



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

Calibration Specification for
Metal Expansion Machines

（报批稿）

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

西南铝业（集团）有限责任公司

中国船舶集团有限公司第七二五研究所

国标（北京）检验认证有限公司

有色金属技术经济研究院有限责任公司

国合通用（青岛）测试评价有限公司

西安汉唐分析检测有限公司

广东省科学院工业分析检测中心

广船国际有限公司

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

周桂平（东北轻合金有限责任公司）

马金萍（东北轻合金有限责任公司）

杜鸿运（东北轻合金有限责任公司）

张国栋（西南铝业（集团）有限责任公司）

曹梦圆（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）

尹 征（国标（北京）检验认证有限公司）

闫雁楠（有色金属技术经济研究院有限责任公司）

李铸铁（国合通用（青岛）测试评价有限公司）

本金翠（西安汉唐分析检测有限公司）

肖永通（广东省科学院工业分析检测中心）

黄淑娟（广船国际有限公司）

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 固定装置的同轴度	(2)
4.2 横梁移动速度示值误差	(2)
4.3 顶芯角度偏差	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准及其他设备	(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	(6)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 同轴度试样的技术要求及加工示意图	(7)
附录 B 校准原始记录参考格式	(8)
附录 C 校准证书内页参考格式	(9)
附录 D 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	(10)

引 言

JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001 《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1 《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

本规范适用于对外径不超过150mm（其中有色金属管外径不超过100mm）、管壁厚度不超过10mm的金属管材进行扩口试验的金属扩口试验机（以下简称扩口试验机）的校准。

2 引用文件

本规范无引用文件。

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。通过在设定的横梁移动速度下，将固定角度的顶芯轴向压入试样端口，使管径发生塑性变形，以此评定材料在扩口过程中的抗开裂性能及极限变形率。根据驱动方式，扩口试验机主要分为液压式扩口试验机和电子式扩口试验机两类。扩口试验机主要结构包括加载系统、横梁、上、下固定装置、顶芯、主机框架、工作台及测控系统等。根据管材的规格，扩口试验机应配备具有相关产品标准规定角度的顶芯，以满足不同管材的扩口试验需求。扩口试验机结构示意图见图1。

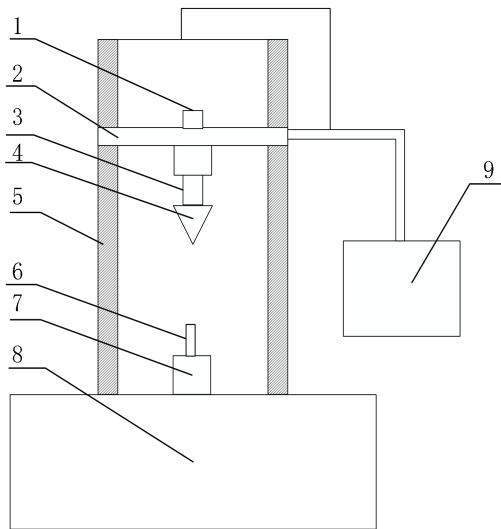


图1 金属扩口试验机结构示意图

1—加载系统；2—横梁；3—上固定装置；4—顶芯；5—主机框架；
6—同轴度试样；7—下固定装置；8—工作台；9—测控系统

4 计量特性

4.1 固定装置的同轴度

上、下固定装置的同轴度不超过2 mm。

4.2 横梁移动速度示值误差

横梁移动速度示值误差不超过 $\pm 1\%$ 。

4.3 顶芯角度偏差

顶芯角度偏差不超过 $\pm 1^\circ$ 。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度为 $(10\sim 35)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于80%，温度波动不大于 2°C 。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备的技术要求见表1。

表 1 测量标准及其他设备的技术要求

序号	测量标准	技术要求	备注
1	同轴度试样	技术要求见附录 A 中表 A.1	校准扩口试验机固定装置的同轴度
2	钢直尺	测量范围： $(0\sim 300)\text{mm}$ ，最大允许误差： $\pm 0.1\text{mm}$ ，分辨力： 0.2mm	校准扩口试验机固定装置的同轴度；测量扩口试验机的横梁位移，用于校准扩口试验机横梁移动速度示值误差；高速移动时 $(> 30\text{mm/min})$ 建议选用钢直尺
3	指示表	测量范围： $(0\sim 30)\text{mm}$ ，分度值： 0.01mm	测量扩口试验机的横梁移动时位移，用于校准扩口试验机横梁移动速度示值误差；低速移动时 $(\leq 30\text{mm/min})$ 建议选用指示表；使用指示表需配磁力表座
4	秒表	分辨力： 0.01s	测量扩口试验机的横梁移动时间，用于校准扩口试验机横梁移动速度示值误差
5	万能角度尺	测量范围： $(0\sim 320)^\circ$ ，分度值： $2'$	校准顶芯角度偏差
注：可选择满足技术要求的其他测量标准。			

