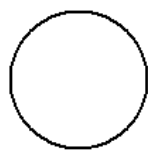


# 第8篇



# 滚动轴承

---



**主编单位** 机械工业部洛阳轴承研究所

**编写单位** 机械工业部洛阳轴承研究所

浙江大学

上海滚动轴承厂

洛阳工学院

洛阳轴承厂

杭州轴承试验研究中心

**主 编** 万长森

**副主编** 罗继伟

**编写人** 曹诚梓 马家驹 丁仲明 孟季荪

姚松官 罗继伟 马纯民 吴兆民

苏立樾 刘泽九 杨晓蔚

**主 审** 余 俊



# 常用符号表

<p><math>a</math>——角接触轴承的载荷作用中心与轴承端面之间的距离(mm)</p> <p><math>B</math>——轴承宽度(mm)</p> <p><math>C</math>——基本额定动载荷(N)</p> <p><math>C_0</math>——额定静载荷(N)</p> <p><math>D</math>——轴承外径(mm)</p> <p><math>D_w</math>——滚动体直径(mm)</p> <p><math>d</math>——轴承内径(mm)</p> <p><math>d_m</math>——滚动体中心圆直径 <math>d_m = \frac{1}{2}(d+D)</math>(mm)</p> <p><math>E_w</math>——滚子组外径(mm)</p> <p><math>e</math>——选用系数 <math>X, Y</math> 值的判断参数</p> <p><math>F_a</math>——轴向载荷(N)</p> <p><math>F_r</math>——径向载荷(N)</p> <p><math>F_w</math>——滚子组内径(mm)</p> <p><math>f_d</math>——圆柱滚子轴承的推力系数</p> <p><math>f_h</math>——寿命系数</p> <p><math>f_n</math>——转速系数</p> <p><math>f_p</math>——载荷性质系数</p> <p><math>f_t</math>——温度系数</p> <p><math>i</math>——轴承中滚动体的列数</p> <p><math>K</math>——推力轴承的最小载荷常数</p> <p><math>K_{ra}</math>——成套轴承外圈的径向跳动(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>K_{ra}</math>——成套轴承内圈的径向跳动(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>L_{10}</math>——以百万转为单位的轴承基本额定寿命(<math>10^6\tau</math>)</p> <p><math>L_h</math>——以小时为单位的轴承额定寿命(h)</p> <p><math>M</math>——滚动轴承的摩擦力矩(<math>\text{N} \cdot \text{m}</math>)</p> <p><math>n</math>——转速(<math>\tau/\text{min}</math>)</p> <p><math>P</math>——当量动载荷(N)</p> <p><math>P_m</math>——平均当量动载荷(N)</p> <p><math>P_0</math>——当量静载荷(N)</p> <p><math>S_1</math>——轴圈滚道对底面厚度变动量(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>S_2</math>——座圈滚道对底面厚度变动量(<math>\mu\text{m}</math>)</p>	<p><math>U_a</math>——轴承轴向游隙(mm)</p> <p><math>U_r</math>——轴承径向游隙(mm)</p> <p><math>V_{in}</math>——内圈宽度变动量(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>V_{ou}</math>——外圈宽度变动量(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>V_{Dmp}</math>——平均外径变动量(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>V_{Dr}</math>——单一径向平面内外径变动量(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>V_{dmp}</math>——平均内径变动量(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>V_{dr}</math>——单一径向平面内内径变动量(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>X</math>——动载荷径向系数</p> <p><math>X_0</math>——静载荷径向系数</p> <p><math>Y</math>——动载荷轴向系数</p> <p><math>Y_0</math>——静载荷轴向系数</p> <p><math>Z</math>——轴承中—列滚动体数</p> <p><math>\alpha</math>——公称接触角,即滚动体载荷向量与轴承径向平面之间的夹角(<math>^\circ</math>)</p> <p><math>\Delta_{B_i}</math>——内圈单一宽度偏差(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>\Delta_{C_i}</math>——外圈单一宽度偏差(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>\Delta_{Dmp}</math>——单一平面平均外径偏差(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>\Delta_{dmp}</math>——单一平面平均内径偏差(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>\Delta_{T_{i1}}</math>——圆锥滚子轴承内组件与标准外圈组成的轴承的公称宽度的实测偏差(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>\Delta_{T_{i2}}</math>——圆锥滚子轴承外圈与标准内组件组成的轴承的公称宽度的实测偏差(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>\Delta_{Y_i}</math>——轴承实际宽度偏差(<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>\delta_a</math>——轴承内、外套圈在轴向的相对变形量(mm)</p> <p><math>\epsilon</math>——轴承寿命指数</p> <p><math>\mu</math>——摩擦系数</p>
<p><b>角标符号</b></p>	
<p><math>a</math>——轴向</p> <p><math>r</math>——径向</p> <p><math>e</math>——外圈</p> <p><math>i</math>——内圈</p> <p><math>w</math>——滚动体</p>	





# 第 1 章 概 论<sup>[1]</sup>

滚动轴承是在承受载荷并彼此相对运动的机械零件、部件间作滚动运动的轴承。通常,它由带滚道的套圈、成组的滚动体和用以隔离或引导滚动体的保持架组成。滚动轴承具有减摩、承受径向载荷、轴向载荷或径向与轴向联合载荷、并对机械零部件相互间位置进行定位等功能。

滚动轴承是机械构造中的基础运动元件,对于机械的运动、做功和发挥机械的功能与效率具有直接的制约功能。

因而,滚动轴承既是机械运动中的载荷载体,又是机械运动的控制器。

## 1 滚动轴承特性

滚动轴承的功能特性主要包括:

**1. 额定静载荷、基本额定动载荷** 表示滚动轴承的承载能力。

a. **额定静载荷** 指在轴承的承受载荷最大的滚动体与滚道接触中心处引起的最大接触应力值为标准规定的最大允许值时,轴承所承受的静载荷。

b. **基本额定动载荷** 是一假想的单个轴承承受的恒定载荷,在这一载荷作用下,轴承的基本额定寿命为  $10^6 r$ 。

**2. 寿命** 轴承的套圈或滚动体材料出现第一个疲劳扩展迹象之前,一个套圈相对另一个套圈运转的总转数。也可用在给定转速下的运转小时数表示。对于非疲劳失效的轴承,其寿命与失效模式有关,用平均无故障工作时间表示。

**3. 可靠性** 一组在同一条件下运转的、近于相同的滚动轴承,所期望达到或超过规定寿命的轴承的百分数。单个轴承的可靠性为该轴承达到或超过规定寿命的概率,通常用可靠度表示。对于非疲劳失效的轴承,直接用平均无故障工作时间或一定时间内的返修率表示。

**4. 精度** 表示轴承的制造精确度,用公差等级进行区别。滚动轴承公差等级由低到高分为 0、6 (6X)、5、4、2 五个级别,每一公差等级均包含外形尺寸公差(倒角尺寸公差不分级)和旋转精度偏差。0 级与公差等级 IT6(IT5)相对应,2 级与公差等级

IT3(IT2)相对应。而今,公差等级相当于 IT0 和 IT01 的轴承已有需求。

**5. 高速性** 表示轴承在高的角速度或高的圆周线速度下的运转性能。用  $d_{mn}$  或  $dn$  值衡量。 $d_{mn}$  值超过  $1.0 \times 10^5 (\text{mm} \cdot r/\text{min})$  或  $dn$  值超过  $0.8 \times 10^5 (\text{mm} \cdot r/\text{min})$  的轴承可称之为高速轴承, $d_{mn}$  值超过  $2.0 \times 10^6 (\text{mm} \cdot r/\text{min})$  或  $dn$  值超过  $1.8 \times 10^6 (\text{mm} \cdot r/\text{min})$  的轴承可称之为超高速轴承。而今,超高速轴承的  $d_{mn}$  值可达  $2.5 \times 10^6 (\text{mm} \cdot r/\text{min})$  以上。

**6. 温升** 表示轴承使用效能的一种运转性能。用轴承外圈温度与环境温度之差值衡量,视使用条件不同,温升不超过  $5^\circ\text{C}$  或  $8^\circ\text{C}$  的轴承均可称之为低温升轴承。低温升轴承一般都伴随着低的摩擦力矩,且摩擦力矩均匀、变化小。

**7. 振动与噪声** 轴承振动为轴承在运转过程中,轴承零件的一切偏离理论位置的运动,用振动速度 ( $\mu\text{m/s}$ ) 或振动加速度级 (dB) 衡量。轴承噪声为轴承在运转过程中产生的空运声,用声压级 dB 值衡量。轴承振动和轴承噪声虽然密切相关,但由于噪声对环境的污染,当今人们越来越关注噪声,不仅要求轴承噪声小,而且还要求轴承噪声要“悦耳”。

**8. 刚度** 表示轴承在外载荷作用下因滚道和滚动体的弹性接触变形引起轴承套圈之间相对位移的性能。轴承刚度有径向刚度、轴向刚度和角刚度之别,径向刚度和轴向刚度用  $\text{N}/\mu\text{m}$  值衡量,角刚度用  $\text{N} \cdot \text{m}/\text{rad}$  值衡量。轴承的刚度特性均系非线性特性,采用预载荷或预紧可以改变并提高轴承刚度。然而过大的预载荷或预紧会导致过大的摩擦,引起高的轴承温升。

**9. 阻尼** 表示轴承在振动系统中阻止运动的一种性能。它与轴承的变形和摩擦有关,并与运转速度相联系,用阻尼系数 ( $\text{N} \cdot \text{s}/\text{mm}$  或  $\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}/\text{rad}$ ) 或无量纲的阻尼率评价。

**10. 特殊工况适应性** 表示轴承在非常规工作环境下的适应能力。在某些高技术领域,轴承使用于高温 ( $350 \sim 550^\circ\text{C}$ )、低温 ( $-162 \sim -253^\circ\text{C}$ )、高真空 ( $10^{-4} \sim 10^{-11} \text{Pa}$ )、腐蚀介质、放射性辐射和强磁场等特殊环境,这些环境与通用轴承使用的环境差别很大,轴承材料和润滑均应采取特殊措施。



11. **薄壁可控变形** 轴承径向截面尺寸小于轴承内径四分之一或小于二倍滚动体直径的轴承称为薄壁轴承。薄壁轴承的主要特点在于其截面尺寸是一定的,不随轴承内径增大而增大,因而减小了轴承质量和占用空间。薄壁轴承另一特点是套圈壁薄,允许较大的可控弹性变形,而成为“柔性”套圈,以实现运动和动力传递。

12. **无维护终身润滑** 表示轴承使用中的免维护性。带密封圈或防尘盖的闭型轴承均在其列。制造厂在轴承装配时预先填充了润滑脂。无维护终生润滑轴承的寿命取决于润滑脂的寿命。

13. **单元化** 轴承与其周围的相关零件组成的一种集成化的整体部件称为轴承单元。轴承单元预先都经过调整并填充润滑剂,具有使用方便、省工省时、结构零件少的特点,可使机械质量和尺寸更小。轴承单元化是现代机械构造的基本趋向之一。

14. **功能部件化** 在轴承中设置某些构件,或将轴承与其周围的相关零部件、控制器、驱动器等组合形成一种具有特定功能的机械部件。单向旋转轴承、变速传动轴承等均属其列。轴承功能部件化是现代机械发展的一种新的构造模式。

其他,诸如直线运动滚动导套、直线运动滚动导轨支承以及滚动丝杠等,则视为滚动轴承功能的一种延伸。

## 2 滚动轴承的类型与结构

1. **按接触角分类** 轴承按其所能承受的载荷方向或公称接触角不同,分为:

a. **向心轴承** 主要用于承受径向载荷的轴承,其公称接触角从 $0^\circ$ 到 $45^\circ$ 。按公称接触角不同,又分为

(1) 径向接触轴承。公称接触角为 $0^\circ$ 的向心轴承。

(2) 向心角接触轴承。公称接触角超过 $0^\circ$ 直至 $45^\circ$ 的向心轴承。

b. **推力轴承** 主要用于承受轴向载荷的轴承,其公称接触角超过 $45^\circ$ 直至 $90^\circ$ 。按公称接触角不同,又分为

(1) 轴向接触轴承。公称接触角为 $90^\circ$ 的推力轴承。

(2) 推力角接触轴承。公称接触角大于 $45^\circ$ 小于 $90^\circ$ 的推力轴承。

2. **按滚动体分类** 轴承按其滚动体的种类不同,分为

a. **球轴承** 滚动体为球。

b. **滚子轴承** 滚动体为滚子。滚子轴承按滚子的

种类不同,又分为圆柱滚子轴承,圆锥滚子轴承,调心滚子轴承,滚针轴承。

3. **按调心性分类** 轴承按其工作时能否调心,分为刚性轴承,调心轴承。

4. **综合分类** 轴承按其所能承受的载荷方向或公称接触角、滚动体的种类与列数、调心与否,综合分为:深沟球轴承,外球面球轴承,双列深沟球轴承,调心球轴承,角接触球轴承,双列角接触球轴承,四点接触球轴承,推力球轴承,滚针轴承,圆柱滚子轴承,调心滚子轴承,圆锥滚子轴承,推力圆柱滚子轴承,推力调心滚子轴承。

同类轴承中,由于具体结构不同,又形成多种结构型式的轴承。常用滚动轴承基本结构型式见表8-1-1。

表 8-1-1 常用滚动轴承基本结构型式、类型代号、尺寸系列代号

轴承类型	结构简图	类型代号	尺寸系列代号	组合代号
双列角接触球轴承		(0)	32	32
		(0)	33	33
调心球轴承		1	(0)2	12
		(1)	22	22
		1	(0)3	13
		(1)	23	23
调心滚子轴承		2	13	213
		2	22	222
		2	23	223
		2	30	230
		2	31	231
		2	32	232
		2	40	240
		2	41	241
推力调心滚子轴承		2	92	292
		2	93	293
		2	94	294



(续)

轴承类型	结构简图	类型代号	尺寸系列代号	组合代号
圆锥滚子轴承		3	02	302
		3	03	303
		3	13	313
		3	20	320
		3	22	322
		3	23	323
		3	29	329
		3	30	330
		3	31	331
		3	32	332
双列深沟球轴承		4	(2)2	42
		4	(2)3	43
推力球轴承	推力球轴承 	5	11	511
		5	12	512
		5	13	513
		5	14	514
	双向推力球轴承 	5	22	522
		5	23	523
		5	24	524
	带球面座圈的推力球轴承 	5	32	532
		5	33	533
		5	34	534
	带球面座圈的双向推力球轴承 	5	42	542
		5	43	543
		5	44	544

(续)

轴承类型	结构简图	类型代号	尺寸系列代号	组合代号
深沟球轴承		6	17	617
		6	37	637
		6	18	618
		6	19	619
		16	(0)0	160
		6	(1)0	60
		6	(0)2	62
		6	(0)3	63
6	(0)4	64		
角接触球轴承		7	19	719
		7	(1)0	70
		7	(0)2	72
		7	(0)3	73
		7	(0)4	74
推力圆柱滚子轴承		8	11	811
		8	12	812
圆柱滚子轴承	外圈无挡边圆柱滚子轴承 	N	10	N10
		N	(0)2	N2
		N	22	N22
		N	(0)3	N3
		N	23	N23
		N	(0)4	N4
	内圈无挡边圆柱滚子轴承 	NU	10	NU10
		NU	(0)2	NU2
		NU	22	NU22
		NU	(0)3	NU3
	内圈单挡边圆柱滚子轴承 	NU	23	NU23
		NU	(0)4	NU4
		NJ	(0)2	NJ2
		NJ	22	NJ22
	内圈单挡边并带平挡圈圆柱滚子轴承 	NJ	(0)3	NJ3
		NJ	23	NJ23
NJ		(0)4	NJ4	
NUP		(0)2	NUP2	
NUP	22	NUP22		
	(0)3	NUP3		
	23	NUP23		



(续)

轴承类型	结构简图	类型代号	尺寸系列代号	组合代号
圆柱滚子轴承		NF	(0)2	NF2
			(0)3	NF3
			23	NF23
圆柱滚子轴承		NN	30	NN30
			49	NNU49
			49	NNU49
外球面球轴承		UC	2	UC2
			3	UC3
			2	UEL2
外球面球轴承		UEL	3	UEL3
			2	UK2
			3	UK3
四点接触球轴承		QJ	(0)2	QJ2
			(0)3	QJ3

注：1. 表中括号内的数字在组合代号中省略。  
2. 摘自参考文献 [2]。

滚针轴承的基本结构型式见表 8-1-2。

表 8-1-2 滚针轴承基本结构型式、类型代号、配合安装特征尺寸代号

轴承类型	结构简图	类型代号	配合安装特征尺寸表示 <sup>①</sup>	轴承基本代号
滚针和保持架组件		K	$F_w \times E_w \times B_c$	$K F_w \times E_w \times B_c$
推力滚针和保持架组件		AXK	$D_{c1} \times D_c$	$AXK D_{c1} \times D_c$
滚针轴承		NA	用尺寸系列代号 内径代号表示 尺寸系列代号 48 49 69 内径 <sup>②</sup> 代号 按表 8-1-4	NA4800 NA4900 NA6900
滚针轴承		HK	$F_w B$	$HK F_w B$
滚针轴承		BK	$F_w B$	$BK F_w B$

注：1. 表中  $F_w$ —无内圈滚针轴承滚针组内径，滚针保持架组件内径； $E_w$ —滚针保持架组件外径； $B$ —轴承宽度； $B_c$ —滚针保持架组件宽度； $D_c$ —推力滚针保持架组件外径； $D_{c1}$ —推力滚针保持架组件内径。  
2. 摘自参考文献 [2]。

2. 摘自参考文献 [2]。

① 尺寸直接用毫米数表示时，如是个位数，需在个位数左边加“0”，如 8mm 用 08 表示。

② 内径代号除  $d < 10\text{mm}$  用“/实际公称毫米数”表示外，其余见表 8-1-4。





### 3 滚动轴承代号

滚动轴承代号由基本代号、前置代号和后置代号构成,其排列按前置代号、基本代号、后置代号顺序编排。

#### 3.1 滚动轴承基本代号

基本代号表示轴承的类型、结构和尺寸是轴承代号的基础。从基本代号可判明轴承的结构型式和轴承的外形尺寸。

我国现行标准 GB/T 273.1、GB/T 273.2、GB/T 273.3 轴承外形尺寸方案中,均对轴承的外形尺寸作出了规定。这些标准系等效采用相应的国际标准。

尺寸系列,系宽度系列或高度系列与直径系列的组合。

直径系列,系轴承外径的递增系列,对应每一个标准轴承内径尺寸,有一个按一定规律递增的外径系列尺寸。

宽度系列,系向心轴承的宽度递增系列,对应每一个直径系列的轴承内径尺寸,有一个递增的宽度系列尺寸。

高度系列,系推力轴承的高度递增系列,对应每一个直径系列的轴承内径尺寸,有一个递增的高度系列尺寸。

##### 3.1.1 标准外形尺寸轴承的基本代号(滚针轴承除外)

基本代号由轴承类型代号、尺寸系列代号、内径代号依次排列构成。轴承类型代号用阿拉伯数字或大写拉丁字母表示,尺寸系列代号和内径代号用阿拉伯数字表示。轴承类型代号见表 8.1-1。向心轴承、推力轴承尺寸系列代号见表 8.1-3,常用的轴承类型、尺寸系列及其组合代号见表 8.1-1。内径代号见表 8.1-4。

##### 3.1.2 滚针轴承基本代号

其基本代号由轴承类型代号和表征轴承配合安装特征的尺寸依次排列构成。轴承类型代号用大写拉丁字母表示,表征轴承安装特征的尺寸用尺寸系列代号、内径代号或直接用毫米数字表示。滚针轴承的类型代号和配合安装特征尺寸组合的轴承基本代号见表 8.1-2。

#### 3.2 滚动轴承前置、后置代号

前置、后置代号是轴承在结构形状、尺寸、公差、技术要求等有改变时,在其基本代号左右添加的补充代号。其排列见表 8.1-5。

1. 前置代号 前置代号用大写拉丁字母表示。代号及其含义见表 8.1-6。

2. 后置代号 后置代号用大写拉丁字母或大写拉丁字母加阿拉伯数字表示。代号及其含义根据改变的技术内容不同而异。

(1) 内部结构代号及其含义见表 8.1-7。

表 8.1-3 滚动轴承尺寸系列代号

直径系列代号	向心轴承						推力轴承					
	宽度系列代号						高度系列代号					
	8	0	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2
	尺寸系列代号											
7	—	—	17	—	37	—	—	—	—	—	—	—
8	—	08	18	28	38	48	58	68	—	—	—	—
9	—	09	19	29	39	49	59	69	—	—	—	—
0	—	00	10	20	30	40	50	60	70	90	10	—
1	—	01	11	21	31	41	51	61	71	91	11	—
2	82	02	12	22	32	42	52	62	72	92	12	22
3	83	03	13	23	33	—	—	—	73	93	13	23
4	—	04	—	24	—	—	—	—	74	94	14	24
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	—	—

注:摘自参考文献 [2]。

表 8.1-4 滚动轴承内径代号

轴承公称内径 (mm)	内径代号	示例
0.6 到 10 (非整数)	用内径毫米数直接表示,在其与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承 618/0.6 $d=0.6\text{mm}$
1 到 9 (整数)	用内径毫米数直接表示,对深沟球轴承 7、8、9 直径系列,内径与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承 625 618/5 $d=5\text{mm}$
10 到 17	10 12 15 17	00 01 02 03 深沟球轴承 62 00 $d=10\text{mm}$

轴承公司制作 请尊重作者版权

5  
F  
1



(续)

轴承公称内径 (mm)	内径代号	示例
20到480 (22, 28, 32除外)	公称内径除以5的商数, 商数为个位数时需在商数左边加“0”, 如08	调心滚子轴承 232 08 $d=40\text{mm}$
大于和等于500以及22, 28, 32	用内径毫米数直接表示, 但在与尺寸系列之间用“/”分开	调心滚子轴承 230/500 $d=500\text{mm}$ 深沟球轴承 62/22 $d=22\text{mm}$

注: 1. 例: 调心滚子轴承 23224 2—类型代号 32—尺寸系列代号 24—内径代号  $d=120\text{mm}$ 。

2. 摘自参考文献 [2]。

表 8-1-5 滚动轴承前置、后置代号排序

轴 承 代 号	
前置代号	后置代号(组)
	1 2 3 4 5 6 7 8
成套轴承分部件	基本代号 内部结构 密封与防尘 套圈变型 保持架 及其材料 轴承材料 公差等级 游隙 配 置 其 他

注: 摘自参考文献 [2]。

表 8-1-6 滚动轴承前置代号及其含义

代号	含义	示例
L	可分离轴承的内圈或外圈	LNU207 LN207
R	不带可分离内圈或外圈的轴承(滚针轴承仅适用于NA型)	RNU207 RN207 RNA6904
K	滚子轴承 滚子和保持架组件	K81107
WS	推力圆柱滚子轴承轴圈	WS81107
GS	推力圆柱滚子轴承座圈	GS81107

注: 摘自参考文献 [2]。

表 8-1-7 滚动轴承内部结构代号及其含义

代号	含义	示例
A, B C, D E	1. 表示内部结构改变 2. 表示标准设计, 其含义随不同类型、结构而异	B 1. 角接触球轴承 公称接触角 $\alpha=40^\circ$ 7210B 2. 圆锥滚子轴承 接触角加大 32310B C 角接触球轴承 公称接触角 $\alpha=15^\circ$ 7005C E 加强型 ①NU207E

(续)

代号	含义	示例
AC	角接触球轴承 公称接触角 $\alpha=25^\circ$	7210 AC
D ZW	剖分式轴承 滚针保持架组件 双列	K50×55×20D K20×25×40ZW

① 加强型, 即轴承内部结构设计改进, 增大了轴承承载能力。

(2) 密封、防尘与外部形状变化的代号及其含义见表 8-1-8。

(3) 保持架结构材料、轴承材料改变的代号及其含义按 JB/T2974 的规定。

(4) 公差等级代号及其含义见表 8-1-9。

(5) 游隙代号及其含义见表 8-1-10。

(6) 配置代号及其含义见表 8-1-11。

(7) 其他, 在轴承振动、噪声、摩擦力矩、工作温度、润滑等要求特殊时, 其代号及其含义均按 JB/T2974 的规定<sup>[3]</sup>。

表 8-1-8 滚动轴承密封、防尘与外部形状变化的代号及其含义

代号	含义	示例
K	圆锥孔轴承 锥度 1:12	1210K
K30	圆锥孔轴承 锥度 1:30	24122K30
R	轴承外圈有止动挡边(凸缘外圈) (不适用于内径小于 10mm 的向心球轴承)	30307R
N	轴承外圈上有止动槽	6210N
NR	轴承外圈上有止动槽, 并带止动环	6210NR
-RS	轴承一面带骨架式橡胶密封圈(接触式)	6210-RS
-2RS	轴承两面带骨架式橡胶密封圈(接触式)	6210-2RS
-RZ	轴承一面带骨架式橡胶密封圈(非接触式)	6210-RZ
-2RZ	轴承两面带骨架式橡胶密封圈(非接触式)	6210-2RZ
-Z	轴承一面带防尘盖	6210-Z
-ZZ	轴承两面带防尘盖	6210-ZZ
-RSZ	轴承一面带骨架式橡胶密封圈(接触式)、 一面带防尘盖	6210-RSZ
RZZ	轴承一面带骨架式橡胶密封圈(非接触式)、 一面带防尘盖	6210-RZZ
-ZN	轴承一面带防尘盖, 另一面外圈有止动槽	6210-ZN
-ZNR	轴承一面带防尘盖, 另一面外圈有止动槽并带止动环	6210-ZNR
-ZNB	轴承一面带防尘盖, 同一面外圈有止动槽	6210-ZNB
-ZZN	轴承两面带防尘盖, 外圈有止动槽	6210-ZZN
U	推力球轴承带球面垫圈座	53210U

注: 密封圈与防尘盖同样可以进行多种组合。



表 8-1-9 滚动轴承公差等级代号及其含义

代号	含 义	示 例
/P0	公差等级符合标准规定的 0 级, 代号中省略不表示	6203
/P5	公差等级符合标准规定的 6 级	6203/P6
/P6x	公差等级符合标准规定的 6X 级 (适用于圆锥滚子轴承)	30210/P6x
/P5	公差等级符合标准规定的 5 级	6203/P5
/P4	公差等级符合标准规定的 4 级	6203/P4
/P2	公差等级符合标准规定的 2 级	6203/P2

表 8-1-10 滚动轴承游隙代号及其含义

代号	含 义	示 例
/C1	游隙符合标准规定的 1 组	NN3006K/C1
/C2	游隙符合标准规定的 2 组	6210/C2
—	游隙符合标准规定的 0 组	6210
/C3	游隙符合标准规定的 3 组	6210/C3
/C4	游隙符合标准规定的 4 组	NU2340/C4
/C5	游隙符合标准规定的 5 组	23264/C5

注: 公差等级与游隙代号需同时表示时, 可进行简化, 取公差等级代号加上游隙组号 (0 组不表示) 组合表示。

例: P63 表示轴承公差等级 P6 级, 径向游隙 3 组。  
P52 表示轴承公差等级 P5 级, 径向游隙 2 组。

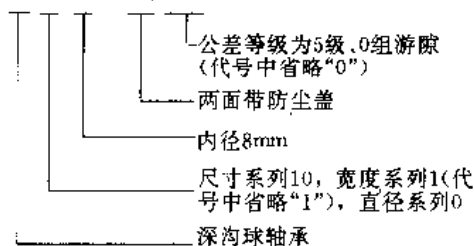
表 8-1-11 滚动轴承配置代号及其含义

配置代号	含 义	举 例
/DB	成对背对背安装	7210C/DB
/DF	成对面对面安装	32208/DF
/DT	成对串联安装	7210C/DT

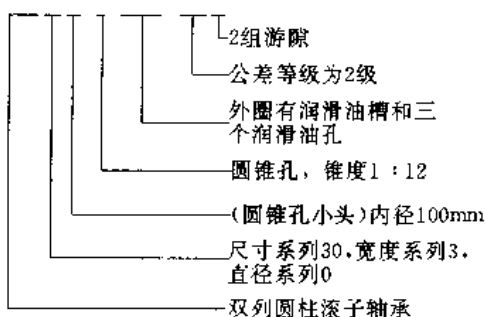
注: 配置示意图参见表 8-8-3。

3. 轴承代号示例

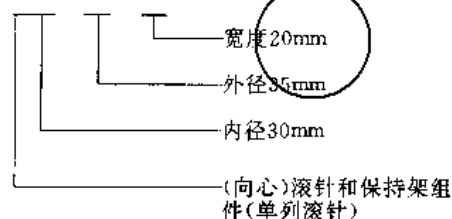
(1) 6 0 8 - 2Z/P5



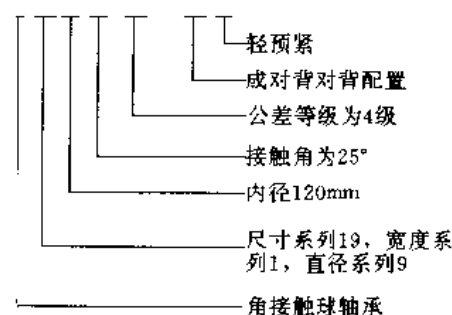
(2) NN3020 K/W33/P2 2



(3) K 30 × 35 × 20



(4) 7 19 24 AC/P4 / DB A



## 第 2 章 滚动轴承的使用性能<sup>[4][5]</sup>

### 1 精度

滚动轴承的精度按公差等级分级。公差等级中包

括尺寸公差和旋转精度的允许偏差。除圆锥滚子轴承外, 向心轴承的公差等级分为 0、6、5、4 和 2 五个等级。圆锥滚子轴承分为 0、6x、5 和 4 四个等级。推力



轴承分为 0、6、5 和 4 四个等级。精度依次由低到高。

尺寸公差规定了轴承内径、外径、宽度或高度的制造精度。旋转精度包括成套轴承的径向跳动、端面对滚道的跳动、端面对内孔的跳动、滚道对端面的平行度、外表面的倾斜度和厚度变动量。表 8-2-1 和表 8-2-2 列出了除圆锥滚子轴承外的 0 级公差标准规定的向心轴

承的尺寸公差和旋转精度。表 8-2-3~表 8-2-5 列出 0 级公差标准规定的圆锥滚子轴承的尺寸公差和旋转精度。0 级公差标准规定的单向推力球轴承的轴圈内径、座圈外径尺寸公差见表 8-2-6, 表中包括平底垫圈的厚度变动量。

表 8-2-1 0 级公差向心轴承内圈 (μm)

d (mm)		Δ <sub>dmp</sub>		V <sub>dρ</sub> ②			V <sub>dmp</sub>	K <sub>su</sub>	Δ <sub>B<sub>i</sub></sub>			V <sub>B<sub>i</sub></sub>
				直径系列					全部	正常	修正③	
				9	0, 1	2, 3, 4						
超过	到	上偏差	下偏差	max			max	max	上偏差	下偏差	max	
0.6①	2.5	0	-8	10	8	6	6	10	0	-40	—	12
2.5	10	0	-8	10	8	6	6	10	0	-120	-250	15
10	18	0	-8	10	8	6	6	10	0	-120	-250	20
18	30	0	-10	13	10	8	8	13	0	-120	-250	20
30	50	0	-12	15	12	9	9	15	0	-120	-250	20
50	80	0	-15	19	19	11	11	20	0	-150	-380	25
80	120	0	-20	25	25	15	15	25	0	-200	-380	25
120	180	0	-25	31	31	19	19	30	0	-250	-500	30
180	250	0	-30	38	38	23	23	40	0	-300	-500	30
250	315	0	-35	44	44	26	26	50	0	-330	-500	35
315	400	0	-40	50	50	30	30	60	0	-400	-630	40
400	500	0	-45	56	56	34	34	65	0	-450	—	50
500	630	0	-50	63	63	38	38	70	0	-500	—	60
630	800	0	-75	—	—	—	—	80	0	-750	—	70
800	1000	0	-100	—	—	—	—	90	0	-1000	—	80
1000	1250	0	-125	—	—	—	—	100	0	-1250	—	100
1250	1600	0	-160	—	—	—	—	120	0	-1600	—	120
1600	2000	0	-200	—	—	—	—	140	0	-2000	—	140

注：摘自 GB/T307.1-94。

- ① 包括 0.6 在内。
- ② 直径系列 7 和 8 无规定值。
- ③ 系指用于成对或成组安装时单个轴承的内圈。



表 8-2-2 0 级公差向心轴承外圈 (μm)

D (mm)		Δ <sub>Dmp</sub>		V <sub>Dp</sub> ②④				V <sub>Dmp</sub> ④	K <sub>ca</sub>	Δ <sub>C<sub>1s</sub></sub>		V <sub>C<sub>1s</sub></sub>
				开型轴承		闭型③轴承				⑤	V <sub>C<sub>1s</sub></sub>	
				直径系列								
9	0, 1	2, 3, 4	2, 3, 4	max		max	max	上偏差	下偏差	max		
超过	到	上偏差	下偏差	max				max	max	上偏差	下偏差	max
2.5①	6	0	-8	10	8	6	10	6	15	与同一轴承内圈的 Δ <sub>B<sub>s</sub></sub> 及 V <sub>B<sub>s</sub></sub> 相同		
5	18	0	-8	10	8	6	10	6	15			
18	30	0	-9	12	9	7	12	7	15			
30	50	0	-11	14	11	8	16	8	20			
50	80	0	-13	16	13	10	20	10	25			
80	120	0	-15	19	19	11	26	11	35			
120	150	0	-18	23	23	14	30	14	40			
150	180	0	-25	31	31	19	38	19	45			
180	250	0	-30	38	38	23	—	23	50			
250	315	0	-35	44	44	26	—	26	60			
315	400	0	-40	50	50	30	—	30	70			
400	500	0	-45	56	56	34	—	34	80			
500	630	0	-50	63	63	38	—	38	100			
630	800	0	-75	94	94	55	—	55	120			
800	1000	0	-100	125	125	75	—	75	140			
1000	1250	0	-125	—	—	—	—	—	160			
1250	1600	0	-160	—	—	—	—	—	190			
1600	2000	0	-200	—	—	—	—	—	220			
2000	2500	0	-250	—	—	—	—	—	250			

注：摘自 GB/T307.1—94。

- ① 包括 2.5 在内。
- ② 直径系列 7 和 8 无规定值。
- ③ 直径系列 9.0 和 1 无规定值。
- ④ 适用于内、外止动环安装前或拆卸后。
- ⑤ 仅适用于沟型球轴承。

表 8-2-3 0 级公差 圆锥滚子轴承内圈直径公差和径向跳动 (μm)

d (mm)		Δ <sub>dmp</sub>		V <sub>d<sub>p</sub></sub>	V <sub>dmp</sub>	K <sub>ia</sub>
超过	到	上偏差	下偏差	max	max	max
10	18	0	-12	12	9	15
18	30	0	-12	12	9	18
30	50	0	-12	12	9	20
50	80	0	-15	15	11	25
80	120	0	-20	20	15	30
120	180	0	-25	25	19	35
180	250	0	-30	30	23	50
250	315	0	-35	35	25	60
315	400	0	-40	40	30	70

