）**

xxxx―xx―xx发布 xxxx―xx―xx实施

国家市场监督管理总局发布

|  |  |
| --- | --- |
| **长度设定仪校准规范** |  |
| JJF ×- ×××× |
| **Calibration Specification for Length Presetters** |
|  |

归口单位：全国几何量工程参量计量技术委员会

主要起草单位：

参与起草单位：

本规范委托全国几何量工程参量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](#_Toc195103574)

[1 范围 1](#_Toc195103575)

[2 引用文件 1](#_Toc195103576)

[3 概述 1](#_Toc195103577)

[4 计量特性 2](#_Toc195103578)

[4.1测砧示值误差 2](#_Toc195103579)

[4.2测砧测量面平面度 2](#_Toc195103580)

[4.3测砧测量面平行度 2](#_Toc195103581)

[4.4初始位置示值误差 2](#_Toc195103582)

[4.5光栅示值误差 2](#_Toc195103583)

[4.6重复性 2](#_Toc195103584)

[4.7测量面平行度 2](#_Toc195103585)

[5 校准条件 2](#_Toc195103586)

[6.1 环境条件 2](#_Toc195103587)

[6.2 校准项目和校准用计量器具 2](#_Toc195103588)

[6 校准方法 3](#_Toc195103589)

[6.1测砧示值误差 3](#_Toc195103590)

[6.2测砧测量面平面度 4](#_Toc195103591)

[6.3测砧测量面平行度 4](#_Toc195103592)

[6.4初始位置示值误差 5](#_Toc195103593)

[6.5光栅示值误差 6](#_Toc195103594)

[6.6重复性 6](#_Toc195103595)

[6.7测量面平行度 7](#_Toc195103596)

[7 校准结果的表达 8](#_Toc195103597)

[8 复校时间间隔 8](#_Toc195103598)

[附录A 9](#_Toc195103599)

[长度设定仪光栅示值误差校准结果不确定度评定示例 9](#_Toc195103600)

[附录B 12](#_Toc195103601)

[长度设定仪测砧示值误差校准结果不确定度评定示例 12](#_Toc195103602)

[附录C 15](#_Toc195103603)

[长度设定仪初始位置示值误差校准结果不确定度评定示例 15](#_Toc195103604)

[附录D 18](#_Toc195103605)

[校准证书内容及内页格式 18](#_Toc195103606)

# 引言

JJF 1071－2010《国家计量校准规范编写规则》、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》共同构成支撑本校准规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

**长度设定仪校准规范**

1. 范围

本规范适用于长度设定仪的校准，其余具有设定功能的仪器，可以参照执行。

1. 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 146 量块检定规程

JJF 1189测长仪校准规范

JJF 1258步距规校准规范

凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修订单）适用于本规范。

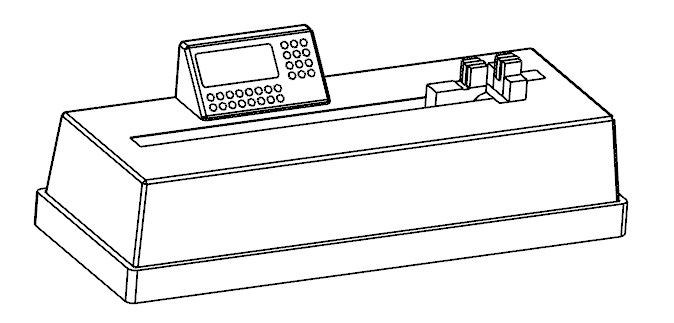
1. 概述

长度设定仪(以下简称设定仪)是一款光机电相结合的长度计量仪器，通过直接测量或比较测量的方法设定长度值，用以校验多种量具，如内径量表、多功能数显卡尺等。设定仪由基座、移动座、固定座、长度标准器（一般为光栅尺）和读数或显示装置组成，在移动座与固定座上各有一个测砧，每个测砧一般有内外两个测量面，型式通常为量块。设定仪的示意图如图1所示。

