



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1089—2002

滚动轴承径向游隙测量仪校准规范

Calibration Specification for Instruments for Measuring
Radial Clearance of Rolling Bearing

2002-09-13 发布

2003-03-13 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

滚动轴承径向游隙测量仪

校准规范

Calibration Specification for Instruments
for Measuring Radial Clearance of
Rolling Bearing

JJF 1089—2002
代替 JJG 470—1986

本规范经国家质量监督检验检疫总局 2002 年 09 月 13 日批准，并自 2003 年 03 月 13 日起施行。

归口单位：全国几何量工程参量计量技术委员会

主要起草单位：山东省计量科学研究所

本规范由归口单位负责解释

本规范主要起草人：

李永佐 （山东省计量科学研究所）

夏霄红 （山东省计量科学研究所）

姜延波 （山东省计量科学研究所）

李晓和 （山东省计量科学研究所）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 负荷杠杆的加荷力	(2)
4.2 负荷杠杆加荷力的作用线与测量轴线重合性	(2)
4.3 指示计测量轴线对定位机构的安装位置	(2)
4.4 定位机构的安装位置	(2)
4.5 指示计	(3)
4.6 定位心轴的回转速度	(3)
4.7 测量的重复性	(3)
4.8 示值误差	(3)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 标准器及其他设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 负荷杠杆的加荷力	(3)
6.2 负荷杠杆加荷力的作用线与测量轴线重合性	(4)
6.3 指示计测量轴线对定位机构的安装位置	(5)
6.4 定位机构的安装位置	(5)
6.5 指示计	(7)
6.6 定位心轴的回转速度	(7)
6.7 测量的重复性	(7)
6.8 示值误差	(7)
7 校准结果表达	(8)
8 复校时间间隔	(8)
附录 A 标准轴承和标准配对规外形与技术要求	(9)
附录 B 示值误差校准结果的不确定度分析	(11)
附录 C 校准证书内容	(15)

滚动轴承径向游隙测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于滚动轴承径向游隙测量仪的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

GB 4604—1993 滚动轴承 径向游隙

JB/T 3573—1993 滚动轴承 径向游隙的测量及评定方法

JJG 118—1996 扭簧式比较仪检定规程

JJG 396—1985 电感式比较仪试行检定规程

JJG 39—1990 机械式比较仪检定规程

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

滚动轴承径向游隙测量仪（以下简称径向游隙仪）的结构主要由指示计和定位机构组成，分为动态测量（图 1）和静态测量（图 2 和图 3）两类，用于滚动轴承径向游隙值的测量。其基本外形见图 1、图 2 和图 3。