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目包括固定装置的同轴度、横梁移动速度示值误差和顶芯角度偏差。

6.2 校准方法

6.2.1 固定装置的同轴度

6.2.1.1 当扩口试验机工作台上配有固定装置时，需要校准同轴度；固定装置的同轴度校准使用同轴度试样，同轴度试样具体技术要求及加工示意图见附录 A。

6.2.1.2 将顶芯安装于上固定装置，同轴度试样稳固（安装）于下固定装置轴线位置，确保其轴线竖直。缓慢移动扩口试验机横梁，使顶芯下端轻触同轴度试样上表面，并确保接触稳定。在同轴度试样上端面，使用钢直尺，沿试样径向方向分别测量顶芯外缘至同轴度试样外圆柱面的两条最短水平距离 L_1 和 L_2 ，校准示意图见图 2。固定装置的同轴度 e_i 计算见公式（1）。

$$e_i = \frac{|L_1 - L_2|}{2} \quad (1)$$

式中：

e_i ——第 i 次固定装置的同轴度，mm；

L_1, L_2 ——顶芯外缘至同轴度试样外圆柱面的两条最小水平距离，mm。

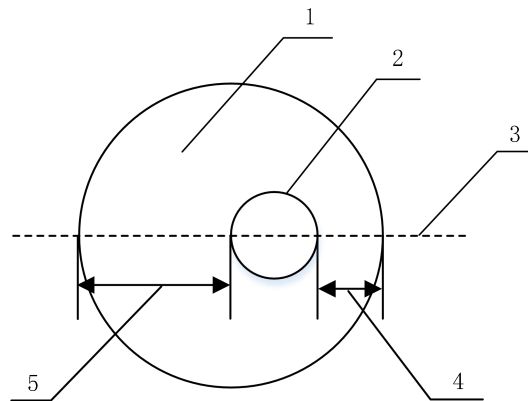


图2 固定装置的同轴度校准示意图

1—同轴度试样横截面外圆；2—顶芯下端与试样外圆接触面或点；3—经过同轴度试样圆心和直径的中轴线；

4—顶芯外缘至同轴度试样外圆柱面的最短水平距离 L_1 ；5—顶芯外缘至同轴度试样外圆柱面的最短水平距离 L_2

6.2.1.3 完成 6.2.1.2 测量后，将试样旋转 120° 重新紧固，见图 3，按 6.2.1.2 重复测量，之后再将试样旋转 120° ，同样方法重复测量，记录 L_1 和 L_2 的全部数据。

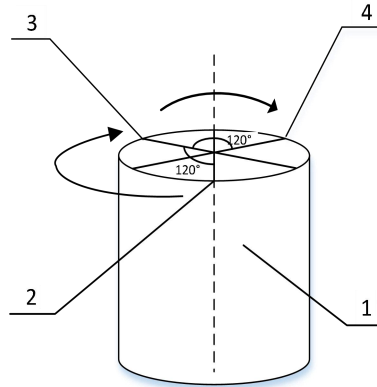


图3 试样旋转测量分布示意图

1—同轴度试样；2—第一次测量位置；3—旋转120°后第二次测量位置；4—旋转120°后第三次测量位置

6.2.1.4 完成 6.2.1.2 和 6.2.1.3 三组测量后，按照公式（1）分别计算 3 次测量的单次同轴度 e_i ，取 3 次计算结果中的最大值作为该固定装置的同轴度 e 。

6.2.2 横梁移动速度示值误差

6.2.2.1 横梁在工作行程内移动时应平稳，立柱和固定横梁的安装应牢固、无松动。

6.2.2.2 在扩口试验机横梁移动速度的实际使用范围内，选取使用速度的最大值、最小值和中间值3个点进行校准。校准时，依据速度值大小，分别选用指示表或钢直尺，配合秒表测量横梁的位移与对应时间，据此计算横梁移动速度示值误差。