7

4

3



6

8

9

5

2

1

图1 长度设定仪示意图  
1基座 2外壳 3显示屏 4控制器 5移动座 6移动测砧 7固定测砧 8固定座 9光栅尺

1. 计量特性

4.1测砧示值误差

产品说明书或其它技术文件给出的限定值。

4.2测砧测量面平面度

产品说明书或其它技术文件给出的限定值。

4.3测砧测量面平行度

产品说明书或其它技术文件给出的限定值。

4.4初始位置示值误差

产品说明书或其它技术文件给出的限定值。

4.5光栅示值误差

产品说明书或其它技术文件给出的限定值。

4.6重复性

产品说明书或其它技术文件给出的限定值。

4.7测量面平行度

产品说明书或其它技术文件给出的限定值。

注：校准不判定合格与否，上述计量特性指标仅供参考

1. 校准条件

6.1 环境条件

室内温度为 (20±2) ℃，温度变化不超过 1 ℃/h，相对湿度不超过70%。校准时，设定仪在室内等温时间要求见表1，校准用计量器具等温平衡时间不少于2h。

**表1 设定仪在室内等温时间要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 量程（mm） | 等温时间要求(h) |
| 1 | ≤500 | ≥48 |
| 2 | >500~2000 | ≥72 |
| 3 | >2000 | ≥80 |

6.2 校准项目和校准用计量器具

校准项目和校准用计量器具见表2。

**表2校准项目和校准用计量器具**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 校准用计量器具 | |
| 1 | 测砧示值误差 | 光栅式测微仪 | 0.1μm级 |
| 量块 | 3等 |
| 2 | 测砧测量面平面度 | 平面平晶 | 2级 |
| 3 | 测砧测量面平行度 | 光栅式测微仪 | 0.1μm级 |
| 4 | 初始位置示值误差 | 光栅式测微仪 | 0.1μm级 |
| 量块 | 3等 |
| 5 | 光栅示值误差 | 激光干涉仪 | MPE:±(0.03μm +1.5×10-6*L*) |
| 6 | 重复性 |
| 7 | 测量面平行度 | 光栅式测微仪 | 0.1μm级 |

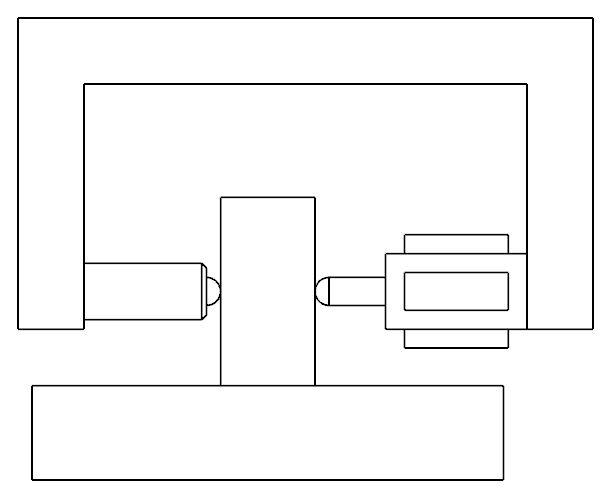
1. 校准方法

6.1测砧示值误差

校准前，请按照仪器操作说明书对长度设定仪进行预热，待仪器稳定后再进行下一步校准工作，一般预热时间不少于30分钟。设定仪不应有影响使用性能的外部缺陷，测量面不应有锈痕、碰伤、划伤等影响准确度的缺陷，非工作部分的锐边应倒钝。设定仪各紧固部分牢固可靠，各转动部分应灵活，不应有卡滞和松动现象。

选择一块标称值大小与测砧标称值大小接近的量块，将其借助相关夹具固定在实验操作台上。将光栅式测微仪与外尺寸夹具连接组合构成外尺寸测量装置，注意调整外尺寸测量装置中光栅式测微仪间距，使得外尺寸夹具的球形测头以及光栅式测微仪的测头分别与量块测量面中心接触，如图2所示。调整外尺寸测量装置找到示值转折点，将光栅式测微仪示值清零。

