



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) 0039—2024

轴类零件测量仪校准规范

Calibration Specification for Measuring Instruments for Shaft Parts

(报批稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

轴类零件测量仪校准规范

Calibration Specification for
Measuring Instruments for Shaft Parts

JJF（兵工民品） 0039—2024

归口单位：中国兵器工业标准化研究所

主要起草单位：吉林江机特种工业有限公司

参加起草单位：国防科技工业 2211 二级计量站

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：

郝铮（吉林江机特种工业有限公司）

姚中涛（吉林江机特种工业有限公司）

赵纯玉（吉林江机特种工业有限公司）

参加起草人：

宋琪羽（国防科技工业 2211 二级计量站）

张丽娜（国防科技工业 2211 二级计量站）

刘文昇（国防科技工业 2211 二级计量站）

付 星（国防科技工业 2211 二级计量站）

目录

引言.....（Ⅱ）

1 适用范围.....（1）

2 引用文件.....（1）

3 术语.....（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.....（4）

8 校准结果表达.....（6）

9 复效时间间隔.....（7）

附录 A 标准轴规.....（8）

附录 B 原始记录格式.....（10）

附录 C 校准证书内页记录格式.....（12）

附录 D 轴径探测系统示值误差的不确定度评定.....（13）

附录 E 轴长探测系统示值误差的不确定度评定.....（16）

引言

本规范依据 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》编写。

本规范为首次发布。

轴类零件测量仪校准规范

1 适用范围

本规范适用于轴径测量尺寸为 $\Phi 2\text{mm}\sim\Phi 20\text{mm}$ ，轴长测量尺寸为 $(2\sim 20)\text{mm}$ 的轴类零件测量仪（简称测量仪）的校准。

2 引用文件

本规范参考引用下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注明日期的引用文件，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

JJF 1001—2011 中界定的术语和定义适用于本规范。

4 概述

4.1 结构

测量仪主要由机械主机、旋转载物台、影像探测系统、控制部分、测量软件等部分组成，其结构示意图如图 1 所示。

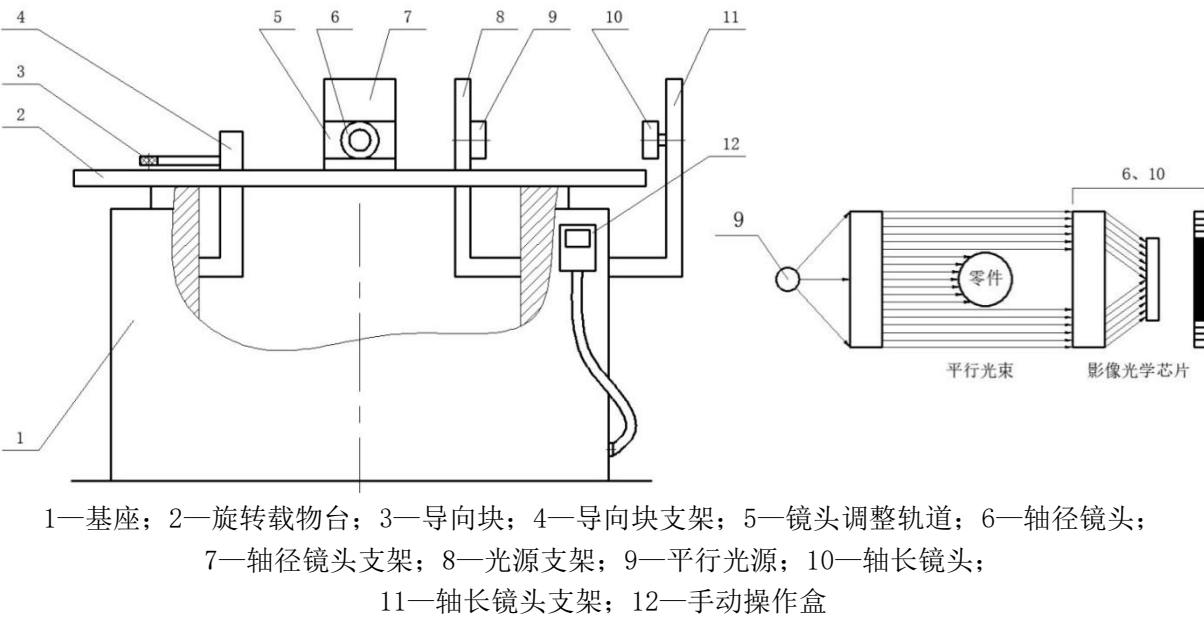


图 1 轴类零件测量仪结构示意图及测量原理示意图

4.2 原理

测量仪采用光学影像原理，主要用于小尺寸轴类零件的轴径尺寸、轴长尺寸、螺纹外径、螺纹中径、螺纹牙型角、螺距等相关尺寸的快速对比检测。测量仪进行零件检测时，零件在载物工作台和导向块的联合作用下，进入测量轨道进行图像采集，数据处理系统对被采集图像和光栅移动距离与系统内保存的标准图像参数进行数据对比，得到测量零件的轴径和轴长，工作原理见图 2。

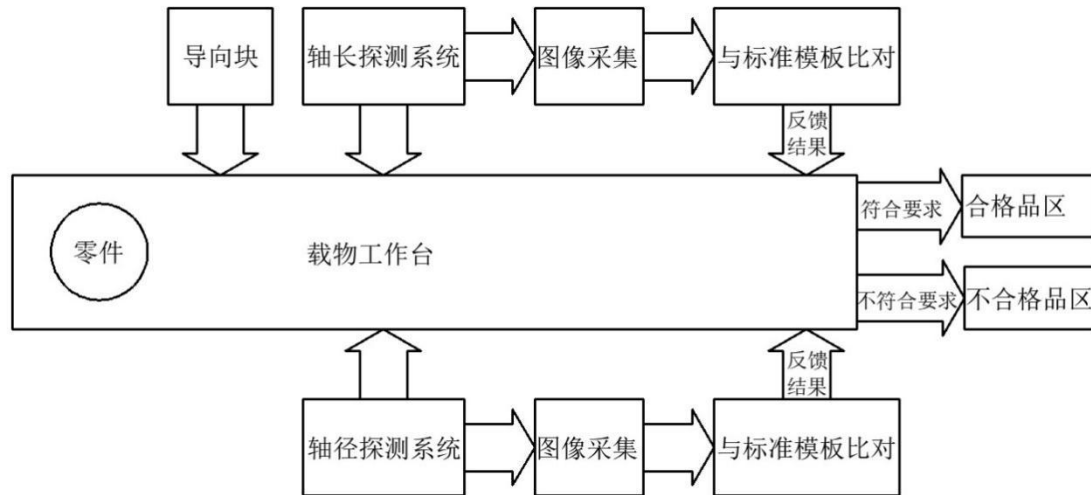


图 2 轴类零件测量仪工作原理图

4.3 用途

测量仪适用于大批量零件的快速检测。

5 计量特性

5.1 旋转载物台端面跳动

旋转载物台端面跳动要求见表 1。

5.2 仪器示值误差

5.2.1 轴径测量系统示值误差

轴径测量系统示值误差要求见表 1。

5.2.2 轴长测量系统示值误差

轴长测量系统示值误差要求见表 1。

5.3 仪器示值重复性

5.3.1 轴径测量系统示值重复性

轴径测量系统示值重复性要求见表 1。

5.3.2 轴长测量系统示值重复性

轴长测量系统示值重复性要求见表 1。

表 1 测量仪计量特性的要求

序号	计量特性		技术要求
1	旋转载物台端面跳动		不大于 0.05mm
2	仪器示值误差	轴径测量系统示值误差	最大允许误差：±0.010mm
		轴长测量系统示值误差	最大允许误差：±0.020mm
3	仪器示值重复性	轴径测量系统示值重复性	不大于 1μm
		轴长测量系统示值重复性	不大于 2μm

注：校准工作不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：20℃±5℃，温度变化每小时不超过 0.5℃

6.1.2 湿度：≤65%RH

6.1.3 无影响光学测量的偏光干扰，校准时无影响仪器测量的振动和噪音。

6.1.4 校准前被校准仪器及所使用标准器在校准室内恒温时间不少于 4 h。

6.2 测量标准及其他设备

校准用标准器具需经过计量机构检定（或校准），满足校准使用要求，在有效期内使用，具体内容见表 2。

表 2 测量标准及其他测量设备

序号	主要器具		技术指标
1	千分表		分辨力：0.01mm
2	标准轴规	标准轴径规	测量范围：φ2mm～φ20mm 扩展不确定度：U=1.0μm(k=2)
		标准轴长规	测量范围：2mm～20mm 扩展不确定度：U=1.2μm(k=2)

