

# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1189—2008

---

## 测长仪校准规范

Calibration Specification for Length Measuring Instrument

2008—03—24 发布

2008—06—24 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 测长仪校准规范

Calibration Specification for  
Length Measuring Instrument

JJF 1189—2008  
代替 JJG 55—1984

---

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2008 年 3 月 24 日批准，并自 2008 年 6 月 24 日起施行。

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

主要起草单位：江苏省计量科学研究院

中国计量科学研究院

本规范委托全国几何量长度计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

吴学良（江苏省计量科学研究院）

王晓飞（江苏省计量科学研究院）

王为农（中国计量科学研究院）

**参加起草人：**

胡 清（贵阳新天光电科技有限公司）

# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 1 范围                         | (1) |
| 2 引用文献                       | (1) |
| 3 概述                         | (1) |
| 4 计量特性                       | (1) |
| 4.1 平面测帽和立式测长仪固定式工作台的平面度     | (1) |
| 4.2 示值变动性                    | (1) |
| 4.3 示值误差                     | (1) |
| 4.4 测量重复性                    | (1) |
| 4.5 内测尺寸示值误差                 | (1) |
| 5 校准条件                       | (1) |
| 5.1 环境条件                     | (1) |
| 5.2 主要标准器及配套设备               | (1) |
| 6 校准方法                       | (2) |
| 6.1 平面测帽、固定式工作台的平面度          | (2) |
| 6.2 示值变动性                    | (3) |
| 6.3 示值误差                     | (3) |
| 6.4 测量重复性                    | (4) |
| 6.5 内测尺寸示值误差                 | (4) |
| 7 校准结果                       | (4) |
| 8 复校时间间隔                     | (5) |
| 附录 A 测量结果不确定度评定(示例)          | (6) |
| 附录 B 典型测长仪主要技术参数             | (8) |
| 附录 C 示值范围 $>1100$ mm 时辅助校准方法 | (9) |

## 测长仪校准规范

### 1 范围

本规范适用于测长仪的校准。

### 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 1059—1999《测量不确定度评定与表示》

JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》

使用本校准规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

### 3 概述

测长仪是光学机械或光机电相结合的长度计量仪器，结构型式分为立式测长仪和卧式测长仪。

测长仪由基座、测量座和测量轴、尾座、工作台、长度标准器（标尺或光栅等）和读数或显示装置组成。测长仪采用覆盖整个量程的、连续刻度的长度标准器。

测长仪通过直接测量或比较测量的方法测量量块、量具、光面量规、螺纹量规和精密机械零件的长度尺寸。

### 4 计量特性

#### 4.1 平面测帽和立式测长仪固定式工作台的平面度

#### 4.2 示值变动性

##### 4.2.1 使用平面测帽时的示值变动性

##### 4.2.2 使用球面测帽时的示值变动性

#### 4.3 示值误差

#### 4.4 测量重复性

#### 4.5 内测尺寸示值误差

### 5 校准条件

#### 5.1 环境条件

环境温度一般控制在  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$  以内，或按照相关技术要求的规定。

#### 5.2 主要标准器及配套设备（见表1）

表 1 主要标准器及配套设备

| 校准项目            | 标准器名称         | 测量范围                                        | 准确度等级                              |
|-----------------|---------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
| 平面测帽、固定式工作台的平面度 | 平面平晶          | $\phi 60$ mm, $\phi 100$ mm                 | 2 级                                |
| 示值变动性           | 标准球<br>量块     | 直径 $< 10$ mm<br>10 mm                       | —                                  |
| 示值误差            | 量块<br>激光干涉仪系统 | (0~1000) mm<br>(1~10) m                     | 2 等或 3 等<br>优于 $1.1 \mu\text{m/m}$ |
| 测量重复性           | 量块            | (0~1000) mm                                 | 2 等或 3 等                           |
| 内测尺寸示值误差        | 环规            | $\phi 14$ mm, $\phi 30$ mm,<br>$\phi 50$ mm | $U \leq 0.5 \mu\text{m}$ , $k=2$   |