同理，调整外尺寸测量装置位置，使得外尺寸夹具的球形测头以及光栅式测微仪的测头分别与设定仪测砧的两个测量面中心接触。调整外尺寸测量装置找到示值转折点，读取此时光栅式测微仪示值。



3

2

1

图2 外尺寸测量装置测量测砧或量块外尺寸示意图

1.测砧(或量块) 2.外尺寸夹具 3光栅式测微仪

按照公式(1)计算得到测砧示值误差

(1)

示中：——测砧示值误差;

——光栅式测微仪示值；

——量块的实际值；

——测砧的标称值。

移动测砧与固定测砧示值误差均需要校准。

6.2测砧测量面平面度

使用平面平晶，以技术光波法确认。

6.3测砧测量面平行度

调整外尺寸测量装置位置，使得外尺寸夹具的球形测头以及光栅式测微仪的测头分别与设定仪测砧的两个测量面中心接触，调整外尺寸测量装置找到示值转折点，记录此时光栅式测微仪示值。使用同样的方法，分别测得球形测头以及光栅式测微仪的测头分别与设定仪测砧的两个测量面的四个角位置时光栅式测微仪的示值，并分别记录。以这5个示值中最大值与最小值的差值为最后结果。测量位置见图3。注意在测量过程中，不能改变光栅式测微仪的示值。

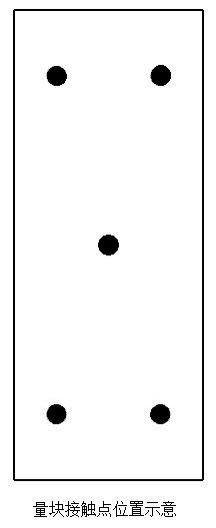
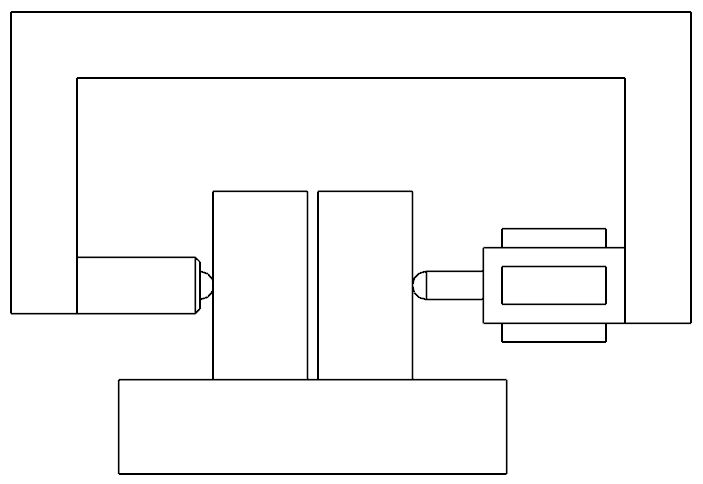


图3 平行度测量位置和测量点数示意图

6.4初始位置示值误差

选择一块标称值大小与设定仪初始位置外尺寸标称值大小接近的量块，将其借助相关夹具固定在实验操作台上。将光栅式测微仪与外尺寸夹具连接组合构成外尺寸测量装置，注意调整外尺寸测量装置中光栅式测微仪间距，使得外尺寸夹具的球形测头以及光栅式测微仪的测头分别与量块测量面中心接触，如图2所示。调整外尺寸测量装置找到示值转折点，将光栅式测微仪示值清零。



6

5

4

1

3

2

图4 外尺寸测量装置测量初始位置示值误差示意图

1移动测砧外测量面 2移动测砧 3外尺寸夹具 4固定测砧外测量面 5光栅式测微仪 6固定测砧

移动测砧移动至初始位置。将光栅式测微仪与外尺寸夹具连接组合构成外尺寸测量装置，注意调整外尺寸测量装置中光栅式测微仪间距，使得外尺寸夹具的球形测头以及光栅式测微仪的测头分别与移动测砧以及固定测砧的外测量面中心接触，如图4所示。调整外尺寸测量装置找到示值转折点，读取光栅式测微仪示值。

