



广东省地方计量检定规程

JJG (粤) 074—2023

齿轮千分尺

Micrometers for Measuring Gear

2023-1-28 发布

2023-3-1 实施

广东省市场监督管理局发布

齿轮千分尺 检定规程

JJG (粤) 074—2023

Verification Regulation of

Micrometers for Measuring Gear

归口单位：广东省市场监督管理局

主要起草单位：广东省计量科学研究院

参加起草单位：广东省珠海市质量计量监督检测所

广东省计量测试学会

本规程委托主要起草单位负责解释

本规程主要起草人：

卫作之（广东省计量科学研究院）

梁英奇（广东省计量科学研究院）

何世锐（广东省计量科学研究院）

参加起草人：

刘 薇（广东省计量科学研究院）

王 琨（广东省珠海市质量计量监督检测所）

刘小萍（广东省计量科学研究院）

刘震中（广东省计量测试学会）

目录

引言	(III)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 可换球测头	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 测力	(2)
5.2 微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离	(2)
5.3 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米刻线的相对位置	(2)
5.4 可换球测头的表面粗糙度	(2)
5.5 可换球测头的直径偏差	(2)
5.6 测微螺杆和测砧套上的可换球测头安装孔的孔径	(2)
5.7 数显齿轮千分尺的示值重复性	(2)
5.8 数显齿轮千分尺任意位置时数值漂移	(2)
5.9 可换球测头的对零误差	(2)
5.10 示值误差	(3)
5.11 数显齿轮千分尺细分误差	(3)
5.12 校对用量杆	(4)
6 通用技术要求	(4)
6.1 外观	(4)
6.2 各部位相互作用	(4)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(4)
7.2 检定项目和主要检定设备	(5)
7.3 检定方法	(5)

7.4 检定结果的处理	(8)
7.5 检定周期	(9)
附录 A 齿轮千分尺示值误差测量结果不确定度评定示例	(10)
附录 B 检定证书和检定结果通知书的内页格式	(16)

引言

JJF 1002-2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1010-1987《长度计量名词术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规程制订的基础性系列规范。

本规程参考了 JJG 21-2008 《千分尺》、GB/T 36175-2018《特殊结构的电子数显外径千分尺》和 JJG 343-2012《光滑极限量规》制定。

本规程为首次发布。

齿轮千分尺检定规程

1 范围

本规程适用于分度值 0.01 mm 或分辨力 0.001 mm，测量范围上限为 300 mm 齿轮千分尺和数显齿轮千分尺的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJG 343-2012 光滑极限量规

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语和计量单位

3.1 可换球测头 replaceable ball probe

一组可更换的具有规定几何尺寸的球形测头。

4 概述

齿轮千分尺是在测砧和测微螺杆之间插入可换球测头的一种特殊用途千分尺。主要用于测量各种齿轮节圆直径的滚柱外母线直径。齿轮千分尺按读数形式分为标尺式（见图 1）和数显式（见图 2）。

