

中华人民共和国国家标准

GB/T 33624—2017

滚动轴承 清洁度测量及评定方法

Rolling bearings—Test and assessment methods for cleanliness

2017-05-12 发布

2017-12-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国滚动轴承标准化技术委员会(SAC/TC 98)归口。

本标准起草单位：杭州轴承试验研究中心有限公司、进发轴承有限公司、天马轴承集团股份有限公司、宁夏勤昌滚动轴承制造有限公司、国家中小型轴承产品质量监督检验中心、浙江五洲新春集团股份有限公司、浙江环宇轴承有限公司、浙江辰通轴承有限公司。

本标准主要起草人：张亚军、陈芳华、徐敬贤、赵丽雅、李仙红、时大方、刘长明、杨伟春、张迅雷、罗庆、郑小鹏、章宝明、陈玲芳、李兴林。

www.surttz.com

滚动轴承 清洁度测量及评定方法

1 范围

本标准规定了滚动轴承(以下简称轴承)和轴承零件清洁度测量及评定方法。
本标准适用于各类开式轴承及闭式轴承填脂前的测量与评定,也适用于轴承零件的测量与评定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

SH 0004—1990(2007) 橡胶工业用溶剂油

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

杂质 impurity

粘附在轴承/轴承零件表面,对轴承性能有影响的颗粒。

3.2

颗粒尺寸 particle size

颗粒的最大尺寸(颗粒影像图轮廓线上最大的点与点之间的距离)。

3.3

轴承/轴承零件清洁度 bearing/bearing part cleanliness

每套轴承/每件轴承零件杂质质量的大小或单位表面积杂质质量的大小;每套轴承/每件轴承零件杂质颗粒尺寸的大小及数量的多少或单位表面积杂质颗粒尺寸的大小及数量的多少。

3.4

纤维 fibre

尺寸大于 $100\ \mu\text{m}$,且长与宽之比不小于 10 的颗粒。

3.5

图像分析仪 image analyser

能分析滤膜上的颗粒,自动测量颗粒尺寸和数量的仪器。

注:根据颗粒与背景的色差,可将显微镜下颗粒分布的视场通过摄像机转换为视屏上的影像,并自动计算出颗粒尺寸与数量。

3.6

计算因数 calculation factor

有效过滤面积(3.7)与计数面积(3.8)之比。

3.7

有效过滤面积 effective filtration area;EFA

过滤时液体流经滤膜形成的圆形面积。

3.8

计数面积 count area

图像分析仪摄像机摄取的有效视场面积。

注：一般图像分析仪摄取的有效视场面积可调，摄取的有效视场面积越大，计数的不确定度越小。

3.9

空白试验 blank experiment

为检验测量条件(如溶剂、器皿、滤膜制作过程等)可能带来的附加污染而进行的试验。

4 测量原理

4.1 称重法测量原理

用溶剂将杂质从轴承/轴承零件(以下称为试样)表面清洗下来制取液样,再通过真空过滤将杂质收集到滤膜上,通过称量滤膜质量测量杂质质量。用每套/件试样杂质质量或试样单位面积杂质质量来评定轴承/轴承零件清洁度。

注：轴承计数单位为套,轴承零件计数单位为件。

4.2 颗粒计数法测量原理

用与称重法相同的方法将杂质收集到滤膜上,通过影像分辨测量和统计颗粒的尺寸与数量。用每套/件试样颗粒尺寸与数量或试样单位面积的颗粒尺寸与数量来评定轴承/轴承零件清洁度。

5 测量环境条件

5.1 清洁度测量室应具有良好的防尘和通风设施。

5.2 清洁度测量室连续 24 h 单位面积降尘量 W_0 不应超过 40 mg/m^2 ,其测量方法见附录 A。

6 测量装置、器具、材料及器具清洗

见附录 B。

7 测量程序

7.1 空白试验

测量前应进行空白试验,以检验测量条件带来的附加污染对测量结果的影响可否被接受,空白试验程序见附录 C。称重法空白试验结果大于 0.5 mg 或颗粒计数法空白试验输出结果中有一个项目超过限值的 10% 时,则应按 B.3 的要求重新清洗器具或用 $0.45 \mu\text{m}$ 孔径滤膜重新过滤溶剂后,重新做空白试验。

