



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1123—2004

---

## 基圆齿距比较仪校准规范

Calibration Specification for Base Circle Pitch Comparator

2004-06-04 发布

2004-12-01 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 基圆齿距比较仪校准规范

Calibration Specification for  
Base Circle Pitch Comparator

JJF 1123—2004

代替 JJG 78—1982

---

本规范经国家质量监督检验检疫总局于2004年06月04日批准，并自2004年12月01日起施行。

归口单位： 全国几何量长度计量技术委员会

起草单位： 东风汽车公司计量所

本规范由归口单位负责解释

**本规范起草人：**

郑 旭 （东风汽车公司计量所）

## 目 录

1 范围 .....	(1)
2 引用文献 .....	(1)
3 概述 .....	(1)
4 计量特性 .....	(2)
4.1 前、后校对块工作面的平面度 .....	(2)
4.2 前、后校对块工作面的平行度 .....	(2)
4.3 前、后校对块工作面的研合性 .....	(2)
4.4 前、后校对块工作面的重合性 .....	(2)
4.5 指示表 .....	(2)
4.6 重复性 .....	(2)
4.7 示值误差 .....	(2)
5 校准条件 .....	(2)
5.1 环境条件 .....	(2)
5.2 校准项目和标准器 .....	(2)
6 校准项目和校准方法 .....	(2)
6.1 前、后校对块工作面的平面度 .....	(3)
6.2 前、后校对块工作面的平行度 .....	(3)
6.3 前、后校对块工作面的研合性 .....	(3)
6.4 前、后校对块工作面的重合性 .....	(4)
6.5 指示表 .....	(4)
6.6 重复性 .....	(4)
6.7 示值误差 .....	(4)
7 校准结果的表达 .....	(4)
8 复校时间间隔 .....	(4)
附录 A 校准证书的内容 .....	(5)
附录 B 基圆齿距比较仪示值误差的测量不确定度评定 .....	(6)



## 4 计量特性

### 4.1 前、后校对块工作面的平面度

平面度不大于  $0.3\mu\text{m}$  (离边缘  $0.5\text{mm}$  内不计)。

### 4.2 前、后校对块工作面的平行度

平行度不大于  $0.5\mu\text{m}$  (离边缘  $0.5\text{mm}$  内不计)。

### 4.3 前、后校对块工作面的研合性

前、后校对块应能互相研合。

### 4.4 前、后校对块工作面的重合性

前、后校对块研合后, 其另一块工作面应在同一平面上, 其差值不大于  $0.5\mu\text{m}$ 。

### 4.5 指示表

符合相应检定规程 (或校准规范) 的要求。

### 4.6 重复性

重复性不大于  $0.2\mu\text{m}$ 。

### 4.7 示值误差

示值误差不应超过表 1 的规定。

表 1 示值误差

指示表类型	基圆齿距比较仪分度值	最大允许示值误差		
		$\pm 0.02\text{mm}$ 范围	$\pm 0.05\text{mm}$ 范围	$1\text{mm}$ 范围
测微表	$1\mu\text{m}$	$\pm 1\mu\text{m}$	$\pm 2\mu\text{m}$	—
		$\pm 2\mu\text{m}$	$\pm 4\mu\text{m}$	—
千分表	$1\mu\text{m}$	—	—	$\pm 5\mu\text{m}$

注: 作为校准, 不判断出合格与否, 上述计量特性的指标仅供参考。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

5.1.1 校准基圆齿距比较仪时的温度为  $(20 \pm 6)\text{℃}$ ; 校准前、后校对块时的温度为  $(20 \pm 2)\text{℃}$ ;

5.1.2 被校准仪器在室内平衡温度的时间不少于  $4\text{h}$ 。

### 5.2 校准项目和标准器

5.2.1 前、后校对块的校准项目及相应标准器见表 2。

5.2.2 基圆齿距比较仪的校准项目及相应标准器见表 3。

## 6 校准项目和校准方法

校准前应确认无影响校准正确实施和校准结果的外观缺陷和机械故障。

表 2 前、后校对块的校准项目及相应标准器

序号	校准项目	标准器
1	前、后校对块工作面的平面度	2级平面平晶
2	前、后校对块工作面的平行度	立式光学计
3	前、后校对块工作面的研合性	—
4	前、后校对块工作面的重合性	立式光学计

