



中华人民共和国工业和信息化部  
机械计量技术规范

JJFZ（机械）019-2022

轴承摩擦力矩测量仪校准规范

Calibration Specification for

Bearings Friction Torque Measuring Instrument

（报批稿）

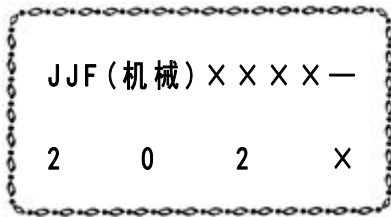
20\*\*—\*\*—\*\*发布

20\*\*—\*\*—\*\*实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 轴承摩擦力矩测量仪校准规范

Calibration Specification for  
Bearings Friction Torque Measuring  
Instrument



归口单位：全国机械汽车专业计量技术委员会

主要起草单位：洛阳轴承研究所检验检测有限公司

参加起草单位：洛阳轴承研究所有限公司

本规范委托全国机械汽车专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张晓鹏（洛阳轴承研究所检验检测有限公司）

史德卿（洛阳轴承研究所检验检测有限公司）

参加起草人：

张 辛（洛阳轴承研究所有限公司）

# 目 录

引言.....	( II )
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 概述 .....	1
5 计量特性 .....	2
5.1 测量重复性 .....	2
5.2 示值误差 .....	2
5.3 仪器稳定性 .....	2
5.4 主轴转速 .....	2
5.5 仪器载荷 .....	2
6 校准条件 .....	2
6.1 校准环境条件 .....	2
6.2 校准用标准器 .....	2
7 校准项目和校准方法 .....	3
7.1 校准前检查 .....	3
7.2 测量重复性校准 .....	3
7.3 示值误差校准 .....	3
7.4 仪器稳定性校准 .....	4
7.5 主轴转速校准 .....	4
7.6 仪器载荷校准 .....	4
8 校准结果表达 .....	4
9 复校时间间隔 .....	4
附录 A 示值误差测量结果的不确定度评定 .....	5
附录 B 校准证书内容 .....	7

## 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》、JJG 2047—2006《扭矩计量器具检定系统表》，并参考 JJG 1146—2017《工作扭矩仪检定规程》、GB/T 32562—2016《滚动轴承 摩擦力矩测量方法》等编制。

本规范为首次发布。

# 轴承摩擦力矩测量仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于采用传递测量法及平衡测量法原理的轴承摩擦力矩测量仪的校准。

## 2 引用文件

本规范引用文件

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJG 1146—2017 工作扭矩仪检定规程

GB/T 32562 滚动轴承 摩擦力矩测量方法

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 术语和定义

JJF 1001、JJF 1059.1 和 GB/T 32562 界定的术语和定义适用于本规范。

## 4 概述

轴承摩擦力矩测量仪是测量滚动轴承启动力矩和转动力矩的一类扭矩测量仪器，主要用于滚动轴承生产企业及使用方对装配完成的轴承进行检测。测量轴承力矩的基本原理是：将传感器安装在一个与轴承套圈机械式连接的测量装置上，在规定的载荷条件下，轴承以固定转速旋转，在规定的时段内检测传感器信号，得出一个或多个表征转动力矩的参数，通常的测量方法有传递测量法、平衡测量法和能量测量法，其结构见图 1。

