



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1119—2004

电子水平尺校准规范

Calibration Specification for Electronic Level Meter

2004 - 06 - 04 发布

2004 - 12 - 01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

电子水平尺校准规范

Calibration Specification for
Electronic Level Meter

JJF 1119—2004

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： 全国几何量角度计量技术委员会

起草单位： 湖南省计量检测研究院

湖南华星宇传感技术有限公司

本规范由归口单位负责解释

本规范主要起草人：

陈 勇 （湖南省计量检测研究院）

鲍 唯 （湖南省计量检测研究院）

周业华 （湖南华星宇传感技术有限公司）

参加起草人：

高国伟 （湖南华星宇传感技术有限公司）

曾 琰 （湖南省计量检测研究院）

刘丽娟 （湖南省计量检测研究院）

焦 莉 （湖南华星宇传感技术有限公司）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 工作面的表面粗糙度	(1)
4.2 工作面的平面度	(1)
4.3 零值误差	(1)
4.4 漂移	(2)
4.5 分辨力	(2)
4.6 示值误差	(2)
4.7 测角重复性	(2)
4.8 回程误差	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 校准用标准器及其他仪器设备	(2)
6 校准项目及校准方法	(2)
6.1 工作面表面粗糙度	(2)
6.2 工作面平面度	(2)
6.3 零值误差	(3)
6.4 漂移	(3)
6.5 分辨力	(3)
6.6 示值误差	(3)
6.7 测角重复性	(3)
6.8 回程误差	(3)
7 校准结果的表达	(4)
8 复校时间间隔	(4)
附录 A 专用夹具	(5)
附录 B 示值误差、测角重复性、回程误差计算实例	(6)
附录 C 示值误差校准结果的测量不确定度评定	(8)
附录 D 校准证书内页格式	(11)

电子水平尺校准规范

1 范围

本规范适用于分辨力为 0.01° 的数字显示式电子水平尺的校准，其他分辨力的电子水平尺可参照本规范进行校准。

2 引用文献

本规范引用以下文献：

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

JG 142—2002 建筑用电子水平尺

使用本规范时，应注意引用文献的现行有效版本。

3 概述

电子水平尺是由倾角传感器和数字显示器及其他辅助部分构成，是一种利用传感器中液面电位变化进行倾角或斜度测量的角度测量仪器。它具有绝对角度测量、相对角度测量、角度显示、角度锁定、角度存储等多项功能。电子水平尺的外形见图 1。

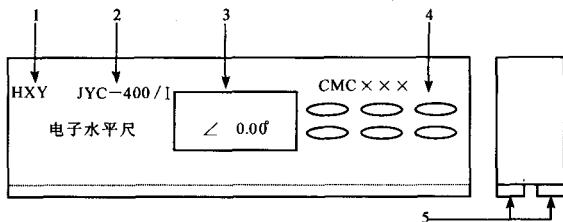


图 1

1—厂标；2—型号；3—角度显示；4—功能键；5—工作面

4 计量特性

4.1 工作面的表面粗糙度

工作面表面粗糙度 R_a 值不大于 $1.6\mu\text{m}$ 。

4.2 工作面的平面度

工作面的平面度不大于工作面长度的 0.02% 。

4.3 零值误差

零值误差不超过 $\pm 0.03^\circ$ 。

4.4 漂移

零值示值随时间的漂移不超过 $0.03^\circ/\text{h}$ 。

4.5 分辨力

分辨力不大于 0.01° 。

4.6 示值误差

示值误差不大于 0.04° 。

4.7 测角重复性

测角重复性不大于 0.01° 。

4.8 回程误差

回程误差不大于 0.02° 。

注：由于校准不作出合格与否的结论，上述指标仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 校准时，室内温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，温度变化每小时不超过 1°C 。

5.1.2 校准前，被校仪器和校准工具在室内平衡温度的时间一般不少于 2h。

5.2 校准用标准器及其他仪器设备

校准时所需计量标准器及其他仪器设备见表 1。

表 1 校准用标准器及其他设备

序号	校准项目	校准用标准器及其他设备
1	工作面的表面粗糙度	表面粗糙度比较样块
2	工作面的平面度	1 级平板（或平尺）、Ⅱ级塞尺
3	零值误差	1 级平板（或平尺）、0.040mm/m 水平仪
4	漂移	1 级平板（或平尺）
5	分辨力	光学分度头（分度值 $\leq 10''$ ）、夹具
6	示值误差	
7	测角重复性	
8	回程误差	

