



浙江省地方计量技术规范

JJF (浙) 1134—2017

微米千分尺校准规范

Calibration Specification for Micrometer With μm Reading

2017-03-30 发布

2017-05-01 实施

浙江省质量技术监督局 发布

微米千分尺校准规范
Calibration Specification for
Micromete With μm Reading

JJF(浙)1134-2017

归口单位：浙江省质量技术监督局

主要起草单位：台州市计量技术研究院

浙江省计量科学研究院

参加起草单位：浙江省方正校准有限公司

本规范委托台州市计量技术研究院负责解释

主要起草人：

李岳求（台州市计量技术研究院）

徐 欣（台州市计量技术研究院）

黄元津（台州市计量技术研究院）

陈 康（台州市计量技术研究院）

陆 益（浙江省计量科学研究院）

黄伟城（浙江省计量科学研究院）

参加起草人：

汪正亚（浙江省方正校准有限公司）

目 录

引言	(III)
1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 测微螺杆的轴向窜动和径向摆动	(2)
4.2 测砧测量面与测微螺杆测量面的相对偏移量	(2)
4.3 微米游标筒与微分筒标尺标记面连接处的轴向间隙	(2)
4.4 微米游标筒与固定套筒圆周方向的相对位移	(2)
4.5 标尺标记宽度及宽度差	(3)
4.6 测力	(3)
4.7 微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离	(3)
4.8 微米游标筒与微分筒两标尺标记面之差	(3)
4.9 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米标尺标记的相对位置	(3)
4.10 零值误差	(3)
4.11 测量面的表面粗糙度	(3)
4.12 测量面的平面度	(3)
4.13 两测量面的平行度	(3)
4.14 示值误差	(4)
4.15 校对用量杆尺寸和尺寸变动量	(4)
5 校准条件	(4)
5.1 环境条件	(4)
5.2 校准项目和校准设备	(5)
6 校准方法	(5)
6.1 测微螺杆的轴向窜动和径向摆动	(5)
6.2 测砧测量面与测微螺杆测量面的相对偏移量	(7)
6.3 微米游标筒与微分筒标尺标记面连接处的轴向间隙	(7)
6.4 微米游标筒与固定套筒圆周方向的相对位移量	(7)

6.5	标尺标记宽度及宽度差·····	(8)
6.6	测力·····	(8)
6.7	微分筒锥面的端面至固定套筒标尺标记面的距离·····	(8)
6.8	微米游标筒与微分筒两标尺标记面之差·····	(8)
6.9	微分筒锥面的端面与固定套筒毫米标尺标记的相对位置·····	(8)
6.10	零值误差·····	(9)
6.11	测量面的表面粗糙度·····	(9)
6.12	测量面的平面度·····	(9)
6.13	两测量面的平行度·····	(9)
6.14	示值误差·····	(9)
6.15	校对用量杆尺寸和尺寸变动量·····	(10)
7	校准结果表达·····	(10)
8	复校时间间隔·····	(10)
附录 A	微米千分尺示值误差测量结果不确定度评定·····	(11)
附录 B	校准证书或校准报告内容·····	(15)

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》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JB/T10032-1999《微米千分尺》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本技术规范首次发布。

微米千分尺校准规范

1 范围

本规范适用于分度值为 0.001mm、0.002mm，测量上限至 100mm 的微米千分尺的校准。

2 引用文件

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

JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JB/T 10032-1999 微米千分尺

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）适用本规范。

3 概述

微米千分尺是应用螺旋副原理，将回转运动变为直线运动的计量器具，主要用于测量各种工件的外尺寸。它由尺架、固定测砧、测微螺杆、测力装置、锁紧装置和读数装置等组成。其外形结构如图 1、图 2、图 3 所示。

