



# 中华人民共和国工业和信息化部 兵工民品计量技术规范

JJF（兵工民品） 0030—2023

## 数显焊缝规校准规范

Calibration Specification for Digital weld gauge

（报批稿）

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布



# 数显焊缝规校准规范

Calibration Specification for

Digital weld gauge

JJF（兵工民品） 0030—2023

归口单位：中国兵器工业标准化研究所

主要起草单位：山西北方机械制造有限公司

参与起草单位：山西工程科技职业大学

太原理工大学

本规范技术条文委托起草单位负责解释

**本规范主要起草人：**

张俊芳（山西北方机械制造有限责任公司）

刘开军（山西北方机械制造有限责任公司）

魏垣伟（山西北方机械制造有限责任公司）

**参加起草人：**

张润哲（山西工程科技职业大学）

宋贝贝（山西北方机械制造有限责任公司）

侯 凯（太原理工大学）

宋 浩（山西北方机械制造有限责任公司）

王 晶（山西北方机械制造有限责任公司）

# 目 录

引言	( II )
1 范围	( 1 )
2 引用文件	( 1 )
3 概述	( 1 )
4 计量特性	( 1 )
4.1 坡口角度示值误差	( 1 )
4.2 数字漂移	( 1 )
4.3 重复性	( 2 )
4.4 尺身与高度尺基面的垂直度	( 2 )
4.5 尺身与厚度尺基面等分线的偏差	( 2 )
4.6 高度尺示值误差、厚度尺示值误差	( 2 )
5 校准条件	( 2 )
5.1 环境条件	( 2 )
5.2 测量标准及其它设备	( 2 )
6 校准项目和校准方法	( 3 )
6.1 校准项目	( 3 )
6.2 校准方法	( 3 )
7 校准结果表达	( 5 )
8 复校时间间隔	( 6 )
附录 A 标准圆柱的技术要求	( 7 )
附录 B 数显焊缝规原始记录格式	( 8 )
附录 C 校准证书内页格式	( 9 )
附录 D 高度尺示值误差测量不确定度评定示例	( 10 )
附录 E 厚度尺示值误差测量不确定度评定示例	( 13 )

# 引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 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》编写。

本规范为首次发布。

## 数显焊缝规校准规范

### 1 范围

本规范适用于分辨力为 0.01 mm、0.1 mm 的数显焊缝规的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 7-2004 直角尺检定规程