注：摘自 GB/T307.1—94。

表 8-2-4 0 级公差 圆锥滚子轴承外圈直径公差和径向跳动 (μm)

D (mm)		Δ <sub>Dmp</sub>		V <sub>D<sub>p</sub></sub>	V <sub>Dmp</sub>	K <sub>ca</sub>
超过	到	上偏差	下偏差	max	max	max
18	30	0	-12	12	9	18
30	50	0	-14	14	11	20
50	80	0	-16	16	12	25
80	120	0	-18	18	14	35
120	150	0	-20	20	15	40
150	180	0	-25	25	19	45
180	250	0	-30	30	23	50
250	315	0	-35	35	26	60
315	400	0	-40	40	30	70
400	500	0	-45	45	34	80
500	630	0	-50	50	38	100

注：摘自 GB/T307.1—94。



表 8-2-5 0 级公差 圆锥滚子轴承宽度—内圈、外圈、单列轴承及其组件 (μm)

d (mm)		Δ <sub>B<sub>r</sub></sub>		Δ <sub>C<sub>r</sub></sub>		Δ <sub>T<sub>r</sub></sub>		Δ <sub>T<sub>L</sub></sub>		Δ <sub>T<sub>2</sub></sub>	
超过	到	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差
10	18	0	-120	0	-120	+200	0	+100	0	+100	0
18	30	0	-120	0	-120	+200	0	+100	0	+100	0
30	50	0	-120	0	-120	+200	0	+100	0	+100	0
50	80	0	-150	0	-150	+200	0	+100	0	+100	0
80	120	0	-200	0	-200	+200	-200	+100	-100	+100	-100
120	180	0	-250	0	-250	+350	-250	+150	-150	+200	-100
180	250	0	-300	0	-300	+350	-250	+150	-150	+200	-100
250	315	0	-350	0	-350	+350	-250	+150	-150	+200	-100
315	400	0	-400	0	-400	+400	-400	+200	-200	+200	-200

注：摘自 GB/T307.1—94。

表 8-2-6 0 级公差 单向推力球轴承轴圈、座圈 (μm)

轴圈内径 d 座圈外径 D (mm)		轴圈内径			座圈外径			厚度	
>	≤	Δ <sub>dmp</sub>		V <sub>dP</sub>	Δ <sub>Dmp</sub>		V <sub>DP</sub>	S <sub>i</sub>	S <sub>e</sub>
		max	min	max	max	min	max	max	
	18	0	-8	6	0	-11	8	10	与同一轴承的 S <sub>i</sub> 相同
18	30	0	-10	8	0	-13	10	10	
30	50	0	-12	9	0	-16	12	10	
50	80	0	-15	11	0	-19	14	10	
80	120	0	-20	15	0	-22	17	15	
120	180	0	-25	19	0	-25	19	15	
180	250	0	-30	23	0	-30	23	20	
250	315	0	-35	26	0	-35	26	25	
315	400	0	-40	30	0	-40	30	30	
400	500	0	-45	34	0	-45	34	30	
500	630	0	-50	38	0	-50	38	35	
630	800	0	-75	—	0	-75	55	40	
800	1000	0	-100	—	0	-100	75	45	
1000	1250	0	-125	—	0	-125	—	50	
1250	1600	—	—	—	0	-160	—	—	

注：摘自 GB/T307.1—94。

各种类型轴承均有 0 级公差。对于一般机械的支承，0 级公差的轴承几乎都可以满足要求。对于机床、仪表和高速机械等对回转精度有特别高要求的使用场

合必须选用高于 0 级公差的轴承。此时，要求配合的轴和轴承座的制造精度也相应提高。

高于 0 级公差轴承的供应情况见表 8-2-7。



表 8-2-7 主要类型轴承的制造公差等级

轴承类型	结构型式		类型代号	公差等级			
				6	5	4	2
深沟球轴承	开型, 带防尘盖, 带密封圈		60000, 60000-Z, 60000-2Z 60000-RS, 60000-2RS	▲	▲	▲	▲
	有止动槽		60000N	▲	▲	—	—
调心球轴承	双列	内径 ≤ 80mm	10000	▲	▲	—	—
		内径 > 80mm		▲	—	—	—
圆柱滚子轴承	单列	外圈无挡边	N	▲	▲	▲	—
		内圈无挡边	NU	▲	▲	▲	▲
		外圈有单挡边	NF	▲	▲	—	—
		内圈有单挡边	NJ, NUP	▲	▲	—	—
	双列		NN, NNU	▲	▲	▲	▲
	四列		FC, FCD	▲	▲	—	—
角接触球轴承	单列	分离型	S70000	▲	▲	▲	—
		不可分离型	70000C, 70000B, 70000AC	▲	▲	▲	▲
		四点接触	QJ	▲	▲	—	—
	成对安装		70000C/DB, 70000AC/DB 70000C/DF, 70000AC/DF 70000C/DT, 70000AC/DT	▲	▲	▲	▲
圆锥滚子轴承	单列	30000	▲	▲	▲	▲	
	双列		▲	▲	—	—	
	四列		—	▲	—	—	
推力球轴承	单向	50000	▲	▲	▲	▲	

注: 订购 4 级和 2 级公差等级轴承时应先向制造厂核实能否供货。

## 2 游隙

轴承的游隙分为径向游隙  $U_r$  和轴向游隙  $U_a$ 。它们是无载荷作用时, 一个套圈相对另一个套圈在某一方向的可移动距离, 沿径向的移动距离称为径向游隙, 沿轴向的移动距离称为轴向游隙, 并以多个测量值的算术平均值为轴承的游隙值, 见图 8-2-1。

径向游隙又分为原始游隙、安装游隙和工作游隙。

原始游隙是轴承安装前的游隙。主要类型轴承的原始径向游隙可允许的极限值见表 8-2-8 ~ 表 8-2-13。

安装游隙是轴承安装在轴和轴承座中后的游隙。

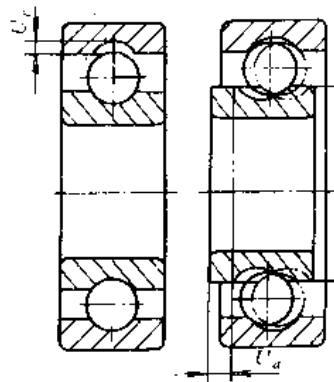


图 8-2-1 轴承游隙

工作游隙是轴承在实际运转条件下的游隙。



表 8-2-8 深沟球轴承的径向游隙

(μm)

公称内径 $d$ (mm)		2组		0组		3组		4组		5组	
>	≤	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
2.5	6	0	7	2	13	8	23	—	—	—	—
6	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
800	900	20	160	140	320	300	500	480	700	670	940
900	1000	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1040
1000	1120	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1150
1120	1250	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1260

注：摘自 GB/T4604—93。

表 8-2-9 圆柱孔调心球轴承的径向游隙

(μm)

公称内径 $d$ (mm)		2组		0组		3组		4组		5组	
>	≤	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
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
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46	40	58
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53	46	66
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57	50	71
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69	62	88
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83	76	108
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96	89	124
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114	105	145
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135	125	175
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161	150	210

注：摘自 GB/T4604—93。





表 8-2-10 圆锥孔调心球轴承的径向游隙 (μm)

公称内径 <i>d</i> (mm)		2 组		0 组		3 组		4 组		5 组	
>	≤	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
18	24	7	17	13	26	20	33	28	42	37	55
24	30	9	20	15	28	23	39	33	50	44	62
30	40	12	24	19	35	29	46	40	59	52	72
40	50	14	27	22	39	33	52	45	65	58	79
50	65	18	32	27	47	41	61	56	80	73	99
65	80	23	39	35	57	50	75	69	98	91	123
80	100	29	47	42	68	62	90	84	116	109	144
100	120	35	56	50	81	75	108	100	139	130	170
120	140	40	68	60	98	90	130	120	165	155	205
140	160	45	74	65	110	100	150	140	191	180	240

注：摘自 GB/T4604—93。

表 8-2-11 圆柱孔圆柱滚子轴承的径向游隙 (μm)

公称内径 <i>d</i> (mm)		2 组		0 组		3 组		4 组		5 组	
>	≤	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
	10	0	25	20	45	35	60	50	75	—	—
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	50	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	465	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735

注：1. 除冲压外圈滚针轴承和重系列滚针轴承外，有内、外圈和保持架的滚针轴承采用本表给出的径向游隙值

2. 摘自 GB/T4604—93。



表 8-2-12 圆柱孔调心滚子轴承的径向游隙

( $\mu\text{m}$ )

公称内径 $d$ (mm)		2 组		0 组		3 组		4 组		5 组	
>	≤	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	180
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1010	1010	1300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1120	1120	1440
900	1000	260	480	480	710	710	930	930	1220	1220	1570

注：摘自 GB/T14604—93。

表 8-2-13 圆锥孔调心滚子轴承的径向游隙

( $\mu\text{m}$ )

公称内径 $d$ (mm)		2 组		0 组		3 组		4 组		5 组	
>	≤	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
18	24	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	45	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	200	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570



(续)

公称内径 $d$ (mm)		2组		0组		3组		4组		5组	
>	≤	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
250	280	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1000
500	560	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1100
560	630	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1230
630	710	350	510	510	670	670	850	850	1090	1090	1360
710	800	390	570	570	750	750	960	960	1220	1220	1500
800	900	400	640	640	840	840	1070	1070	1370	1370	1690
900	1000	490	710	710	930	930	1190	1190	1520	1520	1860

注：摘自 GB/T4604--93。

实际运转条件下的轴承径向游隙受下列因素影响：过盈配合使游隙减小；温度使游隙减小或增大；载荷使游隙增大。轴承的使用性能与工作游隙关系密切。通常，球轴承的工作游隙应近于零，或有少量预紧。圆柱滚子轴承和调心滚子轴承必须有很小的工作游隙。要求支承刚度高的部件，如机床主轴轴承应有一定程度的预紧。

选用0组游隙，以正常的配合安装，并在一般使用条件下运行时，轴承中将保持适当的工作游隙，且均能满足使用要求。当安装和使用条件不同于正常情况，0组不能满足使用要求时方采用其他组。例如，过盈配合较大、内外圈温差较大、需要降低摩擦力矩、深沟球轴承承受较大的轴向载荷、或需改善调心性能等场合，宜采用大游隙组；安装过盈量太小、要求振动和噪声低、回转精度要求较高、或需严格限制轴向位移等场合，宜采用小游隙组。

由于结构特点，角接触球轴承、圆锥滚子轴承以及内圈带锥孔的轴承等可以在安装过程中调整游隙。

各种类型轴承的径向和轴向游隙之间存在一定的对应关系，见图8-2-2和图8-2-4；

深沟球轴承为

$$U_a = 0.4 \sqrt{U_r D_w} \quad (8-2-1)$$

调心球和调心滚子轴承近似为

$$U_a = 1.5 U_r / a \quad (8-2-2)$$

圆锥滚子轴承为

$$U_a = 0.75 U_r / a \quad (8-2-3)$$

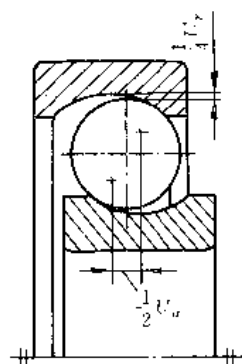


图8-2-2 深沟球轴承

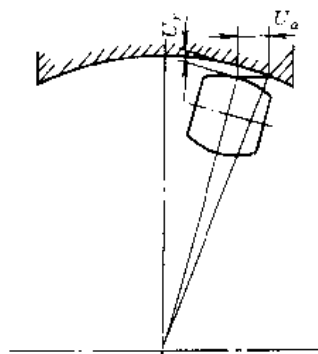


图8-2-3 调心滚子轴承



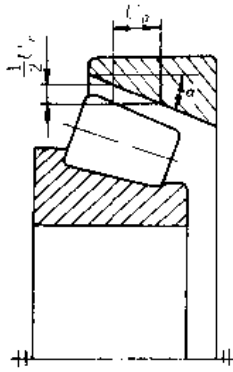


图 8-2-4 圆锥滚子轴承

### 3 摩擦力矩

轴承摩擦力矩引起轴承的温升和功率损耗。在控制仪表、伺服电机等机械中,它还影响系统的精度和可靠性。摩擦力矩与轴承类型、结构、尺寸、制造精度等因素有关,也受载荷、转速、润滑等工作条件的影响。

通常,轴承载荷约为 0.1C、润滑良好、工作状态正常时的摩擦力矩可按下式计算:

$$M = 0.5 \mu F d \quad (\text{N} \cdot \text{mm}) \quad (8-2-4)$$

式中  $\mu$ ——摩擦系数(按表 8-2-14 选取);

$F$ ——轴承载荷,对于向心轴承是径向载荷,对于推力轴承是轴向载荷(N)。

深沟球轴承、调心球轴承、推力球轴承和有保持架的圆柱滚子轴承适用于要求低摩擦力矩的场合。推力圆柱滚子轴承和推力滚针轴承中,滚动接触副中存在显著的滑动摩擦,不适用于高速。

某些运转条件下,要求精确计算摩擦力矩。当接触副有良好的润滑油膜时,轴承的摩擦力矩由与载荷无

关的分量  $M_0$  和随载荷大小变化的分量  $M_1$  两部分组成

表 8-2-14 摩擦系数

轴承类型	摩擦系数 $\mu$
深沟球轴承	0.0015①
调心球轴承	0.0010①
角接触球轴承 单列	0.0020
双列	0.0024①
四点接触	0.0024
圆柱滚子轴承 有保持架	0.0011②
满滚子	0.0020②
滚针轴承	0.0025①
调心滚子轴承	0.0018
圆锥滚子轴承	0.0018
推力球轴承	0.0013
推力圆柱滚子轴承	0.0050
推力滚针轴承	0.0050
推力调心滚子轴承	0.0018

注:摘自参考文献 [6]。

① 适用于非密封轴承。

② 无轴向载荷。

$$M = M_0 + M_1 \quad (\text{N} \cdot \text{mm}) \quad (8-2-5)$$

摩擦力矩  $M_0$  由润滑剂的流体动力损耗决定,与润滑剂的粘度、用量和轴承转速有关。高速轻载情况下,摩擦力矩中  $M_0$  占主要地位,且

$$M_0 = \begin{cases} f_0 (\nu n)^{2/3} d_m^3 10^{-7}, & \nu n \geq 2000 \\ 160 f_0 d_m^3 10^{-7}, & \nu n < 2000 \end{cases} \quad (8-2-6)$$

式中  $f_0$ ——与轴承类型和润滑有关的系数(按表 8-2-15 选取);

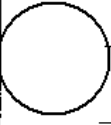
$\nu$ ——工作温度下润滑剂的运动粘度,或脂润滑的基油粘度 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )。

表 8-2-15 系数  $f_0$

轴承类型	$f_0$			
	脂润滑①	油雾润滑	油浴润滑	立轴油浴润滑 喷油润滑
深沟球轴承 单列	0.75~2②	1	2	4
双列	3	2	4	8
调心球轴承	1.5~2②	0.7~1②	1.5~2②	3~4②
角接触球轴承 单列	2	1.7	3.3	6.6
双列,成对安装	4	3.4	6.5	13
四点接触	6	2	6	9
圆柱滚子轴承				
有保持架 系列 10,02,03,04	0.6	1.5	2.2	2.2③
22	0.8	2.1	3	3③
23	1	2.8	4	4③



(续)

轴承类型	$f_0$				
	脂润滑①	油雾润滑	油浴润滑	立轴油浴润滑 喷油润滑	
满滚子 单列	5④	—	5	—	
双列	10④	—	10	—	
滚针轴承	12	6	12	24	
调心滚子轴承 系列 13	3.5	1.75	3.5	7	
22	4	2	4	8	
23, 30	4.5	2.25	4.5	9	
31	5.5	2.75	5.5	11	
32	6	3	6	12	
40	6.5	3.25	6.5	13	
41	7	3.5	7	14	
圆锥滚子轴承 单列	6	3	6	8~10②③	
成对安装	12	6	12	15~20②③	
推力球轴承	5.5	0.8	1.5	3	
推力圆柱滚子轴承	9		3.5	7	
推力滚针轴承	14		5	11	
推力调心滚子轴承					
系列 92E⑤	—		—	2.5	5
92	—		—	3.7	7.4
93E⑤	—		—	3	6
93	—		—	4.5	9
94E⑤	—		—	3.3	6.6
94	—		—	5	10

注：摘自参考文献 [6]。

- ① 适用于稳定状态，新脂或添脂后应采用  $(2\sim4) \times f_0$ 。
- ② 直径系列较轻的轴承用较小值，较重的用较大值。
- ③ 适用于喷油润滑，对于立轴油浴润滑加倍。
- ④ 适用于低速，高速时加倍。
- ⑤ 加强型设计，基本尺寸相同。

摩擦力矩  $M_1$  由滚动体和滚道接触副中的弹性变形和差动滑动产生，低速重载轴承中它占主导地位，且

$$M_1 = f_1 F^a d_w^b \quad (\text{N} \cdot \text{mm}) \quad (8-2-7)$$

式中  $f_1$ ——与轴承类型和载荷有关的系数（按表 8-2-16 选取）；

$F$ ——决定轴承摩擦力矩的载荷（N）（按表 8-2-16 选取）；

$a, b$ ……与轴承类型有关的指数（按表 8-2-17 选取）。

表 8-2-16 系数  $f_1$  和载荷  $F$

轴承类型	$f_1$	$F$ ①
深沟球轴承	$(0.0006\sim0.0009) (P_0/C_0)^{0.55}$ ②	$3F_a - 0.1F_r$
调心球轴承	$0.0003 (P_0/C_0)^{0.4}$	$1.4Y_2F_a - 0.1F_r$
角接触球轴承 单列	$0.001 (P_0/C_0)^{0.33}$	$F_a - 0.1F_r$
双列，成对安装	$0.001 (P_0/C_0)^{0.33}$	$1.4F_a - 0.1F_r$
四点接触	$0.001 (P_0/C_0)^{0.33}$	$1.5F_a - 3.6F_r$



(续)

轴承类型	$f_1$	$F_{①}$
圆柱滚子轴承		
有保持架 系列 10	0.0002	$F_r$ ③
02	0.0003	
03	0.00035	
04, 22, 23	0.0004	
满滚子 单列	0.00055	
滚针轴承	0.002	$F_r$
调心滚子轴承 系列 13	0.00022	$1.35Y_2F_a$ , $F_r/F_a < Y_2$ $F_r [1 + 0.35 (Y_2F_a/F_r)^2]$ , $F_r/F_a \geq Y_2$
22	0.00015	
23	0.00065	
30, 41	0.001	
31	0.00035	
32	0.00045	
40	0.0008	
圆锥滚子轴承 单列	0.0004	$2YF_L$
成对安装	0.0004	$1.2Y_2F_a$
推力球轴承	$0.0008 (F_a/C_0)^{0.33}$	$F_a$
推力圆柱滚子轴承	0.0015	$F_a$
推力滚针轴承	0.0015	$F_a$
推力调心滚子轴承 系列 92E④	0.00023	$F_a (F_{max} \leq 0.55F_L)$
92	0.0003	
93E④	0.0003	
93	0.0004	
94E④	0.00033	
94	0.0005	

注：摘自参考文献 [6]。

- ① 若  $F < F_r$ ，则取  $F = F_r$ 。
- ② 直径系列较小的轴承用较小值，较大的轴承用较大值。
- ③ 受轴向力的轴承按式 (8-2-4) 计算。
- ④ 加强型设计，基本尺寸相同。

表 8-2-17 指数  $a$ 、 $b$

轴承类型	指 数	
	$a$	$b$
各类轴承 (除调心滚子轴承)	1	1
调心滚子轴承 系列 13	1.35	0.2
22	1.35	0.3
23	1.35	0.1
30	1.5	-0.3
31, 32	1.5	-0.1
40, 41	1.5	-0.2

注：摘自参考文献 [6]。

圆柱滚子轴承承受径向载荷的同时还承受轴向载荷时，轴承的摩擦力矩将增大，增加的量与轴承挡边和滚子端面接触副的设计和润滑条件有关。接触副经改进设计的轴承和单列满滚子轴承轴向载荷与径向载荷之比 ( $F_a/F_r$ ) 不大于 0.5、其他带保持架轴承不大于 0.4、双列满滚子轴承不大于 0.25 时

$$M = M_0 + M_1 + M_2 \quad (\text{N} \cdot \text{mm}) \quad (8-2-8)$$

这里， $M_2$  是与轴向载荷有关的力矩分量，且

$$M_2 = f_2 F_a d_m \quad (\text{N} \cdot \text{mm}) \quad (8-2-9)$$

式中  $f_2$  —— 与轴承设计和润滑有关的系数 (按表 8-2-18 选取)。



表 8-2-18 圆柱滚子轴承的系数  $f_2$ 

轴 承	$f_2$		
	脂润滑	油润滑	
带保持架轴承 改进设计	0.003	0.002	
	其他型式	0.009	0.006
满滚子轴承	单列	0.006	0.003
	双列	0.015	0.009

注：摘自参考文献 [6]。

接触式密封轴承中，密封引起的摩擦损失可能比轴承本身的大。对于两面密封的轴承，密封引起的摩擦转矩可按经验公式计算

$$M_s = [(d+D)/f_3]^2 + f_4 (N \cdot \text{mm}) \quad (8-2-10)$$

对于密封球轴承，系数  $f_3$  和  $f_4$  分别为 20 和 10。单面密封轴承中密封摩擦力矩取  $M_s/2$ 。

#### 4 速度性能

滚动轴承的工作转速有一定极限，它与轴承的类型、尺寸、内部设计、载荷、润滑和冷却条件，以及保持架设计和工作游隙有关。轴承运转条件下，发热和散热达到平衡状态，这时的温度能为润滑剂和轴承材料所承受，轴承将运转正常。一旦失衡，将导致温度急骤上升，轴承会因胶合而失效。

通常，滚动轴承的速度性能以极限转速来表征。轴承的极限转速是指一定载荷和润滑条件下允许的最高转速。本篇第 8 章列出了脂润滑和油润滑条件下的极限转速  $n$  值，它适用于当量动载荷  $P$  不超过  $0.1C$ ，润滑与冷却条件正常，向心轴承承受径向载荷、推力轴承仅受轴向载荷的 0 级公差轴承。

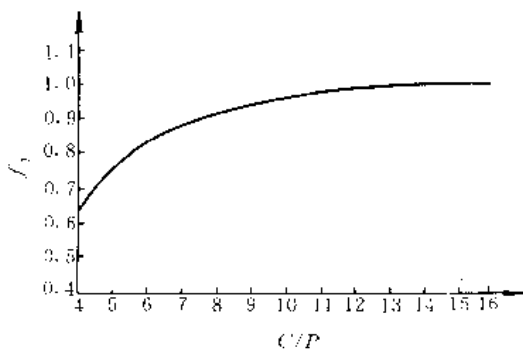


图 8-2-5 载荷系数

当轴承的当量动载荷  $P$  超过  $0.1C$  时， $n$  值应乘以载荷系数  $f_1$ ，见图 8-2-5；向心和角接触轴承承受径向和轴向联合载荷作用时， $n$  值应乘以载荷分布系数  $f_2$ ，

见图 8-2-6。实际工作条件下轴承允许的最高转速为  $f_1$ 、 $f_2$  和  $n$  的乘积。

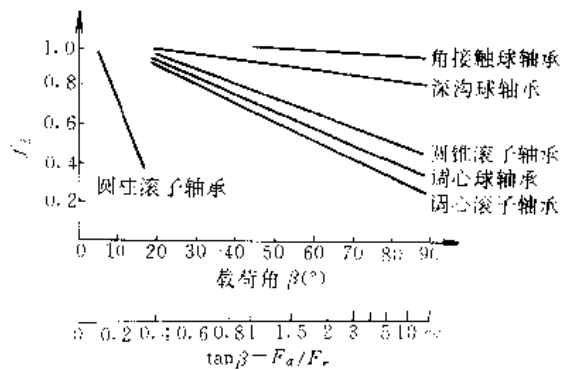


图 8-2-6 载荷分布系数

深沟和角接触球轴承、圆柱滚子轴承，它们的高速性能较其他类型轴承为好，适用于高速运转的场合。

选用高精度轴承、适当加大球轴承的游隙、采用铜、尼龙或酚醛胶布等实体保持架、选择循环油、油雾或喷油润滑，以及改善冷却条件等均可提高轴承的转速极限。同时采取上述措施，可能使轴承在高于极限转速一倍以上的速度下正常运转。

某些特殊条件下，要求轴承在低速、摆动或静止状态下工作。为了使滚动体与滚道接触副保持良好的润滑状态，可选用带极压添加剂的润滑剂，并针对实际工作状况采取对症的技术措施，保证轴承正常运行。

#### 5 调心性能

轴承的调心性能是指安装在轴与轴承座孔中的轴承，由于轴挠曲或孔不同心使得它们的中心线相对倾斜时，轴承能够自动调心，并能正常工作的能力。调心能力与轴承的结构设计、尺寸、游隙和受载荷状况有关。在容许的调心范围内，轴承中不会产生额外的附加应力，对寿命没有明显影响，但会使噪声增大。

向心轴承中，深沟球轴承具有极其有限的调心能力。双列深沟球轴承的调心范围比单列的小。调心球轴承和调心滚子轴承的外圈滚道为球面，设计上使得它们具有良好的调心性能。带座外球面球轴承中，轴承的球面外径与轴承座孔的凹球面相配合，调心范围更大。圆柱滚子轴承和圆锥滚子轴承理论上不具有调心性能。但是，滚子带凸度，特别是采用对数凸型滚子时，容许有很小的调心范围。滚针轴承由于滚针较长，使用中几乎不容许内、外圈轴线有相对倾斜，轴线的倾斜将显著降低轴承的寿命。滚针两端的形状经修正后也能

承受极小的相对倾斜。

推力轴承中,带平面座的推力球轴承不具备调心性能。利用球面座圈可以达到自动调心的目的。推力圆柱滚子轴承和推力滚针轴承也不具备调心性能。推力调心滚子轴承的座圈滚道设计成球面,因而具有良好的调心性能。推力调心滚子轴承的容许调心范围随载荷增大而减小。

各类轴承的调心范围见表 8-2-19。

表 8-2-19 轴承容许的调心范围

轴承类型	调心范围
带座外球面球轴承	2°~5°
调心球轴承	1.5°~3°
调心滚子轴承	1°~2.5°
推力调心滚子轴承	
$F_a + 2.7F_r \leq 0.05C_0$	2°~3°
$F_a + 2.7F_r > 0.05C_0$	<2°
深沟球轴承	2'~10'
圆柱滚子轴承	3'~4'
圆锥滚子轴承	<3'
滚针轴承	极小

注:摘自参考文献[6]。

## 6 刚度和预紧

### 6.1 刚度

滚动轴承的刚度是产生单位弹性变形所需要的作用力,并根据力和变形的方向分为径向刚度、轴向刚度和角刚度、轴承刚度与轴承的内部设计有关。滚子轴承具有线接触的特点,一般,它的刚度比点接触的球轴承高。滚动体的直径和数量、接触角的大小都会影响轴承的刚度。此外,轴承刚度还与轴和轴承座的弹性、安装时的配合等因素有关。

由于滚动轴承使用中弹性变形很小,刚度问题对于大多数使用场合可以不必考虑。对于刚度有特殊要求的场合,如机床主轴,可利用刚度的非线性特性,采用预紧技术提高轴承的刚度。

### 6.2 预紧

预紧是通过对轴承施加一定的预载荷,消除轴承的工作游隙,并提高轴承部件的刚度和工作精度的技术。一些高速轻载或空载条件下工作的轴承,预紧可以防止滚动体打滑。预紧还能降低轴承的振动和噪声、补

偿轴承的磨损量和延长轴承的使用寿命。因此,汽车差速器、小型电动机和摆动条件下工作的轴承都广泛采用预紧技术。

根据轴承的特点,预紧分为径向预紧和轴向预紧。圆柱滚子轴承和滚针轴承只能承受径向预紧;推力球轴承只能承受轴向预紧。按背对背或面对面成对安装的角接触轴承,见图 8-2-7,通过轴向预紧能显著提高轴承的刚度。而且,采取背对背安装,使压力中心的间距增大可以提高轴承的角刚度。深沟球轴承选用大于 0 组的径向游隙,如 3 组游隙,加大接触角后也可以象角接触球轴承一样作轴向预紧。

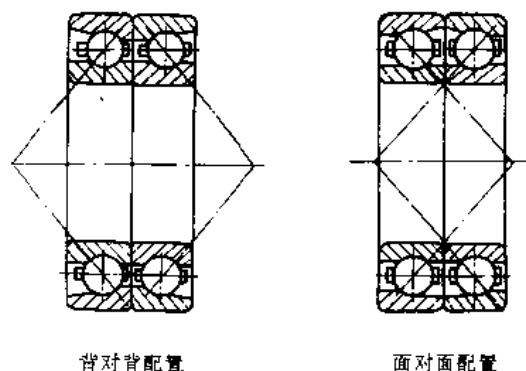


图 8-2-7 成对安装角接触轴承

轴承预紧可以用预紧力或预紧量(距离)表示。通过控制轴向预紧量来实现预紧的方法称为定位预紧,通过预紧力实现预紧的方法称为定压预紧。成对安装角接触球轴承的轴向载荷与变形曲线见图 8-2-8。

#### 6.2.1 定位预紧

对相同的角接触轴承采用定位预紧时的载荷-变形曲线见图 8-2-8a。在预紧力  $F_{a0}$  作用下,两个轴承的预紧变形量均为  $\delta_{a0}$ , 当外加轴向载荷  $F_a$  沿图示方向作用于轴上时,轴承 I 和 II 的轴向变形量分别为

$$\delta_{a1} = \delta_{a0} + \delta_a$$

$$\delta_{a2} = \delta_{a0} - \delta_a$$

式中  $\delta_a$  —— 载荷  $F_a$  引起的轴承 I 的弹性变形增量。

这时,轴承 I 和 II 承受的轴向载荷分别为

$$F_{a1} = F_{a0} + F_a$$

$$F_{a2} = F_{a0} - F_a$$

当轴向载荷  $F_a$  增大到使  $F_{a2} = F_{a0}$  时,轴承 II 将退出预紧状态,此时的载荷称为卸紧载荷,用  $F_{ax}$  表示,且对于角接触球轴承(忽略接触角的变化)

$$F_{ax} = 2.83F_{a0}$$





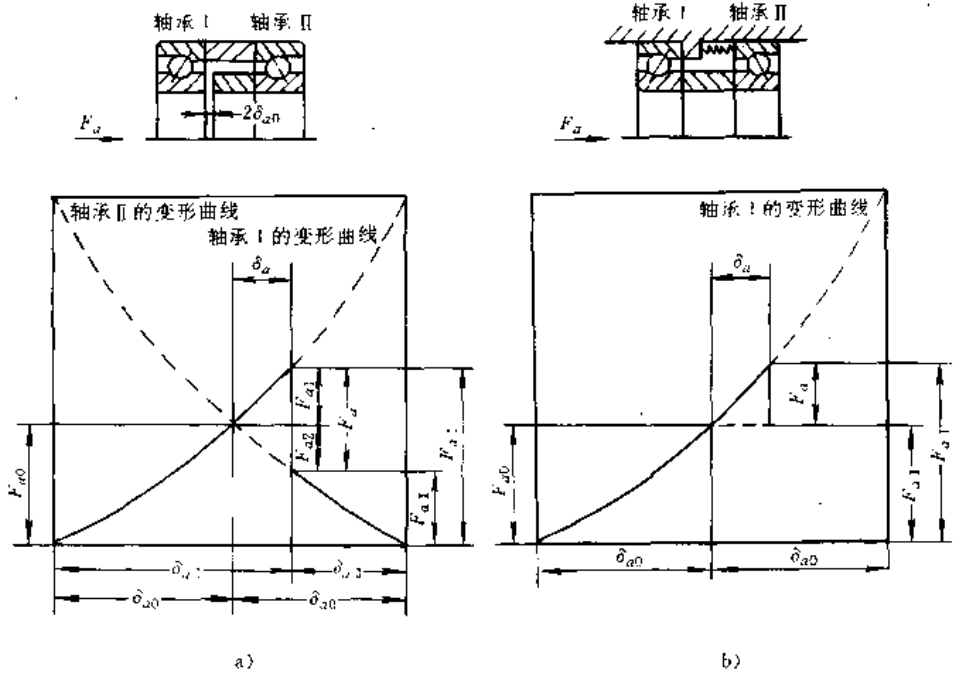


图 8-2-8 轴向预紧原理

a) 定位预紧 b) 定压预紧

对于圆锥滚子轴承，载荷-变形曲线近似为直线，卸紧载荷近似为

$$F_{ax} = 2F_{a0}$$

定位预紧时，工作过程中轴承 I 和 II 的内圈与内圈、外圈与外圈之间的距离不随轴向载荷  $F_a$  改变，变形发生在内圈与外圈之间，定位预紧使轴承刚度成倍提高。

### 6-2-2 定压预紧

定压预紧一般利用弹簧的预压力实现，图 8-2-8b 为一对相同的角接触轴承采用定压预紧时的载荷-变形曲线，其预紧载荷为  $F_{a0}$ 。当外加轴向载荷  $F_a$  沿图示方向作用于轴上时，轴承 I 的轴向变形增加  $\delta_a$ ，而轴承 II 的变形量几乎不变。定压预紧的轴承不会卸紧，而且预紧量不受温度变化影响。但是，对于刚度的提高定压预紧比定位预紧要小。

### 6-2-3 径向预紧

径向预紧是利用过盈配合使轴承内圈胀大或外圈缩小，消除径向游隙后使轴承处于预紧状态。通过将带锥孔的轴承内圈安装在相同锥度的套筒或轴颈上，沿轴向压进，这是实现径向预紧的常用方法。

### 6-2-4 预紧技术的应用

预紧力和预紧量应合理选取。预紧量超过最优值时，刚度提高不多而轴承的摩擦和温升将显著增高，从而降低轴承寿命。预紧与游隙和轴承寿命的关系见图 8-2-9。预紧量小于最优值，则达不到预紧的目的。确定预紧量时，应按照轴承工作载荷和使用要求选定用轻预紧、中预紧或重预紧。轻预紧适用于高速轻载条件下，要求提高旋转精度、减小振动和消除滚动体打滑的场合；中预紧和重预紧分别适用于中速中载和低速重载条件下，要求增加支承刚度的场合。

