

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—XXXX

旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪
校准规范

Calibration Specification of Double Semi-shaft Type Radial Force Testers for
Rotating Shaft Lip Seal Ring

（报批稿）

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪校准规范

Calibration Specification of Double Semi-shaft Type Radial Force Testers for Rotating Shaft Lip Seal Ring

JJF(石化) XXXX—XXXX

归口单位：中国石油和化学工业联合会
主要起草单位：北京橡胶工业研究设计院有限公司
宁波高新区琪明机械设备有限公司
启东市亿方密封科技有限公司
参加起草单位：重庆全城油封有限公司

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：

蒋雪梅（北京橡胶工业研究设计院有限公司）

孙思源（北京橡胶工业研究设计院有限公司）

黄学坤（宁波高新区琪明机械设备有限公司）

李晓轶（宁波高新区琪明机械设备有限公司）

王立平（启东市亿方密封科技有限公司）

陈 超（启东市亿方密封科技有限公司）

参加起草人：

方樱霖（重庆全城油封有限公司）

鄢 锦（重庆全城油封有限公司）

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
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.....	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 旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪校准记录格式.....	6
附录 B 旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪校准证书的内页格式.....	7
附录 C 两试验半轴直径偏差测量结果不确定度评定示例.....	8
附录 D 径向力示值误差测量结果不确定度评定示例.....	10

引 言

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

本规范主要参考 GB/T 24795.2—2011《商用车车桥旋转轴唇形密封圈 第2部分：性能试验方法》、HG/T 2069—2022《旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪》制定。

本规范为首次发布。

旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于测试内径为5mm~400mm的带有金属骨架的橡胶旋转轴唇形密封圈的
两半轴式径向力测定仪的校准。

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

旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪（以下简称测定仪）是用于测定带有金属骨
架的橡胶旋转轴唇形密封圈径向力的仪器。测定仪的原理为：将试样加装在两个试验半轴构
成的圆轴上，通过测力系统测量试样对试验半轴的抱紧力，即径向力。测定仪一般由机座、
固定平台、固定部分试验半轴、固定凸台半轴、可移动凸台半轴、可移动部分试验半轴、
滑道、试样、测力传感系统、可移动平台组成，结构示意图见图1。

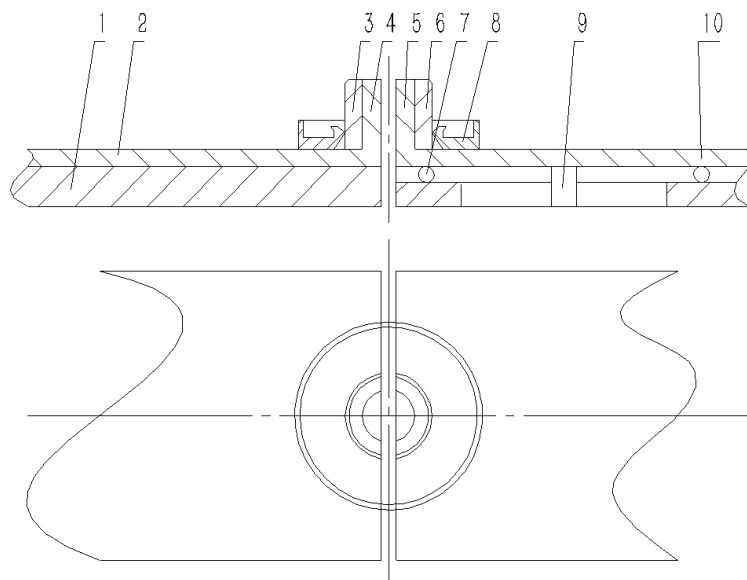


图1 测定仪结构示意图

1—机座；2—固定平台；3—固定部分试验半轴；4—固定凸台半轴；5—可移动凸台半轴；
6—可移动部分试验半轴；7—滑道；8—试样；9—测力传感系统；10—可移动平台

4 计量特性

具体计量特性见表1。

表 1 测定仪计量特性一览表

序号	项目	技术要求
1	两试验半轴直径偏差/mm	MPE: ± 0.03
2	径向力示值误差/N	MPE: ± 0.5
注: 以上所有的技术参数不作为合格性判定的依据。		

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度条件

环境温度: $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 。

5.1.2 湿度条件

相对湿度: $< 85\%$ 。

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	两试验半轴直径偏差/mm	数显外径千分尺: 分辨力 0.001mm	
		测量范围/mm	最大允许误差/ μm
		0~50	± 2
		50~150	± 3
		150~250	± 4
		250~300	± 5
		300~400	± 6
2	径向力示值误差/N	力值砝码: 测量范围 (0~200)N, MPE: $\pm 0.05\%$ 。	