6.2.2.3 当选择指示表作为测量标准时，将磁力表座座体工作面吸附在被校扩口试验机立柱侧面的适当位置，指示表测杆插入夹具孔内，旋紧夹具旋钮固定表体，使指示表测杆与试验机的上横梁表面轻轻接触，测杆应与接触面保持垂直。

6.2.2.4 当选择钢直尺作为测量标准时，应将钢直尺竖直固定于立柱上，并靠近横梁。

6.2.2.5 在扩口试验机上分别选取横梁移动速度校准点，启动扩口试验机使横梁移动，在横梁运行平稳后启动秒表计时，扩口试验机的指示装置示值达到设定位移量时，停止横梁移动并同时停止秒表，记录秒表时间示值 t_i 及横梁移动位移即指示表或钢直尺的测量值 d_i 。

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 ——第*i*次横梁移动速度的实测值，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 每个速度校准点重复测量3次，取其算术平均值作为该速度校准点的实测平均值，横梁移动速度示值误差的计算见公式（3）。

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

式中：

ω ——横梁移动速度示值误差；

v ——横梁移动速度标称值，mm/min；

$\overline{v_i}$ ——横梁移动速度3次实测值的算术平均值，mm/min。

6.2.3 顶芯角度偏差

6.2.3.1 对扩口试验机配套使用的所有顶芯进行校准。

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

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。检查万能角度尺游标尺的零刻线与主尺上的零刻线是否重合，尾刻线与主尺29°刻线是否重合；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 将顶芯锥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；取下万能角度尺并读数，重复测量3次，取其算术平均值作为该顶芯角度的实测值。

6.2.3.5 顶芯角度偏差的计算见公式（4）。

$$\Delta\beta = \overline{\beta} - \beta \quad (4)$$

式中：

$\Delta\beta$ ——顶芯角度偏差，°；

$\overline{\beta}$ ——顶芯角度实测值，°；

β ——顶芯角度标称值，°。

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B，校准证书内页参考格式见附录C。

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

同轴度试样的技术要求及加工示意图

A. 1 同轴度试样的技术要求

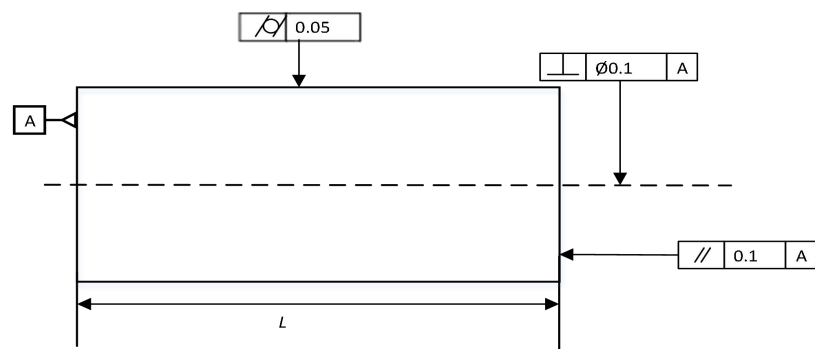
同轴度试样的技术要求见表 A. 1。当同轴度试样为圆柱形，其外径应不超过 100mm，高度 L 应能稳固安装于下固定装置，且在校准过程中不发生弯曲变形。

表 A. 1 同轴度试样的技术要求

计量特性	技术要求
圆柱度	$\leq 0.05\text{mm}$
轴线对下端面的垂直度	$\leq 0.1\text{mm}$
两端面的平行度	$\leq 0.1\text{mm}$
试样外圆柱面及两端面的粗糙度	$\leq 1.6\mu\text{m}$
注： 自行加工的试样，加工要求应满足同轴度试样的技术要求，需经相应机构校准。	

A. 2 同轴度试样的加工示意图

同轴度试样的加工示意图见图 A. 1，几何公差标注值单位均为毫米。



图A. 1 同轴度试样示意图

附录 B

校准原始记录参考格式

证书编号:

校准日期:

被校设备信息								
器具名称			设备编号					
型号/规格			制造厂					
校准地点			环境条件	°C	%RH			
校准依据			委托单位					
测量标准信息								
名称	型号	编号	准确度等级/最大允许误差/不确定度	证书编号	证书有效期			
校准结果								
1、固定装置的同轴度								
测量项目	测量值 (mm)			同轴度 e (mm)				
	1	2	3					
径向水平测量最小距离 L_1								
径向水平测量最小距离 L_2								
第 i 次测量固定装置的同轴度								
扩展不确定度 U , $k=2$:								
2、横梁移动速度示值误差								
标称值 v (mm/min)	测量值						平均值 $\bar{v}_i$ (mm/min)	示值误差 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 U_{rel} , $k=2$:								
3、顶芯角度偏差								
标称值 β (°)	测量值 β_i (°)						平均值 $\bar{\beta}$ (°)	角度偏差 $\Delta\beta$ (°)
	1	2		3				
扩展不确定度 U , $k=2$:								

