

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1097—2003

平尺校准规范

Calibration Specification for Straight Edges

2003-03-05 发布

2003-09-01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

平尺校准规范

Calibration Specification for Straight Edges

JJF 1097—2003
代替 JJG 116—1983

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2003 年 03 月 05 日批准，并自 2003 年 09 月 01 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：北京市计量科学研究所

本规范由归口单位负责解释

本规范主要起草人：

马桂茹 （北京计量科学研究所）

刘振幅 （北京计量科学研究所）

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 工作面表面粗糙度	(2)
4.2 平尺侧面对工作面的垂直度	(2)
4.3 铸铁平尺工作面接触斑点	(3)
4.4 工作面直线度	(3)
4.5 上工作面与下工作面(或支承面)的平行度	(4)
5 校准条件	(4)
5.1 环境条件	(4)
5.2 校准用计量器具	(5)
6 校准项目和校准方法	(5)
6.1 表面粗糙度	(5)
6.2 侧面对工作面的垂直度	(5)
6.3 铸铁平尺工作面接触点面积比率和接触点数	(5)
6.4 工作面的直线度	(6)
6.5 上工作面与下工作面(或支承面)平行度	(7)
7 校准结果的处理	(7)
8 复校时间间隔	(7)
附录 A 平尺直线度校准结果测量不确定度分析实例	(8)
附录 B 校准证书内容	(11)

平尺校准规范

1 范围

本规范适用于铸铁、钢制和岩石平尺的校准。

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

JB/T 7977—1999 铸铁平尺

JB/T 7978—1999 钢平尺和岩石平尺

使用本规范时应注意使用上述文献的现行有效版本。

3 概述

平尺是工作面为平面、用于测量工件表面直线度和平面度的量具。平尺的准确度等级分为 00 级、0 级、1 级和 2 级。

平尺的结构型式：

铸铁平尺结构型式见图 1；

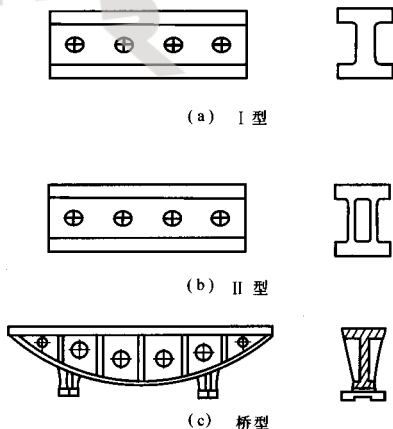


图 1 铸铁平尺结构型式图

钢平尺和岩石平尺的结构型式见图 2 和图 3。

注：作为校准，不判断合格与否，如要定其准确度等级，必须满足相应要求。

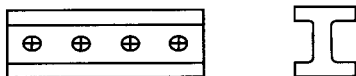


图2 钢平尺结构型式图

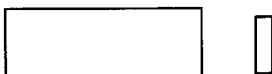


图3 岩石平尺结构示意图

4 计量特性

4.1 工作面表面粗糙度

4.1.1 钢平尺工作面表面粗糙度 $R_a \leq 0.20\mu\text{m}$ ，侧面 $R_a \leq 0.80\mu\text{m}$ 。

4.1.2 岩石平尺工作面表面粗糙度 $R_a \leq 0.40\mu\text{m}$ ，侧面 $R_a \leq 1.60\mu\text{m}$ 。

4.2 平尺侧面对工作面的垂直度

平尺侧面对工作面垂直度要求见表1规定。

表1 平尺侧面对工作面垂直度

规格 /mm	00	0	1	2
	侧面对工作面垂直度允差/ μm			
400	8.0	13.0	25	—
500	9.0	15.0	30	—
630	10.5	18.0	35	—
800	12.5	21.0	40	—
1000	15.0	25.0	50	100
1250	18.0	30.0	60	120
1600	22.0	37.0	75	150
2000	27.0	45.0	90	180
2500	33.0	55.0	110	220
3000	39.0	65.0	130	260
4000	—	85.0	170	340
5000	—	105.0	210	420
6300	—	—	260	520

注：平行度的允差值为表3中直线度允差值的1.5倍，垂直度允差值为表3中直线度允差值的5倍。

4.3 铸铁平尺工作面接触斑点

铸铁平尺工作面接触斑点要求见表 2 规定。

表 2 铸铁平尺工作面接触斑点

校准项目	准确度等级			
	00	0	1	2
(25×25) mm 单位面积内接触点面积比率	≥20%		≥16%	≥10%
(25×25) mm 单位面积内接触点数	≥25		≥20	