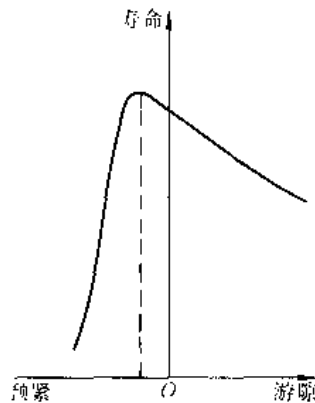


图 8-2-9 预紧与游隙和轴承寿命的关系



预紧力和预紧量的确定很大程度上决定了经验。对于新设计,可按表8·2-20列出的公式作出轴承的载荷-变形曲线计算确定,然后进行试验验证,并在实际运行中考虑轴承及其相关部件的温度状况和弹性行为不断修正,积累经验后确定最优值。必要时可通过建立计算模型,用计算机进行模拟计算。

表 8·2-20 轴向变形量的计算公式 (mm)

轴承类型	$\delta_a$
角接触球轴承	$\delta_a = \frac{0.00044 F_a^{2/3}}{D_w^{1/3} Z^{2/3} \sin^{5/3} \alpha}$
推力球轴承	$\delta_a = \frac{0.00052 F_a^{2/3}}{D_w^{1/3} Z^{2/3} \sin^{5/3} \alpha}$
圆锥滚子轴承	$\delta_a = \frac{0.000077 F_a^{6/9}}{Z^{0.9} L_{ur}^{0.8} \sin^{1.5} \alpha}$

注:  $\alpha$ ——轴承的工作接触角。

小型电动机中利用定压预紧降低噪声,其预紧力可按经验公式确定

$$F = kd \quad (\text{N}) \quad (8\cdot2-11)$$

式中  $k$ ——系数,一般取  $5 \sim 10 \text{N/mm}$ 。

轴承在静止条件下工作时,为防止发生微动磨损,也可按式(8·2-11)确定预紧力,这时,系数  $k$  取为 20。

定位预紧时,要始终保持滚动体与滚道的接触,其最小预紧载荷  $F_{a0min}$  可按表 8·2-21 所列公式确定。

表 8·2-21 定位预紧的最小预紧载荷 (N)

轴承类型	载荷条件	$F_{a0min}$
角接触球轴承	轴向载荷	$F_{a0min} = 0.35 F_a$
	径向轴向联合载荷	$\left. \begin{aligned} F_{a0min} &\geq 1.7 F_{r1} \tan \alpha_1 - F_a / 2 \\ F_{a0min} &\geq 1.7 F_{r1} \tan \alpha_1 + F_a / 2 \end{aligned} \right\} \textcircled{1}$
圆锥滚子轴承	轴向载荷	$F_{a0min} = 0.5 F_a$
	径向轴向联合载荷	$\left. \begin{aligned} F_{a0min} &\geq 1.9 F_{r1} \tan \alpha_1 - F_a / 2 \\ F_{a0min} &\geq 1.9 F_{r1} \tan \alpha_1 + F_a / 2 \end{aligned} \right\} \textcircled{1}$

注:  $F_{r1}$ 、 $\alpha_1$  和  $F_{r2}$ 、 $\alpha_2$  分别是轴承 I 和 II 的径向载荷和接触角。

① 两者中取较大值。

各类轴承的预紧及其调整的具体方法参见机械制造工艺及设备卷(二)第7篇第4章。

## 7 振动和噪声

由于结构特点,滚动轴承运转时必定会产生振动和噪声。轴承的振动和噪声具有相同的物理本质,噪声是通过空气传播的振动过程。振动和噪声不仅造成环境污染,而且直接影响主机的性能,已经成为越来越重要的滚动轴承性能指标。

一般认为,产生轴承振动和噪声的主要原因是轴承结构本身和轴承零件的制造误差。结构因素引起的轴承振动成分都与轴承的运动学有关,结构振动成分只能通过改进设计来减小。制造上,由于材料的表面质量和精加工工艺的限制,零件表面必然残留几何形状和尺寸误差,以及各种表面缺陷,如滚动体与内、外套圈滚道表面几何尺寸、形状偏差,表面的擦伤、群点、划痕等。

滚动轴承零件工作表面的形状偏差常用波纹度、圆度和粗糙度来描述。它们的几何意义通常与所用的仪器有关。一般认为,波纹度对轴承振动的影响最大。在滚动体和内、外套圈三个零件中,又以滚动体表面的球形偏差影响最大,其次是内滚道和外滚道的圆形偏差。此外,由于尘埃和污物侵入、轴承表面的机械损伤等也会引起轴承的异常振动和噪声。但是,这些因素是非必然的,只要严格控制,这类异常的振动和噪声是能够排除的。同时,轴承的运转条件,如载荷、转速、润滑和工作游隙等对轴承的推动和噪声都有不同程度的影响,良好的润滑条件可以降低轴承的振动和噪声。

轴承振动是一种典型的随机振动。图 8·2-10 为深沟球轴承的振动信号。图 8·2-11 给出了深沟球轴承振动的功率谱分析结果。

根据规定,滚动轴承的振动以轴向载荷作用下,外圈静止、内圈以一定的转速转动时测得的外径表面一点的径向振动值来评定。振动值以速度或加速度表示。以加速度表示时,滚动轴承振动用级差表示,定义为

$$L = 20 \lg (a/g) + 60 \quad (\text{dB}) \quad (8\cdot2-12)$$

式中  $a$ ——测得的轴承振动加速度均方根值;

$g$ ——重力加速度,  $g = 9.81 \text{m/s}^2$ 。

轴承噪声测量对测量环境要求很高,只有特殊情况下才测量噪声,这时,以距轴承一定距离点的声压级作为衡量轴承噪声的指标,其测量方法见图 8·2-12。

通过改进轴承内部设计,提高钢球精度,降低滚道的波纹度,改进保持架的设计和制造精度,以及改善润滑条件能够有效地降低轴承的振动和噪声。对于某些特殊的使用场合,为了减少轴承振动对主机的影响,可



根据要求调整轴承的设计参数，改变轴承振动的主频率范围。

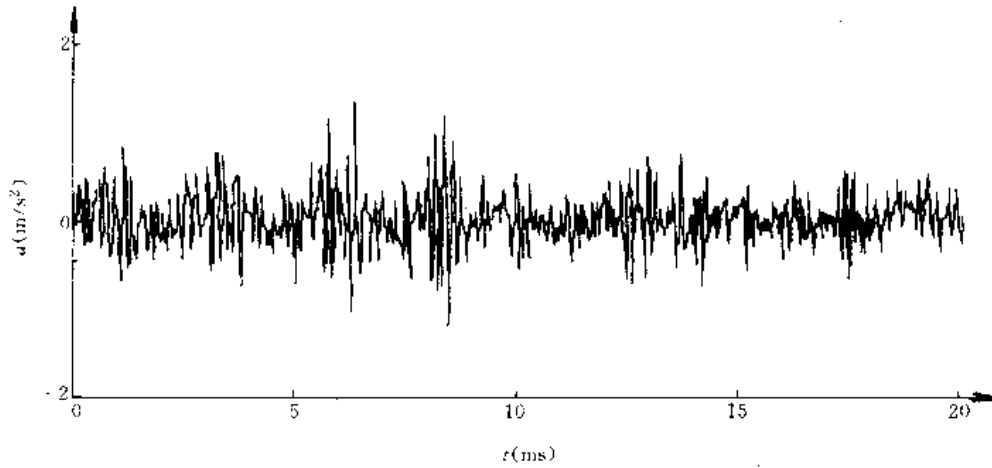


图 8-2-10 深沟球轴承的振动信号

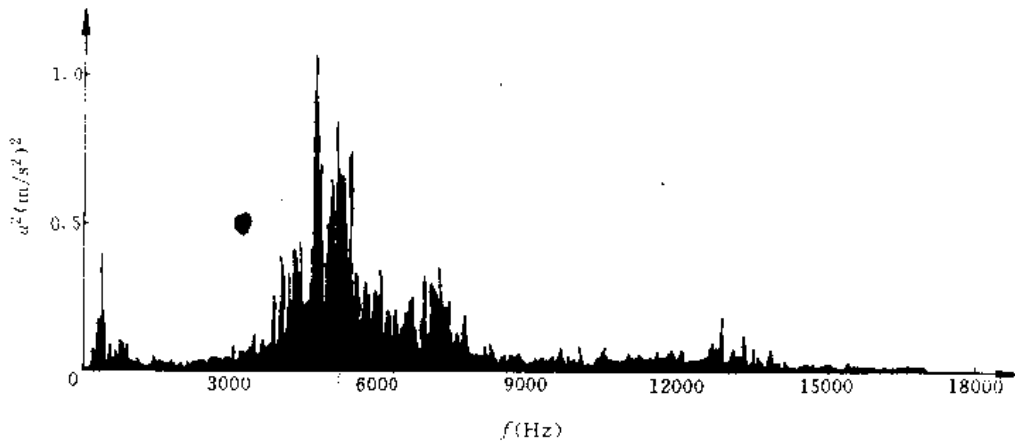


图 8-2-11 轴承振动的功率谱密度

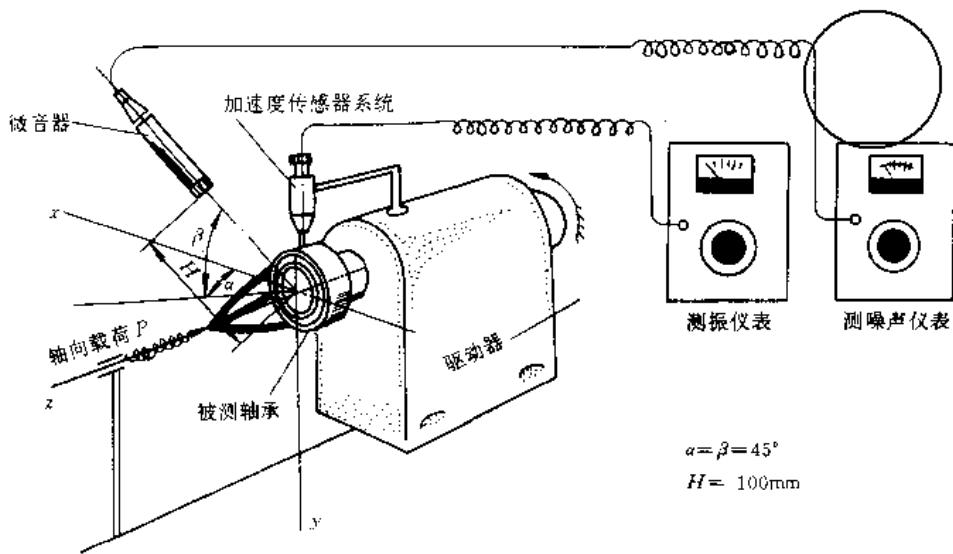


图 8-2-12 振动和噪声测量



此外,利用从随机的轴承振动信号中提取出来的统计特征信息可以实现滚动轴承的工况监测和故障诊断(参见本篇第 7 章 2、3 节)。

### 8 圆柱滚子轴承的轴向承载能力

圆柱滚子轴承同时承受径向和轴向载荷时,应选择内、外套圈都有挡边的轴承,见图 8-2-13。这些轴承承受轴向载荷的能力主要决定于滚子端面和套圈挡边接触副的润滑状态、工作温度和轴承散热条件。轴承的内部尺寸、制造精度、载荷性质、转速等都与轴向承载能力有关。正常运转条件下,圆柱滚子轴承承受恒定的轴向载荷,工作温度与环境温度之差为 60℃,散热率为 500W/(m<sup>2</sup>·K),粘度比  $\kappa=2$  时,轴向承载能力可按经验公式计算

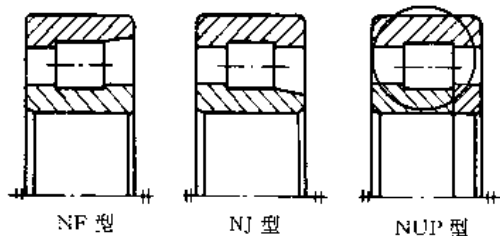


图 8-2-13 内外圈都有挡边的圆柱滚子轴承

$$[F_a] = \frac{k_1 C_0 10^4}{n(d+D)} - k_2 F, \quad (\text{N}) \quad (8-2-13)$$

式中  $[F_a]$ ——容许的最大轴向载荷(N);

$k_1, k_2$ ——系数(按表 8-2-22)选取。

粘度比  $\kappa$  是工作温度下的润滑油粘度与同一温度下建立弹性流体动力润滑油膜所需的润滑油粘度之比,脂润滑时为基油粘度。 $\kappa$  小于 2 时摩擦增大,并引起磨损。低速时可在润滑剂中加极压添加剂,减少摩擦和磨损。

表 8-2-22 系数  $k_1$  和  $k_2$

润滑方式	脂润滑		油润滑	
	$k_1$	$k_2$	$k_1$	$k_2$
普通轴承	0.5	0.05	0.3	0.03
专门设计	1.5	0.15	1	0.1

注:摘自参考文献 [6]。

对变化的或间歇的轴向载荷,由于接触副润滑条

件能经常获得改善,轴向承载能力可提高到计算值的二倍;对于短时冲击载荷,约能提高到三倍。

为保证挡边均匀受载和轴的工作精度,承受轴向重载的圆柱滚子轴承应严格控制滚子长度和挡边的轴向跳动。

### 9 推力轴承的最小轴向载荷

推力和推力角接触轴承中滚动体将因惯性作用而产生离心力和回转力矩,见图 8-2-14,高速运转时这种惯性作用更为显著。如果摩擦作用不足以克服回转力矩,球轴承中的钢球将相对沟道作回转滑动,滚子轴承中滚子也会产生回转滑动或倾斜。高速时的回转滑动可能擦伤轴承零件的工作表面。为了克服这一惯性作用,必须对轴承施加足够的轴向载荷。克服回转滑动必须的最小载荷值称为推力和推力角接触轴承的最小轴向载荷  $F_{am}$ 。各类推力和推力角接触轴承最小轴向载荷值的计算公式见表 8-2-23。当轴承承受的轴向载荷小于  $F_{am}$  时,应对轴承施加轴向预紧,如用弹簧。

双向推力球轴承中,经常有一列钢球不承受载荷,这时钢球与沟道之间必然产生相对的回转滑动。

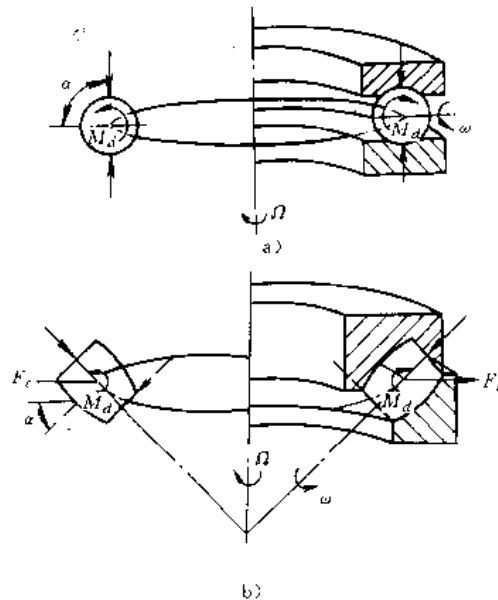


图 8-2-14 推力和推力角接触轴承中的回转力矩

a) 球轴承 b) 滚子轴承

$\omega$ ——自转角速度  $\Omega$ ——公转角速度

$F_c$ ——离心力  $M_d$ ——回转力矩



表 8·2-23  $F_{um}$  的计算公式

轴承类型		$F_{um}$
推力球轴承		$kn^2 10^{-6}$
推力角接触	$\alpha=45^\circ$	$1.9F_r + kn^2 10^{-6}$
球轴承	$\alpha=60^\circ$	$3.3F_r + kn^2 10^{-6}$
推力调心滚子轴承		$0.0005C_0 + kn^2 10^{-6}$ $(1.8F_r < 0.0005C_0);$ $1.8F_r + kn^2 10^{-6}$ $(1.8F_r \geq 0.0005C_0)$
推力圆柱滚子轴承		$kn^2 10^{-6}$
推力滚针轴承		$0.0005C_0$

注:  $k$ —最小载荷系数, 见本篇第8章4节。

### 10 润滑

滚动轴承运转时, 必须避免零件表面金属的直接接触。选择适当的润滑剂和润滑方法, 可靠地将轴承工作表面隔开, 才能保证轴承正常的工作性能和寿命。同时, 润滑剂还能保护轴承表面材料免受腐蚀。

常用的润滑剂是润滑油和润滑脂, 极端工况下也用固体润滑剂, 如二硫化钼。润滑剂的种类和牌号应根据轴承的工作条件选择, 如温度、转速和周围环境。润滑剂的用量按满足要求的最小量选定, 这时轴承的工作温度最低。如果要求润滑剂同时起密封和散热作用, 用量应大些。当润滑剂因老化或污染而失去润滑性能时, 对润滑脂应及时补充或更新, 对润滑油则需过滤或更换。

#### 10·1 脂润滑

脂润滑的优点是不易流失, 还能防止污物、水汽或水的侵入。正常条件下工作的滚动轴承几乎都可以采用脂润滑, 而且特别适用于立轴和倾斜轴轴承的润滑。润滑脂是金属皂稠化的矿物油或合成油, 有时还加入添加剂改善润滑脂的性能。润滑脂的稠度决定于稠化剂的类型和数量, 选择时应考虑基油粘度、工作温度、防锈性能和承载能力等因素。基油粘度直接决定脂的润滑性能和轴承寿命, 40℃时, 为  $(15 \sim 500) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。稠化剂还与润滑脂的抗剪强度有关。基油粘度和抗剪强度决定脂润滑的容许速度。滚动轴承常用稠度为1、2、3级的金属皂稠化的润滑脂。以聚脲为稠化剂时, 润滑脂的稠度会随剪切率变化, 低速时变硬, 超过一定速度时变软或变成半流态, 不适宜于易流失的

场合。润滑脂适用的温度范围主要决定于基油的类型, 也与稠化剂和添加剂有关。下限温度主要取决于基油的类型和粘度, 上限温度取决于稠化剂的类型。高温下润滑脂会老化和氧化, 产生的氧化物会损害润滑性能。常用的锂基润滑脂的工作温度范围为  $-30 \sim 110^\circ\text{C}$ 。高温润滑可选用基油为合成油的润滑脂, 如二元酸油, 合成碳氢化合物油或硅油。润滑脂的用量应当适当, 一般可占轴承腔空间的30%~50%, 过量的润滑剂会使温度迅速上升, 特别是高速时。如果润滑脂的寿命低于轴承的计算寿命, 应定期补充新脂。补充新脂的时间与轴承类型和尺寸、转速、工作温度、润滑脂类型、轴承腔空间和工作环境有关。正常载荷下水平轴轴承, 温度不超过70℃, 用锂基脂润滑时补充润滑脂的周期可由图8·2-15查得。超过70℃时, 每升高15℃补充周期缩短一半。温度低于70℃时周期可适当延长, 但不能成倍延长, 也不能超过30000h。无保持架满装圆柱滚子轴承和带保持架交叉圆柱滚子轴承的补充周期分别等于图中值乘以0.2和0.3。推力圆柱滚子轴承、推力滚针轴承和推力调心滚子轴承的补充周期为图中值乘以0.5。对于立轴, 图8·2-15给出的时间减半。图中的虚线适用于内径大于和等于300mm的大型滚子轴承, 只有当润滑脂补充周期比图中要求更为频繁时才能获得较高的承载能力。

为保证大型滚子轴承的承载能力, 可采用连续注脂的方法。当不受外界热量作用时, 注脂速度为

$$G_k = (0.3 \sim 0.5) DB \times 10^{-4} \quad (\text{g/h}) \quad (8 \cdot 2 \cdot 14)$$

轴承运转过程中, 定期注入新润滑脂可以逐步替换旧脂。油脂的补充量每次为

$$G_p = 0.005DB \quad (\text{g}) \quad (8 \cdot 2 \cdot 15)$$

带防尘盖和密封圈的轴承内部已填有润滑脂, 脂的使用寿命决定轴承的寿命, 一般不再补充润滑脂。

#### 10·2 油润滑

高速时为了将摩擦热和其他热量带走, 或相邻的机器零件采用油润滑时, 滚动轴承可选用油润滑。油润滑的润滑方法有油浴润滑、循环油润滑、喷油润滑、油雾润滑和油气润滑。润滑油一般用不含添加剂的矿物油, 特殊条件下才加入添加剂提高润滑剂的抗压和抗老化性能。合成油只用于特殊场合, 如极低和极高速时。

机油按粘度选用, 机油粘度随温度升高而降低。滚动轴承应选用粘度变化小的油。矿物油可保证轴承接



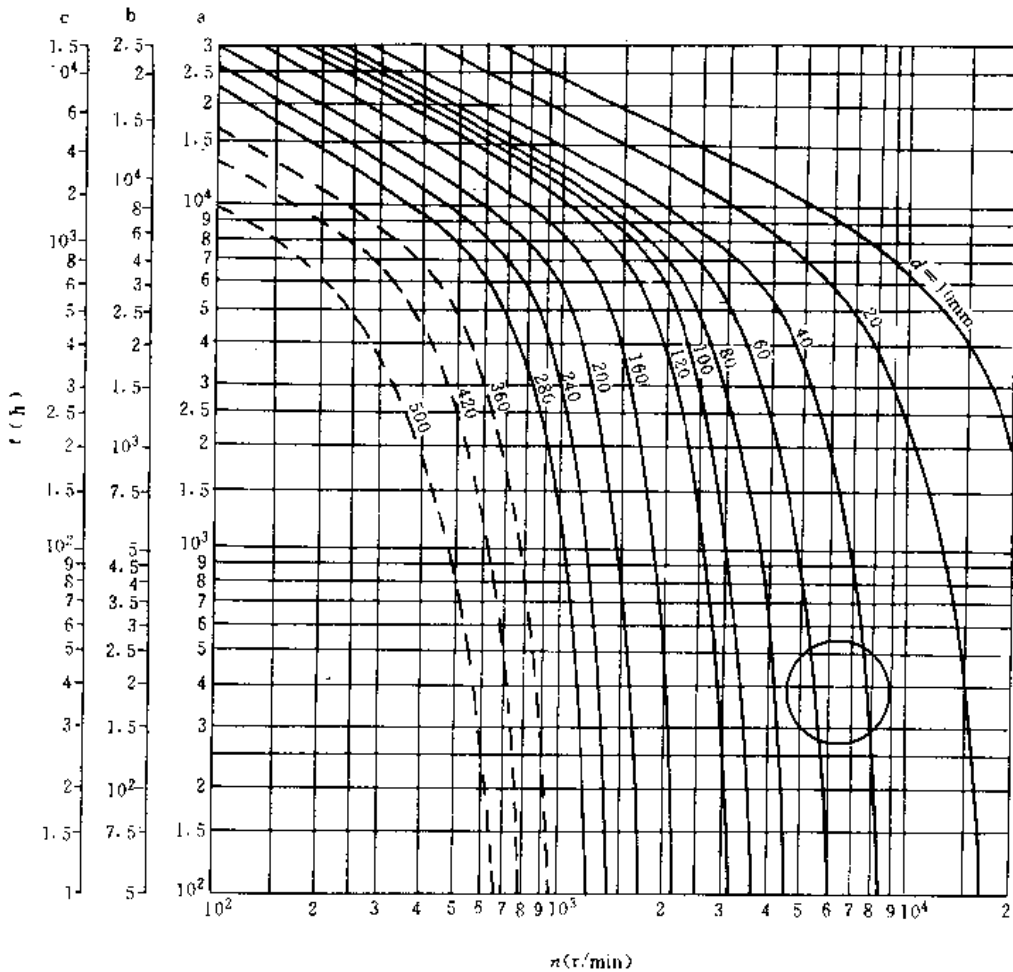


图 8-2-15 润滑脂补充周期

a—深沟球轴承 b—圆柱滚子轴承、滚针轴承 c—调心滚子轴承、圆锥滚子轴承、推力球轴承

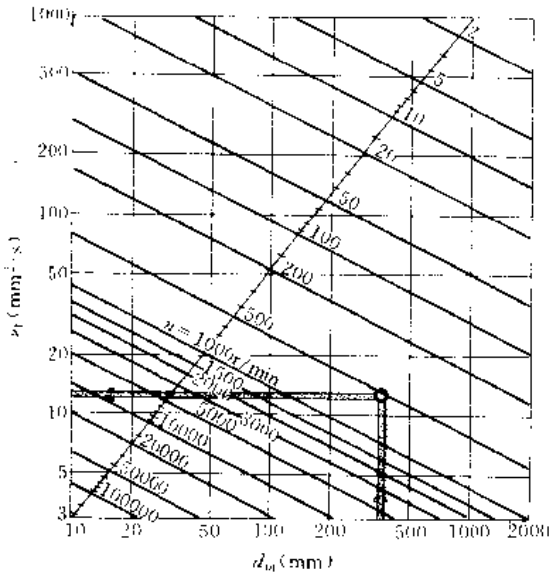


图 8-2-16 轴承转速与润滑油粘度

$$d_m = (d+D) / 2$$

轴副在工作温度下形成足够厚度的油膜所要求的运动粘度  $\nu_1$ 。不同尺寸轴承在各种转速下所需的润滑油粘度可由图 8-2-16 查得。如果工作温度可以由经验或实

测得到时，对于粘度指数 85 的润滑油，标准温度 40℃ 或其他试验温度（如 20℃ 或 50℃）时的粘度与工作温度下的粘度对照可由图 8-2-17 查得。例如，轴承内径  $d=340$ mm 和外径  $D=420$ mm 的轴承，在转速  $n=500$ r/min 时，由图 8-2-16 查得工作温度下形成足够厚度油膜所需的运动粘度  $\nu_1=13\text{mm}^2/\text{s}$ ；若工作温度为 70℃，由图 8-2-17 查得标准温度 40℃ 下， $\nu_1=13\text{mm}^2/\text{s}$  时选用的润滑油粘度  $\nu$  应不低于  $39\text{mm}^2/\text{s}$ 。

选用润滑油时应使工作温度下的粘度高于形成油膜所需的运动粘度  $\nu_1$ ，这样可以延长轴承的使用寿命。粘度比  $\kappa$  小于 1 时，应考虑使用含极压添加剂的润滑油。 $\kappa$  小于 0.4 时，润滑油必须加添加剂。 $\kappa$  大于 1 时，润滑油中加添加剂也能增加轴承运转的可靠性。

润滑油的更换主要取决于工作条件和润滑油用量。油浴润滑时只要工作温度不超过 50℃ 并且润滑油无污染，1 年换 1 次即可。工作温度越高，换油的次数应越多。如，100℃ 时必须 3 个月换 1 次。循环油和喷油润滑时，换油周期与油的循环速度和冷却情况有关。换油期可通过试验运转和定期检验油样，根据润滑油



的污染和氧化程度确定。油雾润滑时，润滑油不再回收使用。

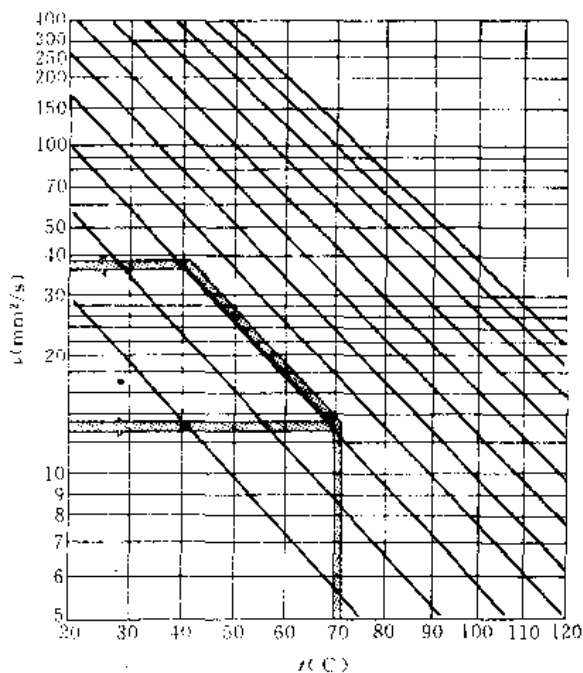


图 8-2-17 润滑油粘度选择

## 11 密封与清洁度

### 11.1 密封

密封可以防止污物和水分侵入，同时也避免润滑剂流失。滚动轴承的密封有接触式和非接触式两种型式，见图 8-2-18。接触式密封是在轴承一侧或两侧加

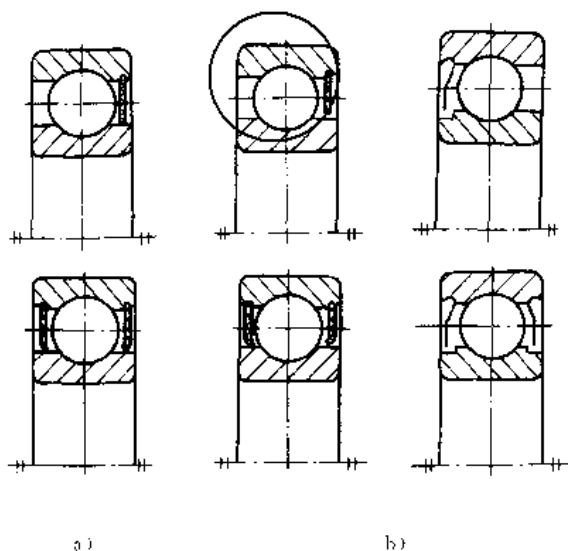


图 8-2-18 密封深沟球轴承

a) 接触式密封 b) 非接触式密封

橡胶密封圈，密封圈的外径嵌固在外圈的凹槽中，密封

唇靠轻微的弹性作用产生的微小压力与轴承挡边接触，形成严密的密封。非接触式密封是在轴承一侧或两侧加金属防尘盖或橡胶密封圈，靠防尘盖或密封圈与内圈挡边形成非常狭窄的间隙起密封作用。接触式密封比非接触式密封摩擦大，但密封性能较好。两侧密封的轴承内填有润滑脂，一般润滑脂的寿命比轴承的寿命长，轴承使用过程中不需要补充润滑脂。

防尘盖由钢板冲压制成，内径弯边与轴承挡边形成密封间隙。大型轴承的防尘盖不弯边。密封圈由带钢骨架的耐油耐磨合成橡胶制成。

密封轴承具有节省空间和成本低廉的优点。环境污染不严重，且无水汽气氛的场合，或因转速和温升的原因必须考虑摩擦特性时，选用带防尘盖或密封圈的接触式密封轴承。污染中等，潮湿有水花的场合，或无保养条件下要求长使用寿命时，选用带橡胶密封圈的轴承。

密封轴承中填有锂基润滑脂。锂基脂同时具有防锈性能，适用温度范围-30~110℃。带橡胶密封圈的深沟球轴承适用的温度范围为-40~120℃。填脂量一般占轴承空腔的 25%~35%。

### 11.2 清洁度

轴承的清洁度是残留在轴承内部，并影响其性能的污物颗粒的控制指标。清洁度由平均每套含污量和固体污物粒度两项指标评定。

含污量是通过对受检轴承按规定的方法清洗，然后将清洗液过滤，测量残留污物的检验，并按下式计算：

$$X = \frac{m_2 - m_1}{N} \times 1000 \quad (\text{mg/套}) \quad (8-2-16)$$

式中  $m_1$ ——O 型滤膜和量瓶的质量 (g)；

$m_2$ ——带轴承污物的 O 形滤膜和量瓶的质量 (g)；

$N$ ——受检验轴承的数量 (套)。

污物颗粒的粒度规定用 1 下净的吸液管吸取含污物的溶液 2~3 滴，滴于干净的玻片上，在生物显微镜下观察，并量出最大粒子的最大尺寸，计量污物微粒的粒度。

滚动轴承使用前必须用煤油、汽油或其他清洗剂仔细清洗干净，轴承中不容许有过大过多的污物和尘埃。轴承中的污物和尘埃会使轴承在运转时产生异常的振动和噪声，严重时还会损伤轴承的工作表面，降低轴承使用寿命。



# 第3章 滚动轴承的承载能力与寿命

## 1 额定静载荷与当量静载荷

### 1.1 额定静载荷

在额定静载荷  $C_0$  作用下, 受载最大的滚动体与套圈滚道接触中心处引起的接触应力分别为:

调心球轴承 4600 MPa

其他各类球轴承 4200 MPa

各类滚子轴承 4000 MPa

该应力会在受载最大的滚动体与套圈滚道接触中心处造成相当于滚动体直径万分之一的总永久变形。向心轴承的额定静载荷系指纯径向载荷; 对推力轴承系指中心轴向载荷; 对角接触轴承系指使轴承套圈间仅产生相对纯径向位移的载荷之径向分量。

经验表明, 多数场合, 上述总永久变形量对轴承以后的运转无有害影响。

### 1.2 当量静载荷

若轴承的实际受载条件与确定额定静载荷的条件不同, 应将实际载荷换算为当量静载荷  $P_0$ 。在假定的当量静载荷  $P_0$  的作用下, 受载最大的滚动体与套圈滚道接触中心处, 将产生与实际载荷条件下相同的接触应力。

当量静载荷可按下式计算:

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a \quad (8-3-1)$$

向心轴承的当量静载荷计算值如果小于  $F_r$ , 取  $P_0 = F_r$ 。

若载荷以各种不同方向作用于轴承, 计算  $P_0$  时, 必须使用可能产生最大当量静载荷的载荷分量。静径向系数  $X_0$  和静轴向系数  $Y_0$  的数值见表 8-3-1。

表 8-3-1 静径向系数  $X_0$  和静轴向系数  $Y_0$

轴承类型	单列轴承		双列轴承	
	$X_0$	$Y_0$	$X_0$	$Y_0$
深沟球轴承	0.6	0.5	0.6	0.5
角接触球轴承				
$\alpha=15^\circ$	0.5	0.46	1	0.92
$\alpha=25^\circ$	0.5	0.38	1	0.76
$\alpha=40^\circ$	0.5	0.26	1	0.52
双列调心球轴承			1	$0.44\cot\alpha$
双列调心滚子轴承			1	$0.44\cot\alpha$
圆锥滚子轴承	0.5	$0.22\cot\alpha$	1	$0.44\cot\alpha$
推力调心滚子轴承	$2.3\tan\alpha$	1		

### 1.3 按静载荷选择轴承

按静载荷选择轴承的公式

$$C_0 \geq S_0 P_0 \quad (8-3-2)$$

各种工作条件下的安全系数  $S_0$  可参照表 8-3-2 选取。

表 8-3-2 安全系数  $S_0$  推荐值

工作条件	回转轴承						非回转轴承	
	对低噪声运行之需要						球轴承	滚子轴承
	较低		一般		较高			
	球轴承	滚子轴承	球轴承	滚子轴承	球轴承	滚子轴承		
平稳、无振动	0.5	1	1	1.5	2	3	0.4	0.8
一般	0.5	1	1	1.5	2	3.5	0.5	1
有振动载荷	$\geq 1.5$	$\geq 2.5$	$\geq 1.5$	$\geq 3$	$\geq 2$	$\geq 4$	$\geq 1$	$\geq 2$

