

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2161—2024

焊接检验尺校准规范

Calibration Specification for Welding Inspection Callipers

2024-10-19 发布

2025-04-19 实施

国家市场监督管理总局 发布

焊接检验尺校准规范

Calibration Specification for

Welding Inspection Callipers

JJF 2161—2024

代替 JJG 704—2005

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：陕西省计量科学研究院

陕西省能源质量监督检验所

中国计量科学研究院

参加起草单位：西藏自治区计量测试所

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：

毛 斌（陕西省计量科学研究院）

常 晟（陕西省能源质量监督检验所）

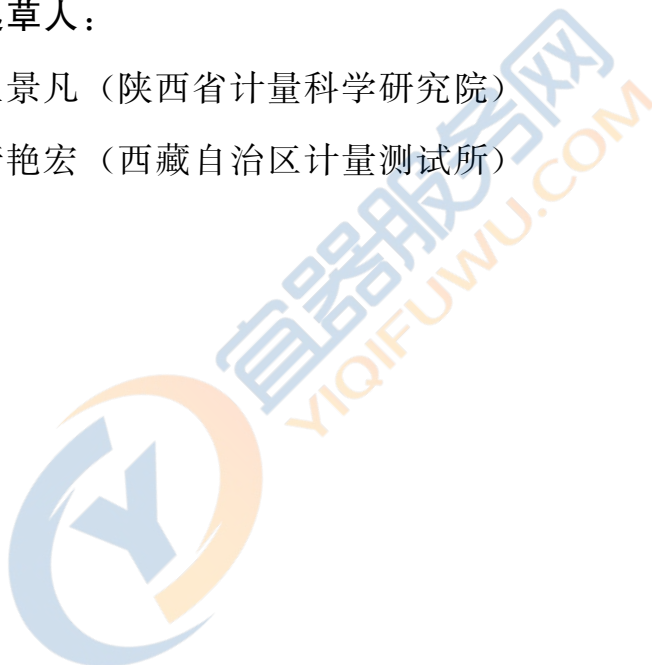
冯 斐（陕西省计量科学研究院）

崔建军（中国计量科学研究院）

参加起草人：

王景凡（陕西省计量科学研究院）

唐艳宏（西藏自治区计量测试所）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(4)
4.1 测量面表面粗糙度	(4)
4.2 测量面平面度	(4)
4.3 角度样板的偏差和角度尺的示值误差	(4)
4.4 零值误差	(4)
4.5 数显式焊接检验尺的示值变动性	(4)
4.6 示值误差	(4)
5 校准条件	(5)
5.1 环境条件	(5)
5.2 校准用计量标准器及配套设备	(5)
6 校准项目和校准方法	(6)
6.1 测量面表面粗糙度	(6)
6.2 测量面平面度	(6)
6.3 角度样板的偏差和角度尺的示值误差	(6)
6.4 零值误差	(6)
6.5 数显式焊接检验尺的示值变动性	(6)
6.6 示值误差	(6)
7 校准结果表达	(8)
8 复校时间间隔	(8)
附录 A 宽度尺标准样块的技术要求及校准方法	(9)
附录 B 咬边深度尺示值误差的校准结果不确定度评定示例	(10)
附录 C 主尺标尺示值误差的校准结果不确定度评定示例	(12)
附录 D 角度尺示值误差的校准结果不确定度评定示例	(14)
附录 E 高度尺（数显式焊接检验尺）示值误差的校准结果不确定度评定示例	(16)
附录 F 校准证书内容及内页格式	(18)

引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范修订工作的基础性系列规范。

本规范是对 JJG 704—2005《焊接检验尺检定规程》的修订，在修订过程中引用和参考了 JB/T 12201—2015《焊接检验尺》的有关规定，与 JJG 704—2005 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

——焊接检验尺型号增加了两种型式，V 型焊接检验尺、VI 型焊接检验尺（见第 3 章）；

——最大允许误差中，增加了分辨力为 0.01 mm 的数显式焊接检验尺最大允许误差，游标焊接检验尺根据分度值的不同，细分了最大允许误差的要求（见表 2）；

——增加了数显式焊接检验尺的示值变动性校准（见 6.5）；

——环境条件中增加了湿度要求（见 5.1）；

——将术语“专用样板”修改为“宽度尺标准样块”（见 6.6.4）；

——增加了厚度参考值（见附录 A）；

——增加了宽度尺标准样块的校准方法（见附录 A）；

——增加了主尺标尺示值误差的校准结果不确定度评定示例（见附录 B）；

——增加了高度尺（数显式焊接检验尺）示值误差的校准结果不确定度评定示例（见附录 E）。

本规范的历次版本发布情况：

——JJG 704—2005；

——JJG 704—1990。

焊接检验尺校准规范

1 范围

本规范适用于焊接检验尺的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JB/T 12201—2015 焊接检验尺

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）适用本规范。

3 概述

焊接检验尺是采用线纹、游标或数显形式，测量焊缝的宽度、高度、焊接间隙及坡口角度等尺寸的测量器具。按结构型式不同，通常分为Ⅰ型焊接检验尺（见图 1）、Ⅱ型焊接检验尺（见图 2）、Ⅲ型焊接检验尺（见图 3）、Ⅳ型焊接检验尺（见图 4）、Ⅴ型焊接检验尺（见图 5）、Ⅵ型焊接检验尺（见图 6）等。