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

测定仪的校准项目见表2。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

6.2.1.1 外观检查

目测检查测定仪外观，应结构齐全，维护良好，能正常运转。

6.2.1.2 平台平行度的检查

以固定平台台面为基准，用分辨力为0.01mm，测量范围（0～25）mm的深度千分尺测量固定平台和可移动平台之间的高度差，重复测量3次，取最大值为测量结果，测量结果应不大于0.05mm。

6.2.1.3 两试验半轴径向位置误差的检查

在工作状态下，两试验半轴构成正圆时，以固定部分试验半轴直径面与半圆周面的交线为基准，用分辨力为0.01mm，测量范围（0～25）mm的深度千分尺测量固定部分试验半轴和可移动部分试验半轴之间的径向高度差，在3个不同位置各测量一次，取最大值作为测量结果，测量结果应不大于0.02mm。

6.2.1.4 两试验半轴轴向位置误差的检查

在工作状态下，两试验半轴构成正圆时，以固定部分试验半轴的台面为基准，用分辨力为0.01mm，测量范围（0～25）mm的深度千分尺测量固定部分试验半轴和可移动部分试验半轴之间的轴向高度差，在3个不同位置各测量一次，取最大值作为测量结果，测量结果应不大于0.05mm。

6.2.2 两试验半轴直径偏差

记录测定仪直径标称值，工作状态下使两试验半轴形成正圆，用数显外径千分尺测量两试验半轴构成的试验轴直径，以两试验半轴接触线直径为第一次测量结果，此后每顺时针偏转 45° 测量一次，共测量 4 次，取其算术平均值作为测量结果，按式(1)计算两试验半轴直径偏差，计算结果保留到 0.001mm。

$$\Delta D = \bar{D} - D_0 \quad (1)$$

式中：

ΔD —两试验半轴直径偏差，mm；

\bar{D} —数显外径千分尺 4 次测量结果的算术平均值，mm；

D_0 —直径标称值，mm。

6.2.3 径向力示值误差

在量程范围内选取至少五个点，一般按 20%FS、40%FS、60%FS、80%FS、100%FS 分布，也可根据需求选择其他校准点，进行三次重复测量。

将力值砝码在校准环境下停放至少 1h，调整测定仪至工作状态，让两试验半轴构成

正圆，将不易变形的细绳一端固定在可移动凸台半轴上，另一端通过定滑轮加装力值砝码对测力传感系统施加水平方向的力，测力示意图见图 2。在加装力值砝码前进行清零操作，清除细绳引入的力，加装力值砝码开始测量，读取测定仪径向力示值，重复测量 3 次取其算术平均值作为测量结果，按式 (2) 计算径向力示值误差，计算结果保留到 0.01N。

$$\Delta F = \bar{F}_i - F \quad (2)$$

式中：

ΔF — 径向力示值误差，N；

\bar{F}_i — 测定仪径向力示值算术平均值，N；

F — 力值砝码标称值，N。

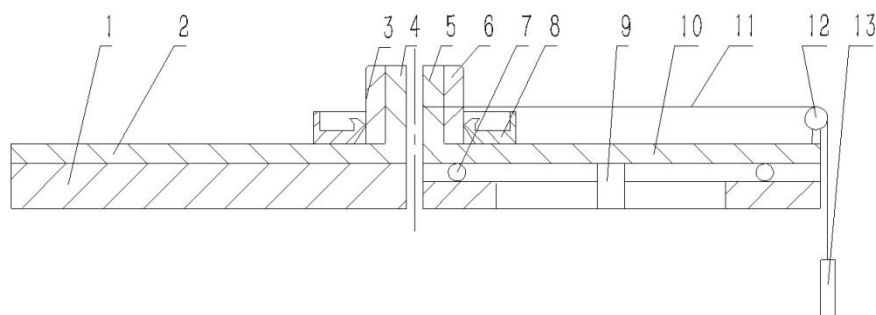


图2 测力示意图

1—机座；2—固定平台；3—固定部分试验半轴；4—固定凸台半轴；5—可移动凸台半轴；

6—可移动部分试验半轴；7—滑道；8—试样；9—测力传感系统；10—可移动平台；

11—细绳；12—滑轮；13—力值砝码

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

经校准的测定仪应出具校准证书，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。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由测定仪的使用情况、使用者、测定仪本身质量等诸多因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间间隔，建议一般不