注: 1. 对推力调心滚子轴承, 建议采用  $S_0 \geq 4$ 。

2. 摘自参考文献 [6]。

转速较高时, 应按本章第 5 节进行寿命计算, 然后检验额定静载荷是否满足要求。对于  $D_{wn} < 10000 \text{mm} \cdot \text{r/min}$  的低速或缓慢摆动轴承, 应按寿命和静载荷两种方法计算, 选取尺寸较大的轴承。

## 2 额定寿命

单个轴承的寿命是指轴承中任一滚动体或滚道首次出现疲劳剥落前运转的总转数, 或在一定转速下的





工作小时数。

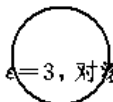
额定寿命是指一批在同一条件下运转的结构外形尺寸相同的轴承，其中90%在疲劳剥落前能够达到或超过的总转数，或在一定转速下的工作小时数。

计算额定寿命的基本公式

$$L = \left( \frac{C}{P} \right)^{\epsilon} \quad (8-3-3)$$

式中  $L$ — 额定寿命 ( $10^6 r$ )；

$\epsilon$ — 寿命指数，对球轴承  $\epsilon=3$ ，对滚子轴承  $\epsilon=10/3$ 。



### 3 额定动载荷与当量动载荷

#### 3.1 基本额定动载荷

滚动轴承的基本额定动载荷  $C$  系指能使轴承的基本额定寿命达到  $10^6 r$  时所能承受的假想载荷。对向心轴承系指纯径向载荷；对推力轴承系指中心轴向载

荷；对角接触轴承系指使轴承套圈间仅产生相对纯径向位移的载荷之径向分量。

#### 3.2 当量动载荷

若轴承的实际受载条件与确定额定动载荷的条件不同，应将实际载荷换算为当量动载荷  $P$ 。在假定的当量动载荷  $P$  的作用下，轴承的寿命与实际受载条件下的寿命相同。

当量动载荷的计算公式

$$P = XF_r + YF_a \quad (8-3-4)$$

径向系数  $X$  和轴向系数  $Y$  见表 8-3-3。

##### 3.2.1 平均当量动载荷

工作过程中轴承载荷变化时，或载荷和转速都变化时，应按表 8-3-4 所列公式换算为平均当量动载荷。在平均当量动载荷作用下，轴承的寿命与实际载荷条件下的寿命相同。

表 8-3-3 径向系数  $X$  和轴向系数  $Y$

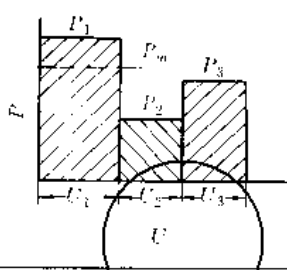
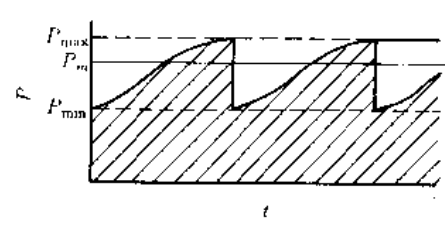
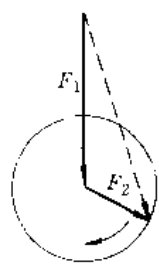
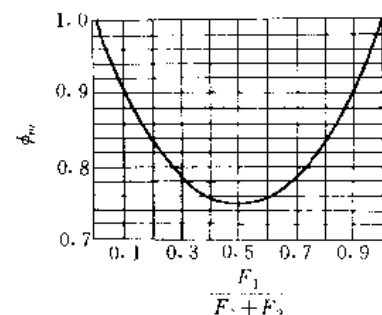
轴承类型	$f_0 \frac{F_a}{C_{0r}}$	单列轴承				双列轴承				$e$	
		$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$			
		$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$		
深沟球轴承	0.172				2.3				2.3	0.19	
	0.345				1.99				1.99	0.22	
	0.689				1.71				1.71	0.26	
	1.03				1.55				1.55	0.28	
	1.38	1	0	0.56	1.45	1	0	0.56	1.45	0.3	
	2.07				1.31				1.31	0.34	
	3.45				1.15				1.15	0.38	
	5.17				1.04				1.04	0.42	
6.89				1				1	0.44		
角接触球轴承	0.178				1.47		1.65		2.39	0.38	
	0.357				1.4		1.57		2.28	0.4	
	0.714				1.3		1.46		2.11	0.43	
	1.07				1.23		1.38		2	0.46	
	1.43	1	0	0.44	1.19	1	1.34	0.72	1.93	0.47	
	2.14				1.12		1.26		1.82	0.5	
	3.57				1.02		1.14		1.66	0.55	
	5.35				1		1.12		1.63	0.56	
	7.14				1		1.12		1.63	0.56	
	$\alpha=25^\circ$		1	0	0.41	0.87	1	0.92	0.67	1.41	0.68
	$\alpha=40^\circ$				0.35	0.57		0.55	0.57	0.93	1.14
	调心球轴承		1	0	0.4	$0.4\cot\alpha$	1	$0.42\cot\alpha$	0.65	$0.65\cot\alpha$	$1.5\tan\alpha$
调心滚子轴承						1	$0.45\cot\alpha$	0.67	$0.67\cot\alpha$	$1.5\tan\alpha$	
圆锥滚子轴承		1	0	0.4	$0.4\cot\alpha$	1	$0.45\cot\alpha$	0.67	$0.67\cot\alpha$	$1.5\tan\alpha$	
推力调心滚子轴承				$\tan\alpha$	1					$1.5\tan\alpha$	

注：摘自参考文献 [8]。

①  $f_0$  值参见 GB/T4662-93。



表 8-3-4 平均当量动载荷  $P_m$  计算公式

载荷和转速变化情况	$P_m$ (N)
<p>轴承依次在当量动载荷 <math>P_1, P_2, P_3, \dots</math> 作用下运转了 <math>U_1, U_2, U_3, \dots \times 10^6 r</math>, 载荷变动一周期中轴承的总转数为 <math>U</math> 百万转</p> 	$P_m = \left( \frac{P_1^3 U_1 + P_2^3 U_2 + P_3^3 U_3 + \dots}{U} \right)^{\frac{1}{\epsilon}}$ $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$ <p>对球轴承 <math>\epsilon = 3</math> 对滚子轴承 <math>\epsilon = \frac{10}{3}</math></p>
<p>轴承依次在当量动载荷 <math>P_1, P_2, P_3, \dots</math> 作用下运转, 其相应转速为 <math>n_1, n_2, n_3, \dots</math>, 在每种工况下运转的时间与总运转时间之比为: <math>a_1, a_2, a_3, \dots</math></p>	$P_m = \left( \frac{P_1^3 n_1 a_1 + P_2^3 n_2 a_2 + P_3^3 n_3 a_3 + \dots}{n} \right)^{\frac{1}{\epsilon}}$ <p>平均转速 <math>n_m = n_1 a_1 + n_2 a_2 + n_3 a_3 + \dots</math></p>
<p>轴承转速 <math>n</math> 保持不变, 当量动载荷如图示在 <math>P_{min}</math> 和 <math>P_{max}</math> 之间线性变化</p> 	$P_m = \frac{1}{3} (P_{min} + 2P_{max})$
<p>轴承载荷由方向大小都不变化的固定载荷 <math>F_1</math> (如转子质量) 和大小不变的旋转载荷 <math>F_2</math> (如不平衡量引起的离心力) 组成</p> 	$P_m = \phi_m (F_1 + F_2)$ 
<p>当量动载荷是随时间而变化的函数</p>	$P_m = \left[ \int_0^U \frac{(XF_r + YF_a) \cdot dU}{U} \right]^{\frac{1}{\epsilon}}$

式中  $U$ —轴承总转数, 如果当量动载荷随时间而周期变化, 则  $U$  为载荷变动一周期中轴承的转数  
 $n_m$ —平均转速

3.2.2 角接触轴承的载荷计算

角接触球轴承和圆锥滚子轴承, 在计算支承反力时, 要首先确定载荷作用中心。在计算当量动载荷时,

应考虑内部轴向力的作用。

1. 角接触轴承的载荷作用中心 在计算角接触轴承支承反力时, 应取各个滚动体载荷矢量与轴中心线的汇交点作为载荷作用中心 (图 8-3-1)。

轴承公司制作 请尊重作者版权



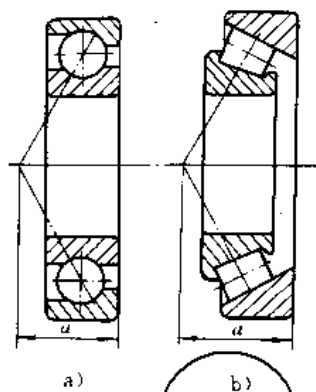


图 8-3-1 角接触轴承的载荷作用中心  
a) 角接触球轴承 b) 圆锥滚子轴承

2. 成对安装角接触轴承的轴向载荷 角接触轴承承受径向载荷时, 其内部产生轴向力  $S$ , 其计算公式为

对角接触球轴承 
$$S = eF_r \quad (8-3-5)$$

$e$  值可由表 8-3-3 查出。

对圆锥滚子轴承 
$$S = \frac{F_r}{2Y} \quad (8-3-6)$$

$Y$  应取  $\frac{F_a}{F_r} > e$  时的值, 可查表 8-3-3。

成对安装角接触轴承的轴向载荷计算公式见表 8-3-5。

表 8-3-5 成对安装角接触轴承的轴向载荷计算公式

安装示意图	序号	载荷条件	$F_{a1}$	$F_{a2}$
	1	$S_I \leq S_{II}, F_A \geq 0$	$S_I + F_A$	$S_{II}$
	2	$S_I > S_{II}$ $F_A \geq S_I - S_{II}$	$S_{II} + F_A$	$S_I$
	3	$S_{II} > S_I$ $F_A < S_{II} - S_I$	$S_{II}$	$S_I - F_A$
	4	$S_{II} \geq S_I$ $F_A \geq 0$	$S_{II}$	$S_I + F_A$
	5	$S_I < S_I$ $F_A \geq S_I - S_I$	$S_I$	$S_I + F_A$
	6	$S_I < S_I$ $F_A < S_I - S_I$	$S_I - F_A$	$S_I$

式中  $S_I, S_{II}$ —为轴承 I、II 的内部轴向力  
 $F_{a1}, F_{a2}$ —为轴承 I、II 承受的轴向载荷  
 $F_{r1}, F_{r2}$ —为轴承 I、II 承受的径向载荷  
 $F_A$ —外加轴向载荷

- 注: 1.  $F_{r1}$  和  $F_{r2}$  向上或向下都取正值。  
 2. 序号 3 和 6 的情况也适用于  $F_A=0$  的载荷条件。  
 3. 表列公式不适用于预紧安装的角接触轴承。

3. 静不定支承结构的载荷计算 图 8-3-2 为一端成对安装两个同一型号的角接触轴承, 另一端安装一个只能承受径向载荷的向心轴承。若轴的变形可忽略不计时, 每个轴承承受的载荷可用下述步骤近似计算。

(1) 假定两个角接触轴承的合成径向载荷作用在中点处, 计算出径向载荷的第一次近似值  $F_r^{(1)}$ 。

(2) 由  $F_r^{(1)}$  计算下列数值:  $F_A \cot \alpha / F_r^{(1)}$

对角接触球轴承  $\cot \alpha = 1.25/e$ , 对圆锥滚子轴



承  $\cot\alpha=2.5Y$ 。

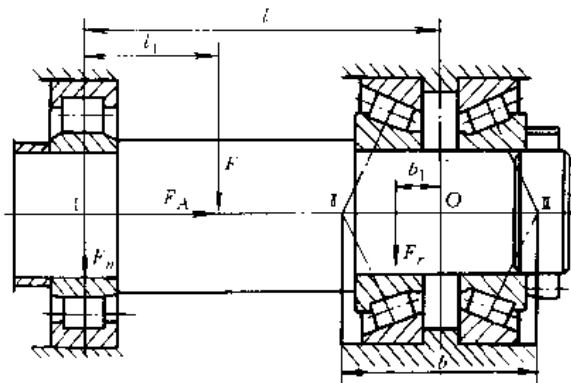


图 8-3-2 静不定支承结构

(3) 由图 8-3-3 查出与  $F_A \cot\alpha / F_r^{(1)}$  对应的  $b_1/b$  的第一次近似值。

(4) 根据  $b_1$  值计算出径向载荷的第二次近似值  $F_r^{(2)}$ 。

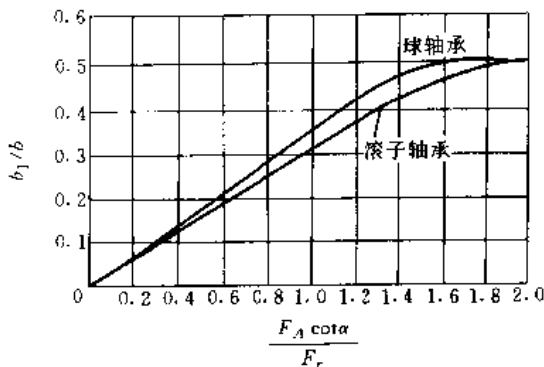


图 8-3-3  $\frac{F_A \cot\alpha}{F_r}$  对应的  $\frac{b_1}{b}$  近似值

经过几次迭代、逼近，便可确定  $F_r$  的数值。

成对安装的两个同一型号角接触轴承，可按双列轴承进行寿命计算。其额定动载荷和当量动载荷均应取双列轴承的数值。如单列轴承的额定动载荷为  $C_1$ ，则双列轴承的额定动载荷应为

角接触球轴承  $C=1.62C_1$

圆锥滚子轴承  $C=1.71C_1$

#### 4 可靠性

滚动轴承的使用寿命是指某一轴承在失效之前可以达到的实际寿命。磨损、腐蚀、烧伤、塑性压痕、密封损坏、噪声增大、精度降低等原因都能造成轴承失

效；但是，通常所说的轴承寿命是指轴承的疲劳寿命。

轴承寿命的可靠性是指在同一条件下运转的一组近于相同的滚动轴承所期望达到或超过某一规定寿命的百分率。单个滚动轴承的可靠性为该轴承达到或超过某一规定寿命的概率，通常用可靠度来表示。

可靠度为  $(100-n)\%$  时的修正额定寿命为

$$L_n = a_1 L_{10} \quad (8-3-7)$$

式中  $a_1$ ——可靠度系数（按表 8-3-6 选取）。

表 8-3-6 可靠度系数  $a_1$

可靠度 (%)	90	95	96	97	98	99
$a_1$	1	0.62	0.53	0.44	0.33	0.21

注：摘自参考文献 [8]。

#### 5 寿命计算方法及其发展

##### 5.1 寿命计算公式

在实际计算中，常以工作小时数表示轴承的额定寿命，式 (8-3-3) 可改写为

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{C}{P} \right)^{\epsilon} \quad (8-3-8)$$

为了简化计算，引入转速系数  $f_n$  和寿命系数  $f_h$ ，并考虑温度系数和载荷性质系数，常用下式选择轴承：

$$C = \frac{f_n f_h f_p P}{f_t} \quad (8-3-9)$$

式中  $f_n$ ——转速系数（按表 8-3-7 选取）；  
 $f_h$ ——寿命系数（按表 8-3-8 选取）；  
 $f_p$ ——载荷性质系数（按查表 8-3-9 选取）；  
 $f_t$ ——温度系数（按表 8-3-10 选取）。

1. 转速系数  $f_n$  和寿命系数  $f_h$  在式 (8-3-8) 中，如令

$$10^6 (r) = 33 \frac{1}{3} (r/min) \times 500 \times 60 (min)$$

则可得

$$\left. \begin{aligned} f_n &= \left( \frac{33 \frac{1}{3}}{n} \right)^{\frac{1}{\epsilon}} \\ f_h &= \left( \frac{L_h}{500} \right)^{\frac{1}{\epsilon}} \end{aligned} \right\} \quad (8-3-10)$$

2. 载荷性质系数  $f_p$ ，许多机械在工作中有振动和冲击，使轴承实际承受的载荷比计算载荷大。但这种实际载荷又很难精确求出。一般是根据机械的工作情况，对由式 (8-3-4) 计算出的当量动载荷  $P$  乘以载荷性质系数  $f_p$ 。 $f_p$  由表 8-3-9 选取。



表 8-3-7 转速系数  $f_n$

转速 $n$ (r/min)	$f_n$		转速 $n$ (r/min)	$f_n$		转速 $n$ (r/min)	$f_n$	
	球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承
10	1.494	1.435	80	0.747	0.769	450	0.420	0.458
11	1.447	1.395	82	0.741	0.763	460	0.417	0.455
12	1.405	1.359	84	0.735	0.758	470	0.414	0.452
13	1.369	1.326	86	0.729	0.753	480	0.411	0.449
14	1.335	1.297	88	0.724	0.747	490	0.408	0.447
15	1.305	1.271	90	0.718	0.742	500	0.406	0.444
16	1.277	1.246	92	0.713	0.737	520	0.400	0.439
17	1.252	1.224	94	0.708	0.733	540	0.395	0.434
18	1.228	1.203	96	0.703	0.728	560	0.390	0.429
19	1.206	1.184	98	0.698	0.724	580	0.386	0.425
20	1.186	1.166	100	0.693	0.719	600	0.382	0.420
21	1.166	1.149	105	0.682	0.709	620	0.378	0.416
22	1.148	1.133	110	0.672	0.690	640	0.374	0.412
23	1.132	1.118	115	0.662	0.690	660	0.370	0.408
24	1.116	1.104	120	0.652	0.681	680	0.366	0.405
25	1.100	1.090	125	0.644	0.673	700	0.363	0.401
26	1.086	1.077	130	0.635	0.665	720	0.359	0.398
27	1.073	1.065	135	0.627	0.657	740	0.356	0.395
28	1.060	1.054	140	0.620	0.650	760	0.353	0.391
29	1.048	1.043	145	0.613	0.643	780	0.350	0.388
30	1.036	1.032	150	0.606	0.637	800	0.347	0.385
31	1.025	1.022	155	0.599	0.631	820	0.344	0.383
32	1.014	1.012	160	0.593	0.625	840	0.341	0.380
33	1.003	1.003	165	0.586	0.619	860	0.339	0.337
34	0.994	0.994	170	0.581	0.613	880	0.336	0.375
35	0.984	0.986	175	0.575	0.608	900	0.333	0.372
36	0.975	0.977	180	0.570	0.603	920	0.331	0.370
37	0.966	0.969	185	0.565	0.598	940	0.329	0.367
38	0.958	0.962	190	0.560	0.593	960	0.326	0.365
39	0.949	0.954	195	0.555	0.589	980	0.324	0.363
40	0.941	0.947	200	0.550	0.584	1000	0.322	0.361
41	0.933	0.940	210	0.541	0.576	1050	0.317	0.355
42	0.926	0.933	220	0.533	0.568	1100	0.312	0.350
43	0.919	0.927	230	0.525	0.560	1150	0.307	0.346
44	0.912	0.920	240	0.518	0.553	1200	0.303	0.341
45	0.905	0.914	250	0.511	0.546	1250	0.299	0.337
46	0.898	0.908	260	0.504	0.540	1300	0.295	0.333
47	0.892	0.902	270	0.498	0.534	1350	0.291	0.329
48	0.885	0.896	280	0.492	0.528	1400	0.288	0.326
49	0.880	0.891	290	0.487	0.523	1450	0.284	0.322
50	0.874	0.886	300	0.481	0.517	1500	0.281	0.319
52	0.863	0.875	310	0.476	0.512	1550	0.278	0.316
54	0.851	0.865	320	0.471	0.507	1600	0.275	0.313
56	0.841	0.856	330	0.466	0.503	1650	0.272	0.310
58	0.831	0.847	340	0.461	0.498	1700	0.270	0.307
60	0.822	0.838	350	0.457	0.494	1750	0.267	0.305
62	0.813	0.830	360	0.453	0.490	1800	0.265	0.302
64	0.805	0.822	370	0.448	0.486	1850	0.262	0.300
66	0.797	0.815	380	0.444	0.482	1900	0.260	0.297
68	0.788	0.807	390	0.441	0.478	1950	0.258	0.295
70	0.781	0.800	400	0.437	0.475	2000	0.255	0.293
72	0.774	0.794	410	0.433	0.471	2100	0.251	0.289
74	0.767	0.787	420	0.430	0.467	2200	0.247	0.285
76	0.760	0.781	430	0.426	0.464	2300	0.244	0.281
78	0.753	0.775	440	0.423	0.461	2400	0.240	0.277

轴承公司制作 请尊重版权



(续)

转速 $n$ (r/min)	$f_n$		转速 $n$ (r/min)	$f_n$		转速 $n$ (r/min)	$f_n$	
	球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承
2500	0.237	0.274	5400	0.183	0.217	12000	0.141	0.171
2600	0.234	0.271	5600	0.181	0.215	12500	0.139	0.169
2700	0.231	0.268	5800	0.179	0.213	13000	0.137	0.167
2800	0.228	0.265	6000	0.177	0.211	13500	0.135	0.165
2900	0.226	0.262	6200	0.175	0.209	14000	0.134	0.163
3000	0.223	0.259	6400	0.173	0.207	14500	0.132	0.162
3100	0.221	0.257	6600	0.172	0.205	15000	0.131	0.160
3200	0.218	0.254	6800	0.170	0.203	15500	0.129	0.158
3300	0.216	0.252	7000	0.168	0.201	16000	0.128	0.157
3400	0.214	0.250	7200	0.167	0.199	16500	0.126	0.156
3500	0.212	0.248	7400	0.165	0.198	17000	0.125	0.154
3600	0.210	0.246	7600	0.164	0.196	17500	0.124	0.153
3700	0.208	0.243	7800	0.162	0.195	18000	0.123	0.152
3800	0.206	0.242	8000	0.161	0.193	18500	0.122	0.150
3900	0.205	0.240	8200	0.160	0.192	19000	0.121	0.149
4000	0.203	0.238	8400	0.158	0.190	19500	0.120	0.148
4100	0.201	0.236	8600	0.157	0.189	20000	0.119	0.147
4200	0.199	0.234	8800	0.156	0.188	21000	0.117	0.145
4300	0.198	0.233	9000	0.155	0.187	22000	0.115	0.143
4400	0.196	0.231	9200	0.154	0.185	23000	0.113	0.141
4500	0.195	0.230	9400	0.153	0.184	24000	0.112	0.139
4600	0.193	0.228	9600	0.152	0.183	25000	0.110	0.137
4700	0.192	0.227	9800	0.150	0.182	26000	0.109	0.136
4800	0.191	0.225	10000	0.149	0.181	27000	0.107	0.134
4900	0.190	0.224	10500	0.147	0.178	28000	0.106	0.133
5000	0.188	0.222	11000	0.145	0.176	29000	0.105	0.131
5200	0.186	0.220	11500	0.143	0.173	30000	0.104	0.130

表 8-3-8 寿命系数  $f_n$

寿命 $L_h$ (h)	$f_h$		寿命 $L_h$ (h)	$f_h$		寿命 $L_h$ (h)	$f_h$	
	球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承
10	0.272	0.309	110	0.604	0.635	220	0.761	0.782
15	0.311	0.349	115	0.613	0.643	230	0.772	0.792
20	0.342	0.381	120	0.622	0.652	240	0.783	0.802
25	0.368	0.407	125	0.631	0.660	250	0.794	0.812
30	0.392	0.430	130	0.639	0.668	260	0.804	0.822
35	0.412	0.450	135	0.647	0.675	270	0.814	0.831
40	0.431	0.469	140	0.654	0.683	280	0.824	0.840
45	0.448	0.486	145	0.662	0.690	290	0.834	0.849
50	0.464	0.501	150	0.670	0.697	300	0.843	0.858
55	0.479	0.516	155	0.677	0.704	310	0.852	0.866
60	0.493	0.529	160	0.684	0.710	320	0.861	0.875
65	0.507	0.542	165	0.691	0.717	330	0.870	0.883
70	0.519	0.554	170	0.698	0.723	340	0.879	0.891
75	0.531	0.566	175	0.705	0.730	350	0.888	0.898
80	0.543	0.577	180	0.712	0.736	360	0.896	0.906
85	0.554	0.588	185	0.718	0.742	370	0.905	0.914
90	0.565	0.598	190	0.724	0.748	380	0.913	0.921
95	0.575	0.608	195	0.731	0.754	390	0.921	0.928
100	0.585	0.617	200	0.737	0.760	400	0.928	0.935
105	0.595	0.626	210	0.749	0.771	410	0.936	0.942

轴承公司制作 请尊重版权



(续)

寿命 $L_h$ (h)	$f_A$		寿命 $L_h$ (h)	$f_A$		寿命 $L_h$ (h)	$f_A$	
	球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承
420	0.944	0.949	2300	1.665	1.580	12000	2.89	2.59
430	0.951	0.956	2400	1.690	1.600	12500	2.93	2.63
440	0.959	0.962	2500	1.710	1.620	13000	2.96	2.66
450	0.966	0.969	2600	1.730	1.640	13500	3.00	2.69
460	0.973	0.975	2700	1.755	1.660	14000	3.04	2.72
470	0.980	0.982	2800	1.775	1.675	14500	3.07	2.75
480	0.987	0.988	2900	1.795	1.695	15000	3.11	2.77
490	0.994	0.994	3000	1.815	1.710	15500	3.14	2.80
500	1.000	1.000	3100	1.835	1.730	16000	3.18	2.83
520	1.015	1.010	3200	1.855	1.745	16500	3.21	2.85
540	1.025	1.025	3300	1.875	1.760	17000	3.24	2.88
560	1.040	1.035	3400	1.895	1.775	17500	3.27	2.91
580	1.050	1.045	3500	1.910	1.795	18000	3.30	2.93
600	1.065	1.055	3600	1.930	1.810	18500	3.33	2.95
620	1.075	1.065	3700	1.950	1.825	19000	3.36	2.98
640	1.085	1.075	3800	1.965	1.840	19500	3.39	3.00
660	1.100	1.085	3900	1.985	1.850	20000	3.42	3.02
680	1.110	1.095	4000	2.00	1.865	21000	3.48	3.07
700	1.120	1.105	4100	2.02	1.880	22000	3.53	3.11
720	1.130	1.115	4200	2.03	1.895	23000	3.58	3.15
740	1.140	1.125	4300	2.05	1.905	24000	3.63	3.19
760	1.150	1.135	4400	2.07	1.920	25000	3.68	3.23
780	1.160	1.145	4500	2.08	1.935	26000	3.73	3.27
800	1.170	1.150	4600	2.10	1.945	27000	3.78	3.31
820	1.180	1.160	4700	2.11	1.960	28000	3.82	3.35
840	1.190	1.170	4800	2.13	1.970	29000	3.87	3.38
860	1.200	1.180	4900	2.14	1.985	30000	3.91	3.42
880	1.205	1.185	5000	2.15	2.00	31000	3.96	3.45
900	1.215	1.190	5200	2.18	2.02	32000	4.00	3.48
920	1.225	1.200	5400	2.21	2.04	33000	4.04	3.51
940	1.235	1.210	5600	2.24	2.06	34000	4.08	3.55
960	1.245	1.215	5800	2.27	2.09	35000	4.12	3.58
980	1.250	1.225	6000	2.29	2.11	36000	4.16	3.61
1000	1.260	1.230	6200	2.32	2.13	37000	4.20	3.64
1050	1.280	1.250	6400	2.34	2.15	38000	4.24	3.67
1100	1.300	1.270	6600	2.37	2.17	39000	4.27	3.70
1150	1.320	1.285	6800	2.39	2.19	40000	4.31	3.72
1200	1.340	1.300	7000	2.41	2.21	41000	4.35	3.75
1250	1.360	1.315	7200	2.43	2.23	42000	4.38	3.78
1300	1.375	1.330	7400	2.46	2.24	43000	4.42	3.80
1350	1.395	1.345	7600	2.48	2.26	44000	4.45	3.83
1400	1.410	1.360	7800	2.50	2.28	45000	4.48	3.86
1450	1.425	1.375	8000	2.52	2.30	46000	4.51	3.88
1500	1.445	1.390	8200	2.54	2.31	47000	4.55	3.91
1550	1.460	1.405	8400	2.56	2.33	48000	4.58	3.93
1600	1.475	1.420	8600	2.58	2.35	49000	4.61	3.96
1650	1.490	1.430	8800	2.60	2.36	50000	4.64	3.98
1700	1.505	1.445	9000	2.62	2.38	55000	4.80	4.10
1750	1.520	1.455	9200	2.64	2.40	60000	4.94	4.20
1800	1.535	1.470	9400	2.66	2.41	65000	5.07	4.30
1850	1.545	1.480	9600	2.68	2.43	70000	5.19	4.40
1900	1.560	1.490	9800	2.70	2.44	75000	5.30	4.50
1950	1.575	1.505	10000	2.71	2.46	80000	5.43	4.58
2000	1.590	1.515	10500	2.76	2.49	85000	5.55	4.66
2100	1.615	1.540	11000	2.80	2.53	90000	5.65	4.75
2200	1.640	1.560	11500	2.85	2.56	100000	5.85	4.90

此星公司制作 请尊重作者版权



表 8-3-9 载荷性质系数  $f_p$

载荷性质	$f_p$	举 例
无冲击力或 轻微冲击力	1.0~1.2	电机、空调器、汽轮机、通 风机、水泵
中等振动和 冲击	1.2~1.5	车辆、机床、传动装置、起 重机、冶金设备、内燃机、减 速箱、造纸机械
强大振动和 冲击	1.5~3.0	破碎机、轧钢机、石油钻机、 振动筛、工程机械

3. 温度系数  $f_t$  一般轴承只能在低于 120℃ 的工作条件下使用, 如轴承工作温度高于 120℃, 则应经特殊热处理, 或选用特殊的材料。工作温度高于 120℃ 时, 轴承的额定动载荷应为

$$C_t = f_t C \quad (8.3-11)$$

式中  $C_t$ ——工作温度为  $t$ ℃ 时轴承的额定动载荷;

$f_t$ ——温度系数 (按表 8-3-10 选取);

$C$ ——一般轴承的额定动载荷。

表 8-3-10 温度系数  $f_t$

轴承工作温度 $t$ (℃)	125	150	175	200	225	250	300
$f_t$	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60

温度上升后轴承能否正常工作, 取决于轴承在该工作温度下是否有足够的尺寸稳定性, 所用的润滑剂能否保持其润滑性能以及密封圈、保持架等零件的材料是否适宜等因素。

### 5.2 寿命计算公式的修正

一般情况下, 由式 (8-3-3) 计算轴承寿命。如需进一步考虑可靠性要求、材料特性、工作条件的影响时, 寿命计算公式

$$L_o = a_1 a_2 a_3 \left( \frac{C}{P} \right)^e \quad (8.3-12)$$

式中  $L_o$ ——任意条件下的轴承寿命 ( $10^6 r$ );

$a_1$ ——可靠性系数 (按表 8-3-11 选取);

$a_2$ ——材料系数;

$a_3$ ——工作条件系数。

普通轴承钢在一般工作条件下可取

$$a_2 = a_3 = 1$$

表 8-3-11 可靠性系数  $a_1$

可靠度 (%)	90	95	96	97	98	99
$a_1$	1	0.62	0.53	0.44	0.33	0.21

### 5.3 寿命计算方法的发展

#### 5.3.1 轴承组的寿命计算方法

一台机械设备中经常有多个不在同一工作条件下运转的滚动轴承, 这些轴承由于尺寸、转速和载荷等不同而使各自的使用寿命不同, 此时若要估计整台机械设备中轴承组的使用寿命, 可按下式计算:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n} \quad (8.3-13)$$

式中  $L_1, L_2, \dots, L_n$ ——同一机械设备中各个滚动轴承的使用寿命 ( $10^6 r$ );

$L$ ——整台机械设备中轴承组的使用寿命 ( $10^6 r$ );

$e$ ——计算指数, 对球和滚子轴承可统一取近似值  $e=1.1$ 。

#### 5.3.2 滚动轴承作摆动运动时的寿命计算方法

当滚动轴承作摆动运动时, 轴承的使用寿命和摆动振幅 (摆动半角) 的大小有关, 计算公式如下:

$$L = \left( \frac{C}{P_R} \right)^e \quad (8.3-14)$$

$$P_R = \left( \frac{2\phi}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} P_o \quad (8.3-15)$$

若  $\phi$  以度表示, 则

$$P_R = \left( \frac{\phi}{90^\circ} \right)^{\frac{1}{2}} P_o \quad (8.3-16)$$

式中  $P_R$ ——相当于旋转轴承的当量动载荷 (N);

$P_o$ ——摆动轴承的当量动载荷 (N)。

上式适用于较大振幅的情况, 若摆动振幅很小, 则在滚动体和滚道表面易产生微动磨损, 此时应选择合适的润滑剂或减少外界载荷等预防措施。轴承按滚动体个数所推荐的临界摆动振幅值见表 8-3-12。

表 8-3-12 轴承的临界摆动振幅

轴承类型	滚动体个数	临界摆动振幅 (°)
深沟球轴承	6	17
	10	10
	15	7
圆柱滚子轴承	10	12
	15	9
	20	7
滚针轴承	10	10
	25	4
	40	2.6





### 5.3.3 车辆轴承的寿命计算方法

公路和铁路车辆轴承，特别是轮毂轴承和轴箱轴承，通常以公里数表示其寿命，计算公式为

$$L_s = \pi D L \quad (8.3-17)$$

式中  $L$  —— 额定寿命 ( $10^6 r$ )；

$L_s$  —— 额定寿命 (km)；

$D$  —— 车轮直径 (mm)。

### 5.3.4 材料硬度对轴承使用寿命的影响

轴承套圈和滚动体的材料表面硬度一般为 58~64HRC，额定动载荷是在此硬度范围内确定的。如果材料硬度低于 58HRC，则额定动载荷有所下降，即

$$C_H = g_H C \quad (8.3-18)$$

$$g_H = \left( \frac{\text{HRC 值}}{58} \right)^{3.5}$$

式中  $C_H$  —— 在某一较低硬度下的轴承额定动载荷 (N)；

$g_H$  —— 额定动载荷的降低系数。

在某些特殊应用场合，常将轴颈表面或轴承座孔表面直接作为滚道使用。此时轴颈表面或轴承座孔表面的硬度同样会影响整个轴承的承载能力，也可使用上式估算轴承的额定动载荷下降趋势。

### 5.4 磨损寿命估算

许多机械所用的轴承并非由于疲劳破坏，而是因过量的磨损使轴承丧失正常的工作性能。为与疲劳寿

命相区别，将轴承因磨损而丧失正常工作性能的累计总转数或在一定转速下的工作小时数称为轴承的磨损寿命。

根据轴承类型、尺寸和主机对轴承的技术要求可确定许用的径向游隙增加量  $V$ 。引入许用磨损系数  $f_v$  表示磨损量大小的相对允许值，则

$$f_v = \frac{V}{e_0}$$

式中  $V$  —— 许用径向游隙增加量 ( $\mu\text{m}$ )；

$e_0$  —— 磨损率，可由图 8.3-4 根据轴承内径尺寸查得。

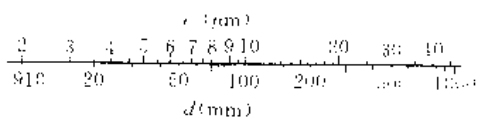


图 8.3-4 轴承的磨损率

在图 8.3-5 中将许用磨损系数与轴承磨损寿命的关系用一组曲线所划分的十个区域表示，从 a 到 k 的方向，使用条件逐渐变化，磨损加剧。常用主机的轴承使用部位所对应的区域及许用磨损系数见表 8.3-13。表中较低的许用磨损系数对应较严格的工作条件，即仅允许较小的磨损量。