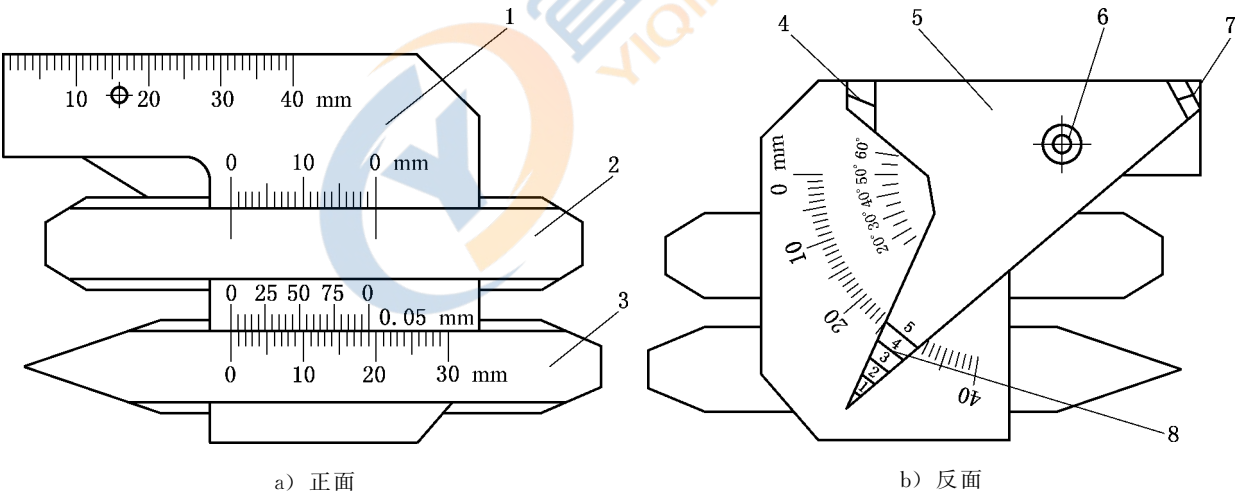


图 1 Ⅰ型焊接检验尺

1—主尺；2—高度尺；3—咬边深度尺；4—宽度尺标记；5—多用尺（包括宽度尺、角度尺和间隙尺）；
6—锁紧装置；7—角度尺标记；8—间隙尺标记

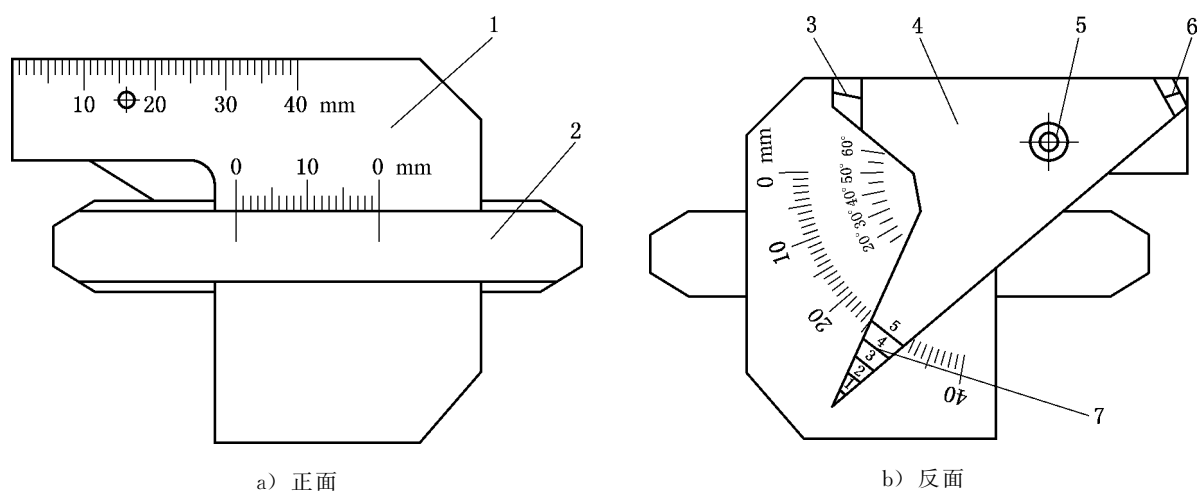


图2 II型焊接检验尺

1—主尺；2—高度尺；3—宽度尺标记；4—多用尺（包括宽度尺、角度尺和间隙尺）；
5—锁紧装置；6—角度尺标记；7—间隙尺标记

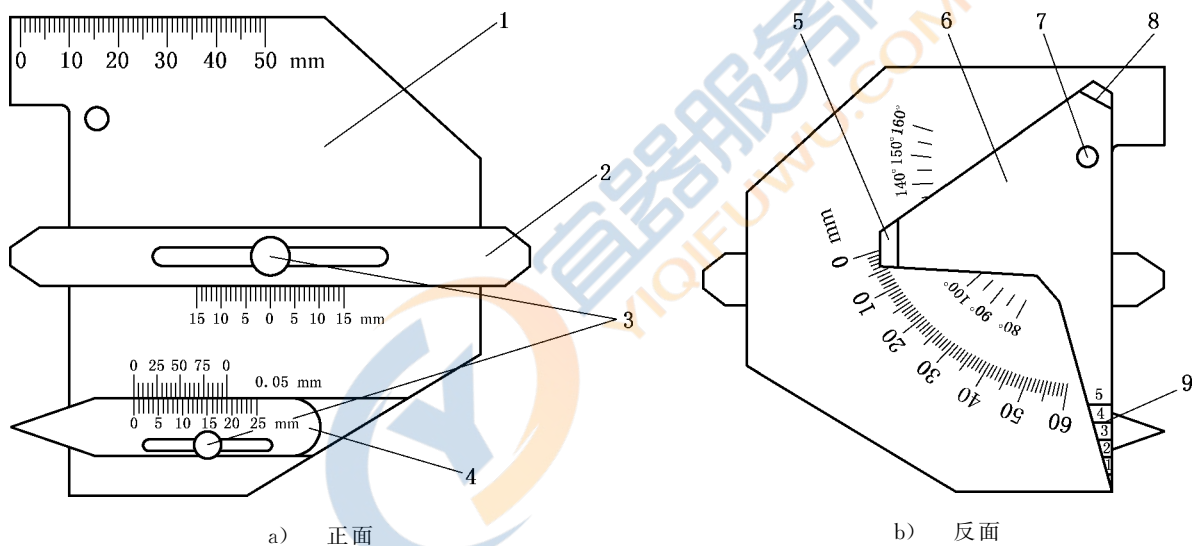


图3 III型焊接检验尺

1—主尺；2—高度尺；3—锁紧装置；4—咬边深度尺；5—宽度尺标记；
6—多用尺（包括宽度尺、角度尺和间隙尺）；7—紧固装置；8—角度尺标记；9—间隙尺标记

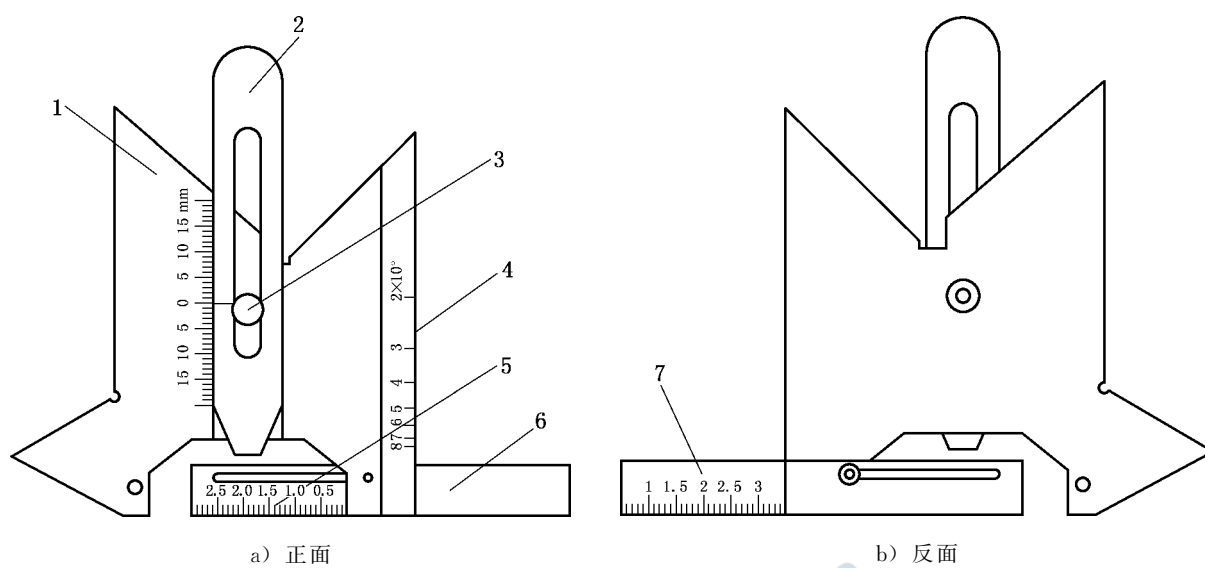


图4 IV型焊接检验尺

1—主尺；2—高度尺；3—锁紧装置；4—角度尺标记；
5—宽度尺标记；6—多用尺（包括宽度尺、角度尺和间隙尺）；7—间隙尺标记

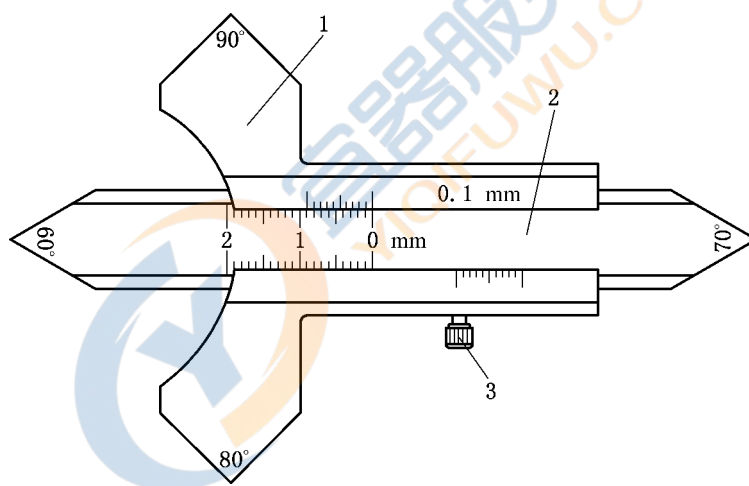


图5 V型焊接检验尺

1—主尺；2—高度尺；3—锁紧装置

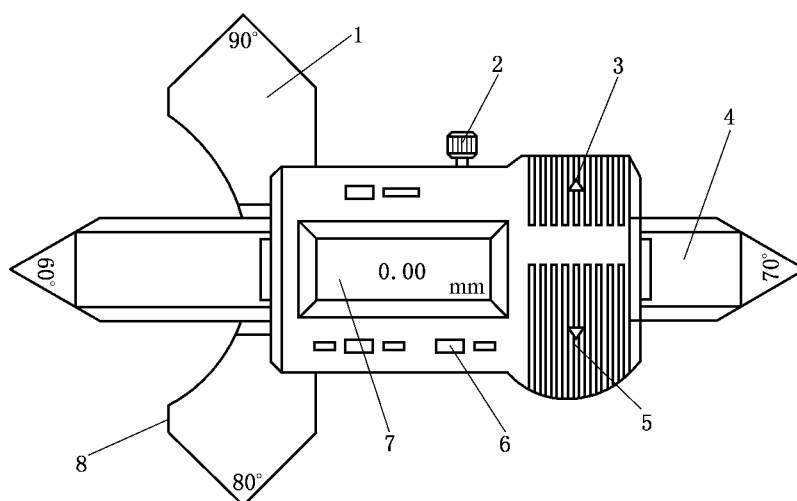


图6 VI型焊接检验尺

1—主尺；2—锁紧装置；3—数据口；4—高度尺；5—电池盖；6—功能按钮；7—电子数显器；8—基面

4 计量特性

4.1 测量面表面粗糙度

各测量面表面粗糙度 R_a 不大于 $0.8 \mu\text{m}$ 。

4.2 测量面平面度

焊接检验尺的主尺、高度尺和咬边深度尺的测量面平面度不大于 0.02 mm 。

4.3 角度样板的偏差和角度尺的示值误差

角度样板的偏差不超过 $\pm 30'$ ，角度尺的示值误差不超过 $\pm 1^\circ$ 。

4.4 零值误差

高度尺和咬边深度尺的零值误差不超过表1的规定。

表1 零值误差

名称	零值误差/mm
高度尺	± 0.10
