



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） 0031—2023

30° 楔形防松螺纹塞规校准规范

Calibration Specification for 30 Degree Wedge Locking Thread Plug 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

30° 楔形防松螺纹塞规
校准规范

Calibration Specification for 30 Degree
Wedge Locking Thread Plug Gauge

JJF (兵工民品) 0031—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责任公司

参与起草单位：太原理工大学

山西北方兴安化工有限责任公司

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：

魏垣伟（山西北方机械制造有限责任公司）

张俊芳（山西北方机械制造有限责任公司）

裴卫栋（山西北方机械制造有限责任公司）

参加起草人：

康晓丽（山西北方机械制造有限责任公司）

包 鹏（山西北方机械制造有限责任公司）

张艳珍（山西北方机械制造有限责任公司）

侯 凯（太原理工大学）

李 毅（山西北方兴安化工有限责任公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和定义	(1)
3.1 平顶大径	(1)
3.2 斜面小径	(1)
3.3 斜面倾角	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 测量标准及其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果表达	(9)
9 复校时间间隔	(9)
附录 A 原始记录格式	(10)
附录 B 校准证书内页格式	(11)
附录 C 30° 楔形防松螺纹塞规斜面小径测量不确定度评定示例	(12)
附录 D 小直径 30° 楔形防松螺纹中径测量不确定度评定示例	(15)
附录 E 30° 楔形防松螺纹塞规中径测量不确定度评定示例	(18)

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。

30° 楔形防松螺纹塞规校准规范

1 范围

本规范适用于 30° 楔形防松螺纹塞规（简称防松塞规）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 56-2000 工具显微镜检定规程

JJF 1189-2008 测长仪校准规范

JJF 1345-2012 圆柱螺纹量规校准规范

GB/T 14791-2013 螺纹 术语

GB/T 37462-2019 30° 楔形防松螺纹

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 术语和定义

GB/T 14791-2013 界定的术语和定义（中径、牙侧角、螺距、螺距累积极限偏差）和下列术语和定义适用于本规范。

3.1

平顶大径 flat top major diameter

与塞规削平牙顶相切形成的圆柱直径。用 d_p 、 d_{sp} 表示。

3.2

斜面小径 inclined path

通过 30° 楔形斜面与螺纹原牙侧的交点所形成的圆柱直径。用 d_{sp} 表示。

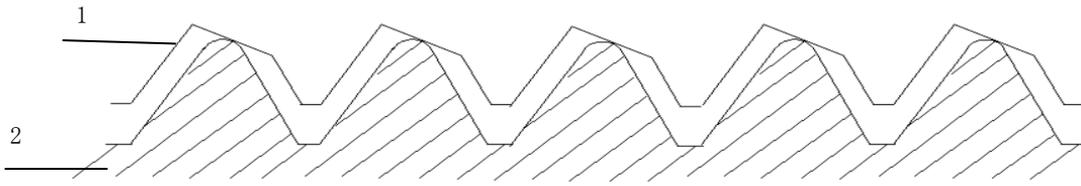
3.3

斜面倾角 inclination of inclined plane

螺纹塞规牙侧上切削形成的楔形斜面与平行螺纹轴线平面间的夹角。

4 概述

30° 楔形防松螺纹是一种内螺纹，其牙底处有一个 30° 的楔形斜面，在与外螺纹进行配合时，外螺纹的牙尖顶在内螺纹的楔形斜面上，大大增加了摩擦力，且齿尖处易变形，使载荷均匀的分布在接触的螺旋线全长上从而延长了使用寿命。30° 楔形防松螺纹配合图见图 1。



1-防松内螺纹；2-外螺纹

图1 30°楔形防松螺纹配合图

30°楔形防松内螺纹常用塞规进行检验。塞规具有与防松螺纹相同的牙型，分为通端塞规和止端塞规。其中，通端塞规用于检验内螺纹的最小斜面大径和最小牙槽宽度；止端塞规检验内螺纹的最大斜面大径。防松塞规的牙型见图2、图3、图4。