附录 C

校准证书内页参考格式

证书编号:

项目	校准结果	扩展不确定度 U , $k=2$
1 固定装置的同轴度/mm		
2 横梁移动速度示值误差/%		
3 顶芯角度偏差/°		

附录 D

金属扩口试验机横梁移动速度示值误差的测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 校准依据

本规范。

D.1.2 测量标准

百分表，测量范围为（0~30）mm，分度值为 0.01mm。

秒表，分辨力为 0.01s。

D.1.3 被校对象

金属扩口试验机，准确度等级 1.0 级。

D.1.4 校准方法

见本规范 6.2.2。本示例仅取 10mm/min 的校准点进行评定，其他校准点可参照本示例作类似评定。

D.2 测量模型

测量模型见公式（D.1）和公式（D.2）。

$$\omega = \frac{v - \bar{v}_i}{\bar{v}_i} \times 100\% \quad (\text{D.1})$$

式中：

ω ——横梁移动速度示值误差；

v ——横梁移动速度的标称值，mm/min；

$\bar{v}_i$ ——横梁移动速度3次实测值的算术平均值，mm/min。

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

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。

则合成不确定度的计算为：

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

灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \omega}{\partial v} = \frac{t_i}{d_i}$$

$$c_2 = \frac{\partial \omega}{\partial d} = \frac{vt_i}{d_i^2}$$

$$c_3 = \frac{\partial \omega}{\partial t_i} = -\frac{v}{d_i}$$

D.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 u_1 ；
- 2) 百分表最大允许误差引入的不确定度 u_2 ；
- 3) 秒表最大允许误差引入的不确定度 u_3 。

D.4 测量不确定度评定

D.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

D.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D.1和D.2，根据表D.1和表D.2计算得出速度重复性测量数据，见表D.3。

表D.1 位移重复性测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
位移测量值（mm）	9.994	9.996	9.995	9.995	9.994	9.995	9.994	9.996	9.994	9.996

表D.2 时间重复性测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
时间测量值(s)	60.14	60.14	60.15	60.14	60.16	60.16	60.14	60.17	60.17	60.15

表D.3 速度重复性测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
速度测量值(mm/min)	9.971	9.973	9.970	9.972	9.967	9.968	9.971	9.968	9.966	9.971
平均值(mm/min)	9.9697									

其标准偏差 s 为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n-1}} = 0.0023 \text{ mm/min}$$

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 u_1 为：

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.0023}{\sqrt{3}} = 0.0013 \text{ mm/min}$$

D.4.2 百分表最大允许误差引入的不确定度 u_2

根据百分表量程及分度值可得知最大允许误差为0.035mm，区间半宽 $a=r/2=0.0175\text{mm}$ ，假设满足均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则由百分表最大允许误差引入的不确定度 u_2 为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.0175}{\sqrt{3}} = 0.010 \text{ mm}$$

D.4.3 秒表最大允许误差引入的不确定度 u_3

秒表分辨力为0.01s，可得知10min最大允许误差为 $\pm 0.07\text{s}$ ，区间半宽 $a=r/2=0.07\text{s}$ ，满足均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则由秒表最大允许误差引入的不确定度 u_3 为：

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{0.07}{\sqrt{3}} = 0.0404\text{s} = 0.00067\text{min}$$

D.5 合成标准不确定度计算

D.5.1 标准不确定度汇总

输入量的不确定度汇总见表D.4。

表D.4 不确定度汇总

不确定度来源	不确定度	灵敏系数 c_i
测量重复性 u_1	0.0013 mm/min	0.1 min/mm
百分表最大允许误差 u_2	0.010 mm	0.1 mm ⁻¹
秒表最大允许误差 u_3	0.00067 min	1 min ⁻¹

D.5.2 合成标准不确定度

由于各分量相互独立，互不相关，故合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} = \sqrt{0.1^2 \times 0.0013^2 + 0.1^2 \times 0.010^2 + 1^2 \times 0.00067^2} = 0.13\%$$

D.6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k = 2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = k \cdot u_c = 2 \times 0.13\% = 0.26\%$$