咬边深度尺	± 0.05

4.5 数显式焊接检验尺的示值变动性

数显式焊接检验尺的示值变动性不超过 0.03 mm 。

4.6 示值误差

示值最大允许误差见表2。

表 2 示值最大允许误差

名称	最大允许误差
主尺标尺	$\pm 0.2 \text{ mm}$
高度尺	0.1 mm 分度值: $\pm 0.2 \text{ mm}$;
	1 mm 分度值: $\pm 0.3 \text{ mm}$;
	0.01 mm 分辨力: $\pm 0.05 \text{ mm}$
咬边深度尺	$\pm 0.1 \text{ mm}$
宽度尺	$\pm 0.3 \text{ mm}$
间隙尺	$\pm 0.2 \text{ mm}$

注: 校准工作不判断合格与否, 上述计量特性指标仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

实验室温控范围 $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, 相对湿度应小于 80%。校准前, 被校焊接检验尺及校准用设备温度平衡时间不少于 1 h。

5.2 校准用计量标准器及配套设备

校准项目和校准用计量器具见表 3, 允许使用满足测量不确定度要求的其他测量标准及设备进行校准。

表 3 校准项目和校准用计量器具

序号	校准项目	校准用主要计量器具
1	测量面表面粗糙度	粗糙度比较样块 MPE: $-17\% \sim +12\%$
2	测量面平面度	1 级平板, 塞尺 MPE: $\pm (0.005 \sim 0.016) \text{ mm}$
3	角度样板的偏差和角度尺的示值误差	通用角度尺 MPE: $\pm 5'$
4	示值变动性	1 级平板
5	主尺标尺示值误差	工具显微镜 MPEV: 0.003 mm
6	高度尺的零值误差和示值误差	3 级或 5 等量块, 2 级针规, 2 级宽座直角尺
7	咬边深度尺的零值误差和示值误差	3 级或 5 等量块
8	宽度尺示值误差	宽度尺标准样块 MPE: $\pm 0.05 \text{ mm}$
