

福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1101—2020

在线式 CCD 图像尺寸测量系统 校准规范

Calibration Specification for Online CCD Image Size
Measurement System

2020-1-14 发布

2020-4-14 实施

福建省市场监督管理局 发布

在线式 CCD 图像尺寸测量 系统校准规范

Calibration Specification for Online
CCD Image Size Measurement System

JJF (闽) 1101—2020

本规范经福建省市场监督管理局 2020 年 1 月 14 日批准,自 2020 年 4 月 14 日起实施。

归口单位:福建省市场监督管理局

主要起草单位:厦门市计量检定测试院

参加起草单位:厦门宏发电声股份有限公司

厦门大学

本规范委托厦门市计量检定测试院负责解释。

本规范主要起草人：

郑伟峰 （厦门市计量检定测试院）

蒋淑恋 （厦门市计量检定测试院）

沈在钦 （厦门市计量检定测试院）

郑尚榜 （厦门市计量检定测试院）

参加起草人：

褚旭阳 （厦门大学）

沈泽华 （厦门宏发电声股份有限公司）

雷新进 （厦门宏发电声股份有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(3)
5.1 尺寸测量误差	(3)
5.2 标定系数的重复性	(3)
5.3 标定系数的非线性误差	(3)
5.4 各位置测量结果的一致性	(3)
5.5 照度均匀性	(3)
5.6 测量重复性	(3)
6 校准条件	(4)
6.1 环境条件	(4)
6.2 标准器及其它设备	(4)
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 校准数据处理	(7)
8.2 校准证书	(8)
8.3 校准结果的不确定度评定	(8)
9 复校时间间隔	(8)
附录 A 在线式 CCD 图像尺寸测量系统校准记录 (式样)	(9)
附录 B 校准证书校准结果内容	(11)
附录 C 尺寸测量误差的校准结果不确定度评定(示例)	(12)
附录 D 角度测量误差的校准结果不确定度评定(示例)	(16)
附录 E 专用标准器组的技术要求	(18)

引 言

本规范参照 GB/T 24762—2009《产品几何技术规范 (GPS) 影像测量仪的验收检测和复检检测》制定,其编写格式执行 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》,测量不确定度评定采用 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》要求的内容与方法编写。

本校准规范为首次制定文件。

在线式 CCD 图像尺寸测量系统校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围为 (0~100) mm, CCD 像素在 200 万以上的在线式图像尺寸测量系统的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

JJF 1318—2011 影像测量仪校准规范

ISO/CIE 19476:2014(F) Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters (照度计和亮度计的性能特性)

GB/T 24762—2009 产品几何技术规范 (GPS) 影像测量仪的验收检测和复检检测

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。

3 术语

JJF 1318—2011 影像测量仪校准规范和 ISO/CIE 19476:2014(F) Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters (照度计和亮度计的性能特性) 中界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 CCD 图像尺寸测量系统