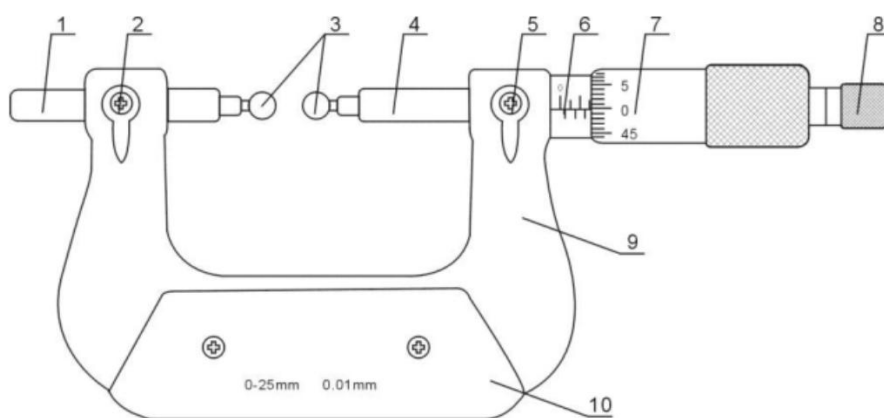


图 1 齿轮千分尺

1—测砧套；2—测砧套锁紧装置；3—可换球测头；4—测微螺杆；5—测微螺杆锁紧装置；

6—固定套筒；7—微分筒；8—测力装置；9—尺架；10—隔热装置

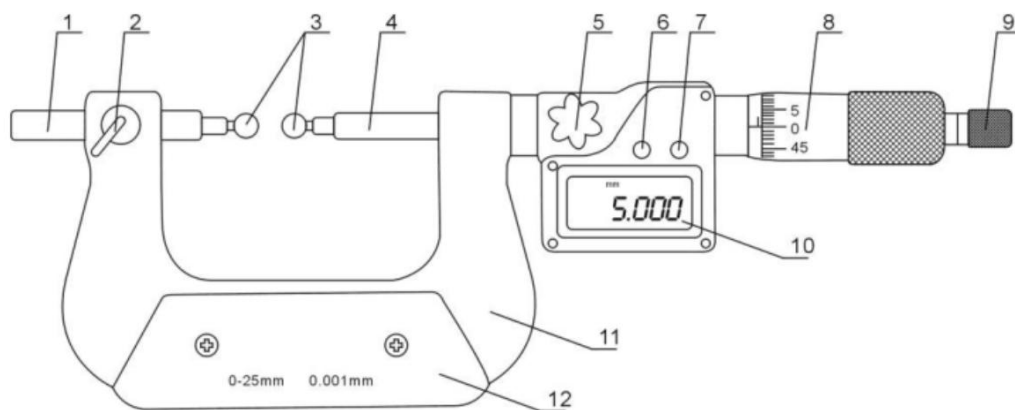


图 2 数显齿轮千分尺

1—测砧套；2—测砧套锁紧装置；3—可换球测头；4—测微螺杆；5—测微螺杆锁紧装置；
6—数显装置；7—功能键；8—微分筒；9—测力装置；10—显示屏；11—尺架；12—隔热装置

5 计量性能要求

5.1 测力

测力应为 (5~10) N。

5.2 微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离

微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离应不大于 0.4 mm。

5.3 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米刻线的相对位置

当测量下限调整正确后，微分筒上的零刻线与固定套管纵向刻线对准时，微分筒锥面的端面与固定套管毫米刻线右边缘应相切，若不相切，压线不大于 0.05 mm，离线不大于 0.10 mm。

5.4 可换球测头的表面粗糙度

可换球测头的表面粗糙度应不大于 $R_a 0.40 \mu\text{m}$ 。

5.5 可换球测头的直径偏差

可换球测头的直径偏差应不大于 $2 \mu\text{m}$ 。

5.6 测微螺杆和测砧套上的可换球测头安装孔的孔径

测微螺杆和测砧套上的可换球测头安装孔的孔径为 $\Phi 3.5 \text{ mm}$ 或 $\Phi 5 \text{ mm}$ ，公差为 H7。

5.7 数显齿轮千分尺的示值重复性

数显齿轮千分尺的示值重复性应不大于 $1 \mu\text{m}$ 。

5.8 数显齿轮千分尺任意位置时数值漂移

数显齿轮千分尺任意位置时数值漂移应不大于 $1 \mu\text{m/h}$ 。

5.9 可换球测头的对零误差

可换球测头的对零误差应不大于表 1 的规定。

表 1 可换球测头的对零误差

可换球测头直径 d (mm)	可换球测头的对零误差 (μm)
$d \leq 1$	4
$1 < d \leq 2$	3
$2 < d \leq 5$	2
$d > 5$	1

5.10 示值误差

齿轮千分尺示值的最大允许误差应不超过表 2 的规定。

对于测量上限大于 150 mm 的齿轮千分尺可以只检定测微头的示值误差，测微头各点相对于零点的示值的最大允许误差不超过 $\pm 3 \mu\text{m}$ 。

表 2 示值的最大允许误差

测量范围 (mm)	最大允许误差 (μm)
0~25, 25~50	± 4
50~75, 75~100	± 5
100~125, 125~150	± 6
150~175, 175~200	± 7
200~225, 225~250	± 8
250~275, 275~300	± 9

表 3 校对用量杆尺寸偏差和变动量

校对用量杆标称尺寸 (mm)	尺寸偏差 (μm)	变动量 (μm)
25, 50	± 2	1
75	± 3	1.5
100	± 3	2
125	± 4	2
150	± 4	2.5
175	± 5	2.5
200	± 5	3.5
225, 250	± 6	3.5
275	± 7	3.5