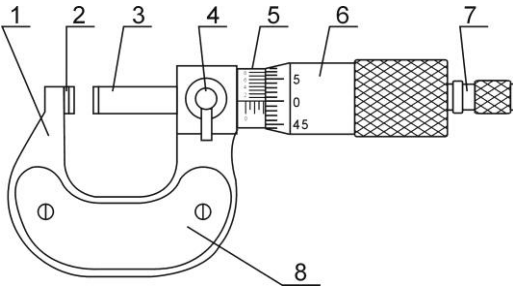


图 1 I 型微米千分尺

1—尺架 2—固定测砧 3—测微螺杆 4—锁紧装置 5—固定套筒 6—微分筒 7—测力装置 8—护板装置

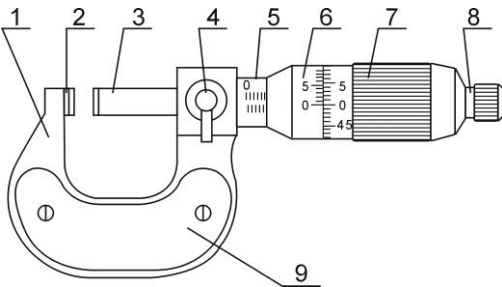


图 2 II 型微米千分尺

1—尺架 2—固定测砧 3—测微螺杆 4—锁紧装置 5—固定套筒 6—微米游标筒 7—微分筒 8—测力装置 9—护板装置

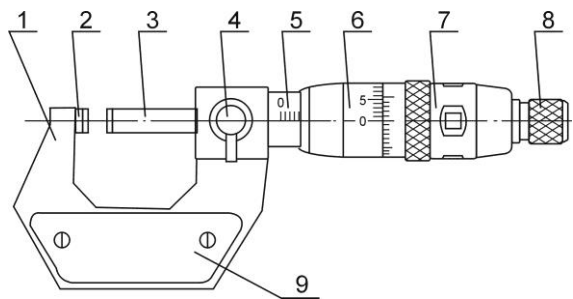


图 3 III型微米千分尺

1—尺架 2—固定测砧 3—测微螺杆 4—锁紧装置 5—固定套筒 6—微米游标筒 7—微分筒
8—测力装置 9—护板装置

4 计量特性

4.1 测微螺杆的轴向窜动和径向摆动

测微螺杆的轴向窜动和径向摆动应不大于 0.01mm。

4.2 测砧测量面与测微螺杆测量面的相对偏移量

测砧与测微螺杆测量面的偏移量应不超过表 1 的规定。

表 1 测砧与测微螺杆测量面的偏移量

测量范围上限/ mm	偏移量/ mm
15	0.05
25	0.05
50	0.08
75	0.13
100	0.15

4.3 微米游标筒与微分筒刻线面连接处的轴向间隙

II 型和 III 型微米千分尺的微米游标筒与微分筒标尺标记面连接处的轴向间隙应不大于 0.1mm。

4.4 微米游标筒与固定套筒圆周方向的相对位移量

II 型和 III 型微米千分尺的微米游标筒与固定套筒圆周方向的相对位移在测微头上的位移量应不大于 0.001mm。

4.5 标尺标记宽度及宽度差

I 型微米千分尺固定套筒上的纵标尺标记与游标标尺标记, II 型和 III 型微米千分尺微米游标筒上的标尺标记及微分筒上的标尺标记宽度应为 $(0.15 \sim 0.20)$ mm, 标尺标记的宽度差不大于 0.03 mm。

4.6 测力

微米千分尺的平测微头与量具测力仪球面接触时的测量力为 $(6 \sim 10)$ N。

4.7 微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离

I 型微米千分尺固定套筒上纵标尺标记表面至微分筒锥面棱边的距离应不大于 0.4 mm。

4.8 微米游标筒与微分筒两标尺标记面之差

II 型和 III 型微米千分尺的微米游标筒与微分筒两标尺标记面之差应不大于 0.03 mm。

4.9 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米标尺标记的相对位置

当微分筒零标尺标记与固定套筒纵向标尺标记对准时, 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米标尺标记右边缘应相切, 若不相切, 压线不大于 0.05 mm, 离线不大于 0.10 mm。

4.10 零值误差

微米千分尺对零位时, 微米游标筒标尺标记上的零标尺标记和尾标尺标记与微分筒上相应标尺标记的重合度应不大于表 2 的规定。

表 2 零值误差

零标尺标记的重合度/ mm	尾标尺标记的重合度/ mm
0.005	0.05

4.11 测量面的表面粗糙度

微米千分尺和校对用量杆测量面的表面粗糙度 Ra 值为 $0.05 \mu\text{m}$ 。

4.12 测量面的平面度

微米千分尺测量面的平面度不大于 $0.6 \mu\text{m}$ 。

4.13 两测量面的平行度

微米千分尺锁紧装置紧固和松开时, 微米千分尺两测量面的平行度不超过表 3 的规定。

4.14 示值误差

微米千分尺示值误差不超过表 3 的规定。

表 3 示值误差

测量范围/mm	两测量面的平行度/ μm	最大允许误差/ μm
0~15	1	± 2
0~25		
25~50	1.5	
50~75	2	± 3
75~100		

4.15 校对用量杆尺寸和尺寸变动量

微米千分尺校对用量杆的尺寸偏差和变动量不超过表 4 规定。

表 4 校对用量杆尺寸和尺寸变动量

校对量杆标称尺寸/mm	尺寸的最大允许误差/ μ m	变动量/ μ m
15	±1	1
25		
50	±1.5	
75		

注：校准工作不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

微米千分尺和校对用的量杆的室内温度和室内平衡温度的时间应在表 5 范围内。

表 5 室内温度和室内平衡温度

测量范围/mm	室内温度对 20℃ 的允许偏差/℃		平衡温度的时间/h
	微米千分尺	校对用的量杆	
(0~100)	± 5	± 3	2

5.2 校准项目和校准器及配套设备

微米千分尺的校准项目和标准器及配套设备见表 6。

表 6 校准项目和标准器及配套设备

序号	校准项目	标准器及配套设备
1	测微螺杆的轴向窜动和径向摆动	1 级检验平板、2 级杠杆千分表 测力计 MPE: $\pm 2.0\%$
2	测砧测量面与测微螺杆测量面的相对偏移量	1 级检验平板、百分表 MPEV: $20\ \mu\text{m}$ 测力计 MPE: $\pm 2.0\%$
3	微米游标筒与微分筒标尺标记面连接处的轴向间隙	塞尺 MPE: $\pm 0.012\text{mm}$
4	微米游标筒与固定套筒圆周方向的相对位移量	—
5	标尺标记宽度及宽度差	工具显微镜 MPE: $\pm (1+L/100)\ \mu\text{m}$ 读数显微镜 MPEV: 0.01mm
6	测力	量具测力仪 MPE: $\pm 2.0\%$
7	微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离	工具显微镜 MPE: $\pm (1+L/100)\ \mu\text{m}$ 读数显微镜 MPEV: 0.01mm 、塞尺 MPE: $\pm 0.012\text{mm}$
8	微米游标筒与微分筒两标尺标记面之差	塞尺 MPE: $\pm 0.012\text{mm}$
9	微分筒锥面的端面与固定套筒毫米标尺标记的相对位置	—
10	零值误差	工具显微镜 MPE: $\pm (1+L/100)\ \mu\text{m}$ 读数显微镜 MPEV: 0.01mm
11	测量面的表面粗糙度	表面粗糙度比较样块 MPE: $(+12\sim-17)\%$
12	测量面的平面度	2 级平面平晶
13	两测量面的平行度	平行平晶 MPEV: $(0.6\sim 1.0)\ \mu\text{m}$
14	示值误差	3 等或 1 级量块
15	校对用量杆尺寸和尺寸变动量	光学计、测长机、3 等或 1 级量块

6 校准方法

首先检查外观, 确定没有影响计量特性因素后再进行测量。

6.1 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, 可按下列方法测量。

6.1.1 测微螺杆的轴向窜动, 用杠杆千分表测量。测量时, 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 $(3\sim 5)\text{N}$, 如图 4 所示。杠杆

千分表示值的变化值，即为轴向窜动量。

6.1.2 测微螺杆的径向摆动，用杠杆千分表测量。测量时，将测微螺杆伸出尺架10mm 后，使杠杆千分表测头接触测微螺杆的端部，再沿杠杆千分表测量方向加力（2~3）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值即为径向摆动量。径向摆动的测量应在测微螺杆相互垂直的两个方向进行。此过程如图 5 所示。