注：1、允许使用满足技术要求的其他测量标准；

2、标准轴长规、轴径规推荐形式见附录 A。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

测量仪的校准项目见表 3。

表 3 轴类零件测量仪校准项目

序号	校准项目	
1	旋转载物台端面跳动	
2	仪器示值误差	轴径测量系统示值误差
		轴长测量系统示值误差
3	仪器示值重复性	轴径测量系统示值重复性
		轴长测量系统示值重复性

7.2 校准方法

7.2.1 外观

目力观察测量仪，其玻璃旋转载物台表面无影响测量的明显划痕及杂质。

7.2.2 各部分相互作用

测量仪的玻璃旋转载物台转动平稳，转速均匀，无影响测量的明显摆动；测量仪的测量系统测头安装稳固、无损伤，背光板完整、无缺失。

7.2.3 旋转载物台端面跳动

调整千分表测头，使其与测量仪旋转载物台环带面在法线方向接触，匀速转动载物台两周，千分表的最大示值与最小示值之差即为旋转载物台端面跳动，如图 3 所示。

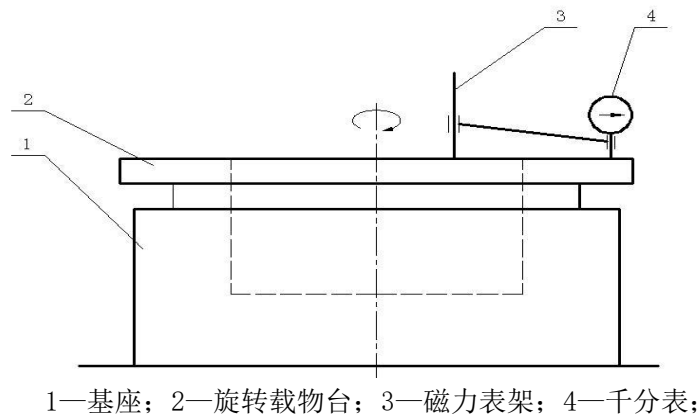


图 3 旋转载物台端面跳动示意图

7.2.4 仪器示值误差

7.2.4.1 轴径测量系统示值误差

校准方法如下：

a) 测量点的选择。在测量仪轴径测量范围内均匀选取不少于 4 个整数尺寸进行测量；

b) 建立标准测量模板。将最小尺寸的标准轴径规放置在测量仪旋转载物台上，使其下端与旋转载物台面贴合，转动载物台，标准轴径规在导向块作用下进入测量

轨道，测量仪的轴径测量系统采样并建立标准测量模板。

c) 示值误差的测量。将标准轴径规顺时针旋转 90° 后，测量仪重复上述操作，并读取标准轴径规在规定方向上的中截面直径 d_i ，共测量 4 次，将测量结果记录在原始记录中，推荐原始记录格式见附录 B，取 4 次测量结果的平均值作为仪器在该点的直径测量值 \overline{d}_i ，该测量值 \overline{d}_i 与标准轴径规的实际值 d_s 之差即为该点轴径测量的示值误差。各轴径测量的示值误差 Δd 由公式 (1) 计算：

$$\delta d = \overline{d}_i - d_s \quad (1)$$

式中：

δd ——轴径测量系统示值误差，mm；

\overline{d}_i ——测量仪对标准轴径规的轴径重复测量 4 次的平均值，mm；

d_s ——第 i 个标准轴径规的轴径实际值，mm。

d) 重复上述操作，依次选取其他整数尺寸测量点的标准轴径规进行测量，各测量点的示值误差应满足表 1 的相关规定。

7.2.4.2 轴长测量系统示值误差

校准方法如下：

a) 测量点的选择。在仪器轴长测量范围内均匀选取不少于 4 个整数尺寸进行测量。

b) 建立标准测量模板。将最小尺寸的标准轴长规放置在旋转载物台上，使其下端面与旋转载物台面贴合，载物台转动，标准轴长规在导向块作用下进入测量轨道，仪器轴长测量系统建立标准测量模板。