注：

- 1 距工作面边缘 $0.01L$ (最大为 10mm) 范围内接触点面积比率或接触点数不计, 且任意点都不得高于工作面。(其中 L 为平尺工作面长度)
- 2 接触点数在任意 (25×25) mm 中接触点数之差应不大于 5 点, 若有争议则以接触点面积比率为评定依据。

4.4 工作面直线度

工作面直线度要求见表 3 规定。

表 3 工作面直线度

校准项目	准确度等级			
	00	0	1	2
	工作面直线度允差/ μm			
300	1.3	2.2	4.4	8.8
400	1.6	2.6	5.0	10.0
500	1.8	3.0	6.0	12.0
630	2.1	3.5	7.0	14.0
750	2.4	4.0	8.0	16.0
800	2.5	4.2	8.0	16.0
1000	3.0	5.0	10.0	20.0
1250	3.6	6.0	12.0	24.0
1500	4.2	7.0	14.0	28.0
1600	4.4	7.4	15.0	30.0
2000	5.4	9.0	18.0	36.0
2500	6.6	11.0	22.0	44.0
4000	—	17.0	34.0	68.0
5000	—	21.0	42.0	84.0
6300	—	—	52.0	105.0
任意 200mm	1.1	1.8	4.0	7.0

直线度计算公式：

$$00 \text{ 级：} \quad 0.6 \times (1 + L/250) \mu\text{m} \quad (1)$$

$$0 \text{ 级：} \quad 1 \times (1 + L/250) \mu\text{m} \quad (2)$$

$$1 \text{ 级：} \quad 2 \times (1 + L/250) \mu\text{m} \quad (3)$$

$$2 \text{ 级：} \quad 4 \times (1 + L/250) \mu\text{m} \quad (4)$$

式中： L ——平尺工作面长度，mm。

注：距工作面边缘 $0.001L$ （最大为 10mm）范围内直线度不计，且任意一点都不得高于工作面。

4.5 上工作面与下工作面（或支承面）的平行度

上工作面与下工作面（或支承面）的平行度要求见表 4 的规定。

表 4 上工作面与下工作面（或支承面）的平行度

校准项目	准确度等级			
	00	0	1	2
	平行度允差/ μm			
300	2.0	3.3	7.0	14.0
400	2.4	3.9	8.0	16.0
500	2.7	4.5	9.0	18.0
630	3.2	5.3	11.0	22.0
750	3.6	6.0	12.0	24.0
800	3.8	6.3	12.0	24.0
1000	4.5	7.5	15.0	30.0
1250	5.4	9.0	18.0	36.0
1500	6.3	10.5	21.0	42.0
1600	6.6	11.1	23.0	45.0
2000	8.1	13.5	27.0	54.0
2500	9.9	16.5	33.0	66.0
3000	11.7	19.5	39.0	78.0
4000	—	25.5	51.0	102.0
5000	—	31.5	63.0	126.0
6300	—	—	78.0	156.0

5 校准条件

5.1 环境条件

00 级、0 级平尺校准时温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，温度变化 $< 1^\circ\text{C/h}$ ，温度平衡时间不少于 8h。

1级、2级平尺校准时温度为 $(20 \pm 8)^\circ\text{C}$ ，温度变化 $< 2^\circ\text{C}/\text{h}$ ，温度平衡时间不少于8h。

5.2 校准用计量器具

5.2.1 校准项目和校准用主要计量器具见表5。

5.2.2 其他计量器具

分度值为 $0.01\text{mm}/\text{m}$ 合象水平仪及框式水平仪。

表5 校准项目和校准用计量器具

序号	校准项目	校准用主要计量器具
1	表面粗糙度	表面粗糙度比较样块或仪器
2	侧面对工作面的垂直度	直角尺、塞尺或分度值 0.001mm 指示表及表架
3	铸铁平尺工作面接触点面积比率和接触点数	显示剂 $(50 \times 25)\text{mm}$ 标准板
4	工作面直线度	对于00级平尺：分度值为 $0.001\text{mm}/\text{m}$ 或分度值为 $0.2''$ 的电子水平仪、自准直仪； 对于0级平尺：分度值为 $0.005\text{mm}/\text{m}$ 或分度值为 $1''$ 的电子水平仪、自准直仪； 对于1、2级平尺：分度值为 $0.01\text{mm}/\text{m}$ 或分度值为 $2''$ 的电子水平仪、自准直仪； 0级刀口尺及2级量块
5	上工作面与下工作面（或支承面）的平行度	分度值为 0.001mm 指示表或 0.01mm 千分尺

