

千分尺检定规程

1 范围

本规程适用于分度值为 0.01mm 测量范围至 500mm 的外径千分尺；测量范围至 25mm 的板厚、壁厚千分尺；以及分辨率为 0.001mm 或 0.0001mm, 测量范围至 99.999mm 的数显外径千分尺（以下简称千分尺）的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

- JJF1001—1998 通用计量术语及定义
 JJF1059—1999 测量不确定度评定与表示
 JJF1094—2002 测量仪器特性评定
 GB/T1216—2004 外径千分尺
 JB 6079—1992 电子数显外径千分尺
 JB/T2989—1999 板厚千分尺

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

千分尺是由尺架、测砧、测微螺杆、测力装置和锁紧装置等组成。如图 1，2，3，4，5，6，7，8 所示。

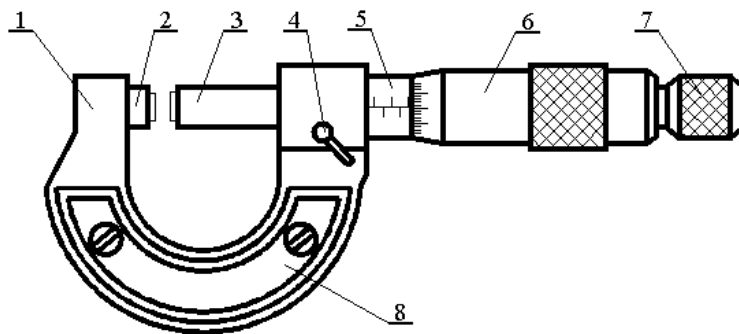


图 1 测砧为固定式的千分尺

- 1—尺架；2—测砧；3—测微螺杆；4—锁紧装置
 5—固定套管；6—微分筒；7—测力装置；8—隔热装置

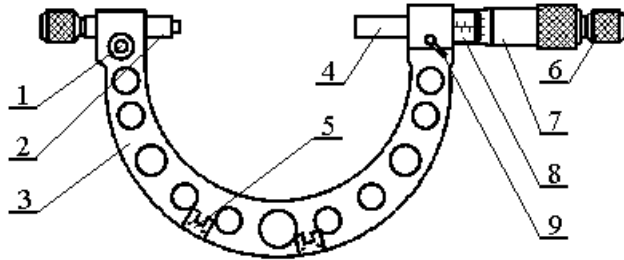


图2 测砧为可换式或可调式的千分尺

- 1— 测砧紧固螺钉；2—测砧；3—尺架；4—测微螺杆
5—隔热装置；6—测力装置；7—微分筒；8—固定套筒 9—锁紧装置

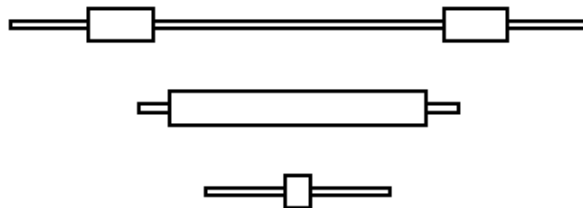


图3 校对用量杆

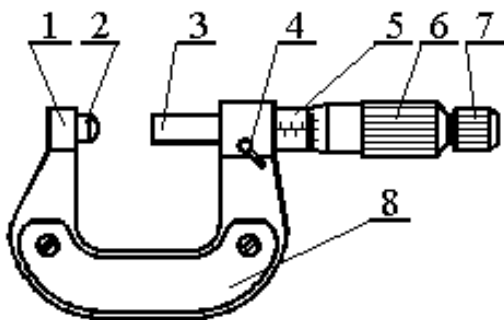


图4 壁厚千分尺

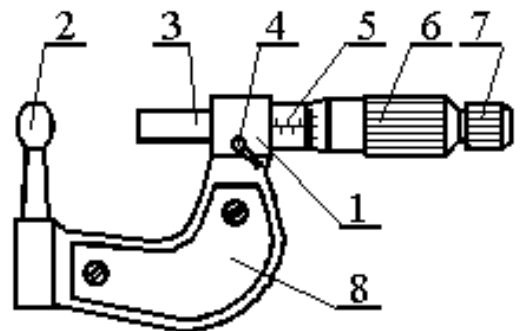


图5 壁厚千分尺

- 1—尺架；2—测砧；3—测微螺杆；4—锁紧装置
5—固定套管；6—微分筒；7—测力装置；8—隔热板

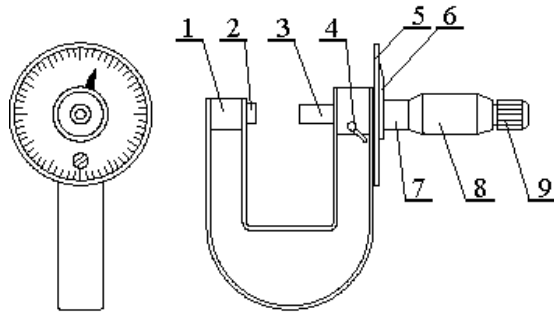


图 6 板厚千分尺

- 1—尺架；2—测砧；3—测微螺杆；4—锁紧装置；
5—刻度盘；6—指针；7—固定套管；8—微分筒；9—测力装置

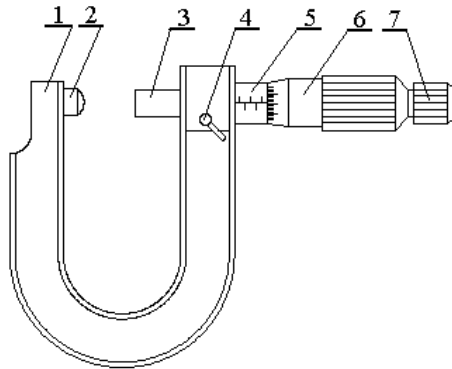


图 7 板厚千分尺

- 1—尺架；2—测砧；3—测微螺杆；4—锁紧装置；
5—固定套管；6—微分筒；7—测力装置

