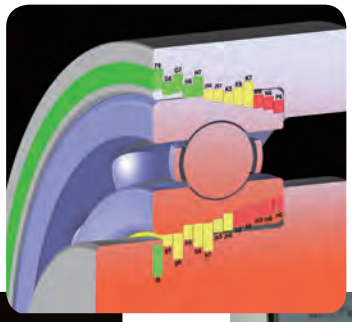
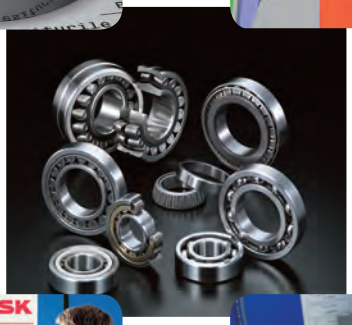
# 技术解说










NSK







# A 部分

## 技术解说

1. 滚动轴承的类型与特点 …… A 005
2. 轴承的选型 …… A 019
3. 轴承的配置 …… A 025
4. 轴承尺寸的选择 …… A 030
5. 转速 …… A 097
6. 轴承的外形尺寸与代号 …… A 103
7. 轴承的尺寸精度及旋转精度 …… A 125
8. 轴承的配合与游隙 …… A 153
9. 轴承的预紧 …… A 191
10. 轴承的摩擦 …… A 215
11. 润滑 …… A 227
12. 轴承材料 …… A 243
13. 轴与轴承座的设计 …… A 269



# 1. 滚动轴承的类型与特点

1.1 设计与分类 ..... A 006

1.2 滚动轴承的特点 ..... A 006

1.3 接触角与轴承类型 ..... A 016

1.4 轴承载荷类型 ..... A 017

# 1．滚动轴承的类型与特点

## 1.1　设计与分类

滚动轴承（以下也称轴承）通常由套圈、滚动体及保持架构成。按其承受载荷的方向可分为向心轴承和推力轴承。另外，还可按滚动体的种类，分为球轴承和滚子轴承，也可根据其形状或特定用途进行分类。

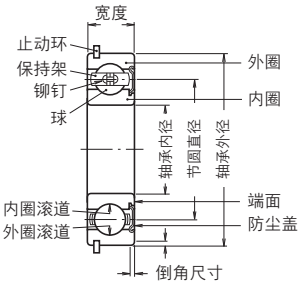
典型结构类型的轴承各部位名称如图 1.1 所示。常规滚动轴承分类如下页图 1.2 所示。

## 1.2　滚动轴承的特点

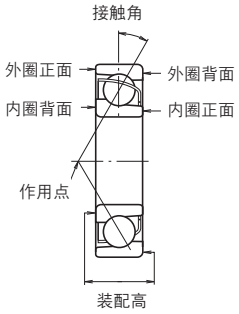
滚动轴承与滑动轴承相比，具有下列特点：

(1) 启动摩擦小，且启动力矩与旋转力矩之差也较小。
(2) 由于在国际上已实现标准化、规格化，所以具有互换性，能够互换使用。
(3) 简化了轴承外围的结构，便于保养、检查。
(4) 一般可以同时或单独承受径向载荷和轴向载荷。
(5) 温度使用范围比较广泛。
(6) 为了提高刚度，即使在负游隙预紧状态下也可以使用。

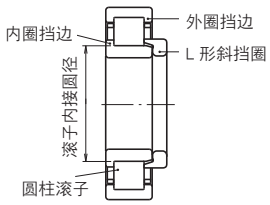
此外，滚动轴承的每种结构都各有特点，典型滚动轴承的特点如 A010~A013 页以及附表 1.1（A014~A015 页）所示。



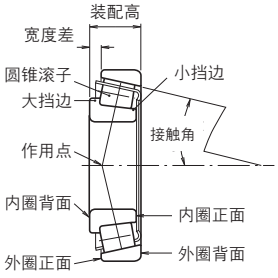

单列深沟球轴承



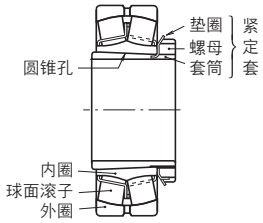

单列角接触球轴承



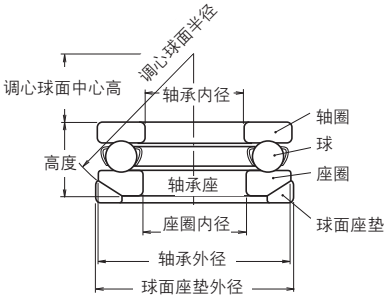

圆柱滚子轴承




圆锥滚子轴承




调心滚子轴承




单向推力球轴承

图1.1 轴承各部位名称

## ■滚动轴承的类型与特点

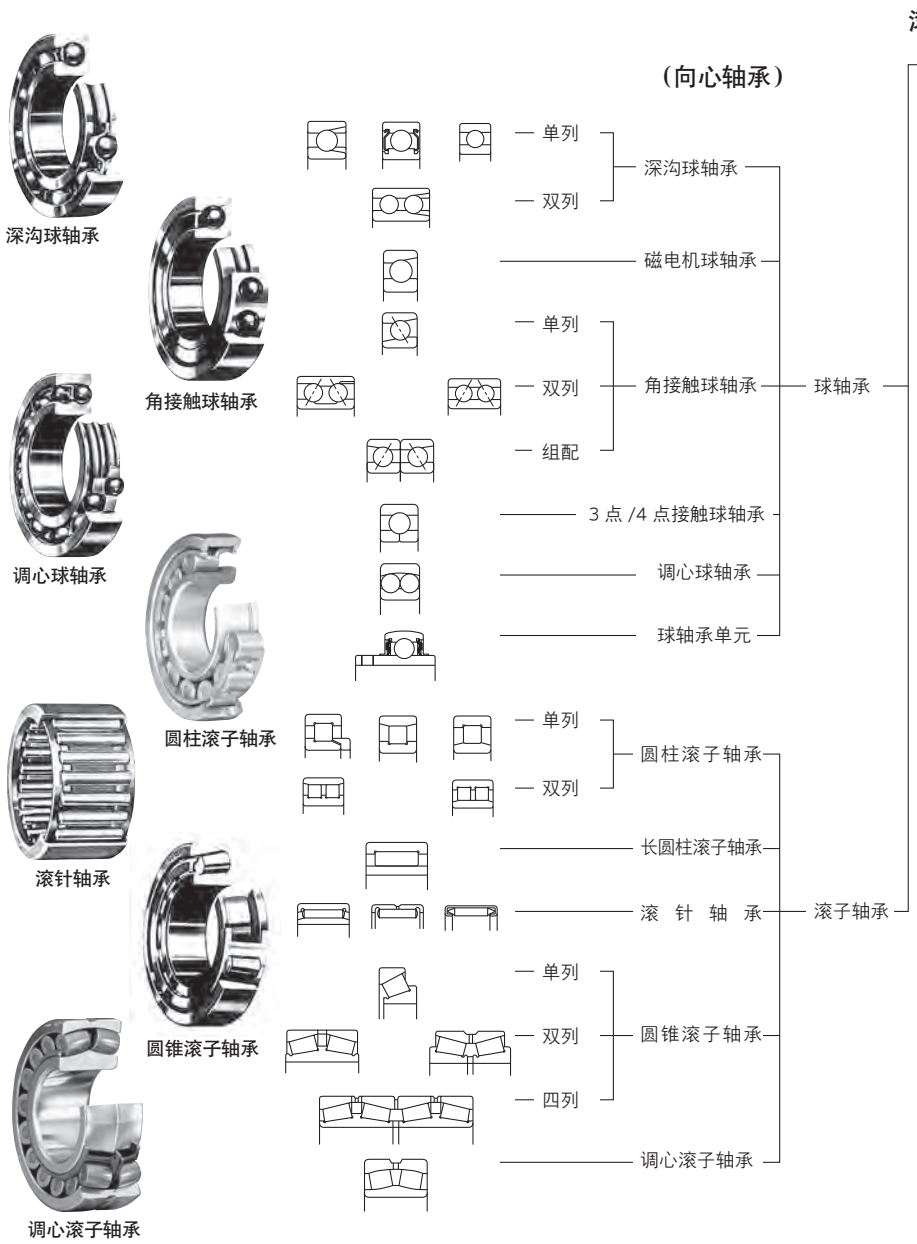
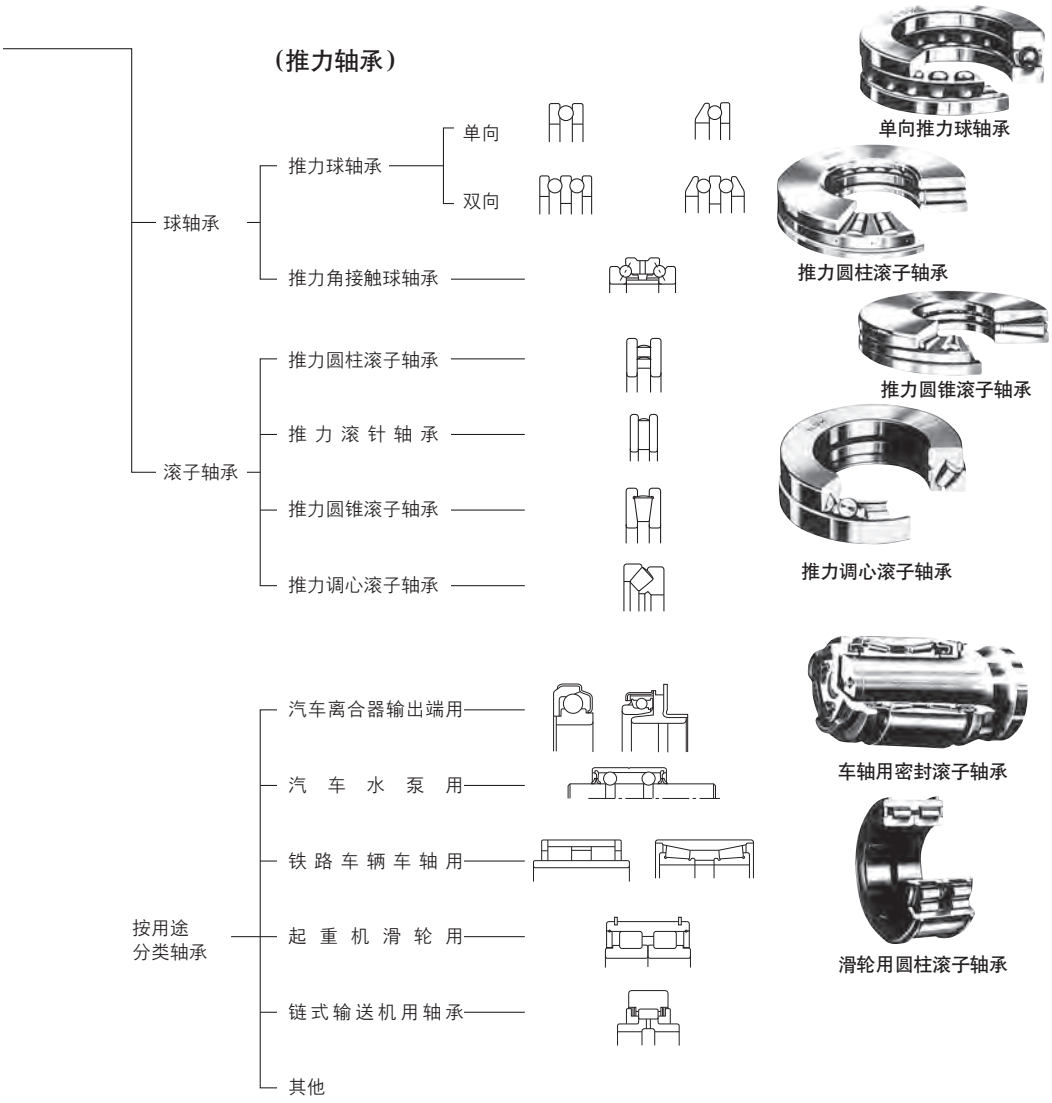


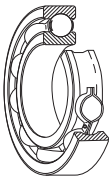

图1.2


（推力轴承）
球轴承
推力球轴承
单向
双向
推力角接触球轴承
滚子轴承
推力圆柱滚子轴承
推力滚针轴承
推力圆锥滚子轴承
推力调心滚子轴承
按用途分类轴承
汽车离合器输出端用
汽车水泵用
铁路车辆车轴用
起重机滑轮用
链式输送机用轴承
其他
单向推力球轴承
推力圆柱滚子轴承
推力圆锥滚子轴承
推力调心滚子轴承
车轴用密封滚子轴承
滑轮用圆柱滚子轴承

轴承分类

## ■滚动轴承的类型与特点

**单列深沟球轴承**

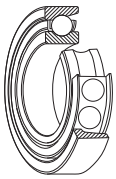


单列深沟球轴承，是滚动轴承中最典型的一种结构形式，用途广泛。位于内、外圈上的沟道，其截面半径略大于球半径呈圆弧形。除承受径向载荷外，还可承受双向的轴向载荷。摩擦力矩小，最适于高转速、低噪音、低振动的场合。

该类型轴承，除开式之外，还有加钢板防尘盖的轴承、加橡胶密封圈的轴承、或者在外圈外径上使用止动环的轴承。

一般采用钢板冲压保持架。

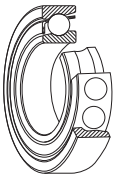
**磁电机球轴承**



磁电机球轴承的内圈沟道比深沟球轴承略浅，外圈内径由外沟底部起，呈圆柱面，外圈可以分离，便于轴承安装。通常会将 2 套轴承对置使用。这种轴承内径为 4~20 mm，属于小型轴承。主要用于小型发电机、陀螺仪、计量仪器等。

一般采用铜合金冲压保持架。

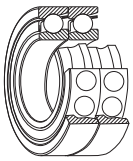
**单列角接触球轴承**



这种结构形式的轴承，可以承受径向载荷和单向的轴向载荷。球与内圈、外圈有 15°、25°、30° 或 40° 的接触角。其接触角越大，轴向载荷的承受能力越大。接触角越小，越有利于高速旋转。通常将 2 套轴承对置，调整内部游隙后使用。

一般采用钢板冲压保持架。但接触角小于 30° 的高精度轴承，主要使用聚酰胺成形保持架。

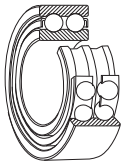
**成对双联轴承**



将 2 套向心轴承组合成对使用的轴承称为成对双联轴承。通常，成对双联轴承由同样的角接触球轴承或同样的圆锥滚子轴承组合而成。成对双联的种类，有外圈正面配合的面对面双联（DF 型）、背面配合的双联（DB 型），以及同向背对背并列成对双联（DT 型）。DF 型及 DB 型成对双联轴承可以承受径向载荷及双向的轴向载荷的场合。

**双列角接触球轴承**

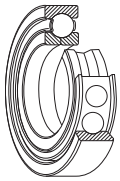
双列角接触球轴承的结构是将 2 套单列角接触球轴承的外圈背对背配合，内、外圈均为整体式结构。因此这种结构的轴承，具有双向推力承载能力。



**四点接触球轴承**

四点接触球轴承是一种内、外圈分离型单列角接触球轴承，其内圈对中心轴呈垂直平面分成二部分，一套轴承可以承受双向的轴向载荷，球与内、外圈呈 35° 接触角，这种轴承可以与面对面或背对背的角接触球轴承互换。

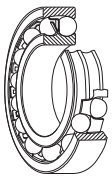
一般使用铜合金车制保持架。



**调心球轴承**

内圈有两列沟道，外圈沟道呈球面，球面的曲率中心与轴承中心一致。所以，内圈、球及保持架相对外圈可自由倾斜。因此可以自动调整由轴及轴承座加工或安装误差所产生的轴心偏差。

圆锥内孔轴承，可以用紧定套安装。



**圆柱滚子轴承**

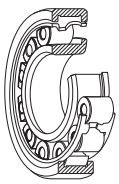
该类轴承是一种圆柱滚子与滚道为线接触的轴承。其具有高承载能力，适用于高速旋转应用。

根据套圈有无挡边，分为 NU、NJ、NUP、N、NF 等单列轴承及 NNU、NN 型双列轴承。

该轴承是内圈、外圈可分离的结构。

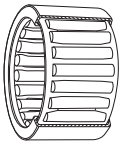
内圈或者外圈无挡边的圆柱滚子轴承其内圈和外圈可在轴向相对移动，所以可作为自由端轴承使用。内圈或外圈一个有双挡边，另一个有单挡边的圆柱滚子轴承，可以承受一定程度的单向轴向负荷。双列圆柱滚子轴承，径向载荷的刚度高，主要用于机床主轴。

一般使用钢板冲压保持架或铜合金车制保持架，但也有一部分使用聚酰胺成形保持架。



## ■滚动轴承的类型与特点

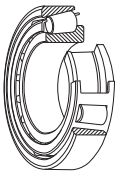
**滚针轴承**



滚针轴承中装有多枚长度为直径 3 倍 ~10 倍的细长滚针，所以滚针内接圆直径和轴承的外径的比值较小，具有相对较大的径向承载能力。

滚针轴承选择类型较多，且很多没有内圈，包括：外圈为钢板冲压的外圈滚针轴承、车制外圈的实体滚针轴承、以及各种有无内圈、有无保持架等结构形式的滚针轴承。有保持架的滚针轴承，主要使用钢板冲压保持架。

**圆锥滚子轴承**



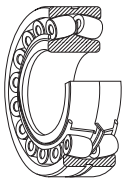
该轴承装有圆锥形滚动体，由内圈的大挡边引导。可承受径向载荷、及单向的轴向载荷，承载能力大。高承载能力轴承有增加滚子尺寸及滚子个数的 HR 系列。

与角接触球轴承一样，一般将两套轴承对置使用。通过调整内圈或外圈隔圈尺寸可获得合适的游隙。因为是分离式，内圈和外圈可分别安装。

按照接触角大小可分为普通锥角、中锥角和大锥角型；根据滚子的列数可分为双列及四列圆锥滚子轴承。

一般使用钢板冲压保持架。

**调心滚子轴承**



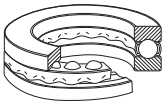
该类轴承在配有双滚道的内圈和配有单个球面滚道的外圈之间装有鼓形滚子。外圈滚道面的曲率中心与轴承中心一致，所以具有与调心球轴承同样的调心功能。在轴或轴承座出现挠曲或轴出现偏差时，可以自动调整，防止轴承过载。

调心滚子轴承不仅径向承载能力强，还可以承受一定的双向轴向载荷。其拥有卓越的径向承载能力，适用于重承载、冲击载荷的情况。

部分轴承具有锥形内孔，可直接安装于圆锥轴或者使用紧定套或拆卸套安装在圆柱轴上。

保持架使用钢板冲压保持架，黄铜车制保持架等。

**单向推力球轴承**



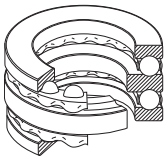
单向推力球轴承由带沟道的垫圈形套圈和装了球的保持架组成，安装在轴上的套圈叫做轴圈，安装在轴承座内的套圈叫做座圈。双向推力球轴承则将中圈安装在轴上使用。

单向推力球轴承，承受单向的轴向载荷，双向轴承可以承受双向的轴向载荷。

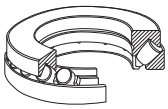
推力球轴承也有在座圈下方配有调心垫圈，以便补偿轴偏差或安装误差的形式。

小型轴承主要采用钢板冲压保持架；大型轴承采用车制保持架。

**双向推力球轴承**



**推力调心滚子轴承**



推力调心滚子轴承是鼓形滚子倾斜排列的推力轴承，座圈滚道呈球面形，所以具有调心功能。轴向承载能力大，在承受轴向载荷的同时也可以承受一定的径向载荷。

一般使用钢板冲压保持架或铜合金车制保持架。

## ■滚动轴承的类型与特点

表1.1 滚动轴承的

| 特征 \ 轴承结构形式 | 深沟球轴承 | 磁电机球轴承 | 角接触球轴承 | 双列角接触球轴承 | 成对双联角接触球轴承 | 四点接触球轴承 | 调心球轴承 | 圆柱滚子轴承 | 双列圆柱滚子轴承 | 单挡边圆柱滚子轴承 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 承载能力 径向载荷 | ◯ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ◯ | ◎ | ◉ | ◎ |
| 承载能力 轴向载荷 | ⟷ ◯ | ← ○ | ← ◎ | ⟷ ◎ | ⟷ ◎ | ⟷ ◎ | ⟷ ○ | × | × | ← ◯ |
| 承载能力 合成载荷 | ◯ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◯ | ○ | × | × | ◯ |
| 高速运转 | ◉ | ◎ | ◉ | ◯ | ◎ | ◎ | ◎ | ◉ | ◎ | ◎ |
| 高精度 | ◉ | | ◉ | | ◉ | ◎ | | ◉ | ◉ | |
| 低噪声 低力矩 | ◉ | | | | | | | ◎ | | |
| 刚度 | | | | | ◎ | | | ◎ | ◉ | ◎ |
| 内圈、外圈可倾斜 | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◉ | ◯ | ○ | ◯ |
| 调心功能 | | | | | | | ☆ | | | |
| 内圈、外圈可分离 | | ☆ | | | | ☆ | | ☆ | ☆ | ☆ |
| 用于固定端 | ☆ | | | ☆ | ☆ | ☆ | ☆ | | | |
| 用于自由端 | ★ | | | ★ | ★ | ★ | ★ | ☆ | ☆ | |
| 内圈锥孔 | | | | | | | ☆ | | ☆ | |
| 备注 | | 将两套对置使用 | 接触角15°、25°、30°、40°。将两套对置使用。需调整游隙 | | 可以将DF、DT成对双联，但是不能用于自由端 | 接触角35° | | 包括N型 | 包括NNU型 | 包括NF型 |
| 参照页 | C005 C053 | C005 C050 | C072 | C072 C106 | C072 | C072 C108 | C114 | C124 | C124 C158 | C124 |

◉ 极佳　◎ 很好　◯ 可用　○ 尚可　× 不可　⟷ 仅限单向　⟷ 双向

☆ 可用　★ 可用，但是，要解决轴向轴承配合面的伸缩。

## 类型与特点

| 带挡边圈圆柱滚子轴承 | 滚针轴承 | 圆锥滚子轴承 | 双列、多列圆锥滚子轴承 | 调心滚子轴承 | 推力球轴承 | 带球面座圈的推力球轴承 | 双向推力角接触球轴承 | 推力圆柱滚子轴承 | 推力圆锥滚子轴承 | 推力调心滚子轴承 | 参照页 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | × | × | × | × | × | ○ | — |
| ⟷ ○ | × | ← ◎ | ⟷ ◎ | ⟷ ○ | ← ◎ | ← ◎ | ⟷ ◎ | ← ◎ | ← ◎ | ← ◎ | — |
| ○ | × | ◎ | ◎ | ◎ | × | × | × | × | × | ○ | — |
| ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ | A022<br>A098 |
| | | ◎ | | | ◎ | | ◎ | | | | A023<br>A126<br>A151 |
| | | | | | | | | | | | A023 |
| ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | | ◎ | ◎ | ◎ | | A023<br>A192 |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | × | ◎ | × | × | × | ◎ | A022<br>各类轴承的序文 |
| | | | | ☆ | | ☆ | | | | ☆ | A022 |
| ☆ | ☆ | ☆ | ☆ | | ☆ | ☆ | ☆ | ☆ | ☆ | ☆ | A023<br>A024 |
| ☆ | | | ☆ | ☆ | | | | | | | A026~<br>A029 |
| | ☆ | | ★ | ★ | | | | | | | A026~<br>A029 |
| | | | | ☆ | | | | | | | A150<br>B008<br>B012 |
| 包括NUP型 | | 将2个对置使用、调整游隙 | 另外还有KH、KV型，但二者均不能用于自由端 | | | | | 包括推力滚针轴承 | | 使用油润滑 | |
| C124 | C341 | C182 | C182<br>C246 | C258 | C296 | C296 | — | C314 | C322 | C332 | |

## 1.3 接触角与轴承类型

接触角(α)指轴承旋转轴的垂直面和滚动体与内外圈接触点所形成直线的角度。

向心轴承和推力轴承根据接触角的大小进行分类。

图 1.3 所示为轴承接触角与载荷方向间的关系。

向心轴承 α：小于45°
（主要承受径向载荷）

推力轴承 α：大于45°
（主要承受轴向载荷）

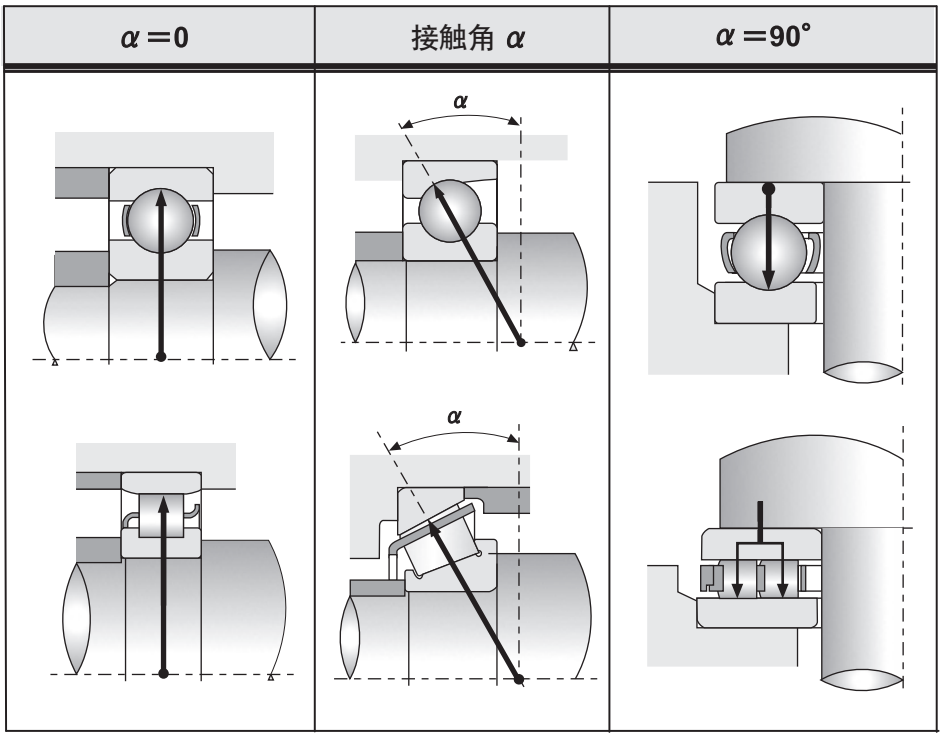



图1.3 接触角 α

## 1.4 轴承载荷类型

以深沟球轴承为例，滚动轴承承受的载荷类型如图1.4所示

(a) 径向载荷
(b) 轴向载荷
(c) 径向和轴向的合成载荷
(d) 力矩载荷

需根据载荷的类型和大小选择最佳的轴承类型。

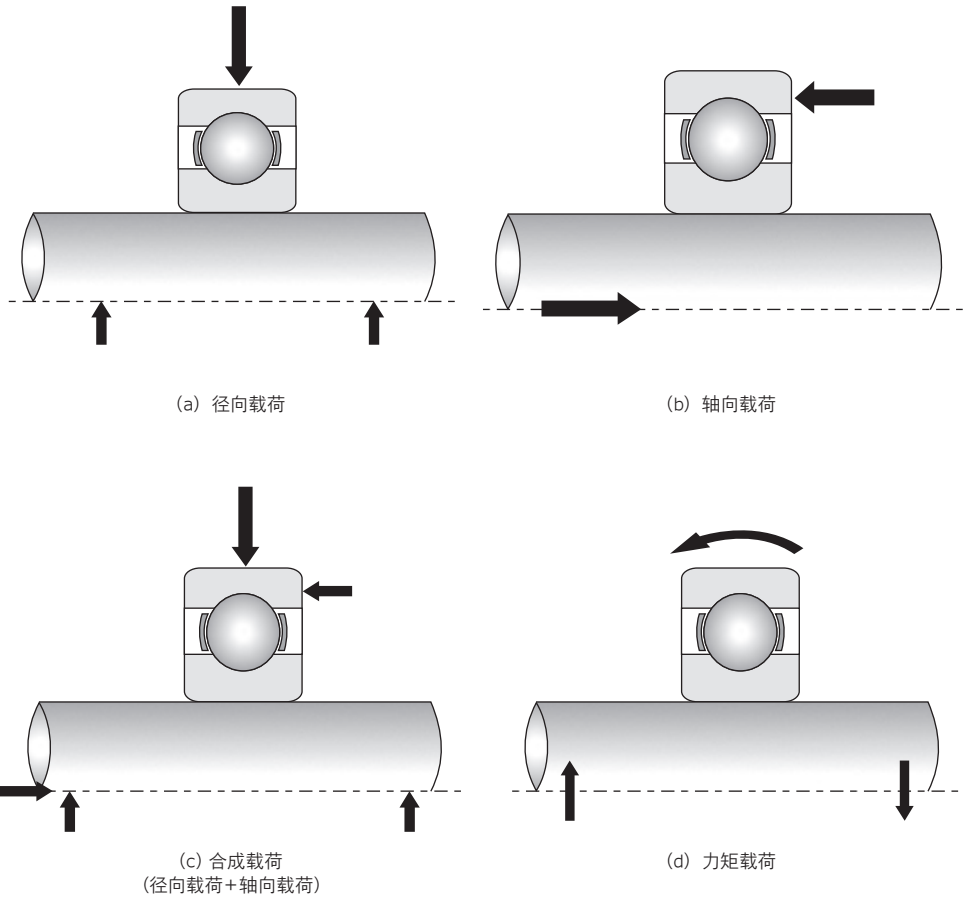



**图1.4 载荷类型**


Comparison Between Each Bearing Fatigue Life
NSK
10
8
HTF
STF

# 2. 轴承的选型

2.1 滚动轴承选型 ..... A 020

2.2 安装空间与轴承类型 ..... A 022

2.3 载荷与轴承类型 ..... A 022

2.4 额定转速与轴承类型 ..... A 022

2.5 内、外圈的倾斜与轴承类型 ..... A 022

2.6 刚度与轴承类型 ..... A 023

2.7 噪音、力矩与轴承类型 ..... A 023

2.8 旋转精度与轴承类型 ..... A 023

2.9 安装、拆卸与轴承类型 ..... A 023

# 2．轴承的选型

## 2.1 滚动轴承选型

市场对各种使用滚动轴承的机械设备、仪器等的性能要求日趋严格，对轴承要求的条件、性能也日趋多样化。为了能从众多的结构、尺寸中选择最适合的轴承，需要从各种角度研究。

在轴承选型时，通常，考虑作为轴系内的轴承配制、安装、拆卸的难易度、轴承占用的空间、轴承尺寸及轴承的市场性等，大致决定轴承结构。

其次，通过比较研究各种使用轴承的机械的设计寿命和各种轴承的不同耐久程度，从而决定轴承尺寸。在轴承选型时，往往只考虑轴承的疲劳寿命，但由润滑脂老化而引起的润滑脂寿命、磨损、噪声等也需要充分考虑。此外，还要根据不同用途对精度、游隙、保持架结构、润滑脂等提出特殊的设计要求。

轴承选型并无固定的程序，可以选择相近的设备进行调研。如需选择用于新机械、特殊工况、恶劣环境条件等的轴承时，请咨询 NSK。

常规轴承的选型步骤如图（图 2.1）所示。

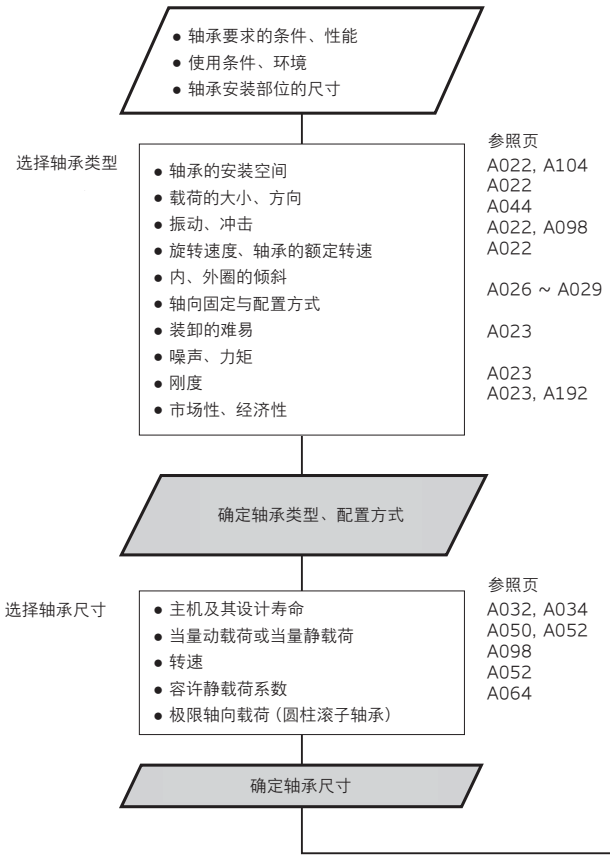
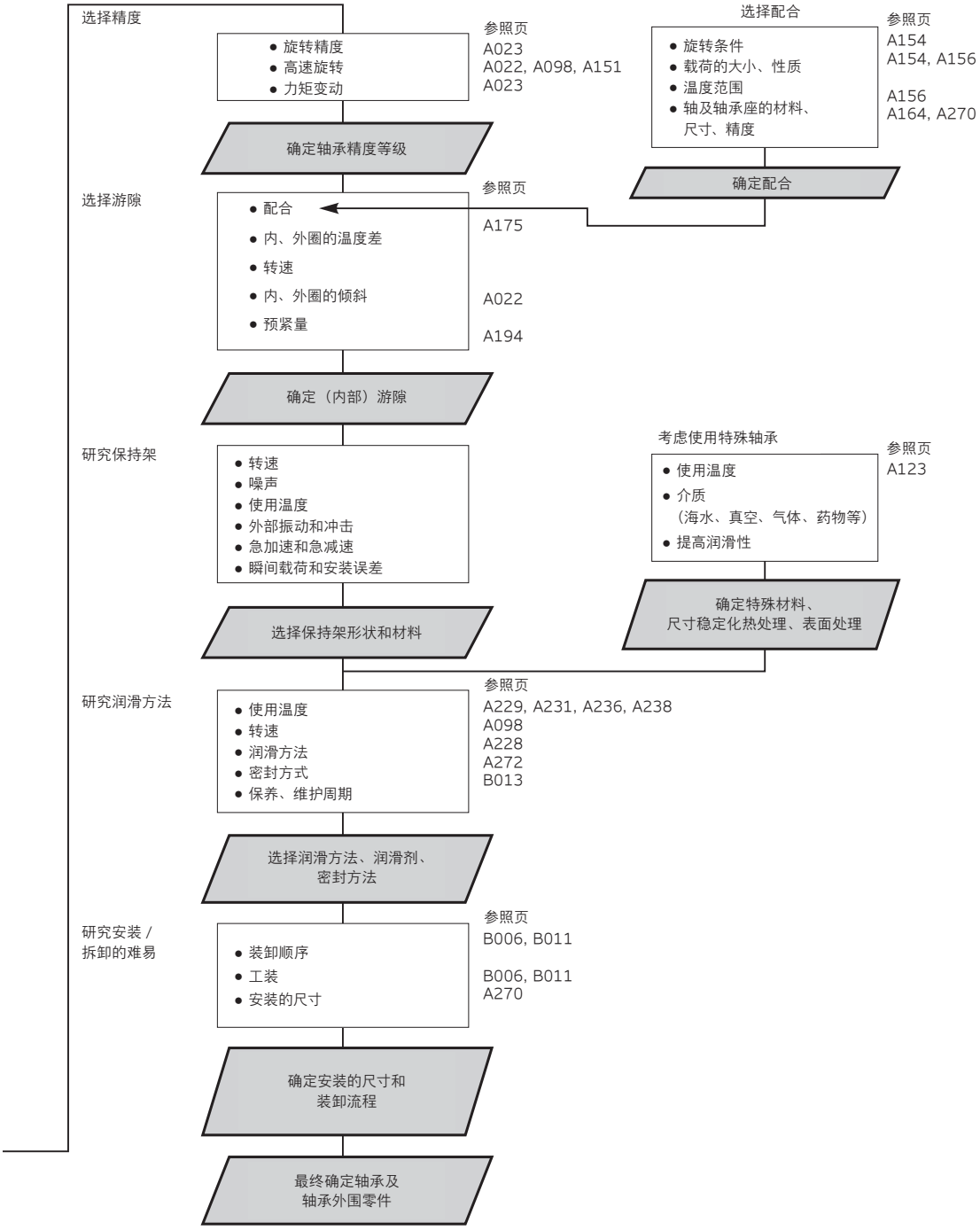



图2.1 滚动轴承选型流程图


选择精度
• 旋转精度
• 高速旋转
• 力矩变动
参照页
A023
A022, A098, A151
A023
确定轴承精度等级
选择配合
• 旋转条件
• 载荷的大小、性质
• 温度范围
• 轴及轴承座的材料、尺寸、精度
参照页
A154
A154, A156
A156
A164, A270
确定配合
选择游隙
• 配合
• 内、外圈的温度差
• 转速
• 内、外圈的倾斜
• 预紧量
参照页
A175
A022
A194
确定（内部）游隙
研究保持架
• 转速
• 噪声
• 使用温度
• 外部振动和冲击
• 急加速和急减速
• 瞬间载荷和安装误差
考虑使用特殊轴承
• 使用温度
• 介质
（海水、真空、气体、药物等）
• 提高润滑性
参照页
A123
选择保持架形状和材料
确定特殊材料、
尺寸稳定化热处理、表面处理
研究润滑方法
• 使用温度
• 转速
• 润滑方法
• 密封方式
• 保养、维护周期
参照页
A229, A231, A236, A238
A098
A228
A272
B013
选择润滑方法、润滑剂、
密封方法
研究安装 /
拆卸的难易
• 装卸顺序
• 工装
• 安装的尺寸
参照页
B006, B011
B006, B011
A270
确定安装的尺寸和
装卸流程
最终确定轴承及
轴承外围零件

## 2.2 安装空间与轴承类型

由于允许用于滚动轴承与其外围的设计空间有限，必须在其限度内，选择轴承类型、尺寸。机械设计多首先确定轴径，所以大多以轴承内径为基准进行选型。滚动轴承有许多尺寸系列和结构形式已实现标准化，可以从中选择最合适的轴承类型。图 2.2 所示为向心轴承的尺寸系列及其相应的轴承类型。

## 2.3 载荷与轴承类型

如图 2.3 所示，轴承的轴向承载能力与径向载荷密切相关（参见 A032 页），具体视轴承设计而定。从图中可以清晰看出，当比较同一尺寸系列的轴承时，滚子轴承比球轴承的承载能力更大，且更适用于有冲击载荷的工况。

## 2.4 额定转速与轴承类型

滚动轴承所允许的额定转速，除轴承类型外，还因保持架形式、材料、轴承载荷、润滑方法、冷却状态等而异。就一般的油浴润滑情况下，按额定转速由大到小顺序排列轴承类型，大致如图 2.4 所示。

## 2.5 内、外圈的倾斜与轴承类型

因负荷引起的轴挠曲、轴或轴承座精度不良、安装误差等会使轴承内圈与外圈之间产生轴承允许的倾斜角，因轴承类型、使用条件而异，通常小于 0.0012 弧度 (4′)。

预料到内、外圈会有大的倾斜时，则选择调心球轴承、调心滚子轴承、带座外球面球轴承等具有调心功能的轴承类型（图 2.5、图 2.6）。

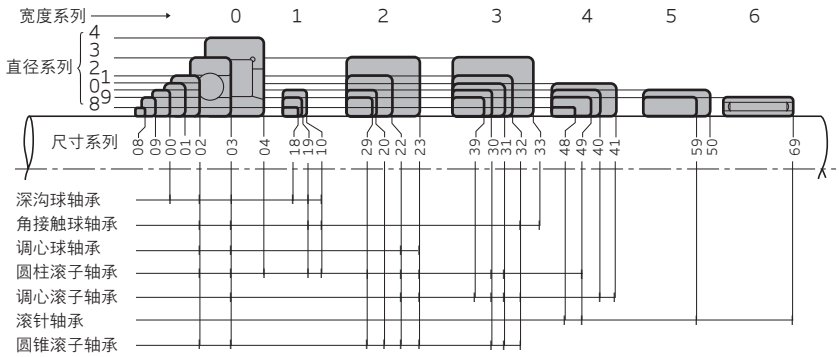
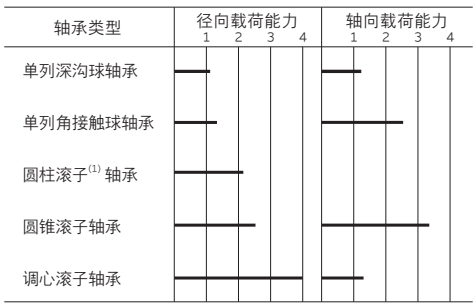



图2.2 向心轴承的尺寸系列和结构形式




注 (1) 带挡边圆柱滚子轴承具有一定程度的轴向承载能力

图2.3 按照轴承类型比较承载能力

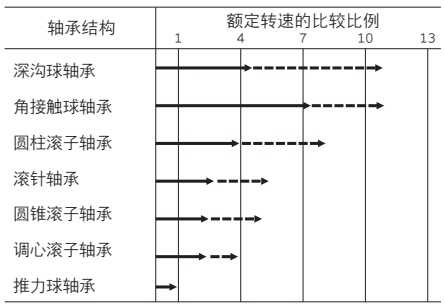



图2.4 按照轴承类型比较额定转速

各类轴承所容许的倾斜角见轴承尺寸表。

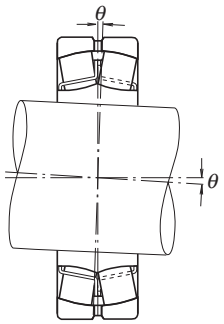



图2.5　调心滚子轴承的容许倾斜角

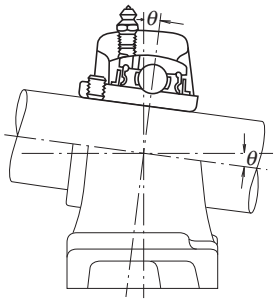



图2.6　带座外球面球轴承的容许倾斜角

| 轴承结构 | 规定的最高精度 | 内圈径向跳动的容许值的比例 1 2 3 4 5 |
|---|---|---|
| 深沟球轴承 | 2 级 | |
| 向心推力球轴承 | 2 级 | |
| 圆柱滚子轴承 | 2 级 | |
| 圆锥滚子轴承 | 4 级 | |
| 调心滚子轴承 | 0 级 | |

图2.7　各类轴承最高精度等级的内圈径向跳动的容许值

## 2.6　刚度与轴承类型

滚动轴承承受载荷后，滚动体与滚道的接触部分会产生弹性变形。轴承的刚度，取决于轴承载荷与内、外圈及滚动体的弹性变形量之比。机床主轴等必须提高轴和轴承的刚度。所以多选用承载后变形比球轴承小的滚子轴承。通过预紧，使轴承处于负游隙状态，可提高轴承的刚度。该方法适用于角接触球轴承，圆锥滚子轴承等。

## 2.7　噪音、力矩与轴承类型

滚动轴承采用精密加工技术制造，噪音和力矩小。深沟球轴承、圆柱滚子轴承等，根据其用途规定有噪音等级；高精度微型球轴承，对启动力矩做了规定。如电动机、计量仪器之类要求低噪音、低力矩的仪器适合使用深沟球轴承。

## 2.8　旋转精度与轴承类型

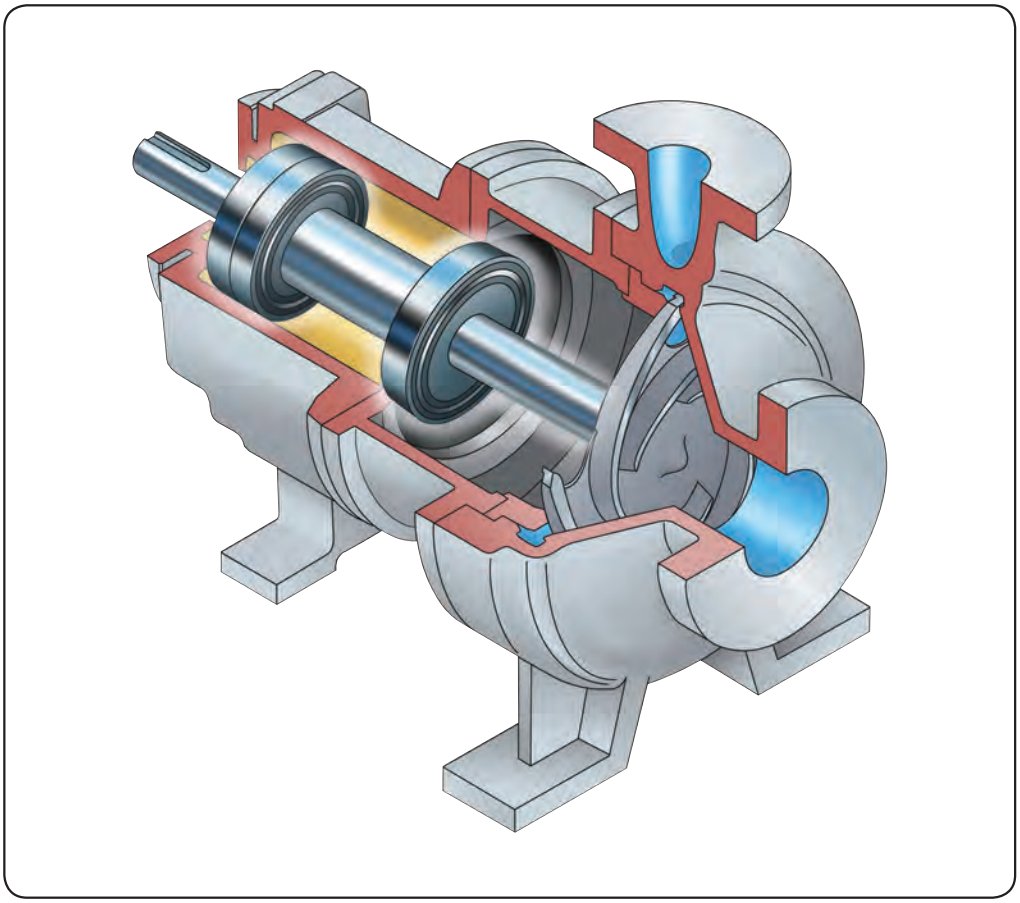
为满足机床主轴等要求旋转体跳动精度高、增压机之类要求转速高的性能要求，应选用精度等级 5 级、4 级、2 级等高精度轴承。

滚动轴承的旋转精度，不同项目均有不同的相关规定。类型不同，规定的等级也不同。按轴承类型不同分别与规定的最高旋转精度，内圈的径向跳动比较如图 2.7 所示。

因而，要求高旋转精度时多选用深沟球轴承、角接触球轴承或圆柱滚子轴承等。

## 2.9　安装、拆卸与轴承类型

圆柱滚子轴承、滚针轴承、圆锥滚子轴承等内圈和外圈为可以分离的结构形式，便于安装和拆卸。在需要定期检查或轴承的拆卸、安装比较频繁的情况下，上述结构形式的轴承比较适用。锥孔调心球轴承、调心滚子轴承（小型）等使用衬套，比较容易拆卸和安装。



# 3. 轴承的配置

3.1 固定端轴承与自由端轴承 ..... A 026

3.2 轴承配置举例 ..... A 027

# 3. 轴承的配置

轴一般由 2 套滚动轴承支承。在考虑轴承配置时，须对以下项目进行研究：

(1) 温度变化而引起的轴的膨胀、收缩。
(2) 轴承安装、拆卸的难易。
(3) 由于轴的挠曲、安装误差而造成的内圈、外圈的倾斜。
(4) 包括轴承在内的整个旋转系统的刚度与预紧方法。
(5) 在最合适的位置上承受及传递载荷。

## 3.1 固定端轴承与自由端轴承

在配置的轴承中，将一套作为固定端轴承，用于进行轴向定位固定。该固定端要选择可承受径向载荷和轴向载荷的轴承。

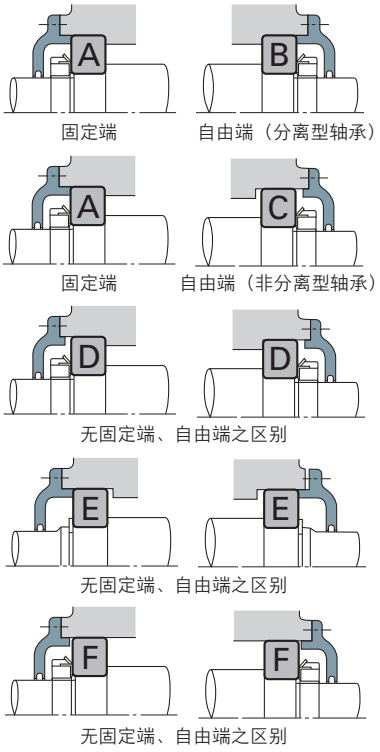
固定端轴承之外的其他轴承必须为“自由端”轴承，仅承受径向载荷以解决轴膨胀和轴收缩问题。

如不解决温度变化引进的轴的伸缩，轴承会受到异常的轴向载荷，成为早期损坏的原因。

自由端轴承，使用内外圈可分离、可轴向移动的圆柱滚子轴承（NU、N 型等）、向心滚针轴承等，这类轴承易于安装和拆卸。

将非分离型轴承用于自由端时，一般外圈和轴承座采用间隙配合，与轴承一起吸收轴在运转中产生的膨胀。另外，还可以通过内圈和轴的配合面吸收。

在轴承间隔小，轴伸缩影响可忽略不计的情况下，可以使用两套对置的角接触球轴承或圆锥滚子轴承。安装后的轴向游隙（轴向位移量）使用螺母或垫片来调整。




**轴承 A**
- 深沟球轴承
- 成对双联角接触球轴承
- 双列角接触球轴承
- 调心球轴承
- 带挡边圆柱滚子轴承（NH、NUP型）
- 双列圆锥滚子轴承
- 调心滚子轴承

**轴承 B**
- 圆柱滚子轴承（NU、N型）
- 滚针轴承（NA型等）

**轴承 C**(1)
- 深沟球轴承
- 成对双联角接触球轴承（背对背）
- 双列角接触球轴承
- 调心球轴承
- 双列圆锥滚子轴承（KBE型）
- 调心滚子轴承

**轴承 D, E**(2)
- 角接触球轴承
- 圆锥滚子轴承
- 磁电机球轴承
- 圆柱滚子轴承（NJ、NF型）

**轴承 F**
- 深沟球轴承
- 调心球轴承
- 调心滚子轴承

注：(1) 图上所示为外圈外径吸收轴伸缩的情况，有时也有内径吸收的。
(2) 每类轴承都是两套对置使用。

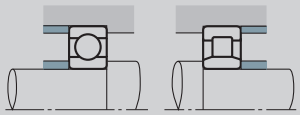
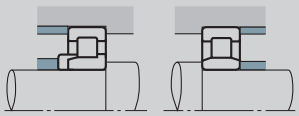
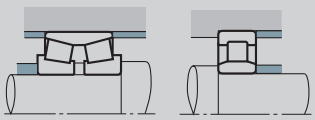
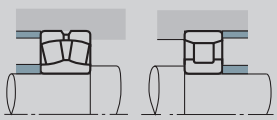
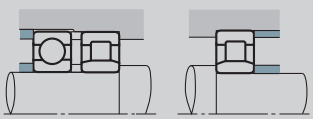
**图3.1 轴承的配置和轴承类型**

自由端、固定端的区别、轴承配置以及轴承结构形式如图 3.1 所示。

## 3.2 轴承配置举例

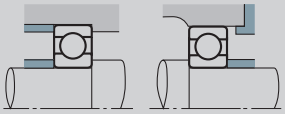
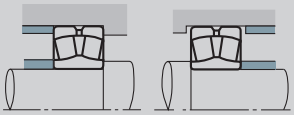
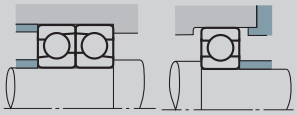
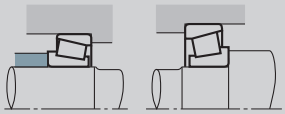
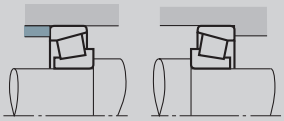
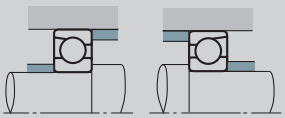
表 3.1 所示轴承配置，已考虑了轴系预紧、刚度、轴的伸缩、安装误差等，是典型的轴承配置。

**表3.1 典型的轴承配置及应用实例**

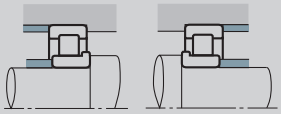
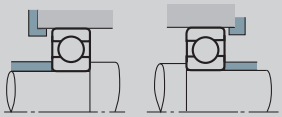
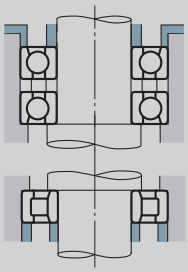
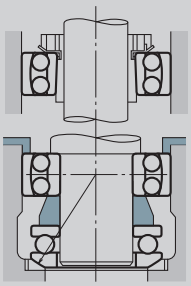
| 轴承配置 | | 摘要 | 使用举例 |
|---|---|---|---|
| 固定端 | 自由端 | | |
|  | | ◯ 属于常用配置，即使发生轴伸缩，轴承也不会承受异常轴向载荷<br>◯ 适于安装误差少，高速用途 | 中型电动机、鼓风机 |
|  | | ◯ 可以承受重载荷、冲击载荷及一定程度的轴向载荷<br>◯ 因为圆柱滚子轴承各种结构都是分离形，所以适用于内、外圈均需要过盈量的用途 | 铁道车辆用牵引电机 |
|  | | ◯ 适用于载荷较大的场合<br>◯ 为保证固定端轴承刚度，所以采用背对背安装<br>◯ 要求轴、轴承座精度好，安装误差少 | 冶钢工作台滚动支承、车床主轴 |
|  | | ◯ 适用于轴向载荷不大，内、外圈均需要过盈配合的应用 | 造纸机械的研光辊、内燃机车车轴等 |
|  | | ◯ 适用于高速旋转、径向载荷大，并且有轴向载荷的场合<br>◯ 在深沟球轴承的外径和轴承座内径之间设计游隙，避免承受径向载荷 | 内燃机车减速装置 |

接下页

表3.1　典型的轴承配置及应用实例(续)

| 轴承配置<br>固定端 / 自由端 | 摘要 | 使用举例 |
|---|---|---|
|  | ◯ 最为常见的配置<br>◯ 除径向载荷外，还可以承受一定程度的轴向载荷 | 双吸入式离心泵、汽车变速箱等 |
|  | ◯ 最适用于有安装误差、轴挠曲的场合<br>◯ 多用于载荷大的通用机械、工业机械等 | 减速器<br>炼铁厂台辊天车移动轮轴<br>钢铁连铸机导辊及辊道等 |
|  | ◯ 适用于较大双向轴向载荷的场合<br>◯ 也可使用双列角接触球轴承来代替成对双联角接触球轴承 | 蜗轮蜗杆减速器 |
| 无固定端、自由端区别的场合 | 摘要 | 使用举例 |
|  <br>背对背安装<br>  <br>面对面安装 | ◯ 可以承受重载荷、冲击载荷，是一种广泛使用的配置方式<br>◯ 背对背安装，特别适用于轴承间距小、力矩载荷大的场合<br>◯ 面对面安装，在内圈为过盈配合时容易安装，且能允许一定的安装误差的场合<br>◯ 在预紧状态下使用时，要注意调整预紧力及游隙 | 汽车差速器小齿轮轴、汽车前桥和后桥、蜗轮减速器等 |
|  <br>背对背安装 | ◯ 用于径向载荷不太大、轴向载荷较大的高速运转场合<br>◯ 适用于施加预紧、提高轴刚度的场合<br>◯ 承受力矩载荷时，背对背安装比正面安装有利 | 磨床的砂轮轴等 |

接下页

| 无固定端、自由端区别的场合 | 摘要 | 使用举例 |
|---|---|---|
|  <br>背对背安 NJ + NJ 安装 | ◯ 耐重载荷、冲击载荷<br>◯ 也可以用于内、外圈均需要过盈量配合的场所<br>◯ 要注意在运转中轴向游隙不可过小<br>◯ 也可采用 NF+NF 安装 | 工程机械主传动减速装置等 |
|  | ◯ 有在一端轴承外圈端面上使用弹簧的 | 小型电动机、小型减速器、小型泵等 |
| 立式的场合 | 摘要 | 使用举例 |
|  | ◯ 成对双联角接触球轴承装于固定端<br>◯ 圆柱滚子轴承装于自由端 | 立式电动机等 |
|  | ◯ 使调心垫圈的球面中心与调心球轴承的中心一致<br>◯ 上部轴承装于自由端 | 立式开布机（纺织机）等 |

# 4. 轴承尺寸的选择


4.1 轴承的寿命 …… A 032

4.1.1 滚动疲劳寿命与基本额定寿命 …… A 032

4.2 基本额定动载荷与疲劳寿命 …… A 032

4.2.1 基本额定动载荷 …… A 032

4.2.2 使用机械与设计寿命 …… A 034

4.2.3 根据基本额定动载荷选择轴承尺寸 …… A 035

4.2.4 根据温度修正基本额定动载荷 …… A 035

4.2.5 修正基本额定寿命 …… A 037

4.2.6 多套轴承总体的寿命计算 …… A 038

4.2.7 NSK新寿命计算公式 …… A 040

4.3 轴承载荷的计算 …… A 044

4.3.1 载荷系数 …… A 044

4.3.2 皮带或链条传动时的轴承载荷 …… A 044

4.3.3 齿轮传动时的轴承载荷 …… A 045

4.3.4 轴承载荷分配 …… A 045

4.3.5 载荷、转速变化时的平均载荷 …… A 046

4.3.6 旋转载荷与静载荷的联合载荷 …… A 048

4.4 当量动载荷 …… A 050

4.4.1 当量动载荷的计算 …… A 050

4.4.2 角接触球轴承及圆锥滚子轴承的轴向载荷分力 …… A 051

4.5 基本额定静载荷与当量静载荷 …… A 052

4.5.1 基本额定静载荷 …… A 052

4.5.2 当量静载荷 …… A 052

4.5.3 极限静载荷系数 …… A 052

4.6 轴承计算举例 ..... A 054

4.7 轴承类型与极限轴向载荷 ..... A 058

4.7.1 向心球轴接触角的变化与极限轴向载荷 ..... A 058

(1) 轴向载荷引起的接触角变化 ..... A 058

(2) 深沟球轴承的极限轴向载荷 ..... A 062

4.7.2 圆柱滚子轴承的极限轴向载荷
(挡边的破坏强度) ..... A 064

4.8 技术数据 ..... A 066

4.8.1 疲劳寿命与可靠性 ..... A 066

4.8.2 径向游隙与疲劳寿命 ..... A 068

4.8.3 深沟球轴承内、外圈倾斜与疲劳寿命 ..... A 070

4.8.4 圆柱滚子轴承内、外圈倾斜与疲劳寿命 ..... A 072

4.8.5 油膜参数与滚动疲劳寿命 ..... A 074

4.8.6 EHL油膜参数计算简图 ..... A 076

(1) 油膜参数 ..... A 076

(2) 油膜参数计算简图 ..... A 076

(3) 供油不足及剪切发热的影响 ..... A 080

4.8.7 齿轮的载荷计算 ..... A 082

(1) 正齿轮、斜齿轮与人字齿轮的载荷计算 ..... A 082

(2) 直齿锥齿轮的载荷计算 ..... A 086

(3) 螺旋锥齿轮的载荷计算 ..... A 088

(4) 双曲线齿轮的载荷计算 ..... A 090

(5) 蜗轮的载荷计算 ..... A 094

# 4. 轴承尺寸的选择

## 4.1 轴承的寿命

滚动轴承的性能因用途而异，并须在很长一段时期内保持不变。即使轴承安装得当，使用也正确，经过一段时间后，也会因噪音与振动增加、运行精度下降、润滑脂劣化、滚动面疲劳剥落而无法发挥令人满意的表现。

轴承寿命，从广义上来说，就是轴承能够持续运行，满足所要求功能的这段时间。轴承的寿命可分别称为：噪音寿命、磨损寿命、润滑脂寿命、滚动疲劳寿命，具体视导致轴承无法运行的原因而定。

除了自然劣化会导致轴承功能失效外，诸如咬粘、破裂、套圈的擦伤、密封圈或保持架损坏或其他损坏等情况也会导致轴承失效。

由于这些故障多是由于轴承选型不当、轴承外围的设计或制造不良、安装不正确或维修保养不当引起的，因此，不可以视为正常的轴承故障。

### 4.1.1 滚动疲劳寿命与基本额定寿命

滚动轴承承受载荷运转时，内外圈的滚道面及滚动体的滚动面承受重复循环应力，由于滚道面或滚动面滚动接触面产生的金属疲劳，一些鳞状颗粒可能会从轴承材料上脱落（图 4.1），该现象被称为“剥落”（Flaking）。截止到轴承表面由于应力出现剥落时的总旋转次数称为滚动疲劳寿命，也称作疲劳寿命。如图 4.2 所示，即使是有着相同类型、尺寸、材料、热处理及其他加工工艺的相似轴承，在同一条件下运转，滚动疲劳寿命也存在相当大的离散性。这是因为疲劳导致的材料剥落受多个变量的影响。因此，将这种滚动疲劳寿命作为统计现象处理的基本额定寿命优先于实际滚动疲劳寿命使用。

假设一组同一型号的轴承置于相同条件下运转，过一段时间后，其中 10% 的轴承出现滚动疲劳引起的剥落，此时的总转数就被定义为基本额定寿命；转速恒定时则常用 10% 的轴承因剥落导致无法使用所需的总运转时间来表示基本额定寿命。

在确定轴承寿命时，基本额定寿命常常并非是唯一的考虑因素，还要考虑其他因素。例如可大致算出脂润滑轴承的润滑脂寿命（参见第 11 章润滑 A228 页）。由于噪音寿命与磨损寿命根据用途不同，使用的标准各异，因此，必须以经验为主来确定噪音寿命或磨损寿命的具体值。

## 4.2 基本额定动载荷与疲劳寿命

### 4.2.1 基本额定动载荷

基本额定动载荷是指轴承在外圈静止、内圈总转数达 100 万转寿命时所承受的恒定载荷（$10^6$ 转）。向心轴承的基本额定载荷被定义为方向及大小恒定的中心径向载荷，而推力轴承的基本额定载荷被定义为大小恒定的中心轴向载荷。在轴承尺寸表中，向心轴承的额定动载荷列为 $C_r$，推力轴承的额定动载荷则列为 $C_a$。



图4.1　剥落示例

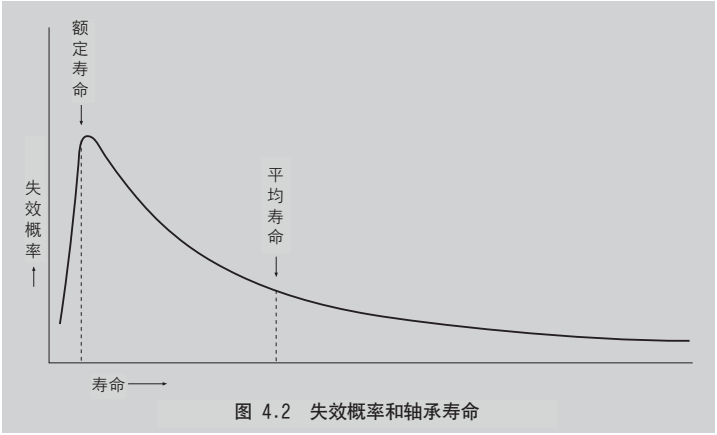



图 4.2　失效概率和轴承寿命

### 4.2.2 使用机械与设计寿命

选择额定载荷过高的轴承并不是一个明智的做法，因为这些轴承可能过大且不经济。此外，轴承选型时，不能只根据轴承寿命来决定，还需要考虑轴承所安装轴的强度、刚度和设计。轴承有着很广的应用范围，且根据具体用途和使用条件，其设计寿命也各有不同。表 4.1 所示为根据各类机械惯常的使用经验得出的经验疲劳寿命系数。此外，也可参考表 4.2。

表4.1 不同用途轴承的疲劳寿命系数 $f_h$

| 运行周期 | 疲劳寿命系数 $f_h$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ~3 | 2~4 | 3~5 | 4~7 | 6~ |
| 不常使用或仅短时间使用 | ·家用吸尘器、洗衣机等小型电器<br>·手持电动工具 | ·农业机械 | | | |
| 偶尔使用，但要求确保运转正常 | | ·家用取暖器和空调的电机<br>·工程机械 | ·传送带<br>·电梯缆绳滑轮 | | |
| 间歇性较长时间运行 | ·轧机辊颈 | ·小型电动机<br>·甲板起重机<br>·一般货物起重机<br>·齿轮座<br>·轿车 | ·工厂电机<br>·机床<br>·传动装置<br>·振动筛<br>·碎矿机 | ·起重机滑轮<br>·压缩机<br>·关键传动装置 | |
| 间歇性每天八小时以上运行 | | ·自动扶梯 | ·离心分离机<br>·空调设备<br>·风机<br>·木工机械<br>·大型电机<br>·铁路车辆的轴箱 | ·矿用起重机<br>·冲床飞轮<br>·轨道牵引电机<br>·机车轴箱 | ·造纸机械 |
| 持续使用且要求确保运转正常 | | | | | ·水厂泵<br>·电站设备<br>·矿井排水泵 |

表4.2 轴承的基本额定寿命、疲劳寿命系数与转速系数

| 寿命参数 | 球轴承 | 滚子轴承 |
|---|---|---|
| 基本额定寿命 | $L_h=\frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^3=500f_h^3$ | $L_h=\frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}}=500f_h^{\frac{10}{3}}$ |
| 疲劳寿命系数 | $f_h=f_n\frac{C}{P}$ | $f_h=f_n\frac{C}{P}$ |
| 转速系数 | $f_n=\left(\frac{10^6}{500\times60n}\right)^{\frac{1}{3}}=(0.03n)^{-\frac{1}{3}}$ | $f_n=\left(\frac{10^6}{500\times60n}\right)^{\frac{3}{10}}=(0.03n)^{-\frac{3}{10}}$ |

$n$, $f_n$……图4.3（参见 A036 页），附表12（参见 E018页）
$L_h$, $f_h$…图4.4（参见 A036 页），附表13（参见 E019页）

### 4.2.3 根据基本额定动载荷选择轴承尺寸

轴承载荷与基本额定寿命之间存在如下关系：

球轴承 $$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad \cdots\cdots (4.1)$$

滚子轴承 $$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \quad \cdots\cdots (4.2)$$

式中，$L$：基本额定寿命（$10^6$ 转）

$P$：轴承载荷（当量动载荷）（N），{kgf}

……（参见 A30 页）

$C$：基本额定动载荷（N），{kgf}

向心轴承的 $C$ 用 $C_r$ 表示

推力轴承的 $C$ 用 $C_a$ 表示

轴承转速恒定时，其疲劳寿命用时间表示比较方便。汽车及其他车辆等一般以行车里程表示轴承的疲劳寿命。

设轴承的基本额定寿命为 $L_h$（h）、转速为 $n$（$\min^{-1}$）、疲劳寿命系数为 $f_h$、速度系数为 $f_n$，则可以得出表 4.2 的关系。

在已知轴承载荷 $P$ 及转速 $n$，确定机械设计寿命疲劳系数 $f_h$ 的情况下，轴承所需要的基本额定动载荷 $C$，可用下列公式求出。

$$C = \frac{f_h \cdot P}{f_n} \quad \cdots\cdots (4.3)$$

然后，应从轴承尺寸表中，选择符合 $C$ 值的轴承。

### 4.2.4 根据温度修正基本额定动载荷

在高温下使用滚动轴承时，轴承钢的硬度会下降。因此，由材料物理属性决定的基本额定动载荷也会降低。所以，应使用以下公式对较高温度下的基本额定动载荷进行修正：

$$C_t = f_t \cdot C \quad \cdots\cdots (4.4)$$

式中，$C_t$：根据使用温度修正后的基本额定动载荷（N），{kgf}

$f_t$：温度系数（参见表 4.3）

$C$：温度调整前的基本额定动载荷（N），{kgf}

在 120℃以上的高温条件下使用大型轴承时，必须采取特殊尺寸稳定化热处理，以防止其尺寸变化过大。经过该特殊尺寸稳定化热处理后，轴承的基本额定动载荷可能低于轴承尺寸表中所列的基本额定动载荷。

表4.3 温度系数 $f_t$

| 轴承温度 ℃ | 125 | 150 | 175 | 200 | 250 |
|---|---|---|---|---|---|
| 温度系数 $f_t$ | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.75 |

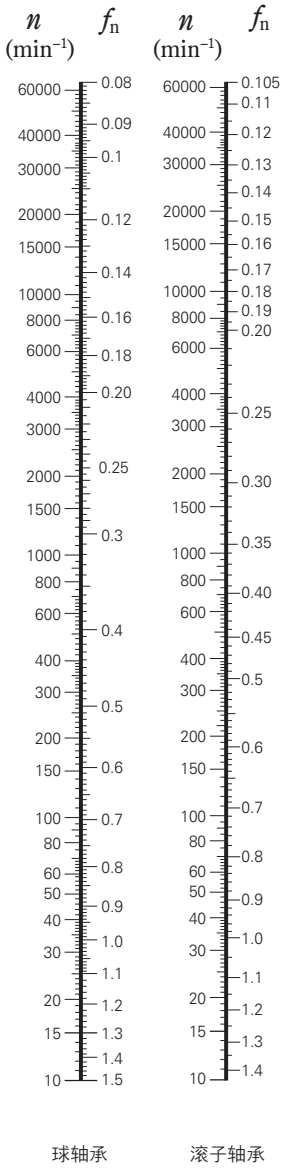



图4.3　轴承转速与转速系数

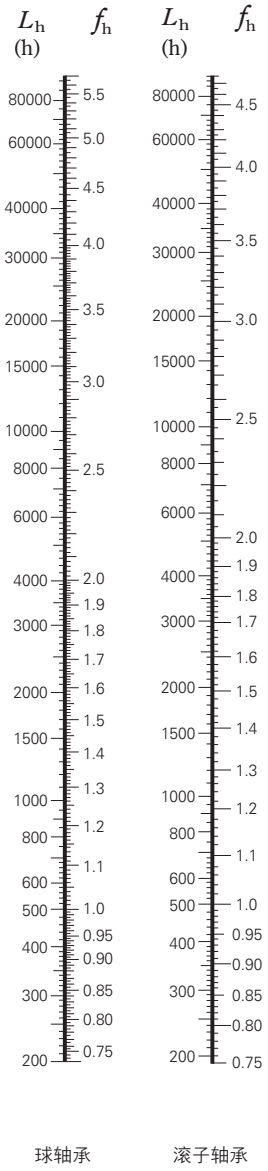



图4.4　疲劳寿命系数与疲劳寿命

### 4.2.5 修正基本额定寿命

如前所述，计算基本额定寿命的基本公式可表示为：

球轴承 $$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad \cdots\cdots (4.5)$$

滚子轴承 $$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \quad \cdots\cdots (4.6)$$

$L_{10}$ 是统计可靠性为 90% 的基本额定寿命。有时要求可靠性超过 90%，具体视轴承所使用的机械而定。随着近年来轴承材料的改进，其疲劳寿命也得到了显著延长。此外，弹性流体润滑理论的发展表明：滚道与滚动体接触区域的润滑膜厚度对轴承的寿命有着很大的影响。要想将该等改进因素反映到疲劳寿命计算中，可使用下列修正系数修正基本额定寿命：

$$L_{na} = a_1\, a_2\, a_3\, L_{10} \quad \cdots\cdots (4.7)$$

式中，$L_{na}$：考虑了可靠性、材料改进、润滑条件等因素的修正后疲劳寿命。

$L_{10}$：可靠性为 90% 的基本额定寿命。

$a_1$：可靠性的寿命修正系数

$a_2$：轴承特性的寿命修正系数

$a_3$：工况的寿命修正系数

可靠性超过90%的$a_1$值见表4.4。

轴承特性的寿命修正系数$a_2$用于反映轴承钢的改进。

NSK 全部采用真空脱气轴承钢材，且 NSK 测试表明相较于以前的材料，该材料能够大幅延长轴承的寿命。轴承尺寸表中所列的基本额定动载荷 $C_r$ 和 $C_a$，是考虑了材料及制造技术改进所延长寿命后计算得出的值。因此，使用公式 (4.7) 推算寿命时，可假设 $a_2$ >1。

表4.4 可靠性系数 $a_1$

| 可靠性(%) | 90 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a_1$ | 1.00 | 0.64 | 0.55 | 0.47 | 0.37 | 0.25 |

工况寿命修正系数$a_3$用于修正多个系数，尤其是润滑系数。如果内外圈之间没有倾斜，且轴承接触区域的润滑膜厚度充足时，可以设$a_3$>1；但下列情况中，$a_3$<1:

- 滚道与滚动体之间接触区域的润滑剂粘度低
- 滚动体的线速度很低
- 轴承温度高
- 润滑剂中混入了水分或异物
- 内外圈之间倾斜过大

由于仍有很多未知因素，因此，难以为具体工况确定合适的$a_3$值。并且，轴承特性系数$a_2$也受工况影响。所以可以将 $a_2$和$a_3$结合($a_2$×$a_3$)作为一个数值而非独立系数来处理。这时，在常规润滑和工况下，($a_2$×$a_3$)应设为等于1。然而，在润滑剂粘度过低时，可将该值降至最低0.2。

如果轴承没有倾斜，且使用了高粘度润滑剂确保有足够的流体油膜厚度时，($a_2$×$a_3$)值可设为2。

根据基本额定动载荷选择轴承时，最好根据用途选择可靠系数$a_1$，以及基于以往同种机械的润滑条件、温度条件、安装状态等经验确定的$C/P$或$f_h$值。

基本额定寿命公式(4.1)、(4.2)、(4.5)和(4.6)能够为一系列轴承载荷计算提供符合要求的结果。然而，载荷过大时，可能导致滚动体与滚道的接触点产生有害的塑性变形。当向心轴承的$P_r$超过$C_{0r}$（基本额定静载荷）或0.5 $C_r$（以两者中较小者为准）时，或者推力轴承的$P_a$超过0.5 $C_a$时，请咨询NSK确定基本额定疲劳寿命公式的适用性。

### 4.2.6 多套轴承总体的寿命计算

当同一台机械上使用了多个滚动轴承时，如果已知作用于每个轴承的载荷，就可以确定各轴承的疲劳寿命。然而，一般来说，只要任何一部分的轴承出现故障，机器便无法运行。因此，一些情况下，可能需要了解一台机械上所使用的多套轴承的疲劳寿命。

不同轴承的疲劳寿命有着很大的差别，且我们的疲劳寿命计算公式

$L=\left(\frac{C}{P}\right)^{p}$ 适用于90%寿命（也称额定疲劳寿命，是多个相同轴承在相同条件下90%可达到的总转数或总时间）。

换言之，单个轴承的疲劳寿命计算值，具有90%的概率。由于包含多个轴承的轴承组在特定周期内的耐久概率是单个轴承在相同周期内耐久概率值的乘积，因此，轴承组的额定疲劳寿命并不单单取决于各轴承中额定疲劳寿命最短的一个。实际上，轴承组的寿命要远远小于组中额定疲劳寿命最短的轴承。

假设各轴承的额定疲劳寿命分别为$L_1$、$L_2$、$L_3$……整个轴承组的额定疲劳寿命为$L$，可得到下列公式:

$$\frac{1}{L^{e}}=\frac{1}{L_1^{e}}+\frac{1}{L_2^{e}}+\frac{1}{L_3^{e}}+\cdots\cdots \quad (4.8)$$

式中，e=1.1（球轴承和滚子轴承均适用）

使用图4.5，可以简便求出公式 (4.8) 中的$L$值。

在$L_1$标尺上取公式 (4.8) 的$L_1$值，在$L_2$标尺上取$L_2$值，将两个值用一条直线连起来，然后读取该直线与$L$标尺交叉点所对应的值。以此，可以确定

$$\frac{1}{L_A^{e}}=\frac{1}{L_1^{e}}+\frac{1}{L_2^{e}}$$

的$L_A$值。在$L_1$标尺上取$L_A$值，在$L_2$标尺上取$L_3$值，将两个值用一条直线连起来，然后读取该直线与$L$标尺交叉点所对应的值。

以此，可以确定

$$\frac{1}{L^{e}}=\frac{1}{L_1^{e}}+\frac{1}{L_2^{e}}+\frac{1}{L_3^{e}}$$

的$L$值。

**举例**

设汽车前轮计算得到的轴承疲劳寿命值如下:

内侧轴承为 280 000 km

外侧轴承为 320 000 km

然后，可以根据图4.5确定车轮的轴承疲劳寿命为160 000 km。

确定右轮的轴承疲劳寿命后，左轮的轴承疲劳寿命与之相同。因此，前轮轴承组的疲劳寿命为85 000 km。

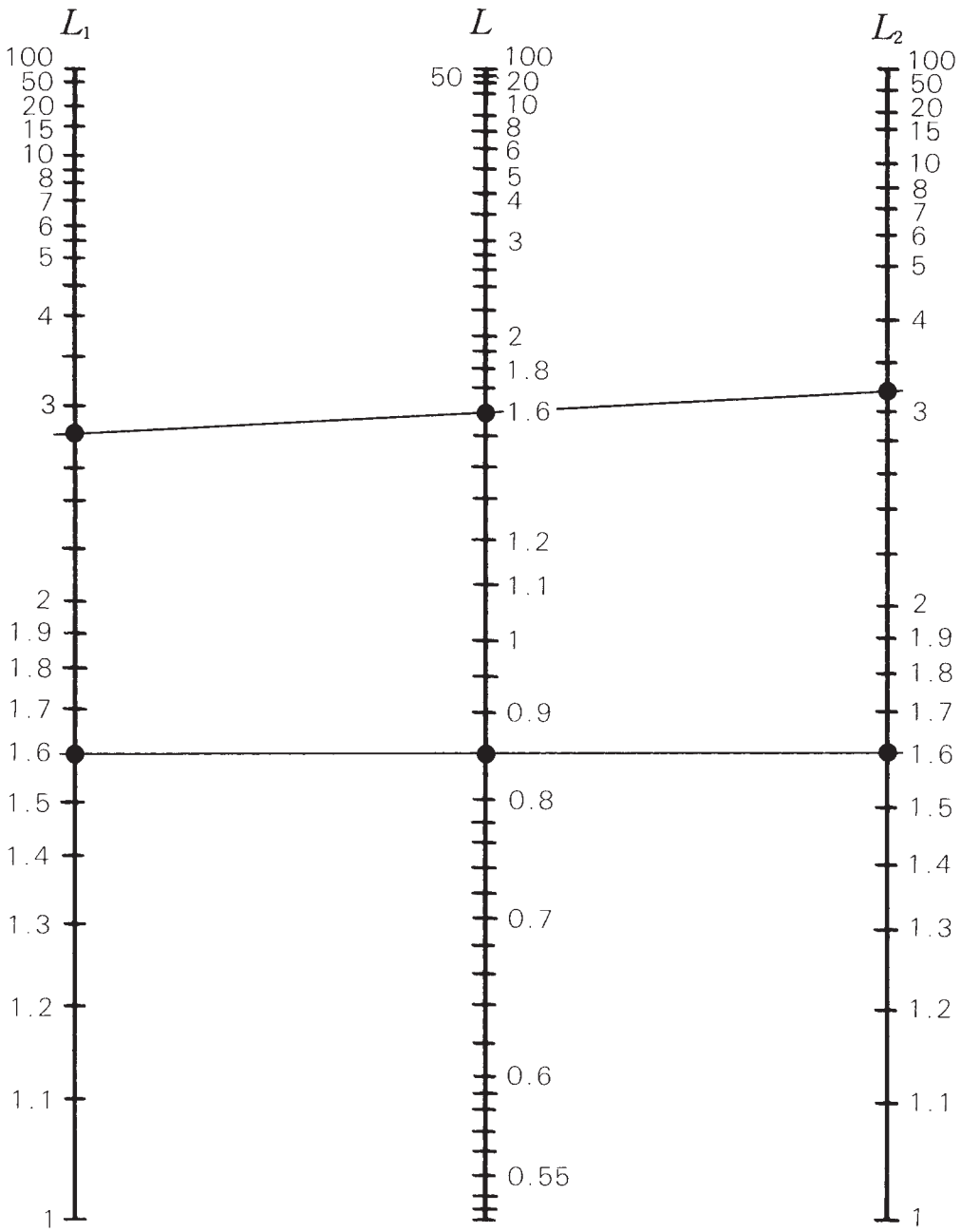

$L_1$
100
50
20
15
10
8
7
6
5
4
3
2
1.9
1.8
1.7
1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1
$L$
50
100
20
10
8
6
5
4
3
2
1.8
1.6
1.2
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.55
$L_2$
100
50
20
15
10
8
7
6
5
4
3
2
1.9
1.8
1.7
1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1

图4.5 寿命计算图表

### 4.2.7 NSK 新寿命计算公式

近年来，轴承技术取得了快速的发展，尤其是在尺寸精度和材料清洁度方面。因此，相较于传统 ISO 寿命计算公式求得的寿命，如今的轴承在清洁的环境能够拥有更长的滚动疲劳寿命。寿命得以延长，一部分原因在于诸如润滑清洁度和过滤等轴承相关技术领域取得了重大进步。

传统的寿命计算公式基于 G. Lundberg 和 A. Palmgren 的理论（以下简称“L-P 理论”），只涉及内部起点型剥落。在该现象中，首先由于动态剪切应力在滚动面下方产生最初的裂纹，然后以裂纹为起点发展到表面的剥落。

$$ln\frac{1}{S} \propto \frac{\tau_o^c \cdot N^e \cdot V}{Z_o^h} \quad \cdots\cdots (4.9)$$

NSK 的新寿命计算公式所依据的理论认为滚动疲劳寿命是同时发生的内部起点型剥落和表面起点型剥落共同作用的总和。

### 新寿命计算公式的构成

(1) 内部起点型剥落

滚动轴承出现内部起点型剥落的前提条件是滚动体与滚道在清洁润滑条件下通过足量和连续性油膜进行接触。

图 4.6 绘制了各试验条件下的 $L_{10}$ 寿命，其中纵轴和横轴分别表示最大表面接触压力 ($P_{max}$) 和所施加重复应力的次数。

在图中，$L_{10}$ 理论线是使用传统寿命计算公式得到的理论线。随着最大表面接触应力下降，实际寿命线越来越偏离使用传统理论计算得到的线，且趋向寿命更长的方向。该偏离表明存在疲劳极限载荷 $P_u$，低于该值将不会产生滚动疲劳。图 4.7 中对此做出了更好的说明。

$$ln\frac{1}{S} \propto N^e \int_V \frac{(\tau-\tau_u)^c}{Z_o^h} dV \quad \cdots\cdots (4.10)$$

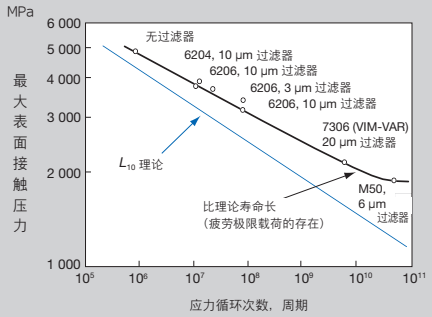



图4.6 清洁润滑条件下的寿命试验结果

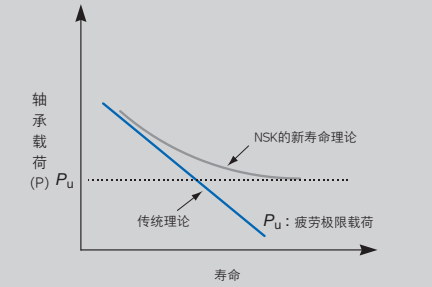



图4.7 考虑疲劳极限的NSK新寿命理论

(2) 表面起点型剥落

在实际轴承使用中，润滑剂常常受到诸如金属屑、毛刺、铸砂等异物的污染。

异物颗粒混入润滑剂后，滚动体会将颗粒压到滚道上，从而在滚道和滚动体的表面产生压痕。在压痕的边缘会出现应力集中，产生细裂纹，并逐渐发展成滚道和滚动体的剥落现象。

如图 4.8 所示，在最大表面应力较低且润滑剂受污染的条件下，轴承的实际寿命要短于传统计算寿命。实际的寿命线偏离使用寿命理论计算得到的线，且趋向寿命更短的方向。结果表明，在润滑剂受污染的情况下，随着最大表面接触应力的下降，实际寿命相比理论寿命进一步缩短。

表4.5　污染系数$a_c$的值

| | 非常清洁 | 清洁 | 普通 | 受污染 | 重度污染 |
|---|---|---|---|---|---|
| $a_c$ 系数 | 1 | 0.8 | 0.5 | 0.4~0.1 | 0.05 |
| 适用标准 | 10 μm 过滤器 | 10–30 μm 过滤器 | 30-100 μm 过滤器 | 大于 100 μm 过滤器或无过滤器（油浴、循环润滑等） | 无过滤器，存在很多细颗粒 |
| 应用实例 | 密封润滑脂润滑轴承，用于电器和信息技术设备等 | 密封润滑脂润滑轴承，用于电机；密封润滑脂轴承，用于铁路轴箱、机床等 | 常规应用汽车轮毂单元轴承等 | 汽车变速箱用轴承、工业齿轮箱用轴承、工程机械用轴承等 | — |

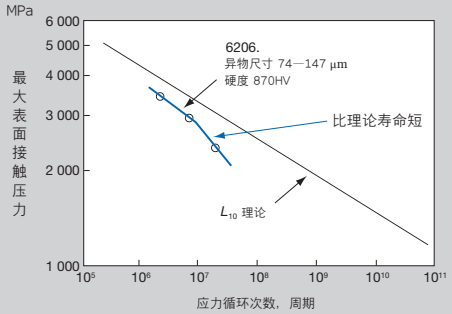



图4.8　润滑剂污染条件下的寿命试验结果

因此，NSK 新寿命计算公式考虑到了清洁环境和低载荷区域中寿命测试结果的趋势。根据该等结果可得出新寿命公式的函数为 $(P\text{-}P_u)/C$，其受润滑参数确定的具体润滑条件影响。此外，据推测，不同类型和形状异物颗粒的作用受既存轴承载荷和润滑条件的影响很大，该关系可以表示为载荷参数的函数。新寿命计算公式的关系由 $(P\text{-}P_u)/C\cdot 1/a_c$ 定义。

根据以上这一概念，可得出表面起点型剥落的计算公式，具体如下：

$$ln\frac{1}{S} \propto N^e \int_V \frac{(\tau-\tau_u)^c}{Z_o^h} dV \times \left\{ \frac{1}{f(a_c,a_L)} - 1 \right\} \quad \cdots\cdots (4.11)$$

(3) 污染系数 $a_c$ 的计算

润滑清洁度相关的污染系数见表 4.5。对球轴承和滚子轴承进行测试，结果表明：在润滑脂润滑和清洁过滤的情况下，轴承的寿命比受污染条件下计算得到的寿命要长数倍。但如果异物的硬度超过 Hv350，硬度就会成为影响因素之一，滚道上会出现压痕。这些压痕产生的疲劳损坏会在短时间内发展成剥落。对受杂质污染条件下的球轴承和滚子轴承进行测试，结果表明其寿命仅为传统计算寿命的 1/3~1/10。

根据该等测试结果，NSK 新寿命理论的污染系数 $a_c$ 可分为五个等级。

(4) 新寿命计算公式 $L_{able}$

下述新寿命计算公式结合了内部起点型剥落和表面起点型剥落:

$$ln\frac{1}{S} \propto N^{e}\int_{V}\frac{(\tau-\tau_u)^{c}}{Z_o^{h}}dV \times \left\{\frac{1}{f(a_c,a_L)}\right\} \cdots\cdots (4.12)$$

$$L_{able} = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot L_{10} \cdots\cdots (4.13)$$

**寿命修正系数 $a_{NSK}$**

寿命修正系数$a_{NSK}$是润滑参数 $(P\text{-}P_u)/C \cdot 1/a_c$ 的函数, 如下所示:

$$a_{NSK} \propto F\left\{\frac{P\text{-}P_u}{C}\cdot\frac{1}{a_c}, a_L\right\} \cdots\cdots (4.14)$$

NSK新寿命理论通过修正污染系数$a_c$ 将材料和热处理改进对寿命的延长作用纳入考量。由于润滑参数 $a_L$ 会基于润滑剂和工作温度随油膜形成的程度而变化, 因此该理论还使用了粘度比 $\kappa$ ($\kappa = n/n_1$, 其中, n 为运动粘度, $n_1$ 为必要粘度)。该理论表明润滑条件越好 ($\kappa$ 值越高), 轴承的寿命就越长。

图 4.9 和 4.10 显示了修正系数 $a_{NSK}$ 作为新寿命计算公式一函数的图解。此外, 新寿命计算公式还分别考虑了球轴承和滚子轴承的点接触和线接触。

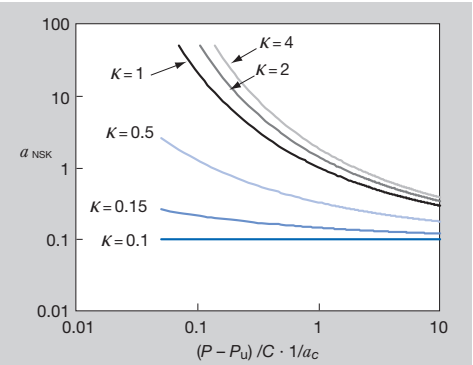



图4.9 球轴承的新寿命计算简图

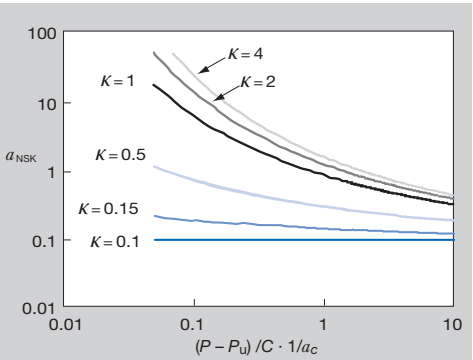



图4.10 滚子轴承的新寿命计算简图

**使用 NSK 计算工具,** 请访问我们的网址: http://www.cn.nsk.com/

## 4.3 轴承载荷的计算

作用于轴承的载荷通常包括轴承支撑物体的重量、旋转体自重、齿轮和皮带的传动力以及机械运转产生的载荷等。这些载荷，有的可以进行理论计算，而有的却很难估算。因此，需根据经验得出的数据对估算值进行修正。

### 4.3.1 载荷系数

虽然可以通过计算求出径向载荷或轴向载荷，但由于机械运转过程中存在振动和冲击，实际作用于轴承的载荷往往比计算得到的载荷要大。其实际载荷值可以用以下公式求出：

$$\left.\begin{aligned} F_r &= f_w \cdot F_{rc} \\ F_a &= f_w \cdot F_{ac} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (4.15)$$

式中，$F_r$, $F_a$: 轴承承受的载荷(N), {kgf}

$F_{rc}$, $F_{ac}$: 理论计算得出的载荷(N), {kgf}

$f_w$: 载荷系数

载荷系数 $f_w$, 以表 4.6 所示数值为基准。

### 4.3.2 皮带或链条传动时的轴承载荷

用皮带或链条传递动力时，作用于皮带轮、链轮的力可由以下公式求出：

$$\left.\begin{aligned} M &= 9\ 550\ 000H / n \cdots (\mathrm{N \cdot mm}) \\ &= 974\ 000H / n \cdots \{\mathrm{kgf \cdot mm}\} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (4.16)$$

$$P_k = M / r \cdots\cdots (4.17)$$

式中，$M$ : 作用于皮带轮或链轮的力矩 (N · mm), {kgf · mm}

$P_k$ : 皮带或链条传递的有效力 (N), {kgf}

$H$ : 传动力 (kW)

$n$ : 转速 ($\mathrm{min^{-1}}$)

$r$ : 皮带轮或链轮的有效半径 (mm)

计算皮带轮轴所承受的载荷时，必须考虑皮带的张力。因此，皮带传动的情况下，作用于皮带轮轴上的实际载荷 $K_b$，由有效传动力乘以代表皮带张力的皮带系数 $f_b$ 求得。不同类型皮带的皮带系数 $f_b$ 值见表 4.7。

$$K_b = f_b \cdot P_k \cdots\cdots (4.18)$$

在链条传动条件下，$f_b$ 对应的数值应为 1.25~1.5。

表4.6 载荷系数 $f_w$ 的数值

| 运转条件 | 典型应用 | $f_w$ |
|---|---|---|
| 平稳运转、无冲击 | 电机、机床、空调机 | 1 ~ 1.2 |
| 常规运转 | 鼓风机、压缩机、电梯、起重机、造纸机械 | 1.2 ~ 1.5 |
| 有振动、冲击的运转 | 工程机械、碎石机、振动筛、轧钢机 | 1.5 ~ 3 |

表4.7 皮带系数 $f_b$ 的数值

| 皮带类型 | $f_b$ |
|---|---|
| 带齿皮带 | 1.3 ~ 2 |
| 三角皮带 | 2 ~ 2.5 |
| 平皮带（带张紧轮） | 2.5 ~ 3 |
| 平皮带 | 4 ~ 5 |

### 4.3.3 齿轮传动时的轴承载荷

采用齿轮传动时，根据所使用齿轮类型的不同，作用于齿轮的载荷也各不相同。以最简单的正齿轮为例，其载荷计算如下：

$$\left.\begin{aligned} M &= 9\ 550\ 000H / n \quad \cdots\cdots (\mathrm{N \cdot mm}) \\ &= 974\ 000H / n \quad \cdots\cdots \{\mathrm{kgf \cdot mm}\} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (4.19)$$

$$P_k = M / r \cdots\cdots (4.20)$$

$$S_k = P_k \tan\theta \cdots\cdots (4.21)$$

$$K_c = \sqrt{P_k^2 + S_k^2} = P_k \sec\theta \cdots\cdots (4.22)$$

式中，$M$：作用于齿轮的力矩 (N·mm), {kgf·mm}

$P_k$：齿轮切线方向力 (N), {kgf}

$S_k$：齿轮径向力 (N), {kgf}

$K_c$：作用于齿轮的合成力 (N), {kgf}

$H$：传动力 (kW)

$n$：转速 ($\mathrm{min^{-1}}$)

$r$：传动齿轮节圆半径 (mm)

$\theta$：压力角

除了如上求得的理论载荷之外，还须用理论载荷乘以齿轮系数 $f_g$，将振动和冲击（取决于齿轮精加工的精度）纳入考量。

$f_g$ 值一般应采用表4.8中的数值。当齿轮运行伴随其他来源的振动时，则用载荷系数乘以齿轮系数求出实际载荷。

表4.8 齿轮系数 $f_g$ 的数值

| 齿轮精加工精度 | $f_g$ |
|---|---|
| 精密磨削齿轮 | 1 ~1.1 |
| 普通切削齿轮 | 1.1~1.3 |

### 4.3.4 轴承载荷分配

在图4.11和图4.12 所示的简单例子中，作用于轴承I及轴承II的径向载荷均可以按下列公式求出：

$$F_{CI} = \frac{b}{c} K \cdots\cdots (4.23)$$

$$F_{CII} = \frac{a}{c} K \cdots\cdots (4.24)$$

式中，$F_{CI}$：作用于轴承I的径向载荷 (N), {kgf}

$F_{CII}$：作用于轴承II的径向载荷 (N), {kgf}

$K$：作用于轴上的载荷(N), {kgf}

当同时施加这些载荷时，首先可以求出各自的径向载荷，然后可以根据载荷方向计算出向量和。

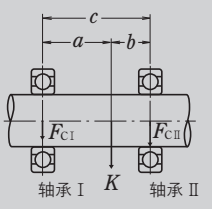



图4.11 径向载荷分布 (1)

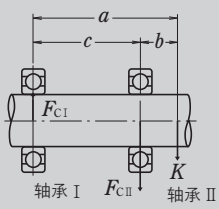



图4.12 径向载荷分布 (2)

### 4.3.5 载荷、转速变化时的平均载荷

当作用于轴承上的载荷不断变化时，应计算出能得到与承受变载荷时相同寿命的平均载荷。

(1) 载荷与转速之关系呈阶段性变化时 (图4.13)

载荷$F_1$: 转速$n_1$; 工作时间$t_1$
载荷$F_2$: 转速$n_2$; 工作时间$t_2$
⋮ ⋮ ⋮
载荷$F_n$: 转速$n_n$; 工作时间$t_n$

然后，使用以下公式求出平均载荷$F_m$的值:

$$F_m = \sqrt[p]{\frac{F_1^p n_1 t_1 + F_2^p n_2 t_2 + \cdots + F_n^p n_n t_n}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \cdots + n_n t_n}} \quad \cdots\cdots (4.25)$$

式中, $F_m$: 变载荷的平均值(N), {kgf}
p = 3 球轴承
p = 10/3 滚子轴承

平均转速 $n_m$ 可通过以下公式求出:

$$n_m = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \cdots + n_n t_n}{t_1 + t_2 + \cdots + t_n} \quad \cdots\cdots (4.26)$$

(2) 载荷近似线性变化时(图4.14)，可通过以下公式求出平均载荷:

$$F_m \fallingdotseq \frac{1}{3}(F_{min} + 2F_{max}) \quad \cdots\cdots (4.27)$$

式中, $F_{min}$: 变载荷的最小值 (N), {kgf}
$F_{max}$: 变载荷的最大值 (N), {kgf}

(3) 载荷呈正弦曲线变化时 (图4.15)，可通过以下公式求出平均载荷$F_m$:

图4.15 (a)

$$F_m \fallingdotseq 0.65\, F_{max} \quad \cdots\cdots (4.28)$$

图4.15 (b)

$$F_m \fallingdotseq 0.75\, F_{max} \quad \cdots\cdots (4.29)$$

(4) 兼有旋转载荷和静载荷时 (图4.16)

$F_R$ : 旋转载荷 (N), {kgf}

$F_S$ : 静载荷 (N), {kgf}

平均载荷 $F_m$ 的近似值可通过下列公式求出:

a) $F_R \geqq F_S$ 时,

$$F_m \fallingdotseq F_R + 0.3F_S + 0.2\frac{F_S^2}{F_R} \quad \cdots\cdots (4.30)$$

b) $F_R < F_S$ 时,

$$F_m \fallingdotseq F_S + 0.3F_R + 0.2\frac{F_R^2}{F_S} \quad \cdots\cdots (4.31)$$

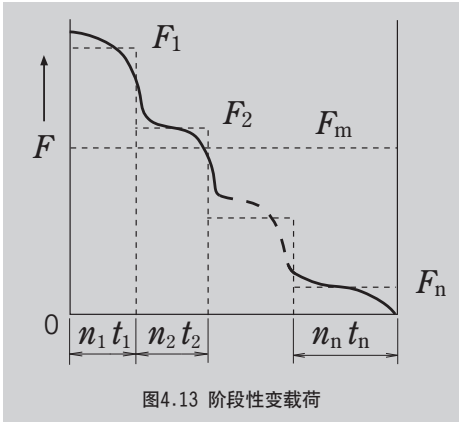


图4.13 阶段性变载荷

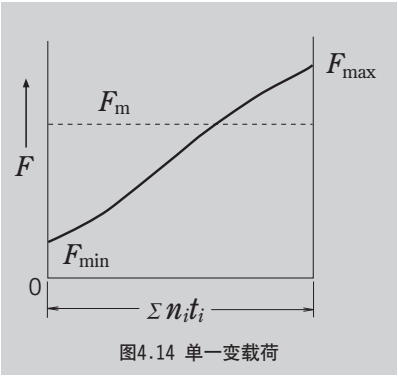



图4.14 单一变载荷

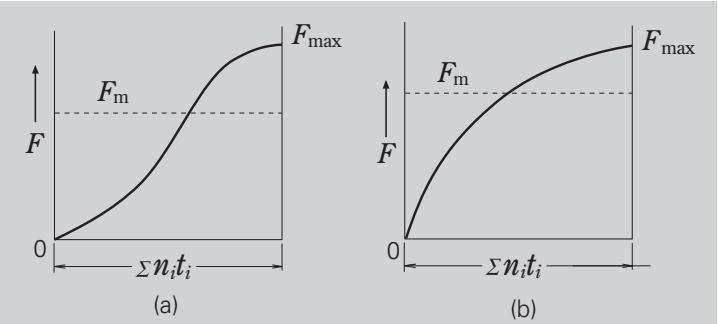



图4.15 正弦曲线交变载荷

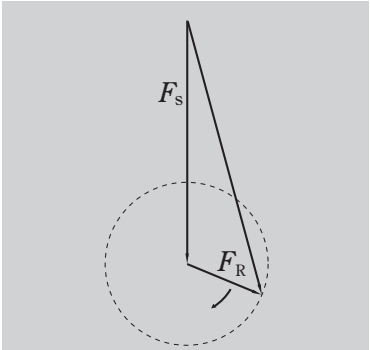



图4.16 旋转载荷与静载荷

### 4.3.6 旋转载荷与静载荷的联合载荷

通常，滚动轴承会受到旋转载荷、静载荷以及变载荷的作用。特定情况下，由不平衡重量或振动重量引起的旋转载荷及由重力或动力传动引起的静载荷会同时作用。由旋转载荷和静载荷引起的变载荷合成为平均有效载荷可通过以下方法计算得出。合成载荷分为两类：分类标准取决于旋转载荷与静载荷的大小，如图 4.17 所示。

也就是说，如果旋转载荷大于静载荷，则合成载荷变为运行载荷，其大小变化如图 4.17(a) 所示。如果旋转载荷小于静载荷，则合成载荷变成摆动载荷，其大小变化如图 4.17(b) 所示。

在两种情况下，合成载荷 $F$ 都可以通过以下公式表示：

$$F=\sqrt{F_R^2+F_S^2-2F_RF_S\cos\theta} \quad \cdots\cdots (4.32)$$

式中，$F_R$：旋转载荷(N)，{kgf}

$F_S$：静载荷 (N)，{kgf}

$\theta$：旋转载荷与静载荷的夹角

可以通过载荷公式(4.33)和(4.34)得出$F$的近似值，该等公式根据$F_R$和$F_S$的大小呈正弦变化，即，在$F_R \gg F_S$或 $F_R \ll F_S$时，$F_R+F_S$都为最大载荷$F_{max}$，而 $|F_R-F_S|$都为最小载荷$F_{min}$ 。

$$F_R \gg F_S,\ F=F_R-F_S\cos\theta \quad \cdots\cdots (4.33)$$

$$F_R \ll F_S,\ F=F_S-F_R\cos\theta \quad \cdots\cdots (4.34)$$

当$F_R \fallingdotseq F_S$时，可通过(4.35)和(4.36)公式求得F的近似值。

$F_R>F_S$,

$$F=F_R-F_S+2F_S\sin\frac{\theta}{2} \quad \cdots\cdots (4.35)$$

$F_R<F_S$,

$$F=F_S-F_R+2F_R\sin\frac{\theta}{2} \quad \cdots\cdots (4.36)$$

公式 (4.32)、(4.33)、(4.35) 和 (4.36) 的曲线如图 2 所示。

载荷变化的平均值$F_m$可通过公式(4.33)和(4.34)或公式(4.35)和(4.36)表示，也可以通过公式(4.37)和(4.38)或公式(4.39)和(4.40)分别表示。

$F_m=F_{min}+0.65\ (F_{max}-F_{min})$

$$F_R \geqq F_S,\ F_m=F_R+0.3F_S \quad \cdots\cdots (4.37)$$

$$F_R \leqq F_S,\ F_m=F_S+0.3F_R \quad \cdots\cdots (4.38)$$

$F_m=F_{min}+0.75\ (F_{max}-F_{min})$

$$F_R \geqq F_S,\ F_m=F_R+0.5F_S \quad \cdots\cdots (4.39)$$

$$F_R \leqq F_S,\ F_m=F_S+0.5F_R \quad \cdots\cdots (4.40)$$

一般来说，由于$F$值存在于公式 (4.37)、(4.38)、(4.39) 和 (4.40) 中，公式 (4.37) 和 (4.38) 以及公式 (4.39) 和 (4.40) 的第二项的系数 0.3 或 0.5 可假设根据 $F_S/F_R$ 或 $F_R/F_S$ 进行线性变化。然后，可以采用以下公式表示该等系数：

$$0.3+0.2\frac{F_S}{F_R},\ 0 \leqq \frac{F_S}{F_R} \leqq 1$$

或 $$0.3+0.2\frac{F_R}{F_S},\ 0 \leqq \frac{F_R}{F_S} \leqq 1$$

相应的，$F_m$可通过以下公式表示：

$F_R \geqq F_S$,

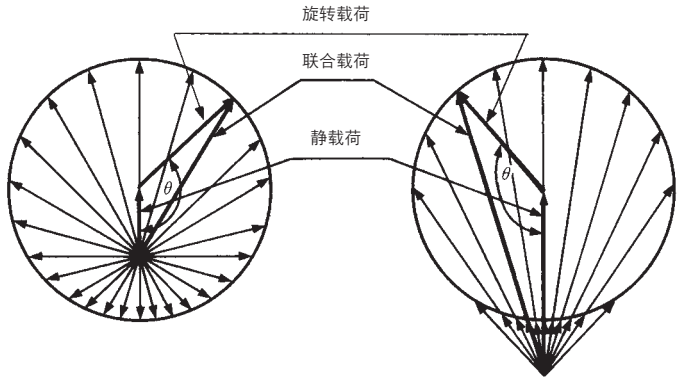
$$F_m=F_R+(0.3+0.2\frac{F_S}{F_R})\ F_S$$

$$=F_R+0.3F_S+0.2\frac{F_S^2}{F_R} \quad \cdots\cdots (4.41)$$

$F_R \leqq F_S$,

$$F_m=F_S+(0.3+0.2\frac{F_R}{F_S})\ F_R$$

$$=F_S+0.3F_R+0.2\frac{F_R^2}{F_S} \quad \cdots\cdots (4.42)$$




(a) 旋转载荷 > 静载荷　　(b) 旋转载荷 < 静载荷

图4.17　旋转载荷与静载荷的联合载荷

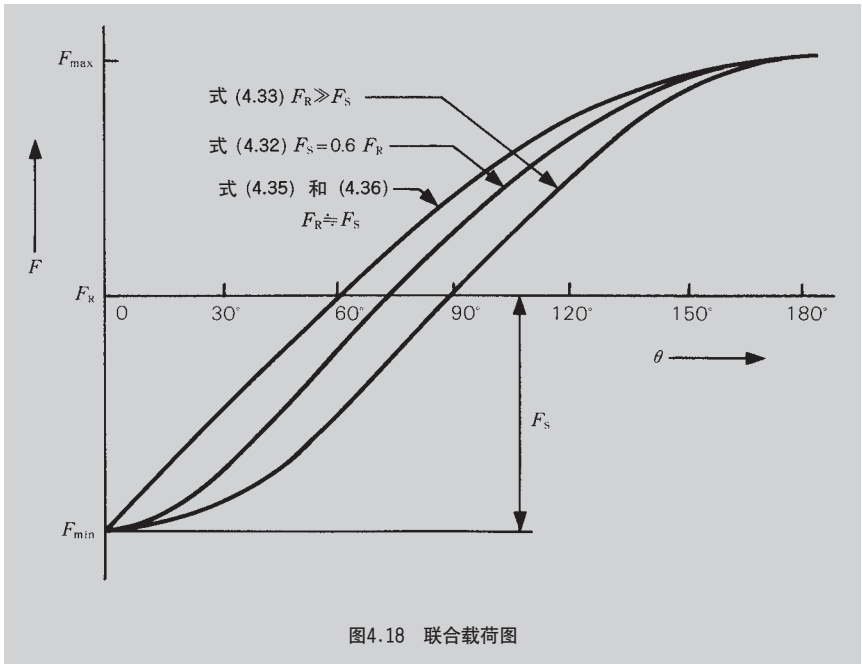



图4.18　联合载荷图

## 4.4 当量动载荷

一些情况下，作用于轴承的载荷仅为单一径向载荷或单一轴向载荷。不过，大多情况下，多是这两种载荷组成的联合载荷。其方向、大小上也会变动。在此类情况下，实际作用于轴承的载荷不能直接用于计算轴承的寿命。所以，就要假想一个能保证与轴承在实际载荷和旋转条件下取得相同寿命、大小恒定且通过轴承中心的载荷。这种假想载荷叫做当量动载荷。

### 4.4.1 当量动载荷的计算

向心轴承的当量动载荷，可通过以下公式求出：

$$P = XF_r + YF_a \quad \cdots\cdots (4.43)$$

式中，$P$：当量动载荷(N)，{kgf}

$F_r$：径向载荷(N)，{kgf}

$F_a$：轴向载荷(N)，{kgf}

$X$：径向载荷系数

$Y$：轴向载荷系数

$X$ 及 $Y$ 值列于轴承尺寸表中。$\alpha=0°$ 的向心滚子轴承的当量动载荷为

$$P = F_r$$

一般来说，推力球轴承不能承受径向载荷。但是，推力调心滚子轴承却能够承受一定的径向载荷。

这种情况下的当量动载荷，可通过以下公式求出：

$$P = F_a + 1.2F_r \quad \cdots\cdots (4.44)$$

式中，$\dfrac{F_r}{F_a} \leqq 0.55$

### 4.4.2 角接触球轴承及圆锥滚子轴承的轴向分力

如图 4.19 所示，角接触球轴承及圆锥滚子轴承载荷的作用点是接触线的延长线与轴中心线的交点，作用点位置记载在轴承尺寸表中。

当向此类轴承施加径向载荷时，便会产生轴向分力。所以，为了平衡这一分力，便将两套同一类型的轴承采用面对面或背对背的方式对置使用。这种情况下，可通过以下公式求出轴向载荷：

$$F_{ai} = \frac{0.6}{Y} F_r \quad \cdots\cdots (4.45)$$

式中，$F_{ai}$：轴向分力(N)，{kgf}

$F_r$：径向载荷(N)，{kgf}

$Y$：轴向载荷系数

设径向载荷 $F_{rI}$ 和 $F_{rII}$ 分别作用于轴承 I 和 II（图 4.20），并承受了如图所示的外部轴向载荷 $F_{ae}$。设轴向载荷系数分别为 $Y_I$、$Y_{II}$，径向载荷系数为 $X$，则可通过以下公式求出当量动载荷 $P_I$、$P_{II}$：

$$F_{ae} + \frac{0.6}{Y_{II}} F_{rII} \geqq \frac{0.6}{Y_I} F_{rI} \text{ 时}$$

$$\left.\begin{aligned} P_I &= XF_{rI} + Y_I \left(F_{ae} + \frac{0.6}{Y_{II}} F_{rII}\right) \\ P_{II} &= F_{rII} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (4.46)$$

$$F_{ae} + \frac{0.6}{Y_{II}} F_{rII} < \frac{0.6}{Y_I} F_{rI} \text{ 时}$$

$$\left.\begin{aligned} P_I &= F_{rI} \\ P_{II} &= XF_{rII} + Y_{II} \left(\frac{0.6}{Y_I} F_{rI} - F_{ae}\right) \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (4.47)$$

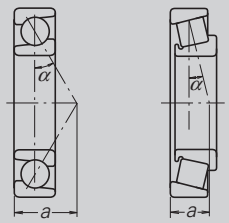



图4.19 载荷的作用点

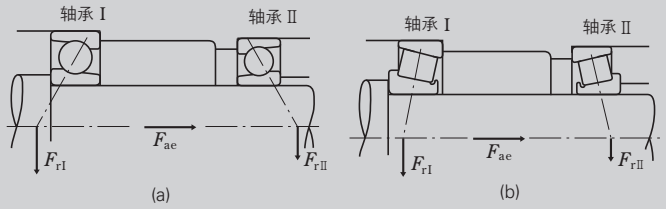



图4.20 作用于成对双联轴承的载荷关系

## 4.5 基本额定静载荷与当量静载荷

### 4.5.1 基本额定静载荷

当滚动轴承承受过大载荷或较大冲击载荷时，滚动体局部会发生永久变形，而且，如果超过弹性极限，滚动体与滚道表面也会产生永久变形。随着载荷的增加，非弹性变形在区域和深度上也会增加，当载荷超过一定限度时，便会影响轴承的平稳旋转。

所谓基本额定静载荷，是在承受最大应力的滚动体与滚道表面之间的接触区中心处产生下列计算接触应力的静载荷。

| | |
|---|---|
| 调心球轴承 | 4 600MPa {469kgf/mm$^2$} |
| 其它球轴承 | 4 200MPa {428kgf/mm$^2$} |
| 滚子轴承 | 4 000MPa {408kgf/mm$^2$} |

在承受接触应力最大的接触区内，滚动体与滚道的永久变形量之和大约是滚动体直径的0.0001倍。基本额定静载荷$C_o$在轴承尺寸表中用于向心轴承时列为$C_{or}$，用于推力轴承列为$C_{oa}$。

此外，根据ISO对基本额定静载荷标准的变更，NSK球轴承的新$C_o$值调为之前值的0.8~1.3倍，滚子轴承大约是1.5~1.9倍。因此，极限静载荷系数$f_s$的值也相应改变，请予以注意。

### 4.5.2 当量静载荷

所谓当量静载荷，是一种假想载荷。即在轴承静止(包括极低速运转或振动)时，在承载最大应力的滚动体和轴承滚道的接触区产生等同于实际承载条件下最大应力的假想载荷。向心轴承采用通过轴承中心的径向静载荷作为当量静载荷，推力轴承则采用与中心轴方向一致的轴向静载荷作为当量静载荷。

(a) 向心轴承的当量静载荷

向心轴承的当量静载荷采用以下两个公式所求得数值中较大的数值。

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad \cdots\cdots (4.47)$$

$$P_o = F_r \quad \cdots\cdots (4.48)$$

式中，$P_o$：当量静载荷(N)，{kgf}

$F_r$：径向载荷(N)，{kgf}

$F_a$：轴向载荷(N)，{kgf}

$X_o$：径向静载荷系数

$Y_o$：轴向静载荷系数

(b) 推力轴承的当量静载荷

$$P_o = X_o F_r + F_a \quad \alpha \neq 90° \quad \cdots\cdots (4.49)$$

式中，$P_o$：当量静载荷(N)，{kgf}

$\alpha$：接触角

当$F_a < X_o F_r$时，此式的准确度下降。

公式(4.47)和(4.49)的$X_o$和$Y_o$值列于轴承尺寸表中。

$\alpha = 90°$的推力滚子轴承的当量静载荷为$P_o = F_a$

### 4.5.3 极限静载荷系数

轴承所允许的当量静载荷，根据基本额定静载荷及其应用和使用条件而异。

极限静载荷系数$f_s$是应用于基本额定静载荷的安全度系数，可由公式(4.50)求出，一般推荐的$f_s$值见表4.9。随着额定静载荷的变动，特别是$C_o$值增大的滚子轴承，$f_s$值会有变动。所以，在选轴承时，请充分注意这一点。

$$f_s = \frac{C_o}{P_o} \quad \cdots\cdots (4.50)$$

式中，$C_o$：基本额定静载荷(N)，{kgf}

$P_o$：当量静载荷(N)，{kgf}

推力调心滚子轴承的$f_s$值应大于4。

表4.9 极限静载荷系数 $f_s$ 的值

| 运转条件 | $f_s$的下限 | |
|---|---|---|
| | 球轴承 | 滚子轴承 |
| 低噪应用 | 2 | 3 |
| 受到振动和冲击载荷作用的轴承 | 1.5 | 2 |
| 常规运行条件 | 1 | 1.5 |

## 4.6 轴承计算举例

（例 1）
试求当径向载荷 $F_r$=2 500 N，{255kgf}、转速 $n$ = 900 $min^{-1}$ 时，单列深沟球轴承 **6208** 的疲劳寿命系数 $f_h$。

**6208** 的基本额定动载荷 $C_r$ 为 29 100N，{2 970kgf}（轴承尺寸表，C024 页）。由于轴承仅承受径向载荷，所以当量动载荷 $P$ 可通过以下公式求出：

$P = F_r$ = 2 500N，{255kgf}

当转速 $n$ = 900 $min^{-1}$ 时，根据表 4.2（A034 页）中的公式或图 4.3（A036 页）求出速度系数 $f_n$ 的值。

$f_n$ = 0.333

此时，可以通过以下公式求出疲劳寿命系数 $f_h$ 的值：

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0.333 \times \frac{29\ 100}{2\ 500} = 3.88$$

此值适用于常用的工业应用、空调设备等。根据表 4.2 的公式或图 4.4（A036 页），其大约相当于 29 000 小时的使用寿命。

（例 2）
选择可以满足以下条件的内径为 50 mm、外径小于 100 mm 的单列深沟球轴承：
径向载荷 $F_r$= 3 000N，{306kgf}
转速 $n$ =1900 $min^{-1}$
基本额定寿命 $L_h$ ≧ 10 000h

对于额定疲劳寿命超过 10 000 小时的球轴承，其疲劳寿命系数 $f_h$ 为 $f_h$ ≧ 2.72。

因为 $f_n$= 0.26，$P = F_r$= 3 000N. {306kgf}

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0.26 \times \frac{C_r}{3\ 000} \geqq 2.72$$

因此，$C_r \geqq 2.72 \times \frac{3\ 000}{0.26}$ = 31 380N，{3 200kgf}

根据 C026 页轴承尺寸表所列数据，应选择 **6210** 作为满足上述条件的轴承。

（例 3）
按（例 1）的条件，再加上轴向载荷 $F_a$=1 000N，{102kgf}，求出 $C_r/P$ 或疲劳寿命系数。

单列深沟球轴承 **6208** 承受径向载荷 $F_r$ 和轴向载荷 $F_a$ 时，应按照以下步骤求出当量动载荷 $P$。

从单列深沟球轴承尺寸表上部的附表中，求出由 $f_o F_a / C_{or}$ 大小决定的径向载荷系数 $X$、轴向载荷系数 $Y$ 及常数 $e$。

球轴承 **6208** 的基本额定静载荷 $C_{or}$ 为 17 900N，{1 820kgf}（C024 页）。

$f_o F_a / C_{or}$ = 14.0×1 000/17 900 = 0.782

$e \fallingdotseq 0.26$

且 $F_a / F_r$ = 1 000/2 500 = 0.4 > $e$

$X$ = 0.56

$Y$ = 1.67（$Y$ 值采用线性插值法得到）

因此，当量动载荷 $P$ 为

$P = XF_r + YF_a$

= 0.56×2 500 + 1.67×1 000

= 3 070N，{313kgf}

$$\frac{C_r}{P} = \frac{29\ 100}{3\ 070} = 9.48$$

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0.333 \times \frac{29\ 100}{3\ 070} = 3.16$$

对于球轴承，此 $f_h$ 值大约相当于 15 800 小时。

（例 4）
从 231 系列调心滚子轴承中选择一个能满足以下条件的轴承：
径向载荷 $F_r$ = 45 000N
轴向载荷 $F_a$ = 8 000N
转速 $n$ = 500 $min^{-1}$
基本额定寿命 $L_h$ ≧ 30 000h

根据图 4.4（A036 页）可知，使 $L_h$ 30 000h 的疲劳寿命系数 $f_h$ 值大于 3.45。

调心滚子轴承的当量动载荷$P$

在 $F_a / F_r \leqq e$ 时为

$$P = XF_r + YX_a = F_r + Y_3F_a$$

在 $F_a / F_r > e$时为

$$P = XF_r + YF_a = 0.67\ F_r + Y_2F_a$$

$$F_a / F_r = 8\ 000/45\ 000 = 0.18$$

由轴承尺寸表可知，$e$ 值在 231 系列轴承中约为 0.3，$Y_3$ 值约为 2.2：

因此，$P = XF_r + YF_a = F_r + Y_3F_a$

$= 45\ 000 + 2.2 \times 8\ 000$

$= 62\ 600\text{N}$

通过疲劳寿命系数 $f_h$，可求出基本额定载荷:

$$f_h = f_n\frac{C_r}{P} = 0.444 \times \frac{C_r}{62\ 600} \geqq 3.45$$

所以，$C_r \geqq 490\ 000\text{N}$

在满足此 $C_r$ 值的 231 系列调心滚子轴承中，最小的轴承是 **23126CE4**

($C_r = 505\ 000\text{N}$)

确定轴承之后，将$Y_3$值代入式中，求出$P$值。

$$P = F_r + Y_3F_a = 45\ 000 + 2.4 \times 8\ 000$$

$$= 64\ 200\text{N}$$

$$L_h = 500\left(f_n\frac{C_r}{P}\right)^{\frac{10}{3}}$$

$$= 500\left(0.444 \times \frac{505\ 000}{64\ 200}\right)^{\frac{10}{3}}$$

$$= 500 \times 3.49^{\frac{10}{3}} \fallingdotseq 32\ 000\ \text{h}$$

**（例 5）**
设圆锥滚子轴承 **HR30305DJ** 和 **HR30206J** 如图 4.21 所示，背对背安装使用，外圈背面之间的距离为 50 mm。
如图 4.21 所示，除了径向载荷 $F_r = 5\ 500\text{N}$，{561kgf} 之外，还有轴向载荷 $F_{ae} = 2\ 000\text{N}$，{204kgf} 作用于 **HR30305DJ** 时，求各轴承的基本额定寿命。转速为 600 $\text{min}^{-1}$。

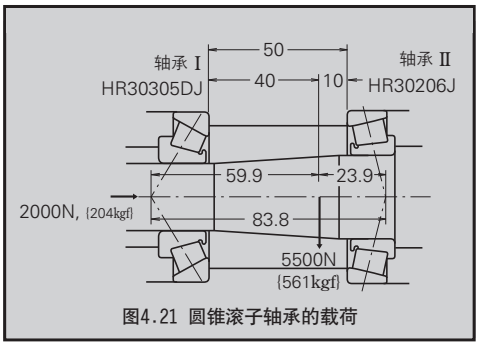


图4.21 圆锥滚子轴承的载荷

为了将径向载荷 $F_r$ 分配到轴承 I 和 II 上，必须找到圆锥滚子轴承的有效载荷中心。可从轴承尺寸表中，获取轴承 I 和轴承 II 的有效载荷中心 $a$，再得到径向载荷的相对位置 $F_r$ 以及有效载荷中心。结果将如图 4.21 所示。因此，可通过下列公式求出轴承 I（**HR30305DJ**）和 II（**HR30206J**）所承受的径向载荷：

$$F_{rI} = 5\ 500 \times \frac{23.9}{83.8} = 1\ 569\text{N},\ \{160\text{kgf}\}$$

$$F_{rII} = 5\ 500 \times \frac{59.9}{83.8} = 3\ 931\text{N},\ \{401\text{kgf}\}$$

根据轴承尺寸表中的数据，可以得到下列数值:

| 轴承 | 基本额定动载荷 $C_r$ (N) {kgf} | 轴向载荷系数 $Y_1$ | 常数 $e$ |
|---|---|---|---|
| 轴承I（**HR30305DJ**） | 38 000{3 900} | $Y_1 = 0.73$ | 0.83 |
| 轴承II（**HR30206J**） | 43 000{4 400} | $Y_2 = 1.6$ | 0.38 |

径向载荷作用于圆锥滚子轴承时，便会产生轴向分力。所以，在求当量动径向载荷时，必须考虑该分力（参见 A051 页的 4.4.2 段）。

$$F_{ae} + \frac{0.6}{Y_{II}} F_{rII} = 2\,000 + \frac{0.6}{1.6} \times 3\,931$$
$$= 3\,474\text{N}, \{354\text{kgf}\}$$

$$\frac{0.6}{Y_I} F_{rI} = \frac{0.6}{0.73} \times 1\,569 = 1\,290\text{N}, \{132\text{kgf}\}$$

因此，在该轴承配置中，轴向载荷 $F_{ae} + \frac{0.6}{Y_{II}} F_{rII}$ 作用于轴承 I，而非轴承 II。

在轴承 I 中

$F_{rI} = 1\,569\text{N}, \{160\text{kgf}\}$

$F_{aI} = 3\,474\text{N}, \{354\text{kgf}\}$

因为 $F_{aI} / F_{rI} = 2.2 > e = 0.83$

当量动载荷 $P_I = XF_{rI} + Y_I F_{aI}$

$= 0.4 \times 1\,569 + 0.73 \times 3\,474$

$= 3\,164\text{N}, \{323\text{kgf}\}$

疲劳寿命系数 $f_h = f_n \frac{C_r}{P_I}$

$$= \frac{0.42 \times 38\,000}{3\,164} = 5.04$$

额定疲劳寿命 $L_h = 500 \times 5.04^{\frac{10}{3}} = 109\,750\text{h}$

在轴承Ⅱ中

因为 $F_{rII} = 3\,931\text{N}, \{401\text{kgf}\}$，$F_{aII} = 0$

所以，当量动载荷

$P_{II} = F_{rII} = 3\,931\text{N}, \{401\text{kgf}\}$

疲劳寿命系数

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P_{II}} = \frac{0.42 \times 43\,000}{3\,931} = 4.59$$

额定疲劳寿命 $L_h = 500 \times 4.59^{\frac{10}{3}} = 80\,400\text{h}$。

备注　关于面对面配置（DF型），请联系 NSK。

**（例 6）**
按下列条件选择减速机用轴承：
使用条件
　径向载荷　$F_r = 245\,000\text{N}$
　轴向载荷　$F_a = 49\,000\text{N}$
　转速　$n = 500\text{min}^{-1}$
尺寸限制
　轴径：300mm
　轴承座内径：小于 500mm

在本应用中，由于预期会出现重载荷、冲击载荷和轴挠曲，所以选择调心滚子轴承更为合适。

以下为满足上述尺寸要求的调心滚子轴承（参见C284页）。

| $d$ | $D$ | $B$ | 轴承型号 | 基本额定动载荷 $C_r$ (N) | 常数 $e$ | 系数 $Y_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 300 | 420 | 90 | **23960 CAE4** | 1 540 000 | 0.19 | 3.5 |
| | 460 | 118 | **23060 CAE4** | 2 400 000 | 0.24 | 2.8 |
| | 460 | 160 | **24060 CAE4** | 2 890 000 | 0.32 | 2.1 |
| | 500 | 160 | **23160 CAE4** | 3 350 000 | 0.31 | 2.2 |
| | 500 | 200 | **24160 CAE4** | 3 900 000 | 0.38 | 1.8 |

因为 $F_a / F_r = 0.20 < e$

当量动载荷 $P$ 为

$P = F_r + Y_3 F_a$

从表 4.1 中的疲劳寿命系数 $f_h$ 和应用实例（参见A034 页）来看，$f_h$ 在 3~5 之间为合适值。

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = \frac{0.444\ C_r}{F_r + Y_3 F_a} = 3 \sim 5$$

设 $Y_3$=2.1，则可求得所需基本额定动载荷 $C_r$ 为

$$C_r = \frac{(F_r + Y_3 F_a) \times (3 \sim 5)}{0.444}$$

$$= \frac{(245\,000 + 2.1 \times 49\,000) \times (3 \sim 5)}{0.444}$$

$= 2\,350\,000 \sim 3\,900\,000\ \text{N}$

符合条件的轴承是 **23060CAE4**、**24060CAE4**、**23160CAE4** 和 **24160CAE4**。

## 4.7 轴承类型与极限轴向载荷

### 4.7.1 向心球轴承接触角的变化与极限轴向载荷

**(1) 轴向载荷引起的接触角变化**

当轴向载荷作用于向心球轴承时，滚动体和滚道便会产生弹性变形导致接触角变大，走痕变宽。当产生发热或咬粘的现象时，应拆除轴承检查滚动痕迹，以确定运行过程中接触角是否发生了变化。通过此方法，可以发现是否存在持续的异常轴向载荷。

受到载荷作用后，可以在轴承的轴向载荷$F_a$、滚动体载荷$Q$和接触角$\alpha$之间建立如下的关系（参见9.6.2中的公式(9.8)、(9.9)和(9.10)）。

$$F_a=Z\,Q\,\sin\alpha$$

$$=K\,Z\,D_w^{\,2}\,\{\sqrt{(\sin\alpha_0+h)^2+\cos^2\alpha_0}-1\}^{3/2}\cdot\sin\alpha \quad \cdots\cdots (4.51)$$

$$\alpha=\sin^{-1}\frac{\sin\alpha_0+h}{\sqrt{(\sin\alpha_0+h)^2+\cos^2\alpha_0}} \quad \cdots\cdots (4.52)$$

$$h=\frac{\delta_a}{m_0}=\frac{\delta_a}{r_e+r_i-D_w}$$

即，$\delta_a$是公式(4.52)中的变量，通过观察滚道可得，随后可求得与接触角相当的值$\alpha$。因此，$\delta_a$和$\alpha$被代入公式(4.51)中来求得作用在轴承上的轴向载荷$F_a$。由于这种情况下，需要知道轴承的规格才能进行计算，因此，可以根据轴向载荷得出大致的接触角$\alpha$值。单列向心球轴承的基本额定静载荷$C_{0r}$ 可通过公式(4.53)求出。

$$C_{0r}=f_0\,Z\,D_w^{\,2}\cos\alpha_0 \quad \cdots\cdots (4.53)$$

式中，$f_0$: 由轴承组件形状和适宜应力水平决定的系数

公式 (4.54) 由公式 (4.51) 和 (4.53) 决定:

$$\frac{f_0}{C_{0r}}F_a=A\,F_a$$

$$=K\,\{\sqrt{(\sin\alpha_0+h)^2+\cos^2\alpha_0}-1\}^{3/2}\cdot\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha_0} \quad \cdots\cdots (4.54)$$

式中，$K$: 由轴承材料和设计决定的常数

换言之，“$h$”为假设值，而 $\alpha$ 则由公式(4.52)决定。然后，将“$h$”和 $\alpha$ 代入公式(4.54)，得出$A\,F_a$的值。该关系用于表示角接触球轴承不同内径代号下的$A$值，详见表4.14。

**例1**

计算当纯轴向载荷$F_a$=35.0 kN（基本额定静载荷的50%）作用于角接触球轴承7215C时，接触角的变化。

根据表4.10可知A=0.212

则$A\,F_a$=0.212 × 35.0=7.42

根据图4.22可得$\alpha\fallingdotseq$26°。

因此，初期接触角为15°的角接触球轴承在承受轴向载荷后，接触角变为26°。

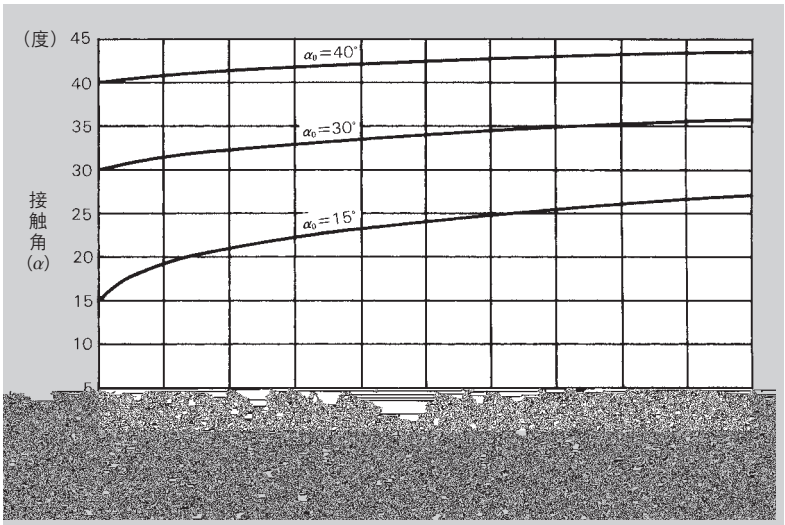



图4.22 轴向载荷作用下角接触球轴承的接触角变化

表4.10 角接触球轴承的常数$A$值

单位：$kN^{-1}$

| 轴承内径代号 | 轴承系列70 | | | 轴承系列72 | | | 轴承系列73 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15° | 30° | 40° | 15° | 30° | 40° | 15° | 30° | 40° |
| 05 | 1.97 | 2.05 | 2.31 | 1.26 | 1.41 | 1.59 | 0.838 | 0.850 | 0.961 |
| 06 | 1.45 | 1.51 | 1.83 | 0.878 | 0.979 | 1.11 | 0.642 | 0.651 | 0.736 |
| 07 | 1.10 | 1.15 | 1.38 | 0.699 | 0.719 | 0.813 | 0.517 | 0.528 | 0.597 |
| 08 | 0.966 | 1.02 | 1.22 | 0.562 | 0.582 | 0.658 | 0.414 | 0.423 | 0.478 |
| 09 | 0.799 | 0.842 | 1.01 | 0.494 | 0.511 | 0.578 | 0.309 | 0.316 | 0.357 |
| 10 | 0.715 | 0.757 | 0.901 | 0.458 | 0.477 | 0.540 | 0.259 | 0.265 | 0.300 |
| 11 | 0.540 | 0.571 | 0.681 | 0.362 | 0.377 | 0.426 | 0.221 | 0.226 | 0.255 |
| 12 | 0.512 | 0.542 | 0.645 | 0.293 | 0.305 | 0.345 | 0.191 | 0.195 | 0.220 |
| 13 | 0.463 | 0.493 | 0.584 | 0.248 | 0.260 | 0.294 | 0.166 | 0.170 | 0.192 |
| 14 | 0.365 | 0.388 | 0.460 | 0.226 | 0.237 | 0.268 | 0.146 | 0.149 | 0.169 |
| 15 | 0.348 | 0.370 | — | 0.212 | 0.237 | 0.268 | 0.129 | 0.132 | 0.149 |
| 16 | 0.284 | 0.302 | 0.358 | 0.190 | 0.199 | 0.225 | 0.115 | 0.118 | 0.133 |
| 17 | 0.271 | 0.288 | 0.341 | 0.162 | 0.169 | 0.192 | 0.103 | 0.106 | 0.120 |
| 18 | 0.228 | 0.242 | 0.287 | 0.140 | 0.146 | 0.165 | 0.0934 | 0.0955 | 0.108 |
| 19 | 0.217 | 0.242 | 0.273 | 0.130 | 0.136 | 0.153 | 0.0847 | 0.0866 | 0.0979 |
| 20 | 0.207 | 0.231 | 0.261 | 0.115 | 0.119 | 0.134 | 0.0647 | 0.0722 | 0.0816 |

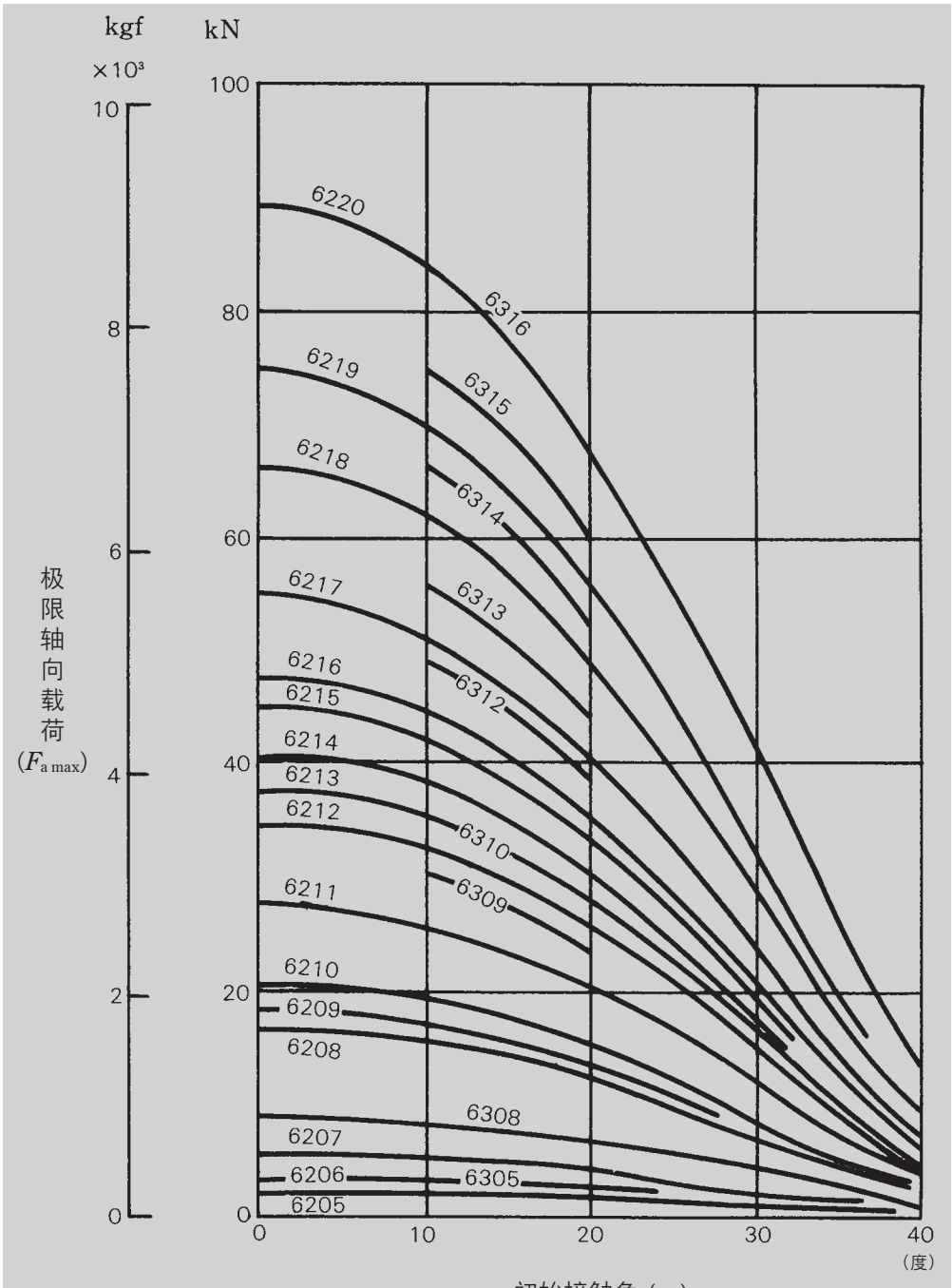



图4.25 深沟球轴承的极限轴向载荷

### 4.7.2 圆柱滚子轴承的极限轴向载荷（挡边的破坏强度）

带挡边圆柱滚子轴承在旋转过程中，内外圈都可能承受一定程度的轴向载荷。轴向承载能力受到滚子端面与挡边之间滑动面发热、咬粘及挡边强度等因素的制约。

直径系列为3的圆柱滚子轴承在使用脂润滑或油润滑情况下连续承载，其极限轴向载荷（考虑了滚子端面与挡边之间的发热），如图4.26所示。

脂润滑（经验方程）

$$C_A = 9.8f\left\{\frac{900\ (k\cdot d)^2}{n+1\ 500} - 0.023\times(k\cdot d)^{2.5}\right\}\text{(N)}$$

$$= f\left\{\frac{900\ (k\cdot d)^2}{n+1\ 500} - 0.023\times(k\cdot d)^{2.5}\right\}\text{\{kgf\}} \quad \cdots\cdots (4.55)$$

油润滑（经验方程）

$$C_A = 9.8f\left\{\frac{490\ (k\cdot d)^2}{n+1\ 000} - 0.000135\times(k\cdot d)^{3.4}\right\}\text{(N)}$$

$$= f\left\{\frac{490\ (k\cdot d)^2}{n+1\ 000} - 0.000135\times(k\cdot d)^{3.4}\right\}\text{\{kgf\}} \quad \cdots\cdots (4.56)$$

式中，$C_A$：极限轴向载荷 (N)，{kgf}
$d$：轴承内径 (mm)
$n$：轴承转速 ($min^{-1}$)
$f$：载荷系数
$k$：尺寸系数

在公式(4.55)和(4.56)中未考虑挡边强度。需要考虑挡边强度时，请咨询NSK。

为了保证圆柱滚子轴承具有稳定的承载能力，还要考虑轴承及其周围配合部件情况。

- ○ 必须施加径向载荷，且径向载荷应大于或等于轴向载荷的2.5倍。
- ○ 须使滚子端面与挡边之间润滑良好。
- ○ 须使用极压性高的润滑剂。
- ○ 须进行充分的磨合运转。
- ○ 须保持良好的轴承安装精度。
- ○ 径向游隙不宜过大。

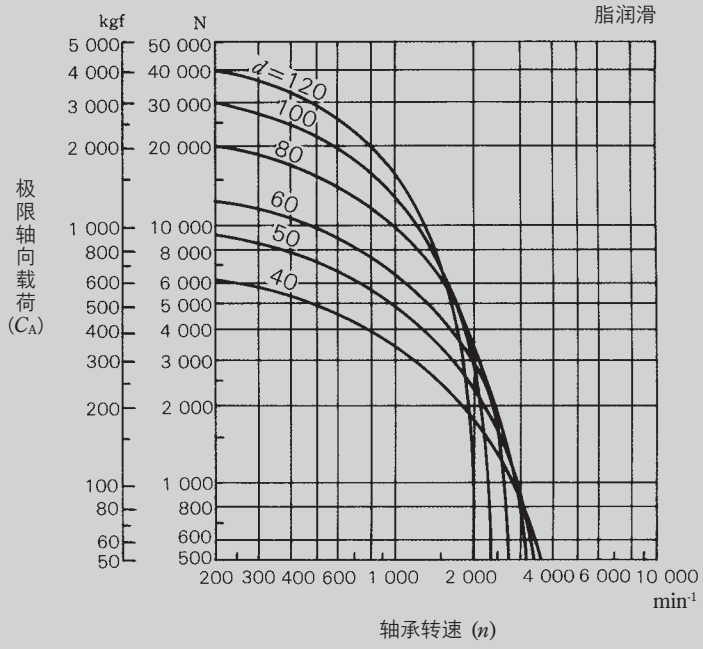
另外，如果轴承转速极低或超过轴承样本中额定转速的 50%，或者轴承内径超过 200 mm，必须对每个轴承的润滑、冷却方式等进行逐项详细研究。如遇上述情况，请联系 NSK。

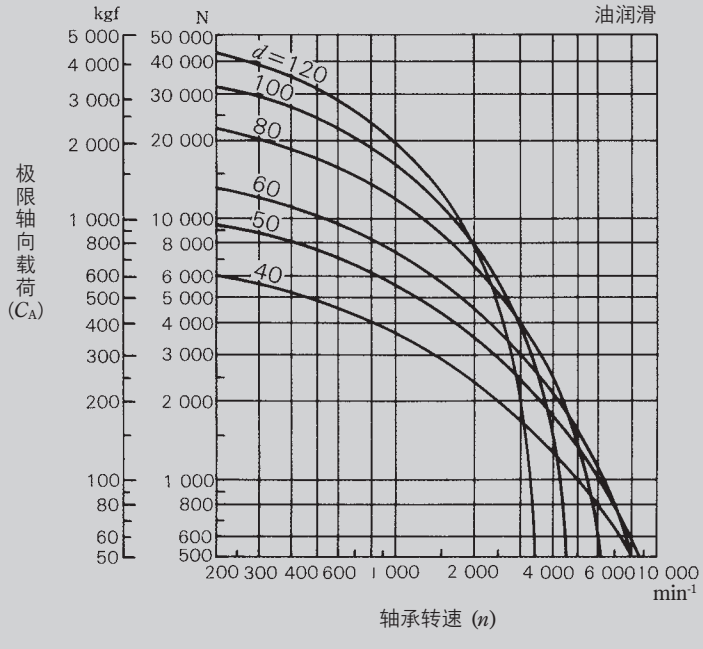
$f$：载荷系数

| | $f$ 值 |
|---|---|
| 连续承载 | 1 |
| 间歇承载 | 2 |
| 短时间承载 | 3 |

$k$：尺寸系数

| | $K$ 值 |
|---|---|
| 轴承直径系列 2 | 0.75 |
| 轴承直径系列 3 | 1 |
| 轴承直径系列 4 | 1.2 |




直径系列3的轴承 ($k$=1.0) 持续载荷 ($f$=1)

**图4.26 圆柱滚子轴承的极限轴向载荷**

## 4.8 技术数据

### 4.8.1 疲劳寿命与可靠性

诸如飞机卫星火箭等设备，任何零部件故障都可能导致整机损伤且难以修复，此类场合就对各个零部件的可靠性提出了极高的要求。可靠度这一概念正逐渐在耐久消费品领域普及，并可应用于机械设备的有效预防性维修中。

滚动轴承的额定疲劳寿命指一组同类轴承在相同工况下分别运行时，其中 90% 的轴承未发生材料滚动疲劳导致的损伤而持续旋转的总转数或以恒定转速旋转的总时间。此时可靠性定义为 90%。换言之，疲劳寿命通常都采用 90% 可靠性定义。另外，还有其他描述寿命的方法。例如，平均值就常被用来描述人类的寿命。然而，如果将平均寿命用在轴承上，那么，太多轴承都会在达到平均值前便失效。从另一个方面来说，如果将较低值或最小值作为标准，那么太多轴承的寿命又都会远超过该设定值。从这个观点来看，选择 90% 的值是出于惯例。其实，本来可以采取统计学上常用的 95% 作为基准。不过，之所以根据经验选择较为宽松的 90% 可靠性作为轴承的标准却有其实用和经济方面的考量。然而，如今，飞机、电脑和通信系统等应用并不采用 90% 可靠性，一些情况下，甚至会要求 99% 或 99.9% 的可靠性。

图 4.27 显示了一组相同的轴承在相同条件下运行时的疲劳寿命分布情况。可使用韦氏方程描述 10%~60% 失效概率（剩余概率 90%~40%）范围内的疲劳寿命分布。如图 4.28 所示，当失效概率低于 10% 时（剩余概率≧ 90%），滚动疲劳寿命要长于韦布尔分布的理论曲线。这是基于对大量不同型号轴承进行寿命实验和数据分析得到的结论。

由此考虑故障率≦ 10% 的轴承寿命时（例如，95% 寿命或 98% 寿命），则使用下表所示的可靠性系数 $a_1$ 确定寿命。假设额定疲劳寿命 $L_{10}$ 为 10 000 小时的某一轴承，计算其可靠度为 98% 时的寿命 $L_2$，可求得该寿命为 $L_2$=0.33 x $L_{10}$=3 300 小时。通过此方法，可以将轴承寿命的可靠性与设备所要求的可靠性程度以及全面检修和检查的难易程度相匹配。

**表4.12 可靠性系数**

| 可靠性，% | 90 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 寿命，$L$ | $L_{10}$ 额定寿命 | $L_5$ | $L_4$ | $L_3$ | $L_2$ | $L_1$ |
| 可靠性系数，$a_1$ | 1 | 0.64 | 0.55 | 0.47 | 0.37 | 0.25 |

除了滚动疲劳，诸如润滑、磨损、噪音和精度等因素也影响着轴承的耐久性。因此，这些因素也必须考虑。不过，这些耐久极限值随应用场合和条件的不同而不同。

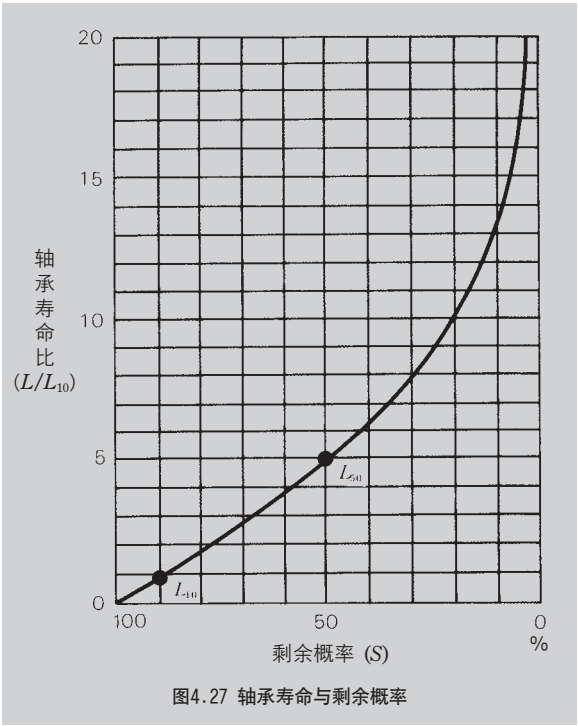



图4.27 轴承寿命与剩余概率

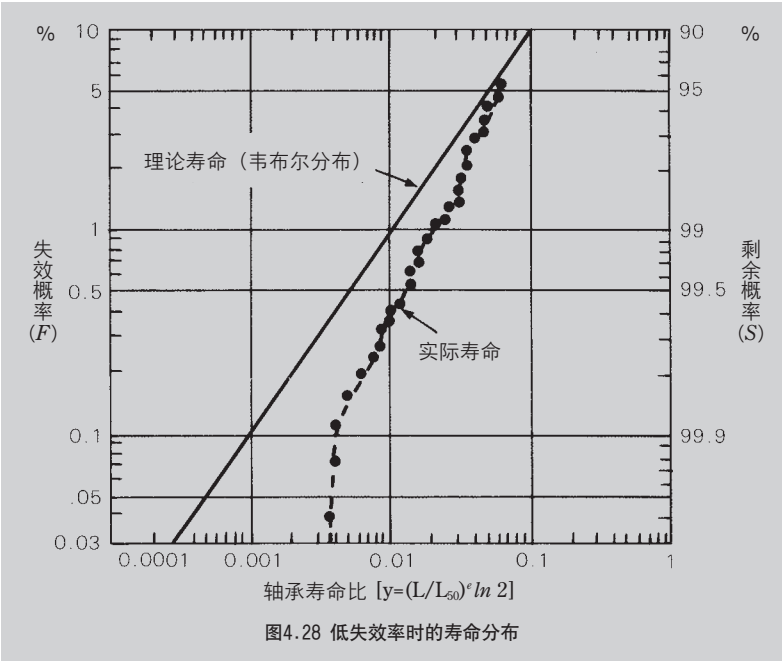



图4.28 低失效率时的寿命分布

### 4.8.2 径向游隙与疲劳寿命

如产品样本所示，滚动轴承的疲劳寿命计算公式为公式 (4.57)：

$$L=\left(\frac{C}{P}\right)^{p} \quad \cdots\cdots (4.57)$$

式中，$L$：额定疲劳寿命 ($10^6$ 转)

$C$：基本额定动载荷 (N), {kgf}

$P$：当量动载荷 (N), {kgf}

p：指数　　球轴承 p=3,

滚子轴承 $p=\frac{10}{3}$

此式中，计算向心轴承额定疲劳寿命的前提是，轴承内部载荷分布处于载荷系数 $\varepsilon$=0.5 的状态下(如图 4.29 所示)。

当轴承内部游隙为零时，得到的载荷分布为 $\varepsilon$=0.5。从该意义上来说，常规的疲劳寿命计算需在游隙为零时求值。将径向游隙的作用纳入考量后，可通过以下公式求得轴承的疲劳寿命。可以在轴承径向游隙 $\Delta_r$ 和载荷系数 $\varepsilon$ 的函数 $f(\varepsilon)$ 之间建立公式 (4.58) 和 (4.59)：

深沟球轴承

$$\left.\begin{aligned} f(\varepsilon)&=\frac{\Delta_r\cdot D_w^{1/3}}{0.00044\left(\frac{F_r}{Z}\right)^{2/3}} \cdots\cdots (N)\\ f(\varepsilon)&=\frac{\Delta_r\cdot D_w^{1/3}}{0.002\left(\frac{F_r}{Z}\right)^{2/3}} \cdots\cdots \{kgf\}\end{aligned}\right\} \cdots\cdots (4.58)$$

圆柱滚子轴承

$$\left.\begin{aligned} f(\varepsilon)&=\frac{\Delta_r\cdot L_{we}^{0.8}}{0.000077\left(\frac{F_r}{Z\cdot i}\right)^{0.9}} \cdots\cdots (N)\\ f(\varepsilon)&=\frac{\Delta_r\cdot L_{we}^{0.8}}{0.0006\left(\frac{F_r}{Z\cdot i}\right)^{0.9}} \cdots\cdots \{kgf\}\end{aligned}\right\} \cdots\cdots (4.59)$$

式中，$\Delta_r$：径向游隙 (mm)

$F_r$：径向载荷 (N), {kgf}

$Z$：滚动体个数

$i$：滚动体的列数

$D_w$：球径 (mm)

$L_{we}$：有效滚子长度 (mm)

$L_\varepsilon$：游隙为 $\Delta_r$ 时的寿命

$L$：游隙为零的寿命，由公式 (4.57) 求得

如表 4.13 所示，径向内部游隙为 $\Delta_r$ 时，也可以得到载荷系数 $\varepsilon$ 和 $f(\varepsilon)$ 之间的关系，以及寿命比 $L_\varepsilon/L$。

图 4.30 所示为以 6208 和 NU208 为例得出的径向游隙和轴承疲劳寿命之间的关系。

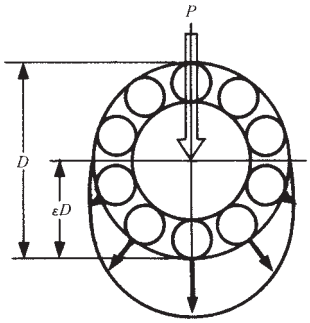



图4.29　$\varepsilon$=0.5 时的载荷分布

表4.13 $\varepsilon$ 与 $f$ $(\varepsilon)$，$L_\varepsilon/L$

| $\varepsilon$ | 深沟球轴承 | | 圆柱滚子轴承 | |
|---|---|---|---|---|
| | $f(\varepsilon)$ | $\frac{L_\varepsilon}{L}$ | $f(\varepsilon)$ | $\frac{L_\varepsilon}{L}$ |
| 0.1 | 33.713 | 0.294 | 51.315 | 0.220 |
| 0.2 | 10.221 | 0.546 | 14.500 | 0.469 |
| 0.3 | 4.045 | 0.737 | 5.539 | 0.691 |
| 0.4 | 1.408 | 0.889 | 1.887 | 0.870 |
| 0.5 | 0 | 1.0 | 0 | 1.0 |
| 0.6 | − 0.859 | 1.069 | − 1.133 | 1.075 |
| 0.7 | − 1.438 | 1.098 | − 1.897 | 1.096 |
| 0.8 | − 1.862 | 1.094 | − 2.455 | 1.065 |
| 0.9 | − 2.195 | 1.041 | − 2.929 | 0.968 |
| 1.0 | − 2.489 | 0.948 | − 3.453 | 0.805 |
| 1.25 | − 3.207 | 0.605 | − 4.934 | 0.378 |
| 1.5 | − 3.877 | 0.371 | − 6.387 | 0.196 |
| 1.67 | − 4.283 | 0.276 | − 7.335 | 0.133 |
| 1.8 | − 4.596 | 0.221 | − 8.082 | 0.100 |
| 2.0 | − 5.052 | 0.159 | − 9.187 | 0.067 |
| 2.5 | − 6.114 | 0.078 | − 11.904 | 0.029 |
| 3 | − 7.092 | 0.043 | − 14.570 | 0.015 |
| 4 | − 8.874 | 0.017 | − 19.721 | 0.005 |
| 5 | − 10.489 | 0.008 | − 24.903 | 0.002 |
| 10 | − 17.148 | 0.001 | − 48.395 | 0.0002 |

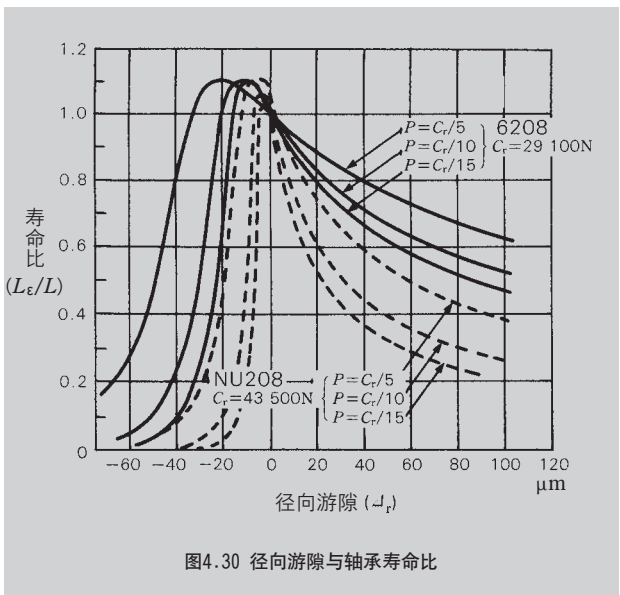



图4.30 径向游隙与轴承寿命比

### 4.8.3 深沟球轴承内、外圈倾斜与疲劳寿命

滚动轴承有着极高的加工精度，并且，为了保持该精度，必须要保证所装轴及轴承座的加工精度和安装精度。然而，在实际使用过程中，轴承周围部件的加工精度有限，且轴在外部载荷作用下发生挠曲时会使轴承内外圈发生倾斜。

容许的偏差一般在0.0006~0.003 rad (2′~10′)，但具体需视深沟球轴承尺寸、运行时的内部游隙以及载荷而定。

本节将介绍内 / 外圈偏差与疲劳寿命之间的关系。我们从62和63系列深沟球轴承中选择了四个不同尺寸的轴承作为例子。

设无倾斜的疲劳寿命为 $L_{\theta\text{-}0}$，有倾斜的疲劳寿命为 $L_\theta$。通过 $L_\theta / L_{\theta\text{-}0}$ 求得倾斜对疲劳寿命的影响。结果见图4.31~4.34。

为了能代表一般情况下的运行条件，分别将径向载荷 $F_r$ (N) {kgf} 和轴向载荷 $F_a$ (N) {kgf} 设为约是轴承额定动载荷 $C_r$ (N) {kgf} 的10% (标准载荷) 和1% (轻预载荷)，并用作计算的载荷条件。采用标准径向游隙，轴配合设为j5。另外，还将因内圈膨胀导致内部游隙减小这一因素纳入了考量。

此外，假设运转过程内外圈温差为5°C计算最大、最小、平均有效游隙时的 $L_\theta / L_{\theta\text{-}0}$。

如图4.31~4.34所示，当倾斜范围在0.0006~0.003 rad (2′~10′) 之间时，疲劳寿命下降5%~10%或更少，因此，影响不大。

然而，如图所示，当倾斜超过一定限度时，疲劳寿命便会快速下降。因此，需要对这方面加以注意。

如图所示，游隙较小时，微小倾斜几乎无影响，便不会出现很大影响。但当倾斜增加时，疲劳寿命便会显著降低。正如之前所提到的，使用轴承时需要尽可能降低安装误差。

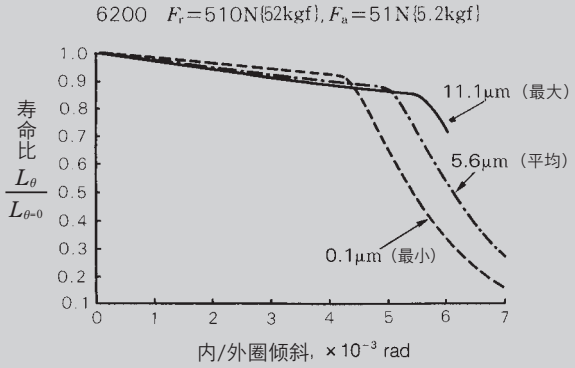



图4.31

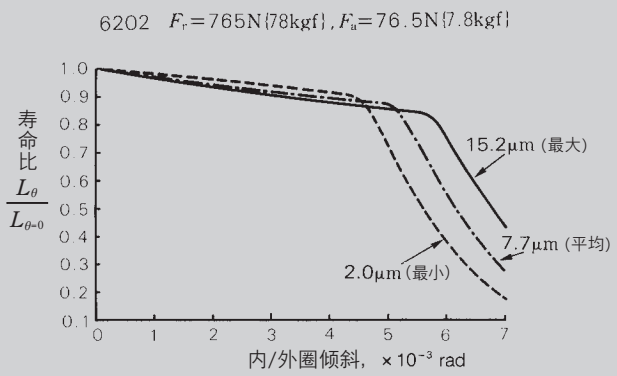



图4.32

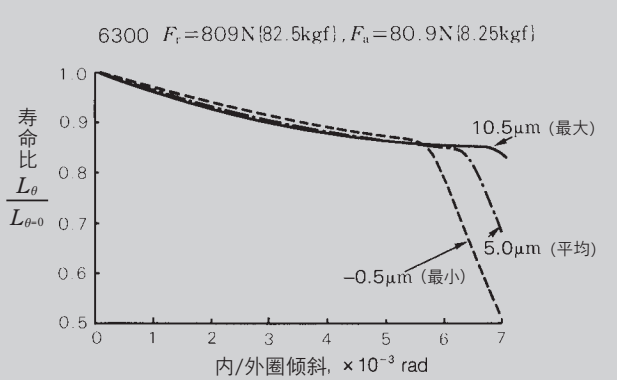



图4.33

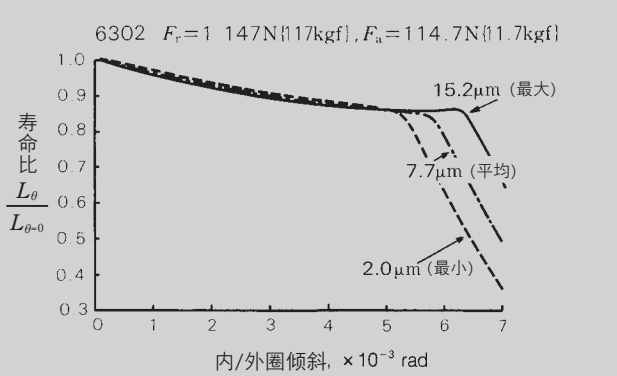



图4.34

### 4.8.4 圆柱滚子轴承内、外圈倾斜与疲劳寿命

当滚动轴承支撑的轴发生变形或轴肩精度不良时，轴承的内外圈之间便会出现倾斜，从而缩短疲劳寿命。疲劳寿命的缩短程度除了受轴承类型和内部设计的影响，还因使用时的径向内部游隙和载荷大小而异。

采用标准设计的圆柱滚子轴承NU215、NU315，其内、外圈倾斜与疲劳寿命之间的关系如图4.35~4.38所示。

在这些图中，横轴表示为内/外圈的倾斜(rad)，纵轴表示疲劳寿命比 $L_\theta$ /$L_{\theta=0}$。无倾斜的疲劳寿命为 $L_{\theta=0}$，有倾斜的疲劳寿命为 $L_\theta$。

图4.35和图4.36所示为在恒定载荷（轴承基本额定载荷的10%）作用下，内部游隙分别为标准游隙、C3游隙、C4游隙时的情况。图4.37和图4.38则是在恒定游隙（标准游隙）时，载荷分别为5% $C_r$、10% $C_r$、20% $C_r$ 时的情况。

另外，此处采用的游隙是在配合为m5/H7、内外圈温差为5°C时有效游隙的中值。

对于其他圆柱滚子轴承，其疲劳寿命比随游隙和载荷变化的趋势与此一致，但寿命比值却因轴承系列和尺寸而异，其中，22和23系列的轴承寿命缩短很快。

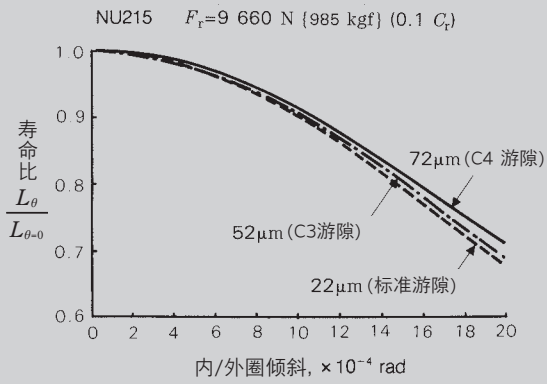



图4.35

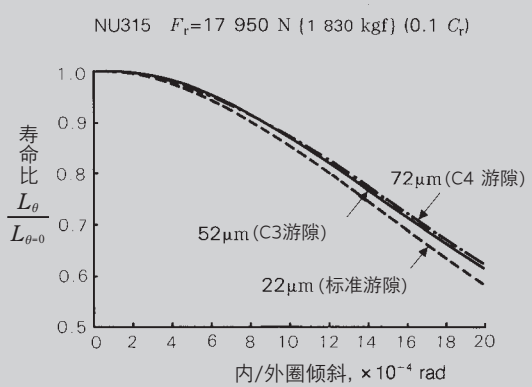



图4.36

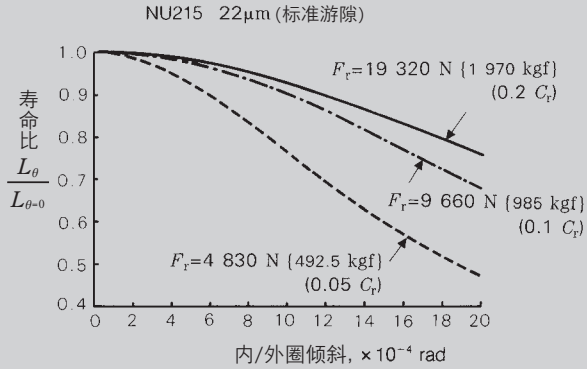



图4.37

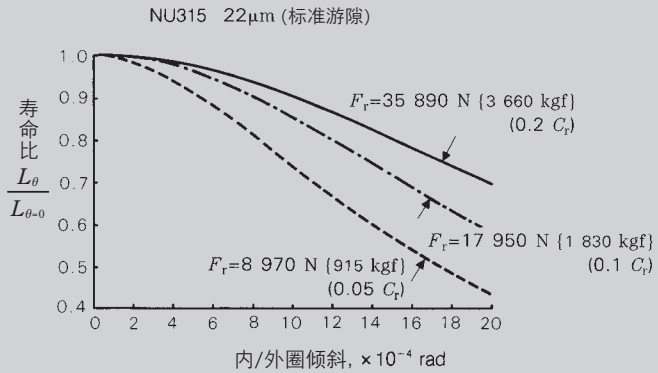



图4.38

### 4.8.5 油膜参数与滚动疲劳寿命

大量实验和经验都表明，滚动轴承的滚动疲劳寿命与润滑情况有着密切的关系。

滚动疲劳寿命表示在轴承的滚道或滚动面在循环应力作用下材料出现疲劳，表面发生局部剥落之前的总转数。该等剥落首先出现在材料内部微观不均匀部分（如非金属夹杂物、空穴）和微观缺陷部分（比如由于微小凸起与滚道面接触处产生的微观裂纹、表面深坑或凹坑）。前一种剥落称为内部起点型剥落，而后一种则称为表面起点型剥落。

油膜参数（$\Lambda$）是形成的油膜厚度与表面粗糙度之比，用于表示滚动接触表面的润滑状态是否良好。$\Lambda$ 越大，油膜的效果也就越好。也就是说，当 $\Lambda$ 数值较大时（一般约为 3），就不易发生由于接触表面极小凸出物导致的表面起点型剥落。如果表面没有缺陷（瑕疵、凹坑等），轴承的寿命主要由内部起点型剥落决定。从另一方面来说，$\Lambda$ 数值减小时容易出现表面起点型剥落，导致轴承寿命缩短。两者间的关系见图 4.39。

NSK 在 $\Lambda$=0.3~3 范围内，改变润滑剂、轴承材料（如图 4.40 中的●和▲），对迄今为止相关实验报告进行归纳，得出图 4.40 所示结果。可以看出，$\Lambda \fallingdotseq 1$ 附近，轴承寿命快速缩短，而在 $\Lambda$=3~4 附近，寿命变化率则较为平缓。$\Lambda \leqq 0.5$ 时，寿命约为 1/10 或更低。这是出现严重表面起点型剥落的结果。

因此，建议通过改善润滑条件增大油膜参数(理想值为 3 以上)，延长滚动轴承的疲劳寿命。

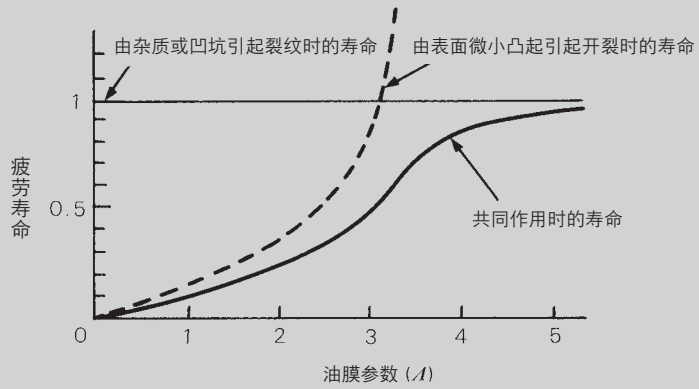



图4.39 油膜参数 $\Lambda$ 与轴承寿命的关系

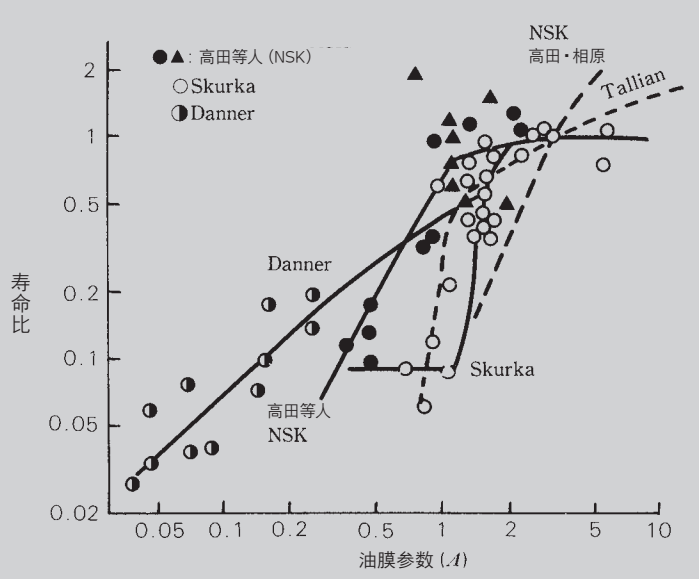



图4.40 油膜参数 $\Lambda$ 和滚动疲劳寿命的典型实验
(以$\Lambda$=3 时的寿命为基准)

### 4.8.6 EHL油膜参数计算简图

滚动轴承的润滑可通过弹性流体动力润滑(EHL)理论来加以理解。下述方法介绍了EHL理论相关参数中最重要的油膜参数（油膜-表面粗糙度比）。

**(1) 油膜参数**

轴承滚道表面和滚动面非常光滑，但在显微镜下仍可以看到细微的不平整。由于EHL油膜厚度与表面粗糙程度成正相关，因此，谈及润滑情况时就不能不考虑表面粗糙度。在平均油膜厚度相同的条件下，两种不同的表面粗糙度会产生不同的润滑效果。一种是通过油膜完全分离两个表面（图4.41 (a)）。另一种则是在表面凸起出发生直接接触（图4.41 (b)）。润滑效果下降以及表面损伤便是由于图(b)这类情况产生的。符号lambda（$\Lambda$）表示油膜厚度与表面粗糙度之比，其在EHL的研究和应用中被广泛采用。

$$\Lambda=h/\sigma \quad \cdots\cdots (4.60)$$

式中，$h$：EHL油膜厚度

$\sigma$：联合粗糙度($\sqrt{\sigma_1^2+\sigma_2^2}$)

$\sigma_1$，$\sigma_2$：每个接触表面的均方根(rms)粗糙值

油膜参数与油膜形成的关系如图4.42所示。且润滑程度可如图所示分成三个区域。

**(2) 油膜参数计算简图**

该图使用了以下Dowson-Higginson最小油膜厚度公式:

$$H_{\min}=2.65\frac{G^{0.54}U^{0.7}}{W^{0.13}} \quad \cdots\cdots (4.61)$$

此处油膜厚度是指内圈在承受最大滚动体载荷（此时油膜厚度最小）时的数值。

通过代入转速项($R$)、粘度($A$)、载荷项($F$) 以及轴承参数项($J$)，可得到公式(4.62)。其中，$t$为常数。

$$\Lambda=t\cdot R\cdot A\cdot F\cdot J \quad \cdots\cdots (4.62)$$

$R$和$A$可以是与轴承无关的量。设载荷$P$在98 N {10 kgf}~98 kN {10 tf}之间，$F$正相关于$P^{-0.13}$，即实际载荷大致取决于轴承尺寸，不过变化幅度控制在20%~30%之间。因此，便将$F$与轴承参数项($J$)这两项合并起来[$F=F(J)$]。所以，传统的公式(4.62)便可变成如下所示:

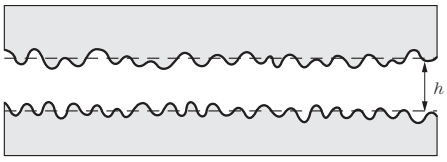
$$\Lambda=T\cdot R\cdot A\cdot D \quad \cdots\cdots (4.63)$$

式中，$T$：取决于轴承结构类型的系数

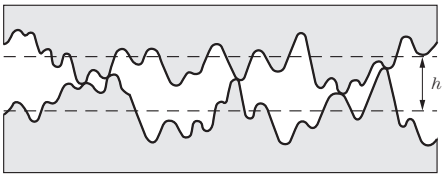
$R$：转速相关系数

$A$：粘度相关系数（粘度等级$\alpha$: Alpha）

$D$：轴承尺寸相关系数




(a) 表面粗糙度小




(b) 表面粗糙度大

**图4.41　油膜与表面粗糙度**

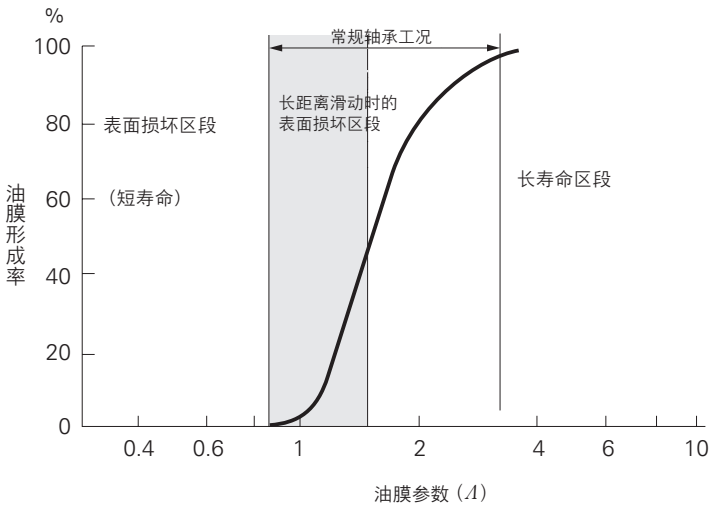



**图4.42　油膜对轴承性能的影响**

EHL诸多相关量中最为重要的油膜参数$\Lambda$可以采用以下简略式求得。当$\Lambda$值变小时，滚动轴承的疲劳寿命也会相应缩短。

在公式$\Lambda=T\cdot R\cdot A\cdot D$中，所涉及项包括代表油粘度$\eta_0$（mPa·s，{cp}）的$A$、代表速度$n$（$min^{-1}$）的$R$，以及代表轴承内径$d$（mm）的$D$。计算步骤如下。

(i) 根据轴承类型确定$T$值（表4.14）。

(ii) 根据图4.43确定$n$（$min^{-1}$)对应的$R$值。

(iii) 根据图4.44由绝对粘度(mPa·s，{cp})与润滑油种类确定$A$值。

因通常采用运动粘度$v_0$（$mm^2/s$,{cSt}），故可按下式换算：

$$\eta_0=\rho\cdot v_0 \quad \cdots\cdots (4.64)$$

$\rho$为密度($g/cm^3$)，可使用如下所示的近似值：

矿物油　　$\rho$=0.85

硅油　　$\rho$=1.0

二酯油　　$\rho$=0.9

当不确定矿物油是环烷基还是石蜡基时，可使用图4.44中所示的石蜡基曲线。

(iv) 根据图4.45中的直径系列和内径$d$（mm）确定$D$值。

(v) 将得到的上述值作为油膜参数。

表4.14　$T$值

| 轴承类型 | $T$值 |
|---|---|
| 球轴承 | 1.5 |
| 圆柱滚子轴承 | 1.0 |
| 圆锥滚子轴承 | 1.1 |
| 调心滚子轴承 | 0.8 |

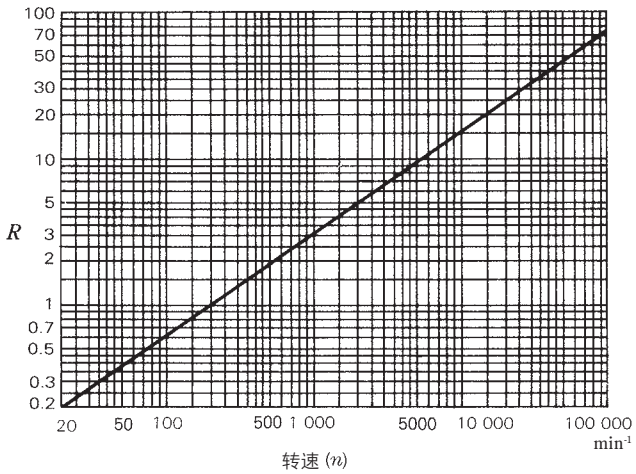



图4.43　转速项系数($R$)

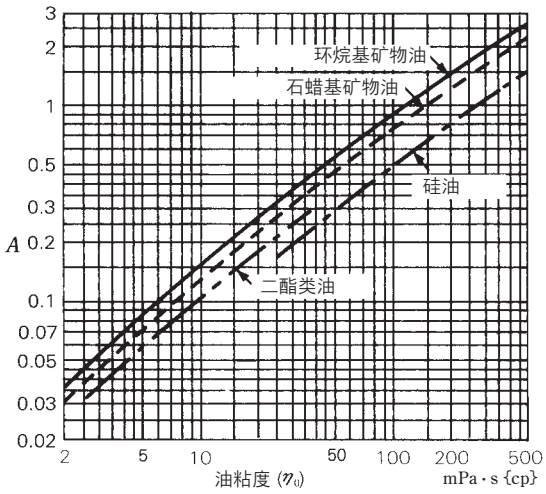



图4.44 润滑剂粘度相关项系数($A$)

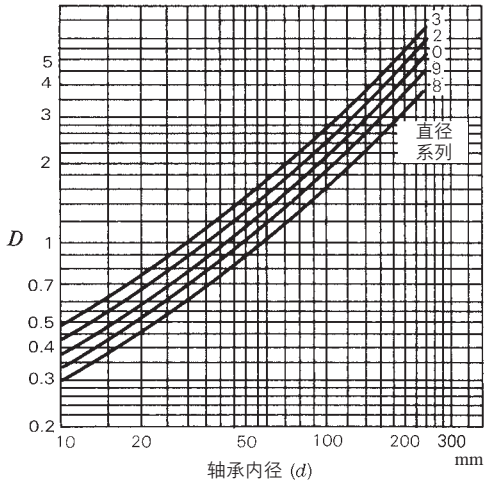



图4.45 轴承参数相关项系数($D$)

EHL油膜参数的计算举例如下。

（例1）

设深沟球轴承6312使用石蜡矿物油($\eta_0$=30 mPa·s, {cp})，转速为$n$=1 000min$^{-1}$，确定油膜参数。

（解）

根据轴承样本可知$d$=60 mm，$D$=130 mm。

根据表4.14可知$T$=1.5

根据图4.43可知$R$=3.0

根据图4.44可知$A$=0.31

根据图4.45可知$D$=1.76

因此，$\Lambda$=2.5

（例2）

设圆柱滚子轴承NU240使用石蜡矿物油($\eta_0$=10 mPa·s, {cp})，转速为$n$=2 500 min$^{-1}$，确定油膜参数。

（解）

根据轴承样本可知$d$=200 mm，$D$=360 mm。

根据表4.14可知$T$=1.0

根据图4.43可知$R$=5.7

根据图4.44可知$A$=0.13

根据图4.45可知$D$=4.8

因此，$\Lambda$=3.6

**(3) 供油不足及剪切发热的影响**

前文所述的油膜参数是以接触区域边缘充满润滑油和边缘处温度恒定为前提条件求出的。然而实际的使用和润滑条件可能并不能满足以上前提。

供油不足便属于这种情况。此时，实际的油膜参数可能要小于公式 (4.63) 求得的值。如果限制供油量便可能会出现供油不足的情况。这种情况下，需将油膜参数调整为公式(4.63)所得值的50%~70%。

其二，在高速运转过程中由于接触区承受过大剪切应力，导致局部油温升高，油黏度下降，使油膜参数小于等温理论值。Murch和Wilson便对剪切发热的影响进行了分析，并为油膜参数建立了折减系数。图4.46所示为使用粘度和速度（滚动体组节圆直径$D_{pw}$ x每分钟转速$n$作为参数）的近似计算。将上节中得到的油膜参数乘以折减系数$Hi$，便可得到考虑剪切发热因素后的油膜参数。

即，

$$\Lambda = Hi \cdot T \cdot R \cdot A \cdot D \quad \cdots\cdots (4.65)$$

需注意轴承内径和外径的平均值可以用作滚动体组的节圆直径$D_{pw}$ ($d_m$)。

（例1)计算条件包括$d_m n$=9.5×10$^4$、$\eta_0$=30 mPa·s、{cp}，从图4.46可知$Hi$近似为1，几乎没有受到剪切发热的影响。

（例2的）条件包括$d_m n$=7×10$^5$、$\eta_0$=10 mPa·s, {cp}，而$Hi$=0.76，意味着油膜参数减小了约25%。相应地，$\Lambda$的值实际为2.7，而非3.6。

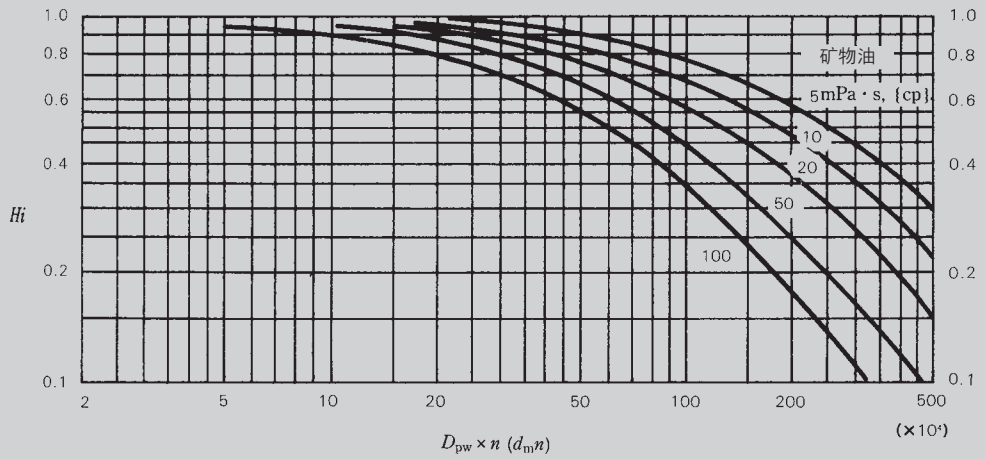



图4.46 剪切生热对应的油膜厚度折减系数 $Hi$

### 4.8.7 齿轮的载荷计算

**(1) 正齿轮、斜齿轮与人字齿轮的载荷计算**

齿轮和滚动轴承这两个机械组件之间有着极其紧密的联系。机械中广泛使用的齿轮装置几乎总是与轴承配套使用。用于齿轮装置的轴承的额定寿命计算和选型基于齿轮啮合点的受力状况。

齿轮啮合点的载荷可通过下列公式求出：

**正齿轮：**

$$P_1=P_2=\frac{9\ 550\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}=\frac{9\ 550\ 000H}{n_2\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots (N)$$

$$=\frac{974\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}=\frac{974\ 000H}{n_2\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots \{kgf\}$$

$$S_1=S_2=P_1\tan\alpha$$

作用于从动齿轮的力$P_2$和$S_2$分别与$P_1$和$S_1$相同，但方向相反。

**斜齿轮：**

$$P_1=P_2=\frac{9\ 550\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}=\frac{9\ 550\ 000H}{n_2\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots (N)$$

$$=\frac{974\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}=\frac{974\ 000H}{n_2\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots \{kgf\}$$

$$S_1=S_2=\frac{P_1\tan\alpha_n}{\cos\beta}$$

$$T_1=T_2=P_1\tan\beta$$

作用于从动齿轮的力的$P_2$、$S_2$和$T_2$分别与$P_1$、$S_1$和$T_1$相同，但方向相反。

**人字齿轮：**

$$P_1=P_2=\frac{9\ 550\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}=\frac{9\ 550\ 000H}{n_2\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots (N)$$

$$=\frac{974\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}=\frac{974\ 000H}{n_2\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots \{kgf\}$$

$$S_1=S_2=\frac{P_1\tan\alpha_n}{\cos\beta}$$

式中，
$P$：切向力(N)，{kgf}
$S$：径向力(N)，{kgf}
$T$：轴向力(N)，{kgf}
$H$：传动力(kW)
$n$：转速($min^{-1}$)
$d_p$：节圆直径(mm)
$\alpha$：齿轮压力角
$\alpha_n$：齿轮法向压力角
$\beta$：齿轮螺旋角
下标1：主动齿轮
下标2：从动齿轮

对于人字齿轮，因为斜齿轮的轴向力会互相抵消，因此，只有切向力和径向力在作用。关于切向力、径向力和轴向力的方向，请参考图 4.47 和图 4.48。

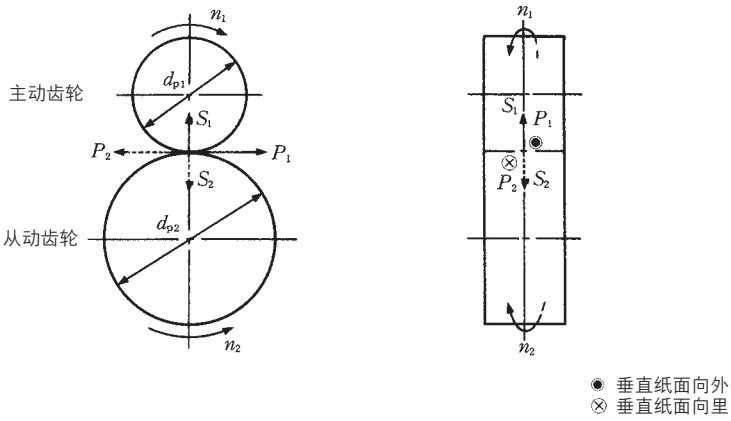



图4.47 正齿轮

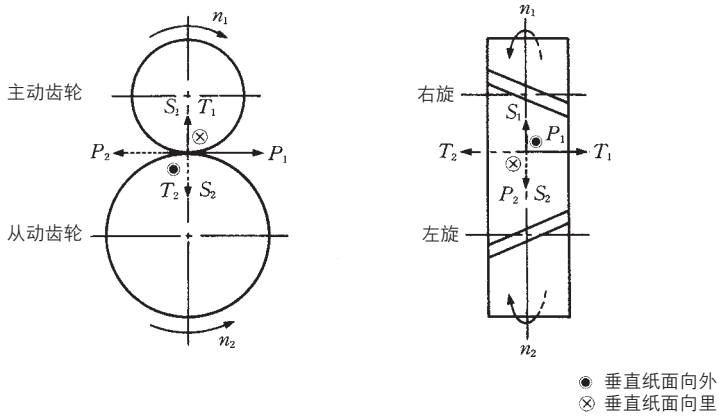



图4.48 斜齿轮

## ■轴承尺寸的选择

斜齿轮的轴向力方向视齿轮旋转方向、齿轮螺旋方向以及是主动齿轮还是从动齿轮而异。

方向如下：

轴承所承受的力通过以下公式确定：

切向力：

$$P_1=P_2=\frac{9\ 550\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}=\frac{9\ 550\ 000H}{n_2\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots (\mathrm{N})$$

$$=\frac{974\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}=\frac{974\ 000H}{n_2\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots \{\mathrm{kgf}\}$$

径向力：$S_1=S_2=P_1\dfrac{\tan\alpha_n}{\cos\beta}$

轴向力：$T_1=T_2=P_1\cdot\tan\beta$

轴承 C、D 也可用同样方法求出。

表4.15

| 载荷分类 | | 轴承 A | 轴承 B |
|---|---|---|---|
| 径向载荷 | 来自 $P_1$ | $P_A=\dfrac{b}{a+b}P_1$ ⊗ | $P_B=\dfrac{a}{a+b}P_1$ ⊗ |
| | 来自 $S_1$ | $S_A=\dfrac{b}{a+b}S_1$ ⬆ | $S_B=\dfrac{a}{a+b}S_1$ ⬆ |
| | 来自 $T_1$ | $U_A=\dfrac{d_{p1}/2}{a+b}T_1$ ⬆ | $U_B=\dfrac{d_{p1}/2}{a+b}T_1$ ⬇ |
| 合成径向载荷 | | $F_{rA}=\sqrt{P_A^2+(S_A+U_A)^2}$ | $F_{rB}=\sqrt{P_B^2+(S_B-U_B)^2}$ |
| 轴向载荷 | | $F_a=T_1$ ⬅ | |

载荷方向见图 4.49 中左图所示。

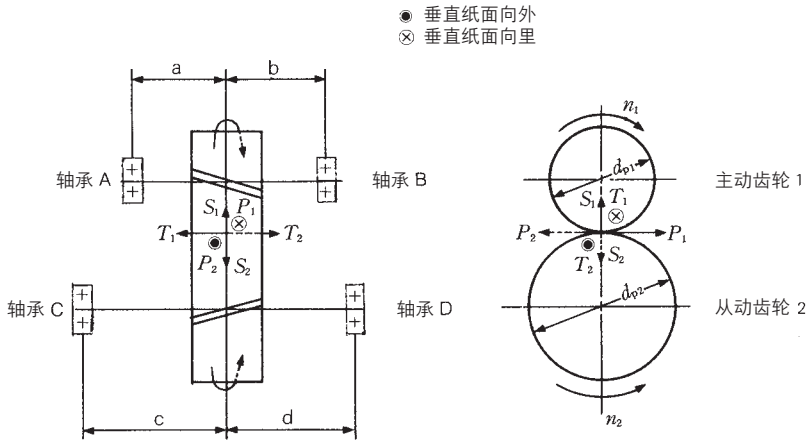



图4.49

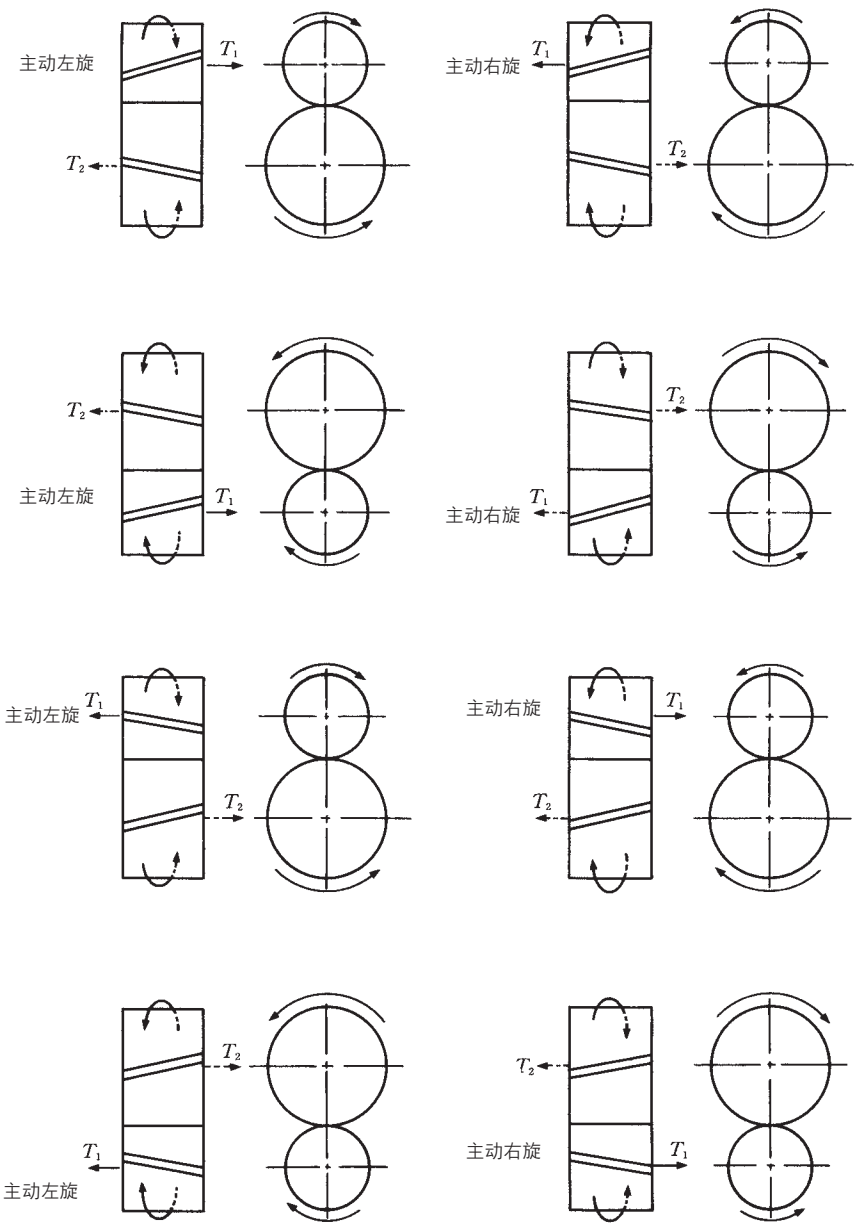

主动左旋
$T_1$
$T_2$
主动右旋
$T_1$
$T_2$
$T_2$
主动左旋
$T_1$
$T_2$
主动右旋
$T_1$
主动左旋
$T_1$
$T_2$
主动右旋
$T_1$
$T_2$
$T_2$
$T_1$
主动左旋
$T_2$
主动右旋
$T_1$

图4.50 轴向力方向

(2) **直齿锥齿轮的载荷计算**

直齿锥齿轮的啮合点所承受的载荷可通过以下公式求出：

$$P_1=P_2=\frac{9\ 550\ 000H}{n_1\left(\frac{D_{m1}}{2}\right)}=\frac{9\ 550\ 000H}{n_2\left(\frac{D_{m2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots (N)$$

$$=\frac{974\ 000H}{n_1\left(\frac{D_{m1}}{2}\right)}=\frac{974\ 000H}{n_2\left(\frac{D_{m2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots \{kgf\}$$

$$D_{m1}=d_{p1}-w\ \sin\delta_1$$
$$D_{m2}=d_{p2}-w\ \sin\delta_2$$

$$S_1=P_1\tan\alpha_n\ \cos\delta_1$$
$$S_2=P_2\tan\alpha_n\ \cos\delta_2$$

$$T_1=P_1\tan\alpha_n\ \cos\delta_1$$
$$T_2=P_2\tan\alpha_n\ \cos\delta_2$$

式中，$D_m$：平均节圆直径(mm)

$d_p$：节圆直径(mm)

$w$：齿轮宽度（节线长度）(mm)

$\alpha_n$：齿轮法向压力角

$\delta$：节圆锥角

一般来说，$\delta_1+\delta_2=90°$。在这种情况下，$S_1$ 和 $T_2$（或 $S_2$ 和 $T_1$）大小相同，但方向相反。$\delta$ 的 $S/P$ 和 $T/P$ 见图 4.53。施加在轴承上的载荷可通过如下所示的方法求出。

表4.16

◉ 垂直纸面向外
⊗ 垂直纸面向里

| 载荷分类 | | 轴承A | 轴承B | 轴承C | 轴承D |
|---|---|---|---|---|---|
| 径向载荷 | 来自$P$ | $P_A=\frac{b}{a}P_1$ ◉ | $P_B=\frac{a+b}{a}P_1$ ⊗ | $P_C=\frac{d}{c+d}P_2$ ◉ | $P_D=\frac{c}{c+d}P_2$ ◉ |
| | 来自$S$ | $S_A=\frac{b}{a}S_1$ ⬇ | $S_B=\frac{a+b}{a}S_1$ ⬆ | $S_C=\frac{d}{c+d}S_2$ ➡ | $S_D=\frac{c}{c+d}S_2$ ➡ |
| | 来自$T$ | $U_A=\frac{D_{m1}}{2\cdot a}T_1$ ⬆ | $U_B=\frac{D_{m1}}{2\cdot a}T_1$ ⬇ | $U_C=\frac{D_{m2}}{2(c+d)}T_2$ ⬅ | $U_D=\frac{D_{m2}}{2(c+d)}T_2$ ➡ |
| 合成径向载荷 | | $F_{rA}=\sqrt{P_A^2+(S_A-U_A)^2}$ | $F_{rB}=\sqrt{P_B^2+(S_B-U_B)^2}$ | $F_{rC}=\sqrt{P_C^2+(S_C-U_C)^2}$ | $F_{rD}=\sqrt{P_D^2+(S_D+U_D)^2}$ |
| 轴向载荷 | | $F_a=T_1$ ⬅ | | $F_a=T_2$ ⬇ | |

载荷方向见图4.52所示。

主动齿轮
(从大端侧看为逆时针)

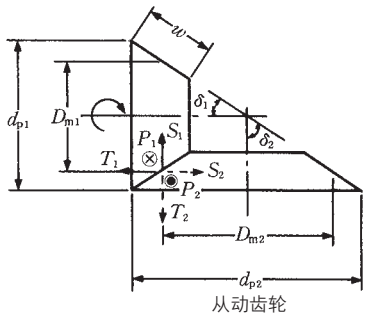



图4.51

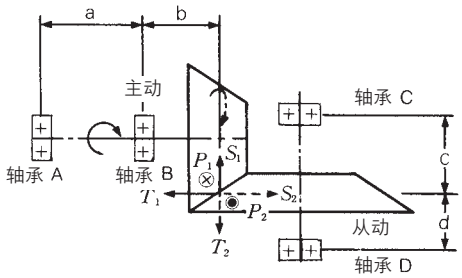



图4.52

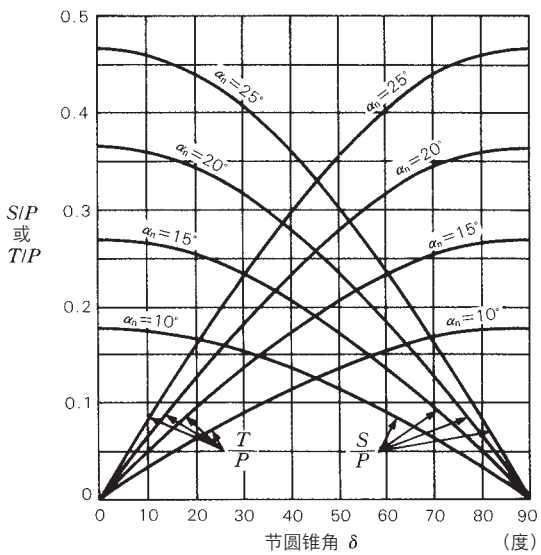



图4.53

**(3) 螺旋锥齿轮的载荷计算**

对于螺旋锥齿轮而言，其啮合点所承受载荷的大小和方向因运转方向和齿轮扭转方向而异。从齿轮的对面来看，运行方向要么是顺时针，要么是逆时针(图 4.54)。齿轮扭转方向分类如图 4.55 所示。齿轮啮合点所承受的力可通过下列公式求出：

$$P_1=P_2=\frac{9\ 550\ 000H}{n_1\left(\frac{D_{m1}}{2}\right)}=\frac{9\ 550\ 000H}{n_2\left(\frac{D_{m2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots (\mathrm{N})$$

$$=\frac{974\ 000H}{n_1\left(\frac{D_{m1}}{2}\right)}=\frac{974\ 000H}{n_2\left(\frac{D_{m2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots \{\mathrm{kgf}\}$$

式中，$\alpha_n$：齿轮法向压力角

$\beta$：齿螺旋角

$\delta$：节圆锥角

$w$：齿轮宽度 (mm)

$D_m$：平均节圆直径 (mm)

$d_p$：节圆直径 (mm)

但是

$D_{m1}=d_{p1}-w\sin d_1$

$D_{m2}=d_{p2}-w\sin d_2$

根据运行方向和齿轮扭转方向，可通过以下公式求出径向力 S 和轴向力 T：

右旋顺时针或左旋逆时针

主动齿轮

径向力

$$S_1=\frac{P}{\cos\beta}(\tan\alpha_n\cos\delta_1+\sin\beta\sin\delta_1)$$

轴向力

$$T_1=\frac{P}{\cos\beta}(\tan\alpha_n\sin\delta_1-\sin\beta\cos\delta_1)$$

从动齿轮

径向力

$$S_2=\frac{P}{\cos\beta}(\tan\alpha_n\cos\delta_2-\sin\beta\sin\delta_2)$$

轴向力

$$T_2=\frac{P}{\cos\beta}(\tan\alpha_n\sin\delta_2+\sin\beta\cos\delta_2)$$

主动齿轮

径向力

$$S_1=\frac{P}{\cos\beta}(\tan\alpha_n\cos\delta_1-\sin\beta\sin\delta_1)$$

轴向力

$$T_1=\frac{P}{\cos\beta}(\tan\alpha_n\sin\delta_1+\sin\beta\cos\delta_1)$$

从动齿轮

径向力

$$S_2=\frac{P}{\cos\beta}(\tan\alpha_n\cos\delta_2+\sin\beta\sin\delta_2)$$

轴向力

$$T_2=\frac{P}{\cos\beta}(\tan\alpha_n\sin\delta_2-\sin\beta\cos\delta_2)$$

计算结果如果为正，表明载荷作用的方向是背离啮合点；如果结果为负，则表明载荷作用的方向是指向啮合点。

一般来说，$\delta_1+\delta_2=90°$。在这种情况下，$T_1$ 和 $S_2$（$S_1$ 和 $T_2$）大小相同，但方向相反。轴承所承受的载荷可通过 4.8.7 (2) 节《作用于直齿锥齿轮上的载荷计算》中所介绍的方法求得。

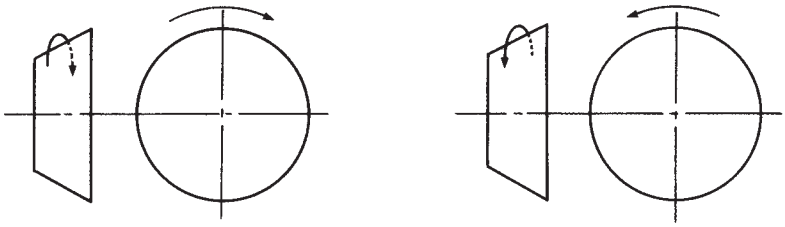



图4.54

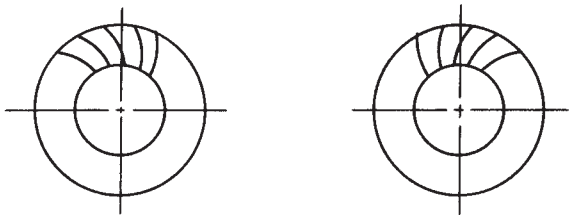



图4.55

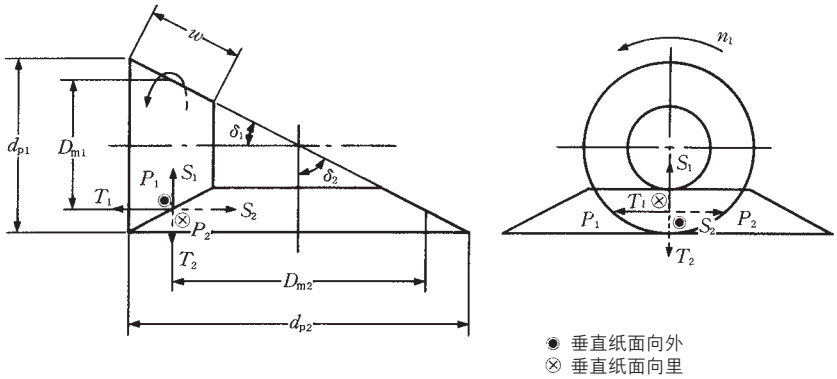



图4.56

**(4) 双曲线齿轮的载荷计算**

作用于双曲线齿轮啮合点的力可通过下列公式求出：

$$P_1=\frac{9\ 550\ 000H}{n_1\left(\frac{D_{m1}}{2}\right)}=\frac{\cos\beta_1}{\cos\beta_2}P_2 \quad \cdots\cdots (\mathrm{N})$$

$$=\frac{974\ 000H}{n_1\left(\frac{D_{m1}}{2}\right)}=\frac{\cos\beta_1}{\cos\beta_2}P_2 \quad \cdots\cdots \{\mathrm{kgf}\}$$

$$P_2=\frac{9\ 550\ 000H}{n_2\left(\frac{D_{m2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots (\mathrm{N})$$

$$=\frac{974\ 000H}{n_2\left(\frac{D_{m2}}{2}\right)} \quad \cdots\cdots \{\mathrm{kgf}\}$$

$$D_{m1}=D_{m2}\frac{z_1}{z_2}\cdot\frac{\cos\beta_1}{\cos\beta_2}$$

$$D_{m2}=d_{p2}-w_2\sin\delta_2$$

式中，$\alpha_n$：齿轮法向压力角

$\beta$：螺旋角

$\delta$：节圆锥角

$w$：齿轮宽度(mm)

$D_m$：平均节圆直径(mm)

$d_p$：节圆直径(mm)

$z$：齿数

根据运转方向和齿螺旋方向，可通过以下公式求出径向力 $S$ 和轴向力 $T$：

右旋逆时针或左旋顺时针

主动齿轮

径向力

$$S_1=\frac{P_1}{\cos\beta_1}(\tan\alpha_n\cos\delta_1+\sin\beta_1\sin\delta_1)$$

轴向力

$$T_1=\frac{P_1}{\cos\beta_1}(\tan\alpha_n\sin\delta_1-\sin\beta_1\cos\delta_1)$$

从动齿轮

径向力

$$S_2=\frac{P_2}{\cos\beta_2}(\tan\alpha_n\cos\delta_2-\sin\beta_2\sin\delta_2)$$

轴向力

$$T_2=\frac{P_2}{\cos\beta_2}(\tan\alpha_n\sin\delta_2+\sin\beta_2\cos\delta_2)$$

右旋逆时针或左旋顺时针

主动齿轮

径向力

$$S_1=\frac{P_1}{\cos\beta_1}(\tan\alpha_n\cos\delta_1-\sin\beta_1\sin\delta_1)$$

轴向力

$$T_1=\frac{P_1}{\cos\beta_1}(\tan\alpha_n\sin\delta_1+\sin\beta_1\cos\delta_1)$$

从动齿轮

径向力

$$S_2=\frac{P_2}{\cos\beta_2}(\tan\alpha_n\cos\delta_2+\sin\beta_2\sin\delta_2)$$

轴向力

$$T_2=\frac{P_2}{\cos\beta_2}(\tan\alpha_n\sin\delta_2-\sin\beta_2\cos\delta_2)$$

计算结果如果为正，表明载荷作用的方向是背离啮合点；如果结果为负，则表明载荷作用的方向是指向啮合点。

关于运转方向和齿轮扭转方向，请参考 4.8.7 (3)，螺旋锥齿轮的载荷计算。轴承所承受的载荷可通过 4.8.7 (2)，直齿锥齿轮的载荷计算中所介绍的方法求得。

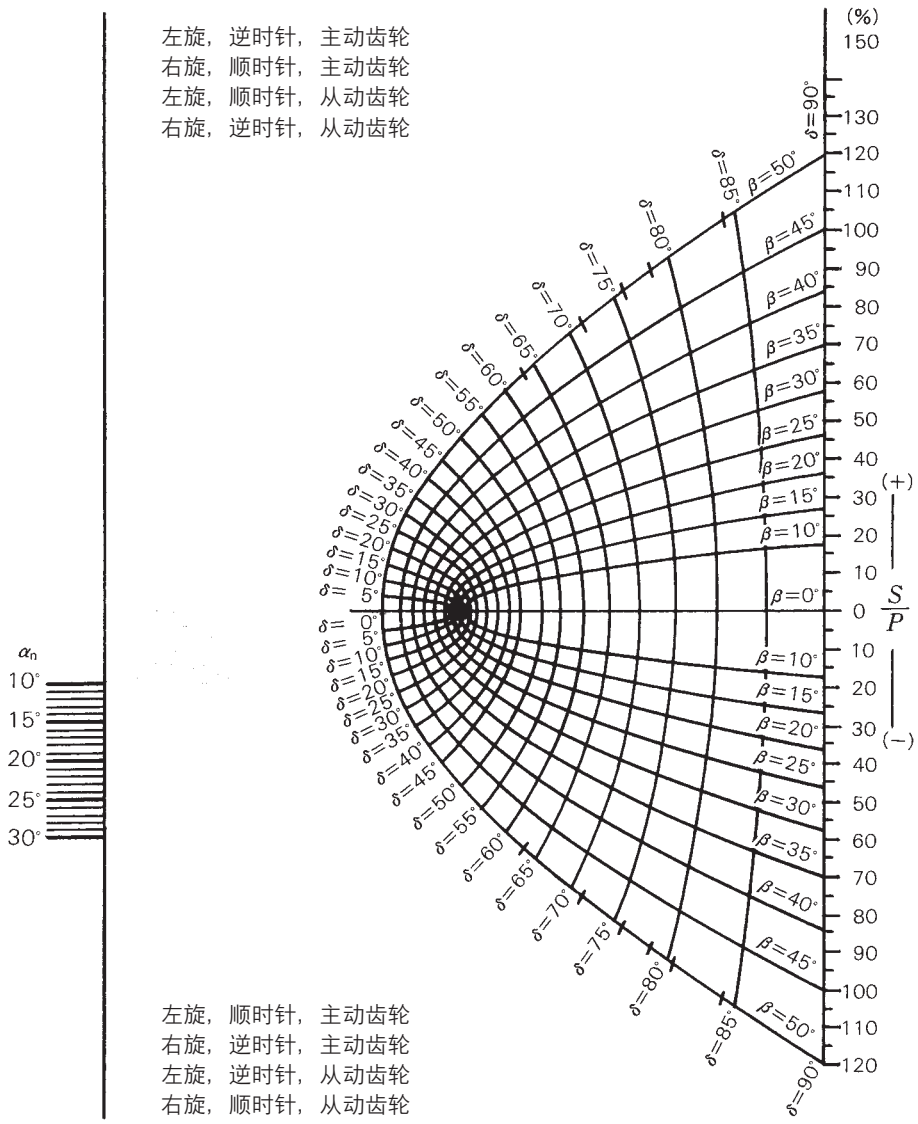
## ■轴承尺寸的选择

下一个计算简图用于确定径向力 $S$ 和轴向力 $T$ 的近似值和方向。

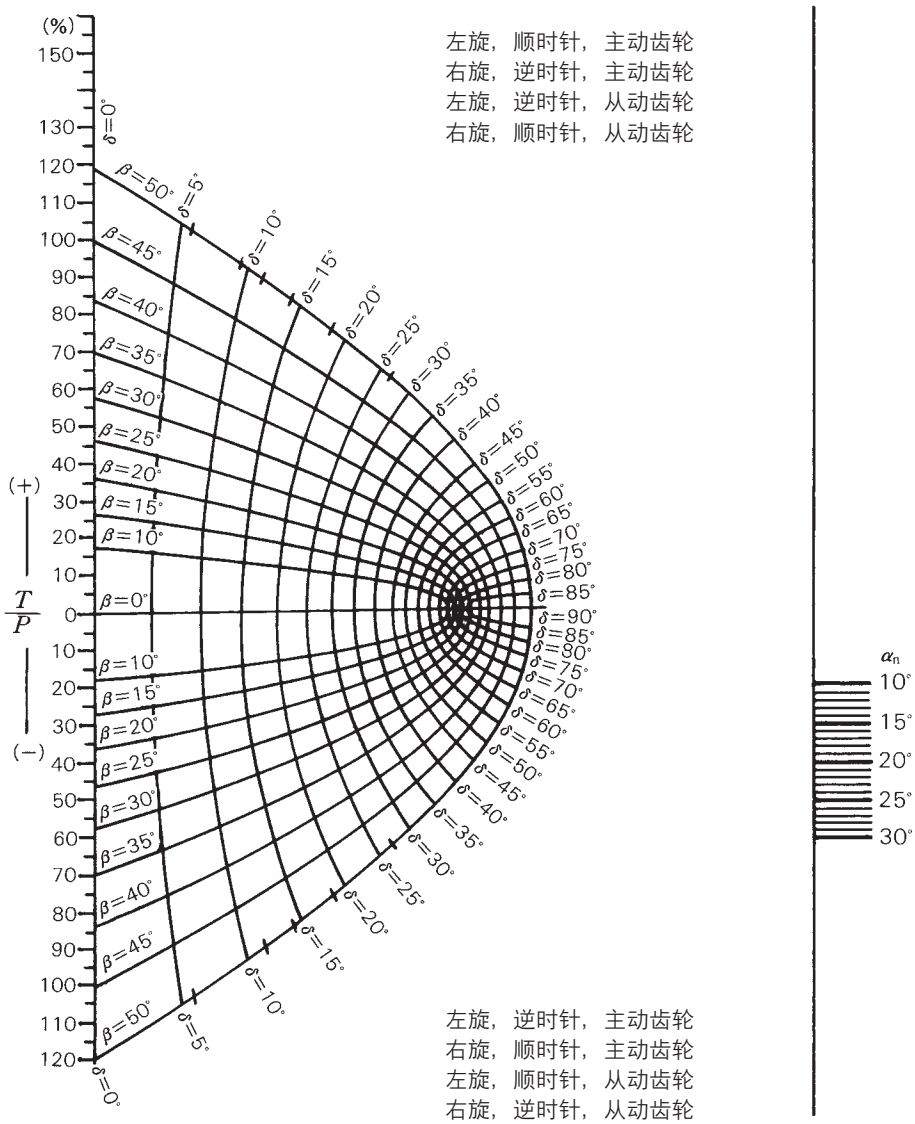
[ 使用方法 ]

确定径向力 $S$ 值的方法如下所示。$T$ 值也可以用同样方法确定。

1. 在图左侧的纵坐标上取齿轮法向压力角 $\alpha_n$。
2. 确定节圆锥角 $\delta$ 和扭转角 $\beta$ 的交叉点。根据旋转方向和齿螺旋方向确定该点在 $\beta$=0 的上方或下方。
3. 划一条直线将这两点连接起来，读取该线与右侧纵坐标交叉点所在的读数。该读数以百分比形式给出了径向力 $S$ 与切向力 $P$ 的比值 ($S/P$，%)。




径向力 $S$ 的计算简图


(%)
150
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
(+)
(−)
T/P
δ=0°
β=50° δ=5°
δ=10°
δ=15°
δ=20°
δ=25°
δ=30°
δ=35°
δ=40°
δ=45°
δ=50°
δ=55°
δ=60°
δ=65°
δ=70°
δ=75°
δ=80°
δ=85°
δ=90°
β=45°
β=40°
β=35°
β=30°
β=25°
β=20°
β=15°
β=10°
β=0°
左旋，顺时针，主动齿轮
右旋，逆时针，主动齿轮
左旋，逆时针，从动齿轮
右旋，顺时针，从动齿轮
左旋，逆时针，主动齿轮
右旋，顺时针，主动齿轮
左旋，顺时针，从动齿轮
右旋，逆时针，从动齿轮
αn
10°
15°
20°
25°
30°

轴向力 $T$ 的计算简图

(5) 蜗轮的载荷计算

蜗轮蜗杆机构是交叉轴齿轮的一种，占用较小的空间即可实现高转速比。蜗轮啮合点所承受的载荷可通过表4.17所示公式求得。表4.17的符号如下:

$i$：齿数比 $\left( i=\frac{Z_2}{Z_w} \right)$

$\eta$：蜗轮传动效率 $\left[ \eta=\frac{\tan\gamma}{\tan(\gamma+\psi)} \right]$

$\gamma$：导程角 $\left( \gamma=\tan^{-1}\frac{d_{p2}}{id_{p1}} \right)$

$\psi$：用于摩擦角，通过图4.57中所使用的公式

$$V_R=\frac{\pi d_{p1}n_1}{\cos\gamma}\times\frac{10^{-3}}{60}$$

求得。

当$V_R$≦0.2 m/s时，$\psi$=8°。
当$V_R$>6 m/s，$\psi$=1°4'。

$\alpha_n$：齿轮法向压力角
$\alpha_a$：轴端压力角
$Z_w$：蜗杆头数
$Z_2$：蜗轮的齿数
下标1: 主动蜗杆
下标2: 从动蜗轮

对于蜗轮蜗杆机构来说，根据蜗杆旋转方向及齿螺旋方向，啮合点有如下所示四种作用组合。

可按照4.8.7 (1)节《正齿轮、斜齿轮与人字齿轮的载荷计算》表4.15中的方法，根据蜗轮啮合点各分力的大小和方向求得轴承所承受的载荷。

表4.17

| 力 | 蜗杆 | 蜗轮 |
|---|---|---|
| 切向力 $P$ | $\frac{9\ 550\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}$ ..... (N)<br>$\frac{974\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}$ ..... {kgf} | $\frac{9\ 550\ 000Hi\eta}{n_1\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)}=\frac{P_1\eta}{\tan\gamma}=\frac{P_1}{\tan(\gamma+\psi)}$ .....(N)<br>$\frac{974\ 000Hi\eta}{n_1\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)}=\frac{P_1\eta}{\tan\gamma}=\frac{P_1}{\tan(\gamma+\psi)}$ .....{kgf} |
| 轴向力 $T$ | $\frac{9\ 550\ 000H\eta}{n_1\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)}=\frac{P_1\eta}{\tan\gamma}=\frac{P_1}{\tan(\gamma+\psi)}$ .....(N)<br>$\frac{974\ 000H\eta}{n_1\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)}=\frac{P_1\eta}{\tan\gamma}=\frac{P_1}{\tan(\gamma+\psi)}$ .....{kgf} | $\frac{9\ 550\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p2}}{2}\right)}$ .....(N)<br>$\frac{974\ 000H}{n_1\left(\frac{d_{p1}}{2}\right)}$ .....{kgf} |
| 径向力 $S$ | $\frac{P_1\tan\alpha_n}{\sin(\gamma+\psi)}=\frac{P_1\tan\alpha_a}{\tan(\gamma+\psi)}$ .....(N), {kgf} | $\frac{P_1\tan\alpha_n}{\sin(\gamma+\psi)}=\frac{P_1\tan\alpha_a}{\tan(\gamma+\psi)}$ .....(N), {kgf} |

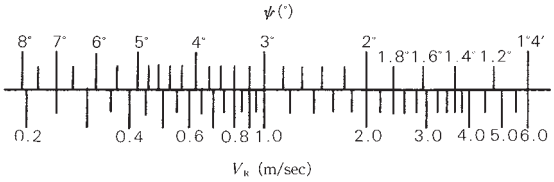



图4.57

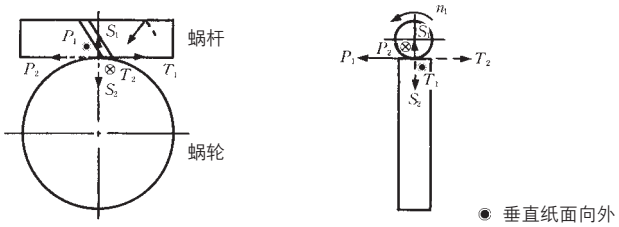



图4.58 右旋蜗杆

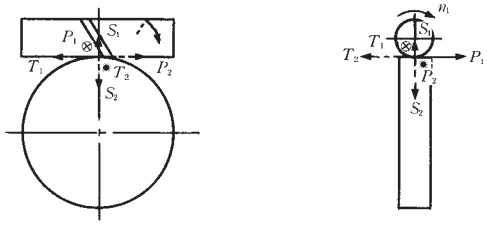


图4.59 右旋蜗杆（蜗杆旋转的方向与图4.58所示方向相反）

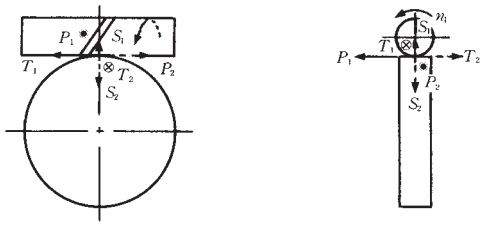


图4.60 左旋蜗杆

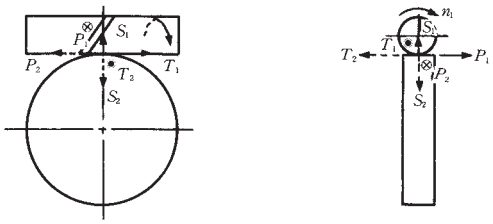
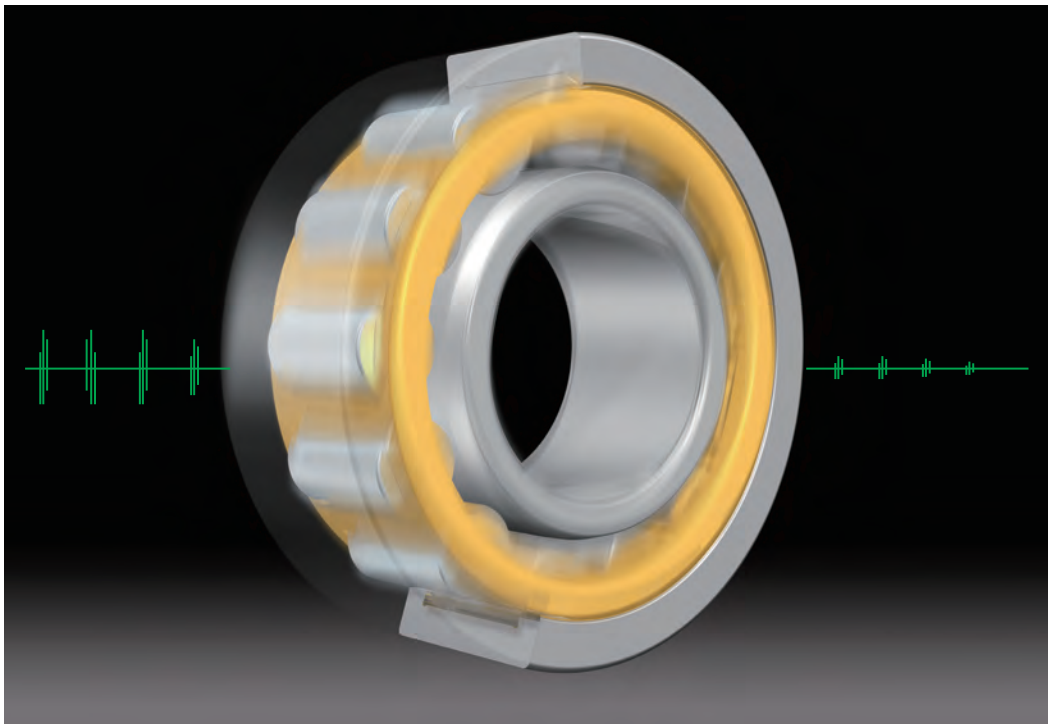


图4.61 左旋蜗杆（蜗杆旋转的方向与图4.60所示方向相反）



# 5. 转速

5.1 额定转速(脂润滑/油润滑) ····· A 098
5.1.1 额定转速的修正(脂润滑/油润滑) ····· A 098
5.1.2 接触式橡胶密封球轴承的额定转速(脂润滑/油润滑) ····· A 099
5.2 热参考转速 ····· A 099
5.3 机械极限转速 ····· A 099
5.4 技术数据 ····· A 100
5.4.1 滚动体的自转与公转速度 ····· A 100

# 5. 转速

本目录中，NSK 使用了四种转速定义，如表 5.1 所示。

**表5.1　转速概述**

| 转速 | 概述 | 适用<br>润滑方法 |
|---|---|---|
| 额定转速（脂润滑） | 脂润滑条件下，根据经验得出的额定转速 | 脂润滑 |
| 额定转速（油润滑） | 油浴润滑条件下，根据经验得出的额定转速 | 油浴润滑 |
| 热参考转速(1) | 根据ISO 15312定义的参考条件，轴承所产生的热量与轴及轴承座所散热量之间达成平衡时的旋转速度，是表示轴承在高速运转下的适用性的标准之一 | 油浴润滑<br>以ISO 15312中列出的参考条件为准 |
| 机械极限转速(1) | 理想润滑、散热和温度条件下可达到的机械和运动学极限转速 | 如<br>设计良好且受控的强制循环油润滑 |

**注**　(1) 仅单列圆柱滚子轴承和调心滚子轴承的表格内列有热参考转速和机械极限转速。

## 5.1　额定转速(脂润滑 / 油润滑)

轴承运行过程中，速度越高，因摩擦导致的轴承温度也越高。额定转速根据经验得出，是轴承能够保持持续运行，且不会产生过多热量或因咬粘而失效的最大转速。因此，轴承的额定转速因诸如轴承结构和尺寸、保持架结构和材料、载荷、润滑方法，以及包括轴承外围设计在内的散热方法而异。

轴承尺寸表内的脂润滑额定转速和油润滑额定转速适用于标准设计轴承在普通载荷条件下（$C/P \geqq 12$ 且 $F_a/F_r \leqq 0.2$）运转的工况。轴承尺寸表中所列的油润滑额定转速是指采用油浴润滑时的额定转速。

一些类型的润滑剂虽然可能在其他方面性能非常好，但却不适用于高速运行。当转速超过轴承尺寸表中所列脂润滑额定转速或油润滑额定转速的 70% 时，需选择高速运行性能优良的润滑脂或润滑油。

（参考）
表 11.2　润滑脂的性能（A236 和 A237 页）
表 11.5 根据轴承工况选择润滑剂举例（A239 页）
表 11.6　润滑脂的牌号和性能（A240 和 A241 页）

### 5.1.1　额定转速的修正(脂润滑 / 油润滑)

当轴承载荷 $P$ 超过基本额定载荷 $C$ 的 8%，或者轴向载荷 $F_a$ 超过径向载荷 $F_r$ 的 20% 时，需要将轴承尺寸表中所列的额定转速值乘以图 5.1 和 5.2 所示的修正系数，以修正脂润滑与油润滑的额定转速。

当所要求的转速超过脂润滑或油润滑的额定转速时，必须对轴承的精度等级、内部游隙、保持架结构及材料、润滑等进行充分研究，以便选出要求转速的轴承。润滑方式方面，须采取强制循环油润滑、喷射润滑、油雾润滑或油气润滑等等。

将所有这些条件都纳入考虑后，可通过将轴承尺寸表内所列的油润滑额定转速乘以表 5.2 内所示的修正系数获得修正后的最大容许转速。关于高速应用，建议咨询 NSK。

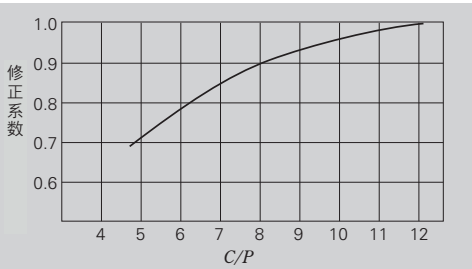



**图5.1　载荷比相应的额定转速（脂润滑/油润滑）修正系数变化**

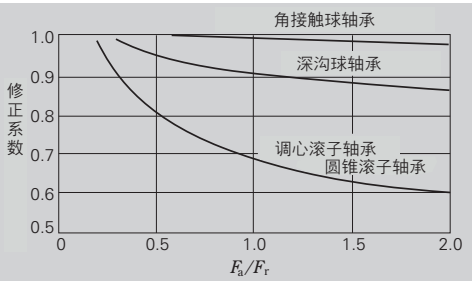



**图5.2　合成径向载荷和轴向载荷的额定转速（脂润滑/油润滑）修正系数**

表5.2 高速应用的额定转速修正系数

| 轴承类型 | 修正系数 |
|---|---|
| 滚针轴承（大宽度除外） | 2 |
| 圆锥滚子轴承 | 2 |
| 深沟球轴承 | 2.5 |
| 角接触球轴承（成对双联轴承除外） | 1.5 |

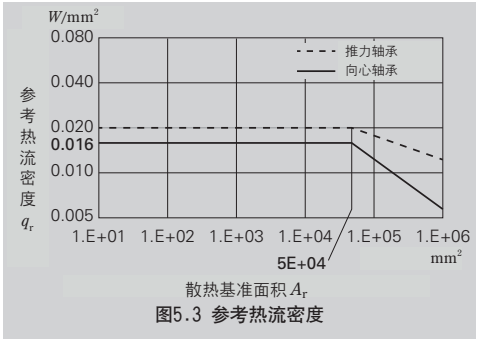


图5.3 参考热流密度

### 5.1.2 接触式橡胶密封球轴承的额定转速（脂润滑 / 油润滑）

接触式橡胶密封球轴承（DDU 型）的最大容许转速主要由密封唇的滑动速度决定。额定转速值见轴承尺寸表。

## 5.2 热参考转速

热参考转速是根据 ISO 15312 定义的参考条件，轴承所产生的热量与轴及轴承座所散热量之间达成平衡时的旋转速度，是表示轴承在高速运转下的适用性的标准之一。

以下便是 ISO 15312 定义的参考条件。

– 外圈固定，内圈旋转
– 环境温度 20°C
– 轴承外圈温度 70°C
– 向心轴承载荷 0.05 $C_{0r}$
– 油浴润滑
– 润滑剂 ISO VG32（向心轴承）
– 普通游隙

轴承座和轴的散热情况可见图 5.3。图 5.3 中，$A_r$ ($mm^2$) 为散热基准表面积。在 ISO 的定义中，$A_r$ 为轴承内圈内表面和外圈外表面的总面积（向心轴承），而 $q_r$ ($W/mm^2$) 则为热流密度。通过轴承座表面面积 ($A_r$) 乘以热流密度 ($q_r$) 计算得出耗散热量。

## 5.3 机械极限转速

机械极限转速是轴承在理想的润滑、散热和温度条件下（如高速运行条件配备设计良好且受控的强制循环油润滑）可以达到的机械和运动学极限转速。

标准设计轴承的机械极限转速是在载荷 $C/P$ = 12 的情况下，考虑轴承各单元之间的滑动，冲击力，离心力，回转力矩等设计计算的。

本样本中，单列圆柱滚子轴承和调心滚子轴承的轴承尺寸表中记载了轴承的热参考转速、机械极限转速和额定转速（脂润滑）。其他类型的轴承记载了额定转速（脂润滑 / 油润滑）。

## 5.4 技术数据

### 5.4.1 滚动体的自转与公转速度

当滚动体在轴承套圈之间纯滚动时，滚动体在内圈滚道上滚动的距离与外圈滚道上滚动的距离相等。这一事实使得内外圈的滚动速度 $n_i$、$n_e$，以及滚动体的转数 $n_a$ 之间能够建立一种关系。

滚动体的旋转速度可由内外圈滚道圆周速度的算术平均求得（一般情况下，内圈和外圈中任一圈为静止状态）。滚动体的自转和公转关系可通过公式 (5.1) 至 (5.4) 表示。

自转数

$$n_a=\left(\frac{D_{pw}}{D_w}-\frac{D_w\cos^2\alpha}{D_{pw}}\right)\frac{n_e-n_i}{2}$$

$(\mathrm{min}^{-1})$ ····· (5.1)

自转周速度

$$v_a=\frac{\pi D_w}{60\times10^3}\left(\frac{D_{pw}}{D_w}-\frac{D_w\cos^2\alpha}{D_{pw}}\right)\frac{n_e-n_i}{2}$$

(m/s) ····· (5.2)

公转数（保持架转数）

$$n_c=\left(1-\frac{D_w\cos\alpha}{D_{pw}}\right)\frac{n_i}{2}+\left(1+\frac{D_w\cos\alpha}{D_{pw}}\right)\frac{n_e}{2}$$

$(\mathrm{min}^{-1})$ ····· (5.3)

公转周速度
（滚动体节圆直径上的保持架转速）

$$v_c=\frac{\pi D_{pw}}{60\times10^3}\left[\left(1-\frac{D_w\cos\alpha}{D_{pw}}\right)\frac{n_i}{2}+\left(1+\frac{D_w\cos\alpha}{D_{pw}}\right)\frac{n_e}{2}\right]$$

(m/s) ····· (5.4)

式中，$D_{pw}$：滚动体节圆直径 (mm)
$D_w$：滚动体直径 (mm)
$\alpha$：接触角 (°)
$n_e$：外圈转速 $(\mathrm{min}^{-1})$
$n_i$：内圈转速 $(\mathrm{min}^{-1})$

0°≦ $\alpha$ <90° 和 $\alpha$=90° 时，滚动体内圈旋转数量 ($n_e$=0) 和外圈旋转数量 ($n_i$=0) 分别见表 5.3。

作为例子，表 5.4 显示了球轴承 6210 和 6310 内圈旋转时滚动体的转数 $n_a$ 和 $n_c$。

| 接触角 | 旋转速度 |
|---|---|
| 0°≦$\alpha$<90° | $n_a$ $(\mathrm{min}^{-1})$ |
| | $v_a$ (m/s) |
| | $n_c$ $(\mathrm{min}^{-1})$ |
| | $v_c$ (m/s) |
| $\alpha$=90° | $n_a$ $(\mathrm{min}^{-1})$ |
| | $v_a$ (m/s) |
| | $n_c$ $(\mathrm{min}^{-1})$ |
| | $v_c$ (m/s) |

表 5.4　球轴承 6210 和 6310 的 $n_a$ 和 $n_c$

| 球轴承 | $\gamma$ | $n_a$ | $n_c$ |
|---|---|---|---|
| 6210 | 0.181 | $-2.67n_i$ | $0.41n_i$ |
| 6310 | 0.232 | $-2.04n_i$ | $0.38n_i$ |

备注　$\gamma=\dfrac{D_w\cos\alpha}{D_{pw}}$

表 5.3　滚动体的自转数 $n_a$、自转周速度 $v_a$、公转数 $n_c$ 和公转周速度 $v_c$

| | 内圈旋转 ($n_e$=0) | 外圈旋转 ($n_i$=0) |
|---|---|---|
| | $-\left(\dfrac{1}{\gamma}-\gamma\right)\dfrac{n_i}{2}\cdot\cos\alpha$ | $\left(\dfrac{1}{\gamma}-\gamma\right)\dfrac{n_e}{2}\cdot\cos\alpha$ |
| | $\dfrac{\pi D_w}{60\times10^3}n_a$ | |
| | $(1-\gamma)\dfrac{n_i}{2}$ | $(1+\gamma)\dfrac{n_e}{2}$ |
| | $\dfrac{\pi D_{pw}}{60\times10^3}n_c$ | |
| | $-\dfrac{1}{\gamma}\cdot\dfrac{n_i}{2}$ | $\dfrac{1}{\gamma}\cdot\dfrac{n_e}{2}$ |
| | $\dfrac{\pi D_w}{60\times10^3}n_a$ | |
| | $\dfrac{n_i}{2}$ | $\dfrac{n_e}{2}$ |
| | $\dfrac{\pi D_{pw}}{60\times10^3}n_c$ | |

参考　1. ± :“+”号表示顺时针旋转，而“-”号表示逆时针旋转。

2. $\gamma=\dfrac{D_w\cos\alpha}{D_{pw}}$ ($0°\leqq\alpha<90°$), $\gamma=\dfrac{D_w}{D_{pw}}$ ($\alpha=90°$)


NSKHPS
NSKHPS 22217EAKE4 JAPAN 1211N

# 6. 轴承的外形尺寸与代号

6.1 外形尺寸与止动环槽的尺寸 ..... A 104
6.1.1 外形尺寸 ..... A 104
6.1.2 止动环槽及止动环的尺寸 ..... A 104

6.2 轴承代号方法 ..... A 120

# 6．轴承的外形尺寸与代号

## 6.1　外形尺寸与止动环槽的尺寸

### 6.1.1　外形尺寸

图 6.1~6.5 所示的滚动轴承的外形尺寸定义了其几何结构。其中包括轴承公称内径 $d$、轴承外径 $D$、宽度 $B$、轴承公称宽度（或装配高度）$T$、倒角尺寸 $r$ 等。当将轴承安装在轴或轴承座上时，需知道所有这些尺寸。这些外形尺寸经过了国际标准化(ISO15)，并为 JIS B 1512（滚动轴承的外形尺寸）所采纳。

向心轴承、圆锥滚子轴承及推力轴承的外形尺寸和尺寸系列，如表 6.1~6.3（A106~A115 页）。

这些外形尺寸表格中列出了规定内径的各个内径代号，以及每个直径系列和尺寸系列的外形尺寸。我们可以提供大量的系列数量，但并不是所有都可以在市面上出售，因此，未来我们会添加更多的项目。每个轴承尺寸表（6.1~6.3）的顶部都是代表性的轴承类型和系列代号（参考 A121 页表 6.5 轴承系列代号）。

图 6.6 和 6.7 所示分别为不同系列分类的向心轴承和推力轴承的截面尺寸（圆锥滚子轴承除外）。

### 6.1.2　止动环槽及止动环的尺寸

ISO 464 规定了轴承外表面止动环槽的尺寸。此外，其还规定了止动环的尺寸和精度。表 6.4 中列出了直径系列 8、9、0、2、3 和 4 轴承止动环槽和止动环的尺寸（A116~A119 页）。

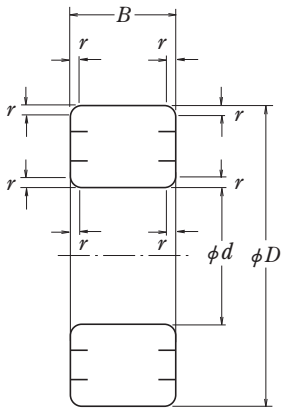



图 6.1　向心球轴承和向心滚子轴承

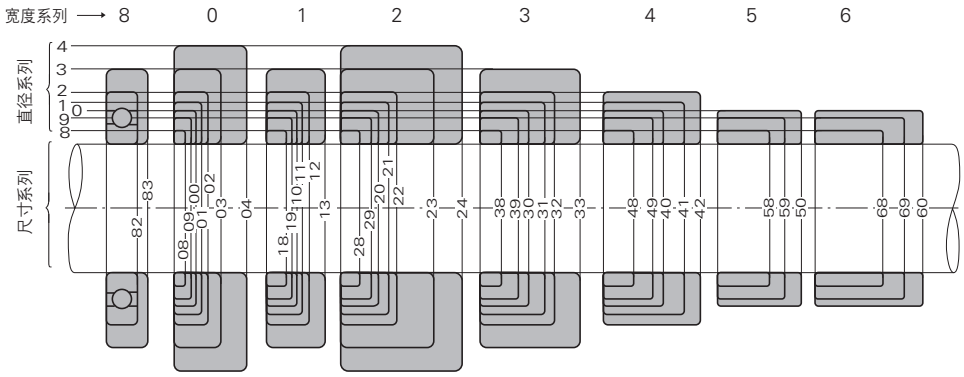



图 6.6　向心轴承截面尺寸系列的差异（圆锥滚子轴承除外）

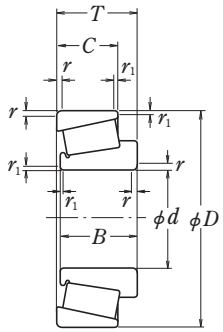



图 6.2 圆锥滚子轴承

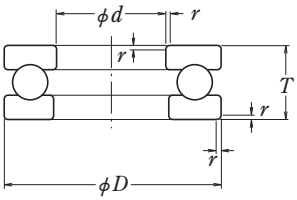



图 6.3 单向推力球轴承

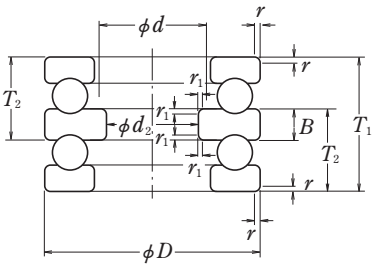



图 6.4 双向推力球轴承

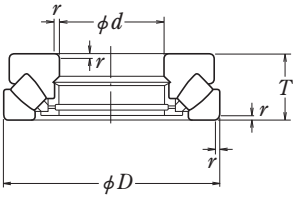



图 6.5 推力调心滚子轴承

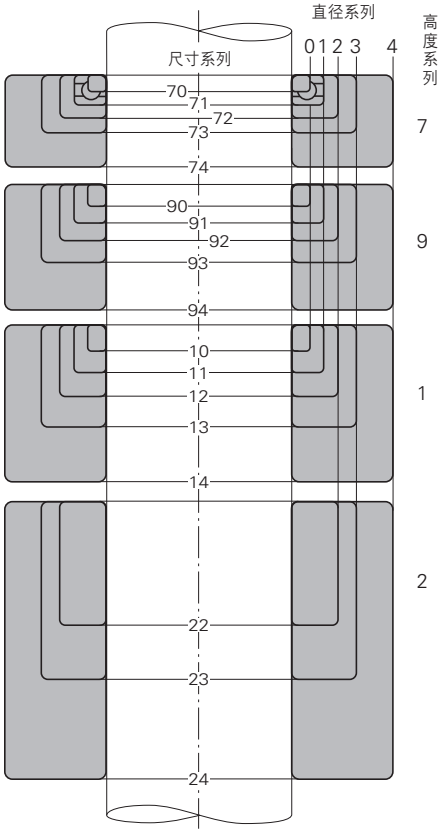



图 6.7 推力轴承截面尺寸系列的差异
(直径系列 5 除外)

## 表6.1　向心轴承的外形尺寸（圆锥滚子轴承除外） — 1 —

单位：mm

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 单列向心球轴承 | | | | | | | | 68 | | | | | | | | | | 69<br>79 | | | | | | | | | | 160 | 60<br>70 | | | | | | | | |
| 双列向心球轴承 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 圆柱滚子轴承 | | | | | | | | | N28 | NN38 | NN48 | | | | | | | N19 | N29 | NN39 | NN49 | | | | | | | | N10 | N20 | NN30 | NN40 | | | | |
| 滚针轴承 | | | | | | | | | | | NA48 | | | | | | | | | | NA49 | NA59 | NA69 | | | | | | | | | | | | | |
| 调心滚子轴承 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 239 | | | | | | | | | | | 230 | 240 | | | | |

| 内径代号 | $d$ | 直径系列7 | | | | | 直径系列8 | | | | | | | | | 直径系列9 | | | | | | | | | | 直径系列0 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $D$ | 尺寸系列 | | | | $D$ | 尺寸系列 | | | | | | | 尺寸系列 | $D$ | 尺寸系列 | | | | | | 尺寸系列 | | $D$ | 尺寸系列 | | | | | | | 尺寸系列 | |
| | | | 17 | 27 | 37 | 17~37 | | 08 | 18 | 28 | 38 | 48 | 58 | 68 | 08 | 18~68 | | 09 | 19 | 29 | 39 | 49 | 59 | 69 | 09 | 19~39 | 49~69 | | 00 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 00 | 10~60 |
| | | | $B$ | | | $r$（最小） | | $B$ | | | | | | | $r$（最小） | | | $B$ | | | | | | | $r$（最小） | | | | $B$ | | | | | | | $r$（最小） | |
| — | 0.6 | 2 | 0.8 | — | — | 0.05 | 2.5 | — | 1 | — | 1.4 | — | — | — | — | 0.05 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1 | 1 | 2.5 | 1 | — | — | 0.05 | 3 | — | 1 | — | 1.5 | — | — | — | — | 0.05 | 4 | — | 1.6 | — | 2.3 | — | — | — | — | 0.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | 1.5 | 3 | 1 | — | 1.8 | 0.05 | 4 | — | 1.2 | — | 2 | — | — | — | — | 0.05 | 5 | — | 2 | — | 2.6 | — | — | — | — | 0.15 | — | 6 | — | 2.5 | — | 3 | — | — | — | — | 0.15 |
| 2 | 2 | 4 | 1.2 | — | 2 | 0.05 | 5 | — | 1.5 | — | 2.3 | — | — | — | — | 0.08 | 6 | — | 2.3 | — | 3 | — | — | — | — | 0.15 | — | 7 | — | 2.8 | — | 3.5 | — | — | — | — | 0.15 |
| — | 2.5 | 5 | 1.5 | — | 2.3 | 0.08 | 6 | — | 1.8 | — | 2.6 | — | — | — | — | 0.08 | 7 | — | 2.5 | — | 3.5 | — | — | — | — | 0.15 | — | 8 | — | 2.8 | — | 4 | — | — | — | — | 0.15 |
| 3 | 3 | 6 | 2 | 2.5 | 3 | 0.08 | 7 | — | 2 | — | 3 | — | — | — | — | 0.1 | 8 | — | 3 | — | 4 | — | — | — | — | 0.15 | — | 9 | — | 3 | — | 5 | — | — | — | — | 0.15 |
| 4 | 4 | 7 | 2 | 2.5 | 3 | 0.08 | 9 | — | 2.5 | 3.5 | 4 | — | — | — | — | 0.1 | 11 | — | 4 | — | 5 | — | — | — | — | 0.15 | — | 12 | — | 4 | — | 6 | — | — | — | — | 0.2 |
| 5 | 5 | 8 | 2 | 2.5 | 3 | 0.08 | 11 | — | 3 | 4 | 5 | — | — | — | — | 0.15 | 13 | — | 4 | — | 6 | 10 | — | — | — | 0.2 | 0.15 | 14 | — | 5 | — | 7 | — | — | — | — | 0.2 |
| 6 | 6 | 10 | 2.5 | 3 | 3.5 | 0.1 | 13 | — | 3.5 | 5 | 6 | — | — | — | — | 0.15 | 15 | — | 5 | — | 7 | 10 | — | — | — | 0.2 | 0.15 | 17 | — | 6 | — | 9 | — | — | — | — | 0.3 |
| 7 | 7 | 11 | 2.5 | 3 | 3.5 | 0.1 | 14 | — | 3.5 | 5 | 6 | — | — | — | — | 0.15 | 17 | — | 5 | — | 7 | 10 | — | — | — | 0.3 | 0.15 | 19 | — | 6 | 8 | 10 | — | — | — | — | 0.3 |
| 8 | 8 | 12 | 2.5 | — | 3.5 | 0.1 | 16 | — | 4 | 5 | 6 | 8 | — | — | — | 0.2 | 19 | — | 6 | — | 9 | 11 | — | — | — | 0.3 | 0.2 | 22 | — | 7 | 9 | 11 | 14 | 19 | 25 | — | 0.3 |
| 9 | 9 | 14 | 3 | — | 4.5 | 0.1 | 17 | — | 4 | 5 | 6 | 8 | — | — | — | 0.2 | 20 | — | 6 | — | 9 | 11 | — | — | — | 0.3 | 0.3 | 24 | — | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 27 | — | 0.3 |
| 00 | 10 | 15 | 3 | — | 4.5 | 0.1 | 19 | — | 5 | 6 | 7 | 9 | — | — | — | 0.3 | 22 | — | 6 | 8 | 10 | 13 | 16 | 22 | — | 0.3 | 0.3 | 26 | — | 8 | 10 | 12 | 16 | 21 | 29 | — | 0.3 |
| 01 | 12 | 18 | 4 | — | 5 | 0.2 | 21 | — | 5 | 6 | 7 | 9 | — | — | — | 0.3 | 24 | — | 6 | 8 | 10 | 13 | 16 | 22 | — | 0.3 | 0.3 | 28 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 | 21 | 29 | 0.3 | 0.3 |
| 02 | 15 | 21 | 4 | — | 5 | 0.2 | 24 | — | 5 | 6 | 7 | 9 | — | — | — | 0.3 | 28 | — | 7 | 8.5 | 10 | 13 | 18 | 23 | — | 0.3 | 0.3 | 32 | 8 | 9 | 11 | 13 | 17 | 23 | 30 | 0.3 | 0.3 |
| 03 | 17 | 23 | 4 | — | 5 | 0.2 | 26 | — | 5 | 6 | 7 | 9 | — | — | — | 0.3 | 30 | — | 7 | 8.5 | 10 | 13 | 18 | 23 | — | 0.3 | 0.3 | 35 | 8 | 10 | 12 | 14 | 18 | 24 | 32 | 0.3 | 0.3 |
| 04 | 20 | 27 | 4 | — | 5 | 0.2 | 32 | 4 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 | 22 | 0.3 | 0.3 | 37 | 7 | 9 | 11 | 13 | 17 | 23 | 30 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 42 | 8 | 12 | 14 | 16 | 22 | 30 | 40 | 0.3 | 0.6 |
| /22 | 22 | — | — | — | — | — | 34 | 4 | 7 | — | 10 | — | 16 | 22 | 0.3 | 0.3 | 39 | 7 | 9 | 11 | 13 | 17 | 23 | 30 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 44 | 8 | 12 | 14 | 16 | 22 | 30 | 40 | 0.3 | 0.6 |
| 05 | 25 | 32 | 4 | — | 5 | 0.2 | 37 | 4 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 | 22 | 0.3 | 0.3 | 42 | 7 | 9 | 11 | 13 | 17 | 23 | 30 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 47 | 8 | 12 | 14 | 16 | 22 | 30 | 40 | 0.3 | 0.6 |
| /28 | 28 | — | — | — | — | — | 40 | 4 | 7 | — | 10 | — | 16 | 22 | 0.3 | 0.3 | 45 | 7 | 9 | 11 | 13 | 17 | 23 | 30 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 52 | 8 | 12 | 15 | 18 | 24 | 32 | 43 | 0.3 | 0.6 |
| 06 | 30 | 37 | 4 | — | 5 | 0.2 | 42 | 4 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 | 22 | 0.3 | 0.3 | 47 | 7 | 9 | 11 | 13 | 17 | 23 | 30 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 55 | 9 | 13 | 16 | 19 | 25 | 34 | 45 | 0.3 | 1 |
| /32 | 32 | — | — | — | — | — | 44 | 4 | 7 | — | 10 | — | 16 | 22 | 0.3 | 0.3 | 52 | 7 | 10 | 13 | 15 | 20 | 27 | 36 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 58 | 9 | 13 | 16 | 20 | 26 | 35 | 47 | 0.3 | 1 |
| 07 | 35 | — | — | — | — | — | 47 | 4 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 | 22 | 0.3 | 0.3 | 55 | 7 | 10 | 13 | 15 | 20 | 27 | 36 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 62 | 9 | 14 | 17 | 20 | 27 | 36 | 48 | 0.3 | 1 |
| 08 | 40 | — | — | — | — | — | 52 | 4 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 | 22 | 0.3 | 0.3 | 62 | 8 | 12 | 14 | 16 | 22 | 30 | 40 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 68 | 9 | 15 | 18 | 21 | 28 | 38 | 50 | 0.3 | 1 |
| 09 | 45 | — | — | — | — | — | 58 | 4 | 7 | 8 | 10 | 13 | 18 | 23 | 0.3 | 0.3 | 68 | 8 | 12 | 14 | 16 | 22 | 30 | 40 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 75 | 10 | 16 | 19 | 23 | 30 | 40 | 54 | 0.6 | 1 |
| 10 | 50 | — | — | — | — | — | 65 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 27 | 0.3 | 0.3 | 72 | 8 | 12 | 14 | 16 | 22 | 30 | 40 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 80 | 10 | 16 | 19 | 23 | 30 | 40 | 54 | 0.6 | 1 |
| 11 | 55 | — | — | — | — | — | 72 | 7 | 9 | 11 | 13 | 17 | 23 | 30 | 0.3 | 0.3 | 80 | 9 | 13 | 16 | 19 | 25 | 34 | 45 | 0.3 | 1 | 1 | 90 | 11 | 18 | 22 | 26 | 35 | 46 | 63 | 0.6 | 1.1 |
| 12 | 60 | — | — | — | — | — | 78 | 7 | 10 | 12 | 14 | 18 | 24 | 32 | 0.3 | 0.3 | 85 | 9 | 13 | 16 | 19 | 25 | 34 | 45 | 0.3 | 1 | 1 | 95 | 11 | 18 | 22 | 26 | 35 | 46 | 63 | 0.6 | 1.1 |
| 13 | 65 | — | — | — | — | — | 85 | 7 | 10 | 13 | 15 | 20 | 27 | 36 | 0.3 | 0.6 | 90 | 9 | 13 | 16 | 19 | 25 | 34 | 45 | 0.3 | 1 | 1 | 100 | 11 | 18 | 22 | 26 | 35 | 46 | 63 | 0.6 | 1.1 |
| 14 | 70 | — | — | — | — | — | 90 | 8 | 10 | 13 | 15 | 20 | 27 | 36 | 0.3 | 0.6 | 100 | 10 | 16 | 19 | 23 | 30 | 40 | 54 | 0.6 | 1 | 1 | 110 | 13 | 20 | 24 | 30 | 40 | 54 | 71 | 0.6 | 1.1 |
| 15 | 75 | — | — | — | — | — | 95 | 8 | 10 | 13 | 15 | 20 | 27 | 36 | 0.3 | 0.6 | 105 | 10 | 16 | 19 | 23 | 30 | 40 | 54 | 0.6 | 1 | 1 | 115 | 13 | 20 | 24 | 30 | 40 | 54 | 71 | 0.6 | 1.1 |
| 16 | 80 | — | — | — | — | — | 100 | 8 | 10 | 13 | 15 | 20 | 27 | 36 | 0.3 | 0.6 | 110 | 10 | 16 | 19 | 23 | 30 | 40 | 54 | 0.6 | 1 | 1 | 125 | 14 | 22 | 27 | 34 | 45 | 60 | 80 | 0.6 | 1.1 |
| 17 | 85 | — | — | — | — | — | 110 | 9 | 13 | 16 | 19 | 25 | 34 | 45 | 0.3 | 1 | 120 | 11 | 18 | 22 | 26 | 35 | 46 | 63 | 0.6 | 1.1 | 1.1 | 130 | 14 | 22 | 27 | 34 | 45 | 60 | 80 | 0.6 | 1.1 |
| 18 | 90 | — | — | — | — | — | 115 | 9 | 13 | 16 | 19 | 25 | 34 | 45 | 0.3 | 1 | 125 | 11 | 18 | 22 | 26 | 35 | 46 | 63 | 0.6 | 1.1 | 1.1 | 140 | 16 | 24 | 30 | 37 | 50 | 67 | 90 | 1 | 1.5 |
| 19 | 95 | — | — | — | — | — | 120 | 9 | 13 | 16 | 19 | 25 | 34 | 45 | 0.3 | 1 | 130 | 11 | 18 | 22 | 26 | 35 | 46 | 63 | 0.6 | 1.1 | 1.1 | 145 | 16 | 24 | 30 | 37 | 50 | 67 | 90 | 1 | 1.5 |
| 20 | 100 | — | — | — | — | — | 125 | 9 | 13 | 16 | 19 | 25 | 34 | 45 | 0.3 | 1 | 140 | 13 | 20 | 24 | 30 | 40 | 54 | 71 | 0.6 | 1.1 | 1.1 | 150 | 16 | 24 | 30 | 37 | 50 | 67 | 90 | 1 | 1.5 |

| | | |

## 表6.1 向心轴承的外形尺寸（圆锥滚子轴承除外） — 2 —

单位：mm

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 单列 向心球轴承 | | | | | | | | | | 62<br>72 | | 622 | 632 | | | | | | 63<br>73 | | 623 | 633 | | | | 64<br>74 | | |
| 双列向心球轴承 | | | | | | | | | | 12 | | 42<br>22 | 52<br>32 | | | | | | 13 | | 43<br>23 | 53<br>33 | | | | 104 | | |
| 圆柱滚子轴承 | | | | NN 31 | | | | | | N 2 | | N 22 | N 32 | | | | | | N 3 | | N 23 | N 33 | | | | N 4 | | |
| 滚针轴承 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 调心滚子轴承 | | | | 231 | 241 | | | | | | | 222 | 232 | | | | | | 213 | | 223 | | | | | | | | |

| 内径代号 | $d$ | 直径系列1 | | | | | | | | 直径系列2 | | | | | | | | | 直径系列3 | | | | | | | | 直径系列4 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $D$ | 尺寸系列 | | | | | 尺寸系列 | | $D$ | 尺寸系列 | | | | | | 尺寸系列 | | $D$ | 尺寸系列 | | | | | 尺寸系列 | | $D$ | 尺寸系列 | | 尺寸系列 |
| | | | 01 | 11 | 21 | 31 | 41 | 01 | 11~41 | | 82 | 02 | 12 | 22 | 32 | 42 | 82 | 02~42 | | 83 | 03 | 13 | 23 | 33 | 83 | 03~33 | | 04 | 24 | 04~24 |
| | | | $B$ | | | | | $r$（最小） | | | $B$ | | | | | | $r$（最小） | | | $B$ | | | | | $r$（最小） | | | $B$ | | $r$（最小） |
| — | 0.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | 1.5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | 2.5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | 10 | 2.5 | 4 | — | — | 5 | — | 0.1 | 0.15 | 13 | — | 5 | — | — | 7 | — | 0.2 | — | — | — | — |
| 4 | 4 | — | — | — | — | — | — | — | — | 13 | 3 | 5 | — | — | 7 | — | 0.15 | 0.2 | 16 | — | 5 | — | — | 9 | — | 0.3 | — | — | — | — |
| 5 | 5 | — | — | — | — | 7 | — | — | — | 16 | 3.5 | 5 | — | — | 8 | — | 0.15 | 0.3 | 19 | — | 6 | — | — | 10 | — | 0.3 | — | — | — | — |
| 6 | 6 | — | — | — | 8 | 10 | — | — | — | 19 | 4 | 6 | — | — | 10 | — | 0.2 | 0.3 | 22 | — | 7 | — | 11 | 13 | — | 0.3 | — | — | — | — |
| 7 | 7 | — | — | — | 9 | 11 | 14 | — | — | 22 | 5 | 7 | — | — | 11 | — | 0.3 | 0.3 | 26 | — | 9 | — | 13 | 15 | — | 0.3 | — | — | — | — |
| 8 | 8 | — | — | — | 10 | 12 | 15 | — | — | 24 | 5 | 8 | — | — | 12 | — | 0.3 | 0.3 | 28 | — | 9 | — | 13 | 15 | — | 0.3 | 30 | 10 | 14 | 0.6 |
| 9 | 9 | — | — | — | 10 | 12 | 16 | — | — | 26 | 6 | 8 | — | — | 13 | — | 0.3 | 0.3 | 30 | — | 10 | — | 14 | 16 | — | 0.6 | 32 | 11 | 15 | 0.6 |
| 00 | 10 | — | — | — | 12 | 14 | 18 | — | — | 30 | 7 | 9 | — | 14 | 14.3 | — | 0.3 | 0.6 | 35 | 9 | 11 | — | 17 | 19 | 0.3 | 0.6 | 37 | 12 | 16 | 0.6 |
| 01 | 12 | — | — | — | 12 | 14 | 18 | — | — | 32 | 7 | 10 | — | 14 | 15.9 | — | 0.3 | 0.6 | 37 | 9 | 12 | — | 17 | 19 | 0.3 | 1 | 42 | 13 | 19 | 1 |
| 02 | 15 | — | — | — | 12 | 14 | 18 | — | — | 35 | 8 | 11 | — | 14 | 15.9 | 20 | 0.3 | 0.6 | 42 | 9 | 13 | — | 17 | 19 | 0.3 | 1 | 52 | 15 | 24 | 1.1 |
| 03 | 17 | — | — | — | 13 | 15 | 20 | — | — | 40 | 8 | 12 | — | 16 | 17.5 | 22 | 0.3 | 0.6 | 47 | 10 | 14 | — | 19 | 22.2 | 0.6 | 1 | 62 | 17 | 29 | 1.1 |
| 04 | 20 | — | — | — | 15 | 18 | 24 | — | — | 47 | 9 | 14 | — | 18 | 20.6 | 27 | 0.3 | 1 | 52 | 10 | 15 | — | 21 | 22.2 | 0.6 | 1.1 | 72 | 19 | 33 | 1.1 |
| /22 | 22 | — | — | — | 16 | 19 | 25 | — | — | 50 | 9 | 14 | — | 18 | 20.6 | 27 | 0.3 | 1 | 56 | 11 | 16 | — | 21 | 25 | 0.6 | 1.1 | — | — | — | — |
| 05 | 25 | — | — | — | 16 | 19 | 25 | — | — | 52 | 10 | 15 | — | 18 | 20.6 | 27 | 0.3 | 1 | 62 | 12 | 17 | — | 24 | 25.4 | 0.6 | 1.1 | 80 | 21 | 36 | 1.5 |
| /28 | 28 | — | — | — | 17 | 20 | 27 | — | — | 58 | 10 | 16 | — | 19 | 23 | 30 | 0.6 | 1 | 68 | 13 | 18 | — | 24 | 30 | 0.6 | 1.1 | — | — | — | — |
| 06 | 30 | — | — | — | 18 | 21 | 28 | — | — | 62 | 10 | 16 | — | 20 | 23.8 | 32 | 0.6 | 1 | 72 | 13 | 19 | — | 27 | 30.2 | 0.6 | 1.1 | 90 | 23 | 40 | 1.5 |
| /32 | 32 | — | — | — | 19 | 23 | 30 | — | — | 65 | 11 | 17 | — | 21 | 25 | 33 | 0.6 | 1 | 75 | 14 | 20 | — | 28 | 32 | 0.6 | 1.1 | — | — | — | — |
| 07 | 35 | — | — | — | 21 | 25 | 33 | — | — | 72 | 12 | 17 | — | 23 | 27 | 37 | 0.6 | 1.1 | 80 | 14 | 21 | — | 31 | 34.9 | 0.6 | 1.5 | 100 | 25 | 43 | 1.5 |
| 08 | 40 | — | — | — | 22 | 26 | 35 | — | — | 80 | 13 | 18 | — | 23 | 30.2 | 40 | 0.6 | 1.1 | 90 | 16 | 23 | — | 33 | 36.5 | 1 | 1.5 | 110 | 27 | 46 | 2 |
| 09 | 45 | — | — | — | 22 | 26 | 35 | — | — | 85 | 13 | 19 | — | 23 | 30.2 | 40 | 0.6 | 1.1 | 100 | 17 | 25 | — | 36 | 39.7 | 1 | 1.5 | 120 | 29 | 50 | 2 |
| 10 | 50 | — | — | — | 22 | 26 | 35 | — | — | 90 | 13 | 20 | — | 23 | 30.2 | 40 | 0.6 | 1.1 | 110 | 19 | 27 | — | 40 | 44.4 | 1 | 2 | 130 | 31 | 53 | 2.1 |
| 11 | 55 | — | — | — | 24 | 30 | 40 | — | — | 100 | 14 | 21 | — | 25 | 33.3 | 45 | 0.6 | 1.5 | 120 | 21 | 29 | — | 43 | 49.2 | 1.1 | 2 | 140 | 33 | 57 | 2.1 |
| 12 | 60 | — | — | — | 24 | 30 | 40 | — | — | 110 | 16 | 22 | — | 28 | 36.5 | 50 | 1 | 1.5 | 130 | 22 | 31 | — | 46 | 54 | 1.1 | 2.1 | 150 | 35 | 60 | 2.1 |
| 13 | 65 | — | — | — | 27 | 34 | 45 | — | — | 120 | 18 | 23 | — | 31 | 38.1 | 56 | 1 | 1.5 | 140 | 24 | 33 | — | 48 | 58.7 | 1.1 | 2.1 | 160 | 37 | 64 | 2.1 |
| 14 | 70 | — | — | — | 27 | 34 | 45 | — | — | 125 | 18 | 24 | — | 31 | 39.7 | 56 | 1 | 1.5 | 150 | 25 | 35 | — | 51 | 63.5 | 1.5 | 2.1 | 180 | 42 | 74 | 3 |
| 15 | 75 | — | — | — | 30 | 37 | 50 | — | — | 130 | 18 | 25 | — | 31 | 41.3 | 56 | 1 | 1.5 | 160 | 27 | 37 | — | 55 | 68.3 | 1.5 | 2.1 | 190 | 45 | 77 | 3 |
| 16 | 80 | — | — | — | 30 | 37 | 50 | — | — | 140 | 19 | 26 | — | 33 | 44.4 | 60 | 1 | 2 | 170 | 28 | 39 | — | 58 | 68.3 | 1.5 | 2.1 | 200 | 48 | 80 | 3 |
| 17 | 85 | — | — | — | 31 | 41 | 56 | — | — | 150 | 21 | 28 | — | 36 | 49.2 | 65 | 1.1 | 2 | 180 | 30 | 41 | — | 60 | 73 | 2 | 3 | 210 | 52 | 86 | 4 |
| 18 | 90 | 150 | — | — | 33 | 45 | 60 | — | 2 | 160 | 22 | 30 | — | 40 | 52.4 | 69 | 1.1 | 2 | 190 | 30 | 43 | — | 64 | 73 | 2 | 3 | 225 | 54 | 90 | 4 |
| 19 | 95 | 160 | — | — | 39 | 52 | 65 | — | 2 | 170 | 24 | 32 | — | 43 | 55.6 | 75 | 1.1 | 2.1 | 200 | 33 | 45 | — | 67 | 77.8 | 2 | 3 | 240 | 55 | 95 | 4 |
| 20 | 100 | 165 | 21 | 30 | 39 | 52 | 65 | 1.1 | 2 | 180 | 25 | 34 | — | 46 | 60.3 | 80 | 1.5 | 2.1 | 215 | 36 | 47 | 51 | 73 | 82.6 | 2.1 | 3 | 250 | 58 | 98 | 4 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **21** | **105** | **175** | 22 | 33 | 42 | 56 | 69 | 1.1 | 2 | **190** | 27 | 36 | — | 50 | 65.1 | 85 | 1.5 | 2.1 | **225** | 37 | 49 | 53 | 77 | 87.3 | 2.1 | 3 | **260** | 60 | 100 | 4 |
| **22** | **110** | **180** | 22 | 33 | 42 | 56 | 69 | 1.1 | 2 | **200** | 28 | 38 | — | 53 | 69.8 | 90 | 1.5 | 2.1 | **240** | 42 | 50 | 57 | 80 | 92.1 | 3 | 3 | **280** | 65 | 108 | 4 |
| **24** | **120** | **200** | 25 | 38 | 48 | 62 | 80 | 1.5 | 2 | **215** | — | 40 | 42 | 58 | 76 | 95 | — | 2.1 | **260** | 44 | 55 | 62 | 86 | 106 | 3 | 3 | **310** | 72 | 118 | 5 |
| **26** | **130** | **210** | 25 | 38 | 48 | 64 | 80 | 1.5 | 2 | **230** | — | 40 | 46 | 64 | 80 | 100 | — | 3 | **280** | 48 | 58 | 66 | 93 | 112 | 3 | 4 | **340** | 78 | 128 | 5 |
| **28** | **140** | **225** | 27 | 40 | 50 | 68 | 85 | 1.5 | 2.1 | **250** | — | 42 | 50 | 68 | 88 | 109 | — | 3 | **300** | 50 | 62 | 70 | 102 | 118 | 4 | 4 | **360** | 82 | 132 | 5 |
| **30** | **150** | **250** | 31 | 46 | 60 | 80 | 100 | 2 | 2.1 | **270** | — | 45 | 54 | 73 | 96 | 118 | — | 3 | **320** | — | 65 | 75 | 108 | 128 | — | 4 | **380** | 85 | 138 | 5 |
| **32** | **160** | **270** | 34 | 51 | 66 | 86 | 109 | 2 | 2.1 | **290** | — | 48 | 58 | 80 | 104 | 128 | — | 3 | **340** | — | 68 | 79 | 114 | 136 | — | 4 | **400** | 88 | 142 | 5 |
| **34** | **170** | **280** | 34 | 51 | 66 | 88 | 109 | 2 | 2.1 | **310** | — | 52 | 62 | 86 | 110 | 140 | — | 4 | **360** | — | 72 | 84 | 120 | 140 | — | 4 | **420** | 92 | 145 | 5 |
| **36** | **180** | **300** | 37 | 56 | 72 | 96 | 118 | 2.1 | 3 | **320** | — | 52 | 62 | 86 | 112 | 140 | — | 4 | **380** | — | 75 | 88 | 126 | 150 | — | 4 | **440** | 95 | 150 | 6 |
| **38** | **190** | **320** | 42 | 60 | 78 | 104 | 128 | 3 | 3 | **340** | — | 55 | 65 | 92 | 120 | 150 | — | 4 | **400** | — | 78 | 92 | 132 | 155 | — | 5 | **460** | 98 | 155 | 6 |
| **40** | **200** | **340** | 44 | 65 | 82 | 112 | 140 | 3 | 3 | **360** | — | 58 | 70 | 98 | 128 | 160 | — | 4 | **420** | — | 80 | 97 | 138 | 165 | — | 5 | **480** | 102 | 160 | 6 |
| **44** | **220** | **370** | 48 | 69 | 88 | 120 | 150 | 3 | 4 | **400** | — | 65 | 78 | 108 | 144 | 180 | — | 4 | **460** | — | 88 | 106 | 145 | 180 | — | 5 | **540** | 115 | 180 | 6 |
| **48** | **240** | **400** | 50 | 74 | 95 | 128 | 160 | 4 | 4 | **440** | — | 72 | 85 | 120 | 160 | 200 | — | 4 | **500** | — | 95 | 114 | 155 | 195 | — | 5 | **580** | 122 | 190 | 6 |
| **52** | **260** | **440** | 57 | 82 | 106 | 144 | 180 | 4 | 4 | **480** | — | 80 | 90 | 130 | 174 | 218 | — | 5 | **540** | — | 102 | 123 | 165 | 206 | — | 6 | **620** | 132 | 206 | 7.5 |
| **56** | **280** | **460** | 57 | 82 | 106 | 146 | 180 | 4 | 5 | **500** | — | 80 | 90 | 130 | 176 | 218 | — | 5 | **580** | — | 108 | 132 | 175 | 224 | — | 6 | **670** | 140 | 224 | 7.5 |
| **60** | **300** | **500** | 63 | 90 | 118 | 160 | 200 | 5 | 5 | **540** | — | 85 | 98 | 140 | 192 | 243 | — | 5 | **620** | — | 109 | 140 | 185 | 236 | — | 7.5 | **710** | 150 | 236 | 7.5 |
| **64** | **320** | **540** | 71 | 100 | 128 | 176 | 218 | 5 | 5 | **580** | — | 92 | 105 | 150 | 208 | 258 | — | 5 | **670** | — | 112 | 155 | 200 | 258 | — | 7.5 | **750** | 155 | 250 | 9.5 |
| **68** | **340** | **580** | 78 | 106 | 140 | 190 | 243 | 5 | 5 | **620** | — | 92 | 118 | 165 | 224 | 280 | — | 6 | **710** | — | 118 | 165 | 212 | 272 | — | 7.5 | **800** | 165 | 265 | 9.5 |
| **72** | **360** | **600** | 78 | 106 | 140 | 192 | 243 | 5 | 5 | **650** | — | 95 | 122 | 170 | 232 | 290 | — | 6 | **750** | — | 125 | 170 | 224 | 290 | — | 7.5 | **850** | 180 | 280 | 9.5 |
| **76** | **380** | **620** | 78 | 106 | 140 | 194 | 243 | 5 | 5 | **680** | — | 95 | 132 | 175 | 240 | 300 | — | 6 | **780** | — | 128 | 175 | 230 | 300 | — | 7.5 | **900** | 190 | 300 | 9.5 |
| **80** | **400** | **650** | 80 | 112 | 145 | 200 | 250 | 6 | 6 | **720** | — | 103 | 140 | 185 | 256 | 315 | — | 6 | **820** | — | 136 | 185 | 243 | 308 | — | 7.5 | **950** | 200 | 315 | 12 |
| **84** | **420** | **700** | 88 | 122 | 165 | 224 | 280 | 6 | 6 | **760** | — | 109 | 150 | 195 | 272 | 335 | — | 7.5 | **850** | — | 136 | 190 | 250 | 315 | — | 9.5 | **980** | 206 | 325 | 12 |
| **88** | **440** | **720** | 88 | 122 | 165 | 226 | 280 | 6 | 6 | **790** | — | 112 | 155 | 200 | 280 | 345 | — | 7.5 | **900** | — | 145 | 200 | 265 | 345 | — | 9.5 | **1030** | 212 | 335 | 12 |
| **92** | **460** | **760** | 95 | 132 | 175 | 240 | 300 | 6 | 7.5 | **830** | — | 118 | 165 | 212 | 296 | 365 | — | 7.5 | **950** | — | 155 | 212 | 280 | 365 | — | 9.5 | **1060** | 218 | 345 | 12 |
| **96** | **480** | **790** | 100 | 136 | 180 | 248 | 308 | 6 | 7.5 | **870** | — | 125 | 170 | 224 | 310 | 388 | — | 7.5 | **980** | — | 160 | 218 | 290 | 375 | — | 9.5 | **1120** | 230 | 365 | 15 |
| **/500** | **500** | **830** | 106 | 145 | 190 | 264 | 325 | 7.5 | 7.5 | **920** | — | 136 | 185 | 243 | 336 | 412 | — | 7.5 | **1030** | — | 170 | 230 | 300 | 388 | — | 12 | **1150** | 236 | 375 | 15 |
| **/530** | **530** | **870** | 109 | 150 | 195 | 272 | 335 | 7.5 | 7.5 | **980** | — | 145 | 200 | 258 | 355 | 450 | — | 9.5 | **1090** | — | 180 | 243 | 325 | 412 | — | 12 | **1220** | 250 | 400 | 15 |
| **/560** | **560** | **920** | 115 | 160 | 206 | 280 | 355 | 7.5 | 7.5 | **1030** | — | 150 | 206 | 272 | 365 | 475 | — | 9.5 | **1150** | — | 190 | 258 | 335 | 438 | — | 12 | **1280** | 258 | 412 | 15 |
| **/600** | **600** | **980** | 122 | 170 | 218 | 300 | 375 | 7.5 | 7.5 | **1090** | — | 155 | 212 | 280 | 388 | 488 | — | 9.5 | **1220** | — | 200 | 272 | 355 | 462 | — | 15 | **1360** | 272 | 438 | 15 |
| **/630** | **630** | **1030** | 128 | 175 | 230 | 315 | 400 | 7.5 | 7.5 | **1150** | — | 165 | 230 | 300 | 412 | 515 | — | 12 | **1280** | — | 206 | 280 | 375 | 488 | — | 15 | **1420** | 280 | 450 | 15 |
| **/670** | **670** | **1090** | 136 | 185 | 243 | 336 | 412 | 7.5 | 7.5 | **1220** | — | 175 | 243 | 315 | 438 | 545 | — | 12 | **1360** | — | 218 | 300 | 400 | 515 | — | 15 | **1500** | 290 | 475 | 15 |
| **/710** | **710** | **1150** | 140 | 195 | 250 | 345 | 438 | 9.5 | 9.5 | **1280** | — | 180 | 250 | 325 | 450 | 560 | — | 12 | **1420** | — | 224 | 308 | 412 | 530 | — | 15 | — | — | — | — |
| **/750** | **750** | **1220** | 150 | 206 | 272 | 365 | 475 | 9.5 | 9.5 | **1360** | — | 195 | 265 | 345 | 475 | 615 | — | 15 | **1500** | — | 236 | 325 | 438 | 560 | — | 15 | — | — | — | — |
| **/800** | **800** | **1280** | 155 | 212 | 272 | 375 | 475 | 9.5 | 9.5 | **1420** | — | 200 | 272 | 355 | 488 | 615 | — | 15 | **1600** | — | 258 | 355 | 462 | 600 | — | 15 | — | — | — | — |
| **/850** | **850** | **1360** | 165 | 224 | 290 | 400 | 500 | 12 | 12 | **1500** | — | 206 | 280 | 375 | 515 | 650 | — | 15 | **1700** | — | 272 | 375 | 488 | 630 | — | 19 | — | — | — | — |
| **/900** | **900** | **1420** | 165 | 230 | 300 | 412 | 515 | 12 | 12 | **1580** | — | 218 | 300 | 388 | 515 | 670 | — | 15 | **1780** | — | 280 | 388 | 500 | 650 | — | 19 | — | — | — | — |
| **/950** | **950** | **1500** | 175 | 243 | 315 | 438 | 545 | 12 | 12 | **1660** | — | 230 | 315 | 412 | 530 | 710 | — | 15 | **1850** | — | 290 | 400 | 515 | 670 | — | 19 | — | — | — | — |
| **/1000** | **1000** | **1580** | 185 | 258 | 335 | 462 | 580 | 12 | 12 | **1750** | — | 243 | 330 | 425 | 560 | 750 | — | 15 | **1950** | — | 300 | 412 | 545 | 710 | — | 19 | — | — | — | — |
| **/1060** | **1060** | **1660** | 190 | 265 | 345 | 475 | 600 | 12 | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **/1120** | **1120** | **1750** | — | 280 | 365 | 475 | 630 | — | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **/1180** | **1180** | **1850** | — | 290 | 388 | 500 | 670 | — | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **/1250** | **1250** | **1950** | — | 308 | 400 | 530 | 710 | — | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **/1320** | **1320** | **2060** | — | 325 | 425 | 560 | 750 | — | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **/1400** | **1400** | **2180** | — | 345 | 450 | 580 | 775 | — | 19 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **/1500** | **1500** | **2300** | — | 355 | 462 | 600 | 800 | — | 19 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

**备注** 本表所列倒角尺寸不一定适用于下述情况:
(a) 带止动环槽外圈止动环槽一侧的角。
(b) 薄壁圆柱滚子轴承套圈无挡边一侧的角。
(c) 角接触球轴承套圈正面的角。
(d) 圆锥孔轴承内圈的角。

## ■轴承的外形尺寸与代号

表6.2　圆锥滚子轴承的

| 圆锥滚子轴承 | | 329 | | | | | | | | | 320 X | | | | 330 | | | | | 331 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 内径代号 | $d$ | 直径系列9 | | | | | | | | | 直径系列0 | | | | | | | | | 直径系列1 | | | | | |
| | | $D$ | 尺寸系列29 | | | | | | 倒角尺寸 | | $D$ | 尺寸系列20 | | | 尺寸系列30 | | | 倒角尺寸 | | $D$ | 尺寸系列31 | | | 倒角尺寸 | |
| | | | I | | | II | | | 内圈 | 外圈 | | | | | | | | 内圈 | 外圈 | | | | | 内圈 | 外圈 |
| | | | $B$ | $C$ | $T$ | $B$ | $C$ | $T$ | $r$（最小） | | | $B$ | $C$ | $T$ | $B$ | $C$ | $T$ | $r$（最小） | | | $B$ | $C$ | $T$ | $r$（最小） | |
| 00 | 10 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 01 | 12 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 28 | 11 | — | 11 | 13 | — | 13 | 0.3 | 0.3 | — | — | — | — | — | — |
| 02 | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 32 | 12 | — | 12 | 14 | — | 14 | 0.3 | 0.3 | — | — | — | — | — | — |
| 03 | 17 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 35 | 13 | — | 13 | 15 | — | 15 | 0.3 | 0.3 | — | — | — | — | — | — |
| 04 | 20 | 37 | 11 | — | 11.6 | 12 | 9 | 12 | 0.3 | 0.3 | 42 | 15 | 12 | 15 | 17 | — | 17 | 0.6 | 0.6 | — | — | — | — | — | — |
| /22 | 22 | 40 | — | — | — | 12 | 9 | 12 | 0.3 | 0.3 | 44 | 15 | 11.5 | 15 | — | — | — | 0.6 | 0.6 | — | — | — | — | — | — |
| 05 | 25 | 42 | 11 | — | 11.6 | 12 | 9 | 12 | 0.3 | 0.3 | 47 | 15 | 11.5 | 15 | 17 | 14 | 17 | 0.6 | 0.6 | — | — | — | — | — | — |
| /28 | 28 | 45 | — | — | — | 12 | 9 | 12 | 0.3 | 0.3 | 52 | 16 | 12 | 16 | — | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — |
| 06 | 30 | 47 | 11 | — | 11.6 | 12 | 9 | 12 | 0.3 | 0.3 | 55 | 17 | 13 | 17 | 20 | 16 | 20 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — |
| /32 | 32 | 52 | — | — | — | 15 | 10 | 14 | 0.6 | 0.6 | 58 | 17 | 13 | 17 | — | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — |
| 07 | 35 | 55 | 13 | — | 14 | 14 | 11.5 | 14 | 0.6 | 0.6 | 62 | 18 | 14 | 18 | 21 | 17 | 21 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — |
| 08 | 40 | 62 | 14 | — | 15 | 15 | 12 | 15 | 0.6 | 0.6 | 68 | 19 | 14.5 | 19 | 22 | 18 | 22 | 1 | 1 | 75 | 26 | 20.5 | 26 | 1.5 | 1.5 |
| 09 | 45 | 68 | 14 | — | 15 | 15 | 12 | 15 | 0.6 | 0.6 | 75 | 20 | 15.5 | 20 | 24 | 19 | 24 | 1 | 1 | 80 | 26 | 20.5 | 26 | 1.5 | 1.5 |
| 10 | 50 | 72 | 14 | — | 15 | 15 | 12 | 15 | 0.6 | 0.6 | 80 | 20 | 15.5 | 20 | 24 | 19 | 24 | 1 | 1 | 85 | 26 | 20 | 26 | 1.5 | 1.5 |
| 11 | 55 | 80 | 16 | — | 17 | 17 | 14 | 17 | 1 | 1 | 90 | 23 | 17.5 | 23 | 27 | 21 | 27 | 1.5 | 1.5 | 95 | 30 | 23 | 30 | 1.5 | 1.5 |
| 12 | 60 | 85 | 16 | — | 17 | 17 | 14 | 17 | 1 | 1 | 95 | 23 | 17.5 | 23 | 27 | 21 | 27 | 1.5 | 1.5 | 100 | 30 | 23 | 30 | 1.5 | 1.5 |
| 13 | 65 | 90 | 16 | — | 17 | 17 | 14 | 17 | 1 | 1 | 100 | 23 | 17.5 | 23 | 27 | 21 | 27 | 1.5 | 1.5 | 110 | 34 | 26.5 | 34 | 1.5 | 1.5 |
| 14 | 70 | 100 | 19 | — | 20 | 20 | 16 | 20 | 1 | 1 | 110 | 25 | 19 | 25 | 31 | 25.5 | 31 | 1.5 | 1.5 | 120 | 37 | 29 | 37 | 2 | 1.5 |
| 15 | 75 | 105 | 19 | — | 20 | 20 | 16 | 20 | 1 | 1 | 115 | 25 | 19 | 25 | 31 | 25.5 | 31 | 1.5 | 1.5 | 125 | 37 | 29 | 37 | 2 | 1.5 |
| 16 | 80 | 110 | 19 | — | 20 | 20 | 16 | 20 | 1 | 1 | 125 | 29 | 22 | 29 | 36 | 29.5 | 36 | 1.5 | 1.5 | 130 | 37 | 29 | 37 | 2 | 1.5 |
| 17 | 85 | 120 | 22 | — | 23 | 23 | 18 | 23 | 1.5 | 1.5 | 130 | 29 | 22 | 29 | 36 | 29.5 | 36 | 1.5 | 1.5 | 140 | 41 | 32 | 41 | 2.5 | 2 |
| 18 | 90 | 125 | 22 | — | 23 | 23 | 18 | 23 | 1.5 | 1.5 | 140 | 32 | 24 | 32 | 39 | 32.5 | 39 | 2 | 1.5 | 150 | 45 | 35 | 45 | 2.5 | 2 |
| 19 | 95 | 130 | 22 | — | 23 | 23 | 18 | 23 | 1.5 | 1.5 | 145 | 32 | 24 | 32 | 39 | 32.5 | 39 | 2 | 1.5 | 160 | 49 | 38 | 49 | 2.5 | 2 |
| 20 | 100 | 140 | 24 | — | 25 | 25 | 20 | 25 | 1.5 | 1.5 | 150 | 32 | 24 | 32 | 39 | 32.5 | 39 | 2 | 1.5 | 165 | 52 | 40 | 52 | 2.5 | 2 |
| 21 | 105 | 145 | 24 | — | 25 | 25 | 20 | 25 | 1.5 | 1.5 | 160 | 35 | 26 | 35 | 43 | 34 | 43 | 2.5 | 2 | 175 | 56 | 44 | 56 | 2.5 | 2 |
| 22 | 110 | 150 | 24 | — | 25 | 25 | 20 | 25 | 1.5 | 1.5 | 170 | 38 | 29 | 38 | 47 | 37 | 47 | 2.5 | 2 | 180 | 56 | 43 | 56 | 2.5 | 2 |
| 24 | 120 | 165 | 27 | — | 29 | 29 | 23 | 29 | 1.5 | 1.5 | 180 | 38 | 29 | 38 | 48 | 38 | 48 | 2.5 | 2 | 200 | 62 | 48 | 62 | 2.5 | 2 |
| 26 | 130 | 180 | 30 | — | 32 | 32 | 25 | 32 | 2 | 1.5 | 200 | 45 | 34 | 45 | 55 | 43 | 55 | 2.5 | 2 | — | — | — | — | — | — |
| 28 | 140 | 190 | 30 | — | 32 | 32 | 25 | 32 | 2 | 1.5 | 210 | 45 | 34 | 45 | 56 | 44 | 56 | 2.5 | 2 | — | — | — | — | — | — |
| 30 | 150 | 210 | 36 | — | 38 | 38 | 30 | 38 | 2.5 | 2 | 225 | 48 | 36 | 48 | 59 | 46 | 59 | 3 | 2.5 | — | — | — | — | — | — |
| 32 | 160 | 220 | 36 | — | 38 | 38 | 30 | 38 | 2.5 | 2 | 240 | 51 | 38 | 51 | — | — | — | 3 | 2.5 | — | — | — | — | — | — |
| 34 | 170 | 230 | 36 | — | 38 | 38 | 30 | 38 | 2.5 | 2 | 260 | 57 | 43 | 57 | — | — | — | 3 | 2.5 | — | — | — | — | — | — |
| 36 | 180 | 250 | 42 | — | 45 | 45 | 34 | 45 | 2.5 | 2 | 280 | 64 | 48 | 64 | — | — | — | 3 | 2.5 | — | — | — | — | — | — |
| 38 | 190 | 260 | 42 | — | 45 | 45 | 34 | 45 | 2.5 | 2 | 290 | 64 | 48 | 64 | — | — | — | 3 | 2.5 | — | — | — | — | — | — |
| 40 | 200 | 280 | 48 | — | 51 | 51 | 39 | 51 | 3 | 2.5 | 310 | 70 | 53 | 70 | — | — | — | 3 | 2.5 | — | — | — | — | — | — |
| 44 | 220 | 300 | 48 | — | 51 | 51 | 39 | 51 | 3 | 2.5 | 340 | 76 | 57 | 76 | — | — | — | 4 | 3 | — | — | — | — | — | — |
| 48 | 240 | 320 | 48 | — | 51 | 51 | 39 | 51 | 3 | 2.5 | 360 | 76 | 57 | 76 | — | — | — | 4 | 3 | — | — | — | — | — | — |
| 52 | 260 | 360 | — | — | — | 63.5 | 48 | 63.5 | 3 | 2.5 | 400 | 87 | 65 | 87 | — | — | — | 5 | 4 | — | — | — | — | — | — |
| 56 | 280 | 380 | — | — | — | 63.5 | 48 | 63.5 | 3 | 2.5 | 420 | 87 | 65 | 87 | — | — | — | 5 | 4 | — | — | — | — | — | — |
| 60 | 300 | 420 | — | — | — | 76 | 57 | 76 | 4 | 3 | 460 | 100 | 74 | 100 | — | — | — | 5 | 4 | — | — | — | — | — | — |
| 64 | 320 | 440 | — | — | — | 76 | 57 | 76 | 4 | 3 | 480 | 100 | 74 | 100 | — | — | — | 5 | 4 | — | — | — | — | — | — |
| 68 | 340 | 460 | — | — | — | 76 | 57 | 76 | 4 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 72 | 360 | 480 | — | — | — | 76 | 57 | 76 | 4 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

**备注**　1. 非此表的系列，也在 ISO 中已有规定。
2. 在直径系列 9 的尺寸系列中，分类 I 是旧标准规定的尺寸，分类 II 是 ISO 新规定的尺寸。未加区分的，则以 ISO 规定的尺寸（D、B、C、T）为准。
3. 所列的倒角尺寸是 ISO 规定的最小允许尺寸，不适用于正面的角。

## 外形尺寸

单位：mm

| 302 | | | | 322 | | | 332 | | | | | 303或303D | | | | | 313 | | | 323 | | | | | 圆锥滚子轴承 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 直径系列2 | | | | | | | | | | | | 直径系列3 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 尺寸系列02 | | | 尺寸系列22 | | | 尺寸系列32 | | | 倒角尺寸 | | | 尺寸系列03 | | | | 尺寸系列13 | | | 尺寸系列23 | | | 倒角尺寸 | | | |
| | | | | | | | | | | 内圈 | 外圈 | | | | | | | | | | | | | 内圈 | 外圈 | | |
| $D$ | $B$ | $C$ | $T$ | $B$ | $C$ | $T$ | $B$ | $C$ | $T$ | $r$（最小） | | $D$ | $B$ | $C$ | $C^{(1)}$ | $T$ | $B$ | $C$ | $T$ | $B$ | $C$ | $T$ | $r$（最小） | | $d$ | 内径代号 |
| **30** | 9 | — | 9.7 | 14 | — | 14.7 | — | — | — | 0.6 | 0.6 | **35** | 11 | — | — | 11.9 | — | — | — | 17 | — | 17.9 | 0.6 | 0.6 | **10** | **00** |
| **32** | 10 | 9 | 10.75 | 14 | — | 14.75 | — | — | — | 0.6 | 0.6 | **37** | 12 | — | — | 12.9 | — | — | — | 17 | — | 17.9 | 1 | 1 | **12** | **01** |
| **35** | 11 | 10 | 11.75 | 14 | — | 14.75 | — | — | — | 0.6 | 0.6 | **42** | 13 | 11 | — | 14.25 | — | — | — | 17 | 14 | 18.25 | 1 | 1 | **15** | **02** |
| **40** | 12 | 11 | 13.25 | 16 | 14 | 17.25 | — | — | — | 1 | 1 | **47** | 14 | 12 | — | 15.25 | — | — | — | 19 | 16 | 20.25 | 1 | 1 | **17** | **03** |
| **47** | 14 | 12 | 15.25 | 18 | 15 | 19.25 | — | — | — | 1 | 1 | **52** | 15 | 13 | — | 16.25 | — | — | — | 21 | 18 | 22.25 | 1.5 | 1.5 | **20** | **04** |
| **50** | 14 | 12 | 15.25 | 18 | 15 | 19.25 | — | — | — | 1 | 1 | **56** | 16 | 14 | — | 17.25 | — | — | — | 21 | 18 | 22.25 | 1.5 | 1.5 | **22** | **/22** |
| **52** | 15 | 13 | 16.25 | 18 | 15 | 19.25 | 22 | 18 | 22 | 1 | 1 | **62** | 17 | 15 | 13 | 18.25 | — | — | — | 24 | 20 | 25.25 | 1.5 | 1.5 | **25** | **05** |
| **58** | 16 | 14 | 17.25 | 19 | 16 | 20.25 | 24 | 19 | 24 | 1 | 1 | **68** | 18 | 15 | 14 | 19.75 | — | — | — | 24 | 20 | 25.75 | 1.5 | 1.5 | **28** | **/28** |
| **62** | 16 | 14 | 17.25 | 20 | 17 | 21.25 | 25 | 19.5 | 25 | 1 | 1 | **72** | 19 | 16 | 14 | 20.75 | — | — | — | 27 | 23 | 28.75 | 1.5 | 1.5 | **30** | **06** |
| **65** | 17 | 15 | 18.25 | 21 | 18 | 22.25 | 26 | 20.5 | 26 | 1 | 1 | **75** | 20 | 17 | 15 | 21.75 | — | — | — | 28 | 24 | 29.75 | 1.5 | 1.5 | **32** | **/32** |
| **72** | 17 | 15 | 18.25 | 23 | 19 | 24.25 | 28 | 22 | 28 | 1.5 | 1.5 | **80** | 21 | 18 | 15 | 22.75 | — | — | — | 31 | 25 | 32.75 | 2 | 1.5 | **35** | **07** |
| **80** | 18 | 16 | 19.75 | 23 | 19 | 24.75 | 32 | 25 | 32 | 1.5 | 1.5 | **90** | 23 | 20 | 17 | 25.25 | — | — | — | 33 | 27 | 35.25 | 2 | 1.5 | **40** | **08** |
| **85** | 19 | 16 | 20.75 | 23 | 19 | 24.75 | 32 | 25 | 32 | 1.5 | 1.5 | **100** | 25 | 22 | 18 | 27.25 | — | — | — | 36 | 30 | 38.25 | 2 | 1.5 | **45** | **09** |
| **90** | 20 | 17 | 21.75 | 23 | 19 | 24.75 | 32 | 24.5 | 32 | 1.5 | 1.5 | **110** | 27 | 23 | 19 | 29.25 | — | — | — | 40 | 33 | 42.25 | 2.5 | 2 | **50** | **10** |
| **100** | 21 | 18 | 22.75 | 25 | 21 | 26.75 | 35 | 27 | 35 | 2 | 1.5 | **120** | 29 | 25 | 21 | 31.5 | — | — | — | 43 | 35 | 45.5 | 2.5 | 2 | **55** | **11** |
| **110** | 22 | 19 | 23.75 | 28 | 24 | 29.75 | 38 | 29 | 38 | 2 | 1.5 | **130** | 31 | 26 | 22 | 33.5 | — | — | — | 46 | 37 | 48.5 | 3 | 2.5 | **60** | **12** |
| **120** | 23 | 20 | 24.75 | 31 | 27 | 32.75 | 41 | 32 | 41 | 2 | 1.5 | **140** | 33 | 28 | 23 | 36 | — | — | — | 48 | 39 | 51 | 3 | 2.5 | **65** | **13** |
| **125** | 24 | 21 | 26.25 | 31 | 27 | 33.25 | 41 | 32 | 41 | 2 | 1.5 | **150** | 35 | 30 | 25 | 38 | — | — | — | 51 | 42 | 54 | 3 | 2.5 | **70** | **14** |
| **130** | 25 | 22 | 27.25 | 31 | 27 | 33.25 | 41 | 31 | 41 | 2 | 1.5 | **160** | 37 | 31 | 26 | 40 | — | — | — | 55 | 45 | 58 | 3 | 2.5 | **75** | **15** |
| **140** | 26 | 22 | 28.25 | 33 | 28 | 35.25 | 46 | 35 | 46 | 2.5 | 2 | **170** | 39 | 33 | 27 | 42.5 | — | — | — | 58 | 48 | 61.5 | 3 | 2.5 | **80** | **16** |
| **150** | 28 | 24 | 30.5 | 36 | 30 | 38.5 | 49 | 37 | 49 | 2.5 | 2 | **180** | 41 | 34 | 28 | 44.5 | — | — | — | 60 | 49 | 63.5 | 4 | 3 | **85** | **17** |
| **160** | 30 | 26 | 32.5 | 40 | 34 | 42.5 | 55 | 42 | 55 | 2.5 | 2 | **190** | 43 | 36 | 30 | 46.5 | — | — | — | 64 | 53 | 67.5 | 4 | 3 | **90** | **18** |
| **170** | 32 | 27 | 34.5 | 43 | 37 | 45.5 | 58 | 44 | 58 | 3 | 2.5 | **200** | 45 | 38 | 32 | 49.5 | — | — | — | 67 | 55 | 71.5 | 4 | 3 | **95** | **19** |
| **180** | 34 | 29 | 37 | 46 | 39 | 49 | 63 | 48 | 63 | 3 | 2.5 | **215** | 47 | 39 | — | 51.5 | 51 | 35 | 56.5 | 73 | 60 | 77.5 | 4 | 3 | **100** | **20** |
| **190** | 36 | 30 | 39 | 50 | 43 | 53 | 68 | 52 | 68 | 3 | 2.5 | **225** | 49 | 41 | — | 53.5 | 53 | 36 | 58 | 77 | 63 | 81.5 | 4 | 3 | **105** | **21** |
| **200** | 38 | 32 | 41 | 53 | 46 | 56 | — | — | — | 3 | 2.5 | **240** | 50 | 42 | — | 54.5 | 57 | 38 | 63 | 80 | 65 | 84.5 | 4 | 3 | **110** | **22** |
| **215** | 40 | 34 | 43.5 | 58 | 50 | 61.5 | — | — | — | 3 | 2.5 | **260** | 55 | 46 | — | 59.5 | 62 | 42 | 68 | 86 | 69 | 90.5 | 4 | 3 | **120** | **24** |
| **230** | 40 | 34 | 43.75 | 64 | 54 | 67.75 | — | — | — | 4 | 3 | **280** | 58 | 49 | — | 63.75 | 66 | 44 | 72 | 93 | 78 | 98.75 | 5 | 4 | **130** | **26** |
| **250** | 42 | 36 | 45.75 | 68 | 58 | 71.75 | — | — | — | 4 | 3 | **300** | 62 | 53 | — | 67.75 | 70 | 47 | 77 | 102 | 85 | 107.75 | 5 | 4 | **140** | **28** |
| **270** | 45 | 38 | 49 | 73 | 60 | 77 | — | — | — | 4 | 3 | **320** | 65 | 55 | — | 72 | 75 | 50 | 82 | 108 | 90 | 114 | 5 | 4 | **150** | **30** |
| **290** | 48 | 40 | 52 | 80 | 67 | 84 | — | — | — | 4 | 3 | **340** | 68 | 58 | — | 75 | 79 | — | 87 | 114 | 95 | 121 | 5 | 4 | **160** | **32** |
| **310** | 52 | 43 | 57 | 86 | 71 | 91 | — | — | — | 5 | 4 | **360** | 72 | 62 | — | 80 | 84 | — | 92 | 120 | 100 | 127 | 5 | 4 | **170** | **34** |
| **320** | 52 | 43 | 57 | 86 | 71 | 91 | — | — | — | 5 | 4 | **380** | 75 | 64 | — | 83 | 88 | — | 97 | 126 | 106 | 134 | 5 | 4 | **180** | **36** |
| **340** | 55 | 46 | 60 | 92 | 75 | 97 | — | — | — | 5 | 4 | **400** | 78 | 65 | — | 86 | 92 | — | 101 | 132 | 109 | 140 | 6 | 5 | **190** | **38** |
| **360** | 58 | 48 | 64 | 98 | 82 | 104 | — | — | — | 5 | 4 | **420** | 80 | 67 | — | 89 | 97 | — | 107 | 138 | 115 | 146 | 6 | 5 | **200** | **40** |
| **400** | 65 | 54 | 72 | 108 | 90 | 114 | — | — | — | 5 | 4 | **460** | 88 | 73 | — | 97 | 106 | — | 117 | 145 | 122 | 154 | 6 | 5 | **220** | **44** |
| **440** | 72 | 60 | 79 | 120 | 100 | 127 | — | — | — | 5 | 4 | **500** | 95 | 80 | — | 105 | 114 | — | 125 | 155 | 132 | 165 | 6 | 5 | **240** | **48** |
| **480** | 80 | 67 | 89 | 130 | 106 | 137 | — | — | — | 6 | 5 | **540** | 102 | 85 | — | 113 | 123 | — | 135 | 165 | 136 | 176 | 6 | 6 | **260** | **52** |
| **500** | 80 | 67 | 89 | 130 | 106 | 137 | — | — | — | 6 | 5 | **580** | 108 | 90 | — | 119 | 132 | — | 145 | 175 | 145 | 187 | 6 | 6 | **280** | **56** |
| **540** | 85 | 71 | 96 | 140 | 115 | 149 | — | — | — | 6 | 5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **300** | **60** |
| **580** | 92 | 75 | 104 | 150 | 125 | 159 | — | — | — | 6 | 5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **320** | **64** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **340** | **68** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **360** | **72** |

**注** (1) 适用于锥角轴承 303D，在 DIN 中，相当于 JIS 303D 的尺寸，称为 313。
内径大于 100 mm，尺寸系列 13 的轴承，按照尺寸系列为 313。

表6.3 推力轴承（平底座圈型）的

| 推力球轴承 | | | | | | | | | | 511 | | | | | 512 | 522 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 推力调心滚子轴承 | | | | | | | | | | | | | 292 | | | | | |
| 内径代号 | $d$ | 直径系列0 | | | | | 直径系列1 | | | | | | 直径系列2 | | | | | | | |
| | | 尺寸系列 | | | | | 尺寸系列 | | | | | | 尺寸系列 | | | | | | | |
| | | 70 | 90 | 10 | | | 71 | 91 | 11 | | | 72 | 92 | 12 | 22 | 22 | | | |
| | | $D$ | $T$ | | | $r$（最小） | $D$ | $T$ | | | $r$（最小） | $D$ | $T$ | | | | 中圈 | | $r$（最小） | $r_1$（最小） |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | $d_2$ | $B$ | | |
| 4 | 4 | 12 | 4 | — | 6 | 0.3 | — | — | — | — | — | 16 | 6 | — | 8 | — | — | — | 0.3 | — |
| 6 | 6 | 16 | 5 | — | 7 | 0.3 | — | — | — | — | — | 20 | 6 | — | 9 | — | — | — | 0.3 | — |
| 8 | 8 | 18 | 5 | — | 7 | 0.3 | — | — | — | — | — | 22 | 6 | — | 9 | — | — | — | 0.3 | — |
| 00 | 10 | 20 | 5 | — | 7 | 0.3 | 24 | 6 | — | 9 | 0.3 | 26 | 7 | — | 11 | — | — | — | 0.6 | — |
| 01 | 12 | 22 | 5 | — | 7 | 0.3 | 26 | 6 | — | 9 | 0.3 | 28 | 7 | — | 11 | — | — | — | 0.6 | — |
| 02 | 15 | 26 | 5 | — | 7 | 0.3 | 28 | 6 | — | 9 | 0.3 | 32 | 8 | — | 12 | 22 | 10 | 5 | 0.6 | 0.3 |
| 03 | 17 | 28 | 5 | — | 7 | 0.3 | 30 | 6 | — | 9 | 0.3 | 35 | 8 | — | 12 | — | — | — | 0.6 | — |
| 04 | 20 | 32 | 6 | — | 8 | 0.3 | 35 | 7 | — | 10 | 0.3 | 40 | 9 | — | 14 | 26 | 15 | 6 | 0.6 | 0.3 |
| 05 | 25 | 37 | 6 | — | 8 | 0.3 | 42 | 8 | — | 11 | 0.6 | 47 | 10 | — | 15 | 28 | 20 | 7 | 0.6 | 0.3 |
| 06 | 30 | 42 | 6 | — | 8 | 0.3 | 47 | 8 | — | 11 | 0.6 | 52 | 10 | — | 16 | 29 | 25 | 7 | 0.6 | 0.3 |
| 07 | 35 | 47 | 6 | — | 8 | 0.3 | 52 | 8 | — | 12 | 0.6 | 62 | 12 | — | 18 | 34 | 30 | 8 | 1 | 0.3 |
| 08 | 40 | 52 | 6 | — | 9 | 0.3 | 60 | 9 | — | 13 | 0.6 | 68 | 13 | — | 19 | 36 | 30 | 9 | 1 | 0.6 |
| 09 | 45 | 60 | 7 | — | 10 | 0.3 | 65 | 9 | — | 14 | 0.6 | 73 | 13 | — | 20 | 37 | 35 | 9 | 1 | 0.6 |
| 10 | 50 | 65 | 7 | — | 10 | 0.3 | 70 | 9 | — | 14 | 0.6 | 78 | 13 | — | 22 | 39 | 40 | 9 | 1 | 0.6 |
| 11 | 55 | 70 | 7 | — | 10 | 0.3 | 78 | 10 | — | 16 | 0.6 | 90 | 16 | 21 | 25 | 45 | 45 | 10 | 1 | 0.6 |
| 12 | 60 | 75 | 7 | — | 10 | 0.3 | 85 | 11 | — | 17 | 1 | 95 | 16 | 21 | 26 | 46 | 50 | 10 | 1 | 0.6 |
| 13 | 65 | 80 | 7 | — | 10 | 0.3 | 90 | 11 | — | 18 | 1 | 100 | 16 | 21 | 27 | 47 | 55 | 10 | 1 | 0.6 |
| 14 | 70 | 85 | 7 | — | 10 | 0.3 | 95 | 11 | — | 18 | 1 | 105 | 16 | 21 | 27 | 47 | 55 | 10 | 1 | 1 |
| 15 | 75 | 90 | 7 | — | 10 | 0.3 | 100 | 11 | — | 19 | 1 | 110 | 16 | 21 | 27 | 47 | 60 | 10 | 1 | 1 |
| 16 | 80 | 95 | 7 | — | 10 | 0.3 | 105 | 11 | — | 19 | 1 | 115 | 16 | 21 | 28 | 48 | 65 | 10 | 1 | 1 |
| 17 | 85 | 100 | 7 | — | 10 | 0.3 | 110 | 11 | — | 19 | 1 | 125 | 18 | 24 | 31 | 55 | 70 | 12 | 1 | 1 |
| 18 | 90 | 105 | 7 | — | 10 | 0.3 | 120 | 14 | — | 22 | 1 | 135 | 20 | 27 | 35 | 62 | 75 | 14 | 1.1 | 1 |
| 20 | 100 | 120 | 9 | — | 14 | 0.6 | 135 | 16 | 21 | 25 | 1 | 150 | 23 | 30 | 38 | 67 | 85 | 15 | 1.1 | 1 |
| 22 | 110 | 130 | 9 | — | 14 | 0.6 | 145 | 16 | 21 | 25 | 1 | 160 | 23 | 30 | 38 | 67 | 95 | 15 | 1.1 | 1 |
| 24 | 120 | 140 | 9 | — | 14 | 0.6 | 155 | 16 | 21 | 25 | 1 | 170 | 23 | 30 | 39 | 68 | 100 | 15 | 1.1 | 1.1 |
| 26 | 130 | 150 | 9 | — | 14 | 0.6 | 170 | 18 | 24 | 30 | 1 | 190 | 27 | 36 | 45 | 80 | 110 | 18 | 1.5 | 1.1 |
| 28 | 140 | 160 | 9 | — | 14 | 0.6 | 180 | 18 | 24 | 31 | 1 | 200 | 27 | 36 | 46 | 81 | 120 | 18 | 1.5 | 1.1 |
| 30 | 150 | 170 | 9 | — | 14 | 0.6 | 190 | 18 | 24 | 31 | 1 | 215 | 29 | 39 | 50 | 89 | 130 | 20 | 1.5 | 1.1 |
| 32 | 160 | 180 | 9 | — | 14 | 0.6 | 200 | 18 | 24 | 31 | 1 | 225 | 29 | 39 | 51 | 90 | 140 | 20 | 1.5 | 1.1 |
| 34 | 170 | 190 | 9 | — | 14 | 0.6 | 215 | 20 | 27 | 34 | 1.1 | 240 | 32 | 42 | 55 | 97 | 150 | 21 | 1.5 | 1.1 |
| 36 | 180 | 200 | 9 | — | 14 | 0.6 | 225 | 20 | 27 | 34 | 1.1 | 250 | 32 | 42 | 56 | 98 | 150 | 21 | 1.5 | 2 |
| 38 | 190 | 215 | 11 | — | 17 | 1 | 240 | 23 | 30 | 37 | 1.1 | 270 | 36 | 48 | 62 | 109 | 160 | 24 | 2 | 2 |
| 40 | 200 | 225 | 11 | — | 17 | 1 | 250 | 23 | 30 | 37 | 1.1 | 280 | 36 | 48 | 62 | 109 | 170 | 24 | 2 | 2 |
| 44 | 220 | 250 | 14 | — | 22 | 1 | 270 | 23 | 30 | 37 | 1.1 | 300 | 36 | 48 | 63 | 110 | 190 | 24 | 2 | 2 |
| 48 | 240 | 270 | 14 | — | 22 | 1 | 300 | 27 | 36 | 45 | 1.5 | 340 | 45 | 60 | 78 | — | — | — | 2.1 | — |
| 52 | 260 | 290 | 14 | — | 22 | 1 | 320 | 27 | 36 | 45 | 1.5 | 360 | 45 | 60 | 79 | — | — | — | 2.1 | — |
| 56 | 280 | 310 | 14 | — | 22 | 1 | 350 | 32 | 42 | 53 | 1.5 | 380 | 45 | 60 | 80 | — | — | — | 2.1 | — |
| 60 | 300 | 340 | 18 | 24 | 30 | 1 | 380 | 36 | 48 | 62 | 2 | 420 | 54 | 73 | 95 | — | — | — | 3 | — |
| 64 | 320 | 360 | 18 | 24 | 30 | 1 | 400 | 36 | 48 | 63 | 2 | 440 | 54 | 73 | 95 | — | — | — | 3 | — |

**备注** 1. 尺寸系列 22、23 及 24 是双列轴承。
2. 省略了轴圈、中圈的最大容许外径及座圈的最小容许内径（请参见推力轴承尺寸表）。

## 外形尺寸 — 1 —

单位：mm

| | | | 513 | 523 | | | | 514 | 524 | | | | 推力球轴承 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 293 | | | | | 294 | | | | | | 推力调心滚子轴承 |

| 直径系列3 | | | | | | | | | 直径系列4 | | | | | | | | | 直径系列5 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 尺寸系列 | | | | | | | | | 尺寸系列 | | | | | | | | | 尺寸系列 | | | | |
| $D$ | 73 | 93 | 13 | 23 | 23 | | $r$ (最小) | $r_1$ (最小) | $D$ | 74 | 94 | 14 | 24 | 24 | | $r$ (最小) | $r_1$ (最小) | $D$ | 95 | $r$ (最小) | $d$ | 内径代号 |
| | $T$ | | | | 中圈 | | | | | $T$ | | | | 中圈 | | | | | $T$ | | | |
| | | | | | $d_2$ | $B$ | | | | | | | | $d_2$ | $B$ | | | | | | | |
| **20** | 7 | — | 11 | — | — | — | 0.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **4** | **4** |
| **24** | 8 | — | 12 | — | — | — | 0.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **6** | **6** |
| **26** | 8 | — | 12 | — | — | — | 0.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **8** | **8** |
| **30** | 9 | — | 14 | — | — | — | 0.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **10** | **00** |
| **32** | 9 | — | 14 | — | — | — | 0.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **12** | **01** |
| **37** | 10 | — | 15 | — | — | — | 0.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **15** | **02** |
| **40** | 10 | — | 16 | — | — | — | 0.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **52** | 21 | 1 | **17** | **03** |
| **47** | 12 | — | 18 | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **60** | 24 | 1 | **20** | **04** |
| **52** | 12 | — | 18 | 34 | 20 | 8 | 1 | 0.3 | **60** | 16 | 21 | 24 | 45 | 15 | 11 | 1 | 0.6 | **73** | 29 | 1.1 | **25** | **05** |
| **60** | 14 | — | 21 | 38 | 25 | 9 | 1 | 0.3 | **70** | 18 | 24 | 28 | 52 | 20 | 12 | 1 | 0.6 | **85** | 34 | 1.1 | **30** | **06** |
| **68** | 15 | — | 24 | 44 | 30 | 10 | 1 | 0.3 | **80** | 20 | 27 | 32 | 59 | 25 | 14 | 1.1 | 0.6 | **100** | 39 | 1.1 | **35** | **07** |
| **78** | 17 | 22 | 26 | 49 | 30 | 12 | 1 | 0.6 | **90** | 23 | 30 | 36 | 65 | 30 | 15 | 1.1 | 0.6 | **110** | 42 | 1.5 | **40** | **08** |
| **85** | 18 | 24 | 28 | 52 | 35 | 12 | 1 | 0.6 | **100** | 25 | 34 | 39 | 72 | 35 | 17 | 1.1 | 0.6 | **120** | 45 | 2 | **45** | **09** |
| **95** | 20 | 27 | 31 | 58 | 40 | 14 | 1.1 | 0.6 | **110** | 27 | 36 | 43 | 78 | 40 | 18 | 1.5 | 0.6 | **135** | 51 | 2 | **50** | **10** |
| **105** | 23 | 30 | 35 | 64 | 45 | 15 | 1.1 | 0.6 | **120** | 29 | 39 | 48 | 87 | 45 | 20 | 1.5 | 0.6 | **150** | 58 | 2.1 | **55** | **11** |
| **110** | 23 | 30 | 35 | 64 | 50 | 15 | 1.1 | 0.6 | **130** | 32 | 42 | 51 | 93 | 50 | 21 | 1.5 | 0.6 | **160** | 60 | 2.1 | **60** | **12** |
| **115** | 23 | 30 | 36 | 65 | 55 | 15 | 1.1 | 0.6 | **140** | 34 | 45 | 56 | 101 | 50 | 23 | 2 | 1 | **170** | 63 | 2.1 | **65** | **13** |
| **125** | 25 | 34 | 40 | 72 | 55 | 16 | 1.1 | 1 | **150** | 36 | 48 | 60 | 107 | 55 | 24 | 2 | 1 | **180** | 67 | 3 | **70** | **14** |
| **135** | 27 | 36 | 44 | 79 | 60 | 18 | 1.5 | 1 | **160** | 38 | 51 | 65 | 115 | 60 | 26 | 2 | 1 | **190** | 69 | 3 | **75** | **15** |
| **140** | 27 | 36 | 44 | 79 | 65 | 18 | 1.5 | 1 | **170** | 41 | 54 | 68 | 120 | 65 | 27 | 2.1 | 1 | **200** | 73 | 3 | **80** | **16** |
| **150** | 29 | 39 | 49 | 87 | 70 | 19 | 1.5 | 1 | **180** | 42 | 58 | 72 | 128 | 65 | 29 | 2.1 | 1.1 | **215** | 78 | 4 | **85** | **17** |
| **155** | 29 | 39 | 50 | 88 | 75 | 19 | 1.5 | 1 | **190** | 45 | 60 | 77 | 135 | 70 | 30 | 2.1 | 1.1 | **225** | 82 | 4 | **90** | **18** |
| **170** | 32 | 42 | 55 | 97 | 85 | 21 | 1.5 | 1 | **210** | 50 | 67 | 85 | 150 | 80 | 33 | 3 | 1.1 | **250** | 90 | 4 | **100** | **20** |
| **190** | 36 | 48 | 63 | 110 | 95 | 24 | 2 | 1 | **230** | 54 | 73 | 95 | 166 | 90 | 37 | 3 | 1.1 | **270** | 95 | 5 | **110** | **22** |
| **210** | 41 | 54 | 70 | 123 | 100 | 27 | 2.1 | 1.1 | **250** | 58 | 78 | 102 | 177 | 95 | 40 | 4 | 1.5 | **300** | 109 | 5 | **120** | **24** |
| **225** | 42 | 58 | 75 | 130 | 110 | 30 | 2.1 | 1.1 | **270** | 63 | 85 | 110 | 192 | 100 | 42 | 4 | 2 | **320** | 115 | 5 | **130** | **26** |
| **240** | 45 | 60 | 80 | 140 | 120 | 31 | 2.1 | 1.1 | **280** | 63 | 85 | 112 | 196 | 110 | 44 | 4 | 2 | **340** | 122 | 5 | **140** | **28** |
| **250** | 45 | 60 | 80 | 140 | 130 | 31 | 2.1 | 1.1 | **300** | 67 | 90 | 120 | 209 | 120 | 46 | 4 | 2 | **360** | 125 | 6 | **150** | **30** |
| **270** | 50 | 67 | 87 | 153 | 140 | 33 | 3 | 1.1 | **320** | 73 | 95 | 130 | 226 | 130 | 50 | 5 | 2 | **380** | 132 | 6 | **160** | **32** |
| **280** | 50 | 67 | 87 | 153 | 150 | 33 | 3 | 1.1 | **340** | 78 | 103 | 135 | 236 | 135 | 50 | 5 | 2.1 | **400** | 140 | 6 | **170** | **34** |
| **300** | 54 | 73 | 95 | 165 | 150 | 37 | 3 | 2 | **360** | 82 | 109 | 140 | 245 | 140 | 52 | 5 | 3 | **420** | 145 | 6 | **180** | **36** |
| **320** | 58 | 78 | 105 | 183 | 160 | 40 | 4 | 2 | **380** | 85 | 115 | 150 | — | — | — | 5 | — | **440** | 150 | 6 | **190** | **38** |
| **340** | 63 | 85 | 110 | 192 | 170 | 42 | 4 | 2 | **400** | 90 | 122 | 155 | — | — | — | 5 | — | **460** | 155 | 7.5 | **200** | **40** |
| **360** | 63 | 85 | 112 | — | — | — | 4 | — | **420** | 90 | 122 | 160 | — | — | — | 6 | — | **500** | 170 | 7.5 | **220** | **44** |
| **380** | 63 | 85 | 112 | — | — | — | 4 | — | **440** | 90 | 122 | 160 | — | — | — | 6 | — | **540** | 180 | 7.5 | **240** | **48** |
| **420** | 73 | 95 | 130 | — | — | — | 5 | — | **480** | 100 | 132 | 175 | — | — | — | 6 | — | **580** | 190 | 9.5 | **260** | **52** |
| **440** | 73 | 95 | 130 | — | — | — | 5 | — | **520** | 109 | 145 | 190 | — | — | — | 6 | — | **620** | 206 | 9.5 | **280** | **56** |
| **480** | 82 | 109 | 140 | — | — | — | 5 | — | **540** | 109 | 145 | 190 | — | — | — | 6 | — | **670** | 224 | 9.5 | **300** | **60** |
| **500** | 82 | 109 | 140 | — | — | — | 5 | — | **580** | 118 | 155 | 205 | — | — | — | 7.5 | — | **710** | 236 | 9.5 | **320** | **64** |

表6.3 推力轴承（平底座圈型）的

| 推力球轴承 | | | | | | | | | | 511 | | | | | | 512 | 522 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 推力调心滚子轴承 | | | | | | | | | | | | | | 292 | | | | | |
| 内径代号 | $d$ | 直径系列0 | | | | | 直径系列1 | | | | | 直径系列2 | | | | | | | |
| | | 尺寸系列 | | | | | 尺寸系列 | | | | | 尺寸系列 | | | | | | | |
| | | 70 | 90 | 10 | $r$ | | 71 | 91 | 11 | $r$ | | 72 | 92 | 12 | 22 | 22 | $r$ | $r_1$ |
| | | $D$ | $T$ | | | (最小) | $D$ | $T$ | | | (最小) | $D$ | $T$ | | | 中圈 | (最小) | (最小) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | $d_2$ $B$ | | |
| **68** | **340** | **380** | 18 | 24 | 30 | 1 | **420** | 36 | 48 | 64 | 2 | **460** | 54 | 73 | 96 | — | — — | 3 | — |
| **72** | **360** | **400** | 18 | 24 | 30 | 1 | **440** | 36 | 48 | 65 | 2 | **500** | 63 | 85 | 110 | — | — — | 4 | — |
| **76** | **380** | **420** | 18 | 24 | 30 | 1 | **460** | 36 | 48 | 65 | 2 | **520** | 63 | 85 | 112 | — | — — | 4 | — |
| **80** | **400** | **440** | 18 | 24 | 30 | 1 | **480** | 36 | 48 | 65 | 2 | **540** | 63 | 85 | 112 | — | — — | 4 | — |
| **84** | **420** | **460** | 18 | 24 | 30 | 1 | **500** | 36 | 48 | 65 | 2 | **580** | 73 | 95 | 130 | — | — — | 5 | — |
| **88** | **440** | **480** | 18 | 24 | 30 | 1 | **540** | 45 | 60 | 80 | 2.1 | **600** | 73 | 95 | 130 | — | — — | 5 | — |
| **92** | **460** | **500** | 18 | 24 | 30 | 1 | **560** | 45 | 60 | 80 | 2.1 | **620** | 73 | 95 | 130 | — | — — | 5 | — |
| **96** | **480** | **520** | 18 | 24 | 30 | 1 | **580** | 45 | 60 | 80 | 2.1 | **650** | 78 | 103 | 135 | — | — — | 5 | — |
| **/500** | **500** | **540** | 18 | 24 | 30 | 1 | **600** | 45 | 60 | 80 | 2.1 | **670** | 78 | 103 | 135 | — | — — | 5 | — |
| **/530** | **530** | **580** | 23 | 30 | 38 | 1.1 | **640** | 50 | 67 | 85 | 3 | **710** | 82 | 109 | 140 | — | — — | 5 | — |
| **/560** | **560** | **610** | 23 | 30 | 38 | 1.1 | **670** | 50 | 67 | 85 | 3 | **750** | 85 | 115 | 150 | — | — — | 5 | — |
| **/600** | **600** | **650** | 23 | 30 | 38 | 1.1 | **710** | 50 | 67 | 85 | 3 | **800** | 90 | 122 | 160 | — | — — | 5 | — |
| **/630** | **630** | **680** | 23 | 30 | 38 | 1.1 | **750** | 54 | 73 | 95 | 3 | **850** | 100 | 132 | 175 | — | — — | 6 | — |
| **/670** | **670** | **730** | 27 | 36 | 45 | 1.5 | **800** | 58 | 78 | 105 | 4 | **900** | 103 | 140 | 180 | — | — — | 6 | — |
| **/710** | **710** | **780** | 32 | 42 | 53 | 1.5 | **850** | 63 | 85 | 112 | 4 | **950** | 109 | 145 | 190 | — | — — | 6 | — |
| **/750** | **750** | **820** | 32 | 42 | 53 | 1.5 | **900** | 67 | 90 | 120 | 4 | **1000** | 112 | 150 | 195 | — | — — | 6 | — |
| **/800** | **800** | **870** | 32 | 42 | 53 | 1.5 | **950** | 67 | 90 | 120 | 4 | **1060** | 118 | 155 | 205 | — | — — | 7.5 | — |
| **/850** | **850** | **920** | 32 | 42 | 53 | 1.5 | **1000** | 67 | 90 | 120 | 4 | **1120** | 122 | 160 | 212 | — | — — | 7.5 | — |
| **/900** | **900** | **980** | 36 | 48 | 63 | 2 | **1060** | 73 | 95 | 130 | 5 | **1180** | 125 | 170 | 220 | — | — — | 7.5 | — |
| **/950** | **950** | **1030** | 36 | 48 | 63 | 2 | **1120** | 78 | 103 | 135 | 5 | **1250** | 136 | 180 | 236 | — | — — | 7.5 | — |
| **/1000** | **1000** | **1090** | 41 | 54 | 70 | 2.1 | **1180** | 82 | 109 | 140 | 5 | **1320** | 145 | 190 | 250 | — | — — | 9.5 | — |
| **/1060** | **1060** | **1150** | 41 | 54 | 70 | 2.1 | **1250** | 85 | 115 | 150 | 5 | **1400** | 155 | 206 | 265 | — | — — | 9.5 | — |
| **/1120** | **1120** | **1220** | 45 | 60 | 80 | 2.1 | **1320** | 90 | 122 | 160 | 5 | **1460** | — | 206 | — | — | — — | 9.5 | — |
| **/1180** | **1180** | **1280** | 45 | 60 | 80 | 2.1 | **1400** | 100 | 132 | 175 | 6 | **1520** | — | 206 | — | — | — — | 9.5 | — |
| **/1250** | **1250** | **1360** | 50 | 67 | 85 | 3 | **1460** | — | — | 175 | 6 | **1610** | — | 216 | — | — | — — | 9.5 | — |
| **/1320** | **1320** | **1440** | — | — | 95 | 3 | **1540** | — | — | 175 | 6 | **1700** | — | 228 | — | — | — — | 9.5 | — |
| **/1400** | **1400** | **1520** | — | — | 95 | 3 | **1630** | — | — | 180 | 6 | **1790** | — | 234 | — | — | — — | 12 | — |
| **/1500** | **1500** | **1630** | — | — | 105 | 4 | **1750** | — | — | 195 | 6 | **1920** | — | 252 | — | — | — — | 12 | — |
| **/1600** | **1600** | **1730** | — | — | 105 | 4 | **1850** | — | — | 195 | 6 | **2040** | — | 264 | — | — | — — | 15 | — |
| **/1700** | **1700** | **1840** | — | — | 112 | 4 | **1970** | — | — | 212 | 7.5 | **2160** | — | 276 | — | — | — — | 15 | — |
| **/1800** | **1800** | **1950** | — | — | 120 | 4 | **2080** | — | — | 220 | 7.5 | **2280** | — | 288 | — | — | — — | 15 | — |
| **/1900** | **1900** | **2060** | — | — | 130 | 5 | **2180** | — | — | 220 | 7.5 | — | — | — | — | — | — — | — | — |
| **/2000** | **2000** | **2160** | — | — | 130 | 5 | **2300** | — | — | 236 | 7.5 | — | — | — | — | — | — — | — | — |
| **/2120** | **2120** | **2300** | — | — | 140 | 5 | **2430** | — | — | 243 | 7.5 | — | — | — | — | — | — — | — | — |
| **/2240** | **2240** | **2430** | — | — | 150 | 5 | **2570** | — | — | 258 | 9.5 | — | — | — | — | — | — — | — | — |
| **/2360** | **2360** | **2550** | — | — | 150 | 5 | **2700** | — | — | 265 | 9.5 | — | — | — | — | — | — — | — | — |
| **/2500** | **2500** | **2700** | — | — | 160 | 5 | **2850** | — | — | 272 | 9.5 | — | — | — | — | — | — — | — | — |

**备注** 1. 尺寸系列 22、23 及 24 是双列轴承。
2. 省略了轴圈、中圈的最大容许外径及座圈的最小容许内径（请参见推力轴承尺寸表）。

## 外形尺寸 —2 —

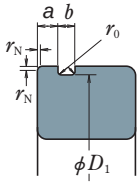
单位：mm

| | | | 513 | 523 | | | | | | | 514 | 524 | | | | | 推力球轴承 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 293 | | | | | | | | 294 | | | | | | | 推力调心滚子轴承 |

| 直径系列3 | | | | | | | | | 直径系列4 | | | | | | | | 直径系列5 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 尺寸系列 | | | | | | | | | 尺寸系列 | | | | | | | | 尺寸系列 | | | | |
| $D$ | 73 | 93 | 13 | 23 | 23 | | $r$ (最小) | $r_1$ (最小) | $D$ | 74 | 94 | 14 | 24 | 24 | | $r$ (最小) | $r_1$ (最小) | $D$ | 95 | $r$ (最小) | $d$ 内径代号 |
| | $T$ | | | | 中圈 | | | | | $T$ | | | | 中圈 | | | | | $T$ | | |
| | | | | | $d_2$ | $B$ | | | | | | | | $d_2$ | $B$ | | | | | | |
| **540** | 90 | 122 | 160 | — | — | — | 5 | — | **620** | 125 | 170 | 220 | — | — | — | 7.5 | — | **750** | 243 | 12 | **340** **68** |
| **560** | 90 | 122 | 160 | — | — | — | 5 | — | **640** | 125 | 170 | 220 | — | — | — | 7.5 | — | **780** | 250 | 12 | **360** **72** |
| **600** | 100 | 132 | 175 | — | — | — | 6 | — | **670** | 132 | 175 | 224 | — | — | — | 7.5 | — | **820** | 265 | 12 | **380** **76** |
| **620** | 100 | 132 | 175 | — | — | — | 6 | — | **710** | 140 | 185 | 243 | — | — | — | 7.5 | — | **850** | 272 | 12 | **400** **80** |
| **650** | 103 | 140 | 180 | — | — | — | 6 | — | **730** | 140 | 185 | 243 | — | — | — | 7.5 | — | **900** | 290 | 15 | **420** **84** |
| **680** | 109 | 145 | 190 | — | — | — | 6 | — | **780** | 155 | 206 | 265 | — | — | — | 9.5 | — | **950** | 308 | 15 | **440** **88** |
| **710** | 112 | 150 | 195 | — | — | — | 6 | — | **800** | 155 | 206 | 265 | — | — | — | 9.5 | — | **980** | 315 | 15 | **460** **92** |
| **730** | 112 | 150 | 195 | — | — | — | 6 | — | **850** | 165 | 224 | 290 | — | — | — | 9.5 | — | **1000** | 315 | 15 | **480** **96** |
| **750** | 112 | 150 | 195 | — | — | — | 6 | — | **870** | 165 | 224 | 290 | — | — | — | 9.5 | — | **1060** | 335 | 15 | **500** **/500** |
| **800** | 122 | 160 | 212 | — | — | — | 7.5 | — | **920** | 175 | 236 | 308 | — | — | — | 9.5 | — | **1090** | 335 | 15 | **530** **/530** |
| **850** | 132 | 175 | 224 | — | — | — | 7.5 | — | **980** | 190 | 250 | 335 | — | — | — | 12 | — | **1150** | 355 | 15 | **560** **/560** |
| **900** | 136 | 180 | 236 | — | — | — | 7.5 | — | **1030** | 195 | 258 | 335 | — | — | — | 12 | — | **1220** | 375 | 15 | **600** **/600** |
| **950** | 145 | 190 | 250 | — | — | — | 9.5 | — | **1090** | 206 | 280 | 365 | — | — | — | 12 | — | **1280** | 388 | 15 | **630** **/630** |
| **1000** | 150 | 200 | 258 | — | — | — | 9.5 | — | **1150** | 218 | 290 | 375 | — | — | — | 15 | — | **1320** | 388 | 15 | **670** **/670** |
| **1060** | 160 | 212 | 272 | — | — | — | 9.5 | — | **1220** | 230 | 308 | 400 | — | — | — | 15 | — | **1400** | 412 | 15 | **710** **/710** |
| **1120** | 165 | 224 | 290 | — | — | — | 9.5 | — | **1280** | 236 | 315 | 412 | — | — | — | 15 | — | — | — | — | **750** **/750** |
| **1180** | 170 | 230 | 300 | — | — | — | 9.5 | — | **1360** | 250 | 335 | 438 | — | — | — | 15 | — | — | — | — | **800** **/800** |
| **1250** | 180 | 243 | 315 | — | — | — | 12 | — | **1440** | — | 354 | — | — | — | — | 15 | — | — | — | — | **850** **/850** |
| **1320** | 190 | 250 | 335 | — | — | — | 12 | — | **1520** | — | 372 | — | — | — | — | 15 | — | — | — | — | **900** **/900** |
| **1400** | 200 | 272 | 355 | — | — | — | 12 | — | **1600** | — | 390 | — | — | — | — | 15 | — | — | — | — | **950** **/950** |
| **1460** | — | 276 | — | — | — | — | 12 | — | **1670** | — | 402 | — | — | — | — | 15 | — | — | — | — | **1000** **/1000** |
| **1540** | — | 288 | — | — | — | — | 15 | — | **1770** | — | 426 | — | — | — | — | 15 | — | — | — | — | **1060** **/1060** |
| **1630** | — | 306 | — | — | — | — | 15 | — | **1860** | — | 444 | — | — | — | — | 15 | — | — | — | — | **1120** **/1120** |
| **1710** | — | 318 | — | — | — | — | 15 | — | **1950** | — | 462 | — | — | — | — | 19 | — | — | — | — | **1180** **/1180** |
| **1800** | — | 330 | — | — | — | — | 19 | — | **2050** | — | 480 | — | — | — | — | 19 | — | — | — | — | **1250** **/1250** |
| **1900** | — | 348 | — | — | — | — | 19 | — | **2160** | — | 505 | — | — | — | — | 19 | — | — | — | — | **1320** **/1320** |
| **2000** | — | 360 | — | — | — | — | 19 | — | **2280** | — | 530 | — | — | — | — | 19 | — | — | — | — | **1400** **/1400** |
| **2140** | — | 384 | — | — | — | — | 19 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1500** **/1500** |
| **2270** | — | 402 | — | — | — | — | 19 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1600** **/1600** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1700** **/1700** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1800** **/1800** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1900** **/1900** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **2000** **/2000** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **2120** **/2120** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **2240** **/2240** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **2360** **/2360** |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **2500** **/2500** |

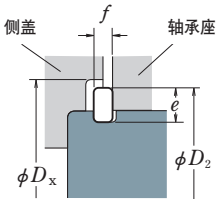
## ■轴承的外形尺寸与代号

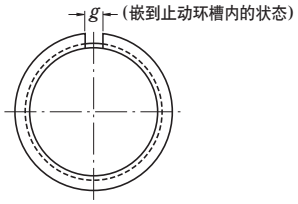
表6.4　止动环槽及止动环的尺寸 —（1）尺寸系列18和19的轴承




| 适用轴承 | | | 止动环槽 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $d$ | | $D$ | 止动环槽径 $D_1$ | | 止动环槽位置 $a$ | | | | 止动环槽宽度 $b$ | | 槽底圆角半径 $r_0$ |
| | | | | | 轴承的尺寸系列 | | | | | | |
| 尺寸系列 | | | | | 18 | | 19 | | | | |
| 18 | 19 | | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| — | 10 | **22** | 20.8 | 20.5 | — | — | 1.05 | 0.9 | 1.05 | 0.8 | 0.2 |
| — | 12 | **24** | 22.8 | 22.5 | — | — | 1.05 | 0.9 | 1.05 | 0.8 | 0.2 |
| — | 15 | **28** | 26.7 | 26.4 | — | — | 1.3 | 1.15 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| — | 17 | **30** | 28.7 | 28.4 | — | — | 1.3 | 1.15 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 20 | — | **32** | 30.7 | 30.4 | 1.3 | 1.15 | — | — | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 22 | — | **34** | 32.7 | 32.4 | 1.3 | 1.15 | — | — | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 25 | 20 | **37** | 35.7 | 35.4 | 1.3 | 1.15 | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| — | 22 | **39** | 37.7 | 37.4 | — | — | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 28 | — | **40** | 38.7 | 38.4 | 1.3 | 1.15 | — | — | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 30 | 25 | **42** | 40.7 | 40.4 | 1.3 | 1.15 | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 32 | — | **44** | 42.7 | 42.4 | 1.3 | 1.15 | — | — | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| — | 28 | **45** | 43.7 | 43.4 | — | — | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 35 | 30 | **47** | 45.7 | 45.4 | 1.3 | 1.15 | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 40 | 32 | **52** | 50.7 | 50.4 | 1.3 | 1.15 | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| — | 35 | **55** | 53.7 | 53.4 | — | — | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 45 | — | **58** | 56.7 | 56.4 | 1.3 | 1.15 | — | — | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| — | 40 | **62** | 60.7 | 60.3 | — | — | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 50 | — | **65** | 63.7 | 63.3 | 1.3 | 1.15 | — | — | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| — | 45 | **68** | 66.7 | 66.3 | — | — | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 55 | 50 | **72** | 70.7 | 70.3 | 1.7 | 1.55 | 1.7 | 1.55 | 1.2 | 0.95 | 0.25 |
| 60 | — | **78** | 76.2 | 75.8 | 1.7 | 1.55 | — | — | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| — | 55 | **80** | 77.9 | 77.5 | — | — | 2.1 | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 65 | 60 | **85** | 82.9 | 82.5 | 1.7 | 1.55 | 2.1 | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 70 | 65 | **90** | 87.9 | 87.5 | 1.7 | 1.55 | 2.1 | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 75 | — | **95** | 92.9 | 92.5 | 1.7 | 1.55 | — | — | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 80 | 70 | **100** | 97.9 | 97.5 | 1.7 | 1.55 | 2.5 | 2.3 | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| — | 75 | **105** | 102.6 | 102.1 | — | — | 2.5 | 2.3 | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 85 | 80 | **110** | 107.6 | 107.1 | 2.1 | 1.9 | 2.5 | 2.3 | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 90 | — | **115** | 112.6 | 112.1 | 2.1 | 1.9 | — | — | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 95 | 85 | **120** | 117.6 | 117.1 | 2.1 | 1.9 | 3.3 | 3.1 | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 100 | 90 | **125** | 122.6 | 122.1 | 2.1 | 1.9 | 3.3 | 3.1 | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 105 | 95 | **130** | 127.6 | 127.1 | 2.1 | 1.9 | 3.3 | 3.1 | 1.6 | 1.3 | 0.4 |
| 110 | 100 | **140** | 137.6 | 137.1 | 2.5 | 2.3 | 3.3 | 3.1 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| — | 105 | **145** | 142.6 | 142.1 | — | — | 3.3 | 3.1 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| 120 | 110 | **150** | 147.6 | 147.1 | 2.5 | 2.3 | 3.3 | 3.1 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| 130 | 120 | **165** | 161.8 | 161.3 | 3.3 | 3.1 | 3.7 | 3.5 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| 140 | — | **175** | 171.8 | 171.3 | 3.3 | 3.1 | — | — | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| — | 130 | **180** | 176.8 | 176.3 | — | — | 3.7 | 3.5 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| 150 | 140 | **190** | 186.8 | 186.3 | 3.3 | 3.1 | 3.7 | 3.5 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| 160 | — | **200** | 196.8 | 196.3 | 3.3 | 3.1 | — | — | 2.2 | 1.9 | 0.6 |

**备注**　外圈止动环槽侧倒角尺寸 $r_N$ 的最小容许值如下：
尺寸系列 18：外径≦ 78mm 的，使用 0.3mm 倒角。
所有其他超过 78mm 的，使用 0.5mm 倒角。
尺寸系列 19：外径≦ 24mm 的，使用 0.2mm 倒角。
≦ 47mm 的，使用 0.3mm 倒角。
所有其他超过 47mm 的，使用 0.5mm 倒角（不过，68 mm 外径需使用 0.3 mm 倒角，这一点不同于 ISO 15 的标准规定）。

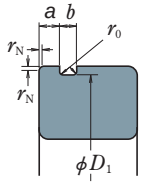



单位：mm

| 止动环 | | | | | | | 侧盖 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 止动环代号 | 截面高度 $e$ | | 厚度 $f$ | | 嵌到止动环槽内的状态（参考） 缺口宽度 $g$ | 止动环外径 $D_2$ | 台部内径（参考） $D_X$ |
| | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 约 | 最大 | 最小 |
| **NR 1022** | 2.0 | 1.85 | 0.7 | 0.6 | 2 | 24.8 | 25.5 |
| **NR 1024** | 2.0 | 1.85 | 0.7 | 0.6 | 2 | 26.8 | 27.5 |
| **NR 1028** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 3 | 30.8 | 31.5 |
| **NR 1030** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 3 | 32.8 | 33.5 |
| **NR 1032** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 3 | 34.8 | 35.5 |
| **NR 1034** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 3 | 36.8 | 37.5 |
| **NR 1037** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 3 | 39.8 | 40.5 |
| **NR 1039** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 3 | 41.8 | 42.5 |
| **NR 1040** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 3 | 42.8 | 43.5 |
| **NR 1042** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 3 | 44.8 | 45.5 |
| **NR 1044** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 4 | 46.8 | 47.5 |
| **NR 1045** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 4 | 47.8 | 48.5 |
| **NR 1047** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 4 | 49.8 | 50.5 |
| **NR 1052** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 4 | 54.8 | 55.5 |
| **NR 1055** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 4 | 57.8 | 58.5 |
| **NR 1058** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 4 | 60.8 | 61.5 |
| **NR 1062** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 4 | 64.8 | 65.5 |
| **NR 1065** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 4 | 67.8 | 68.5 |
| **NR 1068** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 5 | 70.8 | 72 |
| **NR 1072** | 2.05 | 1.9 | 0.85 | 0.75 | 5 | 74.8 | 76 |
| **NR 1078** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 5 | 82.7 | 84 |
| **NR 1080** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 5 | 84.4 | 86 |
| **NR 1085** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 5 | 89.4 | 91 |
| **NR 1090** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 5 | 94.4 | 96 |
| **NR 1095** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 5 | 99.4 | 101 |
| **NR 1100** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 5 | 104.4 | 106 |
| **NR 1105** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 5 | 110.7 | 112 |
| **NR 1110** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 5 | 115.7 | 117 |
| **NR 1115** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 5 | 120.7 | 122 |
| **NR 1120** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 7 | 125.7 | 127 |
| **NR 1125** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 7 | 130.7 | 132 |
| **NR 1130** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 7 | 135.7 | 137 |
| **NR 1140** | 4.04 | 3.89 | 1.7 | 1.6 | 7 | 145.7 | 147 |
| **NR 1145** | 4.04 | 3.89 | 1.7 | 1.6 | 7 | 150.7 | 152 |
| **NR 1150** | 4.04 | 3.89 | 1.7 | 1.6 | 7 | 155.7 | 157 |
| **NR 1165** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 7 | 171.5 | 173 |
| **NR 1175** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 10 | 181.5 | 183 |
| **NR 1180** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 10 | 186.5 | 188 |
| **NR 1190** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 10 | 196.5 | 198 |
| **NR 1200** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 10 | 206.5 | 208 |

表6.4　止动环槽及止动环的尺寸 —(2) 0、2、3、4直径系列的轴承

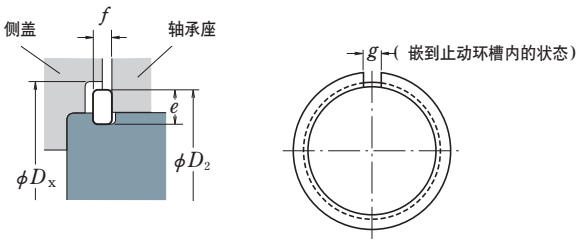



| 适用轴承 | | | | | 止动环槽 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $d$ | | | | $D$ | 止动环槽径 $D_1$ | | 止动环槽位置 $a$ | | | | 止动环槽宽度 $b$ | | 槽底圆角半径 $r_0$ |
| | | | | | | | 轴承的直径系列 | | | | | | |
| 直径系列 | | | | | | | 0 | | 2, 3, 4 | | | | |
| 0 | 2 | 3 | 4 | | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| 10 | — | — | — | **26** | 24.5 | 24.25 | 1.35 | 1.19 | — | — | 1.17 | 0.87 | 0.2 |
| 12 | — | — | — | **28** | 26.5 | 26.25 | 1.35 | 1.19 | — | — | 1.17 | 0.87 | 0.2 |
| — | 10 | 9 | 8 | **30** | 28.17 | 27.91 | — | — | 2.06 | 1.9 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| 15 | 12 | — | 9 | **32** | 30.15 | 29.9 | 2.06 | 1.9 | 2.06 | 1.9 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| 17 | 15 | 10 | — | **35** | 33.17 | 32.92 | 2.06 | 1.9 | 2.06 | 1.9 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| — | — | 12 | 10 | **37** | 34.77 | 34.52 | — | — | 2.06 | 1.9 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| — | 17 | — | — | **40** | 38.1 | 37.85 | — | — | 2.06 | 1.9 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| 20 | — | 15 | 12 | **42** | 39.75 | 39.5 | 2.06 | 1.9 | 2.06 | 1.9 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| 22 | — | — | — | **44** | 41.75 | 41.5 | 2.06 | 1.9 | — | — | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| 25 | 20 | 17 | — | **47** | 44.6 | 44.35 | 2.06 | 1.9 | 2.46 | 2.31 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| — | 22 | — | — | **50** | 47.6 | 47.35 | — | — | 2.46 | 2.31 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| 28 | 25 | 20 | 15 | **52** | 49.73 | 49.48 | 2.06 | 1.9 | 2.46 | 2.31 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| 30 | — | — | — | **55** | 52.6 | 52.35 | 2.08 | 1.88 | — | — | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| — | — | 22 | — | **56** | 53.6 | 53.35 | — | — | 2.46 | 2.31 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| 32 | 28 | — | — | **58** | 55.6 | 55.35 | 2.08 | 1.88 | 2.46 | 2.31 | 1.65 | 1.35 | 0.4 |
| 35 | 30 | 25 | 17 | **62** | 59.61 | 59.11 | 2.08 | 1.88 | 3.28 | 3.07 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| — | 32 | — | — | **65** | 62.6 | 62.1 | — | — | 3.28 | 3.07 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| 40 | — | 28 | — | **68** | 64.82 | 64.31 | 2.49 | 2.29 | 3.28 | 3.07 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| — | 35 | 30 | 20 | **72** | 68.81 | 68.3 | — | — | 3.28 | 3.07 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| 45 | — | 32 | — | **75** | 71.83 | 71.32 | 2.49 | 2.29 | 3.28 | 3.07 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| 50 | 40 | 35 | 25 | **80** | 76.81 | 76.3 | 2.49 | 2.29 | 3.28 | 3.07 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| — | 45 | — | — | **85** | 81.81 | 81.31 | — | — | 3.28 | 3.07 | 2.2 | 1.9 | 0.6 |
| 55 | 50 | 40 | 30 | **90** | 86.79 | 86.28 | 2.87 | 2.67 | 3.28 | 3.07 | 3 | 2.7 | 0.6 |
| 60 | — | — | — | **95** | 91.82 | 91.31 | 2.87 | 2.67 | — | — | 3 | 2.7 | 0.6 |
| 65 | 55 | 45 | 35 | **100** | 96.8 | 96.29 | 2.87 | 2.67 | 3.28 | 3.07 | 3 | 2.7 | 0.6 |
| 70 | 60 | 50 | 40 | **110** | 106.81 | 106.3 | 2.87 | 2.67 | 3.28 | 3.07 | 3 | 2.7 | 0.6 |
| 75 | — | — | — | **115** | 111.81 | 111.3 | 2.87 | 2.67 | — | — | 3 | 2.7 | 0.6 |
| — | 65 | 55 | 45 | **120** | 115.21 | 114.71 | — | — | 4.06 | 3.86 | 3.4 | 3.1 | 0.6 |
| 80 | 70 | — | — | **125** | 120.22 | 119.71 | 2.87 | 2.67 | 4.06 | 3.86 | 3.4 | 3.1 | 0.6 |
| 85 | 75 | 60 | 50 | **130** | 125.22 | 124.71 | 2.87 | 2.67 | 4.06 | 3.86 | 3.4 | 3.1 | 0.6 |
| 90 | 80 | 65 | 55 | **140** | 135.23 | 134.72 | 3.71 | 3.45 | 4.9 | 4.65 | 3.4 | 3.1 | 0.6 |
| 95 | — | — | — | **145** | 140.23 | 139.73 | 3.71 | 3.45 | — | — | 3.4 | 3.1 | 0.6 |
| 100 | 85 | 70 | 60 | **150** | 145.24 | 144.73 | 3.71 | 3.45 | 4.9 | 4.65 | 3.4 | 3.1 | 0.6 |
| 105 | 90 | 75 | 65 | **160** | 155.22 | 154.71 | 3.71 | 3.45 | 4.9 | 4.65 | 3.4 | 3.1 | 0.6 |
| 110 | 95 | 80 | — | **170** | 163.65 | 163.14 | 3.71 | 3.45 | 5.69 | 5.44 | 3.8 | 3.5 | 0.6 |
| 120 | 100 | 85 | 70 | **180** | 173.66 | 173.15 | 3.71 | 3.45 | 5.69 | 5.44 | 3.8 | 3.5 | 0.6 |
| — | 105 | 90 | 75 | **190** | 183.64 | 183.13 | — | — | 5.69 | 5.44 | 3.8 | 3.5 | 0.6 |
| 130 | 110 | 95 | 80 | **200** | 193.65 | 193.14 | 5.69 | 5.44 | 5.69 | 5.44 | 3.8 | 3.5 | 0.6 |

**注**　(1) ISO 中未规定此止动环及适用轴承的止动环槽。

**备注**　1. 该止动环槽尺寸，不适用尺寸系列 00、82 及 83 的轴承。

2. 外圈的止动环槽侧倒角尺寸 $r_N$ 的最小容许值设为 0.5mm。但是，直径系列 0 的公称轴承外径 35mm 以下的则设为 0.3mm。



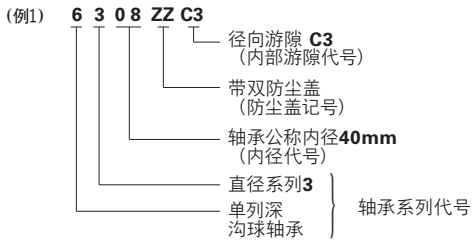

单位：mm

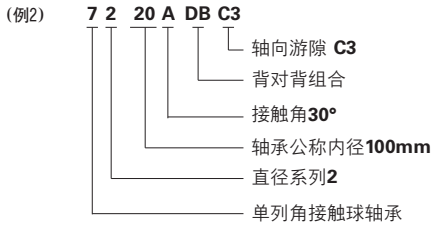
| 止动环 | | | | | | | 侧盖 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 止动环代号 | 截面高度 $e$ | | 厚度 $f$ | | 嵌到止动环槽内的状态（参考） 缺口宽度 $g$ | 嵌到止动环槽内的状态（参考） 止动环外径 $D_2$ | 台部内径（参考） $D_X$ |
| | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 约 | 最大 | 最小 |
| **NR 26** [1] | 2.06 | 1.91 | 0.84 | 0.74 | 3 | 28.7 | 29.4 |
| **NR 28** [1] | 2.06 | 1.91 | 0.84 | 0.74 | 3 | 30.7 | 31.4 |
| **NR 30** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 3 | 34.7 | 35.5 |
| **NR 32** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 3 | 36.7 | 37.5 |
| **NR 35** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 3 | 39.7 | 40.5 |
| **NR 37** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 3 | 41.3 | 42 |
| **NR 40** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 3 | 44.6 | 45.5 |
| **NR 42** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 3 | 46.3 | 47 |
| **NR 44** | 3.25 | 3.1 | 1.12 | 1.02 | 3 | 48.3 | 49 |
| **NR 47** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 4 | 52.7 | 53.5 |
| **NR 50** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 4 | 55.7 | 56.5 |
| **NR 52** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 4 | 57.9 | 58.5 |
| **NR 55** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 4 | 60.7 | 61.5 |
| **NR 56** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 4 | 61.7 | 62.5 |
| **NR 58** | 4.04 | 3.89 | 1.12 | 1.02 | 4 | 63.7 | 64.5 |
| **NR 62** | 4.04 | 3.89 | 1.7 | 1.6 | 4 | 67.7 | 68.5 |
| **NR 65** | 4.04 | 3.89 | 1.7 | 1.6 | 4 | 70.7 | 71.5 |
| **NR 68** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 5 | 74.6 | 76 |
| **NR 72** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 5 | 78.6 | 80 |
| **NR 75** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 5 | 81.6 | 83 |
| **NR 80** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 5 | 86.6 | 88 |
| **NR 85** | 4.85 | 4.7 | 1.7 | 1.6 | 5 | 91.6 | 93 |
| **NR 90** | 4.85 | 4.7 | 2.46 | 2.36 | 5 | 96.5 | 98 |
| **NR 95** | 4.85 | 4.7 | 2.46 | 2.36 | 5 | 101.6 | 103 |
| **NR 100** | 4.85 | 4.7 | 2.46 | 2.36 | 5 | 106.5 | 108 |
| **NR 110** | 4.85 | 4.7 | 2.46 | 2.36 | 5 | 116.6 | 118 |
| **NR 115** | 4.85 | 4.7 | 2.46 | 2.36 | 5 | 121.6 | 123 |
| **NR 120** | 7.21 | 7.06 | 2.82 | 2.72 | 7 | 129.7 | 131.5 |
| **NR 125** | 7.21 | 7.06 | 2.82 | 2.72 | 7 | 134.7 | 136.5 |
| **NR 130** | 7.21 | 7.06 | 2.82 | 2.72 | 7 | 139.7 | 141.5 |
| **NR 140** | 7.21 | 7.06 | 2.82 | 2.72 | 7 | 149.7 | 152 |
| **NR 145** | 7.21 | 7.06 | 2.82 | 2.72 | 7 | 154.7 | 157 |
| **NR 150** | 7.21 | 7.06 | 2.82 | 2.72 | 7 | 159.7 | 162 |
| **NR 160** | 7.21 | 7.06 | 2.82 | 2.72 | 7 | 169.7 | 172 |
| **NR 170** | 9.6 | 9.45 | 3.1 | 3 | 10 | 182.9 | 185 |
| **NR 180** | 9.6 | 9.45 | 3.1 | 3 | 10 | 192.9 | 195 |
| **NR 190** | 9.6 | 9.45 | 3.1 | 3 | 10 | 202.9 | 205 |
| **NR 200** | 9.6 | 9.45 | 3.1 | 3 | 10 | 212.9 | 215 |

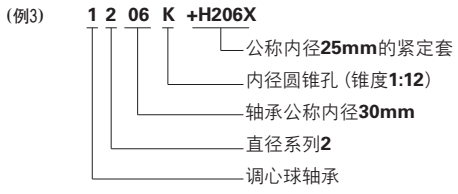
## 6.2 轴承代号方法

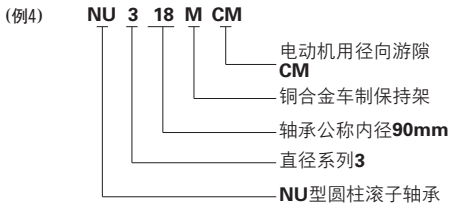
轴承代号是表示轴承结构、主要尺寸、旋转精度、内部游隙及其他相关规格的字母数字组合。由基本代号和辅助符号组成。一般采用的轴承外形尺寸，多是以 ISO 的规定为准。并且，这些标准轴承的代号在 JIS B 1513（滚动轴承的代号方法）中都有相应规定。因为需要详细区分轴承规格，NSK 同时也采用了 JIS 以外的辅助符号。

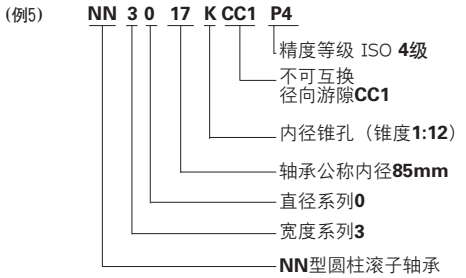
轴承代号由基本代号和辅助符号组成，用以表示轴承系列（类型）、宽度和直径系列的基本代号如表 6.5 所示。基本代号、辅助符号以及常见代号和符号的意义见表 6.6（A122~A123 页）。表 6.6 中按照代号从左到右的顺序列出了接触角符号及其他辅助符号。作为参考，轴承符号举例如下：

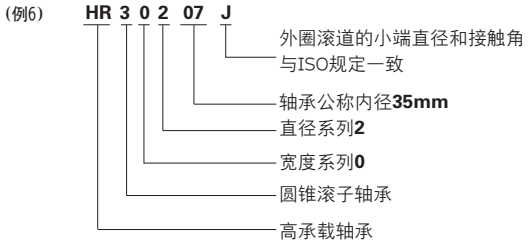


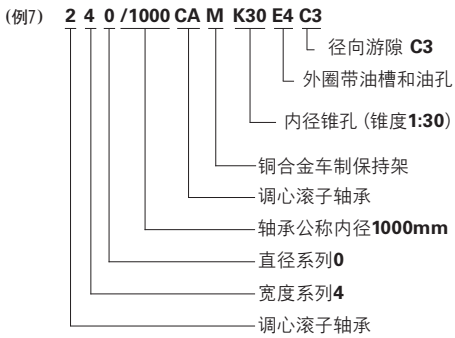



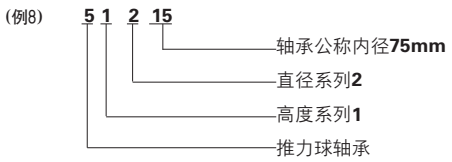



表6.5 轴承系列代号

| 轴承类型 | 轴承系列代号 | 结构代号 | 尺寸代号 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 宽度代号 | 直径代号 |
| 单列深沟球轴承 | **68** | 6 | (1) | 8 |
| | **69** | 6 | (1) | 9 |
| | **60** | 6 | (1) | 0 |
| | **62** | 6 | (0) | 2 |
| | **63** | 6 | (0) | 3 |
| 单列角接触球轴承 | **79** | 7 | (1) | 9 |
| | **70** | 7 | (1) | 0 |
| | **72** | 7 | (0) | 2 |
| | **73** | 7 | (0) | 3 |
| 调心球轴承 | **12** | 1 | (0) | 2 |
| | **13** | 1 | (0) | 3 |
| | **22** | (1) | 2 | 2 |
| | **23** | (1) | 2 | 3 |
| 单列圆柱滚子轴承 | **NU10** | NU | 1 | 0 |
| | **NU2** | NU | (0) | 2 |
| | **NU22** | NU | 2 | 2 |
| | **NU3** | NU | (0) | 3 |
| | **NU23** | NU | 2 | 3 |
| | **NU4** | NU | (0) | 4 |
| | **NJ2** | NJ | (0) | 2 |
| | **NJ22** | NJ | 2 | 2 |
| | **NJ3** | NJ | (0) | 3 |
| | **NJ23** | NJ | 2 | 3 |
| | **NJ4** | NJ | (0) | 4 |
| | **NUP2** | NUP | (0) | 2 |
| | **NUP22** | NUP | 2 | 2 |
| | **NUP3** | NUP | (0) | 3 |
| | **NUP23** | NUP | 2 | 3 |
| | **NUP4** | NUP | (0) | 4 |
| | **N10** | N | 1 | 0 |
| | **N2** | N | (0) | 2 |
| | **N3** | N | (0) | 3 |
| | **N4** | N | (0) | 4 |
| | **NF2** | NF | (0) | 2 |
| | **NF3** | NF | (0) | 3 |
| | **NF4** | NF | (0) | 4 |

| 轴承类型 | 轴承系列代号 | 结构代号 | 尺寸代号 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 宽度代号或高度代号 | 直径代号 |
| 双列圆柱滚子轴承 | **NNU49** | NNU | 4 | 9 |
| | **NN30** | NN | 3 | 0 |
| 滚针轴承 | **NA48** | NA | 4 | 8 |
| | **NA49** | NA | 4 | 9 |
| | **NA59** | NA | 5 | 9 |
| | **NA69** | NA | 6 | 9 |
| 圆锥滚子轴承 | **329** | 3 | 2 | 9 |
| | **320** | 3 | 2 | 0 |
| | **330** | 3 | 3 | 0 |
| | **331** | 3 | 3 | 1 |
| | **302** | 3 | 0 | 2 |
| | **322** | 3 | 2 | 2 |
| | **332** | 3 | 3 | 2 |
| | **303** | 3 | 0 | 3 |
| | **323** | 3 | 2 | 3 |
| 调心滚子轴承 | **230** | 2 | 3 | 0 |
| | **231** | 2 | 3 | 1 |
| | **222** | 2 | 2 | 2 |
| | **232** | 2 | 3 | 2 |
| | **213**(1) | 2 | 0 | 3 |
| | **223** | 2 | 2 | 3 |
| 平底座圈型推力球轴承 | **511** | 5 | 1 | 1 |
| | **512** | 5 | 1 | 2 |
| | **513** | 5 | 1 | 3 |
| | **514** | 5 | 1 | 4 |
| | **522** | 5 | 2 | 2 |
| | **523** | 5 | 2 | 3 |
| | **524** | 5 | 2 | 4 |
| 推力调心滚子轴承 | **292** | 2 | 9 | 2 |
| | **293** | 2 | 9 | 3 |
| | **294** | 2 | 9 | 4 |

**注** (1) 轴承系列记号 213 应是 203，但习惯性地用 213。
**备注** 省略了宽度代号栏中以 () 表示的宽度代号。

## ■轴承的外形尺寸与代号

表6.6 轴承代号的

| 基本代号 | | | | | | 内部代号 | | 材料代号 | | 保持架代号 | | 外观 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 轴承系列代号[1] | | 内径代号 | | 接触角代号 | | | | | | | | 密封圈、防尘盖代号 | |
| 代号 | 内容 | 代号 | 内容 | 代号 | 内容 | 代号 | 内容 | 代号 | 内容 | 代号 | 内容 | 代号 | 内容 |
| 68<br>69<br>60<br>:<br>70<br>72<br>73<br>:<br>12<br>13<br>22<br>:<br>NU10<br>NJ 2<br>N 3<br>NN 30<br>:<br>NA48<br>NA49<br>NA69<br>:<br>320<br>322<br>323<br>:<br>230<br>222<br>223<br>:<br>511<br>512<br>513<br>:<br>292<br>293<br>294<br>: | 单列深沟球轴承<br>单列角接触球轴承<br>调心球轴承<br>圆柱滚子轴承<br>滚针轴承<br>圆锥滚子轴承[2]<br>调心滚子轴承<br>平底座圈型推力球轴承<br>推力调心滚子轴承 | 1<br>2<br>3<br>⋮<br>9<br>00<br>01<br>02<br>03<br>/22<br>/28<br>/32<br>04[3]<br>05<br>06<br>⋮<br>88<br>92<br>96<br>/500<br>/530<br>/560<br>⋮<br>/2 360<br>/2 500 | 内径 1mm<br>2<br>3<br>⋮<br>9<br>10<br>12<br>15<br>17<br>22<br>28<br>32<br>20<br>25<br>30<br>⋮<br>440<br>460<br>480<br>500<br>530<br>560<br>⋮<br>2 360<br>2 500 | (角接触球轴承)<br>A<br>A5<br>B<br>C<br>(圆锥滚子轴承)<br>省略<br>C<br>D | 标准接触角30°<br>标准接触角25°<br>标准接触角40°<br>标准接触角15°<br>接触角17°以下<br>接触角约20°<br>接触角约28° | A<br>J<br>(高承载轴承)<br>C<br>CA<br>CD<br>EA<br>E<br>E<br>EA | 内部设计与标准不同的<br>圆锥滚子轴承的外圈轨道的小端径、角度、外圈宽度与ISO 355规定一致<br>调心滚子轴承<br>圆柱滚子轴承<br>推力调心滚子轴承<br>角接触球轴承 | g<br>h | 套圈、滚动体是渗碳钢<br>套圈、滚动体是不锈钢 | M<br>W<br>T<br>V | 铜合金车制保持架<br>钢板冲压保持架<br>合成树脂保持架<br>无保持架 | Z<br>ZS<br>ZZ<br>ZZS<br>DU<br>DDU<br>V<br>VV | 一侧钢板防尘盖<br>两侧钢板防尘盖<br>一侧接触橡胶密封圈<br>两侧接触橡胶密封圈<br>一侧非接触橡胶密封圈<br>两侧非接触橡胶密封圈 |
| HR[4] | 高承载圆锥滚子轴承及其他 | | | | | | | | | | | | |
| 代号符合JIS[5]的规定 | | | | | | NSK代号 | | | | | | NSK代号 | |
| 标于轴承上 | | | | | | | | | | | 不标于轴承上 | | |

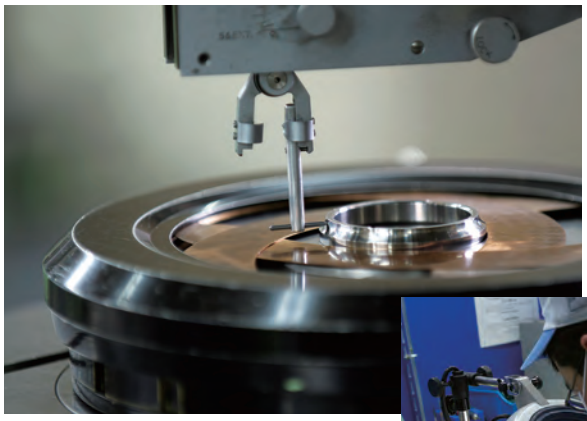
注 (1) 轴承系列代号根据表6.5。
(2) 有关ISO新系列圆锥滚子轴承的基本代号，请参考C182页。
(3) 从内径代号04至96，内径代号的5倍则为内径尺寸（mm）（除双向推力球轴承）。
(4) HR加在轴承系列代号的前面。

## 内容和排列

**补充代号**

| 代号 / 套圈形状代号 | | 配置形式代号 | | 内部游隙代号 预紧代号 | | 精度等级代号 | | 特殊规格代号 | | 隔圈或套筒代号 | | 润滑脂代号 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 代号 | 内容 | 代号 | 内容 | 代号 | 内容（径向游隙） | 代号 | 内容 | 代号 | 内容 | 代号 | 内容 | 代号 | 内容 |
| K | 内圈内径锥孔（锥度1:12） | DB | 背对背配置 | C1 | 用于所有向心轴承：小于C2游隙 | 省略 | ISO 0级 | （尺寸稳定化处理的轴承） | | +K | 轴承（带外隔圈） | AS2 | SHELL ALVANIA GREASE S2 |
| K30 | 内圈内径锥孔（锥度1:30） | DF | 面对面配置 | C2 | 小于CN游隙 | P6 | ISO 6级 | | | +L | 轴承（带内隔圈） | ENS | ENS GREASE |
| E | 套圈上有切口或有油孔 | DT | 串联配置 | 省略 | CN游隙 | P6X | ISO 6X级 | X26 | 使用温度限150 °C以下 | +KL | 轴承（带内外隔圈） | NS7 | NS HI-LUBE |
| E4 | 外径面带油槽，外圈带油孔 | | | C3 | 大于CN游隙 | P5 | ISO 5级 | X28 | 使用温度限200 °C以下 | H | 紧定套的结构代号 | PS2 | MULTEMP PS No. 2 |
| N | 外圈外径带止动环槽 | | | C4 | 大于C3游隙 | P4 | ISO 4级 | X29 | 使用温度限250 °C以下 | AH | 拆卸套的结构代号 | | |
| NR | 外圈外径带止动环槽和止动环 | | | C5 | 大于C4游隙 | P2 | ISO 2级 | | | HJ | L 型平挡圈的结构代号 | | |
| | | | | CC1 | 用于非互换性圆柱滚子轴承：小于CC2游隙 | （ABMA[7] 圆锥滚子轴承） | | （调心滚子轴承） | | | | | |
| | | | | CC2 | 小于CC游隙 | 省略 | CLASS 4 | S11 | 尺寸稳定化处理使用温度限200 °C以下 | | | | |
| | | | | CC | 普通游隙 | PN2 | CLASS 2 | | | | | | |
| | | | | CC3 | 大于CC游隙 | PN3 | CLASS 3 | | | | | | |
| | | | | CC4 | 大于CC3游隙 | PN0 | CLASS 0 | | | | | | |
| | | | | CC5 | 大于CC4游隙 | PN00 | CLASS 00 | | | | | | |
| | | | | MC1 | 用于小型和微型球轴承：小于MC2游隙 | | | | | | | | |
| | | | | MC2 | 小于MC3游隙 | | | | | | | | |
| | | | | MC3 | 普通游隙 | | | | | | | | |
| | | | | MC4 | 大于MC3游隙 | | | | | | | | |
| | | | | MC5 | 大于MC4游隙 | | | | | | | | |
| | | | | MC6 | 大于MC5游隙 | | | | | | | | |
| | | | | CM | 电机用深沟球轴承的游隙 | | | | | | | | |
| | | | | CT CM | 电机用圆柱滚子轴承的游隙 | | | | | | | | |
| | | | | （角接触球轴承（预紧）） | | | | | | | | | |
| | | | | EL | 超轻预紧 | | | | | | | | |
| | | | | L | 轻预紧 | | | | | | | | |
| | | | | M | 中度预紧 | | | | | | | | |
| | | | | H | 重度预紧 | | | | | | | | |
| 一部分与JIS[5]相同 | | 与JIS[6]相同 | | NSK代号 | 一部分与JIS[5]/BAS[6]相同 | 与JIS[5]相同 | | NSK代号，一部分与JIS[5]相同 | | | | | |
| 一般标于轴承上 | | | | | | | | | | 不标于轴承上 | | | |

**注** (5) JIS: 日本工业标准。
(6) BAS: 日本轴承工业协会标准。
(7) ABMA: 美国轴承制造商协会。







# 7. 轴承的尺寸精度及旋转精度

7.1 轴承精度的规定 ..... A 126

7.2 精度等级的选择 ..... A 151

# 7.轴承的尺寸精度及旋转精度

## 7.1 轴承精度的规定

有关滚动轴承主要尺寸的公差、公差值及旋转精度，在 ISO 492/199/582（滚动轴承的精度）中有所规定。公差、公差值，各自按下列项目规定。

轴承精度等级，除 ISO 普通精度 0 级以外，随着精度增高，有 6X 级(圆锥滚子轴承)、6 级、5 级、4 级和 2 级，其中 2 级为 ISO 中的最高精度等级。表 7.1 列述了不同轴承类型及其适用的精度等级。

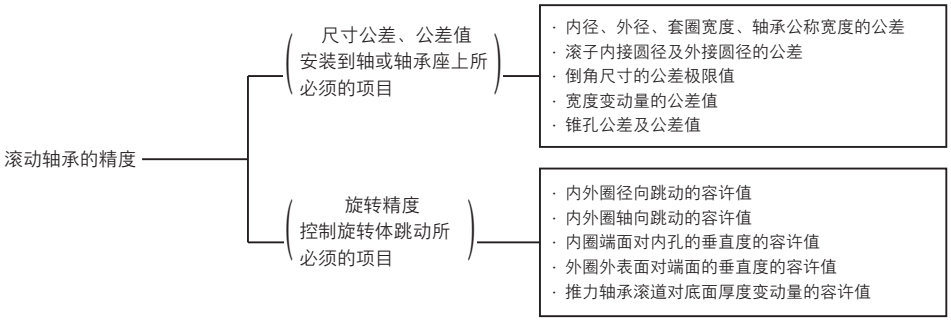



**表7.1 轴承类型及其适用精度等级**

| 轴承型式 | | | 适用精度等级 | | | | | 适用表 | 参照页 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 深沟球轴承 | | | 0 级 | 6 级 | 5 级 | 4 级 | 2 级 | 表 7.2 | A128 ~A131 |
| 角接触球轴承 | | | 0 级 | 6 级 | 5 级 | 4 级 | 2 级 | | |
| 调心球轴承 | | | 0 级 | 6 级相当 | 5 级相当 | — | — | | |
| 圆柱滚子轴承 | | | 0 级 | 6 级 | 5 级 | 4 级 | 2 级 | | |
| 滚针轴承 | | | 0 级 | 6 级 | 5 级 | 4 级 | — | | |
| 调心滚子轴承 | | | 0 级 | 6 级 | 5 级 | — | — | | |
| 圆锥滚子轴承 | | 米制系列 | 0 级<br>6X 级 | — | 5 级 | 4 级 | — | 表 7.3 | A132 ~A135 |
| | | 英制系列 | ANSI/ABMA CLASS 4 | ANSI / ABMA CLASS 2 | ANSI / ABMA CLASS 3 | ANSI / ABMA CLASS 0 | ANSI / ABMA CLASS 00 | 表 7.4 | A136 ~A137 |
| 磁电机球轴承 | | | 0 级 | 6 级 | 5 级 | — | — | 表 7.5 | A138 ~A139 |
| 推力球轴承 | | | 0 级 | 6 级 | 5 级 | 4 级 | — | 表 7.6 | A140 ~A142 |
| 推力圆锥滚子轴承 | | | 0 级 | — | — | — | — | 表 7.7 | A143 ~A144 |
| 推力调心滚子轴承 | | | 0 级 | — | — | — | — | 表 7.8 | A145 |
| 比较等级（参考） | JIS[1] | | 0 级 | 6 级 | 5 级 | 4 级 | 2 级 | — | — |
| | DIN[2] | | P0 | P6 | P5 | P4 | P2 | — | — |
| | ANSI / ABMA[3] | 球轴承 | ABEC 1 | ABEC 3 | ABEC 5 (CLASS 5P) | ABEC 7 (CLASS 7P) | ABEC 9 (CLASS 9P) | 表 7.2 (表 7.9) | A128 ~A131 (A146 ~A147) |
| | | 滚子轴承 | RBEC 1 | RBEC 3 | RBEC 5 | — | — | | |
| | | 圆锥滚子轴承 | CLASS4 | CLASS 2 | CLASS 3 | CLASS 0 | CLASS 00 | (表 7.4) | (A136 ~137) |
| | GB/T[4] | | 0 级 | 6 级 | 5 级 | 4 级 | 2 级 | — | — |

**注** (1) 日本工业标准 (2) 德国标准化协会 (3) 美国国家标准学会 / 美国轴承制造商协会 (4) 中国国家标准

**备注** 倒角尺寸的公差极限值依据表 7.10 (A148 和 A149 页)，圆锥孔的公差及公差值依据表 7.11 (A150 和 A151 页)。

（参考）旋转精度的图示意义及测定方法，如图 7.1 所示．在 ISO 5593、JIS B 0104（滚动轴承用语），JIS B 1515（滚动轴承测定方法）等都有详尽表述。

附表

| 旋转精度 | 内圈 | 外圈 | 指示器 |
|---|---|---|---|
| $K_{ia}$ | 旋转 | 静止 | A |
| $K_{ea}$ | 静止 | 旋转 | A |
| $S_{ia}$ | 旋转 | 静止 | $B_1$ |
| $S_{ea}$ | 静止 | 旋转 | $B_2$ |
| $S_d$ | 旋转 | 静止 | C |
| $S_D$ | — | 旋转 | D |
| $S_i$，$S_e$ | 内圈或外圈单独旋转 | | E |

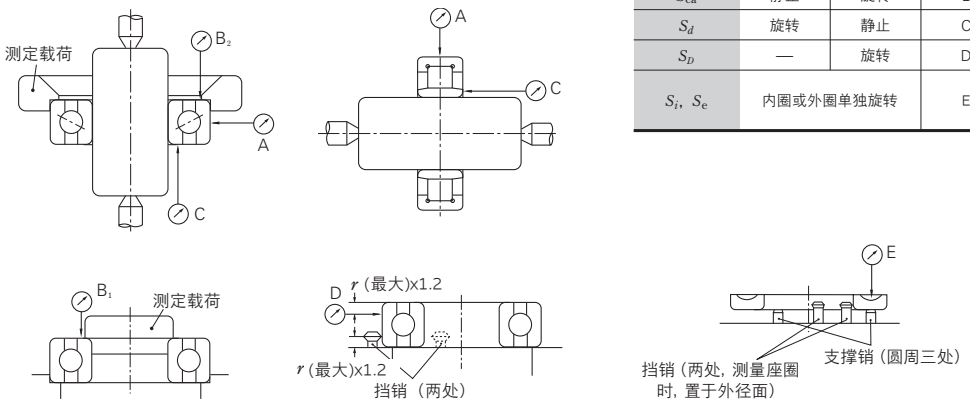
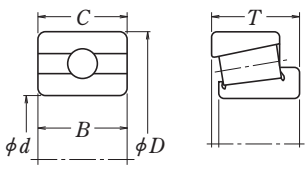



**图7.1　旋转精度的测定方法(概略)**

## 外形尺寸与旋转精度用符号

| | |
|---|---|
| $d$ | 轴承公称内径 |
| $\Delta_{ds}$ | 单一内径偏差 |
| $\Delta_{dmp}$ | 单一平面平均内径偏差 |
| $V_{dp}$ | 单一平面内径变动量 |
| $V_{dmp}$ | 平均内径变动量 |
| $B$ | 内圈公称宽度 |
| $\Delta_{Bs}$ | 内圈单一宽度偏差 |
| $V_{Bs}$ | 内圈宽度变动量 |
| $K_{ia}$ | 内圈径向跳动 |
| $S_d$ | 内圈端面对内孔的垂直度 |
| $S_{ia}$ | 内圈轴向跳动 |
| $S_i$, $S_e$ | 推力轴承轴圈或中圈及座圈滚道对底面的厚度变动量 |
| $T$ | 轴承公称宽度 |
| $\Delta_{Ts}$ | 轴承实际宽度偏差 |

| | |
|---|---|
| $D$ | 轴承公称外径 |
| $\Delta_{Ds}$ | 单一外径偏差 |
| $\Delta_{Dmp}$ | 单一平面平均外径偏差 |
| $V_{Dp}$ | 单一平面外径变动量 |
| $V_{Dmp}$ | 平均外径变动量 |
| $C$ | 外圈公称宽度 |
| $\Delta_{Cs}$ | 外圈单一宽度偏差 |
| $V_{Cs}$ | 外圈宽度变动量 |
| $K_{ea}$ | 外圈径向跳动 |
| $S_D$ | 外圈外表面对端面的垂直度 |
| $S_{ea}$ | 外圈轴向跳动 |



## ■轴承的尺寸精度及旋转精度

**表7.2　向心轴承( 圆锥滚子轴承外)**

**表7.2.1　内圈公差、公差值及**

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 单一平面平均内径偏差 $\Delta_{dmp}$ (2) | | | | | | | | | | 单一内径偏差 $\Delta_{ds}$ (2) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0级 | | 6级 | | 5级 | | 4级 | | 2级 | | 4级 直径系列 0, 1, 2, 3, 4 | | 2级 | |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| 0.6 (1) | 2.5 | 0 | − 8 | 0 | − 7 | 0 | − 5 | 0 | − 4 | 0 | −2.5 | 0 | − 4 | 0 | −2.5 |
| 2.5 | 10 | 0 | − 8 | 0 | − 7 | 0 | − 5 | 0 | − 4 | 0 | −2.5 | 0 | − 4 | 0 | −2.5 |
| 10 | 18 | 0 | − 8 | 0 | − 7 | 0 | − 5 | 0 | − 4 | 0 | −2.5 | 0 | − 4 | 0 | −2.5 |
| 18 | 30 | 0 | − 10 | 0 | − 8 | 0 | − 6 | 0 | − 5 | 0 | −2.5 | 0 | − 5 | 0 | −2.5 |
| 30 | 50 | 0 | − 12 | 0 | −10 | 0 | − 8 | 0 | − 6 | 0 | −2.5 | 0 | − 6 | 0 | −2.5 |
| 50 | 80 | 0 | − 15 | 0 | −12 | 0 | − 9 | 0 | − 7 | 0 | −4 | 0 | − 7 | 0 | −4 |
| 80 | 120 | 0 | − 20 | 0 | −15 | 0 | −10 | 0 | − 8 | 0 | −5 | 0 | − 8 | 0 | −5 |
| 120 | 150 | 0 | − 25 | 0 | −18 | 0 | −13 | 0 | −10 | 0 | −7 | 0 | −10 | 0 | −7 |
| 150 | 180 | 0 | − 25 | 0 | −18 | 0 | −13 | 0 | −10 | 0 | −7 | 0 | −10 | 0 | −7 |
| 180 | 250 | 0 | − 30 | 0 | −22 | 0 | −15 | 0 | −12 | 0 | −8 | 0 | −12 | 0 | −8 |
| 250 | 315 | 0 | − 35 | 0 | −25 | 0 | −18 | − | − | − | − | − | − | − | − |
| 315 | 400 | 0 | − 40 | 0 | −30 | 0 | −23 | − | − | − | − | − | − | − | − |
| 400 | 500 | 0 | − 45 | 0 | −35 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| 500 | 630 | 0 | − 50 | 0 | −40 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| 630 | 800 | 0 | − 75 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| 800 | 1 000 | 0 | −100 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| 1 000 | 1 250 | 0 | −125 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| 1 250 | 1 600 | 0 | −160 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| 1 600 | 2 000 | 0 | −200 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |

| | 内圈 (或外圈) 单一宽度偏差 $\Delta_{Bs}$ (或 $\Delta_{Cs}$) (3) | | | | | | | | | | 内圈(或外圈)宽度变动量 $V_{Bs}$ (或 $V_{Cs}$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 单体轴承 | | | | | | 组合轴承 (4) | | | | 内圈 (或外圈) (3) | | 内圈 | | |
| | 0级 6级 | | 5级 4级 | | 2级 | | 0级 6级 | | 5级 4级 | | 2级 | | 0级 | 6级 | 5级 | 4级 | 2级 |
| | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| | 0 | − 40 | 0 | − 40 | 0 | − 40 | − | − | 0 | −250 | 0 | −250 | 12 | 12 | 5 | 2.5 | 1.5 |
| | 0 | − 120 | 0 | − 40 | 0 | − 40 | 0 | −250 | 0 | −250 | 0 | −250 | 15 | 15 | 5 | 2.5 | 1.5 |
| | 0 | − 120 | 0 | − 80 | 0 | − 80 | 0 | −250 | 0 | −250 | 0 | −250 | 20 | 20 | 5 | 2.5 | 1.5 |
| | 0 | − 120 | 0 | −120 | 0 | −120 | 0 | −250 | 0 | −250 | 0 | −250 | 20 | 20 | 5 | 2.5 | 1.5 |
| | 0 | − 120 | 0 | −120 | 0 | −120 | 0 | −250 | 0 | −250 | 0 | −250 | 20 | 20 | 5 | 3 | 1.5 |
| | 0 | − 150 | 0 | −150 | 0 | −150 | 0 | −380 | 0 | −250 | 0 | −250 | 25 | 25 | 6 | 4 | 1.5 |
| | 0 | − 200 | 0 | −200 | 0 | −200 | 0 | −380 | 0 | −380 | 0 | −380 | 25 | 25 | 7 | 4 | 2.5 |
| | 0 | − 250 | 0 | −250 | 0 | −250 | 0 | −500 | 0 | −380 | 0 | −380 | 30 | 30 | 8 | 5 | 2.5 |
| | 0 | − 250 | 0 | −250 | 0 | −250 | 0 | −500 | 0 | −380 | 0 | −380 | 30 | 30 | 8 | 5 | 4 |
| | 0 | − 300 | 0 | −300 | 0 | −300 | 0 | −500 | 0 | −500 | 0 | −500 | 30 | 30 | 10 | 6 | 5 |
| | 0 | − 350 | 0 | −350 | − | − | 0 | −500 | 0 | −500 | − | − | 35 | 35 | 13 | − | − |
| | 0 | − 400 | 0 | −400 | − | − | 0 | −630 | 0 | −630 | − | − | 40 | 40 | 15 | − | − |
| | 0 | − 450 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | 50 | 45 | − | − | − |
| | 0 | − 500 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | 60 | 50 | − | − | − |
| | 0 | − 750 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | 70 | − | − | − | − |
| | 0 | −1 000 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | 80 | − | − | − | − |
| | 0 | −1 250 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | 100 | − | − | − | − |
| | 0 | −1 600 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | 120 | − | − | − | − |
| | 0 | −2 000 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | 140 | − | − | − | − |

**注**　(1) 0.6mm 包括在这个尺寸中。
(2) 适用于圆柱孔轴承。
(3) 外圈的宽度尺寸差及宽度不同, 依据同样轴承的内圈值。5 级、4 级及 2 级的外圈的宽度的不同, 依据表 7.2.2。
(4) 适用于成对或成组安装时单个轴承的内、外圈。
(5) 适用于深沟球轴承、角接触球轴承等球轴承。

## 的公差及公差值

### 外圈宽度公差、公差值

| 单一平面内径变动量 $V_{dp}$ (2) | | | | | | | | | | 平均内径变动量 $V_{dmp}$ (2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0级 | | | 6级 | | | 5级 | | 4级 | | 2级 | 0级 | 6级 | 5级 | 4级 | 2级 |
| 直径系列 | | | 直径系列 | | | 直径系列 | | 直径系列 | | 直径系列 | | | | | |
| 9 | 0, 1 | 2, 3, 4 | 9 | 0, 1 | 2, 3, 4 | 9 | 0,1,2,3,4 | 9 | 0,1,2,3,4 | 0,1,2,3,4 | | | | | |
| 最大 | | | 最大 | | | 最大 | | 最大 | | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| 10 | 8 | 6 | 9 | 7 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2.5 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1.5 |
| 10 | 8 | 6 | 9 | 7 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2.5 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1.5 |
| 10 | 8 | 6 | 9 | 7 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2.5 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1.5 |
| 13 | 10 | 8 | 10 | 8 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 2.5 | 8 | 6 | 3 | 2.5 | 1.5 |
| 15 | 12 | 9 | 13 | 10 | 8 | 8 | 6 | 6 | 5 | 2.5 | 9 | 8 | 4 | 3 | 1.5 |
| 19 | 19 | 11 | 15 | 15 | 9 | 9 | 7 | 7 | 5 | 4 | 11 | 9 | 5 | 3.5 | 2 |
| 25 | 25 | 15 | 19 | 19 | 11 | 10 | 8 | 8 | 6 | 5 | 15 | 11 | 5 | 4 | 2.5 |
| 31 | 31 | 19 | 23 | 23 | 14 | 13 | 10 | 10 | 8 | 7 | 19 | 14 | 7 | 5 | 3.5 |
| 31 | 31 | 19 | 23 | 23 | 14 | 13 | 10 | 10 | 8 | 7 | 19 | 14 | 7 | 5 | 3.5 |
| 38 | 38 | 23 | 28 | 28 | 17 | 15 | 12 | 12 | 9 | 8 | 23 | 17 | 8 | 6 | 4 |
| 44 | 44 | 26 | 31 | 31 | 19 | 18 | 14 | — | — | — | 26 | 19 | 9 | — | — |
| 50 | 50 | 30 | 38 | 38 | 23 | 23 | 18 | — | — | — | 30 | 23 | 12 | — | — |
| 56 | 56 | 34 | 44 | 44 | 26 | — | — | — | — | — | 34 | 26 | — | — | — |
| 63 | 63 | 38 | 50 | 50 | 30 | — | — | — | — | — | 38 | 30 | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

单位：μm

| 内圈径向跳动 $K_{ia}$ | | | | | 内圈端面对内孔的垂直度 $S_d$ | | | 内圈轴向跳动 $S_{ia}$ (5) | | | 轴承公称内径 $d$ (mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0级 | 6级 | 5级 | 4级 | 2级 | 5级 | 4级 | 2级 | 5级 | 4级 | 2级 | | |
| 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 超过 | 到 |
| 10 | 5 | 4 | 2.5 | 1.5 | 7 | 3 | 1.5 | 7 | 3 | 1.5 | **0.6** (1) | **2.5** |
| 10 | 6 | 4 | 2.5 | 1.5 | 7 | 3 | 1.5 | 7 | 3 | 1.5 | **2.5** | **10** |
| 10 | 7 | 4 | 2.5 | 1.5 | 7 | 3 | 1.5 | 7 | 3 | 1.5 | **10** | **18** |
| 13 | 8 | 4 | 3 | 2.5 | 8 | 4 | 1.5 | 8 | 4 | 2.5 | **18** | **30** |
| 15 | 10 | 5 | 4 | 2.5 | 8 | 4 | 1.5 | 8 | 4 | 2.5 | **30** | **50** |
| 20 | 10 | 5 | 4 | 2.5 | 8 | 5 | 1.5 | 8 | 5 | 2.5 | **50** | **80** |
| 25 | 13 | 6 | 5 | 2.5 | 9 | 5 | 2.5 | 9 | 5 | 2.5 | **80** | **120** |
| 30 | 18 | 8 | 6 | 2.5 | 10 | 6 | 2.5 | 10 | 7 | 2.5 | **120** | **150** |
| 30 | 18 | 8 | 6 | 5 | 10 | 6 | 4 | 10 | 7 | 5 | **150** | **180** |
| 40 | 20 | 10 | 8 | 5 | 11 | 7 | 5 | 13 | 8 | 5 | **180** | **250** |
| 50 | 25 | 13 | — | — | 13 | — | — | 15 | — | — | **250** | **315** |
| 60 | 30 | 15 | — | — | 15 | — | — | 20 | — | — | **315** | **400** |
| 65 | 35 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **400** | **500** |
| 70 | 40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **500** | **630** |
| 80 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **630** | **800** |
| 90 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **800** | **1 000** |
| 100 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1 000** | **1 250** |
| 120 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1 250** | **1 600** |
| 140 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1 600** | **2 000** |

**备注** 1. 本表所规定的圆柱孔，轴承内径的上偏差，不适用于套圈端面的倒角尺寸 $r$（最大）1.2 倍距离以内的范围。
2. 根据 ABMA Std 20-1996 :ABEC1·RBEC1、ABEC3·RBEC3、ABEC5·RBEC5、ABEC7·RBEC7 及 ABEC9·RBEC9 分别相当于 0 级、6 级、5 级、4 级及 2 级。

表7.2　向心轴承（圆锥滚子轴承外）

表7.2.2　外圈公差、

| 轴承公称外径 $D$ (mm) | | 单一平面平均外径偏差 $\Delta D_{mp}$ | | | | | | | | | | 单一外径偏差 $\Delta D_s$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0级 | | 6级 | | 5级 | | 4级 | | 2级 | | 4级 直径系列 0, 1, 2, 3, 4 | | 2级 | |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| **2.5**(1) | **6** | 0 | − 8 | 0 | − 7 | 0 | − 5 | 0 | − 4 | 0 | − 2.5 | 0 | − 4 | 0 | − 2.5 |
| **6** | **18** | 0 | − 8 | 0 | − 7 | 0 | − 5 | 0 | − 4 | 0 | − 2.5 | 0 | − 4 | 0 | − 2.5 |
| **18** | **30** | 0 | − 9 | 0 | − 8 | 0 | − 6 | 0 | − 5 | 0 | − 4 | 0 | − 5 | 0 | − 4 |
| **30** | **50** | 0 | − 11 | 0 | − 9 | 0 | − 7 | 0 | − 6 | 0 | − 4 | 0 | − 6 | 0 | − 4 |
| **50** | **80** | 0 | − 13 | 0 | −11 | 0 | − 9 | 0 | − 7 | 0 | − 4 | 0 | − 7 | 0 | − 4 |
| **80** | **120** | 0 | − 15 | 0 | −13 | 0 | −10 | 0 | − 8 | 0 | − 5 | 0 | − 8 | 0 | − 5 |
| **120** | **150** | 0 | − 18 | 0 | −15 | 0 | −11 | 0 | − 9 | 0 | − 5 | 0 | − 9 | 0 | − 5 |
| **150** | **180** | 0 | − 25 | 0 | −18 | 0 | −13 | 0 | −10 | 0 | − 7 | 0 | −10 | 0 | − 7 |
| **180** | **250** | 0 | − 30 | 0 | −20 | 0 | −15 | 0 | −11 | 0 | − 8 | 0 | −11 | 0 | −8 |
| **250** | **315** | 0 | − 35 | 0 | −25 | 0 | −18 | 0 | −13 | 0 | − 8 | 0 | −13 | 0 | − 8 |
| **315** | **400** | 0 | − 40 | 0 | −28 | 0 | −20 | 0 | −15 | 0 | −10 | 0 | −15 | 0 | −10 |
| **400** | **500** | 0 | − 45 | 0 | −33 | 0 | −23 | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **500** | **630** | 0 | − 50 | 0 | −38 | 0 | −28 | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **630** | **800** | 0 | − 75 | 0 | −45 | 0 | −35 | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **800** | **1 000** | 0 | −100 | 0 | −60 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **1 000** | **1 250** | 0 | −125 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **1 250** | **1 600** | 0 | −160 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **1 600** | **2 000** | 0 | −200 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **2 000** | **2 500** | 0 | −250 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |

**注**　(1) 2.5mm 包括在这个尺寸中。
(2) 仅适用于未安装止动环的情况。
(3) 适用于深沟球轴承、角接触球轴承等球轴承。
(4) 0 级及 6 级轴承的外圈宽度变动量见表 7.2.1。

**备注**　1. 本表所规定的轴承外径的下偏差，不适用于从套圈端面的倒角尺寸 $r$（最大）1.2 倍距离以内的范围。
2. 根据 ABMA Std 20-1996 :ABEC1·RBEC1、ABEC3·RBEC3、ABEC5·RBEC5、ABEC7·RBEC7 及 ABEC9·RBEC9 分别相当于 0 级、6 级、5 级、4 级及 2 级。

## 的公差及公差值

### 及公差值

| 单一平面外径变动量 $V_{Dp}$ (2) | | | | | | | | | | | | | 平均外径变动量 $V_{Dmp}$ (2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0级 | | | | 6级 | | | | 5级 | | 4级 | | 2级 | | | | | |
| 开放型 | | | 防尘盖密封圈 | 开放型 | | | 防尘盖密封圈 | 开放型 | | 开放型 | | 开放型 | | | | | |
| 直径系列 | | | | 直径系列 | | | | 直径系列 | | 直径系列 | | 直径系列 | 0级 | 6级 | 5级 | 4级 | 2级 |
| 9 | 0, 1 | 2, 3, 4 | 2, 3, 4 | 9 | 0, 1 | 2, 3, 4 | 0, 1, 2, 3, 4 | 9 | 0, 1, 2, 3, 4 | 9 | 0, 1, 2, 3, 4 | 0, 1, 2, 3, 4 | | | | | |
| 最大 | | | | 最大 | | | | 最大 | | 最大 | | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| 10 | 8 | 6 | 10 | 9 | 7 | 5 | 9 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2.5 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1.5 |
| 10 | 8 | 6 | 10 | 9 | 7 | 5 | 9 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2.5 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1.5 |
| 12 | 9 | 7 | 12 | 10 | 8 | 6 | 10 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 7 | 6 | 3 | 2.5 | 2 |
| 14 | 11 | 8 | 16 | 11 | 9 | 7 | 13 | 7 | 5 | 6 | 5 | 4 | 8 | 7 | 4 | 3 | 2 |
| 16 | 13 | 10 | 20 | 14 | 11 | 8 | 16 | 9 | 7 | 7 | 5 | 4 | 10 | 8 | 5 | 3.5 | 2 |
| 19 | 19 | 11 | 26 | 16 | 16 | 10 | 20 | 10 | 8 | 8 | 6 | 5 | 11 | 10 | 5 | 4 | 2.5 |
| 23 | 23 | 14 | 30 | 19 | 19 | 11 | 25 | 11 | 8 | 9 | 7 | 5 | 14 | 11 | 6 | 5 | 2.5 |
| 31 | 31 | 19 | 38 | 23 | 23 | 14 | 30 | 13 | 10 | 10 | 8 | 7 | 19 | 14 | 7 | 5 | 3.5 |
| 38 | 38 | 23 | — | 25 | 25 | 15 | — | 15 | 11 | 11 | 8 | 8 | 23 | 15 | 8 | 6 | 4 |
| 44 | 44 | 26 | — | 31 | 31 | 19 | — | 18 | 14 | 13 | 10 | 8 | 26 | 19 | 9 | 7 | 4 |
| 50 | 50 | 30 | — | 35 | 35 | 21 | — | 20 | 15 | 15 | 11 | 10 | 30 | 21 | 10 | 8 | 5 |
| 56 | 56 | 34 | — | 41 | 41 | 25 | — | 23 | 17 | — | — | — | 34 | 25 | 12 | — | — |
| 63 | 63 | 38 | — | 48 | 48 | 29 | — | 28 | 21 | — | — | — | 38 | 29 | 14 | — | — |
| 94 | 94 | 55 | — | 56 | 56 | 34 | — | 35 | 26 | — | — | — | 55 | 34 | 18 | — | — |
| 125 | 125 | 75 | — | 75 | 75 | 45 | — | — | — | — | — | — | 75 | 45 | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

单位：μm

| 外圈径向跳动 $K_{ea}$ | | | | | 外圈外表面对端面的垂直度 $S_D$ | | | 外圈轴向跳动 $S_{ea}$ (3) | | | 外圈宽度变动量 $V_{Cs}$ (4) | | | 轴承公称外径 $D$ (mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0级 | 6级 | 5级 | 4级 | 2级 | 5级 | 4级 | 2级 | 5级 | 4级 | 2级 | 5级 | 4级 | 2级 | | |
| 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 超过 | 到 |
| 15 | 8 | 5 | 3 | 1.5 | 8 | 4 | 1.5 | 8 | 5 | 1.5 | 5 | 2.5 | 1.5 | **2.5** (1) | **6** |
| 15 | 8 | 5 | 3 | 1.5 | 8 | 4 | 1.5 | 8 | 5 | 1.5 | 5 | 2.5 | 1.5 | **6** | **18** |
| 15 | 9 | 6 | 4 | 2.5 | 8 | 4 | 1.5 | 8 | 5 | 2.5 | 5 | 2.5 | 1.5 | **18** | **30** |
| 20 | 10 | 7 | 5 | 2.5 | 8 | 4 | 1.5 | 8 | 5 | 2.5 | 5 | 2.5 | 1.5 | **30** | **50** |
| 25 | 13 | 8 | 5 | 4 | 8 | 4 | 1.5 | 10 | 5 | 4 | 6 | 3 | 1.5 | **50** | **80** |
| 35 | 18 | 10 | 6 | 5 | 9 | 5 | 2.5 | 11 | 6 | 5 | 8 | 4 | 2.5 | **80** | **120** |
| 40 | 20 | 11 | 7 | 5 | 10 | 5 | 2.5 | 13 | 7 | 5 | 8 | 5 | 2.5 | **120** | **150** |
| 45 | 23 | 13 | 8 | 5 | 10 | 5 | 2.5 | 14 | 8 | 5 | 8 | 5 | 2.5 | **150** | **180** |
| 50 | 25 | 15 | 10 | 7 | 11 | 7 | 4 | 15 | 10 | 7 | 10 | 7 | 4 | **180** | **250** |
| 60 | 30 | 18 | 11 | 7 | 13 | 8 | 5 | 18 | 10 | 7 | 11 | 7 | 5 | **250** | **315** |
| 70 | 35 | 20 | 13 | 8 | 13 | 10 | 7 | 20 | 13 | 8 | 13 | 8 | 7 | **315** | **400** |
| 80 | 40 | 23 | — | — | 15 | — | — | 23 | — | — | 15 | — | — | **400** | **500** |
| 100 | 50 | 25 | — | — | 18 | — | — | 25 | — | — | 18 | — | — | **500** | **630** |
| 120 | 60 | 30 | — | — | 20 | — | — | 30 | — | — | 20 | — | — | **630** | **800** |
| 140 | 75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **800** | **1 000** |
| 160 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1 000** | **1 250** |
| 190 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1 250** | **1 600** |
| 220 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **1 600** | **2 000** |
| 250 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | **2 000** | **2 500** |

## 表7.3 米制系列 圆锥滚子轴承的公差及公差值

### 表7.3.1 内圈内径公差及旋转精度的公差值

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 单一平面平均内径偏差 $\Delta_{dmp}$ | | | | | | 单一内径偏差 $\Delta_{ds}$ | | 单一平面内径变动量 $\Delta_{dp}$ | | | | 平均内径变动量 $V_{dmp}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0级 6X级 | | 6级 5级 | | 4级 | | 4级 | | 0级 6X级 | 6级 | 5级 | 4级 | 0级 6X级 | 6级 | 5级 | 4级 |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| **10** | **18** | 0 | − 8 | 0 | − 7 | 0 | − 5 | 0 | − 5 | 8 | 7 | 5 | 4 | 6 | 5 | 5 | 4 |
| **18** | **30** | 0 | −10 | 0 | − 8 | 0 | − 6 | 0 | − 6 | 10 | 8 | 6 | 5 | 8 | 6 | 5 | 4 |
| **30** | **50** | 0 | −12 | 0 | −10 | 0 | − 8 | 0 | − 8 | 12 | 10 | 8 | 6 | 9 | 8 | 5 | 5 |
| **50** | **80** | 0 | −15 | 0 | −12 | 0 | − 9 | 0 | − 9 | 15 | 12 | 9 | 7 | 11 | 9 | 6 | 5 |
| **80** | **120** | 0 | −20 | 0 | −15 | 0 | −10 | 0 | −10 | 20 | 15 | 11 | 8 | 15 | 11 | 8 | 5 |
| **120** | **180** | 0 | −25 | 0 | −18 | 0 | −13 | 0 | −13 | 25 | 18 | 14 | 10 | 19 | 14 | 9 | 7 |
| **180** | **250** | 0 | −30 | 0 | −22 | 0 | −15 | 0 | −15 | 30 | 22 | 17 | 11 | 23 | 16 | 11 | 8 |
| **250** | **315** | 0 | −35 | 0 | −25 | 0 | −18 | 0 | −18 | 35 | − | − | − | 26 | − | − | − |
| **315** | **400** | 0 | −40 | 0 | −30 | 0 | −23 | 0 | −23 | 40 | − | − | − | 30 | − | − | − |
| **400** | **500** | 0 | −45 | 0 | −35 | 0 | −27 | 0 | −27 | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **500** | **630** | 0 | −50 | 0 | −40 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **630** | **800** | 0 | −75 | 0 | −60 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |

**备注** 1. 本表所规定的轴承内径的上偏差，不适用于从套圈端面的倒角尺寸 $r$（最大）1.2 倍距离以内的范围。
2. 公差及公差值的一部分，依据 NSK 规格。

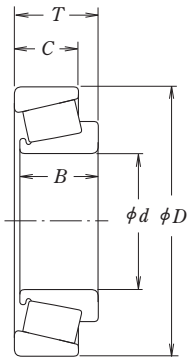
### 表7.3.2 外圈外径公差及旋转精度的公差值

| 轴承公称外径 $D$ (mm) | | 单一平面平均外径偏差 $\Delta_{Dmp}$ | | | | | | 单一外径偏差 $\Delta_{Ds}$ | | 单一平面外径变动量 $\Delta_{Dp}$ | | | | 平均外径变动量 $V_{Dmp}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0级 6X级 | | 6级 5级 | | 4级 | | 4级 | | 0级 6X级 | 6级 | 5级 | 4级 | 0级 6X级 | 6级 | 5级 | 4级 |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| **18** | **30** | 0 | − 9 | 0 | − 8 | 0 | − 6 | 0 | − 6 | 9 | 8 | 6 | 5 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| **30** | **50** | 0 | − 11 | 0 | − 9 | 0 | − 7 | 0 | − 7 | 11 | 9 | 7 | 5 | 8 | 7 | 5 | 5 |
| **50** | **80** | 0 | − 13 | 0 | −11 | 0 | − 9 | 0 | − 9 | 13 | 11 | 8 | 7 | 10 | 8 | 6 | 5 |
| **80** | **120** | 0 | − 15 | 0 | −13 | 0 | −10 | 0 | −10 | 15 | 13 | 10 | 8 | 11 | 10 | 7 | 5 |
| **120** | **150** | 0 | − 18 | 0 | −15 | 0 | −11 | 0 | −11 | 18 | 15 | 11 | 8 | 14 | 11 | 8 | 6 |
| **150** | **180** | 0 | − 25 | 0 | −18 | 0 | −13 | 0 | −13 | 25 | 18 | 14 | 10 | 19 | 14 | 9 | 7 |
| **180** | **250** | 0 | − 30 | 0 | −20 | 0 | −15 | 0 | −15 | 30 | 20 | 15 | 11 | 23 | 15 | 10 | 8 |
| **250** | **315** | 0 | − 35 | 0 | −25 | 0 | −18 | 0 | −18 | 35 | 25 | 19 | 14 | 26 | 19 | 13 | 9 |
| **315** | **400** | 0 | − 40 | 0 | −28 | 0 | −20 | 0 | −20 | 40 | 28 | 22 | 15 | 30 | 21 | 14 | 10 |
| **400** | **500** | 0 | − 45 | 0 | −33 | 0 | −23 | 0 | −23 | 45 | − | − | − | 34 | − | − | − |
| **500** | **630** | 0 | − 50 | 0 | −38 | 0 | −28 | 0 | −28 | 50 | − | − | − | 38 | − | − | − |
| **630** | **800** | 0 | − 75 | 0 | −45 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| **800** | **1 000** | 0 | −100 | 0 | −60 | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |

**备注** 1. 本表所规定的轴承外径的下偏差，不适用于从套圈端面的倒角尺寸 $r$（最大）1.2 倍距离以内的范围。
2. 公差及公差值的一部分，依据 NSK 规格。

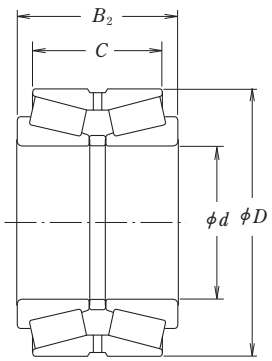
单位：μm

| 内圈径向跳动 $K_{ia}$ | | | | 内圈端面对内孔的垂直度 $S_d$ | | 内圈轴向跳动 $S_{ia}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0级 6X级 | 6级 | 5级 | 4级 | 5级 | 4级 | 4级 |
| 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| 15 | 7 | 3.5 | 2.5 | 7 | 3 | 3 |
| 18 | 8 | 4 | 3 | 8 | 4 | 4 |
| 20 | 10 | 5 | 4 | 8 | 4 | 4 |
| 25 | 10 | 5 | 4 | 8 | 5 | 4 |
| 30 | 13 | 6 | 5 | 9 | 5 | 5 |
| 35 | 18 | 8 | 6 | 10 | 6 | 7 |
| 50 | 20 | 10 | 8 | 11 | 7 | 8 |
| 60 | 25 | 13 | 10 | 13 | 8 | 10 |
| 70 | 30 | 15 | 12 | 15 | 10 | 14 |
| 70 | 35 | 18 | 14 | 19 | 13 | 17 |
| 85 | 40 | 20 | — | 22 | — | — |
| 100 | 45 | 22 | — | 27 | — | — |




单位：μm

| 外圈径向跳动 $K_{ea}$ | | | | 外圈外表面对端面的垂直度 $S_D$ | | 外圈轴向跳动 $S_{ea}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0级 6X级 | 6级 | 5级 | 4级 | 5级 | 4级 | 4级 |
| 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| 18 | 9 | 6 | 4 | 8 | 4 | 5 |
| 20 | 10 | 7 | 5 | 8 | 4 | 5 |
| 25 | 13 | 8 | 5 | 8 | 4 | 5 |
| 35 | 18 | 10 | 6 | 9 | 5 | 6 |
| 40 | 20 | 11 | 7 | 10 | 5 | 7 |
| 45 | 23 | 13 | 8 | 10 | 5 | 8 |
| 50 | 25 | 15 | 10 | 11 | 7 | 10 |
| 60 | 30 | 18 | 11 | 13 | 8 | 10 |
| 70 | 35 | 20 | 13 | 13 | 10 | 13 |
| 80 | 40 | 23 | 15 | 15 | 11 | 15 |
| 100 | 50 | 25 | 18 | 18 | 13 | 18 |
| 120 | 60 | 30 | — | 20 | — | — |
| 120 | 75 | 35 | — | 23 | — | — |



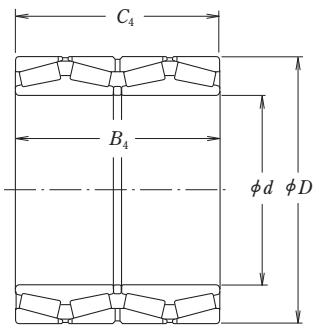
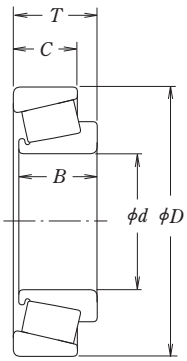
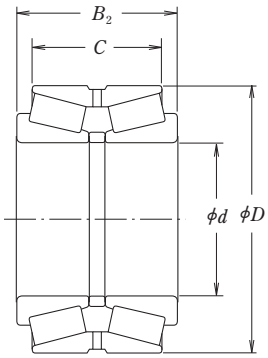



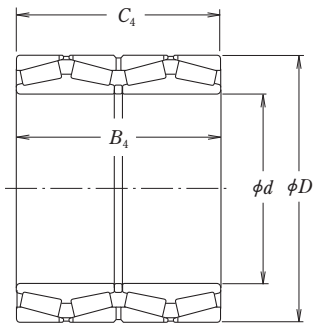
表7.3 米制系列 圆锥滚子
表7.3.3 套圈宽度、轴承

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 内圈单一宽度偏差 $\Delta B_s$ | | | | | | 外圈单一宽度偏差 $\Delta C_s$ | | | | | | 轴承实际宽度偏差 $\Delta T_s$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0级 6级 | | 6X级 | | 5级 4级 | | 0级 6级 | | 6X级 | | 5级 4级 | | 0级 6级 | | 6X级 | | 5级 4级 | |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| **10** | **18** | 0 | −120 | 0 | −50 | 0 | −200 | 0 | −120 | 0 | −100 | 0 | −200 | +200 | 0 | +100 | 0 | +200 | −200 |
| **18** | **30** | 0 | −120 | 0 | −50 | 0 | −200 | 0 | −120 | 0 | −100 | 0 | −200 | +200 | 0 | +100 | 0 | +200 | −200 |
| **30** | **50** | 0 | −120 | 0 | −50 | 0 | −240 | 0 | −120 | 0 | −100 | 0 | −240 | +200 | 0 | +100 | 0 | +200 | −200 |
| **50** | **80** | 0 | −150 | 0 | −50 | 0 | −300 | 0 | −150 | 0 | −100 | 0 | −300 | +200 | 0 | +100 | 0 | +200 | −200 |
| **80** | **120** | 0 | −200 | 0 | −50 | 0 | −400 | 0 | −200 | 0 | −100 | 0 | −400 | +200 | −200 | +100 | 0 | +200 | −200 |
| **120** | **180** | 0 | −250 | 0 | −50 | 0 | −500 | 0 | −250 | 0 | −100 | 0 | −500 | +350 | −250 | +150 | 0 | +350 | −250 |
| **180** | **250** | 0 | −300 | 0 | −50 | 0 | −600 | 0 | −300 | 0 | −100 | 0 | −600 | +350 | −250 | +150 | 0 | +350 | −250 |
| **250** | **315** | 0 | −350 | 0 | −50 | 0 | −700 | 0 | −350 | 0 | −100 | 0 | −700 | +350 | −250 | +200 | 0 | +350 | −250 |
| **315** | **400** | 0 | −400 | 0 | −50 | 0 | −800 | 0 | −400 | 0 | −100 | 0 | −800 | +400 | −400 | +200 | 0 | +400 | −400 |
| **400** | **500** | 0 | −450 | – | – | 0 | −800 | 0 | −450 | – | – | 0 | −800 | +400 | −400 | – | – | +400 | −400 |
| **500** | **630** | 0 | −500 | – | – | 0 | −800 | 0 | −500 | – | – | 0 | −800 | +500 | −500 | – | – | +500 | −500 |
| **630** | **800** | 0 | −750 | – | – | 0 | −800 | 0 | −750 | – | – | 0 | −800 | +600 | −600 | – | – | +600 | −600 |

**备注** 内组件的有效宽度 $T_1$，是指内组件与标准外圈组成轴承的公称宽度。
外圈的有效宽度 $T_2$，是指外圈与标准内组件组成的轴承的公称宽度。



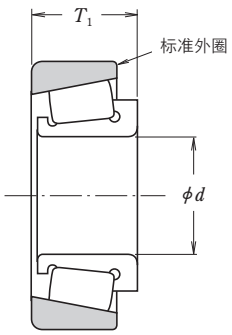



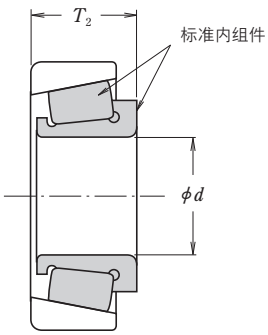



## 轴承的公差及公差值
## 宽度及组合宽度的公差

单位：μm

| 内组件实际有效宽度偏差 $\Delta_{T1S}$ | | | | 外圈实际有效宽度偏差 $\Delta_{T2S}$ | | | | 轴承组合宽度偏差 $\Delta_{B2S}$ | | $\Delta_{B4S}$，$\Delta_{C4S}$ | | 轴承公称内径 $d$ (mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0级 | | 6X级 | | 0级 | | 6X级 | | 双列轴承所有等级 | | 四列轴承所有等级 | | | |
| 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 超过 | 到 |
| +100 | 0 | + 50 | 0 | +100 | 0 | + 50 | 0 | + 200 | − 200 | − | − | **10** | **18** |
| +100 | 0 | + 50 | 0 | +100 | 0 | + 50 | 0 | + 200 | − 200 | − | − | **18** | **30** |
| +100 | 0 | + 50 | 0 | +100 | 0 | + 50 | 0 | + 200 | − 200 | − | − | **30** | **50** |
| +100 | 0 | + 50 | 0 | +100 | 0 | + 50 | 0 | + 300 | − 300 | + 300 | − 300 | **50** | **80** |
| +100 | −100 | + 50 | 0 | +100 | −100 | + 50 | 0 | + 300 | − 300 | + 400 | − 400 | **80** | **120** |
| +150 | −150 | + 50 | 0 | +200 | −100 | +100 | 0 | + 400 | − 400 | + 500 | − 500 | **120** | **180** |
| +150 | −150 | + 50 | 0 | +200 | −100 | +100 | 0 | + 450 | − 450 | + 600 | − 600 | **180** | **250** |
| +150 | −150 | +100 | 0 | +200 | −100 | +100 | 0 | + 550 | − 550 | + 700 | − 700 | **250** | **315** |
| +200 | −200 | +100 | 0 | +200 | −200 | +100 | 0 | + 600 | − 600 | + 800 | − 800 | **315** | **400** |
| − | − | − | − | − | − | − | − | + 700 | − 700 | + 900 | − 900 | **400** | **500** |
| − | − | − | − | − | − | − | − | + 800 | − 800 | +1 000 | −1 000 | **500** | **630** |
| − | − | − | − | − | − | − | − | +1 200 | −1 200 | +1 500 | −1 500 | **630** | **800** |



## 表7.4　英制系列 圆锥滚子轴承的公差及公差值

（“CLASS**”（为ANSI/ABMA公差等级）公差等级请参考A126页的表7.1。）

### 表7.4.1　内圈内径公差

单位：μm

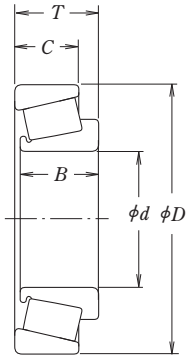
| 轴承公称内径 $d$ | | | | 单一内径偏差 $\Delta_{ds}$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 超过 | | 到 | | CLASS 4, 2 | | CLASS 3, 0 | | CLASS 00 | |
| (mm) | 1/25.4 | (mm) | 1/25.4 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| – | – | **76.200** | 3.0000 | + 13 | 0 | +13 | 0 | +8 | 0 |
| **76.200** | 3.0000 | **266.700** | 10.5000 | + 25 | 0 | +13 | 0 | +8 | 0 |
| **266.700** | 10.5000 | **304.800** | 12.0000 | + 25 | 0 | +13 | 0 | – | – |
| **304.800** | 12.0000 | **609.600** | 24.0000 | + 51 | 0 | +25 | 0 | – | – |
| **609.600** | 24.0000 | **914.400** | 36.0000 | + 76 | 0 | +38 | 0 | – | – |
| **914.400** | 36.0000 | **1 219.200** | 48.0000 | +102 | 0 | +51 | 0 | – | – |
| **1 219.200** | 48.0000 | – | – | +127 | 0 | +76 | 0 | – | – |

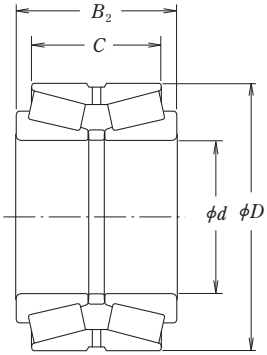
### 表7.4.2　外圈外径公差

| 轴承公称外径 $D$ | | | | 单一外径偏差 $\Delta_{Ds}$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 超过 | | 到 | | CLASS 4, 2 | | CLASS 3, 0 | | CLASS 00 | |
| (mm) | 1/25.4 | (mm) | 1/25.4 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| – | – | **266.700** | 10.5000 | + 25 | 0 | +13 | 0 | +8 | 0 |
| **266.700** | 10.5000 | **304.800** | 12.0000 | + 25 | 0 | +13 | 0 | +8 | 0 |
| **304.800** | 12.0000 | **609.600** | 24.0000 | + 51 | 0 | +25 | 0 | – | – |
| **609.600** | 24.0000 | **914.400** | 36.0000 | + 76 | 0 | +38 | 0 | – | – |
| **914.400** | 36.0000 | **1 219.200** | 48.0000 | +102 | 0 | +51 | 0 | – | – |
| **1 219.200** | 48.0000 | – | – | +127 | 0 | +76 | 0 | – | – |

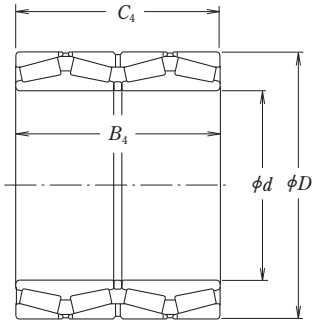
### 表7.4.3

| 轴承公称内径 $d$ | | | | 单列轴承实际宽度偏差 $\Delta_{Ts}$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 超过 | | 到 | | CLASS 4 | | CLASS 2 | | CLASS 3 | | | | CLASS 0, 00 | |
| | | | | | | | | $D$≦508.000(mm) | | $D$>508.000(mm) | | | |
| (mm) | 1/25.4 | (mm) | 1/25.4 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| – | – | **101.600** | 4.0000 | +203 | 0 | +203 | 0 | +203 | −203 | +203 | −203 | +203 | −203 |
| **101.600** | 4.0000 | **304.800** | 12.0000 | +356 | −254 | +203 | 0 | +203 | −203 | +203 | −203 | +203 | −203 |
| **304.800** | 12.0000 | **609.600** | 24.0000 | +381 | −381 | +381 | −381 | +203 | −203 | +381 | −381 | – | – |
| **609.600** | 24.0000 | – | – | +381 | −381 | – | – | +381 | −381 | +381 | −381 | – | – |




KBE




KV

**及内外圈径向跳动公差**

单位：μm

| $K_{ia}$, $K_{ea}$ | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CLASS 4 | CLASS 2 | CLASS 3 | CLASS 0 | CLASS 00 |
| 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| 51 | 38 | 8 | 4 | 2 |
| 51 | 38 | 8 | 4 | 2 |
| 51 | 38 | 18 | — | — |
| 76 | 51 | 51 | — | — |
| 76 | — | 76 | — | — |
| 76 | — | 76 | — | — |

**轴承实际宽度及组合轴承宽度的公差**

单位：μm

| 双列轴承（KBE型）组合宽度偏差 $\Delta_{B2s}$ | | | | | | | | | | 四列轴承（KV型）组合宽度偏差 $\Delta_{B4s}$, $\Delta_{C4s}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CLASS 4 | | CLASS 2 | | CLASS 3 | | | | CLASS 0,00 | | CLASS 4, 3 | |
| | | | | $D$≦508.000 (mm) | | $D$>508.000 (mm) | | | | | |
| 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| +406 | 0 | +406 | 0 | +406 | −406 | +406 | −406 | +406 | −406 | +1 524 | −1 524 |
| +711 | −508 | +406 | −203 | +406 | −406 | +406 | −406 | +406 | −406 | +1 524 | −1 524 |
| +762 | −762 | +762 | −762 | +406 | −406 | +762 | −762 | — | — | +1 524 | −1 524 |
| +762 | −762 | — | — | +762 | −762 | +762 | −762 | — | — | +1 524 | −1 524 |

## 表7.5　磁电机球轴承公差及公差值

### 表7.5.1　内圈公差、公差值和套圈宽度公差值及轴承宽度公差

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 单一平面平均内径偏差 $\Delta_{dmp}$ | | | | | | 单一平面内径变动量 $V_{dp}$ | | | 平均内径变动量 $V_{dmp}$ | | | 内圈(或外圈)单一宽度偏差 $\Delta_{Bs}$（或$\Delta_{Cs}$）(1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0级 | | 6级 | | 5级 | | 0级 | 6级 | 5级 | 0级 | 6级 | 5级 | 0级 6级 | | 5级 | |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| **2.5** | **10** | 0 | − 8 | 0 | −7 | 0 | −5 | 6 | 5 | 4 | 6 | 5 | 3 | 0 | −120 | 0 | − 40 |
| **10** | **18** | 0 | − 8 | 0 | −7 | 0 | −5 | 6 | 5 | 4 | 6 | 5 | 3 | 0 | −120 | 0 | − 80 |
| **18** | **30** | 0 | −10 | 0 | −8 | 0 | −6 | 8 | 6 | 5 | 8 | 6 | 3 | 0 | −120 | 0 | −120 |

**注**　(1) 轴承外圈宽度偏差与宽度变动量取决于其内圈。

**备注**　本表所规定的轴承内径的上偏差，不适用于从套圈端面的倒角尺寸 $r$（最大）1.2 倍距离以内的范围。

### 表7.5.2　外圈的公差及公差值

| 轴承公称外径 $D$ (mm) | | 单一平面平均外径偏差 $\Delta_{Dmp}$ | | | | | | | | | | | | 单一平面外径变动量 $V_{Dp}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 轴承系列E | | | | | | 轴承系列EN | | | | | | | | |
| | | 0级 | | 6级 | | 5级 | | 0级 | | 6级 | | 5级 | | 0级 | 6级 | 5级 |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 |
| **6** | **18** | + 8 | 0 | +7 | 0 | +5 | 0 | 0 | − 8 | 0 | −7 | 0 | −5 | 6 | 5 | 4 |
| **18** | **30** | + 9 | 0 | +8 | 0 | +6 | 0 | 0 | − 9 | 0 | −8 | 0 | −6 | 7 | 6 | 5 |
| **30** | **50** | +11 | 0 | +9 | 0 | +7 | 0 | 0 | −11 | 0 | −9 | 0 | −7 | 8 | 7 | 5 |

**备注**　本表所规定的轴承外径的下偏差，不适用于从套圈端面的倒角尺寸 $r$（最大）1.2 倍距离以内的范围。

单位：μm

| 内圈(或外圈)宽度变动量 $V_{Bs}$ (或$V_{Cs}$) (1) | | 轴承实际宽度偏差 $\Delta_{Ts}$ | | 内圈径向跳动 $K_{ia}$ | | | 内圈端面对内孔的垂直度 $S_d$ | 内圈轴向跳动 $S_{ia}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0级 6级 | 5级 | 0级 6级 | 5级 | 0级 | 6级 | 5级 | 5级 | 5级 |
| 最大 | 最大 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| 15 | 5 | +120 | −120 | 10 | 6 | 4 | 7 | 7 |
| 20 | 5 | +120 | −120 | 10 | 7 | 4 | 7 | 7 |
| 20 | 5 | +120 | −120 | 13 | 8 | 4 | 8 | 8 |

单位：μm

| 平均外径变动量 $V_{Dmp}$ | | | 外圈径向跳动 $K_{ea}$ | | | 外圈轴向跳动 $S_{ea}$ | 外圈外表面对端面的垂直度 $S_D$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0级 | 6级 | 5级 | 0级 | 6级 | 5级 | 5级 | 5级 |
| 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| 6 | 5 | 3 | 15 | 8 | 5 | 8 | 8 |
| 7 | 6 | 3 | 15 | 9 | 6 | 8 | 8 |
| 8 | 7 | 4 | 20 | 10 | 7 | 8 | 8 |

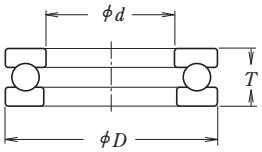
## 表7.6　推力球轴承的公差及公差值

### 表7.6.1　轴圈内径的公差、公差值及旋转精度的公差值

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ 或 $d_2$ (mm) | | 单一平面平均内径偏差 $\Delta_{dmp}$ 或 $\Delta_{d2mp}$ | | | | 单一平面内径变动量 $V_{dp}$ 或 $V_{d2p}$ | | 轴圈或中圈及座圈滚道对底面的厚度变动量 $S_i$ 或 $S_e$ (1) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0级 6级 5级 | | 4级 | | 0级 6级 5级 | 4级 | 0级 | 6级 | 5级 | 4级 |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| — | 18 | 0 | − 8 | 0 | − 7 | 6 | 5 | 10 | 5 | 3 | 2 |
| 18 | 30 | 0 | − 10 | 0 | − 8 | 8 | 6 | 10 | 5 | 3 | 2 |
| 30 | 50 | 0 | − 12 | 0 | −10 | 9 | 8 | 10 | 6 | 3 | 2 |
| 50 | 80 | 0 | − 15 | 0 | −12 | 11 | 9 | 10 | 7 | 4 | 3 |
| 80 | 120 | 0 | − 20 | 0 | −15 | 15 | 11 | 15 | 8 | 4 | 3 |
| 120 | 180 | 0 | − 25 | 0 | −18 | 19 | 14 | 15 | 9 | 5 | 4 |
| 180 | 250 | 0 | − 30 | 0 | −22 | 23 | 17 | 20 | 10 | 5 | 4 |
| 250 | 315 | 0 | − 35 | 0 | −25 | 26 | 19 | 25 | 13 | 7 | 5 |
| 315 | 400 | 0 | − 40 | 0 | −30 | 30 | 23 | 30 | 15 | 7 | 5 |
| 400 | 500 | 0 | − 45 | 0 | −35 | 34 | 26 | 30 | 18 | 9 | 6 |
| 500 | 630 | 0 | − 50 | 0 | −40 | 38 | 30 | 35 | 21 | 11 | 7 |
| 630 | 800 | 0 | − 75 | 0 | −50 | — | — | 40 | 25 | 13 | 8 |
| 800 | 1 000 | 0 | −100 | — | — | — | — | 45 | 30 | 15 | — |
| 1 000 | 1 250 | 0 | −125 | — | — | — | — | 50 | 35 | 18 | — |

注　(1) 双向轴承不依据 $d_2$ 区分，依据相同直径系列相同 $D$ 的单向轴承 $d$ 值。
另外，座圈滚道的厚度变动量 $S_e$，只适用于平底座圈型轴承。



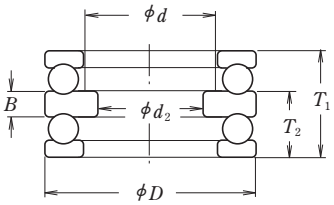
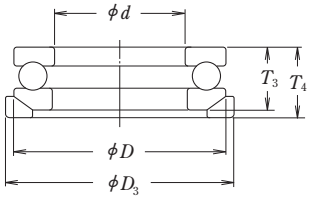



表7.6.2 座圈外径的公差、公差值及调心垫圈外径的公差

单位：μm

| 轴承公称外径或调心垫圈公称外径 $D$ 或 $D_3$ (mm) | | 单一平面平均外径偏差 $\Delta_{Dmp}$ | | | | | | 单一平面外径变动量 $V_{Dp}$ | | 调心垫圈外径偏差 $\Delta_{D3s}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 平面座圈型 | | | | 调心球面型 | | | | | |
| | | 0级 6级 5级 | | 4级 | | 0级 | 6级 | 0级 6级 5级 | 4级 | 0级 | 6级 |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 上 | 下 |
| **10** | **18** | 0 | − 11 | 0 | − 7 | 0 | − 17 | 8 | 5 | 0 | − 25 |
| **18** | **30** | 0 | − 13 | 0 | − 8 | 0 | − 20 | 10 | 6 | 0 | − 30 |
| **30** | **50** | 0 | − 16 | 0 | − 9 | 0 | − 24 | 12 | 7 | 0 | − 35 |
| **50** | **80** | 0 | − 19 | 0 | −11 | 0 | − 29 | 14 | 8 | 0 | − 45 |
| **80** | **120** | 0 | − 22 | 0 | −13 | 0 | − 33 | 17 | 10 | 0 | − 60 |
| **120** | **180** | 0 | − 25 | 0 | −15 | 0 | − 38 | 19 | 11 | 0 | − 75 |
| **180** | **250** | 0 | − 30 | 0 | −20 | 0 | − 45 | 23 | 15 | 0 | − 90 |
| **250** | **315** | 0 | − 35 | 0 | −25 | 0 | − 53 | 26 | 19 | 0 | −105 |
| **315** | **400** | 0 | − 40 | 0 | −28 | 0 | − 60 | 30 | 21 | 0 | −120 |
| **400** | **500** | 0 | − 45 | 0 | −33 | 0 | − 68 | 34 | 25 | 0 | −135 |
| **500** | **630** | 0 | − 50 | 0 | −38 | 0 | − 75 | 38 | 29 | 0 | −180 |
| **630** | **800** | 0 | − 75 | 0 | −45 | 0 | −113 | 55 | 34 | 0 | −225 |
| **800** | **1 000** | 0 | −100 | — | — | — | — | 75 | — | — | — |
| **1 000** | **1 250** | 0 | −125 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **1 250** | **1 600** | 0 | −160 | — | — | — | — | — | — | — | — |



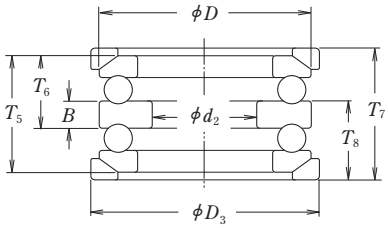



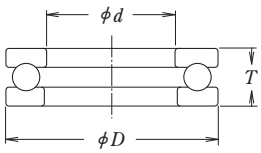
表7.6.3　推力球轴承的高度公差与中圈高度公差

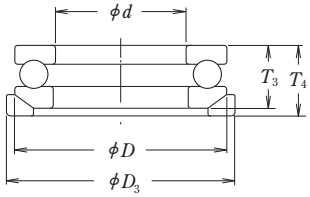
单位：μm

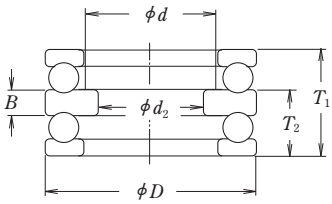
| 轴承公称内径 $d$ (1) (mm) | | 平底座圈型 | | | | 调心球面型 | | | | 带调心垫圈 | | | | 中圈高度偏差 $\Delta_{Bs}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\Delta_{Ts}$ 或 $\Delta_{T2s}$ | | $\Delta_{T1s}$ | | $\Delta_{T3s}$ 或 $\Delta_{T6s}$ | | $\Delta_{T5s}$ | | $\Delta_{T4s}$ 或 $\Delta_{T8s}$ | | $\Delta_{T7s}$ | | | |
| | | 0级、6级 5级、4级 | | 0级、6级 5级、4级 | | 0级 6级 | | 0级 6级 | | 0级 6级 | | 0级 6级 | | 0级、6级 5级、4级 | |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| — | 30 | 0 | − 75 | + 50 | −150 | 0 | − 75 | + 50 | −150 | + 50 | − 75 | +150 | −150 | 0 | − 50 |
| 30 | 50 | 0 | −100 | + 75 | −200 | 0 | −100 | + 75 | −200 | + 50 | −100 | +175 | −200 | 0 | − 75 |
| 50 | 80 | 0 | −125 | +100 | −250 | 0 | −125 | +100 | −250 | + 75 | −125 | +250 | −250 | 0 | −100 |
| 80 | 120 | 0 | −150 | +125 | −300 | 0 | −150 | +125 | −300 | + 75 | −150 | +275 | −300 | 0 | −125 |
| 120 | 180 | 0 | −175 | +150 | −350 | 0 | −175 | +150 | −350 | +100 | −175 | +350 | −350 | 0 | −150 |
| 180 | 250 | 0 | −200 | +175 | −400 | 0 | −200 | +175 | −400 | +100 | −200 | +375 | −400 | 0 | −175 |
| 250 | 315 | 0 | −225 | +200 | −450 | 0 | −225 | +200 | −450 | +125 | −225 | +450 | −450 | 0 | −200 |
| 315 | 400 | 0 | −300 | +250 | −600 | 0 | −300 | +250 | −600 | +150 | −275 | +550 | −550 | 0 | −250 |

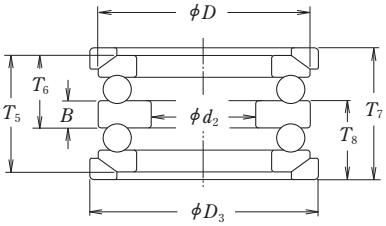
**注**　(1) 双向轴承依据相同直径系列相同 $D$ 的单向轴承 $d$ 值。

**备注**　本表中的 $\Delta_{Ts}$ 是下图所示相应高度 $T$ 的偏差。



# 表7.7 推力圆锥滚子轴承的精度

## 表7.7.1 轴承内径公差和高度公差(米制系列,0级)

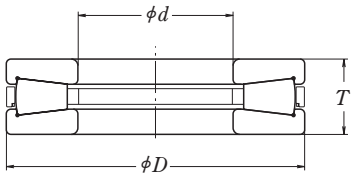
单位: μm

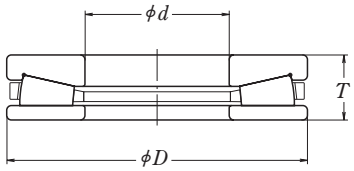
| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 单一平面平均内径偏差 $\Delta_{dmp}$ | | 轴承实际高度偏差 $\Delta_{Ts}$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 |
| **80** | **120** | 0 | −20 | 0 | −150 |
| **120** | **180** | 0 | −25 | 0 | −175 |
| **180** | **250** | 0 | −30 | 0 | −200 |
| **250** | **315** | 0 | −35 | 0 | −225 |
| **315** | **400** | 0 | −40 | 0 | −300 |
| **400** | **500** | 0 | −45 | 0 | −350 |
| **500** | **630** | 0 | −50 | 0 | −450 |
| **630** | **800** | 0 | −75 | 0 | −550 |
| **800** | **1 000** | 0 | −100 | 0 | −700 |
| **1 000** | **1 250** | 0 | −125 | 0 | −900 |
| **1 250** | **1 600** | 0 | −160 | 0 | −1 200 |

## 表7.7.2 轴承外径的公差(米制系列,0级)

单位: μm

| 轴承公称外径 $D$ (mm) | | 单一平面平均外径偏差 $\Delta_{Dmp}$ | |
|---|---|---|---|
| 超过 | 到 | 上 | 下 |
| **180** | **250** | 0 | −30 |
| **250** | **315** | 0 | −35 |
| **315** | **400** | 0 | −40 |
| **400** | **500** | 0 | −45 |
| **500** | **630** | 0 | −50 |
| **630** | **800** | 0 | −75 |
| **800** | **1 000** | 0 | −100 |
| **1 000** | **1 250** | 0 | −125 |
| **1 250** | **1 600** | 0 | −160 |
| **1 600** | **2 000** | 0 | −200 |



## 表7.7　推力圆锥滚子轴承的精度

### 表7.7.3　轴承内径公差和高度公差(英制系列,0级)

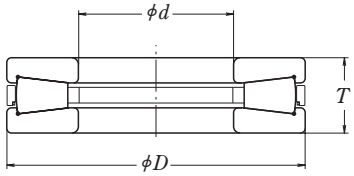
单位：μm

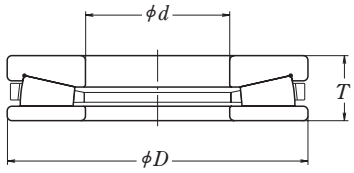
| 轴承公称内径 $d$ | | | | 单一平面平均内径偏差 $\Delta_{dmp}$ | | 轴承实际高度偏差 $\Delta_{Ts}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 超过 | | 到 | | | | | |
| (mm) | （英寸） | (mm) | （英寸） | 上 | 下 | 上 | 下 |
| — | — | **304.800** | 12.0000 | +25 | 0 | +381 | −381 |
| **304.800** | 12.0000 | **609.600** | 24.0000 | +51 | 0 | +381 | −381 |
| **609.600** | 24.0000 | **914.400** | 36.0000 | +76 | 0 | +381 | −381 |
| **914.400** | 36.0000 | **1 219.200** | 48.0000 | +102 | 0 | +381 | −381 |

### 表7.7.4　轴承外径的公差(英制系列,0级)

单位：μm

| 轴承公称外径 $D$ | | | | 单一平面平均外径偏差 $\Delta_{Dmp}$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| 超过 | | 到 | | | |
| (mm) | （英寸） | (mm) | （英寸） | 上 | 下 |
| — | — | **304.800** | 12.0000 | +25 | 0 |
| **304.800** | 12.0000 | **609.600** | 24.0000 | +51 | 0 |
| **609.600** | 24.0000 | **914.400** | 36.0000 | +76 | 0 |
| **914.400** | 36.0000 | **1 219.200** | 48.0000 | +102 | 0 |
| **1 219.200** | 48.0000 | — | — | +127 | 0 |



## 表7.8 推力调心滚子轴承的公差及公差值

### 表7.8.1 轴圈内径公差和高度公差(0级)

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 单一平面平均内径偏差 $\Delta_{dmp}$ | | 单一平面内径变动量 $V_{dp}$ | 参考 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 轴圈端面对内孔的垂直度 $S_d$ | 轴承实际高度偏差 $\Delta_{Ts}$ | |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 上 | 下 |
| **50** | **80** | 0 | −15 | 11 | 25 | +150 | −150 |
| **80** | **120** | 0 | −20 | 15 | 25 | +200 | −200 |
| **120** | **180** | 0 | −25 | 19 | 30 | +250 | −250 |
| **180** | **250** | 0 | −30 | 23 | 30 | +300 | −300 |
| **250** | **315** | 0 | −35 | 26 | 35 | +350 | −350 |
| **315** | **400** | 0 | −40 | 30 | 40 | +400 | −400 |
| **400** | **500** | 0 | −45 | 34 | 45 | +450 | −450 |

**备注** 本表所规定的轴承内径的上偏差，不适用于从套圈端面的倒角尺寸 $r$（最大）1.2 倍距离以内的范围。

### 表7.8.2 座圈的公差（0级）

单位：μm

| 轴承公称外径 $D$ (mm) | | 单一平面平均外径偏差 $\Delta_{Dmp}$ | |
|---|---|---|---|
| 超过 | 到 | 上 | 下 |
| **120** | **180** | 0 | − 25 |
| **180** | **250** | 0 | − 30 |
| **250** | **315** | 0 | − 35 |
| **315** | **400** | 0 | − 40 |
| **400** | **500** | 0 | − 45 |
| **500** | **630** | 0 | − 50 |
| **630** | **800** | 0 | − 75 |
| **800** | **1 000** | 0 | −100 |

备注 本表所规定的轴承外径的下偏差，不适用于从套圈侧面至倒角尺寸 $r$（最大）的 1.2 倍距离以内的范围。

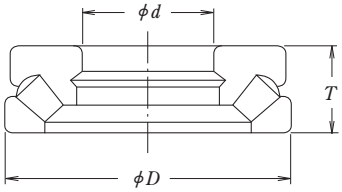


表7.9　仪器用球轴承的公差（英制系列）

CLASS 5P,CLASS 7P及CLASS 9P

(1)　内圈公差和外圈宽度公差

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 单一平面平均内径偏差 $\Delta_{dmp}$ | | | | 单一内径偏差 $\Delta_{ds}$ | | | | 单一平面内径变动量 $V_{dp}$ | | 平均内径变动量 $V_{dmp}$ | | 内圈(或外圈)$\Delta_{Bs}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | CLASS 5P CLASS 7P | | CLASS 9P | | CLASS 5P CLASS 7P | | CLASS 9P | | CLASS 5P CLASS 7P | CLASS 9P | CLASS 5P CLASS 7P | CLASS 9P | 单体轴承 CLASS 5P CLASS 7P CLASS 9P | |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 上 | 下 |
| — | 10 | 0 | −5.1 | 0 | −2.5 | 0 | −5.1 | 0 | −2.5 | 2.5 | 1.3 | 2.5 | 1.3 | 0 | −25.4 |
| 10 | 18 | 0 | −5.1 | 0 | −2.5 | 0 | −5.1 | 0 | −2.5 | 2.5 | 1.3 | 2.5 | 1.3 | 0 | −25.4 |
| 18 | 30 | 0 | −5.1 | 0 | −2.5 | 0 | −5.1 | 0 | −2.5 | 2.5 | 1.3 | 2.5 | 1.3 | 0 | −25.4 |

**注**　(1) 适用于以 2 个组合来调整差幅的轴承。
**备注**　有关 CLASS 3P（英制）以及米制系列仪器用精密轴承的公差及公差值，请与 NSK 联系。

(2)　外圈公差

| 轴承公称外径 $D$ (mm) | | 单一平面平均外径偏差 $\Delta_{Dmp}$ | | | | 单一外径偏差 $\Delta_{Ds}$ | | | | | | 单一平面外径变动量 $V_{Dp}$ | | | 平均外径变动量 $V_{Dmp}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | CLASS 5P CLASS 7P | | CLASS 9P | | CLASS 5P CLASS 7P | | | | CLASS 9P | | CLASS 5P CLASS 7P | | CLASS 9P | CLASS 5P | CLASS 7P | CLASS 9P |
| | | | | | | 开放型 | | 防尘盖 密封圈型 | | 开放型 | | 开放型 | 密封圈 防尘盖型 | 开放型 | 开放型 | 密封圈 防尘盖型 | 开放型 |
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| — | 18 | 0 | −5.1 | 0 | −2.5 | 0 | −5.1 | +1 | −6.1 | 0 | −2.5 | 2.5 | 5.1 | 1.3 | 2.5 | 5.1 | 1.3 |
| 18 | 30 | 0 | −5.1 | 0 | −3.8 | 0 | −5.1 | +1 | −6.1 | 0 | −3.8 | 2.5 | 5.1 | 2 | 2.5 | 5.1 | 2 |
| 30 | 50 | 0 | −5.1 | 0 | −3.8 | 0 | −5.1 | +1 | −6.1 | 0 | −3.8 | 2.5 | 5.1 | 2 | 2.5 | 5.1 | 2 |

**注**　(1) 适用于带止动挡边轴承的止动挡边宽度变动量。
(2) 适用于止动挡边背面。

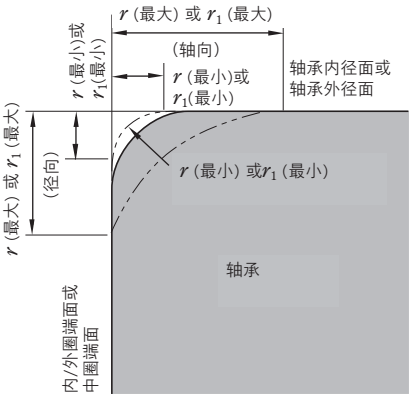
(ANSI/ABMA相当)

单位：μm

| 单一宽度偏差（或 $\Delta_{Cs}$） | | 内圈宽度变动量 $V_{Bs}$ | | | 内圈径向跳动 $K_{ia}$ | | | 内圈轴向跳动 $S_{ia}$ | | | 内圈端面对内孔的垂直度 $S_d$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 组合 (1) | | | | | | | | | | | | | |
| CLASS 5P<br>CLASS 7P<br>CLASS 9P | | CLASS 5P | CLASS 7P | CLASS 9P | CLASS 5P | CLASS 7P | CLASS 9P | CLASS 5P | CLASS 7P | CLASS 9P | CLASS 5P | CLASS 7P | CLASS 9P |
| 上 | 下 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 |
| 0 | −400 | 5.1 | 2.5 | 1.3 | 3.8 | 2.5 | 1.3 | 7.6 | 2.5 | 1.3 | 7.6 | 2.5 | 1.3 |
| 0 | −400 | 5.1 | 2.5 | 1.3 | 3.8 | 2.5 | 1.3 | 7.6 | 2.5 | 1.3 | 7.6 | 2.5 | 1.3 |
| 0 | −400 | 5.1 | 2.5 | 1.3 | 3.8 | 3.8 | 2.5 | 7.6 | 3.8 | 1.3 | 7.6 | 3.8 | 1.3 |

单位：μm

| 外圈宽度变动量 $V_{Cs}$ (1) | | | 外圈外表面对端面的垂直度 $S_D$ | | | 外圈径向跳动 $K_{ea}$ | | | 外圈轴向跳动 $S_{ea}$ | | | 止动挡边外径偏差 $\Delta_{D1s}$ | | 止动挡边宽度偏差 $\Delta_{C1s}$ | | 轴向跳动 $S_{ea1}$ (2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CLASS 5P | CLASS 7P | CLASS 9P | CLASS 5P | CLASS 7P | CLASS 9P | CLASS 5P | CLASS 7P | CLASS 9P | CLASS 5P | CLASS 7P | CLASS 9P | CLASS 5P<br>CLASS 7P | | CLASS 5P<br>CLASS 7P | | CLASS 5P<br>CLASS 7P |
| 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 最大 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 |
| 5.1 | 2.5 | 1.3 | 7.6 | 3.8 | 1.3 | 5.1 | 3.8 | 1.3 | 7.6 | 5.1 | 1.3 | 0 | −25.4 | 0 | −50.8 | 7.6 |
| 5.1 | 2.5 | 1.3 | 7.6 | 3.8 | 1.3 | 5.1 | 3.8 | 2.5 | 7.6 | 5.1 | 2.5 | 0 | −25.4 | 0 | −50.8 | 7.6 |
| 5.1 | 2.5 | 1.3 | 7.6 | 3.8 | 1.3 | 5.1 | 5.1 | 2.5 | 7.6 | 5.1 | 2.5 | 0 | −25.4 | 0 | −50.8 | 7.6 |




$r$：内/外圈倒角尺寸
$r_1$：内/外圈（正面）倒角尺寸或推力球轴承中圈的倒角尺寸

**备注** 没有规定倒角表面的正确形状。但是，轴向平面轮廓，不能超出内圈或中圈端面和轴承内径面，或与外圈端面和轴承外径面相接的半径 $r$（最小）或 $r_1$（最小）的设想圆弧。

## 表7.10 倒角尺寸的容许极限值（用于米制系列轴承）

### 表7.10.1 向心轴承倒角尺寸的容许极限值（除圆锥滚子轴承以外）

单位：mm

| 内/外圈最小容许倒角尺寸 $r$（最小）或 $r_1$（最小） | 轴承公称内径 $d$ | | 内/外圈最大容许倒角尺寸 $r$（最大）或 $r_1$（最大） | | 参考 轴或轴承座圆角半径 $r_a$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | 超过 | 到 | 径向 | 轴向 | 最大 |
| **0.05** | – | – | 0.1 | 0.2 | 0.05 |
| **0.08** | – | – | 0.16 | 0.3 | 0.08 |
| **0.1** | – | – | 0.2 | 0.4 | 0.1 |
| **0.15** | – | – | 0.3 | 0.6 | 0.15 |
| **0.2** | – | – | 0.5 | 0.8 | 0.2 |
| **0.3** | – | 40 | 0.6 | 1 | 0.3 |
| | 40 | – | 0.8 | 1 | |
| **0.6** | – | 40 | 1 | 2 | 0.6 |
| | 40 | – | 1.3 | 2 | |
| **1** | – | 50 | 1.5 | 3 | 1 |
| | 50 | – | 1.9 | 3 | |
| **1.1** | – | 120 | 2 | 3.5 | 1 |
| | 120 | – | 2.5 | 4 | |
| **1.5** | – | 120 | 2.3 | 4 | 1.5 |
| | 120 | – | 3 | 5 | |
| **2** | – | 80 | 3 | 4.5 | 2 |
| | 80 | 220 | 3.5 | 5 | |
| | 220 | – | 3.8 | 6 | |
| **2.1** | – | 280 | 4 | 6.5 | 2 |
| | 280 | – | 4.5 | 7 | |
| **2.5** | – | 100 | 3.8 | 6 | 2 |
| | 100 | 280 | 4.5 | 6 | |
| | 280 | – | 5 | 7 | |
| **3** | – | 280 | 5 | 8 | 2.5 |
| | 280 | – | 5.5 | 8 | |
| **4** | – | – | 6.5 | 9 | 3 |
| **5** | – | – | 8 | 10 | 4 |
| **6** | – | – | 10 | 13 | 5 |
| **7.5** | – | – | 12.5 | 17 | 6 |
| **9.5** | – | – | 15 | 19 | 8 |
| **12** | – | – | 18 | 24 | 10 |
| **15** | – | – | 21 | 30 | 12 |
| **19** | – | – | 25 | 38 | 15 |

**备注** 轴承宽度公称尺寸 2mm 以下轴承的轴向方向 $r$（最大）值与径向方向值相同。

表7.10.2 圆锥滚子轴承倒角尺寸的容许极限值

单位：mm

| 内/外圈最小容许倒角尺寸 $r$（最小） | 轴承公称内径或外径(1) $d$ 或 $D$ | | 内/外圈最大容许倒角尺寸 $r$（最大） | | 参考 轴或轴承座圆角半径 $r_a$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | 超过 | 到 | 径向 | 轴向 | 最大 |
| **0.15** | – | – | 0.3 | 0.6 | 0.15 |
| **0.3** | –<br>40 | 40<br>– | 0.7<br>0.9 | 1.4<br>1.6 | 0.3 |
| **0.6** | –<br>40 | 40<br>– | 1.1<br>1.3 | 1.7<br>2 | 0.6 |
| **1** | –<br>50 | 50<br>– | 1.6<br>1.9 | 2.5<br>3 | 1 |
| **1.5** | –<br>120<br>250 | 120<br>250<br>– | 2.3<br>2.8<br>3.5 | 3<br>3.5<br>4 | 1.5 |
| **2** | –<br>120<br>250 | 120<br>250<br>– | 2.8<br>3.5<br>4 | 4<br>4.5<br>5 | 2 |
| **2.5** | –<br>120<br>250 | 120<br>250<br>– | 3.5<br>4<br>4.5 | 5<br>5.5<br>6 | 2 |
| **3** | –<br>120<br>250<br>400 | 120<br>250<br>400<br>– | 4<br>4.5<br>5<br>5.5 | 5.5<br>6.5<br>7<br>7.5 | 2.5 |
| **4** | –<br>120<br>250<br>400 | 120<br>250<br>400<br>– | 5<br>5.5<br>6<br>6.5 | 7<br>7.5<br>8<br>8.5 | 3 |
| **5** | –<br>180 | 180<br>– | 6.5<br>7.5 | 8<br>9 | 4 |
| **6** | –<br>180 | 180<br>– | 7.5<br>9 | 10<br>11 | 5 |

注 (1) 内圈根据 $d$ 区分，外圈根据 $D$ 区分。

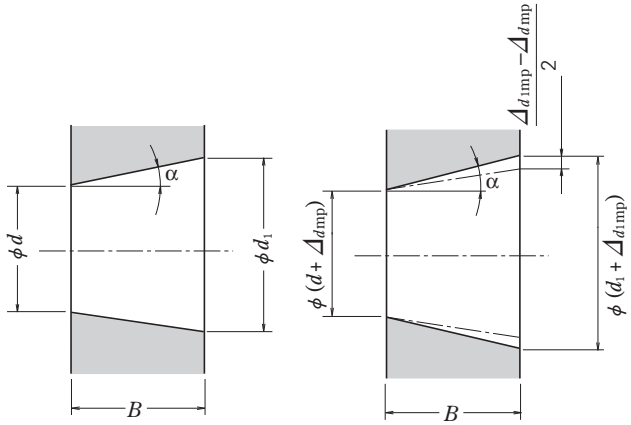
表7.10.3 推力轴承倒角尺寸的容许极限值

单位：mm

| 内圈（或中圈）/外圈最小容许倒角尺寸 $r$（最小）或$r_1$(最小) | 内圈（或中圈）/外圈最大容许倒角尺寸 $r$（最大）或$r_1$（最大） | 参考 轴或轴承座圆角半径 $r_a$ |
|---|---|---|
| | 径向及轴向 | 最大 |
| **0.05** | 0.1 | 0.05 |
| **0.08** | 0.16 | 0.08 |
| **0.1** | 0.2 | 0.1 |
| **0.15** | 0.3 | 0.15 |
| **0.2** | 0.5 | 0.2 |
| **0.3** | 0.8 | 0.3 |
| **0.6** | 1.5 | 0.6 |
| **1** | 2.2 | 1 |
| **1.1** | 2.7 | 1 |
| **1.5** | 3.5 | 1.5 |
| **2** | 4 | 2 |
| **2.1** | 4.5 | 2 |
| **3** | 5.5 | 2.5 |
| **4** | 6.5 | 3 |
| **5** | 8 | 4 |
| **6** | 10 | 5 |
| **7.5** | 12.5 | 6 |
| **9.5** | 15 | 8 |
| **12** | 18 | 10 |
| **15** | 21 | 12 |
| **19** | 25 | 15 |

表 7.11　圆锥孔的公差和公差值（0级）

理论圆锥孔　　单一平面平均内径有偏差的圆锥孔




$d$：轴承公称内径

$d_1$：锥孔理论大端的基本直径

锥度1:12时，$d_1 = d + 1/12\ B$　　锥度1:30时，$d_1 = d + 1/30\ B$

$\Delta_{dmp}$：锥孔理论小端平面平均内径偏差

$\Delta_{d1mp}$：锥孔理论大端平面平均内径偏差

$V_{dp}$：单一平面内径变动量

$B$：内圈公称宽度

$\alpha$：公称半锥角

锥度1:12时：　　锥度1:30时：

$\alpha$ =2° 23′ 9.4″　　$\alpha$ =57′ 17.4″

=2.38594°　　=0.95484°

=0.041643 rad　　=0.016665 rad

**锥度比1:12**

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | $\Delta_{dmp}$ | | $\Delta_{d1mp}-\Delta_{dmp}$ | | $V_{dp}$ (1) (2) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 |
| **18** | **30** | +33 | 0 | +21 | 0 | 13 |
| **30** | **50** | +39 | 0 | +25 | 0 | 16 |
| **50** | **80** | +46 | 0 | +30 | 0 | 19 |
| **80** | **120** | +54 | 0 | +35 | 0 | 22 |
| **120** | **180** | +63 | 0 | +40 | 0 | 40 |
| **180** | **250** | +72 | 0 | +46 | 0 | 46 |
| **250** | **315** | +81 | 0 | +52 | 0 | 52 |
| **315** | **400** | +89 | 0 | +57 | 0 | 57 |
| **400** | **500** | +97 | 0 | +63 | 0 | 63 |
| **500** | **630** | +110 | 0 | +70 | 0 | 70 |
| **630** | **800** | +125 | 0 | +80 | 0 | – |
| **800** | **1 000** | +140 | 0 | +90 | 0 | – |
| **1 000** | **1 250** | +165 | 0 | +105 | 0 | – |
| **1 250** | **1 600** | +195 | 0 | +125 | 0 | – |

**注**　(1) 适用于锥孔任一单一径向平面。
(2) 不适用于直径系列 7 和 8。

**锥度比1:30**

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | $\Delta_{dmp}$ | | $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ | | $V_{dp}$ (1) (2) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 超过 | 到 | 上 | 下 | 上 | 下 | 最大 |
| **80** | **120** | +20 | 0 | +35 | 0 | 22 |
| **120** | **180** | +25 | 0 | +40 | 0 | 40 |
| **180** | **250** | +30 | 0 | +46 | 0 | 46 |
| **250** | **315** | +35 | 0 | +52 | 0 | 52 |
| **315** | **400** | +40 | 0 | +57 | 0 | 57 |
| **400** | **500** | +45 | 0 | +63 | 0 | 63 |
| **500** | **630** | +50 | 0 | +70 | 0 | 70 |

**注** (1) 适用于锥孔任一单一径向平面。
(2) 不适用于直径系列 7 和 8。

**备注** 内径超过 630mm 的轴承，请向 NSK 询问。

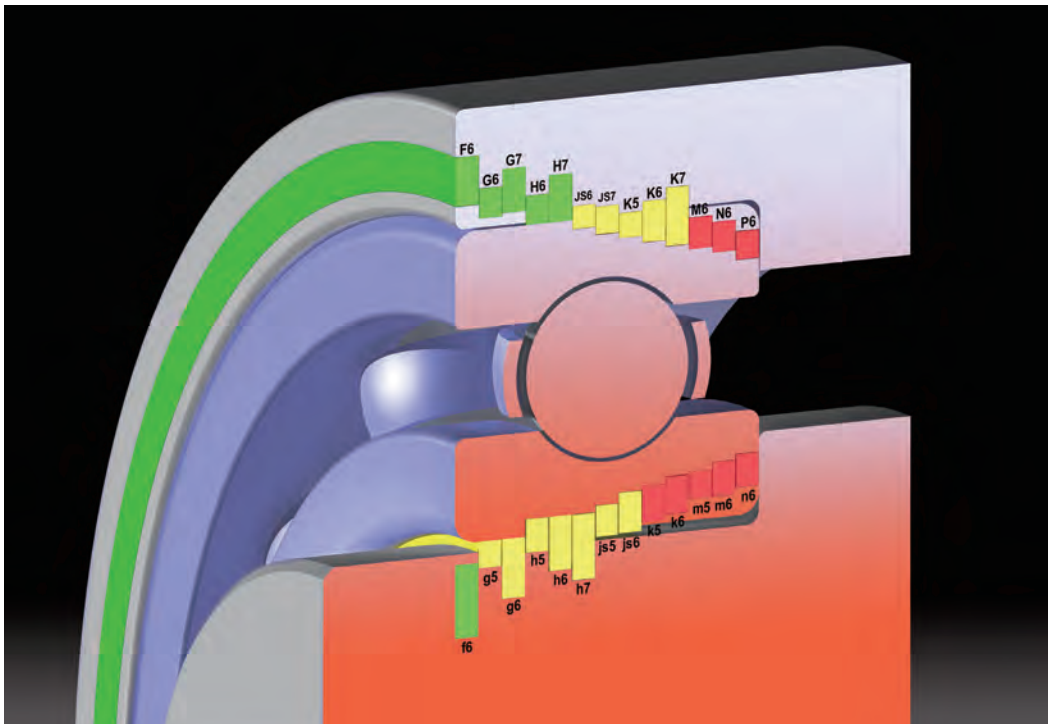
## 7.2 精度等级的选择

普通情况下，0级精度通常可以充分满足要求。但是，下述条件及用途时，应选用5级、4级或更高精度的轴承。

表7.12根据轴承性能及使用条件的要求，参考性地列举了用途及其精度等级。

**表7.12 高精度轴承的应用例(参考)**

| 性能要求，使用条件 | 用途举例 | 轴承等级的适用举例 |
|---|---|---|
| 旋转部位跳动精度要求高的场合 | VTR滚筒主轴 | 5级 |
| | 计算机磁盘主轴 | 5级，4级，2级 |
| | 机床主轴 | 5级，4级，2级 |
| | 转轮式印刷机 | 5级 |
| | 立式车床回转台 | 5级，4级 |
| | 冷轧支辊辊颈 | 4级以上 |
| | 抛物面天线旋转台 | 4级以上 |
| 轴承转速非常高的场合 | 牙科用主轴 | CLASS 7P，CLASS 5P |
| | 回旋仪 | CLASS 7P，4级 |
| | 高频主轴 | CLASS 7P，4级 |
| | 增压器 | 5级，4级 |
| | 离心分离机 | 5级，4级 |
| | 喷气式发动机主轴 | 4级以上 |
| 要求轴承摩擦及其变动小的场合 | 陀螺仪 | CLASS 7P，4级 |
| | 自动同步机 | CLASS 7P，CLASS 5P |
| | 电位差仪 | CLASS 7P |


F6
G6
G7
H6
H7
JS6
JS7
K5
K6
K7
M6
N6
P6
f6
g5
g6
h5
h6
h7
js5
js6
k5
k6
m5
m6
n6

# 8. 轴承的配合与游隙

8.1 配合 …… A 154
8.1.1 配合的重要性 …… A 154
8.1.2 配合的选择 …… A 154
(1) 载荷的性质与配合 …… A 154
(2) 在载荷条件下的所需过盈量 …… A 154
(3) 因轴承、轴及轴承座的温度差而产生的过盈量的变化 …… A 156
(4) 有效过盈量和配合面的加工精度 …… A 156
(5) 由于配合而产生的应力与套圈的膨胀和收缩 …… A 156
(6) 配合面的面压与最大应力 …… A 158
(7) 压入力与拉拔力 …… A 160
8.1.3 推荐配合 …… A 162

8.2 轴承内部游隙 …… A 168
8.2.1 内部游隙与规格数值 …… A 168
8.2.2 轴承内部游隙的选择 …… A 174
(1) 配合引起的径向游隙减少量与安装游隙 …… A 174
(2) 内外圈温差引起的径向内部游隙减少量及有效游隙 …… A 175

8.3 技术数据 …… A 176
8.3.1 滚动轴承的温升和尺寸变化 …… A 176
8.3.2 温升引起的过盈量变化（铝制轴承座、塑料轴承座） …… A 178
8.3.3 安装游隙的计算 …… A 180
8.3.4 轴承配合引起的滚道直径变化（内圈的配合） …… A 182
8.3.5 轴承配合引起的滚道直径变化（外圈的配合） …… A 184
8.3.6 成对双联圆锥滚子轴承内部游隙的测量方法（宽度差法） …… A 186
8.3.7 安装圆锥滚子轴承时的内部游隙调整方法 …… A 188

# 8. 轴承的配合与游隙

## 8.1 配合

### 8.1.1 配合的重要性

如若滚动轴承与轴之间的过盈量过小，且内圈在承载状态下旋转时，内圈与轴之间会产生圆周方向的有害滑动。被称作“蠕变”（creep）的套圈的滑动现象，是在配合面过盈量不足的情况下，由于承载点向圆周方向移动，使套圈相对轴或轴承座，沿圆周方向移动的现象。蠕变一旦发生，配合面明显磨损，损伤轴或轴承座，而且，磨损粉末会侵入轴承内部，导致异常发热、振动。

因此，一般在轴承的配合上，重要的是给予承受负荷旋转的套圈适合的过盈量。将套圈固定在轴或轴承座上，以防止运转中的蠕变，但要注意仅靠在轴向方向上紧固轴承的端面不足以防止其蠕变的发生。然而，一般而言，无需为只承受静载荷的套圈设过盈量。此外，根据使用条件及轴承安装、拆卸的难易，内、外圈不设过盈量的场合很多。这些情况下会因蠕变面损伤配合面，所以有必要考虑加以润滑或采取其他措施。

### 8.1.2 配合的选择

**(1) 载荷的性质与配合**

可以根据载荷和工况，参照表 8.1 选择合适的配合。

**(2) 在载荷条件下的所需过盈量**

受轴承载荷的影响，内圈过盈量会稍微减少；因此，应使用以下公式求出过盈量的减少量：

$$\left.\begin{aligned} \Delta d_F &= 0.08\sqrt{\frac{d}{B}F_r}\times 10^{-3} \cdots\cdots (\mathrm{N}) \\ \Delta d_F &= 0.25\sqrt{\frac{d}{B}F_r}\times 10^{-3} \cdots\cdots \{\mathrm{kgf}\} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (8.1)$$

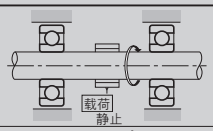
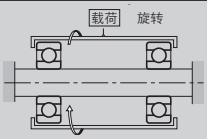
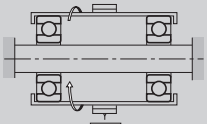
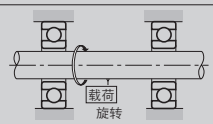
式中，$\Delta d_F$ ：内圈因载荷而减少的过盈量 (mm)

$d$ ：轴承内径 (mm)

$B$ ：公称内圈宽度 (mm)

$F_r$ ：径向载荷 (N), {kgf}

表8.1 载荷的性质和配合

| 载荷方向 | 轴承的旋转 | | 载荷条件 | 配合 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 内圈 | 外圈 | | 内圈 | 外圈 |
|  | 旋转 | 静止 | 内圈旋转载荷<br>外圈静止载荷 | 过盈配合 | 间隙配合 |
|  | 静止 | 旋转 | | | |
|  | 静止 | 旋转 | 外圈旋转载荷<br>内圈静止载荷 | 间隙配合 | 过盈配合 |
|  | 旋转 | 静止 | | | |
| 载荷方向变动或不平衡载荷等载荷方向不定的载荷 | 旋转或静止 | 旋转或静止 | 载荷方向不定 | 过盈配合 | 过盈配合 |

因此，有效过盈量 $\Delta d$ 应大于公式 (8.1) 计算得出的过盈量。

然而，在径向载荷超过 0.2 $C_{0r}$( 基本额定静载荷 ) 的重载荷下，将会出现过盈量不足。因此，此时应使用公式 (8.2) 求出过盈量 :

$$\left.\begin{aligned}\Delta d \geqq 0.02\frac{F_r}{B}\times10^{-3} \cdots\cdots (\mathrm{N})\\ \Delta d \geqq 0.2\ \frac{F_r}{B}\times10^{-3} \cdots\cdots \{\mathrm{kgf}\}\end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (8.2)$$

式中，$\Delta d$ : 有效过盈量 (mm)

$F_r$ : 径向载荷 (N), {kgf}

$B$ : 公称内圈宽度 (mm)

NSK 使用 NU219 轴承进行的蠕变试验表明在径向载荷（出现蠕变的极限载荷）和所要求的有效过盈量之间存在线性关系。该线性关系与公式 (8.2) 的直线非常吻合。

对于 NU219 轴承，如果根据公式 (8.1) 求出的过盈量，承受 0.25 $C_{0r}$ 以上的重载时，即会因过盈量不足而发生蠕变。

一般而言，在载荷超过 0.25 $C_{0r}$ 时，应采用公式 (8.2) 计算所需过盈量。届时，应当注意避免配合引起圆周应力过大。

**计算举例**

对于 NU219, $B$=32 (mm)，并设

$F_r$=98 100 N {10 000 kgf}

$C_{0r}$=183 000 N {18 600 kgf}

$$\frac{F_r}{C_{0r}} = \frac{98\ 100}{183\ 000} = 0.536 > 0.2$$

因此，使用公式 (8.2) 求出所需的有效过盈量。

$$\Delta d = 0.02 \times \frac{98\ 100}{32} \times 10^{-3} = 0.061\ (\mathrm{mm})$$

结果与图 8.1 一致。

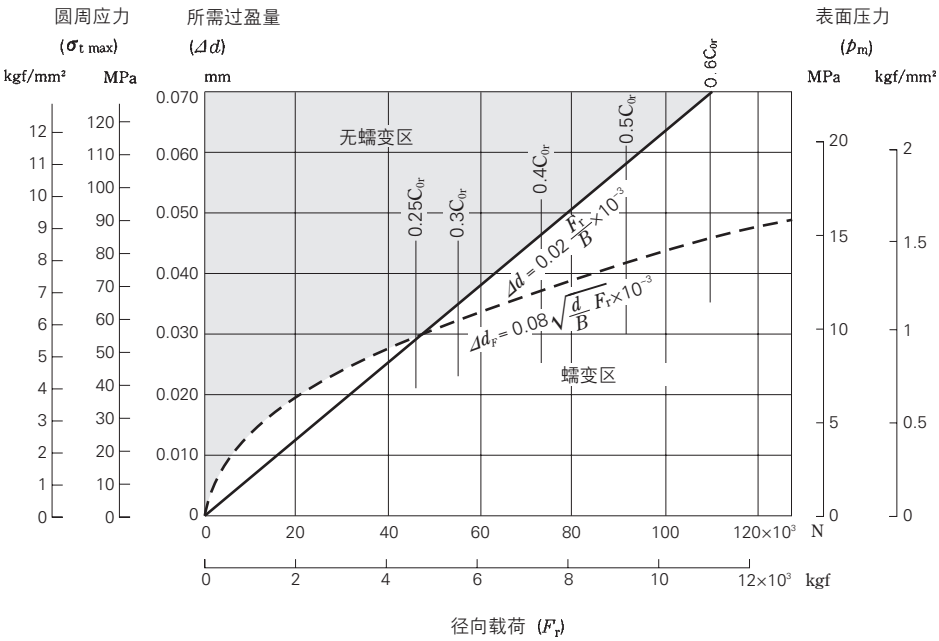



图8.1 配合中的载荷与所需过盈量

**(3) 因轴承、轴及轴承座的温度差而产生的过盈量的变化**

在运转过程中，随着轴承温度的上升，有效过盈量会减少。设轴承和轴承座之间的温差为 $\Delta T$ (°C)，则轴冷却后，轴和内圈配合面的温差大致可假定为 (0.1~0.15)$\Delta T$。因此，这个由于温差导致的内圈过盈量减少量 $\Delta d_T$ 可用公式 (8.3) 求出：

$$\Delta d_T = (0.10\sim0.15) \times \Delta T \cdot \alpha \cdot d \fallingdotseq 0.0015 \Delta T \cdot d \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots (8.3)$$

式中，$\Delta d_T$：由于温差导致的过盈量减少量 (mm)

$\Delta T$：轴承内部和周围环境的温差 (°C)

$\alpha$：轴承钢的线性膨胀系数 $=12.5\times10^{-6}$ (1/°C)

$d$：轴承公称内径 (mm)

再者，在外圈和轴承座之间，由于温度差及膨胀系数的差，有时轴承的温升反而会使过盈量增加。

**(4) 有效过盈量和配合面的加工精度**

由于在装配时配合面的粗糙程度会减小，所以有效过盈量会小于名义过盈量。该名义过盈量的减少量视表面粗糙程度而不同，并可使用以下公式求出：

磨削轴 $$\Delta d = \frac{d}{d+2} \Delta d_a \quad \cdots\cdots (8.4)$$

车削轴 $$\Delta d = \frac{d}{d+3} \Delta d_a \quad \cdots\cdots (8.5)$$

式中，$\Delta d$：有效过盈量 (mm)

$\Delta d_a$：名义过盈量 (mm)

$d$：轴承公称内径 (mm)

根据公式 (8.4) 和 (8.5) 可知，内径为 30~150mm 轴承的有效过盈量大约是名义过盈量的 95%。

**(5) 由于配合而产生的应力与套圈的膨胀和收缩**

当安装在轴或轴承座上的轴承留有过盈量时，套圈会膨胀或收缩，从而产生应力。过盈量过大，可能会损坏轴承。因此，作为一般性指导，最大过盈量应控制在约为轴径的 7/10000 以下为妥。

配合面之间的压力、套圈的膨胀或收缩量以及圆周方向的应力，可使用表 8.2 中的公式求出。

表8.2 轴承配合计算

| | 内圈和轴 | 外圈和轴承座 |
|---|---|---|
| 面压 $p_m$ (MPa) {kgf/mm$^2$} | 空心轴<br>$p_m = \frac{\Delta d}{d} \frac{1}{\left[\frac{m_s-1}{m_s E_s} - \frac{m_i-1}{m_i E_i}\right] + 2\left[\frac{k_0^2}{E_s(1-k_0^2)} + \frac{1}{E_i(1-k^2)}\right]}$<br>实心轴<br>$p_m = \frac{\Delta d}{d} \frac{1}{\left[\frac{m_s-1}{m_s E_s} - \frac{m_i-1}{m_i E_i}\right] + \frac{2}{E_i(1-k^2)}}$ | 轴承座外径<br>$p_m = \frac{\Delta D}{D} \frac{1}{\left[\frac{m_e-1}{m_e E_e} - \frac{m_h-1}{m_h E_h}\right] + 2\left[\frac{h^2}{E_e(1-h^2)} + \frac{1}{E_h(1-h_0^2)}\right]}$ |
| 内圈滚道直径膨胀量 $\Delta D_i$ (mm)<br>外圈滚道直径收缩量 $\Delta D_e$ (mm) | $\Delta D_i = 2d \frac{p_m}{E_i} \frac{k}{1-k^2}$<br>$= \Delta d \cdot k \frac{1-k_0^2}{1-k^2 k_0^2}$ （空心轴）<br>$= \Delta d \cdot k$ （实心轴） | $\Delta D_e = 2D \frac{p_m}{E_e} \frac{h}{1-h^2}$<br>$= \Delta D \cdot h \frac{1-h_0^2}{1-h^2 h_0^2}$ |
| 最大应力 $\sigma_{t\,max}$ (MPa) {kgf/mm$^2$} | 内圈内径<br>配合面的圆周方向的最大应力。<br>$\sigma_{t\,max} = p_m \frac{1+k^2}{1-k^2}$ | 外圈内径<br>面的圆周方向的最大应力。<br>$\sigma_{t\,max} = p_m \frac{2}{1-h^2}$ |
| 符号 | $d$：轴径，内圈内径<br>$d_0$：空心轴内径<br>$D_i$：内圈滚道直径<br>$k = d/D_i, k_0 = d_0/d$<br>$E_i$：内圈的弹性模量，208 000 MPa {21 200 kgf/mm$^2$}<br>$E_s$：轴的弹性模量<br>$m_i$：内圈的泊松数，3.33<br>$m_s$：轴的泊松数 | $D$：轴承座内径，外圈外径<br>$D_0$：轴承座外径<br>$D_e$：外圈滚道直径<br>$h = D_e/D, h_0 = D/D_0$<br>$E_e$：外圈的弹性模量，208 000 MPa {21 200 kgf/mm$^2$}<br>$E_h$：轴承座的弹性模量<br>$m_e$：外圈的泊松数，3.33<br>$m_h$：轴承座的泊松数 |

(6) 配合面的面压与最大应力

滚动轴承想要充分发挥它的功能，就必须得到适宜的配合。通常内圈（轴圈）采用过盈配合，外圈（座圈）采用间隙配合。在选择配合时，先要弄清楚下列问题，诸如载荷大小、轴承与轴及轴承座的温差、轴与轴承座的材料、加工精度、壁厚、轴承装拆方法等等。

在某些使用条件下，当过盈量不足时，会造成套圈松动、蠕变、微动磨损、发热等。如果过盈量太大，又会造成套圈开裂。过盈量的大小，只要采用轴承产品样本等所列轴及轴承座孔尺寸，一般就不会出现问题。

要想了解配合面的面压与应力，可以按照承受均匀内压或外压的厚壁圆环进行计算，其公式已在表 8.2“轴承配合计算”中作了归纳。

为了更加简便易行，已将通常最感棘手的轴承内圈与钢制实心轴配合时的面压与最大应力绘制成图（参见图 8.3，8.4）。

图 8.3 按照轴径表示各个公差带内，轴与轴承内径的容许偏差决定的过盈量按平均值计算时的面压 $p_m$ 与当时的最大应力 $\sigma_{t\ max}$（内径配合面圆周应力达到最大）。

同样，图 8.4 表示过盈量最大时的面压 $p_m$ 与当时的最大应力 $\sigma_{t\ max}$。

图 8.4 在各种配合公差条件下，研究是否有超差的情况时，十分便利。淬火轴承钢的拉伸强度约为 1 570~1 960MPa{160~200 $kgf/mm^2$}，但保证配合产生的最大应力不超过 127MPa{13 $kgf/mm^2$} 最为稳妥。

另外，如图 8.2 所示，还列出了采用过盈配合的内圈圆周应力 $\sigma_t$ 与半径应力 $\sigma_r$ 的分布情况，以供参考。

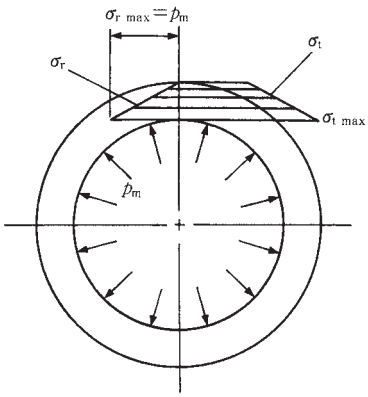



图8.2 周向应力 $\sigma_t$ 和径向应力 $\sigma_r$ 的分布

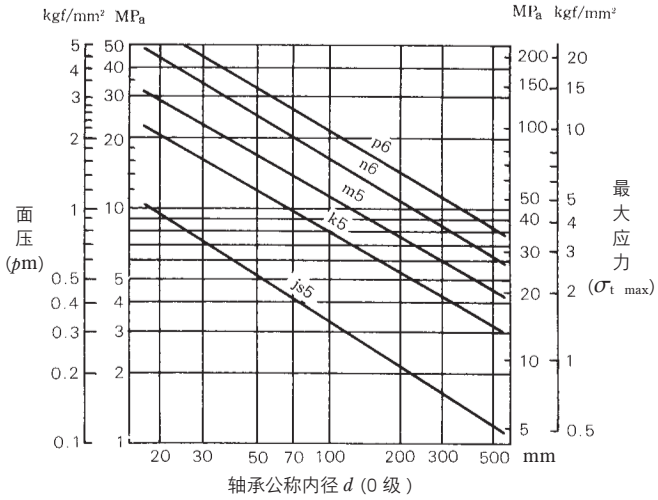



图8.3 各个配合的平均过盈量引起的面压 $p_m$ 与最大应力 $\sigma_{t\ max}$

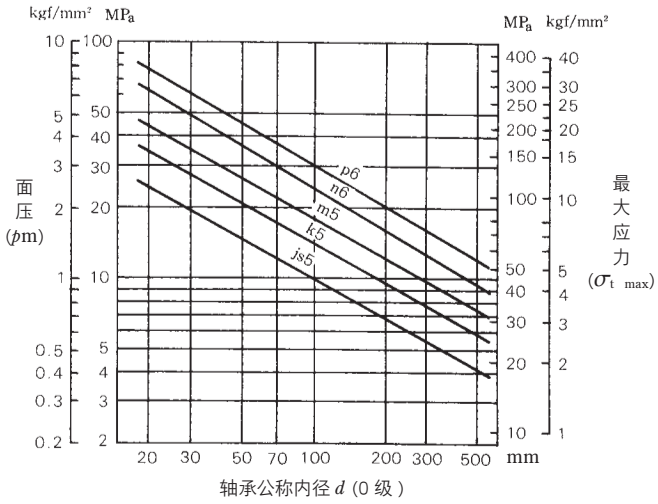



图8.4 各个配合的最大过盈量引起的面压 $p_m$ 与最大应力 $\sigma_{t\ max}$

(7) **压入力与拉拔力**

采用过盈配合将滚动轴承安装于轴或轴承座孔上时，可使用厚壁圆筒理论求出所需压入力。

压入力（或拉拔力）取决于配合面的接触区域、表面压力和摩擦系数。

将内圈安装于轴上时，可通过公式 (8.6) 求出压入力（或拉拔力）$K$。

$$K=\mu\, p_m\, \pi\, d\, B \ \text{(N), \{kgf\}} \quad \cdots\cdots (8.6)$$

式中，$\mu$ ：配合面间的摩擦系数

$\mu$=0.12（压入）

$\mu$=0.18（拉拔）

$p_m$ ：面压 (MPa)，$\{kgf/mm^2\}$

例如，可使用表 8.2 求出内圈面压。

$$p_m=\frac{E}{2}\,\frac{\Delta d}{d}\,\frac{(1-k^2)\,(1-k_0^2)}{1-k^2\,k_0^{\,2}}$$

$d$ ：轴径 (mm)

$B$ ：轴承宽度 (mm)

$\Delta d$ ：有效过盈量 (mm)

$E$ ：钢的弹性模量 (MPa)，$\{kgf/mm^2\}$

$E$=208 000 MPa {21 200 $kgf/mm^2$}

$k$ ：内圈壁厚比

$k$=d/$D_i$

$D_i$ ：内圈滚道直径 (mm)

$k_0$ ：空心轴厚度比

$k_0=d_0/d$

$d_0$ ：空心轴的内径 (mm)

**实心轴时，**$d_0$=0，所以，$k_0$=0。$k$ 值因轴承结构类型与尺寸系列而异，约为 0.7~0.9。今设 $k$=0.8，计算实心轴时，式 (8.6) 变为：

$$\left.\begin{aligned} K &= 118\ 000\text{m}\,\Delta d\,B\,\text{(N)} \\ &= 12\ 000\text{m}\,\Delta d\ B\ \text{\{kgf\}} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (8.7)$$

式 (8.7) 以线图表示，如图 (8.5)。外圈与轴承座孔之间的压入力，拉拔力也可同样求出（参见图 8.6）。

在套圈与轴（或轴承座）安装倾斜或者施加的作用力未在套圈圆周均匀分布时，实际的压入力与拉拔力会比计算值大得多。所以，由图 8.5、8.6 求得的压入力（拉拔力）应视为 1 个参考值，在设计拆卸工具等时，应按从图中查出数据 5~6 倍的载荷考虑承载强度（刚度）。

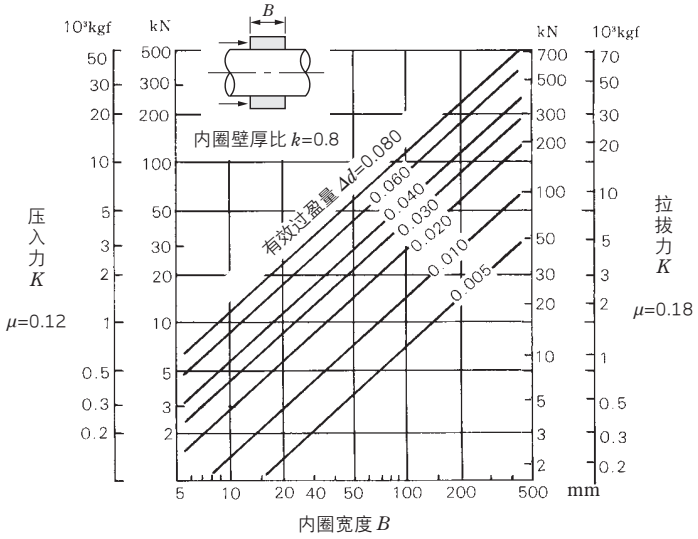



图8.5 内圈的压入力与拉拔力

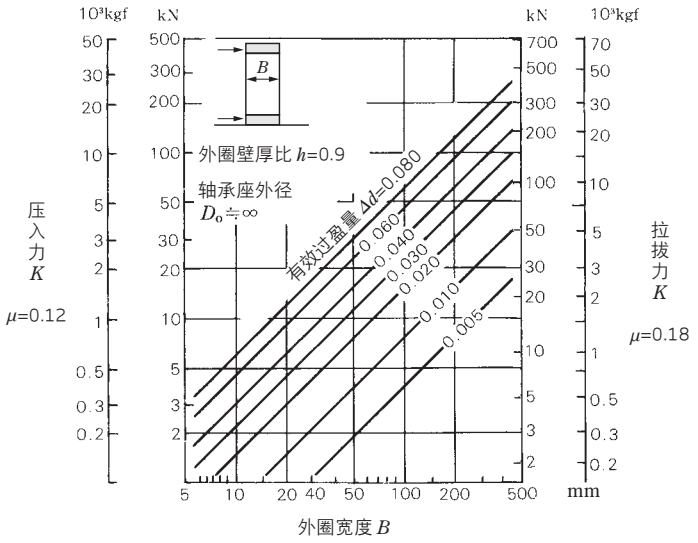



图8.6 外圈的压入力与拉拔力

### 8.1.3 推荐配合

如前所述，为选择合适的配合，要考虑轴承载荷的性质、大小、温度条件、轴承的安装、拆卸等诸多条件。

将轴承安装到薄壁轴承座、空心轴的场合，过盈量需要比普通大。分离式轴承座，很可能使轴承外圈变形。

另外，应用在振动大的部位时，内外圈都需采取过盈配合。

表 8.3~8.8 列出了一些常见应用的推荐配合。如遇特殊工况，建议咨询 NSK。轴和轴承座的精度及表面加工精度，请参见 13.1 节（A270 页）。

表8.3 向心轴承与轴的配合

| 载荷条件 | | 适用例（参考） | 轴径(mm) 球轴承 | 轴径(mm) 圆柱滚子轴承，圆锥滚子轴承 | 轴径(mm) 调心滚子轴承 | 轴的配合公差 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **圆柱孔向心轴承** | | | | | | | |
| 外圈旋转载荷 | 需要内圈在轴上易于移动 | 静止轴的车轮 | 所有尺寸 | | | g6 | |
| | 不需内圈在轴上易于移动 | 张紧轮架、绳轮 | | | | h6 | |
| 内圈旋转载荷或不定方向载荷 | 轻载荷（<0.06$C_r$[1]）以下的载荷变动载荷 | 家用电器、泵、鼓风机、搬运车辆、精密机械、机床 | 18以下 | — | — | js5 | 要求精度时，使用g5，h5。使用大轴承的情况下，为了便于移动轴承，也可使用f6 |
| | | | 18 ~ 100 | 40以下 | — | js6(j6) | |
| | | | 100 ~ 200 | 40 ~ 140 | — | k6 | |
| | | | — | 140 ~ 200 | — | m6 | |
| | 普通载荷（0.06~0.13$C_r$[1]） | 一般轴承部分中大型电动机涡轮机[3]、泵、发动机主轴承、齿轮传动装置、木工机械 | 18以下 | — | — | Js5或js6（j5或j6） | 单列圆锥滚子轴承及单列角接触球轴承，可以用k6、m6代用k5、m5 |
| | | | 18 ~ 100 | 40以下 | 40以下 | k5或k6 | |
| | | | 100 ~ 140 | 40 ~ 100 | 40 ~ 65 | m5或m6 | |
| | | | 140 ~ 200 | 100 ~ 140 | 65 ~ 100 | m6 | |
| | | | 200 ~ 280 | 140 ~ 200 | 100 ~ 140 | n6 | |
| | | | — | 200 ~ 400 | 140 ~ 280 | p6 | |
| | | | — | — | 280 ~ 500 | r6 | |
| | | | — | — | 超过 500 | r7 | |
| | 重载荷或冲击载荷（>0.13$C_r$[1]） | 铁道车辆、产业车辆、电车的主电动机、建筑机械、粉碎机 | — | 50 ~ 140 | 50 ~ 100 | n6 | 需要大于普通游隙的轴承 |
| | | | — | 140 ~ 200 | 100 ~ 140 | p6 | |
| | | | — | 超过 200 | 140 ~ 200 | r6 | |
| | | | — | — | 200 ~ 500 | r7 | |
| 仅承受轴向载荷 | | 各种结构轴承的使用位置 | 所有尺寸 | | | js6 (j6) | — |
| **锥孔轴承和（带紧定套）轴** | | | | | | | |
| 各类载荷 | | 一般轴承应用、铁道车辆 | 所有尺寸 | | | h9/IT5[2] | IT5和IT7（圆度、圆柱度等）表示轴形状的偏差，必须分别在IT5和IT7公差内 |
| | | 传动轴、木工机械主轴 | | | | h10/IT7[2] | |

**注** (1) $C_r$ 表示轴承的基本额定载荷。
(2) 标准公差等级 IT 请参见 E016 页的附表 11。
(3) 对于内径为 10 mm~160 mm 的深沟球轴承以及内径为 24 mm~200 mm 的圆柱滚子轴承的电机用轴推荐配合，请参见表 8.14.1 和 8.14.2。

**备注** 本表仅适用于钢制实心轴。

表8.4 推力轴承与轴的配合

| 载荷条件 | | 适用例 | 轴径(mm) | 轴的公差等级 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 仅承受轴向载荷 | | 车床主轴 | 所有尺寸 | h6 或 js6 (j6) | — |
| 合成载荷（推力调心滚子轴承） | 内圈静止载荷 | 圆锥破碎机 | 所有尺寸 | js6 (j6) | |
| | 内圈旋转载荷或不定方向载荷 | 精制挤出机 | 200以下 | k6 | |
| | | | 200 ~ 400 | m6 | |
| | | | 超过 400 | n6 | |

## 表8.5 向心轴承与轴承座孔的配合

| 条件 | | | 适用例(参考) | 轴承座孔公差范围等级 | 外圈的移动 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 整体形轴承座 | 外圈旋转载荷 | 薄壁轴承重载荷<br>大冲击载荷 | 起重机走行轮 | P7 | 外圈不能向轴向方向移动 | — |
| | | 普通载荷、重载荷 | 振动筛 | N7 | | |
| | | 轻载荷或变动载荷 | 传送带轮<br>滑车<br>张紧轮 | M7 | | |
| | 不定方向载荷 | 大冲击载荷 | 机车的主电机 | | | |
| | | 普通载荷<br>或轻载荷 | 泵<br>曲轴的主轴承<br>中、大型电动机(1) | K7 | 外圈原则上不能向轴向方向移动 | 外圈不需向轴向方向移动 |
| 整体形轴承座或分离式轴承座 | | 普通载荷<br>或轻载荷 | | JS7 (J7) | 外圈可以向轴向方向移动 | 需要外圈可以轴向方向移动 |
| | 内圈旋转载荷 | 各类载荷 | 一般的轴承应用<br>铁道车辆的轴承箱 | H7 | 外圈向轴方向容易移动 | — |
| | | 普通载荷<br>或轻载荷 | 带座轴承 | H8 | | |
| | | 轴和内圈为高温环境 | 造纸干燥辊 | G7 | | |
| 整体形轴承座 | | 普通载荷、轻载荷，特别需要精密旋转 | 高速离心压缩机的自由侧轴承 | JS6 (J6) | 外圈可以向轴向方向移动 | — |
| | 不定方向载荷 | | 高速离心压缩机的固定侧轴承 | K6 | 外圈原则上固定于轴向方向 | 载荷大的情况下，适用比K大的过盈量配合。特别是要求高精度的情况下，须更进一步地按用途分别使用小公差进行配合 |
| | 内圈旋转载荷 | 变动载荷，特别需要精密旋转和高刚性 | 机床主轴用圆柱滚子轴承 | M6或N6 | 外圈固定于轴向方向 | |
| | | 要求无噪音运转 | 家用电器 | H6 | 外圈向轴方向容易移动 | — |

**注** (1) 关于电机用深沟球轴承和圆柱滚子轴承轴承座孔的推荐配合，请参见表 8.14.1 和 8.14.2。

**备注** 1. 本表适用于铸铁或钢制轴承座。轻合金轴承座则应采用比上表配合更大的过盈量。
2. 冲压外圈滚针轴承等的特殊配合，请参见各轴承尺寸表中的序文。

## 表8.6 推力轴承与轴承座孔的配合

| 条件 | | 适用轴承 | 轴承座孔的公差等级 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 仅承受轴向载荷 | | 推力球轴承 | 游隙0.25mm以上 | 普通场合 |
| | | | H8 | 要求精度的场合 |
| | | 推力调心轴承<br>大锥角圆锥滚子轴承 | 外圈径向方向留出游隙 | 其他轴承径向载荷的场合 |
| 合成载荷 | 外圈静止载荷 | 推力调心滚子轴承 | H7或JS7(J7) | — |
| | 外圈旋转载荷或不定方向载荷 | | K7 | 普通情况 |
| | | | M7 | 径向载荷较大的情况 |

## 表8.7 英制系列圆锥滚子轴承与轴的配合

### (1) 精度等级CLASS 4，CLASS 2的轴承

单位：μm

| 使用条件 | | 轴承公称内径$d$ | | | | 单一内径偏差 $\Delta_{ds}$ | | 轴的尺寸公差 | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 超过 | | 到 | | | | | | |
| | | (mm) | 1/25.4 | (mm) | 1/25.4 | 上 | 下 | 上 | 下 | |
| 内圈旋转载荷 | 普通载荷 | — | | 76.200 | 3.0000 | +13 | 0 | + 38 | + 25 | 对于$d$≦152.4 mm的轴承，使用游隙通常大于普通游隙 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 304.800 | 12.0000 | +25 | 0 | + 64 | + 38 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +51 | 0 | +127 | + 76 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +76 | 0 | +190 | +114 | |
| | 重载荷<br>冲击载荷<br>高速旋转 | — | | 76.200 | 3.0000 | +13 | 0 | + 64 | + 38 | 一般使用游隙大于普通游隙的轴承<br>※平均过盈量，采用约0.0005$d$ 的数值 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 304.800 | 12.0000 | +25 | 0 | ※ | | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +51 | 0 | ※ | | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +76 | 0 | +381 | +305 | |
| 外圈旋转载荷 | 无冲击<br>普通载荷 | — | | 76.200 | 3.0000 | +13 | 0 | + 13 | 0 | 内圈不可以进行轴向移动，上栏适用于重负荷、冲击负荷的情况 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 304.800 | 12.0000 | +25 | 0 | + 25 | 0 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +51 | 0 | + 51 | 0 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +76 | 0 | + 76 | 0 | |
| | | — | | 76.200 | 3.0000 | +13 | 0 | 0 | − 13 | 内圈可以向轴向方向移动 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 304.800 | 12.0000 | +25 | 0 | 0 | − 25 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +51 | 0 | 0 | − 51 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +76 | 0 | 0 | − 76 | |

### (2) 精度等级 CLASS 3，CLASS 0 (1) 的轴承

单位：μm

| 使用条件 | | 轴承公称内径 $d$ | | | | 单一内径偏差 $\Delta_{ds}$ | | 轴的尺寸公差 | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 超过 | | 到 | | | | | | |
| | | (mm) | 1/25.4 | (mm) | 1/25.4 | 上 | 下 | 上 | 下 | |
| 内圈旋转载荷 | 精密机床主轴 | — | | 76.200 | 3.0000 | +13 | 0 | + 30 | +18 | — |
| | | 76.200 | 3.0000 | 304.800 | 12.0000 | +13 | 0 | + 30 | +18 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +25 | 0 | + 64 | +38 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +38 | 0 | +102 | +64 | |
| | 重载荷<br>冲击载荷<br>高速旋转 | — | | 76.200 | 3.0000 | +13 | 0 | — | | 作为最小过盈量，采用0.00025 $d$左右的数值 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 304.800 | 12.0000 | +13 | 0 | — | | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +25 | 0 | — | | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +38 | 0 | — | | |
| 外圈旋转载荷 | 精密机床主轴 | — | | 76.200 | 3.0000 | +13 | 0 | + 30 | +18 | — |
| | | 76.200 | 3.0000 | 304.800 | 12.0000 | +13 | 0 | + 30 | +18 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +25 | 0 | + 64 | +38 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +38 | 0 | +102 | +64 | |

**注** (1) $d$ 超过304.8mm的轴承，没有CLASS 0。

## 表8.8 英制系列圆锥滚子轴承与轴承座孔的配合

### (1) 精度等级CLASS 4，CLASS 2的轴承

单位: μm

| 使用条件 | | 轴承公称外径 $D$ | | | | 单一外径偏差 $\Delta_{Ds}$ | | 轴承座内径尺寸公差 | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 超过 | | 到 | | | | | | |
| | | (mm) | 1/25.4 | (mm) | 1/25.4 | 上 | 下 | 上 | 下 | |
| 内圈旋转载荷 | 用于自由端或固定端 | — | | 76.200 | 3.0000 | +25 | 0 | + 76 | + 51 | 外圈容易向轴向方向移动 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 127.000 | 5.0000 | +25 | 0 | + 76 | + 51 | |
| | | 127.000 | 5.0000 | 304.800 | 12.0000 | +25 | 0 | + 76 | + 51 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +51 | 0 | +152 | +102 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +76 | 0 | +229 | +152 | |
| | 外圈位置可轴向调整 | — | | 76.200 | 3.0000 | +25 | 0 | + 25 | 0 | 外圈可向轴向方向移动 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 127.000 | 5.0000 | +25 | 0 | + 25 | 0 | |
| | | 127.000 | 5.0000 | 304.800 | 12.0000 | +25 | 0 | + 51 | 0 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +51 | 0 | + 76 | + 25 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +76 | 0 | +127 | + 51 | |
| | 外圈位置无法轴向移动 | — | | 76.200 | 3.0000 | +25 | 0 | − 13 | − 38 | 原则上，外圈固定于轴向方向 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 127.000 | 5.0000 | +25 | 0 | − 25 | − 51 | |
| | | 127.000 | 5.0000 | 304.800 | 12.0000 | +25 | 0 | − 25 | − 51 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +51 | 0 | − 25 | − 76 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +76 | 0 | − 25 | −102 | |
| 外圈旋转载荷 | 普通载荷外圈位置不可轴向调整 | — | | 76.200 | 3.0000 | +25 | 0 | − 13 | − 38 | 外圈固定于轴向方向 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 127.000 | 5.0000 | +25 | 0 | − 25 | − 51 | |
| | | 127.000 | 5.0000 | 304.800 | 12.0000 | +25 | 0 | − 25 | − 51 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +51 | 0 | − 25 | − 76 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +76 | 0 | − 25 | −102 | |

### (2) 精度等级 CLASS 3，CLASS 0[(1)] 的轴承

单位: μm

| 使用条件 | | 轴承公称外径 $D$ | | | | 单一外径偏差 $\Delta_{Ds}$ | | 轴承座内径尺寸公差 | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 超过 | | 到 | | | | | | |
| | | (mm) | 1/25.4 | (mm) | 1/25.4 | 上 | 下 | 上 | 下 | |
| 内圈旋转载荷 | 用于自由端 | — | | 152.400 | 6.0000 | +13 | 0 | +38 | +25 | 外圈容易向轴向方向移动 |
| | | 152.400 | 6.0000 | 304.800 | 12.0000 | +13 | 0 | +38 | +25 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +25 | 0 | +64 | +38 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +38 | 0 | +89 | +51 | |
| | 用于固定端 | — | | 152.400 | 6.0000 | +13 | 0 | +25 | +13 | 外圈可向轴向方向移动 |
| | | 152.400 | 6.0000 | 304.800 | 12.0000 | +13 | 0 | +25 | +13 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +25 | 0 | +51 | +25 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +38 | 0 | +76 | +38 | |
| | 外圈位置可轴向调整 | — | | 152.400 | 6.0000 | +13 | 0 | +13 | 0 | 原则上，外圈固定于轴向方向 |
| | | 152.400 | 6.0000 | 304.800 | 12.0000 | +13 | 0 | +25 | 0 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +25 | 0 | +25 | 0 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +38 | 0 | +38 | 0 | |
| | 外圈位置不可轴向调整 | — | | 152.400 | 6.0000 | +13 | 0 | 0 | −13 | 外圈固定于轴向方向 |
| | | 152.400 | 6.0000 | 304.800 | 12.0000 | +13 | 0 | 0 | −25 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +25 | 0 | 0 | −25 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +38 | 0 | 0 | −38 | |
| 外圈旋转载荷 | 普通载荷外圈位置不可轴向调整 | — | | 76.200 | 3.0000 | +13 | 0 | −13 | −25 | 外圈固定于轴向方向 |
| | | 76.200 | 3.0000 | 152.400 | 6.0000 | +13 | 0 | −13 | −25 | |
| | | 152.400 | 6.0000 | 304.800 | 12.0000 | +13 | 0 | −13 | −38 | |
| | | 304.800 | 12.0000 | 609.600 | 24.0000 | +25 | 0 | −13 | −38 | |
| | | 609.600 | 24.0000 | 914.400 | 36.0000 | +38 | 0 | −13 | −51 | |

注 (1) $D$ 超过304.8mm的轴承，没有CLASS 0。

## 8.2 轴承内部游隙

### 8.2.1 内部游隙与规格数值

运转过程中，滚动轴承内部游隙的大小对疲劳寿命、振动、噪声、发热等轴承性能影响很大。因此，在确定类型和尺寸后，选择轴承内部游隙便是轴承选择最重要的任务之一。

轴承内部游隙是轴承内 / 外圈和滚动体之间的组合间隙量。所谓径向游隙和轴向游隙，即内圈或外圈一方固定，另一套圈相对其在径向和轴向上的移动量（图 8.7）。

为了获得精确的测量结果，通常会向轴承施加规定的测量载荷来测量游隙。因此，测出的游隙值（为了区别，有时也称为“测量游隙”）总是比理论内部游隙（向心轴承也称“几何游隙”）大出测量载荷造成的弹性变形量。

所以，可以通过弹性变形量纠正测量游隙，从而得到理论内部游隙。然而，滚子轴承的这一弹性变形很小，可以忽略不计。

通常，安装前的游隙按理论内部游隙规定。

表 8.9 按轴承结构形式分别列出内部游隙选用表。

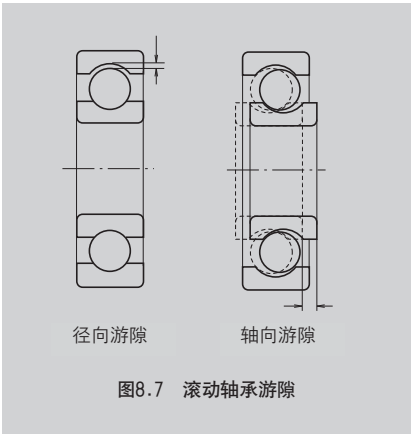



图8.7 滚动轴承游隙

表8.9 轴承结构形式和径向游隙选用表

| 轴承结构形式 | | 表号 | 参照页 |
|---|---|---|---|
| 深沟球轴承 | | 8.10 | A169 |
| 小型球轴承和微型球轴承 | | 8.11 | A169 |
| 磁电机球轴承 | | 8.12 | A169 |
| 调心球轴承 | | 8.13 | A170 |
| 深沟球轴承 | 电机用 | 8.14.1 | A170 |
| 圆柱滚子轴承 | | 8.14.2 | A170 |
| 圆柱滚子轴承 | 圆柱孔轴承（互换性）<br>圆柱孔轴承（非互换性）<br>圆锥孔轴承（非互换性） | 8.15 | A171 |
| 调心滚子轴承 | 圆柱孔轴承<br>圆锥孔轴承 | 8.16 | A172 |
| 双列及成对双联圆锥滚子轴承 | | 8.17 | A173 |
| 成对双联角接触球轴承(1) | | 8.18 | A174 |
| 四点接触球轴承(1) | | 8.19 | A174 |

注 (1) 所提供值为轴向游隙值。

## 表8.10 深沟球轴承的径向内部游隙

单位: μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 游隙 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C2 | | CN | | C3 | | C4 | | C5 | |
| 超过 | 到 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| 仅 10 | | 0 | 7 | 2 | 13 | 8 | 23 | 14 | 29 | 20 | 37 |
| 10 | 18 | 0 | 9 | 3 | 18 | 11 | 25 | 18 | 33 | 25 | 45 |
| 18 | 24 | 0 | 10 | 5 | 20 | 13 | 28 | 20 | 36 | 28 | 48 |
| 24 | 30 | 1 | 11 | 5 | 20 | 13 | 28 | 23 | 41 | 30 | 53 |
| 30 | 40 | 1 | 11 | 6 | 20 | 15 | 33 | 28 | 46 | 40 | 64 |
| 40 | 50 | 1 | 11 | 6 | 23 | 18 | 36 | 30 | 51 | 45 | 73 |
| 50 | 65 | 1 | 15 | 8 | 28 | 23 | 43 | 38 | 61 | 55 | 90 |
| 65 | 80 | 1 | 15 | 10 | 30 | 25 | 51 | 46 | 71 | 65 | 105 |
| 80 | 100 | 1 | 18 | 12 | 36 | 30 | 58 | 53 | 84 | 75 | 120 |
| 100 | 120 | 2 | 20 | 15 | 41 | 36 | 66 | 61 | 97 | 90 | 140 |
| 120 | 140 | 2 | 23 | 18 | 48 | 41 | 81 | 71 | 114 | 105 | 160 |
| 140 | 160 | 2 | 23 | 18 | 53 | 46 | 91 | 81 | 130 | 120 | 180 |
| 160 | 180 | 2 | 25 | 20 | 61 | 53 | 102 | 91 | 147 | 135 | 200 |
| 180 | 200 | 2 | 30 | 25 | 71 | 63 | 117 | 107 | 163 | 150 | 230 |
| 200 | 225 | 2 | 35 | 25 | 85 | 75 | 140 | 125 | 195 | 175 | 265 |
| 225 | 250 | 2 | 40 | 30 | 95 | 85 | 160 | 145 | 225 | 205 | 300 |
| 250 | 280 | 2 | 45 | 35 | 105 | 90 | 170 | 155 | 245 | 225 | 340 |
| 280 | 315 | 2 | 55 | 40 | 115 | 100 | 190 | 175 | 270 | 245 | 370 |
| 315 | 355 | 3 | 60 | 45 | 125 | 110 | 210 | 195 | 300 | 275 | 410 |
| 355 | 400 | 3 | 70 | 55 | 145 | 130 | 240 | 225 | 340 | 315 | 460 |
| 400 | 450 | 3 | 80 | 60 | 170 | 150 | 270 | 250 | 380 | 350 | 510 |
| 450 | 500 | 3 | 90 | 70 | 190 | 170 | 300 | 280 | 420 | 390 | 570 |
| 500 | 560 | 10 | 100 | 80 | 210 | 190 | 330 | 310 | 470 | 440 | 630 |
| 560 | 630 | 10 | 110 | 90 | 230 | 210 | 360 | 340 | 520 | 490 | 690 |
| 630 | 710 | 20 | 130 | 110 | 260 | 240 | 400 | 380 | 570 | 540 | 760 |
| 710 | 800 | 20 | 140 | 120 | 290 | 270 | 450 | 430 | 630 | 600 | 840 |

**备注** 在测量游隙时，使用下表中的游隙修正量修正因测试负荷产生的径向游隙增加量。
对于 C2 游隙等级，较小的值适用于最小游隙的轴承，较大的值适用最大游隙。

单位: μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 测量载荷 | | 径向游隙修正量 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 超过 | 到 | (N) | {kgf} | C2 | CN | C3 | C4 | C5 |
| 10 (含) | 18 | 24.5 | {2.5} | 3~4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 18 | 50 | 49 | {5} | 4~5 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 50 | 280 | 147 | {15} | 6~8 | 8 | 9 | 9 | 9 |

**备注** 如果内径超过 280 mm，请联系 NSK。

## 表8.11 小型球轴承和微型球轴承的径向内部游隙

单位: μm

| 游隙代号 | MC1 | | MC2 | | MC3 | | MC4 | | MC5 | | MC6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 游隙 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| | 0 | 5 | 3 | 8 | 5 | 10 | 8 | 13 | 13 | 20 | 20 | 28 |

**备注** 1. 标准游隙为 MC3。
2. 在测量游隙时，加上下表中的修正量。

单位: μm

| 游隙代号 | MC1 | MC2 | MC3 | MC4 | MC5 | MC6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 游隙修正值 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |

测量载荷如下:
微型球轴承*
2.5N {0.25kgf}
小型球轴承*
4.4N {0.45kgf}
*区分请参见 C054 页的表 1。

## 表8.12 磁电机球轴承的径向内部游隙

单位: μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 轴承系列 | 游隙 | |
|---|---|---|---|---|
| 超过 | 到 | | 最小 | 最大 |
| 2.5 | 30 | EN | 10 | 50 |
| | | E | 30 | 60 |

## 表8.13　调心球轴承的径向内部游隙

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 圆柱孔轴承的游隙 | | | | | | | | | | 锥孔轴承的游隙 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C2 | | CN | | C3 | | C4 | | C5 | | C2 | | CN | | C3 | | C4 | | C5 | |
| 超过 | 到 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| **2.5** | **6** | 1 | 8 | 5 | 15 | 10 | 20 | 15 | 25 | 21 | 33 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **6** | **10** | 2 | 9 | 6 | 17 | 12 | 25 | 19 | 33 | 27 | 42 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **10** | **14** | 2 | 10 | 6 | 19 | 13 | 26 | 21 | 35 | 30 | 48 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **14** | **18** | 3 | 12 | 8 | 21 | 15 | 28 | 23 | 37 | 32 | 50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **18** | **24** | 4 | 14 | 10 | 23 | 17 | 30 | 25 | 39 | 34 | 52 | 7 | 17 | 13 | 26 | 20 | 33 | 28 | 42 | 37 | 55 |
| **24** | **30** | 5 | 16 | 11 | 24 | 19 | 35 | 29 | 46 | 40 | 58 | 9 | 20 | 15 | 28 | 23 | 39 | 33 | 50 | 44 | 62 |
| **30** | **40** | 6 | 18 | 13 | 29 | 23 | 40 | 34 | 53 | 46 | 66 | 12 | 24 | 19 | 35 | 29 | 46 | 40 | 59 | 52 | 72 |
| **40** | **50** | 6 | 19 | 14 | 31 | 25 | 44 | 37 | 57 | 50 | 71 | 14 | 27 | 22 | 39 | 33 | 52 | 45 | 65 | 58 | 79 |
| **50** | **65** | 7 | 21 | 16 | 36 | 30 | 50 | 45 | 69 | 62 | 88 | 18 | 32 | 27 | 47 | 41 | 61 | 56 | 80 | 73 | 99 |
| **65** | **80** | 8 | 24 | 18 | 40 | 35 | 60 | 54 | 83 | 76 | 108 | 23 | 39 | 35 | 57 | 50 | 75 | 69 | 98 | 91 | 123 |
| **80** | **100** | 9 | 27 | 22 | 48 | 42 | 70 | 64 | 96 | 89 | 124 | 29 | 47 | 42 | 68 | 62 | 90 | 84 | 116 | 109 | 144 |
| **100** | **120** | 10 | 31 | 25 | 56 | 50 | 83 | 75 | 114 | 105 | 145 | 35 | 56 | 50 | 81 | 75 | 108 | 100 | 139 | 130 | 170 |
| **120** | **140** | 10 | 38 | 30 | 68 | 60 | 100 | 90 | 135 | 125 | 175 | 40 | 68 | 60 | 98 | 90 | 130 | 120 | 165 | 155 | 205 |
| **140** | **160** | 15 | 44 | 35 | 80 | 70 | 120 | 110 | 161 | 150 | 210 | 45 | 74 | 65 | 110 | 100 | 150 | 140 | 191 | 180 | 240 |

## 表8.14　电机用轴承的径向内部游隙

### 表8.14.1　电机用深沟球轴承

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 游隙 | | 备注 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | CM | | 推荐配合 | |
| 超过 | 到 | 最小 | 最大 | 轴 | 轴承座孔 |
| **10** （含） | **18** | 4 | 11 | js5 (j5) | H6、H7[1] 或 JS6、JS7 (J6, J7)[2] |
| **18** | **30** | 5 | 12 | k5 | |
| **30** | **50** | 9 | 17 | | |
| **50** | **80** | 12 | 22 | | |
| **80** | **100** | 18 | 30 | | |
| **100** | **120** | 18 | 30 | m5 | |
| **120** | **160** | 24 | 38 | | |

**注**　(1) 适用于要求轴向移动的外圈。
(2) 适用于不要求轴向移动的外圈。

**备注**　因测量载荷而产生的径向游隙增加量，与表 8.10 备注的普通游隙修正量相同。

### 表8.14.2 电机用圆柱滚子轴承

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 游隙 | | | | 备注 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 互换性 CT | | 非互换性 CM | | 推荐配合 | |
| 超过 | 到 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 轴 | 轴承座孔 |
| **24** | **40** | 15 | 35 | 15 | 30 | k5 | JS6、JS7 (J6, J7)[1] 或 K6, K7[2] |
| **40** | **50** | 20 | 40 | 20 | 35 | m5 | |
| **50** | **65** | 25 | 45 | 25 | 40 | | |
| **65** | **80** | 30 | 50 | 30 | 45 | | |
| **80** | **100** | 35 | 60 | 35 | 55 | | |
| **100** | **120** | 35 | 65 | 35 | 60 | | |
| **120** | **140** | 40 | 70 | 40 | 65 | | |
| **140** | **160** | 50 | 85 | 50 | 80 | | |
| **160** | **180** | 60 | 95 | 60 | 90 | n6 | |
| **180** | **200** | 65 | 105 | 65 | 100 | | |

**注**　(1) 适用于要求轴向移动的外圈。
(2) 适用于不要求轴向移动的外圈。

## 表8.15 圆柱滚子轴承、滚针轴承的径向内部游隙(圆柱孔)

单位: μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 圆柱孔轴承的互换性游隙 | | | | | | | | | | 圆柱孔轴承的非互换性游隙 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C2 | | CN | | C3 | | C4 | | C5 | | CC1 | | CC2 | | CC [1] | | CC3 | | CC4 | | CC5 | |
| 超过 | 到 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| — | 10 | 0 | 25 | 20 | 45 | 35 | 60 | 50 | 75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | 24 | 0 | 25 | 20 | 45 | 35 | 60 | 50 | 75 | 65 | 90 | 5 | 15 | 10 | 20 | 20 | 30 | 35 | 45 | 45 | 55 | 65 | 75 |
| 24 | 30 | 0 | 25 | 20 | 45 | 35 | 60 | 50 | 75 | 70 | 95 | 5 | 15 | 10 | 25 | 25 | 35 | 40 | 50 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 30 | 40 | 5 | 30 | 25 | 50 | 45 | 70 | 60 | 85 | 80 | 105 | 5 | 15 | 12 | 25 | 25 | 40 | 45 | 55 | 55 | 70 | 80 | 95 |
| 40 | 50 | 5 | 35 | 30 | 60 | 50 | 80 | 70 | 100 | 95 | 125 | 5 | 18 | 15 | 30 | 30 | 45 | 50 | 65 | 65 | 80 | 95 | 110 |
| 50 | 65 | 10 | 40 | 40 | 70 | 60 | 90 | 80 | 110 | 110 | 140 | 5 | 20 | 15 | 35 | 35 | 50 | 55 | 75 | 75 | 90 | 110 | 130 |
| 65 | 80 | 10 | 45 | 40 | 75 | 65 | 100 | 90 | 125 | 130 | 165 | 10 | 25 | 20 | 40 | 40 | 60 | 70 | 90 | 90 | 110 | 130 | 150 |
| 80 | 100 | 15 | 50 | 50 | 85 | 75 | 110 | 105 | 140 | 155 | 190 | 10 | 30 | 25 | 45 | 45 | 70 | 80 | 105 | 105 | 125 | 155 | 180 |
| 100 | 120 | 15 | 55 | 50 | 90 | 85 | 125 | 125 | 165 | 180 | 220 | 10 | 30 | 25 | 50 | 50 | 80 | 95 | 120 | 120 | 145 | 180 | 205 |
| 120 | 140 | 15 | 60 | 60 | 105 | 100 | 145 | 145 | 190 | 200 | 245 | 10 | 35 | 30 | 60 | 60 | 90 | 105 | 135 | 135 | 160 | 200 | 230 |
| 140 | 160 | 20 | 70 | 70 | 120 | 115 | 165 | 165 | 215 | 225 | 275 | 10 | 35 | 35 | 65 | 65 | 100 | 115 | 150 | 150 | 180 | 225 | 260 |
| 160 | 180 | 25 | 75 | 75 | 125 | 120 | 170 | 170 | 220 | 250 | 300 | 10 | 40 | 35 | 75 | 75 | 110 | 125 | 165 | 165 | 200 | 250 | 285 |
| 180 | 200 | 35 | 90 | 90 | 145 | 140 | 195 | 195 | 250 | 275 | 330 | 15 | 45 | 40 | 80 | 80 | 120 | 140 | 180 | 180 | 220 | 275 | 315 |
| 200 | 225 | 45 | 105 | 105 | 165 | 160 | 220 | 220 | 280 | 305 | 365 | 15 | 50 | 45 | 90 | 90 | 135 | 155 | 200 | 200 | 240 | 305 | 350 |
| 225 | 250 | 45 | 110 | 110 | 175 | 170 | 235 | 235 | 300 | 330 | 395 | 15 | 50 | 50 | 100 | 100 | 150 | 170 | 215 | 215 | 265 | 330 | 380 |
| 250 | 280 | 55 | 125 | 125 | 195 | 190 | 260 | 260 | 330 | 370 | 440 | 20 | 55 | 55 | 110 | 110 | 165 | 185 | 240 | 240 | 295 | 370 | 420 |
| 280 | 315 | 55 | 130 | 130 | 205 | 200 | 275 | 275 | 350 | 410 | 485 | 20 | 60 | 60 | 120 | 120 | 180 | 205 | 265 | 265 | 325 | 410 | 470 |
| 315 | 355 | 65 | 145 | 145 | 225 | 225 | 305 | 305 | 385 | 455 | 535 | 20 | 65 | 65 | 135 | 135 | 200 | 225 | 295 | 295 | 360 | 455 | 520 |
| 355 | 400 | 100 | 190 | 190 | 280 | 280 | 370 | 370 | 460 | 510 | 600 | 25 | 75 | 75 | 150 | 150 | 225 | 255 | 330 | 330 | 405 | 510 | 585 |
| 400 | 450 | 110 | 210 | 210 | 310 | 310 | 410 | 410 | 510 | 565 | 665 | 25 | 85 | 85 | 170 | 170 | 255 | 285 | 370 | 370 | 455 | 565 | 650 |
| 450 | 500 | 110 | 220 | 220 | 330 | 330 | 440 | 440 | 550 | 625 | 735 | 25 | 95 | 95 | 190 | 190 | 285 | 315 | 410 | 410 | 505 | 625 | 720 |

注 (1) CC 是圆柱滚子轴承、无内圈有保持架滚针轴承的非互换性普通游隙的代号。

单位: μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 圆柱滚子轴承、滚针轴承的径向内部游隙 (圆锥孔) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | CC9 [1] | | CC0 | | CC1 | | CC2 | | CC [2] | | CC3 | | CC4 | | CC5 | |
| 超过 | 到 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| 10 | 24 | 5 | 10 | — | — | 10 | 20 | 20 | 30 | 35 | 45 | 45 | 55 | 55 | 65 | 75 | 85 |
| 24 | 30 | 5 | 10 | 8 | 15 | 10 | 25 | 25 | 35 | 40 | 50 | 50 | 60 | 60 | 70 | 80 | 95 |
| 30 | 40 | 5 | 12 | 8 | 15 | 12 | 25 | 25 | 40 | 45 | 55 | 55 | 70 | 70 | 80 | 95 | 110 |
| 40 | 50 | 5 | 15 | 10 | 20 | 15 | 30 | 30 | 45 | 50 | 65 | 65 | 80 | 80 | 95 | 110 | 125 |
| 50 | 65 | 5 | 15 | 10 | 20 | 15 | 35 | 35 | 50 | 55 | 75 | 75 | 90 | 90 | 110 | 130 | 150 |
| 65 | 80 | 10 | 20 | 15 | 30 | 20 | 40 | 40 | 60 | 70 | 90 | 90 | 110 | 110 | 130 | 150 | 170 |
| 80 | 100 | 10 | 25 | 20 | 35 | 25 | 45 | 45 | 70 | 80 | 105 | 105 | 125 | 125 | 150 | 180 | 205 |
| 100 | 120 | 10 | 25 | 20 | 35 | 25 | 50 | 50 | 80 | 95 | 120 | 120 | 145 | 145 | 170 | 205 | 230 |
| 120 | 140 | 15 | 30 | 25 | 40 | 30 | 60 | 60 | 90 | 105 | 135 | 135 | 160 | 160 | 190 | 230 | 260 |
| 140 | 160 | 15 | 35 | 30 | 50 | 35 | 65 | 65 | 100 | 115 | 150 | 150 | 180 | 180 | 215 | 260 | 295 |
| 160 | 180 | 15 | 35 | 30 | 50 | 35 | 75 | 75 | 110 | 125 | 165 | 165 | 200 | 200 | 240 | 285 | 320 |
| 180 | 200 | 20 | 40 | 30 | 50 | 40 | 80 | 80 | 120 | 140 | 180 | 180 | 220 | 220 | 260 | 315 | 355 |
| 200 | 225 | 20 | 45 | 35 | 60 | 45 | 90 | 90 | 135 | 155 | 200 | 200 | 240 | 240 | 285 | 350 | 395 |
| 225 | 250 | 25 | 50 | 40 | 65 | 50 | 100 | 100 | 150 | 170 | 215 | 215 | 265 | 265 | 315 | 380 | 430 |
| 250 | 280 | 25 | 55 | 40 | 70 | 55 | 110 | 110 | 165 | 185 | 240 | 240 | 295 | 295 | 350 | 420 | 475 |
| 280 | 315 | 30 | 60 | — | — | 60 | 120 | 120 | 180 | 205 | 265 | 265 | 325 | 325 | 385 | 470 | 530 |
| 315 | 355 | 30 | 65 | — | — | 65 | 135 | 135 | 200 | 225 | 295 | 295 | 360 | 360 | 430 | 520 | 585 |
| 355 | 400 | 35 | 75 | — | — | 75 | 150 | 150 | 225 | 255 | 330 | 330 | 405 | 405 | 480 | 585 | 660 |
| 400 | 450 | 40 | 85 | — | — | 85 | 170 | 170 | 255 | 285 | 370 | 370 | 455 | 455 | 540 | 650 | 735 |
| 450 | 500 | 45 | 95 | — | — | 95 | 190 | 190 | 285 | 315 | 410 | 410 | 505 | 505 | 600 | 720 | 815 |

注 (1) 游隙 CC9 适用 ISO 精度等级 5 级、4 级的锥孔圆柱滚子轴承。
(2) CC 是圆柱滚子轴承、无内圈有保持架滚针轴承的非互换性普通游隙代号。

## 表8.16　调心滚子轴承的径向内部游隙

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 圆柱孔轴承的游隙 | | | | | | | | | | 普通锥孔轴承的游隙 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C2 | | CN | | C3 | | C4 | | C5 | | C2 | | CN | | C3 | | C4 | | C5 | |
| 超过 | 到 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| **24** | **30** | 15 | 25 | 25 | 40 | 40 | 55 | 55 | 75 | 75 | 95 | 20 | 30 | 30 | 40 | 40 | 55 | 55 | 75 | 75 | 95 |
| **30** | **40** | 15 | 30 | 30 | 45 | 45 | 60 | 60 | 80 | 80 | 100 | 25 | 35 | 35 | 50 | 50 | 65 | 65 | 85 | 85 | 105 |
| **40** | **50** | 20 | 35 | 35 | 55 | 55 | 75 | 75 | 100 | 100 | 125 | 30 | 45 | 45 | 60 | 60 | 80 | 80 | 100 | 100 | 130 |
| **50** | **65** | 20 | 40 | 40 | 65 | 65 | 90 | 90 | 120 | 120 | 150 | 40 | 55 | 55 | 75 | 75 | 95 | 95 | 120 | 120 | 160 |
| **65** | **80** | 30 | 50 | 50 | 80 | 80 | 110 | 110 | 145 | 145 | 180 | 50 | 70 | 70 | 95 | 95 | 120 | 120 | 150 | 150 | 200 |
| **80** | **100** | 35 | 60 | 60 | 100 | 100 | 135 | 135 | 180 | 180 | 225 | 55 | 80 | 80 | 110 | 110 | 140 | 140 | 180 | 180 | 230 |
| **100** | **120** | 40 | 75 | 75 | 120 | 120 | 160 | 160 | 210 | 210 | 260 | 65 | 100 | 100 | 135 | 135 | 170 | 170 | 220 | 220 | 280 |
| **120** | **140** | 50 | 95 | 95 | 145 | 145 | 190 | 190 | 240 | 240 | 300 | 80 | 120 | 120 | 160 | 160 | 200 | 200 | 260 | 260 | 330 |
| **140** | **160** | 60 | 110 | 110 | 170 | 170 | 220 | 220 | 280 | 280 | 350 | 90 | 130 | 130 | 180 | 180 | 230 | 230 | 300 | 300 | 380 |
| **160** | **180** | 65 | 120 | 120 | 180 | 180 | 240 | 240 | 310 | 310 | 390 | 100 | 140 | 140 | 200 | 200 | 260 | 260 | 340 | 340 | 430 |
| **180** | **200** | 70 | 130 | 130 | 200 | 200 | 260 | 260 | 340 | 340 | 430 | 110 | 160 | 160 | 220 | 220 | 290 | 290 | 370 | 370 | 470 |
| **200** | **225** | 80 | 140 | 140 | 220 | 220 | 290 | 290 | 380 | 380 | 470 | 120 | 180 | 180 | 250 | 250 | 320 | 320 | 410 | 410 | 520 |
| **225** | **250** | 90 | 150 | 150 | 240 | 240 | 320 | 320 | 420 | 420 | 520 | 140 | 200 | 200 | 270 | 270 | 350 | 350 | 450 | 450 | 570 |
| **250** | **280** | 100 | 170 | 170 | 260 | 260 | 350 | 350 | 460 | 460 | 570 | 150 | 220 | 220 | 300 | 300 | 390 | 390 | 490 | 490 | 620 |
| **280** | **315** | 110 | 190 | 190 | 280 | 280 | 370 | 370 | 500 | 500 | 630 | 170 | 240 | 240 | 330 | 330 | 430 | 430 | 540 | 540 | 680 |
| **315** | **355** | 120 | 200 | 200 | 310 | 310 | 410 | 410 | 550 | 550 | 690 | 190 | 270 | 270 | 360 | 360 | 470 | 470 | 590 | 590 | 740 |
| **355** | **400** | 130 | 220 | 220 | 340 | 340 | 450 | 450 | 600 | 600 | 750 | 210 | 300 | 300 | 400 | 400 | 520 | 520 | 650 | 650 | 820 |
| **400** | **450** | 140 | 240 | 240 | 370 | 370 | 500 | 500 | 660 | 660 | 820 | 230 | 330 | 330 | 440 | 440 | 570 | 570 | 720 | 720 | 910 |
| **450** | **500** | 140 | 260 | 260 | 410 | 410 | 550 | 550 | 720 | 720 | 900 | 260 | 370 | 370 | 490 | 490 | 630 | 630 | 790 | 790 | 1 000 |
| **500** | **560** | 150 | 280 | 280 | 440 | 440 | 600 | 600 | 780 | 780 | 1 000 | 290 | 410 | 410 | 540 | 540 | 680 | 680 | 870 | 870 | 1 100 |
| **560** | **630** | 170 | 310 | 310 | 480 | 480 | 650 | 650 | 850 | 850 | 1 100 | 320 | 460 | 460 | 600 | 600 | 760 | 760 | 980 | 980 | 1 230 |
| **630** | **710** | 190 | 350 | 350 | 530 | 530 | 700 | 700 | 920 | 920 | 1 190 | 350 | 510 | 510 | 670 | 670 | 850 | 850 | 1 090 | 1 090 | 1 360 |
| **710** | **800** | 210 | 390 | 390 | 580 | 580 | 770 | 770 | 1 010 | 1 010 | 1 300 | 390 | 570 | 570 | 750 | 750 | 960 | 960 | 1 220 | 1 220 | 1 500 |
| **800** | **900** | 230 | 430 | 430 | 650 | 650 | 860 | 860 | 1 120 | 1 120 | 1 440 | 440 | 640 | 640 | 840 | 840 | 1 070 | 1 070 | 1 370 | 1 370 | 1 690 |
| **900** | **1 000** | 260 | 480 | 480 | 710 | 710 | 930 | 930 | 1 220 | 1 220 | 1 570 | 490 | 710 | 710 | 930 | 930 | 1 190 | 1 190 | 1 520 | 1 520 | 1 860 |
| **1 000** | **1 120** | 290 | 530 | 530 | 780 | 780 | 1 020 | 1 020 | 1 330 | — | — | 530 | 770 | 770 | 1 030 | 1 030 | 1 300 | 1 300 | 1 670 | — | — |
| **1 120** | **1 250** | 320 | 580 | 580 | 860 | 860 | 1 120 | 1 120 | 1 460 | — | — | 570 | 830 | 830 | 1 120 | 1 120 | 1 420 | 1 420 | 1 830 | — | — |
| **1 250** | **1 400** | 350 | 640 | 640 | 950 | 950 | 1 240 | 1 240 | 1 620 | — | — | 620 | 910 | 910 | 1 230 | 1 230 | 1 560 | 1 560 | 2 000 | — | — |

## 表8.17 双列及成对双联圆锥滚子轴承的径向内部游隙

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) 超过 | 到 | 游隙 C1 最小 | C1 最大 | C2 最小 | C2 最大 | CN 最小 | CN 最大 | C3 最小 | C3 最大 | C4 最小 | C4 最大 | C5 最小 | C5 最大 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 圆柱孔 | | — | | C1 | | C2 | | CN | | C3 | | C4 | |
| 圆锥孔 | | — | | C1 | | C2 | | CN | | C3 | | C4 | |
| — | **18** | 0 | 10 | 10 | 20 | 20 | 30 | 35 | 45 | 50 | 60 | 65 | 75 |
| **18** | **24** | 0 | 10 | 10 | 20 | 20 | 30 | 35 | 45 | 50 | 60 | 65 | 75 |
| **24** | **30** | 0 | 10 | 10 | 20 | 20 | 30 | 40 | 50 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| **30** | **40** | 0 | 12 | 12 | 25 | 25 | 40 | 45 | 60 | 60 | 75 | 80 | 95 |
| **40** | **50** | 0 | 15 | 15 | 30 | 30 | 45 | 50 | 65 | 65 | 80 | 95 | 110 |
| **50** | **65** | 0 | 15 | 15 | 35 | 35 | 55 | 60 | 80 | 80 | 100 | 110 | 130 |
| **65** | **80** | 0 | 20 | 20 | 40 | 40 | 60 | 70 | 90 | 90 | 110 | 130 | 150 |
| **80** | **100** | 0 | 25 | 25 | 50 | 50 | 75 | 80 | 105 | 105 | 130 | 155 | 180 |
| **100** | **120** | 5 | 30 | 30 | 55 | 55 | 80 | 90 | 115 | 120 | 145 | 180 | 210 |
| **120** | **140** | 5 | 35 | 35 | 65 | 65 | 95 | 100 | 130 | 135 | 165 | 200 | 230 |
| **140** | **160** | 10 | 40 | 40 | 70 | 70 | 100 | 110 | 140 | 150 | 180 | 220 | 260 |
| **160** | **180** | 10 | 45 | 45 | 80 | 80 | 115 | 125 | 160 | 165 | 200 | 250 | 290 |
| **180** | **200** | 10 | 50 | 50 | 90 | 90 | 130 | 140 | 180 | 180 | 220 | 280 | 320 |
| **200** | **225** | 20 | 60 | 60 | 100 | 100 | 140 | 150 | 190 | 200 | 240 | 300 | 340 |
| **225** | **250** | 20 | 65 | 65 | 110 | 110 | 155 | 165 | 210 | 220 | 270 | 330 | 380 |
| **250** | **280** | 20 | 70 | 70 | 120 | 120 | 170 | 180 | 230 | 240 | 290 | 370 | 420 |
| **280** | **315** | 30 | 80 | 80 | 130 | 130 | 180 | 190 | 240 | 260 | 310 | 410 | 460 |
| **315** | **355** | 30 | 80 | 80 | 130 | 140 | 190 | 210 | 260 | 290 | 350 | 450 | 510 |
| **355** | **400** | 40 | 90 | 90 | 140 | 150 | 200 | 220 | 280 | 330 | 390 | 510 | 570 |
| **400** | **450** | 45 | 95 | 95 | 145 | 170 | 220 | 250 | 310 | 370 | 430 | 560 | 620 |
| **450** | **500** | 50 | 100 | 100 | 150 | 190 | 240 | 280 | 340 | 410 | 470 | 620 | 680 |
| **500** | **560** | 60 | 110 | 110 | 160 | 210 | 260 | 310 | 380 | 450 | 520 | 700 | 770 |
| **560** | **630** | 70 | 120 | 120 | 170 | 230 | 290 | 350 | 420 | 500 | 570 | 780 | 850 |
| **630** | **710** | 80 | 130 | 130 | 180 | 260 | 310 | 390 | 470 | 560 | 640 | 870 | 950 |
| **710** | **800** | 90 | 140 | 150 | 200 | 290 | 340 | 430 | 510 | 630 | 710 | 980 | 1 060 |
| **800** | **900** | 100 | 150 | 160 | 210 | 320 | 370 | 480 | 570 | 700 | 790 | 1 100 | 1 200 |
| **900** | **1 000** | 120 | 170 | 180 | 230 | 360 | 410 | 540 | 630 | 780 | 870 | 1 200 | 1 300 |
| **1 000** | **1 120** | 130 | 190 | 200 | 260 | 400 | 460 | 600 | 700 | — | — | — | — |
| **1 120** | **1 250** | 150 | 210 | 220 | 280 | 450 | 510 | 670 | 770 | — | — | — | — |
| **1 250** | **1 400** | 170 | 240 | 250 | 320 | 500 | 570 | 750 | 870 | — | — | — | — |

**备注** 轴向内部游隙 $\Delta_a = \Delta_r \cot\alpha \fallingdotseq \frac{1.5}{e}\Delta_r$

式中，$\Delta_r$：径向游隙

$\alpha$：接触角

$e$：常数（见轴承尺寸表）

表8.18　成对双联角接触球轴承的轴向内部游隙(测量游隙)

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 轴向游隙 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 接触角30° | | | | | | 接触角40° | | | | | |
| | | CN | | C3 | | C4 | | CN | | C3 | | C4 | |
| 超过 | 到 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| — | **10** | 9 | 29 | 29 | 49 | 49 | 69 | 6 | 26 | 26 | 46 | 46 | 66 |
| **10** | **18** | 10 | 30 | 30 | 50 | 50 | 70 | 7 | 27 | 27 | 47 | 47 | 67 |
| **18** | **24** | 19 | 39 | 39 | 59 | 59 | 79 | 13 | 33 | 33 | 53 | 53 | 73 |
| **24** | **30** | 20 | 40 | 40 | 60 | 60 | 80 | 14 | 34 | 34 | 54 | 54 | 74 |
| **30** | **40** | 26 | 46 | 46 | 66 | 66 | 86 | 19 | 39 | 39 | 59 | 59 | 79 |
| **40** | **50** | 29 | 49 | 49 | 69 | 69 | 89 | 21 | 41 | 41 | 61 | 61 | 81 |
| **50** | **65** | 35 | 60 | 60 | 85 | 85 | 110 | 25 | 50 | 50 | 75 | 75 | 100 |
| **65** | **80** | 38 | 63 | 63 | 88 | 88 | 115 | 27 | 52 | 52 | 77 | 77 | 100 |
| **80** | **100** | 49 | 74 | 74 | 99 | 99 | 125 | 35 | 60 | 60 | 85 | 85 | 110 |
| **100** | **120** | 72 | 97 | 97 | 120 | 120 | 145 | 52 | 77 | 77 | 100 | 100 | 125 |
| **120** | **140** | 85 | 115 | 115 | 145 | 145 | 175 | 63 | 93 | 93 | 125 | 125 | 155 |
| **140** | **160** | 90 | 120 | 120 | 150 | 150 | 180 | 66 | 96 | 96 | 125 | 125 | 155 |
| **160** | **180** | 95 | 125 | 125 | 155 | 155 | 185 | 68 | 98 | 98 | 130 | 130 | 160 |
| **180** | **200** | 110 | 140 | 140 | 170 | 170 | 200 | 80 | 110 | 110 | 140 | 140 | 170 |

**备注**　本表适用于精度等级 0 级及 6 级的轴承，关于 5 级以上的轴承及接触角 15°、25° 轴承的轴向游隙，请与 NSK 联系。

表8.19　4 点接触球轴承的轴向内部游隙（测量游隙）

单位：μm

| 轴承公称内径 $d$ (mm) | | 轴向内部游隙 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C2 | | CN | | C3 | | C4 | |
| 超过 | 到 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| **10** | **18** | 15 | 55 | 45 | 85 | 75 | 125 | 115 | 165 |
| **18** | **40** | 26 | 66 | 56 | 106 | 96 | 146 | 136 | 186 |
| **40** | **60** | 36 | 86 | 76 | 126 | 116 | 166 | 156 | 206 |
| **60** | **80** | 46 | 96 | 86 | 136 | 126 | 176 | 166 | 226 |
| **80** | **100** | 56 | 106 | 96 | 156 | 136 | 196 | 186 | 246 |
| **100** | **140** | 66 | 126 | 116 | 176 | 156 | 216 | 206 | 266 |
| **140** | **180** | 76 | 156 | 136 | 196 | 176 | 246 | 226 | 296 |
| **180** | **220** | 96 | 176 | 156 | 226 | 206 | 276 | 256 | 326 |
| **220** | **260** | 115 | 196 | 175 | 245 | 225 | 305 | 285 | 365 |
| **260** | **300** | 135 | 215 | 195 | 275 | 255 | 335 | 315 | 395 |
| **300** | **350** | 155 | 235 | 215 | 305 | 275 | 365 | 345 | 425 |
| **350** | **400** | 175 | 265 | 245 | 335 | 315 | 405 | 385 | 475 |
| **400** | **500** | 205 | 305 | 285 | 385 | 355 | 455 | 435 | 525 |

### 8.2.2　轴承内部游隙的选择

在各表所示的内部游隙中，普通游隙值对于标准工况而言已经足够。从 C2 到 C1，游隙逐渐变小，而从 C3 到 C5，游隙逐渐变大。

标准工况指内圈转速低于轴承尺寸表所列额定转速 50%、载荷低于普通载荷 ($P \fallingdotseq 0.1C_r$)，且轴承与轴采取过盈配合的情况。

为了降低电机的噪声，轴承径向游隙范围要小于普通等级，且电机用深沟球轴承及圆柱滚子轴承的径向游隙值也较小 (参考表 8.14.1 和 8.14.2)。

轴承内部游隙受配合和运转时温差条件的影响。图 8.8 所示为滚子轴承径向游隙的变化。

#### (1)　配合引起的径向游隙减少量与安装游隙

当内圈或外圈与轴或轴承座采取过盈配合时，轴承套圈的膨胀或收缩会导致轴向内部游隙减少。减少量因轴承类型、尺寸，以及轴及轴承座的设计而异，大约是过盈量的 70~90% (参考 A156 和 A157 页 8.1.2 节的“配合”(5) 部分)。从理论内部游隙 $\Delta_0$ 中减去该减少量，得到的结果便称为安装游隙 $\Delta_f$。

### (2) 内外圈温差引起的径向内部游隙减少量及有效游隙

轴承旋转产生的摩擦热，通过轴及轴承座散去。一般轴承座比轴的散热条件好，所以内圈及滚动体的温度要比外圈高出 5~10°C。并且，当轴受热或轴承座冷却的情况下，内外圈的温差更大。径向游隙会因内外圈温差导致的热膨胀而减少。减少量可通过以下公式求出：

$$\delta_t \fallingdotseq \alpha \Delta_t D_e \cdots\cdots (8.8)$$

式中，$\delta_t$：内外圈温差引起的径向游隙减少量 (mm)

$\alpha$：轴承钢的线性膨胀系数≒$12.5\times10^{-6}$ (1/°C)

$\Delta_t$：内外圈温差 (°C)

$D_e$：外圈滚道直径 (mm)

球轴承

$$D_e \fallingdotseq \frac{1}{5}(4D+d) \cdots\cdots (8.9)$$

滚子轴承

$$D_e \fallingdotseq \frac{1}{4}(3D+d) \cdots\cdots (8.10)$$

从安装游隙中减去 $\delta_t$ 后得到的游隙称为有效游隙 $\Delta$。理论上，该有效游隙略为负数时，轴承的疲劳寿命最长。但实际使用时，比较难以达到这种理想状态，并且过大的负游隙量会显著缩短轴承寿命。因此，应选择零游隙或略微为正的游隙，而不是负游隙。将单列角接触球轴承或圆锥滚子轴承面对面对置使用时，除需要预紧的情况外，应保留一些有效游隙。将两套单侧带挡边的圆柱滚子轴承面对面对置使用时，考虑到运转中的轴膨胀，需要提供适当的轴向游隙。

表 8.20 中列出了一些具体应用中使用的径向游隙。如遇特殊工况，建议咨询 NSK。

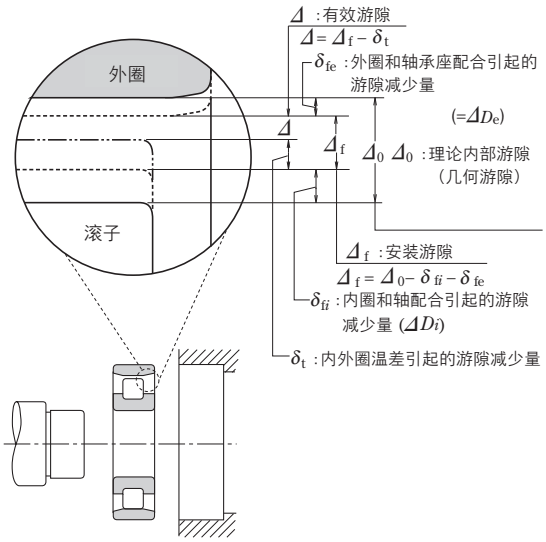



图 8.8 轴承径向内部游隙的变化

表8.20 非标准内部游隙选择举例

| 工况 | 用途举例 | 游隙举例 |
|---|---|---|
| 轴挠曲较大时 | 汽车后轮 | C5或同等水平 |
| 蒸气通过空心轴或辊子轴受热的场合 | 造纸机烘缸<br>轧钢机辊道辊 | C3、C4<br>C3 |
| 冲击、振动大的场合<br>内圈、外圈均采用过盈配合 | 铁道用牵引电机<br>振动筛<br>液压联轴节<br>拖拉机终减速机 | C4<br>C3、C4<br>C4<br>C4 |
| 内外圈均采用间隙配合 | 轧辊<br>连铸 | C2或同等水平 |
| 严格控制旋转时的音响噪声 | 小型电机<br>（特殊规格） | C1、C2、CM |
| 控制轴的跳动，组装后调整游隙 | 车床主轴 | CC9、CC1 |

## 8.3 技术数据

### 8.3.1 滚动轴承的温升和尺寸变化

滚动轴承是极精密的机械元件，因此，不能忽视因温度引起的任何尺寸精度变化。相应地，根据规定，必须在 20°C 条件下进行轴承测量，且标准中规定的尺寸也是 20°C 时的值。

温度变动引起的尺寸变化不仅影响尺寸精度，还会在运转时影响轴承的内部游隙。尺寸变化可能会引起内圈和轴或外圈和轴承座孔之间的过盈量变化。另外，还可以利用温差引起的尺寸变化，对过盈量大的零部件进行热装。温升导致的尺寸变化 $\Delta l$ 可通过以下公式 (8.11) 表示：

$$\Delta l = \Delta T \ \alpha \ l \ (\mathrm{mm}) \quad \cdots\cdots (8.11)$$

式中，$\Delta l$：尺寸变化 (mm)

$\Delta T$：温升 (°C)

$\alpha$：轴承钢线性膨胀系数

$\alpha$=12.5×10$^{-6}$ (1/°C)

$l$：原始尺寸 (mm)

公式 (8.11) 的图示如图 8.9 所示。在下例中，可使用图 8.9 方便地获得尺寸变化的大致数值。

(1) 根据环境温度纠正尺寸测量
(2) 确定因运转中内外圈温差导致的轴承内部游隙变化
(3) 确定热装时过盈量和加热温度的关系
(4) 确定配合面存在温差时过盈量的变化

**举例**

如果要将内径为 110 mm 的内圈热装配至 n6 公差等级的轴上，需将内圈加热到多少度?

直径为 110 mm 的 n6 轴和内圈之间的最大过盈量为 0.065。为了便于将内圈插到轴上，游隙必须为 0.03~0.04。相应地，内圈膨胀量必须为 0.095~0.105。

可以根据纵轴 $\Delta l$=0.105 和横轴 $l$=110 在图上确定一个交点。$\Delta T$ 位于 70°C 和 80°C 温度范围内 ($\Delta T \fallingdotseq$ 77°C)。因此，可以将内圈加热温度设置在室温 +80°C。

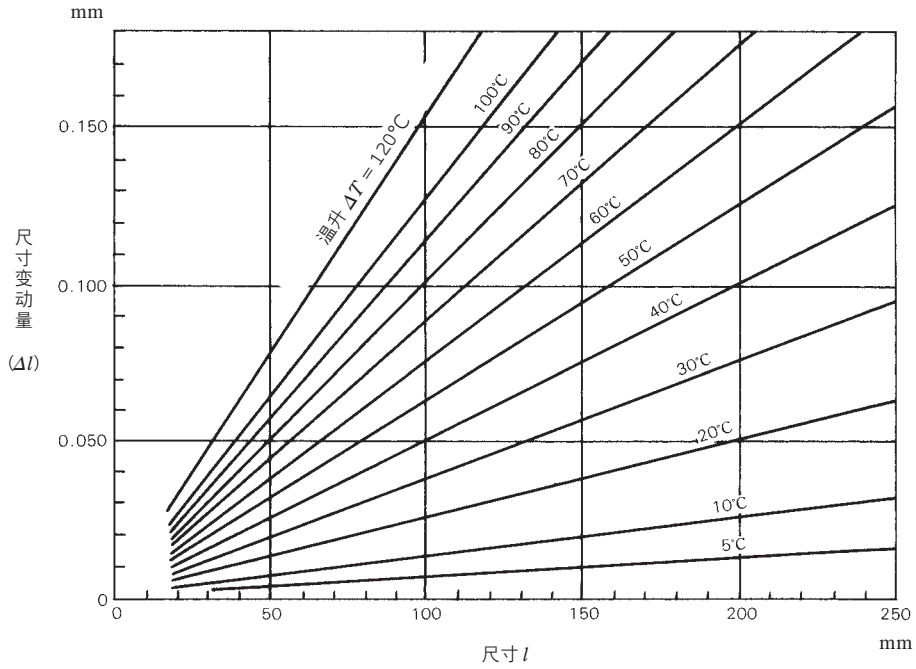



图8.9 轴承钢的温升和尺寸变化

### 8.3.2 温升引起的过盈量变化（铝制轴承座、塑料轴承座）

为了降低重量和成本或提升设备的性能，常会使用铝、轻合金或塑料（聚缩醛树脂等）作为轴承座的材料。

如果轴承座使用了非铁材料，运转过程中出现的任何升温情况都会由于线性膨胀系数的不同影响外圈的过盈量或游隙。塑料的线性膨胀系数较高，因此变化也会较大。

轴承外圈配合面因升温引起的游隙或过盈量偏差 $\Delta D_T$ 可使用以下公式表示：

$$\Delta D_T=(\alpha_1\cdot\Delta T_1-\alpha_2\cdot\Delta T_2)D \ (\mathrm{mm}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (8.12)$$

式中，$\Delta D_T$ ：温差引起的配合面间隙或过盈量变动量

$\alpha_1$ ：轴承座的线性膨胀系数 (1/℃)

$\Delta T_1$ ：配合面附近的轴承座温升 (℃)

$\alpha_2$ ：轴承外圈的线性膨胀系数轴承钢

……$\alpha_2$=12.5x10$^{-6}$ (1/℃)

$\Delta T_2$ ：配合面附近的外圈温升 (℃)

$D$ ：公称轴承外径 (mm)

轴承座温升和外圈的温升一般稍有不同，但如果我们假设两者在配合面附近大致相等，($\Delta T_1 \fallingdotseq \Delta T_2=\Delta T$)，公式 (8.13) 变为：

$$\Delta D_T=(\alpha_1-\alpha_2)\ \Delta T\cdot D \ (\mathrm{mm}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (8.13)$$

式中，$\Delta T$：配合面附近的外圈和轴承座温升 (℃)

对于铝制轴承座 ($\alpha_1$=23.7x10$^{-6}$)，公式 (8.13) 可以线条图像方式表示在图 8.10 中。

在各类塑料材料中，聚缩醛树脂是常用的轴承座材料。塑料的线性膨胀系数不尽相同或具有方向性。聚缩醛树脂成形品的系数约为 9x10$^{-5}$。公式 (8.13) 的图示如图 8.11 所示。

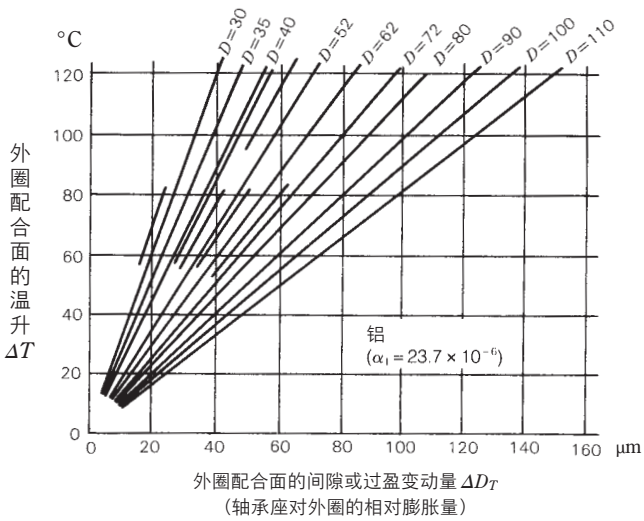



图8.10 铝质轴承座的情况

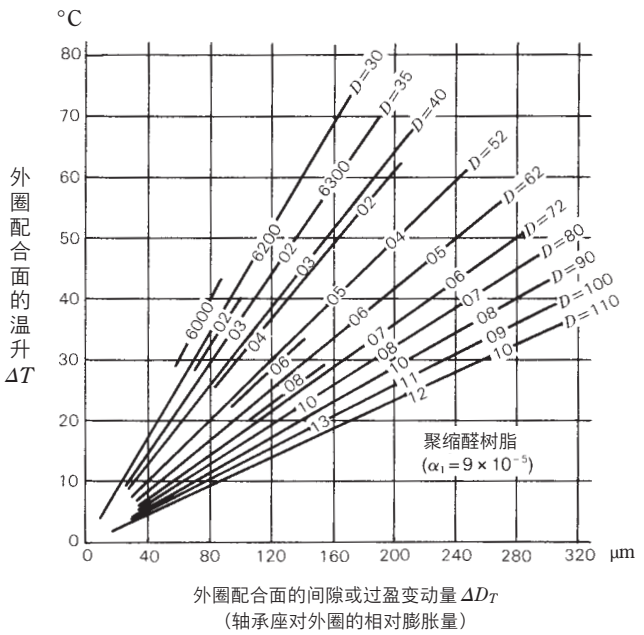



图8.11 聚缩醛树脂轴承座的情况

### 8.3.3 安装游隙的计算

在 8.2.2 节中，我们讨论了不同类型的内部轴承游隙。本节中，我们将一步步说明计算残余内部游隙的步骤。

当内圈压装进轴或外圈压装进轴承座时，径向内部游隙会因为轴承滚道的膨胀或收缩而减少。一般而言，大多数轴承采用内圈旋转，内圈和轴之间采用过盈配合，外圈和轴承座之间采用间隙配合。因此，一般只需考虑内圈过盈量的影响。

下文中，我们选择了一个 6310 单列深沟球轴承用于计算举例。轴设为 k5，轴承座设为 H7。过盈配合仅作用于内圈。

轴径、轴承内径和径向游隙为标准轴承测量值。设 99.7% 的部件位于公差范围内，可以计算出安装后（残余游隙）内部游隙的平均值 ($m_{\Delta f}$) 和标准差 ($\sigma_{\Delta f}$)。测量值的单位为毫米 (mm)。

$$\sigma_s = \frac{R_s/2}{3} = 0.0018$$

$$\sigma_i = \frac{R_i/2}{3} = 0.0020$$

$$\sigma_{\Delta 0} = \frac{R_{\Delta 0}/2}{3} = 0.0028$$

$$\sigma_f^2 = \sigma_s^2 + \sigma_i^2$$

$$m_{\Delta f} = m_{\Delta 0} - \lambda_i \ (m_s - m_i) = 0.0035$$

$$\sigma_{\Delta f} = \sqrt{\sigma_{\Delta 0}^2 + \lambda_i^2 \ \sigma_f^2} = 0.0035$$

式中，
$\sigma_s$：轴径的标准偏差
$\sigma_i$：轴承内径的标准偏差
$\sigma_f$：过盈量的标准偏差
$\sigma_{\Delta 0}$：径向游隙的标准偏差（安装前）
$\sigma_{\Delta f}$：安装游隙的标准偏差（安装后）
$m_s$：轴径的平均值 ($\phi$50+0.008)
$m_i$：轴承内径的平均值 ($\phi$50–0.006)
$m_{\Delta 0}$：径向游隙的平均值（安装前）(0.014)
$m_{\Delta f}$：安装游隙的平均值（安装后）
$R_s$：轴公差 (0.011)
$R_i$：轴承内径公差 (0.012)
$R_{\Delta 0}$：径向游隙的范围（安装前）(0.017)
$\lambda_i$：名义过盈量引起的内圈滚道直径膨胀率（根据图 8.12 可知为 0.75）

另外，名义过盈量造成的游隙减少量平均值用 $\lambda_i$ ($m_m - m_i$) 表示。

以安装游隙（安装后的游隙）的散差分布在 99.7% 以内，求 ($R_{\Delta f}$) 的范围。

$$R_{\Delta f} = m_{\Delta f} \pm 3\sigma_{\Delta f} = +0.014 \sim -0.007$$

换言之，安装游隙平均值 ($m_{\Delta f}$) 为 +0.0035，对于轴承来说，范围为 –0.007~+0.014。

单位：mm

| | | |
|---|---|---|
| 轴径 | $\phi$50 | +0.013<br>+0.002 |
| 轴承内径，($d$) | $\phi$50 | 0<br>- 0.012 |
| 径向内部游隙 ($\Delta_0$) | 0.006~0.023(1) | |

注　(1) 普通游隙值

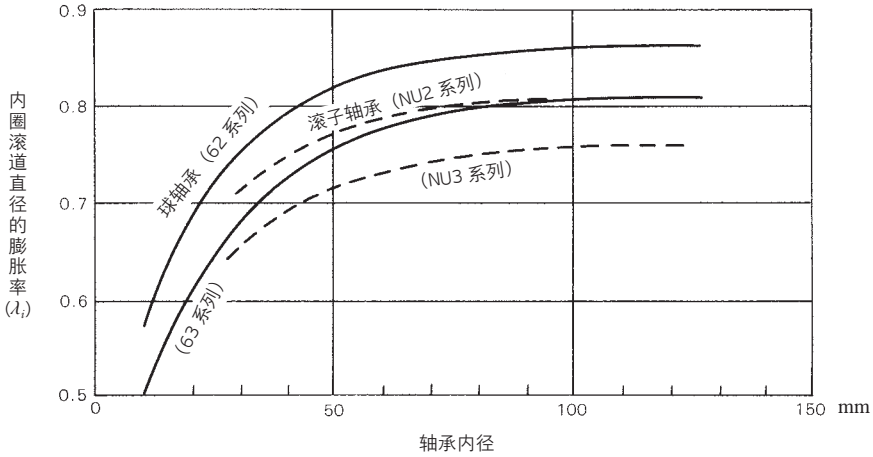



图8.12 过盈量造成的内圈滚道直径膨胀率（$\lambda_i$）

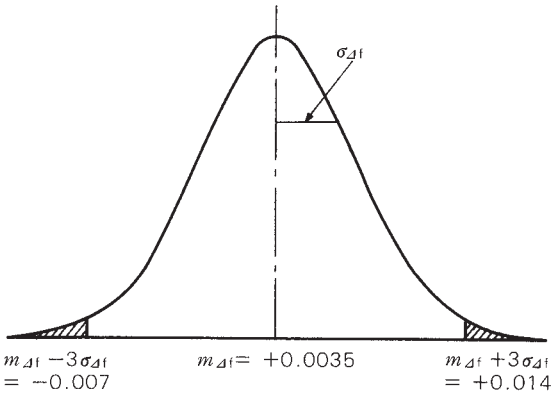



图8.13 安装游隙分布示意图

### 8.3.4 轴承配合引起的滚道直径变化（内圈的配合）

安装配合引起的径向游隙减少量是与径向游隙相关的重要因素之一。轴与内圈，轴承座孔与外圈采用过盈配合时，则内圈膨胀，外圈收缩。

套圈膨胀量与收缩量的计算方法之前已在 8.1.2 (5) 节中介绍过了，然而，计算内滚道膨胀量 ($\Delta D_i$) 需使用公式 (8.14)：

$$\Delta D_i = \Delta d \; k \; \frac{1-k_0^{\,2}}{1-k^2 \; k_0^{\,2}} \qquad \cdots\cdots(8.14)$$

式中，$\Delta d$：有效过盈量 (mm)

$k$：内圈内径与滚道直径之比；$k=d/D_i$

$k_0$：空心轴内外径之比；$k_0=d_0/D_i$

$d$：内圈内径（轴径）(mm)

$D_i$：内圈滚道直径 (mm)

$d_0$：空心轴的内径 (mm)

图 8.14 将公式 (8.14) 转化为了更清楚的图形。

图 8.14 的纵轴代表内滚道直径膨胀量与过盈量之比。横轴是空心轴内外径之比 ($k_0$)，并将轴承内径和内圈滚道的直径之比 ($k$) 作为其参数。

一般，求出的径向游隙减少量约为过盈量的 80%。不过，这只适用于实心轴安装。对于空心轴安装，径向游隙的减少量因轴内外径之比而异。由于一般的 80% 法则是基于平均轴承内径尺寸与内滚道直径之比，因此，其会因不同的轴承类型、尺寸和系列而变化。单列深沟球轴承和圆柱滚子轴承的典型图如图 8.15 和 8.16 所示。图 8.14 中的值仅适用于钢轴。

我们以安装在空心轴上的 6220 球轴承为例（直径 $d$=100 mm，内径 $d_0$=65 mm），配合等级为 m5，求径向游隙减少量。

如图 8.15 所示，轴承内径和滚道直径之比 $k$ 为 0.87。轴内外径之比用 $k_0$ 表示，$k_0=d_0/d$=0.65。因此，根据图 8.14 可知，滚道膨胀率为 73%。

设过盈量在 m5 时平均值为 30 μm，则内圈滚道直径的膨胀量，即配合所致径向游隙减少量 0.73×30=22 μm。

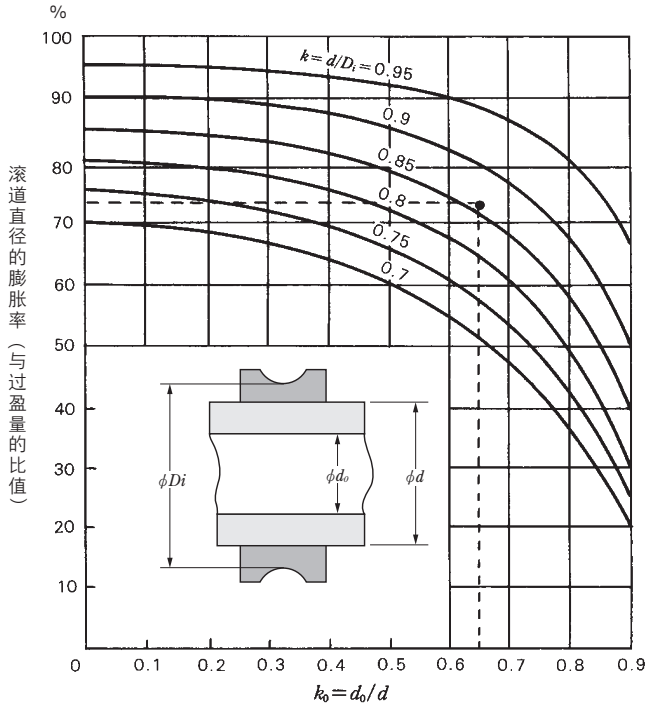



图8.14　配合导致的滚道直径膨胀(钢制轴与内圈的配合)

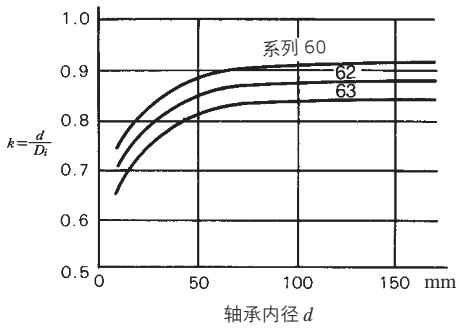



图8.15　深沟球轴承内圈内径与滚道直径之比

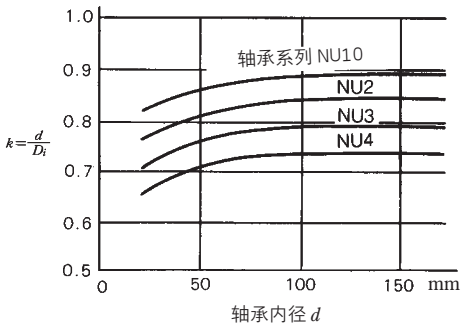



图8.16　圆柱滚子轴承内圈内径与滚道直径之比

### 8.3.5 轴承配合引起的滚道直径变化（外圈的配合）

接下来，我们继续计算配合后外圈的滚道收缩量。

当旋转内圈承受轴承载荷（外圈承受静态载荷）时，内圈采用过盈配合，外圈则采用过渡配合或间隙配合。然而，当旋转外圈承受轴承载荷（内圈承受静态载荷）或不定载荷的情况下，且外圈安装必须采取过盈配合时，与内圈采用过盈配合时一样，也会出现配合导致径向游隙减少的问题。

实际上，由于外圈的过盈量，受到应力、以及大多数轴承应用的限制，因此，难以达到大过盈量。而且，与内圈旋转载荷相比，在实际使用中，很少出现不定载荷的情况。因而，也很少需要担心外圈过盈量导致径向游隙减少的情况。

外圈滚道直径的减少量 $\Delta D_e$ 可通过公式 (8.15) 求出：

$$\Delta D_e = \Delta D \cdot h \frac{1-h_0^2}{1-h^2\ h_0^2} \quad \cdots\cdots (8.15)$$

式中，$\Delta D$：有效过盈量 (mm)

$h$：外圈滚道直径和外径之比，$h=D_e/D$

$h_0$：轴承座内外径之比，$h_0=D/D_0$

$D$：轴承外径（轴承座孔径）(mm)

$D_e$：外圈滚道直径 (mm)

$D_0$：轴承座外径 (mm)

图 8.17 是以上公式的图示版。

纵轴是外圈滚道收缩量占过盈量的比例，横轴是轴承座厚度比 $h_0$。该图根据 0.7~0.95（增量为 0.05）外圈厚度比常数数据绘制。厚度比 $h$ 的值因轴承类型、尺寸和直径系列而异。单列深沟球轴承和圆柱滚子轴承的典型值分别如图 8.18 和 8.19 所示。

作用于旋转外圈上的载荷出现在诸如汽车前轴、张紧轮、输送带系统和其他滑轮系统中。

例如，设一 6207 球轴承以 N7 配合安装在钢制轴承座上，求径向游隙的减少量。设轴承座的外径 $D_0$=95，轴承外径 $D$=72。根据图 8.18 可知，外圈厚度比 $h$ 为 0.9。因为 $h_0=D/D_0$=0.76，所以根据图 8.17 可知滚道收缩率为 71%。过盈量如取 N7 的平均值为 18 μm，则外圈滚道直径的收缩量或径向游隙的减少量为 0.71×18 ≒ 13 μm。

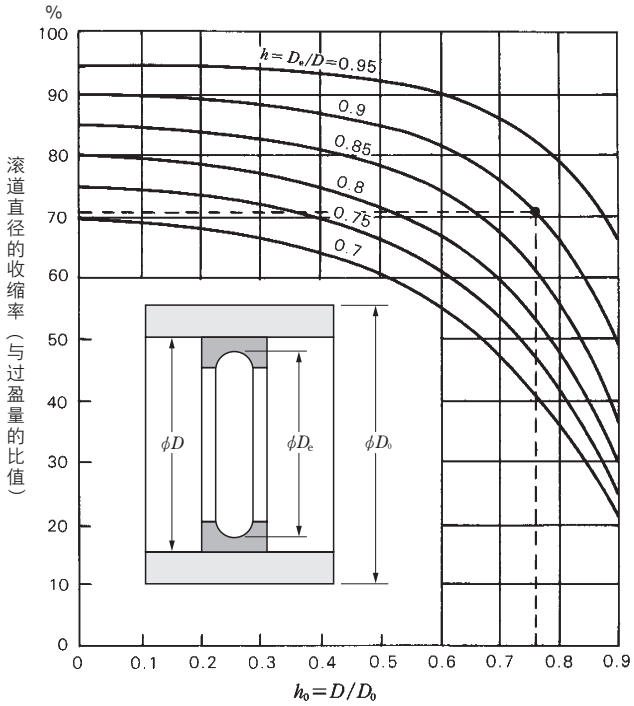



图8.17 过盈配合导致的滚道直径收缩
（钢制轴承座与外圈的配合）

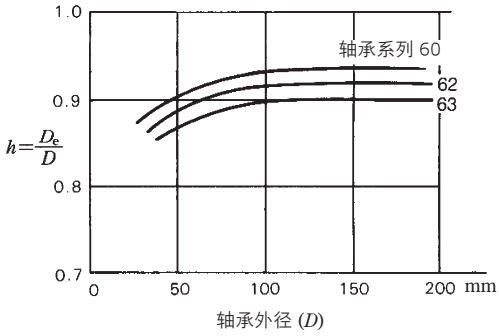



图8.18 深沟球轴承外圈沟道直径与外径之比

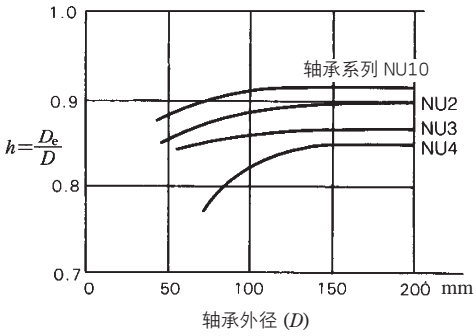



图8.19 圆柱滚子轴承外圈滚道直径与外径之比

### 8.3.6 成对双联圆锥滚子轴承内部游隙的测量方法(宽度差法)

成对双联圆锥滚子轴承有两种类型：背靠背(DB 型)和面对面(DF 型)(见图 8.20 和图 8.21)。它们各有所长，可以联成组或与其它轴承成对组装为固定端或者自由端轴承。

对于 DB 型成对双联圆锥滚子轴承，因保持架凸出外圈背面，故而装上外隔圈(图 8.20 中的 K 隔圈)，以防止保持架之间相互接触。内圈也可装上宽度合适的隔圈(图 8.20 中的 L 隔圈)以保证游隙。如图 8.21 所示，DF 型成对双联的轴承中也安装了 K 隔圈。

通常，在采用这种轴承时，往往需要考虑到运行中的发热情况，因而留出合适的游隙；在需要提高轴承刚度时，施加一定的预紧量。为了在安装后提供合适的游隙或预紧(负游隙)，应对隔圈宽度进行调整。

下面，我们将为您介绍 DB 配置的游隙测量方法。

(1) 如图 8.22 所示，将轴承 A 放在平台上，旋转外圈(10 圈以上)使滚子固定，测量宽度差 $f_A=T_A-B_A$。

(2) 接下来，如图 8.23 所示，使用相同的方法测量轴承 B 的宽度差 $f_B=T_B-B_B$。

(3) 然后，如图 8.24 所示，测量 K 和 L 隔圈的宽度。

根据以上测量的结果，结合图 8.22~8.24 中的符号和公式 (8.16) 可以求出成对双联圆锥滚子轴承的轴向游隙 $\Delta_a$：

$$\Delta_a=(L-K)-(f_A+f_B) \quad \cdots\cdots (8.16)$$

例如，确认成对双联圆锥滚子轴承 HR32232JDB + KLR10AC3，要将实际产品的游隙与标准对照，先参考表 8.17，注意 C3 游隙范围为 $\Delta_r$=110~140 μm。

为了将该规格与宽度差测量结果进行比较，使用公式 (8.17) 将其换算成轴向游隙 $\Delta_a$：

$$\Delta_a=\Delta_r\cot\alpha \fallingdotseq \Delta_r\frac{1.5}{e} \quad \cdots\cdots (8.17)$$

式中，$e$：按每个轴承代号确定的常数(见 NSK 滚动轴承目录的轴承尺寸表)

由 C205 页可查得 $e$=0.44，则：

$$\Delta_a=(110\sim140)\times\frac{1.5}{e}$$

$$\fallingdotseq 380\sim480\ \mu m$$

按式 (8.16) 宽度差法求得的轴向游隙 $\Delta_a$ 只要在上述范围之内，就可以确定轴承游隙等于 C3。

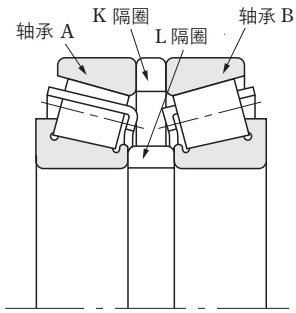



图8.20 DB 双联

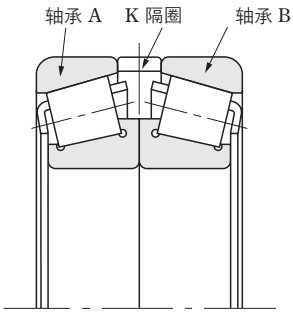



图8.21 DF 双联

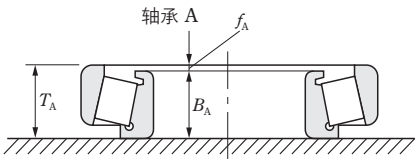



图8.22

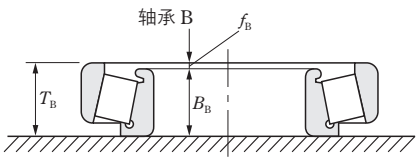



图8.23

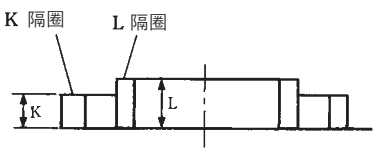



图8.24

### 8.3.7 安装圆锥滚子轴承时的内部游隙调整方法

通常采用两套单列圆锥滚子轴承相对安装来调整轴向游隙。其用法分为背靠背（DB 型）与面对面（DF 型）。

背对背配置通过使用轴螺母或轴端螺栓紧固内圈实现游隙调整。图 8.25 所示为使用轴端螺栓的例子。本例中，紧固侧内圈与轴的配合为间隙配合，以便内圈能够轴向位移。

面对面配置，则在朝轴向压紧外圈的压盖与轴承座之间加入垫片，调出所需的轴向游隙（图 8.26）。此时，须使紧固端外圈与轴承座采用间隙配合，以使外圈作轴向位移。只要将外圈安装进压盖（图 8.27），则无需以上操作，安装和拆卸都比较简单。

理论上，如果运转过程中，轴承游隙略为负数时，疲劳寿命最长。但如果负游隙变大，则疲劳寿命会显著缩短，温度也会快速上升。因此，通常的配置都会使运转时游隙略微为正（稍大于零）。这样，就要考虑轴承运行中，内、外圈温差导致的游隙减少量，轴与轴承座的热膨胀差，再计算安装后的轴承游隙。

从实用出发，大都采用表 8.17 中的 C1 或 C2 游隙值。

此外，径向游隙 $\Delta_r$ 和轴向游隙 $\Delta_a$ 之间的关系如下：

$$\Delta_a=\Delta_r \cot \alpha \fallingdotseq \Delta_r \frac{1.5}{e}$$

式中，$\alpha$：接触角

$e$：按每个轴承代号确定的常数（见 NSK 滚动轴承目录的轴承尺寸表）

机床主轴、汽车主减速机等使用的圆锥滚子轴承，为了提高轴承刚度，都采用负游隙。这种方法称为预紧法，它分为定位预紧和定压预紧，一般常用定位预紧。

定位预紧又有两种方法：一种是使用已经调整好配置的轴承；另一种是通过紧固调整螺母或使用调整垫片施加规定的预紧。

定压预紧是一种通过弹簧或液压等手段向轴承施加合适预紧的方法。下面，我们将介绍一些实例：

图 8.28 所示为汽车主减速机。对于小齿轮，可使用内隔圈和垫片调整预紧量。大齿轮则是通过紧固外圈固定螺栓的扭矩来控制预紧量。

图 8.29 所示为卡车的后轮。这是靠轴螺母将内圈紧固于轴向，进行预紧。

图 8.30 所示为车床主轴，通过紧固轴螺母调整预紧。

图 8.31 所示为定压预紧先计算出预紧弹簧的载荷与位移的关系，再利用弹簧的位移量调节预紧量。

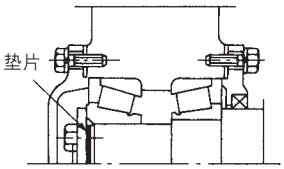



图8.25 以内圈调整游隙的 DB 型

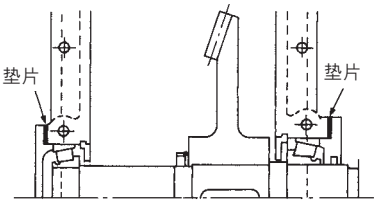



图8.26 以外圈调整游隙的 DF 型

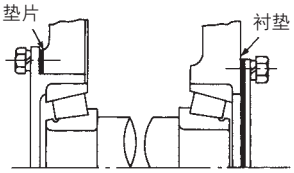



图8.27 以压装外圈的压盖调整游隙一例

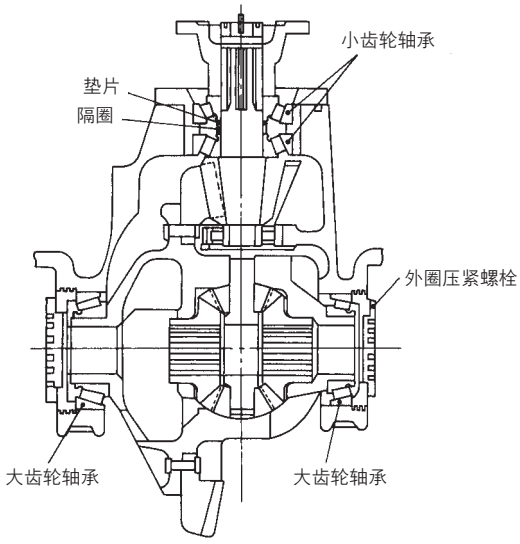



图8.28 汽车主减速机

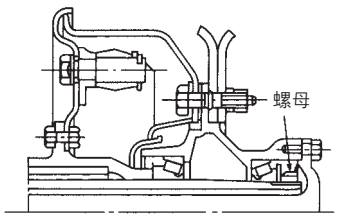



图8.29 卡车后轮

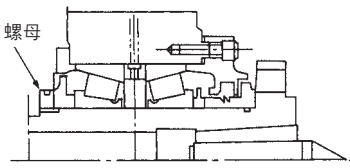



图8.30 车床主轴

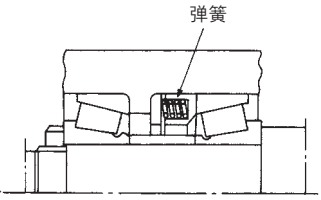
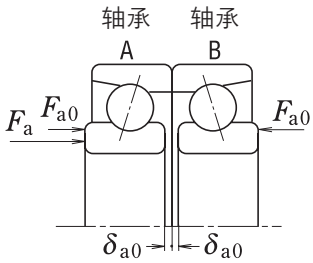
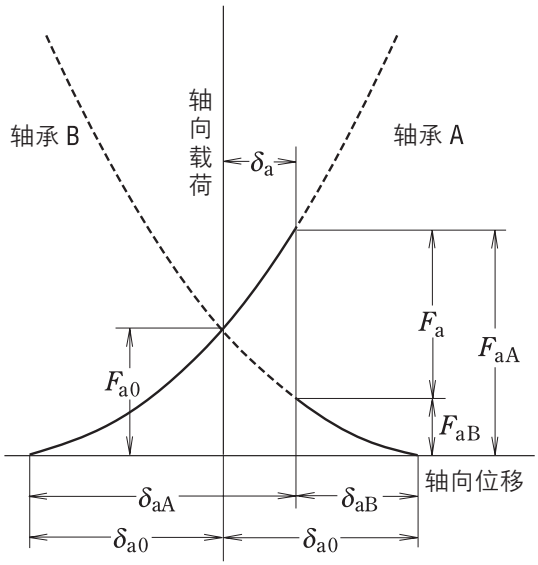



图8.31 弹簧施加的定压预紧


轴承
A
轴承
B
$F_a$
$F_{a0}$
$F_{a0}$
$\delta_{a0}$
$\delta_{a0}$


轴承 B
轴向载荷
$\delta_a$
轴承 A
$F_a$
$F_{aA}$
$F_{a0}$
$F_{aB}$
轴向位移
$\delta_{aA}$
$\delta_{aB}$
$\delta_{a0}$
$\delta_{a0}$

# 9. 轴承的预紧

9.1 预紧的目的 ..... A 192

9.2 预紧方法 ..... A 192
9.2.1 定位预紧 ..... A 192
9.2.2 定压预紧 ..... A 192

9.3 预紧与刚度 ..... A 192
9.3.1 定位预紧与刚度 ..... A 192
9.3.2 定压预紧与刚度 ..... A 193

9.4 预紧方法与预紧量的选择 ..... A 193
9.4.1 预紧方法的比较 ..... A 193

9.5 预紧量 ..... A 194
9.5.1 组合角接触球轴承的平均预紧力 ..... A 194
9.5.2 推力球轴承的预紧力 ..... A 198
9.5.3 推力调心滚子轴承的预紧力 ..... A 198

9.6 技术数据 ..... A 200
9.6.1 定位预紧后轴承的载荷与位移 ..... A 200
9.6.2 单列向心球轴承的轴向位移 ..... A 208
9.6.3 圆锥滚子轴承的轴向位移 ..... A 212

# 9. 轴承的预紧

在多数运转状态下，滚动轴承都带有适当的内部游隙。在一些情况下，在安装时使轴承产生内部应力，以便轴承在负游隙下使用，这种使用方法称作预紧。如角接触球轴承或圆锥滚子轴承，将两套轴承面对面或背对背安装形成带预紧的成对双联轴承组合。

## 9.1 预紧的目的

预紧的主要目的及典型例子如下所示:

(1) 使轴在径向及轴向精确定位的同时，保证轴的旋转精度。
  – 机床主轴轴承、测量仪器轴承等。
(2) 提高轴承的刚度。
  – 机床主轴轴承、汽车差速器小齿轮轴承。
(3) 防止轴向振动及共振引起的异音。
  – 小型电机轴承等。
(4) 抑制滚动体的自旋滑动、公转滑动及自转滑动。
  – 高速角接触球轴承、推力球轴承等。
(5) 保持滚动体相对套圈的正确位置。
  – 推力球轴承、推力调心滚子轴承（用在水平轴上时）。

## 9.2 预紧方法

### 9.2.1 定位预紧

定位预紧通过固定两个对置轴承的轴向相对位置来施加预紧。在使用过程中，轴向相对位置保持不变。其方法如下。

(1) 将事先调整过宽度差（参见A007页图1.1）或轴向游隙的组合轴承紧固后使用。
(2) 使用调整过尺寸的隔圈、填隙片调整游隙和预紧（参见图9.1）。
(3) 利用可调整轴向游隙的紧固螺栓或螺母施加预紧。这种情况下，要一边测量启动力矩一边调整游隙，以得到合适的预紧量。

### 9.2.2 定压预紧

定压预紧是一种利用螺旋弹簧或碟形弹簧对轴承施加预紧的方法。在使用中，即使轴承相对位置发生变化，预紧力也可大致保持不变（参见图9.2）。

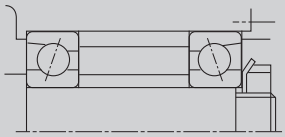


图9.1 定位预紧

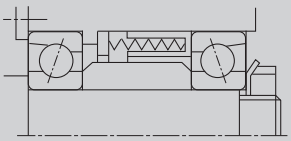


图9.2 定压预紧

## 9.3 预紧与刚度

### 9.3.1 定位预紧与刚度

将图9.3所示成对双联轴承的内圈进行轴向紧固，轴承A及轴承B的位移量各为$\delta_{a0}$，内圈之间的轴向游隙$2\delta_{a0}$消失。这种状态下，2个轴承均承受预紧力$F_{a0}$的作用。图9.4所示为该预紧条件下轴承承受轴向载荷$F_a$时的刚度，即载荷与位移的关系。

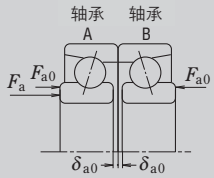



图9.3 背对背成对双联轴承的预紧

### 9.3.2 定压预紧与刚度

图9.5是定压预紧后轴承的预紧曲线图。由于预紧弹簧的刚度与轴承的刚度相比较通常很小，所以弹簧的位移曲线约与水平轴平行。因此，定压预紧的刚度大致与事先施加了$F_{a0}$预紧力的单体轴承的刚度相等。

定位预紧以及定压预紧后的轴承与单体轴承的刚度比较，如图9.6所示。

## 9.4 预紧方法与预紧量的选择

### 9.4.1 预紧方法的比较

图9.6所示为两种预紧方法的刚度比较，定位预紧和定压预紧的区别如下。

(1) 在预紧力相同的情况下，定位预紧的刚度更高，即定位预紧轴承，外部载荷引起的位移变化量小。

(2) 定位预紧在运转中，轴与轴承座的温差引起的轴向延伸量不同、内外圈温差引起的径向热膨胀差以及载荷引起的位移等，都会使预紧量发生变化。

在定压预紧的情况下，轴伸缩引起的弹簧载荷的变化很小，所以，可以不去考虑预紧的变化。因此，一般定位预紧适用于提高刚度的目的，定压预紧适用于高速旋转、需要防止轴向振动、水平轴使用推力轴承等的工况。

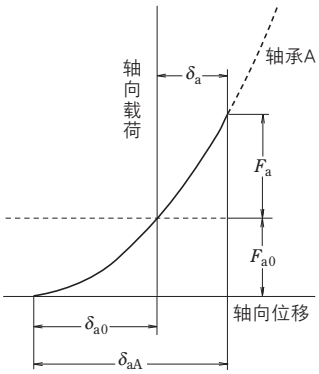
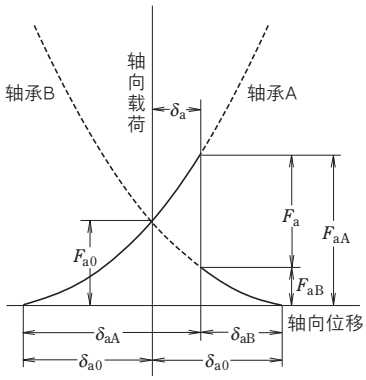



图9.5 定压预紧的预紧曲线图




$F_a$：来自外部的轴向载荷
$F_{aA}$：轴承 A 承受的轴向载荷
$F_{aB}$：轴承 B 承受的轴向载荷

$\delta_a$：成对双联轴承组合的位移量
$\delta_{aA}$：轴承 A 的位移量
$\delta_{aB}$：轴承 B 的位移量

图9.4 定位预紧的预紧曲线图

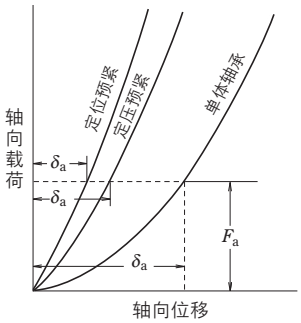



图9.6 预紧方法的刚度比较

## 9.5 预紧量

如果预紧量超过必要限度，将会导致异常发热，摩擦力矩增大，疲劳寿命下降等等。所以，选择预紧量时要充分考虑使用工况和预紧目的。

### 9.5.1 组合角接触球轴承的平均预紧力

角接触球轴承广泛用于磨床、铣床、高速车床等的主轴。NSK将预紧分为微预紧(EL)、轻预紧(L)、中预紧(M)以及重预紧(H)四个等级，以便客户根据不同用途选择合适的预紧。应用于DB和DF轴承组合时，其轴向游隙分别用代号EL、L、M和H表示。

接触角为15°和30°的组合角接触球轴承广泛使用于机床主轴中，其平均预紧力和轴向游隙（测量值）的平均值见表9.3~9.5。

测量轴向游隙时采用的测量载荷见表9.1。

在机床主轴及其他用途中使用的ISO 5级及以上等级的高精度组合轴承，对保证预紧量的轴向游隙作了规定。轴与内圈、轴承座孔与外圈的配合目标值，参见表9.2。轴承座孔与外圈的配合，当轴承装于固定端时取目标游隙的下限，装于自由端时取目标游隙的上限。

选择预紧量时，磨床主轴或加工中心主轴轴承通常采用微预紧或轻预紧，要求刚度较高的车床主轴轴承通常采用中预紧。

轴承组采用过盈配合时，轴承的预紧量大于表9.3~9.5所示值。由于预紧过度会导致温度上升、咬粘等情况，因此，选择配合时应十分注意。

当$D_{pw}\times n$（$d_m n$值）超过500 000时，选择预紧时应充分检讨谨慎选择。此种工况下请与NSK联系。

**表9.1 轴向游隙的测量载荷**

| 轴承公称外径 $D$ (mm) | | 测量载荷 |
|---|---|---|
| 超过 | 到 | (N) |
| 10* | 50 | 24.5 |
| 50 | 120 | 49 |
| 120 | 200 | 98 |
| 200 | — | 196 |

*10 mm包含在此范围内。

**表 9.2 配合的目标值**

单位：μm

| 内径 $d$ 或外径 $D$ (mm) | | 轴与内圈 | 轴承座与外圈 |
|---|---|---|---|
| 超过 | 到 | 目标过盈量 | 目标游隙 |
| — | 18 | 0~2 | — |
| 18 | 30 | 0~2.5 | 2~ 6 |
| 30 | 50 | 0~2.5 | 2~ 6 |
| 50 | 80 | 0~3 | 3~ 8 |
| 80 | 120 | 0~4 | 3~ 9 |
| 120 | 150 | — | 4~12 |
| 150 | 180 | — | 4~12 |
| 180 | 250 | — | 5~15 |

表9.3 79C 系列轴承的预紧力与轴向游隙的平均值

| 轴承代号 | 微预紧 EL | | 轻预紧 L | | 中预紧 M | | 重预紧 H | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 预紧力 | 轴向游隙 | 预紧力 | 轴向游隙 | 预紧力 | 轴向游隙 | 预紧力 | 轴向游隙 |
| | (N) | (μm) | (N) | (μm) | (N) | (μm) | (N) | (μm) |
| 7900C | 7 | 5 | 16 | 2 | 29 | −1 | 58 | −6 |
| 7901C | 8.6 | 4 | 16 | 2 | 41 | −3 | 77 | −8 |
| 7902C | 12 | 3 | 25 | 0 | 47 | −4 | 104 | −11 |
| 7903C | 11 | 3 | 25 | 0 | 56 | −5 | 119 | −12 |
| 7904C | 20 | 1 | 42 | −3 | 80 | −8 | 152 | −15 |
| 7905C | 19 | 1 | 37 | −2 | 99 | −9 | 203 | −17 |
| 7906C | 25 | 0 | 46 | −3 | 95 | −8 | 204 | −16 |
| 7907C | 33 | 2 | 67 | −2 | 149 | −9 | 297 | −18 |
| 7908C | 41 | 1 | 78 | −3 | 196 | −12 | 384 | −22 |
| 7909C | 49 | 0 | 104 | −5 | 192 | −11 | 391 | −21 |
| 7910C | 49 | 0 | 95 | −4 | 240 | −13 | 499 | −24 |
| 7911C | 60 | −1 | 111 | −5 | 296 | −15 | 593 | −26 |
| 7912C | 60 | −1 | 113 | −5 | 305 | −15 | 581 | −25 |
| 7913C | 74 | −2 | 151 | −7 | 348 | −16 | 690 | −27 |
| 7914C | 101 | −4 | 205 | −10 | 503 | −22 | 1 004 | −36 |
| 7915C | 103 | −4 | 190 | −9 | 489 | −21 | 997 | −35 |
| 7916C | 104 | −4 | 195 | −9 | 503 | −21 | 986 | −34 |
| 7917C | 138 | −6 | 307 | −14 | 629 | −25 | 1 281 | −41 |
| 7918C | 153 | −3 | 289 | −9 | 740 | −23 | 1 488 | −39 |
| 7919C | 154 | −3 | 294 | −9 | 800 | −24 | 1 588 | −40 |
| 7920C | 191 | −5 | 387 | −13 | 905 | −28 | 1 790 | −46 |

**备注** 轴向游隙栏内的数值为测量值。

表9.4　70C系列轴承的预紧力与轴向游隙的平均值

| 轴承代号 | 微预紧 EL | | 轻预紧 L | | 中预紧 M | | 重预紧 H | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 预紧力 | 轴向游隙 | 预紧力 | 轴向游隙 | 预紧力 | 轴向游隙 | 预紧力 | 轴向游隙 |
| | (N) | (μm) | (N) | (μm) | (N) | (μm) | (N) | (μm) |
| 7000C | 13 | 3 | 25 | 0 | 49 | −5 | 96 | −12 |
| 7001C | 13 | 3 | 25 | 0 | 57 | −6 | 120 | −14 |
| 7002C | 12 | 3 | 29 | −1 | 66 | −7 | 147 | −16 |
| 7003C | 15 | 2 | 30 | −1 | 69 | −7 | 156 | −16 |
| 7004C | 25 | 0 | 49 | −4 | 119 | −12 | 244 | −22 |
| 7005C | 30 | −1 | 58 | −5 | 148 | −14 | 292 | −24 |
| 7006C | 41 | 1 | 75 | −3 | 195 | −13 | 386 | −24 |
| 7007C | 58 | −1 | 121 | −7 | 251 | −16 | 493 | −28 |
| 7008C | 58 | −1 | 114 | −6 | 291 | −17 | 594 | −30 |
| 7009C | 80 | −3 | 144 | −8 | 338 | −19 | 695 | −33 |
| 7010C | 70 | −2 | 152 | −8 | 388 | −20 | 791 | −34 |
| 7011C | 95 | −4 | 200 | −11 | 479 | −24 | 971 | −40 |
| 7012C | 96 | −4 | 189 | −10 | 526 | −25 | 1 092 | −42 |
| 7013C | 130 | −6 | 260 | −13 | 537 | −24 | 1 062 | −39 |
| 7014C | 148 | −7 | 285 | −14 | 732 | −30 | 1 460 | −48 |
| 7015C | 151 | −7 | 294 | −14 | 796 | −31 | 1 573 | −49 |
| 7016C | 202 | −6 | 382 | −14 | 921 | −31 | 1 880 | −52 |
| 7017C | 205 | −6 | 393 | −14 | 995 | −32 | 1 956 | −52 |
| 7018C | 247 | −8 | 502 | −18 | 1 187 | −37 | 2 373 | −60 |
| 7019C | 275 | −9 | 549 | −19 | 1 188 | −36 | 2 348 | −58 |
| 7020C | 282 | −9 | 534 | −18 | 1 278 | −37 | 2 572 | −60 |

**备注**　轴向游隙栏内的数值为测量值。

表9.5 72C系列轴承的预紧力与轴向游隙的平均值

| 轴承代号 | 微预紧 EL | | 轻预紧 L | | 中预紧 M | | 重预紧 H | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 预紧力 | 轴向游隙 | 预紧力 | 轴向游隙 | 预紧力 | 轴向游隙 | 预紧力 | 轴向游隙 |
| | (N) | (μm) | (N) | (μm) | (N) | (μm) | (N) | (μm) |
| 7200C | 13 | 3 | 29 | −1 | 68 | −8 | 150 | −18 |
| 7201C | 20 | 1 | 39 | −3 | 99 | −12 | 197 | −22 |
| 7202C | 20 | 1 | 40 | −3 | 97 | −11 | 199 | −21 |
| 7203C | 25 | 0 | 46 | −4 | 146 | −16 | 296 | −28 |
| 7204C | 35 | −2 | 68 | −7 | 196 | −20 | 384 | −33 |
| 7205C | 42 | 1 | 82 | −4 | 193 | −14 | 402 | −27 |
| 7206C | 57 | −1 | 114 | −7 | 292 | −20 | 591 | −35 |
| 7207C | 75 | −3 | 151 | −10 | 385 | −25 | 794 | −43 |
| 7208C | 98 | −5 | 202 | −13 | 501 | −29 | 985 | −47 |
| 7209C | 123 | −7 | 254 | −16 | 534 | −30 | 1 067 | −49 |
| 7210C | 127 | −7 | 248 | −15 | 590 | −31 | 1 171 | −50 |
| 7211C | 142 | −8 | 289 | −17 | 788 | −38 | 1 554 | −60 |
| 7212C | 190 | −11 | 397 | −22 | 928 | −42 | 1 878 | −67 |
| 7213C | 219 | −12 | 448 | −23 | 1 069 | −44 | 2 175 | −70 |
| 7214C | 243 | −9 | 484 | −20 | 1 164 | −42 | 2 368 | −69 |
| 7215C | 270 | −10 | 530 | −21 | 1 224 | −42 | 2 445 | −68 |
| 7216C | 305 | −12 | 595 | −24 | 1 367 | −47 | 2 752 | −76 |
| 7217C | 355 | −14 | 697 | −27 | 1 658 | −53 | 3 358 | −85 |
| 7218C | 384 | −15 | 771 | −29 | 1 865 | −57 | 3 713 | −90 |
| 7219C | 448 | −18 | 876 | −33 | 2 081 | −63 | 4 153 | −99 |
| 7220C | 503 | −20 | 984 | −36 | 2 337 | −68 | 4 700 | −107 |

**备注** 轴向游隙栏内的数值为测量值。

### 9.5.2 推力球轴承的预紧力

当推力球轴承以比较高的速度旋转时，钢球容易产生回转滑移。为防止这种现象，需施加最小轴向载荷，其值选用公式(9.1)和(9.2)的计算值中较大的值。

$$F_{a\,min}=\frac{C_{0a}}{100}\left(\frac{n}{N_{max}}\right)^2 \cdots\cdots (9.1)$$

$$F_{a\,min}=\frac{C_{0a}}{1\,000} \cdots\cdots (9.2)$$

式中：$F_{a\,min}$：最小轴向载荷(N)，{kgf}

$n$：转速($min^{-1}$)

$C_{0a}$：基本轴向额定静载荷 (N)，{kgf}

$N_{max}$：额定转速（油润滑）($min^{-1}$)

### 9.5.3 推力调心滚子轴承的预紧力

使用推力调心滚子轴承时，有时会因滚子与外圈滚道面产生打滑，而引起擦伤等损伤。为防止这种现象，需施加必要的最小轴向载荷 $F_{a\,min}$：

$$F_{a\,min}=\frac{C_{0a}}{1\,000} \cdots\cdots (9.3)$$

## 9.6 技术数据

### 9.6.1 定位预紧后轴承的载荷与位移

将两套（或多套）球轴承或圆锥滚子轴承并为一组安装使用，称为组合轴承。组合轴承最常用的类型是单列角接触球轴承，主要用于机床主轴等要求轴承承载且位移尽量小的场合。

根据所期待达到的效果，可以采用多种组合方式。2 列组合分为三种组合类型：作用线在轴承背面汇聚的背靠背配置、作用线在轴承正面汇聚的面对面配置，以及作用线平行的串联配置。组合代号分别为 DB、DF 和 DT（图 9.7）。

DB 及 DF 组合可以承受双向轴向载荷。由于 DB 组合比 DF 组合的作用点距离更远，故而广泛用于承受力矩载荷的情况。DT 组合只能承受单向轴向载荷，但两套轴承能均等承受轴向载荷，因此可用于单向载荷较大的情况。

在 DB 及 DF 组合轴承中，通过预先加载方式，对组合轴承的预紧力进行调整，就能将内、外圈的径向及轴向位移减少至所需范围之内。

只有 DT 组合的情况下不能完成预紧。

预紧量的大小，可以通过改变轴承间隙 $\delta_{a0}$ 进行调整，如图 9.9~9.11 所示。预紧分为四个等级——微预紧 (EL)、轻预紧 (L)、中预紧 (M) 和重预紧 (H)。在需要严格控制轴的跳动与载荷引起的位移时，通常采用 DB、DF 轴承组合。

3 列组合也分为 3 种（代号：DBD、DFD、DTD），如图 9.8 所示。根据应用要求，还可以使用四列组合或五列轴承组合。

组合轴承大都在预紧以后使用。由于预紧会影响到运转中轴承的温升、启动力矩、旋转力矩、音响，尤其是轴承寿命，因此，切忌施加过大的预紧。

单列角接触球轴承承受轴向载荷 $F_a$ 时，其轴向位移量 $\delta_a$ 通常可用下式求得：

$$\delta_a = c\, F_a^{2/3} \quad \cdots\cdots (9.4)$$

式中，$c$：由轴承类型和尺寸决定的常数。

图 9.9 所示为双列 DB 组合的预紧曲线图，图 9.10 和图 9.11 为 3 列 DBD 组合的预紧曲线图。

如图 9.9 所示，当轴向紧固组合轴承的内圈时，A、B 侧轴承产生的位移分别为 $\delta_{a0A}$ 及 $\delta_{a0B}$，内圈之间的间隙 $\delta_{a0}$ 变为零，这是在轴承组合上施加了预紧力 $F_{a0}$ 的状态。当外部轴向载荷 $F_a$ 作用于该预紧轴承组合 A 侧时，A 侧轴承进一步产生 $\delta_{a1}$ 的位移，B 侧轴承则减少等量的位移，A、B 两侧轴承的位移分别为：$\delta_{aA}=\delta_{a0A}+\delta_{a1}$，$\delta_{aB}=\delta_{a0B}-\delta_{a1}$。即，考虑预紧力在内施加于 A 侧轴承上的力为 $(F_{a0}+F_a-F_a')$，而施加于 B 侧轴承上的力则为 $(F_{a0}-F_a')$。

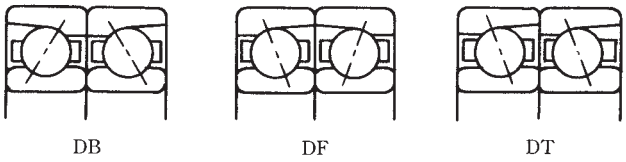



图9.7　2列组合轴承

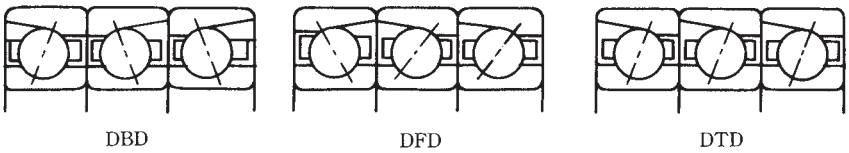



图9.8　3列组合轴承

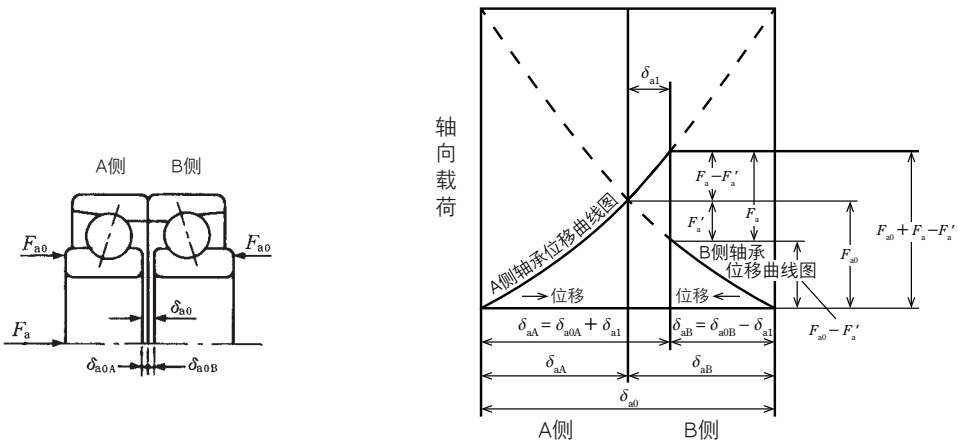



图9.9　2列DB组合轴承的预紧曲线图

## ■轴承的预紧

在预紧时，A侧轴承应满足寿命要求以及在转速条件下能够承受轴向载荷（$F_{a0}+F_a-F_a'$）的承载容量。轴向游隙$\delta_{a0}$见9.5.1表9.3~9.5（A195~A197页）。

在图9.10中，当外部轴向载荷$F_a$施加于轴承AA侧时，AA侧、B侧轴承的轴向载荷及位移如表9.6所示。

在图9.11中，当外部轴向载荷$F_a$施加于轴承A侧时，A侧、BB侧轴承的轴向载荷及位移如表9.7所示。

图9.12~9.17所示为7018C、7018A 2列DB组合及3列DBD组合轴承在不同预紧下的轴向载荷与轴向位移的关系。

表9.6

| 方向 | 位移 | 轴向载荷 |
|---|---|---|
| AA侧 | $\delta_{a0A}+\delta_{a1}$ | $F_{a0}+F_a-F_a'$ |
| B侧 | $\delta_{a0B}-\delta_{a1}$ | $F_{a0}-F_a'$ |

表9.7

| 方向 | 位移 | 轴向载荷 |
|---|---|---|
| A侧 | $\delta_{a0A}+\delta_{a1}$ | $F_{a0}+F_a-F_a'$ |
| BB侧 | $\delta_{a0B}-\delta_{a1}$ | $F_{a0}-F_a'$ |

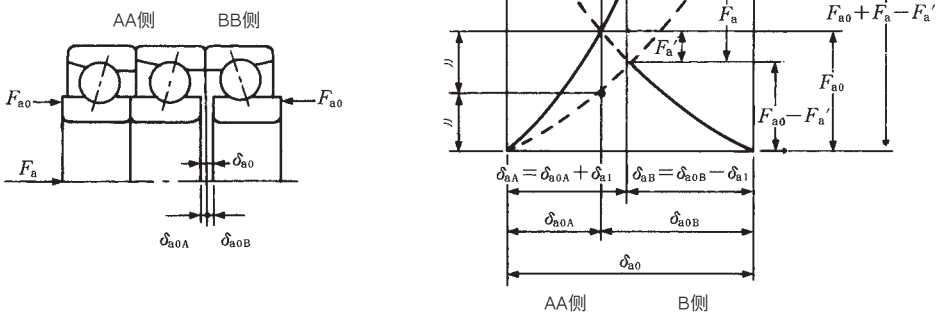



表9.10　3 列DBD轴承组合的预紧曲线图
（轴向载荷施加于AA侧时）

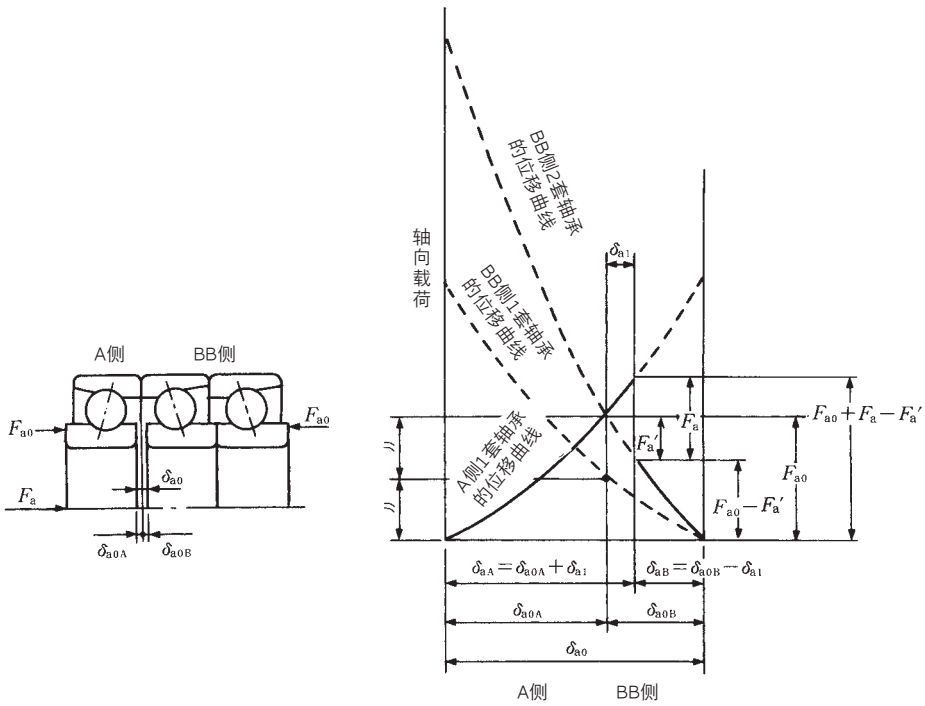



表9.11 3 列DBD轴承组合的预紧曲线图
（轴向载荷施加于A侧时）

## ■轴承的预紧

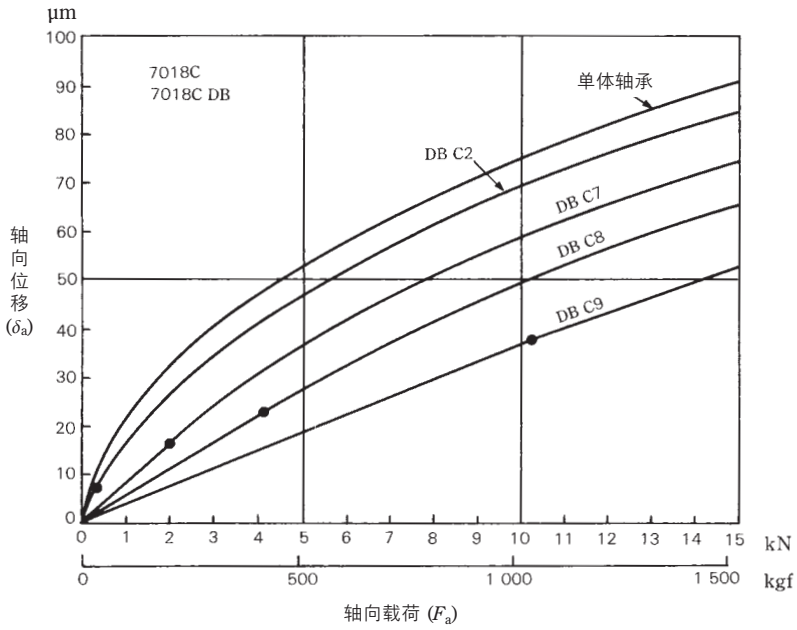



图9.12

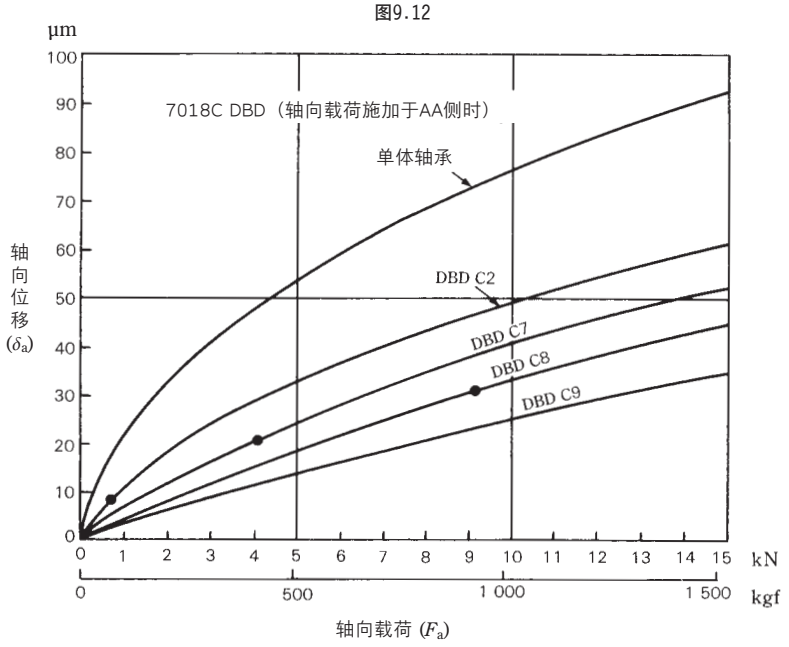



图9.13

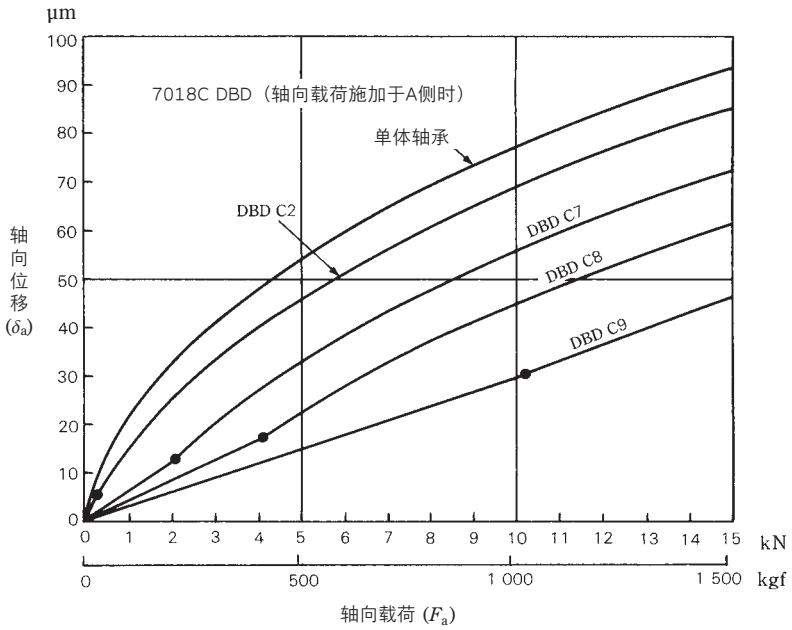



图9.14

**备注** 轴向载荷——位移曲线上的 (•) 标志表示预紧量消失的位置。
当轴向载荷比它更大时，对侧轴承将不承受载荷。

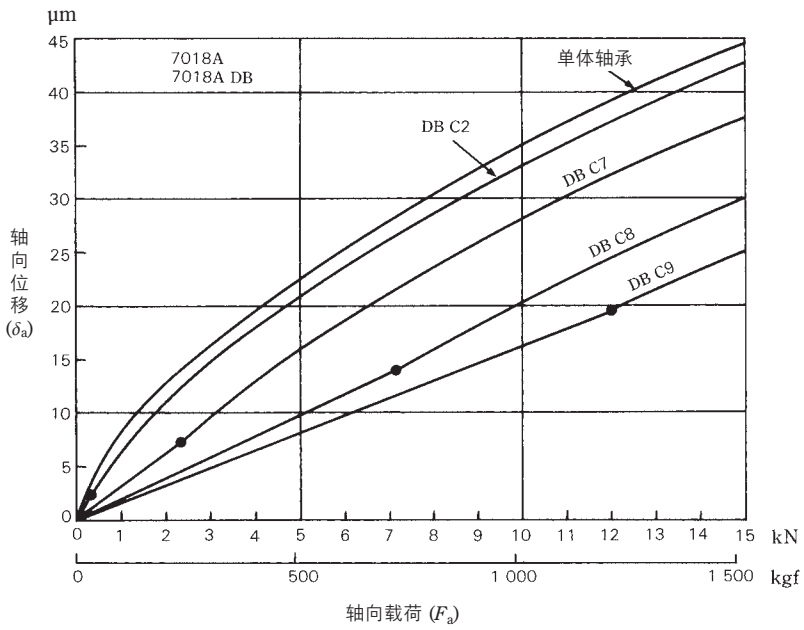

μm
7018A
7018A DB
单体轴承
DB C2
DB C7
DB C8
DB C9
轴向位移 ($\delta_a$)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 kN
0 500 1 000 1 500 kgf
轴向载荷 ($F_a$)

图9.15

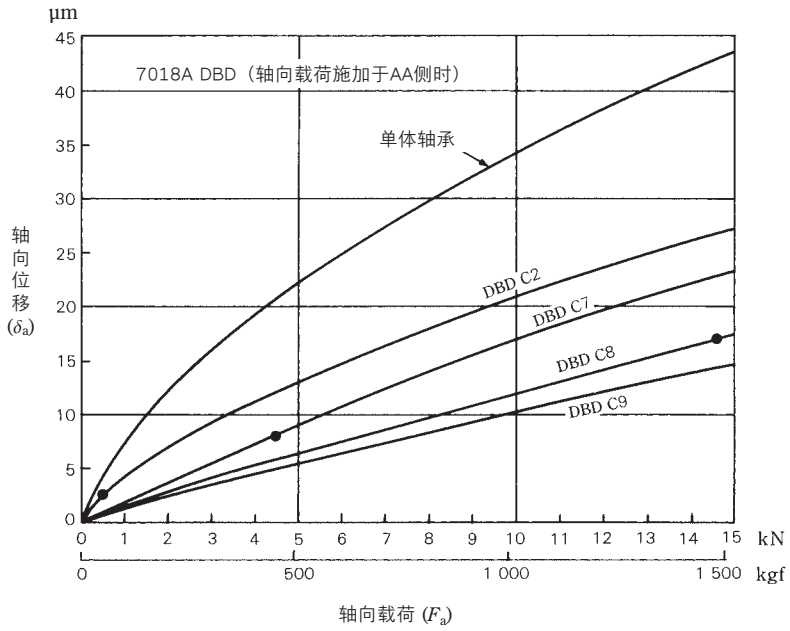

μm
7018A DBD（轴向载荷施加于AA侧时）
单体轴承
DBD C2
DBD C7
DBD C8
DBD C9
轴向位移 ($\delta_a$)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 kN
0 500 1 000 1 500 kgf
轴向载荷 ($F_a$)

图9.16

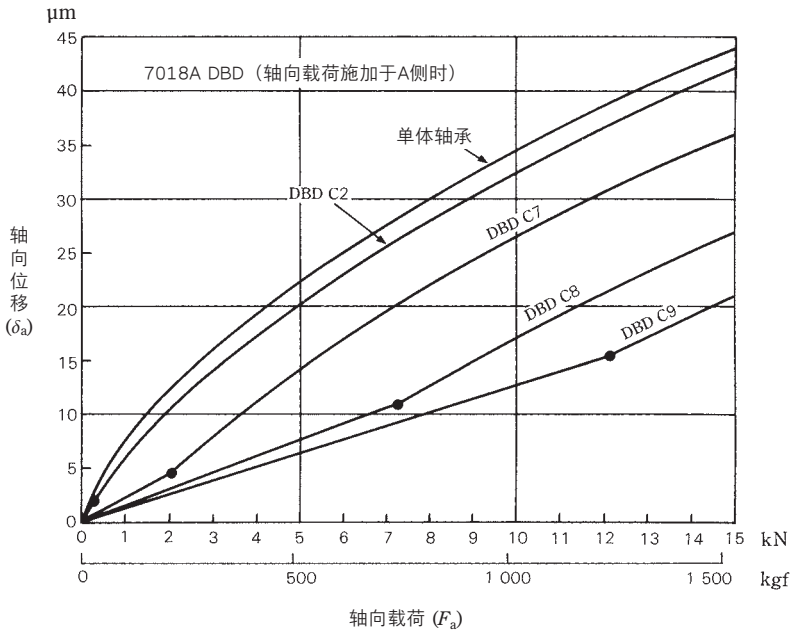



图9.17

**备注** 轴向载荷——位移曲线上的（•）标志表示预紧量消失的位置。
当轴向载荷比它更大时，对侧轴承将不承受载荷。

### 9.6.2 单列向心球轴承的轴向位移

当轴向载荷$F_a$作用于接触角为$\alpha_0$的向心轴承时，内圈沿轴向产生位移$\delta_a$，内圈滚道半径中心$O_i$也会移动至$O_i'$，此时，接触角变为$\alpha$，如图9.18所示。设滚道和球在滚动体载荷$Q$方向的弹性变形量为$\delta_N$，则由图9.18可得式(9.5)。

$$(m_0+\delta_N)^2=(m_0\cdot\sin\alpha_0+\delta_a)^2+(m_0\cdot\cos\alpha_0)^2$$

$$\therefore\ \delta_N=m_0\left\{\sqrt{\left(\sin\alpha_0+\frac{\delta_a}{m_0}\right)^2+\cos^2\alpha_0}-1\right\} \quad \cdots\cdots (9.5)$$

滚动体载荷$Q$和弹性变形量$\delta_N$之间的关系如下式所示。

$$Q=K_N\cdot\delta_N^{3/2} \quad \cdots\cdots (9.6)$$

式中，$K_N$：由轴承材料、形状和尺寸决定的常数

∴ 代入以下关系式

$$m_0=\left(\frac{r_e}{D_w}+\frac{r_i}{D_w}-1\right)D_w=B\cdot D_w$$

由式(9.5)及式(9.6)可得：

$$Q=K_N(B\cdot D_w)^{3/2}\left\{\sqrt{(\sin\alpha_0+h)^2+\cos^2\alpha_0}-1\right\}^{3/2}$$

式中：$h=\dfrac{\delta_a}{m_0}=\dfrac{\delta_a}{B\cdot D_w}$

设 $K_N=K\cdot\dfrac{\sqrt{D_w}}{B^{3/2}}$，则

$$Q=K\cdot D_w^2\left\{\sqrt{(\sin\alpha_0+h)^2+\cos^2\alpha_0}-1\right\}^{3/2} \quad \cdots\cdots (9.7)$$

另外，由图9.19可得轴承轴向载荷与滚动体载荷的关系式(9.8)：

$$F_a=Z\cdot Q\cdot\sin\alpha \quad \cdots\cdots (9.8)$$

再由图9.18可得：

$$(m_0+\delta_N)\ \sin\alpha=m_0\cdot\sin\alpha_0+\delta_a$$

$$\therefore\ \sin\alpha=\frac{m_0\cdot\sin\alpha_0+\delta_a}{m_0+\delta_N}=\frac{\sin\alpha_0+h}{1+\dfrac{\delta_N}{m_0}}$$

将式 (9.5) 代入，则

$$\sin\alpha=\frac{\sin\alpha_0+h}{\sqrt{(\sin\alpha_0+h)^2+\cos^2\alpha_0}} \quad \cdots\cdots (9.9)$$

将式(9.7)及(9.9)代入式(9.8)，即可求出轴承轴向载荷$F_a$与轴向位移$\delta_a$的关系。

$$F_a=K\cdot Z\cdot D_w^2\cdot\frac{\left\{\sqrt{(\sin\alpha_0+h)^2+\cos^2\alpha_0}-1\right\}^{3/2}\times(\sin\alpha_0+h)}{\sqrt{(\sin\alpha_0+h)^2+\cos^2\alpha_0}} \quad \cdots\cdots (9.10)$$

式中，$K$：由轴承材料和设计决定的常数

$D_w$：钢球直径

$Z$：钢球个数

$\alpha_0$：初期接触角

（单列深沟球轴承，可由C012页式 (5) 求出）

但是，实际轴向位移会因轴、轴承座的材料、壁厚及配合等安装条件而不尽相同。因此，有关此类装配条件下的轴向位移，请咨询NSK。

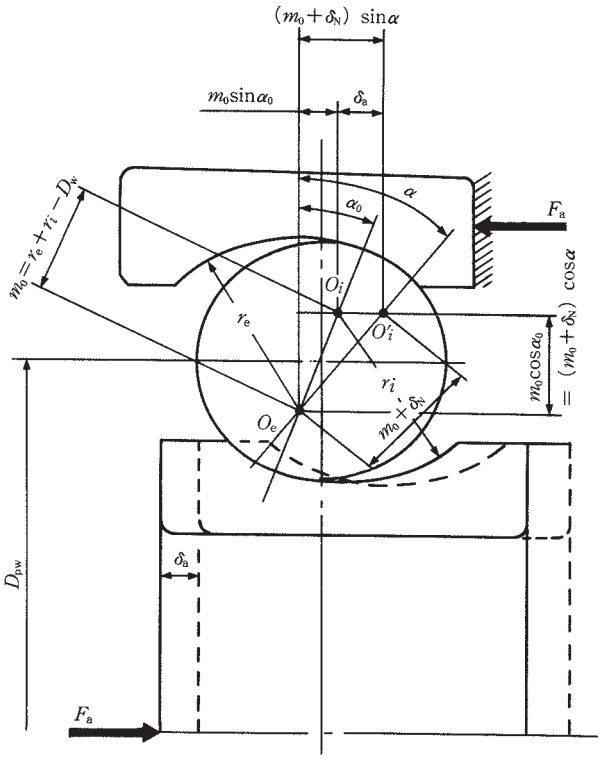

$(m_0+\delta_N)\sin\alpha$
$m_0\sin\alpha_0$
$\delta_a$
$\alpha$
$\alpha_0$
$F_a$
$m_0=r_e+r_i-D_w$
$O_i$
$O_i'$
$r_e$
$r_i$
$O_e$
$m_0+\delta_N$
$m_0\cos\alpha_0$
$=(m_0+\delta_N)\cos\alpha$
$D_{pw}$
$\delta_a$
$F_a$

图9.18

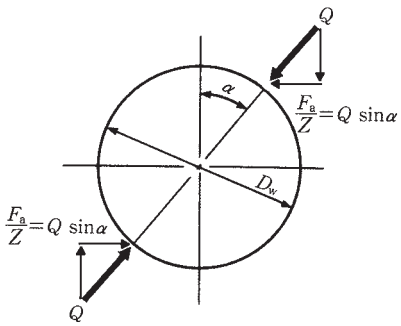

$Q$
$\alpha$
$\frac{F_a}{Z}=Q\sin\alpha$
$D_w$
$\frac{F_a}{Z}=Q\sin\alpha$
$Q$

图9.19

## ■轴承的预紧

图9.20表示单列深沟球轴承6210及6310初期接触角分别为$\alpha_0$=0°、10°、15°时，轴向载荷与轴向位移的关系。初期接触角$\alpha_0$越大，轴承的轴向刚度就越高，6210与6310承受相同轴向载荷时的轴向位移量的差也就越小。初期接触角$\alpha_0$取决于沟道曲率半径和径向游隙。

图9.21表示72系列角接触球轴承在初期接触角分别为15°(C)、30°(A)、40°(B)时，轴向载荷与轴向位移的关系。

由于角接触球轴承的初期接触角较大，70系列、73系列与72系列的接触角、内径代号相同时，数值基本相同。

角接触球轴承为了控制旋转精度、减小承受外加载荷时的弹性变形量，大都采用组合轴承的形式，并施加预紧使用。

为了将承受外加载荷时的弹性变形量控制在必要限度以内，需了解载荷与变形的关系特性。载荷与位移之间的关系可用式(9.10)表示为$F_a \propto \delta_a^{3/2}$或$\delta_a \propto F_a^{2/3}$。即，轴向位移$\delta_a$与轴向载荷$F_a$的2/3次方成正比。轴向载荷的指数小于1，即随着轴向载荷的增加，轴向位移的增长幅度变小（图9.21）。这就是通过施加预紧来控制位移的依据。

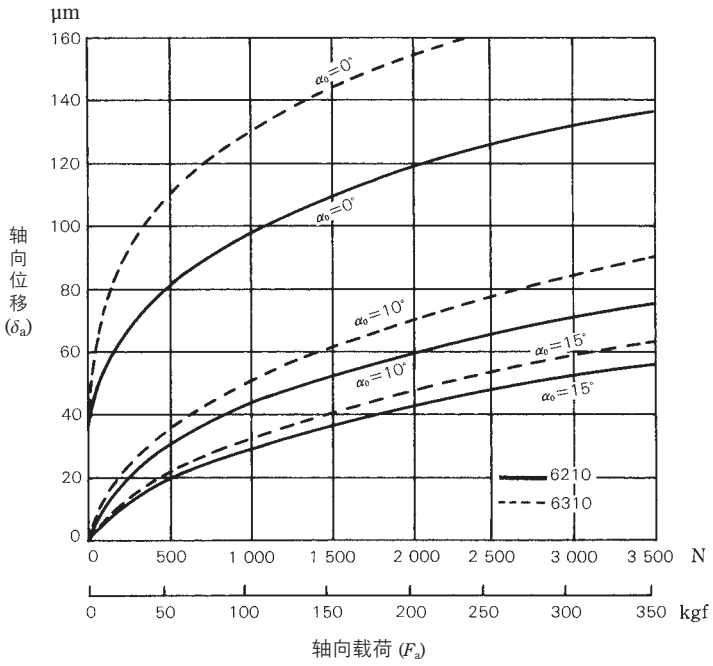



图9.20 深沟球轴承的轴向载荷与轴向位移

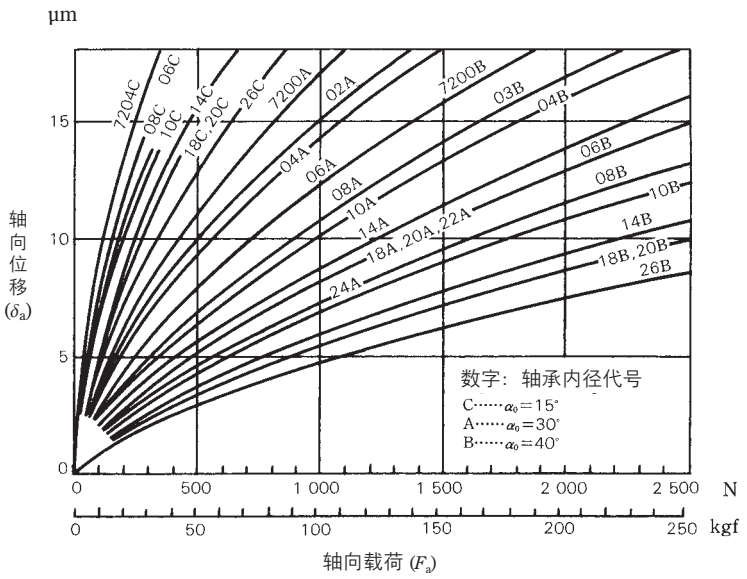



图9.21 角接触球轴承的轴向载荷与轴向位移

### 9.6.3 圆锥滚子轴承的轴向位移

圆锥滚子轴承与角接触球轴承一样，通常也采用两套一组安装。其使用与角接触球轴承相同。

例如，机床主轴轴承及汽车差速器小齿轮轴承等，为了提高轴的刚度，也都施加预紧。

了解轴向载荷与轴向位移的关系对施加预紧安装轴承非常重要。对圆锥滚子轴承本身的轴向位移来说，Palmgren的实验公式(9.11)的计算值与实测值基本吻合。

但是，实际轴向位移会因轴、轴承座的材料、壁厚及轴承配合等安装条件而不尽相同。因此，有关此类安装条件下轴向位移，请咨询NSK。

$$\left.\begin{aligned}\delta_a &= \frac{0.000077}{\sin\alpha}\cdot\frac{Q^{0.9}}{L_{we}^{0.8}} \quad (\mathrm{N})\\ &= \frac{0.0006}{\sin\alpha}\cdot\frac{Q^{0.9}}{L_{we}^{0.8}} \quad \{\mathrm{kgf}\}\end{aligned}\right\} \cdots\cdots (9.11)$$

式中，$\delta_a$：内外圈轴向位移(mm)

$\alpha$：接触角……外圈锥角的1/2(°)
（参见图9.22）

$Q$：滚动体载荷(N)，{kgf}

$$Q=\frac{F_a}{Z\sin\alpha}$$

$L_{we}$：滚子有效长度(mm)

$F_a$：轴向载荷(N)，{kgf}

$Z$：滚子数

式(9.11)可由式(9.12)表示：

$$\delta_a = K_a \cdot F_a^{0.9} \cdots\cdots (9.12)$$

其中：

$$K_a=\frac{0.000077}{(\sin\alpha)^{1.9}\,Z^{0.9}\,L_{we}^{0.8}} \cdots\cdots (\mathrm{N})$$

$$=\frac{0.0006}{(\sin\alpha)^{1.9}\,Z^{0.9}\,L_{we}^{0.8}} \cdots\cdots \{\mathrm{kgf}\}$$

式中，$K_a$：由轴承内部设计决定的系数。

圆锥滚子轴承的轴向载荷与轴向位移见图 9.23。

圆锥滚子轴承的轴向位移量与轴向载荷的0.9次方成正比，而球轴承则与其2/3次方成正比，因此，施加预紧控制位移的效果，球轴承要好于圆锥滚子轴承。

圆锥滚子轴承如果盲目地加大预紧力，会造成发热、咬粘、缩短轴承寿命等问题，应特别注意。

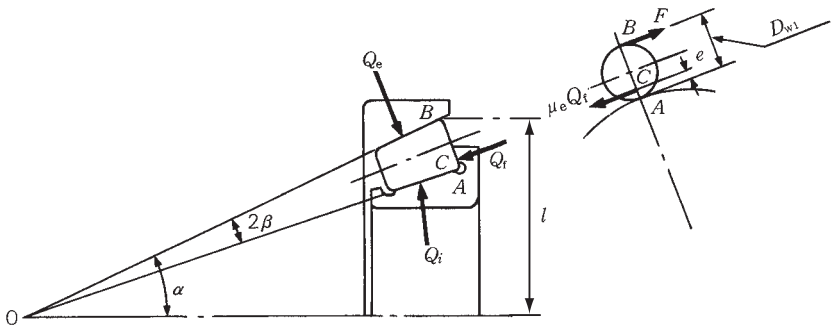



图9.22

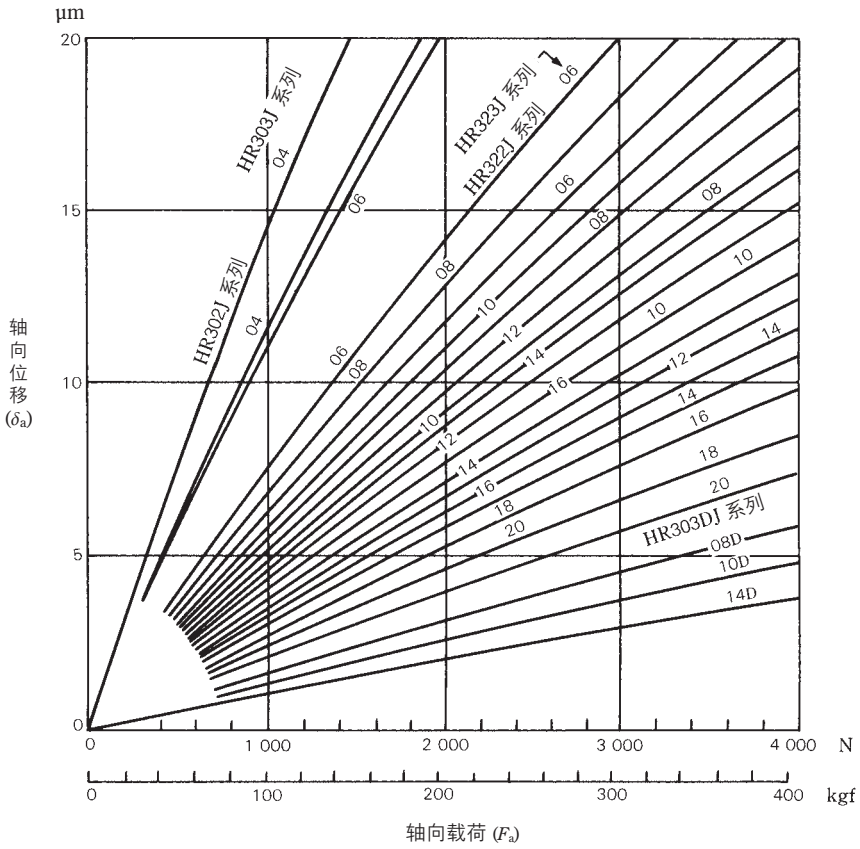
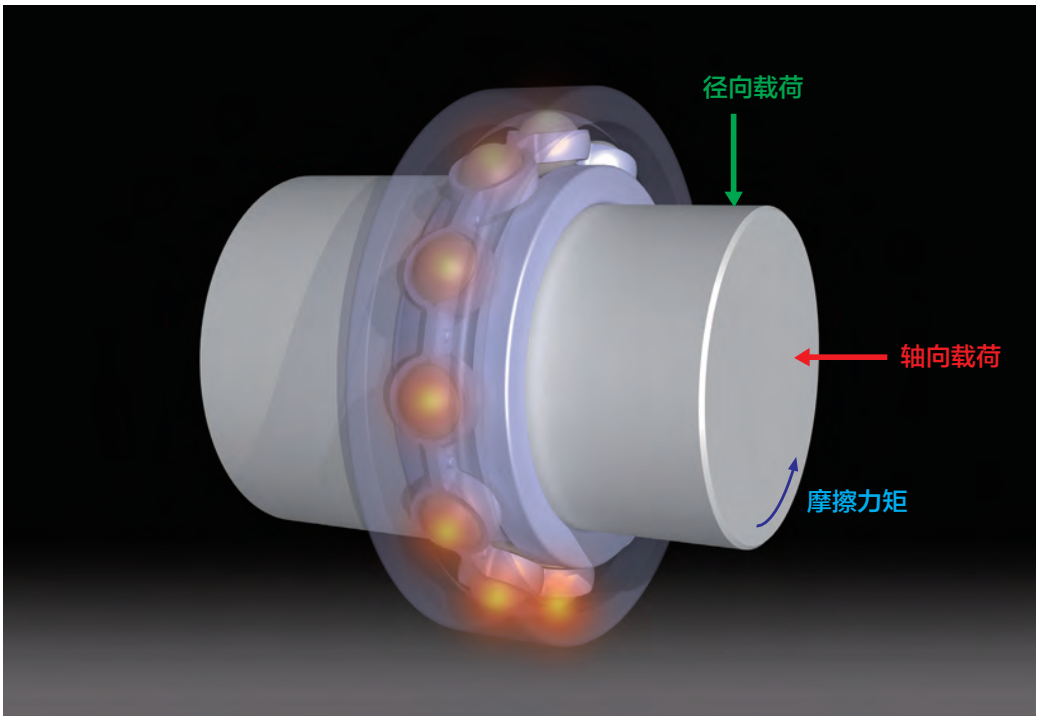



图9.23 圆锥滚子轴承的轴向载荷与轴向位移


径向载荷
轴向载荷
摩擦力矩

# 10. 轴承的摩擦

10.1 动摩擦系数 ..... A 216
10.1.1 轴承类型及其动摩擦系数 $\mu$ ..... A 216

10.2 动力矩的计算公式 ..... A 216

10.3 技术数据 ..... A 216
10.3.1 角接触球轴承的预紧与启动力矩 ..... A 216
10.3.2 高速球轴承旋转力矩的计算公式 ..... A 218
10.3.3 圆锥滚子轴承的预紧与启动力矩 ..... A 220
10.3.4 圆锥滚子轴承旋转力矩的计算公式 ..... A 222

# 10. 轴承的摩擦

## 10.1 动摩擦系数

### 10.1.1 轴承类型及其动摩擦系数 $\mu$

$$\mu=\frac{M}{P\cdot\frac{d}{2}} \quad \cdots\cdots (10.1)$$

$M$: 动摩擦力矩 (N·mm)，{kgf·mm}

$P$: 轴承载荷 (当量动载荷) (N)，{kgf}

$d$: 轴径，内圈内径 (mm)

表10.1 动摩擦系数

| 轴承类型 | $\mu$的近似值 |
|---|---|
| 深沟球轴承 | 0.0013 |
| 角接触球轴承 | 0.0015 |
| 调心球轴承 | 0.0010 |
| 推力球轴承 | 0.0011 |
| 圆柱滚子轴承 | 0.0010 |
| 圆锥滚子轴承 | 0.0022 |
| 调心滚子轴承 | 0.0028 |
| 带保持架滚针轴承 | 0.0015 |
| 满装滚针轴承 | 0.0025 |
| 推力调心滚子轴承 | 0.0028 |

## 10.2 动力矩的计算公式

轴承动力矩 (发热)

$M=M_l+M_v$

载荷项 (由轴承类型和载荷决定)

$$M_l=f_1 F d_m$$

式中，$f_1$：由轴承类型和载荷决定的系数

$F$：载荷

$d_m$：滚动体节圆直径

转速项 (由润滑油粘度、油量和转速决定)

$$M_v=f_0(v_0 n)^{2/3} d_m^{\ 3}$$

式中，$f_0$：由轴承类型和润滑方法决定的系数

$v_0$：油的运动粘度

$n$：转速

## 10.3 技术数据

### 10.3.1 角接触球轴承的预紧与启动力矩

角接触球轴承与圆锥滚子轴承一样，一般不单套安装，而是两套成对安装或者两套以上组合使用。对于背靠背组合轴承和面对面组合轴承，施加预紧可以调节轴承的刚度，其标准预紧分为：微预紧(EL)、轻预紧(L)、中预紧(M)、重预紧(H)。增大预紧时，轴承摩擦力矩也会增大。

角接触球轴承的启动力矩，主要是由球与内、外圈接触面的自旋滑动摩擦产生的力矩。轴承旋转产生的启动力矩$M$如式(10.2)所示：

$$M=M_s\cdot Z\sin\alpha \ (\text{N·mm}),\ \{\text{kgf·mm}\} \quad \cdots\cdots (10.2)$$

式中，$M_s$：以接触角$\alpha$的轴为中心的自旋滑动摩擦

$$M_s=\frac{3}{8}\mu_s\cdot Q\cdot a\cdot E\ (k)$$

(N·mm)，{kgf·mm}

$\mu_s$：接触面的滑动摩擦系数

$Q$：滚动体载荷(N)，{kgf}

$a$：接触椭圆的长轴半径 (mm)

$E\ (k)$：以 $k=\sqrt{1-\left(\frac{b}{a}\right)^2}$

为母数的第二类完全椭圆积分

$b$：接触椭圆的短轴半径 (mm)

$Z$：球数

$\alpha$：接触角(°)

接触角为 15° 的角接触球轴承，其实验结果与将$\mu_s$= 0.15代入式(10.2) 的计算结果十分吻合。图 10.1 所示为 70C 及 72C 系列轴承摩擦力矩的计算结果。

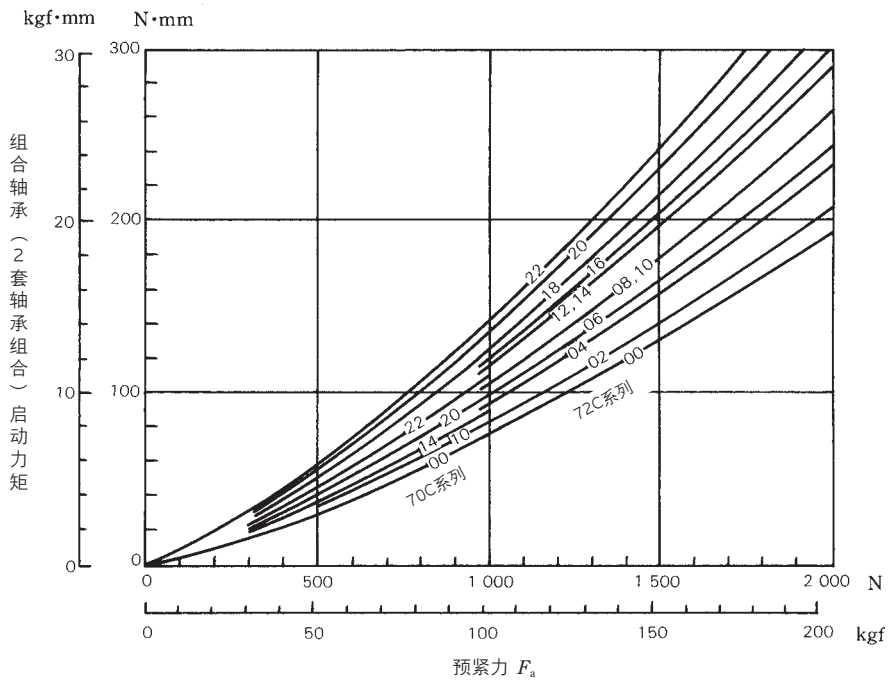



图10.1 角接触球轴承（$\alpha$=15°）背靠背或面对面组合的预紧力与启动力矩

### 10.3.2 高速球轴承旋转力矩的计算公式

下面介绍高速球轴承承受轴向载荷时，采用喷油润滑条件下旋转力矩的计算公式。该公式以内径为10~30mm角接触球轴承的实验结果为依据，同时也适用于尺寸更大的轴承。

旋转力矩$M$可按以下公式（10.3）以载荷项$M_l$与速度项$M_v$之和求出：

$$M=M_l+M_v\ (\mathrm{N\cdot mm}),\ \{\mathrm{kgf\cdot mm}\} \quad \cdots\cdots (10.3)$$

载荷项$M_l$是与速度或流体摩擦无关的摩擦项，根据实验所得公式如式（10.4）所示。

$$\left.\begin{aligned} M_l&=0.672\times10^{-3}D_{pw}^{0.7}F_a^{1.2}\ (\mathrm{N\cdot mm})\\ &=1.06\times10^{-3}D_{pw}^{0.7}F_a^{1.2}\ \{\mathrm{kgf\cdot mm}\}\end{aligned}\right\} \cdots\cdots (10.4)$$

式中，$D_{pw}$：滚动体节圆直径（mm）

$F_a$：轴向载荷(N)，{kgf}

速度项$M_v$是流体摩擦项，受转速影响，如式(10.5)所示。

$$\begin{aligned} M_v&=3.47\times10^{-10}D_{pw}^{3}n_i^{1.4}Z_B^{a}Q^{b}\ (\mathrm{N\cdot mm})\\ &=3.54\times10^{-11}D_{pw}^{3}n_i^{1.4}Z_B^{a}Q^{b}\ \{\mathrm{kgf\cdot mm}\}\end{aligned} \quad \cdots\cdots (10.5)$$

式中，$n_i$：内圈旋转速度（$\mathrm{min^{-1}}$）

$Z_B$：在外圈温度下润滑油的绝对粘度（mPa·s），{cp}

$Q$：供油量(kg/min)

粘度及供油量的影响指数a与b，将随转速而变化，分别如式(10.6)、(10.7)所示：

$$a=24n_i^{-0.37} \quad \cdots\cdots (10.6)$$

$$b=4\times10^{-9}n_i^{1.6}+0.03 \quad \cdots\cdots (10.7)$$

图10.2是高速球轴承旋转力矩的测量结果的一个实例，图10.3是根据计算公式的计算值与实际测量值的对比。另外，当接触角超过30°时，自旋滑动摩擦的影响将增大，按此公式计算的旋转力矩会稍小一些。

**计算举例**

试求高速角接触球轴承20BNT02（$\phi$20 × $\phi$47 × 14）在下列条件下使用时的旋转力矩。

$n_i$=70 000 $\mathrm{min^{-1}}$

$F_a$=590 N，{60 kgf}

喷射润滑油的粘度：10 mPa·s {10 cp}

供油量：1.5 kg/min

由公式（10.4）：

$M_l=0.672\times10^{-3}D_{pw}^{0.7}F_a^{1.2}$

$=0.672\times10^{-3}\times33.5^{0.7}\times590^{1.2}$

$=16.6\ (\mathrm{N\cdot mm})$

$M_l=1.06\times10^{-3}\times33.5^{0.7}\times60^{1.2}$

$=1.7\ \{\mathrm{kgf\cdot mm}\}$

由公式（10.6）及（10.7）：

$a=24n_i^{-0.37}$

$=24\times70\ 000^{-0.37}=0.39$

$b=4\times10^{-9}n_i^{1.6}+0.03$

$=4\times10^{-9}\times70\ 000^{1.6}+0.03=0.26$

由公式（10.5）：

$M_v=3.47\times10^{-10}D_{pw}^{3}n_i^{1.4}Z_B^{a}Q^{b}$

$=3.47\times10^{-10}\times33.5^{3}\times70\ 000^{1.4}\times10^{0.39}\times1.5^{0.26}$

$=216\ (\mathrm{N\cdot mm})$

$M_v=3.54\times10^{-11}\times33.5^{3}\times70\ 000^{1.4}\times10^{0.39}\times1.5^{0.26}$

$=22.0\ \{\mathrm{kgf\cdot mm}\}$

$M=M_l+M_v=16.6+216=232.6\ (\mathrm{N\cdot mm})$

$M=M_l+M_v=1.7+22=23.7\ \{\mathrm{kgf\cdot mm}\}$

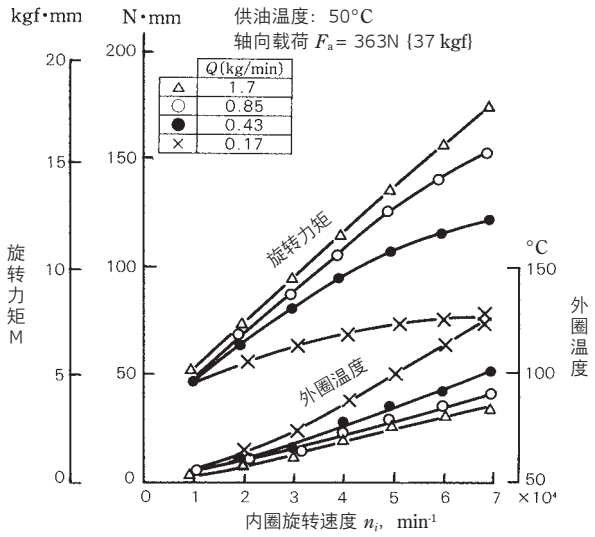



图10.2 实测例

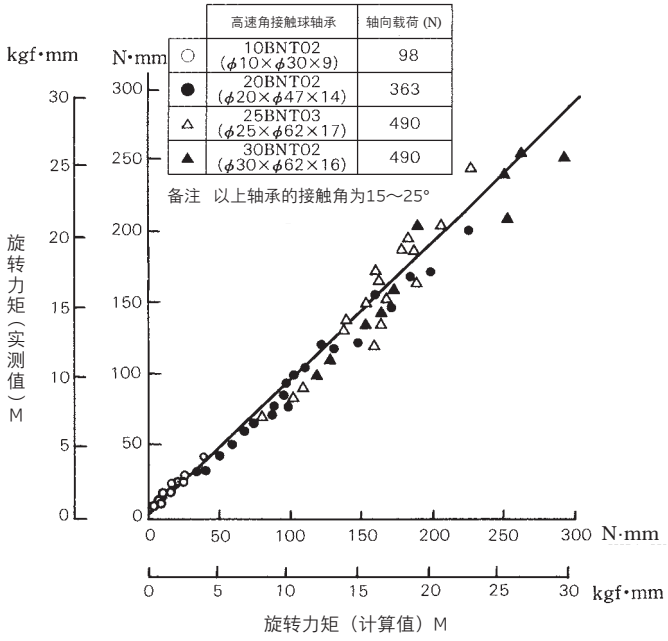



图10.3 实测值与计算值的对比

### 10.3.3 圆锥滚子轴承的预紧与启动力矩

圆锥滚子轴承受轴向载荷$F_a$时，滚子所受的平衡载荷如式(10.8)、(10.9)、(10.10)所示：

$$Q_e=\frac{F_a}{Z\sin\alpha} \quad \cdots\cdots(10.8)$$

$$Q_i=Q_e\cos 2\beta=\frac{\cos 2\beta}{Z\sin\alpha}F_a \quad \cdots\cdots(10.9)$$

$$Q_f=Q_e\sin 2\beta=\frac{\sin 2\beta}{Z\sin\alpha}F_a \quad \cdots\cdots(10.10)$$

式中，$Q_e$：外圈作用于滚动体的载荷 (N), {kgf}
$Q_i$：内圈作用于滚动体的载荷 (N), {kgf}
$Q_f$：内圈大挡边作用于滚动体的载荷，(N), {kgf}（令$Q_f \perp Q_i$）
$Z$：滚子数
$\alpha$：接触角 = 外圈锥度的 1/2 (°)
$\beta$：滚子圆锥角的 1/2 (°)
$D_{w1}$：滚子大端直径 (mm)（图10.4）
$e$：滚子端面与挡边之间的接触位置（图10.4）

如图10.4所示，当轴承外圈上施加圆周切向力$F$时，滚子朝该切向力方向滚动，接触点$C$产生与滚子旋转瞬时中心$A$相关的启动力矩$e\ \mu_e Q_f$。

所以，摩擦力矩的平衡关系为

$$D_{w1}F=e\ \mu_e Q_f \text{ (N·mm), \{kgf·mm\}} \quad \cdots\cdots(10.11)$$

式中，$\mu_e$：内圈大挡边与滚子端面的摩擦系数

一套轴承的启动力矩$M$如式(10.12)所示：

$$M=F\,Z\,l$$

$$=\frac{e\ \mu_e\ l\ \sin 2\beta}{D_{w1}\sin\alpha}F_a$$

$$\text{(N·mm), \{kgf·mm\}} \quad \cdots\cdots(10.12)$$

因为 $D_{w1}=2\ \overline{OB}\ \sin\beta$，且$l=\overline{OB}\ \sin\alpha$.
将其代入公式(10.12)，则

$$M=e\ \mu_e\cos\beta\ F_a \text{ (N·mm), \{kgf·mm\}} \quad \cdots\cdots(10.13)$$

此启动力矩 $M$ 是只考虑了滚子端面与内圈大端挡边的滑动摩擦阻力而求出的。因为圆锥滚子轴承在载荷达到或超过一定程度（相当于预紧量）时，滚子端面与内圈大挡边之间的滑动摩擦阻力对于轴承的启动力矩起决定性作用，其他因素对启动力矩的影响可以忽略不计。在式 (10.12) 中，$e$ 与 $\beta$ 是由轴承设计决定的参数。因此，假设 $\mu_e$ 值，就可以计算出启动力矩。

$\mu_e$ 与 $e$ 值具有一定的离散性，因而，即使同一型号的轴承，其启动力矩也都参差不齐。当使用 $e$ 的设计值时，经一些实验事例证明只要按 $\mu_e$=0.20 的平均值计算，就能估算出轴承启动力矩的平均值。

各系列圆锥滚子轴承的计算结果如图 10.5 所示。

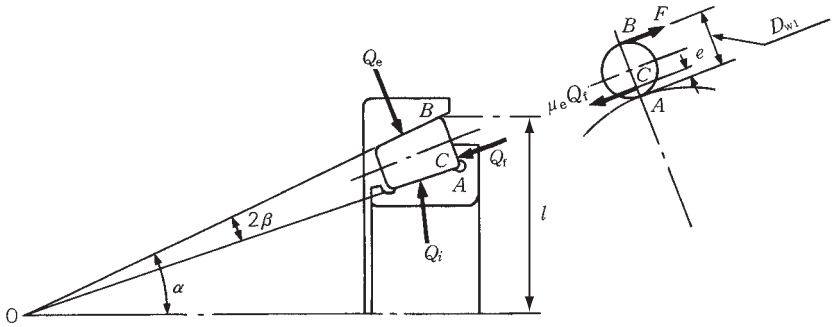



图10.4

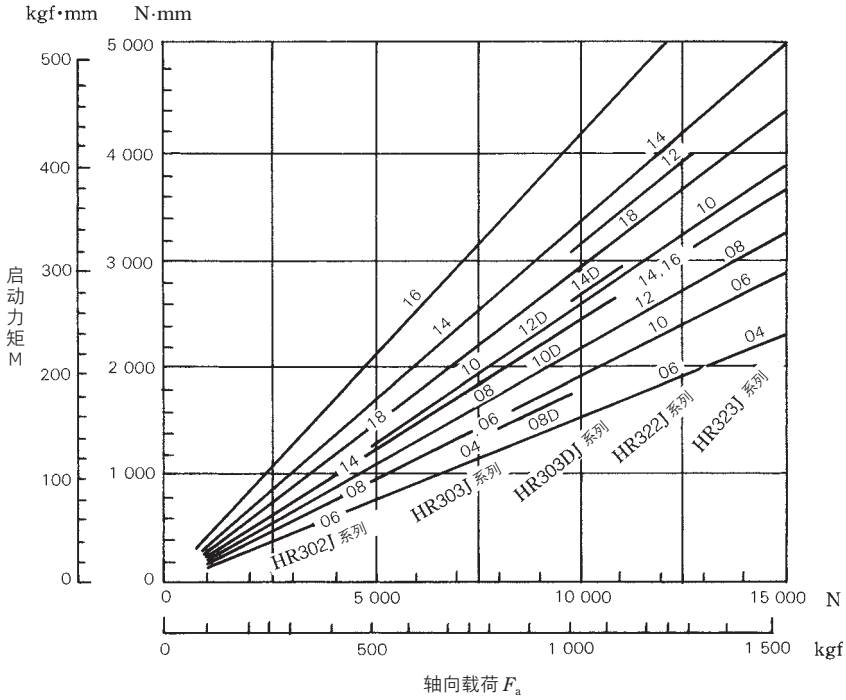



图10.5 圆锥滚子轴承的轴向载荷与启动力矩

### 10.3.4 圆锥滚子轴承旋转力矩的计算公式

圆锥滚子轴承在承受轴向载荷时，其旋转力矩的计算公式，主要基于下列两种摩擦来解析。

(1) 滚子与内 / 外圈滚道面的滚动阻力（摩擦）——弹性滞后与 EHL 粘性滚动阻力

(2) 内圈挡边与滚子端面之间的滑动摩擦

圆锥滚子轴承承受轴向载荷 $F_a$ 时，根据受力平衡，滚子的受力如图 10.6 所示。

$$Q_e \approx Q_i = \frac{F_a}{Z \sin\alpha} \quad \cdots\cdots (10.14)$$

$$Q_f = \frac{F_a \sin 2\beta}{Z \sin\alpha} \quad \cdots\cdots (10.15)$$

式中，$Q_e$：外圈作用于滚动体的载荷

$Q_i$：内圈作用于滚动体的载荷

$Q_f$：内圈大挡边作用于滚动体的载荷

$Z$：滚子数

$\alpha$：接触角（外圈锥度的1/2）

$\beta$：滚子圆锥角的1/2

为了简化，采用滚子中心直径$D_w$建立模型，如图10.7所示。

式中，$M_i$, $M_e$：滚动阻力（力矩）

$F_{si}$, $F_{se}$, $F_{sf}$：滑动摩擦

$R_i$, $R_e$：内、外圈滚道面中心半径

$e$：滚子端面与挡边的接触高度

在图10.7中，假设滚子的滑动摩擦力与力矩趋于平衡，则得下列公式：

$$F_{se} - F_{si} = F_{sf} \quad \cdots\cdots (10.16)$$

$$M_i + M_e = \frac{D_w}{2} F_{se} + \frac{D_w}{2} F_{si} + \left(\frac{D_w}{2} - e\right) F_{sf} \quad \cdots\cdots (10.17)$$

利用式 (10.16) 及 (10.17) 计算得出内、外圈作用于单个滚子的旋转力矩，再乘以滚子数 Z，即得到轴承的旋转力矩 $M$：

$$M = Z\,(R_e F_{se} - M_e)$$

$$= \frac{Z}{D_w}(R_e M_i + R_i M_e) + \frac{Z}{D_w} R_e\, e\, F_{sf}$$

$$= M_R + M_S$$

即，$M$由滚道面产生的摩擦力矩$M_R$和挡边面产生的摩擦力矩$M_S$组成。其中，$M_R$与$M_S$分别为滚动摩擦力矩和滑动摩擦力矩。

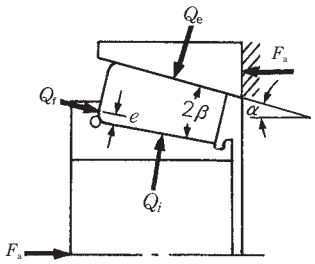



图10.6　滚子受力分析图

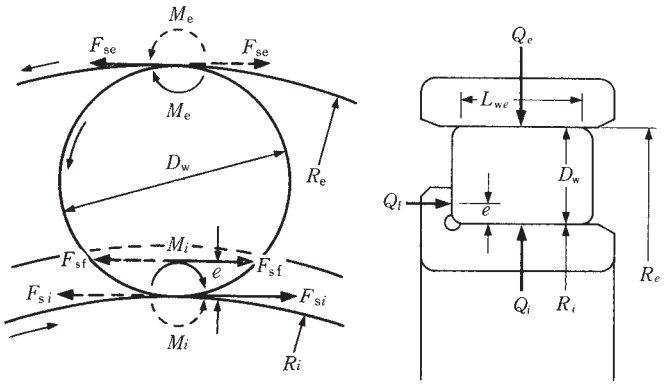



图10.7　摩擦发生部位的模型

圆锥滚子轴承的旋转力矩$M$可以用滚道面产生的滚动摩擦力矩$M_R$与挡边面产生的滑动摩擦力矩$M_S$来表示。

$$M=M_R+M_S=\frac{Z}{D_w}(R_eM_i+R_iM_e)+\frac{Z}{D_w}R_e\,e\,F_{sf} \quad \cdots\cdots (10.18)$$

**挡边面产生的滑动摩擦力矩** $M_S$

$M_S$中的$F_{sf}$是由滑动产生的切向力，故而，使用动摩擦系数$\mu$，这里$F_{sf}=\mu Q_f$。再换成轴向载荷$F_a$，可得如下公式:

$$M_S=e\,\mu\cos\beta\,F_a \quad \cdots\cdots (10.19)$$

这与启动力矩的公式形式相同，但 $\mu$ 不是常数，会随旋转条件及磨合情况而减小。因此，公式(10.19)可表示为:

$$M_S=e\,\mu_0\cos\beta\,F_a f'(\Lambda,\,t,\,\sigma) \quad \cdots\cdots (10.20)$$

式中，$\mu_0$约等于0.2，且$f'(\Lambda,\,t,\,\sigma)$是随磨合情况及油膜形成而减少的函数，启动时为1。

**滚道面产生的滚动摩擦力矩** $M_R$

滚道面产生的滚动摩擦，几乎都是油的粘性阻力（EHL 滚动阻力），相当于公式(10.18)中的$M_i$与$M_e$。虽然也有理论公式，但需要依据实验结果进行修正，下面是含有修正项的推导公式:

$$M_{i,\,e}=\left[f(w)\left(\frac{1}{1+0.29L^{0.78}}\right)\frac{4.318}{\alpha_0}(G\cdot U)^{0.658}W^{0.0126}R^2L_{we}\right]_{i,\,e} \quad \cdots\cdots (10.21)$$

$$f(w)=\left(\frac{kF_a}{E'\,D_wL_{we}Z\sin\alpha}\right)^{0.3} \quad \cdots\cdots (10.22)$$

故而，由公式(10.21)、(10.22)可得 $M_R$:

$$M_R=\frac{Z}{D_w}(R_eM_i+R_iM_e)$$

**轴承旋转力矩** $M$

如上所述，圆锥滚子轴承的旋转力矩 $M$ 可由公式(10.23) 表示

$$M=\frac{Z}{D_w}(R_eM_i+R_iM_e)+e\,\mu_0\cos\beta\,F_af'(\Lambda,\,t,\,\sigma) \quad \cdots\cdots (10.23)$$

如图10.8、10.9所示，公式 (10.23) 的计算值与实测值十分吻合，使得精确估算旋转力矩成为可能。如有相关要求，请与NSK商洽。

[符号说明]

| | |
|---|---|
| $G$, $W$, $U$: | EHL无量纲参数 |
| $L$: | 热载荷系数 |
| $a_0$: | 润滑油粘度的压力系数 |
| $R$: | 等效半径 |
| $k$: | 常数 |
| $E'$: | 等效弹性模量 |
| a: | 接触角（外圈锥度的1/2） |
| $R_i$, $R_e$: | 内、外圈滚道面中心半径 |
| $\beta$: | 滚子锥角的1/2 |
| $i$, e: | 分别表示内、外圈 |
| $L_{we}$: | 滚子有效长度 |

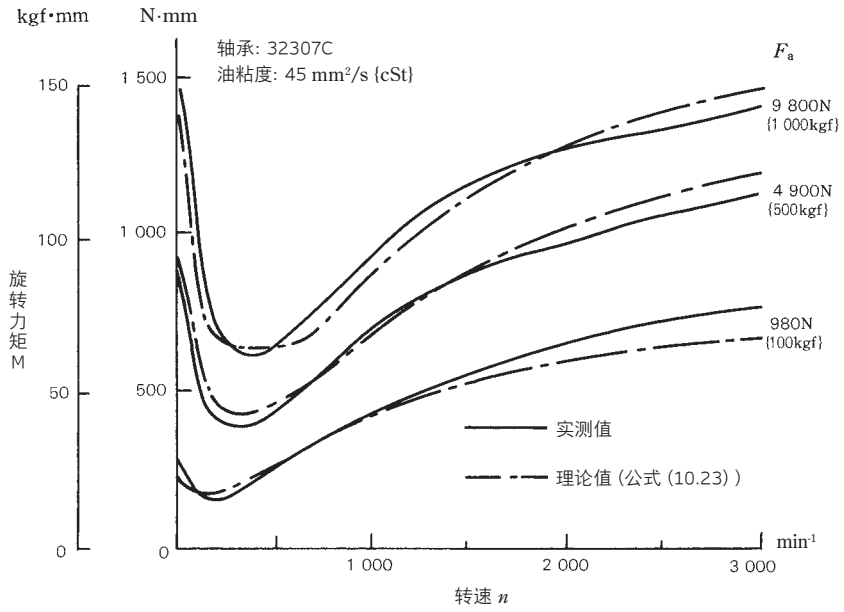



图10.8 理论值与实测值的对比

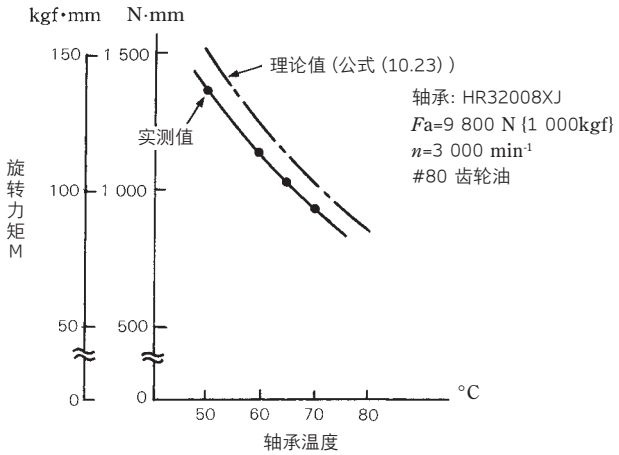



图10.9 粘度变化与旋转力矩


MOTION & CONTROL
NSK
NSK GREASE
LG 2 (Clean Room)
MOTION & CONTROL
NSK
NSK GREASE
LR 3
Net.80g

# 11. 润滑

11.1 润滑的目的 ..... A 228

11.2 润滑的方法 ..... A 228
11.2.1 脂润滑 ..... A 228
(1) 润滑脂的填充量 ..... A 228
(2) 润滑脂的补充 ..... A 229
(3) 润滑脂的补充间隔 ..... A 229
(4) 密封球轴承的润滑脂寿命 ..... A 231
11.2.2 油润滑 ..... A 232
(1) 油浴法 ..... A 232
(2) 滴注供油法 ..... A 232
(3) 飞溅式供油法 ..... A 232
(4) 循环供油法 ..... A 233
(5) 喷射供油法 ..... A 234
(6) 喷雾供油法 ..... A 235
(7) 油气供油法 ..... A 235

11.3 润滑剂 ..... A 236
11.3.1 润滑脂 ..... A 236
(1) 基础油 ..... A 236
(2) 增稠剂 ..... A 236
(3) 添加剂 ..... A 236
(4) 稠度 ..... A 236
(5) 不同润滑脂的混合 ..... A 238
11.3.2 润滑油 ..... A 238

11.4 技术数据 ..... A 240
11.4.1 润滑脂的牌号与性能 ..... A 240

# 11.润滑

## 11.1 润滑的目的

滚动轴承润滑的目的是减少轴承内部可能引起过早失效的摩擦及磨损。其润滑作用如下：

(1) 减少摩擦及磨损

通过油膜防止轴承套圈、滚动体及保持架相互接触部分产生直接金属接触，减少摩擦和磨损。

(2) 延长疲劳寿命

轴承的滚动疲劳寿命很大程度上取决于滚动接触面之间的润滑油粘度和油膜厚度。较大的油膜厚度能够延长疲劳寿命。相反，若润滑油粘度低，润滑油膜厚度不足时，轴承的疲劳寿命则会缩短。

(3) 摩擦热的排出与冷却

循环供油法可用于排出摩擦产生的热量或从外部传来的热量，以防止轴承过热以及润滑油劣化。

(4) 其他

足量的润滑还能够防止杂质侵入轴承内部，防止腐蚀或生锈。

## 11.2 润滑的方法

轴承的润滑方法可以大致分为脂润滑和油润滑。为了充分发挥轴承性能，可以根据特定应用和工况选择最合适的润滑方法。

一般来说，油润滑的性能更好。但是，脂润滑可以简化轴承外围结构。脂润滑和油润滑的利弊比较，如表 11.1 所示。

**表11.1 脂润滑与油润滑的利弊比较**

| 项目 | 脂润滑 | 油润滑 |
|---|---|---|
| 轴承座结构与密封方法 | 可以简化 | 可能较复杂、需注意保养 |
| 转速 | 额定转速是油润滑的65%~80% | 可用于高速旋转 |
| 冷却作用 | 无 | 可以使用强制循环供油实现有效排热 |
| 流动性 | 不好 | 非常好 |
| 润滑剂的更换 | 较麻烦 | 比较简单 |
| 杂质的过滤 | 困难 | 容易 |
| 泄漏导致的外部污染 | 由泄漏造成的污染少 | 如不采取恰当的对策会经常泄露<br>不适合要求无外部污染的工况 |

### 11.2.1 脂润滑

**(1) 润滑脂的填充量**

轴承座内润滑脂的填充量，根据轴承座设计、空间容积、润滑脂性能、环境温度而异。例如，对于对控制温升要求极高的机床主轴用轴承而言，只需填充少量润滑脂。普通轴承所需润滑脂量如下。

首先，将润滑脂填满轴承内部，包括保持架引导面。然后，根据转速，按以下标准向轴承座内部可用空间内填充润滑脂：

1/2~2/3... 低于额定转速的 50% 旋转的情况。

1/3~1/2... 高于额定转速的 50% 旋转的情况。

**(2) 润滑脂的补充**

一般，填充一次润滑脂后可以长时间不必补充。但是，有的使用条件下需要时常补充或更换润滑脂。这种情况下，轴承座的设计也要便于补充和更换润滑脂。

补充间隔短的情况下，要在轴承座的适当位置上设计加脂口和排出口，以便更换劣化的润滑脂。比如：可以用扇形润滑脂补充板将补充润滑脂侧的轴承座空间分成几处。分区侧的润滑脂会缓缓流过轴承，轴承内的旧润滑脂则通过润滑脂阀排出轴承座外（图 11.1）。不使用润滑脂阀的情况下，排出侧的轴承座空间应大于分割侧的空间，以便将陈旧的润滑脂积存在这里，定期拆下外罩取出。

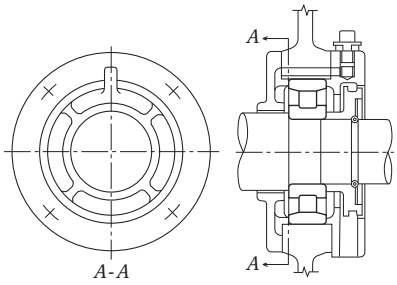



**图11.1 扇形润滑脂填充板与润滑脂阀的并用例**

**(3) 润滑脂的补充间隔**

即使是优质润滑脂，经过一段时间使用也会劣化导致润滑性能降低。所以，要定期补充润滑脂。图 11.2 (1) 和 (2) 所示为不同转速下运行的各类轴承的润滑脂补充间隔。图 11.2 (1) 和 (2) 适用于优质锂皂矿物油润滑脂、轴承温度 70°C，以及标准载荷 ($P/C$=0.1) 的工况。

· 温度

轴承温度高于 70°C 时，轴承的温度每升高 15°C，润滑脂补充间隔就要减半。

· 润滑脂

尤其是对于球轴承而言，可根据所使用的润滑脂类型延长补充间隔。（例如，优质锂皂合成油润滑脂可以如图 11.2 (1) 所示，将补充间隔延长约两倍。轴承温度低于 70°C 时，则适合采用锂皂矿物油润滑脂或锂皂合成油润滑脂。）

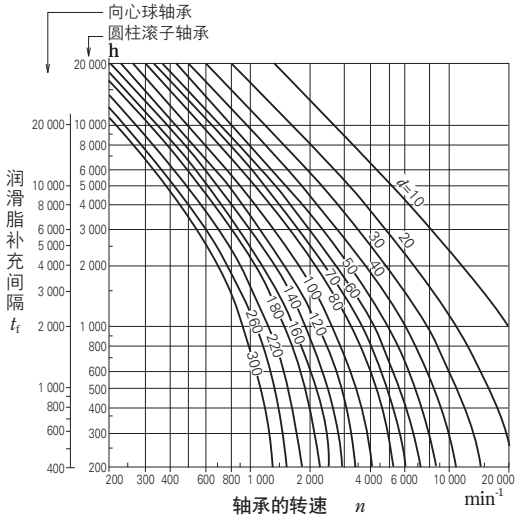
详情请向 NSK 询问。

· 载荷

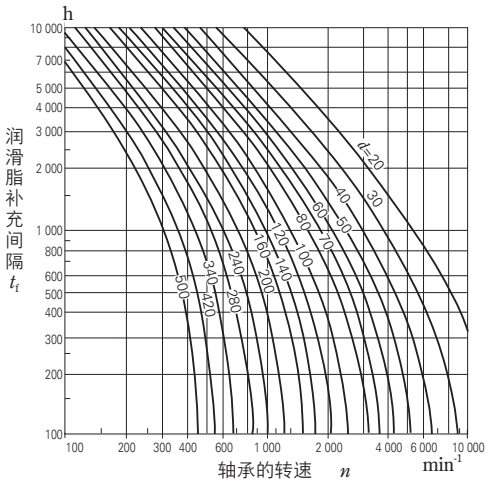
补充间隔取决于轴承载荷的大小。

请参考图 11.2 (3)。

若 $P/C$ 超过 0.16，则建议向 NSK 询问。




(1) 向心球轴承，圆柱滚子轴承




(2) 圆锥滚子轴承，调心滚子轴承

(3) 载荷系数

| $P/C$ | ≦0.06 | 0.1 | 0.13 | 0.16 |
|---|---|---|---|---|
| 载荷系数 | 1.5 | 1 | 0.65 | 0.45 |

图11.2　润滑脂补充间隔

### (4) 密封球轴承的润滑脂寿命

将润滑脂填充入单列深沟球轴承后，可使用公式 (11.1)、(11.2) 或图 11.3 推算出润滑脂寿命：

(通用润滑脂 [1])

$$\log t = 6.54 - 2.6\frac{n}{N_{max}} - \left(0.025 - 0.012\frac{n}{N_{max}}\right)T \quad \cdots\cdots (11.1)$$

(优质润滑脂 [2])

$$\log t = 6.12 - 1.4\frac{n}{N_{max}} - \left(0.018 - 0.006\frac{n}{N_{max}}\right)T \quad \cdots\cdots (11.2)$$

式中，$t$ : 平均润滑脂寿命 (h)

$n$ : 转速 ($min^{-1}$)

$N_{max}$ : 脂润滑的额定转速 ($min^{-1}$)

(轴承尺寸表中的 ZZ 型、VV 型的数值。)

$T$ : 轴承的运转温度 (°C)

公式 (11.1)、(11.2) 及图 11.3 适用于以下条件：

(a) 轴承的转速 $n$

$$0.25 \leqq \frac{n}{N_{max}} \leqq 1$$

$\frac{n}{N_{max}} < 0.25$ 时，设 $\frac{n}{N_{max}} = 0.25$

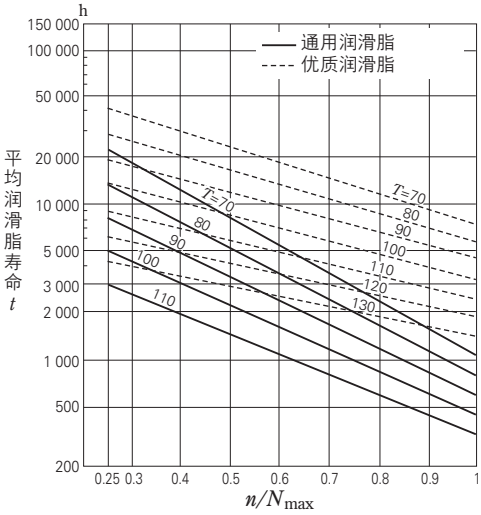



图11.3 密封球轴承的润滑脂寿命

(b) 轴承的运转温度 $T$

通用润滑脂 [1]

$$70°C \leqq T \leqq 110°C$$

优质润滑脂 [2]

$$70°C \leqq T \leqq 130°C$$

$T < 70°C$ 时，设 $T = 70°C$

(c) 轴承载荷

轴承载荷应约为基本额定动载荷 $C_r$ 的 1/10 或以下。

---

注 (1) 通常在 -10°C~110°C 左右常用的以矿物油为基础油的润滑脂 (比如：锂皂基润滑脂)。

(2) 可以在 -40°C~130°C 左右宽温度范围内使用的以合成油为基础油的润滑脂。

### 11.2.2 油润滑

**(1) 油浴法**

油浴法是多用于低速、中速旋转的一种润滑方法。原则上油面高度处于最低位置的滚动体中心。最好安装油位表，以便于确认油面高度（图 11.4）。

**(2) 滴注供油法**

滴注供油法多用于转速较高的小型球轴承。如图 11.5 所示，油贮藏在可视注油器中，滴油的速度可通过顶部的螺丝来调节。

**(3) 飞溅式供油法**

飞溅式供油，是不直接将轴承浸入油中，而利用周围的齿轮或旋转体转动时产生的飞沫来润滑的方法。

广泛用于汽车的变速箱、差速器中。图 11.6 所示为减速齿轮的应用实例。

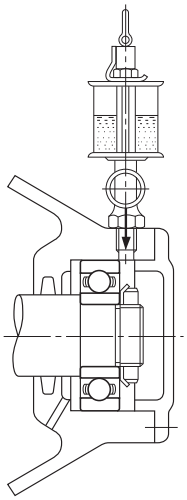


图11.5 滴注供油法

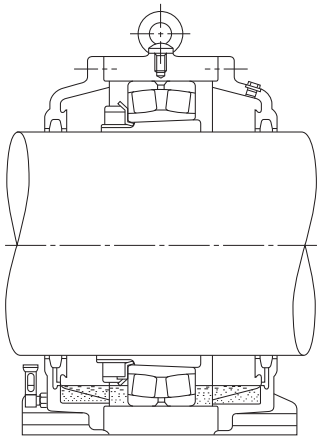


图11.4 油浴法

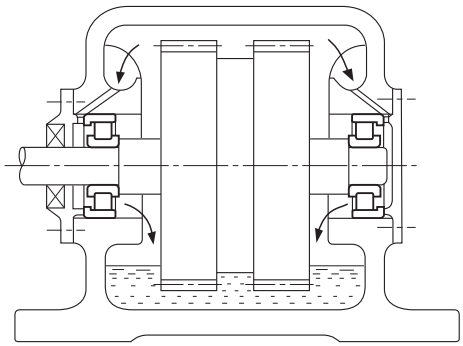
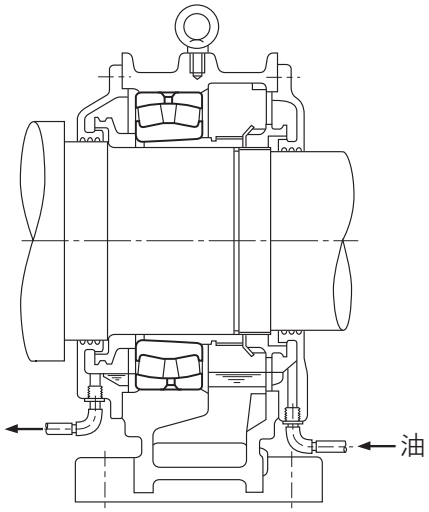


图11.6 飞溅式供油法

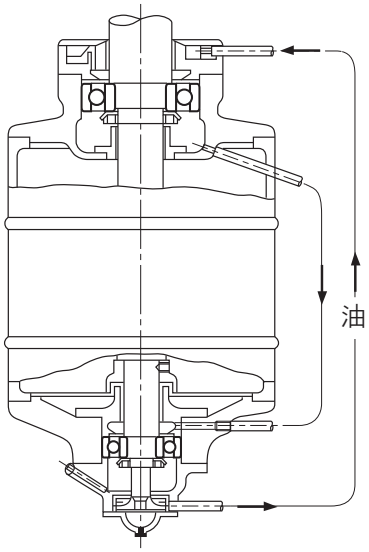
**(4) 循环供油法**

对于高速下需要用油对轴承进行冷却，或轴承周围温度很高时，多采用循环供油。如图 11.7（a）所示，油从右侧的管路供入，穿过轴承，经左侧管路排出。在油箱内冷却后，再次通过泵或过滤器供油。

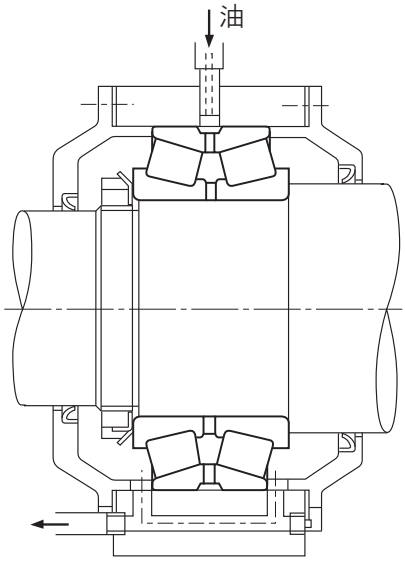
为了防止油在轴承座内积存过多，排油管要比供油管粗。




(a)




(b)




(c)

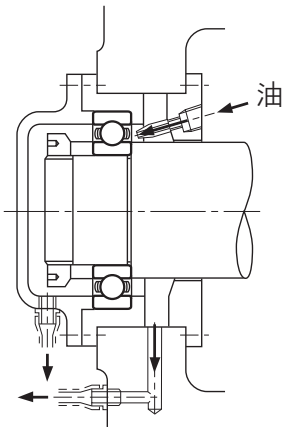
图11.7 循环供油法

**(5) 喷射供油法**

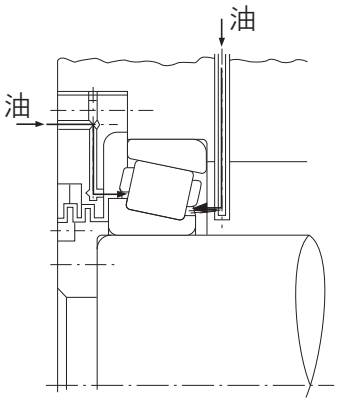
喷射供油法，多用于超高速轴承。比如，$d_m n$（$d_m$：以 mm 为单位计的滚动体节圆直径；$n$：以 $min^{-1}$ 为单位计的转速）值超过 100 万的喷气式发动机轴承的润滑。从 1 个或几个喷嘴加压喷射润滑油，使之贯通轴承内部。

图 11.8 是常用的喷射供油举例。对着内圈和保持架引导面喷油。高速运转的情况下，轴承周围的空气也与轴承一起旋转，形成气墙。所以，润滑油从喷嘴喷出的速度，要超过内圈内径面（也是保持架引导面）线速度的 20%。

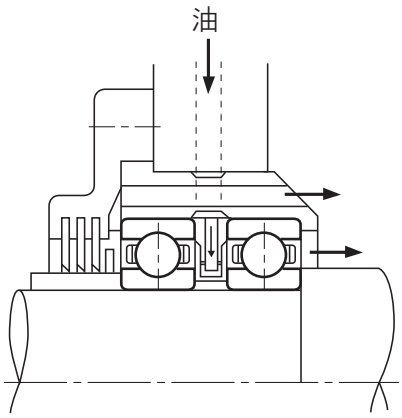
对于同一油量，喷嘴数量越多，冷却就越均匀，效果也越好。油最好采用强制排出的方法，减少润滑剂的搅拌阻力，以便有效地散热。




(a)




(b)




(c)

图11.8 喷射供油法

### (6) 喷雾供油法

喷雾供油法，也叫油雾润滑，是将油雾喷射到轴承上的润滑方法。其优点如下：

(a) 所需润滑油量少，搅拌阻力小，适用于高速旋转。

(b) 很少漏油，所以对轴承周围的污染小。

(c) 能够相对容易地不断更新润滑油，从而延长轴承寿命。

因此，喷雾供油法多用于机床高速主轴、高速泵、轧钢机轧辊轴承等（图 11.9）。

另外，有关大型轴承的喷雾供油法，请向 NSK 询问。

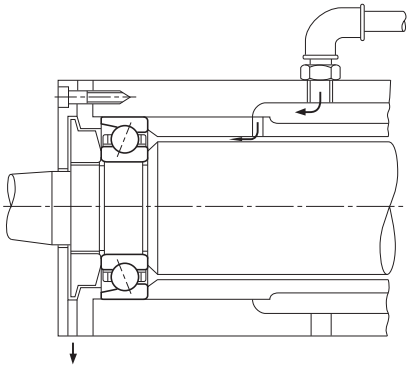


图11.9 喷雾供油法

### (7) 油气供油法

油气供油，是用定量活塞间歇地将微量润滑油引入一条携带恒定压缩空气流的管路中。润滑油沿着管路流动，达到恒定流速。

油气供油法的主要优点包括：

(a) 供油量少且可以定量管理，所以能够控制最合适的油量，发热少，适用于高速。

(b) 连续地微量供油，轴承温度稳定。而且，由于润滑油量小，对周围空气几乎没有污染。

(c) 一直向轴承供应新的润滑油，因此，不用担心油的劣化。

(d) 经常向轴承内部送入压缩空气，内压高，灰尘及切削液等不易从外部侵入。

因此，油气供油法多用于机床主轴及其它高速旋转的场合（图 11.10）。

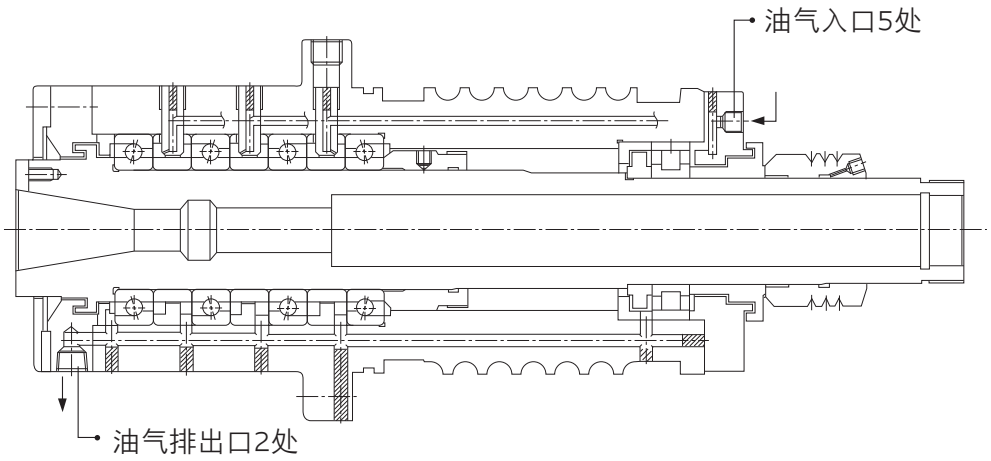



图11.10 油气供油法

## 11.3 润滑剂

### 11.3.1 润滑脂

润滑脂是由基础油、增稠剂及添加剂制成的半固态润滑剂。润滑脂的主要种类和一般特性如表11.2所示。即使是同一种类的润滑脂，牌号不同在性能上也会不同，选择时要注意。

**(1) 基础油**

润滑脂的基础油，使用矿物油或者硅酮油、二酯油等合成油。润滑脂的润滑性能主要取决于基础油的润滑性能，所以在选择润滑油时，同样也需重视基础油粘度。一般，采用低粘度基础油制成的润滑脂更适用于高速、低温的工况，而采用高粘度基础油制成的润滑脂则更适用于高温及重载荷的工况。

但是，增稠剂也会影响润滑脂的润滑性能。因此，润滑脂的选择标准不同于润滑油的标准。此外，需注意酯基润滑脂会造成丙烯酸橡胶材料膨胀，且硅基润滑脂会导致硅基材料膨胀。

**(2) 增稠剂**

润滑脂的增稠剂，除使用各种金属皂基、硅胶、皂土等无机增稠剂外，还使用尿素、氟化物等耐热有机增稠剂。

增稠剂的种类和润滑脂的滴点关系密切。一般，滴点(1)高的润滑脂使用温度上限也高。然而，即使使用了高滴点增稠剂，在基础油耐热性低的情况下，其使用温度上限也会降低。确定润滑脂可能的使用温度上限时，应考虑到基础油的耐热性。

润滑脂的耐水性取决于增稠剂的耐水性。钠皂基润滑脂或含钠皂的混合基润滑脂，因在有水或高湿度的环境下会乳化，所以不适于多水分的环境。此外，需注意尿基润滑脂会导致氟基材料劣化。

注 (1) 润滑脂滴点指用规定小容器加热润滑脂至流动状态滴下的温度。

| 名称（通称） | 锂基润滑脂 | | |
|---|---|---|---|
| 增稠剂 | 锂皂基 | | |
| 基础油 / 性能 | 矿物油 | 二酯油、多元酯油 | 硅酮油 |
| 滴点℃ | 170~195 | 170~195 | 200~210 |
| 使用温度范围℃ | –20~+110 | –50~+130 | –50~+160 |
| 允许旋转数%(1) | 70 | 100 | 60 |
| 机械稳定性 | 良 | 良 | 良 |
| 耐压性 | 中 | 中 | 弱 |
| 耐水性 | 良 | 良 | 良 |
| 防锈性 | 良 | 良 | 劣 |
| 备注 | 广泛应用的通用润滑脂 | 低温、摩擦特性优良，常用于小型电机和仪器用小型轴承。但要注意绝缘漆会造成锈蚀 | 主要用于高温场合，不适于高速、低速、重载荷条件及滑动接触面积多的轴承（滚子轴承等） |

注 (1) 所列值为轴承尺寸表中脂润滑额定转速的使用极限，用%表示。

**(3) 添加剂**

润滑脂通常包含抗氧化剂、防锈剂、极压剂等添加剂，以赋予其特殊性能。在承受重载荷时，建议使用加入极压添加剂的润滑脂。长期不补充润滑脂的情况下，应使用含有抗氧化剂的润滑脂。

**(4) 稠度**

稠度是表示润滑脂“软度”的数值。表11.3所示为稠度代号及稠度与工况的关系。

表11.2 润滑脂的特性

| | 钠基润滑脂（纤维状润滑脂） | 钙基润滑脂（杯滑脂） | 混合基润滑脂 | 复合基润滑脂（复合润滑脂） | 无皂基润滑脂（无皂润滑脂） | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 钠皂基 | 钙皂基 | 钠+钙皂基、锂+钙皂基、等 | 钙复合皂基、铝复合皂基、锂复合皂基、等 | 尿素、皂土、碳黑、氟化物、耐热性有机化合物等 | |
| | 矿物油 | 矿物油 | 矿物油 | 矿物油 | 矿物油 | 合成油（酯油、多元酯油、合成烃油、硅酮油、氟基油） |
| | 170~210 | 70~90 | 160~190 | 180~300 | > 230 | > 230 |
| | −20~+130 | −20~+60 | −20~+80 | −20~+130 | −10~+130 | < +220 |
| | 70 | 40 | 70 | 70 | 70 | 40~100 |
| | 良 | 劣 | 良 | 良 | 良 | 良 |
| | 中 | 弱 | 中~强 | 中~强 | 中 | 中 |
| | 劣 | 良 | 钠皂基润滑脂为劣 | 良 | 良 | 良 |
| | 劣~良 | 良 | 中~良 | 中~良 | 劣~良 | 劣~良 |
| | 分长纤维状和短纤维状。长纤维的润滑脂不能用于高速场合。对于水、高温条件要注意 | 包含高粘度矿物油和极压剂（铅皂等）的极压润滑脂，耐压性强 | 常用于滚子轴承和大型球轴承 | 适用于极压应用，机械稳定性大 | 以矿物油为基础油的润滑脂，用于中、高温工况。以合成油为基础的润滑脂，建议用于低温或高温工况。以硅酮油与氟基油为基础油的润滑脂，有的防锈性与音响性能较差 | |

**备注** 不同牌号的润滑脂性能的差异很大。

表11.3 润滑脂的稠度和使用条件

| 稠度代号 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| 稠度(1) 1/10 mm | 355~385 | 310~340 | 265~295 | 220~250 | 175~205 |
| 使用条件（用途） | · 集中供脂用<br>· 易发生微动磨损时 | · 集中供脂用<br>· 易发生微动磨损时<br>· 低温用 | · 一般应用<br>· 密封球轴承用 | · 一般应用<br>· 密封球轴承用<br>· 高温用 | · 高温用<br>· 脂润滑密封用 |

**注** (1) 稠度：规定重量的圆锥体侵入润滑脂的深度，单位为1/10mm。数值越大，润滑脂越软。

**(5) 不同润滑脂的混合**

原则上，不同牌号的润滑脂不能混合，混用含有不同种类增稠剂的润滑脂会破坏润滑脂结构以及物理性能。而且，即使使用同种增稠剂的润滑脂，也可能会因添加剂不同，相互造成不良影响。

### 11.3.2 润滑油

滚动轴承用润滑油通常为油膜强度高、氧化稳定性能及防锈性能好的高度精炼矿物油或合成油。选择润滑油时，最重要的是根据运转条件，选定粘度合适的油。若粘度过低，不能充分形成油膜，可能会造成非正常磨损和咬粘。相反，若粘度过高，过大的粘性阻力会引起发热和加大动力损耗。通常，转速高使用低粘度的油。然而，轴承载荷和尺寸越大，使用的润滑油粘度越高。

表 11.4 所列为普通工况下，一般推荐使用的轴承润滑油粘度。

作为选择适当润滑油的参考，图 11.11 展示了润滑油温度和粘度的关系，表 11.5 则列出了润滑油的选择举例。

**表11.4 轴承类型与润滑油所需的粘度**

| 轴承类型 | 运转时的动粘度 |
|---|---|
| 球轴承、圆柱滚子轴承 | 13mm²/s以上 |
| 圆锥滚子轴承、调心滚子轴承 | 20mm²/s以上 |
| 推力调心滚子轴承 | 32mm²/s以上 |

**备注** 1mm²/s=1cst（厘斯）

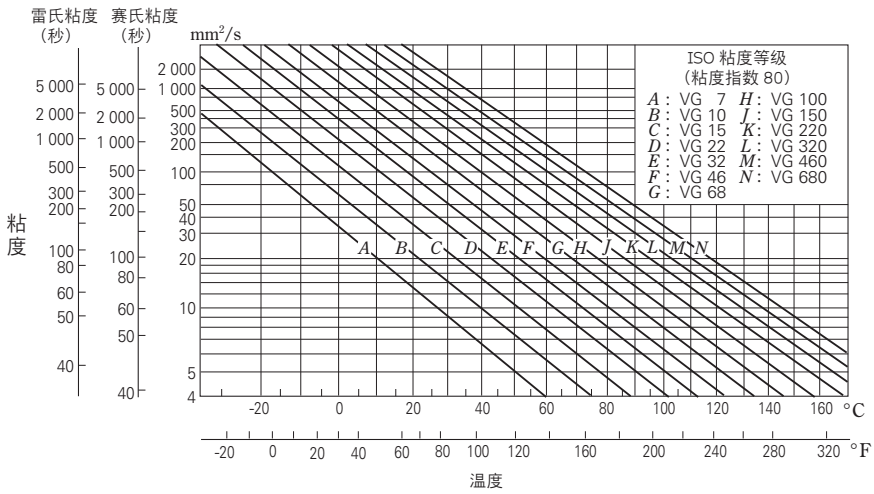



图11.11 温度和粘度关系图

**油的更换周期**

油的更换周期，因工况、油量而异。

当在运转温度低于 50℃ 且灰尘很少的环境下使用时，润滑油可以约一年更换一次。然而，在油温约为 100℃ 工况下使用时，则至少要每 3 个月更换一次润滑油。

若可能有水分侵入，或润滑油可能混入杂质的情况下，必须缩短更换周期。

与润滑脂相同，牌号不同的润滑油，禁止混用。

**表11.5　润滑油的选择举例**

| 运转温度 | 转速 | 轻载荷或普通载荷 | 重载荷或冲击载荷 |
|---|---|---|---|
| −30~ 0℃ | 额定转速以下 | ISO VG 15, 22, 32（制冷机油） | – |
| 0~ 50℃ | 额定转速 50% 以下 | ISO VG 32, 46, 68（轴承油，涡轮机油） | ISO VG 46, 68, 100（轴承油，涡轮机油） |
| | 额定转速 50% ~100% | ISO VG 15, 22, 32（轴承油，涡轮机油） | ISO VG 22, 32, 46（轴承油，涡轮机油） |
| | 额定转速以上 | ISO VG 10, 15, 22（轴承油） | – |
| 50~ 80℃ | 额定转速 50% 以下 | ISO VG 100, 150, 220（轴承油） | ISO VG 150, 220, 320（轴承油） |
| | 额定转速 50% ~100% | ISO VG 46, 68, 100（轴承油，涡轮机油） | ISO VG 68, 100, 150（轴承油，涡轮机油） |
| | 额定转速以上 | ISO VG 32, 46, 68（轴承油，涡轮机油） | – |
| 80~110℃ | 额定转速 50% 以下 | ISO VG 320, 460（轴承油） | ISO VG 460, 680（轴承油，齿轮油） |
| | 额定转速 50% ~100% | ISO VG 150, 220（轴承油） | ISO VG 220, 320（轴承油） |
| | 额定转速以上 | ISO VG 68, 100（轴承油，涡轮机油） | – |

**备注** 1. 额定转速采用轴承尺寸表所列的数值。
2. 参考制冷机油 (JIS K 2211)、轴承油 (JIS K 2239)、涡轮机油 (JIS K 2213)、齿轮油 (JIS K 2219)。
3. 若运转温度靠近上表左栏所列温度范围的高温区时，则选择高粘度油。
4. 运转温度低于 -30℃ 或高于 110℃ 时，请向 NSK 询问。

## 11.4 技术数据

### 11.4.1 润滑脂的牌号与性能

表11.6 润滑脂的牌号

| 牌号 | 增稠剂 | 基础油 | |
|---|---|---|---|
| EA3 GREASE | 尿素(3) | 聚α烯烃油 | |
| EA5 GREASE | 尿素(3) | 聚α烯烃油 | |
| EA6 GREASE | 尿素(3) | 聚α烯烃油 | |
| EA7 GREASE | 尿素(3) | 聚α烯烃油 | |
| EA9 GREASE | 尿素(3) | 聚α烯烃油 | |
| ENS GREASE | 尿素(3) | 多羟酯油(4) | |
| ECE GREASE | 锂 | 聚α烯烃油 | |
| DOW CORNING (R) SH 44 M GREASE | 锂 | 硅酮油(5) | |
| NS HI-LUBE | 锂 | 酯油+二酯油 (4) | |
| LG2 GREASE | 锂 | 聚α烯烃油 + 矿物油 | |
| LGU GREASE | 尿素(3) | 聚α烯烃油 | |
| EMALUBE 8030 | 尿素(3) | 矿物油 | |
| KP1 GREASE | 聚四氟乙烯 | 全氟聚醚油 | |
| SHELL ALVANIA GREASE S2 | 锂 | 矿物油 | |
| SHELL ALVANIA GREASE S3 | 锂 | 矿物油 | |
| SHELL SUNLIGHT GREASE 2 | 锂 | 矿物油 | |
| WPH GREASE | 尿素(3) | 聚α烯烃油 | |
| NIGLUBE RSH | 钠络合物 | 二醇油 | |
| PALMAX RBG | 锂络合物 | 矿物油 | |
| MULTEMP PS No.2 | 锂 | 聚α烯烃油 + 二酯油 | |
| MOLYKOTE(R) FS-3451GREASE | 聚四氟乙烯 | 氟硅油 | |
| UME GREASE | 尿素(3) | 矿物油 | |
| RW1 GREASE | 尿素(3) | 矿物油 | |
| HA1 GREASE | 尿素(3) | 醚油 | |
| HA2 GREASE | 尿素(3) | 醚 + 聚α烯烃油 | |
| KLUBERSYNTH HB 72-52 | 尿素(3) | 酯油 | |
| NOXLUB KF0921 | 聚四氟乙烯 | 全氟聚醚油 | |
| ECH GREASE | 炭黑 | 全氟聚醚油 | |
| FWG GREASE | 尿素(3) | 矿物油 + 聚α烯烃油 | |
| HT1 GREASE | 尿素(3) | 聚α烯烃油 | |
| ARAPEN RB320 | 锂钙 | 矿物油 | |
| SHELL GADUSRAIL S4 HIGH SPEED EUFR | 锂 | 矿物油 | |

注 (1) 若润滑脂用于温度范围上限或下限工况或诸如真空等特殊环境时，请向 NSK 询问。
(2) 短时间运转或冷却条件良好的工况下，若润滑剂补充适当，可以超过此极限的速度使用。
(3) 脲基润滑脂会导致氟基材料劣化。
(4) 酯基润滑脂会导致丙烯酸橡胶材料膨胀。
(5) 硅基润滑脂会导致硅基材料膨胀。

与性能的参考数据

| 滴点 (°C) | 稠度 | 使用温度范围(1) (°C) | 耐压性 | 可用极限与所列额定转速之比 (脂润滑) (2) (%) |
|---|---|---|---|---|
| ≧260 | 230 | −40~+150 | 中 | 100 |
| ≧260 | 251 | −40~+160 | 良 | 60 |
| ≧260 | 220 | −40~+160 | 中 | 70 |
| ≧260 | 243 | −40~+160 | 中 | 100 |
| ≧260 | 314 | −40~+140 | 中 | 100 |
| ≧260 | 264 | −40~+160 | 劣 | 100 |
| ≧260 | 235 | −10~+120 | 劣 | 100 |
| 210 | 260 | −30~+130 | 劣 | 60 |
| 192 | 250 | −40~+130 | 劣 | 100 |
| 201 | 199 | −20~+ 70 | 劣 | 100 |
| ≧260 | 201 | −40~+120 | 中 | 70 |
| ≧260 | 280 | 0~+130 | 良 | 60 |
| 不适用 | 290 | −30~+200 | 中 | 60 |
| 181 | 275 | −10~+110 | 中 | 70 |
| 182 | 242 | −10~+110 | 中 | 70 |
| 200 | 274 | −10~+110 | 中 | 70 |
| 259 | 240 | −40~+150 | 中 | 70 |
| ≧260 | 270 | −20~+140 | 中 | 60 |
| 216 | 300 | −10~+130 | 良 | 70 |
| 190 | 275 | −50~+110 | 劣 | 100 |
| 不适用 | 285 | 0~+180 | 中 | 70 |
| ≧260 | 272 | −10~+130 | 中 | 70 |
| ≧260 | 300 | −10~+130 | 中 | 70 |
| ≧260 | 290 | −40~+160 | 中 | 70 |
| ≧260 | 295 | −30~+170 | 中 | 70 |
| 250 | 295 | −30~+160 | 中 | 70 |
| 不适用 | 280 | −40~+200 | 中 | 70 |
| 不适用 | 205 | −30~+260 | 中 | 60 |
| ≧260 | 268 | −30~+150 | 中 | 70 |
| ≧260 | 236 | −40~+150 | 中 | 100 |
| 177 | 305 | −10~+ 80 | 中 | 70 |
| 188 | 266 | −10~+110 | 中 | 100 |


NSK
NSK
NSK
NSK
JAPAN

# 12. 轴承材料

12.1 轴承套圈及滚动体材料 …… A 244

12.2 保持架材料 …… A 245

12.3 滚动轴承以及轴 / 轴承座材料的特性 …… A 246

12.4 技术数据 …… A 248

12.4.1 各国滚动轴承专用钢材标准对照 …… A 248

12.4.2 长寿命轴承钢(NSK Z 钢) …… A 250

12.4.3 轴承钢的尺寸稳定性 …… A 252

12.4.4 滚动轴承的疲劳解析 …… A 254

(1) 疲劳度测定 …… A 254

(2) 表面疲劳与内部疲劳 …… A 256

12.4.5 Hi-TF 轴承与 Super-TF 轴承 …… A 258

(1) 基于长寿命技术的 Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承 …… A 258

(2) TF 技术 …… A 258

(3) Hi-TF 轴承与 Super-TF 轴承的材料特性 …… A 259

(4) 异物侵入润滑条件下的寿命 …… A 260

(5) 清洁润滑条件下的寿命 …… A 260

(6) 边界润滑条件下的寿命 …… A 261

(7) 耐磨损性和抗咬粘性 …… A 261

(8) 耐热性 …… A 261

12.4.6 轴承材料中代表性聚合物的物理特性 …… A 262

12.4.7 尼龙保持架材料的特性 …… A 264

12.4.8 保持架用耐热树脂材料 …… A 266

# 12. 轴承材料

滚动轴承的套圈和滚动体，承受很高的循环接触应力，同时伴有少量滑动。保持架与套圈和滚子或其中之一滑动接触，并同时承受拉应力和压应力。

因此，轴承套圈、滚动体及保持架所使用的材料应具有以下性能：

轴承套圈与滚动体材料所要求的性能
- 滚动疲劳强度大
- 硬度高
- 耐磨损
- 尺寸稳定性好
- 机械强度大

保持架材料所要求的特性

此外，根据具体用途，还需要易加工、抗冲击、耐高温、耐腐蚀等性能。

## 12.1 轴承套圈及滚动体材料

轴承套圈及滚动体通常使用高碳铬轴承钢（表12.1）。大部分 NSK 轴承采用表 12.1 所示 JIS 钢种中的 SUJ2，大型轴承一般使用 SUJ3。SUJ2 的化学成分与美国 AISI 52100、德国 DIN 100 Cr6、以及英国 BS 535A99 的规定大致相同。

轴承需要承受较大的冲击载荷时，常使用铬钢、铬钼钢、镍铬钼钢等。该等钢在渗碳至合适深度并具备足够的表面硬度，因此比普通的渗碳轴承钢具有更好的耐冲击性。一般渗碳轴承钢的化学成分，如表 12.2 所示。

表12.1 高碳铬轴承钢的化学成分(主要成分)

| 规格 | 牌号 | 化学成分 (%) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo |
| JIS G 4805 | SUJ 2 | 0.95~1.10 | 0.15~0.35 | 0.50以下 | 0.025以下 | 0.025以下 | 1.30~1.60 | — |
| | SUJ 3 | 0.95~1.10 | 0.40~0.70 | 0.90~1.15 | 0.025以下 | 0.025以下 | 0.90~1.20 | — |
| | SUJ 4 | 0.95~1.10 | 0.15~0.35 | 0.50以下 | 0.025以下 | 0.025以下 | 1.30~1.60 | 0.10~0.25 |
| ASTM A 295 | 52100 | 0.93~1.05 | 0.15~0.35 | 0.25~0.45 | 0.025以下 | 0.015以下 | 1.35~1.60 | 0.10以下 |

表12.2 渗碳轴承钢的化学成分(主要成分)

| 规格 | 牌号 | 化学成分 (%) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Mo |
| JIS G 4052 | SCr 420 H | 0.17~0.23 | 0.15~0.35 | 0.55~0.95 | 0.030以下 | 0.030以下 | 0.25以下 | 0.85~1.25 | — |
| | SCM 420 H | 0.17~0.23 | 0.15~0.35 | 0.55~0.95 | 0.030以下 | 0.030以下 | 0.25以下 | 0.85~1.25 | 0.15~0.35 |
| | SNCM 220 H | 0.17~0.23 | 0.15~0.35 | 0.60~0.95 | 0.030以下 | 0.030以下 | 0.35~0.75 | 0.35~0.65 | 0.15~0.30 |
| | SNCM 420 H | 0.17~0.23 | 0.15~0.35 | 0.40~0.70 | 0.030以下 | 0.030以下 | 1.55~2.00 | 0.35~0.65 | 0.15~0.30 |
| JIS G 4053 | SNCM 815 | 0.12~0.18 | 0.15~0.35 | 0.30~0.60 | 0.030以下 | 0.030以下 | 4.00~4.50 | 0.70~1.00 | 0.15~0.30 |
| ASTM A 534 | 8620 H | 0.17~0.23 | 0.15~0.35 | 0.60~0.95 | 0.025以下 | 0.015以下 | 0.35~0.75 | 0.35~0.65 | 0.15~0.25 |
| | 4320 H | 0.17~0.23 | 0.15~0.35 | 0.40~0.70 | 0.025以下 | 0.015以下 | 1.55~2.00 | 0.35~0.65 | 0.20~0.30 |
| | 9310 H | 0.07~0.13 | 0.15~0.35 | 0.40~0.70 | 0.025以下 | 0.015以下 | 2.95~3.55 | 1.00~1.40 | 0.08~0.15 |

表12.3 高温轴承高速钢的化学成分(主要成分)

| 规格 | 牌号 | 化学成分 (%) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo | V | Ni | Cu | Co | W |
| AISI | M50 | 0.77~0.85 | 0.25以下 | 0.35以下 | 0.015以下 | 0.015以下 | 3.75~4.25 | 4.00~4.50 | 0.90~1.10 | 0.10以下 | 0.10以下 | 0.25以下 | 0.25以下 |

NSK 采用的是经真空脱气处理的高纯度轴承钢，氧含量低。通过将该材料与合适的热处理相结合，轴承的滚动疲劳寿命得到了显著提高。

对于特殊用途轴承，可能需要使用耐热性优良的高速轴承钢以及耐腐蚀性良好的不锈钢。该等特殊材料的化学成分如表 12.3 与表 12.4 所示。

## 12.2 保持架材料

表 12.5 中所示的低碳钢是轴承用冲压保持架的主要材料。有时也使用黄铜板或不锈钢板。车制保持架的材料使用高强度黄铜(表 12.6) 或碳钢(表 12.5)，此外，有时还使用合成树脂。

**表12.4 滚动轴承用不锈钢的化学成分(主要成分)**

| 规格 | 牌号 | 化学成分 (%) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo |
| JIS G 4303 | SUS 440 C | 0.95~1.20 | 1.00以下 | 1.00以下 | 0.040以下 | 0.030以下 | 16.00~18.00 | 0.75以下 |
| SAE J 405 | 51440 C | 0.95~1.20 | 1.00以下 | 1.00以下 | 0.040以下 | 0.030以下 | 16.00~18.00 | 0.75以下 |

**表12.5 保持架用钢板及碳钢的化学成分(主要成分)**

| 分类 | 规格 | 牌号 | 化学成分 (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | C | Si | Mn | P | S |
| 冲压保持架用钢板 | JIS G 3141 | SPCC | 0.12以下 | — | 0.50以下 | 0.04以下 | 0.045以下 |
| | BAS 361 | SPB 2 | 0.13~0.20 | 0.30以下 | 0.25~0.60 | 0.03以下 | 0.030以下 |
| | JIS G 3311 | S 50 CM | 0.47~0.53 | 0.15~0.35 | 0.60~0.90 | 0.03以下 | 0.035以下 |
| 车制保持架用碳钢 | JIS G 4051 | S 25 C | 0.22~0.28 | 0.15~0.35 | 0.30~0.60 | 0.03以下 | 0.035以下 |

**备注** 表中的BAS为日本轴承工业协会标准。

**表12.6 车制保持架用高强度黄铜的化学成分(主要成分)**

| 规格 | 牌号 | 化学成分 (%) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Cu | Zn | Mn | Fe | Al | Sn | Ni | 杂质 | |
| | | | | | | | | | Pb | Si |
| JIS H 5120 | CAC301 (HBsC 1) | 55.0~60.0 | 33.0~42.0 | 0.1~1.5 | 0.5~1.5 | 0.5~1.5 | 1.0以下 | 1.0以下 | 0.4以下 | 0.1以下 |
| JIS H 3250 | C 6782 | 56.0~60.5 | 剩余部分 | 0.5~2.5 | 0.1~1.0 | 0.2~2.0 | — | — | 0.5以下 | — |

**备注** 也使用将HBsC 1改良过的材料。

## 12.3 滚动轴承以及轴/轴承座材料的特性

滚动轴承必须能够承受重载荷、能高速运转且经久耐用。而要充分发挥轴承性能，熟悉轴及轴承座的材料特性也很重要。

表12.7列举了代表性滚动轴承以及轴/轴承座材料的物理和机械特性，以供参考。

| 用途 | 材料 | 热处理 |
|---|---|---|
| 轴承 | SUJ2 | 淬火、回火 |
| | SUJ2 | 球化退火 |
| | SCr420 | 淬火、低温回火 |
| | SAE4320 (SNCM420) | 淬火、低温回火 |
| | SNCM815 | 淬火、低温回火 |
| | SUS440C | 淬火、低温回火 |
| | SPCC | 退火 |
| | S25C | 退火 |
| | CAC301 ($HB_sC1$) | — |
| 轴 | S45C | 淬火，650°C回火 |
| | SCr430 | 淬火，520~ 620°C急冷 |
| | SCr440 | 淬火，520~ 620°C急冷 |
| | SCM420 | 淬火，150~ 200°C空冷 |
| | SNCM439 | 淬火，650°C回火 |
| | SC46 | 正火 |
| | SUS420J2 | 1 038°C油冷，400°C空冷 |
| 轴承座 | FC200 | 铸造 |
| | FCD400 | 铸造 |
| | A1100 | 退火 |
| | AC4C | 铸造 |
| | ADC10 | 铸造 |
| | SUS304 | 退火 |

**注** * JIS标准值或参考值。
** 通常以洛氏 C 标度表示，为供比较，特换

**备注** SUJ2和SCr420的比例极限，分别为833 MPa

表12.7 滚动轴承以及轴/轴承座材料的物理和机械特性

| | 密度 g/cm³ | 比热 KJ/(kg · K) | 导热性 W/(m · K) | 电阻率 μΩ · cm | 线膨胀系数 (0~100℃) ×10⁻⁶/℃ | 杨氏模量 MPa {kgf/mm²} | 屈服点 MPa {kgf/mm²} | 抗拉强度 MPa {kgf/mm²} | 伸长率 % | 硬度 HB | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7.83 | 0.47 | 46 | 22 | 12.5 | 208 000 {21 200} | 1 370 {140} | 1 570 ~1 960 {160 ~200} | 0.5以下 | 650~740 | 高碳铬轴承钢2号 |
| | 7.86 | | | | 11.9 | | 420 {43} | 647 {66} | 27 | 180 | |
| | 7.83 | | 48 | 21 | 12.8 | | 882 {90} | 1 225 {125} | 15 | 370 | 铬钢 |
| | | | 44 | 20 | 11.7 | | 902 {92} | 1 009 {103} | 16 | **293 ~375 | 镍铬钼钢 |
| | 7.89 | | 40 | 35 | — | | — | *1 080 {110}(以上) | *12(以上) | *311 ~375 | |
| | 7.68 | 0.46 | 24 | 60 | 10.1 | 200 000 {20 400} | 1 860 {190} | 1 960 {200} | — | **580 | 马氏体不锈钢 |
| | 7.86 | 0.47 | 59 | 15 | 11.6 | 206 000 {21 000} | — | *275 {28}(以上) | *32(以上) | — | 冷轧钢板 |
| | | 0.48 | 50 | 17 | 11.8 | | 323 {33} | 431 {44} | 33 | 120 | 机械结构用碳钢 |
| | 8.5 | 0.38 | 123 | 6.2 | 19.1 | 103 000 {10 500} | — | *431 {44}(以上) | *20(以上) | — | 超强黄铜铸件 |
| | 7.83 | 0.48 | 47 | 18 | 12.8 | 207 000 {21 100} | 440 {45} | 735 {75} | 25 | 217 | 机械结构用碳钢 |
| | | | | 22 | 12.5 | 208 000 {21 100} | *637 {65}(以上) | *784 {80}(以上) | *18(以上) | *229 ~293 | 铬钢 |
| | | | 45 | 23 | | | *784 {80}(以上) | *930 {95}(以上) | *13(以上) | *269 ~331 | |
| | | 0.47 | 48 | 21 | 12.8 | | — | *930 {95}(以上) | *14(以上) | *262 ~352 | 铬钼钢 |
| | | | 38 | 30 | 11.3 | 207 000 {21 100} | 920 {94} | 1 030 {105} | 18 | 320 | 镍铬钼钢 |
| | — | — | — | — | — | 206 000 {21 000} | 294 {30} | 520 {53} | 27 | 143 | 低碳铸钢 |
| | 7.75 | 0.46 | 22 | 55 | 10.4 | 200 000 {20 400} | 1 440 {147} | 1 650 {168} | 10 | 400 | 马氏体不锈钢 |
| | 7.3 | 0.50 | 43 | — | | 98 000 {10 000} | — | *200 {20}(以上) | — | *217以下 | 灰口铸铁 |
| | 7.0 | 0.48 | 20 | — | 11.7 | 169 000 {17 200} | *250 {26}(以上) | *400 {41}(以上) | *12(以上) | *201以下 | 球墨铸铁 |
| | 2.69 | 0.90 | 222 | 3.0 | 23.7 | 70 600 {7 200} | 34 {3.5} | 78 {8} | 35 | — | 工业用纯铝 |
| | 2.68 | 0.88 | 151 | 4.2 | 21.5 | 72 000 {7 350} | 88 {9} | 167 {17} | 7 | — | 砂型铸造用铝合金 |
| | 2.74 | 0.96 | 96 | 7.5 | 22.0 | 71 000 {7 240} | 167 {17} | 323 {33} | 4 | — | 压铸用铝合金 |
| | 8.03 | 0.50 | 15 | 72 | 15.7~16.8 | 193 000 {19 700} | 245 {25} | 588 {60} | 60 | 150 | 奥氏体不锈钢 |

算为布氏硬度。
{85 kgf/mm²}和440 MPa {45 kgf/mm²}。

## 12.4 技术数据

### 12.4.1 各国滚动轴承专用钢材标准对照

作为重要的机械零部件，滚动轴承的尺寸系列已经实现国际标准化，ISO 683/17（热处理钢、合金钢及易切削钢 / 第 17 部分球轴承及滚子轴承专用钢材）中对其所用的材料也进行了规定。但是各国规格体系中，虽已将轴承材料纳入标准，但也不乏企业自行修订的情况。

近年以来，使用轴承的商品加快了国际化的步伐，有诸多场合需要将各国的钢材标准加以对照，为此，特将具有代表性的轴承钢的标准对照、差异及特点列举于后（表 12.8、表 12.9）。

表12.8

| JIS G 4805 | ASTM | 其他主要国家标准 |
|---|---|---|
| SUJ1 | — | — |
| — | 51100 | — |
| SUJ2 | — | — |
| — | A 295-89 52100 | — |
| — | — | 100Cr6 (DIN) |
| — | — | 100C6 (NF) |
| — | — | 535A99 (BS) |
| SUJ3 | — | — |
| — | A 485-03 Grade1 | — |
| — | A 485-03 Grade2 | — |
| SUJ4 | — | — |
| SUJ5 | — | — |
| — | A 485-03 Grade3 | — |

**注** *1:P≦0.025, S≦0.025
**备注** ASTM：美国材料试验协会

| JIS G 4052 G 4053 | ASTM A 534-90 | C |
|---|---|---|
| SCr420H | — | 0.17~0.23 |
| — | 5120H | 0.17~0.23 |
| SCM420H | — | 0.17~0.23 |
| — | 4118H | 0.17~0.23 |
| SNCM220H | — | 0.17~0.23 |
| — | 8620H | 0.17~0.23 |
| SNCM420H | — | 0.17~0.23 |
| — | 4320H | 0.17~0.23 |
| SNCM815 | — | 0.12~0.18 |
| — | 9310H | 0.07~0.13 |

**注** *2:P≦0.030, S≦0.030 *3:P≦0.025, S≦0.015

**高碳铬轴承钢适用的国家标准与化学成分**

| | 化学成分(%) | | | | | | 应用 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Si | Mn | Cr | Mo | 其他 | | |
| | 0.95~1.10 | 0.15~0.35 | ≦0.50 | 0.90~1.20 | — | *1 | 一般不大使用 | 标准范围稍有差异，但属同一钢种 |
| | 0.98~1.10 | 0.15~0.35 | 0.25~0.45 | 0.90~1.15 | ≦0.10 | *1 | | |
| | 0.95~1.10 | 0.15~0.35 | ≦0.50 | 1.30~1.60 | — | *1 | 轴承钢的代表性钢种，用于小型和中型轴承 | 标准范围稍有差异，但属同一钢种 |
| | 0.93~1.05 | 0.15~0.35 | 0.25~0.45 | 1.35~1.60 | ≦0.10 | P≦0.025 S≦0.015 | | |
| | 0.90~1.05 | 0.15~0.35 | 0.25~0.40 | 1.40~1.65 | — | — | | |
| | 0.95~1.10 | 0.15~0.35 | 0.20~0.40 | 1.35~1.60 | ≦0.08 | P≦0.030 S≦0.025 | | |
| | 0.95~1.10 | 0.10~0.35 | 0.40~0.70 | 1.20~1.60 | — | *1 | | |
| | 0.95~1.10 | 0.40~0.70 | 0.90~1.15 | 0.90~1.20 | — | *1 | 大型轴承用 | SUJ3与Grade1虽属同一钢种，但Grade2的淬透性比SUJ3好 |
| | 0.90~1.05 | 0.45~0.75 | 0.90~1.20 | 0.90~1.20 | ≦0.10 | P≦0.025 S≦0.015 | | |
| | 0.85~1.00 | 0.50~0.80 | 1.40~1.70 | 1.40~1.80 | ≦0.10 | P≦0.025 S≦0.015 | | |
| | 0.95~1.10 | 0.15~0.35 | ≦0.50 | 1.30~1.60 | 0.10~0.25 | *1 | 极少使用 | 淬透性比SUJ2好 |
| | 0.95~1.10 | 0.40~0.70 | 0.90~1.15 | 0.90~1.20 | 0.10~0.25 | *1 | 特大型轴承用 | Grade3相当于SUJ5，但Grade3的淬透性比SUJ5好 |
| | 0.95~1.10 | 0.15~0.35 | 0.65~0.90 | 1.10~1.50 | 0.20~0.30 | P≦0.025 S≦0.015 | | |

标准， DIN： 德国标准化协会标准， NF： 法国标准， BS： 英国标准

**表12.9 JIS，ASTM 渗碳轴承钢标准对照与化学成分**

| | 化学成分(%) | | | | | | 应用 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Si | Mn | Ni | Cr | Mo | 其他 | | |
| | 0.15~0.35 | 0.55~0.95 | ≦0.25 | 0.85~1.25 | — | *2 | 小型轴承用 | 属于类似钢种 |
| | 0.15~0.35 | 0.60~1.00 | — | 0.60~1.00 | — | *3 | | |
| | 0.15~0.35 | 0.55~0.95 | ≦0.25 | 0.85~1.25 | 0.15~0.35 | *2 | 小型轴承用 | 虽为类似钢种，但4118H淬透性比SCM420H差 |
| | 0.15~0.35 | 0.60~1.00 | — | 0.30~0.70 | 0.08~0.15 | *3 | | |
| | 0.15~0.35 | 0.60~0.95 | 0.35~0.75 | 0.35~0.65 | 0.15~0.30 | *2 | 小型轴承用 | 标准范围稍有差异，但属同一钢种 |
| | 0.15~0.35 | 0.60~0.95 | 0.35~0.75 | 0.35~0.65 | 0.15~0.25 | *3 | | |
| | 0.15~0.35 | 0.40~0.70 | 1.55~2.00 | 0.35~0.65 | 0.15~0.30 | *2 | 中型轴承用 | 标准范围稍有差异，但属同一钢种 |
| | 0.15~0.35 | 0.40~0.70 | 1.55~2.00 | 0.35~0.65 | 0.20~0.30 | *3 | | |
| | 0.15~0.35 | 0.30~0.60 | 4.00~4.50 | 0.70~1.00 | 0.15~0.30 | *2 | 大型轴承用 | 属于类似钢种 |
| | 0.15~0.35 | 0.40~0.70 | 2.95~3.55 | 1.00~1.45 | 0.08~0.15 | *3 | | |

### 12.4.2 长寿命轴承钢（NSK Z 钢）

众所周知，滚动轴承所用高碳铬轴承钢 (SUJ2, SAE52100) 的滚动疲劳寿命很大程度上受非金属夹杂物影响。

非金属夹杂物大致分为三类：硫化物类、氧化物类及氮化物类。大量寿命试验表明氧化物类非金属夹杂物对滚动疲劳寿命的危害较大。

图 12.1 表示氧化物类非金属夹杂物含量的物理参数（含氧量）与寿命的关系。

为降低氧化物类非金属夹杂物的含量，通过显著减少 Ti、S 等杂质，尽可能控制钢中的含氧量，得到的长寿命钢材称为 Z 钢。

Z 钢是 NSK 根据大量寿命试验数据，与钢厂联手改进炼钢设备、炼钢条件而取得的成果。图 12.2 所示为过去 25 年 NSK 轴承钢中含氧量的变化。

图 12.2 中的钢样寿命试验结果见图 12.3。随着钢中的含氧量降低，寿命呈现延长趋势，优质 Z 钢的寿命达到了传统脱气钢的 1.8 倍。

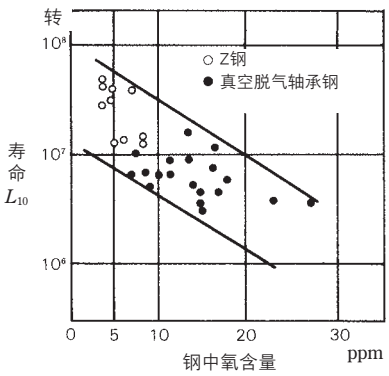



**图12.1 轴承钢中含氧量与寿命的关系**

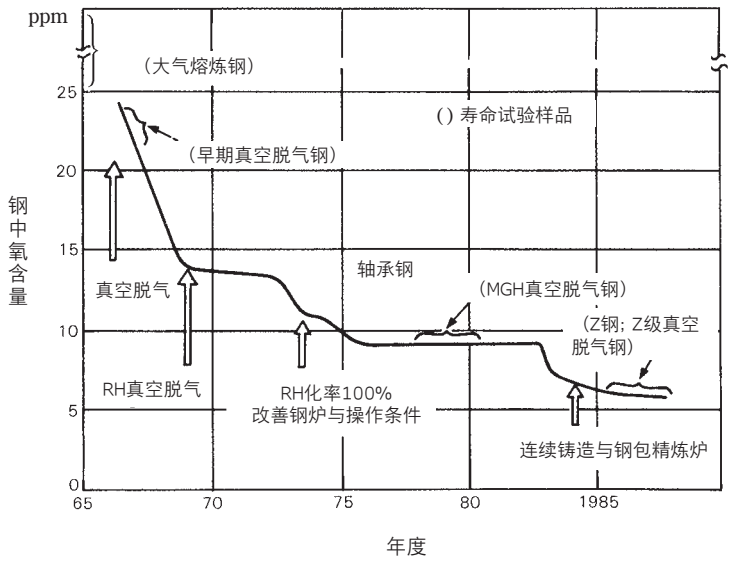
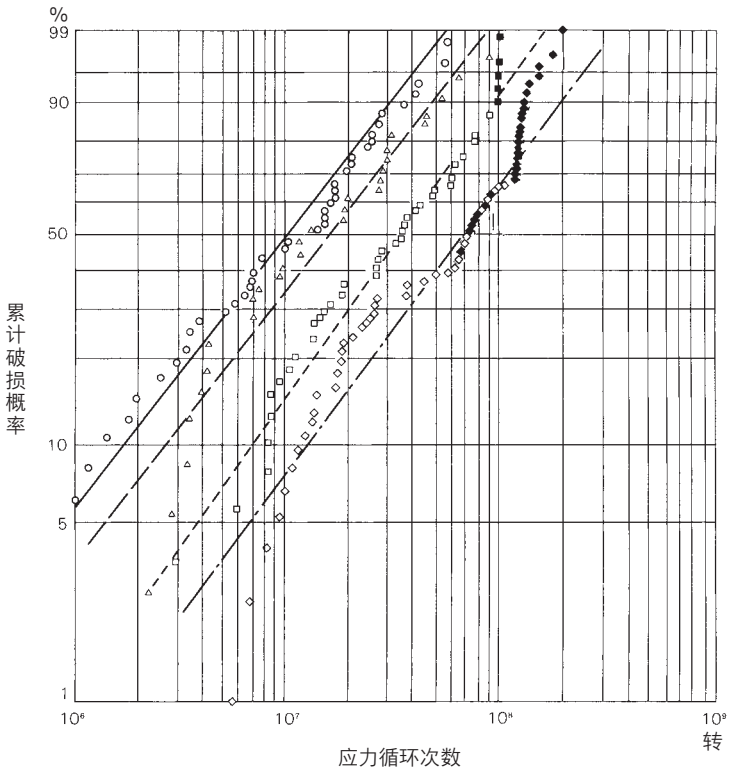



**图12.2 NSK轴承钢中含氧量的变化**




| 分类 | 试验数量 | 破损数量 | 韦布尔斜率 | $L_{10}$ | $L_{50}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ○ 大气熔炼钢 | 44 | 44 | 1.02 | $1.67\times10^6$ | $1.06\times10^7$ |
| △ 真空脱气钢 | 30 | 30 | 1.10 | $2.82\times10^6$ | $1.55\times10^7$ |
| □ MGH真空脱气钢 | 46 | 41 | 1.16 | $6.92\times10^6$ | $3.47\times10^7$ |
| ◇ Z钢 | 70 | 39 | 1.11 | $1.26\times10^7$ | $6.89\times10^7$ |

**备注** 图表中标有■◆的轴承尚未结束试验。

**图12.3 轴承钢推力寿命试验结果**

### 12.4.3 轴承钢的尺寸稳定性

滚动轴承的尺寸在使用中逐渐发生的变化，称为时效变形。时效变形会引起内圈膨胀，轴与内圈之间的过盈量减少，轴与内圈发生相对滑动这种蠕变现象，轴承就会由发热升级为咬粘，对整台机器造成重大损伤。因此，有些运行工况也要求采取适当措施，以应对轴承发生时效变形。

轴承之所以发生时效变形，是由于热处理后钢中残余奥氏体发生了长期热解，随着相变的进行，轴承渐渐膨胀起来。

因此，轴承的尺寸稳定性根据轴承热处理时的回火温度和轴承工作温度的不同而不同。回火温度越高，轴承的尺寸稳定性越好；而轴承的工作温度越高，残余奥氏体热解趋势越强。

图 12.4 所示为温度对轴承尺寸稳定性的影响。右图以对轴直径的百分比罗列了各公差段内的轴与内圈的过盈量。由图 12.4 可知，轴承温度越高，对轴承尺寸稳定性越不利。可以料想，在此工况之下，轴与常规轴承内圈的过盈量会逐渐变小。所以，需要使用经过尺寸稳定化处理的轴承，以防配合面松动。

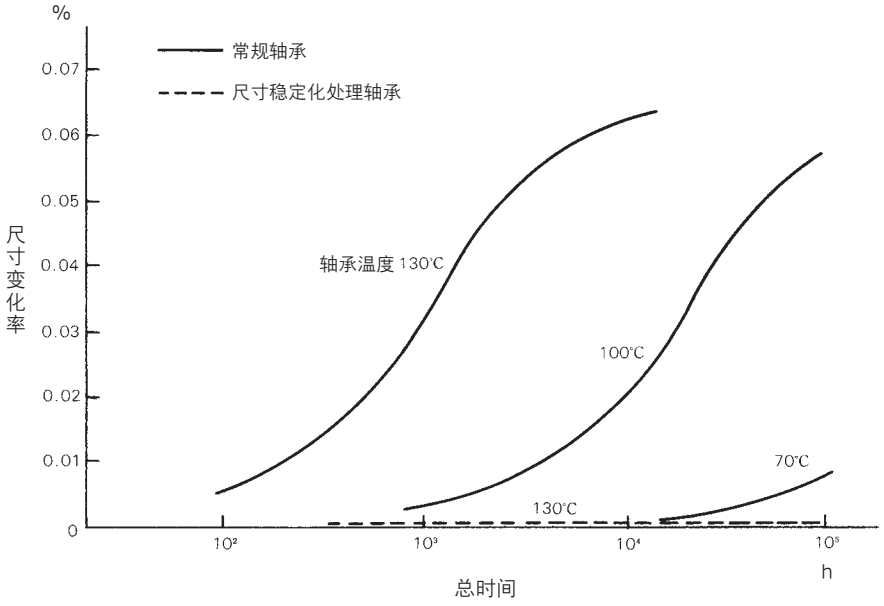
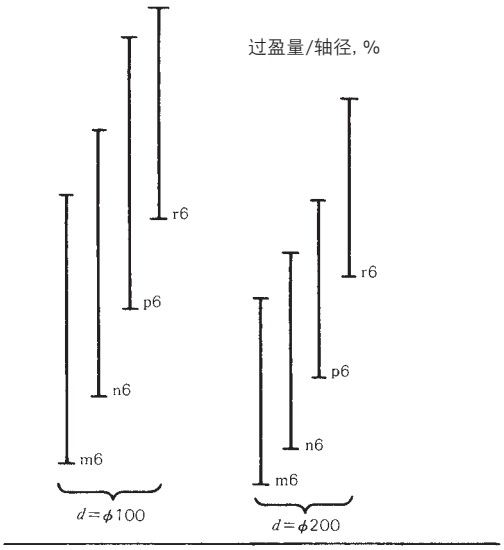



图12.4 轴承温度与尺寸变化率

轴承温度较高时，内圈可能会发生蠕变，故而，在轴承选型时应当注意，最好事先咨询 NSK。



### 12.4.4 滚动轴承的疲劳解析

要想预测滚动轴承的疲劳寿命，判断剩余寿命，就需了解所有的轴承疲劳破坏现象，而在实现预测和判断之前需要花费一定的时间。然而，由于滚动疲劳是在接触点的压应力下发生的疲劳，要达到破损将发生极大的材料变化。通常情况下，可以通过检测材料变化来判断轴承的疲劳度。然而，由于滚道表面缺陷引起的早期裂纹或滚道面受到化学腐蚀的情况，该判断方法则失效。在这两种情况下，裂纹的扩展都早于材料变化。

#### (1) 疲劳度测定

轴承的疲劳过程，可通过采用 X 光测量滚道面的残余应力、衍射线半高宽、残留奥氏体量的变化来掌握。

这些数值随着疲劳加剧会出现图 12.5 所示的变化。由于残余应力会在疲劳初期增大并趋近饱和值，故而，可用于检测轻微疲劳。但在疲劳度较大的区段里，衍射线半高宽与残留奥氏体量的变化则与疲劳度的加剧有一定的关联。将这些 X 光的测试值归纳为一个参数（疲劳度指数），就找到了与轴承耐久试验时间的关系。

NSK 使用多套球轴承、圆锥滚子轴承及圆柱滚子轴承在各种载荷条件、润滑条件之下，进行了耐久试验并积累了测量数据。同时，还对实际工况的轴承反复进行了测量。

图 12.6 是这些数据的归纳。由于数据反应了疲劳现象的复杂性，所以比较离散。不过，由于疲劳度指数与耐久试验时间或使用时间存在关联性。在允许存在一定误差的情况下，可以对疲劳度作出量化判断。

图 12.6 所示的“内部疲劳”是指由内部剪切应力引起疲劳的情况。“表面疲劳”是指由于润滑油被污染或油膜断裂而使表面疲劳早于内部疲劳发生，且比后者更为严重的情况。

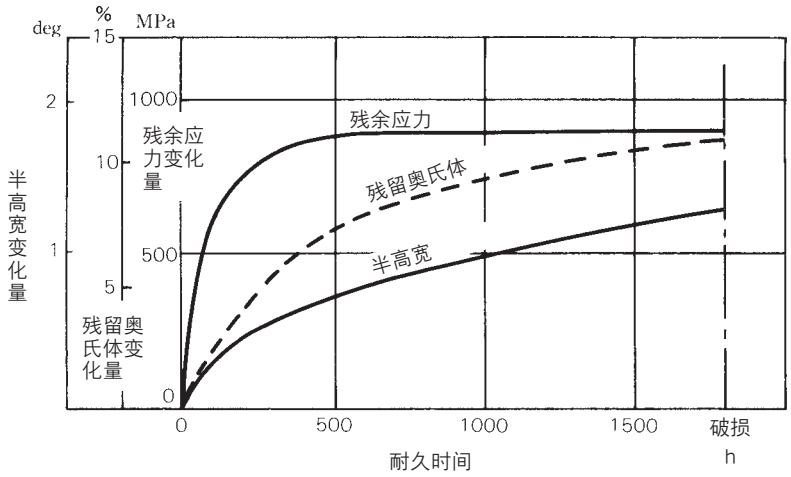



图12.5 X射线测量值的变化

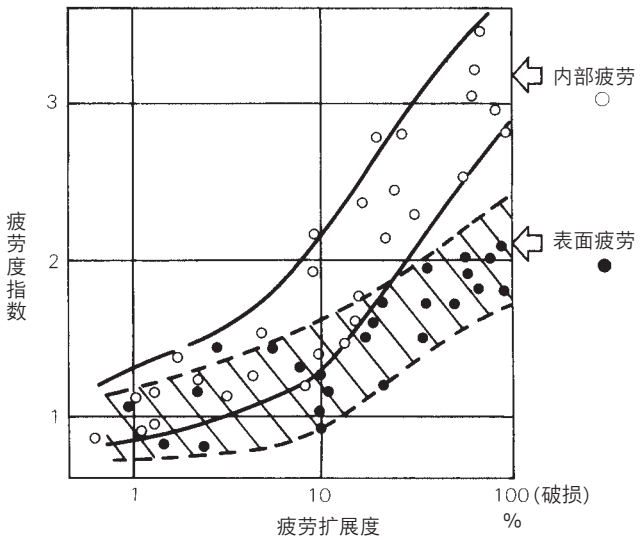



图12.6 疲劳扩展度与疲劳度指数

(2) **表面疲劳与内部疲劳**

由于滚动轴承具有十分光滑的超精加工面，能形成较好的润滑条件。故而，以前总认为滚道面次表层的内部剪切应力决定轴承的破损。

滚动接触造成的剪切应力，在表层下一定深度处达到最大，导致该处最先出现裂纹（发生破损的原因）。已经证实，当滚道因这种内部疲劳而发生破损时，沿深度方向测量疲劳度指数，结果如图 12.7 的球轴承示例所示，疲劳度指数随剪切应力的理论计算值升高而增大。

图 12.7 所示的疲劳度曲线大都是润滑条件良好，滚动接触点上存在足够厚的油膜的情况。轴承样本中所列的基本额定动载荷，是根据轴承因这种内部疲劳而发生破损时的数据加以规定的。

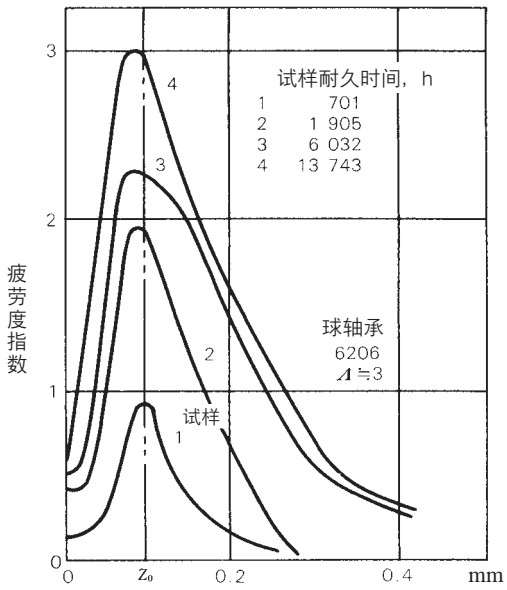
图 12.8 所示是在油膜形成不足的润滑条件下，进行耐久试验的圆柱滚子轴承实例。可以看出，在达到计算寿命之前，表面疲劳度早已经加剧了。

在该试验中，早在内部疲劳度加剧以前，轴承就已全部破损。轴承由于此种表面疲劳而发生破损，大都归因于润滑条件，诸如润滑剂粘度过低，导致油膜形成不足；润滑剂中混进异物或者水分等。

当然，表面疲劳引起的轴承破损，是在内部疲劳所致破损之前发生的。在众多机械设备所使用的轴承中，容易引起表面疲劳的工况较多。早在决定轴承自然寿命的内部疲劳引起破损以前，就因表面疲劳而破损的情况不乏少数。

对机械设备实际使用的轴承进行疲劳分析发现，绝大多数不是内部疲劳形式，而是呈现图 12.8 中所示的表面疲劳形式。

因此掌握了实际使用的轴承疲劳度分布，不仅能够了解轴承剩余寿命，而且还能获得润滑条件、载荷条件等方面的有用信息。




$\Lambda$：油膜参数
$Z_0$：最大剪切应力深度位置

图12.7 内部疲劳的演变过程

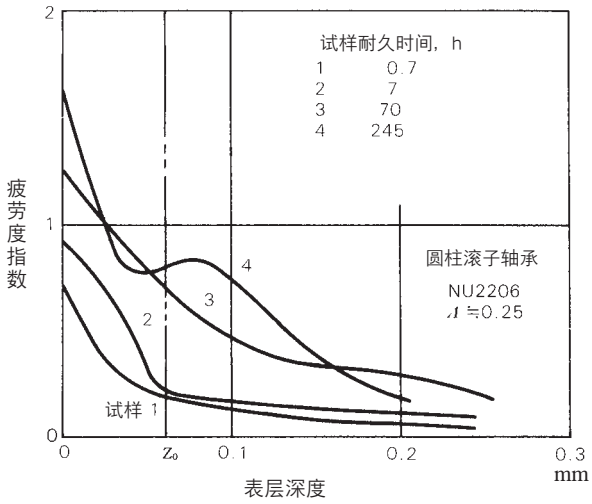



图12.8 表面疲劳的演变过程

### 12.4.5 Hi-TF 轴承与 Super-TF 轴承

#### (1) 基于长寿命技术的 Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承

为延长轴承使用寿命，NSK 一直致力于分析轴承疲劳的机制，并对材料、热处理工艺和工况等各方面进行了研究和开发。我们的研究团队为延长轴承寿命所采取的一系列举措详情请参见图 12.9。其中 Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承中所采用的技术旨在最大化延长轴承在表面起源型剥落条件下的寿命。

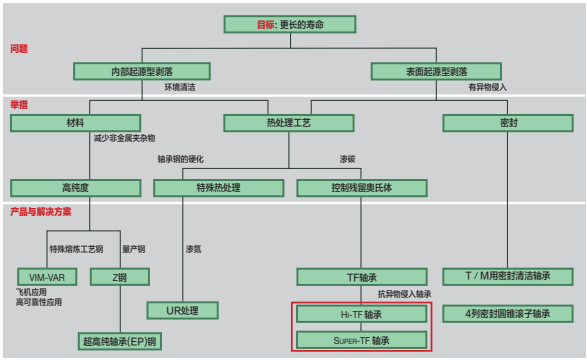



图12.9 延长轴承使用寿命的举措

#### (2) TF 技术

轴承可能在清洁或有异物侵入的环境下运行，而 NSK 独自研发的热处理工艺就是针对在有异物侵入的环境下的轴承长寿命化技术即 TF 技术，异物侵入导致的压痕往往就是表面剥落的起源。如图 12.10 所示，应力会集中在这些压痕周围，并最终导致表面起源型剥落。压痕周围的应力集中可用公式 $[P/P_0 \propto (r/c)^{-0.24}]$ 表示，式中，“$r$”为压痕边缘处的半径，“$2c$”是压痕边缘间的宽度。“$r/c$”值越大，应力集中越小，轴承的使用寿命也就越长。

NSK 在世界上率先研究了可减小应力集中的材料技术。如图 12.11 所示，研究表明增加残留奥氏体量可有效减小应力集中。NSK 为了优化轴承材料中残留奥氏体量而开发出了一种独特的热处理工艺——TF 技术。

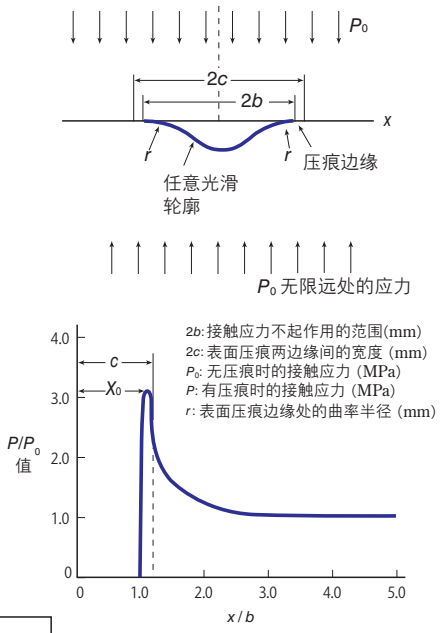



图12.10 表面压痕周围的应力集中

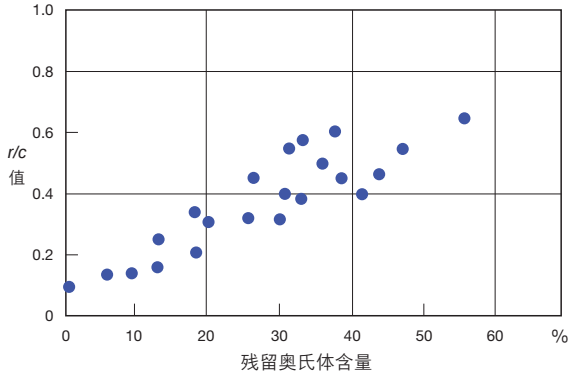



图12.11 $r/c$值与残留奥氏体量的关系

### (3) Hi-TF 轴承与 Super-TF 轴承的材料特性

NSK 开发的 Hi-TF 轴承以及 Super-TF 轴承系列具有比 TF 轴承更长的寿命。正如我们所看到的，实现异物侵入条件下轴承长寿命的方法便是减少边缘肩部位置的应力集中。为了增大 $r/c$ 值，可以从材料技术和热处理技术两方面出发来研制同时含有较多残留奥氏体又具有高硬度的材料。然而，残留奥氏体本身较软，能够降低轴承材料的硬度。为了满足提高轴承材料硬度以及增加残留奥氏体量这两个看似矛盾的需求，我们决定采用一种能促进碳化物和氮化物在轴承材料内均衡分布的技术。

出于这一目的，NSK 研发出了一种新型钢，其中加入了适量可促进碳化物形成所需元素，并开发出了全球首个碳氮共渗热处理方法，强制析出细小的碳化物和氮化物。Hi-TF 轴承采用了一种新型钢，其中添加了特定量的铬。Super-TF 轴承采用了一种添加了特定量的铬和钼的新型钢。图 12.12 和 12.13 所示分别为 Super-TF 轴承和普通渗碳钢轴承结构中碳化物分布结果分析图。显然，Super-TF 轴承含有更多的细小碳化物和氮化物颗粒。图 12.14 表明形成的更细碳化物和碳氮化物颗粒使得 Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承的硬度和残留奥氏体量都高于 TF 轴承。因此，Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承的 $r/c$ 值也就更大（图 12.15）。

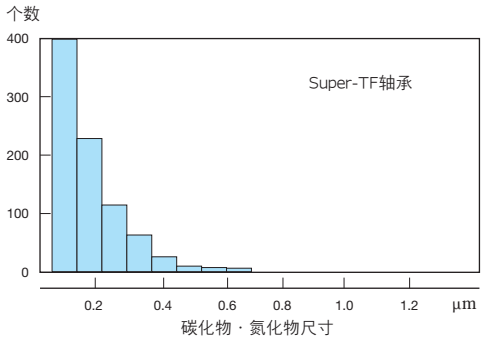



图12.12 Super-TF轴承内碳化物和碳氮化物颗粒尺寸分布

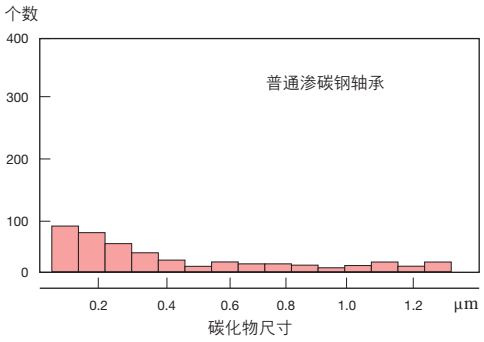



图12.13 普通渗碳钢轴承内碳化物颗粒尺寸分布

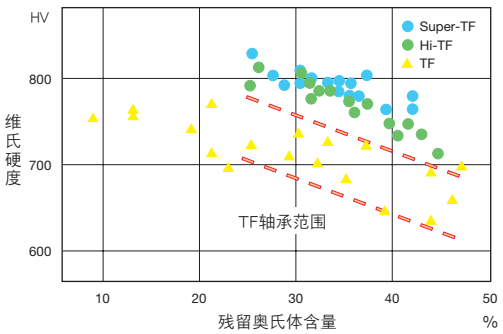



图12.14 材料硬度和残留奥氏体量的关系

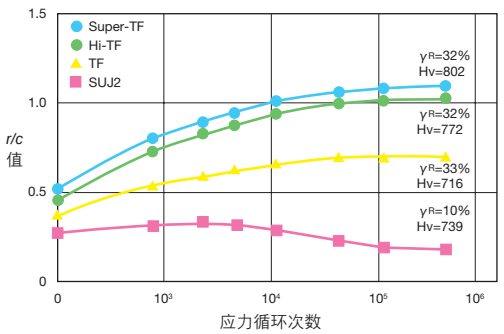



图12.15 重复应力下$r/c$值的变化

### (4) 异物侵入润滑条件下的寿命

表 12.10 与图 12.17 显示的是 NSK 圆锥滚子轴承 L44649/10 在异物侵入润滑条件下进行寿命试验的结果。设此类普通渗碳钢轴承的寿命为 1，则 TF、Hi-TF 和 Super-TF 轴承的 $L_{10}$ 寿命分别为 4.5、7.1 及 10.2（表 12.10）。因此，Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承的寿命分别是普通渗碳钢轴承的 7 倍多和 10 倍多。轴承寿命一般会受到使用条件以及润滑剂污染度的影响。如果润滑剂受到污染，轴承寿命可能降至样本记载寿命的 1/5。

在异物侵入润滑条件下延长轴承寿命后，Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承的使用寿命首次超过现有产品样本记载寿命。

| 普通渗碳钢 | TF | Hi-TF | Super-TF |
|---|---|---|---|
| 1 | 4.5 | 7.1 | 10.2 |

**表12.10　圆锥滚子轴承L44649/10的使用寿命对比**

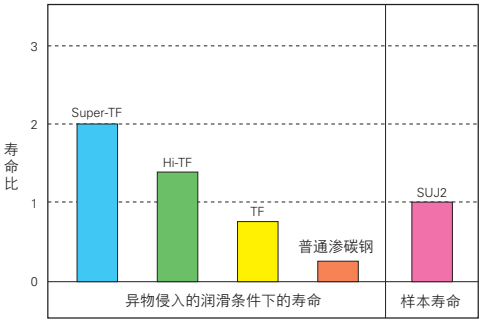



**图12.16　异物侵入的润滑条件下的寿命比较**

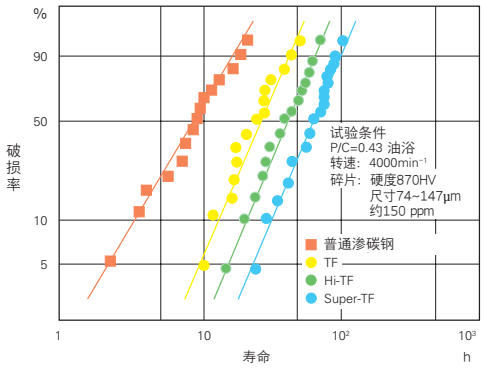



**图12.17　L44649/10轴承在异物侵入的润滑条件下的寿命**

### (5) 清洁润滑条件下的寿命

图 12.18 所示为深沟球轴承 6206 在清洁润滑条件下的寿命试验结果。在清洁润滑条件下，Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承的寿命要稍长于 SUJ2 轴承。清洁润滑条件下轴承寿命的最重要影响因素为钢材的清净度，清净度越高的材料，寿命才能越长。

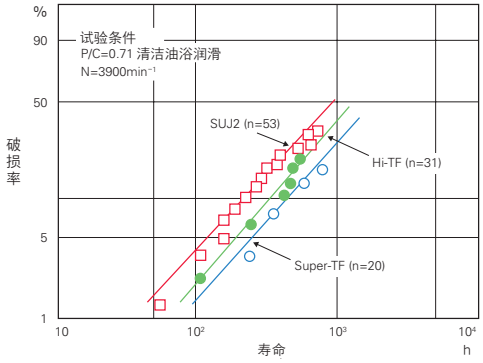



**图12.18　6206轴承在清洁润滑条件下的寿命试验**

### (6) 边界润滑条件下的寿命

在 EHL 油膜形成不足的边界润滑条件下，会发生金属与金属直接接触的情况，从而缩短轴承寿命。图 12.19 所示为在代表油膜厚度与表面粗糙度之比的油膜参数 Λ 很小的情况下 (Λ=0.3) 进行寿命试验的结果。当 Λ 值非常小时，就会出现微小剥皮的损伤（如图 12.20 所示），但由于 Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承减小了接触区域突出部位的应力集中，因此使得其寿命分别约为普通渗碳钢轴承的 4.7 倍和 5.5 倍。

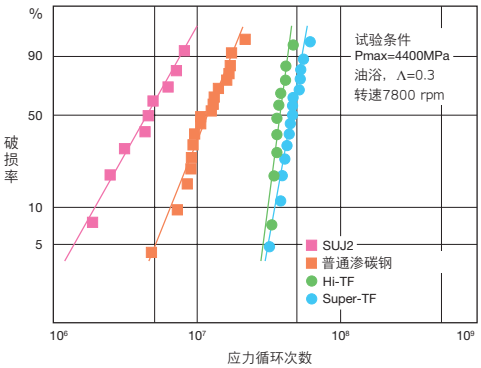



图12.19 边界润滑条件下的寿命试验

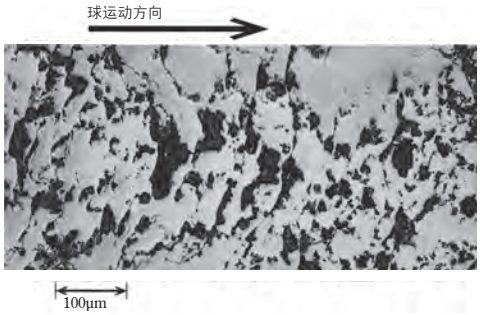



图12.20 剥皮损伤

### (7) 耐磨损性和抗咬粘性

增加轴承材料中细小碳化物和氮化物含量的目的除了延长轴承在异物侵入润滑条件下的寿命外，另一目的便是提高轴承的耐磨损性和抗咬粘性。图 12.21 所示为 Sawin 型磨损试验的结果，显示了不同轴承材料的相对磨损程度及咬粘限值。试验表明 Hi-TF 轴承以及 Super-TF 轴承的耐磨损性优于 SUJ2 钢轴承和 TF 轴承。Hi-TF 轴承和 Super-TF 轴承的抗咬粘性也要比 SUJ2 钢轴承和 TF 轴承分别高出 20% 和 40%。

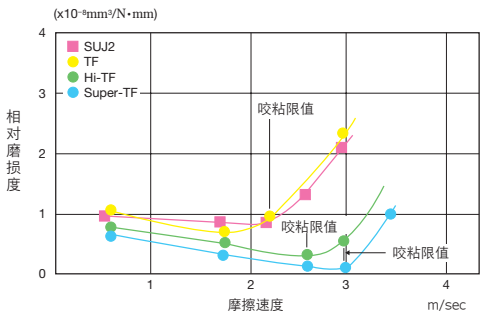



图12.21 耐磨损性对比

### (8) 耐热性

图 12.22 所示为球轴承 6206 在 160℃清洁润滑条件下进行寿命试验的结果。试验结果表明 Super-TF 轴承（高温回火品）的使用寿命约为 SUJ2X26 钢轴承的 4 倍。

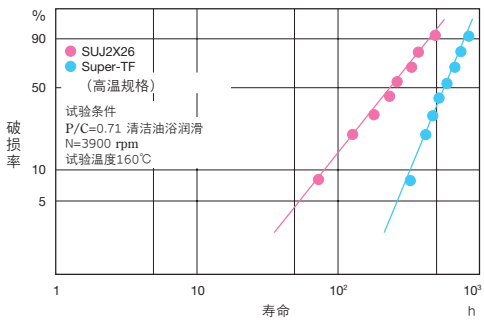



图12.22 6206在高温清洁润滑条件下的寿命试验

### 12.4.6 轴承材料中代表性聚合物的物理特性

基于质轻、易成形、耐蚀性强等优点，高分子材料广泛用于保持架等轴承零部件。高分子材料可以单独使用，但通常会添加各种功能性填料形成复合材料。复合材料经过改性，可以具备独特的性能。因此，可以将其设计用作轴承材料。例如，填料可用于改善诸如低摩擦、低磨损、不粘滑、极限 $PV$ 值高、不擦伤配合材料、机械性能、耐热性等特性。

表 12.11 列出了代表性轴承用聚合物的特性。

| 塑料 | 弹性模量 (GPa) [1] |
|---|---|
| 聚乙烯<br>HDPE<br>UHMWPE | 0.115<br>0.5 |
| 聚酰胺<br>尼龙6<br>尼龙66 | 2.5<br>3.0 |
| 尼龙11 | 1.25 |
| 聚四氟乙烯<br>PTFE | 0.40 |
| 聚丁烯对酞酸脂<br>PBT | 2.7 |
| 聚缩醛<br>POM<br>均聚物<br>共聚物 | <br>3.2<br>2.9 |
| 聚醚砜<br>PES | 2.46 |
| 聚砜<br>PSf | 2.5 |
| 多芳基树脂<br>（芳族聚酯） | 1.3<br>3.0 |
| 聚苯基硫化物<br>PPS (GF 40%) | 4.2 |
| 聚醚醚酮<br>PEEK | 1.7 |
| 聚间苯异酞<br>酰胺 | 10<br>（纤维）<br>7.7<br>（成形品） |
| 聚丙烯苯六酰亚胺<br>（芳香族聚酰亚胺）PI | 3<br>（薄膜）<br>2.5~3.2<br>（成形品） |
| 聚酰亚二胺<br>PAI | 4.7 |
| 聚醚酰亚胺<br>（芳香族聚酰亚胺）PI | 3.6 |
| 聚胺顺丁烯二酸 | — |

注 (1) GPa≒$10^4$ kgf/cm$^2$=$10^2$ kgf/mm$^2$
(2) 热变形温度栏中有“/”斜线标记，
(3) 参考值

表12.11 代表性聚合物的特性

| | 强度<br>GPa [1] | 密度<br>g/cm³ | 比弹性模量<br>×10⁴mm | 比强度<br>×10⁴mm | 熔点<br>℃ | 玻璃化转变温度<br>℃ | 热变形温度<br>℃ [2] | 连续使用温度<br>℃ | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.03<br>0.025 | 0.96<br>0.94 | 12.6<br>53.2 | 3.3<br>2.7 | 132<br>136 | -20<br>-20 | 75/50<br>75/50 | —<br>— | 蠕变大，韧性大，易软化 |
| | 0.07<br>0.08 | 1.13<br>1.14 | 221.2<br>263.2 | 6.2<br>7.0 | 215<br>264 | 50<br>60 | 150/57<br>180/60 | 80~120<br>80~120 | 吸水性强，韧性大 |
| | 0.04 | 1.04 | 120.2 | 3.8 | 180 | — | 150/55 | 低于尼龙6或66 | 吸水性弱 |
| | 0.028 | 2.16 | 18.5 | 1.3 | 327 | 115 | 120/— | 260 | 蠕变大，可烧结，低摩擦，低凝结，具有惰性，在290°C条件下仍保持稳定 |
| | 0.06 | 1.31 | 206.1 | 4.6 | 225 | 30 | 230/215 | 155 | |
| | 0.07<br>0.06 | 1.42<br>1.41 | 225.3<br>205.7 | 4.9<br>4.3 | 175<br>165 | -13<br>— | 170/120<br>155/110 | —<br>104 | 硬度高，韧性大，吸水性弱 |
| | 0.086 | 1.37 | 179.6 | 6.3 | — | 225 | 210/203 | 180 | 工作温度可达200°C，化学性能稳定 |
| | 0.07 | 1.24 | 201.6 | 5.6 | — | 190 | 181/175 | 150 | |
| | 0.07<br>0.075 | 1.35<br>1.40 | 96.3<br>214.3 | 5.2<br>5.4 | 350<br>350 | —<br>— | 293<br>293 | 300<br>260~300 | 具有惰性，硬度高，用作PTFE填料在高达320°C温度下仍能保持稳定 |
| | 0.14 | 1.64 | 256.1 | 8.5 | 275 | 94 | >260 | 220 | 360°C时，发生热硬化 |
| | 0.093 | 1.30 | 130.8 | 7.2 | 335 | 144 | 152 | 240 | |
| | 0.7<br>0.18 | 1.38<br>1.33 | 724.6<br>579 | 50.7<br>13.5 | 375<br>415<br>(分解) | >230<br>>230 | 280<br>280 | 220<br>220 | 阻燃，耐热纤维 |
| | 0.17 | 1.43 | 203 | 7.0 | 热分解 | 417<br>分解 | 360/250 | 300 [3] | 在高达350°C的惰性气体中不发生变化 |
| | 0.1 | 1.43 | 203 | 7.0 | 热分解 | 417<br>分解 | 360/250 | 260 | 轴承工作温度可高达300°C。可烧结，不熔化（成形品） |
| | 0.2 | 1.41 | 333.3 | 14.2 | — | 280 | 260 | 210 | 作为粘结剂、涂料，工作温度可高达290°C。改进了聚酰亚胺的熔化成形性 |
| | 0.107 | 1.27 | 240.9 | — | — | 215 | 210/200 | 170 | 改进了聚酰亚胺的熔化成形性 |
| | 0.35 | 1.6 | — | 21.9 | — | — | 330 [3] | 260 | |

则“/”左侧的数值适用于451 kPa，其余为1.82 MPa时之值。

### 12.4.7 尼龙保持架材料的特性

如今，各类轴承中，金属保持架正日益被塑料保持架所取代。塑料保持架的优势可总结如下：

(1) 重量轻，适用于高速旋转
(2) 自润滑，低磨损。使用塑料保持架通常不会因磨损而产生粉末，因此能够保持高度清洁的内部环境。
(3) 低噪音、适用于需要静音的环境
(4) 高度耐腐蚀，不生锈
(5) 抗冲击性强，在大力矩载荷条件下仍有较好的耐久性
(6) 即使形状复杂的保持架，也可轻松成型，确保了选择的灵活性。因此，能够获得更好的保持架性能。

相较于金属保持架，塑料保持架的劣势在于耐热性较差，工作温度范围较窄（通常最高 120°C）。而且塑料保持架对某些化学品较为敏感，使用时也需要适当注意。聚酰胺树脂是一种代表性的塑料保持架材料。其中，尼龙 66 凭借良好的耐热性和机械性能而得到广泛应用。

聚酰胺树脂的分子链中包含能结合氢元素的酰胺键，可以根据浓度和氢键键合状态调节机械性能和吸水性。尼龙 66 的高吸水性（图 12.23）会导致尺寸变化或刚度降低，因此一般被视为缺点。但从另一方面来看，当要求保持架对滚动体具有足够的抱紧量时，吸水性则有助于提升弹性，防止保持架在轴承装配过程中发生损坏。该特性同时也提升了材料的韧性，能在使用中发挥有效的减震作用。从这个角度来看，所谓的缺点在特定条件下也可转化为优点。

在尼龙中加入少量纤维后，其强度和耐热性可以得到显著提升。因此，可以按照保持架的类型和应用，使用玻璃纤维来增强材料。为了保证保持架在轴承装配过程中的形变，通常使用相对少量的玻璃纤维来增强保持架。（表 12.12）

尼龙 66 在柔性工况下具有非常优越的性能，并且其作为一种主要的塑料保持架材料有着广泛的用途。然而，它在恶劣条件下（接触到高温油等）通常会出现急剧劣化的现象。因此，在实际使用该材料时须充分注意。

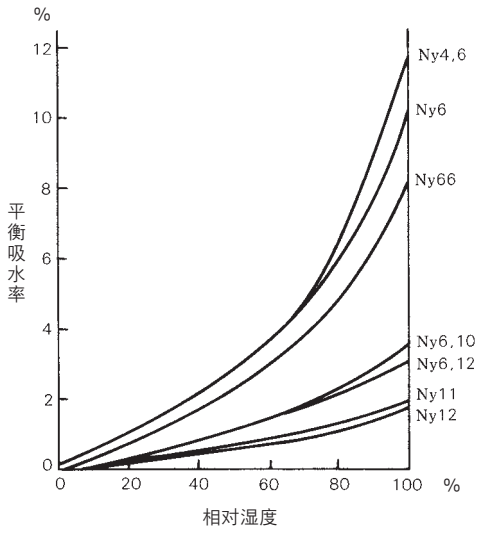



图12.23 各种尼龙的平衡吸水率和相对湿度

举例说明，表 12.13 列举了各类尼龙 66 材料的耐久性在不同工况下降至初始值一半所需的时间。材料在油中的劣化情况视油的类别而定，在含有极压添加剂的油中劣化显著。已知硫类极压添加剂比磷类极压添加剂更易加速劣化，而且，温度越高，劣化越严重。

另外，在润滑脂或大气之中，材料劣化速度比在油中要慢。而且，在玻璃纤维增强材料中，玻璃纤维的增强效果能够抑制材料劣化引起的强度下降，从而延长耐久时间。

**表12.12　纤维增强尼龙保持架使用实例**

| | 轴承类型 | 主要用途举例 | 保持架材料 |
|---|---|---|---|
| 球轴承 | 微型球轴承<br>深沟球轴承<br>角接触球轴承 | VCR, IC 冷却风扇<br>交流发电机、空调机风扇电机<br>电磁离合器、汽车车轮 | 尼龙66<br>（玻璃纤维含量：0~10%） |
| 滚子轴承 | 滚针轴承<br>圆锥滚子轴承<br>ET型圆柱滚子轴承<br>H型调心滚子轴承 | 汽车变速箱<br>汽车车轮<br>通用<br>通用 | 尼龙66<br>（玻璃纤维含量：10~25%） |

**表12.13　尼龙 66 树脂的环境耐性**

| 环境 | | 温度 °C | 玻璃含量 | 物理性能值降低一半所需的时间，h<br>500　1000　1500　2000 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 油 | 齿轮油 | 120 | 0<br>D | | 含极压添加剂 |
| | | 140 | 0<br>A<br>D | | |
| | 合成润滑油 | 100 | A | | 含极压添加剂 |
| | | 120 | A | | |
| | | 130 | 0<br>A<br>C | | |
| | | 150 | 0<br>B<br>D | | |
| | 液压油 | 80 | 0<br>D | | 含极压添加剂 |
| | | 120 | 0<br>D | | |
| | | 150 | 0<br>D | | |
| | ATF油 | 120 | 0<br>D | | |
| | | 140 | 0<br>A<br>D | | |
| | 机油 | 120 | 0<br>D | | |
| 润滑脂 | | 80 | 0<br>D | | |
| | | 120 | 0<br>D | | |
| | | 130 | A<br>D | | |
| 大气 | | 160 | 0<br>A<br>C | | |
| | | 180 | 0<br>B | | |

玻璃纤维含量：A<B<C<D

### 12.4.8 保持架用耐热树脂材料

如今，聚酰胺树脂已在中度运行工况下显示出优异性能，再加上其价格较为低廉，因此被大量用作保持架材料。不过，在 120°C 或更高温度条件下连续工作，长时间或间歇性接触含极压添加剂的油类或酸类的条件下，则会出现长期材料劣化或老化，带来实际的问题。

用于超过 150°C 的高温环境或接触腐蚀性化学品等严酷工况的轴承保持架时，应使用超强工程塑料。虽然超强工程塑料拥有良好的耐热性、耐化学性、高温刚度、机械强度等材料特性，但保持架要求的一些特性，诸如成形及轴承装配时所需要的韧性、焊接强度、抗疲劳性等却还存在不足。并且，材料价格也比较高昂。表 12.14 列出了可注塑成形的代表性超强工程塑料的评价情况。

在表 12.14 所列的材料中，支链聚苯硫醚 (PPS) 树脂已得到广泛的使用，但因韧性差、脆性大，在成形时不能硬从模具中拉出，故而，保持架设计存在局限。而且，轴承装配过程中，存在保持架爪、过梁、环或凸缘易折断的问题，PPS 不太适合用作保持架材料。

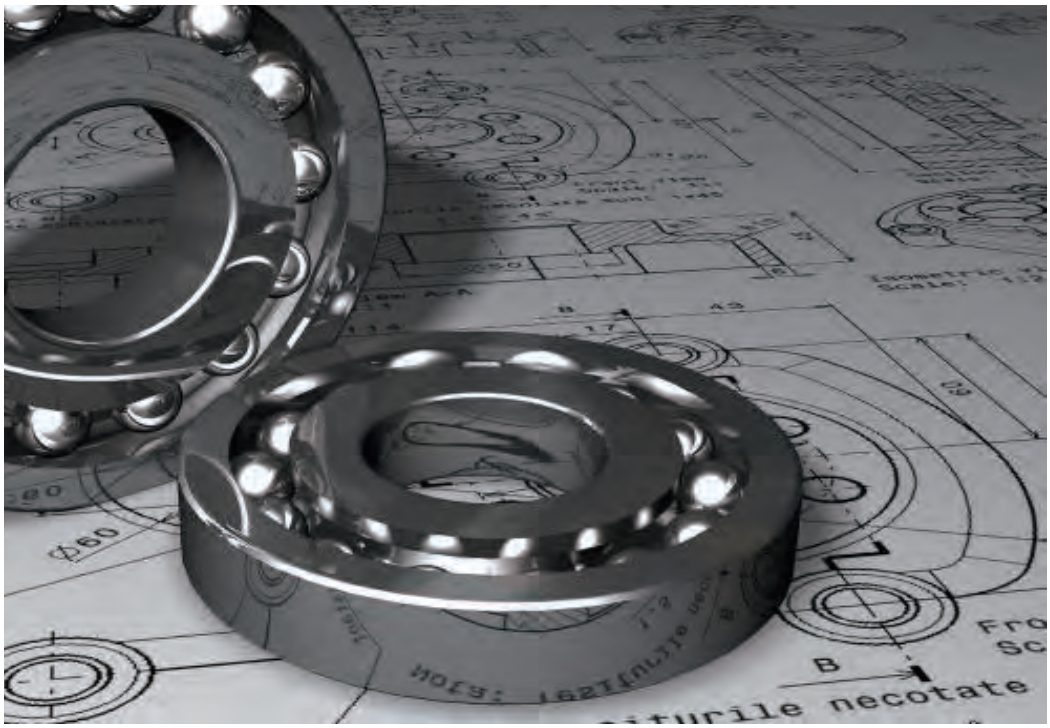
另一方面，NSK 研发的耐热塑料保持架采用由分子链聚合而成的直链高分子体制作而成。该分子链实质上已不含支链或交联，因而，其韧性高于前者(支链 PPS)。这种直链 PPS 不仅具有优异的耐热、耐油、耐化学性，且具有良好的机械特性，如卡扣装卸性 (保持架的一项重要特性) 及高温刚度。

NSK 还改进了直链 PPS 脱模困难及结晶迟缓等缺点，使其成为一种适合用作保持架的材料。直链 PPS 在满足耐热保持架性能的基础上，还具有较高的性价比。

| 分类 | 聚醚砜<br>(PES) |
|---|---|
| 树脂 | 非晶态树脂 |
| 连续使用温度 | 180°C |
| 物理特性 | • 韧性差<br>(要注意保持架形状设计)<br>• 焊接强度低<br>• 抗疲劳性差 |
| 环境特性 | • 有吸水性<br>(尺寸稳定性差)<br>• 抗老化性良好<br>• 抗应力断裂性差 |
| 材料价格<br>(优势排序) | 3 |
| 保持架应用性 | • 性能方面问题较多<br>• 材料价格偏高 |

表12.14　代表性保持架用超强工程塑料材料的特性

| | 聚醚酰亚胺<br>(PEI) | 聚酰亚二胺<br>(PAI) | 聚醚醚酮<br>(PEEK) | 支链聚苯基<br>硫化物(PPS) | 直链聚苯基<br>硫化物(L-PPS) |
|---|---|---|---|---|---|
| | 非晶态树脂 | 非晶态树脂 | 结晶树脂 | 结晶树脂 | 结晶树脂 |
| | 170°C | 210°C | 240°C | 220°C | 220°C |
| | • 韧性差<br>• 焊接强度差<br>• 抗疲劳性差 | • 脆性大（成形时不能硬从模具中拉出）<br>• 使用前进行特殊热处理<br>• 热处理后实现高刚性 | • 具有优异的韧性、 耐磨性和耐疲劳性<br>• 焊接强度差 | • 具有优异的机械特性<br>• 韧性稍差 | • 具有优异的机械特性<br>• 韧性良好<br>• 尺寸稳定性良好（无吸水性） |
| | • 抗老化性良好<br>• 抗应力断裂性差 | • 环境适应性良好 | • 环境适应性良好 | • 环境适应性良好 | • 环境适应性良好（不受大多数化学品的影响。在含极压添加剂的高温油中也不会发生劣化） |
| | 2 | 5 | 4 | 1 | 1 |
| | • 性能方面问题较多<br>• 材料价格偏高 | • 性能良好<br>• 材料价格和成形价格较高（用于特殊应用） | • 性能优异<br>• 材料价格偏高（用于特殊应用） | • 韧性差<br>• 性价比不高 | • 性价比合理（用于一般应用） |


B
necotate

# 13. 轴与轴承座的设计

13.1 轴、轴承座的精度和粗糙度 …… A 270

13.2 轴承的安装尺寸 …… A 270

13.3 密封装置 …… A 272
13.3.1 非接触式密封装置 …… A 272
(1) 油槽 …… A 272
(2) 甩油环 (Slinger) …… A 273
(3) 迷宫密封 …… A 273
13.3.2 接触式密封装置 …… A 274
(1) 油封 …… A 274
(2) 毛毡密封圈 …… A 275

# 13. 轴与轴承座的设计

## 13.1 轴、轴承座的精度和粗糙度

轴、轴承座精度不良的情况下，轴承的使用性能将受到影响。比如，安装部位的轴肩精度不良，会导致轴承内、外圈倾斜。这时，即使在一般载荷条件下，也会形成边缘应力，从而缩短轴承的疲劳寿命，更严重的还会导致保持架的破损和咬粘等损伤。另外，为了提供稳固的轴承支撑，轴承座需具备一定的刚度，轴承座刚度高有利于改善轴承实际运行时的噪声、载荷分布等。

在一般工况下，配合面只要精车、精镗即可。但是，运转时对振动和音响要求严格或载荷条件苛刻时，则需采用精磨加工。

两套以上轴承组合安装在整体式轴承座内时，轴承座配合面尽量设计成通孔，以便同轴镗孔时，可以一次操作完成。剖分式轴承座易发生薄壁外圈变形，加工时需注意。

一般工况下，轴和轴承座的精度与粗糙度见表13.1。

**表13.1 轴、轴承座的精度与粗糙度**

| 项目 | 轴承的等级 | 轴 | 轴承座 |
|---|---|---|---|
| 圆度公差 | 0级，6级 | $\frac{IT3}{2}$ ~ $\frac{IT4}{2}$ | $\frac{IT4}{2}$ ~ $\frac{IT5}{2}$ |
| | 5级，4级 | $\frac{IT2}{2}$ ~ $\frac{IT3}{2}$ | $\frac{IT2}{2}$ ~ $\frac{IT3}{2}$ |
| 圆柱度公差 | 0级，6级 | $\frac{IT3}{2}$ ~ $\frac{IT4}{2}$ | $\frac{IT4}{2}$ ~ $\frac{IT5}{2}$ |
| | 5级，4级 | $\frac{IT2}{2}$ ~ $\frac{IT3}{2}$ | $\frac{IT2}{2}$ ~ $\frac{IT3}{2}$ |
| 挡肩的跳动公差 | 0级，6级 | IT3 | IT3~IT4 |
| | 5级，4级 | IT3 | IT3 |
| 配合面的粗糙度$R_a$ | 小型轴承 | 0.8 | 1.6 |
| | 大型轴承 | 1.6 | 3.2 |

**备注** 此表属一般半径法推荐值，按照轴承精度选定基本公差 IT 等级。有关 IT 数值，请参见附表 11 (E016 页)。采用过盈配合将外圈安装于轴承座孔上或将薄壁轴承安装于轴或轴承座上时，由于对轴承滚道面有直接影响，故需进一步提高轴和轴承座的精度。

## 13.2 轴承的安装尺寸

与轴承端面接触的轴肩或轴承座挡肩必须与轴线垂直 (参照表 13.1)。另外，为了避免轴承座孔与保持架相接触，圆锥滚子轴承需要加工与轴承外径面平行的正面挡肩尺寸。

再者，轴及轴承座的圆角不得接触轴承倒角。因此，圆角半径 $r_a$ 的值不能大于轴承倒角尺寸 $r$ 或 $r_1$ 的最小值。

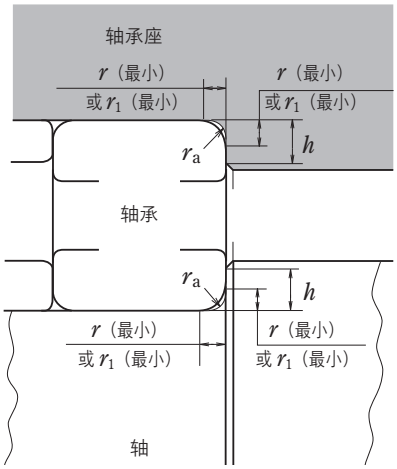



**图13.1 向心轴承的倒角尺寸与轴及轴承座的圆角半径，以及挡肩高度**

向心轴承的轴肩及轴承座挡肩的高度，应保证与套圈端面充分接触。并且便于安放拆卸工具。其最小值依据表 13.2。

轴承的安装尺寸，已考虑到了此挡肩直径，列于轴承尺寸表中。特别是承受轴向载荷的圆锥滚子轴承，圆柱滚子轴承，其挡肩尺寸和强度必须足以支撑挡边部位。

$h$ 及 $r_a$ 的值，轴或轴承座的圆角，参见图 13.2 (a)。图 13.2 (b) 精车轴时退刀槽的尺寸，一般参考表 13.3 的数值。

**表13.2 轴及轴承座圆角半径及相应向心轴承的挡肩高度(米制)**

单位: mm

| 内圈或外圈的倒角尺寸 | 轴或轴承座 | | |
|---|---|---|---|
| | 圆角半径 | 挡肩高度 $h$ (最小) | |
| $r$ (最小) 或 $r_1$ (最小) | $r_a$ (最大) | 深沟球轴承<br>调心球轴承<br>圆柱滚子轴承<br>无内圈有保持架的滚针轴承 | 角接触球轴承<br>圆锥滚子轴承<br>调心滚子轴承 |
| 0.05 | 0.05 | 0.2 | — |
| 0.08 | 0.08 | 0.3 | — |
| 0.1 | 0.1 | 0.4 | — |
| 0.15 | 0.15 | 0.6 | — |
| 0.2 | 0.2 | 0.8 | — |
| 0.3 | 0.3 | 1 | 1.25 |
| 0.6 | 0.6 | 2 | 2.5 |
| 1 | 1 | 2.5 | 3 |
| 1.1 | 1 | 3.25 | 3.5 |
| 1.5 | 1.5 | 4 | 4.5 |
| 2 | 2 | 4.5 | 5 |
| 2.1 | 2 | 5.5 | 6 |
| 2.5 | 2 | — | 6 |
| 3 | 2.5 | 6.5 | 7 |
| 4 | 3 | 8 | 9 |
| 5 | 4 | 10 | 11 |
| 6 | 5 | 13 | 14 |
| 7.5 | 6 | 16 | 18 |
| 9.5 | 8 | 20 | 22 |
| 12 | 10 | 24 | 27 |
| 15 | 12 | 29 | 32 |
| 19 | 15 | 38 | 42 |

**备注** 1. 承受大的轴向载荷的轴承，挡肩高度要大于所列值。

2. 此圆角半径也适用于推力轴承。

3. 轴承尺寸表中列出的是挡肩直径，而非挡肩高度。

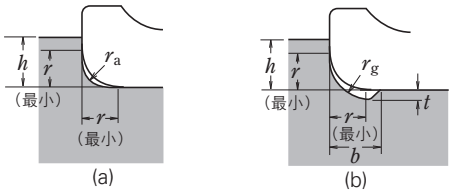



**图13.2 倒角尺寸、圆角半径及挡肩高度**

**表13.3 精车轴的退刀槽尺寸**

单位: mm

| 内圈及外圈的倒角尺寸 | 退刀槽的尺寸 | | |
|---|---|---|---|
| $r$ (最小) 或 $r_1$ (最小) | $t$ | $r_g$ | $b$ |
| 1 | 0.2 | 1.3 | 2 |
| 1.1 | 0.3 | 1.5 | 2.4 |
| 1.5 | 0.4 | 2 | 3.2 |
| 2 | 0.5 | 2.5 | 4 |
| 2.1 | 0.5 | 2.5 | 4 |
| 2.5 | 0.5 | 2.5 | 4 |
| 3 | 0.5 | 3 | 4.7 |
| 4 | 0.5 | 4 | 5.9 |
| 5 | 0.6 | 5 | 7.4 |
| 6 | 0.6 | 6 | 8.6 |
| 7.5 | 0.6 | 7 | 10 |

对推力轴承而言，套圈支撑面的垂直度及接触面积需得到保证。轴承座孔挡肩直径 $D_a$，取小于球的节圆直径尺寸。轴肩直径 $d_a$，取大于球的节圆直径的尺寸（图 13.3）。建议推力滚子轴承以整个滚子接触长度的边界点来确定相应轴及轴承座的挡肩尺寸（图 13.4）。

挡肩直径 $d_a$ 及 $D_a$，按轴承形式，分别记载于轴承尺寸中。

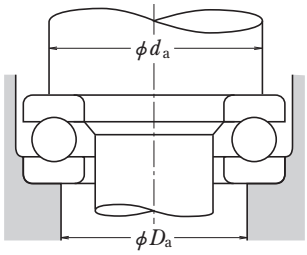



图13.3　推力球轴承支撑面直径

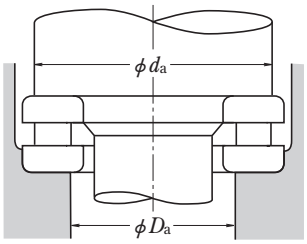



图13.4　推力滚子轴承支撑面直径

## 13.3　密封装置

为保证轴承的使用寿命，有必要使用密封装置来防止外部灰尘、水分、金属粉末等有害物质侵入轴承内部，以及防止轴承内润滑脂的泄露等。轴承运转时，密封装置必须能够避免其本身的异常磨损及咬粘等损伤，且便于拆装。实际使用过程中有必要根据具体用途并结合润滑方式来选择合适的密封装置。

### 13.3.1　非接触式密封装置

作为不与轴相接触，也没有摩擦部位的密封装置，有油槽、甩油环、迷宫密封等结构。利用离心力、小间隙达到密封的目的。

**(1)　油槽**

油槽的结构，是利用轴与轴承座孔之间的小间隙以及该处的几道槽，达到密封作用（图 13.5 (a)，(b)）。

除低速情况外，仅靠油槽防止润滑剂泄露的效果不大。所以，多与甩油环迷宫密封并用（图 13.5 (c)）。在油槽中装入稠度约 200 的润滑剂，也能起一定的防尘作用。

轴和轴承座之间的间隙越小，密封效果越好。运转中二者不可接触。要采用表 13.4 所示的数值。

油槽的槽，宽度约为 3~5 mm，深度约为 4~5 mm。油槽道数，在仅靠槽密封时，要 3 道以上。

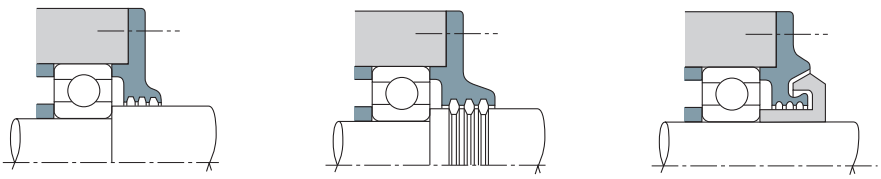



图13.5　油槽的举例

### (2) 甩油环(Slinger)

利用安装在轴上的旋转体的离心力，使之起到防水、防尘的作用的密封结构。如图 13.6 (a)，(b) 所示，在轴承座内侧放置的甩油环，以防止漏油为主要目的，用于灰尘较少的环境。图 13.6 (c)，(d) 以甩油环的离心力防止外部灰尘及水分侵入。

**表13.4 油槽结构的轴与轴承座的间隙**

单位: mm

| 轴公称直径 | 径向间隙 |
|---|---|
| 50以下 | 0.25~0.4 |
| 50~200 | 0.5 ~1.5 |

### (3) 迷宫密封

迷宫密封是一种在轴与轴承座之间，带有小间隙的凹凸组合的密封结构。特别适用于防止高速轴漏油。

因易于安装，多使用图 13.7 (a) 的结构。图 13.7 (b)，(c) 的密封性良好，但是要求轴承座或外罩是剖分式或组装式。径向及轴向的迷宫密封间隙，一般如表 13.5 所示。

**表13.5 迷宫密封的间隙**

单位: mm

| 轴公称直径 | 迷宫密封间隙 | |
|---|---|---|
| | 径向 | 轴向 |
| 50以下 | 0.25~0.4 | 1~2 |
| 50~200 | 0.5 ~1.5 | 2~5 |

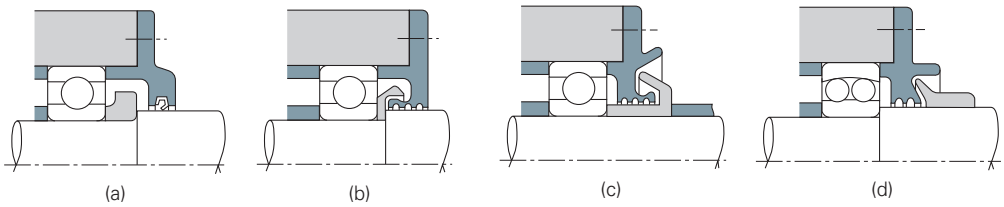



**图13.6 甩油环的举例**

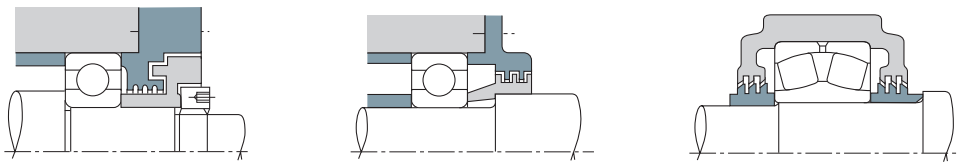



**图13.7 迷宫密封的举例**

### 13.3.2 接触式密封装置

接触式密封装置通过轴和密封装置间实质的接触起作用，该密封装置可以使用合成橡胶、合成树脂、毛毡等材料制成。其中，带有合成橡胶密封唇的油封最为普遍。

**(1) 油封**

多类油封可用于防止润滑剂泄漏以及防止灰尘、水分及其他异物侵入轴承（图 13.8 和 13.9）。

在日本，油封的类型和尺寸大多均已实现标准化（参考 JIS B 2402）。为了保持合适的压力，多嵌入周向弹簧。所以，油封一定程度上可以随轴的偏心及挠曲而运动。

密封唇的材料通常使用合成橡胶，包括腈、丙烯酸酯、硅、氟的合成橡胶。另外，也会使用四氟化乙烯。每种材料允许温度的上限，按上述顺序增高。

一旦密封唇与轴之间没有油膜，则易引起过热、磨损等问题。所以，在安装时，须在密封圈上涂一些润滑剂。并且，轴承座内的润滑剂从滑动面微微渗出是最为理想。但需注意，酯基润滑脂剂会造成丙烯酸橡胶材料膨胀。此外，低苯胺点矿物油、硅基润滑脂和硅基油会导致硅基材料膨胀。此外，脲基润滑脂会导致氟基材料劣化。

油封的允许线速度，因轴承类型、轴表面的加工精度、密封液体种类、温度条件、轴的偏心程度各异。使用温度范围由密封唇的材料决定。条件良好情况下的允许线速度和温度见表 13.6。

当油封用于线速度大或高内压的情况时，轴的接触表面必须采用精密加工，且轴的偏心度也要小于 0.02~0.05mm。

另外，为了提高耐磨损性，轴的接触表面需采用热处理或硬质镀铬，使其硬度超过 HRC40。如果可能，建议硬度超过 HRC55。

轴的线速度要求的滑动部表面粗糙度的大致标准，如表 13.7 所示。

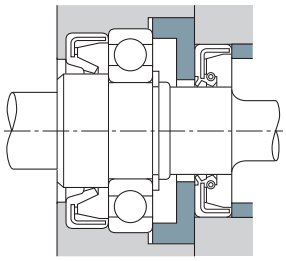


图13.8 油封使用举例(1)

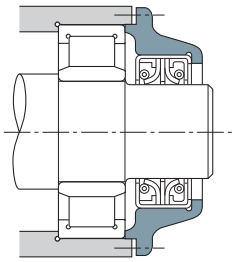


图13.9 油封使用举例(2)

表13.6 油封的允许线速度和温度范围

| 密封圈材料 | | 允许线速度 (m/sec) | 使用温度范围(°C)(1) |
|---|---|---|---|
| 合成橡胶 | 丁腈橡胶 | 16以下 | −25~+100 |
| | 丙烯酸酯橡胶 | 25以下 | −15~+130 |
| | 硅橡胶 | 32以下 | −70~+200 |
| | 含氟橡胶 | 32以下 | −30~+200 |
| 四氟乙烯树脂 | | 15以下 | −50~+220 |

注 (1) 短时间运转时，可将温度上限提高 20°C 左右。

表13.7 轴的线速度和滑动部位的粗糙度

| 线速度 (m/s) | 粗糙度 $R_a$ (μm) |
|---|---|
| 5以下 | 0.8 |
| 5~10 | 0.4 |
| 10以上 | 0.2 |

(2) 毛毡密封圈

毛毡密封圈是用于传动轴等装置最简单也是最常见的密封结构之一。

但是，油润滑时不可避免会漏油、泄露。所以，这类密封只用于脂润滑，主要是防止灰尘和其他杂质侵入。毛毡密封圈也不适用于线速度大于4m/sec 的工况，此时，应根据应用选择合适的合成橡胶密封圈。