

JJF

广西壮族自治区地方计量技术规范

JJF(桂) 87—2021

倒角卡尺校准规范

Calibration Specification for Chamfering Calipers

2021—06—07 发布

2021—08—01 实施

广西壮族自治区市场监督管理局 发布

倒角卡尺校准规范

Calibration Specification for

Chamfering Calipers

JJF(桂)87-2021

归口单位：广西壮族自治区市场监督管理局

主要起草单位：桂林市计量测试研究所

参加起草单位：桂林天目测控技术有限公司

桂林安一量具股份有限公司

本规范委托广西壮族自治区市场监督管理局负责解释

本规范主要起草人：

阳光磊（桂林市计量测试研究所）

蒋晨妍（桂林市计量测试研究所）

王 晓（桂林市计量测试研究所）

莫鹏云（桂林市计量测试研究所）

参加起草人员：

刘景秋（桂林市计量测试研究所）

唐解华（桂林天目测控技术有限公司）

吴 弋（桂林安一量具股份有限公司）

广西市场监管

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
5.1 两测量基准面、测量杆测量面的夹角误差.....	(2)
5.2 漂移.....	(2)
5.3 测量杆测量面的平面度.....	(2)
5.4 示值误差.....	(2)
5.5 示值变动性.....	(3)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 校准项目和校准用标准器.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 两测量基准面、测量杆测量面的夹角误差.....	(3)
7.2 漂移.....	(4)
7.3 测量杆测量面的平面度.....	(4)
7.4 示值误差.....	(4)
7.4.1 游标式倒角卡尺.....	(4)
7.4.2 数显式倒角卡尺.....	(4)
7.5 示值变动性.....	(5)
8 校准结果的表达.....	(5)
9 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 倒角标准块的技术要求.....	(6)
附录 B 校准证书内页信息及格式.....	(7)
附录 C 数显式倒角卡尺示值误差测量结果不确定度评定示例.....	(9)
附录 D 游标式倒角卡尺示值误差测量结果不确定度评定示例.....	(13)

引 言

本规范依据 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 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》共同构成本规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

广西市场监管局

倒角卡尺校准规范

1 范围

本规范适用于分度值/分辨力为 0.01 mm、0.02mm、0.05mm，倒角角度为 15°、30°、45°、60°，测量范围为(0~10)mm 的倒角卡尺的校准，其他角度和范围的倒角卡尺可参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 6403.4—2008 零件倒圆与倒角