9	间隙尺示值误差	卡尺 MPE: $\pm 0.03 \text{ mm}$

6 校准项目和校准方法

校准前, 首先对焊接检验尺的外观及各部分相互作用进行检查, 确定没有影响计量特性的因素后再进行校准。

6.1 测量面表面粗糙度

用表面粗糙度比较样块比较测量。

6.2 测量面平面度

在平板上用塞尺对各测量面进行测量, 以最大值作为校准结果。

6.3 角度样板的偏差和角度尺的示值误差

用通用角度尺测量。

测量角度样板偏差时, 将通用角度尺的两测量面与角度样板两边均匀接触, 直接在通用角度尺上读出角度样板的偏差。

角度尺校准点的分布: 对 I、II 型角度尺, 校准点为 30° 和 60° ; 对 III 型角度尺, 校准点为 120° 和 150° ; 对 IV 型角度尺, 校准点为 40° 和 60° 。

I、II 型角度尺示值误差 Δ_i 按公式 (1) 计算:

$$\Delta_i = (\alpha_i + 90^\circ) - \alpha_1 \quad (1)$$

式中:

Δ_i —— I、II 型角度尺示值误差, ($^\circ$);

α_i —— 角度尺示值, ($^\circ$);

α_1 —— 通用角度尺示值, ($^\circ$)。

III 型和 IV 型角度尺角度误差可直接由角度尺示值与通用角度尺的示值之差确定。

6.4 零值误差

高度尺零值误差: 将高度尺主尺测量面置于 1 级平板上, 移动高度尺使测量面与平板接触, 指标线与零标记的差值作为零值误差。

咬边深度尺的零值误差: 将主尺测量面置于 1 级平板上, 咬边深度尺测量端面与平板接触, 读取咬边深度尺示值为零值误差。

6.5 数显式焊接检验尺的示值变动性

在重复性测量条件下, 使数显式焊接检验尺的主尺基面与平板接触, 移动高度尺与平板接触, 重复 5 次并读数。取最大与最小读数的差值作为示值变动性。

6.6 示值误差

6.6.1 主尺标尺示值误差

在工具显微镜上用影像法进行测量。在全长范围内至少测量大致均匀分布的三条标记与零标记的距离, 相应标记的标称值与工具显微镜所测距离之差作为校准结果。测量时应以各标记的中心为准。

