



吉林省地方计量技术规范

JJF (吉) 116—2022

同轴度测试仪校准规范

Calibration Specification for Coaxiality

Measuring Instruments

2022-11-21发布

2023-01-01 实施

吉林省市场监督管理厅 发布

同轴度测试仪校准规范

Calibration Specification for
Coaxiality Measuring Instruments

JJF(吉)116-2022

归口单位：吉林省市场监督管理厅

主要起草单位：吉林省计量科学研究院

参加起草单位：中车长春轨道客车股份有限公司

纬湃汽车电子（长春）有限公司

一汽大众汽车有限公司

本规范由吉林省计量科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

窦艳红 （吉林省计量科学研究院）

郑婉喆 （吉林省计量科学研究院）

赵梓朝 （吉林省计量科学研究院）

黄 雷 （吉林省计量科学研究院）

本规范参加起草人：

王 勇 （中车长春轨道客车股份有限公司）

孔妮娜 （纬湃汽车电子（长春）有限公司）

王世富 （一汽大众汽车有限公司）

目录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(2)
4.1 引伸计标距误差.....	(2)
4.2 引伸计相对示值误差.....	(2)
4.3 同轴度测试仪的同轴度.....	(2)
4.4 同轴度检测试棒的几何尺寸.....	(2)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 校准用标准器.....	(3)
6 校准项目和校准方法.....	(3)
6.1 引伸计标距误差.....	(3)
6.2 引伸计相对示值误差.....	(3)
6.3 同轴度测试仪的同轴度.....	(4)
6.4 同轴度检测试棒的几何尺寸.....	(4)
7 校准结果表达.....	(5)
8 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 引伸计相对示值误差测量结果不确定度评定示例.....	(6)
附录 B 同轴度测试仪同轴度测量结果不确定度评定示例.....	(8)
附录 C 校准证书内容及内页格式.....	(11)
附录 D 校准记录推荐格式.....	(12)

引 言

本规范是以 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1094-2002《测试仪器特性评定》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

同轴度测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于试验机同轴度参数测量的同轴度测试仪的校准。其它原理的同轴度测试仪可参照本规范进行校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件

JJG 139-2014 拉力、压力和万能试验机

JJG 475-2008 电子万能试验机

JJG 762-2007 引伸计

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，适用本规范。

3 概述

同轴度测试仪是一种测量同轴度的仪器，通过两个引伸计弹性变形量的不同，计算出同轴度，广泛用于材料试验机同轴度的测量。同轴度测试仪由显示仪表、双侧电子引伸计及同轴度检测棒组成，同轴度测试仪外形示意图见图 1。其中电子引伸计以电阻应变片组成全桥，测量时引伸计刀口随试样的变形而产生相对位移，引起弹性体变形，再通过应变片输出信号，显示变形量示值，引伸计主要由刀口、支臂及弹性体组成。

同轴度测试仪一般配备一套（4 支）检测棒，用于辅助测量试验机同轴度参数，其外形示意图见图 2。

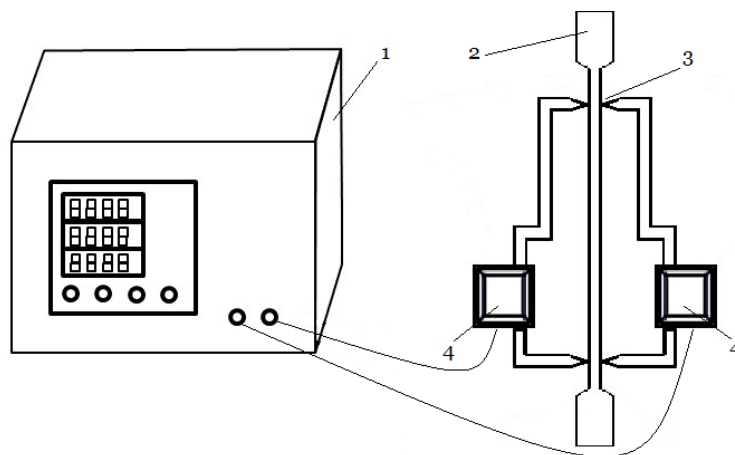


图 1 同轴度测试仪

1 - 显示仪表 2-检验试棒 3-刀口 4-双侧电子引伸计

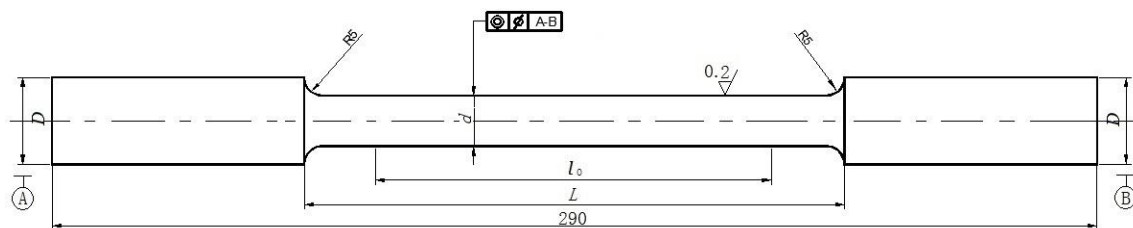


图 2 同轴度测试棒

4 计量特性

4.1 引伸计标距误差

引伸计标距 100mm，标距误差一般不超过 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

4.2 引伸计相对示值误差

引伸计相对示值误差一般不超过 $\pm 0.5\%$ 。

4.3 同轴度测试仪的同轴度

同轴度测试仪的同轴度一般不超过 2%。

4.4 同轴度检测试棒的几何尺寸

同轴度检测试棒其几何尺寸的技术要求见表 1。

其中直径 d 及 L 尺寸偏差一般不大于 $\pm 0.5\text{mm}$ 。 l_0 为引伸计的夹持位置，此项不需校准。

l_0 为同轴度测试仪的双侧引伸计夹持部位，对应于双侧引伸计的标距。

表 1 同轴度检测试棒的技术要求

直径 d/mm	l_0/mm	L/mm	材质
> 12	100	> 130	45#钢
12	100	130	45#钢
10	100	130	45#钢
10	100	130	合金铝

注：校准工作不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

温度： $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，校准时的温度稳定，每小时变化不超过 2°C 。

实验室内环境应无空气对流、振动、电磁干扰等影响测试仪正常工作的因素。

校准用测量标准器与被校同轴度测试仪应在测量环境中稳定不少于 30min，待温度平衡后进行校准。

5.2 校准用标准器

校准用标准器其及计量性能要求见表 2，也可采用满足不确定度要求的其他标准器进行校准。

表 2 校准项目及校准用标准器

序号	校准项目	校准用标准器及计量性能
1	引伸计标距误差	卡尺 MPE: $\pm 0.04\text{mm}$
2	引伸计相对示值误差	引伸计标定器示值误差: 1/3mm 范围内 MPE: $\pm 0.5\mu\text{m}$ 超出 1/3mm 范围 MPE: $\pm 0.15\%$
3	同轴度测试仪的同轴度	
4	同轴度检测试棒的几何尺寸	万能工具显微镜 MPE: $\pm (1+L/100)\mu\text{m}$

6 校准项目和校准方法

校准前，应对测试仪的外观及各部分相互作用进行检查，确定无影响计量特性的因素后进行校准。

6.1 引伸计标距误差

引伸计标距误差在不拔下双侧引伸计定位针的情况下测量。两侧引伸计刀口间距离的测量值与标准距离（100mm）的差值即为单侧引伸计标距误差，取两侧引伸计标距误差绝对值最大者为引伸计标距误差的校准结果。

6.2 引伸计相对示值误差

引伸计标定器调至零位，再用弹簧卡或皮筋分别将双侧引伸计上、下端刀口中点夹持在引伸计标定器测量杆的对称方向上（见图1）。拔掉引伸计定位针，将同轴度测试仪显示仪表上所有显示值清零，在引伸计测量范围内预加两次位移，检查其回零正常后，再给引伸计施加一个很小的负位移后返回到零位，并将显示仪表上的引伸计显示值重新调零。

在引伸计测量范围内均匀选取至少 5 个校准点，校准点包括满量程点但不包括零点。依次旋转引伸计标定器鼓轮使其测量杆移动至相应的校准点，分别读取两侧引伸计的示值，此示值与引伸计标定器位移值之差即为该校准点的示值误差。

重复以上过程三次，取每个校准点的三次测量值的平均值为该校准点的示值误差按公式（1）求得。该校准点的相对示值误差按公式（2）求得。

$$\Delta l = l_i - l_t \quad (1)$$

$$q = \frac{\bar{l}_i - l_t}{l_t} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

Δl — 引伸计示值误差，mm；

q — 引伸计相对示值误差，%；

l_i — 引伸计位移值的平均值，mm；

\bar{l}_i — 引伸计位移值的平均值，mm；

l_t — 标定器位移值，mm。

6.3 同轴度测试仪的同轴度

在校准引伸计测量误差时，取大致对应于同轴度测试仪测量范围 1/3 处、2/3 处校准点分别进行校准，每处校准点只做一次测量即可。

分别记录引伸计测量范围 1/3 处(2/3 处)校准点时同轴度测试仪两侧引伸计的示值及同轴度的示值，计算两侧引伸计示值的平均值，两侧引伸计变形较大的示值与此平均值之差再与平均值的比值即为同轴度，同轴度按公式（3）求得。

$$e = \frac{\Delta L_{\max} - \bar{\Delta L}}{\bar{\Delta L}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

e — 同轴度测试仪同轴度；

ΔL_{\max} — 双侧引伸计变形较大示值；

$\bar{\Delta L}$ — 双侧引伸计示值的平均值；

6.4 同轴度检测棒几何尺寸的几何尺寸

用万能工具显微镜测量同轴度检测棒的几何尺寸。

调整同轴度检测棒的母线与万能工具显微镜导轨移动方向相平行。

同轴度检测棒直径 d 的校准。在测试棒长度方向上任意选取一个直径截面，校

准该截面的直径值。以万能工具显微镜的目镜分别瞄准该截面直径方向的测量位置，分别读取万能工具显微镜对应的两位置的读数值，则读数值差值的绝对值即为同轴度检测试棒直径 d 的校准值。

同轴度检测试棒长度 L 的校准。以万能工具显微镜的目镜分别瞄准测试棒被校长度两端面对应位置，分别读取万能工具显微镜在两位置对应的读数值，两读数差值的绝对值即为同轴度检测试棒长度 L 的校准值。

7 校准结果表达

经过校准的测试仪出具校准证书，并给出校准项目名称和测量结果的扩展不确定度，校准证书内容及内页格式见附录 C。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。复校时间间隔的长短的决定因素包括但不限于测试仪的使用状况、使用者和设备本身质量等，可根据实际情况决定是否缩短复校时间间隔。

附录 A

引伸计相对示值误差测量结果不确定度评定示例

A.1 校准方法

以引伸计标定器为标准器，将双侧引伸计可靠装夹到标定器上，通过直接测量得到引伸计示值。下面以分辨力 0.001mm，测量范围为 (0~2) mm 的同轴度测试仪的引伸计为例，进行示值误差测量，分析测量结果不确定度。

A.2 测量模型

$$\Delta l = l_i - l_t \quad (\text{A.1})$$

式中：

Δl — 引伸计示值误差，mm；

l_i — 引伸计位移值的平均值，mm；

l_t — 标定器位移值，mm。

A.3 方差和灵敏系数

引起测量结果不确定度的各分量相互独立，得

$$u_c(\Delta l) = \sqrt{c_1^2 u^2(l_i) + c_2^2 u^2(L_t)}$$

$$\text{式中：} \quad c_1 = \frac{\partial(\Delta l)}{\partial l_i} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial(\Delta l)}{\partial l_t} = -1$$

$$\text{故有} \quad u_c(\Delta l) = \sqrt{u^2(l_i) + u^2(l_t)}$$

A.4 计算分量的标准不确定度

不确定度来源于各种因素对双侧引伸计的影响，主要影响量由测量重复性或双侧引伸计分辨力、引伸计标定器示值误差、测量环境温度等引入的不确定度分量。

A.4.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

对双侧引伸计进行 3 次重复测量，校准 5 个测量点，获得重复性数据。

本例设 $s_p = 0.24\mu\text{m}$ ，则

$$u_1(\Delta l_{\min})=u_1(\Delta l_{\max})=0.24\mu\text{m}$$

A. 4.2 测试仪分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

测试仪分辨力 $1\mu\text{m}$, 区间半宽度为 $\alpha = 0.5\mu\text{m}$ 服从均匀分布 $k=\sqrt{3}$ 则其标准不确定度为: $u_2(\Delta l_{\min})=u_2(\Delta l_{\max})=0.5\text{ mm} / \sqrt{3} = 0.29\mu\text{m}$

在不确定度评定中测试仪测量重复性估算的标准不确定度也反映了数字显示的量化误差影响, 所以取 u_1, u_2 中较大者参与计算, 在此处选择

$$u_2(\Delta l_{\min})=u_2(\Delta l_{\max})=0.29\mu\text{m}$$

A. 4.3 标准器引伸计标定器引入的不确定度分量 u_3

标准器引伸计标定器示值误差 MPE: $\pm 0.15\%$, 当测量 2mm 时示值误差为 $3\mu\text{m}$, 按均匀分布 $k=\sqrt{3}$

$$u_3(\Delta l_{\min})=u_3(\Delta l_{\max}) = \frac{3}{\sqrt{3}}=1.732\mu\text{m}$$

A. 4.4 环境温度偏离 20°C 引入的不确定度分量 u_4

同轴度测试仪是在实验室环境下进行校准, 温度: $(20\pm 3)^\circ\text{C}$, 由于双侧引伸计的量程仅为 2mm , 受温度影响非常小, 可忽略不计。

A. 4.5 引伸计示值误差合成不确定度

$$2\text{mm 时 } u_c = \sqrt{u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.29^2 + 1.732^2} = 1.756\mu\text{m}$$

A. 4.6 引伸计示值误差扩展不确定度

$$2\text{mm 时 } U = k \times u_c = 2 \times 1.756 = 3.6\mu\text{m} \quad k=2$$

A. 4.7 引伸计相对示值误差扩展不确定度

$$2\text{mm 时 } U_{\text{rel}} = \frac{3.6}{2000} = 0.02\% \quad k=2$$

附录 B

同轴度测试仪同轴度测量结果不确定度评定示例

B.1 校准方法

以引伸计标定器为标准器，将双侧引伸计可靠装夹到标定器上，得到引伸计示值，计算出同轴度。下面以分辨力 0.001mm，测量范围为(0~2)mm 的同轴度测试仪为例，进行同轴度测量，分析测量结果不确定度。

B.2 测量模型

$$e = \frac{\Delta L_{\max} - \overline{\Delta L}}{\overline{\Delta L}} \times 100\% \quad (\text{B.1})$$

式中：

e — 同轴度测试仪同轴度；

ΔL_{\max} — 双侧引伸计变形较大示值；

$\overline{\Delta L}$ — 双侧引伸计示值的平均值；

B.3 方差和灵敏系数

在公式(A.1)中转化相关项影响。

$$\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_{\max} + \Delta L_{\min}}{2} \quad \text{经转化:}$$

$$e = \left(\frac{\Delta L_{\max}}{\overline{\Delta L}} - 1 \right) \times 100\% = \left(\frac{2 \times \Delta L_{\max}}{\Delta L_{\max} + \Delta L_{\min}} - 1 \right) \times 100\%$$

$$\text{式中: } c_{\min} = \frac{\partial e}{\partial \Delta L_{\min}} = \frac{-2\Delta L_{\max}}{(\Delta L_{\max} + \Delta L_{\min})^2} \text{mm}^{-1}$$

$$c_{\max} = \frac{\partial e}{\partial \Delta L_{\max}} = \frac{-2\Delta L_{\min}}{(\Delta L_{\max} + \Delta L_{\min})^2} \text{mm}^{-1}$$

因 ΔL_{\max} 与 ΔL_{\min} 强相关，且考虑两个引伸计测量误差的影响，所以：

$$u(e) = \left| \frac{\partial e}{\partial \Delta L_{\max}} u(\Delta L_{\max}) \right| + \left| \frac{\partial e}{\partial \Delta L_{\min}} u(\Delta L_{\min}) \right|$$

$$u(e) = |c_{\max} u(\Delta L_{\max})| + |c_{\min} u(\Delta L_{\min})|$$

$$\text{因 } u_c = u(\Delta L_{\min}) = u(\Delta L_{\max})$$

$$u(e) = (|c_{\max}| + |c_{\min}|)u_c = \frac{2(\Delta L_{\max} + \Delta L_{\min})}{(\Delta L_{\max} + \Delta L_{\min})^2} = \frac{2}{(\Delta L_{\max} + \Delta L_{\min})} u_c$$

式中:

u_c — 引伸计示值误差测量结果不确定度;

ΔL_{\max} — 双侧引伸计变形较大示值;

ΔL_{\min} — 双侧引伸计变形较小示值;

B.4 计算分量的标准不确定度

不确定度来源于各种因素对双侧引伸计的影响,下面先分析引伸计测量不确定度。其主要由测量重复性或双侧引伸计分辨力、引伸计标定器示值误差、测量环境温度等引入的不确定度分量。

B.4.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

对双侧引伸计进行 3 次重复测量,校准 5 个测量点,获得重复性数据。

本例设 $s_p = 0.24\mu\text{m}$, 则

$$u_1(\Delta L_{\min}) = u_1(\Delta L_{\max}) = 0.24\mu\text{m}$$

B.4.2 测试仪分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

测试仪分辨力 $1\mu\text{m}$, 区间半宽度为 $\alpha = 0.5\mu\text{m}$ 服从均匀分布 $k = \sqrt{3}$ 则其标准不确定度为: $u_2(\Delta L_{\min}) = u_2(\Delta L_{\max}) = 0.5\mu\text{m} / \sqrt{3} = 0.29\mu\text{m}$

在不确定度评定中测试仪测量重复性估算的标准不确定度也反映了数字显示的量化误差影响,所以取 u_1, u_2 中较大者参与计算,在此处选择

$$u_2(\Delta L_{\min}) = u_2(\Delta L_{\max}) = 0.29\mu\text{m}$$

B.4.3 标准器引伸计标定器引入的不确定度分量 u_3

标准器引伸计标定器示值误差 MPE: $\pm 0.15\%$, 当测量 2mm 时示值误差为 $3\mu\text{m}$, 按均匀分布 $k = \sqrt{3}$

$$u_3(\Delta L_{\min}) = u_3(\Delta L_{\max}) = \frac{3}{\sqrt{3}} = 1.732\mu\text{m}$$

B.4.4 环境温度偏离 20°C 引入的不确定度分量 u_4

同轴度测试仪是在实验室环境下进行校准, 温度: $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$, 由于双侧引伸

计的量程仅为 2mm,受温度影响非常小,可忽略不计。

B.4.5 引伸计合成不确定度

$$2\text{mm 时 } u_c = \sqrt{u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.29^2 + 1.732^2} = 1.756\mu\text{m}$$

B.4.6 引伸计扩展不确定度

$$2\text{mm 时 } U = k \times u_c = 2 \times 1.756 = 3.6\mu\text{m} \quad k=2$$

$$U_{\text{rel}} = \frac{3.6}{2000} = 0.02\% \quad k=2$$

B.5 同轴度测试仪合成标准不确定度 u_c

$$u(e) = \frac{2}{(\Delta L_{\text{max}} + \Delta L_{\text{min}})} u_c$$

校准点为 2mm 时,由于引伸计最大允许误差为 0.5%,即 $10\mu\text{m}$, ΔL_{min} 极限值为 1.99mm, ΔL_{max} 极限值为 2.01mm,则

$$u(e) = \frac{2}{(1990 + 2010)\mu_0} \times 1.756 = 0.000878 \approx 0.1\%$$

B.6 同轴度测试仪同轴度扩展不确定度 U

$$U_{\text{rel}} = k \times u(e) = 2 \times 0.1\% = 0.2\% \quad k=2$$

附录 C

校准证书内容及内页格式

C.1 校准证书至少包括以下信息：

- 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) 客户的名称和地址；
- 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应用有关时，应说明被校对象的接受日期；
- 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) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

C.2 校准证书内页格式见表 C.1

表 C.1 校准证书内页格式

序号	校准项目	校准结果
1	引伸计标距误差	
2	引伸计相对示值误差	
3	同轴度测试仪的同轴度	
4	同轴度检测棒几何尺寸	
同轴度测量结果不确定度： 引伸计相对示值误差测量结果不确定度：		

附录 D

校准记录推荐格式

委托单位： 主要标准器具名称：
 器具名称： 标准器具测量范围：
 器具型号规格： 准确度等级(最大允许误差)：
 器具编号： 标准证书号：
 器具制造单位： 标准器证书有效期至：
 依据的技术文件： 环境条件：温度： ℃ ；相对湿度： %
 校准日期：

D.1 引伸计标距误差：

引伸计	标距测量值/mm	标距误差校准结果/mm
PV1		
PV1		

D.2 引伸计示值误差及同轴度

标定器示值 /mm	引伸计示值/mm			引伸计相对示值误差		同轴度	
	—	PV1	PV2	PV1	PV2	显示值	计算值
0.4	读数值					/	/
	平均值						
0.8	读数值					/	/
	平均值						
1.2	读数值					/	/
	平均值						
1.6	读数值					/	/
	平均值						
2.0	读数值					/	/
	平均值						

D.3 同轴度检测试棒的几何尺寸

直径 d/mm	L/mm	材质

吉林省地方计量技术规范

同轴度测试仪校准规范

JJF(吉)116—2022

吉林省市场监督管理厅发布

*

版权所有 不得翻印

297 mm×210 mm A4 纸

2022年12月第1版 2022年12月第1次印刷