## 6 校准方法

检查外观, 确认没有影响校准计量特性的因素。

按照仪器使用说明书的规定执行仪器的启动和准备程序。

立式测长仪与卧式测长仪的校准方法相同, 下文中一般不再单独叙述立式测长仪的校准方法, 而是把固定式工作台当作一只测帽来处理。

### 6.1 平面测帽、固定式工作台的平面度

平面测帽、固定式工作台的平面度用平晶以光波干涉法测量 (图 1a)。

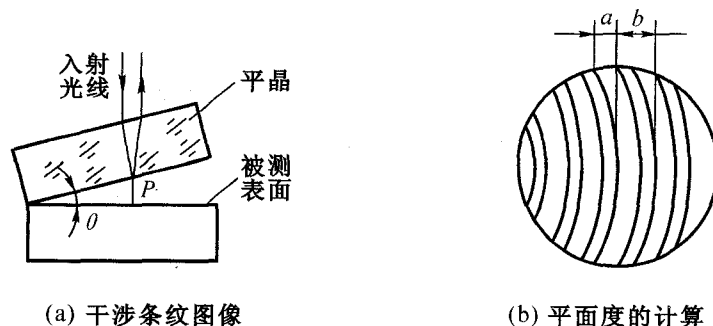


图 1 光波干涉原理示意图

测量前, 平晶必须至少恒温 1 h。

把平晶放在被测表面上, 且与被测表面形成一个很小的楔角  $\theta$ , 以单色光源照射。调整平晶与被测表面间的夹角, 在视场中形成 3~4 条干涉条纹。如干涉条纹平直, 相互平行, 且分布均匀, 则表示被测表面的平面度很好; 如干涉条纹弯曲 (图 1b), 则表示平面度误差  $\Delta P$  为:

$$\Delta P = (a/b) \times (\lambda/2) \quad (1)$$

式中:  $a$  ——干涉条纹的弯曲值;

$b$  ——两干涉条纹间距离;

$\lambda$  ——光波波长。

在干涉条纹呈圆形对称的情况下 (如图 2), 估读所观察到的干涉条纹数目  $n$ , 取干

涉条纹数  $n$  与所用光源的半波长  $\lambda/2$  之乘积作为平面度误差。

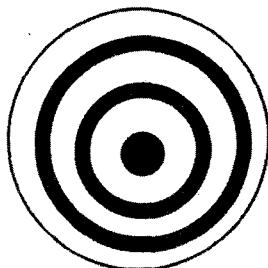


图2 圆形呈对称干涉条纹

## 6.2 示值变动性

### 6.2.1 使用平面测帽时的示值变动性

平面测帽的示值变动性用标准球校准，校准前在测量（轴）座和尾座测量杆安装平面测帽。带测帽调整机构的仪器，可不校准此项目。

在两平面测帽间放置标准球，调整标准球位置，使标准球与平面测帽测量面的中心位置接触，连续测量3次示值；标准球在距离中心位置上下前后各3 mm处，分别测量3次示值；每点3个示值取平均值，5个平均值中最大值与最小值之差为平面测帽的示值变动性。

### 6.2.2 使用球面测帽时的示值变动性

带测帽调整机构的仪器，可不校准此项目。

球面测帽的示值变动性用10 mm量块校准，校准前在测量（轴）座和尾座测量杆安装球面测帽。

示值变动性测量过程如下：

a) 在工作台上安装10 mm量块，使两球面测帽与量块测量面中心接触，调整工作台找到示值转折点，测量量块3次示值；

b) 移开测量（轴）座，旋转一个球面测帽约90°，再使测帽与量块测量面中心接触，直接测量量块3次示值（不调整工作台）。

重复步骤b)，共测量4组示值。每组3个示值取平均值，4个平均值中最大值与最小值之差为使用球面测帽时的示值变动性。

## 6.3 示值误差

示值范围 $\leq 1100$  mm的测长仪，选取5个量块，其最小长度为10 mm，最大长度不小于示值范围的90%，其余量块的尺寸应使校准点间隔基本均匀。示值范围 $> 1100$  mm的测长仪，需要进行一些辅助测量，测量方法见附录C。

测量（轴）座和尾座测量杆安装球面测帽，设置零位。

按校准点选取一组量块，将量块分别安装在工作台上，测量量块长度。每块量块测量3次，记录测长仪示值。各校准点测长仪示值和量块实际值的最大差值为该校准点示值误差：

$$\Delta_i = \max[(L_{ij} - L_0) - L_{si}] \quad (2)$$

式中： $L_{ij}$ ——测长仪测量第*i*个量块的第*j*次测量的示值；

$L_0$ ——测长仪测量零位时的示值；

$L_{si}$ ——第  $i$  个量块的参考值；

$i$ ——量块的序号， $i=1, 2, \dots, 5$ ；

$j$ ——测量的序号， $j=1, 2, 3$ 。

#### 6.4 测量重复性

分别取 5 组示值的极差值除以极差系数为该组示值的实验标准差：

$$s_i = \frac{R_i}{C} \quad (3)$$

式中： $R_i$ ——某校准点 3 次示值中的极差，即最大值与最小值之差；

$i$ ——示值组的序号， $i=1, 2, \dots, 5$ ；

$C$ ——极差系数，3 次测量时取  $C=1.69$ 。

取合并样本标准差  $s_p$  为重复性校准结果：

$$s_p^2(x_i) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^2 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (R_i/1.69)^2 \quad (4)$$

