

中华人民共和国工业和信息化部  
石油和化工计量技术规范

JJF（石化）XXXX—20XX

漆膜弯曲试验仪（锥形轴）校准规范

Calibration Specification of Coating films Bend Testers (conical  
mandrel)

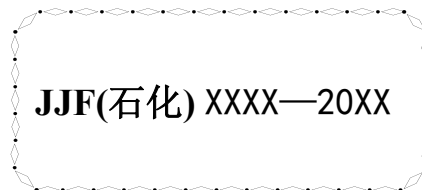
（报批稿）

202×—××—××发布

202×—××—××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 漆膜弯曲试验仪（锥形轴） 校准规范



Calibration Specification of Coating  
films Bend Testers (conical mandrel)

归口单位：中国石油和化学工业联合会  
主要起草单位：上海市质量监督检验技术研究院  
参加起草单位：标格达精密仪器（广州）有限公司

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

胡子峰 （上海市质量监督检验技术研究院）  
李 萌 （上海市质量监督检验技术研究院）  
李文雪 （上海市质量监督检验技术研究院）  
周佳祺 （上海市质量监督检验技术研究院）  
李贝琦 （上海市质量监督检验技术研究院）

**参加起草人：**

苏 纳 （标格达精密仪器（广州）有限公司）  
陈 巍 （上海市质量监督检验技术研究院）

# 目 录

引 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 引用文件.....	1
3 概述 .....	1
4 计量特性.....	1
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 .....	2
7 校准结果.....	4
7.1 校准记录 .....	4
7.2 校准证书 .....	4
7.3 不确定度 .....	4
8 复校时间间隔 .....	4
附录 A 漆膜弯曲试验仪（锥形轴）校准原始记录参考格式.....	5
附录 B 校准证书内页参考格式 .....	6
附录 C 锥体粗端直径偏差测量结果的不确定度评定示例 .....	7
附录 D 锥体细端直径偏差测量结果的不确定度评定示例 .....	9
附录 E 锥体长度偏差测量结果的不确定度评定示例.....	11

# 引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》等基础性系列规范进行编写。

本规范主要参考 GB/T 5206—2015《色漆和清漆 术语和定义》GB/T 11185—2009《色漆和清漆弯曲试验（锥形轴）》、ISO 6860:2006《色漆和清漆弯曲试验（锥形轴）》、JJF（石化）《035—2020 漆膜弯曲试验仪（圆柱轴）校准规范》制定。

本规范为首次发布。

## 漆膜弯曲试验仪（锥形轴）校准规范

### 1 范围

本规范适用于漆膜弯曲试验仪（锥形轴）的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则

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

漆膜弯曲试验是一项评价色漆、清漆等相关涂层抗开裂性或抗从底材上剥离的重要性能测试，试验方法分为沿圆柱轴和沿锥形轴两种。漆膜弯曲试验仪（锥形轴）为机械式设备，试板弯过轴心，观测裂化结果。

漆膜弯曲试验仪（锥形轴）由截头圆锥体、底座、操作杆、夹紧试板装置四部分组成，如图 1 所示。其工作原理是将试板插入拉杆与锥形轴之间，再用夹板夹紧，手握操纵杆，由前向后翻转，使试板绕锥形轴弯曲，根据试板上涂层的裂痕位置测定其剥离性能。

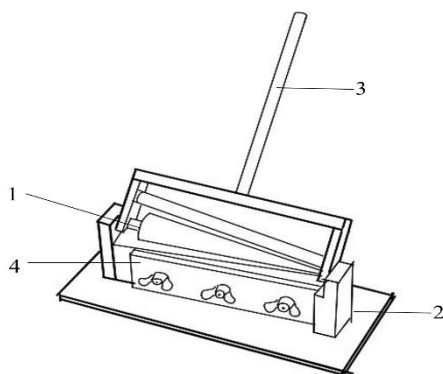


图 1 漆膜弯曲试验仪（锥形轴）的构造

1—截头圆锥体；2—底座；3—操作杆；4—夹紧试板

### 4 计量特性

漆膜弯曲试验仪（锥形轴）计量特性见表1。

表1 漆膜弯曲试验仪（锥形轴）计量特性一览表

mm

序号	项目	技术要求
1	锥体细端直径偏差	$\pm 0.1$
2	锥体粗端直径偏差	$\pm 0.1$
3	锥体长度偏差	$\pm 3$
注：以上技术指标仅作参考，不作为合格性判定依据。		