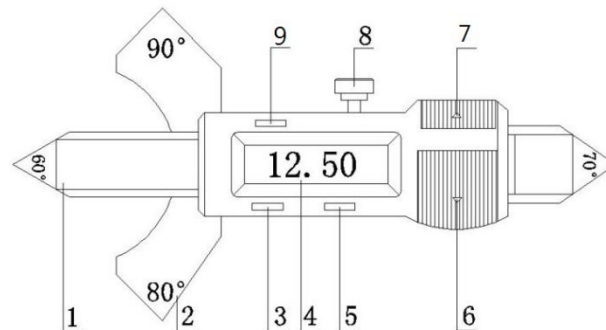
JJG 146-2011 量块检定规程

GB/T 21389-2008 游标、带表和数显卡尺

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）适用于本规范。

### 3 概述

数显焊缝规是焊缝检验的必备检具，具有准确度高、读数直观、方便操作的特点，可以测量焊缝高度、角焊缝厚度、坡口角度。数显焊缝规结构图见图 1。



1-尺身；2-尺框；3-开关键；4-显示屏；5-清零键；6-电池盖；  
7-输出插口；8-紧固螺钉；9-测量量制转换键

图 1 数显焊缝规结构图

注：为描述方便，尺身测量焊缝高度时，称为高度尺，测量焊缝厚度时，称为厚度尺。

### 4 计量特性

#### 4.1 坡口角度示值误差

坡口角度示值误差： $\pm 1^\circ$ 。

#### 4.2 数字漂移

按GB/T 21389-2008中5.9.3的规定，数字漂移不超过一个分辨力。

## 4.3 重复性

高度尺重复性不超过一个分辨力，厚度尺重复性不超过两个分辨力。

## 4.4 尺身与高度尺基面的垂直度。

尺身与高度尺基面的垂直度不超过 0.01 mm。

## 4.5 尺身与厚度尺基面等分线的偏差。

尺身与厚度尺两相互垂直的基面等分线的偏差不得超过  $\pm 1^\circ$ 。

## 4.6 高度尺示值误差、厚度尺示值误差见表 1。

表 1 高度尺示值误差、厚度尺示值误差

类别	分辨力/mm	
	0.01	0.1
	示值误差/mm	
高度尺	$\pm 0.03$	$\pm 0.1$
厚度尺	$\pm 0.1$	$\pm 0.3$

注：以上技术指标仅供参考，不用于合格性判断。

## 5 校准条件

## 5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(20 $\pm$ 5)℃。

5.1.2 相对湿度：不大于 80%。

## 5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备，应经过法定计量技术机构检定或校准，满足校准使用要求，并在有效期内使用。

表 2 测量标准及其他设备

序号	测量标准及其他设备	计量特性
1	万能角度尺	MPE: $\pm 5'$
2	工具显微镜	MPE: $(1+L/100) \mu\text{m}$
3	量块	测量范围: (0.5 mm~100 mm); 准确度等级: 5 等
4	平板	测量范围: 250 mm $\times$ 250 mm; 准确度等级: 1 级
5	宽座直角尺	测量范围: $H$ 不大于 100 mm; 准确度等级: 1 级
6	标准圆柱	大致均分厚度范围的三个不同直径圆柱 (如 $d=5 \text{ mm}$ 、 $d=10 \text{ mm}$ 、 $d=15 \text{ mm}$ ) 直径测量不确定度 $U=0.01 \text{ mm}$ ( $k=2$ ) 圆柱度不大于 0.02 mm 标准圆柱的技术要求见附录 A



## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

数显焊缝规校准项目见表3。

表3 数显焊缝规校准项目

序号	校准项目	序号	校准项目
1	坡口角度示值误差	5	尺身与厚度尺基面等分线的偏差
2	数字漂移	6	高度尺示值误差
3	测量重复性	7	厚度尺示值误差
4	尺身与高度尺基面的垂直度	——	——

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 外观检查

外观检查应满足以下要求：

- a) 数显焊缝规应标明产品名称、型号、规格、制造厂名称或商标、出厂编号等；
- b) 尺身上不应有裂纹、损伤、锈蚀和其他影响读数的缺陷；
- c) 数显装置数字显示应清晰完整、无闪跳现象，功能键使用正常，灵活可靠；
- d) 尺身移动时，不应有晃动现象。

#### 6.2.2 坡口角度示值误差

将角度尺的两测量面与被校准角度  $\alpha$  两边均匀接触，角度尺上读出坡口角度实际值  $\beta$ ，坡口角度示值误差  $\Delta\alpha$  按公式（1）计算。

$$\Delta\alpha = \beta - \alpha \quad (1)$$

式中：

$\Delta\alpha$ ——坡口角度示值误差，°；

$\beta$  ——实测值，°；

$\alpha$  ——坡口角度标称值，°。

#### 6.2.3 数字漂移

拉动尺框并使其停止在测量范围内任意位置上，紧固尺框，观察显示数值在 1 h 内的最大变化量。

注：带有自动关机功能的数显焊缝规可以不校准此项。

#### 6.2.4 测量重复性

校准步骤如下：

- a) 将焊缝规尺框两工作面放置在平板上，稳定拉动尺身与平板接触至显示的数值稳定，重复操作五次，显示值的最大与最小之差，即为高度尺测量重复性；

b) 在宽座直角尺内直角处放置一标准圆柱，焊缝规尺框两工作面均匀接触直角尺内角边，稳定拉动尺身与标准圆柱母线接触至显示的数值稳定，重复操作五次，显示值的最大与最小之差，即为厚度尺测量重复性。

#### 6.2.5 尺身与高度尺基面的垂直度

校准步骤如下：

- a) 测量时，将尺身从尺框中拉出至满量程；
- b) 将焊缝规放置在工具显微镜工作台上，高度尺基面与显微镜水平基准线调平；
- c) 尺身一端与工具显微镜垂直基准线重合，读数垂直方向坐标值  $y_0$ ；
- d) 移动工具显微镜导轨，至尺身另一端，同样与工具显微镜垂直基准线重合，读数垂直方向坐标值  $y_1$ ；
- e) 两次读数值之差即为垂直度。