按照公式(2)计算得到初始位置外尺寸示值误差

(2)

式中：——初始位置外尺寸示值误差;

——光栅式测微仪示值；

——量块的实际值；

——初始位置外尺寸标称值。

可按照公式(3)可得到初始位置内尺寸示值误差

(3)

式中：——初始位置内尺寸示值误差；

——移动测砧示值误差；

——固定测砧示值误差；

——初始位置外尺寸示值误差。

6.5光栅示值误差

将激光干涉仪安装在设定仪上，其中测量镜安装再移动测砧上。调整激光干涉仪系统，尽量使激光束、参考镜、测量镜与设定仪的测量轴同轴,必要时可借助相关夹具。将空气温度、气压、湿度和长度设定仪温度、热膨胀系数等参数输入激光干涉仪系统。移动设定仪移动测砧至初始位置，设定仪示值置零，激光干涉仪显示器清零。

在设定仪示值范围内均匀分布10个间隔，读取各点设定仪和激光干涉仪的示值。各测量点设定仪示值与激光干涉仪示值之差为设定仪各校准点的示值误差。各校准点的光栅示值误差*e*由（4）式计算：

(4)

式中：*e*—光栅示值误差；

*L*a—长度设定仪示值；

*L*b—激光干涉仪示值。

6.6重复性

激光安装方式与7.5一致。先让移动测砧移动到初始位置，然后设定移动测砧位置，建议选取该仪器行程的中间位置。设定移动测砧移动至该位置，待测砧停稳后记录此时激光干涉仪示值，然后再回初始位置，如此重复10次，记录每次读取激光干涉仪示值。以公式(5)计算最终结果。

(5)

式中：——重复性；

*n*——测量次数，*n*=10；

——第*i*次激光干涉仪示值；

——10次测量激光干涉仪平均值；

*i*——测量的序号，*i*=1，2，…，10。

6.7测量面平行度

将移动测砧移动到初始位置，调整外尺寸测量装置位置，使得外尺寸夹具的球形测头以及光栅式测微仪的测头分别与设定仪测砧的两个外测量面中心接触，调整外尺寸测量装置找到示值转折点，记录此时光栅式测微仪示值，如图4。使用同样的方法，分别测得球形测帽以及光栅式测微仪的测头分别与设定仪测砧的两个测量面的四个角位置时光栅式测微仪的示值，并分别记录。以这5个示值中最大值与最小值的差值为该位置测量面平行度。测量点见图3。注意在测量过程中，不能改变光栅式测微仪的示值。

用光栅式测微仪与外尺寸夹具连接组合构成外尺寸测量装置，再分别测量移动测砧至测量范围中、末二个位置。在每个位置处，调整内尺寸测量装置位置，使得内尺寸夹具的球形测头以及光栅式测微仪的测头分别与设定仪测砧的两个内测量面中心接触，如图5所示。调整内尺寸测量装置找到示值转折点，记录此时光栅式测微仪示值。使用同样的方法，分别测得球形测头以及光栅式测微仪的测头分别与设定仪测砧的两个测量面的四个角位置时光栅式测微仪的示值，并分别记录。以这5个示值中最大值与最小值的差值为该位置测量面平行度。测量点见图3。注意在每个测量过程中，不能改变光栅式测微仪的示值。