6 校准项目及校准方法

6.1 工作面表面粗糙度

用表面粗糙度比较样块与工作面进行比较，或用粗糙度测量仪进行测量。

6.2 工作面平面度

将电子水平尺放置在 1 级平尺（或平板）上，用Ⅱ级塞尺进行测量。

6.3 零值误差

将电子水平尺置于已用水平仪调平的 1 级平尺（或平板）上，此时其示值即为零值误差。

6.4 漂移

保持上述校准条件不变，在 1h 内每隔 10min 记录一次显示值，连续测量观测 7 次，取其绝对值中的最大值为零值示值的漂移。

6.5 分辨力

将电子水平尺用专用夹具（见附录 A）固定在光学分度头上，调整分度头，使水平尺示值发生变化，记录此时分度头读数，然后微动分度头，使水平尺示值变化一个分辨力，再次记录分度头读数，两次读数之差的绝对值即为水平尺的分辨力。重复上述过程 3 次，取其最大值为最终结果。

6.6 示值误差

将电子水平尺用专用夹具固定在分度头上，调整分度头，使水平尺示值为 0.00° ，此时分度头上显示的角度值即为零点读数。转动分度头的角度，转动角（相对于零点）分别为 -9° ， -5° ， 0° ， 20° ， 40° ， 60° ， 80° ， 99° ，记录水平尺在各校准点的读数，此为正行程；再反向转动分度头，转动角（相对于零点）分别为 99° ， 80° ， 60° ， 40° ， 20° ， 0° ， -5° ， -9° ，记录水平尺在各校准点的读数，此为反行程。以上为一个循环。校准时循环 3 次，其示值误差按公式（1）计算：

$$\delta_i = x_i - x \quad (1)$$

式中： x_i ——正行程（或反行程）校准时，第 i 个校准点上水平尺 3 次循环的读数的平均值；

x ——分度头对应于各校准点的转动角。

以正、反行程的示值误差中最大值与最小值的差值为最终结果。

$$\delta = \delta_{i\max} - \delta_{i\min} \quad (2)$$

6.7 测角重复性

以 6.6 中循环 3 次的校准数据按公式（3）计算正（或反）行程的重复性。

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 (x_j - x_1)^2} \quad (3)$$

式中： s_i ——电子水平尺在正行程（或反行程）校准时，第 i 个校准点的测角标准差；

x_j ——电子水平尺在正行程（或反行程）校准时，第 j 次显示值；

x_1 ——电子水平尺在正行程（或反行程）校准时，第 j 个校准点 3 次显示值的平均值。

水平尺的测角重复性 s 按公式（4）计算：

$$s = \sqrt{\frac{1}{16} \left(\sum_{i=1}^{16} s_i^2 \right)} \quad (4)$$

6.8 回程误差

以水平尺在每次正反行程校准时，显示值之差的绝对值作为回程误差。并取各校准

点循环 3 次计算的回程误差中最大值作为最终结果。

电子水平尺的示值误差、测角重复性和回程误差的计算实例见附录 B。

7 校准结果的表达

校准后的电子水平尺，填发校准证书，给出校准结果及测量不确定度。测量（结果的）不确定度评定和校准证书内页格式见附录 C 和附录 D。

8 复校时间间隔

复校时间间隔可由使用者根据实际使用情况而定，建议一般不超过 1 年。

附录 A

专 用 夹 具

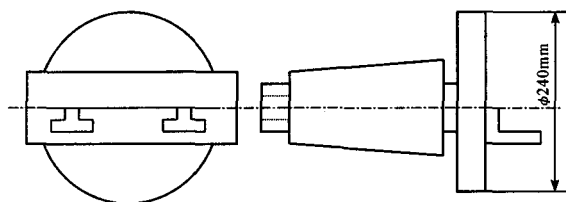


图 A.1

- 要求：1) 莫氏圆锥轴线与侧块内侧面的垂直度不超过 0.05mm ；
2) 莫氏圆锥工作面表面粗糙度 R_a 值不超过 $0.40\mu\text{m}$ 。

