

陕西省地方计量技术规范

JJF (陕) XX—2019

同心度测量仪校准规范

Calibration Specification for Concentricity measuring instrument

(报批稿)

2019-XX-XX 发布

2019-XX-XX 实施

陕西省市场监督管理局 发布

同心度测量仪校准规范

Calibration Specification for Concentricity
measuring instrument

JJF (陕) xx—2019

归口单位：陕西省市场监督管理局

主要起草单位：渭南市计量测试所

西安计量技术研究院

参加起草单位：陕西省计量科学研究院

本规范由陕西省市场监督管理局负责解释

本规范主要起草人：

冯彩群 (渭南市计量测试所)

胡畅 (西安计量技术研究院)

张娟 (西安计量技术研究院)

参加起草人：

刘颖 (渭南市计量测试所)

党鑫 (渭南市计量测试所)

宋冬 (陕西省计量科学研究院)

目 录

目 录	I
引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语	1
4 概述	1
5 计量特性	2
5.1 指示表或杠杆表	2
5.2 旋转工作轴的圆柱度	2
5.3 机头中心连线对底座的平行度	2
5.4 同心度测量仪的示值误差	2
6 校准条件	2
6.1 环境条件	2
6.2 测量标准及其他测量设备	2
7 校准项目和校准方法	3
7.1 校准前检查	3
7.2 指示表或杠杆表的校准	3
7.3 旋转工作轴的圆柱度	3
7.4 机头中心连线对导轨纵向移动的平行度	3
7.5 同心度测量仪的示值误差	4
8 校准结果表达	4
9 复校时间间隔	4
附录 A	5
附录 B	7
附录 C	9
附录 D	11

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、GB/T 1958《产品几何量技术规范 (GPS) 几何公差 检测与验证》进行编制。

本规范为首次发布。

同心度测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于直径测量范围为(3~102) mm的同心度测量仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

GB/T 1958 《产品几何量技术规范(GPS) 几何公差 检测与验证》

JJG 34 《指示表检定规程》

JJG 35 《杠杆表检定规程》

凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

3 术语

同心度

同心度是同轴度的特殊形式。同轴度误差反应在截面上的圆心的不同心即为同心度,同心度误差即为圆心的偏移误差。

4 概述

同心度测量仪是一种可测量轴类零件的圆度、同心度、圆跳动的精密计量仪器。其外形见图1。

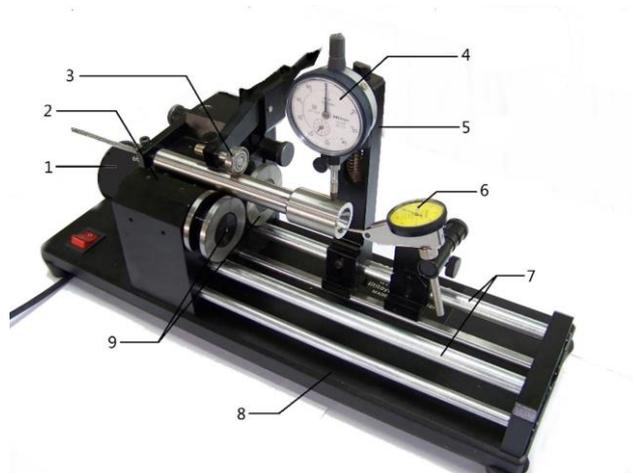


图1 同心度测量仪的外形图

1—电机; 2—机头; 3—压轮; 4—指示表; 5—表架; 6—杠杆表;

7—平行导轨; 8—底座; 9—旋转工作轴。

5 计量特性

5.1 指示表或杠杆表

同心度测量仪配备的指示表应符合 JJG 34《指示表检定规程》的要求，配备的杠杆表应符合 JJG 35《杠杆表检定规程》的要求。

5.2 旋转工作轴的圆柱度

旋转工作轴的圆柱度不超过 $3\mu\text{m}$ 。

5.3 机头中心连线对底座的平行度

机头中心连线对导轨纵向移动的平行度在 200mm 长度范围内，垂直方向不大于 $10\mu\text{m}$ ，水平方向不大于 $15\mu\text{m}$ 。

5.4 同心度测量仪的示值误差

配备分辨力为 0.001mm 的指示表或杠杆表的同心度测量仪的示值最大允许误差一般不超过 $\pm 10\mu\text{m}$ ；

配备分辨力为 0.01mm 的指示表或杠杆表的同心度测量仪的示值最大允许误差一般不超过 $\pm 20\mu\text{m}$ 。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： $(20\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度： $\leq 80\%$ 。