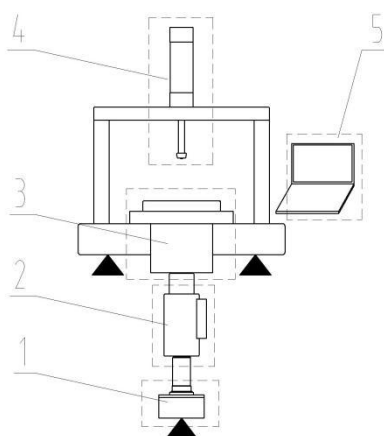


图 1 轴承摩擦力矩结构示意图

1-驱动单元； 2-测量单元； 3-无摩擦支撑平台； 4-载荷加载系统； 5-控制软件

## 5 计量特性

### 5.1 测量重复性

轴承摩擦力矩测量仪的测量重复性应不超过表 1 规定。

### 5.2 示值误差

轴承摩擦力矩测量仪的示值误差应不超过表 1 中最大允差的规定。

### 5.3 仪器稳定性

轴承摩擦力矩测量仪的稳定性应不超过表 1 规定。

### 5.4 主轴转速

轴承转动摩擦力矩测量仪的主轴转速应不超过表 1 规定。

### 5.5 仪器载荷

轴承摩擦力矩测量仪的载荷应不超过表 1 规定。

表 1 计量特性技术指标

类型		普通型 轴承摩擦力矩测量仪	精密型 轴承摩擦力矩测量仪
测量范围		$(0\sim 1000) \text{ mN} \cdot \text{m}$	$(0\sim 100) \text{ mN} \cdot \text{m}$
技术要求	测量重复性	5%	3%
	最大允差	$\pm 0.5\% \text{FS}$	$\pm 1\% \text{FS}$
	仪器稳定性	$\pm 6\%$	$\pm 5\%$
	转速最大允差	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$
	载荷最大允差	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$
注：“FS”代表满量程。			

## 6 校准条件

### 6.1 校准环境条件

环境温度：(23±5)℃；

相对湿度：≤80%；

周围环境：无影响校准结果的振动、冲击、电磁场及其他干扰源。

### 6.2 校准用标准器

6.2.1 校准示值误差、测量重复性和仪器稳定性的标准器有：砝码（M1 级以上）、校准盘。

6.2.2 校准主轴转速的标准器有：转速表。

6.2.3 校准仪器载荷的标准器有：测力计。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准前检查

校准前应先检查仪器外观，确认没有影响计量特性的缺陷后再进行其他项目校准。

### 7.2 测量重复性校准

7.2.1 根据被校准仪器的测量范围，选取 10%FS、20%FS、50%FS、90%FS、100%FS 五个校准点，采用标准力矩与被校准仪器示值直接比较的方法校准。

7.2.2 标准力矩按照公式（1）计算：

$$M_K = g_i \times 10^{-3} \times P_K \times R \quad (1)$$

式中：

$M_K$ ——标准力矩，单位为  $mN \cdot m$ ；

$g_i$ ——仪器所在地的重力加速度，保留三位有效数字，单位为  $m \cdot s^{-2}$ ；

$P_K$ ——砝码质量，单位为 g，砝码质量根据仪器测量范围和校准点进行选择；

$R$ ——校准盘半径，单位为 mm，大小和精度根据实际需要进行选择。

7.2.3 根据被校准仪器的技术要求和测量方法，将标准力矩直接安装施加于被校准仪器的测量系统上，重复测量  $n$  次， $n=3\sim6$ 。

7.2.4 不同质量砝码对应的测量重复性由  $n$  次测量值按公式（2）计算：

$$s_k = \frac{R_{M_i}}{C} \quad (2)$$

式中：

$s_k$ ——实验标准偏差；

$R_{M_i}$ —— $n$  次测量结果的极差；

$C$ ——极差系数，按照 JJF 1059.1-2012 中表 1 进行选择。

7.2.5 测量重复性取所有校准点中最大值为最终校准结果。

### 7.3 示值误差的校准

根据 7.2 选取的校准点和  $n$  次校准结果的算术平均值，示值误差按照公式（3）计算得到：

$$\Delta = \overline{M} - M_K \quad (3)$$

#### 7.4 仪器稳定性的校准

根据被校准仪器的测量范围，选取中间值用标准力矩直接施加于被校仪器的测量系统上进行测量，每 0.5h 记录一次示值，记录仪器在 4h 时间内仪器示值，8 次示值与输入标准力矩值的最大相对误差即为仪器稳定性。

#### 7.5 主轴转速的校准

根据主轴转速使用转速表进行校准，测量 3 次取其算术平均值做为校准结果；若仪器主轴转速可调，应选取仪器主轴可调转速范围内 2 个校准点，使用转速表进行校准，推荐选取最大转速 50% 和 80% 进行校准，每个校准点使用转速表测量 3 次，其算术平均值做为校准结果。