5.11 数显齿轮千分尺细分误差

数显齿轮千分尺数显装置的细分误差应不超过 $\pm 2\ \mu\text{m}$ 。

5.12 校对用量杆

校对用量杆尺寸偏差和变动量应不超过表 3 的规定。

6 通用技术要求

6.1 外观

6.1.1 齿轮千分尺及其校对用的量杆的表面不应有锈蚀、碰伤、毛刺、镀层脱落和明显划痕及影响外观质量的其它缺陷，标尺刻线应清晰、均匀，数显齿轮千分尺数字显示应清晰、完整。

6.1.2 测量上限大于 25 mm 的齿轮千分尺应附有校对用的量杆。齿轮千分尺应具有测力装置、隔热装置和锁紧装置。校对用的量杆应有隔热装置。

6.1.3 齿轮千分尺上应标有分度值或分辨力、测量范围、制造厂名（或商标）和出厂编号。

6.1.4 后续检定和使用中检查的齿轮千分尺及其校对用的量杆不应有影响使用性能及准确度的外观缺陷。

6.2 各部位相互作用

6.2.1 微分筒转动和测微螺杆的移动应平稳无卡滞现象。

6.2.2 可调或可换测砧的调整或装卸应顺畅，作用要可靠，调零和锁紧装置的作用应切实有效。

6.2.3 数显齿轮千分尺各工作按钮应灵活可靠。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

7.1 检定条件

表 4 室内温度及被检齿轮千分尺在室内平衡温度的时间

测量范围 (mm)	室内温度对 20 °C 的允许偏差 (°C)		平衡温度时间 (h)
	齿轮千分尺	校对用量杆	
~100	± 5	± 3	2
>100~300	± 4	± 2	3

7.1.1 环境条件

检定齿轮千分尺的室内温度和被检齿轮千分尺、校对用量杆及量块等检定用设备在室

内平衡温度的时间应符合表 4 的要求，室内湿度不大于 70%RH。

7.2 检定项目和主要检定设备

7.2.1 主要检定项目见表 5。

7.2.2 主要检定设备见表 5。

表 5 检定项目和检定设备

序号	检定项目	主要检定设备	检定类别		
			首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观	——	+	+	+
2	各部分相互作用	——	+	+	+
3	测力	千分尺测力仪：3.0 级，分度值不大于 0.2 N	+	+	-
4	微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离	塞尺 MPE：±12 μm 工具显微镜 MPE：(1μm+1×10 ⁻⁵ ×L)或读数显微镜 MPE：10 μm	+	-	-
5	微分筒锥面的端面与固定套筒毫米刻线的相对位置	——	+	+	-
6	可换球测头的表面粗糙度	表面粗糙度比较样块 MPE：+12% ~ -17%	+	-	-
7	可换球测头的直径误差	测长仪或测长机	+	+	-
8	测微螺杆和测砧套上的可换球测头安装孔的孔径	光滑极限量规：符合 JJG 343-2012《光滑极限量规》IT7 要求	+	-	-
9	数显齿轮千分尺的示值重复性	5 等量块	+	+	-
10	数显齿轮千分尺任意位置时数值漂移	——	+	-	-
11	可换球测头的对零误差	——	+	+	+
12	示值误差	4 等量块	+	+	+
13	数显齿轮千分尺细分误差	微分筒或 4 等量块	+	-	+
14	校对用量杆	光学计或测长机、测长仪 3 等量块	+	+	+

注：表中“+”表示应检定，“-”表示可不检定

7.3 检定方法

7.3.1 外观

按 6.1 的要求目视观察。

7.3.2 各部位相互作用

目视观察和手动试验。

7.3.3 测力

测力用分度值不大于 0.2 N 的千分尺测力仪进行检定。检定时，使千分尺球形工作面与测力仪工作面接触，然后转动测力装置 3 串响声，读取测力仪上的数值。

7.3.4 微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离

用 0.4 mm 塞尺置于固定套筒标尺标记面上以比较法测量，微分筒锥面的端面棱边上边缘不应高于塞尺的表面（见图 3），测量应在微分筒任意一周内不小于 3 个位置上进行。也可以用工具显微镜或读数显微镜进行测量。

