



天津市地方计量技术规范

JJF(津)77-2022

超声测厚标准件校准规范

Calibration Specification for Standard Parts of Ultrasonic Thickness

Instruments

2022-08-25 发布

2022-11-25 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

超声测厚标准件校准规范

Calibration Specification for Standard Parts
of Ultrasonic Thickness Instruments

JJF(津) 77-2022

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范主要起草人：

陈 洁（天津市计量监督检测科学研究院）

马艺清（天津市计量监督检测科学研究院）

李凌梅（天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

郑中民（天津市计量监督检测科学研究院）

李 青（天津市计量监督检测科学研究院）

路瑞军（天津市计量监督检测科学研究院）



目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 超声测厚标准件	(1)
3.2 标准厚度块	(1)
3.3 标准圆管	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 标准厚度块	(2)
5.2 标准圆管	(2)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 校准项目和校准用计量器具	(3)
7 校准方法	(4)
7.1 标准厚度块	(4)
7.2 标准圆管	(5)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 标准厚度块的厚度测量不确定度评定示例	(7)
附录 B 标准圆管的壁厚测量不确定度评定示例	(11)
附录 C 校准证书内页信息及格式	(14)

引 言

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》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本规范为首次制订。

超声测厚标准件校准规范

1 范围

本规范适用于超声波测厚仪校准用标准件的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1126 超声波测厚仪校准规范

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

3.1 超声测厚标准件 standard parts for ultrasonic thickness instruments

用于校准超声波测厚仪使用的标准厚度块和标准圆管的统称。

3.2 标准厚度块 standard thickness block

使用规定材料制成的，用于提供标准厚度的样块。

3.3 标准圆管 standard pipe

使用规定材料制成的，用于提供标准曲面厚度的圆管。

4 概述

超声测厚标准件（以下简称标准件）是用来校准超声波测厚仪的标准试件，包括标准厚度块和标准圆管。标准件采用规定材料按照相关尺寸要求制成，标准厚度块截面为圆形或方形。标准件外形结构见图 1、图 2 所示。

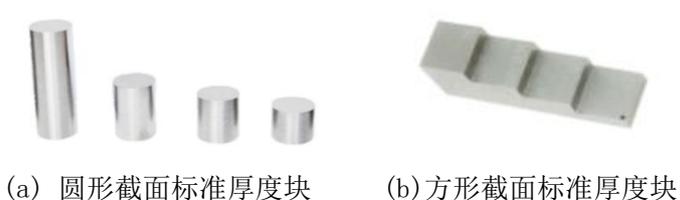


图 1 标准厚度块



图 2 标准圆管

5 计量特性

5.1 标准厚度块

5.1.1 标准厚度块的厚度

标准厚度块的标称值及允许偏差见表 1。

标称值 H	0.5*	1.0*	1.2*	1.5*	2.0*	3.3
允许偏差 δ_H	± 0.01					
标称值 H	5.5	7.7	10	15	20	
允许偏差 δ_H	± 0.01				± 0.02	
标称值 H	25	50	75	100	150	200
允许偏差 δ_H	± 0.02			± 0.05		
*为校准各种仪器测量下限的专用尺寸。						