6.6.2 高度尺示值误差

用量块测量, 在测量范围内取大致均匀分布的 3 点校准。

将焊接检验尺置于平板上, 移动高度尺使测量面与平板接触 (数显式焊接检验尺数字显示置零), 然后依次在高度尺下放入受检尺寸的量块。I、II、III、IV、V 型高度

尺示值与量块尺寸之差值作为校准结果。Ⅵ型高度尺重复测量 3 次，示值平均值与量块尺寸之差作为校准结果。

I、II、III、V、Ⅵ型高度尺另一端示值误差（见图 7）：在宽座直角尺内角处放一直径为（6~10）mm 的针规，使主尺两个基准面与宽座直角尺两个内角边均匀接触，移动高度尺与圆柱面接触，读取并记下高度尺示值（Ⅵ型高度尺重复测量 3 次，平均值作为高度尺示值 h ），示值误差由公式（2）计算：

$$\Delta = h - 1.21d \quad (2)$$

式中：

Δ —— 示值误差，mm；

h —— 高度尺示值，mm；

d —— 针规直径，mm。

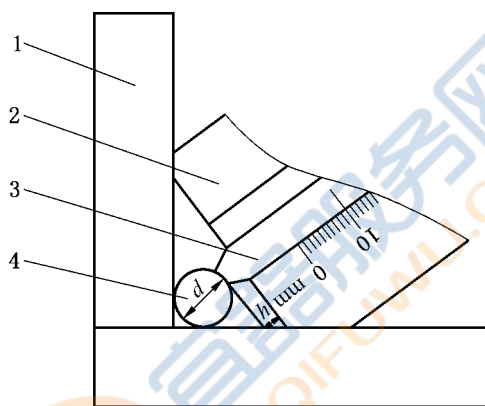


图 7 高度尺示值误差测量示意图

1—宽座直角尺；2—主尺；3—高度尺；4—针规

6.6.3 咬边深度尺示值误差

用量块测量，在测量范围内取大致均匀分布的 3 点校准。

将焊接检验尺置于 1 级平板上，使咬边深度尺测量面和主尺测量面与平板接触（数显式焊接检验尺数字显示置零），将受检尺寸的量块置于平板上，主尺测量面与量块工作面接触，移动咬边深度尺使测量面与平板接触，取各测量值与相应量块尺寸之差值为咬边深度尺示值误差。

6.6.4 宽度尺示值误差

用宽度尺标准样块进行测量，见图 8。

将宽度尺标准样块置于平板上，使主尺测量面与宽度尺标准样块一边接触，转动多用尺使内侧面与宽度尺标准样块另一边接触。从多用尺上读取的宽度值与宽度尺标准样块长度的差值即为宽度尺的示值误差。校准点参见表 4。

对于Ⅳ型焊接检验尺可用卡尺的刀口形内量爪测量其示值误差。

表 4 宽度尺示值误差校准点

测量范围/mm	校准点/mm
0~30	6,24
0~45	8,32
0~60	12,48

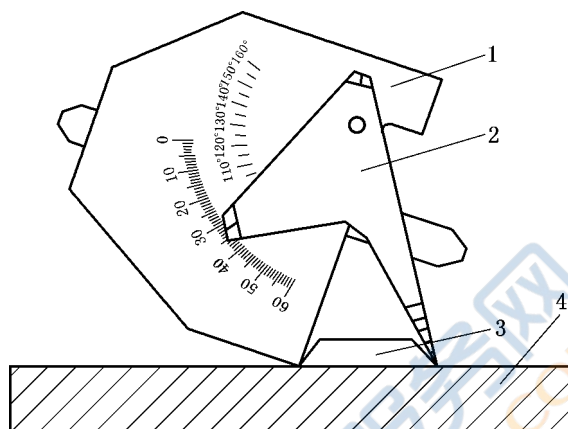


图 8 宽度尺的示值误差测量

1—主尺；2—宽度尺（多用尺）；3—宽度尺标准样块；4—平板

6.6.5 间隙尺示值误差

用卡尺的刀口形外测量爪沿被校间隙尺标记中心方向测量，Ⅳ型焊接检验尺的校准点为 1 mm 和 3 mm，其他型式的校准点为 1 mm 和 5 mm，取被校间隙尺示值与卡尺示值的差值为间隙尺的示值误差。

7 校准结果表达

经校准的焊接检验尺出具校准证书。校准证书内容见附录 F。

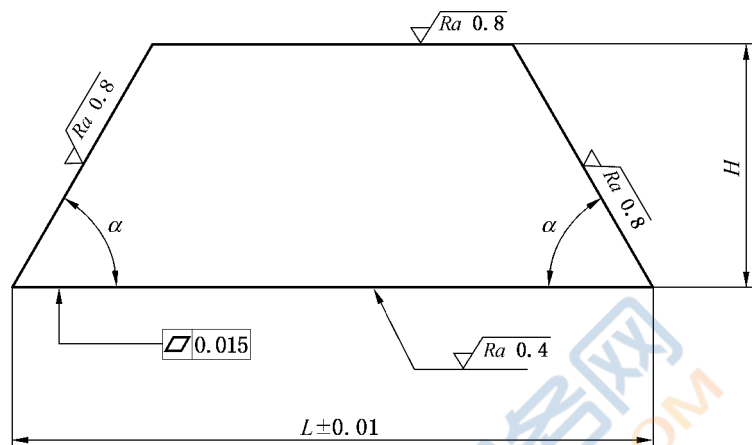
8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议为 1 年。

