



中华人民共和国工业和信息化部
有色金属计量技术规范

JJF（有色金属）XXXX—20XX

金属扩口试验机校准规范
(征求意见稿)

Calibration Specification for
Metal Expansion Machines

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

金属扩口试验机校准规范

Calibration Specification for Metal
Expansion Machines

JJF（有色金属）XXXX—
20xx

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：东北轻合金有限责任公司

参加起草单位：

本规范主要起草人：

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 同轴度示值误差	(2)
4.2 横梁移动速度示值相对误差	(2)
4.3 顶芯锥度示值误差	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准及其它设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 校准项目	(2)
6.2 校准方法	(3)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 金属扩口试验机校准记录参考格式	(7)
附录 B 金属扩口试验机校准记录参考格式校准证书内页参考格式	(8)
附录 C 金属扩口试验机横梁移动速度示值相对误差的测量不确定度评定示例	(9)

引 言

JJF1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》和JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范参考了GB/T 242《金属管扩口试验方法》的技术内容。

本规范为首次发布。

金属扩口试验机校准规范

1 范围

本规范适用于外径不超过150mm（有色金属管外径不超过100mm）、管壁厚度不超过10mm的金属扩口试验机（以下简称扩口试验机）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T242 金属管扩口试验方法

JJG475 电子万能试验机

JJG139拉力、压力和万能试验机

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 概述

金属扩口试验机是用于评估金属管材径向扩张塑性变形能力的专用设备。该设备在设定的横梁移动速度下，通过将圆锥形顶芯轴向压入试样端口，使管径扩张。依据相关标准要求，通过肉眼观测试样是否出现可见裂纹，可检测材料在扩口过程中的抗开裂性能及极限变形率。其主要结构包括工作台、下夹持装置、主机框架、圆锥形顶芯、横梁、加载系统及测控系统等。目前在国内市场上的金属扩口试验机，根据驱动方式主要分成两类：液压式扩口试验机和电子式扩口试验机。金属扩口试验机结构示意图如图1所示。

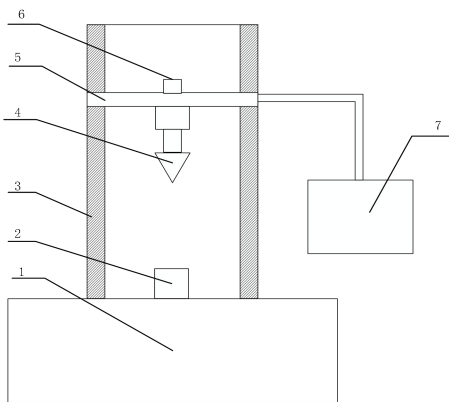


图1 金属扩口试验机结构示意图

1—工作台；2—下夹持装置；3—主机框架；4—圆锥形顶芯；5—横梁；6—加载系统；7—测控系统

4 计量特性

4.1 同轴度示值误差

同轴度示值示值误差不超过 $\phi 2\text{mm}$ 。

4.2 横梁移动速度

横梁移动速度相对误差见表 1

表 1 横梁移动速度相对误差

试验机级别	1	2
横梁移动速度相对误差/%	± 1	± 2

4.3 顶芯锥度

示值最大允许误差不大于 1° 。

5 校准条件

5.1 环境条件

试验机应在 $(10\sim 35)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于80%RH，温度变化率不超过 2°C/h 的条件下校准。校准环境周围无腐蚀性介质，附近无影响实验结果的振源。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表2。

表 2 测量标准及其他设备

校准项目	测量标准及其他设备名称	技术指标
同轴度	钢直尺	MPE: $\pm 0.2\text{mm}$
横梁移动速度	指示表 ¹	分度值 0.01mm
	钢直尺	MPE: $\pm 0.2\text{mm}$
	秒表	分辨力为 0.01s
顶芯锥度	万能角度尺	测量范围: $0^\circ \sim 320^\circ$ ，分度值 $2'$
注 1: 使用指示表需配磁力表座, 或其他相当准确度的位移计。		

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目包括同轴度、横梁移动速度和顶芯锥度。

6.2 校准方法

6.2.1 同轴度

6.2.1.1 当扩口试验机下方配有夹持装置时，需要校准同轴度，没有配备夹持装置时不需要校准同轴度。

6.2.1.2 同轴度校准使用检验试样,检验试样为圆柱形，其外径应不超过 100mm，高度需确保能稳固夹持于下夹持装置上且避免变形，试样一端横截面中心点应有明显标记。