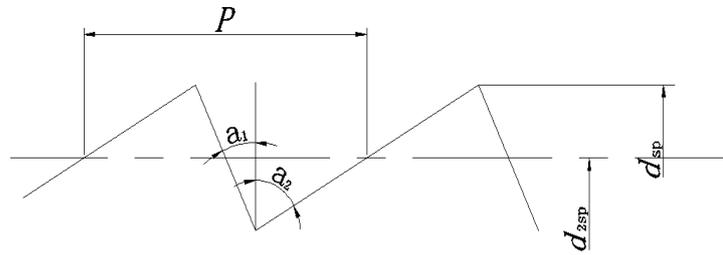


图2 小直径楔形防松螺纹塞规牙型

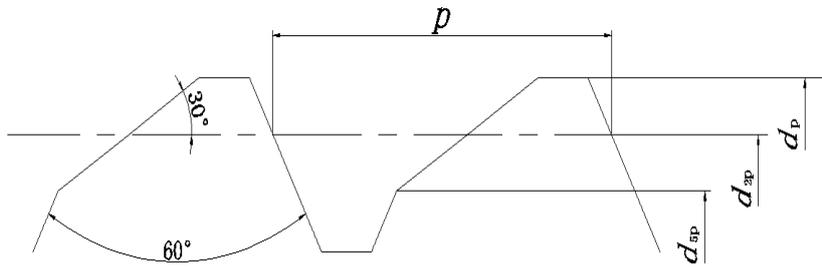


图3 楔形防松螺纹塞规通端牙型

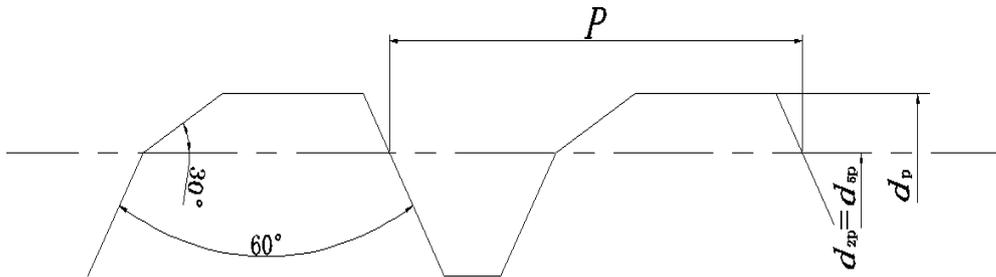


图4 楔形防松螺纹塞规止端牙型

5 计量特性

计量特性及符号见表1。

表 1 计量特性及符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
平顶大径	d_p, d_{sp}	斜面倾角	——	牙侧角	a_1, a_2
斜面小径	d_{5p}	螺距	P	——	——
中径	d_{2p}, d_{2sp}	累积螺距极限偏差	ΔP_Σ	——	——

注：塞规公差及极限偏差见 GB/T 37462-2019 中附录 A、附录 C。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(20±4)℃。

6.1.2 相对湿度：不大于 80%。

6.2 测量标准及其它设备

测量标准及其他设备，应经过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。测量标准及其他设备按 JJF 1345-2012 中 6.2 的要求见表 2。

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	万能工具显微镜	MPE:±(1+L/100) μm
2	测长仪	MPE:±(1+5×10 ⁻⁶ L) μm
3	三针	直径偏差: ±0.5μm

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

防松塞规校准项目见表 3。

表 3 30° 楔形防松螺纹塞规校准项目

序号	校准项目	序号	校准项目
1	平顶大径	4	斜面倾角
2	斜面小径	5	螺距、累积螺距极限偏差
3	牙侧角	6	中径

7.2 校准方法

7.2.1 外观

目视检查，外观应满足以下要求：

- a) 防松塞规不应有锈迹、毛刺、黑斑、划伤等明显影响外观和使用质量的缺陷；
- b) 测头与手柄联结应牢固可靠，在使用过程中不应松动、脱落；

- c) 非工作面上应有螺纹代号、制造商商标;
- d) 对于公称直径大于 4 mm 的防松塞规, 应标有精度等级。

7.2.2 平顶大径

校准步骤如下:

a) 在测长仪上进行校准。通端塞规的大径至少要在垂直于轴线的两个截面上, 且成 90° 两个直径方向共四个位置进行校准。止端塞规的大径至少要在垂直于轴线的的一个截面上两个互相垂直的方向上共两个位置进行校准;

b) 在测长仪安装两平面测帽, 调整尾管螺钉, 分别找出垂直、水平方向的转折点, 初始读数 l_0 ;

c) 螺纹塞规夹紧固定在两测头间, 并调整位置至直径处, 读数 l_1 , 按公式 (1) 计算塞规大径 d_p (d_{sp})。

$$d_p(d_{sp}) = l_1 - l_0 \quad (1)$$

式中:

d_p (d_{sp}) —— 塞规大径值, mm;

l_0 —— 测长仪初始读数, mm;

l_1 —— 调整位置后测长仪读数值, mm。

注: 测出规定位置的所有平顶大径, 均应在公差范围内, 取所得值的平均值作为测量结果。

7.2.3 斜面小径

校准步骤如下:

a) 在万能工具显微镜上影像法进行校准, 校准位置同 7.2.2;

b) 调焦杆调整物距后, 安装好防松塞规;

c) 显微镜目镜中心线分别与塞规牙侧和楔形斜角面重合, 读 a_1 、 β_1 ;

d) 移动纵向和横向导轨, 直至中心线可同时与 a_1 、 β_1 重合, 此时纵横向坐标值即为塞规牙侧角与楔形角的交点坐标 A (x_1 , y_1); 重复上述操作, 在螺纹轴线下方测得塞规牙侧角与楔形角的交点坐标 B (x_2 , y_2), 斜面小径校准示意图见图 5;。

e) 按公式 (2) 计算斜面小径。

$$d_{5p} = y_2 - y_1 \quad (2)$$

式中:

d_{5p} —— 塞规斜面小径值, mm;

y_2 —— 螺纹轴线下方, 塞规牙侧角与楔形角的交点纵坐标, mm;

y_1 —— 塞规牙侧角与楔形角的交点纵坐标, mm。

注: 测出规定位置的所有斜面小径, 均应在公差范围内, 取所得值的平均值做为测量结果。

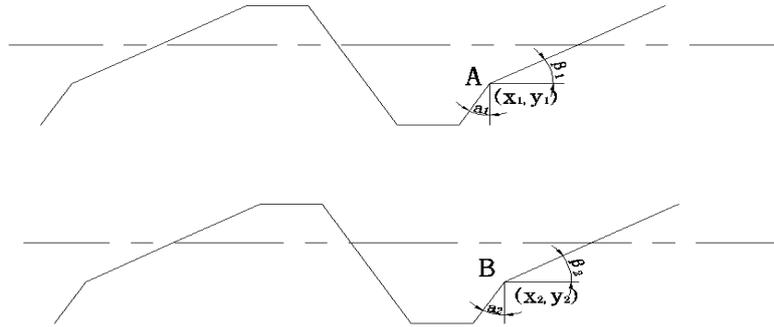


图5 斜面小径校准示意图

7.2.4 牙侧角偏差、斜面倾角偏差

校准步骤如下:

a) 螺纹塞规的通端至少要在头端和中间两个螺旋圈上校准, 止端要在中间部位一个螺纹圈上校准。在万能工具显微镜上用轴切法进行, 视场内应观察到牙形高度的 80% 以上;

b) 以测量刀分别和塞规两牙侧轻轻接触, 调整刀口角度至与牙侧平行, 在角度目镜中可读出牙侧角度值 a_1 和 a_2 ;

c) 按 b) 在轴线上下各测量一次, 轴线上方测得的牙侧角分别为 $a_{1上}$ 、 $a_{2上}$, 轴线下方的测得的牙侧角分别为 $a_{1下}$ 和 $a_{2下}$, 取同牙侧角的平均值做为牙侧角的测量结果。与牙侧角标称值相比, 按公式 (3) 计算牙侧角偏差;

$$a_1 = \frac{a_{1上} + a_{1下}}{2}; \quad a_2 = \frac{a_{2上} + a_{2下}}{2};$$

$$\Delta a_1 = a_1 - 30^\circ; \quad \Delta a_2 = a_2 - 30^\circ \quad (3)$$

式中:

a_1 、 a_2 ——牙侧角, $^\circ$;

$a_{1上}$ 、 $a_{2上}$ ——在轴线上方的牙侧角测得值, $^\circ$;

$a_{1下}$ 、 $a_{2下}$ ——在轴线下方的牙侧角测得值, $^\circ$;

Δa_1 , Δa_2 ——牙侧角偏差, $^\circ$ 。

d) 用测量刀与楔形斜面轻轻接触, 调整刀口角度至与楔形斜面平行, 在角度目镜中可读出角度值 β , 即为斜面倾角。与 30° 标称值相比, 按公式 (4) 计算斜面倾角偏差。

$$\Delta = \beta - 30^\circ \quad (4)$$

式中:

Δ ——斜面倾角偏差, $^\circ$;

β ——斜面倾角, $^\circ$ 。

7.2.5 螺距

7.2.5.1 用轴切法进行校准, 在螺纹中径线上从螺纹头端全牙侧第一牙开始, 直至全部螺牙, 计算测得的单个螺距偏差及累积螺距极限偏差。

7.2.5.2 单个螺距偏差

为消除测量轴线与螺纹轴线不一致的影响, 在螺纹牙凹轮廓的左侧上、下和右侧上、下各测一次, 取同侧的算术平均值为测得结果, 见公式 (5)。

$$P_{\text{实左}} = \frac{P_{\text{左上}} + P_{\text{左下}}}{2}; \quad P_{\text{实右}} = \frac{P_{\text{右上}} + P_{\text{右下}}}{2} \quad (5)$$

式中:

$P_{\text{实左}}$ ——实际测得牙凹左侧螺距值, mm;

$P_{\text{实右}}$ ——实际测得牙凹右侧螺距值, mm。

按公式 (6) 计算单个螺距偏差值。

$$\Delta_{\text{单左}} = P_{\text{实左}} - P_{\text{理}}; \quad \Delta_{\text{单右}} = P_{\text{实右}} - P_{\text{理}} \quad (6)$$

式中:

$\Delta_{\text{单左}}$ ——左侧单个螺距偏差, mm;

$\Delta_{\text{单右}}$ ——右侧单个螺距偏差, mm;

$P_{\text{理}}$ ——螺距理论值, mm。

7.2.5.3 累积螺距极限偏差

累积螺距极限偏差按公式 (7) 计算。

$$P_{n\text{实左}} = \frac{P_{n\text{左上}} + P_{n\text{左下}}}{2}; \quad P_{n\text{实右}} = \frac{P_{n\text{右上}} + P_{n\text{右下}}}{2} \quad (7)$$

$$\Delta P_{n\text{左}} = P_{n\text{实左}} - P_{n\text{理}}; \quad \Delta P_{n\text{右}} = P_{n\text{实右}} - P_{n\text{理}}$$

式中:

$P_{n\text{实左}}$ ——左侧 n 个螺距实测值, mm;

$P_{n\text{实右}}$ ——右侧 n 个螺距实测值, mm。

$\Delta P_{n\text{实左}}$ ——左侧 n 个螺距的累积极限偏差, mm;

$\Delta P_{n\text{实右}}$ ——右侧 n 个螺距的累积极限偏差, mm;

$P_{n\text{理}}$ —— n 个螺距理论值, mm。

7.2.6 中径

防松塞规中径校准位置同 7.2.2。

7.2.6.1 小直径 (1mm~4mm) 防松塞规中径

a) 用三针法进行校准。

小直径防松螺纹塞规牙侧不对称, 牙侧角 α_1 为 30° , α_2 为 60° 。三针与 30° 牙侧相切点在中径线上时, 最佳三针直径 d_{30} 按公式 (8) 计算, 与 60° 牙侧相切点在中径线上时,

最佳三针直径 d_{60} 按公式 (9) 计算。

$$d_{30} = \frac{P \cos a_2}{2 \cos^2\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)} = 0.5P \quad (8)$$

$$d_{60} = \frac{P \cos a_1}{2 \cos^2\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)} = 0.866P \quad (9)$$

式中:

d_{30} ——与 30° 牙侧相切点在中径线上时的最佳三针直径, mm;

d_{60} ——与 60° 牙侧相切点在中径线上时的最佳三针直径, mm;