#### 6.5 内测尺寸示值误差

##### 6.5.1 使用小测量钩的内测尺寸示值误差

按照使用手册规定在测量（轴）座和尾座安装调整小测量钩。

工作台上安装  $\phi 14$  mm 环规。调整工作台找到其示值转折点后读数，重复 3 次。

取下  $\phi 14$  mm 环规，换上  $\phi 30$  mm 环规。调整工作台找到其示值转折点后读数，重复 3 次。

两只环规的示值之差与实际孔径差的最大值为使用小测量钩的内测尺寸示值误差。即：

$$\Delta_m = \max[(d_{30i} - d_{14j}) - (d_{30} - d_{14})] \quad (5)$$

式中： $d_{30}$  和  $d_{14}$ —— $\phi 30$  mm 环规和  $\phi 14$  mm 环规的参考值；

$d_{30i}$  和  $d_{14j}$ ——使用测长仪测量  $\phi 30$  mm 环规和  $\phi 14$  mm 环规时获得的示值；

$i, j$ ——测量值的序号， $i, j=1, 2, 3$ 。

##### 6.5.2 使用大测量钩的内测尺寸示值误差

按照使用手册规定在测量（轴）座和尾座安装调整大测量钩。

工作台上安装  $\phi 30$  mm 环规。调整工作台找到其示值转折点后读数，重复 3 次。

取下  $\phi 30$  mm 环规，换上  $\phi 50$  mm 环规。调整工作台找到示值转折点后读数，重复 3 次。

两只环规的示值之差与实际孔径差的最大值为使用大测量钩的内测尺寸示值误差。即：

$$\Delta_M = \max[(d_{50i} - d_{30j}) - (d_{50} - d_{30})] \quad (6)$$

式中： $d_{50}$  和  $d_{30}$ —— $\phi 50$  mm 环规和  $\phi 30$  mm 环规的参考值；

$d_{50i}$  和  $d_{30j}$ ——使用测长仪测量  $\phi 50$  mm 环规和  $\phi 30$  mm 环规时获得的示值；

$i, j$ ——测量值的序号， $i, j=1, 2, 3$ 。

## 7 校准结果

经校准的测长仪发给校准证书。校准证书应给出各校准项目的测量结果及示值误差

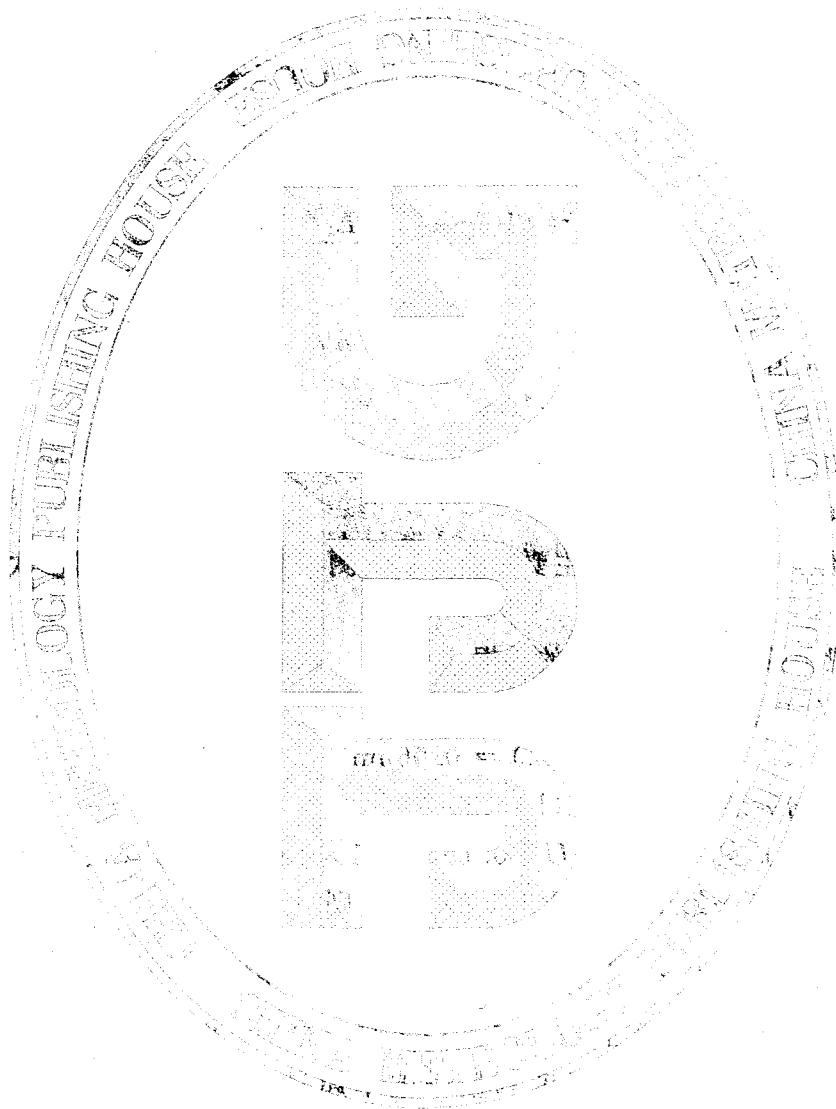


测量结果的扩展不确定度。

当用户要求时，可以根据用户提供的计量特性最大允许误差进行符合性判定，并将结论列入校准证书。进行符合性判定应考虑测量结果的扩展不确定度。

## 8 复校时间间隔

在定期进行期间核查的条件下，建议复校时间间隔为 1 年。



## 附录 A

## 测量结果不确定度评定 (示例)

## A.1 概述

校准测长仪示值误差时,在测量(轴)座和尾座测量杆安装球面测帽,调整达到最佳测量状态,并设置零位。移动测量(轴)座,将相应长度的量块安装在工作台上,使量块工作面中心对准球面测帽,调整工作台使量块工作面与球面测帽轴线相垂直。从读数装置读出测长仪示值,测长仪示值与量块实际值的偏差为测长仪示值误差。量块温度引起的长度变化经过修正。

## A.2 数学模型

$$\Delta_i = (L_i - L_0) - L_s \quad (\text{A.1})$$