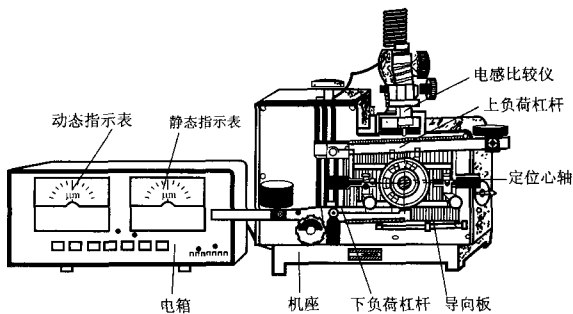


图 1

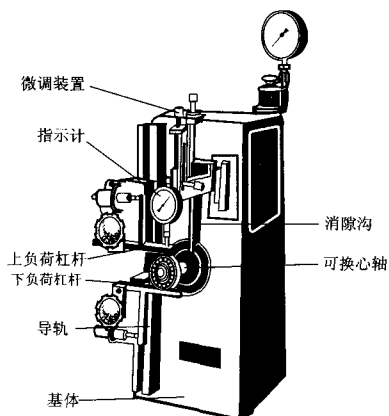


图 2

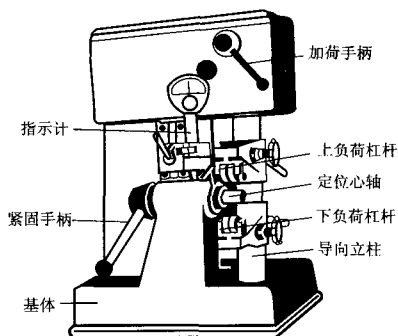


图 3

4 计量特性

4.1 负荷杠杆的加荷力

4.1.1 加荷力在 (0.3~20) N 时, 其误差为 $\pm 10\%$ 。

4.1.2 加荷力为 (>20~50) N 时, 其误差为 $\pm 4\%$ 。

4.1.3 加荷力为 (>50~150) N 时, 其误差为 $\pm 4\%$ 。

4.2 负荷杠杆加荷力的作用线与测量轴线重合性

负荷杠杆加荷力的作用线与测量轴线应重合。对负荷杠杆工作端为滚柱结构的, 其径向跳动量不大于 $5\ \mu\text{m}$ 。

4.3 指示计测量轴线对定位机构的安装位置

4.3.1 测量轴线应通过定位心轴及可换轴承座径向平面的中心, 在轴向位置上偏离不大于 $0.25\ \text{mm}$, 在径向位置上不大于 $0.5\ \text{mm}$ 。

4.3.2 图 1 和图 2 结构的径向游隙仪的指示计测量轴线, 对定位心轴圆柱面的垂直度为 $\pm 3^\circ$ (或 $10\ \text{mm}$ 长度上不大于 $0.5\ \text{mm}$)。

4.4 定位机构的安装位置

(4.4.1~4.4.6 条为对图 1 结构而言)

4.4.1 定位心轴圆柱面对回转轴线的径向跳动量不大于 $0.5\ \mu\text{m}$; 轴向跳动量不大于 $2\ \mu\text{m}$ 。

4.4.2 定位心轴回转轴线对轴承外圈定位面导向板的垂直度不大于 $5\ \mu\text{m}$ 。

4.4.3 可换轴承座圆柱面对回转轴线的径向跳动量不大于 $5\ \mu\text{m}$ 。

- 4.4.4 可换轴承座端面对回转轴线的轴向跳动量不大于 $5\ \mu\text{m}$ 。
- 4.4.5 轴承外圈定位面向向板的平面度在 $\phi 100\ \text{mm}$ 范围内不大于 $3\ \mu\text{m}$ 。
- 4.4.6 轴承外圈两定位棒的直线度和直径尺寸的相互差为不大于 $2\ \mu\text{m}$ 。
- 4.4.7 图 3 结构的径向游隙仪，其可换轴承座的径向跳动量和端面的轴向跳动量不大于 $0.01\ \text{mm}$ 。

4.5 指示计

配置不同的指示计按相应的国家计量技术法规的要求。

4.6 定位心轴的回转速度

定位心轴的回转速度（仅对图 1 结构的径向游隙仪要求）不大于 $100\ \text{r/min}$ 。

4.7 测量的重复性

- 4.7.1 图 1 结构的径向游隙仪，测量的重复性不大于 $1\ \mu\text{m}$ 。
- 4.7.2 图 2 结构的径向游隙仪，在 $(\phi 8 \sim \phi 80)\ \text{mm}$ 范围时，测量的重复性不大于 $1.2\ \mu\text{m}$ ；在 $(\phi 80 \sim \phi 180)\ \text{mm}$ 范围时，测量的重复性不大于 $2\ \mu\text{m}$ 。
- 4.7.3 图 3 结构的径向游隙仪，测量的重复性不大于 $1.5\ \mu\text{m}$ 。

4.8 示值误差

- 4.8.1 图 1 结构的径向游隙仪示值误差为 $\pm 1.2\ \mu\text{m}$ 。
- 4.8.2 图 2 结构的径向游隙仪，在 $(\phi 8 \sim \phi 80)\ \text{mm}$ 范围时，示值误差为 $\pm 1.5\ \mu\text{m}$ ；在 $(\phi 80 \sim \phi 180)\ \text{mm}$ 范围时，示值误差为 $\pm 2.5\ \mu\text{m}$ 。
- 4.8.3 图 3 结构的径向游隙仪，示值误差为 $\pm 2.0\ \mu\text{m}$ 。

注：作为校准，不判断合格与否。上述计量特性的指标仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

- 5.1.1 校准时室内温度应为 $(20 \pm 5)\ ^\circ\text{C}$ ；室温变化： $\leq 1\ ^\circ\text{C/h}$ ；