7.2 称重法测量程序

7.2.1 液样制取

7.2.1.1 除非试样清洁度太差影响液样过滤速度,否则称重法一般可多套/件一并清洗和测量。

7.2.1.2 试样拆封后不应进行任何擦洗。

7.2.1.3 浸泡清洗。用溶剂将试样在容器中浸泡 2 h 以上,逐一摇动或转动,使试样表面杂质脱落进入

溶剂。溶剂用量应使试样在容器中被完全浸没 10 mm 以上。

7.2.1.4 超声波清洗。将试样再经超声波清洗两次,每次清洗时间为 2 min。每次溶剂用量不应少于 200 mL,且溶剂在容器中的高度不应低于试样高度的两倍。允许多套/件一并清洗,但不允许试样重叠或错叠。

7.2.1.5 对带沟槽类、卷边类试样冲洗。用洗瓶中的溶剂冲洗试样表面,使杂质被完全冲洗下来,冲洗液收入容器中。

7.2.1.6 所有洗液均为液样。

7.2.2 滤膜制作及称量

7.2.2.1 用镊子取两张孔径为 1.2 μm 的滤膜,分别放入两只标有“试(s)”和“控(k)”的称量瓶内,并使称量瓶半开着放入 60 $^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱内烘干 60 min,再将称量瓶盖上盖子后放入干燥器内冷却 30 min,然后用分析天平分别对两张滤膜进行恒重称量,记录 m_{s1} 和 m_{k1} 。滤膜应进行两次烘干称量,两次称量的差值不应大于 0.2 mg,若差值超过 0.2 mg,则应再次进行烘干称量,以最终称量结果为准。

7.2.2.2 用镊子从称量瓶中取出滤膜,放在溶剂中浸润后平放于微孔过滤器上,下膜为控制滤膜(k),上膜为试验滤膜(s)。

7.2.2.3 将上部漏斗压在滤膜上,用夹紧装置夹紧上部漏斗、滤膜、微孔过滤器、下部漏斗和吸滤瓶,并连上防静电装置,将真空装置连接到吸滤瓶侧臂上。

7.2.2.4 用烧杯将液样倒入上部漏斗,再用洗瓶中的溶剂冲洗液样容器和烧杯内壁,并将洗液倒入漏斗真空抽滤。

7.2.2.5 当漏斗内液样滤至较小体积(例如 20 mL)时,关闭真空泵,用洗瓶中的溶剂按螺旋方向冲洗漏斗内壁,使杂质完全收集到滤膜上,冲洗时不要使液流搅动滤膜表面的颗粒,然后真空抽滤至滤膜干燥。

7.2.2.6 用镊子从微孔过滤器上取下上滤膜,平放入标有“试(s)”的称量瓶内,取下下滤膜平放入标有“控(k)”的称量瓶内。取放滤膜应小心操作,避免滤膜上的颗粒掉落。

7.2.2.7 按 7.2.2.1 对滤膜进行烘干和称量,记录 m_{s2} 和 m_{k2} 。

7.3 颗粒计数法测量程序

7.3.1 有效过滤面积(EFA)校准

采用颗粒计数法测量时,上部漏斗有效过滤面积的校准应在有效期内。使用一个新上部漏斗前应进行校准,以后每五年校准一次。有效过滤面积(EFA)校准程序见附录 C。

7.3.2 颗粒计数法测量一般原则

7.3.2.1 采用颗粒计数法测量时,轴承一般单套清洗和测量,轴承零件则可多件一并清洗和测量。可采用图像分析仪辅助功能在视屏上检查颗粒重叠、错叠现象,若出现较多大颗粒重叠、错叠现象,则应减少一并清洗和测量的试样数量。

7.3.2.2 根据评定要求选择的最小计数颗粒尺寸,至少应包括下列尺寸的部分或全部:5 μm 、15 μm 、25 μm 、50 μm 和 100 μm 。

7.3.2.3 根据评定要求选择的计数颗粒尺寸段,一般选择下列尺寸范围的部分或全部:大于 5 μm 到 15 μm ; 大于 15 μm 到 25 μm ; 大于 25 μm 到 50 μm ; 大于 50 μm 到 100 μm ; 大于 100 μm 。