超过 12 个月。

附录 A

旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪校准记录格式

共 页第 页

记录编号			证书编号					
委托单位								
单位地址								
生产厂商			器具编号					
型号/规格			校准日期					
环境条件	环境温度: ℃ 相对湿度: %							
校准地点								
本次校准的依据: JJF(石化) XXXX-XXXX 旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪校准规范								
本次校准所使用的主要计量标准器:								
名称	测量范围	溯源信息		最大允许误差/准确度等级/不确定度		有效期至		
外观检查	符合要求			<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
检查项目	技术指标	第1次	第2次	第3次	最大值			
平台平行度检查	≤0.05mm							
两试验半轴径向形位误差检查	≤0.02mm							
两试验半轴轴向形位误差检查	≤0.05mm							
两试验半轴直径/mm	直径标称值	测量结果						测量结果的扩展不确定度 ($k=2$)
		1	2	3	4	算术平均值	直径偏差	
径向力/N	力值砝码标称值	测量结果						测量结果的扩展不确定度 ($k=2$)
		1	2	3	算术平均值	示值误差		

校准员:

核验员:

附录 B

旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪校准证书的内页格式

证书编号				
校准机构说明				
校准依据	JJF(石化) XXXX-XXXX 旋转轴唇形密封圈两半轴式径向力测定仪校准规范			
校准地点				
环境条件	环境温度/℃		相对湿度/%	
本次校准所使用的主要计量标准器:				
名称	测量范围	溯源信息	最大允许误差/准确度等级/不确定度	有效期至
校准结果:				
外观检查		符合要求	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
平台平行度检查		不大于 0.05mm	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
两试验半轴径向形位误差检查		不大于 0.02mm	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
两试验半轴轴向形位误差检查		不大于 0.05mm	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
两试验半轴直径 /mm	直径标称值	测量结果 算术平均值	直径偏差	测量结果的扩展不确定度 ($k=2$)
径向力/N	力值砝码标称值	测量结果 算术平均值	示值误差	测量结果的扩展不确定度 ($k=2$)
备注:				

附录 C

两试验半轴直径偏差测量结果不确定度评定示例

C.1 校准方法

校准方法如本规范 6.2.2。

C.2 测量模型

两试验半轴直径偏差测量模型见式 (C.1)：

$$\Delta D = \bar{D} - D_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔD —两试验半轴直径偏差，mm；

\bar{D} —数显外径千分尺 4 次测量结果的算术平均值，mm；

D_0 —直径标称值，mm。

由测量模型可知，直径标称值不引入不确定度分量。

则由式 (C.1) 得方差传播式：

$$u_c^2(\Delta D) = c_1^2 u^2(\bar{D}) \quad (\text{C.2})$$

式中：

$u_c(\Delta D)$ —两试验半轴直径偏差测量结果的不确定度，mm；

$u(\bar{D})$ —数显外径千分尺测量引入的不确定度分量，mm。

由灵敏系数计算公式： $c_1 = \frac{\partial \Delta D}{\partial \bar{D}}$ ，可得 $c_1 = 1$ 。

故：

$$u_c^2(\Delta D) = u^2(\bar{D}) \quad (\text{C.3})$$

C.3 两试验半轴直径偏差测量结果不确定度的评定

C.3.1 不确定度来源

不确定度来源主要有测量重复性引入的不确定度分量 u_1 和数显外径千分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 （以直径标称值 60mm 为例）

按照本规范 6.2.2 的步骤进行操作，重复测量 10 次，测量数据见表 C.1。

表 C.1 重复 10 次测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
直径标称值/mm	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
数显外径千分尺测量结果/mm	60.011	60.009	60.005	59.996	60.007	60.010	60.007	59.998	60.012	60.008
直径偏差/mm	0.011	0.009	0.005	-0.004	0.007	0.010	0.007	-0.002	0.012	0.008

直径偏差的算术平均值：

$$\Delta D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta D_i = 0.006 \text{ mm} \quad (\text{C.4})$$

用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差：

$$s(\Delta D_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta D_i - \overline{\Delta D})^2}{n-1}} = 0.005 \text{ mm} \quad (\text{C.5})$$

式中：

ΔD_i —第 i 次测量结果，mm；

$\overline{\Delta D}$ —10 次测量结果的算术平均值，mm；

n —测量次数；

故：

$$u_1 = s(\Delta D_i) = 0.005 \text{ mm} \quad (\text{C.6})$$

C.3.3 数显外径千分尺最大允许误差引入的不确定度分量 u_2

数显外径千分尺最大允许误差为 $\pm 0.003 \text{ mm}$ ，则可能值区间的半宽度 a 为 0.003 mm ，认为其服从均匀分布，取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$ ，故：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.003}{\sqrt{3}} = 0.002 \text{ mm} \quad (\text{C.7})$$

则数显外径千分尺测量引入的不确定度分量 $u(\overline{D})$ 为：

$$u(\overline{D}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.005 \text{ mm} \quad (\text{C.8})$$

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 不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度分量的值/mm
$u(\overline{D})$	数显外径千分尺测量引入的不确定度	0.005

