

# 湖北省地方计量技术规范

JJF(鄂)XXXX—XXXX

---

## 钢管探伤对比试样 人工缺陷尺寸校准规范

Calibration Specification of Artificial Defects Size  
on the Reference Tube of Steel Flaw Detection

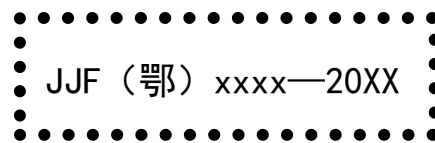
202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

---

湖北省市场监督管理局 发布

# 钢管探伤对比试样 人工缺陷尺寸校准规范



Calibration Specification of Artificial Defects Size  
on the Reference Tube of Steel Flaw Detection

---

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：黄石市计量检定测试所

参加起草单位：湖北省计量测试技术研究院  
济宁市质量计量检验检测研究院  
黄石市市场监督管理局  
大冶特殊钢有限公司

本规范委托湖北省黄石市计量检定测试所负责解释

**本规范主要起草人：**

朱菊兰（黄石市计量检定测试所）

曾巧巧（黄石市计量检定测试所）

张浩然（济宁市质量计量检验检测研究院）

常涓舟（湖北省计量测试技术研究院）

**本规范参加起草人：**

郭 澄（黄石市市场监督管理局）

邹 渊（大冶特殊钢有限公司）

杜道京（大冶特殊钢有限公司）

# 目 录

引 言 .....	(V)
1 范围 .....	(1)
2 引用文件 .....	(1)
3 术语和计量单位 .....	(1)
4 概述 .....	(1)
5 计量特性 .....	(4)
6 校准条件 .....	(4)
7 校准项目和校准方法 .....	(5)
8 校准结果表达 .....	(8)
9 复校时间间隔 .....	(8)
附录 A 常见标准 .....	(9)
附录 B 对比试样人工缺陷复型制作 .....	(10)
附录 C 原始记录参考格式 .....	(11)
附录 D 报告参考格式 .....	(12)
附录 E 槽长度测量不确定度评定示例 .....	(13)

## 引 言

本规范以 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》为基础性系列规范进行制定。

本规范主要参照 GB/T 5777—2019《无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和或横向缺欠的全圆周自动超声检测》、YB/T 145—2013《钢管探伤对比试样人工缺陷尺寸测量方法》、GB/T 38980—2020《铝管探伤对比试样人工缺陷尺寸测量方法》、JJF 1487—2014《超声波探伤试块校准规范》等国家标准、行业标准、国家计量校准规范等相关内容编制而成。

本规范为首次发布。

# 钢管探伤对比试样人工缺陷尺寸校准规范

## 1 范围

本规范规定了用于超声检测、涡流检测和漏磁检测等钢管探伤用对比试样人工缺陷的校准方法。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1487—2014 《超声波探伤试块校准规范》

GB/T 5777—2019 《无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测》

GB/T 38980—2020 《铝管探伤对比试样人工缺陷尺寸测量方法》

YB/T 145—2013 《钢管探伤对比试样人工缺陷尺寸测量方法》

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 术语和计量单位

GB/T 5777—2019 和 GB/T 38980—2020 界定的术语和定义适用于本文件。

### 3.1 对比试样 reference sample

包含对比标准缺陷的试样(如管段、板或带)。

[GB/T 5777—2019, 术语和定义 3.3]

### 3.2 对比试样人工缺陷 artificial defect in reference sample

用于评定和校验无损检测设备的人工缺陷。

### 3.3 复型法 measurement method for reproducing shape

一种间接的测量方法,通过将可塑性材料充满在人工缺陷内,经过凝固成型后取出,直观、形象、逼真地再现人工缺陷的立体形貌,取点、线、断面采用相应精度的量具对人工缺陷长度、宽度、深度测量,获得人工缺陷的尺寸数据。

[GB/T 38980—2020, 原理 3.1]

## 4 概述

钢管探伤对比试样用于超声检测、涡流检测和漏磁检测探伤设备的调试、综合性能测试和使用过程中的定期定时校验。

对比试样人工缺陷包括槽形缺陷对比试样和孔形缺陷对比试样。如人工槽、人工通孔、平底孔、横孔、半球底孔等。槽形对比试样主要包括人工槽,从位置角度分为内、外表面刻槽,从方向角度分为纵向刻槽、横向刻槽和夹角刻槽。孔形缺陷对比试样包括