表 3 基圆齿距比较仪的校准项目及相应标准器

序号	校准项目	标准器
1	指示表	按相应检定规程（或校准规范）
2	示值重复性	4等量块
3	示值误差	4等量块

### 6.1 前、后校对块工作面的平面度

用 2 级平晶以光波干涉法进行测量。

### 6.2 前、后校对块工作面的平行度

用立式光学计在校对块工作面上均匀分布五点进行校准，如图 3 所示，其五点之间最大读数差即为工作面的平行度。

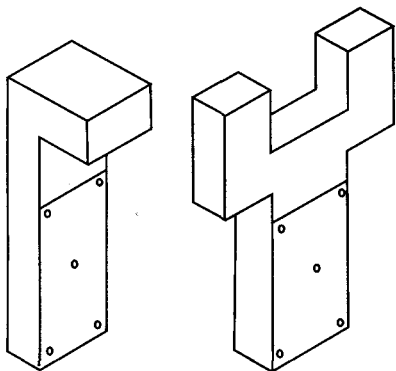


图 3 前后校对块工作面受检点示意图

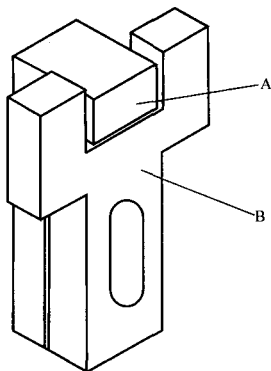


图 4 前后校对块研合示意图

### 6.3 前、后校对块工作面的研合性

把后校对块的挡板拆下，将其工作面研合在前校对块工作面上，当拿住其中一块转

动 90°时，另一块不应因自重而脱落。

#### 6.4 前、后校对块工作面的重合性

将后校对块的挡板拆下，前、后校对块工作面研合在一起，如图 4 所示。在立式光学计上对 A 面和 B 面进行测量，两者读数差即为重合性。

#### 6.5 指示表

按照相应检定规程（或校准规范）进行检定（或校准）。

#### 6.6 重复性

按校准示值误差方法，在任一受检点上进行五次重复测量，其重复性：

$$s = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{2.33}$$

式中： $l_{\max}$ ——重复测量五次读数中最大读数， $\mu\text{m}$ ；

$l_{\min}$ ——重复测量五次读数中最小读数， $\mu\text{m}$ 。

#### 6.7 示值误差

校准分度值为  $1\mu\text{m}$ 、 $\pm 50$  分度的测微表的基圆齿距比较仪示值误差时，分别用差值为  $0.01\text{mm}$  量块 6 块，用一块量块对零，分别校准正负向各 5 个受检点。

校准分度值为  $1\mu\text{m}$  的基圆齿距比较仪示值误差时，分别用差值为  $0.01\text{mm}$  量块 11 块，用一块量块对零，分别校准正负向各 10 个受检点。

校准时，手持基圆齿距比较仪，使固定量爪工作面靠在校对块夹持的预先受检点组合的后校对块工作面上，活动量爪工作面与前校对块工作面接触，按同一方向摆动基圆齿距比较仪，读取最小值。每一点校准不少于三次。取其算术平均值作为测得值。