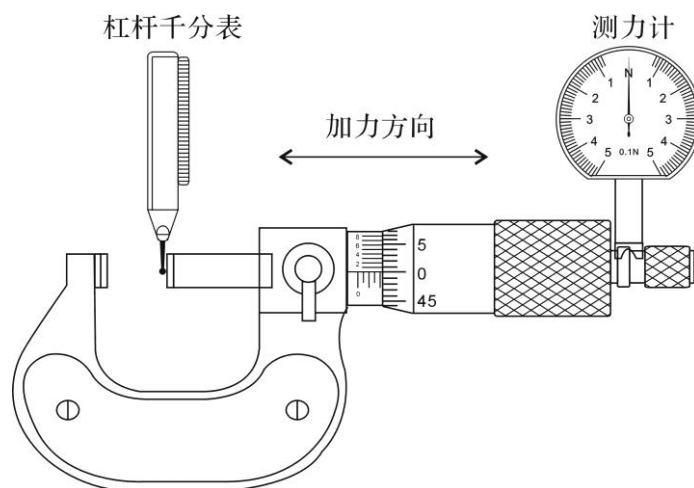


图 4 轴向加力示意图

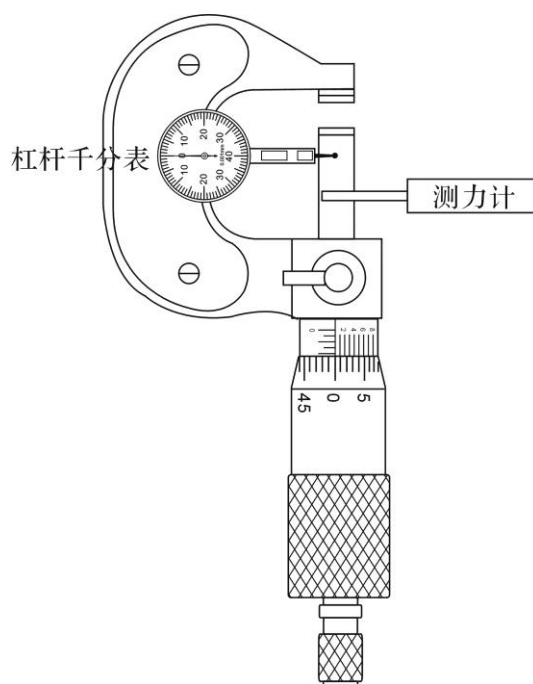


图 5 径向加力示意图

6.2 测砧测量面与测微螺杆测量面的相对偏移量

(0~25) mm 的微米千分尺可目力观察微米千分尺测砧测量面与测微螺杆测量面的相对偏移量, 测量上限大于 25mm 的微米千分尺可借助校对用量杆进行测量。如有异议时, 可按下列方法进行测量。

测量上限大于 25mm 的微米千分尺可用专用检具测量相对偏移量。

在检验平板上用杠杆百分表或百分表测量, 测量时借助夹具放置在检验平板上, 如图 6 所示, 调整夹具使微米千分尺的测微螺杆与检验平板工作面平行, 然后用杠杆百分表或百分表测量测砧测量面与测微螺杆测量面在这一方位上的相对偏移量 Δx , 然后将尺架侧转 90°, 按上述方法测量测砧测量面与测微螺杆测量面在另一方位上相对偏移量 Δy , 测砧测量面与测微螺杆测量面的相对偏移量 Δ 按式(1)计算:

$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (1)$$

此项测量也可用其他专用检具测量。

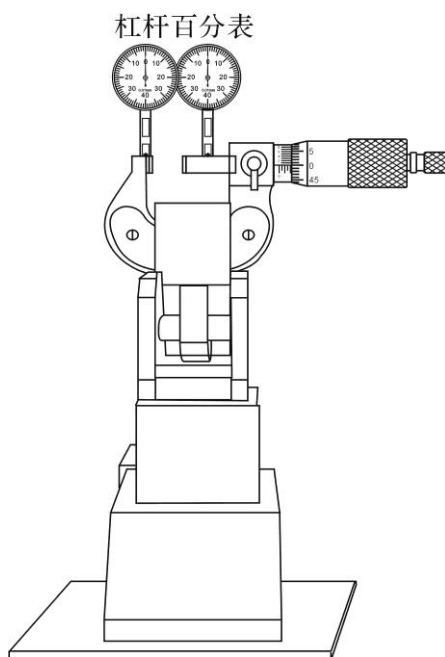


图 6 在检验平板上用杠杆百分表测量示意图

6.3 微米游标筒与微分筒刻线面连接处的轴向间隙

可用厚度为 0.1mm 塞尺测量 II 型、III 型的微米游标筒与微分筒刻线面连接处的轴向间隙, 如 0.1mm 塞尺塞不进去, 则连接处的轴向间隙符合此规范的要求。

