

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1310—2011

电子塞规校准规范

Calibration Specification for Electronic Plug Gauges



2011-09-14 发布

2011-12-14 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

电子塞规校准规范

Calibration Specification for Electronic Plug Gauges

JJF 1310—2011

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2011 年 9 月 14 日批准，并自 2011 年 12 月 14 日起实施。

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：广西壮族自治区计量检测研究院

黑龙江省计量检定测试院

参加起草单位：中原量仪股份有限公司

三门峡中测量仪有限公司

江苏省计量科学研究院

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：

全贻智（广西壮族自治区计量检测研究院）

陆蕊（广西壮族自治区计量检测研究院）

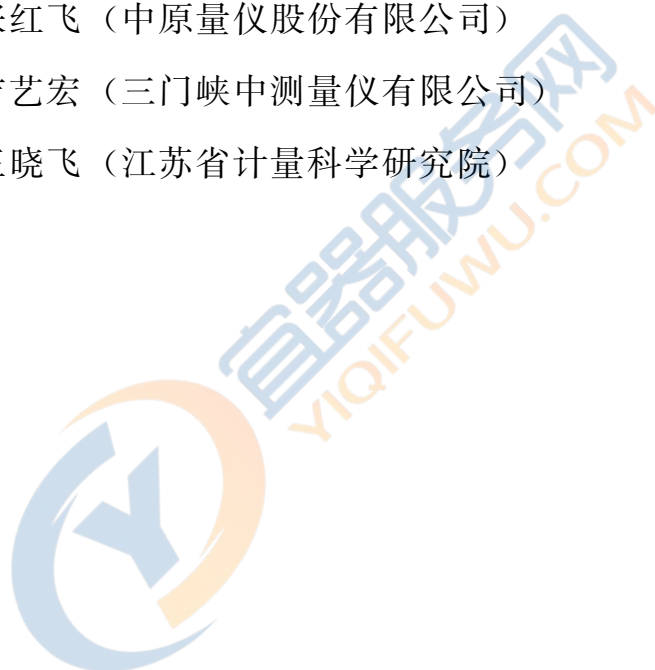
梁玉红（黑龙江省计量检定测试院）

参加起草人：

张红飞（中原量仪股份有限公司）

吉艺宏（三门峡中测量仪有限公司）

王晓飞（江苏省计量科学研究院）



目 录

1	范围	(1)
2	引用文献	(1)
3	术语和定义	(1)
4	概述	(1)
5	计量特性	(2)
5.1	定标用标准环规直径及直径变动量	(2)
5.2	工作间隙	(2)
5.3	测量力	(2)
5.4	测头测量面和导套工作面的表面粗糙度	(2)
5.5	零位平衡	(3)
5.6	调零范围	(3)
5.7	测头对中误差	(3)
5.8	测头对称误差	(3)
5.9	示值误差	(3)
5.10	示值变动性	(3)
5.11	漂移	(3)
6	校准条件	(4)
6.1	环境条件	(4)
6.2	测量标准器	(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	(5)
8	校准结果表达	(6)
9	复校时间间隔	(6)
附录 A	电子塞规示值误差测量结果不确定度评定	(7)
附录 B	校准证书内容及内页格式	(10)

电子塞规校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围为 $\phi 6\text{ mm} \sim \phi 130\text{ mm}$ 的两点式电子塞规的校准，此范围以外的电子塞规及三点式电子塞规的校准可参照本规范校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

JJG 894—1995 标准环规

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

JB/T 7429—2006 电子塞规

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和定义

3.1 工作间隙 working clearance

电子塞规导套最大直径与被测孔直径下偏差尺寸之差。

3.2 测头对中误差 contact variation against center line

塞规两测头触点连线偏离塞规导套轴径线而产生的测量误差。

3.3 测头对称误差 contact symmetric different

塞规两测头杠杆铰链机构相对塞规中心轴线的不对称偏移而产生的测量误差。

3.4 零位平衡 nullbalance

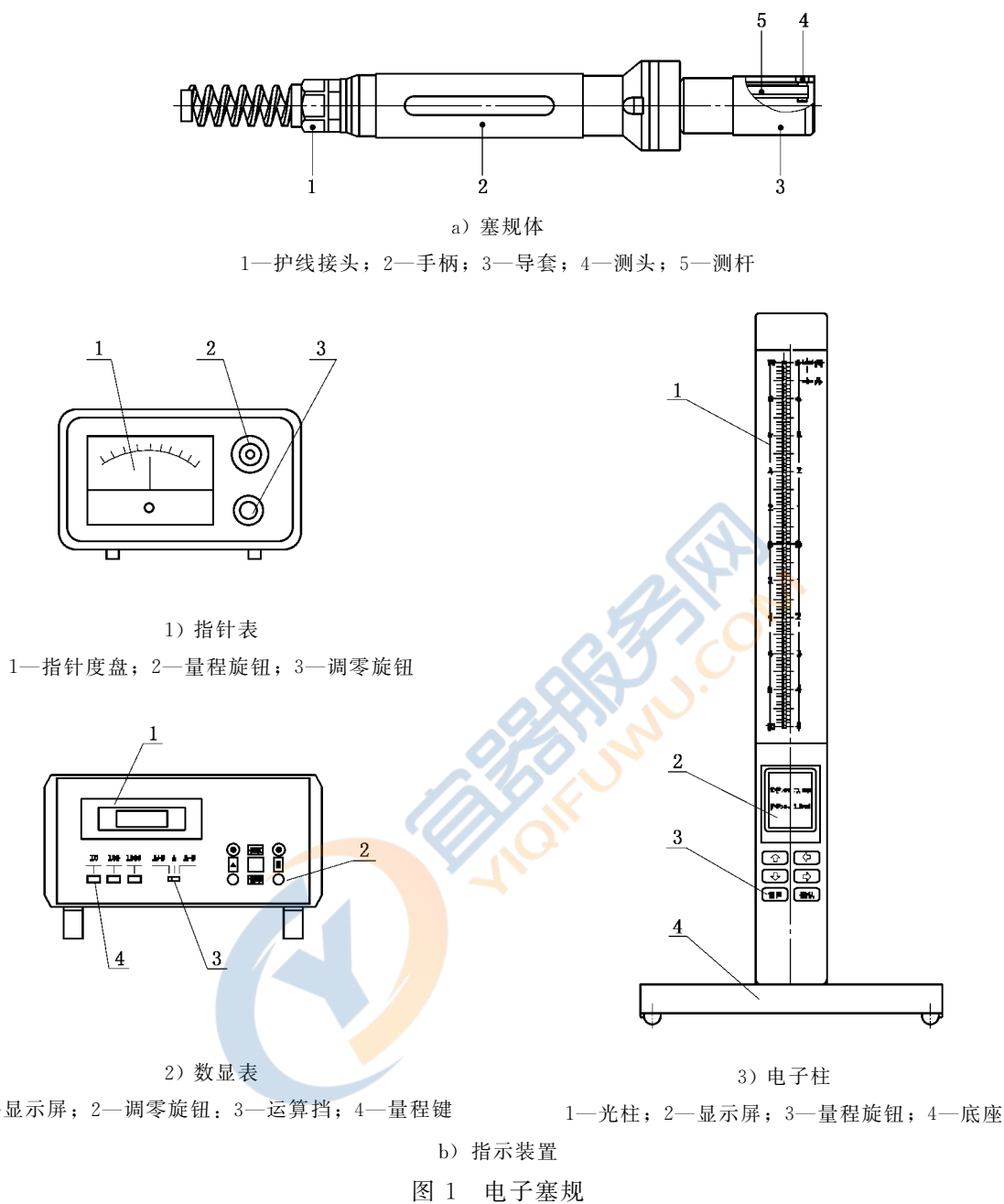
指示装置在转换量程挡位时，各挡示值对零位的偏移量。

3.5 示值变动性 instability

在测量条件不作任何改变的情况下，对同一被测量进行多次测量，其结果间的最大差异。

4 概述

电子塞规是接触式测量孔径的比较测量器具，由电感传感器将被测孔径的尺寸变化转化为电信号，再由指示装置指示被测孔径的尺寸偏差。电子塞规由塞规体、指示装置（指针表、数显表或电子柱）及标定用标准环规组成。电子塞规按测头数目可划分为两点式和三点式，常用的两点式电子塞规其外形结构见图 1。