各受检点的示值误差按下式计算：

$$\delta_i = \Delta r_i + (\Delta l_i - \Delta l_0)$$

式中： $\Delta r_i$ ——受检点的基圆齿距比较仪测得值与该点量块标称值之差， $\mu\text{m}$ ；

$\Delta l_i$ ——受检点所用量块的尺寸偏差， $\mu\text{m}$ ；

$\Delta l_0$ ——对零位时所用量块的尺寸偏差， $\mu\text{m}$ 。

## 7 校准结果的表达

经校准的基圆齿距比较仪出具校准证书，校准证书内容见附录 A。

## 8 复校时间间隔

复校时间间隔可根据使用的具体情况确定，建议一般不超过 1 年。



## 附录 A

## 校准证书的内容

校准证书的内容应排列有序、清晰，并包括以下内容：

1. 标题：校准证书；
2. 校准实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
4. 校准证书编号，页码及总页数；
5. 委托方的名称和地址；
6. 被校准测量设备名称；
7. 被校准测量设备的生产厂、型号规格和出厂编号/系列编号；
8. 校准日期；
9. 校准人员姓名：签名，核验人员姓名：签名，主管人员姓名：签名；
10. 校准所用校准器的溯源性及有效性说明；
11. 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；
12. 校准时的环境温度情况；
13. 校准项目的校准结果；
14. 校准条件下的测量不确定度；
15. 复校时间间隔的建议；
16. 未经实验室许可，不得局部复印校准证书的声明。

## 附录 B

## 基圆齿距比较仪示值误差的测量不确定度评定

以校准带分度值为  $1\mu\text{m}$ 、 $\pm 50$  分度的测微表的基圆齿距比较仪为例。

## B.1 数学模型

$$\delta_i = \Delta r_i + (\Delta l_i - \Delta l_0) \quad (\text{B.1})$$

式中： $\Delta r_i$ ——受检点的测得值与该点标称值之差， $\mu\text{m}$ ；

$\Delta l_i$ ——受检点所用量块的尺寸偏差， $\mu\text{m}$ ；

$\Delta l_0$ ——对零位时所用量块的尺寸偏差， $\mu\text{m}$ 。

由于检定时量块实际温度相对于  $20^\circ\text{C}$  有所偏差，故设： $\alpha$  为量块的线膨胀系数 ( $1/^\circ\text{C}$ )， $t_i$  为受检点所用量块的实际温度 ( $^\circ\text{C}$ )， $t_0$  为对零位时所用量块的实际温度 ( $^\circ\text{C}$ )，则上式变为

$$\delta_i = \Delta r_i + (\Delta l_i - \Delta l_0) + \Delta l_i \alpha (t_i - 20^\circ\text{C}) - \Delta l_0 \alpha (t_0 - 20^\circ\text{C}) \quad (\text{B.2})$$

但受检点所用量块的尺寸偏差和对零量块的尺寸偏差很小，且两者的温度差也很小，故可将上式中的最后两项忽略不计，则上式变为

$$\delta_i = \Delta r_i + (\Delta l_i - \Delta l_0) \quad (\text{B.3})$$

## B.2 根据数学模型求方差和灵敏系数

依  $u_c^2(\delta) = \sum [\partial f / \partial x_i]^2 \cdot u^2(x_i)$  得方差：

$$u_c^2(\delta) = c^2(\Delta r_i) u^2(\Delta r_i) + c^2(\Delta l_i) u^2(\Delta l_i) + c^2(\Delta l_0) u^2(\Delta l_0)$$