7.3.3 液样制取与计数滤膜制作

7.3.3.1 按 7.2.1.2~7.2.1.6 制取液样。

7.3.3.2 根据最小计数颗粒尺寸选择一张合适孔径的滤膜,用镊子夹取滤膜在溶剂中浸润后平放于微

孔过滤器上。

7.3.3.3 按 7.2.2.3~7.2.2.5 进行液样过滤和杂质收集。

7.3.3.4 用镊子从微孔过滤器上取下滤膜,平放入称量瓶内。

7.3.3.5 将称量瓶半开着放入 60℃±5℃ 的恒温箱内烘干 60 min,然后盖上盖子放入干燥器内冷却 30 min。

7.3.4 计数程序

7.3.4.1 如果试样需要采用称重法与颗粒计数法相组合的方法进行评定,则将试验滤膜作为计数滤膜,控制滤膜不计数。

7.3.4.2 用镊子将计数滤膜从称量瓶内取出,小心地平放到滤膜固定器托盘上,盖紧压盖后装入显微镜载物台的夹持装置中。

7.3.4.3 根据评定的最小计数颗粒尺寸,选择合适倍率物镜,并对显微镜进行亮度调整和明暗度修正,设置有效过滤面积直径、计数面积直径、最小计数颗粒尺寸、计数颗粒尺寸段等参数后,对计数滤膜进行扫描、颗粒尺寸测量和数量统计。

7.3.4.4 根据评定项目输出测量结果。评定项目可包括但不限于大于最小计数尺寸颗粒总数、各尺寸段颗粒数、各尺寸段反光颗粒数与非反光颗粒数、最大颗粒尺寸等。

7.3.4.5 对大颗粒尺寸有怀疑时,可用图像分析仪辅助功能在视屏上对其形貌进行辨认,用计算机系统对错叠颗粒进行去除较小叠加颗粒处理,处理后再重新输出测量结果。

8 清洁度评定

8.1 对一批轴承/轴承零件进行清洁度评定应采取随机抽样的方法进行抽样测量,抽样数量不应少于表 1 的规定。

表 1 清洁度测量抽样数量

测量方法	轴承			轴承零件 ^a		
	轴承公称外径 D					
	D ≤ 80 mm	80 mm < D ≤ 200 mm	D > 200 mm	D ≤ 80 mm	80 mm < D ≤ 200 mm	D > 200 mm
称重法	8 套	5 套	3 套	8 套轴承用量	5 套轴承用量	3 套轴承用量
颗粒计数法	5 套	3 套	2 套	5 套轴承用量	3 套轴承用量	2 套轴承用量

^a 轴承零件包括钢球、滚子、保持架、防尘盖和密封圈等。

8.2 称重法测量时,采用每套/件试样杂质质量或试样单位表面积杂质质量评定轴承/轴承零件清洁度,对于可接收的轴承/轴承零件,清洁度不应大于双方协定的限值。采用每套试样杂质质量评定时,向心球轴承清洁度限值可参见附录 D。按式(1)计算每套/件试样杂质质量 W_g ,按式(2)计算试样单位表面积杂质质量 W_s :

$$W_g = \frac{(m_{s2} - m_{s1}) - (m_{k2} - m_{k1})}{N} \dots\dots\dots (1)$$

$$W_s = \frac{(m_{s2} - m_{s1}) - (m_{k2} - m_{k1})}{N \times S} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

W_g —— 试样杂质质量,单位为毫克每套(件)[mg/套(件)];

- W_s —— 试样单位表面积杂质质量,单位为毫克每平方米(mg/mm^2);
 m_{s2} —— 试后试验滤膜质量,单位为毫克(mg);
 m_{s1} —— 试前试验滤膜质量,单位为毫克(mg);
 m_{k2} —— 试后控制滤膜质量,单位为毫克(mg);
 m_{k1} —— 试前控制滤膜质量,单位为毫克(mg);
 N —— 试样数量,单位为套或件;
 S —— 试样表面积(轴承试样表面积为各零件表面积总和),单位为平方毫米每套(件)[$\text{mm}^2/\text{套}$ (件)].