5 计量特性

5.1 定标用标准环规直径及直径变动量

符合 3 等标准环规要求。

5.2 工作间隙

工作间隙见表 1。

5.3 测量力

测量力见表 1。

5.4 测头测量面和导套工作面的表面粗糙度

测头测量面和导套工作面的表面粗糙度见表 1。

5.5 零位平衡

零位平衡见表 1。

5.6 调零范围

调零范围见表 1。

5.7 测头对中误差

测头对中误差见表 2。

5.8 测头对称误差

测头对称误差见表 2。

5.9 示值误差

示值误差见表 2。

5.10 示值变动性

示值变动性见表 2。

5.11 漂移

漂移见表 3。

表 1 工作间隙、测量力、测头测量面的表面粗糙度、导套工作面的表面粗糙度、零位平衡、调零范围

项目名称	技术要求		
	ϕ [6, 15] mm	ϕ (15, 70] mm	ϕ (70, 130] mm
工作间隙 (mm)	0.020~0.050	0.030~0.060	0.040~0.100
测量力 (N)	≤ 2.0	≤ 3.0	
测头测量面的表面粗糙度 (μm)	R_a 0.1		
导套工作面的表面粗糙度 (μm)	R_a 0.8		
零位平衡	$\pm \frac{1}{2}$ 分度		
调零范围	≥ 20 分度		

表 2 测头对中误差、测头对称误差、示值误差和示值变动性

误差名称	最大允许值	
	$T \geq 10 \mu\text{m}$	$T < 10 \mu\text{m}$
测头对中误差 e_z	$T/20$	$0.5 \mu\text{m}$
测头对称误差 e_c	$T/20$	
示值误差 e	$\pm (T/10)$	$\pm 1 \mu\text{m}$
示值变动性 δl	$T/20$	$0.5 \mu\text{m}$
注：T 为电子塞规测量孔径的公差值。		

表 3 漂移允许值

 μm

指示装置	指示装置挡位		允许漂移值 (4 h 内)
	指示范围	分度值/分辨力	
指针表	± 3	0.1	0.1
数显表	± 10	0.01	0.25
电子柱	± 10	0.2	0.2

注：由于校准工作只给出测量结果，不判断电子塞规合格与否，上述计量特性仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

室内温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，温度变化不大于 0.5°C/h ，相对湿度不大于 70%，被校准电子塞规和测量标准器在室内平衡温度的时间不少于 4 h，电子塞规开机预热时间不少于 10 min。

6.2 测量标准器

测量标准器见表 4。

表 4 校准项目及测量标准器

序号	校准项目	主要测量标准器	
		名称	计量性能
1	定标用标准环规	测长机（仪）	MPE: $\pm (0.35 \mu\text{m} + 3L \times 10^{-6})$
2	工作间隙	电子数显千分尺	MPE: $\pm (2 \sim 7) \mu\text{m}$
3	测头测量面和导套工作面的表面粗糙度	表面粗糙度比较样块	MPE: $-17\% \sim +12\%$
4	测量力	测力仪	分度值不大于 0.1 N
5	零位平衡	标准环规	3 等
6	调零范围		
7	测头对中误差		
8	测头对称误差		
9	示值误差		
10	示值变动性		
11	漂移		

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 4。

7.2 校准方法

首先检查外观和各部分相互作用,确定没有影响计量性能的因素,并按使用说明书调整好电子塞规进入工作状态,再进行校准。

7.2.1 定标用标准环规直径及直径变动量

按 JJG 894—1995《标准环规》规定的测量方法进行测量。

7.2.2 工作间隙

用电子数显千分尺测量导套直径,需在导套上、中、下三个位置及其相互垂直的两个方位测量,取其最大尺寸与被测孔下偏差尺寸之差为测量结果。

7.2.3 测头测量面和导套工作面的表面粗糙度

用表面粗糙度比较样块以比较法进行测量。在进行比较时,选用的粗糙度比较样块与塞规测头外表面的加工工艺、材质、形状、表面色泽等应尽可能一致。目力观察被测表面加工痕迹的深浅来决定其表面粗糙度是否符合要求,当被测表面的加工痕迹深浅小于粗糙度比较样块工作面加工痕迹深度时,可判断被测表面的表面粗糙度符合要求。

7.2.4 零位平衡

在校准指针表电子塞规时,将测头插入标准环规中,使其处于测量状态,在指针表最小量程挡位调整示值为0,然后依次转换挡位,记录各挡示值对零位的变化量,取其最大变化量作为测量结果。

7.2.5 调零范围

在校准指针表电子塞规时,在指针表最大量程挡位上将调零旋钮从一端旋到另一端时,记录示值的最大变化作为测量结果。

7.2.6 测量力

将塞规体插入下偏差标称尺寸标准环规中,调整好“零位”。然后取出塞规体安装在测力仪上,并使其测头处于自由静止状态,然后用分度值不超过0.1 N的测力仪分别对两测头缓慢加力,读出电子塞规“零位”时的测力值,取两测头测力的平均值作为该电子塞规的测量力。

7.2.7 测头对中误差

指示装置量程旋钮置于最小挡位,将塞规测头插入上偏差标称尺寸标准环规中,在垂直两测头触点测量线的方向往返移动塞规体,读出示值的最大变化量即为测头对中误差。

7.2.8 测头对称误差

指示装置量程旋钮置于最小挡位,将塞规测头插入上偏差标称尺寸标准环规中,在沿两测头触点测量线的方向往返多次移动塞规体,读出示值最大变化量即为测头对称误差。

7.2.9 示值误差

采用3等标准环规进行测量。(注:特殊高精度电子塞规的标准环规,其精度等级根据测量要求与用户商定。)

(1) 当具备三个标准环规时(指下偏差标称尺寸环规、上偏差标称尺寸环规和标称

尺寸的“零位”尺寸环规)，将塞规测头插入到“零位”尺寸环规中截面位置并在直径标志线方向进行测量，获得初始读数 l_0 ，然后再分别将塞规测头插入下偏差标称尺寸环规（或上偏差标称尺寸环规）中截面位置并在直径标志线方向进行测量，获得读数 l 。

第 i 次测量单次示值误差 e_i 按式（1）计算：

$$e_i = l_i - (l_0)_i - a \quad (1)$$

式中： l_i ——第 i 次测量下偏差标称尺寸环规（或上偏差标称尺寸环规）记录的示值；

$(l_0)_i$ ——第 i 次测量“零位”环规时记录的示值；

a ——下偏差标称尺寸环规（或上偏差标称尺寸环规）与“零位”尺寸环规的实际尺寸差；

i ——测量次数。

上述测量重复进行 5 次，分别计算下偏差标准尺寸环规 5 次重复测量的算术平均值 $e_{\text{下}}$ 和上偏差标准尺寸环规 5 次重复测量的算术平均值 $e_{\text{上}}$ ，取两者中绝对值最大的作为示值误差测量结果 e 。

（2）当仅具备两个标准环规时，将塞规测头插入下偏差尺寸环规中截面位置并在直径标志线方向进行测量，获得初始读数 l_0 ，然后将塞规测头插入上偏差尺寸环规中截面位置并在直径标志线方向进行测量，获得读数 l 。

第 i 次测量单次示值误差 e_i 按式（2）计算：

$$e_i = l_i - (l_0)_i - b \quad (2)$$

式中： l_i ——第 i 次测量上偏差标称尺寸环规获得的读数；

$(l_0)_i$ ——第 i 次测量下偏差标称尺寸环规时获得的读数；

b ——上偏差标称尺寸环规与下偏差标称尺寸环规的实际尺寸差；

i ——测量次数。

按上述方法测量，重复进行 5 次，取 5 次重复测量的算术平均值作为示值误差测量结果 e 。

7.2.10 示值变动性

将塞规测头插入下偏差尺寸标准环规中进行测量读数，重复测量 5 次，5 次测量值中最大值与最小值之差为示值变动性。

7.2.11 漂移

指示装置量程旋钮置于最小挡位，将塞规测头插入标准环规中，调整起始示值，保持测头位置固定不动，每隔 30 min 读一次数，连续记录 4 h，以 4 h 内示值与起始值的最大变化量作为测量结果。

8 校准结果表达

经校准的电子塞规，出具校准证书。校准证书应给出校准项目的测量结果及测量不确定度。

9 复校时间间隔

电子塞规的复校时间间隔根据使用情况由用户自行确定，建议不超过 1 年。

附录 A

电子塞规示值误差测量结果不确定度评定

A.1 测量方法

依据本校准规范,采用两个标准环规校准电子塞规。本分析实例的电子塞规是用于测量 $\phi 130^{+0.02}_{0.00}$ mm 的孔径,两个校准用标准环规的尺寸分别为:上偏差环规的标称尺寸为 $\phi 130.020$ mm、下偏差环规的标称尺寸为 $\phi 130.000$ mm,指示装置为电子柱,测量过程不变换挡位,测量电子塞规示值误差,对示值误差测量结果进行不确定度评定。

A.2 数学模型

由式(2)可得: $e = \bar{l} - \bar{l}_0 - b$,考虑校准时测量不确定度因素影响,则式(2)变换为如下:

$$e = \bar{l} - \bar{l}_0 - b + L \cdot \Delta t \cdot \delta_a + L \cdot \bar{\alpha} \cdot \delta_t \quad (\text{A.1})$$

