

# JJF

## 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1252—2010

---

### 激光千分尺平行度检查仪校准规范

Calibration Specification for  
Measuring Instrument for Laser Paralleism of Micrometers

2010-05-11 发布

2010-11-11 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 激光千分尺平行度检查仪校准规范

Calibration Specification for  
Measuring Instrument for Laser  
Paralleism of Micrometers

JJF 1252—2010  
代替 JJG 828—1993

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2010 年 5 月 11 日批准，并自 2010 年 11 月 11 日起施行。

归口单位：全国几何量工程参量计量技术委员会

主要起草单位：天津市计量监督检验科学研究院

参加起草单位：四川省自贡市东方锅炉（集团）股份有限公司  
中国船舶工业武汉综合计量测试检验站

本规范由全国几何量工程参量计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

刘佳丽（天津市计量监督检验科学研究院）

路瑞军（天津市计量监督检验科学研究院）

田 勇（天津市计量监督检验科学研究院）

**参加起草人：**

沈永玲（四川省自贡市东方锅炉（集团）股份有限公司）

梅利江（中国船舶工业武汉综合计量测试检验站）

www.scr.com.cn

## 目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 活动标尺的示值误差	(2)
4.2 活动标尺旋转中心与公差圆中心的偏移量	(2)
4.3 示值误差	(2)
4.4 测量重复性	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 校准标准器及其他设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 活动标尺的示值误差	(3)
6.2 活动标尺旋转中心与公差圆中心的偏移量	(3)
6.3 示值误差	(4)
6.4 测量重复性	(5)
7 校准结果表达	(6)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 激光千分尺平行度检查仪示值误差测量结果不确定度评定	(7)
附录 B 用分度值为 1" 自准直仪检定平行度检测仪示值误差数据处理示例	(13)
附录 C $D$ 、 $d$ 值及光屏活动标尺换算表	(14)
附录 D 校准证书内容	(16)

## 激光千分尺平行度检查仪校准规范

### 1 范围

本规范适用于激光千分尺平行度检查仪的校准。

### 2 引用文献

本规范引用下列文献：

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定

JJF 1088—2002 外径千分尺（测量范围 500 mm~3 000 mm）校准规范

JJF 1130—2005 几何量测量设备校准中的不确定度评定指南

JJG 21—2008 千分尺

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

### 3 概述

激光千分尺平行度检查仪（简称平行度检查仪）是利用激光干涉原理，测量外径千分尺（测量范围 150 mm~2 000 mm）两测量面平行度的专用仪器。仪器通过光学系统把激光器发出的光分别照射在被测千分尺两个测量面上，先后在光屏上形成两组干涉环，通过测量两组干涉环的中心距离来确定被测千分尺两测量面平行度。仪器外形示意图如图 1，仪器光学系统示意图如图 2。