由于同类主机能在不同的工作条件下运转，因此第二栏中指定了 2~3 个小区域。例如，指定区域为 c 至 g，则较低的曲线用于密封和润滑都较理想的轴承，而较高的曲线则用于工作条件较差的轴承。一般取指定面积的中间部分估计磨损寿命的上、下限。

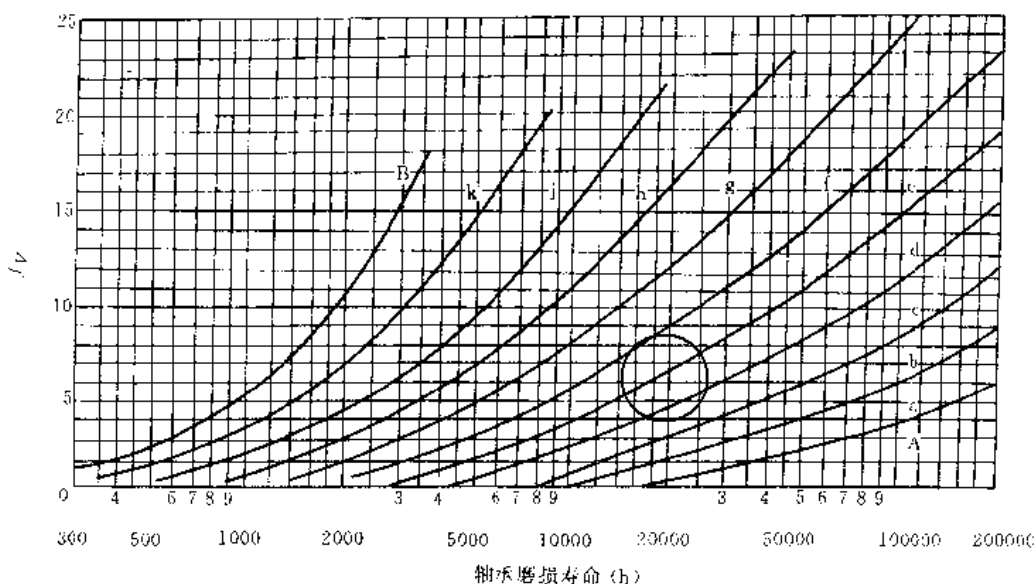


图 8.3-5 许用磨损系数与轴承磨损寿命



表 8-3-13 磨损系数的区域和许用磨损系数

轴承使用部位		与工作条件 对应的区域	许用磨损系数	轴承使用部位		与工作条件 对应的区域	许用磨损系数		
汽车	齿轮箱	g~k	5~8	运输装备	矿井带传动	c~d	5~10		
	传动轴	h~k	3~6		带式输送机托辊	g~k	10~20		
	水泵	k	5~7		带轮	e~f	10~15		
	离合器	k	5~7		挖掘机传动轴	c~e	5~10		
	轮毂	h~l	4~6						
电机	电机	i~k	3~5	风机	小型风机	f~h	5~8		
	标准电机	c~d	3~5		中型风机	d~f	3~5		
	大电机	b~d	3~5		大型风机	c~d	3~5		
	主传动电机	c~d	3~5	泵	离心泵	d~f	3~5		
							压缩机	d~f	3~5
机床工具	车床主轴	a~b	0.5~1.5	冶金机械	破碎机	f~g	8~10		
	铣床主轴	a~b	0.5~1.5		轧辊	e~f	6~10		
	钻床主轴	b~c	1~2		振动筛	e~f	4~6		
	磨床主轴	c~d	0.5~1		管轧机	f~g	12~18		
	精研机主轴	e~d	0.5	造纸机械	湿的部位	b~c	7~10		
	压力机飞轮	d~f	3~8		干的部位	a~b	10~15		
	压力机曲轴	d~e	3~5		精制机械	b~c	5~8		
	电动工具	g~h	3~8		压光机	a~b	4~8		
	气动工具	g~h	3~8						
齿轮箱	一般齿轮箱	d~e	3~8	木工机械	铣刨机	e~f	1.5~3.0		
	大尺寸齿轮箱	c~d	6~10		锯床	e~g	3~4		
					加工塑料机械	e~f	3~5		
铁路车辆	客车	c~d	8~12	纺织机械	离心浇铸机	e~f	8~12		
	货车	c~d	8~12		印刷机械	a~b	3~4		
	机车	d~e	6~10						

## 第4章 滚动轴承部件设计<sup>[7]</sup>

### 1 概述

滚动轴承部件是指轴及其滚动支承所组成的轴—轴承—支座（外壳）系统。

滚动支承是对轴上任一支点处的轴承和支座以及用于轴承预紧、定位、紧固、润滑、密封等其他相关零件、附件的总称。

一个支承中包含的轴承套数，视轴承部件的受载情况及主机对其刚度和精度的要求而定，一般在1~4

之间变化。当支承中有两套或两套以上的轴承时，应考虑其合理的安装组合方式；若它们的类型、尺寸均相同，便合称为轴承组合，计算时按一套多列轴承处理。

实用中，双支承旋转轴的轴承部件最为常见。

### 2 轴承配置

轴承配置是指若干套轴承在一给定轴两端的总体布局。正确选定轴承配置是滚动轴承部件设计的重要问题之一。



对双支承旋转轴的轴承配置,有以下三种基本方案。

1. 固定端—自由端式配置 固定端为双向限位支承,完全限制轴的轴向窜动;自由端是轴向游动支承,允许轴在热伸长时可作有限的补偿性位移。常见的配置示例见表8-4-1。

自由端如选用不可分离型轴承,外圈和座孔应采用间隙配合;若选用可分离型轴承,轴端的游动靠轴承内、外圈的轴向相对位移来实现,故二套圈均需轴向紧固。

本方案对轴的跨径比 ( $l/d$ ) 无严格限制,适用于部件温升显著或  $l/d$  值较大的轴。

两端支承的选定原则是:

(1) 当部件同时承受径向和轴向载荷作用时,应选径向受载较大的支承作为自由端。

(2) 当部件只受径向载荷作用时,应选受载较小的支承作为自由端。

(3) 当轴的输出端以联轴器与其他轴联接时,应选靠近此例的支承作为固定端。

表 8-4-1 固定端—自由端式配置示例

序号	配置简图		轴承类型		说 明
	固定端	自由端	固定端	自由端	
1			深沟球轴承	深沟球轴承	1. 这是一种常用的轴承配置方式 2. 除承受径向载荷外,也能承受一定的轴向载荷
2			调心滚子轴承	调心滚子轴承	1. 适用于较例1有更大的载荷及需要考虑安装误差的场合 2. 除承受径向载荷外,也能承受一定的轴向载荷
3			带紧定套的调心球轴承	带紧定套的调心球轴承	1. 适用于需要考虑支承间的安装误差和轴挠曲的场合 2. 轴承用紧定套安装,长轴上无需加工轴肩和螺纹,装拆方便 3. 不适用于有轴向载荷的场合
4			带紧定套的调心滚子轴承	带紧定套的调心滚子轴承	1. 适用于较例3有更大的载荷或有冲击载荷的场合 2. 除承受径向载荷外,也能承受一定的轴向载荷
5			双列角接触球轴承	深沟球轴承	1. 适用于有双向作用的较大轴向载荷的场合 2. 固定端的双列角接触球轴承也可用成对安装角接触球轴承代替
6			深沟球轴承	N, NU 型圆柱滚子轴承	1. 这是一种适合高速旋转的常用配置方式 2. 载荷大的一端用圆柱滚子轴承 3. 支承间同轴度不好或轴挠曲时不宜采用



(续)

序号	配置简图		轴承类型		说明
	固定端	自由端	固定端	自由端	
7			NH型 圆柱 滚子轴承	N, NU型 圆柱 滚子轴承	1. 适用于较例6有更大的载荷或有冲击载荷的高速旋转场合 2. 适用于内、外圈都需采用过盈配合的场合,是一种便于装、拆的配置方式 3. 能承受一定的轴向载荷。在固定端采用圆柱滚子轴承(N, NU型)与深沟球轴承(承受轴向载荷)的组合形式时,球轴承外圈与座孔之间应留有间隙,使其不受径向载荷作用 4. 支承间同轴度不好或轴挠曲时不宜采用
			N, NU型 圆柱 滚子轴承 加 深沟球轴承		
8			成对安装 圆锥 滚子轴承	N, NU型 圆柱 滚子轴承	1. 适用于较例7更大的载荷或有冲击载荷作用的场合 2. 这是一种要求固定端有较高刚性的配置方式,轴承按背对背成对安装,轴向预紧后使用 3. 需提高轴和座的加工精度,减小安装误差
9			成对安装 角接触 球轴承	N, NU型 圆柱 滚子轴承	1. 适用于较例8轴向载荷较小的高速旋转场合 2. 适用于内、外圈都需采用过盈配合的场合
10			双列 角接触 球轴承	N, NU型 圆柱 滚子轴承	1. 这是用双列角接触球轴承代替例9中成对安装角接触球轴承的一种配置方式 2. 固定端轴承内、外圈都需轴向紧固

2. 半固定端—半固定端式配置 轴两端各为单向限位支承(故称半固定端),两端支承呈反向置放;轴在双向轴向载荷作用下是稳定的。这种配置常采用

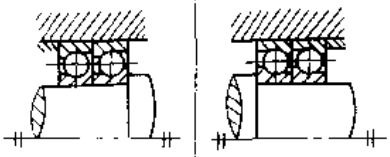
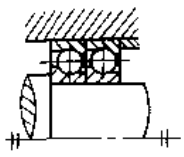
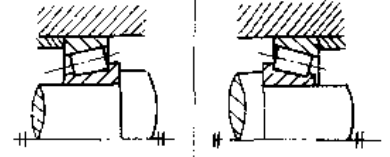
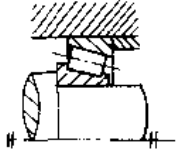
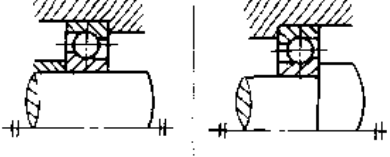
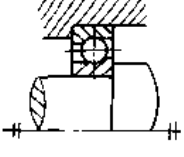
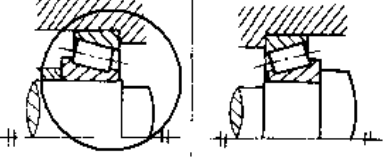
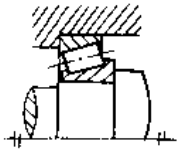
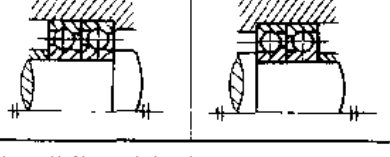
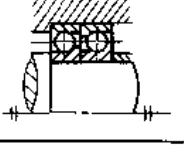
轴向游隙可调的轴承,也称为预调式支承。典型的配置示例见表8-4-2。

表8-4-2 半固定端—半固定端式配置示例

序号	配置简图		轴承类型		说明
	A端	B端	A端	B端	
1			深沟球轴承		1. 这是一种在载荷较小的小型机械产品中最常采用的配置方式 2. 实用时如在一端外圈的端面用弹簧,进行预紧,或用厚度可调的垫片,可减小轴承的径向游隙,或成为小接触角的角接触球轴承
2			角接触球轴承		1. 适用于承受较大轴向载荷的场合 2. 游隙或预紧的控制,可调整两端外圈外侧隔圈的轴向位置,或改变二外圈之间隔圈(图上未示出)的长度 3. 在预紧状态下使用时,应注意轴承升温,适时调整



(续)

序号	配置简图		轴承类型		说明
	A端	B端	A端	B端	
3			串联组合的 角接触球轴承		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 这是一种在轻载、高速、精密旋转部件中常用的高刚性配置方式</li> <li>2. 因轴承是成对安装使用的，故必须正确调整预紧量</li> <li>3. 可得到较高的装配精度</li> </ol>
4			圆锥 滚子轴承		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于较例2有更大的轴向载荷或有冲击载荷作用的场合，且有较高的刚性</li> <li>2. 内圈和轴颈的配合偏紧时，可先将内圈在轴上安装到位，装配工艺性较好</li> <li>3. 游隙或预紧的控制方法及使用时的注意点同例2</li> </ol>
5			角接触球轴承		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于承受较大轴向载荷或力矩载荷的场合</li> <li>2. 游隙或预紧的控制，可调整一端内圈外侧隔圈的轴向位置，或改变二内圈之间隔圈（图上未示出）的长度</li> </ol>
6			圆锥 滚子轴承		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于较例5有更大的轴向载荷或有冲击载荷作用的场合，且有较高的刚性</li> <li>2. 游隙或预紧的控制，可改变两端内圈之间隔圈（图上未示出）的长度；作特殊预紧时，结构上不设置此隔圈，而按扭矩大小进行调整</li> </ol>
7			串联组合的 角接触球轴承		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于较例3有较高角刚性要求的场合</li> <li>2. 其他方面与例3大体相同</li> </ol>

这种配置整体结构简单，装拆方便，容易在部件装配时保证所需的轴承游隙或预紧；但轴的热伸长主要靠轴承游隙的变化来补偿，故通常用于轴的跨距不大和温升较小的部件。它通常按轴两端轴承是“面对面”安装或“背对背”安装而相应地分为X型配置（表8-4-2中例1~4）和O型配置（表8-4-2中例5~7），在轴和轴承尺寸相同的情况下，O型配置抗颠覆力矩作用的角刚性优于X型配置。因此，对于受力矩载荷的短跨距部件，应采用O型配置，而对于简支式径向受载的长跨距部件，常采用X型配置。

3. 自由端—自由端式配置 轴两端均为轴向游动支承；轴可在预定的范围内作有限的双向位移。

游动支承不能承受轴向载荷。采用这种配置的游动轴，通常是与另一根轴向精确定位的非游动轴共轭。

游动轴靠轴上的零件（例如人字齿轮或斜齿轮），相对于非游动轴进行轴向自动找正；一旦找正完毕，轴便不再游动。

设计时应使轴承部件结构的允许游动量，略大于轴所需的最大游动量。在所需游动量较小时，可选用外圈无挡边的圆柱滚子轴承，利用内、外圈的相对位移，实现轴的移动；若所需游动量较大，应考虑选用外圈带单挡边，与座孔为间隙配合的圆柱滚子轴承。若支承的径向尺寸有限制，可用相应的滚针轴承代替滚子轴承。若游动轴的跨度较大，或部件加工精度不高，则应选用对同轴度误差不敏感的深沟球轴承或调心型轴承。

### 3 轴承配合

轴承与轴颈和座孔之间的配合，应根据轴承载荷



性质和大小、支承的结构和温度状况、轴承部件预期的运转精度、轴承类型和尺寸以及安装和拆卸方面的要求等因素选定。

轴承内、外径的尺寸公差是标准化的。因此，轴承与轴的配合采用以轴承内圈内孔为基准的基孔制，轴承与轴承座的配合采用以轴承外圈外表面为基准的基轴制；选定了轴颈和座孔直径的公差带及公差等级后，即可得到轴承与轴和轴承座的相应配合。但需注意，滚

动轴承的公差与配合制度与 GB/T1800—96 规定的通用公差与配合制度对照，有两点不同之处：(1) 轴承内径公差带位于零线以下，上偏差为零，下偏差为负值，在配合种类相同时，轴承与轴的配合过盈会大于一般基孔制的孔—轴过盈；(2) 轴承外径公差带大小自成一种特有的公差系列。

0 级公差的滚动轴承常用配合及轴、轴承座的公差带位置见图 8-4-1。

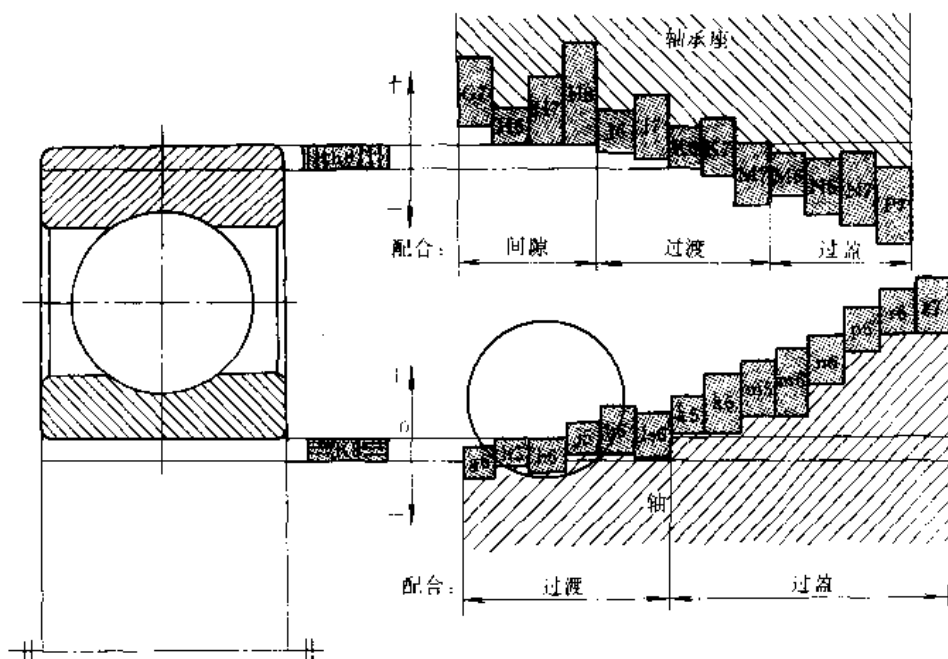


图 8-4-1 滚动轴承与轴和轴承座的配合

轴承载荷性质综合表征了轴承载荷类型和套圈受载形式。轴承载荷类型按轴承径向载荷合力的方向，以及轴承内、外套圈的运动情况，分为以下三种：

(1) 固定载荷。当径向载荷合力与被考察套圈保持相对静止，或载荷与套圈以相同速度同步运动（连续旋转或有限摆动）时，称此载荷对该套圈是“固定”的。此时，径向载荷的合力始终指向被考察套圈上的一固定点，套圈与配合零件之间发生周向爬行的危险性相对减小。

(2) 旋转载荷。当径向载荷合力与被考察套圈保持相对转动（连续旋转或定幅有限摆动）时，称此载荷对该套圈是“旋转”的；或分别称其为“循环载荷”和“摆动载荷”。此时，径向载荷的合力依次作用于套圈滚道圆周上的所有点（连续旋转的情况），或套圈滚道上在摆幅范围内的所有点（定幅摆动的情况），套圈与配合零件之间发生周向爬行的危险性相对增大。

(3) 方向不定载荷。当径向载荷合力的大小、方向变化不定，或载荷与套圈的相对运动状态不能简单地用固定还是转动加以描述时，称此载荷对被考察套圈是“方向不定”的。这种载荷通常具有动态的或随机的性质，量值可能并不太大。它使二配合表面之间产生周向爬行等不利影响，应予以重视。

不同类型的轴承载荷，要求有不同种类的配合。

对应于轴承载荷的三种类型，轴承套圈受载形式有以下六种：

- (1) 内圈受固定载荷；
- (2) 内圈受旋转载荷；
- (3) 内圈受方向不定载荷；
- (4) 外圈受固定载荷；
- (5) 外圈受旋转载荷；
- (6) 外圈受方向不定载荷。

在一套轴承中，内、外套圈受载形式的可能组合，



取决于二套圈的运动情况和载荷的作用来源。静止不动的套圈并不一定受固定载荷,连续旋转的套圈也并不一定受旋转载荷。轴承载荷性质和配合选择见表 8·4-3。

表 8·4-3 轴承载荷的性质和配合选择

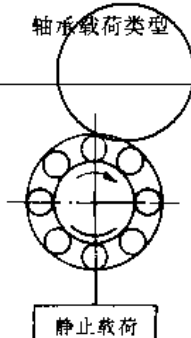
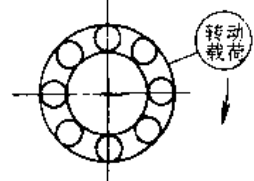
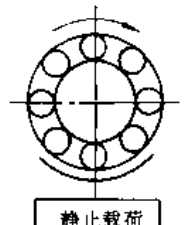
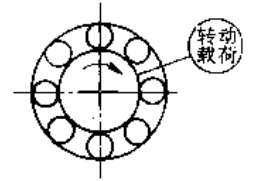
序号	轴承载荷类型	套圈运动情况		套圈受载形式		配合选择原则	
		内圈	外圈	内圈	外圈	内圈	外圈
1		转动	静止	旋转载荷	固定载荷	偏紧的配合	偏松的配合
2		静止	转动				
3		静止	转动	固定载荷	旋转载荷	偏松的配合	偏紧的配合
4		转动	静止				
5	方向不定载荷	转动 或 静止	静止 或 转动	方向不定载荷		偏紧的配合	

表 8·4-4 轴承载荷大小的分类

载荷大小	$P/C$ 值
轻载荷	$\leq 0.07$
正常载荷	$0.07 \sim 0.15$
重载荷	$> 0.15$

注:摘自 GB/T275—93。

轴承载荷大小按径向当量动载荷  $P$  与径向基本额定动载荷  $C$  的比值  $P/C$  进行分类,见表 8·4-4。

O 级公差滚动轴承常用的配合按表 8·4·5~表 8·4-8 选取。



表 8-4-5 安装向心轴承的轴颈公差带

圆柱孔轴承						
运转状态		载荷状态	深沟球轴承、调心球轴承和角接触球轴承	圆柱滚子轴承和圆锥滚子轴承	调心滚子轴承	公差带
说明	举例	轴承公称内径 (mm)				
旋转的内载及摆动载荷	一般通用机械、电动机、机床主轴、泵、内燃机、正齿轮转动装置、铁路机车车辆轴箱、破碎机	轻载荷	$\leq 18$ $> 18 \sim 100$ $> 100 \sim 200$	— $\leq 40$ $> 40 \sim 140$ $> 140 \sim 200$	— $\leq 40$ $> 40 \sim 100$ $> 100 \sim 200$	h5 j6 <sup>①</sup> k6 <sup>①</sup> m6 <sup>①</sup>
		正常载荷	$\leq 18$ $> 18 \sim 100$ $> 100 \sim 140$ $> 140 \sim 200$ $> 200 \sim 280$ …	— $\leq 40$ $> 40 \sim 100$ $> 100 \sim 140$ $> 140 \sim 200$ $> 200 \sim 400$ —	— $\leq 40$ $> 40 \sim 65$ $> 65 \sim 100$ $> 100 \sim 140$ $> 140 \sim 280$ $> 280 \sim 500$	j5 js5 k5 <sup>②</sup> m5 <sup>②</sup> n6 p6 r6
		重载荷		$> 50 \sim 140$ $> 140 \sim 200$ $> 200$	$> 50 \sim 100$ $> 100 \sim 140$ $> 140 \sim 200$ $> 200$	n6 <sup>③</sup> p6 r6 r7
固定的内载荷	静止轴上的各种轮子、张紧轮绳轮、振动筛、惯性振动器	所有载荷	所有尺寸			f6 <sup>④</sup> g6 h6 j6
仅有轴向载荷			所有尺寸			j6, js6
圆锥孔轴承						
所有载荷	铁路机车车辆轴箱		装在退卸套上的所有尺寸			h8(IT6)⑤④
	一般机械传动		装在紧定套上的所有尺寸			h9(IT7)⑤④

注：摘自 GB/T275—93。

- ① 凡对精度有较高要求的场合，应用 j5、k5、…代替 j6、k6、…。
- ② 圆锥滚子轴承、角接触球轴承配合对游隙影响不大，可用 k6、m6 代替 k5、m5。
- ③ 重载荷下轴承游隙应选大于 0 组。
- ④ 凡有较高精度或转速要求的场合，应选用 h7(IT5)代替 h8(IT6)等。
- ⑤ IT6、IT7 表示圆柱度公差数值。





表 8-4-6 安装向心轴承的座孔公差带

运转状态		载荷状态	其他状况	公差带①	
说明	举 例			球轴承	滚子轴承
固定的外圈载荷	一般机械、铁路机车车辆轴箱、电动机、泵、曲轴主轴承	轻、正常、重	轴向易移动,可采用剖分式外壳	H7、G7②	
		冲击	轴向能移动,可采用整体或剖分式外壳	J7、js7	
摆动载荷		轻、正常	轴向不移动,采用整体式外壳	K7	
		正常、重		M7	
旋转的外圈载荷	张紧滑轮、轮毂轴承	轻		J7	K7
		正常		K7、M7	M7、N7
		重		—	N7、P7

注:摘自 GB/T275—93。

① 并列公差带随尺寸的增大从左至右选择。对旋转精度有较高要求时,可相应提高一个公差等级。

② 不适用于剖分式外壳。

表 8-4-7 安装推力轴承和轴的轴颈公差带

运转状态	载荷状态	推力球和推力滚子轴承	推力调心滚子轴承①	公差带
		轴承公称内径(mm)		
仅有轴向载荷		所有尺寸		j6、js6
固定的轴圈载荷		—	≤250	j6
		—	>250	js6
旋转的轴圈载荷或摆动载荷	径向和轴向联合载荷	—	≤200	k6、l6
		—	>200~400	m6
		—	>400	n6

注:摘自 GB/T275—93。

① 要求较小过盈时,可分别用 j6、k6、m6 代替 k6、m6、l6。

② 也包括推力圆锥滚子轴承、推力角接触球轴承。

表 8-4-8 安装推力轴承的座孔公差带

运转状态	载荷状态	轴承类型	公差带	备 注
仅有轴向载荷		推力球轴承	H8	
		推力圆柱、圆锥滚子轴承	H7	
		推力调心滚子轴承		外壳孔与座圈间间隙为 0.001D (D 为轴承公称外径)
固定的座圈载荷	径向和轴向联合载荷	推力角接触球轴承、推力调心滚子轴承、推力圆锥滚子轴承	H7	
旋转的座圈载荷或摆动载荷			K7	普通使用条件
			M7	有较大径向载荷时

注:摘自 GB/T275—93。



## 4 安装和紧固

### 4.1 轴承安装

**1. 轴承安装的一般要求** 轴承安装应在洁净、干燥的环境内进行。轴承的拆封和清洗应在其他各项准备工作都已完成后进行。安装前,轴、座及其他相关零件均应按技术条件逐一检验,确认合格后,方可交付安装,并应仔细进行清洗和干燥。安装时,各配合表面应用清清的轻质油稍加涂抹;需对轴承施力时,严格禁止使用手锤之类钢质工具直接击打任何轴承零件,也不允许将轴向安装力通过轴承滚动体再传递到被安装的套圈,以避免因安装而使轴承零件的工作表面受到损伤。

**2. 轴承安装方法的选择** 常用的轴承安装方法有:强制推入式安装,液压扩张式安装,温差胀缩式安装。

强制推入式安装比较适用于中小尺寸轴承。安装时,通常先将配合偏紧的套圈安装到位,如两个套圈都是偏紧的配合,则应同时将它们在轴上和座孔中安装到位。实际操作中,都应有相应的安装辅助工具,见图8-4-2;工具的设计要保证轴向安装力能均匀作用于被安装套圈的端面。

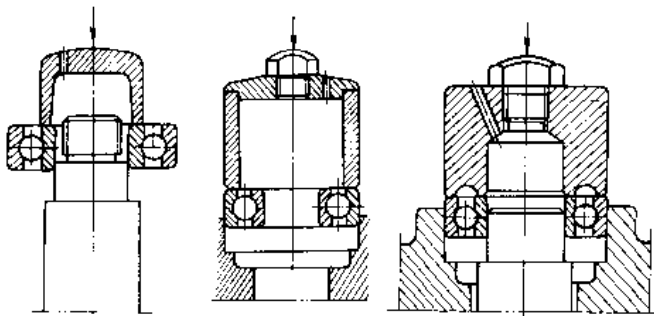


图8-4-2 轴承安装用的辅助工具

液压扩张式安装适用于大型和特大型轴承。为使高压油能到达内圈和轴之间的结合面并使内圈扩张,轴颈端部应有内通式油路,轴颈表面应有环形油沟,见图8-4-3。

温差胀缩式安装对轴承尺寸的限制不严,但不能用于已注脂的密封轴承、薄壁精密轴承以及其他不宜进行人工加热或低温冷却的轴承。实际应用时,要注意温度的控制和操作的迅捷;加热温度不得高于 $100^{\circ}\text{C}$ ,冷却温度不得低于 $-50^{\circ}\text{C}$ 。低温冷却的方法因成本较

高,且难以避免轴承和座孔之间的冷凝锈蚀问题,故应用不多。

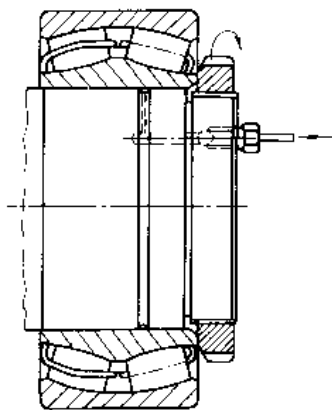


图8-4-3 液压扩张式安装

**3. 分离型轴承的安装** 分离型轴承的内、外圈可以独立安装,但需防止滚动体的散落和表面擦伤、划伤,并应保证二套圈之间的同轴度;若轴承内、外套圈不是完全互换的,安装前应作出编号标记,避免套圈的错配现象。

**4. 角接触轴承的安装** 按O型或X型配置的角接触球轴承和圆锥滚子轴承,安装时除了要防止配置方向发生错误以外,更应特别注意轴承游隙或过盈的调整。原则上,安装时实现的游隙或过盈,应保证轴承在达到工作温度和承受给定载荷时,工作游隙值接近于零。安装游隙过大或过小,都有可能導致轴承的异常温升。实际操作时,最好能用仪表测量轴向游隙,见图8-4-4。

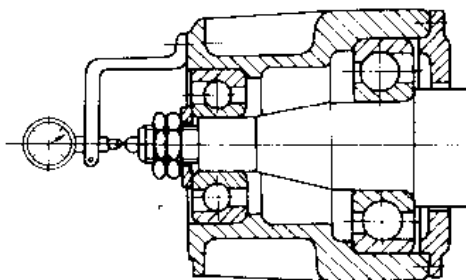


图8-4-4 轴向安装游隙的测量

**5. 圆锥孔轴承的安装** 标准锥度为 $1:12$ 的圆锥孔轴承在轴上的配合通常要比圆柱孔轴承为紧,而且,配合的过盈量并不取决于轴的公差,而是由两个圆



锥配合表面的轴向相对位移量来决定。在配合表面之间形成过盈的同时,内圈滚道直径涨大,轴承径向游隙减小。安装时应正确控制二圆锥表面的相对位移,并注意径向游隙的变化。

#### 4.2 轴承紧固

当轴承受轴向载荷,或轴需轴向定位时,应采用适当方法,使轴承内、外套圈在轴上或座孔中保持正确的轴向位置。

轴承紧固方法的选择,应根据轴承的类型、配置特点、受载状态、工作速度、轴承部件的装拆要求以及轴

承用户自身的加工能力等因素综合确定。轴向载荷越大,转速越高,轴承的紧固应精确可靠。

如果轴承不受轴向载荷,而只要求防止随机的轴向偏移,则可利用适当的配合来实现,不需专门的轴向紧固措施。

在轴向游动支承中,外圈在座孔内不需轴向紧固。

1. 内圈的轴向紧固 内圈在轴上常用的紧固方法见表 8-4-9。

2. 外圈的轴向紧固 外圈在座孔中常用的紧固方法见表 8-4-10。

表 8-4-9 轴承内圈在轴上的紧固

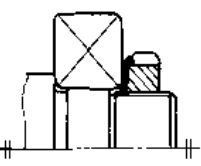
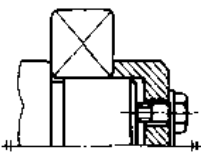
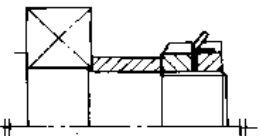
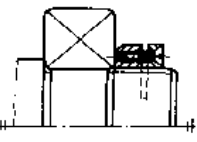
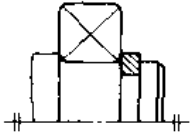
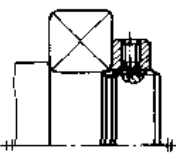
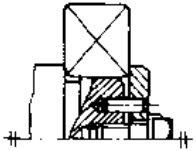

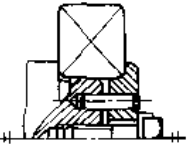
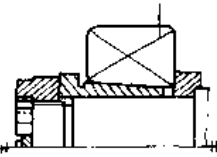
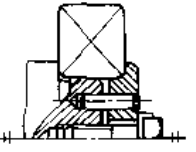
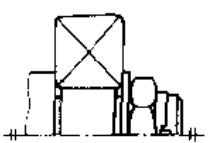
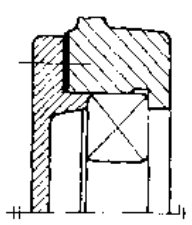
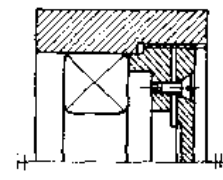
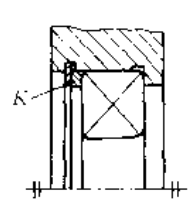
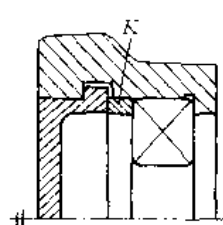
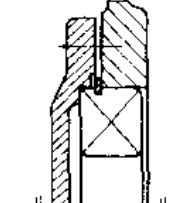
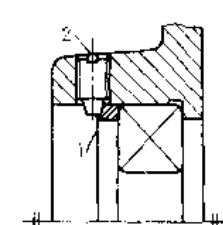
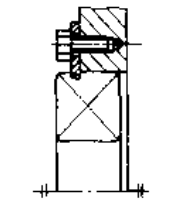
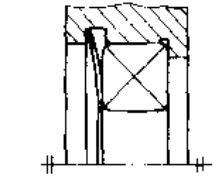
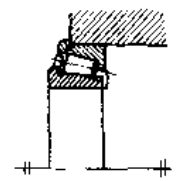
简图	紧固方法	特点和用途	简图	紧固方法	特点和用途
	用一个锁紧螺母和锁紧垫圈。必要时可在垫圈与内圈之间增加过渡套筒	结构简单,拆装方便,紧固可靠。用于受双向载荷和中、低转速的向心和角接触轴承		用外定心式轴端挡圈和带防松装置的紧固螺钉	轴端不需加工螺纹,轴向尺寸紧凑。用于受双向轴向载荷和内径 $d \geq 70\text{mm}$ 的中、大型轴承
	用两个锁紧螺母和一个锁紧垫圈,垫圈分别有一个外爪弯入两侧螺母的锁紧槽内。必要时也可增加过渡套筒	紧固可靠,能调整轴承游隙。用于内圈和轴颈为过渡配合的角接触轴承		用带锁紧槽的专用螺母和轴向拧紧的防松螺钉	调整更方便。用于中、低转速的向心轴承和可进行轴向安装调整的场合
	用卡在轴颈环形槽中的外偏心或弹性挡圈。必要时可增加轴向尺寸的补偿环	结构简单,拆装方便,能传递一定的轴向载荷,广泛用于中、小尺寸的向心轴承		用专用螺母和径向拧紧的防松螺钉,螺钉与轴上螺纹之间有软金属垫圈	
	用平面式轴端挡圈和带防松装置的紧固螺钉	轴端不需加工螺纹,轴向尺寸紧凑。用于受双向轴向载荷和内径 $d \geq 70\text{mm}$ 的中、大型轴承		用紧定衬套、锁紧螺母和锁紧垫圈	只能承受较小的轴向载荷。用于安装在光轴上的圆锥孔调心滚子轴承
	用内定心式轴端挡圈和带防松装置的紧固螺钉			用拆卸衬套和带防松装置的锁紧螺母	可承受较大的径向载荷和冲击载荷。用于内径 $d \geq 80\text{mm}$ , 安装在阶梯轴轴端的,圆锥孔调心滚子轴承
				用光垫圈和带开口销的冠形螺母	防松可靠,抗振动,轴上的开口销孔要在紧固到位后配钻