式中: e ——电子塞规示值误差;

$\bar{l}$ ——用上偏差标称尺寸环规 5 次重复测量获得的算术平均值;

$\bar{l}_0$ ——用下偏差标称尺寸环规 5 次重复测量获得的算术平均值;

b ——上偏差标称尺寸环规与下偏差标称尺寸环规的实际尺寸差;

L ——校准点标称尺寸;

Δt ——电子塞规和标准环规平均温度对 20 °C 的差;

δ_a ——电子塞规和标准环规的线膨胀系数差;

$\bar{\alpha}$ ——电子塞规和标准环规的平均线膨胀系数;

δ_t ——电子塞规和标准环规的温度差。

A.3 方差和灵敏系数

$$\text{方差: } u_c^2 = u^2(e) = c_1^2 \cdot u^2(\bar{l}) + c_2^2 \cdot u^2(\bar{l}_0) + c_3^2 \cdot u^2(\delta_a) + c_4^2 \cdot u^2(\delta_t) \quad (\text{A.2})$$

$$\text{灵敏系数: } c_1 = 1; c_2 = -1; c_3 = L \cdot \Delta t; c_4 = L \cdot \bar{\alpha}。$$

$$\text{由于 } c_1^2 \cdot u^2(\bar{l}) = c_2^2 \cdot u^2(\bar{l}_0),$$

$$\text{故 } u_c^2 = u^2(e) = 2 \cdot c_1^2 \cdot u^2(\bar{l}) + c_3^2 \cdot u^2(\delta_a) + c_4^2 \cdot u^2(\delta_t) \quad (\text{A.3})$$

注:对(A.1)求偏导得式(A.2),常数 b 项的偏导值为 0。

A.4 不确定度分量

A.4.1 测量标准引入的不确定度分量 $u(\bar{l})$ A.4.1.1 电子塞规示值变动性 δ_l 引入的不确定度分量 $u_1(\bar{l})$

示值变动性 δ_l 为均匀分布,在实际测量时,取 5 次重复测量的算术平均值,因此,引入的不确定度分量:

$$u_1(\bar{l}) = \frac{0.5 \times \delta_l}{\sqrt{5} \times \sqrt{3}} = 0.13 \times \delta_l$$

A.4.1.2 标准环规引入的不确定度分量 $u_2(\bar{l})$

由于3等标准环规直径变动量 ΔD 为 $0.8\ \mu\text{m}$ ，取其半宽为 $0.4\ \mu\text{m}$ ，服从均匀分布，引入的不确定度分量：

$$u_2(\bar{l}) = \frac{0.4\ \mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.23\ \mu\text{m}$$

A.4.1.3 电子塞规测头对中误差 e_z 引入的不确定度分量 $u_3(\bar{l})$

对中误差 e_z 为均匀分布，引入的不确定度分量：

$$u_3(\bar{l}) = \frac{0.5 \times e_z}{\sqrt{3}} = 0.29 \times e_z$$

A.4.1.4 电子塞规测头对称误差 e_c 引入的不确定度分量 $u_4(\bar{l})$

对称误差 e_c 为均匀分布，引入的不确定度分量：

$$u_4(\bar{l}) = \frac{0.5 \times e_c}{\sqrt{3}} = 0.29 \times e_c$$

A.4.1.5 指示装置引入的不确定度分量 $u_5(\bar{l})$

(1) 漂移引入的不确定度分量 $u_{51}(\bar{l})$

测量在4 h内完成，允许漂移值为 $0.2\ \mu\text{m}$ ，漂移误差的分布为均匀分布，引入的不确定度分量：

$$u_{51}(\bar{l}) = \frac{0.5 \times 0.2\ \mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.06\ \mu\text{m}$$

(2) 指示装置引入的不确定度分量 $u_{52}(\bar{l})$

本例采用的指示装置为电子柱，其分辨力为 $0.2\ \mu\text{m}$ ，引入的不确定度分量：

$$u_{52}(\bar{l}) = \frac{0.5 \times 0.2\ \mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.06\ \mu\text{m}$$

以上各分量彼此独立，因此指示装置引入的不确定度分量：

$$u_5(\bar{l}) = \sqrt{u_{51}^2(\bar{l}) + u_{52}^2(\bar{l})} = \sqrt{0.06^2 + 0.06^2}\ \mu\text{m} = 0.085\ \mu\text{m}$$