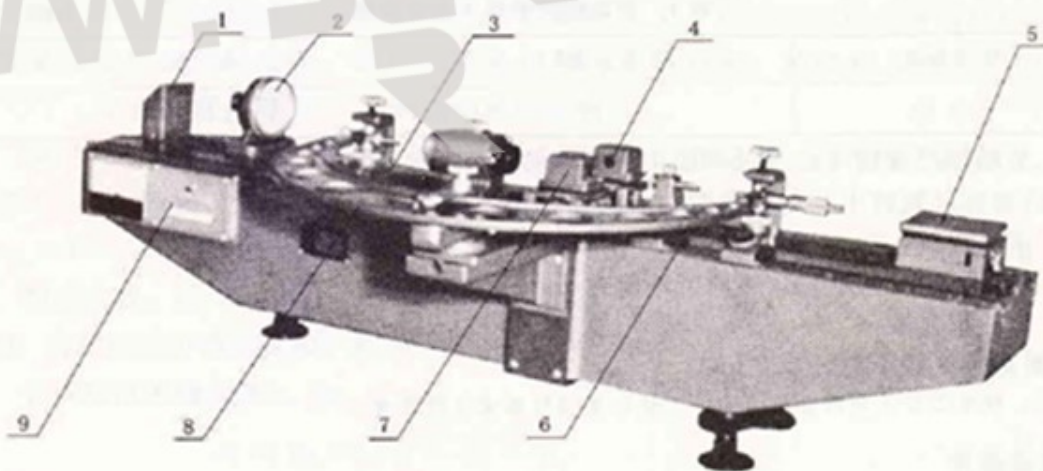


图 1 平行度检查仪外形示意图

1—固定反射镜；2—光屏；3—D尺；4—可移动反射镜；5—工作台；  
6—d尺；7—标准棱镜；8—被测外径千分尺；9—激光器

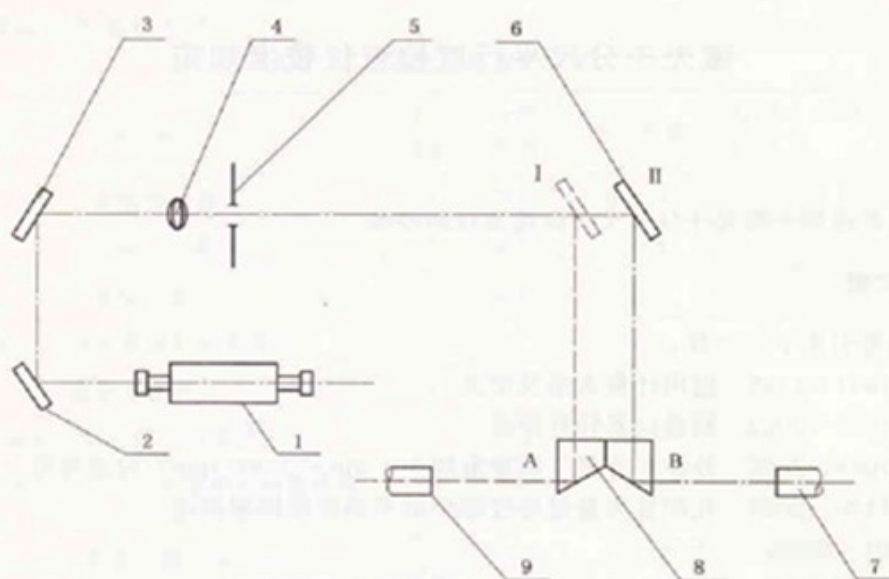


图2 平行度检查仪光学系统示意图

1—激光器；2、3—固定反光镜；4—凸透镜；5—光屏；6—可移动反射镜；  
7—千分尺测砧；8—标准透镜；9—千分尺测杆；I、II—可移动反射镜两次成像位置

#### 4 计量特性

##### 4.1 活动标尺的示值误差

活动标尺的示值最大允许误差不超过表1的规定。

表1 活动标尺的最大允许误差 (mm)

毫米分度	厘米分度	全长
±0.10	±0.15	±0.20

##### 4.2 活动标尺旋转中心与公差圆中心的偏移量

活动标尺旋转中心与公差圆中心的偏移量不超过0.5 mm。

##### 4.3 示值误差

示值最大允许误差 $\Delta$ ，绝对值不超过2 mm。

##### 4.4 测量重复性

测量重复性不超过0.2 mm。

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

5.1.1 校准室内温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，温度变化不超过 $1^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

5.1.2 校准前，将校准用器具与被校准平行度检查仪一起等温，平衡温度时间不少于4 h。

5.1.3 校准前，激光器预热不少于0.5 h。

## 6.3.2 用自准直仪和双面反射镜校准

仪器示值误差计算如式(2):

$$\Delta_i = r_{si} - \frac{\varphi_i}{2\beta} \quad (2)$$

式中:  $\Delta_i$ ——示值误差, mm;

$r_{si}$ ——干涉环中心与光屏读数板中心的偏移量, mm;

$\varphi_i$ ——双面反射镜转动角度, ( $''$ );

$\beta$ ——与分度值 0.5 mm 活动标尺对应角值换算系数, ( $''/\text{mm}$ )。

在仪器的测量范围内选择均匀分布的 3 个测量位置校准。测量时, 根据测量位置分别从附录 C 中选取相应的  $D$ 、 $d$  值。按照选取的  $D$ 、 $d$  值将仪器工作台放置在标准棱镜右侧合适位置, 在工作台上安装好双面反射镜, 使双面反射镜的 a 面对准  $d$  值指标线, 光屏座指标线对准相应的  $D$  值 (如图 6 所示)。