附录 B

示值误差、测角重复性、回程误差计算实例

出厂编号: H0000046 校准时实验室温度: 24℃ 湿度: 66%RH

单位: (°)

分度头 转动角	水平尺显示值		平均值 \bar{x}_i		示值误差 δ_i		回程 误差	正行程 标准差 $S_{i正}$	反行程 标准差 $S_{i反}$
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程			
-9	-9.00	-8.98	-8.990	-8.987	0.010	0.013	0.02	0.010	0.0058
	-8.98	-8.99					0.01		
	-8.99	-8.99					0.00		
-5	-5.00	-4.98	-4.990	-4.983	0.010	0.017	0.02	0.010	0.0058
	-4.98	-4.99					0.01		
	-4.99	-4.98					0.01		
0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
	0.00	0.00					0.00		
	0.00	0.00					0.00		
20	20.00	20.00	19.997	20.000	-0.003	0.000	0.00	0.0058	0.000
	19.99	20.00					0.01		
	20.00	20.00					0.00		
40	40.00	40.00	39.993	39.993	-0.007	-0.007	0.00	0.0058	0.0058
	39.99	39.99					0.00		
	39.99	39.99					0.00		
60	59.99	60.00	59.997	59.997	-0.003	-0.003	0.01	0.0058	0.0058
	60.00	60.00					0.01		
	60.00	59.99					0.01		
80	80.00	80.00	80.000	80.003	0.000	+0.003	0.00	0.000	0.0058
	80.00	80.00					0.00		
	80.00	80.01					0.01		
99	99.00	99.00	99.007	99.007	+0.007	+0.007	0.00	0.0058	0.0058
	99.01	99.01					0.00		
	99.01	99.01					0.00		

示值误差: $\delta = +0.017^\circ - (-0.007^\circ) = 0.024^\circ$

$$\text{测角重复性: } s = \sqrt{\frac{1}{16} \left(\sum_{i=1}^8 s_{i\text{正}}^2 + \sum_{i=1}^8 s_{i\text{反}}^2 \right)} = 0.016$$

回程误差: 0.02°

附录 C

示值误差校准结果的测量不确定度评定

C.1 校准方法

按本规范第 6.6 条对水平尺示值误差进行校准。

C.2 数学模型

$$\delta = \delta_{i\max} - \delta_{i\min} \quad (1)$$

式中： $\delta_{i\max}$ ——正行程（和反行程）校准时，水平尺示值的平均值对相应分度头转角的偏差值中的最大值；

$\delta_{i\min}$ ——正行程（和反行程）校准时，水平尺示值的平均值对相应分度头转角的偏差值中的最小值。

C.3 方差及灵敏系数

输出量的合成方差为

$$u_c^2(\delta) = c_1^2 u^2(\delta_{i\max}) + c_2^2 u^2(\delta_{i\min}) \quad (2)$$

其中：

$$c_1 = \frac{\partial(\delta)}{\partial(\delta_{i\max})} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial(\delta)}{\partial(\delta_{i\min})} = -1$$

即

$$u_c^2(\delta) = u^2(\delta_{i\max}) + u^2(\delta_{i\min})$$

C.4 标准不确定度一览表

表 C.1 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	来源	不确定度值	灵敏系数	$c_i \times u_i$	自由度
$u(\delta_{i\max})$	正行程偏差值	0.0047°	1	0.0047	33
u_1	分度头示值	0.0016°			50
u_2	测量重复性	0.0033°			9
u_3	水平尺分辨力	0.0029°			50
$u(\delta_{i\min})$	反行程偏差值	0.0047°	1	0.0047	33
		$u_c(\delta) = 0.0066^\circ$	$\nu_{\text{eff}} = 66$		