#### 6.2.6 尺身与厚度尺基面等分线的偏差

校准步骤如下：

- a) 将焊缝规厚度尺两基准面分别与工具显微镜水平基准线和垂直基准线调平且重合，此时，两基准面交点坐标值为  $(x_0, y_0)$ ；
- b) 分别移动工具显微镜纵横导轨至尺身顶尖的交点，其坐标值为  $(x_1, y_1)$ 。
- c) 按公式 (2) 计算尺身与厚度尺基面等分线的偏差  $\theta$ 。

$$\theta = \arctan\left(\frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}\right) - 45^\circ \quad (2)$$

#### 6.2.7 高度尺示值误差

校准步骤如下：

- a) 可在测量范围内选择均匀分布的三点进行校准，当测量范围不大于 12.5 mm 时，可选择 4.1 mm、8.3 mm、12.5 mm；当测量范围不大于 20 mm，可选择 6.3 mm、12.6 mm、19.9 mm。也可根据此原则选择其他校准点；
- b) 将焊缝规尺框两工作面放置在平板上，稳定拉动尺身与平板接触，示值显示稳定后，置零；量块依次放置在尺身下方，待数值稳定后，从显示屏上读数。示值误差的校准应在螺钉紧固和松开两种状态下进行；
- c) 各校准点示值误差以该点读数值与量块尺寸之差来确定，见公式 (3)。

$$e = L - L_0 \quad (3)$$

式中：

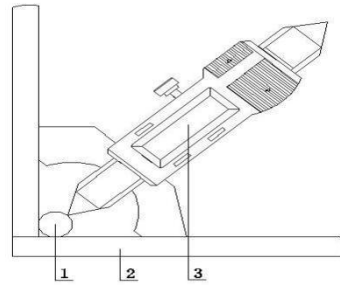
- $e$  ——高度尺示值误差，mm；  
 $L$  ——读数值，mm；  
 $L_0$  ——量块的长度，mm。

### 6.2.8 厚度尺示值误差

校准步骤如下：

a) 焊缝规尺框两工作面均匀、稳定的与直角尺内角工作面重合，轻轻推动尺身与直角尺内角交点接触，置零。

b) 在宽座直角尺内直角处依次放置三个直径不同的标准圆柱，稳定拉动尺身与标准圆柱母线接触，见图 2。厚度尺各点示值误差  $e$  按公式（4）进行计算。



1-标准圆柱；2-宽座直角尺；3-数显焊缝规

图 2 厚度尺示值误差校准

$$e = h - 1.21d \quad (4)$$

式中：

$e$ ——厚度尺示值误差，mm；

$h$ ——读数值，mm；

$d$ ——标准圆柱直径实测值，mm。

## 7 校准结果表达

校准过程中数据应真实客观的填写在原始记录表中，原始记录表格式见附录 B。校准结束后出具校准证书，推荐校准证书内页格式见附录 C。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出，并给出测量不确定度，不确定度评定示例见附录 D、附录 E。校准证书至少包含以下信息：

- 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- 实验室名称和地址；
- 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 送校单位的名称和地址；
- 被校对象的描述和明确标识；
- 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；
- 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；
- 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，以及签发日期；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

## 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、仪器本身质量等因素所决定，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，一般不超过 12 个月。

附录 A

标准圆柱的技术要求

A.1 推荐标准圆柱的结构示意图

推荐的标准圆柱的结构示意图见图 A.1。

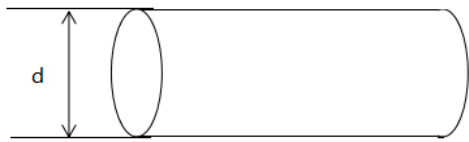


图 A.1 标准圆柱的结构示意图

A.2 推荐标准圆柱的技术要求

- A.2.1 材料:GCr15。
- A.2.2 标准圆柱表面不应有锈迹、划痕碰伤。
- A.2.3 推荐的标准圆柱的其他技术要求见表 A.1。

表 A.1 推荐的标准圆柱的其他技术要求

序号	直径 $d$	直径不确定度 ( $k=2$ )	圆柱度
1	5 mm	0.01 mm	$\leq 0.02$ mm
2	10 mm		
3	15 mm		

附录 B

数显焊缝规校准原始记录格式

第 页 共 页

委托单位		委托单位地址		证书编号	
计量器具名称		出厂编号		制造商	
型号/规格		依据文件		校准地点	
温度		相对湿度		校准时间	
标准器名称	测量范围	编号	准确度等级/ 最大允许误差/测量结果不确定度	证书编号	有效期