式中:  $\Delta_i$ ——校准点示值误差;

$L_i$ ——校准点示值;

$L_0$ ——零点示值;

$L_s$ ——量块在标准条件下的长度。

## A.3 输入量的不确定度评定

A.3.1 重复性  $u(L_i)$ 

输入量  $L_i$  的标准不确定度来源主要是测长仪的测量重复性,可通过多次测量获得,用 A 类方法评定。

重复性采用现场校准过程中获得的数据。

本例中设  $s_p = 0.06 \mu\text{m}$ , 则

$$u(L_i) = 0.06 \mu\text{m}$$

A.3.2 输入量  $L_s$  的标准不确定度  $u(L_s)$ 

A.3.2.1 3 等量块的扩展不确定度  $U = 0.10 \mu\text{m} + 1 \times 10^{-6} L_s$ , 量块长度等于 100 mm 时,  $U = 0.2 \mu\text{m}$ , 量块证书给出包含因子 ( $k = 2.8$ ), 则

$$u(L_{s100}) = \frac{U}{k} = \frac{0.2 \mu\text{m}}{2.8} \approx 0.07 \mu\text{m}$$

A3.2.2 3 等量块的热膨胀系数  $\alpha = (11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , 当温度测量有误差时, 会引起标准不确定度  $u(L_{s2})$ 。设温度测量误差不超过  $\Delta_t = 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , 服从均匀分布,  $k = \sqrt{3}$ , 则

$$u(L_{s2}) = L \cdot \Delta_t \cdot \alpha / k = (100 \times 10^3 \mu\text{m} \times 11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}) / \sqrt{3} \approx 0.07 \mu\text{m}$$

A.3.2.3 量块的热膨胀系数的不确定度, 当温度偏离标准温度  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$  时引起的标准不确定度  $u(L_{s3})$

量块热膨胀系数的不确定度在  $U_\alpha = 1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , 服从均匀分布, 则包含因子  $k = \sqrt{3} = 1.73$ , 当温度偏离标准温度  $\theta = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$  时:

$$u(L_{s3}) = L \cdot U_\alpha \cdot \theta / k = (100 \times 10^3 \mu\text{m} \times 1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 1 \text{ } ^\circ\text{C}) / 1.73 = 0.06 \mu\text{m}$$