6.4 微米游标筒与固定套筒圆周方向的相对位移量

用手将微米游标筒向微分筒圆周方向来回转动，检测其相对位移量。

6.5 标尺标记宽度及宽度差

在工具显微镜上或读数显微镜进行测量。微分筒和固定套筒及微米游标筒上的标尺标记宽度至少任意抽检 3 条标尺标记。此项测量也可采用满足不确定度要求的其他方法。

6.6 测力

用分度值/分辨力不大于 0.1N 的量具测力仪进行测量。测量时，确保量具测力仪的球测量面与微米千分尺测微螺杆平测量面有效接触。

6.7 微分筒锥面的端面棱边至固定套筒标尺标记面的距离

I 型微米千分尺可用厚度为 0.4mm 塞尺置于固定套筒标尺标记表面上进行比较测量，微分筒锥面的棱边上边缘不应高于 0.4mm 塞尺的表面。测量应在微分筒任意一周内不少于 3 个位置上进行。也可用工具显微镜或读数显微镜测量。

6.8 微米游标筒与微分筒两标尺标记面之差

II 型和 III 型微米千分尺首先用手接触微米游标筒的表面和微分筒的表面，手感是否有高低现象。如有疑问，可用厚度为 0.03mm 塞尺置于微米游标筒的表面上或微分筒表面上进行比较测量，测量微米游标筒的表面与微分筒表面两标尺标记面之差。测量应在微分筒任意一周内不少于 3 个位置上进行。

6.9 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米标尺标记的相对位置

首先将微米千分尺测量下限调整正确后，转动微分筒使其零标尺标记与固定套筒的纵向标尺标记对准，观察微分筒锥面的端面是否与固定套筒毫米标尺标记右边缘相切。若不相切，转动微分筒使其相切，在微分筒上读取其零标尺标记对固定套筒纵向标尺标记的偏移量，该偏移量即为离线或压线的数值，见图 7。

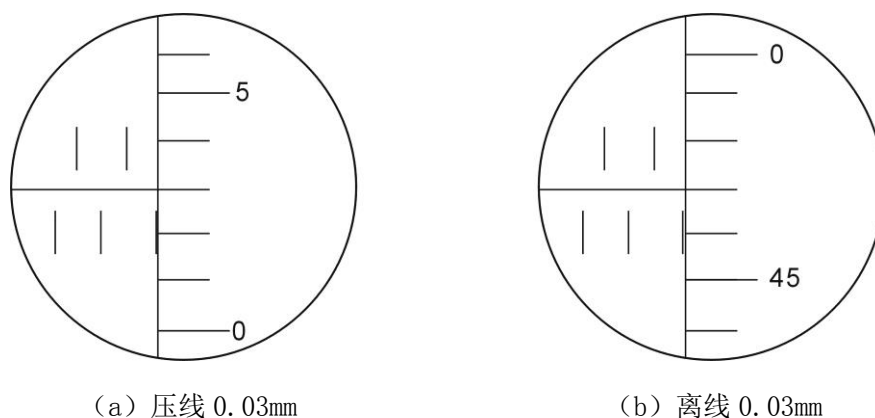


图 7 微分筒锥面的端面与固定套筒毫米标尺标记的相对位置

6.10 零值误差

微米千分尺对零位时,微米游标筒标尺标记上的零标尺标记和尾标尺标记与微分筒上相应标尺标记的重合度,目力观察确定其重合度,必要时,可用工具显微镜或读数显微镜进行测量。

6.11 测量面的表面粗糙度

用表面粗糙度比较样块进行比较测量。在进行比较时,所用的表面粗糙度样块和被测量的测量面的加工方法应该相同,表面粗糙度样块的材料、形状、表面色泽等也应尽可能与被测量的测量面一致。以相应表面粗糙度比较样块的标称值作为校准结果。

6.12 测量面的平面度

用2级平面平晶以技术光波干涉法进行测量。将平面平晶的测量面与测砧的平面研合,其形成的干涉环或干涉带的最小数目为平面度校准结果。测量面直径为6.5mm的,距离边缘0.2mm范围内不计。

6.13 两测量面的平行度

测量上限至100mm的微米千分尺两测量面的平行度用平行平晶进行测量时,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,并轻轻转动平行平晶,使两测量面出现的干涉环或干涉带数目调至最少。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测量,取其中最大值作为两测量面的平行度测量结果。

6.14 示值误差

校准时,首先将微米千分尺的测量下限调至准确位置。对于(0~15)mm和(0~25)mm的微米千分尺,用两测量面直接接触调整零位;对其他测量范围的用校对量杆或相应准确度的量块调整零位。

微米千分尺应在测量范围内均匀分布的5点上,用3等量块进行校准。校准点的量块尺寸见表7规定(推荐值)。微米千分尺示值与量块尺寸的差值为校准结果。

微米千分尺示值误差 e 可由式(2)计算:

$$e = L_i - L_s \quad (2)$$

式中：

L_i —微米千分尺的读数值, mm；

L_s —量块的实际尺寸, mm。

表 7 校准点的量块尺寸

测量范围/mm	校准点/mm
0~15	2.5 5.1 7.7 10.3 12.9 15
0~25	5.12 10.24 15.36 21.50 25
>25	A+5.12 A+10.24 A+15.36 A+21.50 A+25
注：表中 A 为微米千分尺的测量下限。	

6.15 校对用量杆尺寸和尺寸变动量

校对用量杆的尺寸偏差及变动量在立式光学计或测长机上采用 3 等量块以比较法进行测量。对于平测量面的校对用量杆应采用球面测帽在图 8 所示的 5 点上
进行测量，5 点中的最大值与最小值之差即为校对用量杆变动量的校准结果。

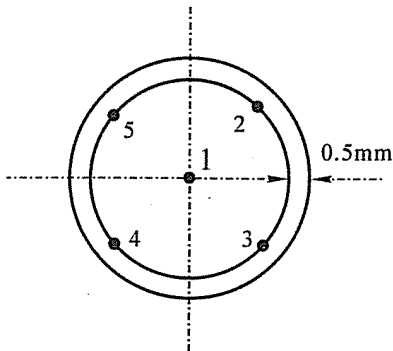


图 8 校对用量杆尺寸及变动量的示意图

7 校准结果表达

经校准的微米千分尺发给校准证书, 内容见附录 B。

8 复校时间间隔

微米千分尺的校准时间间隔, 由于复校时间间隔的长短是由微米千分尺的使用情况、使用者、微米千分尺本身质量等因素所决定的, 可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

微米千分尺示值误差测量结果的不确定度评定

A.1 概述

A.1.1 测量依据：依据 JJF（浙）1134-2017《微米千分尺校准规范》。

A.1.2 环境条件：温度（20±5）℃。

A.1.3 测量对象：微米千分尺，测量范围为（0~100）mm

A.1.4 测量标准：3 等量块

A.1.5 测量方法：在规定的环境条件下，用 3 等量块对微米千分尺的示值误差进行校准，首先对好零位，然后按所选的间隔进行校准，得到各校准点的示值误差，取校准点中最大值为该点的示值误差

A.2 测量模型

$$e = L_c - L_b + L_c \cdot \alpha_c \cdot \Delta t_c - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b \quad (\text{A.1})$$

式中： e ——微米千分尺的示值误差，mm；

L_c ——微米千分尺的示值（20℃条件下），mm；

L_b ——量块的长度值（20℃条件下），mm；

α_c, α_b ——微米千分尺和量块的线胀系数，℃⁻¹；

$\Delta t_c, \Delta t_b$ ——微米千分尺和量块的偏离参考温度 20℃的值，℃。

A.3 方差和灵敏度系

由于 Δt_c 和 Δt_b 基本是采用同一只温度计测量而具有相关性，其数学处理过程比较复杂，为了简化数学处理过程，需要通过如下方法将相关转化为不相关。

$$\text{令 } \delta\alpha = \alpha_c - \alpha_b, \quad \delta t = \Delta t_c - \Delta t_b$$