6.2.1.3 将相应规格的圆锥形顶芯安装固定在上夹持装置上，将检验试样稳固在下夹持装置的中心位置，缓慢移动扩口试验机的横梁，将顶芯的锥尖轻触检验试样上表面中心，使用钢直尺，测量顶芯锥尖至圆柱形检验试样两侧母线的距离 $L_{\max}$ 及 $L_{\min}$ ，示意图如图 2 所示，分别测量 3 次，共得到 3 组值，计算 3 次测得值 $L_{\max}$ 及 $L_{\min}$ 的算术平均值，同轴度示值误差计算方法见公式（1）。

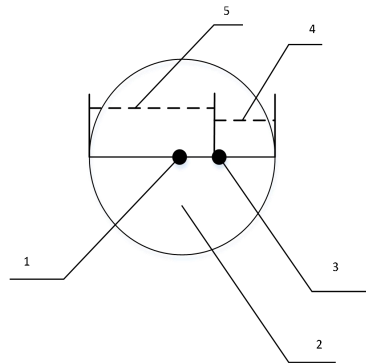


图2 同轴度校准示意图

1—检验试样横截面中心点；2—检验试样与顶芯接触的横截面；3—顶芯锥尖与试样的接触点；

4— $L_{\min}$ ；5— $L_{\max}$ ；

$$e = \bar{L}_{\max} - \bar{L}_{\min} \quad (1)$$

式中：

e ——同轴度示值误差，mm；

$\bar{L}_{\max}$ ——3 次测得所得较大距离值 $L_{\max}$ 的算术平均值，mm；

$\bar{L}_{\min}$ ——3 次测得所得较小距离值 $L_{\min}$ 的算术平均值，mm；

6.2.2 横梁移动速度示值相对误差

6.2.2.1 横梁的在工作行程内移动时应平稳。立柱和固定横梁的安装无松动。

6.2.2.2 在横梁移动速度范围内,选取速度的最高值、最低值和中间值3个点进行校准(低于0.05mm/min的速度可不进行校准),使用秒表并按速度的大小分别选用千分表、百分表或钢直尺之一进行测量,重复测量3遍。

6.2.2.3 当选择千分表或百分表作为测量标准时,将磁性表座座体工作面吸附在被校试验机立柱侧面的合适位置,将千分表或百分表表径插入夹具孔内,旋紧夹具旋钮固定,使千分表或百分表主尺与试验机的上横梁面轻轻接触,应保持水平状态,然后旋转螺纹副,使主尺上的刻度线与零位调整螺丝对齐。

6.2.2.4 当选择钢直尺作为测量标准时,将钢直尺竖直固定在立柱上,尽量接近上横梁,使钢直尺的零位与上横梁初始位置平行。

6.2.2.5 选取相应的速度校准点,上横梁开始下降的同时启动秒表计时,以试验机的指示装置为准,计时1min,停止秒表,记录秒表时间示值 t_i 和指示类量具位移示值 d_i ,每个速度校准点测量3次。

6.2.2.6 横梁移动速度的计算,见公式(2)

$$v_i = \frac{d_i}{t_i} \quad (2)$$

式中:

v_i ——横梁移动速度实测值, mm/min;

d_i ——横梁移动的位移, mm;

t_i ——横梁在该移动位移下的时间, min。

6.2.2.7 计算每个校准点测量3次的算术平均值 $\bar{v}_i$,计算移动速度相对误差,见公式(3)。

$$\omega = \frac{v - \bar{v}_i}{\bar{v}_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

ω ——横梁移动速度相对误差, %;

v ——横梁移动速度的标称值, mm/min;

$\bar{v}_i$ ——横梁移动速度3次测量平均值, mm/min。

6.2.3 顶芯锥度示值误差

6.2.3.1 校准试验机配套使用的所有顶芯。

6.2.3.2 将顶芯从试验机上取下，放置在工作台上，使用万能角度尺校准顶芯锥度。

6.2.3.3 校准前，松开万能角度尺卡块上的螺钉和制动头上的螺帽。移动万能角度尺的直尺和主尺，使两者测量面紧密贴合，确保目视无间隙。拧紧螺钉和螺帽，固定万能角度尺的直尺、角尺和主尺。检查万能角度尺的游标尺的零刻线是否与主尺上的零刻线重合，尾刻线是否与主尺29'度刻线相重合，若不重合，松开制动螺帽，微调万能角度尺的游标尺位置直至重合。