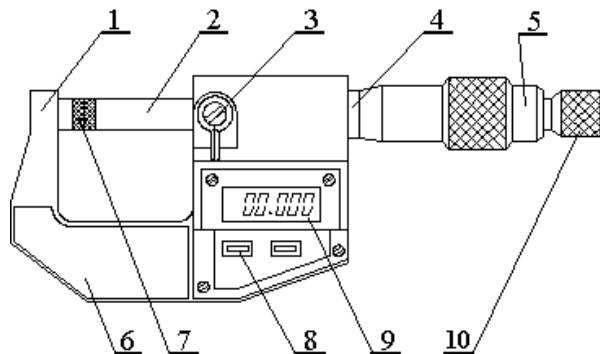


图 8 数显外径千分尺

- 1—尺架；2—测微螺杆；3—制动装置；4—固定装置；5—微分筒
6—隔热装置；7—测砧；8—按钮；9—显示器；10—测力装置

千分尺是应用螺旋副传动原理，将回转运动变为直线运动或利用螺旋副原理使尺架上两测量面间分隔的距离通过电子技术和显示装置进行读数的一种量具；主要用来测量各种外尺寸。

4 计量性能要求

4.1 测微螺杆的轴向串动和径向摆动

测微螺杆的轴向串动和径向摆动均不大于 0.01mm。

4.2 测砧与测微螺杆测量面的相对偏移

测砧与测微螺杆测量面的相对偏移量应不超过表 1 规定。

表 1 测砧与测微螺杆测量面的相对偏移量

mm

测量范围上限	偏移量	测量范围上限	偏移量
25	0.05	175	0.25
50	0.08	200,225	0.30
75	0.13	250,275,300	0.40
100	0.15	325,350,375	0.45
125	0.20	400,450	0.50
150	0.23	475,500	0.65

4.3 测力

千分尺的测力（系指工作面与球面接触时所作用的力）应为 5~10 N。

4.4 标尺标记宽度及宽度差

微分筒标尺标记宽度为（0.08~0.20）mm，固定套管上的标尺标记与微分筒上的标尺标记其宽度差均应不大于 0.03mm。带刻线盘的标尺标记其宽度为 0.20~0.30mm，宽度差应不大于 0.05mm。

4.5 指针与刻度盘相对位置

板厚千分尺刻度盘上的指针末端应盖住刻线盘短刻线长度的 30%~80%，指针末端上表面至刻线度盘表面的距离应不大于 0.7mm。指针末端与刻度盘刻线的宽度一致，差值应不大于 0.05mm。

4.6 微分筒锥面的端面棱边至固定套管标记面的距离

微分筒圆锥面棱边至固定套管标记表面的距离应不大于 0.4mm。

4.7 微分筒锥面的端面与固定套管标尺标记的相对位置

当测量下限调整正确后，微分筒上的零标记与固定套管纵向标记对准时，微分筒的端面与固定套管标尺标记右边缘应相切，若不相切，压线不大于 0.05mm，离线不大于 0.1mm。

4.8 测量面的平面度

外径千分尺测量面的平面度应不大于 $0.6\mu\text{m}$ 。壁厚千分尺测微螺杆测量面的平面度应不大于 $1.2\mu\text{m}$ ，板厚千分尺测量面的平面度应不大于 $1.5\mu\text{m}$ 。数显外径千分尺测量面平面度应不大于 $0.3\mu\text{m}$ 。