P ——公称螺距, mm;

a_1, a_2 ——公称牙侧角, °。

注: 选择 d_{30} 三针时, 针规顶端易低于大径, 无法测量 M 值, 故一般选择 d_{60} 进行计算。

b) 计算塞规中径, 见公式 (10)。

$$d_2 = M - d_{\text{针}} \left[1 + \frac{\cos\left(\frac{a_2 - a_1}{2}\right)}{\sin\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)} \right] + \frac{P}{\operatorname{tga}_1 + \operatorname{tga}_2} + C = M - 2.366d_{\text{针}} + 0.433P + C \quad (10)$$

式中:

M ——仪器两测头接触三针时的读数值, mm;

$d_{\text{针}}$ ——实际使用的三针直径, mm;

C ——综合修正值, mm。

c) 牙型角实际偏差 $\Delta\alpha$ 的修正值计算。

当 α_1 有 $\Delta\alpha_1$ 时:

$$C_{\Delta\alpha_1} = \frac{1}{2} \times \frac{0.291 \times \cos a_2}{\sin^2 \frac{1}{2}(a_1 + a_2)} \times (d_{\text{针}} - d_{30}) \times \Delta\alpha_1 = 0.145 \times (d_{\text{针}} - 0.5P) \times \Delta\alpha_1$$

当 α_2 有 $\Delta\alpha_2$ 时:

$$C_{\Delta\alpha_2} = \frac{1}{2} \times \frac{0.291 \times \cos a_1}{\sin^2 \frac{1}{2}(a_1 + a_2)} \times (d_{\text{针}} - d_{60}) \times \Delta\alpha_2 = 0.252 \times (d_{\text{针}} - 0.866P) \times \Delta\alpha_2$$

故当 α 有 $\Delta\alpha$ 时:

$$C_{\Delta\alpha} = (0.198d_{\text{针}} - 0.145P) \Delta\alpha$$

注: 此项修正适用于使用非最佳三针直径 $d_{\text{针}}$ 时。

d) 螺距实际偏差 ΔP 的修正值按公式 (11) 计算。

$$C_{\Delta P} = \frac{\cos a_1 \cos a_2}{\sin(a_1 + a_2)} \Delta P = 0.433 \Delta P \quad (11)$$

式中:

$C_{\Delta P}$ ——螺距实际偏差修正值, mm;

ΔP ——螺距实际偏差, mm。

e) 三针直径实际偏差 $\Delta d_{\text{针}}$ 按公式 (12) 计算。

$$C_{\Delta d_{\text{针}}} = - \left[1 + \frac{\cos \frac{(a_2 - a_1)}{2}}{\sin \frac{(a_2 + a_1)}{2}} \right] \times \Delta d_{\text{针}} = -2.366 \left(\Delta d_{\text{针}1} + \frac{\Delta d_{\text{针}2} + \Delta d_{\text{针}3}}{2} \right) \quad (12)$$

式中:

$C_{\Delta d_{\text{针}}}$ ——三针直径实际偏差修正值, mm;

$\Delta d_{\text{针}1}$ ——单针偏差, mm;

$\Delta d_{\text{针}2}, \Delta d_{\text{针}3}$ ——双针偏差, mm。

7.2.6.2 直径大于 4 mm 的防松塞规中径

校准步骤如下:

a) 在万能工具显微镜上根据牙型凸起和沟槽宽度相等的原理进行校准, 见图 6 左。

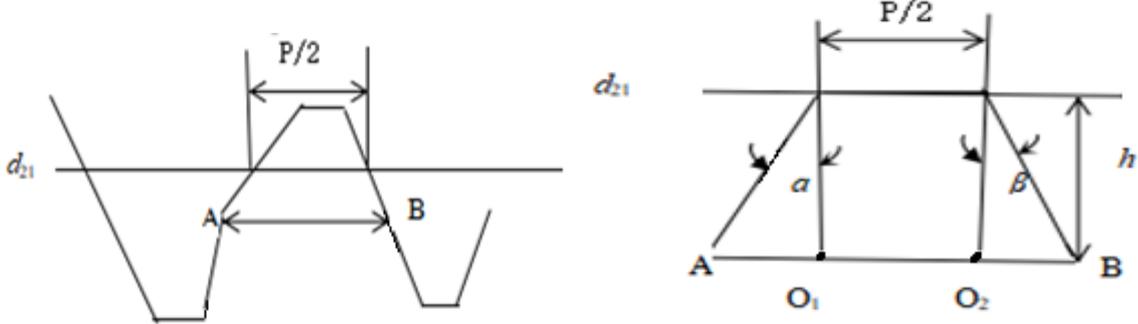


图 6 万能工具显微镜校准塞规中径

b) 在斜面小径位置上测出 A 点、B 点坐标分别为 (x_1, y) 、 (x_2, y) ; 测量出 α 、 β 值; 按公式 (13) 计算 h 值, 见图 6 右;

$$h = \frac{(x_2 - x_1) - P/2}{(\tan \alpha + \tan \beta)} \quad (13)$$

式中:

h ——斜面小径 A 点到中轴线距离, mm;

P ——实测螺距, mm。

c) 计算中径线垂直坐标值: $d_{21} = y + h$;

d) 按 c) 计算螺纹轴线另一侧的中径线垂直坐标值 d_{22} ;

e) 按公式 (14) 计算中径。

$$d_{2p} = d_{22} - d_{21} \quad (14)$$

式中:

d_{2p} ——塞规中径值, mm;

d_{21} ——螺纹轴线一侧的中径线垂直坐标值, mm;

d_{22} ——螺纹轴线另一侧的中径线垂直坐标值, mm。

注: P 为实测值。

8 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中, 见附录 A, 并出具校准证书。推荐校准证书内页格式见附录 B。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 C、附录 D、附录 E。校准证书至少包含以下信息:

- a) 标题, 如“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果不在实验室内进行校准);
- 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。

9 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

30° 楔形防松螺纹塞规校准原始记录格式

委托单位		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

塞规校准结果					
序号	校准项目		校准结果		
1	平顶大径		T:	Z:	
2	中径	T			
		Z			
		$d_{\text{针}}$:	常数:	$U=$	$(k=2)$
3	斜面小径	T			
		Z			
			$U=$	$(k=2)$	
4	螺距	T			
		Z			
	累积螺距极限偏差		T	Z	
5	牙侧角	T		Z	
6	斜面倾角	T		Z	

校准员:

核验员:

附录 B

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	平顶大径	
2	中径	$U=$ (k=2)
3	斜面小径	$U=$ (k=2)
4	螺距及累积螺距极限偏差	
5	牙侧角	
6	斜面倾角	

附录 C

30° 楔形防松螺纹塞规斜面小径测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 环境条件：温度 20.2℃ 相对湿度：45%。

C.1.2 测量设备：万能工具显微镜。

C.1.3 被校对象：M39×4-T (4H)。

C.1.4 校准方法：依据本规范 7.2.3 条款，用万工显校准塞规斜面小径。

C.2 测量模型

测量模型见 (C.1)。

$$d_{5p} = L - L \cdot a \cdot \Delta t - L \cdot \Delta \alpha (t - 20) \quad (\text{C.1})$$

式中：

d_{5p} ——斜面小径，mm；

L ——万工显横向移动距离，mm；

a ——万工显线纹尺线膨胀系数；

Δt ——万工显与塞规温度差，℃；

$\Delta \alpha$ ——万工显线纹尺与塞规线膨胀系数差；

$t - 20$ ——对标准温度的偏移量，℃。

因各输入量之间不相关，故合成方差为：

$$u_c^2(d_{5p}) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial L}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

对式中各影响量求偏导数，得出各影响量的灵敏系数如下：

$$c_1 = \frac{\partial d_{5p}}{\partial L} = 1 ; \quad c_2 = \frac{\partial d_{5p}}{\partial a} = L \cdot \Delta t ; \quad c_3 = \frac{\partial d_{5p}}{\partial t} = L \cdot \Delta \alpha ; \quad c_4 = \frac{\partial d_{5p}}{\partial \Delta t} = L \cdot a ;$$

$$c_5 = \frac{\partial d_{5p}}{\partial \Delta \alpha} = L \cdot |t - 20|$$

C.3 标准不确定度评定

C.3.1 万工显长度测量引入的标准不确定度 $u(L)$

C.3.1.1 万工显示值误差引入的标准不确定度 $u(L_1)$

根据 JJG56-2000 可知，万工显最大允许误差为 $\text{MPE} : \pm (1 + L/100) \mu\text{m}$ ，当 L 约为 40 mm 时， MPE 为 $\pm 1.4 \mu\text{m}$ ，三角分布， $k = \sqrt{6}$ ，则万工显示值误差引入的标准不确定

度为:

$$u(L_1) = \frac{1.4}{\sqrt{6}} = 0.57 \mu\text{m}$$

C.3.1.1.2 万工显分辨力引入的标准不确定度 $u(L_2)$

万工显分辨力为 $1 \mu\text{m}$, 均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则万工显分辨力引入的标准不确定度

$$\text{为: } u(L_2) = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0.29 \mu\text{m}$$

C.3.1.1.3 测量重复性引入的标准不确定度 $u(L_3)$

在重复性条件下, 对某截面位置的斜面小径进行 10 次测量, 用实验标准偏差 $s(x)$ 表示, 测得值如下:

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测得值/mm	37.408	37.407	37.409	37.408	37.409	37.407	37.407	37.408	37.408	37.407

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.79 \mu\text{m}$$

测量时以四次的平均值做为结果, 故:

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{4}} = \frac{0.79}{2} = 0.40 \mu\text{m}$$

测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u(L_3) = 0.40 \mu\text{m}$$

根据分辨力与重复性二者选大的原则选 $u(L_3)$ 。

则万工显长度引入的标准不确定度为:

$$u(L) = \sqrt{u^2(L_1) + u^2(L_3)} = \sqrt{0.57^2 + 0.40^2} = 0.70 \mu\text{m}$$

$$c_1 \times u(L) = 1 \times 0.70 = 0.70 \mu\text{m}$$

C.3.2 万工显线纹尺线膨胀系数引入的不确定度 $u(\alpha)$

经查, 显微镜刻度尺线膨胀系数为: $(10.1 \pm 1) \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$, 均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则万工显线纹尺线膨胀系数引入的不确定度为:

$$u(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$$

显微镜与防松塞规等温后, 二者温度差 $\Delta t = \pm 0.5 \text{C}$, 故:

$$c_2 u(\alpha) = L \times \Delta t \times u(\alpha) = 40 \times 10^3 \times 0.5 \times 0.577 \times 10^{-6} = 0.01 \mu\text{m}$$