人工通孔、平底孔、横孔、半球底孔等。槽的形状及长度、宽度、深度如图 1 所示，孔的直径及深度如图 2 至图 5 所示。

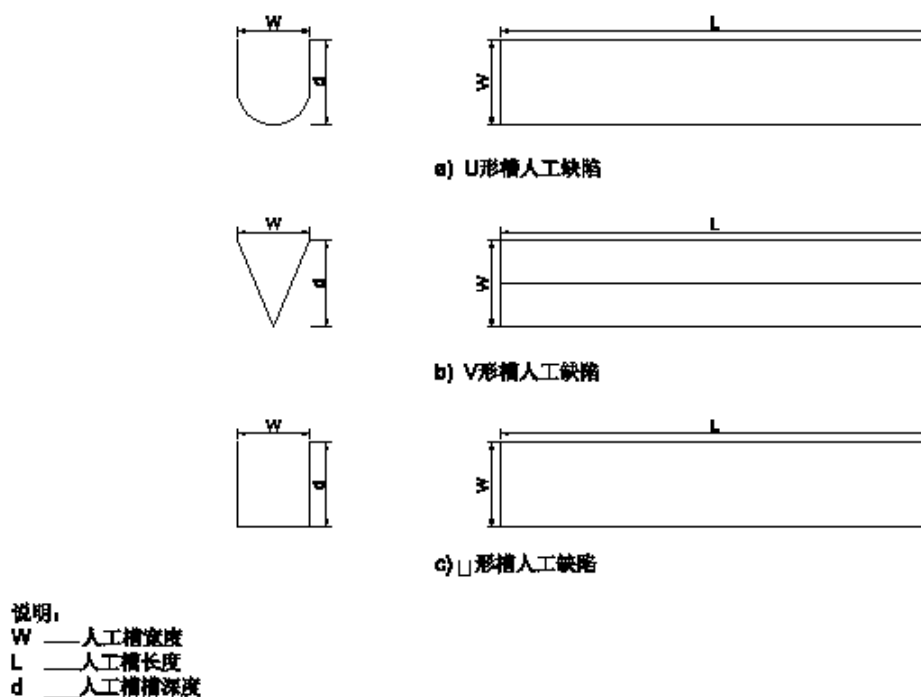


图 1 槽形缺陷对比试样形状及尺寸

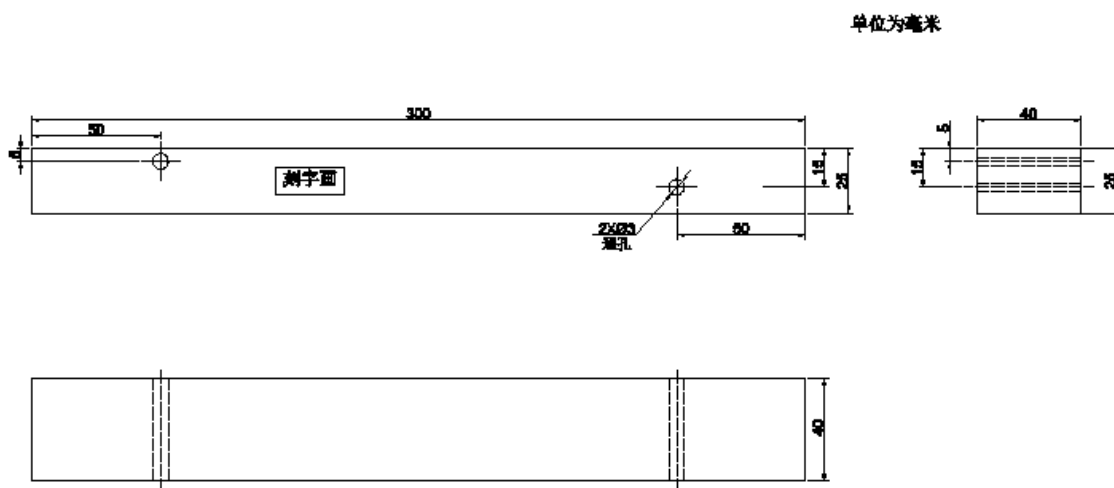


图 2 板或带的通孔形状





## 5 计量特性

### 5.1 槽长度

### 5.2 槽宽度

### 5.3 槽深度

### 5.4 孔直径

### 5.5 孔深度

### 5.6 粗糙度

对比试样人工缺陷的计量特性可由使用方与制造商根据用途和相关标准协商同意。

常见标准见附录 A。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(20±5)℃。

6.1.2 环境湿度：不大于 65%RH。

6.1.3 其它条件：校准现场周围应无强烈振动及腐蚀性气体存在，无磁场等影响校准的因素，应避免其他冷、热源影响。实际工作中，环境条件还应满足校准标准正常工作的要求。