4.9 数显外径千分尺的示值变动性

数显外径千分尺的示值变动性应不大于 $1\mu\text{m}$ 。

4.10 数显外径千分尺的示值稳定性

在任意位置时的稳定性应不大于 $1\mu\text{m}/\text{h}$ 。

4.11 两测量面的平行度

当外径千分尺锁紧装置紧固与松开时两测量面的平行度应不大于表 2 规定。

表 2 外径千分尺两测量面的平行度

测量范围/mm	最大允许误差/ μm	两测量面的平行度/ μm
0~25, 25~50	± 4	2
50~75, 75~100	± 5	3
100~125, 125~150	± 6	4
150~175, 175~200	± 7	5
200~225, 225~250	± 8	6
250~275, 275~300	± 9	7
300~325, 325~350	± 10	9

350~375, 375~400	±11	11
400~425, 425~450	±12	
450~475, 475~500	±13	

板厚千分尺测量面的平行度应不大于 $4\mu\text{m}$ 。

数显外径千分尺两测量面平行度应不大于表 3 规定，紧固与松开时两测量面平行度变化应不大于 0.001mm 。

表 3 数显外径千分尺两测量面平行度

测量范围/mm	最大允许误差/ μm	两测量面的平行度/ μm
0~25	±2	1.0
25~50		1.5
50~75	±3	2.0
75~100		

4.12 示值误差

4.12.1 测微头的示值误差

测微头各点相对于零点的示值最大允许误差不超过 $\pm 3\mu\text{m}$ 。

4.12.2 千分尺的示值误差

外径千分尺示值的最大允许误差应不超过表 2 中的规定。

板厚、壁厚千分尺示值的最大允许误差应不超过 $\pm 8\mu\text{m}$ 。

数显外径千分尺示值的最大允许误差不超过表 3 规定

4.13 校对用的量杆

4.13.1 千分尺校对用量杆

校对用量杆的尺寸偏差和两测量面的平行度应不大于表 4 规定：

表 4 校对用量杆的尺寸偏差和两测量面的平行度

校对量杆标称尺寸/mm	尺寸偏差/ μm	平行度/ 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	±6	3.5
250	±6	3.5
275, 300	±7	3.5
325, 350, 375, 400	±9	4
425, 450, 475,	±11	5

4.13.2 数显外径千分尺校对用量杆

数显外径千分尺校对用量杆的尺寸偏差和两测量面的平行度公差如表 5 所示：

表 5 数显外径千分尺校对用量杆的尺寸偏差和两测量面的平行度

标称尺寸/mm	尺寸偏差/ μm	平行度/ μm
25	±1	1
50	±1.5	
75		

5 通用技术要求

5.1 外观

5.1.1 千分尺及其校对用的量杆不应有碰伤、锈蚀、带磁或其他缺陷，标尺刻线应清晰、均匀，数显外径千分尺数字显示应清晰。

5.1.2 千分尺应附有调整零位的工具，测量上限大于或等于 25mm 的千分尺应附有校对用的量杆。千分尺应具有测力装置、隔热装置和锁紧装置。校对量杆应用隔热装置。

5.1.3 千分尺上应标有分度值、测量范围、制造厂名（或厂标）及出厂编号。

5.1.4 使用中和修理后的千分尺及其校对用的量杆不应有影响使用准确度的外观缺陷。

5.2 各部分的相互作用

5.2.1 千分尺微分筒转动和测微螺杆的移动应平稳无卡住现象。

5.2.2 可调或换测砧的调整或装卸应顺畅，作用要可靠，锁紧装置的作用应切实有效。

5.2.3 带有表盘的千分尺，表针移动应灵活、无卡滞现象。

5.2.4 数显外径千分尺各工作按钮应灵活可靠。

6 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验。

6.1 检定条件

6.1.1 环境条件

检定千分尺的室内温度及被检千分尺在室内平衡温度的时间应符合表 6 的规定。

表 6 室内温度及被检千分尺在室内平衡温度的时间

受检千分尺 测量范围/mm	室内温度对 20℃ 的允许偏差/℃		平衡温度的时间/h
	千分尺	校对用的量杆	
~100	±5	±3	2
>100~500	±4	±2	3

6.1.2 检定设备

主要检定设备见表 7。

6.2 检定项目

检定项目见表 7。

表 7 检定项目

序号	受检项目	检定用的主要工具	首次检定	后续检定	使用中检验
1	外观	——	+	+	+
2	各部件相互作用	——	+	+	+
3	测微螺杆的轴向串动和径向摆动	杠杆千分表	+	+	-
4	测砧与测微螺杆测量面的相对偏移	平板、杠杆百分表或百分表	+	-	-
5	测力	专用测力仪	+	+	-
6	标尺标记宽度及宽度差	工具显微镜	+	-	-
7	指针与刻线盘的相对位置	塞尺	+	-	-
8	微分筒锥面的端面棱边至固定套管标记面的距离	工具显微镜、塞尺	+	-	-
9	微分筒锥面的端面与固定套管标尺标记的相对位置	——	+	+	-
10	测量面的平面度	2级平晶、1级刀口尺	+	+	-
11	两测量面的平行度	平行平晶、4等、5等量块、钢球检具	+	+	-
12	示值误差	4等、5等量块、或相应的专用量块	+	+	-
13	校对用量杆	光学计、测长机、4等量块	+	+	-
14	数显外径千分尺的示值变动性	4等量块、或相应的专用量块	+	+	-
15	数显外径千分尺的示值稳定性	——	+	+	+

注：“+”表示应该检定，“-”表示可不检定。

6.3 检定方法

6.3.1 外观

目力观察。

6.3.2 各部分的相互作用

试验和目力观察。

6.3.3 测微螺杆的轴向窜动和径向摆动

一般情况下用手感检查测微螺杆的轴向窜动和径向摆动。有异议时，可按下列方法检定。

6.3.3.1 测微螺杆的轴向窜动，用杠杆千分表检定。检定时，杠杆千分表与测微螺杆测量面接触，沿测微螺杆轴向方向分别往返加力 $3\text{N}\sim 5\text{N}$ ，如图 9 所示。杠杆千分表示值的变化，即为轴向窜动量。

6.3.3.2 测微螺杆的径向摆动亦用杠杆千分表检定。检定时，将测微螺杆伸出尺架 10mm 后，使杠杆千分表接触测微螺杆端部，再沿杠杆千分表测量方向加力 $2\sim 3\text{N}$ ，然后在相反方向加同样大小的力，此时杠杆千分表示值的变化即为径向摆动量。径向摆动的检定应在测微螺杆相互垂直的两个径向进行。此过程如图 10 所示。

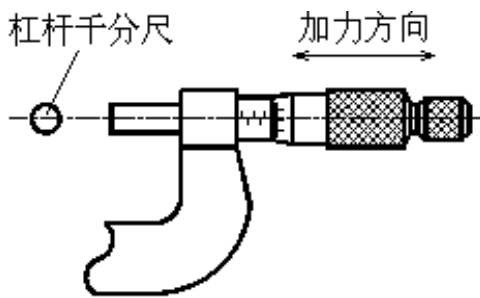


图 9

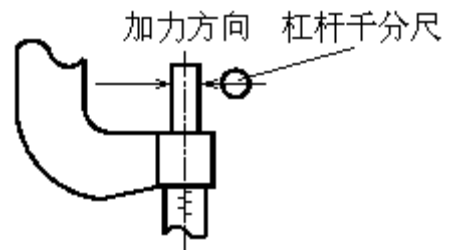


图 10

6.3.4 测砧与测微螺杆测量面的相对偏移

一般情况下目力观察千分尺测砧与测微螺杆测量面的相对偏移， $0\sim 25\text{mm}$ 的千分尺可使两测量面直接接触观察其偏移量，测量上限大于 25mm 千分尺可借助校对量杆进行检定。如有异议时，可按下列方法进行检查。

测量范围为 $0\sim 25\text{mm}$ 用塞尺比较；大于 $0\sim 25\text{mm}$ 的外径千分尺用专用检具测出偏位值。

在平板上用杠杆百分表检定；对于测量范围大于 300mm 的千分尺用百分表检定。检定时借助千斤顶放置在平板上，如图 11 所示，调整千斤顶使千分尺的测微螺杆与平板工作面平行，然后用百分表测出测砧与测微螺杆在这一方位上的偏移量 x ，然后将尺架侧转 90° ，按上述方法测出测砧与测微螺杆在