C.3.3 对标准温度的偏移量引入的标准不确定度 $u(t)$

假设校准时偏离 20C 为 $\pm 4 \text{C}$, 均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则对标准温度的偏移量引入的标准不确定度为:

$$u(t) = \frac{4}{\sqrt{3}} = 2.31^\circ\text{C}$$

万工显线纹尺和塞规线膨胀系数分别为： $(10.1 \pm 1) \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ 和 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ ， $\Delta\alpha_{\max} = 3.4 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ ，故：

$$c_3 u(t) = L \times \Delta\alpha \times u(t) = 40 \times 10^3 \times 3.4 \times 10^{-6} \times 2.31 = 0.32 \mu\text{m}$$

C.3.4 万工显与塞规温度差引入标准不确定度 $u(\Delta t)$

显微镜与防松塞规等温后，二者温度差 $\Delta t = \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，均匀分布， $k = \sqrt{3}$

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

$$c_4 u(\Delta t) = L \times \alpha \times u(\Delta t) = 40 \times 10^3 \times 10.1 \times 10^{-6} \times 0.29 = 0.12 \mu\text{m}$$

C.3.5 万工显与塞规线膨胀系数差引入标准不确定度 $u(\Delta\alpha)$

万工显线纹尺和塞规线膨胀系数分别为： $(10.1 \pm 1) \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ 和 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ ， $\Delta\alpha = (2 \pm 1.4) \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ ，三角分布， $k = \sqrt{6}$ ，则万工显与塞规线膨胀系数差引入标准不确定度为：

$$u(\Delta\alpha) = \frac{1.4}{\sqrt{6}} = 0.57 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$$

$$c_5 u(\Delta\alpha) = L \times |t - 20| \times u(\Delta\alpha) = 40 \times 10^3 \times 4 \times 0.57 \times 10^{-6} = 0.09 \mu\text{m}$$

C.4 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总表见表 C.1。

表 C.1 标准不确定度分量汇总表

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)$
$u(L)$	万工显示值误差	0.70 μm	1	0.70 μm
$u(\alpha)$	万工显线纹尺线膨胀系数	$0.577 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$	$(2 \times 10^4) \mu\text{m} \times ^\circ\text{C}$	0.01 μm
$u(t)$	对标准温度的偏移量	2.31 $^\circ\text{C}$	$0.14 \mu\text{m} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	0.32 μm
$u(\Delta t)$	万工显与塞规温度差	0.29 $^\circ\text{C}$	$0.404 \mu\text{m} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	0.12 μm
$u(\Delta\alpha)$	万工显与塞规线膨胀系数差	$0.57 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$	$(1.6 \times 10^5) \mu\text{m} \times ^\circ\text{C}$	0.09 μm

C.5 合成标准不确定度

$$u_c(d_{5p}) = \sqrt{c_1^2 u^2(L) + c_2^2 u^2(\alpha) + c_3^2 u^2(t) + c_4^2 u^2(\Delta t) + c_5^2 u^2(\Delta\alpha)}$$

$$= \sqrt{0.70^2 + 0.01^2 + 0.32^2 + 0.12^2 + 0.09^2} = 0.78$$

C.6 扩展不确定度

$$U = k \times u_c(L) = 2 \times 0.78 = 1.6 \mu\text{m}$$

附录 D

小直径 30° 楔形防松螺纹中径测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 环境条件：温度:20.2℃ 相对湿度：45%。

D.1.2 测量设备：测长仪、三针 ($d_{\text{针}}=0.606 \text{ mm}$)。

D.1.3 被校对象：M4×0.7-T (牙侧角 $a_1=30^\circ$ 、 $a_2=60^\circ$)。

D.1.4 校准方法：依据本规范 7.2.6.1 条款，用测长仪和三针校准塞规通端中径。

D.2 测量模型

测量模型见公式 (D.1)。

$$d_{2sp} = M - d_{\text{针}} \left[1 + \frac{\cos\left(\frac{a_2 - a_1}{2}\right)}{\sin\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)} \right] + \frac{P}{\tan a_1 + \tan a_2} \quad (\text{D.1})$$

式中：

d_{2sp} ——塞规中径，mm；

M ——仪器给出的测得值，mm；

$d_{\text{针}}$ ——所使用的三针直径，mm；

P ——公称螺距，mm；

a_1, a_2 ——公称牙侧角，°。

D.3 合成标准不确定度及灵敏系数

各输入量之间不相关，合成方差为：

$$u_c^2(d_{2sp}) = c_1^2 u^2(M) + c_2^2 u^2(d_{\text{针}}) + c_3^2 u^2(a_1) + c_4^2 u^2(a_2) + c_5^2 u^2(P)$$

灵敏系数分别为：

$$c_1 = \frac{\partial d_{2sp}}{\partial M} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial d_{2sp}}{\partial d_{\text{针}}} = - \left[1 + \frac{\cos\left(\frac{a_2 - a_1}{2}\right)}{\sin\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)} \right] = -2.366;$$

$$c_3 = \frac{\partial d_{2sp}}{\partial a_1} = \frac{d_{\text{针}} \cos a_2}{2 \sin^2\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)} - \frac{P}{\cos^2 a_1 (\tan a_1 + \tan a_2)^2} = 0.258;$$

$$c_4 = \frac{\partial d_{2sp}}{\partial a_2} = \frac{d_{\text{针}} \cos a_1}{2 \sin^2 \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)} - \frac{P}{\cos^2 a_2 (\tan a_1 + \tan a_2)^2} = -0.225$$

$$c_5 = \frac{\partial d_{2sp}}{\partial P} = \frac{1}{\tan a_1 + \tan a_2} = 0.433$$