注: ($m_{k2}-m_{k1}$)的作用为消除系统误差。

8.3 颗粒计数法测量时,采用每套/件试样杂质颗粒数及颗粒尺寸或试样单位表面积杂质颗粒数及颗粒尺寸评定轴承/轴承零件清洁度,清洁度限值由双方协定。可采用下列某种或某几种相组合的方法进行评定:

- 大于最小计数尺寸颗粒数不超过某限值;
- 某一或某些尺寸段颗粒数不超过某限值;
- 最大颗粒尺寸不超过某限值;
- 大于某尺寸的颗粒数不超过某限值;
- 大于某尺寸的反光颗粒数不超过某限值。

8.4 可采用称重法和颗粒计数法相组合的方法评定轴承/轴承零件的清洁度。

附录 A

(规范性附录)

清洁度测量室单位面积降尘量测量方法

A.1 测量装置及器具

A.1.1 灰尘承接板,白瓷盘或磨边玻璃,尺寸不小于 300 mm×250 mm。

A.1.2 绸布,原色。

A.1.3 其余测量装置及器具同 B.1.1 和 B.1.2。

A.2 材料

A.2.1 滤膜,孔径为 0.45 μm、0.8 μm 及 1.2 μm,其他要求同 B.2.2。0.45 μm 孔径用于溶剂过滤,0.8 μm 孔径用于润滑油过滤,1.2 μm 孔径用于滤膜制作。

A.2.2 润滑油,如 L-AN15 全损耗系统用油,或其他等效润滑油。润滑油应经 0.8 μm 孔径滤膜过滤。

A.2.3 溶剂,同 B.2.1。

A.3 降尘量测量

A.3.1 按 B.3 的要求清洗灰尘承接板、绸布及所用器具。

A.3.2 灰尘承接板和绸布干燥后,用绸布将润滑油均匀涂抹于灰尘承接板表面,并将其涂油面朝上平放于测量室操作台面上,同时记录开始时间。

A.3.3 放置 24 h 后,用溶剂将灰尘承接板上的降落物全部清洗下来制取液样。

A.3.4 按 7.2.2 进行滤膜制作及称量。

A.3.5 按式(1)计算灰尘承接板上降落物总质量 W_P ,其中 N 取 1。

A.4 单位面积降尘量计算

按式(A.1)计算连续 24 h 单位面积降尘量 W_0 ：

$$W_0 = W_P / S_P \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

W_0 ——连续 24 h 单位面积降尘量,单位为毫克每平方米(mg/m^2)；

S_P ——灰尘承接板接尘总面积,单位为平方米(m^2)；

W_P ——灰尘承接板上降落物总质量,单位为毫克(mg)。

附录 B

(规范性附录)

清洁度测量装置、器具、材料及器具清洗

B.1 测量装置及器具

B.1.1 滤膜制作装置及器具

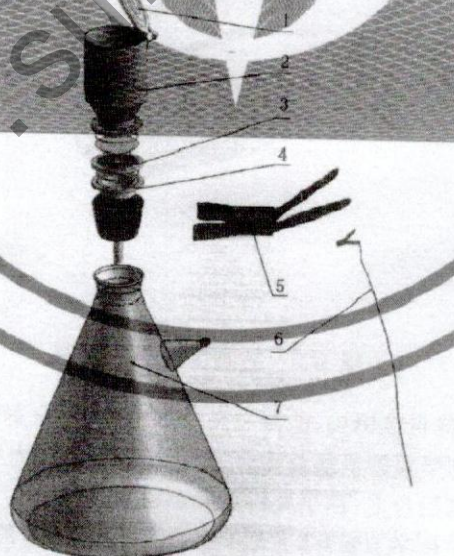
B.1.1.1 容器,用于浸泡或清洗试样、收集液样、储放溶剂等。规格按试样大小、液样或溶剂多少选取,一般可选择不锈钢或玻璃容器。

B.1.1.2 超声波清洗机,规格按试样大小选取。

B.1.1.3 手套,质软、耐油,与溶剂相容。

B.1.1.4 过滤装置,如图 B.1 所示,主要由下列元件构成:

- 漏斗盖;
- 上部漏斗,一般容量不小于 250 mL;
- 微孔过滤器,用于支撑滤膜;
- 下部漏斗;
- 夹紧装置,用于将上部漏斗、滤膜、微孔过滤器、下部漏斗、吸滤瓶支持在一起;
- 防静电装置,防止在真空过滤时产生静电的装置,如接地线;
- 吸滤瓶,用于支撑微孔过滤器,存留液样,一般容量不小于 2.5 L。



说明:

- 1—漏斗盖;
- 2—上部漏斗;
- 3—微孔过滤器;
- 4—下部漏斗;

- 5—夹紧装置;
- 6—防静电装置;
- 7—吸滤瓶。

图 B.1 过滤装置示意图

B.1.1.5 真空装置,用于对吸滤瓶真空减压。可选择抽气速率 30 L/min 的真空泵。

B.1.1.6 洗瓶,用于喷射溶剂冲洗器具及试样的压力瓶。

B.1.1.7 镊子,用于夹取滤膜,夹持部位扁平光滑,材质以不锈钢为宜。

B.1.1.8 称量瓶,一般选取规格 $\phi 60 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ 。

B.1.1.9 恒温箱,能将温度控制在 $60 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内。

B.1.1.10 烧杯,用于加注液样。

B.1.1.11 干燥器,一般选取规格 $\phi 300 \text{ mm}$ 。

B.1.2 杂质称量仪器及器具

B.1.2.1 镊子,同 B.1.1.7。

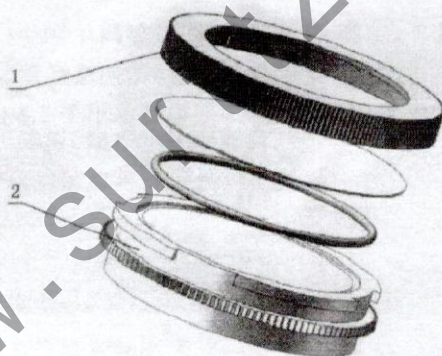
B.1.2.2 称量瓶,同 B.1.1.8。

B.1.2.3 分析天平,分度值不大于 0.1 mg。

B.1.3 颗粒计数仪器及器具

B.1.3.1 镊子,同 B.1.1.7。

B.1.3.2 滤膜固定器,如图 B.2 所示,用于固定滤膜的装置。由压盖和托盘组成,托盘直径与滤膜直径相匹配。压盖孔径应大于计数面积直径 3 mm 以上。



说明:

1——压盖;

2——托盘。

图 B.2 滤膜固定器示意图

B.1.3.3 金相显微镜,带有摄像目镜头,能测定尺寸不小于 $5 \mu\text{m}$ 的颗粒,并配有以下装置:

——载物台。可自动控制平移的机械载物台,使滤膜计数面积内的颗粒被完全扫描摄取。

——夹持装置。在机械载物台上,用于夹持滤膜固定器的装置。

注:可选用光源稳定的控制软件,在自动调节光源和亮度转换时减小亮度的波动。

B.1.3.4 图像分析仪,将滤膜计数面积内的颗粒通过摄像机显示在视屏上,利用电子装置和计算机对视屏上颗粒影像区域进行分辨,测量并计算颗粒的尺寸及数量。

B.2 材料

B.2.1 溶剂,用于清洗试样及器具。溶剂应与试样相容。一般可选择符合 SH 0004—1990(2007)的 NY-120 溶剂油或其他等效溶剂。溶剂应经 $0.45 \mu\text{m}$ 孔径滤膜过滤。

警告:为避免人体吸入这些有害的溶剂,应采取适当的预防措施。通常可选用合适的手套、口罩等防护设备,使室内通风,以保证人体的安全和健康。

B.2.2 滤膜,白色、无格,表面应平整洁净,无针眼、破损等缺陷。滤膜材料应与溶剂相容且不易变形。滤膜直径一般为 47 mm 或 50 mm,允许使用不同直径的滤膜。滤膜孔径为 0.45 μm 、1.2 μm 及其他规格,其中,0.45 μm 孔径用于溶剂过滤,1.2 μm 孔径用于称重法滤膜制作,1.2 μm 及其他规格孔径用于颗粒计数法滤膜制作。

注:颗粒计数法滤膜制作可根据评定需要选择孔径较大的滤膜。若用孔径较大的滤膜,对较小尺寸的颗粒收集率会降低,计数的最小颗粒尺寸会增大。最小计数颗粒尺寸一般为滤膜平均孔径的 1.5 倍或以上。

B.5 器具清洗

B.3.1 需清洗的器具包括容器、漏斗盖、上部漏斗、下部漏斗、微孔过滤器、吸滤瓶、夹紧装置、镊子、称量瓶、烧杯、滤膜固定器、洗瓶、绸布、灰尘承接板等所有在试验过程中与试样、液样、滤膜接触的器具。

B.3.2 器具清洗后的清洁度应使其带来的附加污染对测量结果的影响可被接受。

www.surttz.cn

附录 C

(规范性附录)

空白试验程序和有效过滤面积(EFA)校准程序

C.1 空白试验程序

C.1.1 空白试验时,用 200 mL 溶剂代替液样,倒入测量所用容器中,倒入后晃动容器,使容器内表面粘附的颗粒进入溶剂,再将溶剂倒入下一容器,直至最后一只容器,并用洗瓶中的溶剂冲洗每一容器内表面,最后用烧杯将溶剂和冲洗液倒入上部漏斗真空过滤。

C.1.2 称重法测量时,按 7.2.2.1~7.2.2.7 进行称重法空白试验,按式(1)计算空白试验结果,其中 N 取 1。

C.1.3 颗粒计数法测量时,按 7.3.3.2~7.3.3.5 和 7.3.4.2~7.3.4.5 进行颗粒计数法空白试验,按试样清洁度评定所需项目输出空白试验结果。

C.2 有效过滤面积(EFA)校准程序

C.2.1 制备一种适合着色的有色粉末悬浮液样,通过滤膜过滤,校准滤膜的有效过滤面积。宜选用红色氧化物作为着色粉末,加入一定剂量的溶剂,按约 1 mg/L 浓度制备,充分晃动并用超声波发生器弥散 1 min。

C.2.2 在过滤装置中装入一片 1.2 μm 孔径的滤膜并夹紧,过滤约 25 mL 上述悬浮液样或能使滤膜清楚着色的其他悬浮液样,真空抽滤至滤膜干燥。

C.2.3 打开夹紧装置,从微孔过滤器上取下滤膜,在滤膜着色边缘内 0.1 mm 处测量着色面积直径(有效过滤直径)。根据不同方位至少两次测量结果的平均值计算有效过滤面积(EFA),并在上部漏斗做合适的标记,在相应的校准记录表中记录结果。

附录 D

(资料性附录)

向心球轴承清洁度限值

普通开式向心球轴承,称重法测量的每套轴承清洁度限值参见表 D.1,此限值也适用于闭式向心球轴承填脂前的评定;Z2(V2)组或者寿命要求较高的该类轴承,其限值为表 D.1 所列限值的 70%;Z3(V3) 组及以上振动组别或者寿命要求更高的该类轴承,其限值为表 D.1 所列限值的 42%。

表 D.1 向心球轴承的清洁度限值

轴承公称外径 D mm		单列深沟球轴承*		双列深沟球轴承	单列角接触球轴承			双列角接触球轴承		
		尺寸系列								
>	≤	18,19,10, 17,00	02	03,04, 37	22,23	19	10	02,03, 04	32	33
		清洁度限值 W ₄ mg/套								
—	10	0.3	0.3	0.5	0.8	1.0	1.0	1.2	1.7	—
10	20	0.5	0.7	0.8	2.4	1.2	1.3	1.7	1.7	—
20	28	0.8	1.0	1.2	3.0	1.7	1.8	2.0	2.6	—
28	40	1.2	1.3	1.7	4.0	2.0	2.2	2.7	3.4	—
40	50	1.5	1.7	1.8	5.0	2.3	2.8	3.2	4.3	5.0
50	60	1.8	2.0	2.2	6.0	2.8	3.2	3.8	5.1	5.9
60	70	2.0	2.2	2.7	6.8	3.2	3.8	4.3	5.9	6.9
70	80	2.2	2.7	3.0	8.0	3.7	4.2	4.8	6.9	7.9
80	90	3.0	4.3	5.2	8.8	5.3	6.3	7.2	7.6	8.7
90	100	4.3	5.2	5.8	9.8	6.2	7.2	8.3	9.4	9.7
100	110	5.0	5.8	6.7	—	6.7	7.8	9.0	10.0	10.4
110	120	5.7	6.3	7.3	—	7.2	8.3	9.7	10.3	11.7
120	130	6.2	7.2	8.0	—	7.8	9.2	10.7	11.0	12.1
130	140	6.7	8.0	9.0	—	8.3	10.0	11.3	12.0	13.7
140	150	7.2	9.0	9.8	—	9.0	10.3	12.0	12.9	14.7
150	160	7.8	9.2	10.7	—	9.7	11.2	13.0	13.7	15.7
160	170	8.3	10.0	11.3	—	10.2	12.0	13.7	14.7	17.1
170	180	9.0	11.0	12.2	—	10.8	12.7	14.3	15.4	18.0

* 带止动槽轴承的限值为同尺寸不带止动槽轴承的 1.1 倍。