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

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

5.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$ 。

### 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 校准项目和测量标准

序号	校准项目	测量标准名称及技术要求
1	锥体细端直径偏差	游标卡尺：测量范围（0~150）mm，分度值不大于 0.02mm，最大允许误差： $\pm 0.03\text{mm}$ 。
2	锥体粗端直径偏差	
3	锥体长度偏差	游标卡尺：测量范围（0~300）mm，分度值不大于 0.10mm，最大允许误差： $\pm 0.10\text{mm}$ 。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

漆膜弯曲试验仪（锥形轴）的校准项目见表 2。

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 校准前检查

用目测和触摸法检查被校漆膜弯曲试验仪。试验仪的锥体应光滑无毛刺，各紧固件应连接紧密，操作杆应转动灵活不卡顿，各调节旋钮无松动现象。

#### 6.2.2 锥体细端直径偏差

对漆膜弯曲试验仪（锥形轴）的锥体细端，用游标卡尺测量平截圆锥体上底面平面的

3个方向的直径并取平均值后，计算与标称值的差值，得到锥体细端直径偏差，测量结果保留小数点后两位有效数字。计算公式如式（1）、式（2）所示：

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (1)$$

$$\Delta D = \bar{D} - D_s \quad (2)$$

式中：

$D_s$ ——锥体细端直径标称值，mm；

$D_i$ ——第*i*次测量值，mm；

$\bar{D}$ ——*n*次测量值的算术平均值，mm；

$\Delta D$ ——锥体细端直径偏差，mm。

### 6.2.3 锥体粗端直径偏差

对漆膜弯曲试验仪（锥形轴）的锥体粗端，用游标卡尺测量平截圆锥体下底面的3个方向的直径并取平均值后，计算与标称值的差值，得到锥体粗端直径偏差，测量结果保留小数点后两位有效数字。计算公式如式（3）、式（4）所示：

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (3)$$

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

式中：

$D_s$ ——锥体粗端直径标称值，mm；

$D_i$ ——第*i*次测量值，mm；

$\bar{D}$ ——*n*次测量值的算术平均值，mm；

$\Delta D$ ——锥体粗端直径偏差，mm。

### 6.2.4 锥体长度偏差

对漆膜弯曲试验仪（锥形轴）的锥体长度，用游标卡尺测量3个位置的平截圆锥体长度并取平均值后，计算与标称值的差值，得到锥体长度偏差，测量结果保留小数点后一位有效数字。计算公式为如式（5）、式（6）所示：

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i \quad (5)$$

$$\Delta L = \bar{L} - L_s \quad (6)$$

式中：

$L_s$ ——锥体长度标称值，mm；

$L_i$  ——第*i*次测量值, mm;

$\bar{L}$  ——*n*次测量值的算术平均值, mm;

$\Delta L$  ——锥体长度偏差, mm。

## 7 校准结果

### 7.1 校准记录

校准记录应详尽记录测量数据和计算结果。推荐的校准记录格式见附录 A。

### 7.2 校准证书

经校准的漆膜弯曲试验仪(锥形轴)应出具校准证书,校准结果应在校准证书上反映。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求,推荐的校准证书的内页格式见附录 B。

### 7.3 不确定度

校准证书应给出各校准项目的扩展不确定度,评定示例见附录 C、附录 D 和附录 E。

## 8 复校时间间隔

仪器的使用频率、使用者、使用环境、仪器本身质量等诸因素均可影响其计量性能,用户可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔,建议复校时间间隔不超过12个月。更换重要部件后、维修后或对仪器性能有怀疑时,应及时校准。

## 附录 A

## 漆膜弯曲试验仪（锥形轴）校准原始记录参考格式

证书编号：

委托方名称						
委托方地址		校准地点				
型号规格		仪器编号				
生产厂家		校准日期				
环境温度		相对湿度				
校准依据						
主要测量设备						
名称/型号	测量范围	不确定度/准确度等级 /最大允许误差		证书编号	有效期	溯源机构 名称
1. 校准前检查						
2. 锥体细端直径偏差						
标称值 (mm)	测量值 (mm)				偏差 (mm)	扩展不确定度 $U$ (mm) ( $k=2$ )
	1	2	3	平均值		
3. 锥体粗端直径偏差						
标称值 (mm)	测量值 (mm)				偏差 (mm)	扩展不确定度 $U$ (mm) ( $k=2$ )
	1	2	3	平均值		
4. 锥体长度偏差						
标称值 (mm)	测量值 (mm)				偏差 (mm)	扩展不确定度 $U$ (mm) ( $k=2$ )
	1	2	3	平均值		
结果/说明：						
校准员：				核验员：		