D.4 标准不确定度

D.4.1 仪器测得值引入的标准不确定度 $u(M)$

根据 JJF 1189-2008 可知, 测长仪最大允许误差为: $\text{MPE}: \pm (1+5 \times 10^{-6}L) \mu\text{m}$, 当 L 不超过为 6 mm 时, 测长仪示值误差等于 $1.03 \mu\text{m}$, 均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则引入的标准不确定度:

$$u(M_1) = \frac{1.03}{\sqrt{3}} = 0.59 \mu\text{m}$$

根据 JJF 1189-2008 测长仪校准规范知, 测长仪测量重复性为 $0.10 \mu\text{m}$, 均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则引入的标准不确定度为:

$$u(M_2) = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06 \mu\text{m}$$

故仪器测得值引入的标准不确定度为:

$$u(M) = \sqrt{u^2(M_1) + u^2(M_2)} = 0.60 \mu\text{m}$$

$$c_1 u(M) = 1 \times 0.60 = 0.60 \mu\text{m}$$

D.4.2 三针直径偏差引入的标准不确定度 $u(d_{\text{针}})$

根据 JJF 1207-2008 针规、三针校准规范知, 三针直径偏差为 $\pm 0.5 \mu\text{m}$, 均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则三针直径偏差引入的标准不确定度为:

$$u(d_{\text{针}}) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29 \mu\text{m}$$

$$c_2 u(d_{\text{针}}) = 2.366 \times 0.29 = 0.69 \mu\text{m}$$

D.4.3 牙侧角测量引入的标准不确定度 $u(a_1)$ 、 $u(a_2)$

根据 JJG 56-2000 工具显微镜检定规程知, 测角目镜示值误差为 $\pm 1'$, 均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则牙侧角测量引入的标准不确定度为:

$$u(a_1) = u(a_2) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577'$$

$$\frac{0.577 \times \pi}{180 \times 60} = 1.6 \times 10^{-4} \text{rad}$$

$$c_3 u(a_1) = 0.258 \times 1.6 \times 10^{-4} = 0.41 \times 10^{-4}$$

$$c_4 u(\alpha_2) = 0.225 \times 1.6 \times 10^{-4} = 0.36 \times 10^{-4}$$

D.4.4 螺距测量引入的标准不确定度 $u(P)$

根据 JJG56-2000 工具显微镜检定规程知, 示值误差为 $\pm(1+L/100)\mu\text{m}$, 当 $L=0.7\text{ mm}$ 时, 工具显微镜示值误差为 $\pm 1\mu\text{m}$, 均匀分布, $k = \sqrt{3}$,

$$u(P) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58\mu\text{m}$$

$$c_5 u(P) = 0.433 \times 0.58 = 0.25\mu\text{m}$$

D.5 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总表见表 D.1。

表 D.1 标准不确定度分量汇总表

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)$
$u(M)$	测长仪测得值	$0.60\mu\text{m}$	1	$0.60\mu\text{m}$
$u(d_{\text{针}})$	三针直径偏差	$0.29\mu\text{m}$	-2.366	$0.69\mu\text{m}$
$u(a_1)$	牙侧角测量误差	(1.6×10^{-4}) rad	0.258	0.41×10^{-4}
$u(a_2)$	牙侧角测量误差	(1.6×10^{-4}) rad	-0.225	0.36×10^{-4}
$u(P)$	螺距测量误差	$0.577\mu\text{m}$	0.433	0.25

D.6 合成标准不确定度

$$\begin{aligned} u_c(d_{2ps}) &= \sqrt{c_1^2 u^2(M) + c_2^2 u^2(d_{\text{针}}) + c_3^2 u^2(a_1) + c_4^2 u^2(a_2) + c_5^2 u^2(P)} \\ &= \sqrt{0.60^2 + 0.69^2 + (0.41 \times 10^{-4})^2 + (0.36 \times 10^{-4})^2 + 0.25^2} = 0.95 \end{aligned}$$

D.7 扩展不确定度

$$U = k \times u_c(d_{2ps}) = 2 \times 0.95 = 1.9\mu\text{m}$$

附录 E

30° 楔形防松螺纹塞规中径测量不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 环境条件：温度 20.2℃，相对湿度：45%。

E.1.2 测量设备：万能工具显微镜。

E.1.3 被校对象：M39×4-T (4H)。

E.1.4 校准方法：依据本规范 7.2.6.2 条款，用万能工具显微镜以影像法校准通端中径。

E.2 测量模型

测量模型见公式 (E.1)。

$$d_{2上} = y_{上} + \frac{\Delta x_{上}}{(\tan a + \tan \beta)} - \frac{P/2}{(\tan a + \tan \beta)}$$

$$d_{2下} = y_{下} + \frac{\Delta x_{下}}{(\tan a + \tan \beta)} - \frac{P/2}{(\tan a + \tan \beta)} \quad (E.1)$$

$$d_{2p} = d_{2上} - d_{2下}$$

式中：

d_{2p} ——塞规中径值，mm；

$d_{2上}$ 、 $d_{2下}$ ——塞规轴线上、下中径处 y 轴坐标值，mm；

$y_{上}$ 、 $y_{下}$ ——塞规轴线上、下斜面小径处 y 轴坐标值，mm；

$\Delta x_{上}$ 、 $\Delta x_{下}$ ——塞规轴线上、下斜面小径处 x 轴坐标差值，mm；

P ——塞规螺距，mm；

a ——楔形斜面与螺纹轴线垂直线之间夹角，°；

β ——螺纹牙侧角，°。

E.3 合成标准不确定度及灵敏系数

各输入量之间不相关，且 $u(d_{2上}) = u(d_{2下})$ ，故合成方差为：

$$u_c^2(d_{2p}) = \sqrt{2}u_c^2(d_{2上}) = c_1^2u^2(y_{上}) + c_2^2u^2(\Delta x_{上}) + c_3^2u^2(P) + c_4^2u^2(a) + c_5^2u^2(\beta)$$