注：表中 H 为推荐值。

5.1.2 标准厚度块两端面的平行度

两端面的平行度不大于 0.005mm，如图 3 所示。

5.1.3 标准厚度块两端面的表面粗糙度

两端面的表面粗糙度 R_a 值不大于 0.40 μm ，如图 3 所示。

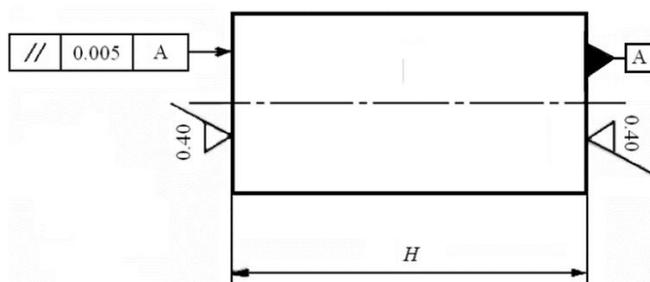


图 3 标准厚度块几何形状及尺寸要求

5.2 标准圆管

5.2.1 标准圆管的外径

标准圆管的外径与标称直径的偏差不超过 0.05mm。

5.2.2 标准圆管的壁厚

标准圆管的壁厚标称值及允许偏差见表 2。

表 2 标准圆管壁厚标称值及允许偏差

单位: mm

标称值 T	2	3
允许偏差 δ_T	± 0.02	± 0.02

5.2.3 标准圆管壁厚的均匀性

5.2.4 标准圆管的表面粗糙度

标准圆管圆柱面的表面粗糙度 R_a 值不大于 $0.40\mu\text{m}$, 如图 4 所示。

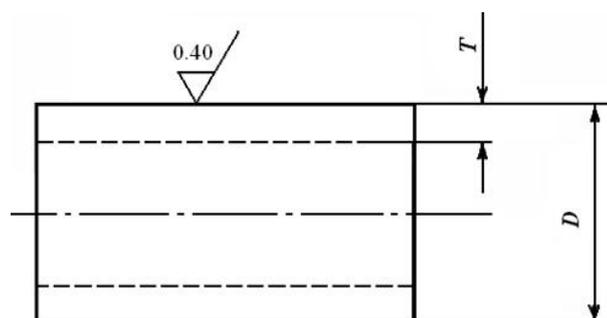


图 4 标准圆管几何形状及尺寸要求

注: 校准工作不做判断合格与否, 上述计量特性要求仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度应为 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$, 相对湿度应小于 65%RH。校准前, 超声测厚标准件与测量标准及其他设备等温时间不得少于 2h。

6.2 校准项目和校准用计量器具

校准项目和推荐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标准器进行校准。

表 3 校准项目和校准用计量器具

序号	校准项目	标准器名称及技术要求
1	标准厚度块的厚度	数显测高仪 $MPE:\pm(2\mu\text{m}+10^{-5}L/3)$
2	标准厚度块两端面的平行度	平板: 局部平面度 $\leq 5\mu\text{m}$
3	标准圆管的外径	千分尺 $MPE:\pm 4\mu\text{m}$

4	标准圆管的壁厚	壁厚千分尺 MPE:±4μm
5	标准圆管壁厚的均匀性	
6	标准圆管的表面粗糙度	表面粗糙度比较样块 MPE:+12%~-17% 粗糙度测量仪 MPE:±10%
7	标准厚度块两端面的表面粗糙度	

7 校准方法

校准前，先检查外观。超声测厚标准件测量面不应有锈蚀、毛刺、碰伤等影响质量的外观缺陷。使用中的标准件允许有不影响使用及计量性能的外观缺陷。在确认没有影响计量特性的因素后再进行校准。

7.1 标准厚度块

7.1.1 标准厚度块的厚度

用数显测高仪在平板上用直接法进行测量。先使数显测高仪与平板接触对零，再将被测的标准厚度块放在平板上，在规定的测量区域内均匀分布 5 个点（见图 5）测量，取中心点三次测量平均值作为标准厚度块厚度的实测值，该值与标称值之差即为标准厚度块的厚度偏差。

标准厚度块厚度的偏差值 δ_H 的表达式为：

$$\delta_H = H_x - H_0 \quad (1)$$

式中：

δ_H ——标准厚度块厚度的偏差值，mm；

H_x ——标准厚度块厚度的实测值，mm；

H_0 ——标准厚度块厚度的标称值，mm。

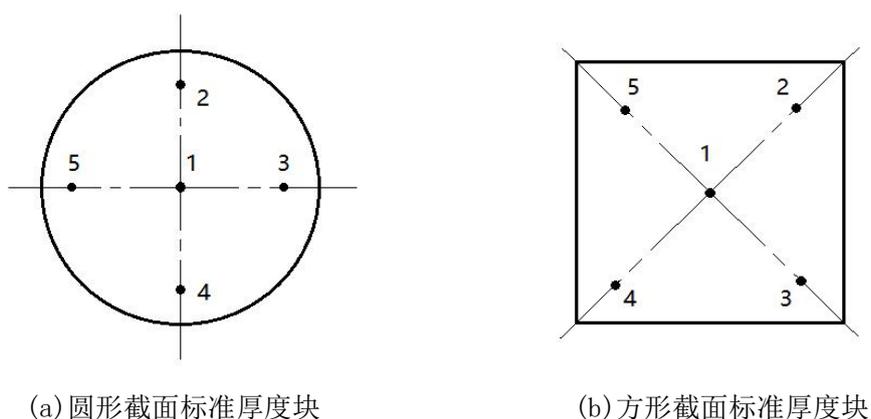


图5 标准厚度块测量点位置示意图

7.1.2 标准厚度块两端面的平行度

上述 7.1.1 中测量各点示值中最大值与最小值之差即为标准厚度块两端面的平行度。

7.1.3 标准厚度块两端面的表面粗糙度

用表面粗糙度比较样块比较测量，有争议时用表面粗糙度测量仪测量。

7.2 标准圆管

7.2.1 标准圆管的外径

用千分尺在标准圆管外侧均匀分布的不少于两个位置上进行测量直径，测得值的平均值作为标准圆管外径的实测值，该值与标称值之差即为标准圆管的直径偏差。

标准圆管外径的偏差值 δ_D 的表达式为：

$$\delta_D = D_x - D_0 \quad (2)$$

式中：

δ_D ——标准圆管外径的偏差值，mm；

D_x ——标准圆管外径的实测值，mm；

D_0 ——标准圆管外径的标称值，mm。

7.2.2 标准圆管的壁厚

用壁厚千分尺在标准圆管上均匀分布的不少于两个截面，每个截面上互相垂直的四个位置，共八个位置上进行测量壁厚，给出所有测得值的平均值作为标准圆管壁厚实测值，该值与标称值之差即为标准圆管的壁厚偏差。

标准圆管壁厚的偏差值 δ_T 的表达式为:

$$\delta_T = T_x - T_0 \quad (3)$$

式中:

δ_T ——标准圆管壁厚的偏差值, mm;

T_x ——标准圆管壁厚的实测值, mm;

T_0 ——标准圆管壁厚的标称值, mm。

7.2.3 标准圆管壁厚的均匀性

上述 7.2.2 中测量各点中最大值与最小值之差即为标准圆管壁厚的均匀性。

7.2.4 标准圆管的表面粗糙度

用表面粗糙度比较样块比较测量, 有争议时用表面粗糙度测量仪测量。

8 校准结果表达

经校准的超声测厚标准件出具校准证书, 校准证书内容及内页格式见附录 C。

9 复校时间间隔

建议超声测厚标准件复校时间间隔为一年。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。

附录 A

标准厚度块的厚度偏差测量不确定度评定示例

A.1 测量方法

使用数显测高仪，在平板上用直接法测量。先使数显测高仪与平板接触对零，再将被测的标准厚度块放在平板上，取中心点三次测量平均值作为标准厚度块厚度的实测值，该值与标称值之差即为标准厚度块的厚度偏差。

下面以测量范围(0~200)mm，最大允许误差 $MPE:\pm(2\mu\text{m}+10^{-5}L/3)$ 的数显测高仪作为标准器，对尺寸为 200mm 的标准厚度块厚度偏差进行校准为例，进行不确定度分析。

A.2 测量模型

$$\delta_H = H_x - H_0 \quad (\text{A.1})$$

式中： δ_H ——标准厚度块厚度的偏差值，mm；

H_x ——标准厚度块厚度的实测值，mm；

H_0 ——标准厚度块厚度的标称值，mm。

A.3 合成不确定度及灵敏系数

$$u_c^2(\delta_H) = c_1^2 u^2(H_x) + c_2^2 u^2(H_0) \quad (\text{A.2})$$

其中：

$$c_1 = \frac{\partial(\delta_H)}{\partial(H_x)} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial(\delta_H)}{\partial(H_0)} = 0$$

则

$$u_c^2(\delta_H) = u^2(H_x) \quad (\text{A.3})$$

A.4 标准不确定度一览表

表 A.1 标准不确定度一览表

分量名称	来源	分布	数值 (μm)
u_1	测量重复性	正态分布	0.21

u_2	仪器的最大允许误差	均匀分布	1.54
u_3	温度差	均匀分布	0.27
u_4	线膨胀系数差	三角分布	0.82
u_5	测量装置	均匀分布	0.14

A.5 标准不确定度评定

A.5.1 由测量重复性引入的长度测量标准不确定度 u_1

在重复性条件下使用数显测高仪对标准厚度块中心长度进行 10 次测量, 测量结果如下:

表 A.2 重复性测量数据

第 i 次测量	厚度值 (mm)
1	200.0130
2	200.0135
3	200.0135
4	200.0130
5	200.0130
6	200.0130
7	200.0125
8	200.0125
9	200.0135
10	200.0130
平均值	200.0130
实验标准差	0.00037

$$\text{其单次实验标准差 } s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}$$

式中: x_i ——第 i 次测量值;

\bar{x} ——n 次测量的平均值;

n ——重复测量的次数。

测量三次取平均值, 故由重复性引入的不确定度分量为:

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.21 \mu\text{m}$$

分辨力为 $0.5\mu\text{m}$ 的数显测高仪读数时的量化误差以等概率出现在半宽 $a=0.25\mu\text{m}$ 的区间内, 则由分辨力引入的标准不确定度 u_1' 为:

$$u_1' = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.14 \mu\text{m}$$

分辨力引入的不确定度分量小于测量重复性引入的不确定度分量, 因此以测量重复性引入的不确定度分量作为分析结果。

A. 5.2 测量仪器引入的标准不确定度 u_2

数显测高仪最大允许误差 $\text{MPE}:\pm(2\mu\text{m}+10^{-5}L/3)$, 为均匀分布, 包含因子 $k_2 = \sqrt{3}$, 取 $L=200\text{mm}$, 所以其不确定度分量为

$$u_2 = \frac{2+10^{-5}L/3}{\sqrt{3}} = 1.54 \mu\text{m}$$

A. 5.3 由温度差引入的长度测量标准不确定度 u_3

恒温后标准厚度块与数显测高仪温度差 $\Delta t = 0.2^\circ\text{C}$, 标准厚度块线膨胀系数为 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6}L^\circ\text{C}^{-1}$, 服从均匀分布, $k_3 = \sqrt{3}$, 取 $L=200\text{mm}$, 则

$$u_3 = \frac{\partial \times L \times \Delta t}{k_3} = \frac{11.5 \times 10^{-6} \times L \times 0.2}{\sqrt{3}} = 0.27 \mu\text{m}$$

A. 5.4 由线性热胀系数差引入的长度测量标准不确定度 u_4

标准厚度块与数显测高仪的线膨胀系数差最大为 $2 \times 10^{-6}L^\circ\text{C}^{-1}$, 测量时被测厚度块温度对标准温度 20°C 的偏差不得超过 5°C , 服从三角分布, $k_4 = \sqrt{6}$, 取 $L=200\text{mm}$, 则

$$u_4 = \frac{\Delta\alpha \times L \times t}{k_4} = \frac{2 \times 10^{-6} \times L \times 5}{\sqrt{6}} = 0.82 \mu\text{m}$$

A. 5.5 由数显测高仪测量装置引入的长度测量标准不确定度 u_5

数显测高仪测量轴线与工作平台垂直度以及工作平台的平面度会对测量结果产生影响, 一般不超过 $0.5\mu\text{m}$, 区间半宽 $a=0.25\mu\text{m}$, 均匀分布, $k_5 = \sqrt{3}$, 则

$$u_5 = \frac{a}{k_5} = \frac{0.25}{\sqrt{3}} = 0.14 \mu\text{m}$$

A. 6 合成标准不确定度及扩展不确定度

A. 6.1 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = \sqrt{0.21^2 + 1.54^2 + 0.27^2 + 0.82^2 + 0.14^2} = 1.8 \mu\text{m}$$

A. 6.2 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则测量结果的扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 2 \times 1.8 \mu\text{m} = 3.6 \mu\text{m} \approx 4 \mu\text{m}$$

附录 B

标准圆管的壁厚偏差测量不确定度评定示例

B.1 测量方法

用壁厚千分尺测量标准圆管的壁厚。

下面以测量范围(0~25)mm, 最大允许误差 MPE:±4μm 的壁厚千分尺为标准器, 对外径为Φ40mm 的标准圆管壁厚进行校准为例, 进行不确定度分析。

B.2 测量模型

$$\delta_T = T_x - T_0 \quad (\text{B.1})$$

式中:

δ_T ——标准圆管壁厚的偏差值, mm;