## 附录 B

## 漆膜弯曲试验仪（锥形轴）校准证书的内页格式

:

证书编号 XXXXXX—XXXX					
校准机构授权说明					
校准的技术依据 JJF（石化）009-2022 漆膜弯曲试验仪（锥形轴）校准规范					
校准环境条件及地点					
地点					
环境温度	℃	相对湿度	%	其他	
主要测量设备					
名称/型号	编号	测量范围	不确定度或准确等级或最大允许误差	证书编号及有效期	溯源机构名称
校准结果					
序号	校准项目	校准结果			
1	校准前检查				
2	锥体细端直径偏差	标称值 (mm)	测量值 (mm)	偏差 (mm)	扩展不确定度 $U$ (mm) ( $k=2$ )
3	锥体粗端直径偏差	标称值 (mm)	测量值 (mm)	偏差 (mm)	扩展不确定度 $U$ (mm) ( $k=2$ )
5	锥体长度偏差	标称值 (mm)	测量值 (mm)	偏差 (mm)	扩展不确定度 $U$ (mm) ( $k=2$ )
备注					

(以下空白)

## 附录 C

## 锥体粗端直径偏差测量结果的不确定度评定示例

## C.1 概述

对漆膜弯曲试验仪（锥形轴）的锥体粗端，用游标卡尺测量 3 个方向的直径并取平均值后，计算与标称值的差值，得到锥体粗端直径偏差。

## C.2 测量模型

$$\Delta D = \bar{D} - D_s \quad (\text{C.1})$$

式中：

$D_s$ ——锥体粗端直径标称值，mm；

$\bar{D}$  —— $n$ 次测量值的算术平均值，mm；

$\Delta D$  ——锥体粗端直径偏差，mm。

## C.3 锥体粗端直径偏差测量结果的不确定度评定

## C.3.1 不确定度来源

锥体粗端直径偏差测量结果的不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量  $u_1$  和游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2$ 。

C.3.2 测量重复性引入的不确定度分量  $u_1$  的评定

测量重复性引入的不确定度分量  $u_1$  采用 A 类方法进行评定。连续测量 10 次，得到一组测量值，结果如表 C.1 所示。

表 C.1 重复 10 次测量结果

第 $i$ 次测量	1	2	3	4	5
锥体粗端直径偏差/mm	-0.04	-0.04	-0.02	-0.04	-0.04
第 $i$ 次测量	6	7	8	9	10
锥体粗端直径偏差/mm	-0.04	-0.04	-0.02	-0.04	-0.04

10 次测量平均值为：

$$\bar{\Delta D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta D_i = -0.04 \text{ mm} \quad (\text{C.2})$$

单次实验标准偏差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta D_i - \bar{\Delta D})^2}{n-1}} = 0.008 \text{ mm} \quad (\text{C.3})$$

实际测量过程中,以 3 次测量的平均值作为测量结果,因此测量重复性引入的不确定度分量为:

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.005mm \quad (C.4)$$

### C.3.3 游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量 $u_2$ 的评定

游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2$  采用 B 类方法进行评定。测量范围(0~150) mm、分度值 0.02mm 的游标卡尺的最大允许误差为 $\pm 0.03mm$ ,服从均匀分布,则其引入的标准不确定度分量  $u_2$  为:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.03mm}{\sqrt{3}} = 0.017mm \quad (C.5)$$

### C.3.4 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2 不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度分量的值/mm
$u_1$	测量重复性引入的不确定度分量	0.005
$u_2$	游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量	0.017

### C.3.5 合成标准不确定度 $u_c$

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.005^2 + 0.017^2}mm \approx 0.018mm \quad (C.6)$$

### C.3.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 锥体粗端直径偏差测量结果的扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 2 \times 0.018mm = 0.036mm \approx 0.04mm (k = 2) \quad (C.7)$$

## 附录 D

## 锥体细端直径偏差测量结果的不确定度评定示例

## D.1 概述

对漆膜弯曲试验仪（锥形轴）的细端，用游标卡尺测量 3 个方向的直径并取平均值后，计算与标称值的差值，得到锥体细端直径偏差。

## D.2 测量模型

$$\Delta D = \bar{D} - D_s \quad (\text{D.1})$$

式中：

$D_s$ ——锥体细端直径标称值，mm；

$\bar{D}$  —— $n$ 次测量值的算术平均值，mm；

$\Delta D$  ——锥体细端直径偏差，mm。

## D.3 锥体细端直径偏差测量结果的不确定度评定

## D.3.1 不确定度来源

锥体细端直径偏差测量结果的不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量  $u_1$  和游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2$ 。