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

示值变动性 variation of indication

示值变动性是指在相同的测量条件下，对同一测量点重复测量得到的示值变化最大差值。

4 概述

倒角是把工件的棱角切削成一定斜面的加工。外角的倒角型式如图 1 所示，C 为倒角尺寸， α 角一般采用 45°，也采用 15°、30°或 60°。

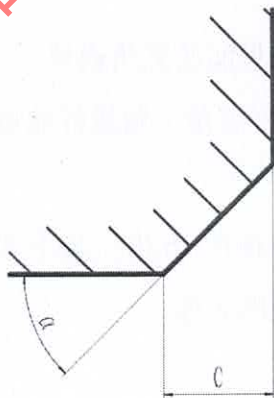


图 1 外角的倒角

倒角卡尺是使用测量杆测量倒角尺寸的测量器具，用于测量机械加工中工件的倒角尺寸。按读数形式可分为游标式倒角卡尺见图 2、数显式倒角卡尺见图 3。

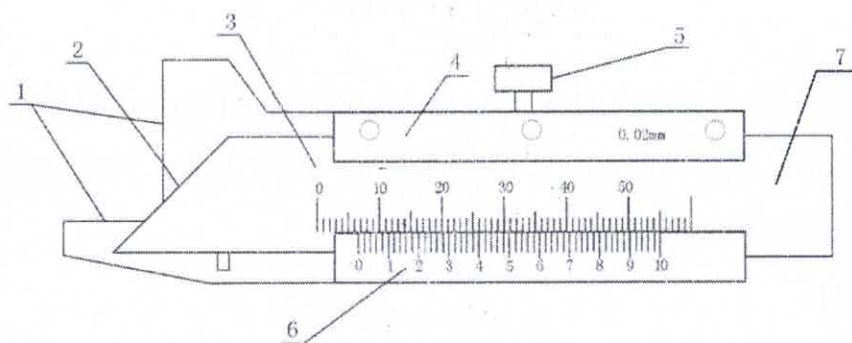


图2 游标式倒角卡尺

1—测量基准面；2—测量杆测量面；3—主标尺；4—尺框；5—紧固螺钉；
6—游标尺；7—尺身

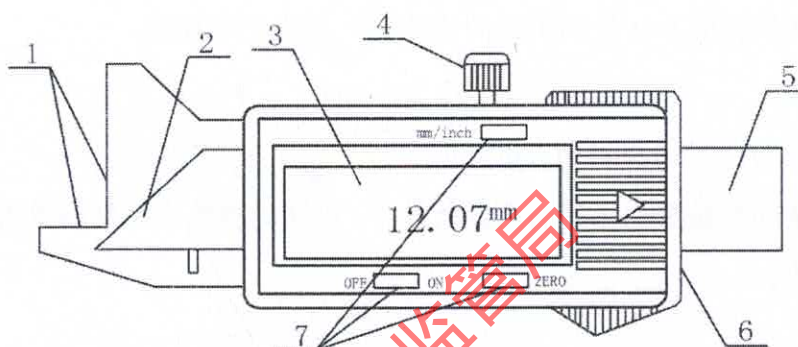


图3 数显式倒角卡尺

1—测量基准面；2—测量杆测量面；3—数字显示器；4—紧固螺钉；5—尺身；
6—尺框；7—功能按键

5 计量特性

5.1 两测量基准面、测量杆测量面的夹角误差

倒角卡尺两测量基准面 90° 夹角、测量杆测量面夹角的误差一般不大于 $\pm 5'$ 。

5.2 漂移

数显式倒角卡尺的数字漂移在 1h 内一般不大于 1 个分辨力，带有自动关机功能的数显式倒角卡尺可不校准此项。

5.3 测量杆测量面的平面度

测量杆测量面的平面度不大于 0.01mm 。

5.4 示值误差

倒角卡尺的示值最大允许误差见表 1。

表 1 示值最大允许误差和示值变动性

mm

分度值 (分辨力)	示值最大允许误差		示值变动性
	游标式	数显式	
0.01	—	±0.05	0.02
0.02	±0.06	—	—
0.05	±0.10	—	—

5.5 示值变动性

数显式倒角卡尺的示值变动性见表 1。

注：校准工作不判定合格与否，上述特性要求仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度 (20±5) °C，相对湿度不大于 80%。校准前被校准样品在室内平衡温度的时间不少于 2 h。

6.2 校准项目和校准用标准器

见表 2

表 2 校准项目和校准用标准器

序号	校准项目	校准用标准器
1	两测量基准面、 测量杆测量面的夹角误差	工具显微镜 测角显微镜 MPE: ±1'
2	漂移	—
3	测量杆测量面的平面度	刀口形直尺 MPE: 1.0μm
4	示值误差	倒角标准块 倒角角度 MPE: ±2' ;
5	示值变动性	倒角尺寸测量不确定度: $U=0.01\text{mm}$, $k=2$

注：允许使用其他满足不确定度要求的标准器进行校准。

7 校准项目和校准方法

校准前首先检查外观和各部分相互作用，确定没有影响计量特性的因素后再进行校准。

7.1 两测量基准面、测量杆测量面的夹角误差

采用工具显微镜测角目镜进行测量，先通过移动滑台和旋转米字线，使被测角的一边与米字线对准，读取其角度值；再以同样方法，使米字线的同一刻线与被测角另一边对准，读取其角度值，两次读数值之差即为相应测量面之间的夹角，

其标称值减去该测量值即为相应的夹角误差。

7.2 漂移

将数显式倒角卡尺置于测量范围内的任一示值，紧固尺框，在 1h 内每隔 15 min 观察一次，记录显示值，取最大漂移的绝对值作为测量结果。

7.3 测量杆测量面的平面度

用刀口形直尺以光隙法测量，取间隙量最大值为测量结果。

7.4 示值误差

倒角卡尺的示值误差用倒角标准块测量，测量值可选取在测量范围内大致均匀分布的（2~4）点。

7.4.1 游标式倒角卡尺

将游标式倒角卡尺的基准面置于倒角标准块的两侧工作面上，移动测量杆，使测量杆的测量面与倒角标准块的工作面接触，然后读取其示值，重复测量 3 次，取 3 次读数的平均值为该校准点的测量值，其示值误差按公式(1)计算：

$$\Delta_i = \bar{L}_i - L_s \quad (1)$$

式中：

Δ_i ——倒角卡尺第 i 校准点的示值误差，mm；

\bar{L}_i ——倒角卡尺第 i 校准点的平均值，mm；

L_s ——倒角标准块校准点的标准值，mm。

7.4.2 数显式倒角卡尺

先选取倒角标准块上最小值的校准点，将数显式倒角卡尺的基准面置于倒角标准块的两侧工作面上，移动测量杆，使测量杆的测量面与倒角标准块的工作面接触，然后置零，再进行下一个校准点的校准，读取其示值，重复测量 3 次，取 3 次读数的平均值为该校准点的测量值，其示值误差按公式(2)计算：

$$\Delta_i = \bar{L}_i + L_0 - L_s \quad (2)$$

式中：

Δ_i ——倒角卡尺第 i 校准点的示值误差，mm；

\bar{L}_i ——倒角卡尺第 i 校准点的平均值，mm；

L_0 ——倒角卡尺置零时倒角标准块的标准值，mm；

L_s ——倒角标准块校准点的标准值, mm。

7.5 示值变动性

在相同条件下, 将数显式倒角卡尺的基准面置于倒角标准块的两侧工作面上, 移动测量杆, 重复测量 5 次并读数, 取读数的最大值与最小值之差为示值变动性。示值变动性按公式(3)计算:

$$S_i = L_{i,\max} - L_{i,\min} \quad (3)$$

S_i ——倒角卡尺第 i 校准点的示值变动性, mm;

$L_{i,\max}$ ——倒角卡尺第 i 校准点的最大示值, mm;

$L_{i,\min}$ ——倒角卡尺第 i 校准点的最小示值, mm。

8 校准结果的表达

经校准的倒角卡尺发给校准证书, 校准证书的内页格式和信息见附录B。

9 复校时间间隔

复校时间间隔的长短取决于其使用情况, 使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间, 建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

倒角标准块的技术要求

A.1 标称值及测量不确定度要求见表 A.1。

表 A.1 倒角标准块的标称值及测量不确定度要求 mm

标称值 C	1.2	2.0	3.5	4.0	5.8	6.0	8.0	10.0
测量不确定度 U	$U=0.01\text{mm}$, $k=2$							

注：倒角标准块的倒角尺寸标称值的取值参照 GB/T 6403.4—2008 中倒角尺寸系列值。

A.2 几何形状示意图，见图 A.1。

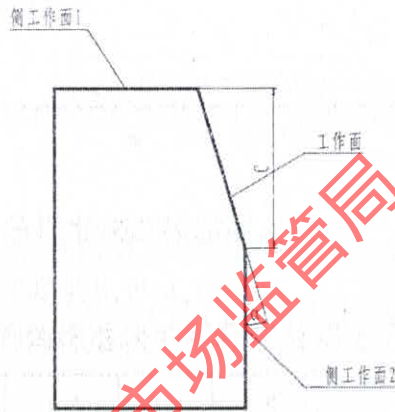


图 A.1 倒角标准块 (α 角取 15° 、 30° 、 45° 、 60°)

A.3 技术指标：工作面的表面粗糙度 $Ra0.4\mu\text{m}$ ；平面度 $\leq 0.005\text{mm}$ ；侧工作面 1 与侧工作面 2 之间的角度误差 $\leq \pm 2'$ ；标准块的厚度应大于 5mm 。

附录 B

校准证书内页信息及格式

B.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室的名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称；
- 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和应用有关时，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，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 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；
- l) 校准结果及测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- 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 校准证书内页格式

温度: ℃

相对湿度: %

序号	校准项目	校准结果
1	两测量基准面、测量杆测量面的夹角误差	
2	漂移	
3	测量杆测量面的平面度	
4	示值误差	
5	示值变动性	
校准结果的测量不确定度:		

广西市场监管局

附录 C

数显式倒角卡尺示值误差测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

用倒角标准块校准倒角卡尺的示值误差, 环境条件: 温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度不大于 80%。

对测量 45° 倒角, 分辨力为 0.01mm 的数显式倒角卡尺, 以 6.00mm 为校准点, 计算其示值误差, 进行测量不确定度评定。

C.2 测量模型

$$\Delta_i = L_i + L_0 - L_s + L_i \times \alpha_{L_i} \times \Delta t_{L_i} - L_s \times \alpha_{L_s} \times \Delta t_{L_s} \quad (\text{C.1})$$

式中:

Δ_i ——倒角卡尺的示值误差, mm;

L_i ——倒角卡尺的示值, mm; ($i=1,2,3$)

L_0 ——倒角卡尺置零时倒角标准块的标准值, mm;

L_s ——倒角标准块的标准值, mm;

$\alpha_{L_i}, \alpha_{L_s}$ ——分别为倒角卡尺、倒角标准块的线膨胀系数, $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

$\Delta t_{L_i}, \Delta t_{L_s}$ ——分别为倒角卡尺、倒角标准块偏离标准温度 20°C 的值, $^\circ\text{C}$ 。

令 $\delta\alpha = \alpha_{L_i} - \alpha_{L_s}$, $\delta t = \Delta t_{L_i} - \Delta t_{L_s}$, 取 $L \approx L_i \approx L_s - L_0$ 、 $\alpha \approx \alpha_{L_i} \approx \alpha_{L_s}$, 则式

(C.1) 整理得

$$\Delta_i = L_i + L_0 - L_s + L \times \delta_i \quad (\text{C.2})$$

C.3 方差和灵敏系数

由式(C.2)有:

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^5 \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u_{x_i}^2$$

灵敏系数为:

$$C_1 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_i} = 1, C_2 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_0} = 1, C_3 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_s} = -1, C_4 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \delta\alpha} = L \times \Delta t, C_5 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \delta t} = -L \times \alpha$$

C.4 标准不确定度分量的来源与评定

C.4.1 倒角卡尺示值测量引入的不确定度分量 $u(L_i)$ C.4.1.1 倒角卡尺示值重复测量引入的不确定度分量 $u_1(L_i)$

校准点 6.00mm，倒角卡尺示值重复测量 10 次，测量结果见表 C.1。

表 C.1 分辨力 0.01mm 的数显式倒角卡尺 mm

校准次数	1	2	3	4	5
测得值	6.00	6.00	6.01	5.99	6.00
校准次数	6	7	8	9	10
测得值	6.01	5.99	5.99	5.99	6.00

测得数据经处理得单次测量实验标准偏差为：

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.0079 \text{ mm}$$

实际测量时，在重复条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为测量结果，则可得标准不确定度为：

$$u_1(L_i) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0046 \text{ mm}$$

由于数显式倒角卡尺的分辨力为 0.01mm，其量化误差以等概率分布（均匀分布）落在宽度为 0.005mm 的区间内。其引入的标准不确定度为：

$$u(\tau) = \frac{0.005 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ mm}$$

$u(\tau)$ 小于 $u_1(L_i)$ ，因此量化误差引入的标准不确定度可忽略不计。

C.4.1.2 数显式倒角卡尺漂移引入的不确定度分量 $u_2(L_i)$

数显式倒角卡尺允许漂移为 0.01mm，以等概率分布（均匀分布）落在宽度为 0.005mm 的区间内，其引入的标准不确定度为：

$$u_2(L_i) = \frac{0.005 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ mm}$$

综合 C.4.1.1、C.4.1.2 分析，倒角卡尺示值测量引入的标准不确定度分量为：

$$u(L_i) = \sqrt{u_1^2(L_i) + u_2^2(L_i)} = 0.0054 \text{ mm}$$

C.4.2 倒角卡尺置零时倒角标准块尺寸引入的不确定度分量 $u(L_0)$

置零时倒角标准块的尺寸测量不确定度 $U=0.01\text{mm}$ ， $k=2$ ，则标准器产生的标准不确定度分量为：

$$u(L_0) = \frac{0.01\text{mm}}{2} = 0.005\text{mm}$$

C.4.3 倒角标准块尺寸引入的不确定度分量 $u(L_s)$

倒角标准块的尺寸测量不确定度 $U=0.01\text{mm}$, $k=2$, 则标准器产生的标准不确定度分量为:

$$u(L_s) = \frac{0.01\text{mm}}{2} = 0.005\text{mm}$$

C.4.4 倒角卡尺与倒角标准块的线膨胀系数差估算产生的标准不确定度分量 $u(\delta\alpha)$

由于材料性质差异, 倒角卡尺与倒角标准块材料为钢质, 其线膨胀系数界限在 $(11.5\pm 1)\times 10^{-6}\text{C}^{-1}$ 范围内假定服从均匀分布, 则 $\delta\alpha$ 区间半宽为 $2\times 10^{-6}\text{C}^{-1}$, 服从三角分布, 线膨胀系数差估算产生的标准不确定度分量为:

$$u(\delta\alpha) = \frac{2\times 10^{-6}\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} = 8.2\times 10^{-7}\text{C}^{-1}$$

C.4.5 倒角卡尺与倒角标准块的温度差估算产生的标准不确定度分量 $u(\delta t)$

倒角标准块与倒角卡尺温度不平衡产生温度差, 经验表明以等概率落在 -1C 至 1C 之间, 则温度差估算产生的标准不确定度分量为:

$$u(\delta t) = \frac{1\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.58\text{C}$$

C.5 合成标准不确定度的计算

C.5.1 灵敏系数的计算

倒角卡尺与倒角标准块材料为钢质, 其线膨胀系数应为 $(11.5\pm 1)\times 10^{-6}\text{C}^{-1}$ 。若被测倒角标准块温度与标准温度 20C 偏差不超过 5C , 校准点 6.00mm , $L_0=1.20\text{mm}$, 其灵敏系数分别计算为:

$$C_1 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_i} = 1, \quad C_2 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_0} = 1, \quad C_3 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_s} = -1$$

$$C_4 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \delta\alpha} = L \times \Delta t = 4.80\text{mm} \times 5\text{C} = 24\text{mm}\text{C}$$

$$C_5 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \delta t} = -L \times \alpha = -4.80\text{mm} \times 11.5 \times 10^{-6}\text{C}^{-1} = -5.52 \times 10^{-5}\text{mm}\text{C}^{-1}$$

C.5.2 标准不确定度分量一览表

表C.2标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 $ c_i $	$ c_i u(x_i)$
$u(L_i)$	示值测量	0.0054mm	1	0.0054mm
$u(L_o)$	置零倒角标准块尺寸	0.005mm	1	0.005mm
$u(L_s)$	倒角标准块尺寸	0.005mm	1	0.005mm
$u(\delta\alpha)$	倒角卡尺与倒角块的线膨胀系数差估算	$8.2 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$24 \text{ mm}^\circ\text{C}$	0.000020mm
$u(\delta t)$	倒角卡尺与倒角块的温度差估算	$0.58 \text{ } ^\circ\text{C}$	$5.52 \times 10^{-5} \text{ mm}^\circ\text{C}^{-1}$	0.000032mm

$u(\delta\alpha)$ 、 $u(\delta t)$ 过小，可以忽略不计。

C.5.3 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(L_i) + c_2^2 u^2(L_o) + c_3^2 u^2(L_s)} \quad (\text{C.3})$$

按式(C.3)计算合成标准不确定度：

$$u_c = 0.0089 \text{ mm}$$

C.6 扩展不确定度的确定

取 $k=2$ ，则有 $U = k \times u_c = 2 \times 0.0089 \text{ mm} = 0.018 \text{ mm}$

取 $U = 0.02 \text{ mm}$

C.7 结论

数显式倒角卡尺校准结果测量不确定度： $U = 0.02 \text{ mm}$ ， $k = 2$ 。

附录 D

游标式倒角卡尺示值误差测量结果不确定度评定示例

D.1 概述

用倒角标准块校准倒角卡尺的示值误差, 环境条件: 温度为 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 80%。

对测量 45° 倒角, 分度值为 0.02mm 的游标式倒角卡尺, 以 6.00mm 为校准点, 计算其示值误差, 进行测量不确定度评定。

D.2 测量模型

$$\Delta_i = L_i - L_s + L_i \times \alpha_{L_i} \times \Delta t_{L_i} - L_s \times \alpha_{L_s} \times \Delta t_{L_s} \quad (\text{D.1})$$

式中:

Δ_i ——倒角卡尺的示值误差, mm;

L_i ——倒角卡尺的示值, mm; ($i=1,2,3$)

L_s ——倒角标准块的标准值, mm;

$\alpha_{L_i}, \alpha_{L_s}$ ——分别为倒角卡尺、倒角标准块的线膨胀系数, $(11.5\pm 1)\times 10^{-6}\text{C}^{-1}$;

$\Delta t_{L_i}, \Delta t_{L_s}$ ——分别为倒角卡尺、倒角标准块偏离标准温度 20°C 的值, $^{\circ}\text{C}$ 。

令 $\delta\alpha = \alpha_{L_i} - \alpha_{L_s}$, $\delta t = \Delta t_{L_i} - \Delta t_{L_s}$, 取 $L \approx L_i \approx L_s$ 、 $\alpha \approx \alpha_{L_i} \approx \alpha_{L_s}$, 则式 (D.1)

整理得

$$\Delta_i = L_i - L_s + L \times \delta\alpha \times \Delta t - L \times \alpha \times \delta t \quad (\text{D.2})$$