### 6.2 校准设备

表 1 测量标准及其他设备

序号	校准方法	校准项目	测量标准名称及其计量特性
1	几何法	槽形缺陷 对比试样	槽长度 $L$
2			槽宽度 $W$
3			槽深度 $d$
4		孔形缺陷 对比试样	孔直径 $\varphi$
5			孔深度 $h$
6			
8	复型法	槽形、孔 形缺陷对 比试样	槽长度 $L$
9			槽宽度 $W$
10			槽深度 $d$
11			孔直径 $\varphi$
12			孔深度 $h$

14	激光法	槽形、孔形缺陷对比试样	槽长度 $L$	3D 线激光测量仪 重复性: 0.02%FS 、 MPE: $\pm 0.05\%$ FS
15			槽宽度 $W$	
16			槽深度 $d$	
17			孔直径 $\varphi$	
18			孔深度 $h$	
20	其他	粗糙度	表面粗糙度比较样块 MPE: -17%~+12% 粗糙度测量仪 MPE: $\pm 7\%$	

注：推荐使用表 1 所列校准用的校准标准和设备，也可使用满足准确度要求的其他校准标准和设备进行校准。

## 7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目包括槽形缺陷对比试样的长度、宽度、深度，孔形缺陷对比试样的孔直径、孔深度。

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 校准前准备工作

校准前，现场使用的电子测量标准装置至少预热 5 分钟或满足使用说明书相应要求，保证设备处于正常工作状态。对于用有机玻璃等材料封口的槽、孔形缺陷（经委托方同意）可以去掉封口，使用酒精或丙酮对对比试样人工缺陷进行清洗，保持表面清洁，无锈蚀、金属屑、毛刺、污染物等。使用粗糙度测量仪或表面粗糙度比较样块测量表面粗糙度，以保证对比试样人工缺陷满足校准需求的表面粗糙度。

#### 7.2.2 几何法

用几何法进行校准时，选用测量仪器的最大允许误差应不超过被测尺寸公差的 1/3，要求被校对比试样人工缺陷在仪器测量范围内，测量时要避让被测几何体的边缘倒角。

##### 7.2.2.1 槽形缺陷对比试样

使用数显卡尺测量槽长度  $L$ 。在槽形缺陷的长度边界上确定测量点，使用数显卡尺刀口内量爪测量槽形缺陷两端测量点间的尺寸，取重复测量 3 次的平均值作为槽长度  $L$  的测量结果。纵向槽长度  $L$  按公式（1）计算。

$$L = \bar{l} \quad (1)$$

式中：

$L$ ——槽长度，mm；

$\bar{l}$  ——槽长度边界测量平均值，mm。

注：1. 当槽形缺陷对比试样为管形横向刻槽时，在槽形缺陷的长度边界上确定测量点，使用数显卡尺内量爪测量槽形缺陷两端测量点间的尺寸，取重复测量 3 次的平均

值作为槽弦长 $L_l$ 的测量结果，使用数显卡尺测量对比试样的直径 $D$ ，取重复测量3次的平均值作为管形对比试样直径 $D$ 的测量结果，横向槽长度 $L_t$ 按公式（2）计算。

$$L_t = D \times \sin^{-1} \frac{L_l}{D} \quad (2)$$

式中：

$L_t$ ——横向槽长度，mm；

$L_l$ ——槽弦长，mm；

$D$ ——管形对比试样的直径，mm。

2.当槽形缺陷对比试样为管形夹角刻槽时，参照管形横向刻槽，利用几何关系计算槽长度 $L$ 。

使用读数显微镜测量槽宽度 $W$ 。沿槽形缺陷的长度方向均匀分成4段，取中间3点作为测量点，将读数显微镜十字线竖线与整数点对齐，调整读数显微镜位置，使像面距离保证宽度边界上的测量点清晰可见，将读数显微镜十字线竖线与刻线宽度的左端边界对齐，记录起始值 $w_0$ ，转动测微鼓轮使十字线竖线与右端边界对齐，记录此时刻线处的读数值 $w_i$ ，重复测量3次取平均值，3点的最大值作为槽宽度 $W$ 的测量结果。槽宽度 $W$ 按公式（3）计算。