数显焊缝规校准结果

序号	校准项目	校准结果			
1	外观				
2	坡口角度示值误差/′	60°：	70°：	80°：	90°
3	数字漂移				
4	重复性/mm	高度尺			
		厚度尺			
5	尺身与高度尺基面的垂直度				
6	尺身与厚度尺基面等分线的偏差				
7	高度尺示值误差/mm	校准点/mm			
		示值误差			
		$U(k=2)$			
8	厚度尺示值误差/mm	校准点/mm			
		示值误差			
		$U(k=2)$			

校准员：

核验员：

## 附录 C

## 校准证书内页格式

## 1 外观:

## 2 校准项目及校准结果:

序号	校准项目	校准结果
1	坡口角度示值误差	60° :      70° :      80° :      90°
2	数字漂移	
3	重复性	
4	尺身与高度尺基面的垂直度	
5	尺身与厚度尺基面等分线的偏差	
6	高度尺示值误差	$U=$ mm ( $k=2$ )
7	厚度尺示值误差	$U=$ mm ( $k=2$ )

## 附录 D

## 高度尺示值误差测量不确定度评定示例

## D.1 测量方法

依据 6.2.7.1 对测量范围 20 mm, 分辨力 0.01 mm 的数显焊缝规高度尺 (简称高度尺) 示值误差进行校准, 选择校准点 19.9 mm 进行分析。

## D.2 数学模型

数学模型见公式 (D.1)。

$$e = L - L_0 \quad (\text{D.1})$$

式中:

$e$  ——示值误差, mm;

$L$  ——高度尺读数值, mm;

$L_0$  ——量块的长度, mm。

考虑到温度偏离 20℃ 时, 线膨胀系数差、温度差的影响, 公式 (D.1) 可简化为公式 (D.2)。

$$e = L_c - L_b + L_c a_c \Delta t_c - L_b a_b \Delta t_b \quad (\text{D.2})$$

式中:

$e$  ——示值误差, mm;

$L_c$  ——20℃ 时高度尺读数值, mm;

$L_b$  ——20℃ 时量块的长度, mm;

$a_c, a_b$  ——高度尺和量块的线膨胀系数;

$\Delta t_c, \Delta t_b$  ——高度尺和量块偏差 20℃ 的值, ℃。

## D.3 灵敏系数

由于  $\Delta t_c$ 、 $\Delta t_b$  基本上采用同一只温度计测量而具有相关性, 可采用下面方法将相关转为不相关。令  $\delta a = a_c - a_b$ ,  $\delta t = \Delta t_c - \Delta t_b$ , 取  $L \approx L_c \approx L_b$ ,  $a = a_c = a_b$ ,  $\Delta t = \Delta t_c = \Delta t_b$ , 代入公式 (D.2) 后, 得到公式 (D.3)。

$$e = L_c - L_b + L \cdot \Delta t \cdot \delta a + L \cdot a \cdot \delta t \quad (\text{D.3})$$

由公式  $u_c^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \times u^2(x_i)$  得:

$$u_c^2 = u^2(e) = c_1^2 u^2(L_c) + c_2^2 u^2(L_b) + c_3^2 u^2(\delta a) + c_4^2 u^2(\delta t) = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2$$

式中:



$$c_1 = \frac{\partial e}{\partial L_c} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial e}{\partial L_b} = -1; \quad c_3 = \frac{\partial e}{\partial \delta a} = L \times \Delta t; \quad c_4 = \frac{\partial e}{\partial \delta t} = L \times a$$

$u_1$ 、 $u_2$ 、 $u_3$ 、 $u_4$  分别代表  $L_c$ 、 $L_b$ 、 $\delta a$ 、 $\delta t$  引入的标准不确定度分量。

#### D.4 标准不确定度评定

##### D.4.1 输入量 $L_c$ 引入的标准不确定度 $u(L_c)$

###### D.4.1.1 分辨力引入的标准不确定度 $u(L_1)$

数显焊缝规分辨力为 0.01 mm，均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度为：

$$u(L_1) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ mm}$$

###### D.4.1.2 测量重复性引入的标准不确定度，用实验标准偏差 $s(x)$ 表示：

在量块尺寸为 19.9 mm 处，重复测量十次，偏差值如下：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
偏差/值 (mm)	+0.02	+0.02	+0.02	+0.02	+0.01	+0.02	+0.01	+0.02	+0.02	+0.02