6.2.3.4 根据顶芯锥度，选择以下方法使用万能角度尺。。

6.2.3.5 测量50°以内的顶芯锥度时，安装万能角度尺的角尺和直尺，并用卡块螺钉固定，将顶芯的被测部位置于万能角度尺的基尺与直尺的测量面之间，松开制动螺帽，移动主尺进行粗调，然后转动扇形板背面的微动装置进行细调，确保被测面与基尺、直尺的测量面平行且紧密贴紧，目视无间隙，拧紧制动螺帽，将万能角度尺从顶芯上取下读数，测量3次，取平均值。

6.2.3.6 测量50°至140°之间的顶芯锥度时，卸下万能角度尺角尺，安装万能角度尺的直尺并将其与万能角度尺的扇形板连接固定；将顶芯被测面置于万能角度尺的基尺与直尺测量面之间，松开制动螺帽，移动主尺进行粗调；转动扇形板背面的微动装置进行细调，确保被测面与基尺、直尺测量面平行且紧密贴合，目视无间隙，拧紧制动螺帽；取下角度尺读数，测量3次，取平均值。

6.2.3.7 顶芯锥度的示值误差计算方法见公式（4）。

$$\Delta\alpha = \alpha - \bar{\alpha} \quad (4)$$

式中：

$\Delta\alpha$ ——顶芯锥度示值误差，°；

α ——顶芯锥度标称值，°；

$\bar{\alpha}$ ——顶芯锥度3次测量平均值，°。

7 校准结果表达

经校准的扩口试验机出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室的名称和地址；
- c) 实施校准活动的地点，包括客户设施、实验室固定设施以外的地点；

- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
 - e) 客户的名称和联络信息；
 - f) 被校对象的描述和明确标识；
 - g) 进行校准活动的日期，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和证书发布日期；
 - h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
 - i) 本次校准所用的测量标准和溯源性及有效性说明；
 - j) 校准环境的描述；
 - k) 校准结果及其测量不确定度的说明（给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值）；
 - l) 对校准规范偏离的说明；
 - m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
 - n) 校准人和核验人签名；
 - o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
 - 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。
- 校准原始记录参考格式见附录A，校准证书内页参考格式见附录B。

8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短取决于其使用情况，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间，建议复校时间间隔为1年。

附录 A

金属扩口试验机校准记录参考格式

证书编号： 接收日期： 校准日期： 发布日期：
 委托单位： 校准依据：

被校设备信息								
器具名称				出厂编号				
型号/规格				设备编号				
制造厂				环境条件		°C	%RH	
校准地点								
测量标准信息								
名称	型号	设备编号	证书编号	准确度等级/ 最大允许误差 /不确定度		有效期		
校准结果								
1 同轴度示值误差								
$L_{\max}$ (mm)	$\bar{L}_{\max}$ (mm)	$L_{\min}$ (mm)	$\bar{L}_{\min}$ (mm)	e (mm)				
2 横梁移动速度示值相对误差								
标称值 v (mm/min)	实测值						平均值 $\bar{v}$ (mm/min)	速度相 对误差 ω (%)
	d_1 (mm)	t_1 (min)	d_2 (mm)	t_2 (min)	d_3 (mm)	t_3 (min)		
扩展不确定度：								
3 圆锥形顶芯锥度								
标称值 α (°)	实测值 a_i (°)						$\bar{a}$ (°)	$\Delta \alpha$ (°)
	1		2		3			
扩展不确定度：								

附录 B

金属扩口试验机校准证书内页参考格式

证书编号:

校准结果				
1 同轴度示值误差				
$L_{\max}$ (mm)	$\bar{L}_{\max}$ (mm)	$L_{\min,}$ (mm)	$\bar{L}_{\min,}$ (mm)	e (mm)
2 横梁移动速度示值相对误差				
标称值 v (mm/min)		校准结果 $\bar{v}$ (mm/min)	速度相对误差 ω (%)	
扩展不确定度:				
3 圆锥形顶芯锥度				
标称值 α (°)		$\bar{\alpha}$ (°)	$\Delta \alpha$ (°)	
扩展不确定度:				