通过 CCD 摄像系统获取被测对象的清晰图像并完成各类尺寸分析计算的测量系统。

3.2 标定系数

通过系统标定建立的被测实际尺寸和 CCD 像素物理尺寸的数学关系, 获取标定系数 (尺寸像素测量比) k , 单位为 mm/pixel。pixel—像素。

3.3 标定系数的重复性

用同一标准尺寸对测量系统进行连续重复标定, 当无法保证标准器重复摆放的位置及方向完全一致时, 多次获取的标定系数 k 之间的一致性。

3.4 标定系数的非线性误差

用不同大小的标准尺寸对测量系统进行标定, 获取大小不同的标定系数 k , 这些标定系数 k 的线性度。

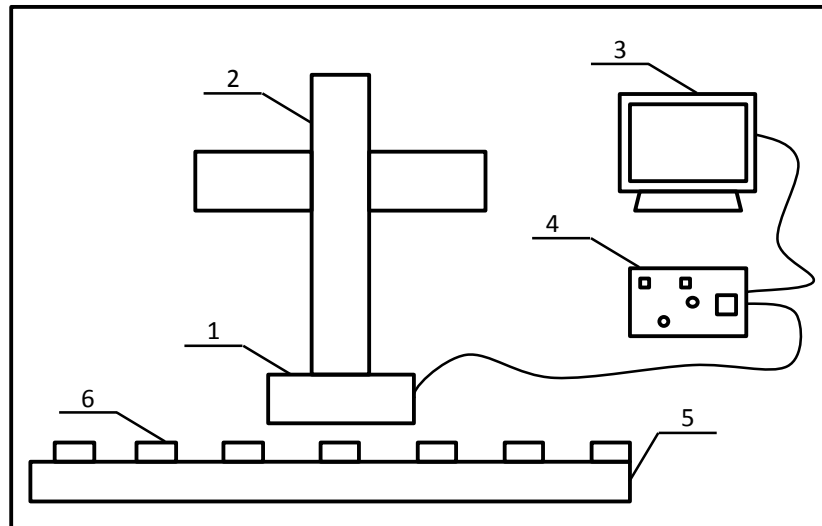
3.5 各位置测量结果的一致性

同一被测尺寸放置在测量平台(视场范围内)上的不同位置时, 测量系统测得结果的一致程度。

4 概述

在线式 CCD 图像尺寸测量系统属于非接触式图像尺寸测量仪器的一种, 广泛应用于规模化生产型企业流水线上中间产品(半成品和零部件)的尺寸在线测量, 测量元素包括长度、宽度、孔距、间距、圆弧、直径、半径、槽宽、角度等。

图 1 是在线式 CCD 图像尺寸测量系统示意图。



1—CCD 成像系统; 2—可调立柱; 3—计算机; 4—图像采集卡; 5—传送带; 6—被测件

图 1 在线式 CCD 图像尺寸测量系统示意图

如图 1 所示, 传送带将被测件传送到指定位置后, 图像尺寸测量系统利用 CCD 摄像头捕捉到被测件的清晰图片, 利用计算机的图像处理软件对图像进行降噪、复原和特征提取以及尺寸计算等一系列技术处理, 计算出被测零部件的各类尺寸值, 同时与设定的产品标准尺寸进行比对, 并参考尺寸公差自动判断零部件尺寸是否符合要求。被测尺寸的测量结果由公式 (1) 计算。

$$L = k \times n \quad (1)$$

式中: L ——尺寸测量结果, mm;

k ——标定系数(尺寸像素测量比), mm/pixel;

n ——对应的像素点个数。

5 计量特性

5.1 尺寸测量误差

见表 1 所示。

表 1 尺寸测量的最大允许误差

项目	最大允许误差			
分辨力	0.01mm		0.1mm	
系统测量范围	(0~20) mm	(0~40) mm	(0~80) mm	(0~100) mm
二维尺寸测量误差	±0.03 mm	±0.05 mm	±0.1 mm	±0.2 mm
直径测量误差	±0.03 mm	±0.05 mm	±0.1 mm	±0.2 mm
角度测量误差	±0.3°			

5.2 标定系数的重复性

标定系数的重复性不超过 0.05%。

5.3 标定系数的非线性误差

标定系数的非线性误差不超过 0.1%。

5.4 各位置测量结果的一致性

见表 2 所示。

表 2 各位置测量结果的一致性

系统测量范围	分辨力	各位置测量结果的一致性不超过
(0~20) mm	0.01mm	0.03 mm
(0~40) mm	0.01mm	0.05 mm
(0~80) mm	0.1mm	0.1 mm
(0~100) mm	0.1mm	0.2 mm

5.5 照度均匀性

照度均匀性不超过 20%。

5.6 测量重复性

尺寸测量重复性不超过 0.03mm。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温湿度条件：校准在线式 CCD 图像测量系统的环境温度为 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%。

6.1.2 其它条件：校准环境内无影响测量的振动，能够在测量视场范围内提供均匀的，稳定的光照条件，无自然光或其它外部光源直射。

6.2 标准器及其它设备

校准项目和校准用标准器见表 3。

表 3 校准项目和校准用标准器

序号	校准项目	校准用标准器
1	尺寸测量误差	专用尺寸、槽宽、直径标准器组。 $U=0.005\text{mm}$, $k=2$ 专用角度标准器组。 $U=0.1^\circ$, $k=2$
2	标定系数的重复性	20mm 的专用尺寸标准器。 $U=0.005\text{mm}$, $k=2$
3	标定系数的非线性 误差	5mm、10mm、20mm、40mm、60mm、80mm 的专用尺寸标准器。 $U=0.005\text{mm}$, $k=2$
4	各位置测量结果的 一致性	20mm 的专用尺寸标准器。 $U=0.005\text{mm}$, $k=2$
5	照度均匀性	照度计。量程应大于 2klx，准确度等级：二级及以上
6	测量重复性	20mm 的专用尺寸标准器。 $U=0.005\text{mm}$, $k=2$