灵敏系数：

$$c(\Delta r_i) = \partial f / \partial \Delta r_i = 1;$$

$$c(\Delta l_i) = \partial f / \partial \Delta l_i = 1;$$

$$c(\Delta l_0) = \partial f / \partial \Delta l_0 = -1;$$

于是：

$$u_c^2(\delta) = u^2(\Delta r_i) + u^2(\Delta l_i) + u^2(\Delta l_0)$$

## B.3 计算标准不确定度

## B.3.1 测量读数的不确定度

## B.3.1.1 测量重复性的不确定度

标准偏差  $s$  是根据用 4 等量块校准基圆齿距比较仪重复测量 10 次求出的，为  $0.10\mu\text{m}$ 。在实际测量中测量 1 次。故：

$$u(\Delta r_{i1}) = s / \sqrt{1} = 0.10 / \sqrt{1} = 0.10\mu\text{m}$$

其自由度为

$$\nu(\Delta r_{i1}) = 10 - 1 = 9$$

## B.3.1.2 估读误差的不确定度

基圆齿距比较仪指示表估读误差一般为  $\pm 0.2\mu\text{m}$ ，呈三角形分布，故：

$$u(\Delta r_{i2}) = e_1 / \sqrt{6} = 0.2 / \sqrt{6} = 0.08\mu\text{m}$$

该值相对标准不确定度约为 20%，则其自由度为

$$\nu(\Delta r_{i2}) = \frac{1}{2}(0.20)^{-2} = 12.5$$

测量读数的不确定度为

$$u(\Delta r_i) = \sqrt{u^2(\Delta r_{i1}) + u^2(\Delta r_{i2})}$$

$$u(\Delta r_i) = \sqrt{(0.10)^2 + (0.08)^2} = 0.128\mu\text{m}$$

其自由度为

$$\nu_{\text{eff}} = u_c^4 / [u^4(x_i) / \nu_i]$$

$$\nu(\Delta r_i) = \frac{(0.128)^4}{0.10^4/9 + 0.08^4/12.5} = 18.6$$

取  $\nu(\Delta r_i) = 18$

### B.3.2 受检点所用量块的不确定度

对零位时所用量块的不确定度为

$$U_1 = (0.2 + 2L) \mu\text{m}$$

对零位时所用量块的名义尺寸不超过 22mm，故

$$U_1 = 0.244\mu\text{m}$$

按正态分布处理，覆盖因子  $k_1 = 2.58$ ，同时所用量块是由两块量块研合而成，故

$$u(\Delta l_i) = \sqrt{2}(U_1/k_1) = \sqrt{2}(0.244/2.58) = 0.134\mu\text{m}$$

其值可靠性很高，其自由度为

$$\nu(\Delta l_i) = \infty$$

### B.3.3 对零位时所用量块的不确定度

校准用量块的不确定度为

$$U_2 = (0.2 + 2L) \mu\text{m}$$

校准时所用量块的名义尺寸不超过 22mm，故

$$U_2 = 0.244\mu\text{m}$$

按正态分布处理，覆盖因子  $k_2 = 2.58$ ，同时所用量块是由两块量块研合而成，故

$$u(\Delta l_0) = \sqrt{2}(U_2/k_2) = \sqrt{2}(0.244/2.58) = 0.134\mu\text{m}$$

其值可靠性很高，其自由度为

$$\nu(\Delta l_0) = \infty$$

## B.4 标准不确定度一览表

### B.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{\sum c^2(x_i) u^2(x_i)}$$

$$u_c(\delta) = \sqrt{c^2(\Delta r_i) u^2(\Delta r_i) + c^2(\Delta l_i) u^2(\Delta l_i) + c^2(\Delta l_0) u^2(\Delta l_0)}$$

$$= \sqrt{(0.128)^2 + (0.134)^2 + (0.134)^2}$$

$$= 0.229\mu\text{m}$$

表 B.1

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值 $u(x_i)/\mu\text{m}$	分布	自由度	评定方法
$u(\Delta r_i)$	测量读数的不确定度	0.128		18	
	测量重复性的不确定度	0.10	正态	9	A
	基圆齿距比较仪指示表估读误差的不确定度	0.08	三角	12.5	B
$u(\Delta l_i)$	受检点所用量块的不确定度	0.134	正态	$\infty$	B
$u(\Delta l_0)$	对零位时所用量块的不确定度	0.134	正态	$\infty$	B

## B.6 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = u_c^4 / \sum [c^4(x_i) u^4(x_i) / \nu_i]$$

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{(0.229)^4}{0.128^4/18 + 0.134^4/\infty + 0.134^4/\infty} = 184.4$$

取  $\nu_{\text{eff}} = 184$

## B.7 被测量分布的估计

由于在各不确定度分量中，没有任何一个分量为占优势的分量，因此可以判定被测量  $\delta$  接近于正态分布。

## B.8 扩展不确定度

基于自由度  $\nu_{\text{eff}} = 184$ ，置信水准  $p = 95\%$ ，查  $t$  分布表用插入法得

$$k = t_p(\nu_{\text{eff}}) = t_{95}(184) = 1.96$$

$$U = k u_c = 1.96 \times 0.229 = 0.449 \mu\text{m} \approx 0.5 \mu\text{m}$$