## A.4 合成标准不确定度

## A.4.1 灵敏系数

$L_i$  的灵敏系数:  $c_1 = \partial\Delta_i / \partial L_i = 1$

$L_0$  的灵敏系数:  $c_2 = \partial\Delta_i / \partial L_0 = -1$

$L_s$  的灵敏系数:  $c_3 = \partial\Delta_i / \partial L_s = -1$

## A.4.2 标准不确定度汇总

| 标准不确定度分量 $u(x_i)$ | 不确定度来源     | 标准不确定度/ $\mu\text{m}$ |
|-------------------|------------|-----------------------|
| $u(L_i)$          | 测量的重复性     | 0.06                  |
| $u(L_s)$          | 量块长度的不确定度  | 0.07                  |
|                   | 温度测量的不确定度  | 0.07                  |
|                   | 热膨胀系数的不确定度 | 0.06                  |

## A.4.3 合成标准不确定度计算

以上各量互不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{0.06^2 + 0.07^2 + 0.07^2 + 0.06^2} \mu\text{m} = 0.13 \mu\text{m}$$

## A.5 扩展不确定度

取  $k=2$ , 则

$$U = u_c \cdot k = 0.13 \mu\text{m} \times 2 = 0.26 \mu\text{m}$$

## 附录 B

## 典型测长仪主要技术参数

表 B.1 典型测长仪主要技术参数

| 序号           | 计量特性            | 技术参数                                                 | 环境条件                                                   |
|--------------|-----------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1            | 平面测帽、固定式工作台的平面度 | 平面测帽: $0.15\mu\text{m}$<br>工作台: $1.0\mu\text{m}$     | /                                                      |
| 2            | 示值变动性           | 使用平面测帽: $0.3\mu\text{m}$<br>使用球面测帽: $0.2\mu\text{m}$ | /                                                      |
| 3            | 示值误差            | $1\mu\text{m}+5\times10^{-6}L$                       | $(20\pm3)^{\circ}\text{C}$ ; $0.5^{\circ}\text{C/h}$   |
|              |                 | $0.5\mu\text{m}+5\times10^{-6}L$                     | $(20\pm1)^{\circ}\text{C}$ ; $0.5^{\circ}\text{C/h}$   |
|              |                 | $0.15\mu\text{m}+2\times10^{-6}L/3$                  | $(20\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ ; $0.2^{\circ}\text{C/h}$ |
| 4            | 测量重复性           | $0.10\mu\text{m}$                                    | /                                                      |
| 5            | 内测尺寸示值误差        | $1.5\mu\text{m}+5\times10^{-6}L$                     | $(20\pm3)^{\circ}\text{C}$ ; $0.5^{\circ}\text{C/h}$   |
|              |                 | $0.8\mu\text{m}+10\times10^{-6}L$                    | $(20\pm1)^{\circ}\text{C}$ ; $0.5^{\circ}\text{C/h}$   |
|              |                 | $0.3\mu\text{m}+2\times10^{-6}L/3$                   | $(20\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ ; $0.2^{\circ}\text{C/h}$ |
| 注: $L$ 为测量长度 |                 |                                                      |                                                        |

## 附录 C

示值范围 $>1100$  mm 时辅助校准方法

测长仪示值范围 $>1100$  mm, 还需用激光干涉仪系统进行辅助测量。

将激光干涉仪系统按使用要求安装在测长仪上, 调整激光干涉仪系统, 使激光束、参考镜、测量镜与测长仪的测量轴同轴。将空气温度、气压、湿度和测长仪温度、热膨胀系数等参数输入激光干涉仪系统。移动测长仪, 使示值处于零位, 激光干涉仪显示器清零。

在测长仪示值范围内均匀分布 10 个间隔, 读取各点测长仪和激光干涉仪的示值, 测量往返进行 2 次, 取平均值。各测量点测长仪示值与激光干涉仪示值之差为测长仪各校准点的定位误差。

测长仪的定位误差是示值误差的组成部分, 校准证书中应给出各校准点的定位误差测量结果。

中华人民共和国  
国家计量技术规范

测长仪校准规范

JJF 1189—2008

国家质量监督检验检疫总局发布

\*

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

\*

880 mm×1230 mm 16开本 印张1 字数13千字

2008年6月第1版 2008年6月第1次印刷

印数1—2 000

统一书号 155026—2336 定价: 24.00元