$$W = \max\left(\frac{\sum_{i=1}^{n=3}(w_i - w_0)}{3}\right) \quad (3)$$

式中：

$W$ ——槽宽度，mm；

$w_0$ ——槽宽度边界第一个位置，mm；

$w_i$ ——槽宽度边界第二个位置，mm。

使用带专用测针及专用表座的数显千分表测量槽深度 $d$ 。沿槽形缺陷的长度方向均匀分成4段，取中间3点作为测量点，将数显千分表对齐槽形缺陷的长度边界处，记录起始值 $d_0$ ，移动数显千分表至测量点，记录槽深度值 $d_i$ ，重复测量3次取平均值，3点的最大值作为槽深度 $d$ 的测量结果。槽深度 $d$ 按公式（4）计算。

$$d = \max\left(\frac{\sum_{i=1}^{n=3}(d_i - d_0)}{3}\right) \quad (4)$$

式中：

$d$ ——槽深度，mm；

$d_0$ ——槽深度边界第一个位置，mm；

$d_i$ ——槽深度边界第二个位置，mm。

#### 7.2.2.2 孔形缺陷对比试样

使用针规和内测千分尺测量孔直径 $\varphi$ 。对于 2 mm 以下的孔直径 $\varphi$ 使用间隔为 0.01mm 的针规试塞测量。当针规刚好塞入孔中，且与相邻 0.01 mm 的针规不可塞入孔中时，则此孔的直径为该针规直径。对于 2 mm 以上的孔直径 $\varphi$ 使用内测千分尺测量。在孔形缺陷的边界间隔 120°均匀分布 3 个位置作为测量点，校对好内测千分尺的初始值，直接用内测千分尺测量孔直径，读数即为孔直径，取 3 点的最大值作为孔直径 $\varphi$ 的测量结果。孔直径 $\varphi$ 按公式（5）计算。

$$\varphi = \max(\varphi_i) \quad (5)$$

式中：

$\varphi$ ——孔直径，mm；

$\varphi_i$ ——孔直径边界，mm。

使用带专用测针及专用表座的数显千分表测量孔深度 $h$ 。在孔形缺陷的边界间隔 120°均匀分布 3 个位置作为测量点，将数显千分表对齐孔形缺陷的边界处，记录起始值 $h_0$ ，移动数显千分表至测量点，记录孔深度值 $h_i$ ，取 3 点的最大值作为孔深度 $h$ 的测量结果。孔深度 $h$ 按公式（6）计算。

$$h = \max(h_i - h_0) \quad (6)$$

式中：

$h$ ——孔深度，mm；

$h_0$ ——孔深度边界第一个位置，mm；

$h_i$ ——孔深度边界第二个位置，mm。

### 7.2.3 复型法

按照附录 B 复制对比试样人工缺陷的型体，使用万能工具显微镜或影像测量仪测量对比试样人工缺陷的几何尺寸。测量时，按照万能工具显微镜或影像测量仪程序操作，对槽形缺陷对比试样的长度、宽度、深度或孔形缺陷对比试样的孔直径、孔深度测量，槽形缺陷对比试样校准项目参照 7.2.2.1 计算，孔形缺陷对比试样校准项目参照 7.2.2.2 计算。

### 7.2.4 激光法

使用激光测微仪测量对比试样人工缺陷的几何尺寸。测量时，根据对比试样的位置合理的安装激光测微仪，按照激光测微仪程序操作，对对比试样人工缺陷进行扫描捕捉，获取高分辨率 3D 数据，对槽形缺陷对比试样的长度、宽度、深度或孔形缺陷对比试样的孔直径、孔深度测量，槽形缺陷对比试样测试项目参照 7.2.2.1 计算，孔形缺陷对比试样测试项目参照 7.2.2.2 计算。

## 8 校准结果表达

经校准的对比试样人工缺陷出具校准报告，校准报告至少应包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书的唯一性标识(如编号)，页码及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校准对象的描述和明确标识；
- g) 校准日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校准对象的接受日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校准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) 本次校准所用的校准标准的溯源性及有关有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其校准不确定度的说明；
- 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) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