被校准径向游隙仪和校准器具在室内平衡温度时间 $\geq 8\ \text{h}$ 。

- 5.1.2 校准工作应在稳固的、无振动的工作台上进行。

5.2 标准器及其他设备

配对标准规、标准轴承、实体校对规、测力计、校对规、电感比较仪、0 级刀口尺、研磨面平尺、千分表、角度规（或塞尺）、游标卡尺、转速表、磁力表座等。

6 校准项目和校准方法

首先检查外观，确定没有影响校准计量特性因素后再进行校准。校准项目和标准器及其他设备列于表 1。

6.1 负荷杠杆的加荷力

加荷力为 $(0.3 \sim 20)\ \text{N}$ 的径向游隙仪，用分度值不超过 $0.1\ \text{N}$ 的测力计校准；加荷力为 $(\geq 20 \sim 150)\ \text{N}$ 的径向游隙仪，用分度值不超过 $0.5\ \text{N}$ 的测力计校准。校准时将测力计的工作端固定在加荷杠杆的工作端上，在加荷状态下，测力计上的最大示值，

即负荷杠杆的加荷力应符合要求。

表 1 校准项目和标准器及其他设备

序号	校准项目	标准器及其他设备
1	负荷杠杆的加荷力	分度值为 0.1 N 或 0.5 N 的测力计
2	负荷杠杆加荷力的作用线与测量轴线重合性	校对规分度值为 0.001 mm 的千分表
3	指示计测量轴线对定位机构的安装位置	校对规、专用心轴、分度值 5' 的角度规 (或 2 级塞尺)
4	定位机构的安装位置	0.1 μm 电感比较仪、0 级刀口尺、磁力表座、研磨面平尺 (平面度 $\leq 0.5 \mu\text{m}$)
5	指示计	——
6	定位心轴的回转速度	分度值 0.1 r/min 的转速表
7	测量的重复性	标准轴承、实体校对规
8	示值误差	标准配对规、标准轴承

6.2 负荷杠杆加荷力的作用线与测量轴线重合性

见图 4, 将校对规安置在定位心轴或轴承座上, 压紧校对规的内圈, 使负荷杠杆工作面与校对规外圈涂色面相接触。此时将校对规外圈沿导向槽作轴向移动, 然后取下外圈翻转 180°重新置于心轴或轴承座上, 并重复上述操作, 则外圈涂色面上两次接触线

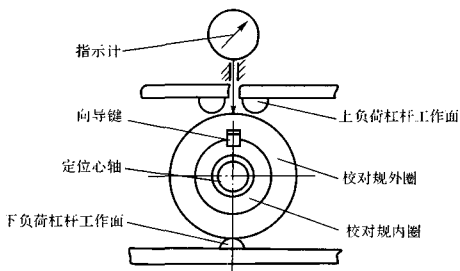


图 4

应无目力可见的偏离。

对负荷杠杆为滚柱结构的（图3结构），用千分表检查滚柱的径向跳动量。

6.3 指示计测量轴线对定位机构的安装位置

6.3.1 校准测量轴线在轴向位置的偏离时，校对规安置在定位心轴及可换轴承座上，使指示计测头与校对规外圈涂色面相接触，将校对规旋转一周，然后取下校对规翻转180°重新置于原位，再将校对规旋转一周。两次接触线的距离用分度值为0.02 mm的游标卡尺测量，测得值的1/2应不大于0.25 mm。

6.3.2 校准测量轴线在径向位置的偏离时，见图5，将校对规的内圈固定，并使指示计测头与校对规外圈涂色面相接触，使校对规外圈沿导向槽作轴向移动，然后取下校对规翻转180°重新置于原位，再使校对规外圈沿导向槽作轴向移动。两次接触线的距离用分度值为0.02 mm的游标卡尺测量，测得值的1/2应不大于0.5 mm。

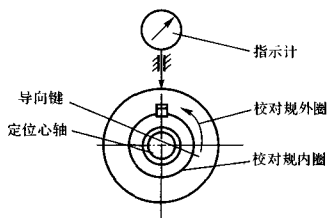


图 5

6.3.3 校准指示计测量轴线对定位心轴圆柱面的垂直度时，见图6，用分度值不超过5'的角度规检查指示计测杆与定位心轴的相互垂直度，应为 $\pm 3^\circ$ 。也可以在指示计测头上下移动10 mm时，用塞尺测量指示计测杆与上负荷杠杆孔边缘的距离变化，应不大于0.5 mm。