另一方位上的偏移量 y 。测砧与测微螺杆测量面的相对偏移量 Δ 按下式求得：

$$\Delta = \sqrt{x^2 + y^2}$$

此项检定也可用其它专用检具检定。

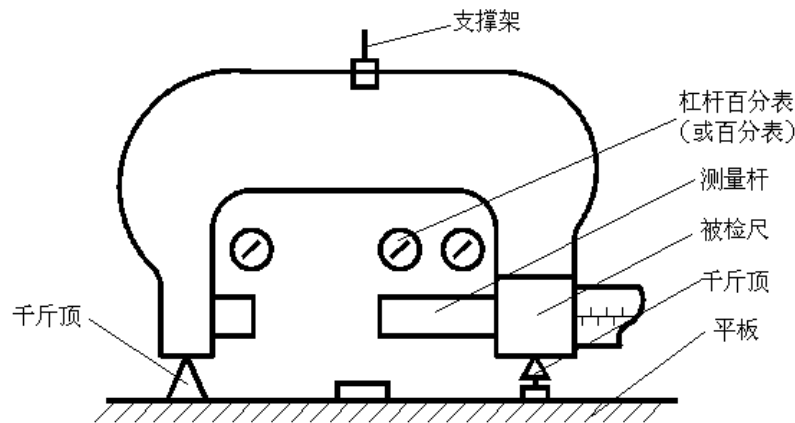


图 11 在平板上用杠杆百分表检定示意图

6.3.5 测力

用分度值不大于 0.2N 的专用测力计检定。检定时，使测量面与测力计的球工作面接触后进行。

6.3.6 标尺标记宽度及宽度差

在工具显微镜上检定。微分筒或刻线盘上的标记宽度至少任意抽检 3 条标记。此项检定也可采用满足不确定度要求的其它方法。

6.3.7 指针与刻线盘的相对位置

指针末端与刻度盘短刻线的相对位置可用目力估计。指针末端上表面至刻度盘表面的距离应用塞尺进行检定。上述检定应在刻度盘上均匀分布的 3 个位置上进行。指针末端与刻度盘的刻线的宽度差在工具显微镜上检定。此项检定也可采用满足不确定度要求的其它方法。

6.3.8 微分筒锥面的端面棱边至固定套管标记面的距离

在工具显微镜上检定。也可用 0.4mm 的塞尺置于固定套管刻线表面上用比较法检定。检定时在微分筒转动一周内不少于 3 个位置上进行。

6.3.9 微分筒锥面的端面与固定套管标尺标记的相对位置

当测量下限调整正确后，使微分筒锥面的端面与固定套管任意毫米标记的右边缘相切时，读取微分筒的零标记与固定套管纵向标记的偏移量。

6.3.10 测量面的平面度

对于新制的和修理后的千分尺，用二级平晶以技术光波干涉法检定，将平面平晶的测量面与千分尺测量面研合，调整平晶使测量面上的干涉环或干涉带的数目尽可能少。外径千分尺测量面不应出现 2 条以上、壁厚千分尺不应出现 4 条以上、板厚千分尺不应出现 5 条以上、数显千分尺不应出现 1 条以上相同颜色的干涉环或干涉带。

对于使用中的可用 1 级刀口尺用光隙法检定。

在距测量面边缘 0.4mm 范围内的平面度忽略不计。

6.3.11 两测量面的平行度

测量上限至 100mm 千分尺两测量面的平行度用四块厚度差为 $1/4$ 测微螺杆螺距的平行平晶检定。也可用量块检定，数显千分尺用 4 等量块检定，外径、壁厚、板厚千分尺用 5 等量块。测量上限大于 100mm 的千分尺两测量面的平行度用图 12 钢球检具检定。

两测量面的平行度也可用其他相应准确度的仪器检定。

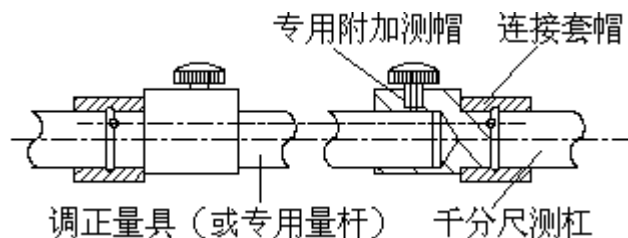


图 12

使用平行平晶检定时，依次将 4 块厚度差为 $1/4$ 螺距的平行平晶放入两测量面间，使两测量面与平行平晶接触，转动棘轮机构，并轻轻转动平晶，使两测量面出现的干涉环或干涉带数目减至最少。分别读取两测量面上的干涉条纹数，取两测量面上的干涉条纹数目之和与所用光的波长值的计算结果作为两测量面的平行度。利用平行平晶组中每一块平行平晶按上述程序分别进行检定，取其中最大值作为受检千分尺的两测量面平行度测量结果。

使用量块检定时，其尺寸彼此相差约为微分筒 1/4 测微螺杆螺距的四块量块进行。每个量块以其同一部位放入图 13 所示测量面间的 4 个位置上分别在微分筒上读数，并求出其差值。以四组差值中最大值作为被检千分尺两测量面的平行度。