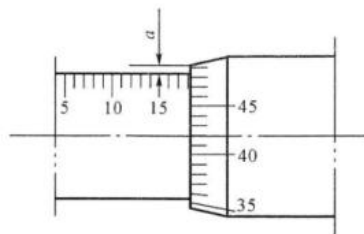


图 3 微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离

7.3.5 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米刻线的相对位置

当测量下限调整正确后，使微分筒锥面的端面与固定套管毫米刻线右边缘相切时，读取微分筒的零刻线与固定套管纵向刻线的偏移量（见图 4）。

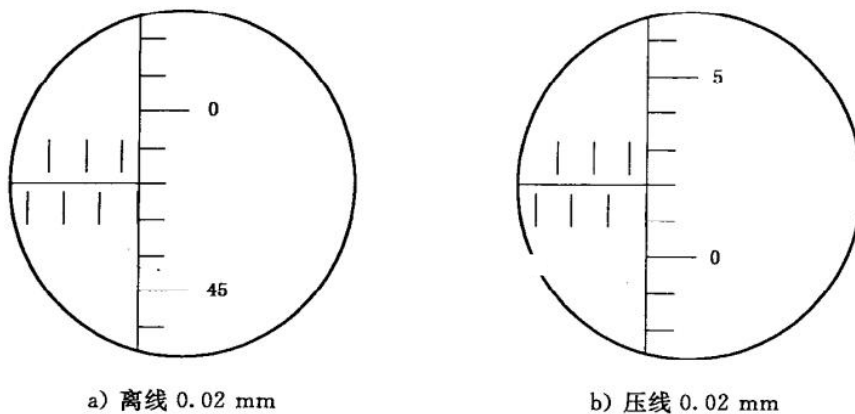


图 4 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米刻线的相对位置

7.3.6 可换球测头的表面粗糙度

用抛光加工 $Ra0.4 \mu m$ 的表面粗糙度比较样块比较测量。

7.3.7 可换球测头的直径偏差

测量时，在测长仪或测长机上安装两平面测帽，如图 5 所示，可换球测头尾杆（柄部）

轴线与测长仪或测长机平面测帽工作面平行。测量完成后，绕尾杆（柄部）轴线旋转 45° ，再测量，共 4 个位置，每个位置测量两次，取平均值。计算各个平均值与标称值之差，取其绝对值的最大值为检定结果。

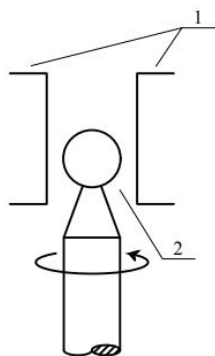


图 5 可换球测头直径偏差测量示意图

1—平面测帽；2—可换球测头

7.3.8 测微螺杆和测砧套上的可换球测头安装孔的孔径

用光滑极限量规进行测量。

7.3.9 数显齿轮千分尺的示值重复性

选取任意测量点，在重复性条件下连续测量 9 次，取 9 次示值中最大与最小之差的 $1/3$ 作为示值重复性。

7.3.10 数显齿轮千分尺任意位置时数值漂移

在测量范围内的任意位置锁紧测微螺杆，每隔 15 min 记录一次，观察 1 h 内显示值的变化不超过规定值。

7.3.11 可换球测头的对零误差

用测力装置驱动测微螺杆使两测头接触，从千分尺上读数。在测砧套上的可换球测头每旋转 90° 测量一次，随后将测微螺杆上的可换球测头旋转 180° 再测量一次，8 次读数值的最大值与最小值之差，即为可换球测头的对零误差。测量范围大于 25 mm 的齿轮千分尺，在两测头间借助测量范围下限尺寸的量块，按上述检定方法检定。

7.3.12 示值误差

用 4 等量块进行检定。各量程齿轮千分尺的受检点应均匀分布于测量范围的 5 个点上，推荐选取检定点见表 6。得出齿轮千分尺读数与相应量块实际尺寸的差值，各点上的示值误差均不应超过表 2 最大允许误差的要求。

齿轮千分尺示值误差 e 可由下式计算：

$$e=L_i-L_b \quad (1)$$

式中:

e ——齿轮千分尺的示值误差, mm;

L_i ——齿轮千分尺的读数值, mm;

L_b ——量块的实际长度, mm。

对于测量范围大于 25 mm 的齿轮千分尺应以相应的齿轮千分尺测量下限的量块对零。
对于测量上限大于 150 mm 的齿轮千分尺可以只检定测微头的示值误差, 用 4 等量块借助专用检具按 (0~25) mm 的齿轮千分尺受检点检定。