表 8-4-10 轴承外圈在座孔中的紧固

简图	紧固方法	特点和用途	简图	紧固方法	特点和用途
	用推入式端盖和紧固螺钉,端盖与座壳端面之间有不同材质的调整垫片	结构简单,装拆方便,紧固可靠,广泛用于各种类型轴承和不同的工况		用带有外螺纹和防松装置的旋入式端盖	座孔需加工螺纹,可承受较大的轴向载荷和调整游隙,用于中、低转速的角接触轴承
	用卡在座孔环形槽中的内偏心式弹性挡圈,必要时可增加轴向尺寸的补偿环	结构简单,装拆方便,能传递一定的轴向载荷,用于中、小尺寸的向心轴承		用嵌入式端盖,必要时可增加轴向尺寸的补偿环K	结构简单,装拆方便,紧固可靠,但座孔的加工较复杂,用于径向装配的剖分式座壳
	用卡在外圈止动槽中的止动环和端盖(用于外圈有止动槽的深沟球轴承)	结构最简单,座孔内不必加工环形槽或轴向挡肩,可承受不大的双向轴向载荷		用锥端定位圆环1和防松装置2的定位螺纹	结构简单,但可靠性较差,用于其他紧固方法不便实现の場合
	用卡在外圈止动槽中的剖分式止动端板(应注意轴承防尘)			用卡在座孔环形槽中的蝶形弹性挡圈	结构简单,装拆方便,能传递一定的轴向载荷,并能自动补偿轴向尺寸,用于中、小尺寸的向心轴承
	用外圈外表面上的止推凸缘(用于外圈有止推凸缘的深沟球轴承和圆锥滚子轴承)				

5 结构举例

1. 固定端-自由端式配置 拖拉机中央传动主动锥齿轮轴轴承部件见图 8-4-5。部件承受冲击性较大的径向和双向轴向载荷,并要求轴向可精确调整和定位。

固定端选用一对背对背安装的圆锥滚子轴承,轴承可在安装时实现轴向预紧,以提高支承的轴向和径向刚度;齿轮副的啮合精度由轴承套杯与座壳端面的调整垫片厚度控制。

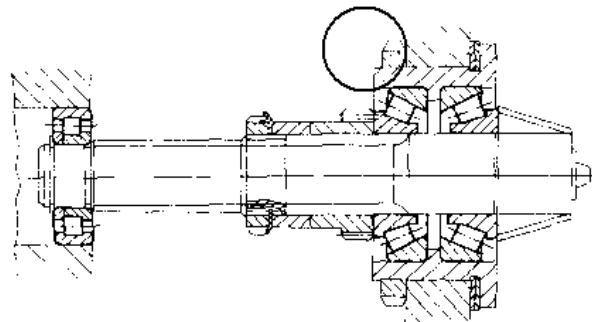


图 8-4-5 主动锥齿轮轴轴承部件



自由端选用 NUP 型圆柱滚子轴承,外圈与座孔采用间隙配合,可以补偿轴的热伸长。

在后轮驱动的汽车部件中,则常将自由端的游动支承置于主动锥齿轮的前端,轴承也可换用 NJ 型圆柱滚子轴承。

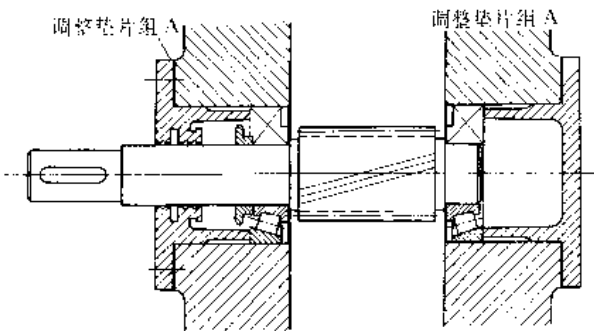


图 8-4-6 X 型配置的输入轴轴承部件

2. 半固定端 半固定端式配置 斜齿圆柱齿轮减速器输入轴轴承部件见图 8-4-6。轴两端均选用圆柱滚子轴承,采用 X 型配置结构。轴的热伸长将使轴

承游隙减小。在部件的设计与装配时,应正确选择两侧调整垫片组 A 的厚度,保证必要的轴向游隙。

3. 自由端—自由端式配置 人字形齿轮游动轴轴承部件见图 8-4-7。为保证齿轮副的正确啮合位置,该轴应能双向轴向游动,以实现轴向位置的自动找正。

轴两端均选用 N 型圆柱滚子轴承,轴承内、外圈均作轴向紧固。轴的游动由轴承内、外圈的相对位移来实现。

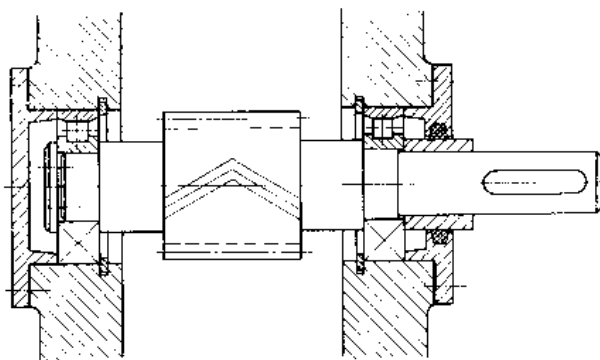


图 8-4-7 人字形齿轮游动轴轴承部件

## 第5章 典型主机用轴承

### 1 汽车轴承

汽车轴承通常是按其安装部位来分类的,如轮毂轴承、变速箱轴承、离合器轴承、水泵轴承等。目前列入国家标准的各类型轴承在汽车上均有使用,其中特别以深沟球轴承、角接触球轴承、滚针轴承和圆锥滚子轴承使用最为广泛。

#### 1.1 前轮毂轴承

汽车前轮支承必须将轮子精确而又无游隙地引导于轴颈上,所以在选用轴承上主要考虑使用两套预调单列圆锥滚子轴承或一套双内圈双列角接触球轴承。作用于车轮上的力,除径向载荷外,还有轴向载荷和由此而产生的倾覆力矩,因此需要较宽的支承基面,所以两套圆锥滚子轴承或双列角接触球轴承都应采用 O 型配置。

图 8-5-1 是用双内圈双列角接触球轴承支承的被驱动的轿车前轮。双列角接触球轴承是成套提供的,出厂前轴向游隙已调整好,多数装有密封圈,安装时无需再调整轴向游隙。

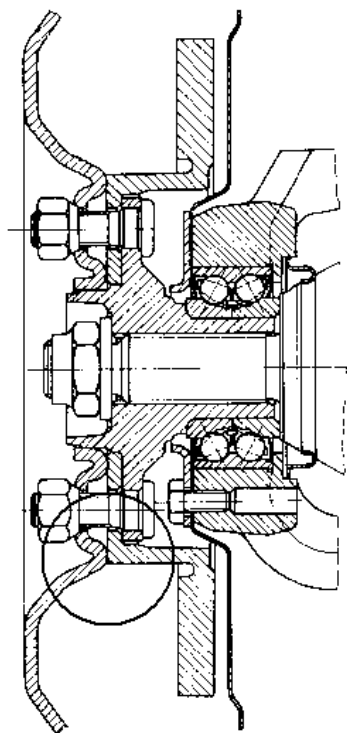


图 8-5-1 轿车前轮支承



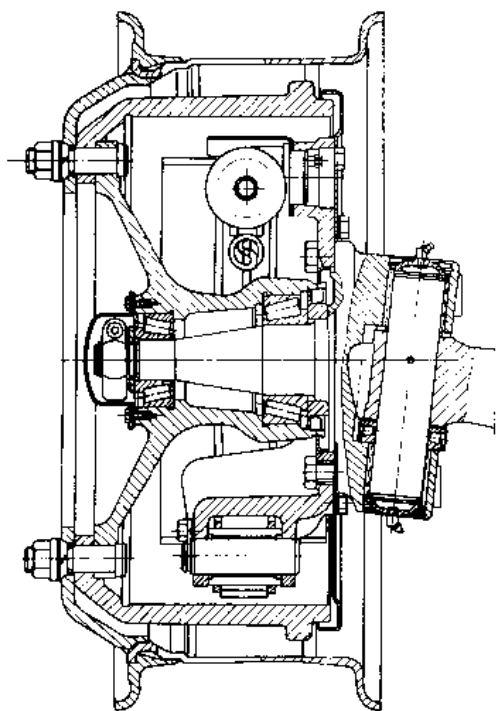


图 8-5-2 卡车前轮支承

图 8-5-2 是用两套圆锥滚子轴承支承的卡车非驱动前轮。这两套轴承需要通过靠近内圈的轴颈螺母来

调整轴向游隙。

前轮毂轴承应尽量保持无游隙运转,鉴于成批装配必然存在一定公差,所以应允许有一定的轴向游隙,轿车一般为  $0 \sim 0.01\text{mm}$ ,卡车一般为  $0 \sim 0.15\text{mm}$ 。

对装圆锥滚子轴承的轮毂座孔,其配合面按公差带 N7(N6)加工可保证可靠的配合,对薄壁结构和用轻金属制造的轮毂,则按 P7 加工。装双列角接触球轴承时,轮毂需按 M6 或 N6 加工。

轮毂轴承一般用脂润滑,多数使用锂基皂化脂,这种脂除具有其他润滑脂的优点外,还有较强的防老化能力。

### 1.2 变速箱轴承

汽车变速箱结构各不相同,在发动机前置并通过后轮驱动的轿车中,通常采用图 8-5-3 的传动结构。主动轴支承主要采用带止动槽的深沟球轴承、圆柱滚子轴承或者用圆锥滚子轴承。中间轴通常用深沟球轴承、圆柱滚子轴承或圆锥滚子轴承。从动轴通过一套引导轴承支承于主动轴上,该引导轴承一般为滚针保持架组件或滚针轴承,驱动端一般用一套深沟球轴承或圆锥滚子轴承支承。游动齿轮则用滚针保持架组件支承。

图 8-5-3 中,深沟球轴承在轴上的配合采用 k6,

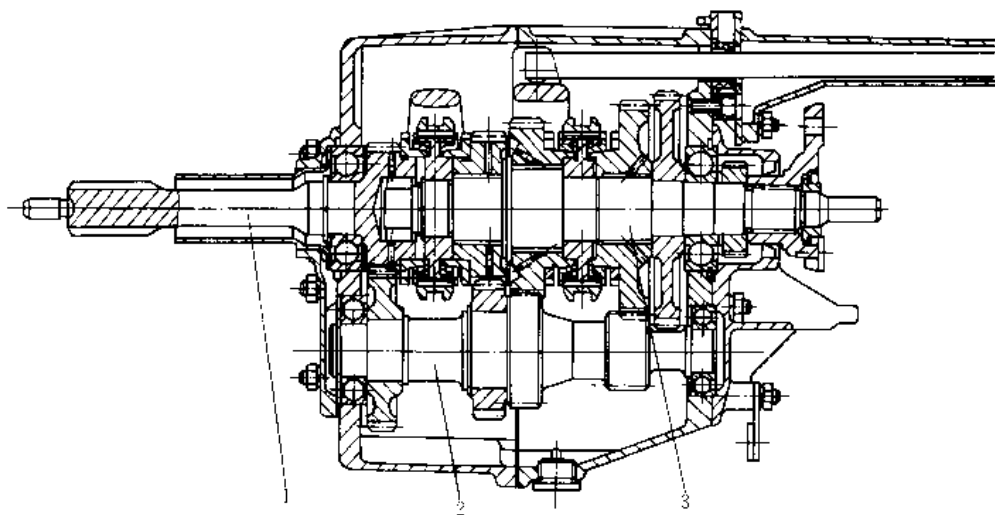


图 8-5-3 轿车变速箱轴承

1—主动轴 2—中间轴 3—从动轴

灰口铸铁箱体内孔则按 J6~K6 加工,在轻金属箱体中需要采用较重的压配合 M6~N6。

变速箱轴承采用油润滑,由于需要的润滑剂量小,所以一般由齿轮溅油就足够了,只对溅油达不到的部位设置集油槽和导管。

### 1.3 离合器轴承

离合器分离轴承是在高速、高温、强振、而且发动机轴与传动箱轴可能产生同心误差的条件下工作的,由于它们的修理费用较高,所以要求具有很高的可靠



性。

图 8·5-4 是一种轿车用离合器轴承单元。轴承装在专门的尼龙套筒上,可以在径向自动调整,这样可使由于离合器轴与变速箱轴不同心而引起的附加径向力减小到最低限度。在轴承与轴套之间还有一个减振元件,可以减轻振动对轴承和润滑脂的影响。

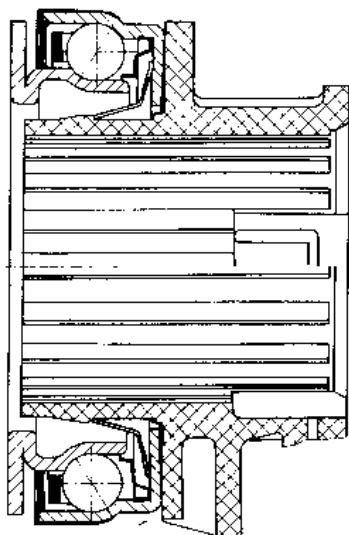


图 8·5-4 离合器轴承单元

轴承套圈由钢板冲压而成,沟道不经车削,然后进行渗碳和淬火。轴承采用非接触式密封,密封装置可有效地防止污物进入和润滑脂溢出,同时又具有很小的摩擦损耗。离合器轴承的润滑采用耐压抗振润滑脂,润滑脂的选择应根据最高工作温度来确定。

## 2 铁路车辆轴承

铁路车辆车轴轴承一般装在两个轮子外面的轴颈上,车辆的载荷则通过转向架、弹簧和轴承座传递给轴承。

### 2·1 铁路车辆轴承的结构型式

铁路车辆轴承主要有四种结构型式,即双列圆柱滚子轴承、双列圆锥滚子轴承、调心滚子轴承以及圆柱滚子轴承和球轴承的组合。前两种轴承应用最为广泛,组合轴承在高速重载列车和机车中使用较多。

车辆轴承分为轴箱轴承和无轴箱轴承两种,轴箱轴承见图 8·5-5,由于受轴箱的保护,不易受到意外伤害,其密封也较简单。无轴箱轴承见图 8·5-6,通常是带密封的轴承,它通过承载鞍与车辆的转向架连接,它的外圈直接暴露在外,易受外界影响,因此在材料及热处理上有严格要求,常用渗碳钢制造。如用轴承钢则应

采用特殊的热处理方法,以提高材料的冲击韧性。

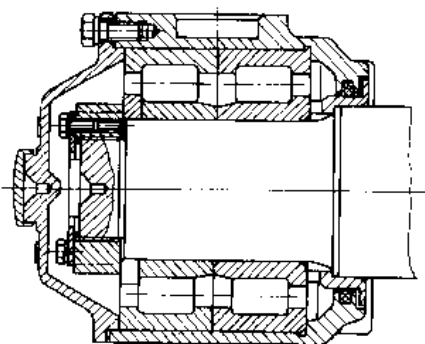


图 8·5-5 双列圆柱滚子轴箱轴承

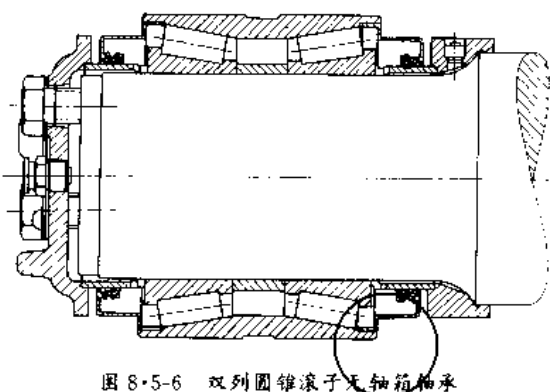


图 8·5-6 双列圆锥滚子无轴箱轴承

### 2·2 车辆轴承的基本要求

车辆轴承使用条件恶劣,它承受的载荷较大,且有较高的冲击载荷,据测定其瞬时振动加速度可达(20~30)g,在个别情况下甚至更高。针对这种使用条件,对车辆轴承提出了以下基本要求:

(1)由于承受重载荷,轴承内圈与轴的配合一般采用 p6 配合。外圈与轴箱或承载鞍的配合常用 0 间隙过渡配合,以使外圈相对于轴箱或承载鞍产生缓慢爬行,这样可使外滚道磨损均匀,提高使用寿命。

(2)由于轴承与轴的过盈选得大,轴承的径向游隙一般采用 3 组或 4 组。在我国常采用 4 组游隙。

(3)轴承材料应具有较高的冲击韧性,常用渗碳钢做为轴承套圈材料。对于用轴承钢制造的轴承,套圈需采用  $200 \pm 5 \text{ C}$ 、滚子采用  $180 \pm 5 \text{ C}$  的温度回火。对无轴箱轴承的套圈还要采用特殊的热处理方法,使材料表面硬而心部较软,保持必要的硬度梯度。一般不宜采用硅锰轴承钢。

(4)为了消除磨削应力和稳定尺寸,轴承套圈和滚子在粗磨后要进行温度为  $150 \pm 5 \text{ C}$  的附加回火。

(5)轴承的滚动体必须带有凸度,凸型最好采用对

6018 机械工业出版社



数曲线型,也可采用两端圆弧修形的修正型,其目的是消除滚子端部的应力集中,同时起一定的调心作用。

2.3 车辆轴承的润滑与密封

铁路车辆轴承一般均采用脂润滑,它要求润滑脂具有良好的力学、物理性能和化学稳定性,具有较好的耐高温、低温和防锈性能。目前铁路轴承常用的润滑脂为Ⅱ型铁道脂,其理化性能见表8-5-1。

表 8-5-1 Ⅱ型铁道脂理化性能

项 目	质量指标	试验方法
工作锥入度 1/10mm	290~320	按 GB7324 要求
滴点	≥170 C	
腐蚀(T <sub>3</sub> 铜片,100 C,3h)	合格	
分油量(100 C,24h)	≤10%	
延长工作锥入度(10万次) 1/10mm	360	按 GB3142 要求
相似粘度(-15 C,10s <sup>-1</sup> ) Pa·s	≤1000 (10000)	
四球磨损(40kg,1h,常温)	≤0.7mm	
pB 值	≥650N	

轴箱轴承的工作环境要优于无轴箱轴承,其密封只需在轴箱内侧靠转向架的一面进行。国产轴箱轴承通常采用毡密封圈密封,毡密封圈与防尘挡圈接触起到密封作用,同时防尘挡圈与轴箱之间形成一曲折,可以阻止粉尘侵入,见图8-5-7。

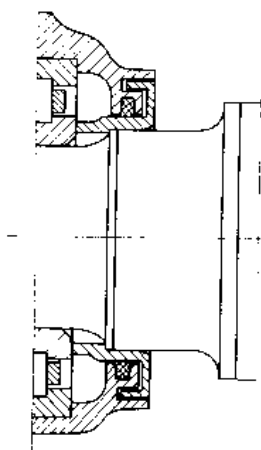


图 8-5-7 轴箱轴承密封

无轴箱轴承通常采用接触式橡胶密封,其结构见图8-5-8。这种密封与轴承形成组合件,只是在检修时

才分解。橡胶密封圈唇口与密封座之间有过盈,并用弹簧圈扣紧,以保持一定的径向压力。密封罩用钢板冲压,外缘与轴承外圈为过盈配合。

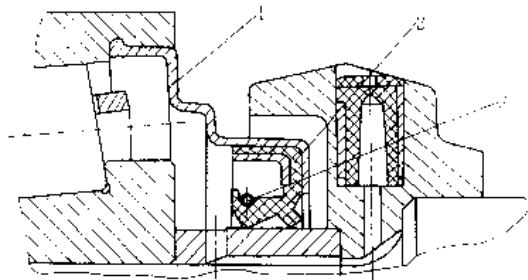


图 8-5-8 无轴箱轴承密封

1—密封罩 2—弹簧圈 3—橡胶密封圈

3 轧机轴承

轧机轴承主要是指轧辊辊颈轴承,恶劣的工作条件要求轧机轴承具有承载能力大、寿命长、精度好、可靠性高,能适应高的轧制速度,便于维护等特点。

3.1 轧机轴承的结构型式

轧机在工作时将产生巨大的径向轧制力,同时伴随很大的轴向力。径向载荷一般要用多列轴承来承担,最常用的是四列圆柱滚子轴承和四列圆锥滚子轴承。

四列圆柱滚子轴承具有很高的径向承载能力,摩擦力矩小,能适应较高的轧制速度,因此应用范围很广。这种轴承的内圈具有互换性,可以在不拆卸内圈的情况下以内滚道为基准面修磨轧辊,维修拆卸非常方便。

四列圆柱滚子轴承不能承受过大的轴向载荷,因此它必须与推力轴承配合使用。轧机中使用的推力轴承主要有双向推力圆锥滚子轴承、双列角接触球轴承和四点接触球轴承,这些轴承除了承受轴向载荷外,还能起到轴向定位作用。

四列圆锥滚子轴承能同时承受径向载荷和轴向载荷。为了适应频繁的换辊,轴承与辊颈为间隙配合,内圈相对于辊颈可产生转动,当润滑不良时,配合表面可能出现磨损或烧伤。为了避免这种情况,可在内圈端面上开径向槽,对于大尺寸轴承,可在内圈的内表面开螺旋槽,以便储油和形成油路。

3.2 初轧机轴承

常用四列圆柱滚子轴承承受径向力,双向推力圆





锥滚子轴承承受轴向力。另外在一端安装一套深沟球轴承作为轴向定位轴承,该轴承与轧辊为间隙配合,与

轴承座之间有 0.25mm 的径向间隙,见图 8-5-9。  
四列圆柱滚子轴承内圈采用 m5 紧配合,与辊颈

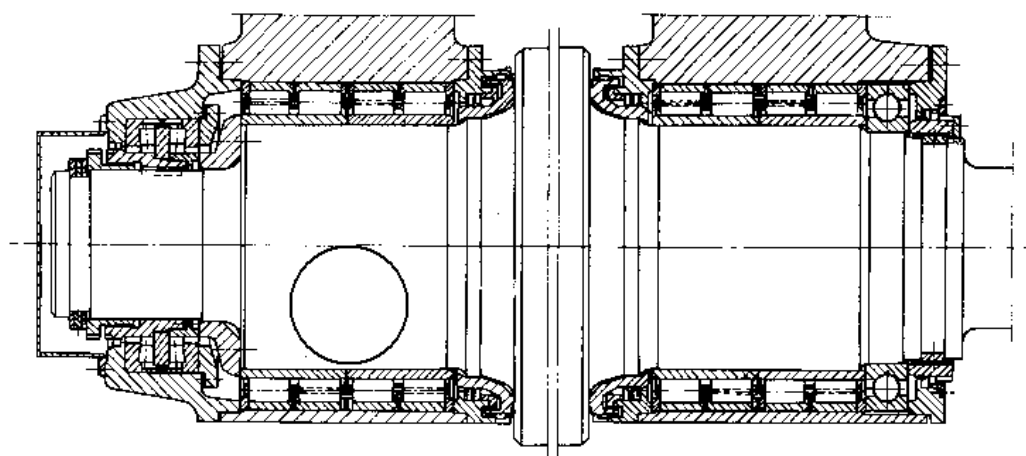


图 8-5-9 初轧机轴承

进行热压配合时多采用感应加热法。因为圆柱滚子轴承是分离型轴承,所以外圈也要用较紧的 K6 配合,以增大轴承刚性。

该类轴承采用脂润滑即能充分满足要求,如选用钠基润滑脂,使用温度可高达 120℃。

### 3-3 线材轧机轴承

常用四列圆柱滚子轴承承受径向力,由转速较高,

用成对安装的角接触球轴承来承受轴向力。如果轴向位置受到限制,也可采用双半内圈的四点接触球轴承来承受轴向力。

圆柱滚子轴承与辊颈为紧配合,而角接触球轴承则安装在轴套上,该轴套可以实现轴向调整,以保证上下轧辊的辊槽精确对正,见图 8-5-10。由于速度较高,轴承应采用油润滑。

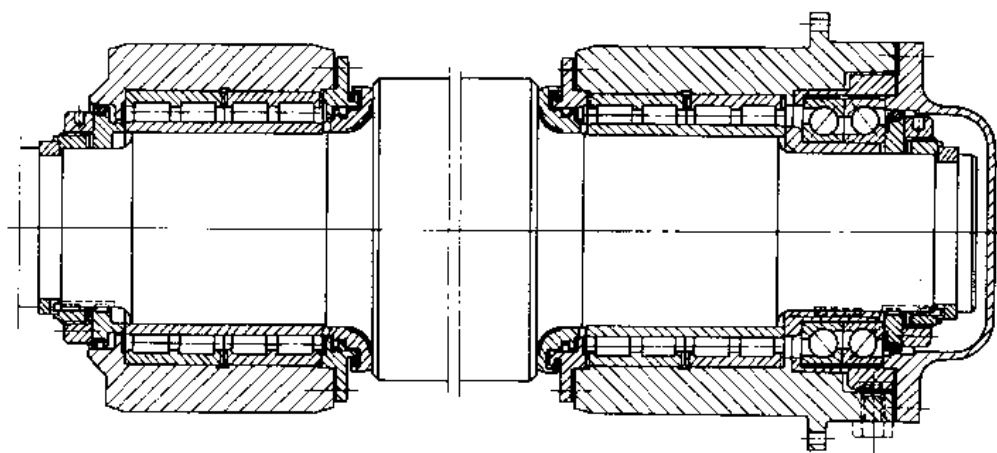


图 8-5-10 线材轧机轴承

### 3-4 带材热轧机轴承

这种轧机的工作辊需要经常修磨,要求轴承快拆快装,因此一般采用内圈内表面带螺旋槽的四列圆锥滚子轴承,见图 8-5-11。轴承与辊颈和轴承箱都采用间隙配合,在辊颈上为 e6,而在箱孔上为 H6。

### 3-5 轧机轴承密封

轧机轴承的密封必须能有效地防止锈皮、水分、乳液等渗入轴承内部,同时也要防止润滑剂外漏。对速度小于 15m/s 的轧机,可采用迷宫与胀环组合式密封,见图 8-5-12a。迷宫内填充润滑脂,胀环的膨胀力



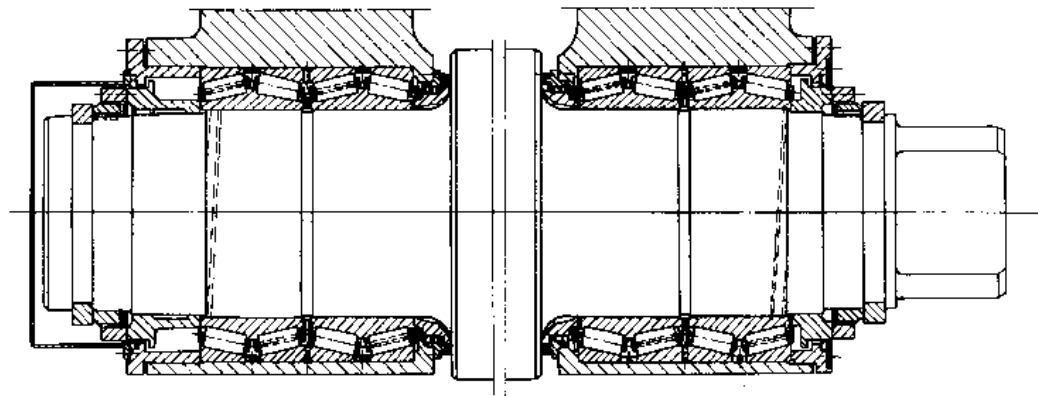


图 8-5-11 带材热轧机轴承

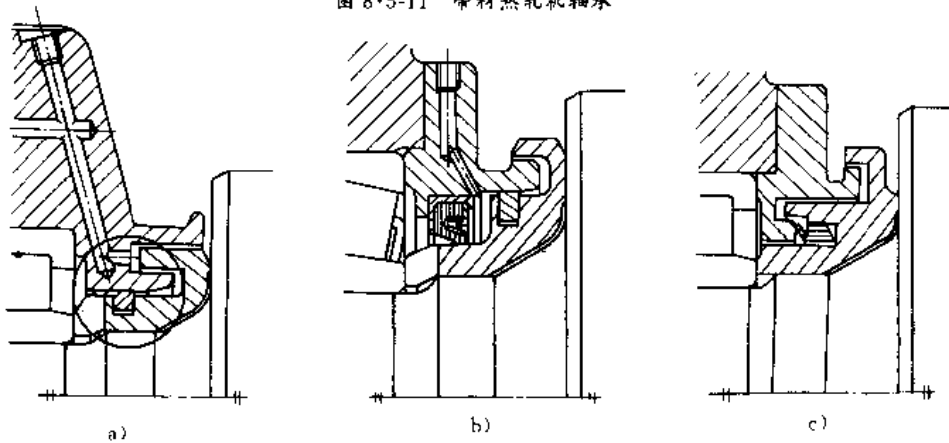


图 8-5-12 轧机轴承密封结构

a) 迷宫与胀环组合式 b) 密封圈与胀环组合式 c) V形环

朝向壳体内孔,当轧辊旋转时活塞环固定不动,胀环与配合槽之间的轴向间隙很小,能获得良好的密封效果。

图 8-5-12b 为密封圈与胀环组合式密封,胀环在最外端,可阻止锈皮之类的硬物刮伤密封圈唇部。密封唇朝向辊身,可阻止水分进入轴承内部。一般小型轧机多采用这种型式的密封。

当轧制速度很高时,密封唇的压力会减小,可能出现密封唇不接触密封面而影响密封效果。此时轴向油封可采用 V 形环,见图 8-5-12c。

#### 4 航空发动机轴承

现代航空燃气涡轮发动机多采用滚动轴承,而很少采用滑动轴承。因为滚动轴承与滑动轴承相比有如下优点:

- (1) 所需要的起动力矩较小,而且易于在低温下起动。
- (2) 摩擦损失较小。
- (3) 润滑油的需要量较小。
- (4) 对润滑油中断的敏感性较小。

航空发动机轴承按其在发动机上的安装部位可以分为主轴轴承和附件、传动轴承。主轴轴承是航空发动机的关键零件,它的工作条件远较附件、传动轴承恶劣得多,使用中出现的问題也多。

典型双转子涡轮喷气发动机主轴轴承见图 8-5-13。

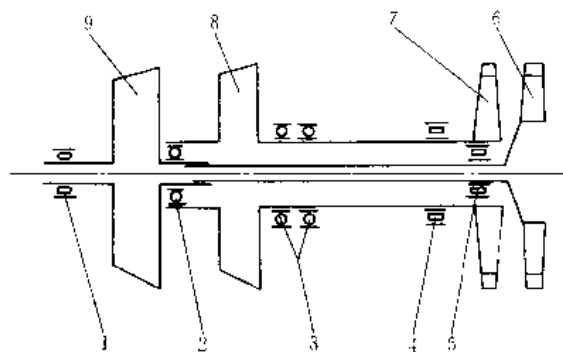


图 8-5-13 双转子涡轮喷气发动机主轴轴承安装示意图

1—低压压气机前轴承 2—前中介轴承 3—高压压气机后轴承 4—高压涡轮前轴承 5—后中介轴承 6—低压涡轮 7—高压涡轮 8—高压压气机 9—低压压气机



### 4.1 航空发动机主轴轴承的特殊技术要求

现代涡轮喷气发动机的发展趋向是增大推力重力比和降低燃料消耗率,这就对发动机的主轴转速和工作温度等都提出了更高的要求,从而对发动机上轴承在高速、高温、高可靠性和长寿命等方面也就相应地提出了更高的技术要求。

**1. 高速** 航空发动机最重要的要求是增大其推力重力比,实现这一要求的主要途径是提高发动机主轴的转速;同时,为了使发动机转子轴具有足够的抗弯和抗扭强度,必须增大发动机主轴的轴颈尺寸,这样,轴承的尺寸亦随之增大。因而主轴轴承的  $dn$  值势必增大,航空发动机主轴轴承的  $dn$  值一般为  $(1.2 \sim 2.0) \times 10^6 \text{mm} \cdot \text{r}/\text{min}$ ;高性能的发动机主轴轴承的  $dn$  值可达  $(2.0 \sim 2.5) \times 10^6 \text{mm} \cdot \text{r}/\text{min}$ 。

对双转子和三转子发动机而言,由于它增加了两个或多个辅助支承轴承,即所谓“中介轴承”,这种轴承安装于两个空心轴之间,其内圈和外圈分别随发动机的低压轴和高压轴同时旋转。通常是内、外圈旋转方向相同,且外圈转速高于内圈转速,在这种情况下,轴承内、外圈之间的相对转速较低,一般为  $500\text{r}/\text{min}$  左右,但保持架的转速却很高,一般都在  $10000\text{r}/\text{min}$  以上。对于低压轴和高压轴反向旋转的发动机,它的中介轴承内、外圈之间的相对转速将变得非常高,但轴承保持架的转速却很低。