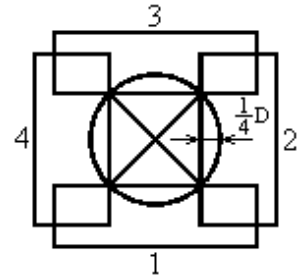


图 13

6.3.12 示值误差

外径、壁厚、板厚千分尺示值误差用 5 等专用量块检定，数显千分尺用 4 等专用量块检定。各种千分尺的受检点应均匀分布于测量范围的 5 点上。如表 8 中所示。得出千分尺示值与相应量块尺寸的差值，各点上的示值误差均不应超过表 2 或表 3 最大允许误差的要求。

测量上限大于 100mm 的千分尺，将专用量块依次研合在相当于千分尺测量范围下限的 5 等量块上依次进行检定。各点上的示值误差均不应超过表 2 或表 3 中的规定。对于测量范围大于 25mm 的千分尺应以相应的千分尺测量下限的量块对零。

表 8 各种千分尺的受检点

测量范围 /mm	受检点尺寸 /mm				
0~10mm	2.12	4.25	6.37	8.50	10
0~15mm	3.12	6.24	9.37	12.50	15
0~25mm	5.12	10.25	15.37	20.5	25
	或 5.12	10.24	15.36	21.5	25
大于 25mm	A+5.12	A+10.25	A+15.37	A+20.5	A+25
	或 A+5.12	A+10.24	A+15.36	A+21.5	A+25

注：表中 A 为千分尺的测量下限。

对于测量上限大于 150mm 的千分尺在平面度、平行度、测砧与测微螺杆测量面的相对偏移等计量性能均满足要求的情况下可以只检定测微头的示值误差。用专用量块借助专用检具按 0~25mm 的千分尺受检点检定。如图 14 所示。

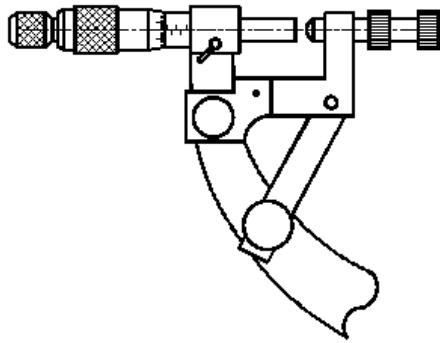
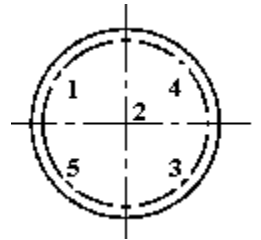


图 14

6.3.13 校对用量杆

校对用量杆的尺寸及测量面的平行度在光学计或测长机上采用 4 等量块用比较法进行检定。对于平测量面的校对用量杆应采用球面测帽在图 15 所示的 5 点进行检定，各点尺寸偏差均不应超过表 4 或表 5 中的规定。



对于球测量面的校对量杆,应用直径为 8mm 的平面测帽进行检定。 图 15

6.3.14 数显外径千分尺的示值变动性

在相同测量条件下重复测量五次分别读数。示值变动性以最大与最小读数的差值确定。

6.3.15 数显外径千分尺的示值稳定性

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

6.4 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的出具检定证书，校对用量杆应给出实测值。

不符合的出具检定结果通知书，并注明不合格项目。

6.5 检定周期

千分尺的检定周期可根据使用情况确定，一般最长不超过一年。

附录 A

千分尺示值误差测量结果的不确定度评定

A.1 测量方法

依据本规程,分度值为 0.01mm 的千分尺示值误差检定是在规定的条件下用 5 等量块进行的。下面仅对 (0-25) mm、(125-150) mm、(475-500) mm 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 数学模型

千分尺的示值误差 e :

$$e = L_m - L_b + L_m \cdot a_m \cdot \Delta t_m - L_b \cdot a_b \cdot \Delta t_b \dots\dots\dots (A.1)$$

式中: L_m ——千分尺的示值 (20℃条件下);

L_b ——量块的长度值 (20℃条件下);

a_m 和 a_b ——分别是千分尺的和量块的线胀系数;

Δt_m 和 Δt_b ——分别是千分尺和量块偏离参考温度 20℃的数值。

A.3 方差和灵敏度系数

在公式(1)中:

为简化运算,舍去后两项中微小量。令: $L \approx L_m \approx L_b$ $a \approx a_m \approx a_b$ $\Delta t \approx \Delta t_m \approx \Delta t_b$