附录 C

金属扩口试验机横梁移动速度示值相对误差的测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 校准依据

本规范。

C.1.2 测量标准

百分表 测量范围（0~30）mm，分度值 0.01mm；秒表：分辨力 0.01S

C.1.3 被校对象

金属扩口试验机，1.0 级,WDW-100,横梁移动速度示值相对误差。

C.1.4 校准方法

使用百分表对试验机位移进行测量，同时启动秒表测量时间，可得到相对应的位移示值和时间。

C.2 测量模型

测量模型见公式C.1。

$$\omega = \frac{v - \overline{v_i}}{\overline{v_i}} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中：

ω ——横梁移动速度相对误差，%；

v ——横梁移动速度的标称值，mm/min；

$\overline{v_i}$ ——横梁移动速度3次测量平均值，mm/min。

$$v_i = \frac{d_i}{t_i} \times 100\% \quad (\text{C.2})$$

式中：

v_i ——横梁移动速度实测值，mm/min；

d_i ——横梁移动的位移，mm；

t_i ——横梁在该移动位移下的时间，min。

不确定度传播率

$$u^2(\omega) = c_1^2 u^2(v) + c_2^2 u^2(d) + c_3^2 u^2(t)$$

灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \omega}{\partial v} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial v}{\partial d} = \frac{1}{t_i} \quad c_3 = \frac{\partial v}{\partial t_i} = -\frac{d_i}{t_i^2} \quad (\text{C.2})$$

C.3 测量不确定度的来源分析

测量不确定度的来源有：

- 1) 测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ；
- 2) 由百分表引入的标准不确定度分量 u_2 ；
- 3) 由秒表引入的标准不确定度分量 u_3 。

C.4 测量不确定度评定

C.4.1 由测量重复性引入的不确定度分量 u_1

C.4.1.1用百分表和秒表在试验机速度为10mm/min的档位上连续测量位移10次，得到测量数据见表C.1 和C.2。

表C.1 位移重复性测量数据

位移示值	测量值（mm）				
	1	2	3	4	5
	9.994	9.996	9.995	9.995	9.994
	6	7	8	9	10
	9.995	9.994	9.996	9.994	9.996

表C.1 时间重复性测量数据

时间示值	测量值				
	1	2	3	4	5
	1min14s	1min14s	1min15s	1min14s	1min16s
	6	7	8	9	10
	1min16s	1min14s	1min17s	1min17s	1min15s

经计算得出

表C.3 速度重复性测量数据

速度示值	测量值（mm）				
	1	2	3	4	5
	9.971	9.973	9.970	9.972	9.967
	6	7	8	9	10
	9.968	9.971	9.968	9.966	9.971
平均值(mm/min)	9.96964				

其标准偏差 s 为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} = 0.0022 \text{ mm/min}$$

实际测量以3次测量的平均值作为测量结果，则 $n=3$ ，所以由位移测量重复性引入的不确定度分量 u_{11} 为：

$$u_{11} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.0022}{\sqrt{3}} = 0.00127 \text{ mm/min}$$

C.4.2 由百分表示值误差引起的标准不确定度 u_2 的评定

百分表示值误差引入的标准不确定度，可根据溯源证书给出的相对扩展不确定度或最大允许误差来评定，即B类方法进行评定。

根据百分表量程及分度值可得知最大允许误差为 $\pm 0.035 \text{ mm}$ ，区间半宽 $a=r/2=0.035 \text{ mm}$ ，满足均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则由引入的不确定度分量 u_2 为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.035}{\sqrt{3}} = 0.0202 \text{ mm}$$

C.4.3 由秒表示值误差引起的标准不确定度 u_3 的评定

秒表示值误差引入的标准不确定度，可根据溯源证书给出的相对扩展不确定度或最大允许误差来评定，即B类方法进行评定。

分辨力为 0.01 s 可得知最大允许误差为 $\pm 0.07 \text{ s}$ ，区间半宽 $a=r/2=0.007 \text{ s}$ ，满足均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则由引入的不确定度分量 u_2 为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.07}{\sqrt{3}} = 0.0402 \text{ s} = 0.000674 \text{ min}$$

C.5 合成标准不确定度计算

合成不确定度计算公式为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} = \sqrt{0.00127^2 + 0.0202^2 + 10^2 \times 0.000674^2} = 0.0213 \text{ mm/min}$$

C.6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k = 2$ ，扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.0213 = 0.0426 \text{ mm/min}, (k = 2)$$

$$U_{\text{rel}} = 0.43\%, (k=2)$$