注：原始记录参考格式见附录 C，校准证书参考格式见附录 D。

## 9 复校时间间隔

由于复校时间间隔由对比试样的使用情况、使用者、本身质量等诸多因素决定，因此，送校单位可根据实际情况自主决定复校时间间隔，建议对比试样的复校时间间隔为 1 年。

## 附录 A

## 常见标准

表 A.1 常见标准与范围对照表

标准编号	标准名称	范围
GB/T 12606—2016	无缝和焊接（埋弧焊除外）铁磁性钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动漏磁检测	外径大于或等于 10 mm 的钢管，适用于使用全圆周自动漏磁检测的空心型材。
GB/T 5777—2019	无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测	外径不小于 6 mm 且外径与壁厚之比不小于 5 的钢管，适用于使用全圆周自动超声横波检测。
GB/T 7735—2016	无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管缺欠的自动涡流检测	外径大于等于 4mm 的钢管，适用于自动涡流检测的钢管和空心部件。
JJF 1487—2014	超声波探伤试块校准规范	超声波探伤试块和其他无损检测试块。
JB/T 8428—2015	无损检测 超声试块通用规范	适用于标准试块和参考试块，也可用于试块的型式评价和出厂检验。

注：使用本表时注意标准更新情况。

## 附录 B

### 对比试样人工缺陷复型制作

#### B.1 复型制作程序

对比试样人工缺陷清洗、烘干→配置复型材料→填料→固化→取样检测测量。

#### B.2 复型操作步骤

按探伤标准要求准备好待测样管。按制造商提供的使用说明书配置覆型模制品材料，取一定量不同型号的有机硅凝胶，按一定比例配成混合液，搅拌均匀。放置一定时间，待液体内部气泡去净后再进行填料。使用适当大小的注射器和针头将混合料注入人工缺陷内，首先堵塞反射体的底部，然后逐渐往上移动，应确保孔在填充过程中不会残留空气或泡沫，最后插入一根细的金属丝、大头针、缝衣针或其他合适的物体作为刚性型芯，以便取出复型样品。试块放置应使覆型材料不致从人工缺陷反射体内流出，让其自然固化，不得用加热方法使其固化。一般复型样品在温度 15℃环境中固化 24h 后即可取出。取样时应轻、缓、慢，注意不要损坏复型样品。（孔径小于 0.6mm 或孔深大于 50mm 时，不宜采用复型测量）

#### B.3 复型要求及注意事项

复型所在环境最好在室温条件下进行。复型凝固时间的长短除与环境温度有关外，还与溶质、溶剂的配比有关，如浓度稍稀则凝固时间稍长，可在正式复型前通过试验确定。溶质中加入溶剂后应迅速搅拌，不论浓度配比如何，应使其达到流动性较好，并迅速注入人工缺陷内，否则易凝固影响复型效果。内壁槽复型一定要紧固专用工具并少量使用橡皮泥封堵以免混物流出工具以外。复型用溶剂为有机高分子材料，对人体毒性较小，轻微刺激眼、鼻和咽喉，如进入眼中应立即用水冲洗。操作中应注意通风，尽量不使溶剂接触皮肤。溶剂易挥发属易燃物品，应用玻璃瓶盛装，避免受热，要远离火源，溶质一般用塑料袋储存于阴凉、干燥、通风的房间内，避免受潮。





## 附录 D

### 报告参考格式

表 D.1 报告内页格式

一、校准前检查		外观						
		表面粗糙度						
二、槽形缺陷尺寸（单位：mm）								
序号	位置	槽长度		槽宽度		槽深度		备注
		平均值	扩展不确定度 $U(k=2)$	最大值	扩展不确定度 $U(k=2)$	最大值	扩展不确定度 $U(k=2)$	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
三、孔形缺陷尺寸（单位：mm）								
序号	位置	孔直径		孔深度		备注		
		最大值	扩展不确定度 $U(k=2)$	最大值	扩展不确定度 $U(k=2)$			

以下空白

## 附录 E

### 槽长度测量不确定度评定示例

#### E.1 概述

E.1.1 校准依据：JJF(鄂) xx—2024 《钢管探伤对比试样人工缺陷尺寸校准规范》

E.1.2 环境条件：温度：(20±5)℃；湿度：≤65%RH。

E.1.3 测量标准：数显卡尺 测量范围：(0~150)mm，MPE：±0.03mm。

E.1.4 测量对象：钢管探伤对比试样人工槽长度。

E.1.5 测量方法：以分辨力为 0.01 mm 的数显卡尺测量 25 mm 的纵向人工槽长度为  
例。用数显卡尺内量爪在平行于人工槽轴线上选择均匀的三个位置测量 3 次，取 3 次测  
量值的平均值作为该位置的测量结果。