A.4.1.6 测量力引入的不确定度 $u_6(\bar{l})$

由于采用比较测量，且两环规的材质基本相同，测量力引起的变形量在调零时已被消除，故由测量力引入的不确定度可忽略不计。

以上各分量彼此独立（其中 $\delta_l=1$ ； $e_z=1$ ； $e_c=1$ ），因此测量标准器引入的不确定度分量：

$$\begin{aligned} u(\bar{l}) &= \sqrt{u_1^2(\bar{l}) + u_2^2(\bar{l}) + u_3^2(\bar{l}) + u_4^2(\bar{l}) + u_5^2(\bar{l})} \\ &= \sqrt{(0.13 \times 1)^2 + 0.23^2 + (0.29 \times 1)^2 + (0.29 \times 1)^2 + 0.085^2}\ \mu\text{m} = 0.49\ \mu\text{m} \end{aligned}$$

A.4.2 电子塞规和环规的线膨胀系数差 (δ_a) 引入的不确定度分量

电子塞规和环规的线膨胀系数为 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}$ ，故两者的膨胀系数差 δ_a 应在 $\pm 2 \times 10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}$ 范围内，服从三角形分布，于是：

$$u(\delta_a) = \frac{2 \times 10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} = 0.82 \times 10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}$$

电子塞规和环规平均温度对 $20\ ^\circ\text{C}$ 差 Δt 控制在 $\pm 2\ ^\circ\text{C}$ 范围内。

A.4.3 电子塞规和环规的温度差 δ_t 引入的不确定度分量

由于两者在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 条件下等温 4 h, 故估计两者的温度差 δ_t 应在 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 范围内, 服从均匀分布, 于是:

$$u(\delta_t) = \frac{0.2^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.12^\circ\text{C}$$

A.5 各项不确定度分量一览表

以测量范围 $\phi 130\text{ mm}$ 为例, 将上述分析计算列入表 A.1。

表 A.1 各项不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i)$	灵敏系数 c_i	不确定度分量 $ c_i \cdot u(x_i)$
测量标准引入的不 确定度 $u(\bar{L})$	$u(\bar{L}) = 0.49\ \mu\text{m}$	1	$0.49\ \mu\text{m}$
电子塞规和环规的线膨 胀系数差 δ_a 引入的不 确定度 $u(\delta_a)$	$u(\delta_a) = 0.82 \times 10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t = 130\text{ mm} \times 2^\circ\text{C}$ $= 260\text{ mm}^\circ\text{C}$	$0.22\ \mu\text{m}$
电子塞规和环规的 温度差 δ_t 引入的 不确定度 $u(\delta_t)$	$u(\delta_t) = 0.12^\circ\text{C}$	$L \cdot \bar{\alpha} = 130 \times 11.5 \times 10^{-6}$ $= 0.0015\text{ mm}^\circ\text{C}^{-1}$	$0.18\ \mu\text{m}$

A.6 以上各分量彼此独立不相关, 根据公式 (A.3), 合成标准不确定度 u_c 和扩展不确定度 U 为:

$$\begin{aligned}
 u_c &= \sqrt{2 \times u^2(\bar{L}) + u^2(\delta_a) + u^2(\delta_t)} \\
 &= \sqrt{2 \times 0.49^2 + 0.22^2 + 0.18^2}\ \mu\text{m} \\
 &= 0.75\ \mu\text{m} \\
 U &= k \cdot u_c \quad (\text{取包含因子 } k=2) \\
 &= 2 \times 0.75\ \mu\text{m} = 1.5\ \mu\text{m}
 \end{aligned}$$

附录 B

校准证书内容及内页格式

B.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准日期，如果与校准结果的有效性应用有关时，应说明被校对象的接受日期；
- 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) 本次校准所用计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) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- 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，不得部分复制校准证书的声明。

B.2 推荐的校准证书内页格式见表 B.1。

表 B.1 校准证书内页格式

证书编号：

校准环境条件	温 度：_____℃ 相对湿度：_____％	地 点：_____ 其 他：_____
序号	校准项目	校准结果
1	定标用标准环规	
2	工作间隙	
3	测头测量面和导套工作面的表面粗糙度	
4	测量力	
5	零位平衡	
6	调零范围	
7	测头对中误差	
8	测头对称误差	
9	示值误差	
10	示值变动性	
11	漂移	
测量不确定度：		

校准员：

核验员：