表 6 齿轮千分尺受检点

单位: mm

测量范围	受检点尺寸
0~25	5.12, 10.24, 15.36, 21.5, 25
大于 25	A+5.12, A+10.24, A+15.36, A+21.5, A+25
注: A 为齿轮千分尺的测量下限。	

7.3.13 数显齿轮千分尺细分误差

在测量范围任意位置上, 沿测量方向转动微分筒, 每间隔 0.04 mm 检定 1 次, 共检定 12 点, 分别读出各受检点数显装置的显示值与微分筒读数值之差。其最大差值应符合要求。
对于没有微分筒的数显齿轮千分尺, 可用量块检定。

7.3.14 校对用量杆

校对用量杆的尺寸及变动量在光学计或测长机、测长仪上采用 3 等量块以比较法进行检定, 检定平测量面的校对用量杆应采用球面测帽在其均匀分布的 5 点 (见图 6) 上进行检定, 各点尺寸偏差均不应超过表 3 中的规定, 5 点中的最大值与最小值之差即为校对用量杆两测量面的变动量。

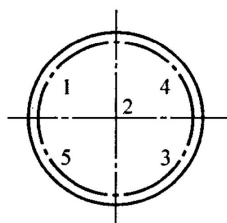


图 6 检定校对用量杆尺寸及变动性的示意图

7.4 检定结果的处理

7.4.1 经检定符合本规程要求的齿轮千分尺, 发给检定证书; 检定不合格的齿轮千分尺,

发给检定结果通知书，并注明不合格的项目。

7.4.2 检定证书和检定结果通知书的内页格式分别见附录 B.1 和附录 B.2

7.5 检定周期

检定周期可根据使用的具体情况确定，一般不超过 1 年，在此期间仪器经修理或对测量结果有疑问时，应及时送检。

附录 A

齿轮千分尺示值误差测量结果不确定度评定示例

A.1 测量方法

依据本规程,分度值 0.01 mm 齿轮千分尺示值误差是在规定条件下用 4 等量块进行检定的,下面仅对 (0~25) mm、(125~150) mm、(275~300) mm 齿轮千分尺的测量上限点示值误差进行检定结果的测量不确定度分析。

A.2 测量模型

齿轮千分尺的示值误差为:

$$e = L_m - L_b + L_m \cdot \alpha_m \cdot \Delta t_m - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b \quad (\text{A.1})$$

式中:

e —— 齿轮千分尺的示值误差, mm;

L_m —— 齿轮千分尺的示值, mm;

L_b —— 量块的实际长度, mm;

α_m 和 α_b —— 分别是齿轮千分尺和量块的热膨胀系数, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

Δt_m 和 Δt_b —— 分别是齿轮千分尺和量块偏离参考温度 20 $^{\circ}\text{C}$ 的数值, $^{\circ}\text{C}$ 。

A.3 方差和灵敏系数

$$\text{令: } \delta\alpha = \alpha_m - \alpha_b \quad \delta t = \Delta t_m - \Delta t_b$$

$\delta\alpha$ 估计为零, 但其不确定度非零, δt 估计为零, 但其不确定度非零。

舍弃高阶微分量

$$\text{取: } L \approx L_m \approx L_b \quad \alpha \approx \alpha_m \approx \alpha_b \quad \Delta t \approx \Delta t_m \approx \Delta t_b$$

$$\text{则: } e = L_m - L_b + L \cdot \Delta t \cdot \delta\alpha + L \cdot \alpha \cdot \delta t \quad (\text{A.2})$$

式中, 灵敏系数:

$$c_1 = \partial e / \partial L_m = 1$$

$$c_2 = \partial e / \partial L_b = -1$$

$$c_3 = \partial e / \partial \delta\alpha = L \cdot \Delta t$$

$$c_4 = \partial e / \partial \delta t = L \cdot \alpha$$

u_1 , u_2 , u_3 和 u_4 分别表示 L_m , L_b , $\delta\alpha$ 和 δt 的不确定度。

$$u_c^2 = u^2(e) = u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 \cdot u_3^2 + (L \cdot \alpha)^2 \cdot u_4^2 \quad (\text{A.3})$$

A.4 标准不确定度评定

A.4.1 测量重复性估算的不确定度分量 u_1 :

对分度值为 0.01 mm 测量范围 (0~25) mm 的齿轮千分尺, 在重复性条件下对 25 mm 点重复测量 10 次, 求得单次实验标准差 $s=0.42\ \mu\text{m}$, 具体数据见表 A.1-1