航空发动机主轴轴承,由于在高速下运转,会带来很多问题,如摩擦发热、磨损、打滑、滚子偏斜等等。这些都严重影响轴承的使用性能、寿命和可靠性,从而危及发动机的使用性能、翻修寿命和可靠性。因而轴承的结构设计、材料选择、加工制造、检验测试、安装配合、润滑方式、润滑剂及其用量等都有十分严格的要求。

**2. 高温** 航空发动机主轴轴承,由于其环境温度较高,使轴承处于较高的热载荷状态下,加之轴承转速高,本身摩擦发热大,所以,轴承的工作温度较高。特别是涡轮轴承和中介轴承,由于发动机的高温部件的传热和散热条件较差,其工作温度更高。航空发动机主轴轴承的最高工作温度可达  $250^\circ\text{C}$  以上,随着发动机性能的提高,主轴轴承的工作温度还将提高。

航空发动机主轴轴承还有一个特殊问题,即当发动机停车以后,发动机高温部件的余热仍会继续传入轴承,而赖以冷却轴承的滑油却随着发动机的停车而中断,致使轴承处于更高的温度之下。实测表明,在发

动机停车后的  $15 \sim 30\text{min}$  内,涡轮轴承的温度比停车前可升高  $50^\circ\text{C}$ 。

为了满足航空发动机主轴轴承在高温下工作的要求,除轴承零件应当选用耐高温材料外,还应合理选择轴承的润滑方式、润滑剂及其用量。目前广泛采用的轴承套圈和滚动体材料为  $\text{ZGCr15}$ 、 $\text{Cr4Mo4V}$ 、 $\text{W18Cr4V}$ 、 $\text{W9Cr4V}$  等;保持架材料多为  $\text{QSi3.5-3-1.5}$  和  $\text{QA110-3-1.5}$  青铜或  $40\text{CrNiMo}$  钢。

### 4.2 航空发动机主轴轴承的结构类型

目前广泛采用的结构类型主要有两半套圈角接触球轴承(用以承受轴向载荷)和圆柱滚子轴承(用以承受径向载荷)。随着航空发动机的发展,还出现了一些变型结构轴承,如外圈带安装凸缘的轴承等。轴承的结构类型见图 8-5-14。

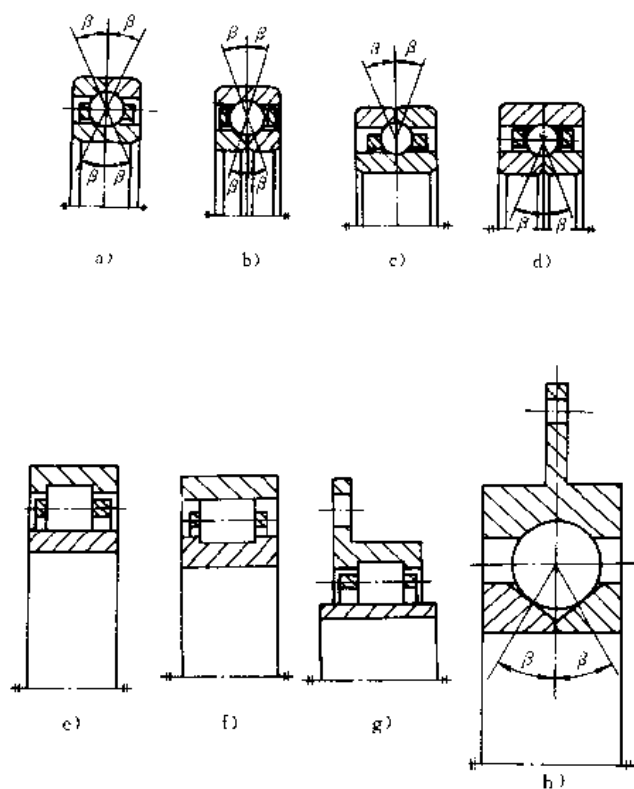


图 8-5-14 航空发动机主轴轴承结构类型

- a) 双半外圈四点接触式角接触球轴承
- b) 双半内圈四点接触式角接触球轴承
- c) 双半外圈三点接触式角接触球轴承
- d) 双半内圈三点接触式角接触球轴承
- e) 外圈带双挡边圆柱滚子轴承
- f) 内圈带双挡边圆柱滚子轴承
- g) 外圈带安装边圆柱滚子轴承
- h) 外圈带安装边内圈两半三点接触式角接触球轴承

两半套圈角接触球轴承,可以承受双向轴向载荷,



也可以承受瞬时纯径向载荷,是航空发动机主轴轴承的基本结构型式。这种轴承分为两半外圈型和两半内圈型,视其内部结构的不同,又有三点接触和四点接触之分。就其高速性能而言,以两半内圈、三点接触最优。

航空发动机主轴用圆柱滚子轴承,在高速、轻载下工作,经常出现打滑、非正常磨损、滚子偏斜等故障。非圆滚道圆柱滚子轴承能够较成功地减轻上述故障,但其设计和制造都比较困难。

#### 4.3 航空发动机主轴轴承的润滑

航空发动机主轴轴承在高速、高温下工作,又要求具有较长的使用寿命和极高的可靠性,其润滑问题是至关重要的。目前普遍采用的润滑方式主要是喷油润滑和环下供油润滑。前者是通过喷油嘴向轴承端面喷油,喷油嘴的设计安装位置最好是使油流方向促使轴承保持架旋转,而不要阻止保持架旋转。后者是利用离心力将润滑油通过在发动机主轴和轴承内圈的相应位置上开设的油孔(或油槽)供入轴承,润滑效果更佳。典型的环下供油方式见图 8-5-15。特别应当注意的是润滑油量应当根据计算、试验、使用结果确定。油量太少,轴承润滑不良;油量太多,将会导致轴承严重发热。

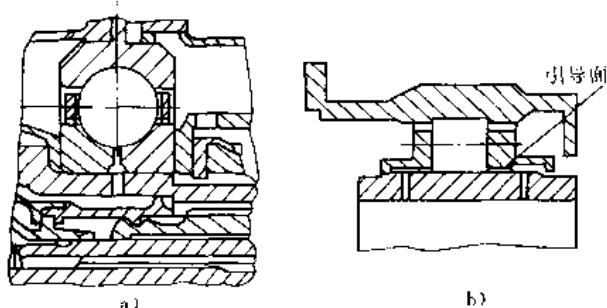


图 8-5-15 环下供油润滑

a) 两半内圈角接触球轴承 b) 圆柱滚子轴承

目前在航空发动机中广泛采用的润滑剂为合成润滑油,如 4109 油等。这种润滑油具有较好的润滑性能和较好的低温起动性能、耐高温性能等。

为了解决发动机起动时轴承的润滑问题和可能出现的瞬时断油问题,发动机轴承的保持架表面均需镀银,镀层厚度一般为 0.025~0.045mm。

## 5 机床轴承

机床轴承主要是指机床主轴用精密轴承,为了保证机床的优良性能,要求机床轴承具有精度高、刚度好、温升低和抗振动、噪声性能好。

### 5.1 常用机床主轴轴承及其公差等级

机床主轴上使用最多的轴承有圆锥滚子轴承、双列圆柱滚子轴承、角接触球轴承和推力角接触球轴承等。这些轴承的刚度和速度性能比较见图 8-5-16 和图 8-5-17。

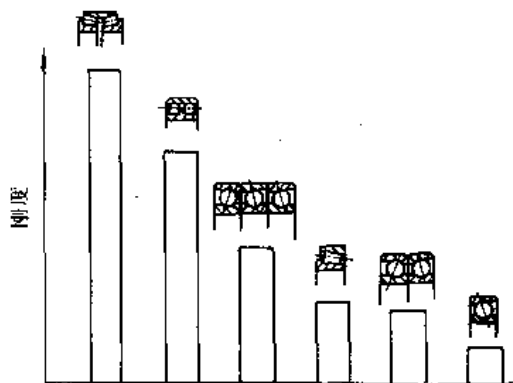


图 8-5-16 较小直径系列轴承刚度比较

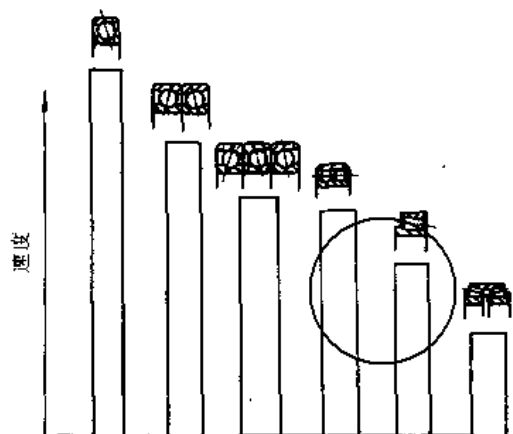


图 8-5-17 较小直径系列轴承速度性能比较

在一些具有代表性的机床中,主轴轴承公差等级见表 8-5-2。

### 5.2 机床主轴轴承的配合

机床主轴轴承配合选择适当与否对主轴的性能有明显影响。一般情况下,轴承与轴和座孔的配合可按表 8-5-3 和表 8-5-4 选用。

对于特别精密的主轴,轴承的配合采用配磨轴颈和座孔的方法来保证。此时轴承外圈与座孔留有极小的间隙(1~3 $\mu\text{m}$ ),而内圈与轴颈有极小的过盈(0~2 $\mu\text{m}$ )。这样的配合能使轴和座孔的形状偏差对轴承旋转精度的影响减至最小。



表 8-5-2 各类机床轴承公差等级

机床种类	圆锥滚子轴承	双列圆柱滚子轴承	角接触球轴承	推力角接触球轴承
卧式车床 铣床	5,4	5,4	5,4	5,4
镗床	5,4	5,4		5,4
坐标镗床	2	2	4,2	4
加工中心		4	4	
磨床	4	4	5,4	5
砂轮轴	4	4	5,4	5
电主轴			4,2	

表 8-5-3 主轴轴承与实心轴的配合

轴承类型	轴径 (mm)	公差等级		
		p5	p4	p2
角接触球轴承 外圈旋转 内圈旋转	8~160	b5	h4	h3
	8~160	js5	js4	js3
双列圆柱滚子 轴承、圆柱孔	25~40	—	js4	—
	45~140	—	k4	—
	150~200	—	m5	—
	220~300	—	n5	—
圆锥滚子轴承①	25~40	js5	—	—
	45~140	k5	—	—
	150~200	m5	—	—
推力角接触球轴承	25~200	—	h4	h3

① 通过内圈调整的轻载轴承,用 js5 或 js6 公差。

表 8-5-4 主轴轴承在座孔中的配合

轴承类型	工作状况	公差等级		
		P5	P4	P2
角接触球 轴 承	非定位轴承 定位轴承 外圈旋转	H6	H5	H4
		JS6	JS5	JS4
		M5	M5	M4
圆柱滚子 轴 承	轻、中载荷 重载荷及 外圈旋转	—	K5	K4
		—	M5	M4
圆锥滚子 轴 承	通过外圈调整 外圈固定 外圈旋转	JS5	—	—
		K5	—	—
		M5	—	—
推力角接触 球 轴 承		—	K5	K4

5.3 机床主轴轴承的典型应用

卧式车床、铣床、镗床、外圆和平面磨床主轴轴承的主要布置型式见图 8-5-18。日本、东欧、瑞典和我国普遍采用这种布置,其前支承采用一套双列圆柱滚子轴承和一套双向推力角接触球轴承,后支承采用一套双列圆柱滚子轴承。双列圆柱滚子轴承用来承受径向载荷,安装时通常进行径向预紧或者将轴承内部游隙调整到零,轴向载荷则由预紧的双向推力角接触球轴承承担。采用这种布置的主轴刚度较高,高速性能好。

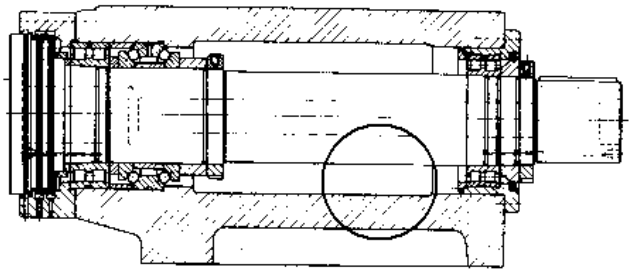


图 8-5-18 机床主轴轴承典型应用之一

美国、英国和法国普遍采用圆锥滚子轴承支承的机床主轴,见图 8-5-19。其前支承采用预调好的双

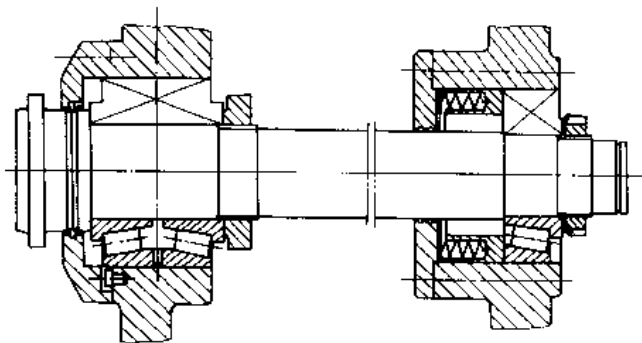


图 8-5-19 机床主轴轴承典型应用之二

列圆锥滚子轴承,后支承采用一套单列圆锥滚子轴承,并通过螺旋弹簧施加预载荷。这种结构的优点在于,当轻载荷切削时,前轴承中仅有一列滚子受载,而当重载荷切削时,前轴承的两列滚子都受载,这可使前轴承在低速重载切削时具有很高的刚性,而在高速轻载的精加工过程中轴承的温升不致过高。当采用空心圆锥滚子时,轴承的温升和速度性能能得到明显改善,因此采用空心圆锥滚子轴承支承是一种很有发展前途的支承型式。

对于转速极高的电主轴,一般轴承布置见图 8-5-20,其轴承为成对安装的角接触球轴承,接触角为 15°。为了增加主轴的刚度,往往选用多个螺旋弹簧对



轴承施加倾载荷。这类轴承通常采用油雾润滑或油气润滑。

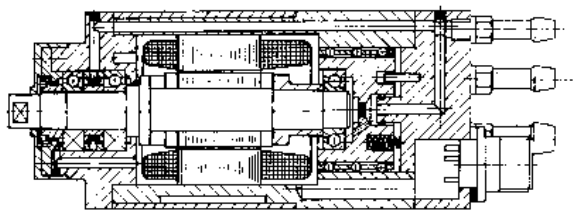


图 8-5-20 高频电主轴轴承

### 6 精密仪器轴承

精密仪器轴承广泛应用于航天、航空、航海及各种武器系统的调节、控制、测量仪器仪表中,如各种导航系统中的陀螺仪、卫星姿控系统中的作用飞轮、红外

扫描辐射计、雷达系统中的捷变频磁控管、高速摄影机、各种微电机和录象机等使用的轴承,统称为仪器轴承。这类轴承的精度、性能、寿命及可靠性对仪器的性能指标有着直接的影响,因而它是精密仪器仪表的关键支承元件。

#### 6.1 仪器轴承结构类型及应用特点

仪器轴承可分为微型、小型和薄截面型三类。微型系指外径小于 10mm 的轴承,对特轻直径系列的轴承外径可到 13mm。外径从 10~26mm 的轴承为小型仪器轴承。薄截面轴承的外径则可到 100mm。仪器轴承的类型有:深沟球轴承、角接触球轴承、调心球轴承及特殊结构轴承,如三环轴承、端盖轴承和整体式轴承等,特殊仪器轴承结构见图 8-5-21。

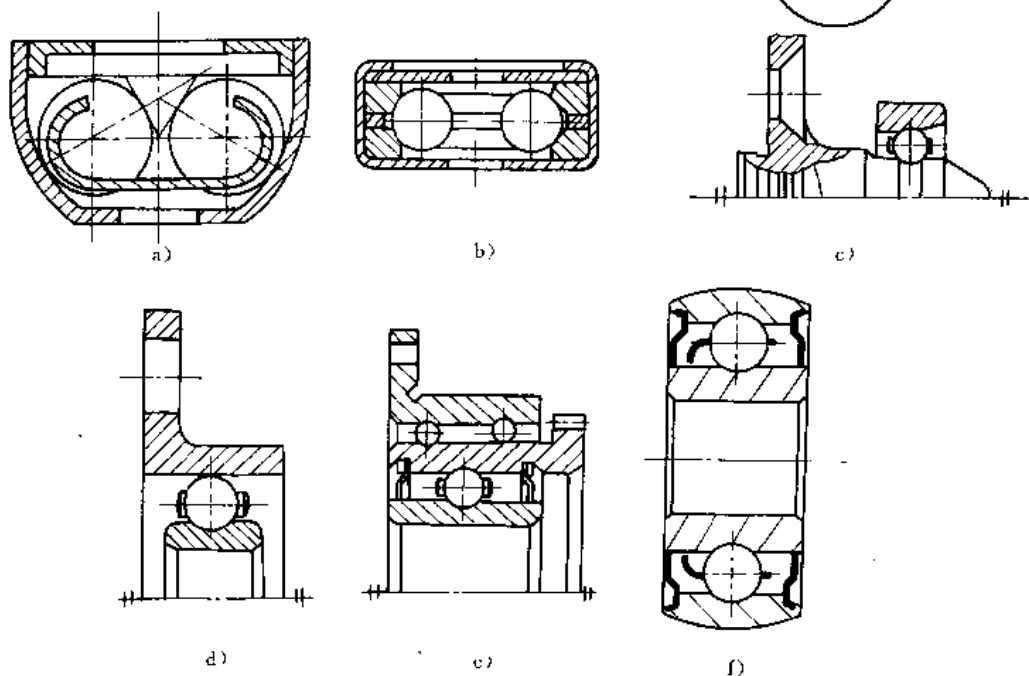


图 8-5-21 特殊仪器轴承的结构

- a) 冲压碗形有保持架角接触球轴承
- b) 双半外圈 V 型沟道无内圈深沟球轴承
- c) 带定位凸缘轴的角接触球轴承
- d) 外圈带定位凸缘无挡边的深沟球轴承
- e) 外圈带定位凸缘的三套圈深沟球轴承
- f) 两面防尘盖螺栓型滚轮深沟球轴承

仪器轴承的外形尺寸小、壁薄、精度高,常采用公差等级为 6、5、4,在某些应用中甚至需选用 2 级或更高。各种不同的精密仪器对轴承力矩特性、振动、噪声、刚性、洁净度、寿命和可靠性均有不同的要求,有的仪器还要求轴承能承受高的抗冲击振动能力,经受 -253℃ 的低温或 800℃ 的高温,耐腐蚀、防辐射、无磁性或能在真空条件下长期工作等。仪器轴承的润滑,由于受仪器的体积和使用条件的限制,从轴承装上仪器到寿命终止都无供油或更换油脂的条件,且仪器本身还

要求能贮存 2~10 年,因而仪器轴承的润滑是一个重要的问题。

制造仪器轴承套圈和滚动体的材料普遍采用 ZGCr15 优质高碳铬轴承,这种钢比通用的 GCr15 钢在金相和非金属夹杂物方面有更高的要求,以保证轴承的耐磨性、寿命和可靠性。9Cr18 不锈钢制造的仪器轴承也应用得愈来愈广泛,因为它能在一次润滑条件下长期贮存而不锈蚀。制造轴承保持架的材料依轴承类型、工作条件而异。常用的材料有 08 或 10 钢、H62



黄铜、3Cr13 奥氏体不锈钢、酚醛夹布管、多孔聚酰亚胺及各种增强合成塑料等。

仪器轴承承受的载荷轻,球与滚道之间的接触应力很小,在这种条件下工作的轴承不会产生疲劳破坏。它们的失效往往是由于精度丧失,力矩、噪声或振动的增大,润滑剂失效,污染或锈蚀等原因所致。因而,仪器轴承常采用使用寿命的概念而不是疲劳寿命。其使用寿命应依据不同的工况条件,通过主机试验或试验台试验来确定。

### 6.2 陀螺转子轴承

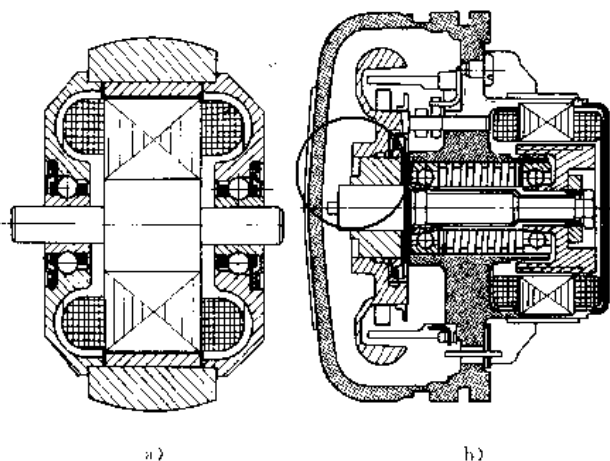


图 8-5-22 陀螺转子结构  
a)速率陀螺 b)挠性陀螺

在仪器轴承中,最为典型的是使用在航空、航天、航海和导弹制导系统的陀螺转子轴承。陀螺仪的核心部件是陀螺转子,它是由电机、转子和轴承所组成。速率陀螺和挠性陀螺转子的结构见图 8-5-22。陀螺转子的转速一般为 12000~24000r/min,它靠一对角接触球轴承支承。陀螺转子的定轴心性、和进动性、振动、噪声、力矩、寿命及可靠性都与轴承直接相关。特别是惯导系统中采用的挠性陀螺,要求陀螺的漂移精度控制在(0.001°~0.01°)/h 以内,而一般陀螺仪的漂移精度是(0.1°~1°)/h。为保证陀螺转子的性能及精度,一般采用的轴承公差等级为 4 级。高精度的陀螺要求轴承按 2 级公差或者更高的级别制造,且内部几何形状精度还有特殊的规定。陀螺转子轴承的基本结构是角接触球轴承,图 8-5-23a 为分离型角接触球轴承,保持架引导方式为内引导和外引导两种。图 8-5-23b 是外圈带凸缘的双列角接触球轴承,其优点是可减少安装误差,两内圈夹紧后即可获得所需的预载荷。这种结构特别适合于薄壁、大孔径的红外引导头的陀螺。图 8-5-23c 是要求结构紧凑,可充分利用空间,质量要轻、角动量大和精度高的液浮陀螺中使用的端盖式角接触球轴承。图 8-5-23d 为惯导系统中挠性陀螺用的联轴器,它的精度高,安装误差小,加有定值预载荷并成套供应。这种结构近期获得广泛应用,取得了很好的效果,陀螺的漂移精度可达 0.001°/h。

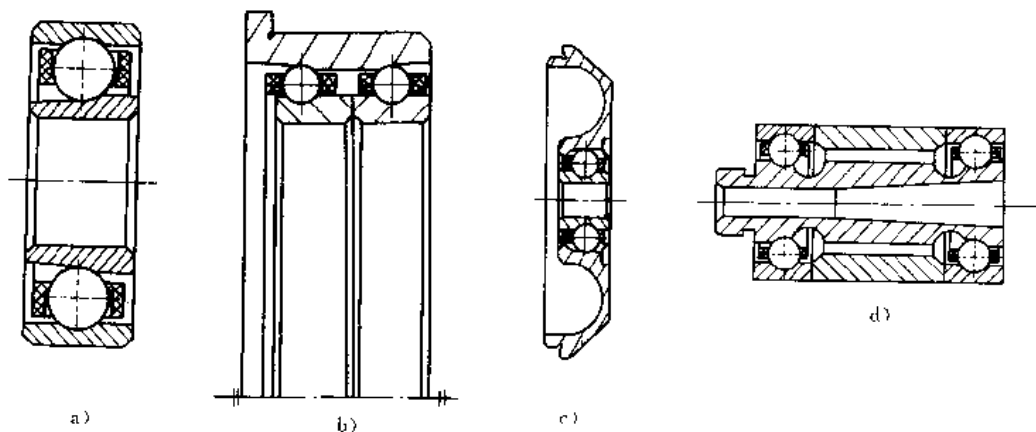


图 8-5-23 陀螺转子轴承结构

a)分离型角接触球轴承 b)外圈带凸缘的双列角接触球轴承 c)端盖式外圈角接触球轴承 d)双外圈联轴双列角接触球轴承

陀螺转子轴承的设计应考虑获得低摩擦力矩、高的刚性和长寿命,因此在设计时除考虑额定动载荷外

还应核算轴承工作时的油膜厚度、摩擦力矩和刚度等,应采用多目标函数进行优化,这给轴承设计增加了较



大的难度。按油膜厚度优化设计时,油膜厚度与轴承滚道密合度  $f$ 、接触角  $\alpha$ 、转速  $n$  和润滑剂粘度  $\eta$  之间的关系见图 8-5-24。

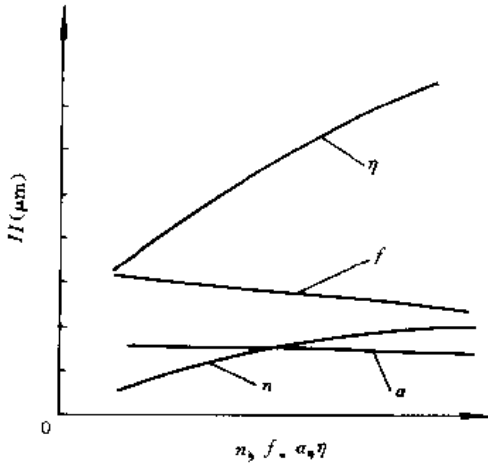


图 8-5-24 油膜厚度与  $n, f, \alpha, \eta$  之间的关系

陀螺转子轴承的使用寿命通常要求大于 3000h。在航空、舰船和空间技术中使用的陀螺现今都要求超过 20000h。特别是空间技术使用的陀螺仪有的要求能在空间工作 10 年以上。因此除了设计满意的轴承几何参数,合理选择润滑剂,使球与沟道接触处形成完全弹性流体动力润滑油膜外,同时还应对润滑油的存贮和补充方式进行周密设计。

陀螺轴承的失效形式主要是因润滑不充分造成的磨损,所以轴承工作表面的质量对润滑油的浸润性、表面变质层对使用寿命均影响很大。

陀螺转子轴承的寿命计算,目前尚无成熟的方法,使用寿命的确定采取在具体的主机上进行一比一的试验或对实际使用的状态进行跟踪。经过严格处理和筛选的轴承,其寿命可以超过 20000h。

## 7 电机轴承

### 7-1 电机轴承主要类型及特点

在中、小功率电机中大量使用密封深沟球轴承,轴承在单面或双面装有防尘盖或橡胶密封圈,保持架多采用铜合金或酚醛胶布实体保持架并由挡边进行引导,要求引导挡边有较小的表面粗糙度  $R_a$  值。

大功率的专用电机,如内燃机车、电力机车和无轨电车的牵引电机中常用圆柱滚子轴承作为电机转子的游动端支承。

在高速电机中主要使用角接触球轴承。这种轴承

在安装时要求调整轴向游隙,其常用的轴向游隙见表 8-5-5。

表 8-5-5 角接触球轴承轴向游隙(mm)

轴承内径	轴向游隙	
	直径系列 2	直径系列 3,4
<30	0.03~0.08	0.05~0.11
30~50	0.04~0.10	0.06~0.12
50~80	0.05~0.12	0.07~0.14
80~120	0.06~0.15	0.10~0.18

注:表中的游隙下限适用于轴承支承间距小、工作温升不高的情况,游隙上限适用于轴承支承间距大、工作温升较高的情况。

当电机的轴向载荷较大时要使用推力轴承,如泥浆泵用电动机要使用推力角接触球轴承,立式发电机常使用推力调心滚子轴承。

### 7-2 三相交流电机轴承

电机转子支承沿径向承受转子重力、电磁吸引力、不平衡作用力和传动力,沿轴向只承受引导力。在这些条件下工作的最佳支承就是采用深沟球轴承,这种轴承主要承受径向载荷,同时也能承受轻度的双向轴向载荷。三相交流电机轴承布置见图 8-5-25,电机的额定转速 2800r/min。通常电机轴承的额定动载荷总是远大于它的实际载荷,因此轴承的使用寿命并不取决于疲劳寿命,而取决于润滑脂的寿命。

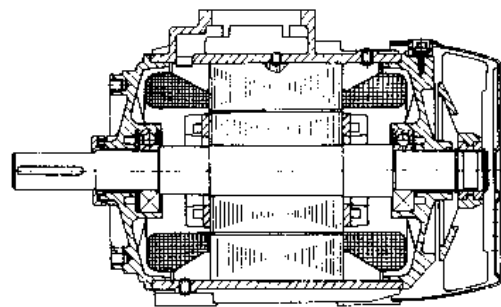
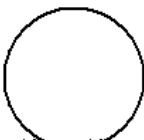


图 8-5-25 三相交流电机轴承

本例选用一对单面带防尘盖的 2 系列深沟球轴承作为传动端和通风端的支承,通过安置在传动端支承旁边的弹性元件,可以将轴承调整到无游隙工作状态,以减小噪声的不利影响。轴承游隙采用 3 组,这是考虑到轴承内圈与轴为紧配合以及电机工作时的温升将减小轴承径向游隙等因素。

轴承与轴的配合采用  $j_5$ ,与电机端盖孔的配合采用 H6。





电机轴承一般用脂润滑,一次装脂就可用到轴承的寿命期限,因而可不进行保养。

### 7.3 电力机车牵引电机轴承

电力机车的牵引电机既不是持续工作,也不是以恒定功率运行,而是以间歇性方式工作的。在断断续续的运转中,电机轴承要承受方向和大小变化幅度很大的载荷,而且要保证数年可靠地运转。

牵引电机一般采用圆柱滚子轴承支承,见图 8-5-26。在传动端使用内圈无挡边的圆柱滚子轴承作为游动支承,而在另一端则用带斜挡圈的圆柱滚子轴承作为轴向定位轴承。

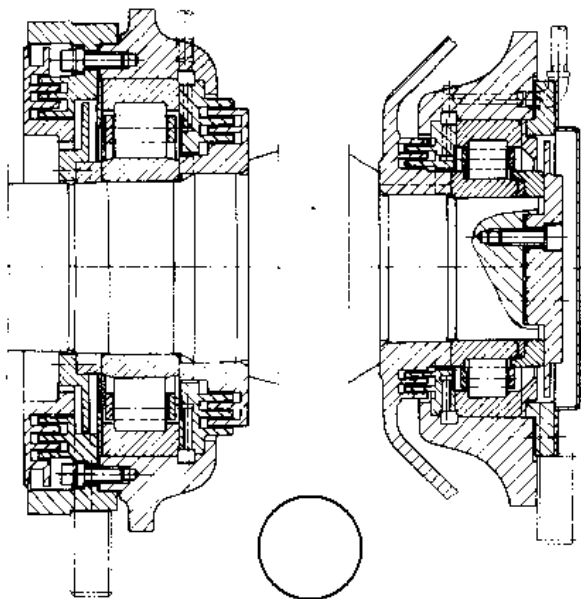


图 8-5-26 电力机车牵引电机轴承

因轴承经常受到较高的冲击载荷作用,所以内、外圈应采用较紧的配合,内、外圈可分别安装的分类型圆柱滚子轴承,采用较紧的配合不会带来装配上的困难。轴与内圈配合的部位应加工至 n5,电机端盖孔的配合选用 M6。

由于紧配合,轴承内圈将膨胀,外圈将收缩,安装后轴承径向游隙将变小,而当电机工作时由于内圈温度高于外圈,游隙还将进一步减小,因此要选用较大的 4 组游隙。

轴承使用锂基皂化脂润滑,在 130℃ 以内可保证长时间可靠的润滑。当机车行程达到 (20~30) × 10<sup>4</sup> km 时,应对轴承进行再润滑,更换新脂时应将用过的脂完全排除。

### 7.4 矿用风机轴承

图 8-5-27 为输出功率 1800kW, 额定转速 750r/

min 的矿用风机,转子竖向布置,推力载荷 130kN, 径向载荷 3.5kN。推力载荷包括转子轴重力、位于顶部和底部的两个叶片的重力以及由它们产生的推力,它们由位于上部的推力调心滚子轴承承担。径向载荷主要是电机的引导力,由位于上部和下部的深沟球轴承承担。

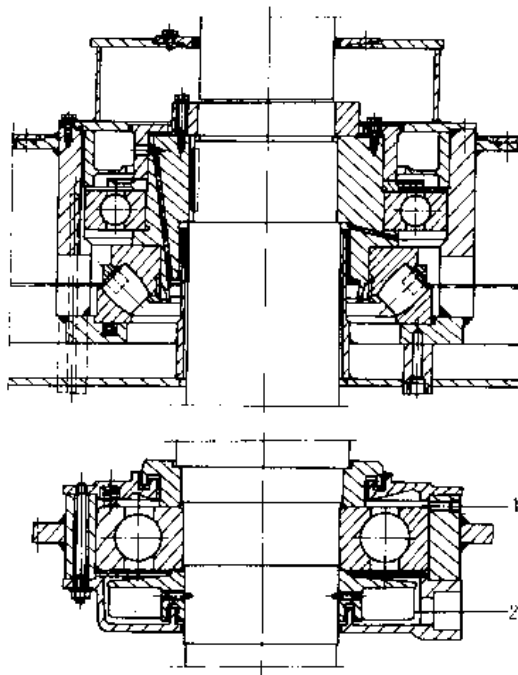


图 8-5-27 矿用风机轴承

1—注脂孔 2—脂出口

推力调心滚子轴承与轴和孔的配合分别采用 k5 和 E8, 深沟球轴承与轴和孔的配合分别采用 k5 和 H6。

位于上部的推力调心滚子轴承和深沟球轴承采用油润滑,下部的深沟球轴承采用脂润滑。为了再润滑的方便,设计了加注润滑脂的孔和排除旧脂的通路。

## 8 机器人轴承

工业机器人要多次重复相同的周期性运动,因此要求机器人具有很高的位置重复精度以保证其运动轨迹的精确性,这就对机器人的部件,特别是对轴承提出了更高的要求。

### 8.1 机器人轴承的应用特点

机器人通常受到严格的空间和惯性制约,由于不必要的惯性力和转动惯量会降低机器人的灵敏度,增加传动功率,因此要求机器人的部件应当结构紧凑、质量小。对轴承来说就是要在保证足够的承载能力的条



件下减小截面尺寸、减小质量,因此机器人所用的轴承多为薄壁轴承。

机器人的工作方式往往是低速、摆动和断续工作同时存在,如果其关键部位的轴承选用不当,就会出现起动力距过大和力矩波动过大而造成位置精度难以控制的问题,这就要求轴承的摩擦力矩要低,而且要均匀。这种力矩的均匀性甚至比力矩的大小更为重要。

轴承的旋转精度不仅取决于各个零件的精度,而且取决于它的工作游隙,通过某种方式限制或消除轴承中的游隙,或者施加一定的预载荷,可以提高轴承的旋转精度,增加刚度,而且还可以使摩擦力矩变得均匀。