2

1

2

3

4

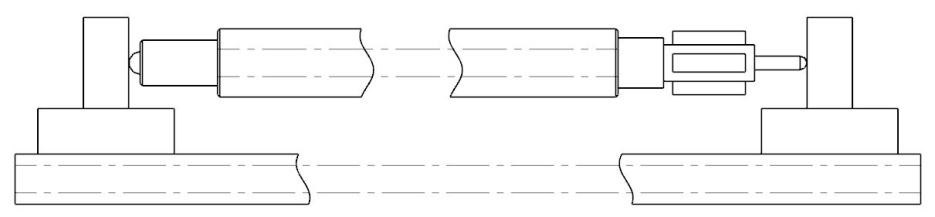


图5 内尺寸测量装置测量平行度示意图

1移动测砧 2内尺寸夹具 3光栅式测微仪 4固定测砧

以三个位置中最大值为最终测量结果。

1. 校准结果的表达

经过校准的设定仪，发给校准证书。校准证书内容见附录C。

1. 复校时间间隔

根据设定仪的使用情况和稳定性，复校时间间隔由用户自行决定，建议不超过 1年。

----------------------------------------------

# 附录A

# 长度设定仪光栅示值误差校准结果不确定度评定示例

A.1 测量方法

示值误差是用激光干涉仪，按照规定的测量间隔进行校准。环境要求为室内温度 (20±2) ℃，温度变化不超过 1 ℃/h，相对湿度不超过70%。

A.2 测量模型

现对量程为1000mm、最大允许误差为±(3+*L*/300) μm的长度设定仪示值误差的测量结果不确定度进行分析计算。

由长度设定仪各校准点的示值误差

(A.1)

式中：*e*—示值误差；

*L*a—长度设定仪示值；

*L*b—激光干涉仪示值。

A.3 方差与灵敏系数

灵敏系数：，

依据不确定度传播律公式,输出量*e*的估计值由式（A.2）得方差：

(A.2)

A.4 标准不确定度一览表

标准不确定度分量见表A.1

表A.1 标准不确定度分量一览表 *L*=1000mm时

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量*u*(xi) | 不确定度来源 | 标准不确定度值*u*(xi) |  | 输出量标准不确定度分量 |
|  | 长度设定仪引入的标准不确定度分量 | 0.91μm | 1 | 0.91μm |
|  | 长度设定仪重复性引入的不确定度分量 | 0.43μm | 1 | 0.43μm |
|  | 仪器分辨力引入的不确定度分量 | 0μm | 1 | 0μm |
|  | 长度设定仪线膨胀系数引入的不确定度分量 |  | *L*Δt | 0.8μm |
|  | 温度偏离20℃引入的标准不确定度分量 | 0μm | 1 | 0μm |
|  | 激光干涉仪引入的不确定度分量 | 0.89μm | -1 | 0.89μm |
|  | 激光干涉仪示值误差引入的不确定度分量 | 0.88μm | 1 | 0.88μm |
|  | 激光干涉仪准直引入的不确定度分量 | 0 | 1 | 0μm |
|  | 室温不均匀引入的不确定度分量 | 0.15μm | 1 | 0.15μm |

A.4.1 长度设定仪引入的标准不确定度分量

A.4.1.1 重复性引入的标准不确定度分量

重复测量10次，用贝塞尔法计算得到=0.43μm

A.4.1.2 仪器分辨力引入的不确定度分量

仪器的分辨力一般为0.1μm，可以忽略不记。

A.4.1.3 线膨胀系数引入的标准不确定度分量

光栅尺线膨胀系数α为(11.5±1)×10-6℃-1,符合三角分布则，*L*=1000mm，Δt=2℃，

A.4.1.4 温度偏离20℃引入的标准不确定度分量

由于激光干涉仪会对温度偏离20℃引入的误差进行修正，故该分量引入的误差忽略。

A.4.2激光干涉仪引入的标准不确定度分量

A.4.2.1激光干涉仪示值误差引入的不确定度分量

激光干涉仪MPE:±(0.03μm +1.5×10-6*L*)，取均匀分布，则,*L*=1000mm时，0.88μm

A.4.2.2激光干涉仪准直引入的不确定度分量

激光干涉仪定向调整至于长度设定仪测量轴平行，偏差约0.2mm/1600mm（经光路反射至激光头的光斑，无视觉可辨移动）,该分量忽略不计。

A.4.2.3室温不均匀引入的不确定度分量

温度变化不超过 1 ℃/h，考虑测量的时间以及水平方向上也会有温度场变化，综合考虑，认为测量1m长度方向上，温度误差为±0.5℃，服从均匀分布，温度对空气折射率的灵敏系数为9.298×10-7℃-1，则测量1m时，该分量引入的不确定度分量

A.5 合成不确定度

**=**1.3μm

A.6 扩展不确定度

，*k*=2

# 附录B

# 长度设定仪测砧示值误差校准结果不确定度评定示例

B.1 测量方法

测砧示值误差是用量块、光栅式测微仪以比较法进行测量。

B.2 测量模型

现对量程为1000mm、最大允许误差为±(3+*L*/300) μm的长度设定仪示值误差的测量结果不确定度进行分析计算。

测砧示值误差由式B.1计算得到：

**(B.1)**

式中：——测砧示值误差;

——测砧的标称值;

——光栅式测微仪示值；

——量块的实际值。

由式（B.1），由于比较测量，光栅式测微仪示值较小，膨胀可以忽略，从而可以得到：

(B.2)

式中：——测砧的标称值(20℃条件下)；

——光栅式测微仪读数(20℃条件下)；

——量块的实际值(20℃条件下)；

，——分别为测砧与量块的线膨胀系数；

，——分别是测砧与量块偏离标准温度20℃的值。

B.3 合成标准不确定度

令，

取，，,得：

（B.3）

灵敏系数： ，，

,

依据不确定度传播律公式,输出量的估计值由式（B.4）得方差：

(B.4)

B.4 标准不确定度一览表

标准不确定度分量见表B.1

表B.1 标准不确定度分量一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量*u*(xi) | 不确定度来源 | 标准不确定度值*u*(xi) |  | 输出量标准不确定度分量 |
|  | 测砧读数引入的不确定度分量 | 0 | 1 | 0μm |
|  | 光栅式测微仪引入的不确定度分量 | 0.1 | 1 | 0.1μm |
|  | 对零位量块引入的不确定度分量 | 0.04μm | 1 | 0.04μm |
|  | 测砧与对零量块膨胀系数差引入的不确定度分量 |  |  | 0.03μm |
|  | 测砧与对零量块温度差引入的不确定度分量 | 0.17℃ |  | 0.01μm |

B.4.1 测砧读数引入的不确定度分量。

该值是一个固定值，故不确定度分量为0。

B.4.2 光栅式测微仪引入的不确定度分量。

B.4.2.1 重复测量10次，重复性引入的不确定度

重复测量10次，用贝塞尔法计算得到；

B.4.2.2 光栅式测微仪示值误差引入的不确定度

由JJF 1682-2017《光栅式测微仪校准规范》可知，0.1μm级的光栅式测微仪示值误差范围≤0.1μm，假设符合均匀分布，则；

B.4.2.3 光栅式测微仪分辨力引入的不确定度

选用的光栅分辨力为0.01μm，假设符合均匀分布，则最终忽略不计。

故光栅式测微仪引入的不确定度分量为

B.4.3 对零量块引入的不确定度分量

量块尺寸一般是20mm，量块为3等，扩展不确定度为 *k*=2.68，

B.4.4 测砧与对零量块膨胀系数差引入的不确定度分量

测砧与对零量块均为陶瓷量块，陶瓷量块膨胀系数大概为,线膨胀系数的界限为，按照三角分布，，*L*=20mm, =2℃,则

B.4.5测砧与对零量块温度差引入的不确定度分量 测砧与对零量块之间存在一定温度差，以等概率落在±0.3℃范围内，假设均匀分布。膨胀系数为2×10-6℃-1,则。

**B.5 合成不确定度**

=0.11μm

B.6 扩展不确定度

，*k*=2

# 附录C

# 长度设定仪初始位置示值误差校准结果不确定度评定示例

C.1 测量方法

测砧示值误差是用量块、光栅式测微仪以比较法进行测量。

C.2 测量模型

现对量程为1000mm、最大允许误差为±(3+*L*/300) μm的长度设定仪示值误差的测量结果不确定度进行分析计算。

初始位置外尺寸示值误差由式C.1计算得到：

(C.1)

式中：——初始位置外尺寸示值误差;

——光栅式测微仪示值；

——量块的实际值；

——初始位置外尺寸标称值。

由式（B.1），由于比较测量，光栅式测微仪示值较小，膨胀可以忽略，从而可以得到：

(C.2)

式中：——初始位置外尺寸的标称值(20℃条件下)；

——光栅式测微仪读数(20℃条件下)；

——量块的实际值(20℃条件下)；

，——分别为测砧与量块的线膨胀系数；

，——分别是初始位置测砧与量块偏离标准温度20℃的值。

C.3 合成标准不确定度

令，

取，，,得：

（C.3）

灵敏系数： ，，

,

依据不确定度传播律公式,输出量的估计值由式（B.4）得方差：

**(C.4)**

C.4 标准不确定度一览表

标准不确定度分量见表C.1

表C.1 标准不确定度分量一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量*u*(xi) | 不确定度来源 | 标准不确定度值*u*(xi) |  | 输出量标准不确定度分量 |
|  | 初始位置读数引入的不确定度分量 | 0μm | 1 | 0μm |
|  | 光栅式测微仪引入的不确定度分量 | 0.1μm | 1 | 0.1μm |
|  | 对零位量块引入的不确定度分量 | 0.05μm | 1 | 0.05μm |
|  | 测砧与对零量块膨胀系数差引入的不确定度分量 |  |  | 0.03μm |
|  | 测砧与对零量块温度差引入的不确定度分量 | 0.17℃ |  | 0.01μm |

C.4.1 测砧读数引入的不确定度分量。

该值是一个固定值，故不确定度分量为0。

C.4.2 光栅式测微仪引入的不确定度分量。

C.4.2.1 重复测量10次，重复性引入的不确定度

重复测量10次，用贝塞尔法计算得到；

C.4.2.2 光栅式测微仪示值误差引入的不确定度

由JJF 1682-2017《光栅式测微仪校准规范》可知，0.1μm级的光栅式测微仪示值误差范围≤0.1μm，假设符合均匀分布，则；

C.4.2.3 光栅式测微仪分辨力引入的不确定度

选用的光栅分辨力为0.01μm，假设符合均匀分布，则最终忽略不计。

故光栅式测微仪引入的不确定度分量为

C.4.3 对零量块引入的不确定度分量

量块尺寸一般是40mm，量块为3等，扩展不确定度为 *k*=2.68，

C.4.4 测砧与对零量块膨胀系数差引入的不确定度分量

测砧与对零量块均为陶瓷量块，陶瓷量块膨胀系数大概为,线膨胀系数的界限为，按照三角分布，，*L*=20mm, =2℃,则

C.4.5测砧与对零量块温度差引入的不确定度分量 测砧与对零量块之间存在一定温度差，以等概率落在±0.3℃范围内，假设均匀分布。膨胀系数为2×10-6℃-1,则。

**C.5 合成不确定度**

=0.11μm

C.6 扩展不确定度

，*k*=2

# 附录D

# 校准证书内容及内页格式

D.1校准证书内容

校准证书的内容应排列有序、清晰，一般应至少包括下列内容:

a)标题“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的应用有关时，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；

1)校准结果及其测量不确定度的说明；

m)校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

n)校准结果仅对被校对象有效的声明；

o)未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

D.2 推荐的校准证书内页格式

推荐的校准证书内页格式见表D.1

表D.1 校准证书内页格式

证书编号：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 环境条件 | 温度：  湿度： | 地点：  其它： |
| 序号 | 校准项目 | 校准结果 |
| 1 | 测砧示值误差 |  |
| 2 | 测砧测量面平面度 |  |
| 3 | 测砧测量面平行度 |  |
| 4 | 初始位置示值误差 |  |
| 5 | 光栅示值误差 |  |
| 6 | 重复性 |  |
| 7 | 测量面平行度 |  |