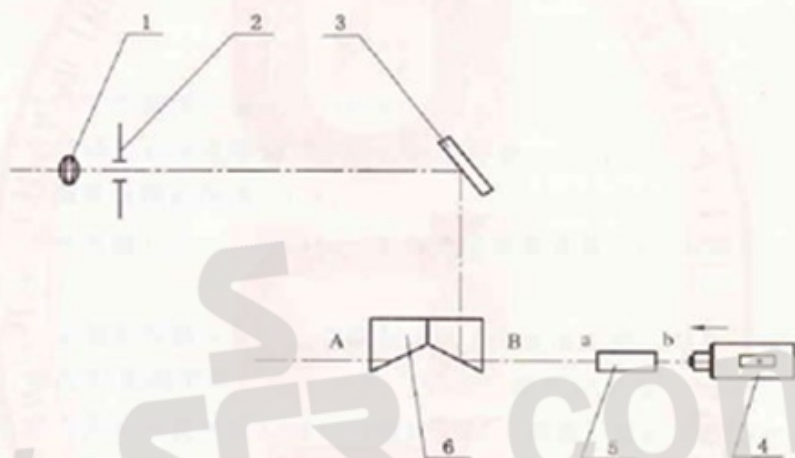


图 6 用自准直仪和双面反射镜校准示值误差示意图

1—凸透镜; 2—光屏; 3—可移动反射镜; 4—自准直仪; 5—双面反射镜; 6—标准棱镜

调整仪器, 使双面反射镜的 a 面反射光与标准棱镜的 B 面反射光相干涉, 产生干涉环 I 后, 调整反射镜及标准棱镜使干涉环中心位于公差圆中心; 移动自准直仪使其物镜对准双面反射镜 b 面, 并读数作为初始值; 转动双面反射镜使光屏上的干涉环沿水平 (或竖直) 方向移动形成一测量角度, 在光屏上形成一组新的干涉环 II; 用活动标尺读取干涉环 II 的中心与公差圆中心的距离  $r_{si}$ ; 从自准直仪上读出双面反射镜的转动角度  $\varphi_i$ ; 根据  $d$  值从附录 C 中查出相应的角值  $\beta$  换算系数, 按式 (2) 计算差值  $\Delta_i$ 。

上述每一测量位置应使干涉环沿光屏中心的水平、竖直方向移动, 水平、竖直方向测量应不少于 2 点, 按上述测量方法分别计算出各个位置各个测量点的示值误差  $\Delta_i$ 。

## 6.4 测量重复性

按 6.3.1 条款的测量方法重复测量 10 次, 测量重复性由式 (3) 计算。

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

## 6.3 示值误差

平行度检查仪示值误差应先用量块校准，再用自准直仪和双面反射镜校准。

## 6.3.1 用量块组成的标准平行平面校准

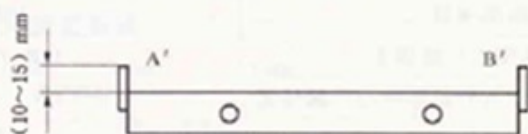


图4 量块组合的标准平行平面示意图

仪器工作原理公式如式(1)：

$$r_s = \frac{2D\alpha(D+d)}{d} \quad (1)$$

式中： $r_s$ ——干涉环中心与光屏读数板中心的偏移量，mm；

$D$ ——光屏读数板到标准棱镜测量面的距离，mm；

$d$ ——标准棱镜B面到被测面距离，mm；

$\alpha$ ——两测量面的平行度，(″)。

测量时，标准平行平面由一块300 mm和两块3 mm~5 mm的3等量块组合而成，如图4所示（可借助量块附件的专用夹具组合而成）。根据300 mm量块尺寸从附录C选取 $D$ 、 $d$ 值，将光屏座指标线对准D尺上744 mm刻线，量块B'面对准d尺130 mm刻线，移动反射镜，使激光束射在量块测量面A'上，在光屏上产生干涉环I后，调整反射镜及标准棱镜使干涉环中心位于公差圆中心；再平移反射镜，使激光光束射在量块测量面B'上，在光屏上出现干涉环II（如图5所示），转动活动标尺，读取干涉环中心与公差圆中心的距离 $r_s$ 。示值误差 $\Delta_i = r_s$ 。