附录 A

宽度尺标准样块的技术要求及校准方法

A.1 宽度尺标准样块的几何形状及表面粗糙度要求参见图 A.1。



注：尺寸单位为毫米，表面粗糙度单位为微米。

图 A.1 宽度尺标准样块

A.2 宽度尺标准样块推荐的尺寸参见表 A.1 和图 A.1。

表 A.1 宽度尺标准样块的尺寸

尺寸	参考值	
长度 L /mm	6	8, 12, 24, 32, 48
高度 H /mm	3	6
厚度 δ /mm	≥ 10	
角度 α /°	≤ 60	

A.3 宽度尺标准样块校准方法

用千分尺进行测量。用千分尺的测砧夹住宽度尺标准样块的两个角点，调节宽度尺标准样块的位置找到拐点，此时的千分尺示值为宽度尺标准样块的长度测量值。每个样块测量 3 次，取其算术平均值作为该宽度尺标准样块的长度校准值。

用测长机或测长仪进行测量。将宽度尺标准样块固定于工作台，使用测长机或测长仪的平测头夹住宽度尺标准样块的两个角点，调节工作台找到拐点，此时的测长机或测长仪示值为宽度尺标准样块的长度测量值。每个样块测量 3 次，取其算术平均值作为该宽度尺标准样块的长度校准值。

附录 B

咬边深度尺示值误差的校准结果不确定度评定示例

B.1 测量方法

依据本规范，咬边深度尺的示值误差用 3 级量块进行测量，校准点为测量范围内均匀分布的 3 点。下面对 10 mm 校准点示值误差的测量不确定度进行评定。

B.2 测量模型

咬边深度尺的示值误差：

$$\delta_i = L_c - L_b \quad (\text{B.1})$$

式中：

L_c ——咬边深度尺的示值（20℃条件下）；

L_b ——量块的标称长度（20℃条件下）。

引入校准结果不确定度的各分量互不相关时，由公式（B.1）得：

$$u^2(\delta_i) = c_1^2 u^2(L_c) + c_2^2 u^2(L_b) \quad (\text{B.2})$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial \delta_i}{\partial L_c} = 1;$$

$$c_2 = \frac{\partial \delta_i}{\partial L_b} = -1;$$

$u(L_c)$ 、 $u(L_b)$ ——分别表示 L_c 、 L_b 引入的标准不确定度。

B.3 不确定度的评定

B.3.1 咬边深度尺引入的不确定度分量

B.3.1.1 测量重复性引入的标准不确定度

利用本规范的方法进行 10 次重复测量，测量数据见表 B.1。

表 B.1 重复性测量数据及计算结果

测量序次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值误差/mm	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
单次测量实验标准差/ μm					$s = 15.8$					

因此：

$$u(L_c) = s = 15.8(\mu\text{m})$$

B.3.1.2 分辨力引入的标准不确定度

咬边深度尺的分度值为 0.05 mm，服从均匀分布，得：

$$u_{de} = 0.05 / (2 \times \sqrt{3}) \approx 14.4(\mu\text{m})$$

由于此时重复性中已经包含分辨力对校准结果的影响，故选择测量重复性引入的标准不确定度作为咬边深度尺测量引入的不确定度分量。

B.3.2 量块引入的不确定度分量

B.3.2.1 量块偏差引入的标准不确定度

根据量块规程, 10 mm 及小于 10 mm 的 3 级量块长度的极限偏差不超过 $\pm 1.0 \mu\text{m}$, 按两点分布, 得:

$$u(L_g) = 1.0/1 = 1.0(\mu\text{m})$$

B.3.2.2 咬边深度尺和量块的线膨胀系数差引入的标准不确定度

咬边深度尺和量块的线膨胀系数差 δ_a 在 $\pm 1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 的范围内, 按三角分布, 检定时温度按 $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 的极限值计算, 则:

$$u(\Delta\alpha) = 10\,000 \times 5 \times 1 \times 10^{-6} / \sqrt{6} \approx 0.02(\mu\text{m})$$

B.3.2.3 咬边深度尺和量块的温度差引入的标准不确定度

咬边深度尺和量块间的温度差, 以等概率落于区间 $\pm 1 ^\circ\text{C}$ 内, 则:

$$u(\Delta t) = 10\,000 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 1 / \sqrt{3} \approx 0.07(\mu\text{m})$$

B.4 标准不确定度一览表

见表 B.2。

表 B.2 标准不确定度一览表

标准不确定度符号		不确定度来源	标准不确定度/ μm	灵敏系数	不确定度分量/ μm
$u(L_c)$		测量重复性	15.8	1	15.8
$u(L_b)$	$u(L_g)$	量块偏差	1.0	-1	1.0
	$\Delta(\Delta\alpha)$	咬边深度尺和量块的 线膨胀系数差	0.02		0.02
	$u(\Delta t)$	咬边深度尺和量块 的温度差	0.07		0.07

B.5 合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关, 则合成标准不确定度为:

$$\begin{aligned}
 u_c(\delta_i) &= \sqrt{u^2(L_c) + u^2(L_g) + u^2(\Delta\alpha) + u^2(\Delta t)} \\
 &= \sqrt{15.8^2 + 1.0^2 + 0.02^2 + 0.07^2} \\
 &\approx 16(\mu\text{m})
 \end{aligned}$$