表 A.1-1

测序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值误差 (μm)	0	0	0	+1	0	0	+1	0	0	0

得:

$$u_1=s=0.42\ \mu\text{m}$$

对分度值为 0.01 mm 测量范围 (125~150) mm 的齿轮千分尺, 在重复性条件下对 150 mm 点重复测量 10 次, 求得单次实验标准差 $s=0.48\ \mu\text{m}$, 具体数据见表 A.1-2

表 A.1-2

测序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值误差 (μm)	0	0	+1	0	0	+1	0	0	+1	0

得:

$$u_1=s=0.48\ \mu\text{m}$$

对分度值为 0.01 mm 测量范围 (275~300) mm 的齿轮千分尺, 在重复性条件下对 300 mm 点重复测量 10 次, 求得单次实验标准差 $s=0.71\ \mu\text{m}$, 具体数据见表 A.1-3

表 A.1-3

测序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值误差 (μm)	0	0	+1	+1	0	+2	0	+1	0	0

得:

$$u_1=s=0.71\ \mu\text{m}$$

A.4.2 检定 4 等量块的测量不确定度分量 u_2 :A.4.2.1 对零量块的不确定度分量 u_{21} :

$L=25\ \text{mm}$ 时: 被检齿轮千分尺下限为零, 不用对零量块。故:

$$u_{21}=0.00\ \mu\text{m}$$

$L=150\text{ mm}$ 时：以 125 mm 量块对零，扩展不确定度为 $0.2+2\times 10^{-6}/L_n=0.45\text{ }\mu\text{m}$ ， $k=2.8$

$$u_{21}=0.45\mu\text{m}/2.8=0.16\text{ }\mu\text{m}$$

$L=300\text{ mm}$ 时：以 250 mm 和 25 mm 量块组合后对零，两块量块组合后按降一等使用，即 5 等 275 mm 量块的扩展不确定度为 $0.5+5\times 10^{-6}/L_n=1.88\text{ }\mu\text{m}$ ， $k=2.8$

$$u_{21}=1.88\mu\text{m}/2.8=0.67\text{ }\mu\text{m}$$

A.4.2.2 检定量块的不确定度分量 u_{22} ：

$L=25\text{ mm}$ 时：检定量块的扩展不确定度为 $0.25\text{ }\mu\text{m}$ ， $k=2.8$

$$u_{22}=0.25\mu\text{m}/2.8=0.09\text{ }\mu\text{m}$$

$L=150\text{ mm}$ 时：以 125 mm 和 25 mm 量块组合后检定，两块量块组合后按降一等使用，即 5 等 150 mm 量块的扩展不确定度为 $0.5+5\times 10^{-6}/L_n=1.25\text{ }\mu\text{m}$ ， $k=2.8$

$$u_{22}=1.25\mu\text{m}/2.8=0.45\text{ }\mu\text{m}$$

$L=300\text{ mm}$ 时：以 250 mm 和 50 mm 量块组合后检定，两块量块组合后按降一等使用，即 5 等 300 mm 量块的扩展不确定度为 $0.5+5\times 10^{-6}/L_n=2.00\text{ }\mu\text{m}$ ， $k=2.8$

$$u_{22}=2.00\mu\text{m}/2.8=0.71\text{ }\mu\text{m}$$

以上两项合成，得：

$L=25\text{ mm}$ 时：

$$u_2=\sqrt{u_{21}^2+u_{22}^2}=\sqrt{(0.00\mu\text{ m})^2+(0.09\mu\text{ m})^2}=0.09\text{ }\mu\text{m}$$

$L=150\text{ mm}$ 时：

$$u_2=\sqrt{u_{21}^2+u_{22}^2}=\sqrt{(0.16\mu\text{ m})^2+(0.45\mu\text{ m})^2}=0.48\text{ }\mu\text{m}$$

$L=300\text{ mm}$ 时：

$$u_2=\sqrt{u_{21}^2+u_{22}^2}=\sqrt{(0.67\mu\text{ m})^2+(0.71\mu\text{ m})^2}=0.98\text{ }\mu\text{m}$$

A.4.3 齿轮千分尺和量块间热膨胀系数差给出的不确定度分量 u_3 ：

取数显齿轮千分尺和量块线胀系数均为 $\alpha=(11.5\pm 1)\times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ，线胀系数差 $\delta\alpha$ 的界限为 $\pm 2\times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ， $\delta\alpha$ 为三角分布，有：

$$u_3=2\times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}/\sqrt{6}=0.816\times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