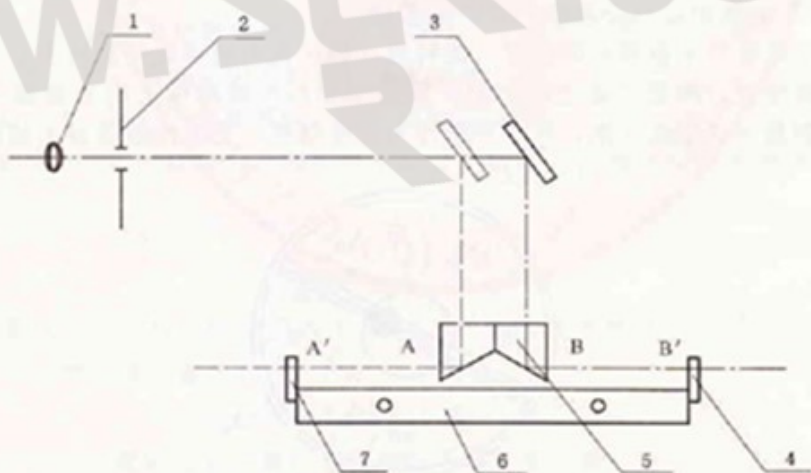


图5 用标准平行平面校准示值误差示意图

1—凸透镜；2—光屏；3—可移动反射镜；4、6、7—量块；5—标准棱镜



式中： $s$ ——标准偏差，即为测量重复性，mm；

$x_i$ ——第  $i$  次测量值，mm；

$\bar{x}$ ——测量平均值，mm；

$n$ ——测量次数。

#### 7 校准结果表达

校准后的平行度检查仪，应填发校准证书。校准证书的内容见附录 D。

#### 8 复校时间间隔

平行度检查仪的复校时间间隔，根据实际使用情况由用户自行确定，建议为 1 年。



## 附录 A

## 激光千分尺平行度检查仪示值误差测量结果不确定度评定

## A.1 测量任务

用本规范规定的技术要求、测量原理、测量条件和测量方法，对一台测量范围为(150~2 000) mm 的平行度检查仪进行示值误差校准。

## A.2 测量原理和方法

## A.2.1 测量原理

由平行度检查仪直接测量值与已知标准值进行比较测量，其差值即为仪器的示值误差，即：

$$\Delta_i = r_{si} - \frac{\varphi_i}{\beta} \quad (\text{A.1})$$

式中： $\Delta_i$ ——平行度检查仪示值误差，mm；

$r_{si}$ ——干涉环中心与光屏读数板中心的偏移量，mm；

$\varphi_i$ ——双面反射镜的转角，(°)；

$\beta$ ——与分度值 0.5 mm 活动标尺对应角值换算系数，(°/mm)。

## A.2.2 测量方法

在工作台上安装好双面反射镜，选取相应的  $D$ 、 $d$  值，使双面反射镜的 a 面反射光与标准棱镜 B 面反射光相干涉产生干涉环，移动干涉环使之位于光屏公差圆中心；然后再移动自准直仪使其物镜对准双面反射镜的 b 面，调整仪器的读数为初始值；转动双面反射镜成一测量角度，在光屏上形成一组新的干涉环，用活动标尺读取干涉环中心与公差圆中心的距离  $r_{si}$ ；从自准直仪上读出双面反射镜的转动角度  $\varphi_i$ ，根据相应的角值  $\beta$  换算系数，通过公式 (A.1) 计算  $\Delta_i$ 。

## A.3 标准不确定度分量的来源和说明

表 A.1 平行度检查仪示值测量不确定度分量来源和说明

序号	符号	不确定度分量名称	说明	
1	$r_s$	$r_s$ 输入量的不确定度分量	$u_{r_{s1}}$	D 尺、d 尺值示值变化量及 $\alpha$ 值变化量
			$u_{r_{s2}}$	双面反射镜测量面平面度误差
			$u_{r_{s3}}$	测量重复性
			$u_{r_{s4}}$	光屏活动标尺示值误差
			$u_{r_{s5}}$	活动标尺旋转中心与公差圆中心的偏移量

表 A.1 (续)

序号	符号	不确定度分量名称	说 明	
2	$u_{\varphi}$	自准直仪测量双面反射镜转角 $\varphi$ 引入的标准不确定度分量	$u_{\varphi_1}$	自准直仪示值误差
			$u_{\varphi_2}$	双面反射镜转角 $\varphi$ 位置误差
3	$u_{\Delta L}$	温度变化引入的不确定度分量	$u_{\Delta L_1}$	温度变化影响双面反射镜长度 $L$ 的变化
			$u_{\Delta L_2}$	光屏活动标尺由于温度变化带来的示值误差

## A.4 标准不确定度分量的说明和计算

以下以一台测量范围为 (150~2 000) mm 的平行度检查仪, 测量点:  $d=980$  mm,  $D=579$  mm,  $\alpha=0.005 427$  rad (根据仪器最大测量范围从附录 C 表中选取) 为例, 进行示值误差测量结果不确定度评定。

A.4.1  $r_x$ ——输入量的不确定度  $u_{r_x}$  的评定

观察值  $r_x$  的不确定度来源主要有:

- ① D 尺、d 尺值示值变化量以及  $\alpha$  值变化量引起的不确定度分量  $u_{r_{D,d,\alpha}}$
- ② 双面反射镜测量面平面度误差引入的不确定度分量  $u_{r_{\varphi}}$
- ③ 测量重复性引起的不确定度分量  $u_{r_{\text{重}}}$
- ④ 光屏活动标尺示值误差引起的不确定度分量  $u_{r_{\text{标尺}}}$
- ⑤ 活动标尺旋转中心对公差圆中心的偏移量引起的不确定度分量  $u_{r_{\text{偏}}}$

所以  $u_{r_x}$  是由  $u_{r_{D,d,\alpha}}$ 、 $u_{r_{\varphi}}$ 、 $u_{r_{\text{重}}}$  以及  $u_{r_{\text{标尺}}}$  五个分项合成而得的。

A.4.1.1  $u_{r_{D,d,\alpha}}$ ——D 尺、d 尺值示值变化量以及  $\alpha$  值变化量引起的不确定度分量

根据仪器工作原理公式:  $r_x = \frac{2D\alpha(D+d)}{d}$  可知,  $D$  值、 $d$  值及  $\alpha$  值为  $r_x$  函数的变量,  $D$ 、 $d$  以及  $\alpha$  值变化会引起  $r_x$  的变化。因此求其微分, 则:

$$\frac{\partial r_x}{\partial D} = \frac{4D}{d}\alpha + 2\alpha$$

$$\frac{\partial r_x}{\partial d} = -2\alpha \frac{D^2}{d^2}$$

$$\frac{\partial r_x}{\partial \alpha} = \frac{2D^2}{d} + 2D$$

分别求出  $\Delta D$ 、 $\Delta d$  以及  $\Delta \alpha$  值影响  $r_x$  的变化量。

①  $u_{r_{D,d,\alpha}}$ ——D 尺示值变化量引起的不确定度分量

$$\frac{\partial r_x}{\partial D} = \frac{4D}{d}\alpha + 2\alpha = \frac{4 \times 579}{980} \times 0.005 427 + 2 \times 0.005 427 = 0.024$$