由公式（1）就得到如下示值误差的计算公式：

$$\begin{aligned} e &= L_c - L_b + L_c \cdot \alpha_c \cdot \Delta t_c - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b \\ &= L_c - L_b + L_c \cdot (\delta\alpha + \alpha_b) \cdot \Delta t_c - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b \\ &= L_c - L_b + L_c \cdot \delta\alpha \cdot \Delta t_c + L_c \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_c - L_b \cdot \alpha_b \cdot \Delta t_b \end{aligned} \quad (\text{A.2})$$

$$\text{取 } L \approx L_c \approx L_b, \quad \alpha \approx \alpha_c \approx \alpha_b, \quad \Delta t \approx \Delta t_c \approx \Delta t_b$$

$$\text{得 } e = L_c - L_b + L \cdot \delta\alpha \cdot \Delta t + L \cdot \alpha \cdot \delta t \quad (\text{A.3})$$

由公式（3）可以看出，各变量之间彼此不相关

$$\text{灵敏系数：} \quad c_1 = \partial e / \partial L_c = 1, \quad c_2 = \partial e / \partial L_b = -1$$

$$c_3 = \partial e / \partial \delta\alpha = L \cdot \Delta t, \quad c_4 = \partial e / \partial \delta t = L \cdot \alpha$$

由于各分量彼此独立，按不确定度传播律公式，其输出量估计值 e 的方差为

$$u_c^2 = u^2(e) = c_1^2 \cdot u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2 + c_4^2 u_4^2 \quad (\text{A.4})$$

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

A.4 不确定度来源分析

- A.4.1、测量重复性引入的不确定度 u_1 ；
- A.4.2、量块引入的不确定度 u_2 ；
- A.4.3、微米千分尺与量块的线胀系数差引入的不确定度 u_3 ；
- A.4.4、微米千分尺和量块的温度差引入不确定度 u_4 。

A.5 标准不确定度一览表

表 A.1 不确定度概算汇总表

$L=25\text{mm}$

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 (μm)	c_i	$ c_i \times u(x_i)$ (μm)
u_1	测量重复性	0.3	1	0.3
u_2	量块引入的不确定度	0.046	-1	0.05
u_3	微米千分尺和量块的线胀系数差引入的不确定度	$0.58 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t$	0.10
u_4	微米千分尺和量块的温度差引入不确定度	$0.173 \text{ } ^\circ\text{C}$	$L \cdot \alpha$	0.05
$u_c = 0.32 \mu\text{m}$				

表 A.2 不确定度概算汇总表

$L=100\text{mm}$

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 (μm)	c_i	$ c_i \times u(x_i)$ (μm)
u_1	测量重复性	0.5	1	0.3
u_2	量块引入的不确定度	0.52	-1	0.09
u_3	微米千分尺和量块的线胀系数差引入的不确定度	$0.58 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t$	0.41
u_4	微米千分尺和量块的温度差引入不确定度	$0.173 \text{ } ^\circ\text{C}$	$L \cdot \alpha$	0.20
$u_c = 0.55 \mu\text{m}$				

A.6 标准不确定度计算

A.6.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_1

以 25.00mm 示值为例，微米千分尺用 3 等量块进行测量，重复测量 10 次，由贝塞尔公式得实验标准差

$$u_1 = s = 0.3 \mu\text{m}$$

A.6.2 由对零位量块引入的不确定度分量 u_{21} 和校准点量块引入的不确定度分量 u_{22} 组成不确定度 u_2 的评定。

A. 6. 2. 1 由对零位量块引入的不确定度为分量 u_{21}

3 等量块的测量不确定度为: $(0.1 \mu\text{m} + 1 \times 10^{-6} L_n)$, $k=2.7$ 。

测量上限 $L=25\text{mm}$ 时:

被校准千分尺下限为零, 不用对零量块, 则:

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

测量上限 $L=100\text{mm}$ 时:

以 75mm 量块对零, 不确定度为 $0.125 \mu\text{m}$ 。

$$u_{21} = (0.1 + 1 \times 25 \times 10^3 \times 10^{-6}) \mu\text{m} / 2.7 = 0.125 \mu\text{m} / 2.7 = 0.046 \mu\text{m};$$

A. 6. 2. 2 校准点量块引入的不确定度为分量 u_{22}

3 等量块的测量不确定度为 $(0.1 \mu\text{m} + 1 \times 10^{-6} L_n)$, $k=2.7$ 。

测量上限 25mm 时:

$$u_{22} = (0.1 + 1 \times 25 \times 10^3 \times 10^{-6}) \mu\text{m} / 2.7 = 0.046 \mu\text{m}$$

测量上限 100mm 时:

$$u_{22} = (0.1 + 1 \times 100 \times 10^3 \times 10^{-6}) \mu\text{m} / 2.7 = 0.074 \mu\text{m}$$

$L=25\text{mm}$ 时:

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2} = \sqrt{0.00^2 + 0.046^2} = 0.05 \mu\text{m}$$

$L=100\text{mm}$ 时:

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2} = \sqrt{0.046^2 + 0.074^2} = 0.09 \mu\text{m}$$

A. 6. 3 微米千分尺和量块间线胀系数差引入的不确定度 u_3

微米千分尺与量块间线胀系数均为: $\alpha = (11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$; 线胀系数差

$\delta \alpha$ 的界限为 $\pm 2 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$, 服从三角分布, $k=\sqrt{6}$, 则:

$$u_3 = 2 \times 10^{-6} \text{C}^{-1} / \sqrt{6} = 0.82 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$$

A. 6. 4 微米千分尺和量块间的温度差引入的不确定度 u_4

微米千分尺和量块间的温度差存在, 并以等概率落于估计区间 $(-0.3 \sim +0.3) \text{C}$ 范围内, $k=\sqrt{3}$, 则:

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

测量范围上限至 100mm 时, 此规范要求温度允许偏差 $\Delta t = \pm 5 \text{C}$ 线胀系数

$\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$ 。

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

$$\begin{aligned} u_c^2 &= u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 u_3^2 + (L \cdot a)^2 \cdot u_4^2 \\ &= (0.30)^2 + (0.05)^2 + (0.025 \times 10^6 \text{ }\mu\text{ m} \times 5^\circ\text{C} \\ &\quad \times 0.82 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1})^2 + (0.025 \times 10^6 \text{ }\mu\text{ m} \\ &\quad \times 11.5 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1} \times 0.173^\circ\text{C})^2 \\ &= 0.11 \text{ }\mu\text{ m} \\ u_c &= 0.32 \text{ }\mu\text{ m} \end{aligned}$$

$L=100\text{mm}=0.10\times 10^6\text{ }\mu\text{ m}$ 时:

$$\begin{aligned} u_c^2 &= u_1^2 + u_2^2 + (L \cdot \Delta t)^2 u_3^2 + (L \cdot a)^2 \cdot u_4^2 \\ &= (0.3)^2 + (0.09)^2 + (0.10 \times 10^6 \text{ }\mu\text{ m} \times 5^\circ\text{C} \\ &\quad \times 0.82 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1})^2 + (0.10 \times 10^6 \text{ }\mu\text{ m} \\ &\quad \times 11.5 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1} \times 0.173^\circ\text{C})^2 \\ &= 0.31 \text{ }\mu\text{ m} \\ u_c &= 0.55 \text{ }\mu\text{ m} \end{aligned}$$

A.8 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$

$$L=25\text{mm} \text{ 时: } U=k \times u_c = 2 \times 0.32 \text{ }\mu\text{ m} = 0.6 \text{ }\mu\text{ m}$$

$$L=100\text{mm} \text{ 时: } U=k \times u_c = 2 \times 0.55 \text{ }\mu\text{ m} = 1.0 \text{ }\mu\text{ m}$$

附录 B

校准证书或校准报告内容

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- 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) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
- 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的应用有关时，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) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，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。