B.6 扩展不确定度

取 $k=2$, 扩展不确定度为:

$$U = 2u_c(\delta_i) = 2 \times 16 = 32(\mu\text{m})$$

附录 C

主尺标尺示值误差的校准结果不确定度评定示例

C.1 测量方法

主尺标尺的示值误差用万能工具显微镜测量。下面对 50 mm 点示值误差的测量不确定度进行评定。

C.2 测量模型

主尺标尺的示值误差：

$$\delta_i = L_i - L_b \quad (\text{C.1})$$

式中：

L_i ——主尺标尺被测点标称长度；

L_b ——万能工具显微镜测得示值。

引入校准结果不确定度的各分量互不相关时，由公式 (C.1) 得：

$$u_c^2(\delta_i) = c_1^2 u^2(L_i) + c_2^2 u^2(L_b) \quad (\text{C.2})$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial \delta_i}{\partial L_i} = 0 \quad (\text{因为 } L_i \text{ 为常数})；$$

$$c_2 = \frac{\partial \delta_i}{\partial L_b} = -1；$$

$u(L_i)$ 、 $u(L_b)$ ——分别表示 L_i 、 L_b 引入的标准不确定度。

C.3 不确定度的评定

C.3.1 主尺标尺标称长度引入的不确定度分量

由于该分量的灵敏系数为 0，则主尺标尺标称长度引入的不确定度分量不再评定。

C.3.2 万能工具显微镜测量引入的不确定度分量

C.3.2.1 测量重复性引入的标准不确定度

用万能工具显微镜对主尺标尺 50 mm 点进行 10 次重复测量，测量数据及计算结果见表 C.1。

表 C.1 重复性测量数据及计算结果

测量序次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值误差/ μm	15	11	14	12	16	12	13	14	15	12
单次测量实验标准差/ μm					$s = 1.65$					

因此：

$$u(L_{b1}) = s = 1.65(\mu\text{m})$$

C.3.2.2 万能工具显微镜示值误差引入的标准不确定度

万能工具显微镜最大允许误差绝对值为 0.003 mm，按均匀分布，则：

$$u(L_{b2}) = \frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1.74(\mu\text{m})$$

经计算，主尺标尺和万能工具显微镜的线膨胀系数差和温度差引入的标准不确定度很小，可以忽略。

C.4 标准不确定度一览表

见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度一览表

标准不确定度符号		不确定度来源	标准不确定度/ μm	灵敏系数	不确定度分量/ μm
$u(L_i)$		测量重复性	—	0	0
$u(L_b)$	$u(L_{b1})$	测量重量性	1.65	-1	1.65
	$u(L_{b2})$	万能工具显微镜示值误差	1.74		1.74

C.5 合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关，则合成标准不确定度为：

$$\begin{aligned}
 u_c(\delta_i) &= \sqrt{u^2(L_i) + u^2(L_{b1}) + u^2(L_{b2})} \\
 &= \sqrt{0 + 1.65^2 + 1.74^2} \\
 &\approx 2.4(\mu\text{m})
 \end{aligned}$$

C.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = 2u_c(\delta_i) = 2 \times 2.4 = 4.8(\mu\text{m})$$

附录 D

角度尺示值误差的校准结果不确定度评定示例

D.1 测量方法

角度尺的示值误差用通用角度尺进行测量，由角度尺给出相应的被测角度，用通用角度尺读出其测得值，角度尺的示值与通用角度尺示值之差为角度尺示值误差。下面对 I、II 型焊接检验尺的角度尺示值误差校准结果进行不确定度评定。

D.2 测量模型

角度尺的示值误差：

$$\Delta_i = (\alpha_i + 90^\circ) - \alpha_1 \quad (\text{D.1})$$

式中：

α_i ——角度尺的示值，(°)；

α_1 ——通用角度尺的示值，(°)。

引入校准结果不确定度的各分量互不相关时，由公式 (D.1) 得：

$$u_c^2(\Delta_i) = c_1^2 u^2(\alpha_i) + c_2^2 u^2(\alpha_1) \quad (\text{D.2})$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \alpha_i} = 1;$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta_i}{\partial \alpha_1} = -1;$$

$u(\alpha_i)$ 、 $u(\alpha_1)$ ——分别表示 α_i 、 α_1 引入的标准不确定度。

D.3 不确定度的评定

D.3.1 角度尺刻线对准引入的不确定度分量

测量角度尺示值误差时，需将指标线同相应校准点的标称刻线对准，根据实验和相关的技术资料，该值与对线所用的两刻线宽度和宽度差有关，会产生 $\pm 1' \sim \pm 6'$ 的对线误差。按照最大允许误差 $\pm 6'$ 评定，服从均匀分布，得：

$$u(\alpha_i) = 6/\sqrt{3} \approx 3.46(')$$

D.3.2 通用角度尺引入的不确定度分量

D.3.2.1 通用角度尺分辨力引入的标准不确定度

用游标式角度尺测量时，通用角度尺分度值为 $2'$ ，则分辨力为 $1'$ ，服从均匀分布。则：

$$u_{de} = \frac{1}{2 \times \sqrt{3}} \approx 0.29(')$$

D.3.2.2 通用角度尺测量重复性引入的标准不确定度

利用通用角度尺对角度尺的 60° 进行 10 次重复测量，根据贝塞尔公式计算 10 次测量数据的测量重复性：

$$u(\alpha_{11}) = 0.63(')$$

由于此时重复性中已经包含分辨力对校准结果的影响，故选择测量重复性引入的标准不确定度作为通用角度尺测量引入的不确定度分量。

D.3.2.3 通用角度尺示值误差引入的标准不确定度

通用角度尺的示值误差为 $\pm 2'$ ，按均匀分布。则：

$$u(\alpha_{12}) = 2/\sqrt{3} \approx 1.15(')$$

D.4 标准不确定度一览表

见表 D.1。

表 D.1 标准不确定度一览表

标准不确定度符号		不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数	不确定度分量
$u(\alpha_i)$		角度尺刻线对准	$3.46'$	1	$3.46'$
$u(\alpha_1)$	$u(\alpha_{11})$	通用角度尺测量重复性	$0.63'$	-1	$0.63'$
	$u(\alpha_{12})$	通用角度尺示值误差	$1.15'$		$1.15'$