C.5 输入量的标准不确定度的评定

C.5.1 正行程校准时，水平尺示值（平均值）对相应分度头转角的偏差绝对值引入的标准不确定度 $u(\delta_{i\max})$

C.5.1.1 由光学分度头示值不准引入的标准不确定度 u_i

若光学分度头的分度值为 $10''$ ，则示值允差为 $20''$ ，取均匀分布，则

$$u_1 = \frac{0.0056}{2\sqrt{3}} = 0.0016^\circ$$

估计该项标准不确定度的可靠性为 90%，其自由度：

$$\nu_1 = 50$$

C.5.1.2 由测量的重复性引入的标准不确定度 u_2

按本规范中规定的校准方法，对一水平尺 50°点，在重复性条件下进行 10 次测量，数据见下表。

表 C.2 重复性测量数据

单位：(°)

n	测量值	n	测量值	平均值	单次实验标准差
1	50.02	6	50.01	50.021	$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_{i,p})^2}{n-1}}$ $= 0.0057$
2	50.02	7	50.02		
3	50.03	8	50.03		
4	50.02	9	50.02		
5	50.02	10	50.02		

因在实际校准中为 3 次测量的平均值，则标准不确定度为

$$u_2 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0033^\circ$$

其自由度：

$$\nu_2 = 9$$

C.5.1.3 由水平尺的分辨力引入的标准不确定度 u_3

水平尺的分辨力为 0.01°时，其引入的标准不确定度为

$$u_3 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.0029^\circ$$

估计该项标准不确定度的可靠性为 90%，其自由度：

$$\nu_3 = 50$$

C.5.1.4 由 u_1 ， u_2 ， u_3 合成为 $u_o(\delta_{i\max})$ ，则

$$\begin{aligned} u_o(\delta_{i\max}) &= \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \\ &= \sqrt{0.0016^2 + 0.0033^2 + 0.0029^2} \\ &= 0.0047^\circ \end{aligned}$$

其自由度依据 W-B 公式有：

$$\nu(\delta_{i\max}) = \frac{u^4(x_i)}{\frac{u_1^4}{\nu_1} + \frac{u_2^4}{\nu_2} + \frac{u_3^4}{\nu_3}} = 33$$

C.5.2 反行程校准时，水平尺示值（平均值）对相应分度头转角的偏差绝对值引入的标准不确定度 $u(\delta_{i\min})$

根据 C.5.1, 有:

$$u(\delta_{i\min}) = 0.0047^\circ$$

$$\nu(\delta_{i\min}) = 33$$

C.6 合成标准不确定度

根据式 (2), 有:

$$\begin{aligned} u_c(\delta) &= \sqrt{c_1^2 u^2(\delta_{i\max}) + c_2^2 u^2(\delta_{i\min})} \\ &= \sqrt{0.0047^2 + 0.0047^2} \\ &= 0.0066 \end{aligned}$$

C.7 有效自由度

依据 W-B 公式有:

$$\begin{aligned} \nu_{\text{eff}} &= \frac{u_c^4(\delta)}{\frac{u(\delta_{i\max})^4}{\nu(\delta_{i\max})} + \frac{u(\delta_{i\min})^4}{\nu(\delta_{i\min})}} \\ &= \frac{0.0066^4}{\frac{(0.0047)^4}{33} + \frac{(0.0047)^4}{33}} \\ &= 66 \end{aligned}$$

C.8 扩展不确定度

当置信概率 $p = 95\%$, 根据有效自由度 $\nu_{\text{eff}}(\delta)$ 查 t 分布表可得

$$k_p = t_p(\nu_{\text{eff}}) = t_{0.95}(66) = 2.00$$

则扩展不确定度:

$$U_{95}(\delta) = 2.00 \times 0.0066 = 0.013^\circ$$

附录 D

校准证书内页格式

校准依据 (名称或代号):

校准用标准器名称:

有效期:

校准地点:

证书编号:

温度:

℃

湿度:

%RH

校准项目名称	校准结果
1 外观	
2 工作面的粗糙度	
3 工作面的平面度	
4 零值误差	
5 漂移	
6 分辨力	
7 示值误差	
8 测角重复性	
9 回程误差	

注: 1. 示值误差测量不确定度为

 $U =$ $k =$

2. 校准用标准器的溯源性:

3. 证书只对被校仪器有效。未经校准单位批准, 不得部分复印。

校准单位:

电话:

地 址:

传真: