



陕西省地方计量技术规范

JJF (陕) XX—XXXX

标准厚度块校准规范

Calibration Specification for Standard Thickness
(报批稿)

2019-XX-XX 发布

2019-XX-XX 实施

陕西省市场监督管理局 发布

标准厚度块校准规范

Calibration Specification for Standard
Thickness

JJF (陕) XX-XXXX

归口单位：陕西省市场监督管理局

起草单位：陕西省计量科学研究院

本规范由陕西省市场监督管理局负责解释

本规范主要起草人：

何晓延（陕西省计量科学研究院）

毛 斌（陕西省计量科学研究院）

何灵芝（陕西省计量科学研究院）

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 外观.....	1
4.2 厚度块厚度最大允许误差和厚度变动量.....	1
4.3 厚度块稳定度.....	1
5 校准条件.....	2
6 校准项目和校准方法.....	2
6.1 外观.....	2
6.2 厚度块示值误差和厚度块变动量.....	2
6.3 厚度块稳定度.....	3
7 校准结果表达.....	3
8 复校时间间隔.....	3
附录 A 校准证书内容及内页格式.....	4
附录 B 标准厚度块生产加工规范与技术要求.....	5
附录 C 标准厚度块示值误差测量结果不确定度评定示例.....	6

引 言

JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范编写工作的基础性系列规范。

标准厚度块校准规范

1 范围

本校准规范适用于标称厚度从 0.5mm 到 200mm 标准厚度块的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG146-2011 量块

JJF1001-2011 通用计量术语及定义

JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF1126-2004 超声波测厚仪校准规范

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 概述

标准厚度块是一种端面厚度标准，是对测厚仪示值误差进行校准的专用标准计量器具。

4 计量特性

4.1 外观

新制造厚度块的测量面和侧面，不应有划痕、碰伤、锈蚀；使用中和修理后的厚度块的测量面和侧面上，允许有不妨碍正常使用的上述缺陷。

4.2 厚度块厚度最大允许误差和厚度变动量

厚度块厚度最大允许误差和厚度变动量应不超过表 1 规定。

表 1 厚度块最大允许误差和变动量

标称厚度 H/mm	最大允许误差/ μm	厚度变动量/ μm
$0.5 \leq H \leq 10$	± 10.0	5.0
$10 < H \leq 75$	± 20.0	
$75 < H \leq 200$	± 50.0	

4.3 厚度块稳定度

厚度块在不受异常温度、冲击、磁场、湿度的环境下，厚度的最大允许年变化量应不超过 $\pm 1.0 \mu\text{m}$ 。

注：校准工作无合格与否的结论，上述计量特性要求仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 实验室温控范围 $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度应小于 60%RH。

5.1.2 校准前被校仪器及所用标准器在校准室内温度平衡的时间不少于 30min。

5.2 测量标准及其他设备

测量设备名称及技术指标见表 2。

表 2 设备名称及技术指标

设备名称	技术指标
量块	5 等及以上
光学计	$\pm 0.25 \mu\text{m}$
测长机	$\pm 0.25 \mu\text{m}$

6 校准项目和校准方法

6.1 外观

厚度块的外观用目力观察，测量面上不应有划痕、碰伤、锈蚀。

6.2 厚度块示值误差和厚度块变动量

6.2.1 厚度块示值误差

6.2.1.1 对于厚度标称尺寸小于等于 100mm 的厚度块，使用立式光学计和 5 等量块，采用比较方法测量。

将 5 等量块与对应尺寸厚度块放置于光学计工作台上，测量时，光学计测头对准量块中心点位置，将光学计对零，然后将厚度块中心点移至光学计测头下方并读数，量块中心长度与读数值之和即为厚度块实测值，标称值与厚度块实测值之差即为该厚度块示值误差。

6.2.1.2 对于厚度标称尺寸大于 100mm 的厚度块，使用测长机和 5 等量块，参照 6.2.1.1 采用比较法测量。

6.2.2 厚度变动量

在厚度块工作面边缘均匀取四点，分别用光学计（或测长机）测得四点厚度及中心点厚度，测得的最大值与最小值之差为厚度变动量。

6.3 厚度块稳定度

厚度块厚度的稳定度用厚度年变化量 h 表示。

$$h = (h_2 - h_1) / y$$

式中： h_2 、 h_1 分别为厚度块考察期测得的最大、最小厚度；

y 为以年为单位的考察期限（注： y 选取 5）。

允许使用准确度满足要求的其它测量方法校准。

7 校准结果表达

经校准后的仪器出具校准证书。校准证书内容及内页格式见附录 A。

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、仪器本身质量等诸多因素所决定，因此，送检单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

校准证书内容及内页格式

- A. 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) 证书编号、页码、总页数；
 - d) 送检单位名称；
 - e) 被校准仪器名称；
 - f) 被校准仪器的制造厂、规格型号、编号；
 - g) 校准所使用的计量标准器具名称及有效期；
 - h) 本规范的名称、编号；
 - i) 校准时环境温度、湿度情况；
 - j) 校准项目的校准结果；
 - k) 厚度校准结果的测量不确定度；
 - l) 校准人签名、核验人签名、批准人签名；
 - m) 校准证书签发日期；
 - n) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书。
- A. 2 推荐校准证书内页格式见表 A. 1

表 A. 1 校准证书内页格式

证书编号：

标称长度 (mm)	厚度块示值 误差(μm)	标称长度 (mm)	厚度块示值 误差(μm)	标称长度 (mm)	厚度块示值 误差(μm)

附录 B

标准厚度块生产加工规范与技术要求

标准厚度块生产加工规范与技术要求见图 1。

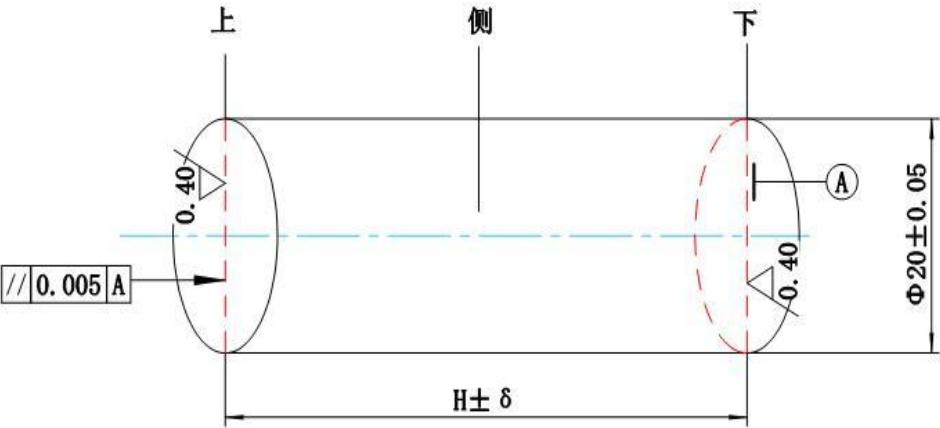


图 1 标准厚度块生产加工规范

附录 C

标准厚度块示值误差测量结果不确定度评定示例

C.1 测量方法

采用比较法测量，用立式光学计、测长机、5 等量块测量标准厚度块厚度。

C.2 测量模型

C.2.1 厚度公式

$$H = H_n + \Delta H_c - H_n \alpha_n \Delta t - H_n \Delta \alpha (t - 20) - P_n(\Delta G_n) + P(\Delta G) \quad (1)$$

式中： H 、 H_n 分别为被测厚度块、标准量块在 20℃ 时的中心长度；

ΔH_c 为厚度块重复性偏差；

Δt 为被测厚度块与标准量块的温度差， $\Delta t = t_n - t$ ；

$\Delta \alpha$ 为被测厚度块与标准量块线膨胀系数差；

$P_n(\Delta G_n)$ 为测点偏离标准量块中心产生的误差；

$P(\Delta G)$ 为测点偏离厚度块中心产生的误差。

C.2.2 合成标准不确定度表达式

根据数学模型，其中各分量互不相关，则有：

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial H}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (2)$$

C.2.3 灵敏系数

对式 (1) 中各影响量求偏导数，可得对应于各影响量的灵敏系数

$$c_1 = \left| \frac{\partial H}{\partial H_n} \right| = 1 - \alpha_n \Delta t - \Delta \alpha (t - 20) \approx 1$$

$$c_2 = \left| \frac{\partial H}{\partial \Delta H_c} \right| \approx 1$$

$$c_3 = \left| \frac{\partial H}{\partial \Delta t} \right| = H_n \alpha_n$$

$$c_4 = \left| \frac{\partial H}{\partial \Delta \alpha} \right| = H_n |t - 20|$$

$$c_5 = \left| \frac{\partial H}{\partial t} \right| = H_n \Delta \alpha$$

$$c_6 = \left| \frac{\partial H}{\partial (\Delta G_n)} \right| = \frac{\Delta H_n}{3.7}$$

$$c_7 = \left| \frac{\partial H}{\partial (\Delta G)} \right| = \frac{\Delta H}{3.7}$$

式中： ΔH_n ， ΔH 为标准量块，厚度块长度变动量。

被测厚度块厚度值的合成标准不确定度为：

$$u_c^2(H) = c_1^2 u^2(H_n) + c_2^2 u^2(\Delta H_c) + c_3^2 u^2(\Delta H_y) + c_4^2 u^2(\Delta \alpha) + c_5^2 u^2(t) + c_6^2 u^2(\Delta P_n) + c_7^2 u^2(\Delta P) \quad (3)$$

C.3 各影响量的标准不确定度（以 10mm 厚度块为例）

C.3.1 标准量块的不确定度分量

由 JJG146-2011《量块》知

当厚度为 10mm 时：

$$u_1 = c_1 u(H_n) = \frac{U}{k} = \frac{0.5 \mu\text{m} + 5 \times 10^{-6} H_n}{2} = 0.275 \mu\text{m}$$

当厚度为 200mm 时：

$$u_1 = c_1 u(H_n) = \frac{U}{k} = \frac{0.5 \mu\text{m} + 5 \times 10^{-6} H_n}{2} = 0.750 \mu\text{m}$$

C.3.2 测量重复性引起的不确定度分量

将 10mm 厚度块置于光学计工作台上，用测头进行 20 次连续独立重复性测量，数值为：

表 C1 10mm 厚度块重复性测量数值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数/格	0.0	+0.3	+0.2	0.0	-0.2	+0.1	+0.2	+0.3	+0.2	+0.1
次数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
读数/格	0.0	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	+0.2	+0.2	+0.1	-0.1	+0.1

则单次测量实验标准差 $s=0.16$ （格）。每个读数取 3 次平均值，则标准不确定度 $u(\Delta H_c) = 0.16 \times \sqrt{2}/\sqrt{3} = 0.13$ 格。

$$u_2 = c_2 u(\Delta H_c) = 0.13 \text{格} \times 1 \mu\text{m} / \text{格} = 0.13 \mu\text{m}$$

将 200mm 厚度块置于测长机工作台上，用测头进行 20 次连续独立重复性测量，数值为：

表 C2 200mm 厚度块重复性测量数值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数/格	0.0	+0.2	+0.3	+0.2	-0.1	+0.1	+0.3	+0.4	+0.2	+0.3
次数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
读数/格	0.0	-0.1	0.0	-0.3	-0.1	+0.1	+0.3	+0.4	-0.2	+0.1

则单次测量实验标准差 $s=0.21$ (格)。每个读数取 3 次平均值, 则标准不确定度 $u(\Delta H_c) = 0.21 \times \sqrt{2}/\sqrt{3} = 0.17$ 格。

$$\text{则 } u_2 = c_2 u(\Delta H_c) = 0.17 \text{ 格} \times 1 \mu\text{m} / \text{格} = 0.17 \mu\text{m}$$

C.3.3 厚度块与标准量块的温度差

检定厚度块温度最大差 Δt 以在 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 范围内估计。假定其在该范围内等概率分布, 可得其标准不确定 $u(\Delta t) = 0.1^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.0577^\circ\text{C}$ 。

当厚度为 10mm 时:

$$u_3 = c_3 u(\Delta t) = H_n \alpha_n u(\Delta t) = H_n \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.0577 = 0.007 \mu\text{m}$$

当厚度为 200mm 时:

$$u_3 = c_3 u(\Delta t) = H_n \alpha_n u(\Delta t) = H_n \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.0577 = 0.140 \mu\text{m}$$

C.3.4 量块与厚度块线膨胀系数差引入的标准不确定度分量

鉴于厚度块与量块线膨胀系数值略有差异, 假定标准量块和被测厚度块的线膨胀系数均在 $\pm 1 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ 范围内等概率分布, 则量块与厚度块的线膨胀系数差 $\Delta\alpha$ 应在 $\pm 2 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ 范围内, 并服从三角分布, 厚度块温度对 20°C 偏差不超过 5°C 。

$$u(\Delta\alpha) = \frac{\Delta\alpha}{\sqrt{6}}$$

当厚度为 10mm 时:

$$u_4 = c_4 u(\Delta\alpha) = H_n \left| t - 20 \right| \frac{\Delta\alpha}{\sqrt{6}} = 5 \times H_n \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{6}} = 0.041 \mu\text{m}$$

当厚度为 200mm 时:

$$u_4 = c_4 u(\Delta\alpha) = H_n \left| t - 20 \right| \frac{\Delta\alpha}{\sqrt{6}} = 5 \times H_n \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{6}} = 0.816 \mu\text{m}$$

C.3.5 厚度块偏离 20°C 引入的标准不确定度分量

厚度块在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内服从均匀分布。由于线膨胀系数差 $\Delta\alpha$ 在在 $\pm 2 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ 范围服从三角分布。 $\Delta\alpha$ 的绝对值取其最大值的一半估算, 即等于 $1 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ 。

$$u(t) = \frac{|t - 20|}{\sqrt{3}}$$

当厚度为 10mm 时:

$$u_5 = c_5 u(t) = H_n \Delta \alpha u(t) = 1 \times 10^{-6} H_n \frac{|t - 20|}{\sqrt{3}} = 0.029 \mu\text{m}$$

当厚度为 200mm 时:

$$u_5 = c_5 u(t) = H_n \Delta \alpha u(t) = 1 \times 10^{-6} H_n \frac{|t - 20|}{\sqrt{3}} = 0.580 \mu\text{m}$$

C.3.6 测点偏离量块中心引入的标准不确定度分量

ΔH_n 可由 JJG146-2011《量块》查表得知, 在中心区域 1mm 范围内服从三角分布。

$$\text{则 } u(\Delta G_n) = \frac{1}{\sqrt{6}}$$

当厚度为 10mm 时, $\Delta H_n = 0.5 \mu\text{m}$:

$$u_6 = c_6 u(\Delta G_n) = \frac{\Delta H_n}{3.7} \cdot \frac{1}{\sqrt{6}} = 0.055 \mu\text{m}$$

当厚度为 200mm 时, $\Delta H_n = 0.7 \mu\text{m}$:

$$u_6 = c_6 u(\Delta G_n) = \frac{\Delta H_n}{3.7} \cdot \frac{1}{\sqrt{6}} = 0.077 \mu\text{m}$$

C.3.7 测点偏离厚度块中心引入的标准不确定分量

与 C.3.6 同理得

当厚度为 10mm 时, $\Delta H = 5 \mu\text{m}$:

$$u_7 = c_7 u(\Delta G) = 0.552 \mu\text{m}$$

当厚度为 200mm 时, $\Delta H = 5 \mu\text{m}$:

$$u_7 = c_7 u(\Delta G) = 0.552 \mu\text{m}$$

C.4 不确定度一览表

表 C.1 标准不确定度一览表

不确定度来源	输入量标准不确定度			C_i	$ c_i \times u(x_i)$ (μm)	
	符号	数值			10mm	200mm
		10mm	200mm			
标准量块 u_1	$u(H_n)$	0.275	0.750	1	0.275	0.750
测量重复性 u_2	(ΔH_c)	0.13	0.17	1	0.13	0.17
厚度块与量块的温度差 u_3	$u(\Delta t)$	0.0577		$H_n \alpha_n$	0.007	0.140
量块与厚度块线膨胀系数差 u_4	$u(\Delta \alpha)$	0.82×10^{-6}		$H_n t - 20 $	0.041	0.816
厚度块偏离 20℃ u_5	$u(t)$	2.89		$H_n \Delta \alpha$	0.029	0.580
测点偏离量块中心 u_6	$u(\Delta G_n)$	0.408		$\frac{\Delta H_n}{3.7}$	0.055	0.077
测点偏离厚度块中心 u_7	$u(\Delta G)$	0.408		$\frac{\Delta H}{3.7}$	0.552	0.552

C.5 合成标准测量不确定度

按式 (3) 计算合成不确定为:

厚度为 10mm 时:

$$u_c(H) = \sqrt{\sum_{i=1}^7 u_i^2} = 0.635 \mu\text{m}$$

厚度为 200mm 时:

$$u_c(H) = \sqrt{\sum_{i=1}^7 u_i^2} = 1.387 \mu\text{m}$$

C.6 扩展测量不确定度

取 $k=2$, 则 当厚度为 10mm 时:

$$U = R \cdot u_c = 2 \times 0.635 = 1.3 \mu\text{m}$$

当厚度为 200mm 时:

$$U = R \cdot u_c = 2 \times 1.387 = 2.8 \mu\text{m}$$