D.5 合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关，则合成标准不确定度为：

$$\begin{aligned}
 u_c(\Delta_i) &= \sqrt{u^2(\alpha_i) + u^2(\alpha_{11}) + u^2(\alpha_{12})} \\
 &= \sqrt{3.46^2 + 0.63^2 + 1.15^2} \\
 &\approx 3.7(')
 \end{aligned}$$

D.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = 2u_c(\Delta_i) = 2 \times 3.7 = 7.4(')$$

附录 E

高度尺（数显式焊接检验尺）示值误差的校准结果不确定度评定示例

E.1 测量方法

依据本规范，高度尺（数显式焊接检验尺）的示值误差用 3 级量块进行测量，下面对 8 mm 校准点示值误差的测量不确定度进行评定。

E.2 测量模型

高度尺的示值误差：

$$\delta_i = L_c - L_b \quad (\text{E. 1})$$

式中：

L_c —— 高度尺的示值；

L_b —— 量块中心长度。

引入校准结果不确定度的各分量互不相关时，由公式 (E. 1) 得：

$$u^2(\delta_i) = c_1^2 u^2(L_c) + c_2^2 u^2(L_b) \quad (\text{E. 2})$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial \delta_i}{\partial L_c} = 1;$$

$$c_2 = \frac{\partial \delta_i}{\partial L_b} = -1;$$

$u(L_c)$ 、 $u(L_b)$ —— 分别表示 L_c 、 L_b 引入的标准不确定度。

E.3 不确定度的评定

E.3.1 高度尺测量引入的不确定度分量

E.3.1.1 分辨力引入的标准不确定度

数显式焊接检验尺的分辨力为 0.01 mm，服从均匀分布，所以：

$$u_{de} = 0.01 / 2\sqrt{3} \approx 2.9 (\mu\text{m})$$

E.3.1.2 测量重复性引入的标准不确定度

用数显式焊接检验尺对 8 mm 量块在重复性条件下连续测量 5 次，用极差法评定，数据如表 E. 1。

表 E. 1 极差法测量数据

测量序次	1	2	3	4	5	极差
示值误差/mm	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02

用极差法，则：

$$s = \frac{R}{C} = \frac{0.02}{2.33} \approx 8.6 (\mu\text{m})$$

由于示值误差是取 3 次测量的平均值，所以：

$$u(L_c) = \frac{s}{\sqrt{3}} \approx 5.0(\mu\text{m})$$

由于此时重复性中已经包含分辨力对校准结果的影响，故选择测量重复性引入的标准不确定度作为高度尺测量引入的不确定度分量。

E.3.1.3 高度尺零值误差引入的标准不确定度

高度尺的零值误差应不超过 $\pm 0.10\text{ mm}$ ，但实际测量中高度尺零值误差通常较小，故高度尺零值误差引入的标准不确定度不予考虑。

E.3.2 量块中心长度极限偏差引入的不确定度分量

根据量块规程，8 mm 的 3 级量块长度的极限偏差不超过 $\pm 1.0\text{ }\mu\text{m}$ ，按两点分布，得：

$$u(L_b) = 1.0/1 = 1.0(\mu\text{m})$$

经计算，线膨胀系数差和温度差引入的标准不确定度很小，可以忽略。

E.4 标准不确定度一览表

见表 E.2。

表 E.2 标准不确定度一览表

标准不确定度符号	不确定度来源	标准不确定度/ μm	灵敏系数	不确定度分量/ μm
$u(L_c)$	测量重复性	5.0	1	5.0
$u(L_b)$	量块偏差	1.0	-1	1.0

E.5 合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c(\delta_i) = \sqrt{u^2(L_c) + u^2(L_b)} = \sqrt{5.0^2 + 1.0^2} \approx 5.1(\mu\text{m})$$

E.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = 2u_c(\delta_i) = 2 \times 5.1 \approx 11(\mu\text{m})$$

附录 F

校准证书内容及内页格式

F.1 校准证书应包括以下信息：

- 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) 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或应用有关时，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) 校准结果及其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) 校准结果仅对被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。

F.2 推荐校准证书内页格式见表 F.1。

表 F.1 校准证书内页格式

证书编号：

序号	校准项目		校准结果	备注
1	测量面表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$			
2	测量面平面度/mm			
3	角度样板的偏差	标称尺寸 (°)		
		角度偏差 (′)		
	角度尺的示值误差	校准点 (°)		
		示值误差 (′)		
4	高度尺的零值误差/mm			
	咬边深度尺的零值误差/mm			

表 F.1 (续)

序号	校准项目			校准结果	备注
5	数显式焊接检验尺的示值变动性/mm				
6	主尺标尺的示值误差/mm	标称值			
		示值误差			
	高度尺的示值误差/mm	正端	校准点		
			示值误差		
		反端	校准点		
			示值误差		
	咬边深度尺的示值误差/mm	校准点			
		示值误差			
	宽度尺的示值误差/mm	校准点			
		示值误差			
	间隙尺示值误差/mm	校准点			
		示值误差			
7	测量结果的不确定度	$U=$, $k=$			