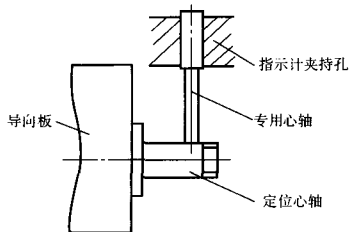


图 6

6.4 定位机构的安装位置

6.4.1 见图 7 和图 8，校准定位心轴圆柱面对回转轴线的径向跳动量和轴向跳动量时，用磁力表座将电感比较仪的传感器固定在导向板工作面上，分别使传感器测头与心轴的圆柱面或端面相接触并转动心轴一周，分别在电感比较仪上读出最大和最小值之差分别为径向跳动量和轴向跳动量。

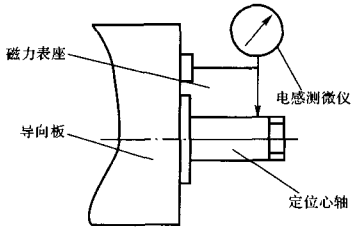


图 7

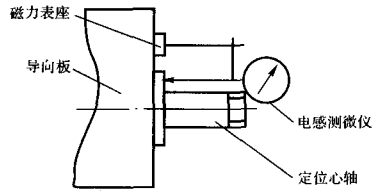


图 8

6.4.2 校准定位心轴回转轴线对导向板工作面的垂直度时，见图 9，将电感比较仪的传感器用专用表夹固定在心轴上，使传感器的测头在距离回转轴的半径为 50mm 处与导向板的工作面相接触，然后转动心轴一周，则电感比较仪上的最大和最小读数值之差应不大于 $5\ \mu\text{m}$ 。

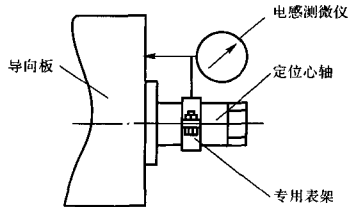


图 9

6.4.3 校准可换轴承座圆柱面及端面的径向和轴向跳动量时，见图 10 和图 11，用磁力表座将电感比较仪的传感器固定在导向板工作面上，分别使传感器测头与可换轴承座的圆柱面和端面相接触并转动心轴一周，在电感比较仪上的最大和最小读数值之差分别为其径向跳动量和轴向跳动量。

6.4.4 校准导向板工作面的平面度时，用 0 级刀口尺以光隙法测量，校准时，应在导向板工作面上间隔 45° 的四个截面上检查。当各截面上的平面度同为凸或凹时，以其中最大光隙量来评定被校面的平面度；当出现凸凹形状不同时，则应取最大凸面和最大凹

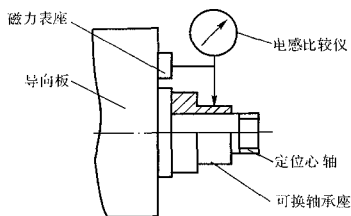


图 10

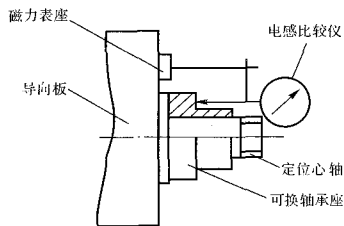


图 11

面的光隙之和来评定被校面的平面度。标准光隙可用 4 等量块、2 级平晶和 0 级刀口尺组成。

6.4.5 校准轴承外圈两定位棒的直线度时，将定位棒置于研磨面平尺的工作面（平面度允差 $0.5 \mu\text{m}$ ）上，用标准光隙进行比较测量。当校准两定位棒直径尺寸的相互差时，用立式光学计在定位棒全长不少于 3 个位置上检查，各读数差应不大于 $2 \mu\text{m}$ 。

6.4.6 校准图 3 结构的径向游隙仪的可换轴承座的径向跳动量和端面的轴向跳动量时，用磁力表座将电感比较仪的传感器固定在导向柱上，分别使传感器测头与轴承座的圆柱面和端面相接触，当轴承座转动一周时，分别在电感比较仪上读出最大和最小值之差均应不大于 0.01 mm 。

6.5 指示计

配置不同的指示计按相应国家计量技术法规进行校准。

6.6 定位心轴的回转速度

定位心轴的回转速度用转速表校准。

6.7 测量的重复性

6.7.1 图 1 结构的径向游隙仪，将标准轴承安置在定位心轴或轴承座上，使指示计的测量轴线通过标准轴承径向平面的中心，然后定点重复测量 10 次。其最大和最小值之差即为测量的重复性。

6.7.2 图 2、图 3 结构的径向游隙仪，将实体校对规（仪器附件，圆柱度允差 $1 \mu\text{m}$ ）安置在定位心轴或轴承座上，使指示计的测量轴线通过实体校对规径向平面的中心，然后定点重复测量 10 次。其最大和最小值之差即为测量的重复性。

6.8 示值误差

6.8.1 图 1 结构的径向游隙仪，将标准轴承安置在定位心轴或轴承座上，使指示计的测量轴线通过标准轴承径向平面的中心，使负荷杠杆的加荷力为 4 N ，然后对标准轴承重复测量 3 次。其 3 次测量的平均值与标准轴承游隙值之差即为示值误差。

6.8.2 对图 2 和图 3 结构的径向游隙仪，将标准配对规安置在定位心轴或轴承座上，

使指示计的测量轴线通过标准配对规的工作直径，在加荷力为 50 N 时，重复测量 3 次。其 3 次测量的平均值与标准配对规游隙值之差即为示值误差。

7 校准结果表达

经校准的径向游隙仪，填发校准证书，校准证书的内容见附录 C。

8 复校时间间隔

根据径向游隙仪的使用情况和稳定性，复校时间间隔可由送校单位自行决定。

附录 A

标准轴承和标准配对规外形与技术要求

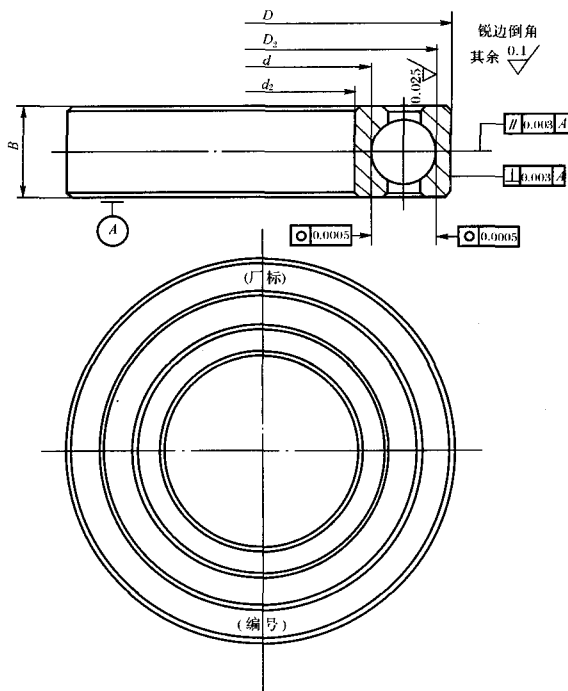


图 A.1 标准轴承

1. d_2 尺寸由被校径向游隙仪测量范围中间或上、下尺寸确定；
2. 同组钢球，直径差应不大于 0.0002 mm；
3. 游隙值校准极限误差应为 ± 0.0005 mm；
4. 游隙值应在 $(0.015 \sim 0.025)$ mm 范围内；
5. 材料热处理、表面粗糙度及其他要求按 B 级轴承；
6. 钢球圆度应不大于 0.0001 mm；
7. 滚动体应用煤油清洗干净，不应有影响测量准确度的油膜。

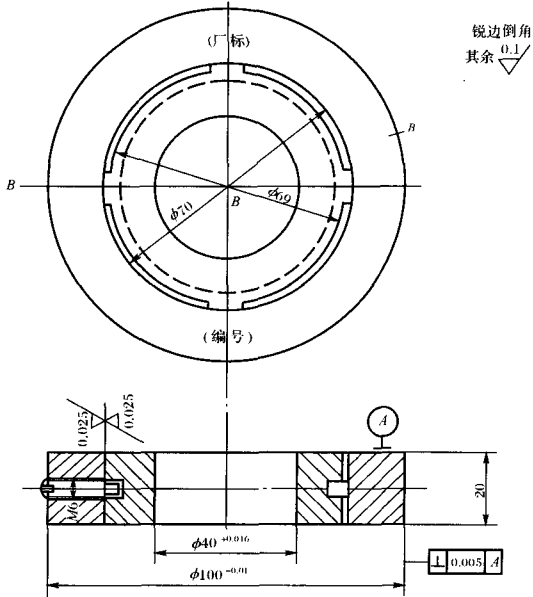


图 A.2 标准配对规

1. $\phi 70$ 的两互相配合表面的圆柱度允差各为 0.001 mm ;
2. $\phi 70$ 的两互相配合表面对 A 面垂直度允差为 0.005 mm ;
3. 游隙值校准极限误差应为 $\pm 0.0005 \text{ mm}$;
4. 游隙值应在 $(0.015 \sim 0.025) \text{ mm}$ 范围内;
5. 材料热处理、表面粗糙度及其他要求按 B 级轴承;
6. 进行定性处理。

附录 B

示值误差校准结果的不确定度分析

B.1 图 1 结构的径向游隙仪的不确定度分析

B.1.1 测量方法

图 1 结构的径向游隙仪的示值误差是用标准轴承进行校准的。下面以 25 μm 游隙值，钢球直径为 10 mm 的标准轴承为例进行测量不确定度分析。

B.1.2 数学模型

$$\text{示值误差} \quad e = L_m - L_b + (L_d - 2D_q) \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

式中： L_m ——径向游隙仪的示值（20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下）；

L_b ——标准轴承游隙值；

L_d ——标准轴承外圈沟道直径与内圈沟道直径之差；

D_q ——钢球直径；

α ——标准轴承的线胀系数；

Δt ——标准轴承温度偏离参考温度 20 $^{\circ}\text{C}$ 的值。

因为 L_b 很小，所以 $(L_d - 2D_q) \cdot \alpha \cdot \Delta t$ 可忽略不计，则上式可简化为

$$e = L_m - L_b$$

B.1.3 方差和灵敏系数

$$c_1 = \partial e / \partial L_m = 1; \quad c_2 = \partial e / \partial L_b = -1$$

$$\text{用} \quad u_c^2 = u^2(e) = u_1^2 + u_2^2$$

B.1.4 不确定度如表 B.1。

表 B.1

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i) / \mu\text{m}$	c_i	$ c_i \cdot u(x_i) / \mu\text{m}$	自由度
u_1	测量重复性	0.046	1	0.046	9
u_2	标准轴承游隙值	0.17	-1	0.17	∞
		$u_c = 0.176 \mu\text{m}$	$\nu_{\text{eff}} = 1\ 928$		

B.1.5 计算标准不确定度分量

B.1.5.1 测量重复性估算的不确定度分量 u_1 及自由度 ν_1

用 25 μm 游隙值的标准轴承进行定点重复测量 10 次, 结果如下:

次数	示值误差/ μm	残差 $v_i = (x_i - \bar{x})/\mu\text{m}$	v_i^2
1	0.5	-0.04	0.001 6
2	0.5	-0.04	0.001 6
3	0.6	+0.06	0.003 6
4	0.4	-0.14	0.019 6
5	0.5	-0.04	0.001 6
6	0.7	+0.16	0.025 6
7	0.5	-0.04	0.001 6
8	0.6	+0.06	0.003 6
9	0.5	-0.04	0.001 6
10	0.6	+0.06	0.003 6

由贝塞尔公式: $s = 0.08 \mu\text{m}$ $\nu_1 = 9$

因为校准示值误差时, 为 3 次测量的平均值, 即

$$u_1 = 0.08/\sqrt{3} = 0.046 \mu\text{m}$$

自由度 $\nu_1 = 9$

B.1.5.2 由标准轴承给出的不确定度分量 u_2 及自由度 ν_2

标准轴承的游隙值检定极限误差为 0.5 μm , 符合正态分布, 自由度为 ∞ , 则

$$u_2 = 0.5/3 = 0.17 \mu\text{m}$$

$$\nu_2 = \infty$$

B.1.6 合成标准不确定度 u_c 及有效自由度 ν_{eff}

$$u_c^2 = u_1^2 + u_2^2 = 0.046^2 + 0.17^2 = 0.176^2$$

$$u_c = 0.176 \mu\text{m}$$

$$\nu_{\text{eff}} = u_c^4 / (u_1^4/\nu_1 + u_2^4/\nu_2) = 1\ 928$$

B.1.7 扩展不确定度

取 $p = 95\%$, 查表得

$$k_{95} = t_{95}(1\ 928) = 1.96$$

则 $U_{95} = k_{95} \cdot u_c = 1.96 \times 0.176 = 0.34 \mu\text{m}$

B.2 图 2、图 3 结构径向游隙仪的不确定度分析

B.2.1 测量方法

图2和图3结构的径向游隙仪的示值误差是用标准配对规进行校准的。下面以21 μm游隙值的标准配对规为例进行测量不确定度分析。

B.2.2 数学模型

$$\text{示值误差} \quad e = L_m - L_b + L_d \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

式中： L_m ——径向游隙仪的示值（20℃条件下）；

L_b ——标准配对规游隙值；

L_d ——标准配对规外圈作用内径与内圈作用外径之差；

α ——标准配对规的线胀系数；

Δt ——标准配对规偏离参考温度20℃的值。

因为 L_b 很小，所以 $L_d \cdot \alpha \cdot \Delta t$ 可忽略不计，则上式可简化为

$$e = L_m - L_b$$

B.2.3 方差和灵敏系数

$$c_1 = \partial e / \partial L_m = 1; \quad c_2 = \partial e / \partial L_b = -1$$

$$\text{用} \quad u_c^2 = u^2(e) = u_1^2 + u_2^2$$

B.2.4 标准不确定度如表B.2

表 B.2

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i) / \mu\text{m}$	c_i	$ c_i \times u(x_i) / \mu\text{m}$	自由度
u_1	测量重复性	0.056	1	0.056	9
u_2	标准配对规游隙值	0.17	-1	0.17	∞
		$u_c = 0.179 \mu\text{m}$	$\nu_{\text{eff}} = 939$		

B.2.5 计算标准不确定度分量

B.2.5.1 测量重复性估算的不确定度分量 u_1 及自由度 ν_1

用21 μm游隙值的标准配对规进行定点重复测量10次，结果如下：

次数	示值误差/μm	残差 $v_i (= x_i - \bar{x}) / \mu\text{m}$	v_i^2
1	0.8	+0.15	0.022 5
2	0.7	+0.05	0.002 5
3	0.5	-0.15	0.022 5

4	0.7	+0.05	0.002 5
5	0.6	-0.05	0.002 5
6	0.7	+0.05	0.002 5
7	0.7	+0.05	0.002 5
8	0.5	-0.15	0.022 5
9	0.6	-0.05	0.002 5
10	0.7	+0.05	0.002 5

由贝塞尔公式： $s = 0.097 \mu\text{m}$ $\nu_1 = 9$

因为校准示值误差时，为3次测量的平均值，即

$$u_1 = 0.097/\sqrt{3} = 0.056 \mu\text{m}$$

自由度 $\nu_1 = 9$

B.2.5.2 由标准配对规给出的不确定度分量 u_2 及自由度 ν_2

标准配对规的游隙值检定极限误差为 $0.5 \mu\text{m}$ ，符合正态分布，自由度为 ∞ ，则

$$u_2 = 0.5/3 = 0.17 \mu\text{m}$$

$$\nu_2 = \infty$$

B.2.6 合成标准不确定度 u_c 及有效自由度 ν_{eff}

$$u_c^2 = u_1^2 + u_2^2 = 0.056^2 + 0.17^2 = 0.179^2$$

$$u_c = 0.179 \mu\text{m}$$

$$\nu_{\text{eff}} = u_c^4 / (u_1^4/\nu_1 + u_2^4/\nu_2) = 939$$

B.2.7 扩展不确定度

取 $p = 95\%$ ，查表得

$$k_{95} = t_{95}(939) = 1.96$$

则 $U_{95} = k_{95} \cdot u_c = 1.96 \times 0.179 = 0.35 \mu\text{m}$

附录 C

校准证书内容

校准证书的内容应排列有序，格式清晰，至少应包括以下内容：

1. 标题：校准证书；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
4. 证书或报告编号、页码及总页数；
5. 送校单位的名称和地址；
6. 被校准仪器名称：滚动轴承径向游隙测量仪；
7. 被校准仪器的制造厂、型号规格及编号；
8. 校准所使用的计量标准名称及有效期；
9. 本规范的名称及编号和对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；
10. 校准时的环境温度情况；
11. 校准项目的校准结果；
12. 示值误差校准结果的测量不确定度；
13. 校准人签名，核验人签名，批准人签名；
14. 校准证书签发日期；
15. 复校时间间隔的建议；
16. 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书。