A.4.4 齿轮千分尺和量块间的温度差给出的不确定度分量 u_4 ：

齿轮千分尺和量块间有一定的温差存在，温差以等概率落于估计区间 $-0.3\text{ }^\circ\text{C}$ 至 $+0.3\text{ }^\circ\text{C}$

内任何处, 有:

$$u_4 = 0.3^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.17^\circ\text{C}$$

A.5 合成标准不确定度

A.5.1 主要标准不确定度汇总表 (见表 A.2-1、A.2-2、A.2-3)

表 A.2-1 主要标准不确定度汇总表 ($L=25\text{ mm}$)

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定值 $u(x_i)$	$c_i = \partial f / \partial x_i$	$ c_i \times u(x_i)$ (μm)
u_1	齿轮千分尺测量重复性	$0.42\text{ }\mu\text{m}$	1	0.42
u_2	量块的不确定度	$0.09\text{ }\mu\text{m}$	-1	0.09
u_{21}	对零量块	$0.00\text{ }\mu\text{m} / 2.8 = 0.00\text{ }\mu\text{m}$		
u_{22}	检定量块	$0.25\text{ }\mu\text{m} / 2.8 = 0.09\text{ }\mu\text{m}$		
u_3	齿轮千分尺和量块的热膨胀系数差	$2 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1} / \sqrt{6}$ $= 0.816 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t$	0.10
u_4	齿轮千分尺和量块的温度差	$0.3^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.17^\circ\text{C}$	$L \cdot \alpha$	0.05
$u_c^2 = 0.1973\text{ }\mu\text{m}^2$ $u_c = 0.44\text{ }\mu\text{m}$ $k=2$ $U = k \times u_c = 2 \times 0.44\text{ }\mu\text{m} \approx 0.9\text{ }\mu\text{m}$				

表 A.2-2 主要标准不确定度汇总表 ($L=150\text{ mm}$)

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定值 $u(x_i)$	$c_i = \partial f / \partial x_i$	$ c_i \times u(x_i)$ (μm)
u_1	齿轮千分尺测量重复性	$0.48\text{ }\mu\text{m}$	1	0.48
u_2	量块的不确定度	$0.48\text{ }\mu\text{m}$	-1	0.48
u_{21}	对零量块	$0.45\text{ }\mu\text{m} / 2.8 = 0.16\text{ }\mu\text{m}$		
u_{22}	检定量块	$1.25\text{ }\mu\text{m} / 2.8 = 0.45\text{ }\mu\text{m}$		
u_3	齿轮千分尺和量块的热膨胀系数差	$2 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1} / \sqrt{6}$ $= 0.816 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t$	0.49
u_4	齿轮千分尺和量块的温度差	$0.3^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.17^\circ\text{C}$	$L \cdot \alpha$	0.29
$u_c^2 = 0.7868\text{ }\mu\text{m}^2$ $u_c = 0.89\text{ }\mu\text{m}$ $k=2$ $U = k \times u_c = 2 \times 0.89\text{ }\mu\text{m} \approx 1.8\text{ }\mu\text{m}$				

表 A.2-3 主要标准不确定度汇总表 ($L=300\text{ mm}$)

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定值 $u(x_i)$	$c_i = \partial f / \partial x_i$	$ c_i \times u(x_i)$ (μm)
u_1	齿轮千分尺测量重复性	$0.71\text{ }\mu\text{m}$	1	0.71
u_2 u_{21} u_{22}	量块的不确定度 对零量块 检定量块	$0.98\text{ }\mu\text{m}$ $1.88\text{ }\mu\text{m}/2.8=0.67\text{ }\mu\text{m}$ $2.00\text{ }\mu\text{m}/2.8=0.71\text{ }\mu\text{m}$	-1	0.98
u_3	齿轮千分尺和量块的热膨胀系数差	$2 \times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} / \sqrt{6}$ $=0.816 \times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t$	0.98
u_4	齿轮千分尺和量块的温度差	$0.3\text{ }^\circ\text{C} \times (1/\sqrt{3})=0.17\text{ }^\circ\text{C}$	$L \cdot \alpha$	0.59
$u_c^2=2.7606\text{ }\mu\text{m}^2$ $u_c=1.66\text{ }\mu\text{m}$ $k=2$ $U=k \times u_c=2 \times 1.66\text{ }\mu\text{m} \approx 3.4\text{ }\mu\text{m}$				