注：也可采用满足测量不确定度要求的其它标准器进行校准。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目：在线式 CCD 图像尺寸测量系统的校准项目参见表 3。

7.2 校准方法

校准前，应对在线式 CCD 图像尺寸测量系统的外观、CCD 和机台相互作用等进行检查，目视判断有无影响测量的灰尘、光线和松动等因素。如无特殊要求，校准用标准器（组）应尽量位于测量视场的中心位置。在确定无影响计量特性的因素后，测量系统预热 15 分钟以上，然后按下列校准方法进行校准。

7.2.1 尺寸测量误差

在线式 CCD 图像尺寸测量系统的尺寸测量误差包括二维尺寸测量误差、直

径测量误差和角度测量误差。

7.2.1.1 二维尺寸测量误差

根据测量系统的测量范围合理选择专用尺寸标准器（见附录 E 的图 E.1）。用某一专用尺寸标准器进行校准时，先选用标准器上的基本标准尺寸用于测量系统的标定。标定时，标准器在 X 轴或 Y 轴方向上应尽量充满测量视场，比例应不低于 80%。然后，在软件系统中输入标定系数值，并测量该标准器上的最大极限标准尺寸和最小极限标准尺寸，连续测量 3 次，测得结果的平均值分别与对应尺寸标准值进行比较，计算各自的尺寸测量误差。校准时，在垂直于 CCD 光轴的测量台面上，专用尺寸标准器的标准尺寸应分别平行于 X 轴和 Y 轴方向。

槽宽尺寸测量误差校准与二维尺寸测量误差校准的方法类似。

7.2.1.2 直径尺寸测量误差

在线式 CCD 图像尺寸测量系统直径测量误差的校准采用专用直径标准器，包括标准圆孔和标准圆柱（见附录 E 的图 E.3）。

校准时，用某一专用直径标准器上的基本标准尺寸进行标定，在软件系统中输入标定系数值，然后，测量专用直径标准器上的最大极限标准尺寸和最小极限标准尺寸，连续测量 3 次，测得结果的平均值分别与对应直径标准值进行比较，计算各自的直径测量误差。

7.2.1.3 角度测量误差

校准时，对某一专用角度标准器上的最大标准角度、基本标准角度和最小标准角度（见附录 E 的图 E.4）连续测量 3 次，测得结果的平均值分别与对应角度标准值进行比较，计算各自的角度测量误差。选取其中最大的角度测量误差值作为角度测量误差。

7.2.2 标定系数的重复性

用 20mm 的基本标准尺寸进行标定，标定 5 次并分别获取标定系数 k_i 。选取其中标定系数的最大值和最小值按公式（2）计算测量系统标定系数的重复性。

$$\Delta k_r = \frac{(k_{\max} - k_{\min})}{C \cdot k_{av}} \times 100\% \quad (2)$$

式中： Δk_r ——测量系统标定系数的重复性，%；

k_{\max} ——标定系数最大值；

k_{\min} —— 标定系数最小值；

k_{av} —— 标定系数平均值；

C —— 极差系数，5次测量时取 $C = 2.33$ 。

7.2.3 标定系数的非线性误差

根据测量系统的最大测量范围，选用3个以上适合的基本标准尺寸，从大到小逐次递减进行标定，获取其标定系数 k_i 。选取其中标定系数的最大值和最小值按公式(3)计算测量系统标定系数的非线性误差。

$$\Delta k_l = \frac{(k_{\max} - k_{\min})}{2 \times k_{av}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： Δk_l —— 测量系统标定系数的非线性误差，%；

k_{\max} —— 标定系数最大值；

k_{\min} —— 标定系数最小值；

k_{av} —— 标定系数平均值。

7.2.4 各位置测量结果的一致性

用20mm的基本标准尺寸标定完后，在软件系统中输入标定系数值。在图2所示的测量视场范围内的1到8位置（方向）中，分别测量20mm的基本标准尺寸。比较8个位置（方向）测得的尺寸值，最大值与最小值之差即为测量系统各位置测量结果的一致性。