#### 7.6 仪器载荷的校准

选取仪器加载装置轴向载荷范围内的 3 个校准点，使用测力计进行校准，推荐选取最大载荷 20%、50%、80% 进行校准。

### 8 校准结果表达

校准结果应给出主要计量特性的测量不确定度，示值误差测量不确定度的评定见附录 A；经校准后的仪器出具校准证书，校准证书内容至少包含附录 B 所列信息。

### 9 复校时间间隔

复校时间间隔由送校单位根据仪器使用情况自行确定，一般情况下不超过 1 年。

## 附录 A

## 轴承摩擦力矩测量仪示值误差校准的不确定度评定

## A.1 测量方法

轴承摩擦力矩采用标准力矩与被校准仪器示值直接比较的方法进行校准，标准力矩采用砝码与力臂的乘积计算得到，仪器示值多次读数平均值与标准力矩的差值即为示值误差。

## A.2 测量模型

$$\Delta = \overline{M} - M_K \quad (\text{A.1})$$

式中：

$\Delta$ —摩擦力矩测量结果的示值误差

$\overline{M}$ —摩擦力矩多次测量结果的平均值

$M_K$ —标准力矩值

## A.3 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial \overline{M}} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial M_K} = -1 \quad (\text{A.2})$$

## A.4 各输入量的标准不确定度评定

A.4.1 输入量  $\overline{M}$  的标准不确定度  $u(\overline{M})$ 

测量平均值的标准不确定度来源于仪器测量的重复性，按 A 类评定。以量程为（1~100） $mN \cdot m$  的 M9915 摩擦力矩测量仪，选取 9.81  $mN \cdot m$ 、19.6  $mN \cdot m$ 、49.0  $mN \cdot m$ 、88.2  $mN \cdot m$ 、98.0  $mN \cdot m$  五个校准点为例，每个校准点重复测量 6 次，使用极差法求得单次测量值的标准差，测量结果数据见表 A.1。

表 A.1 测量结果及标准差

校准点 $/mN \cdot m$	测量结果 $mN \cdot m$						样本标准 偏差 $s_k$
	1	2	3	4	5	6	
9.81	9.5	9.3	9.2	9.5	9.4	9.6	0.158
19.6	19.5	19.4	19.9	19.5	19.6	19.4	0.198
49.0	49.6	49.8	49.7	50.0	49.6	49.7	0.158
88.2	89.1	89.3	89.4	89.5	89.5	89.7	0.237

98.0	98.4	98.6	98.5	98.6	98.8	99.0	0.237
------	------	------	------	------	------	------	-------

五个校准点校准自由度相同，合并样本偏差按公式（A.3）计算得到：

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m s_k^2}{5}} = 0.201 \text{ mN} \cdot \text{m} \quad (\text{A.3})$$

规范规定被校仪器的示值由 3~6 次测量取平均值做为校准结果，假定校准值由 3 次测量值的算术平均值得到，故由重复性引起的测量不确定度分量按公式（A.4）计算得到：

$$u_{\bar{M}} = \frac{s_p}{\sqrt{3}} = 0.116 \text{ mN} \cdot \text{m} \quad (\text{A.4})$$

#### A.4.1 输入量 $M_K$ 的标准不确定度 $u(M_K)$

标准力矩按照砝码和力臂的乘积计算得到，本次校准选取 M1 级砝码，校准盘直径使用游标卡尺测量，不考虑标准力矩引入的测量不确定度。

#### A.5 按照公式（A.5）计算合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_{\bar{M}}^2 + c_1^2 u_{M_K}^2} = 0.116 \text{ mN} \cdot \text{m} \quad (\text{A.5})$$

#### A.6 确定扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 2 \times 0.116 \text{ mN} \cdot \text{m} = 0.232 \text{ mN} \cdot \text{m}$$

取两位有效数字，则

$$U = 0.24 \text{ mN} \cdot \text{m}$$

#### A.7 不确定度报告

轴承摩擦力矩测量仪示值误差的扩展不确定度为：

$$U = 0.24 \text{ mN} \cdot \text{m} \quad (k = 2)$$

## 附录 B

### 校准证书内容

校准证书应至少包含以下信息：

- 1) 标题，如“校准证书”；
- 2) 实验室名称和地址；
- 3) 进行校准的地点；
- 4) 证书编号、页码和总页码；
- 5) 送校单位的名称和地址；
- 6) 被校对象的描述和标识；
- 7) 校准员、核验员和批准人的签字；
- 8) 样品接收日期、校准日期、发布日期；
- 9) 校准环境条件的描述；
- 10) 使用本规范作为校准依据的说明；
- 11) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- 12) 校准结果及测量不确定度的说明；
- 13) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- 14) 未经校准单位的书面批准，不得部分复制该校准证书或报告的声明；
- 15) 本次校准所用标准器的准确度说明。