6 校准项目和校准方法

首先检查外观，确定没有影响校准结果的因素后再进行校准。

6.1 表面粗糙度

用表面粗糙度样块比较，或表面粗糙度检查仪进行校准。

6.2 侧面对工作面的垂直度

用直角尺和塞尺在平尺全长三个位置上进行。对于 1000mm 以下平尺还可以用打表法进行校准。

6.3 铸铁平尺工作面接触点面积比率和接触点数

将被校平尺工作面上涂上显示剂，在不低于其准确度等级的平板或平尺上研合，使平尺工作面上显示明显接触点。然后用一个在 $(50 \times 25)\text{mm}$ 范围内刻划有 $(2.5 \times 2.5)\text{mm}$ 的200个小方格的透明标准板置于平尺任意位置上，依次观察每个方格内包含接触点所占面积比例（以 $1/10$ 为单位）。求上述比例之和，除以2即为接触点面积比率。

注：接触点数是在被校平尺任意位置上，在 $(25 \times 25)\text{mm}$ 正方形面积范围内的点数。

6.4 工作面的直线度

6.4.1 将被校平尺（桥型平尺除外）用等高块支承在距平尺两端 $\frac{2}{9}L$ （ L 为平尺长度）处，根据平尺长度选择适当桥板，一般不少于8~10个位置，跨距在（50~500）mm，把电子水平仪（或自准直仪的反射镜）固定在桥板上，将桥板按跨距前后相接从平尺一端移至另一端，每移动一个跨距从仪器上记取该位置读数（格数）。根据最小条件评定准则，通过计算或作图进行数据处理，评定被校平尺工作面直线度。

平尺工作面任意200mm直线度，可选择50mm左右跨距，按上述方法进行。

对于工作面宽度超过60mm的平尺，应增加直线度截面或按平面度要求校准，其平面度按表3直线度要求。

对于工作面长度不超过500mm的平尺，可以用刀口尺和量块以光隙法校准。在保证平尺准确度条件下，允许用其它方法校准平尺工作面直线度。

6.4.2 平尺工作面直线度校准实例

用分度值为0.01mm/m的电子水平仪校准1000mm平尺，桥板跨距 $L=100$ mm，仪器在平尺工作面各点读数和用算法评定平尺工作面直线度列于表6。

表6 算法评定平尺工作面直线度

测量序号	测量位置/mm	读数/字	$a_i - a_1$ /字	累积读数 /字	按最小条件 准则数据处理/字		结果 Δ'_i /字
0	0	0	0	0	+4	+1.3	+5.3
1	0~100	+5	0	0	+4	+1.0	+5.0
2	100~200	+3	-2	-2	+2	+0.7	+2.7
3	200~300	+4	-1	-3	+1	+0.3	+1.3
4	300~400	+4	-1	-4	0	0	0
5	400~500	+6	+1	-3	+1	-0.3	+0.7
6	500~600	+7	+2	-1	+3	-0.7	+2.3
7	600~700	+8	+3	+2	+6	-1.0	+5.0
8	700~800	+7	+2	+4	+8	-1.3	+6.7
9	800~900	+2	-3	+1	+5	-1.7	+3.3
10	900~1000	+2	-3	-2	+2	-2.0	0

表6中按符合最小条件数据处理结果，平尺工作面直线度为

$$\Delta'_i = 6.7 - (-0) = 6.7 \text{ (字)} \quad (5)$$

平尺直线度计算公式：

a) 当用电子水平仪或（合象水平仪）校准直线度时为

$$F = C L \Delta'_i \text{ (}\mu\text{m)} \quad (6)$$

式中： C ——仪器分度值，mm/m；

L ——桥板跨距, mm;

Δ'_i ——符合最小条件的平尺直线度, 格。

表 6 中平尺工作面直线度为

$$\begin{aligned}\Delta'_i &= CL\Delta'_i \\ &= 0.01 \times 100 \times 6.7 \\ &= 6.7 \text{ (}\mu\text{m)}\end{aligned}$$

b) 当用自准直仪校准平尺直线度时计算公式为

$$\Delta = 0.005 CL\Delta'_i \text{ (}\mu\text{m)} \quad (7)$$

式中: C ——仪器分度值, (");

