



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）018-2022

微型轴承径向游隙测量仪校准规范
(报批稿)

Calibration specification for the
miniature bearing radial clearance measuring instrument

2022-xx-xx 发布

2022-xx-xx 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

微型轴承径向游隙测量仪 校准规范

Calibration Specification for the Miniature
Bearing Radial Clearance Measuring Instrument

JJFZ (机械) 018-2022

归口单位：全国机械汽车专业计量技术委员

主要起草单位：上海市轴承技术研究所

参加起草单位：上海天安轴承有限公司

科优轴承有限公司

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：

傅明（上海市轴承技术研究所）

顾家铭（上海天安轴承有限公司）

王雅琪（上海市轴承技术研究所）

杜金红（上海天安轴承有限公司）

顾金芳（上海天安轴承有限公司）

参加起草人：

彭长银（机械工业轴承产品质量检测中心（上海）/
上海尚轴轴承质量检测所）

孙军辉（科优轴承有限公司）

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 加荷力	(2)
4.2 加荷力作用线与指示计测量轴线重合性	(2)
4.3 定位夹持机构定位中心面与指示计测量轴线重合性	(2)
4.4 指示计	(2)
4.5 示值误差	(2)
4.6 示值重复性	(2)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 测量标准及辅助设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 加荷力	(3)
6.2 加荷力作用线与指示计测量轴线重合性	(3)
6.3 定位夹持机构定位中心面与指示计测量轴线重合性	(4)
6.4 指示计	(4)
6.5 示值误差	(4)
6.6 示值重复性	(4)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(5)
附录 A 测量不确定度评定	(6)
附录 B 校准证书内页信息	(8)
附录 C 标准轴承要求	(9)

引言

JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、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》和GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》共同构成支撑本校准规范编制的基础性系列文件。本规范参照JJF 1089-2002《滚动轴承径向游隙测量仪校准规范》等标准文件而编制。

本规范为首次制定。

微型轴承径向游隙测量仪校准规范

1 范围

本校准规范适用于轴承内径一般为（2~12）mm的微型轴承径向游隙测量仪（X092大类）的校准。在该类仪器上加装合适的工装后也可用以测量轴承内径（1~2）mm范围段的微型轴承径向游隙。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF 1089-2002 滚动轴承径向游隙测量仪校准规范

JJG (机械) 83 滚动轴承径向游隙标准器检定规程

JJG 118 扭簧比较仪

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

微型轴承径向游隙测量仪是一种对微型轴承的径向游隙进行测量的专用仪器。被测轴承以相对应的仪器工装定位并夹持住内圈，然后将外圈从一个径向极限位置移动到反向的另一个径向极限位置，二个极限位置之间移动所获得的位移量即为轴承的径向游隙。仪器由专用基座和相应的高精度指示计组成，位移量测量数据由仪器上的指示计直接读出，必要时也可通过独立的高精度表具获得测值。

典型的微型轴承径向游隙测量仪（X092A）图片如图 1。

常用微型轴承径向游隙测量仪（X092 类）的型号、结构和载荷大小会略有所不同，但工作原理基本相同。



1—主机基座 2—加载机构 3—定位夹持机构 4—被测轴承 5—指示计

图 1 微型轴承径向游隙测量仪示意图

4 计量特性

4.1 加荷力

加荷力应不超过仪器标称值的 10%。

4.2 加荷力作用线与指示计测量轴线重合性

加荷力作用线与指示计测量轴线重合性应不大于 0.2mm (不允许有肉眼可见的分离)。

4.3 定位夹持机构的定位中心面与指示计测量轴线重合性

定位夹持机构定位中心面轴线与指示计测量轴线重合性应不大于 0.2mm (不允许有肉眼可见的分离)。

4.4 指示计

配置的指示计应满足其相应的国家计量技术法规的规定 (如 JJG118-2010)

4.5 示值误差

测量值的示值误差要求见表 1 规定。

4.6 示值重复性

测量值的示值重复性要求见表 1 规定。

表 1 示值误差 (最大允差) 和示值重复性

序号	测量范围	最大允许误差	示值重复性
1	内径: (>3~12)mm	$\pm 1.5\mu\text{m}$	$\leq 1.0\mu\text{m}$

2	内径: (1~3)mm	$\pm 2.0 \mu\text{m}$	$\leq 1.5 \mu\text{m}$
---	-------------	-----------------------	------------------------

注: 因校准只给出测量结果, 不进行合格判定, 故上述计量特性要求仅供各相关方参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 室内温度: $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, 温度变化: $\leq 2^{\circ}\text{C/h}$, 平衡温度时间: $\geq 4\text{h}$ 。湿度 $\leq 70\%\text{RH}$ 。

5.1.2 校准工作应在稳固的、无振动 (不影响测值读取) 的工作台上进行。

5.2 测量标准和其他设备

校准所用的测量标准和其他设备的要求见表 2 规定。

表 2 测量标准和其他设备要求

	计量特性	测量标准名称	测量范围	最大允差/准确度等级 / 不确定度
1	加荷力	测力计	分度值 0.1N	MPE: $\pm 3\%$
2	加荷力作用线与指示计测量轴线重合性	标准轴承 (内径 8mm), 数显游标卡尺	游标卡尺分度值: 0.01mm	MPE: $\pm 0.02\text{mm}$
3	定位夹持机构定位中心面与指示计测量轴线重合性	标准轴承 (内径 8mm), 数显游标卡尺	游标卡尺分度值: 0.01mm	MPE: $\pm 0.02\text{mm}$
4	示值误差	标准轴承, 扭簧比较仪	轴承内径: 1mm, 2mm, 3mm, 10mm 扭簧比较仪分度值: \leq 0.2 μm	标准轴承: $U_{\text{rel}}=8\%$, $k=2$ 扭簧比较仪: MPE: $\pm 0.15\mu\text{m}$
5	示值重复性	标准轴承, 扭簧比较仪	轴承内径: 2mm, 3mm, 10mm 扭簧比较仪分度值: \leq 0.2 μm	标准轴承: $U_{\text{rel}}=8\%$, $k=2$ 扭簧比较仪: MPE: $\pm 0.15\mu\text{m}$
注: 标准轴承要求参见附录 C。				

6 校准项目和校准方法

6.1 加荷力

将微型轴承径向游隙测量仪的加荷装置调整至其工作所要求的规定值, 以标准测力计测量此时加荷装置的力值, 重复测量三次, 求其平均值作为校准结果报出值。

根据仪器一般工作要求至少应校准二个点位 (19.8N, 4.9N), 特殊情况下可视用户要求增加校准点位。

6.2 加荷力作用线与指示计测量轴线重合性。

将仪器的加荷装置和指示计夹持器调整到规定的位置（将指示计测针针尖接触于标准轴承外径面上，调节指示计夹持器前后位置直至在指示计上找到转折点），在加荷装置上加上校准专用锥形测针，然后将标准轴承的外圈外圆柱面涂上色粉并夹持于仪器的相应夹具上，调整上下针尖（指示计测头针尖和加荷装置上的校准专用测针针尖）使其接触标准轴承外径面色粉区域。将外圈旋转360度以上，用数显卡尺测量上下针尖在色粉区留下的痕迹线之间的距离，此即为该项目校准结果。

若需更高要求，可选用测量精度更高的万工显/影像仪来测量痕迹线之间的距离。

6.3 定位夹持机构定位中心面与指示计测量轴线重合性

将仪器的指示计夹持器调整到规定的位置（将指示计测针针尖接触于标准轴承外径面上，调节指示计夹持器前后位置直至在指示计上找到转折点），然后将标准轴承的外圈外圆柱面涂上色粉并作好角相位标识，将轴承定位并夹持于仪器的相应夹具上，调整指示计针尖使其接触于标准轴承外径面色粉区域。将标准轴承外圈转动约45度，使指示计针尖在外径面色粉区域留下划痕，然后将标准轴承反向安装（注意保持夹具的原定位位置不变并对准原角相位位置），同上述操作留下第二条划痕，最后用数显卡尺测量二条划痕线之间的距离，此即为该项目校准结果。

若需更高要求，可选用测量精度更高的万工显/影像仪来测量痕迹线之间的距离。

6.4 指示计

按相应国家计量规程/规范（如JJG118-2010）进行校准。

6.5 示值误差

将仪器各部分均调整到合适位置，选用分度值 $\leq 0.2\mu\text{m}$ 的扭簧比较仪作为指示计，将标准轴承定位并夹持于仪器的相应夹具上，且保持夹紧力稳定（夹紧装置凸轮位于拐点处，手松开后确保不回弹），加荷力调整至要求规定值（且使加荷力装置与轴承外径之间的间隙保持在 $(0.5\sim 1)\text{mm}$ 之间）。然后开始对轴承进行定点测量（内外圈位置保持不变），连续测量三次，取其平均值作为该点校准结果。随后将轴承外圈转动（内圈位置不变），同理每隔120度测量一次，如此获得三个测量结果。最后对此三个测值取平均值，该平均值与标准轴承标称值的差值即为示值误差校准结果。

根据市场应用共识，微型轴承尺寸段划分为常用微型段和特微段二部分。常用微型段一般在内径 $(3\sim 10)\text{mm}$ 之间，故此时仪器示值误差的校准点至少选用内径3mm和10mm二点。

若客户有特微轴承段（内径1mm~3mm）的测量要求，则仪器应增加内径1mm和2mm二个校准点（并配置相应的特微轴承量装）。

6.6 示值重复性

将仪器各部分均调整到合适位置，选用分度值 $\leq 0.2\mu\text{m}$ 的扭簧比较仪作为指示计，将标准轴承定位并夹持于仪器的相应夹具上，且保持夹紧力稳定（夹紧装置凸轮位于拐点处，手松开后确保不回弹），加荷力调整至要求规定值（且使加荷力装置与轴承外径之间的间隙距离保持在 $(0.5\sim 1)\text{mm}$ 之间）。然后开始对轴承进行定点测量（内外圈位置保持不变），连续测量五次，取其最大值和最小值的差值作为该点示值重复性校准结果。

仪器示值重复性在常用微型段的校准点一般选用内径3mm和10mm二点，该二点测值中的更大值作为该仪器示值重复性的最终校准结果。若客户有特微轴承段（内径1mm~3mm）的测量要求，则仪器应增加内径2mm为校准点（并配置相应的特微轴承量装）。

7 校准结果表达

经校准的微型轴承径向游隙测量仪出具校准证书，校准证书的内容见附录B。

8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短是由被校微型轴承径向游隙测量仪的使用情况、使用者、设备本身质量等因素决定，使用单位可根据使用情况自主决定复校时间间隔。建议一般用途的微型轴承径向游隙测量仪的复校时间间隔不大于1年。

附录 A

径向游隙测量仪示值误差校准的测量不确定度评定

A.1 测量方法

参照 JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》的方法和要求，在进行微型轴承径向游隙测量仪的示值误差校准时，以已经赋值的标准轴承放置于被校准仪器上开展测量，然后将仪器上测量获得的测值与标准轴承的标准赋值进行比较，其差值即为该校准点（标准轴承内径）的示值绝对误差（相对误差则为示值绝对误差除以标准赋值）。

A.2 测量模型

由测量方法可得到测量模型为： $\Delta = S - S_0$

式中：

Δ ——径向游隙示值误差，mm；

S ——校准时仪器测得的示值，mm；

S_0 ——标准游隙赋值示值，mm。

A.3 测量不确定度来源分析

根据测量方法可知，径向游隙示值误差来源于仪器测值和标准器上级赋值二部分。而仪器测值的误差又由仪器测值重复性和指示计误差组合而成。故校准结果的不确定度来源主要为测量重复性误差引入的不确定度分量（ u_{11} ），指示计示值误差引入的不确定度分量（ u_{12} ）和标准器（标准轴承）示值误差引入的不确定度分量（ u_2 ）三部分组成。

仪器在进行示值误差校准时与其他仪器参数无干涉，其数据系统各自相对独立。

A.4 不确定度传播率

根据测量模型和不确定度来源分析，可得合成标准不确定度 u_c 的传播率表达式为：

$$u_c = \sqrt{\sum_1^2 c_{11}^2 u_{11}^2 + \sum_1^2 c_{12}^2 u_{12}^2 + \sum_1^2 c_2^2 u_2^2}$$

式中：

u_c —— 合成标准不确定度， μm

u_{11} —— 由测量重复性引入的标准不确定度分量， μm

u_{12} —— 由指示计引入的标准不确定度分量， μm

u_2 —— 由标准器自身赋值的示值误差引入的标准不确定度分量， μm

灵敏系数 c_i : $c_{11} = c_{12} = \frac{\partial \Delta}{\partial S} = 1$, $c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial S_0} = -1$

A.5 标准不确定度评定

A.5.1 由测量重复性引入的不确定度分量 u_{11}

本示例设校准点为内径 10mm, 测量值约 $6\mu\text{m}$, 在重复测量条件下进行 10 次连续测量。得到结果为: $6\mu\text{m}$ 、 $6.4\mu\text{m}$ 、 $6.6\mu\text{m}$ 、 $5.8\mu\text{m}$ 、 $6.2\mu\text{m}$ 、 $6.4\mu\text{m}$ 、 $5.5\mu\text{m}$ 、 $5.6\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $6.3\mu\text{m}$, 由贝塞尔公式计算得到: $\bar{x}=6.08\mu\text{m}$, $s=0.3645\mu\text{m}$ 。然后间隔 120 度再测二点。则测量重复性引入的不确定度分量为:

$$u_{11} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.3645}{\sqrt{3}} = 0.21 \mu\text{m}$$

A.5.2 由指示计引入的不确定度分量 u_{12}

本示例测量时选用了分度值为 $0.2\mu\text{m}$ 的扭簧比较仪作为仪器的指示计, 核查扭簧比较仪的溯源校准证书, 可知其不确定度为 $U = 0.06\mu\text{m}$, $k=2$, 则

$$u_{12} = \frac{u_0}{k} = \frac{0.06}{2} = 0.03 \mu\text{m}$$

A.5.3 由标准器引入的不确定度分量 u_3

经核查所使用的标准器 (标准轴承) 的溯源校准证书, 显示其赋值为 $6\mu\text{m}$, 校准不确定度为 $U_{\text{rel}} = 8\%$, 则 $u_0 = 6 \times 0.08 = 0.48\mu\text{m}$, $k=2$ 。则由标准器示值误差引入的不确定度分量为:

$$u_2 = \frac{u_0}{k} = \frac{0.48}{2} = 0.24 \mu\text{m}$$

A.6 合成标准不确定度

根据测量模型和不确定度来源分析, 可得合成标准不确定度 u_c 的表达式为:

$$u_c = \sqrt{c_{11}^2 u_{11}^2 + c_{12}^2 u_{12}^2 + c_2^2 u_2^2}$$

式中:

u_c ——合成标准不确定度, μm ;

u_{11} ——由测量重复性引入的标准不确定度分量, μm

u_{12} ——由指示计引入的标准不确定度分量, μm

u_2 ——由标准器自身赋值的示值误差引入的标准不确定度分量, μm

c_{11} 、 c_{12} 、 c_2 ——灵敏系数

标准不确定度分量汇总见表 A.6.1。

表 A. 6. 1 标准不确定度分量汇总表

序号	标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定值 u_i	灵敏系数 c_i	$ c_i \times u_i$
1	u_{11}	测量重复性	0.21 μm	1	0.21 μm
2	u_{12}	指示计	0.03 μm	1	0.03 μm
3	u_2	标准轴承	0.24 μm	-1	0.24 μm

合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_{11}^2 u_{11}^2 + c_{12}^2 u_{12}^2 + c_2^2 u_2^2} = \sqrt{0.21^2 + 0.03^2 + 0.24^2} = 0.32 \mu\text{m}$$

A.7 示值误差校准的扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 2 \times 0.32 \mu\text{m} = 0.64 \mu\text{m}$$

或

$$U_{\text{rel}} = \frac{U}{\bar{x}} = \frac{0.64}{6.08} \times 100 = 11\%$$

附录 B

校准证书内容

校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“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相关时，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及其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) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- 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。

附录 C

标准轴承要求

标准轴承可按以下方式之一获得：

C.1 满足 JJG(机械) 83 《滚动轴承径向游隙标准器检定规程》的相关要求。

C.2 以计算游隙方式获得（对轴承零件（套圈和钢球）进行精密测量，然后根据其测量结果计算而获得游隙值），但测量时需满足精度匹配等相应要求。