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{(10-1)}} = 0.004 \text{ mm}$$

两者中取最大值，且  $c_1=1$ ，则输入量  $L_c$  引入的标准不确定度分量为：

$$u_1 = 0.004 \text{ mm}$$

##### D.4.2 量块长度偏差引入的标准不确定度 $u(L_b)$

根据 JJG 146-2011 可知，标称长度小于 10 mm 的 3 级量块中心长度偏差为  $\pm 1 \mu\text{m}$ ，且最多研合三块，中心长度偏差为  $\pm 3 \mu\text{m}$ 。按级使用时，量块符合两点分布，取  $k=1$ ，量块长度偏差引入的标准不确定度为：

$$u(L_b) = \frac{3}{1} = 3 \mu\text{m}$$

因  $c_2=-1$ ，故量块长度引入的标准不确定度分量为：

$$u_2 = 0.003 \text{ mm}$$

##### D.4.3 高度尺与量块的线膨胀系数差引入标准不确定度 $u(\delta a)$

高度尺与量块的线膨胀系数差区间半宽度为  $2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，服从三角分布， $k = \sqrt{6}$ ，

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

因  $c_3=L \cdot \Delta t$ ，假设校准时偏离标准温度  $\pm 5^\circ\text{C}$ ，则高度尺与量块的线膨胀系数差引入标准不确定度分量为：

$$u_3 = 0.82 \times 10^{-6} \times 19.9 \times 10^3 \times 5 = 0.000081 \text{ mm}$$

**D.4.4 高度尺与量块温度差引入标准不确定度 $u(\delta t)$** 

高度尺与量块温度差估计在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则高度尺与量块温度差引入标准不确定度为：

$$u(\delta t) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29^{\circ}\text{C}$$

因 $c_4 = L \alpha$ ，故高度尺与量块的温度差引入标准不确定度分量为：

$$u_4 = 19.9 \times 10^3 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.29 = 0.000066 \text{ mm}$$

**D.5 标准不确定度分量**

标准不确定分量一览表见表D.1。

表 D.1 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量	标准不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 $c_i$	$ c_i  u(L_i)$
$u_1$	测量重复性	0.004 mm	1	0.004 mm
$u_2$	量块长度偏差	0.003 mm	-1	0.003 mm
$u_3$	线膨胀系数差	$0.82 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t = 99.5 \text{ mm} \cdot ^{\circ}\text{C}$	0.000081 mm
$u_4$	温度差	$0.29^{\circ}\text{C}$	$L \alpha = 228 \text{ mm} \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$	0.000066 mm

**D.6 合成标准不确定度**

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = \sqrt{0.004^2 + 0.003^2 + 0.000081^2 + 0.000066^2} = 0.005 \text{ mm}$$