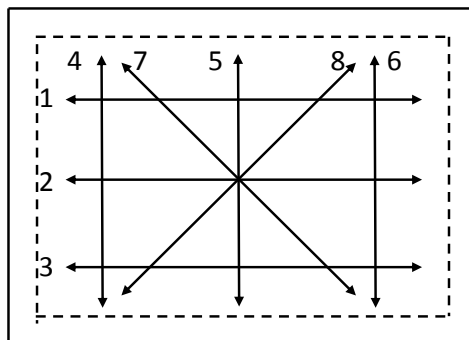


图2 测量结果一致性校准位置图

7.2.5 照度均匀性

在无自然光直射的条件下，测量被测件工作台（视场范围内）上9个测量点的照度值。测量点位置分布如图3所示。

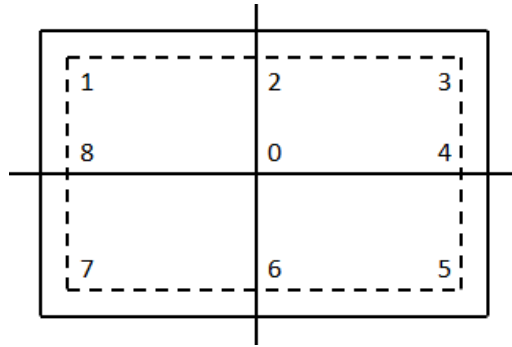


图3 照度均匀性校准位置图

分别把照度计探头置于图3所示的被测件工作台（测量视场范围内）上的各个测量点，逐一测定9个位置的照度值，由公式（4）计算照度均匀性。

$$\Delta E_u = \frac{\sum_{i=1}^8 |E_i - E_0|}{8E_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中： ΔE_u ——照度均匀性，%；

E_0 ——位置0的照度测得值；

E_i ——第*i*（*i*=1, 2, 3, ..., 8）个位置的照度测得值。

7.2.6 测量重复性

用20mm的基本标准尺寸标定完后，在软件系统中输入标定系数值。然后，对该基本标准尺寸进行测量，重复测量5次。分别读取测得值，由公式（5）计算测量重复性结果。

$$\Delta L = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{C} \quad (5)$$

式中： ΔL ——测量重复性结果；

L_{\max} ——测得值的最大值；

L_{\min} ——测得值的最小值；

C ——极差系数，5次测量时取 $C = 2.33$ 。

8 校准结果表达

8.1 校准数据处理

在线式CCD图像尺寸测量系统的校准结果可以参考校准记录（式样）（见附录A）。

8.2 校准证书

在线式 CCD 图像尺寸测量系统校准后出具校准证书, 校准证书应包括的信息及推荐的校准证书内页格式见附录 B。

8.3 校准结果测量不确定度评定

校准结果测量不确定度依据 JJF1059.1—2012 评定。在线式 CCD 图像尺寸测量系统测量误差的测量不确定度评定见附录 C 和附录 D。

9 复校时间间隔

复校时间间隔由使用者自主决定, 建议不超过 1 年。

附录 A

校准记录 (式样)

记录编号:

证书编号:

送校单位									
样品	名称				型号规格				
	制造厂				出厂编号				
标准器	名称	型号规格	仪器编号	技术特征	溯源机构	证书编号	有效日期		
技术依据									
校准地点					温度: °C	相对湿度: %			
接收日期	20 年 月 日				校准日期	20 年 月 日			
核验日期	20 年 月 日				发布日期	20 年 月 日			
校准员					核验员				
1、尺寸测量误差									
1.1 二维尺寸测量误差(mm)									
X 轴尺寸测量误差(mm)					Y 轴尺寸测量误差(mm)				
标准值	最大极限尺寸示值	示值误差	最小极限尺寸示值	示值误差	标准值	最大极限尺寸示值	示值误差	最小极限尺寸示值	示值误差
1.2 直径测量误差(mm)									
柱径测量误差(mm)					孔径测量误差(mm)				
标准值	最大极限尺寸示值	示值误差	最小极限尺寸示值	示值误差	标准值	最大极限尺寸示值	示值误差	最小极限尺寸示值	示值误差

1.3 角度测量误差(°)										
标准值	最大角度示值	中间角度示值	最小角度示值	示值误差	标准值	最大角度示值	中间角度示值	最小角度示值	示值误差	
2、标定系数重复性 (%)										
次数	1	2	3	4	5	重复性				
k_i										
3、标定系数的非线性误差 (%)										
标定尺寸									非线性误差	
k_i										
4、各位置测量结果的一致性 (mm)										
位置点	1	2	3	4	5	6	7	8	一致性	
测得值										
5、照度均匀性 (%)										
位置点	0	1	2	3	4	5	6	7	8	均匀性
测得值										
6、测量重复性 (mm)										
次数	1	2	3	4	5	重复性				
测得值										
校准结果不确定度描述:										

附录 B

校准证书校准结果内容

B.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 证书编号、页码及总页数；
- c) 校准实验室的名称和地址；
- d) 校准日期；
- e) 校准地点；
- f) 送校单位的名称和地址；
- g) 被校在线式CCD图像尺寸测量系统的描述和明确标识；
- h) 校准所依据的校准规范名称和代号；
- i) 校准所用计量标准的名称、技术参数、证书编号及有效期；
- j) 校准时的环境条件；
- k) 校准结果；
- l) 校准结果的测量不确定度；
- m) 必要时，给出复校时间间隔的建议；
- n) 校准人签名、核验人签名、批准人签名；
- o) 校准结果仅对校准对象有效的声明；
- p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

B.2 推荐的在线式CCD图像尺寸测量系统校准证书内页格式：

校 准 结 果		
校准项目		校准数据
1	尺寸测量误差	
2	标定系数的重复性	
3	标定系数的非线性误差	
4	各位置测量结果的一致性	
5	照度均匀性	
6	测量重复性	
附加说明：		

附录 C

尺寸测量误差的校准结果不确定度评定 (示例)

C.1 测量方法

在线式 CCD 图像测量系统开机预热之后, 选用某一专用尺寸标准器的基本标准尺寸进行标定, 在软件系统中输入标定系数值。然后, 用该标准器上的最大极限标准尺寸进行校准。仪器平均尺寸测量值 D_m 与标准尺寸 D_n 之差即为示值误差 d_D 。

C.2 测量模型

尺寸测量示值误差公式: $d_D = D_m - D_n$

式中: d_D ——在线式 CCD 图像测量系统尺寸测量误差;

D_m ——尺寸测量平均值;

D_n ——标准尺寸值。

C.3 方差和灵敏系数

依 $u_c^2(y) = \sum (\partial f / \partial x_i)^2 u^2(x_i)$ 有:

$$u_c^2(y) = u_c^2(d_D) = c_1^2 u^2(D_m) + c_2^2 u^2(D_n)$$

式中: $c_1 = \frac{\partial d_D}{\partial D_m} = 1$; $c_2 = \frac{\partial d_D}{\partial D_n} = -1$ 。则:

$$u_c^2(d_D) = u^2(D_m) + u^2(D_n)$$

C.4 标准不确定度一览表

表 C.1 标准不确定度一览表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	不确定度分量
$u_1(D_m)$	测量重复性或量化误差	$u_1(D_m) = 0.005 \text{ mm}$	1	0.005 mm
$u_2(D_m)$	标定系数的重复性	当 $L=5\text{mm}$ 时, $u_2(D_m) = 0.0008\text{mm}$ 当 $L=50\text{mm}$ 时, $u_2(D_m) = 0.0075\text{mm}$ 当 $L=100\text{mm}$ 时, $u_2(D_m) = 0.015\text{mm}$		当 $L=5\text{mm}$ 时, 0.0008mm 当 $L=50\text{mm}$ 时, 0.0075mm 当 $L=100\text{mm}$ 时, 0.015mm

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	不确定度分量
$u_1(D_n)$	专用标准器尺寸修正值不确定度	$u_1(D_n)=0.0025$ mm		0.0025 mm
$u_2(D_n)$	环境温度与 20℃ 之差	当 $L=5$ mm 时, $u_2(D_n)=0.0003$ mm 当 $L=50$ mm 时, $u_2(D_n)=0.0033$ mm 当 $L=100$ mm 时, $u_2(D_n)=0.007$ mm	-1	当 $L=5$ mm 时, 0.0003mm 当 $L=50$ mm 时, 0.0033mm 当 $L=100$ mm 时, 0.007mm

C.5 计算标准不确定度分量

C.5.1 测量重复性或量化误差引入的不确定度分量 $u_1(D_m)$

C.5.1.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_{11}(D_m)$

采用 A 类不确定度方法进行评定，在在线式 CCD 图像测量系统正常工作及重复性条件下，10 次测量结果如下：

表 C.2 重复性测量结果

序号	1	2	3	4	5
测量值 (mm)	10.05	10.06	10.05	10.03	10.05
序号	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	10.04	10.03	10.04	10.05	10.04

依据表 C.2 可得单次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.01$ mm，逐点校准仪器

尺寸测量示值误差时，又取 3 次平均值作为测量值，故：

$$u_{11}(D_m) = s / \sqrt{3} = 0.01\text{mm} / \sqrt{3} = 0.005\text{mm}$$

C.5.1.2 分辨力引入的不确定度分量 $u_{12}(D_m)$

在线式 CCD 图像尺寸测量系统的尺寸数显分辨力是 0.01mm，在半宽 0.005mm 范围内为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，故有：

$$u_{12}(D_m) = 0.005\text{mm} / \sqrt{3} = 0.003\text{mm}$$

测量重复性引入的不确定度分量 $u_{11}(D_m)$ 和数显分辨力引入的不确定度分量

$u_{12}(D_m)$ ，取其结果较大者，故：

$$u_1(D_m) = 0.005\text{mm}$$

C. 5.2 标定系数重复性引入的不确定度分量 $u_2(D_m)$

在线式 CCD 图像尺寸测量系统的标定系数的重复性一般不超过 0.05%。在半宽 0.025% 范围内为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，故有：

$$u_2'(D_m) = 0.00025 / \sqrt{3} = 0.00015 = 0.015\%$$

当 $L=5\text{mm}$ 时， $u_2(D_m) = 0.0008\text{mm}$ ；

当 $L=50\text{mm}$ 时， $u_2(D_m) = 0.0075\text{mm}$ ；

当 $L=100\text{mm}$ 时， $u_2(D_m) = 0.015\text{mm}$ 。

C. 5.3 专用尺寸标准器尺寸修正值引入的不确定度分量 $u_1(D_n)$

采用 B 类不确定度方法进行评定，专用尺寸标准器量传得到的修正值扩展不确定度 $U = 0.005\text{mm}$ ， $k = 2$ ，则：

$$u_1(D_n) = 0.005\text{mm} / 2 = 0.0025\text{mm}$$

C. 5.4 环境温度与 20°C 之差引入的不确定度分量 $u_2(D_n)$

校准在线式 CCD 图像测量系统的环境温度为 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ 。采用 B 类不确定度方法进行评定，在半宽 10°C 范围内为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ 故有：

$$u_2'(D_n) = 10^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 5.8^\circ\text{C}。$$

专用尺寸标准器的膨胀系数为 $11.5 \times 10^{-6} L / ^\circ\text{C}$ 。

当 $L=5\text{mm}$ 时， $u_2(D_n) = 0.0003\text{mm}$ ；

当 $L=50\text{mm}$ 时， $u_2(D_n) = 0.0033\text{mm}$ ；

当 $L=100\text{mm}$ 时， $u_2(D_n) = 0.007\text{mm}$ 。

C. 6 合成标准不确定度

以上各分量互不相关，可得合成标准不确定度 $u_c(d_D)$ ：

$$u_c(d_D) = \sqrt{u_1^2(D_m) + u_2^2(D_m) + u_1^2(D_n) + u_2^2(D_n)}$$

当 $L=5\text{mm}$ 时， $u_c(d_D) = 0.006\text{mm}$ ；

当 $L=50\text{mm}$ 时， $u_c(d_D) = 0.012\text{mm}$ ；

当 $L=100\text{mm}$ 时， $u_c(d_D) = 0.018\text{mm}$ 。

C. 7 扩展不确定度

扩展不确定度 U 等于包含因子 k 与合成标准不确定度 $u_c(d_D)$ 之积，取 $k = 2$ 。

当 $L=5\text{mm}$ 时, $U=0.012\text{mm}$, $k=2$;

当 $L=50\text{mm}$ 时, $U=0.024\text{mm}$, $k=2$;

当 $L=100\text{mm}$ 时, $U=0.036\text{mm}$, $k=2$ 。

$$U = (0.012 + L/4000)\text{mm}, k = 2$$

附录 D

角度测量误差的校准结果不确定度评定 (示例)

D.1 测量方法

在线式 CCD 图像测量系统开机预热之后, 选用某一专用角度标准器的基本标准角度进行校准。仪器平均角度测量值 A_m 与标准角度 A_n 之差即为角度测量示值误差 d_A 。

D.2 测量模型

角度测量示值误差公式: $d_A = A_m - A_n$

式中: d_A ——在线式 CCD 图像测量系统角度测量误差;

A_m ——角度测量平均值;

A_n ——标准角度值。

D.3 方差和灵敏系数

依 $u_c^2(y) = \sum (\partial f / \partial x_i)^2 u^2(x_i)$ 有:

$$u_c^2(y) = u_c^2(d_A) = c_1^2 u^2(A_m) + c_2^2 u^2(A_n)$$

式中:

$$c_1 = \frac{\partial d_A}{\partial A_m} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial d_A}{\partial A_n} = -1$$

则:

$$u_c^2(d_A) = u^2(A_m) + u^2(A_n)$$

D.4 标准不确定度一览表

表 D.1 标准不确定度一览表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	不确定度分量
$u_1(A_m)$	测量重复性或量化误差	$u_1(A_m) = 0.04^\circ$	1	0.04°
$u_1(A_n)$	专用角度标准器角度修正值不确定度	$u_1(A_n) = 0.05^\circ$	-1	0.05°

D.5 计算标准不确定度分量

D.5.1 测量重复性或量化误差引入的不确定度分量 $u_1(A_m)$ D.5.1.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_{11}(A_m)$

采用 A 类不确定度方法进行评定，在在线式 CCD 图像测量系统正常工作及重复性条件下，10 次测量角度结果如下：

表 D.2 重复性测量结果

序号	1	2	3	4	5
测量值 (mm)	45.0	45.1	45.0	45.1	45.2
序号	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	45.0	45.0	45.1	45.1	45.0

依据表 D.2 可得单次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.07^\circ$ ，逐点校准仪器角度示值误差时，又取 3 次平均值作为测量值，故：

$$u_{11}(A_m) = s / \sqrt{3} = 0.07^\circ / \sqrt{3} = 0.04^\circ$$

D.5.1.2 分辨力引入的不确定度分量 $u_{12}(D_m)$

在线式 CCD 图像尺寸测量系统的角度数显分辨力是 0.1° ，在半宽 0.05° 范围内为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，故有：

$$u_{12}(A_m) = 0.05^\circ / \sqrt{3} = 0.03^\circ$$

测量重复性引入的不确定度分量 $u_{11}(A_m)$ 和角度数显分辨力引入的不确定度分量 $u_{12}(A_m)$ ，取其结果较大者，故：

$$u_1(A_m) = 0.04^\circ$$

D.5.2 专用角度标准器角度修正值引入的不确定度分量 $u_1(A_n)$

采用 B 类不确定度方法进行评定，专用角度标准器量传得到的修正值扩展不确定度 $U = 0.1^\circ$ ， $k = 2$ ，则：

$$u_1(A_n) = 0.1^\circ / 2 = 0.05^\circ$$

D.6 合成标准不确定度

以上各分量互不相关，可得合成标准不确定度 $u_c(d_A)$ ：

$$u_c(d_A) = \sqrt{u_1^2(A_m) + u_1^2(A_n)} = \sqrt{(0.04^\circ)^2 + (0.05^\circ)^2} = 0.064^\circ$$

D.7 扩展不确定度

扩展不确定度 U 等于包含因子 k 与合成标准不确定度 $u_c(d_A)$ 之积，取 $k = 2$ 。

$$U = 0.13^\circ, k = 2$$

附录 E

专用标准器组的技术要求

E.1 标称值及允许偏差见表 E.1、表 E.2 和表 E.3

表 E.1 专用尺寸标准器组的技术要求

单位: mm

标称值 H	5	10	20	40
允许偏差 δ	± 0.01			
标称值 H	60		80	
允许偏差 δ	± 0.02			

表 E.2 专用直径标准器组的技术要求

单位: mm

标称值 R	1	3	5	10	20
允许偏差 δ	± 0.01			± 0.02	

表 E.3 专用角度标准器组的技术要求

单位: °

标称值 A	30	45	60	75
允许偏差 α	± 0.1			

注: 专用尺寸标准器、专用槽宽尺寸标准器和专用直径标准器的最小极限标准尺寸、最大极限标准尺寸与基本标准尺寸的技术要求一致。最大极限标准尺寸通常比基本标准尺寸大 0.1mm 或 0.05mm, 最小极限标准尺寸通常比基本标准尺寸小 0.1mm 或 0.05mm。