设  $\Delta D=1$  mm 则:  $\Delta r_x = 0.024 \Delta D = 0.024 \times 1 \text{ mm} = 0.024 \text{ mm}$

$\Delta r_x = 0.024 \text{ mm}$  估计其服从矩形分布, 取分布因子  $b=0.6$ , 于是  $D$  值变化量引入的不确定度分量为:

$$u_{r_0} = 0.024 \text{ mm} \times 0.6 = 0.015 \text{ mm}$$

②  $u_{r_d}$ —— $d$  尺示值变化量引起的不确定度分量

$$\frac{\partial r_s}{\partial d} = -2\alpha \frac{D^2}{d^2} = -2 \times 0.005427 \times \frac{579^2}{980^2} = -0.0038$$

设  $\Delta d = 1 \text{ mm}$ , 则:

$$\Delta r_s = 0.0038 \Delta d = -0.0038 \times 1 \text{ mm} = -0.004 \text{ mm}$$

$\Delta r_s = 0.004 \text{ mm}$  估计其服从矩形分布, 取分布因子  $b = 0.6$ , 于是  $D$  值变化量引入的不确定度分量为:

$$u_{r_d} = -0.004 \text{ mm} \times 0.6 = -0.003 \text{ mm}$$

③  $u_{r_\alpha}$ —— $\alpha$  值变化量引起的不确定度分量

$$\frac{\partial r_s}{\partial \alpha} = \frac{2D^2}{d} + 2D = \left( \frac{2 \times 579^2}{980} + 2 \times 579 \right) \times \left( \frac{\Delta \alpha \times 3.14}{180 \times 3600} \right) = 0.009$$

设:  $\Delta \alpha = 1'$  时, 光屏活动标尺读数系数为 0.5, 则:

$\Delta r_s = 0.009 \Delta \alpha = 0.009 \times 0.00057 \times 0.5 \text{ mm}' = 0.000003 \text{ mm}$  估计其服从矩形分布, 取分布因子  $b = 0.6$ , 于是光屏活动标尺本身的示值误差引入的不确定度分量为:

$$u_{r_\alpha} = 0.000003 \text{ mm} \times 0.6 = 0.000002 \text{ mm} \approx 0$$

三项合成:

$$\begin{aligned} u_{r_0} &= \sqrt{u_{r_\alpha}^2 + u_{r_d}^2 + u_{r_0}^2} \\ &= \sqrt{0.015^2 + (-0.003)^2 + 0^2} \text{ mm} = 0.015 \text{ mm} \end{aligned}$$

A.4.1.2  $u_{r_\omega}$ ——双面反射镜测量面平面度误差引起的不确定度分量

由于反射镜测量面存在平面度误差, 因此如果光束没打在反射镜的中心, 则反射光束将偏离原光路引起误差, 测量面近似为一曲率半径为  $R$  的球面, 常见的现象为凸形或凹形。根据公式:

$$R = \frac{\Phi^2 + 4h^2}{8h}$$

式中:  $R$ ——弧的半径;

$\Phi$ ——双面反射镜的直径;

$h$ ——双面反射镜的平面度误差。

取  $\Phi = 30 \text{ mm}$ ,  $h = 0.0001 \text{ mm}$ , 则:

$$R = 1125000 \text{ mm}$$

根据  $R$  值以及光路偏离中心的偏离量  $l$  (设  $l = 0.2 \text{ mm}$ ) 可计算出光路入射角  $\omega$  角:

$$\omega = 2\alpha = \frac{2l}{R} = \frac{2 \times 0.2}{1125000} = 3.6 \times 10^{-7} \approx 0$$

所以双面反射镜测量面平面度偏差引入的不确定度分量很小, 与其他不确定度分量相比可忽略不计  $u_{r_\omega} \approx 0$ 。

A.4.1.3  $u_{r_n}$ ——测量重复性引入的不确定度分量

由于干涉环有一定的宽度,用光屏活动标尺测读干涉环圆心位置时会有测读误差,在人眼目测情况下,采用 A 类评定方法进行评定。

光屏活动标尺的分度值为 0.5 mm,选取一测量点,用标尺重复测量 10 次干涉环中心  $r_i$  的变动量,得到一组测量数据为: 2.0 mm, 2.3 mm, 2.0 mm, 2.0 mm, 2.0 mm, 2.3 mm, 2.3 mm, 2.0 mm, 2.0 mm, 2.0 mm。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.15 \text{ mm}$$