D.3.2 测量重复性引入的不确定度分量  $u_1$  的评定

测量重复性引入的不确定度分量  $u_1$  采用 A 类方法进行评定。连续测量 10 次，得到一组测量值，结果如表 D.1 所示。

表 D.1 重复 10 次测量结果

第 $i$ 次测量	1	2	3	4	5
锥体细端直径偏差/mm	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.02
第 $i$ 次测量	6	7	8	9	10
锥体细端直径偏差/mm	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	0.00

10 次测量平均值为：

$$\bar{\Delta D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta D_i = -0.01 \text{mm} \quad (\text{D.2})$$

单次实验标准偏差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta D_i - \bar{\Delta D})^2}{n-1}} = 0.014 \text{mm} \quad (\text{D.3})$$

实际测量过程中,以3次测量的平均值作为测量结果,因此测量重复性引入的不确定度分量为:

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.008mm \quad (D.4)$$

### D.3.3 游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量 $u_2$ 的评定

游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2$  采用 B 类方法进行评定。测量范围(0~150) mm、分度值 0.02mm 的游标卡尺的最大允许误差为 $\pm 0.03mm$ ,服从均匀分布,则其引入的标准不确定度分量  $u_2$  为:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.03mm}{\sqrt{3}} = 0.017mm \quad (D.5)$$

### D.3.4 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总见表 D. 2。

表 D. 2 不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度分量的值/mm
$u_1$	测量重复性引入的不确定度分量	0.008
$u_2$	游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量	0.017

### D.3.5 合成标准不确定度 $u_c$

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.008^2 + 0.017^2}mm \approx 0.019mm \quad (D.6)$$

### D.3.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 锥体细端直径偏差测量结果的扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 2 \times 0.019mm = 0.038mm \approx 0.04mm (k = 2) \quad (D.7)$$

## 附录 E

## 锥体长度偏差测量结果的不确定度评定示例

## E.1 概述

对漆膜弯曲试验仪（锥形轴）的锥体长度，用游标卡尺测量 3 个位置的长度并取平均值后，计算与标称值的差值，得到锥体长度偏差。

## E.2 测量模型

$$\Delta L = \bar{L} - L_s \quad (\text{E.1})$$

式中：

$L_s$ ——锥体长度标称值，mm；

$\bar{L}$ —— $n$ 次测量值的算术平均值，mm；

$\Delta L$ ——锥体长度偏差，mm。

## E.3 锥体长度偏差测量结果的不确定度评定

## E.3.1 不确定度来源

锥体长度偏差测量结果的不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量  $u_1$  和游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2$ 。

E.3.2 测量重复性引入的不确定度分量  $u_1$  的评定

测量重复性引入的不确定度分量  $u_1$  采用 A 类方法进行评定。连续测量 10 次，得到一组测量值，结果如表 E.1 所示。

表 E.1 重复 10 次测量结果

第 $i$ 次测量	1	2	3	4	5
锥体长度偏差/mm	0.1	0.0	0.2	-0.3	-0.2
第 $i$ 次测量	6	7	8	9	10
锥体长度偏差/mm	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2

10 次测量平均值为：

$$\bar{\Delta L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta L_i = 0.0 \text{ mm} \quad (\text{E.2})$$

单次实验标准偏差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta L_i - \bar{\Delta L})^2}{n-1}} = 0.17 \text{ mm} \quad (\text{E.3})$$

实际测量过程中,以3次测量的平均值作为测量结果,因此测量重复性引入的不确定度分量为:

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.10\text{mm} \quad (\text{E.4})$$

### E.3.3 游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量 $u_2$ 的评定

游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2$  采用 B 类方法进行评定。测量范围(0~300) mm、分度值 0.10mm 的游标卡尺的最大允许误差为  $\pm 0.10\text{mm}$ ,服从均匀分布,则其引入的标准不确定度分量  $u_2$  为:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.10\text{mm}}{\sqrt{3}} = 0.06\text{mm} \quad (\text{E.5})$$

### E.3.4 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总见表 E. 2。

表 E. 2 不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度分量的值/mm
$u_1$	测量重复性引入的不确定度分量	0.10
$u_2$	游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量	0.06

### E.3.5 合成标准不确定度 $u_c$

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.10^2 + 0.06^2}\text{mm} \approx 0.12\text{mm} \quad (\text{E.6})$$

### E.3.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 锥体长度偏差测量结果的扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 2 \times 0.12\text{mm} = 0.24\text{mm} \approx 0.3\text{mm} (k = 2) \quad (\text{E.7})$$