C.3.5 合成不确定度

认为各输入量间不相关，则合成不确定度为：

$$u_c(\Delta D) = \sqrt{u^2(\overline{D})} = 0.005 \text{ mm} \quad (\text{C.9})$$

C.3.6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$ ，两试验半轴直径偏差测量结果的扩展不确定度为：

$$U = u_c(\Delta D) \times k = 0.010 \text{ mm} \quad (\text{C.10})$$

附录 D

径向力示值误差测量结果不确定度评定示例

D.1 校准方法

校准方法如本规范 6.2.3。

D.2 测量模型

径向力示值误差测量模型见式 (D.1)：

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

式中：

ΔF —径向力示值误差，N；

\bar{F}_i —测定仪径向力示值算术平均值，N；

F —力值砝码标称值，N。

由式 (D.1) 得方差传播式：

$$u_c^2(\Delta F) = c_1^2 u^2(\bar{F}_i) + c_2^2 u^2(F) \dots\dots\dots (\text{D.2})$$

式中：

$u_c(\Delta F)$ —径向力示值误差测量结果的不确定度，N；

$u(\bar{F}_i)$ —测定仪径向力示值引入的不确定度分量，N；

$u(F)$ —力值砝码最大允许误差引入的不确定度分量，N。

由灵敏系数计算公式： $c_1 = \frac{\partial \Delta F}{\partial \bar{F}_i}$ ， $c_2 = \frac{\partial \Delta F}{\partial F}$ ，可得 $c_1 = 1$ ， $c_2 = -1$ 。

故：

$$u_c^2(\Delta F) = u^2(\bar{F}_i) + u^2(F) \quad (\text{D.3})$$

D.3 径向力示值误差测量结果不确定度的评定

D.3.1 不确定度来源

径向力示值误差测量结果的不确定度来源主要有测定仪径向力示值引入的不确定度分量 $u(\bar{F}_i)$ 和力值砝码最大允许误差引入的不确定度分量 $u(F)$ 。以 10N 校准点为例。

D.3.2 测定仪径向力示值引入的不确定度分量 $u(\bar{F}_i)$ D.3.2.1 重复性引入的不确定度分量 u_1

按照本规范 6.2.3 的步骤进行操作，重复测量 10 次，测量数据见表 D.1。

表 D.1 重复 10 次测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测定仪径向力示值 / N	10.11	10.07	9.99	9.98	10.05	10.08	10.12	9.96	10.03	9.85
力值砝码/ N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
径向力示值误差/ N	0.11	0.07	-0.01	-0.02	0.05	0.08	0.12	-0.04	0.03	-0.15

径向力示值误差的算术平均值：

$$\overline{\Delta F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta F_i = 0.02\text{N} \quad (\text{D.4})$$

用贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差:

$$s(\Delta F) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta F_i - \overline{\Delta F})^2}{n-1}} = 0.08\text{N} \quad (\text{D.5})$$

式中:

ΔF_i —第 i 次测量结果, N;

$\overline{\Delta F}$ —10 次测量结果的算术平均值, N;

n —测量次数;

实际测量以 3 次测量的算术平均值作为测量结果, 故:

$$u_1 = \frac{s(\Delta F)}{\sqrt{3}} = 0.05\text{N} \quad (\text{D.6})$$

D.3.2.2 测定仪径向力示值分辨力引入的不确定度分量 u_2

测定仪径向力示值分辨力为 0.01N, 则可能值区间的半宽度 a 为 0.005N, 认为其均匀分布, 取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$, 故:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003\text{N} \quad (\text{D.7})$$

因 u_1 大于 u_2 , 测定仪径向力示值引入的不确定度分量为:

$$u(\overline{F}_i) = u_1 = 0.05\text{N} \quad (\text{D.8})$$

D.3.3 力值砝码最大允许误差引入的不确定度分量 $u(F)$

力值砝码最大允许误差为 $\pm 0.05\%$, 故 10N 力值砝码的最大允许误差为 $\pm 0.005\text{N}$, 则可能值区间的半宽度 a 为 0.005 N, 认为其均匀分布, 取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$, 故:

$$u(F) = \frac{a}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003\text{N} \quad (\text{D.9})$$

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 不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度分量的值/N
$u(\overline{F}_i)$	测定仪径向力示值引入的不确定度	0.05
$u(F)$	力值砝码最大允许误差引入的不确定度	0.003

D.3.5 合成不确定度

认为各输入量间不相关, 则合成的不确定度为:

$$u_c(\Delta F) = \sqrt{0.05^2 + 0.003^2} = 0.05\text{N} \quad (\text{D.10})$$

D.3.6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$, 径向力示值误差测量结果的扩展不确定度为:

$$U = u_c(\Delta F) \times k = 0.05 \times 2 = 0.10\text{N} \quad (\text{D.11})$$