A. 4.1.4  $u_{r_1}$ ——光屏活动标尺示值误差引起的不确定度分量

根据本规范计量性能规定活动标尺的示值误差为  $MPE = \pm 0.2 \text{ mm}$ ,估计其服从矩形分布,取分布因子  $b=0.6$ ,于是光屏活动标尺本身的示值误差引入的不确定度分量为:

$$u_{r_1} = 0.2 \text{ mm} \times 0.6 = 0.12 \text{ mm}$$

A. 4.1.5  $u_{r_2}$ ——活动标尺旋转中心对公差圆中心的偏移量引起的不确定度分量

根据本规范计量性能规定活动标尺旋转中心对公差圆中心的偏移量为 0.50 mm,估计其服从矩形分布,取分布因子  $b=0.6$ ,于是活动标尺旋转中心对公差圆中心的偏移量引入的不确定度分量为:

$$u_{r_2} = 0.50 \text{ mm} \times 0.6 = 0.30 \text{ mm}$$

以上五个不确定分量之间不具有相关性,故  $r_i$  引入的标准不确定度分量  $u_{r_i}$  为:

$$u_{r_i} = \sqrt{u_{r_1}^2 + u_{r_2}^2 + u_{r_3}^2 + u_{r_4}^2 + u_{r_5}^2} = \sqrt{0.015^2 + 0^2 + 0.15^2 + 0.12^2 + 0.30^2} \text{ mm} = 0.36 \text{ mm}$$

A. 4.2  $u_{\varphi}$ ——由自准直仪测量双面反射镜转角  $\varphi$  引入的不确定度分量

A. 4.2.1 自准直仪示值误差引入的不确定度分量  $u_{\varphi_1}$

根据 JJG 202—2007《自准直仪》检定规程规定:

1"自准直仪 1 000 分度最大示值误差不超过 5 格即 5",根据仪器光屏读数板与活动标尺的关系  $\frac{\varphi_1}{2\beta}$  可得:取  $\beta = 56^\circ/\text{mm}$

$$5'' / (2 \times 56^\circ/\text{mm}) = 0.045 \text{ mm}$$

估计其服从矩形分布,取分布因子  $b=0.6$ ,于是自准直仪示值误差引入的不确定度分量引入的不确定度分量为:

$$u_{\varphi_1} = 0.045 \text{ mm} \times 0.6 = 0.027 \text{ mm}$$

A. 4.2.2 双面反射镜转角  $\varphi$  位置误差引起的不确定度分量  $u_{\varphi_2}$

自准直仪测量双面反射镜转角  $\varphi$  时,由于反射镜转角位置与零值位置的误差,光束没打在反射镜的原位置,则反射光束将偏离原光路会引起  $\varphi$  的角度变化,因此会带入不确定度分量。

根据仪器光屏读数板与 0.5 mm 活动标尺的换算关系  $r_s = \frac{\varphi_s}{2\beta}$  可得:  $\beta$  为换算系数,

$\frac{\partial r_s}{\partial \varphi_s} = \frac{1}{2\beta}$ , 设  $\Delta\varphi = 0.5''$   $\beta = 5.9''/\text{mm}$  则:  $\Delta u_{\varphi_s} = \frac{1}{2\beta} \Delta\varphi = 0.042 \text{ mm}$  其服从矩形分布, 取分布因子  $b=0.6$ , 则:

$$u_{\varphi_s} = 0.042 \text{ mm} \times 0.6 = 0.025 \text{ mm}$$

以上两个不确定分量之间不具有相关性, 故由自准直仪测量双面反射镜转角  $\varphi$  引入的标准不确定度分量  $u_{\varphi}$  为:

$$\begin{aligned} u_{\varphi} &= \sqrt{u_{\varphi_{s1}}^2 + u_{\varphi_{s2}}^2} \\ &= \sqrt{0.027^2 + 0.025^2} \text{ mm} = 0.037 \text{ mm} \end{aligned}$$

A.4.3  $u_{w_t}$ ——温度变化引入的不确定度分量

A.4.3.1  $u_{w_{L1}}$ ——温度变化影响双面反射镜长度  $L$  的变化引入的不确定度分量

温度变化对测量结果的影响主要表现在对 20 °C 的偏离。规范对温度的规定是 (20±5) °C, 由于双面反射镜的制造材料是 K<sub>9</sub> 光学玻璃, 其长度  $L=40 \text{ mm}$ , 线膨胀系数为  $8.9 \times 10^{-6}/\text{°C}$ , 因此温度偏离 20 °C 对  $L$  引起的变化为:  $\Delta L = 5 \text{ °C} \times 8.9 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1} \times 0.04 \text{ m} = 1.8 \text{ }\mu\text{m}$ 。  $L$  尺寸的变化会引起  $d$  值的变化, 根据 A.4.1.1  $u_{w_{L2}}$ ——D 尺、d 尺值示值变化量以及  $\alpha$  值变化量引起的不确定度分量的分析得知:  $\Delta d = 1.8 \text{ }\mu\text{m}$  引起的不确定度分量影响很小, 可忽略不计。