D.3 方差和灵敏系数

由式(D.2)有:

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^4 \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u_{x_i}^2$$

灵敏系数为:

$$C_1 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_i} = 1, \quad C_2 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_s} = -1, \quad C_3 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \delta\alpha} = L \times \Delta t, \quad C_4 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \delta t} = -L \times \alpha$$

D.4 标准不确定度分量的来源与评定

D.4.1 倒角卡尺示值重复测量引入的不确定度分量 $u(L_i)$

校准点 6.00mm , 倒角卡尺示值重复测量 10 次, 测量结果见表 D.1。

表 D.1 分度值 0.02mm 的游标式倒角卡尺

mm

校准次数	1	2	3	4	5
测得值	6.00	6.02	6.02	5.98	6.00
校准次数	6	7	8	9	10
测得值	6.02	5.98	5.98	5.98	6.00

测得数据经处理得单次测量实验标准偏差为:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.018 \text{ mm}$$

实际测量时,在重复条件下连续测量 3 次,以 3 次测量的算术平均值作为测量结果,则可得标准不确定度为:

$$u_1(L_i) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.010 \text{ mm}$$

D.4.2 倒角标准块尺寸引入的不确定度分量 $u(L_s)$

倒角标准块的尺寸测量不确定度 $U=0.01\text{mm}$, $k=2$, 则标准器产生的标准不确定度分量为:

$$u(L_s) = \frac{0.01\text{mm}}{2} = 0.005 \text{ mm}$$

D.4.3 倒角卡尺与倒角标准块的线膨胀系数差估算产生的标准不确定度分量 $u(\delta\alpha)$

由于材料性质差异,倒角卡尺与倒角标准块材料为钢质,其线膨胀系数界限在 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 范围内假定服从均匀分布,则 $\delta\alpha$ 区间半宽为 $2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,服从三角分布,线膨胀系数差估算产生的标准不确定度分量为:

$$u(\delta\alpha) = \frac{2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} = 8.2 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

D.4.4 倒角卡尺与倒角标准块的温度差估算产生的标准不确定度分量 $u(\delta t)$

倒角标准块与倒角卡尺温度不平衡产生温度差,经验表明以等概率落在 -1°C 至 1°C 之间,则温度差估算产生的标准不确定度分量为:

$$u(\delta t) = \frac{1^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.58^\circ\text{C}$$

D.5 合成标准不确定度的计算

D.5.1 灵敏系数的计算

倒角卡尺与倒角标准块材料为钢质，其线膨胀系数应为 $(11.5\pm 1)\times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。若被测倒角标准块温度与标准温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 偏差不超过 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。校准点 6.00mm ，其灵敏系数分别计算为：

$$C_1 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_i} = 1, \quad C_2 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial L_s} = -1, \quad C_3 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \delta \alpha} = L \times \Delta t = 6.00\text{mm} \times 5\text{ }^{\circ}\text{C} = 30\text{mm }^{\circ}\text{C}$$

$$C_4 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \delta t} = -L \times \alpha = -6.00\text{mm} \times 11.5 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} = -6.90 \times 10^{-5}\text{mm }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

D.5.2 标准不确定度分量一览表

表D.2标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 $ c_i $	$ c_i u(x_i)$
$u(L_i)$	示值重复测量	0.010mm	1	0.010mm
$u(L_s)$	倒角标准块尺寸	0.005mm	1	0.005mm
$u(\delta\alpha)$	倒角卡尺与倒角块的线膨胀系数差估算	$8.2 \times 10^{-7}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	$30\text{mm }^{\circ}\text{C}$	0.000025mm
$u(\delta t)$	倒角卡尺与倒角块的温度差估算	$0.58\text{ }^{\circ}\text{C}$	$6.90 \times 10^{-5}\text{mm }^{\circ}\text{C}^{-1}$	0.000040mm

$u(\delta\alpha)$ 、 $u(\delta t)$ 过小，可以忽略不计。

D.5.3 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(L_i) + c_2^2 u^2(L_s)} \quad (\text{D.3})$$

按式(D.3)计算合成标准不确定度： $u_c=0.011\text{mm}$

D.6 扩展不确定度的确定

取 $k=2$ ，则有 $U=k \times u_c=2 \times 0.011\text{mm}=0.022\text{mm}$

取 $U=0.02\text{mm}$

D.7 结论

游标式倒角卡尺校准结果测量不确定度： $U=0.02\text{mm}$ ， $k=2$ 。