A.5.2 合成标准不确定度

按规程要求, 检定齿轮千分尺时, 测量范围不超过 100 mm 的齿轮千分尺, 温度允许偏差 $\Delta t = \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$; 测量范围为 ($>100 \sim 300$) mm 时, 要求温度允许偏差 $\Delta t = \pm 4\text{ }^\circ\text{C}$ 。

$$u_c^2 = u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 \cdot u_3^2 + (L \cdot \alpha)^2 \cdot u_4^2$$

$$L=25\text{ mm}=25000\text{ }\mu\text{m}$$

$$\begin{aligned} u_c^2 &= (0.42\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.09\text{ }\mu\text{m})^2 + (25000\text{ }\mu\text{m} \times 5\text{ }^\circ\text{C} \times 0.816 \times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1})^2 \\ &\quad + (25000\text{ }\mu\text{m} \times 11.5 \times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \times 0.17\text{ }^\circ\text{C})^2 \\ &= (0.42\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.09\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.10\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.05\text{ }\mu\text{m})^2 \\ &= 0.1973\text{ }\mu\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$u_c=0.44\text{ }\mu\text{m}$$

$$L=150\text{ mm}=150000\text{ }\mu\text{m}$$

$$\begin{aligned} u_c^2 &= (0.48\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.48\text{ }\mu\text{m})^2 + (150000\text{ }\mu\text{m} \times 4\text{ }^\circ\text{C} \times 0.816 \times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1})^2 \\ &\quad + (150000\text{ }\mu\text{m} \times 11.5 \times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \times 0.17\text{ }^\circ\text{C})^2 \\ &= (0.48\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.48\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.49\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.29\text{ }\mu\text{m})^2 \\ &= 0.7868\text{ }\mu\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$u_c=0.89\text{ }\mu\text{m}$$

$$L=300\text{ mm}=300000\text{ }\mu\text{m}$$

$$\begin{aligned}u_c^2 &= (0.71\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.98\text{ }\mu\text{m})^2 + (300000\text{ }\mu\text{m} \times 4^\circ\text{C} \times 0.816 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1})^2 \\&\quad + (300000\text{ }\mu\text{m} \times 11.5 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1} \times 0.17^\circ\text{C})^2 \\&= (0.71\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.98\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.98\text{ }\mu\text{m})^2 + (0.59\text{ }\mu\text{m})^2 \\&= 2.7606\text{ }\mu\text{m}^2\end{aligned}$$

$$u_c = 1.66\text{ }\mu\text{m}$$

A5.3 扩展标准不确定度

取包含因子 $k=2$

$L=25\text{ mm}$ 时:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.44\text{ }\mu\text{m} = 0.88\text{ }\mu\text{m} \approx 0.9\text{ }\mu\text{m}$$

$L=150\text{ mm}$ 时:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.89\text{ }\mu\text{m} = 1.78\text{ }\mu\text{m} \approx 1.8\text{ }\mu\text{m}$$

$L=300\text{ mm}$ 时:

$$U = k \times u_c = 2 \times 1.66\text{ }\mu\text{m} = 3.32\text{ }\mu\text{m} \approx 3.4\text{ }\mu\text{m}$$

附录 B

检定证书和检定结果通知书的内页格式

B.1 检定证书内页格式

检定结果	
共 页，第 页	
一、	外观：
二、	各部分相互作用：
三、	测力：
四、	微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离：
五、	微分筒锥面的端面与固定套筒毫米刻线的相对位置：
六、	可换球测头的表面粗糙度：
七、	示值重复性：
八、	任意位置时数值漂移：
九、	可换球测头的对零误差：
十、	示值误差：
检定点 (mm)	示值误差 (μm)
十一、	细分误差
十二、	校对用量杆
检定结论：	
以下空白	

B.2 检定结果通知书内页格式

检定结果	
共 页，第 页	
一、 外观： 二、 各部分相互作用： 三、 测力： 四、 微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离： 五、 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米刻线的相对位置： 六、 可换球测头的表面粗糙度： 七、 示值重复性： 八、 任意位置时数值漂移： 九、 可换球测头的对零误差： 十、 示值误差：	
检定点（mm）	示值误差（μm）
十一、 细分误差： 十二、 校对用量杆： 检定结论： 检定不合格的项目和内容： 以下空白	