#### E.2 测量模型

$$L = l \quad (\text{E.1})$$

式中：

$L$ ——槽长度，mm；

$l$ ——槽长度边界测量平均值，mm。

#### E.3 灵敏系数与方差

##### E.3.1 灵敏系数

$$c(l) = \frac{\partial L}{\partial l} = 1 \quad (\text{E.2})$$

##### E.3.2 合成标准不确定度计算公式

$$u_c(L) = \sqrt{c(l)^2 u^2(l)} \quad (\text{E.3})$$

#### E.4 测量不确定度的来源

$u(l)$ 引入的标准不确定度，可以包括测量重复性或者数显卡尺分辨力引入的不确定度分量，数显卡尺最大允许误差引入的不确定度分量，数显卡尺与人工槽线膨胀系数差和温度差引入的不确定度分量。

##### E.4.1 测量重复性引入的的标准不确定度分量 $u_1(l)$

对 25mm 的人工槽某位置连续 10 次重复测量, 得到测量结果: 25.01、24.99、25.08、25.12、25.02、25.06、24.98、25.08、25.07、25.08, 单位 (mm)。用贝塞尔公式求得单次测量实验标准差  $s=0.046\text{mm}$ , 实际测量以 3 次测量平均值为测量结果, 则:

$$u_{11}(l) = \frac{46}{\sqrt{3}} \mu\text{m} = 26.6\mu\text{m}$$

数显卡尺分辨力为 0.01 mm, 按均匀分布, 由分辨力引入的不确定度

$$u_{12}(l) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} \text{mm} = 2.9\mu\text{m}$$

由于  $u_{12}(l) < u_{11}(l)$ , 为了避免分辨力引入的不确定度的重复计算 (二者取较大者), 所以只考虑由重复性引入的不确定度即可, 即  $u_1(l) = u_{11}(l) = 26.6\mu\text{m}$

#### E.4.2 数显卡尺最大允许误差引入的不确定度分量 $u_2(l)$

量程为 150mm 的数显卡尺 MPE:  $\pm 0.03 \text{ mm}$ , 假设均匀分布, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ ,

$$\text{则: } u_2(l) = \frac{30}{\sqrt{3}} \mu\text{m} = 17.3\mu\text{m}$$

#### E.4.3 对比试样与数显卡尺线膨胀系数差引入的不确定度分量 $u_3(l)$

当温度偏离 20 °C 时, 考虑对比试样与数显卡尺线膨胀系数差的影响。对比试样和数显卡尺均为钢制, 线膨胀系数均为  $\alpha = (11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , 二者最大差值为  $\alpha = 2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , 测量环境温度:  $(20 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$ , 则测量 25mm 人工槽时由线膨胀系数差引入的不确定度分量

$$u_3(l) = \frac{25 \times 1000 \times 2 \times 10^{-6} \times 5}{\sqrt{3}} \mu\text{m} = 0.14 \mu\text{m}$$

#### E.4.4 对比试样与数显卡尺温度差引入的不确定度分量 $u_4(l)$

测量前让两者充分等温, 温度差较小, 假设为 0.5 °C, 估计温度在  $\pm 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$  范围内服从均匀分布, 则测量 25mm 人工槽时由两者温度差引入的不确定度分量

$$u_4(l) = \frac{25 \times 1000 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.5}{\sqrt{3}} \mu\text{m} = 0.083\mu\text{m}$$

E.5 合成标准不确定度  $u_c$ 

表 2 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度的值 $\mu\text{m}$	灵敏度系数	$ c_i u_i / \mu\text{m}$
$u_1(l)$	测量重复性	26.6	1	26.6
	数显卡尺分辨力	2.9	1	
$u_2(l)$	数显卡尺最大允许误差	17.3	1	17.3
$u_3(l)$	线膨胀系数差	0.29	1	0.14
$u_4(l)$	温度差	0.083	1	0.083

假设以上各不确定度分量互不相关，因此合成标准不确定度为：

$$u(L) = \sqrt{c(L)^2 u^2(l)} = \sqrt{u_1^2(l) + u_2^2(l) + u_3^2(l) + u_4^2(l)} = 31.7 \mu\text{m} \quad (\text{E.4})$$

E.6 扩展不确定度  $U$ 

取包含因子  $k=2$ ，则用数显卡尺测量人工槽长度示值误差的扩展不确定度：

$$U = k u_c = 2 \times 31.7 \mu\text{m} = 0.063 \text{ mm} \quad (\text{E.5})$$

故扩展不确定度表示为： $U = 0.063 \text{ mm}$ ， $k=2$ 。