



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）xxxx-xxxx

轴承接触角测量仪校准规范

Calibration Specification for

Bearings Contact Angle Measuring Instruments

（报批稿）

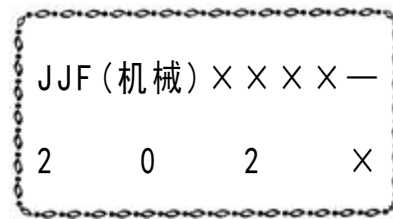
20**—**—**发布

20**—**—**实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

轴承接触角测量仪校准规范

Calibration Specification for
Bearings Contact Angle Measuring
Instruments



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

洛阳轴承研究所有限公司

参加起草单位：安徽灵轴科创有限公司

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）

李利歌（洛阳轴承研究所有限公司）

韦耀辉（洛阳轴承研究所检验检测有限公司）

参加起草人：

马德锋（洛阳轴承研究所有限公司）

宋晓波（安徽灵轴科创有限公司）

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	3
5.1 测量重复性.....	3
5.2 示值误差.....	3
5.3 驱动轴转速.....	3
5.4 轴向载荷.....	3
6 校准条件.....	4
6.1 校准环境条件.....	4
6.2 校准用标准器.....	4
7 校准项目和校准方法.....	4
7.1 校准前检查.....	4
7.2 测量重复性.....	4
7.3 示值误差.....	4
7.4 驱动轴转速.....	5
7.5 仪器轴向载荷.....	5
8 校准结果的表达.....	5
9 复校时间间隔.....	6
附录 A 轴承接触角测量仪测量标准器示意图及配套零件要求.....	7
附录 B 轴承接触角测量仪示值误差的不确定度评定.....	8

引 言

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》共同构成支撑本规范制定的基础性系列规范。

本规范参照了 JB/T 13349—2017《滚动轴承 角接触球轴承接触角测量方法》，给出了轴承接触角测量仪的校准条件、校准项目、校准方法及测量不确定度评定方法和示例。

本规范为首次发布。

轴承接触角测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于轴承接触角测量仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

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

GB/T 307.1—2017 滚动轴承 向心轴承 产品几何技术规范（GPS）和公差值

GB/T 308.1—2013 滚动轴承 球 第1部分：钢球

GB/T 308.2—2010 滚动轴承 球 第2部分：陶瓷球

JB/T 13349—2017 滚动轴承 角接触球轴承接触角测量方法

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 术语和计量单位

JJF 1001—2011、JJF 1059.1 界定的以及下列术语、符号和计量单位适用于本规范。

3.1 接触角 α (°)，contact angle

垂直于轴承轴线的平面与经轴承套圈传递给滚动体的合力作用线之间的夹角。

【来源：JB/T 13349—2017，3.1】

3.2 球公称直径 D_w (mm)，nominal ball diameter

与球实际表面相切的两平行平面之间的距离。

【来源：JB/T 13349—2017，3.2】

3.3 球组节圆直径 D_{pw} (mm)，pitch diameter of ball set

轴承内由一系列球的球心组成的理论圆的直径。

【来源：JB/T 13349—2017，3.3】

3.4 外圈旋转速度 n_e (r/min)，rotation speed of outer ring

单位时间里外圈绕轴承轴线所转过的转数。

【来源：JB/T 13349—2017，3.4】

3.5 内圈旋转速度 n_i (r/min)，rotation speed of inner ring

单位时间里内圈绕轴承轴线所转过的转数。

【来源：JB/T 13349—2017，3.5】

3.6 保持架旋转速度 n_c (r/min)，rotation speed of cage

单位时间里保持架绕轴承轴线所转过的转数。

【来源：JB/T 13349—2017，3.6】

4 概述

轴承接触角测量仪是测量精密轴承接触角的一类仪器，主要用于滚动轴承生产企业对装配完成的角接触球轴承进行接触角测量，仪器结构如图 1 所示。

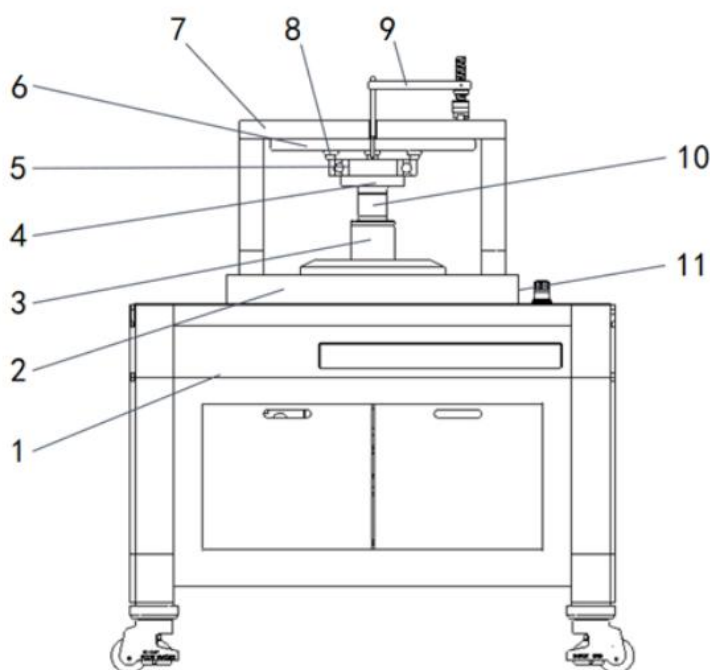


图 1 轴承接触角测量仪结构示意图

1——机架；2——工作台；3——加载气缸；4——可更换附件；5——被测轴承；6——调节板；
7——龙门架；8——加载块；9——转速传感器；10——驱动轴；11——调压阀。

接触角的测量采用间接测量方式，当内圈静止、外圈旋转时，钢球在外圈驱动下，绕自身轴线 CD 自转，同时也绕轴承轴线公转，用仪器分别对保持架和外圈的转速进行测量，使用公式（1）计算求出轴承接触角 α ；当外圈静止、内圈旋转时，使用公式（2）计算求出轴承接触角 α ，基本原理如图 2 所示。

$$\alpha = \arccos \left[\frac{D_{pw}}{D_w} \left(\frac{2n_c}{n_e} - 1 \right) \right] \quad (1)$$

$$\alpha = \arccos \left[\frac{D_{pw}}{D_w} \left(1 - \frac{2n_c}{n_i} \right) \right] \quad (2)$$

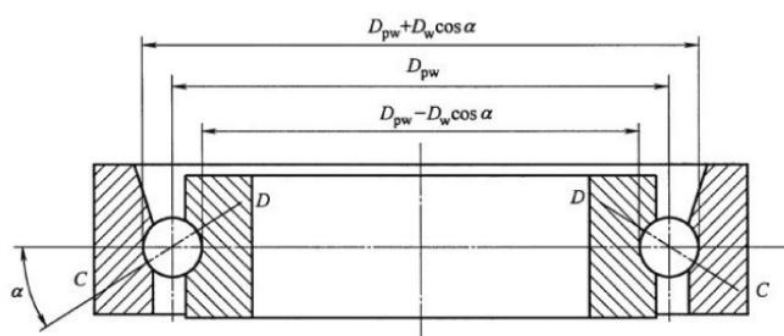


图 2 轴承接触角测量原理示意图

5 计量特性

5.1 测量重复性

轴承接触角测量仪的测量重复性应不超过表 1 规定。

5.2 示值误差

轴承接触角测量仪的示值误差应不超过表 1 中最大允差的规定。

5.3 驱动轴转速

轴承接触角测量仪的驱动轴转速误差应不超过表 1 规定。

5.4 轴向载荷

轴承接触角测量仪的轴向载荷误差应不超过表 1 规定。

表 1 计量特性技术指标

类型	中小型轴承 接触角测量仪	中大型轴承 接触角测量仪
测量范围	$d=(10\sim60)\text{mm}$	$d=(65\sim130)\text{mm}$

技 术 要 求	接触角测量重复性	15'	15'
	接触角示值最大允差	$\pm 30'$	$\pm 30'$
	转速最大允差	$\pm 3\%$	$\pm 5\%$
	轴向载荷最大允差	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$

6 校准条件

6.1 校准环境条件

- a) 环境温度: $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, 相对湿度: $\leq 70\%$;
- b) 环境应保持清洁, 无尘屑、杂质等;
- c) 测量仪周围应无影响校准结果的振动、电磁场或其他干扰。
- d) 电源电压: AC $(220 \pm 11)\text{V}$, 电源频率: $(50 \pm 2)\text{Hz}$ 。

6.2 校准用标准器

6.2.1 校准示值误差的标准器有: 锥角标准器, 其测量不确定度应 $\leq 10'$, 标准器配套零件等级参照附录 A。

6.2.2 校准测量重复性的标准器有: 锥角标准器+配套零件或 P4、P2 级精密轴承。

6.2.3 校准主轴转速的标准器有: 转速表, 准确度等级为 0.5 级。

6.2.4 校准仪器轴向载荷的标准器有: 测力仪, 准确度等级为 1.0 级。

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 示值误差

选取公称角度 15° 、 20° 、 25° 三个校准点标准器, 分别与配套零件装配后, 使用被校准仪器对每个标准器测量 3 次, 3 次测量结果平均值与锥角标准器实际角度之差即为示值误差, 取三个校准点绝对值最大的误差做为示值误差的最终结果。

7.3 测量重复性

7.3.1 选取公称角度 15° 、 20° 、 25° 三个校准点标准器, 分别与配套零件装配后, 使用被校准仪器对每个标准器测量 5 次, 三个校准点标准器测量结果中最大标准差即为仪器的测量重复性。

7.3.2 亦可采用公称角度为 15° 、 25° 、 40° 的三套 P4 或 P2 级精密角接触球轴承, 使用被校准仪器对每套轴承测量 5 次, 三套轴承测量结果的最大标准差即为仪器的测量重

复性。

7.4 驱动轴转速

使用转速表对驱动轴转速进行校准，测量 3 次取其算术平均值做为校准结果；若仪器驱动轴转速可调，应选取仪器驱动轴可调转速范围内 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。

7.5 仪器轴向载荷

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，每个校准点使用测力计测量 3 次，其算术平均值做为校准结果。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，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；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范偏离的说明（若有）；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识、以及签发日期；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔为1年。

附录 A

轴承接触角测量仪测量标准器示意图及配套零件等级要求

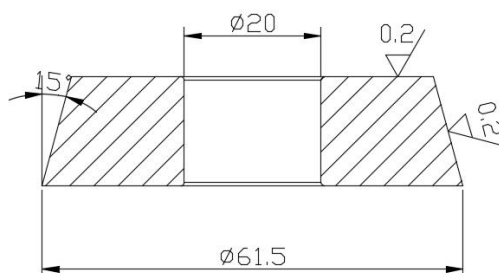


图 A1 锥角标准器示意图

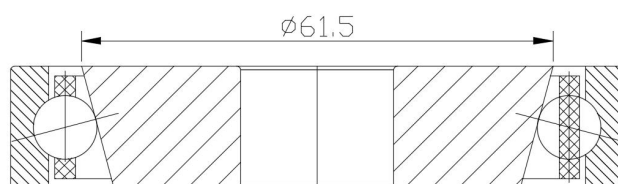


图 A2 锥角标准器与配套零件装配示意图

表 A1 配套零件等级

零件类型	配套套圈	配套钢球或陶瓷球
等 级	P4 或 P2	G5 或 G3
注：套圈公差等级按照 GB/T 307.1-2017 规定，滚动体公差等级按照 GB/T 308.1-2013 和 GB/T 308.2-2010 规定。		

附录 B

轴承接触角测量仪示值误差的不确定度评定

B.1 测量方法

轴承接触角测量仪的示值误差为仪器示值与高等级锥角标准器约定真值之差，采用锥角标准器与被校准仪器比较的方法校准，仪器示值多次读数平均值与高等级锥角标准器约定真值的差值即为轴承接触角测量仪示值误差。

B.2 测量模型

$$\Delta = \bar{\alpha} - \alpha_0$$

式中

Δ —接触角测量仪示值误差

$\bar{\alpha}$ —接触角测量仪多次测量结果的平均值

α_0 —锥角标准器约定真值

B.3 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial \bar{\alpha}} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial \alpha_0} = -1$$

B.4 各输入量的标准不确定度评定

B.4.1 输入量 $\bar{\alpha}$ 的标准不确定度 $u(\bar{\alpha})$

测量平均值的标准不确定度来源于仪器测量的重复性，以 A 类不确定度评定。以中小型接触角测量仪 J6915 为例，选取 15° 、 20° 、 25° 三个校准点，每个校准点重复测量 6 次，使用极差法求得单次测量的标准差，测量结果见表 B.1。

表 B.1 三个校准点测量列

校准点/ $^\circ$	测量结果						样本标准 偏差 s_k
	1	2	3	4	5	6	
15	$15^\circ 13'$	$15^\circ 15'$	$15^\circ 13'$	$15^\circ 07'$	$15^\circ 12'$	$15^\circ 16'$	$3.6'$
20	$20^\circ 05'$	$20^\circ 04'$	$20^\circ 10'$	$20^\circ 04'$	$20^\circ 08'$	$20^\circ 12'$	$3.2'$
25	$25^\circ 18'$	$25^\circ 23'$	$25^\circ 27'$	$25^\circ 28'$	$25^\circ 21'$	$25^\circ 23'$	$4.0'$

三个校准点校准自由度相同，计算合并样本偏差得到：

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m s_k^2}{3}} = 3.6'$$

规范规定被校仪器的示值由 3 次测量取平均值作为校准结果，故由重复性引起的测量不确定度分量为：

$$u_{\alpha} = \frac{s_p}{\sqrt{3}} = 2.1'$$

B.4.2 输入量 α_0 的标准不确定度 $u(\alpha_0)$

锥角标准器的角度通过测长仪测量计算得到，校准证书给出测量不确定度为 $U=9'$ ， $k=2$ ，则

$$u_{\alpha_0} = \frac{U}{k} = 4.5'$$

B.5 计算合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_{\alpha}^2 + c_1^2 u_{\alpha_0}^2} = 5'$$

B.6 确定扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 2 \times 5' = 10'$$

B.7 不确定度报告

轴承接触角测量仪示值误差的扩展不确定度为：

$$U = 10' (k = 2)$$