c) 示值误差的测量。将标准轴长规顺时针旋转 90° 后，测量仪重复上述操作，读取标准轴长规在规定方向上轴长 l_i ，共测量 4 次，将测量结果记录在原始记录中，取 4 次测量结果的平均值 \overline{l}_i 作为仪器在该点的轴长测得值，该值与标准轴长规的实际值 l_s 之差即为该点轴长测量的示值误差。各轴长测量的示值误差 δl 由公式 (2) 计算：

$$\delta l = \overline{l}_i - l_s \quad (2)$$

式中：

δl ——轴长测量系统示值误差，mm；

\overline{l}_i ——测量仪对标准轴长规的轴长重复测量四次的平均值，mm；

l_s ——标准轴长规的轴长实际值，mm。

d) 重复上述操作，依次选取其他相应整数尺寸测量点的标准轴长规依次进行测量，各测量点的示值误差应满足表 1 的相关规定。

7.2.5 仪器示值重复性

7.2.5.1 轴径测量系统示值重复性

选取直径尺寸最小的标准轴径规,将标准轴径规放置在旋转载物台上,使其下端面与载物台贴合,载物台转动,标准轴径规在导向块导向作用下进入测量轨道,仪器轴径测量系统获得测量值,将测量结果记录在原始记录中。重复上述测量过程,测量过程不少于6次,按公式(3)计算轴径测量系统的重复性 $s(d)$ 。测量结果应满足表1的相关规定。

$$s(d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} \quad (3)$$

式中:

$s(d)$ ——轴径测量系统的重复性(μm);

n ——重复测量次数($n \geq 6$);

7.2.5.2 轴长测量系统示值重复性

选取长度尺寸最小的标准轴长规,将标准轴长规放置在旋转载物台上,使其下端面与载物台贴合,载物台转动,标准轴长规在导向块作用下进入测量轨道,仪器轴长测量系统获得测量值,将测量结果记录在原始记录中。重复上述测量过程,测量过程不少于6次,按公式(4)计算轴长测量系统的重复性 $s(l)$ 。测量结果应满足表1的相关规定。

$$s(l) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l})^2}{n-1}} \quad (4)$$

式中:

$s(l)$ ——轴长测量系统的重复性(μm);

n ——重复测量次数($n \geq 6$);

8 校准结果表达

校准结束后出具校准证书,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,推荐校准证书内页格式见附录C;不确定度评定示例见附录D、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,每页及总页数的标识;

- e) 送校单位的名称和地址;
- 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;
- g) 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;
- h) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 对校准规范的偏离的说明;
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名, 以及签发日期;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 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

根据被校轴类零件测量仪的使用情况, 用户可自行确定复校时间间隔, 建议复校时间间隔不超过12个月。

附录 A

标准轴规

标准轴规一般推荐为钢材质，其参考结构如图 A 所示。

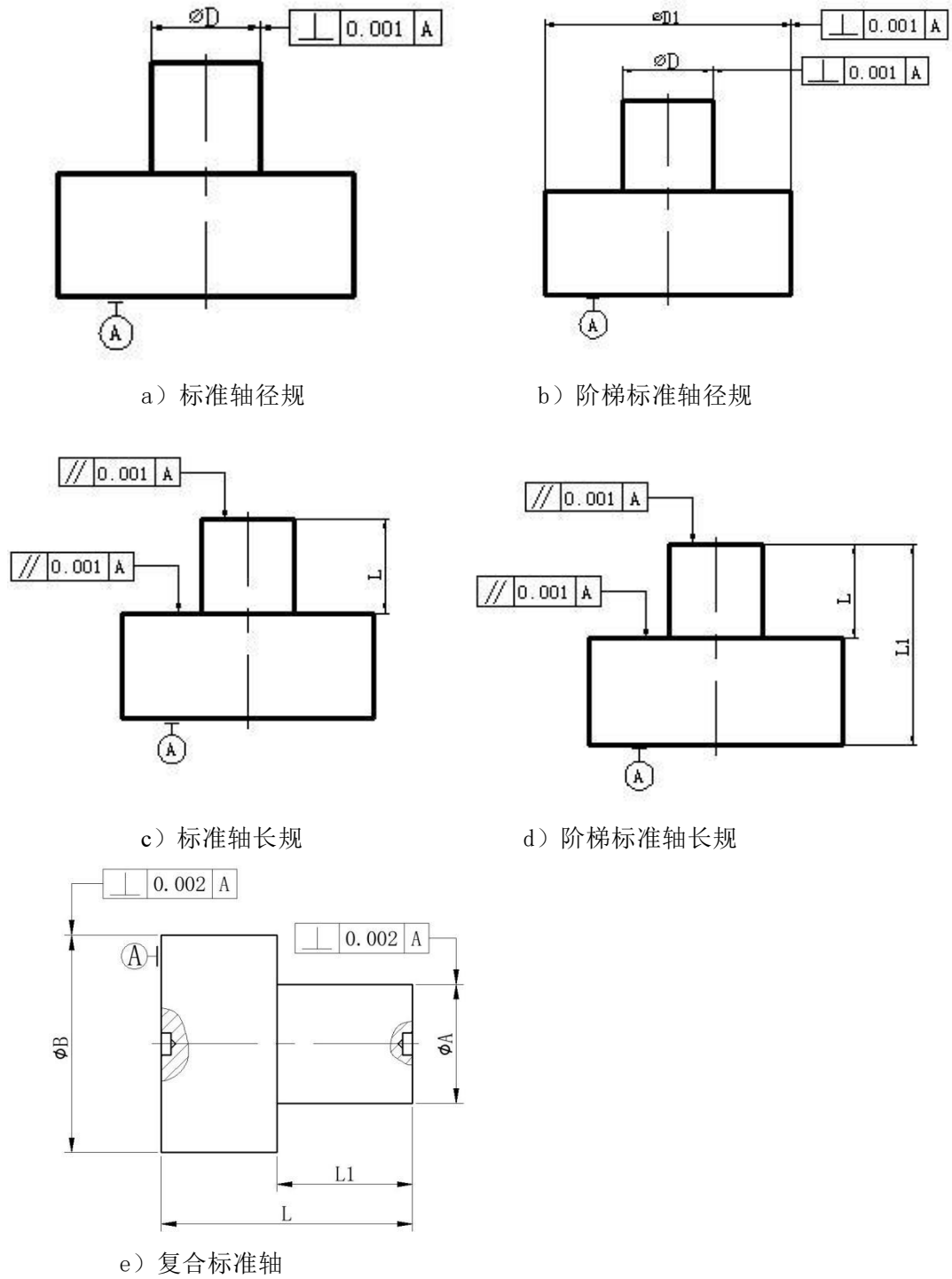


图 A 标准轴规

标准轴规测量点，具体内容参见表 A.1。

表 A.1 标准轴规测量点

单位：mm

标准轴规	标准轴径规	2	4	8	12	16	20
	标准轴长规	2	4	8	12	16	20

附录 B

轴类零件测量仪校准原始记录推荐格式

样品信息						
样品名称				出厂编号		
型号/规格				校准依据技术文件		
标准器信息						
标准器具名称	型号	测量范围	准确度等级/ 最大允许误差	溯源单位	溯源证书 编号	有效期

1 环境条件记录

表 1 环境条件

温度/℃		相对湿度	
------	--	------	--

2 外观及各部分相互作用检查

表 2 外观及各部分相互作用检查

项目	检查结果
外观检查	
各部分相互作用	

3 旋转载物台端面跳动

表 3 旋转载物台端面跳动

旋转载物台端面跳动/mm	
--------------	--

4 轴径探测系统示值误差

表 4 轴径探测系统示值误差

标称值 /mm	测量结果/ mm				平均值 /mm	标准规 实际值 /mm	示值误差 /μm	测量不确 定度 ($k=2$)
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次				

5 轴长探测系统示值误差

表 5 轴长探测系统示值误差

标称值 /mm	测量结果/ mm				平均值 /mm	标准规 实际值 /mm	示值误差 /μm	测量不确 定度 ($k=2$)
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次				

6 轴径探测系统示值重复性

表 6 轴径探测系统示值重复性

测量结果/ mm							重复性/μm
测量次数	1	2	3	4	5	6	
实测值							

7 轴长探测系统示值重复性

表 7 轴长探测系统示值重复性

测量结果/ mm							重复性/μm
测量次数	1	2	3	4	5	6	
实测值							

附录 C

校准证书内页推荐格式

校准时环境条件：
温度： 相对湿度：

校准项目	校准结果	测量不确定度（ $k=2$ ）
旋转载物台端面跳动/mm		/
轴径测量系统示值误差/ μm		
轴长测量系统示值误差/ μm		
轴径测量系统示值重复性/ μm		/
轴长测量系统示值重复性/ μm		/

附录 D

轴径测量系统示值误差的不确定度评定

D.1 概述

以测量直径为 $\Phi 20$ mm 的标准轴径规为例,对轴径测量系统示值误差进行测量不确定度评定。

D.2 测量不确定度评定

D.2.1 测量方法

将标准轴径规放置在旋转载物台上,使其下端与旋转载物台贴合,载物台转动,标准轴径规在导向块的作用下进入测量轨道,仪器轴径测量系统生成模板,将该标准规轴径实际值输入系统,建立标准测量模板。将标准轴径规顺时针旋转 90° 后,测量仪重复上述操作,读取标准轴径规在规定方向上轴径 d_i ,共测量4次,取4次测量结果的平均值 \overline{d}_i 作为仪器在该点的轴径测得值。

D.2.2 测量模型

$$\delta d = \overline{d}_i - d_s \quad (\text{D.1})$$

式中:

δd ——轴径测量系统示值误差, mm;

\overline{d}_i ——测量仪对标准轴径规的轴径进行四次测量的平均值, mm;

d_s ——第 i 个标准轴径规实际值, mm;

$$\delta d = f(x) = f(d_c, \delta\alpha, \alpha, d_b) \quad (\text{D.2})$$

式中:

$\delta\alpha$ ——标准轴径规与仪器的膨胀系数差, $^\circ\text{C}^{-1}$;

α ——温度偏离 20°C 的差值, $^\circ\text{C}$;

由于各输入量间不相关,根据不确定度传播率,得

$$u_c^2(d_i) = \sum_{i=1}^n c_i^2 u_i^2(x_i) u_c^2(d_i) = \sum_{i=1}^n c_i^2 u_i^2(x_i), \text{ 其中灵敏系数 } c_i = \frac{\partial f}{\partial(x_i)}。$$

D.2.3 测量不确定度的来源

D.2.3.1 仪器测量重复性引入的不确定度分量 u_1

D.2.3.2 标准轴径规溯源引入的不确定度分量 u_2

D.2.3.3 仪器与标准轴径规的线膨胀系数差引入的不确定度分量 u_3

D.2.3.4 测量时环境温度的影响引入的不确定度分量 u_4

D.2.4 测量不确定度的评定

使用标称直径为 $\Phi 20\text{mm}$ 标准轴径规校准轴类零件测量仪的轴径示值误差, 现对测量仪轴径测量的校准结果进行测量不确定度评定。

D.2.4.1 仪器测量重复性引入的不确定度分量 u_1

在重复性条件下, 对测量仪进行 6 次 ($n=6$) 轴径尺寸测量, 采用贝塞尔公式

$$s(d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} \approx 0.41 \mu\text{m}$$

依据轴类零件测量仪设计技术条件, 轴径探测系统测量重复性 $\leq 1 \mu\text{m}$, 两者取其大值, 则仪器测量重复性引入的不确定度分量 u_1 :

$$u_1 = 1 \mu\text{m}$$

D.2.4.2 标准轴径规溯源引入的不确定度分量 u_2

标准轴径规送上级计量机构校准, 由校准证书可知, 标称直径为 $\Phi 20 \text{ mm}$ 标准轴的测量不确定度为 $U=1 \mu\text{m}$, $k=2$, 则由溯源引入的不确定度分量为:

$$u_2 = 1 \mu\text{m} / 2 = 0.5 \mu\text{m}$$

D.2.4.3 仪器与标准轴径规的线膨胀系数差引入的不确定度分量 u_3

轴径测量系统的光栅膨胀系数为 $(7.6 \pm 1.5) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 标准轴径规的膨胀系数 $(11.5 \pm 1.5) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 则线膨胀系数差 $\delta \alpha$ 为 $3.9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 测量环境的温度波动 (相对于 20°C) 控制在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之内, 服从三角分布, 取 $k = \sqrt{6}$, 则引入的不确定度分量为:

$$u_3 = \frac{3.9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} \times 5^\circ\text{C} \times 20 \text{ mm} \approx 0.2 \mu\text{m}$$

D.2.4.4 测量环境温度的影响引入的不确定度分量 u_4

轴径测量系统与标准轴径规充分恒温后, 两者间的温度差估计在 $(-0.5 \sim +0.5) ^\circ\text{C}$ 内, 服从均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 则引入不确定度分量 u_4 :

$$u_4 = \frac{0.5^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} \times 3.9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 20 \text{ mm} \approx 0.023 \mu\text{m}$$

D.2.5 合成标准不确定度

测量不确定度分量汇总表见表 D.1。

表 D.1 测量不确定度分量汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i)$	灵敏系数 $c_i = \partial f / \partial x_i$
u_1	仪器测量重复性引入的不确定度分量	1 μm	1
u_2	标准轴径规溯源引入的不确定度分量	0.5 μm	-1
u_3	仪器与标准轴径规的线膨胀系数差引入的不确定度分量	0.2 μm	1
u_4	测量环境温度的影响引入的不确定度分量	0.023 μm	1

由于 u_1 , u_2 , u_3 , u_4 之间彼此独立不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \approx 1.14 \mu\text{m}$$

D.2.6 扩展不确定度

扩展不确定度 U , 考虑置信概率 $P=95\%$, 置信因子 $k=2$, 则:

$$U = k \times u_c = 2 \times 1.14 \approx 2.3 \mu\text{m}$$

根据上述分析, 同理可得其他直径尺寸的测量结果不确定度见表 D.2。

表 D.2 其他直径尺寸的测量结果不确定度

测量点/mm	不确定度分量/ μm				合成不确定度/ μm	扩展不确定度/ μm
	u_1	u_2	u_3	u_4	u_c	$U (k=2)$
5	1	0.5	0.05	0.006	1.12	2.3
10	1	0.5	0.10	0.012	1.13	2.3
15	1	0.5	0.15	0.017	1.13	2.3
20	1	0.5	0.20	0.023	1.14	2.3

附录 E

轴长测量系统示值误差的不确定度评定

E.1 概述

以测量长度为 20 mm 的标准轴长规为例, 对轴长测量系统示值误差进行不确定度评定。

E.2 测量不确定度评定

E.2.1 测量方法

将标准轴长规放置在旋转载物台上, 使其下端面与旋转载物台贴合, 载物台转动, 标准轴长规在导向块作用进入测量轨道, 仪器轴长测量系统生成模板, 将该标准规轴长实际值输入系统, 建立标准测量模板。将标准轴长规顺时针旋转 90° 后, 测量仪重复上述操作, 读取标准轴长规在规定方向上轴径 l_i , 共测量 4 次, 取 4 次测量结果的平均值 \bar{l}_i 作为仪器在该点的轴长测得值。

E.2.2 测量模型

$$\delta l = \bar{l}_i - l_s \quad (\text{E.1})$$

式中:

δl ——轴长测量系统示值误差, mm;

\bar{l}_i ——轴类零件测量仪第 i 个标准轴长规的轴长 4 次测量的平均值, mm;

l_s ——标准轴长规的轴长实际值, mm;

$$\delta l = f(x) = f(\bar{l}_i, \delta\alpha, \alpha, l_s) \quad (\text{E.2})$$

式中:

$\delta\alpha$ ——标准轴长规与仪器的膨胀系数差, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

α ——温度偏离 20℃ 的差值, $^{\circ}\text{C}$;

由于各输入量间不相关, 根据不确定度传播率, 得 $u_c^2(\delta d_i) = \sum_{i=1}^n c_i^2 u_i^2(x_i)$, 其中灵敏

$$\text{敏系数 } c_i = \frac{\partial \delta f}{\partial (x_i)}。$$

E. 2. 3 测量不确定度的来源

E. 2. 3. 1 仪器测量重复性引入的不确定度分量 u_1

E. 2. 3. 2 标准轴长规溯源引入的不确定度分量 u_2

E. 2. 3. 3 仪器与标准轴长规的线膨胀系数差引入的不确定度分量 u_3

E. 2. 3. 4 测量环境温度的影响引入的不确定度分量 u_4

E. 2. 4 测量不确定度的评定

使用标称长度为 20 mm 标准轴长规, 对轴类零件测量仪进行校准, 对测量仪长度测量的校准结果进行不确定度评定。

E. 2. 4. 1 仪器测量重复性引入的不确定度分量 u_1

在重复性条件下, 用测量仪连续测量 6 次 ($n=6$) 标准轴长规的长度, 采用贝塞尔

$$\text{公式 } s(d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} \text{ 获得轴长的测量重复性, 则:}$$

$$s(d) \approx 0.41 \mu\text{m}$$

依据轴类零件测量仪设计技术条件, 轴长探测系统测量重复性 $\leq 2 \mu\text{m}$, 两者取其大值, 因此仪器测量重复性引入的不确定度分量 u_1 :

$$u_1 = 2 \mu\text{m}$$

E. 2. 4. 2 标准轴长规溯源引入的不确定度分量 u_2

标准轴长规送上级计量机构校准, 由校准证书可知, 标称长度为 20mm 标准轴长规的测量不确定度为 $U = 1 \mu\text{m}$, $k = 2$, 则引入的不确定度分量为 u_2 :

$$u_2 = 1 \mu\text{m} / 2 = 0.5 \mu\text{m}$$

E. 2. 4. 3 仪器与标准轴长规的线膨胀系数差引入的不确定度分量 u_3

轴长测量系统测长光栅膨胀系数 $(7.6 \pm 1.5) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 标准轴长规的膨胀系数 $(11.5 \pm 1.5) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 线膨胀系数差 $\delta \alpha$ 为 $3.9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 测量环境的温度波动 (相对于 20°C) 控制在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之内, 服从三角分布 $k = \sqrt{6}$, 则引入不确定度分量为:

$$u_3 = \frac{3.9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} \times 5^\circ\text{C} \times 20 \text{ mm} \approx 0.2 \mu\text{m}$$

E. 2. 4. 4 测量环境温度的影响引入的不确定度分量 u_4

轴长测量系统与标准轴长规充分恒温后，两者间的温度差估计在 $(-0.5 \sim +0.5) ^\circ\text{C}$ 内，服从均匀分布 $k = \sqrt{3}$ ，则引入不确定度分量为：

$$u_4 = \frac{0.5^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} \times 3.9 \times 10^{-6} \text{C}^{-1} \times 20 \text{mm} \approx 0.023 \text{ }\mu\text{m}$$

E.2.5 合成标准不确定度

不确定度分量汇总表见表 E.1。

表 E.1 不确定度分量汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i)$	灵敏系数 $c_i = \partial f / \partial x_i$
u_1	仪器测量重复性引入的不确定度分量	$2\mu\text{m}$	1
u_2	标准轴长规溯源引入的不确定度分量	$0.5\mu\text{m}$	-1
u_3	仪器与标准轴长规的线膨胀系数差引入的不确定度分量	$0.2\mu\text{m}$	1
u_4	测量环境温度的影响引入的不确定度分量	$0.023\mu\text{m}$	1

由于 u_1 , u_2 , u_3 , u_4 之间彼此独立不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \approx 2.07 \text{ }\mu\text{m}$$

E.2.6 扩展不确定度

扩展不确定度 U ，考虑置信概率 $P=95\%$ ，置信因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 2 \times 2.07 \approx 4.2 \text{ }\mu\text{m}$$

根据上述分析，同理可得其他长度尺寸的测量结果不确定度见表 E.2。

表 E.2 不确定度分量汇总表

测量点/mm	不确定度分量/ μm				合成不确定度/ μm	扩展不确定度/ μm
	u_1	u_2	u_3	u_4	u_c	$U (k=2)$
5	2	0.5	0.05	0.006	2.06	4.2
10	2	0.5	0.10	0.012	2.06	4.2
15	2	0.5	0.15	0.017	2.07	4.2
20	2	0.5	0.20	0.023	2.07	4.2

中华人民共和国工业和信息化部
兵工民品计量技术规范
轴类零件测量仪校准规范

JJF(兵工民品) 0039—2024

版权所有不得翻印