E.2 材料为 CR12。热膨胀系数膨胀系数为 $11.5 \times 10^{-6} L / ^\circ C$

E.3 几何形状及相关尺寸见图 E.1、图 E.2、图 E.3 和图 E.4

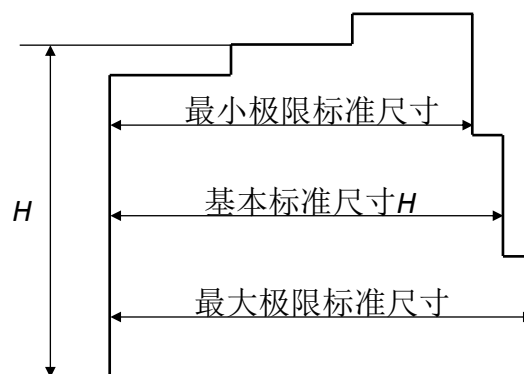


图 E.1 专用尺寸标准器

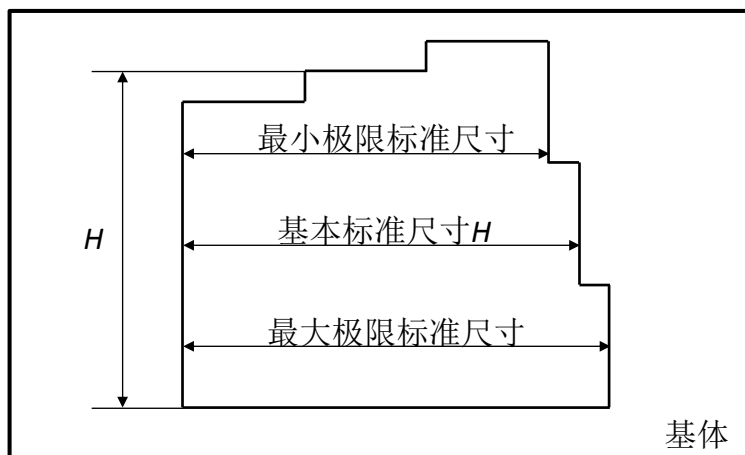


图 E.2 专用槽宽尺寸标准器

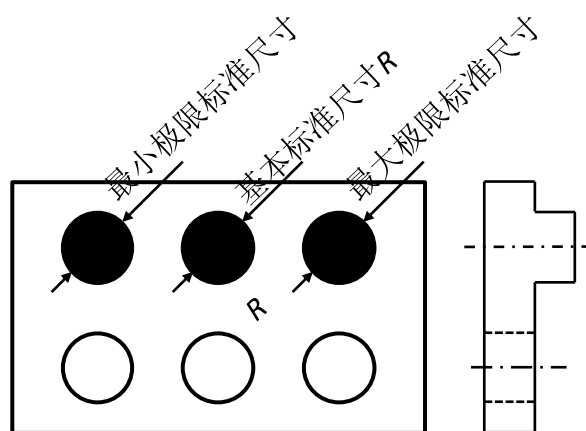


图 E.3 专用直径标准器

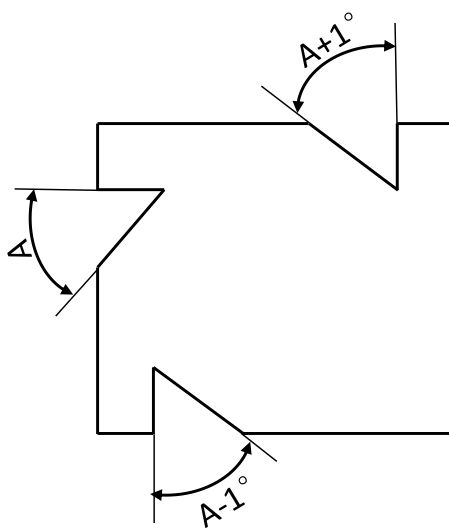


图 E.4 专用角度标准器