**D.7 扩展不确定度**

$$U = 2 \times 0.005 = 0.01 \text{ mm} \quad (k=2)$$

## 附录 E

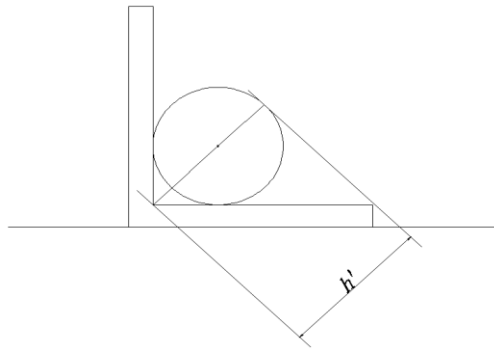
## 厚度尺示值误差测量不确定度评定示例

## E.1 测量方法

依据6.2.5对分辨力为0.01 mm、测量范围20 mm的数显焊缝规厚度尺示值误差进行校准。选择 $d=15$  mm的标准进行分析。

## E.2 测量模型

测量 $h'$  示意图见图E.1。数学模型见公式（E.1）。

图E.1 测量 $h'$ 示意图

$$e = h + \Delta h - h' \quad (\text{E.1})$$

式中：

$e$  ——厚度尺示值误差，mm；

$h$  ——读数值，mm；

$\Delta h$  ——尺身偏离中线引起的方向长度差，mm；

$h'$  ——直角尺顶点到标准圆柱母线距离，mm。

合成标准不确定度及灵敏系数为：

$$u_c^2(e) = c_1^2 u^2(h) + c_2^2 u^2(\Delta h) + c_3^2 u^2(h')$$

$$c_1 = c_2 = c_3 = 1$$

焊缝规和标准圆柱的线膨胀系数差、温度差对校准结果的影响非常小，可忽略不计。

## E.3 标准不确定度评定

E.3.1 焊缝规分辨力（重复性）的引入的标准不确定度 $u(h)$ E.3.1.1 分辨力引入的标准不确定度 $u(h_1)$ 

数显焊缝规分辨力为0.01 mm，均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度为：

$$u(h_1) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.003 \text{ mm}$$

E.3.1.2 测量重复性引入的标准不确定度，用实验标准偏差 $s(x)$ 表示。

在标准圆柱 $d=15 \text{ mm}$ 处，重复测量十次，偏差值如下：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
偏差值/mm	+0.04	+0.03	+0.04	+0.04	+0.03	+0.03	+0.03	+0.03	+0.03	+0.04

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.005 \text{ mm}$$

由于重复性分量包含分辨力引入的不确定度，为避免重复计算，取两者中最大值做为 $u(h)$ 的值，即焊缝规分辨力（重复性）的引入的标准不确定度为：

$$u(h) = 0.005 \text{ mm}$$

E.3.2 尺身与厚度尺基面等分线的偏差引入的标准不确定度 $u(\Delta h)$

当尺身与厚度尺基面等分线的偏差为 $\pm 1^\circ$ 时，在 $h$ 方向的长度变化量近似为： $\Delta h = \pm [\frac{d}{2\sin 45^\circ} (1 - \cos 1^\circ)] = \pm 0.01 \text{ mm}$ ，均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则尺身与厚度尺基面等分线的偏差引入的标准不确定度为：

$$u(\Delta h) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ mm}$$

E.3.3 标准量 $h$ 的标准不确定度 $u(h)$

E.3.3.1 标准圆柱引入标准不确定度 $u(d)$ ：

E.3.3.1.1 标准圆柱直径测量不确定度引入的标准不确定度 $u(d_1)$

标准圆柱直径测量不确定度 $U=0.01 \text{ mm}$  ( $k=2$ )，则标准圆柱直径测量不确定度引入的标准不确定度为：

$$u(d_1) = \frac{0.01}{2} = 0.005 \text{ mm}$$

E.3.3.1.2 标准圆柱圆柱度引入的标准不确定度 $u(d_2)$ ：

标准圆柱圆柱度不大于 $0.02 \text{ mm}$ ，均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则标准圆柱圆柱度引入的标准不确定度为：

$$u(d_2) = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.01 \text{ mm}$$

标准圆柱引入标准不确定度为：

$$u(d) = \sqrt{u^2(d_1) + u^2(d_2)} = \sqrt{0.005^2 + 0.01^2} = 0.012 \text{ mm}$$

E.3.3.2 宽座直角尺垂直度引入标准不确定度 $u(k)$

根据JJG 7-2004可知，100 mm的1级宽座直角尺垂直度为 $0.006 \text{ mm}$ ，换算到对角线

上为0.008 mm, 均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$ , 故:

$$u(k) = \frac{0.008}{\sqrt{3}} = 0.005 \text{ mm}$$

$$u(h') = \sqrt{u(d)^2 + u(k)^2} = \sqrt{0.012^2 + 0.005^2} = 0.013 \text{ mm}$$

E.3.4 标准不确定度分量一览表见表E.1。

表E.1 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量	标准不确定度来源	标准不确定度值 mm	灵敏系数 $c_i$	$ c_i  u(l_i)$
$u(h)$	测量重复性	0.005	1	0.005
$u(\Delta h)$	尺身与厚度尺基面等分线的偏差	0.01	1	0.006
$u(h')$	标准圆柱直径不确定度	0.005	1	0.013
	标准圆柱圆柱度	0.01		
	宽座直角尺垂直度	0.005		

#### E.4 合成标准不确定度

$$u_c(e) = \sqrt{u(h)^2 + u(\Delta h)^2 + u(h')^2} = \sqrt{0.005^2 + 0.006^2 + 0.013^2} = 0.016 \text{ mm}$$

#### E.5 扩展不确定度

$$U = k u_c = 2 \times 0.016 = 0.03 \text{ mm}$$

中华人民共和国工业和信息化部  
兵工民品计量技术规范  
**数显焊缝规校准规范**

JJF（兵工民品）0030—2023

版权所有 不得翻印