6.2 测量标准及其他测量设备

测量标准及其他测量设备见表 2。

表 2 测量标准及其他测量设备

序号	校准项目	校准用标准器及其计量特性
1	指示表或杠杆表校准	按照 JJG 34《指示表检定规程》或 JJG 35《杠杆表检定规程》中规定的测量设备
2	旋转工作轴的圆柱度	圆柱度测量仪：三级
3	机头中心连线对导轨纵向	小扭簧比较仪：分度值 $1\mu\text{m}$ ，MPE： $\pm 0.5\mu\text{m}$ 标准芯轴：直线度不大于 $2\mu\text{m}$ ，芯轴外圆相对于顶尖孔的

	移动的平行度	圆跳动不大于 $2\mu\text{m}$
4	同心度测量仪的示值误差	偏心轴：偏心量为 $(20\sim 30)\mu\text{m}$ ，其测得值的扩展不确定度不大于 $U=1.0\mu\text{m}$ $k=2$ ，轴外圆相对顶尖孔的圆跳动不大于 $1\mu\text{m}$

注：也可采用使用准确度满足测量不确定度要求的其它测量器具设备进行校准。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

校准前，对同心度测量仪的外观、各部分相互作用进行检查，各移动、转动部位应灵活，无过松过紧及滞涩、急跳现象，无影响校准结果测量的外观缺陷。

在确定无影响计量特性的因素后，再进行校准。

7.2 指示表或杠杆表的校准

同心度测量仪配备的指示表依据 JJG 34《指示表检定规程》规定的方法进行校准。校准结果应满足 5.1 的要求。

同心度测量仪配备的杠杆表依据 JJG 35《杠杆表检定规程》规定的方法进行校准。校准结果应满足 5.1 的要求。

7.3 旋转工作轴的圆柱度

将机头旋转工作轴的 2 个圆柱取下来，安装在圆柱度仪上，将被校准旋转工作轴的圆柱调整到与圆柱度测量仪轴线同轴，然后在被校准圆柱体整个范围内取不少于 3 个截面进行圆柱度测量，分别读取每个截面的圆柱度测量值，并取其平均值作为旋转工作轴的圆柱度。

7.4 机头中心连线对导轨纵向移动的平行度

将分度值为 $1\mu\text{m}$ 的小扭簧比较仪装入同心度测量仪表架，根据标准心轴大小调节同心度测量仪压轮高度，使其能够以合适的压力压住标准心轴。升起压轮，将标准心轴放置在同心度测量仪旋转工作轴上。将压轮归位，使标准心轴加持在同心度测量仪上。利用表架使小扭簧比较仪测量头在水平方向与标准芯轴的上表面垂直接触，调整小扭簧比较仪指针到零位。纵向缓缓移动表架，记下小扭簧比较仪示值的最大值和最小值，并按公式 (2) 计算全程范围内示值最大变化量，即为机头中心连线对导轨纵向移动的平行度。

$$f = L_{\max} - L_{\min} \quad (2)$$

式中：

f ——机头中心连线对导轨纵向移动的平行度, μm ;

L_{max} ——小扭簧比较仪示值最大值, μm ;

L_{min} ——小扭簧比较仪示值最小值, μm 。

7.5 同心度测量仪的示值误差

将指示表或杠杆表装入同心度测量仪表架, 根据偏心轴大小调节同心度测量仪压轮高度, 使其能够以合适的压力压住偏心轴。升起压轮, 将偏心轴放置在同心度测量仪旋转工作轴上。将压轮归位, 使偏心轴加持在同心度测量仪上。利用表架使指示表或杠杆表测量头在水平方向与偏心轴的上表面垂直接触, 或在垂直方向与偏心轴的侧表面垂直接触, 调整指示表或杠杆表指针到零位。转动偏心轴 1 周, 记下指示表或杠杆表示值的最大值和最小值, 并按公式 (3) 计算指示表或杠杆表示值最大变化量 $\Delta L'_{\text{max}}$ 。按此方法在不同位置连续测量 3 次。选取 3 次测量结果最大值作为偏心量测量结果 e , 偏心量测量结果 e 与偏心轴实际偏心量 E 之差即为同心度测量仪的示值误差 δ 。计算方法见公式 (4)。

$$\Delta L'_{\text{max}} = L'_{\text{max}} - L'_{\text{min}} \quad (3)$$

式中:

$\Delta L'_{\text{max}}$ ——指示表或杠杆表示值最大变化量, μm ;

L'_{max} ——指示表或杠杆表示值最大值, μm ;

L'_{min} ——指示表或杠杆表示值最小值, μm 。

$$\delta = e - E \quad (4)$$

式中:

δ ——示值误差, μm ;

e ——偏心量测量结果, μm ;

E ——偏心轴实际偏心量, μm 。

8 校准结果表达

经校准的同心度测量仪出具校准证书。校准证书的内页格式参见附录 B。

9 复校时间间隔

建议复效时间间隔不超过 1 年, 由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的。因此, 送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

同心度测量仪校准原始记录推荐格式(供参考)

送校单位: _____ 记录编号: _____

器具名称: _____ 规格型号: _____

制造厂商: _____ 出厂编号: _____

校准依据: _____ JJF (陕) xx—2019《同心度测量仪校准规范》

校准用主要测量设备:

校准用设备	测量范围	准确度等级\最大允许误差\测量不确定度	溯源机构及证书编号	有效期至

校准地点: _____ 环境温度: _____ °C 相对湿度: _____ %

校准数据

1 校准前检查: 符合要求 不符合要求

2 指示表或杠杆表的校准:

① 指示表或杠杆表1的校准结果:

器具信息		校准项目	示值误差	测量不确定度
器具名称		重复性		/
类型	<input type="checkbox"/> 指针式 <input type="checkbox"/> 数显式	示值误差	任意0.02mm	
规格型号			任意0.05mm	
制造厂商			任意0.1mm	
出厂编号			任意0.2mm	
测量范围			任意1mm	
分辨力			全量程	
安装位置		回程误差		

② 指示表或杠杆表2的校准结果:

器具信息		校准项目	示值误差	测量不确定度
器具名称		重复性		
类型	<input type="checkbox"/> 指针式 <input type="checkbox"/> 数显式	示值 误差	任意0.02mm	
规格型号			任意0.05mm	
制造厂商			任意0.1mm	
出厂编号			任意0.2mm	
测量范围			任意1mm	
分辨力			全量程	
安装位置		回程误差		

3 旋转工作轴的圆柱度:

旋转工作轴	位置1 (μm)	位置2 (μm)	位置3 (μm)	平均值 (μm)
旋转工作轴1				
旋转工作轴2				

4 机头中心连线对导轨纵向移动的平行度:

小扭簧比较仪示值		机头中心连线对导轨纵向移动的 平行度 f (μm)
最大值 L_{\max} (μm)	最小值 L_{\min} (μm)	

5 示值误差:

位置	指示表或杠杆表示值			3次测量结果 最大值(μm)
	最大值 L'_{\max} (μm)	最小值 L'_{\min} (μm)	最大变化量 $\Delta L'_{\max}$ (μm)	
位置1				
位置2				
位置3				
偏心轴实际偏心量 E (μm)			示值误差 δ (μm)	

示值误差的测量不确定度 $U=$ $k=2$

校准人员: _____ 核验人员: _____ 校准时间: _____

附录 B

校准证书内容及内页格式

B.1 校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室的名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称；
- 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和应用有关时，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，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 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) 校准结果及测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对校准对象有效的声明；
- p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

B.2 校准证书内页格式：

校准证书内页格式见图B.2.1

校准证书内页格式(供参考)

1. 校准前检查: _____

2. 指示表或杠杆表的校准:

① 指示表或杠杆表1

计量器具名称: _____ 规格型号: _____

制造厂商: _____ 出厂编号: _____

安装位置: _____

序号	校准项目		示值误差	测量不确定度
1	重复性			/
2	示 值 误 差	任意0.02mm		
		任意0.05mm		
		任意0.1mm		
		任意0.2mm		
		任意1mm		
		全量程		
3	回程误差			

② 指示表或杠杆表2

计量器具名称: _____ 规格型号: _____

制造厂商: _____ 出厂编号: _____

安装位置: _____

序号	校准项目		示值误差	测量不确定度
1	重复性			/
2	示 值 误 差	任意0.02mm		
		任意0.05mm		
		任意0.1mm		
		任意0.2mm		
		任意1mm		
		全量程		
3	回程误差			

3. 旋转工作轴的圆柱度:

4. 示值误差 δ : $U=$ $k=2$

注: 根据客户要求选择校准项目

图 B2.1 校准证书内页格式

附录 C

配备指针式千分表的同心度测量仪示值误差测量结果不确定度评定

C.1 测量方法

将偏心轴顶在放入同心度测量仪上，利用千分表在垂直方向与偏心轴母线垂直接触，转动偏心轴 1 周，记下千分表示值最大变化量。按此方法在不同位置连续测量 3 次。选取 3 次测量结果最大值与偏心轴实际偏心量进行比较，即为同心度测量仪示值误差。

C.2 测量模型

$$\delta = e - E \quad (\text{C.1})$$

式中：

δ ——示值误差， μm ；

e ——偏心量测量结果， μm ；

E ——偏心轴实际偏心量， μm 。

C.3 不确定度传播公式和灵敏系数

考虑各分量彼此独立得：

$$u^2(\delta) = c_1^2 \cdot u^2(e) + c_2^2 \cdot u^2(E) \quad (\text{C.2})$$

由式 (C.2) 中得：

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial e} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial E} = -1$$

C.4 计算分量的标准不确定度

C.4.1 测量引入的标准不确定度分量 $u(e)$ C4.1.1 被检仪器分辨率引入的标准不确定度分量 $u(e_1)$

被检仪器分度值为 $1\mu\text{m}$ ，以均匀分布估计，其标准不确定度为：

$$u(e_1) = 0.29\delta x = 0.29\mu\text{m}$$

C4.1.2 重复性引入的标准不确定度分量 $u(e_2)$

在偏心轴的 10 个不同位置进行重复性试验，得到如下结果： $24.5\mu\text{m}$, $25.5\mu\text{m}$, $25.5\mu\text{m}$, $25.5\mu\text{m}$, $25.0\mu\text{m}$, $24.0\mu\text{m}$, $23.5\mu\text{m}$, $23.5\mu\text{m}$, $25.0\mu\text{m}$, $25.5\mu\text{m}$ 。取其最大值做为偏心量 e 测量结果，可得：

$$e = 25.5\mu\text{m}$$

根据贝塞尔公式求得单次实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l})^2}{n-1}} = 0.82\mu\text{m}$$

由于本规范要求偏心轴的 3 个不同位置进行测量，取其最大值做为偏心量测量结果，可得：

$$u(e_2) = s = 0.82\mu\text{m}$$

由于重复性引入的不确定度分量 $u(e_2)$ 大于分辨力引入的不确定度分量 $u(e_1)$ 。

因此, $u(e_1)$ 可忽略不计。

C4.1.3 配备的千分表校准引入的标准不确定度分量 $u(e_3)$

同心度测量仪配备的千分表经校准, 符合 JJG 34-2008 《指示表检定规程》要求。依据 JJG 34-2008 《指示表检定规程》, 其在任意 0.05mm 内其最大允许误差为 $2\mu\text{m}$, 以半宽 $1\mu\text{m}$, 均匀分布估计, 其标准不确定度为:

$$u(e_3) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58\mu\text{m}$$

C4.1.4 测量引入的标准不确定度分量 $u(e)$

$$u(e) = \sqrt{u^2(e_2) + u^2(e_3)}$$

$$\text{即: } u(e) = \sqrt{0.82^2 + 0.58^2} = 1.01\mu\text{m}$$

C.4.2 偏心轴引入的标准不确定度分量 $u(E)$

C.4.2.1 偏心轴校准引入的标准不确定度分量 $u(E_1)$

校准中使用的偏心轴, 经校准, 其扩展不确定度 $U=1.0\mu\text{m}$, $k=2$ 。以均匀分布估计, 其标准不确定度为:

$$u(E_1) = \frac{1.0}{2} = 0.5\mu\text{m}$$

C.4.2.2 偏心轴引入的标准不确定度分量 $u(E)$

$$u(E) = u(E_1) = 0.5\mu\text{m}$$

C.5 合成标准不确定度

$$u_c(\delta) = \sqrt{u^2(e) + u^2(E)} = \sqrt{1.01^2 + 0.5^2} = 1.13\mu\text{m} \approx 1.1\mu\text{m}$$

C.6 扩展不确定度

按照 $k=2$, 则:

$$U = k \times u_c(\delta) = 2 \times 1.1\mu\text{m} = 2.2\mu\text{m}$$

C.7 结语

依据本校准方法同心度测量仪示值误差应不超过 $10\mu\text{m}$, 而文中分析的测量不确定度结果小于等于最大允许误差的三分之一。由此可见, 此方法科学可行。

附录 D

配备指针式百分表的同心度测量仪示值误差测量结果不确定度评定

D.1 测量方法

将偏心轴顶在放入同心度测量仪上，利用指针式百分表在垂直方向与偏心轴母线垂直接触，转动偏心轴 1 周，记下指针式百分表示值最大变化量。按此方法在不同位置连续测量 3 次。选取 3 次测量结果最大值与偏心轴实际偏心量进行比较，即为同心度测量仪示值误差。

D.2 测量模型

$$\delta = e - E \quad (\text{D.1})$$

式中：

δ ——示值误差， μm ；

e ——偏心量测量结果， μm ；

E ——偏心轴实际偏心量， μm 。

D.3 不确定度传播公式和灵敏系数

考虑各分量彼此独立得：

$$u^2(\delta) = c_1^2 \cdot u^2(e) + c_2^2 \cdot u^2(E) \quad (\text{D.2})$$

由式 (D.2) 中得：

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial e} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial E} = -1$$

D.4 计算分量的标准不确定度

D.4.1 测量引入的标准不确定度分量 $u(e)$ D4.1.1 被检仪器分辨率引入的标准不确定度分量 $u(e_1)$

被检仪器分度值为 $10\mu\text{m}$ ，以均匀分布估计，其标准不确定度为：

$$u(e_1) = 0.29\delta x = 2.9\mu\text{m}$$

D4.1.2 重复性引入的标准不确定度分量 $u(e_2)$

在偏心轴的 10 个不同位置进行重复性试验，得到如下结果：0.022mm，0.028mm，0.028mm，0.028mm，0.026mm，0.024mm，0.028mm，0.022mm，0.020mm，0.022mm，0.022 μm 。取其最大值做为偏心量 e 测量结果，可得：

$$e = 0.028 \text{ mm} = 28\mu\text{m}$$

根据贝塞尔公式求得单次实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l})^2}{n-1}} = 3.0\mu\text{m}$$

由于本规范要求偏心轴的 3 个不同位置进行测量，取其最大值做为偏心量测量结果，可得：

$$u(e_2) = 3.0 \mu\text{m}$$

由于重复性引入的不确定度分量 $u(e_2)$ 大于分辨力引入的不确定度分量 $u(e_1)$ 。

因此, $u(e_1)$ 可忽略不计。

D4.1.3 配备的指针式百分表校准引入的标准不确定度分量 $u(e_3)$

同心度测量仪配备的指针式百分表经校准, 符合 JJG 34-2008 《指示表检定规程》要求。依据 JJG 34-2008 《指示表检定规程》, 其在任意 0.1mm 内其最大允许误差为 $5 \mu\text{m}$, 以半宽 $2.5 \mu\text{m}$, 均匀分布估计, 其标准不确定度为:

$$u(e_3) = \frac{2.5}{\sqrt{3}} = 1.4 \mu\text{m}$$

D4.1.4 测量引入的标准不确定度分量 $u(e)$

$$u(e) = \sqrt{u^2(e_2) + u^2(e_3)}$$

$$\text{即: } u(e) = \sqrt{3.0^2 + 1.4^2} = 3.3 \mu\text{m}$$

D.4.2 偏心轴引入的标准不确定度分量 $u(E)$

D.4.2.1 偏心轴校准引入的标准不确定度分量 $u(E_1)$

校准中使用的偏心轴, 经校准, 其扩展不确定度 $U = 1.0 \mu\text{m}$, $k=2$ 。以均匀分布估计, 其标准不确定度为:

$$u(E_1) = \frac{1.0}{2} = 0.5 \mu\text{m}$$

D.4.2.2 偏心轴引入的标准不确定度分量 $u(E)$

$$u(E) = u(E_1) = 0.5 \mu\text{m}$$

D.5 合成标准不确定度

$$u_c(\delta) = \sqrt{u^2(e) + u^2(E)} = \sqrt{3.3^2 + 0.5^2} = 3.3 \mu\text{m}$$

D.6 扩展不确定度

按照 $k=2$, 则:

$$U = k \times u_c(\delta) = 2 \times 3.3 \mu\text{m} = 6.6 \mu\text{m}$$

D.7 结语

依据本校准方法同心度测量仪示值误差应不超过 $20 \mu\text{m}$, 而文中分析的测量不确定度结果小于等于最大允许误差的三分之一。由此可见, 此方法科学可行。