灵敏系数分别为：

$$c_1 = \frac{\partial d_{2上}}{\partial y_{上}} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial d_{2上}}{\partial \Delta x_{上}} = \frac{1}{\tan a + \tan \beta} = 0.433;$$

$$c_3 = \frac{\partial d_{2\perp}}{\partial P} = -\frac{1}{2(\tan a + \tan \beta)} = 0.217 ;$$

$$c_4 = \frac{\partial d_{2\perp}}{\partial a} = \frac{\Delta x_{\perp} - P/2}{(\tan a + \tan \beta)^2} \times \frac{1}{\cos^2 a} = 0.693 ;$$

$$c_5 = \frac{\partial d_{2\perp}}{\partial \beta} = \frac{\Delta x_{\perp} - P/2}{(\tan a + \tan \beta)^2} \times \frac{1}{\cos^2 \beta} = 0.230 。$$

E.4 标准不确定度

E.4.1 斜面小径处 y 轴坐标测量的标准不确定度 $u(y_{\perp})$

根据 JJG56-2000 可知, 示值误差为 $\pm(1+L/100)\mu\text{m}$, 当 $y=39\text{ mm}$ 时, 工具显微镜示值误差为 $\pm 1.39\mu\text{m}$, 均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 则斜面小径处 y 轴坐标测量的标准不确定度为:

$$u(y_{\perp}) = \frac{1.39}{\sqrt{3}} = 0.80\mu\text{m}$$

$$c_1 u(y_{\perp}) = 1 \times 0.80 = 0.80\mu\text{m}$$

E.4.2 斜面小径处 x 轴坐标差值的标准不确定度 $u(\Delta x_{\perp})$

根据 JJG 56-2000 可知, 示值误差为 $\pm(1+L/100)\mu\text{m}$, 当 $\Delta x_{\perp}=4\text{ mm}$ 时, 工具显微镜示值误差为 $\pm 1.04\mu\text{m}$, 均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 则斜面小径处 x 轴坐标差值的标准不确定度为:

$$u(\Delta x_{\perp}) = \frac{1.04}{\sqrt{3}} = 0.60\mu\text{m}$$

$$c_2 u(\Delta x_{\perp}) = 0.433 \times 0.60 = 0.26\mu\text{m}$$

E.4.3 螺距测量的标准不确定度 $u(P)$

根据 JJG 56-2000 可知, $\text{MPE}:\pm(1+L/100)\mu\text{m}$, 当 $L=P=4\text{ mm}$ 时, 工具显微镜示值误差为 $\pm 1.04\mu\text{m}$, 均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 则螺距测量的标准不确定度为:

$$u(P) = \frac{1.04}{\sqrt{3}} = 0.60\mu\text{m}$$

$$c_3 u(P) = 0.217 \times 0.60 = 0.13\mu\text{m}$$

E.4.4 角度测量的标准不确定度 $u(a)$ 、 $u(\beta)$

根据 JJG 56-2000 可知, 测角目镜示值误差为 $\pm 1'$, 均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 则角度测量的标准不确定度为:

$$u(a) = u(\beta) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577'$$

$$\frac{0.577 \times \pi}{180 \times 60} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$c_4 u(\alpha) = 0.693 \times 1.6 \times 10^{-4} = (1.11 \times 10^{-4}) \mu\text{m}$$

$$c_5 u(\beta) = 0.230 \times 1.6 \times 10^{-4} = (0.34 \times 10^{-4}) \mu\text{m}$$

E.5 标准不确定度汇总

标准不确定度分量汇总表见表 E.1。

表 E.1 标准不确定度分量汇总表

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)$
$u(y_{\perp})$	斜面小径处 y 轴坐标测量	$0.80 \mu\text{m}$	1	$0.80 \mu\text{m}$
(Δx_{\perp})	斜面小径处 x 轴坐标差值	$0.60 \mu\text{m}$	0.433	$0.26 \mu\text{m}$
$u(P)$	螺距测量误差	$0.60 \mu\text{m}$	0.217	$0.13 \mu\text{m}$
$u(a)$	角度测量误差	$(1.6 \times 10^{-4}) \text{ rad}$	0.693	$(1.11 \times 10^{-4}) \mu\text{m}$
$u(\beta)$	角度测量误差	$(1.6 \times 10^{-4}) \text{ rad}$	0.230	$(0.34 \times 10^{-4}) \mu\text{m}$

E.6 合成标准不确定度

$$u_c(d_{2p}) = \sqrt{2} \sqrt{c_1^2 u^2(y_{\perp}) + c_2^2 u^2(\Delta x_{\perp}) + c_3^2 u^2(P) + c_4^2 u^2(a) + c_5^2 u^2(\beta)}$$

$$= \sqrt{2} \sqrt{0.80^2 + 0.26^2 + 0.13^2 + (1.11 \times 10^{-4})^2 + (0.34 \times 10^{-4})^2} = 1.20$$

E.7 扩展不确定度

$$U = k \times u_c(d_{2p}) = 2 \times 1.20 = 2.4 \mu\text{m}$$

中华人民共和国工业和信息化部
兵工民品计量技术规范
30° 楔形防松螺纹塞规校准规范
JJF（兵工民品）0031—2023
版权所有 不得翻印