T_x ——标准圆管壁厚的实测值, mm;

T_0 ——标准圆管壁厚的标称值, mm。

B.3 合成不确定度及灵敏系数

$$u_c^2(\delta_T) = c_1^2 u^2(T_x) + c_2^2 u^2(T_0) \quad (\text{B.2})$$

其中:

$$c_1 = \frac{\partial(\delta_T)}{\partial(T_x)} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial(\delta_T)}{\partial(T_0)} = 0$$

则

$$u_c^2(\delta_T) = u^2(T_x) \quad (\text{B.3})$$

B.4 标准不确定度一览表

表 B.1 标准不确定度一览表

分量名称	来源	分布	数值 (μm)
u_1	测量重复性	正态分布	0.74
u_2	仪器的最大允许误差	均匀分布	2.31

u_3	温度差	均匀分布	0.004
u_4	线膨胀系数差	三角分布	0.012

B.5 标准不确定度评定

B.5.1 由测量重复性引入的长度测量标准不确定度 u_1

在重复性条件下使用壁厚千分尺对标准圆管同一位置壁厚进行 10 次测量, 测量结果如下:

表 B.2 重复性测量数据

第 i 次测量	壁厚值 (mm)
1	3.014
2	3.015
3	3.015
4	3.016
5	3.015
6	3.015
7	3.014
8	3.015
9	3.014
10	3.016
平均值	3.015
实验标准差	0.00074

$$\text{其单次实验标准差 } s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}$$

式中: x_i ——第 i 次测量值;

\bar{x} ——n 次测量的平均值;

n ——重复测量的次数。

故由重复性引入的不确定度分量为:

$$u_1 = s = 0.74 \mu\text{m}$$

B.5.2 测量仪器引入的标准不确定度 u_2

壁厚千分尺最大允许误差 $\text{MPE}:\pm 4\mu\text{m}$, 按均匀分布考虑 $k_2 = \sqrt{3}$, 故壁厚千分尺引入

的不确定度分量 u_2 为:

$$u_2 = \frac{4}{\sqrt{3}} = 2.31 \mu\text{m}$$

B. 5. 3 由温度差引入的长度测量标准不确定度 u_3

恒温后标准圆管与壁厚千分尺温度差 $\Delta t = 0.2^\circ\text{C}$ ，标准圆管线膨胀系数为 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{L}^\circ\text{C}^{-1}$ ，取 $L=3\text{mm}$ ，服从均匀分布， $k_3 = \sqrt{3}$ ，则

$$u_3 = \frac{0.2 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.003}{\sqrt{3}} = 0.004 \mu\text{m}$$

B. 5. 4 由线性热胀系数差引入的长度测量标准不确定度 u_4

标准圆管与壁厚千分尺的线膨胀系数差最大为 $2 \times 10^{-6} \text{L}^\circ\text{C}^{-1}$ ，取 $L=3\text{mm}$ ，测量时被测圆管温度对标准温度 20°C 的偏差不超过 5°C ，服从三角分布， $k_4 = \sqrt{6}$ ，则

$$u_4 = \frac{5 \times 2 \times 10^{-6} \times 0.003}{\sqrt{6}} = 0.012 \mu\text{m}$$

B. 6 合成标准不确定度及扩展不确定度

B. 6. 1 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = \sqrt{0.74^2 + 2.31^2 + 0.004^2 + 0.012^2} = 2.43 \mu\text{m}$$

B. 6. 2 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则测量结果的扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 4.8 \mu\text{m} \approx 5 \mu\text{m}$$

附录 C

校准证书内页信息及格式

- C. 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；
 - d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
 - e) 客户的名称和地址；
 - f) 被校对象的描述和明确标识；
 - g) 进行校准日期，如果与校准结果的有效性应用相关时，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相关时，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) 对校准规范偏离的说明；
 - n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
 - o) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
 - p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的说明。
- C. 2 推荐的校准证书内页格式见表 C. 1

表 C. 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	标准厚度块的厚度	
2	标准厚度块两端面的平行度	
3	标准厚度块两端面的表面粗糙度	
4	标准圆管的外径	
5	标准圆管的壁厚	
6	标准圆管壁厚的均匀性	
7	标准圆管的表面粗糙度	