$$u_{w_{L1}} \approx 0$$

A.4.3.2  $u_{w_{L2}}$ ——光屏活动标尺由于温度变化带来的示值误差引入的不确定度分量

规范对温度的规定是 (20±5) °C, 由于偏离 20 °C, 读数机构的光屏活动标尺由于温度变化会带来尺长变化, 标尺的制造材料为有机玻璃, 其线胀系数为:  $10.19 \times 10^{-6}/\text{°C}$ , 因此温度偏离 20 °C 对测量结果的影响为:

设定校准温度对 20 °C 的最大偏差  $\Delta t = 5 \text{ °C}$ , 取 U 形分布, 分布因子  $b=0.7$ , 标尺长度  $L = \pm 30 \text{ mm}$ , 则:

$$u_{w_{L2}} = L \cdot \Delta t \cdot \delta\alpha \cdot b = 0.06 \text{ m} \times 5 \text{ °C} \times 10.19 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1} \times 0.7 = 2 \times 10^{-3} \text{ mm} \approx 0 \text{ mm}$$

两项合成:  $u_{w_t} \approx 0 \text{ mm}$

A.5 合成标准不确定度和扩展不确定度

合成标准不确定度  $u_c$  为:

$$\begin{aligned} u_c &= u_r = \sqrt{u_{r_1}^2 + u_{r_2}^2 + u_{r_3}^2} \\ &= \sqrt{0.36^2 + 0.037^2 + 0^2} \text{ mm} = 0.36 \text{ mm} \end{aligned}$$

扩展不确定度: 取  $k=2$

$$\begin{aligned} U &= u_c \times k \\ &= 0.36 \text{ mm} \times 2 = 0.72 \text{ mm} \end{aligned}$$

## A.6 不确定度概算汇总表

表 A.2 不确定度概算汇总表

分量名称	评定类型	分布类型	相关系数	分布因子	不确定度分量 $u_{xx}/\text{mm}$
D尺示值变化量	B	矩形	0.024	0.6	0.015
d尺示值变化量	B	矩形	0.004	0.6	0.003
$\alpha$ 值变化量	B	矩形	0.000	0.6	0.000
双面反射镜测量面平面度误差					0.00
测量重复性	A				0.15
光屏活动标尺示值误差	B	矩形	0.20	0.6	0.12
活动标尺旋转中心对公差圆中心的偏移量	B	矩形	0.50	0.6	0.30
自准直仪示值误差	规程给出	矩形	0.045	0.6	0.027
双面反射镜转角 $\varphi$ 位置误差	B	矩形	0.042	0.6	0.025
双面反射镜长度 $L$ 的变化量	B	矩形			0.00
光屏活动标尺示值变化量	B	U形	5℃	0.7	0.00
合成标准不确定度 $u_c$					0.36
扩展不确定度 $U (k=2)$					0.72

## 附录 B

## 用分度值为 1" 自准直仪检定平行度检测仪示值误差数据处理示例

表 B.1  $d=55 \text{ mm}$ ,  $D=667 \text{ mm}$ ,  $\beta=5.9''/\text{mm}$ 

方向	序号	活动标尺读数 $r_i$ (mm)	自准直仪读数 $\varphi$ (")	差值 $\Delta_i = r_{si} - \frac{\varphi_i}{2\beta}$ (mm)
水平方向	1	3.0	40.5	$\Delta_1 = 3 - \frac{40.5}{2 \times 5.9} = -0.4$
	2	10.0	98.0	$\Delta_2 = 10 - \frac{98}{2 \times 5.9} = 1.7$
竖直方向	3	6.0	69.0	$\Delta_3 = 6 - \frac{69}{2 \times 5.9} = 0.2$
	4	14.0	162.0	$\Delta_4 = 14 - \frac{162}{2 \times 5.9} = 0.3$

表 B.2  $d=230 \text{ mm}$ ,  $D=748 \text{ mm}$ ,  $\beta=16.2''/\text{mm}$ 

方向	序号	活动标尺读数 $r_i$ (mm)	自准直仪读数 $\varphi$ (")	差值 $\Delta_i = r_{si} - \frac{\varphi_i}{2\beta}$ (mm)
水平方向	1	3.5	80.0	$\Delta_1 = 3.5 - \frac{80}{2 \times 16.2} = 1.0$
	2	12.5	380.2	$\Delta_2 = 12.5 - \frac{380.2}{2 \times 16.2} = 0.8$
竖直方向	3	7.0	186.0	$\Delta_3 = 7.0 - \frac{186}{2 \times 16.2} = 1.3$
	4	15.5	436.8	$\Delta_4 = 15.5 - \frac{436.8}{2 \times 16.2} = 2.0$