L ——桥板跨距, mm;

Δ'_i ——符合最小条件的平尺直线度, 字。

6.5 上工作面与下工作面(或支承面)平行度

将被校平尺以工作面(或支承面)为基面放在检验平板上, 用装在表架上千分表在其工作面测出不少于三处的高度差值, 即为平行度。也可用千分尺测量平尺的两工作面厚度差的方法。(平板应高于平尺 1 级)

7 校准结果的处理

经过校准的平尺, 发给校准证书。校准证书内容见附录 B。

8 复校时间间隔

根据平尺使用情况和稳定性, 复校时间间隔由用户自行决定, 建议不超过 1 年。

附录 A

平尺直线度校准结果测量不确定度分析实例

A.1 测量方法

平尺工作面直线度，用电子水平仪以节距法测量，按符合最小条件原则评定直线度。

A.2 数学模型

被校准平尺各点符合最小条件原则，直线度可按下式计算：

$$F = LC_i \Delta_i \quad (\text{A.1})$$

$$F = LC_i \left(\frac{p-k}{p-g} \sum_{i=g+1}^k a_i - \frac{k-g}{p-g} \sum_{i=k+1}^p a_i \right) \quad (\text{A.2})$$

式中： L ——桥板跨距，mm；

C_i ——电子水平仪分度值，mm/m；

Δ_i ——符合最小条件原则的直线度读数，字；

p 、 g ——两高点（或两低点）的序号；

k ——两高点（或两低点）包含的序号；

a_i ——仪器在第 i 点的读数，字。

设： $C = LC_i$

$$F_a = \frac{p-k}{p-g} \sum_{i=g+1}^k a_i - \frac{k-g}{p-g} \sum_{i=k+1}^p a_i$$

则 $F = CF_a$

$$u^2(F) = \left(\frac{\partial F}{\partial F_a} \right) u^2(F_a) \quad (\text{A.3})$$

A.3 方差和灵敏系数

考虑到每尺寸段单次测量不确定度 $u^2(a_i)$ 均相同，即

$$\begin{aligned} u^2(a_1) &= u^2(a_2) = \cdots = u^2(a_i) \cdots = u^2(a_n) = u^2(a) \\ u^2(F_a) &= \left[\left(\frac{p-k}{p-g} \right)^2 (k-g) + \left(\frac{k-g}{p-g} \right)^2 (p-k) \right] u^2(a) \\ &= \frac{(p-k)(k-g)}{p-g} u^2(a) \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

当 $g=0$ 、 $p=n$ 、 $k=n/2$ 时 $u^2(F_a)$ 最大：

$$u_{\max}^2(F_a) = \frac{n}{4} u^2(a)$$

$$u_{\max}(F_a) = \frac{\sqrt{n}}{2} u(a)$$

$$u^2(a) = u_1^2(a) + u_2^2(a) + u_3^2(a) + u_4^2(a) \quad (\text{A.5})$$

式中： $u_i(a)$ ——电子水平仪示值误差影响的不确定度分量，字；

$u_2(a)$ ——量化误差估算的不确定度分量，字；

$u_3(a)$ ——测量重复性估算的不确定度分量，字；

$u_4(a)$ ——定位误差估算的不确定度分量，字。

A.4 标准不确定度一览表（见下表）

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值 $u(x_i)$	自由度
$u_1(a)$	电子水平仪 示值误差	$2/\sqrt{3} = 1.15$ 字	50
$u_2(a)$	量化误差	$1/(2\sqrt{3}) = 0.29$ 字	∞
$u_3(a)$	测量重复性	$0.5/\sqrt{2} = 0.36$ 字	9
$u_4(a)$	定位误差	$2/\sqrt{3} = 1.15$ 字	50

$$u^2(a) = 2.8587 \text{ 字}$$

$$u(a) = 1.7 \text{ 字}$$

$$\nu_{\text{eff}} = 113$$

A.5 计算分量标准不确定度

A.5.1 电子水平仪示值误差估算分量 $u_1(a)$

根据规程 JJG712—1990《电子水平仪》，示值误差不超过 $(1 + A/50)$ 字。其中 A 为实际使用的字数。校准 0 级平尺时， $A \leq 50$ 字。则示值误差分量