为简化运算,转化相关项,令: $da = a_m - a_b$ $dt = \Delta t_m - \Delta t_b$

代入公式(1)后,经整理得:

$$e = L_m - L_b + L \cdot \Delta t \cdot da + L \cdot a \cdot dt \dots\dots\dots (A.2)$$

灵敏系数 c_i :

$$c_1 = \partial e / \partial L_m = 1 \quad ; \quad c_2 = \partial e / \partial L_b = -1 \quad ;$$

$$c_3 = \partial e / \partial da = L \cdot \Delta t \quad ; \quad c_4 = \partial e / \partial dt = L \cdot a$$

依据不确定度传播律公式,输出量 e 的估计值方差为:

$$\begin{aligned} u_c^2 = u^2(e) &= c_1^2 \cdot u_1^2 + c_2^2 \cdot u_2^2 + c_3^2 \cdot u_3^2 + c_4^2 \cdot u_4^2 \\ &= u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 \cdot u_3^2 + (L \cdot a)^2 \cdot u_4^2 \dots\dots\dots (A.3) \end{aligned}$$

A.4 标准不确定度一览表

L = 25mm

表 A.1

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i)$	$c_1 = \partial f / \partial x_1$	$ c_1 \times u(x_i) (\mu m)$
u_1	测量重复性	0.5 μm	1	0.5
u_2 u_{21} u_{22}	检定用量块 对零量块 读数量块	0.233 0 0.233 μm	1	0.233
u_3	千分尺和量块的线胀系数差	$0.816 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t$	0.102
u_4	千分尺和量块的温度差	0.173 $^\circ\text{C}$	$L \cdot a$	0.05
$u_c = 0.56 \mu m$				

L =150mm

表 A.2

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i)$	$c_1 = \partial f / \partial x_1$	$ c_1 \times u(x_i) (\mu m)$
u_1	测量重复性	0.5 μm	1	0.5
u_2 u_{21} u_{22}	检定用量块 对零量块 读数量块	0.661 μm 0.47 μm 0.465 μm	1	0.661
u_3	千分尺和量块的线胀系数差	$0.816 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t$	0.49
u_4	千分尺和量块的温度差	0.173 $^\circ\text{C}$	$L \cdot a$	0.298
$u_c = 1.01 \mu m$				

L =500mm

表 A.3

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i)$	$c_1 = \partial f / \partial x_1$	$ c_1 \times u(x_i) (\mu m)$
u_1	测量重复性	0.5 μm	1	0.5
u_2 u_{21} u_{22}	检定用量块 对零量块 读数量块	1.056 μm 1.03 μm 0.233 μm	1	1.056

u_3	千分尺和量块的线胀系数差	$0.816 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t$	1.632
u_4	千分尺和量块的温度差	0.173 $^\circ\text{C}$	$L \cdot a$	0.995
$u_c = 2.24 \text{ } \mu\text{m}$				

A.5 标准不确定度分量的计算

A.5.1 测量重复性引起的不确定度分量 u_1

选择(125-150)mm的千分尺,对150mm点用量块进行测量,在重复性条件下,重复测量10次,经计算得出单次测量实验标准差 $S = 0.5 \text{ } \mu\text{m}$ 。

则:

$$u_1 = s = 0.5 \text{ } \mu\text{m}$$

A.5.2 检定用量块的测量不确定度分量 u_2

5等量块的测量不确定度为 $U = (0.5+5L) \text{ } \mu\text{m}$ 。取 $k = 2.58$

A.5.2.1 对零量块的不确定度分量 u_{21}

千分尺测量上限 $L = 25 \text{ mm}$ 时:

被检千分尺下限为零,不用对零量块。

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

千分尺测量上限 $L = 150 \text{ mm}$ 时:

以125mm量块对零,不确定度为 $1.2 \text{ } \mu\text{m}$, $k = 2.58$ 。

$$u_{21} = 1.2 / 2.58 = 0.47 \text{ } \mu\text{m}$$

千分尺测量上限 $L = 500 \text{ mm}$ 时:

以400mm与75mm量块研合后对零, $k = 2.58$ 。

$$u_{21} = \sqrt{\left(\frac{2.5}{2.58}\right)^2 + \left(\frac{0.9}{2.58}\right)^2} = 1.03 \text{ } \mu\text{m},$$

A.5.2.2 读数用量块的不确定度分量 u_{22}

千分尺测量上限 $L = 25 \text{ mm}$ 时:

检定该点用25mm量块的不确定度为 $0.6 \text{ } \mu\text{m}$, $k = 2.58$ 。

$$u_{22} = 0.6 / 2.58 = 0.233 \text{ } \mu\text{m}$$

千分尺测量上限 $L = 150 \text{ mm}$ 时:

检定该点用150mm量块的不确定度为 $1.2 \text{ } \mu\text{m}$, $k = 2.58$ 。

$$u_{22} = 1.2 / 2.58 = 0.465 \text{ } \mu\text{m}$$

千分尺测量上限 $L = 500 \text{ mm}$ 时:

要求检定（0—25）mm测微头的示值误差。

故：检定该点用 25 mm量块的不确定度为 $0.6 \mu\text{m}$ ， $k = 2.58$ 。

$$u_{22} = 0.6 / 2.58 = 0.233 \mu\text{m}$$

以上两项合成，得：

$L = 25 \text{ mm}$ 时：

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2} = \sqrt{0.00^2 + 0.233^2} = 0.233 \mu\text{m}$$

$L = 150 \text{ mm}$ 时：

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2} = \sqrt{0.47^2 + 0.465^2} = 0.661 \mu\text{m}$$

$L = 500 \text{ mm}$ 时：

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2} = \sqrt{1.03^2 + 0.233^2} = 1.056 \mu\text{m}$$

A.5.3 千分尺和量块间线胀系数差给出的不确定度分量 u_3

取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 $d\alpha$ 的界限为 $\pm 2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，服从为三角分布。故： $k = \sqrt{6}$

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

A.5.4 千分尺和量块间的温度差给出的不确定度分量 u_4

千分尺和量块间有一定的温度差存在，并以等概率落于估计区间为 $(-0.3 \text{ — } +0.3) \text{ } ^\circ\text{C}$ 内。

故： $k = \sqrt{3}$

$$u_4 = 0.3 \text{ } ^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.173 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A.6 合成标准不确定度

检定千分尺时，测量范围不超过 100mm 时，规程要求温度允许偏差 $\Delta t = \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ；大于 100mm 时，要求 $\Delta t = \pm 4 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，线胀系数取 $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$L = 25 \text{ mm}$ 时：

$$L = 25 \text{ mm} = 0.025 \times 10^6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} u_c^2 &= u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 \cdot u_3^2 + (L \cdot \alpha)^2 \cdot u_4^2 \\ &= 0.5^2 + 0.233^2 + (0.025 \times 10^6 \times 5 \times 0.816 \times 10^{-6})^2 \\ &\quad + (0.025 \times 10^6 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.173)^2 \\ &= 0.317 \mu\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$u_c = 0.56 \mu\text{m}$$

$L = 150 \text{ mm}$ 时：

$$L = 150 \text{ mm} = 0.15 \times 10^6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} u_c^2 &= u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 \cdot u_3^2 + (L \cdot a)^2 \cdot u_4^2 \\ &= 0.5^2 + 0.661^2 + (0.15 \times 10^6 \times 4 \times 0.816 \times 10^{-6})^2 \\ &\quad + (0.15 \times 10^6 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.173)^2 \\ &= 1.016 \mu \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$u_c = 1.01 \mu \text{ m}$$

$L = 500 \text{ mm}$ 时:

$$L = 500 \text{ mm} = 0.5 \times 10^6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} u_c^2 &= u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 \cdot u_3^2 + (L \cdot a)^2 \cdot u_4^2 \\ &= 0.5^2 + 1.056^2 + (0.5 \times 10^6 \times 4 \times 0.816 \times 10^{-6})^2 \\ &\quad + (0.5 \times 10^6 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.173)^2 \\ &= 5.018 \mu \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$u_c = 2.24 \mu \text{ m}$$

A.7 扩展不确定度

经计算，有效自由度值较高，取置信因子 $k=2$ 。

$L = 25 \text{ mm}$ 时:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.56 = 1.1 \mu \text{ m}$$

$L = 150 \text{ mm}$ 时:

$$U = k \times u_c = 2 \times 1.01 = 2.0 \mu \text{ m}$$

$L = 500 \text{ mm}$ 时:

$$U = k \times u_c = 2 \times 2.24 = 4.5 \mu \text{ m}$$

经分析，检定示值误差的扩展不确定度与其千分尺最大允许误差的绝对值之比满足三分之一关系，可以开展检定。

附录 B

检定证书和检定结果通知书内页格式

B.1 检定证书内页格式

检 定 结 果

温度： ℃ 相对湿度： %

序号	主要检定项目	检定结果
1	千分尺的示值误差	
2		
3		

检定依据：JJG××××-××××《千分尺检定规程》

注： 检定结果，应给出量化的值（不要简单给“合格”二字）。

B.2 检定结果通知书内页格式

具体要求同 B.1，并指出不合格项目。