表 B.3  $d=417.5 \text{ mm}$ ,  $D=716 \text{ mm}$ ,  $\beta=26.5''/\text{mm}$ 

方向	序号	活动标尺读数 $r_i$ (mm)	自准直仪读数 $\varphi$ (")	差值 $\Delta_i = r_{si} - \frac{\varphi_i}{2\beta}$ (mm)
水平方向	1	4.0	219.0	$\Delta_1 = 4 - \frac{219}{2 \times 26.5} = 0.1$
	2	12.0	547.0	$\Delta_2 = 12 - \frac{547}{2 \times 26.5} = 1.7$
竖直方向	3	6.0	317.0	$\Delta_3 = 6 - \frac{317}{2 \times 26.5} = 0.0$
	4	16.0	840.0	$\Delta_4 = 16 - \frac{840}{2 \times 26.5} = 0.2$



## 附录 C

D, d 值及光屏活动标尺换算表

千分尺 测量上限 (mm)	千分尺测量面平行度允差		d (mm)	D (mm)	与标尺 0.5 mm 的对应值	
	线值 ( $\mu\text{m}$ )	弧度值 (rad)			角值 $\beta$ 换算系数 ( $''/\text{mm}$ )	千分尺工作面的 平行度 $\delta$ (mm)
150	4	0.000 571	55.0	667	5.9	0.20
175	5	0.000 714	67.5	655	7.4	0.25
200	5	0.000 714	80.0	710	7.4	0.25
225	6	0.000 857	92.5	690	8.8	0.30
250	6	0.000 857	105.0	732	8.8	0.30
275	7	0.001 000	117.5	710	10.3	0.35
300	7	0.001 000	130.0	744	10.3	0.35
325	9	0.001 285	142.5	677	13.3	0.45
350	9	0.001 285	155.0	703	13.3	0.45
375	9	0.001 285	167.5	728	13.3	0.45
400	9	0.001 285	180.0	752	13.3	0.45
425	11	0.001 571	192.5	692	16.2	0.55
450	11	0.001 571	205.0	712	16.2	0.55
475	11	0.001 571	217.5	730	16.2	0.55
500	11	0.001 571	230.0	748	16.2	0.55
525	12	0.001 714	242.5	729	17.7	0.60
550	12	0.001 714	255.0	744	17.7	0.60
575	12	0.001 714	267.5	760	17.7	0.60
600	12	0.001 714	280.0	775	17.7	0.60
625	14	0.002 000	292.5	721	20.7	0.70
650	14	0.002 000	305.0	734	20.7	0.70
675	14	0.002 000	317.5	746	20.7	0.70
700	14	0.002 000	330.0	758	20.7	0.70
725	16	0.002 286	342.5	711	23.6	0.80
750	16	0.002 286	355.0	721	23.6	0.80
775	16	0.002 286	367.5	731	23.6	0.80

表 (续)

千分尺 测量上限 (mm)	千分尺测量面平行度允差		$d$ (mm)	$D$ (mm)	与标尺 0.5 mm 的对应值	
	线值 ( $\mu\text{m}$ )	弧度值 (rad)			角值 $\beta$ 换算系数 ( $''/\text{mm}$ )	千分尺工作面的 平行度 $\delta$ (mm)
800	16	0.002 286	380.0	741	23.6	0.80
825	18	0.002 571	329.5	653	26.5	0.90
850	18	0.002 571	405.0	708	26.5	0.90
875	18	0.002 571	417.5	716	26.5	0.90
900	18	0.002 571	430.0	724	26.5	0.90
925	20	0.002 857	442.5	686	29.5	1.00
950	20	0.002 857	455.0	693	29.5	1.00
975	20	0.002 857	467.5	701	29.5	1.00
1 000	20	0.002 857	480.0	707	29.5	1.00
1 200	22	0.003 143	580.0	713	32.4	1.10
1 400	26	0.003 714	680.0	676	38.3	1.30
1 600	30	0.004 285	780.0	641	44.1	1.50
1 800	34	0.004 856	880.0	609	50.1	1.70
2 000	38	0.005 427	980.0	579	56.0	1.90

## 附录 D

## 校准证书内容

1. 标题：校准证书；
2. 实验室名称及地址；
3. 证书编号，页码及总页数；
4. 送校单位的名称及地址；
5. 被校准设备的名称：激光千分尺平行度检查仪；
6. 被校准设备的生产厂、型号规格及编号；
7. 进行校准的日期；
8. 采用本校准规范的说明及对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；
9. 校准所用标准器名称、编号及有效期；
10. 校准时环境温度情况；
11. 测量重复性和示值误差的校准结果，示值误差校准结果的测量不确定度；
12. 校准人签名、核验人签名、批准人签名；
13. 校准证书签发日期；
14. 复校时间间隔的建议；
15. 未经实验室书面许可，不得部分复制校准证书的声明。