$$A_{\text{示}} = 1 + A/50 = 2 \text{ 字}$$

$$u_1(a) = 2/\sqrt{3} = 1.15 \text{ 字}$$

估计其示值误差在半宽为 2 个字的区间内为均匀分布，置信概率较高，相对不确定度为 10%。则

$$\nu_1 = (1/2) \times (10/100)^{-2} = 50$$

A.5.2 电子水平仪数显量化误差影响的分量 $u_2(a)$

电子水平仪分辨力 $\delta_x = 1$ 字，(0.001mm/m)，在宽度 δ_x 的区间内为均匀分布，其方差为

$$u_2^2(a) = \delta_x^2/12$$

$$u_2(a) = \delta_x/(2\sqrt{3}) = 0.29 \text{ 字}$$

A.5.3 测量重复性估算的分量 $u_3(a)$

其标准偏差是以相同桥板跨距安装电子水平仪，以节距法对同一平尺工作面重复校准平尺直线度共 10 次求出的。依上述方法对不同的平尺作重复性实验，取最大标准偏差为

$$s_s \leq 0.5 \text{ 字}$$

实测时以 2 次校准值取平均值计算。故

$$u_3(a) = s_x/\sqrt{2} = 0.36 \text{ 字}$$

A.5.4 定位误差估算的分量 $u_4(a)$

由于平尺直线度的影响, 校准时桥板位置要求首尾相接, 但实际操作有偏差引起电子水平仪示值变化, 实践证明对 0 级平尺, 上述操作偏差引起电子水平仪示值变化最大不超过 2 个字。该值在半宽为 2 个字的区间内等概率分布, 故

$$u_4(a) = 2/\sqrt{3} = 1.15 \text{ 字}$$

A.6 合成标准不确定度

$$\begin{aligned} u^2(a) &= u_1^2(a) + u_2^2(a) + u_3^2(a) + u_4^2(a) \\ &= 1.15^2 + 0.29^2 + 0.36^2 + 1.15^2 \\ &= 2.8587 \text{ (字)}^2 \\ u(a) &= 1.7 \text{ 字} \end{aligned}$$

A.7 有效自由度

A.7.1 电子水平仪示值误差分量 $u_1(a)$

$u_1(a)$ 有较高的置信概率, 估计相对不确定度为 10%, 则自由度 $\nu_1 = 50$ 。

A.7.2 量化误差影响的分量 $u_2(a)$

量化误差影响的分量 $u_2(a)$ 作为已知量, 则 $\nu_2 \rightarrow \infty$ 。

A.7.3 测量重复性 $u_3(a)$

自由度 $\nu_3 = n - 1 = 10 - 1 = 9$

A.7.4 定位误差影响的分量 $u_4(a)$

$u_4(a)$ 有较高的置信概率, 估计其相对不确定度为 10%, 则 $\nu_4 = 50$ 。

$u(a)$ 的有效自由度为

$$\nu_{\text{eff}} = 1.74^4 / (1.15^4/50 + 0.36^4/9 + 1.15^4/50) = 113$$

A.8 扩展不确定度

$$T_{95}(113) = 1.98$$

$$U_{95} = t_{95}(\nu_{\text{eff}}) u_{\text{max}}(F_a)$$

$$t_{95}(113) = 1.98$$

$$U_{95} = t_{95}(113) \times (\sqrt{n}/2) \cdot C \cdot u(a)$$

A.8.1 平尺长度为 1000mm 时, $L = 120\text{mm}$, $n = 8$

$$U_{95} = 1.98 \times (\sqrt{8}/2) \times 120 \times 0.001 \times 1.7 \approx 0.6\mu\text{m}$$

A.8.2 平尺尺寸为 2000mm 时, $L = 150\text{mm}$, $n = 13$

$$U_{95} = 1.98 \times (\sqrt{13}/2) \times 150 \times 0.001 \times 1.7 \approx 0.9\mu\text{m}$$

A.8.3 平尺尺寸为 3000mm 时, $L = 200\text{mm}$, $n = 15$

$$U_{95} = 1.98 \times (\sqrt{15}/2) \times 200 \times 1.7 \times 0.001 = 1.3\mu\text{m}$$

附录 B

校准证书内容

校准证书的内容应排列有序、清晰，一般应包括下列内容：

- a) 标题“校准证书”；
- 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，不得部分复制证书的声明。