此外机器人腕部轴承的工作环境往往比较恶劣,因此需要有可靠的密封装置加以保护。

### 8-2 机器人常用轴承

机器人关键部位如腰部、肩部、肘部和腕部多采用薄壁球轴承和薄壁交叉滚子轴承。薄壁球轴承分为薄壁深沟球轴承、薄壁角接触球轴承和薄壁四点接触球轴承三种类型,与具有相同内径的正常系列轴承相比,它们的截面尺寸要小得多,质量也要轻得多。另一个特点是在相当大的轴承直径变化范围内,轴承截面尺寸和球径保持不变。

图 8-5-28 为薄壁四点接触球轴承,这种轴承相当于两套单列角接触球轴承,能够承受双向推力载荷。从截面上看,其内、外滚道的轮廓是由两段半径相同的圆弧相交而成,每段圆弧与钢球的接触角都是  $30^\circ$ 。四点接触球轴承除能承受轴向、径向载荷外,还能承受倾覆力矩,特别适用于受力状态复杂而空间位置和质量又受到限制的情况。

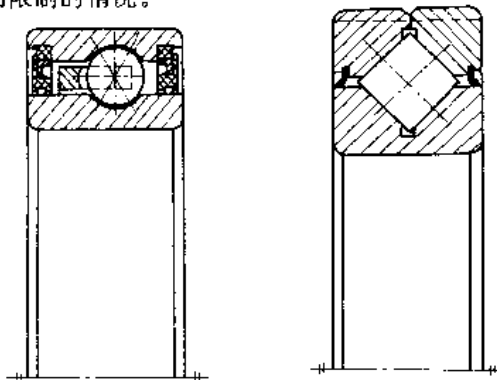


图 8-5-28 薄壁四点接触球轴承

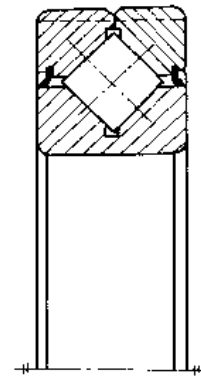


图 8-5-29 薄壁交叉滚子轴承

图 8-5-29 为薄壁交叉滚子轴承,这种轴承相当于由两套推力圆柱滚子轴承组合而成,滚子呈交叉垂直排列,内圈有两个相互垂直的滚道,外圈为双半外圈。

与四点接触球轴承相似,这种轴承也能承受轴向、径向和力矩联合载荷,由于滚子与滚道为线接触,因此它具有更高的刚度。通过修磨或研磨双半外圈的接合面,可以获得预定的游隙,如零游隙或负游隙。

薄壁四点接触球轴承和薄壁交叉滚子轴承都可以两面带密封圈,内装润滑脂,维护十分方便,是机器人关键部位的最常用轴承。

### 8-3 机器人轴承典型应用

图 8-5-30 是某一弧焊机器人示意图,其腕部最大载荷 120N,整体质量 360kg。

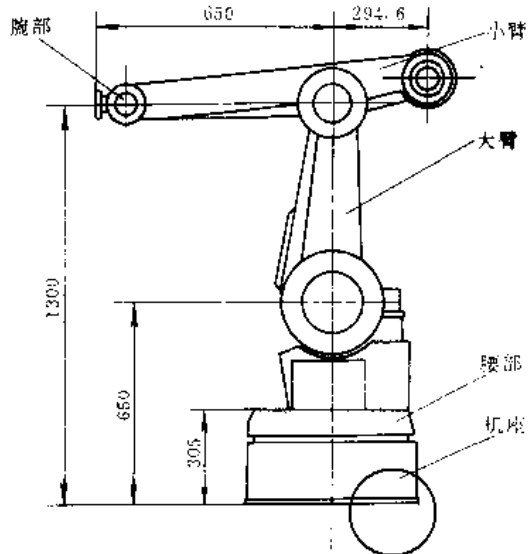


图 8-5-30 弧焊机器人

大臂支承采用薄壁四点接触球轴承,外形尺寸  $d \times D \times B = 254.00\text{mm} \times 273.05\text{mm} \times 12.7\text{mm}$ ,公差等级为 5 级,采用脂润滑,两面带密封圈,见图 8-5-31。

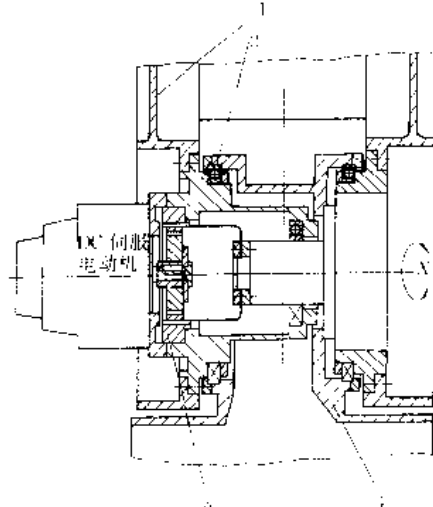


图 8-5-31 大臂支承结构

- 1—大臂 2—薄壁四点接触球轴承
- 3—谐波减速器 4—臂座



该轴承承受的最大径向载荷为 700N, 力矩载荷为 100N·m, 转速 15r/min, 要求使用寿命 5000h 以上。

腰部转台支承采用交叉圆柱滚子轴承见图 8-5-32。外形尺寸  $d \times D \times B = 130\text{mm} \times 190\text{mm} \times 25\text{mm}$ , 公差等级为 5 级, 脂润滑。该轴承承受的最大轴向载荷为 2400N, 倾覆力矩 670N·m, 转速 15r/min, 要求使用寿命 5000h 以上。

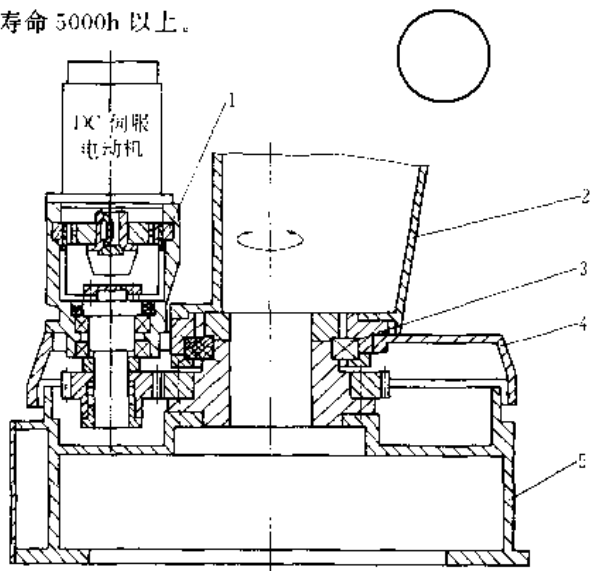


图 8-5-32 腰部转台支承

1—谐波减速器 2—臂座 3—交叉滚子轴承 4—回转台 5—底座

## 9 转盘轴承

转盘轴承的应用范围很广, 主要用于起重机械、工程机械、运输机械、材料加工机械、冶金机械、食品加工机械, 以及军事装备、雷达、火箭发射台、医疗机械等。

### 9.1 转盘轴承的特点

(1) 转盘轴承的尺寸很大, 其回转直径<sup>⊖</sup>通常在 0.4~15m 之间, 也有直径达 40m 的。

(2) 转盘轴承一般都要承受多种载荷, 不仅要承受轴向载荷、径向载荷, 还要承受较大的倾覆力矩。

(3) 转盘轴承的运转速度很低, 通常在 125m/min 以下, 且在大多数的场合下, 转盘轴承不作连续回转, 仅仅在一定的工作范围角内往复摆动。

(4) 在制造工艺、材料及热处理等方面, 转盘轴承大多数采用 50Mn、42CrMo 等表面淬火钢制造, 滚道表面淬火时往往留下一小段回火“软带”, 安装时应使回火“软带”置于非载荷区。

(5) 通常转盘轴承上带有旋转驱动用的齿轮圈, 以及防尘密封装置。

(6) 由于转盘轴承的尺寸很大, 一般采用螺栓将其紧固在上、下支座上。

### 9.2 转盘轴承的结构型式

通常的转盘轴承结构型式见表 8-5-6。

表 8-5-6 转盘轴承结构型式

转盘轴承的结构型式	点接触球型		线接触滚子型	
	名称	图号	名称	图号
点接触球型	单列四点接触球转盘轴承	(图 8-5-33)	无齿型	
	双列角接触球转盘轴承	(图 8-5-34)	外齿型	
	双列角接触球转盘轴承	(图 8-5-34)	内齿型	
线接触滚子型	钢丝滚道球转盘轴承	(图 8-5-35)	无齿型	
	交叉滚子转盘轴承	(图 8-5-36)	外齿型	
线接触滚子型	交叉滚子转盘轴承	(图 8-5-36)	内齿型	
	圆锥交叉滚子转盘轴承	(图 8-5-37)	无齿型	
	圆锥交叉滚子转盘轴承	(图 8-5-37)	外齿型	
	三排圆柱滚子组合转盘轴承	(图 8-5-38)	内齿型	
	三排圆柱滚子组合转盘轴承	(图 8-5-38)	外齿型	
	三排圆柱滚子组合转盘轴承	(图 8-5-38)	内齿型	

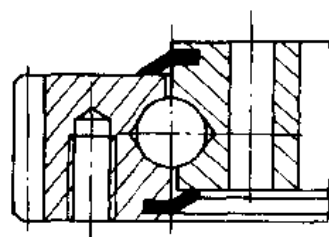


图 8-5-33 单列四点接触球转盘轴承

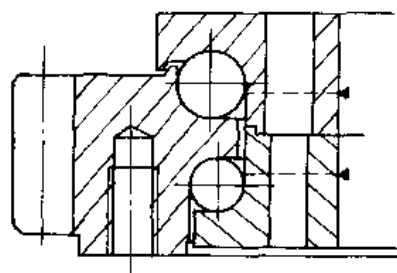


图 8-5-34 双列角接触球转盘轴承

⊖ 载荷作用线至轴承中心的距离。



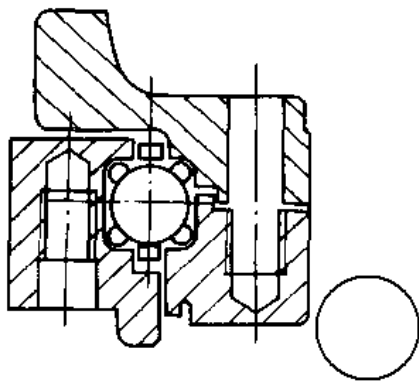


图 8-5-35 钢丝滚道球转盘轴承

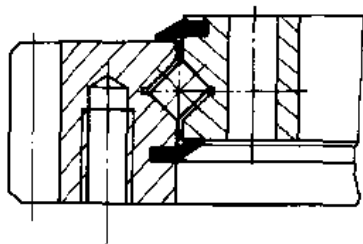


图 8-5-36 交叉滚子转盘轴承

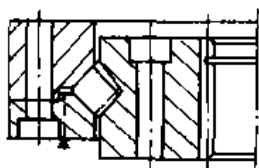


图 8-5-37 圆锥交叉滚子转盘轴承

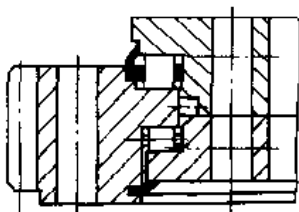


图 8-5-38 三排圆柱滚子组合转盘轴承

### 9.3 转盘轴承的选用

转盘轴承的选择要根据主机的使用功能、外加载荷、旋转速度、工作范围角、旋转精度、可靠性、质量、价格等要求来确定。选用时除计算轴承的额定动载荷与寿命外,还应计算轴承的额定静载荷,承受倾覆力矩时,还要进行滚道接触应力的验算。应用于重载的起重机械和工程机械时,承载能力是主要的,其他如雷达天线、跟踪或瞄准系统,旋转精度是主要的。转盘轴承的安装配置方法一般有四种基本结构,由外齿型、内齿型、齿轮圈旋转和齿轮圈固定分别组合。外齿型转盘轴

承,其轴承内孔可为其他元件留有较大的安装空间,齿轮的制造方法比较灵活、方便。内齿相对于外齿有较高的结构强度,齿轮的密封润滑条件较好。对于工作范围角不大的转盘轴承,齿轮圈旋转与齿轮圈固定的安装配置方法相比,其齿轮和滚道的工作条件要好,且磨损均匀,能延长转盘轴承的使用寿命。

在转盘轴承的应用中,三排圆柱滚子组合转盘轴承承载能力最高,球转盘轴承价格较低,四点接触球转盘轴承和交叉滚子转盘轴承使用比较广泛,随着制造技术的提高,成本的降低,三排圆柱滚子组合转盘轴承也越来越为众多的主机所选用。

### 9.4 转盘轴承典型应用

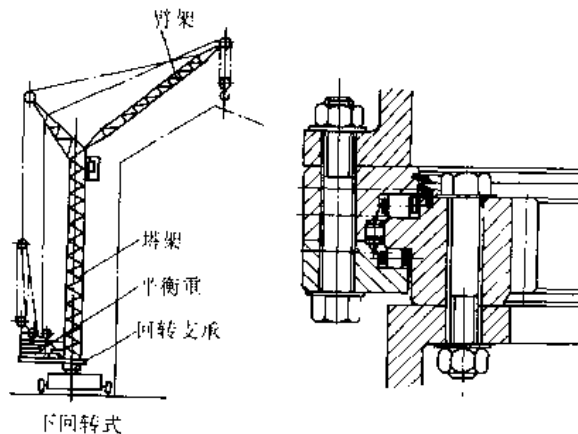


图 8-5-39 起重机转盘轴承

图 8-5-39 是码头货物起重机用三排圆柱滚子组合转盘轴承,支座采用无缝轧制圆筒式安装座架,圆筒壁对准轴承滚道中心,可直接通过筒壁传递载荷,保证在载荷的作用下座架的扭转变形最小,轧制座架具有抗扭性能好、省料、安装方便等优点。

表 8-5-7 转盘轴承径向定位配合

公称直径 $d, D$ (mm)	转盘轴承内孔与 工作台的定位配合			转盘轴承外径与工 作台的定位配合		
	转盘轴承公差等级					
	0	6	5	0	6	5
250~2000	H9/e9	H8/f7	H7/g6	D9/h9	E8/h8	F8/h7
2000~6300	H10/d10	H9/e9	H8/f7	D10/h10	D9/h9	E8/h8

转盘轴承的安装精度是保证轴承使用寿命的重要因素,这是因为它的承载能力是在完全刚性和完全水平的假定条件下计算出来的,不规则的扭曲或挠曲、参

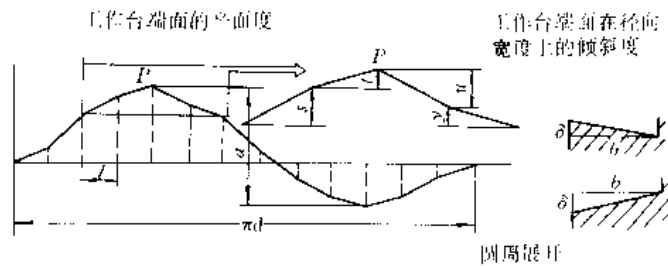


差不平的表面及安装引起的变形,会导致转盘轴承的受力高于设计要求。表 8·5-7 是转盘轴承径向定位配

合公差,表 8·5-8 为转盘轴承支承零件联接表面的技术要求,使用时必须严格遵守。

表 8·5-8 支承零件联接表面的技术要求 (μm)

孔中心圆直径 $D_1$ 或 $D_2$ (mm)	平面度 $a$	圆周两相邻单位长度 $l$ ( $l=1$ 个孔距) 上 相同方向倾斜度变化量 $(s-t)$	圆周两相邻单位长度 $l$ ( $l=1$ 个孔距) 上 相反方向倾斜度变化量 $(t+u)$	径向宽度 $b$ 的倾 斜度 $\delta$	端面粗糙度 $R_a$	
		轴 承 等 级				
		0 6 5	0 6 5	0 6 5	0 6 5	0 6 5
250~400	120 80 50		0.0002 $l$	60 40 25	2.5 1.25 0.8	
400~630	150 100 60			80 50 30	2.5 1.25 0.8	
630~1000	200 120 80			100 60 40	2.5 1.25 0.8	
1000~1600	250 150 100			120 80 50	3.2 2.5 1.25	
1600~2500	300 200 120			150 100 60	3.2 2.5 1.25	
2500~4000	400 250 150			200 120 80	3.2 2.5 1.25	
4000~6300	500 300 200			250 150 100	3.2 2.5 1.25	



转盘轴承在端面上常有回火“软带”和滚动体孔塞的标志,套圈的回火“软带”一般与填充滚动体的孔塞连在一起,安装时要置于应力最低或非经常承载的区域内,对于旋转的套圈其位置应该与转臂的载荷成 90°。对于不旋转的套圈其位置应与工作范围角平分线成 90°。

安装紧固转盘轴承需采用高强度的螺栓联接,轴承与安装贴合平面应均匀地贴紧,拧紧力矩要达到规定的预紧力,以避免安装贴合面之间产生间隙,滚动体歪斜而造成应力集中和螺栓断裂,表 8·5-9 为转盘轴承联接螺栓预紧力的推荐值。对于径向载荷 ( $F_r/F_a > 0.1$ ) 和切向力特别大的场合,为提高安装贴合面的摩擦力,常常在安装贴合面间填充一种具有足够粘合强度的塑料层,这种方法能改善联接螺栓的承载能力,提

高螺栓联接的可靠性。

表 8·5-9 螺栓的预紧力 (kN)

螺栓 公称直径 (mm)	强度等级			螺栓 公称直径 (mm)	强度等级		
	8.8	10.9	12.9		8.8	10.9	12.9
	预紧力				预紧力		
M14	52.5	74	88.5	M24	164	230	276
M16	73	102	123	M27	215	302	363
M18	88	124	148	M30	262	368	442
M20	114	160	192	M33	326	458	550
M22	141	199	239	M36	382	538	645



## 第6章 特殊工作条件下的轴承

### 1 高速轴承

通常将  $d_m n$  值超过  $1 \times 10^6 \text{mm} \cdot \text{r/min}$  的轴承称为高速轴承。实际使用中,有的轴承  $d_m n$  值已超过  $2 \times 10^6 \text{mm} \cdot \text{r/min}$ 。对微型轴承,即使  $d_m n$  值不太高,若转速高于极限转速的 1.6 倍,亦应作为高速轴承考虑。

高速轴承由于运转速度快,因此与动力学有关的失效是主要的损坏形式,如因摩擦发热导致滚道和滚动体表面退火或烧伤、保持架引导面烧蚀、保持架断裂等。

高速轴承运转的主要特点有:

(1) 内外圈接触角变化。角接触球轴承以普通速度运转时,钢球与内、外圈的接触角大体相等。随着转速提高,钢球受离心力的作用与外圈接触角减小,内圈接触角增大,见图 8-6-1。高速运转时应使旋滚比  $\beta$  减小到 0.2~0.4 之间。

(2) 公转滑动增加。圆柱滚子轴承尤为显著,高速时由于离心力的作用使滚子压向外圈滚道,滚子与内圈滚道间产生相对滑动,甚至烧伤。

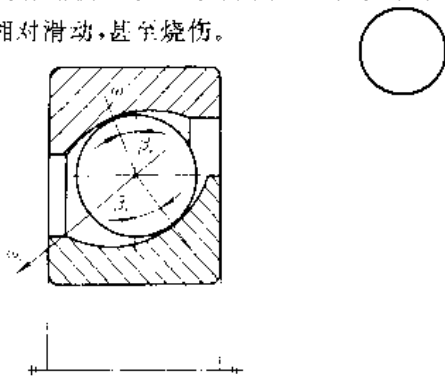


图 8-6-1 高速角接触球轴承的接触角变化

(3) 保持架不稳定性。高速轴承受径向载荷运转时,滚动体从轻载区到重载区或由重载区到轻载区时,滚动体对保持架兜孔形成冲击,速度愈高,冲击愈大,可能造成保持架运转不稳定性,严重时导致保持架断裂。

设计制造高速轴承时,首先应合理选择材料,并减小滚动体的质量。高速轴承由于离心力,其应力幅值和应力循环次数增加,使滚动体的疲劳寿命急剧下降。对于外圈可选择经真空感应熔化后再经真空电弧熔炼的耐热钢(M50)。内圈和保持架,由于受离心力的作用,在圆周方向产生拉应力。因此要求材料具有抗拉伸破

坏的良好韧性。

对保持架可以利用计算机进行强度设计。为了改善摩擦性能,保持架表面可镶银,也可选用酚醛胶布、青铜、聚砜亚胺和聚酰胺等材料制造保持架。在塑料中添加适量的玻璃纤维,可增强注塑保持架的强度,添加少量固体润滑剂可增强抗烧伤的能力。

利用陶瓷材料制造滚动体,可以减小滚动体的质量。陶瓷具有很好的耐热性,密度小,其滚动疲劳形态与轴承钢相似,均为局部剥落。目前陶瓷球轴承已进入实际应用阶段。

选用高速轴承应注意:

(1) 合理选择轴承结构类型。高速性能较好的轴承类型是深沟球轴承、角接触球轴承和圆柱滚子轴承。直径系列愈轻,滚动体直径愈小,则高速性能愈好。

(2) 适当提高轴承精度。高速轴承一般对公差等级要求较高,通常采用 4 级或 5 级为宜。

(3) 合理选择润滑方式。轻载高速的小型或微型轴承,可采用油雾润滑。对内径 120~200mm 的大型球轴承,可直接将润滑油注入到球和保持架引导面内,使润滑油能进入轴承内部,并贯通排出。重载高速的中型或大型轴承,可采用喷油润滑。

(4) 角接触球轴承应给予一定的预加载荷。为减少高速运转时滚动体与内、外套圈之间接触角的差异,减小旋滚比,使运转平稳、降低噪声,对成对安装的角接触球轴承应施加一定的轴向预载荷。预载荷过小,旋

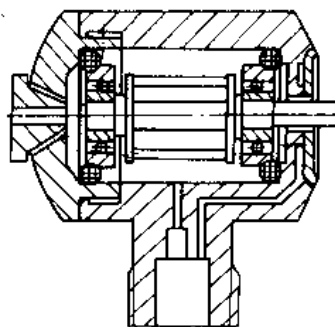


图 8-6-2 高速医用牙钻

⊙ 旋滚比是钢球相对套圈沟道的旋转滑动角速度与滚动角速度的比值  $\frac{\omega_s}{\omega_r}$ 。



滚比上升,加剧滑动;预载荷过大,则磨损严重。

高速牙钻轴承见图 8-6-2,转速为 $(35\sim 40)\times 10^3\text{r/min}$ ,采用单列深沟球轴承,套圈和滚动体为 9Cr18 不锈钢,保持架材料为聚酰亚胺。轴承原始径向游隙  $8\sim 15\mu\text{m}$ 。

## 2 高温轴承

工作温度高于  $120\text{C}$  的轴承称为高温轴承。较多的是温度在  $120\sim 500\text{C}$  之间。典型应用场合如航空发动机、燃气轮机、核反应堆系统、X 光管钨盘等。

高温轴承的损坏主要是因过热烧伤、退火和表面疲劳剥落。选用时应考虑轴承材料和热处理工艺提出要求,并选取适当的润滑剂和润滑方式。

工作温度在  $120\sim 200\text{C}$  (轻载荷时可到  $250\text{C}$ ) 的轴承,套圈和滚动体材料如选用普通轴承钢,则应提高回火温度。回火温度应比工作温度高  $30\sim 50\text{C}$ 。提高回火温度后,轴承零件的硬度会有所降低,寿命将会下降。不同回火温度的硬度值见表 8-6-1。

表 8-6-1 不同回火温度的硬度值

轴承补充代号①	回火温度 ( $\text{C}$ )	硬 度(HRC)	
		轴承钢	不锈钢
S <sub>1</sub>	200	60~63	$\geq 56$
S <sub>2</sub>	250	58~62	$\geq 54$
S <sub>3</sub>	300	55~59	$\geq 53$

① 补充代号见参考文献[3]。

有耐腐蚀要求时,套圈材料可选 9Cr18 不锈钢,但寿命比轴承钢要短,保持架材料可用硬铝、黄铜或硅铁青铜,以硅铁青铜较佳。

工作温度在  $200\text{C}$  以上的轴承,套圈和滚动体应用耐热材料制成,根据要求参照表 8-6-2 选用。保持架可采用镀银的硅铁青铜或 1Cr18Ni9Ti 不锈钢。

表 8-6-2 几种耐热轴承材料

轴承工作温度 ( $\text{C}$ )	套圈和滚动体材料
120~200	GCr15, 9Cr18
200~316	Cr4Mo4V 高速钢
300~360	W18Cr4V 高速钢
500 以上	钴基合金或碳化钛

工作温度在  $500\text{C}$  以上的轴承通常采用无保持架结构,套圈和滚动体材料可选用 W18Cr4V,轴承表面沉积氮化钛,以增加表面硬度。

工作温度在  $800\text{C}$  以上的轴承,需要采用陶瓷或硬质合金。陶瓷的热膨胀系数低、抗高温氧化性能、尺寸稳定性以及高的热硬度使其成为很好的高温轴承材料。

当温度高于  $1100\text{C}$  时,可选用热压烧结的氧化铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 或烧结的氧化锆材料。

必须适当选择高温轴承的润滑剂和润滑方式。相对温度较高时,常选用固体润滑剂,如  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{WS}_2$  等。

## 3 低温轴承

工作温度在  $-40\text{C}$  以下的轴承称为低温轴承。典型使用场合是在液态气体中工作的轴承。

在超低温下工作的轴承,主要是因润滑不良而引起的损坏。在轴承设计和应用中应注意选用轴承材料和润滑方式。

为防止低温下轴承锈蚀,套圈和滚动体一般选用 9Cr18 不锈钢制造。保持架应有自润滑性能,如 85% 聚四氟乙烯添加 15% 玻璃纤维的塑料,或 75% 聚四氟乙烯添加 20% 玻璃纤维及 5% 二硫化钼等。常用的轴承类型是角接触球轴承和圆柱滚子轴承。

## 4 真空轴承

在环境真空度高于  $1.33\text{Pa}$  下工作的轴承称为真空轴承。主要用于宇宙空间技术和 X 光管、雷达多控管中。

真空轴承常选用深沟球轴承和角接触球轴承。套圈与滚动体用轴承钢或 9Cr18 不锈钢制造,并需合理选择润滑剂和润滑方式。真空度在  $1\times 10^{-6}\text{Pa}$  以下和温度低于  $100\text{C}$  时,应选用真空下不易蒸发的硅脂或硅油润滑。硅脂润滑时,要选取双面带防尘盖或密封圈轴承,酚醛胶布保持架应预浸与脂的基油相同的油。在  $1\times 10^{-3}\text{Pa}$  以上或温度高于  $100\text{C}$  时,需用固体润滑剂,并选用在滚道或滚动体表面喷涂二硫化钼,镀金或银等软金属的轴承,其保持架常用有自润滑性能的聚酰亚胺塑料制成。

## 5 无磁轴承

轴承在强磁场中工作时,应采用无磁轴承,以使轴承摩擦力矩稳定,确保主机的精度。

无磁轴承多选用深沟球轴承。轴承套圈和滚动体用含铍 1.9%~2.2% 的铍青铜 QBe2 制造,淬火后硬度为  $36\sim 40\text{HRC}$ 。保持架常用聚四氟乙烯或聚甲醛塑料制造。铍青铜轴承的额定动载荷较低,约为轴承钢制



相同型号轴承的 1/4。

## 6 耐腐蚀轴承

直接在各种酸、碱、腐蚀性气体等介质中工作的轴承,称为耐腐蚀轴承。耐腐蚀轴承的套圈和滚动体常用

9Cr18 不锈钢制造。温度高于 150℃ 时可以采用 Cr14Mo4 不锈钢。保持架材料采用 1Cr18Ni9Ti 不锈钢或聚四氟乙烯等塑料制造。轻载荷时可选用套圈、滚动体均由氟塑料制造的满装球轴承。

# 第7章 滚动轴承的失效与诊断<sup>[10]~[12]</sup>

## 1 滚动轴承主要失效形式

在滚动轴承运行过程中,如出现异常发热、噪声和振动过大,应及时检查并分析其原因。常见的轴承失效形式有:

1. 疲劳剥落 在滚动轴承中,滚动体或套圈滚动表面由于接触载荷的反复作用,形成裂纹并连续扩展,在金属表层产生片状或点坑状剥落,这种现象称疲劳剥落。通常所提及的滚动轴承寿命,就是指疲劳寿命。

疲劳裂纹的起源有的是从表面下开始,有的是在表面上产生。由于安装不当、润滑不良、外界杂质侵入、锈蚀、电蚀等都可使轴承损坏。即使在安装、润滑、维护正常的情况下,轴承最终疲劳剥落也是不可避免的。轴承典型疲劳剥落见图 8-7-1。

2. 磨损 在滚动轴承中,滚动体和套圈滚道之间,保持架与滚动体或套圈之间,均存在滑动,这些滑

动会引起轴承零件的磨损,见图 8-7-2,尤其当轴承中侵入污物时会使磨损加剧,形成具有磨粒磨损特点的磨损。磨损量较大时,使轴承游隙、噪声、振动加大,

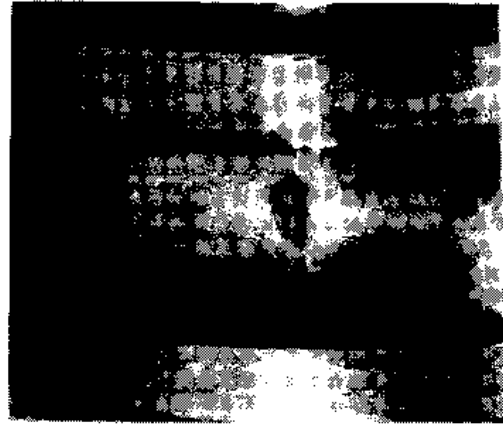


图 8-7-1 裂纹起源于表面下的疲劳剥落

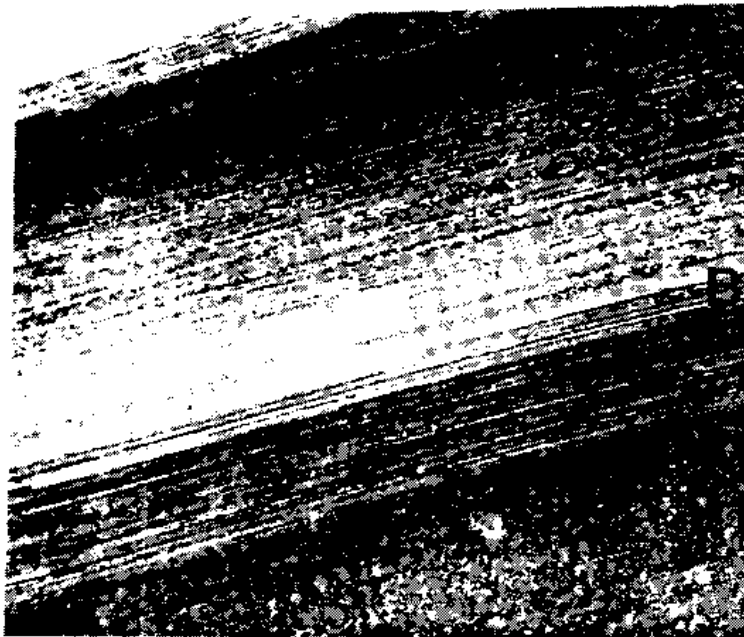
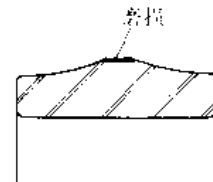


图 8-7-2 调心滚子轴承内圈凸台磨损表面 25×





工作表面形貌变坏,而丧失轴承精度。对于一些精密机械用轴承,可用磨损量来限定轴承的寿命。滚动轴承零件在相互运动时,由于相互磨合,会产生接触表面材料从一个表面转移到另一个表面的粘着磨损现象,见图8-7-3。而外界环境中振幅很小的振动会产生微动磨损(或称振蚀)现象。

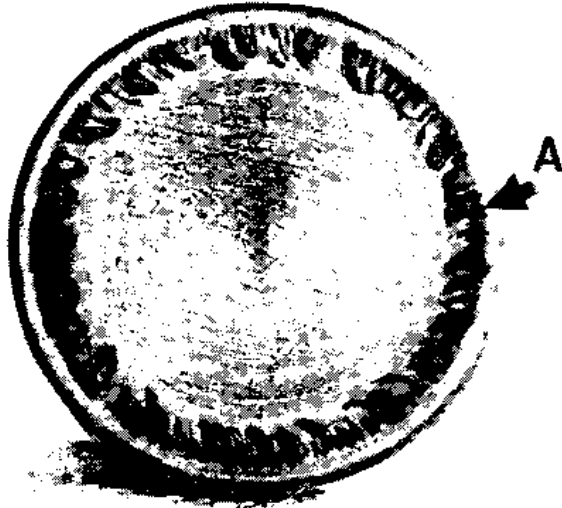


图 8-7-3 滚珠端面磨损

3. 塑性压痕 由于不正确的安装,外来硬性物质的侵入,外来的冲击、振动等造成套圈或滚动体表面产生压痕,由此引起轴承振动和噪声增大,温度升高,磨损加剧而不能正常工作。

安装不当,造成钢球表面指甲刻痕形压痕见图8-7-4,继而在运转过程中成为裂纹源,最终导致了疲劳剥落。外来软、硬粒子进入滚动表面,均可造成表面塑性压痕。一般说来,硬性粒子造成的凹坑边缘凸起高度及凹坑深度均比软性粒子严重。

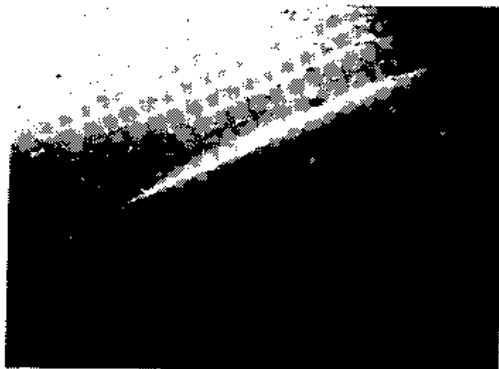


图 8-7-4 指甲刻痕形压痕

轴承在静止状态下,由于外来振动、冲击或腐蚀介质的侵入,在滚动体与套圈接触处会产生小弧度的摆动而形成均匀分布的磨损或腐蚀形凹坑,见图8-7-5。

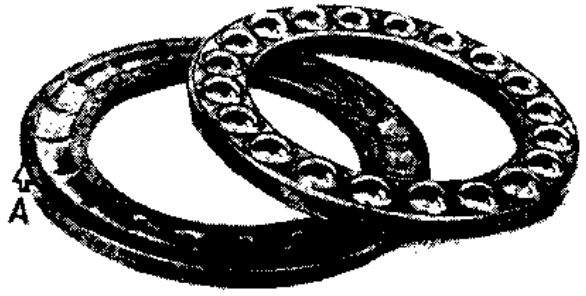


图 8-7-5 推力轴承套圈滚道

上椭圆形凹坑

4. 断裂 轴承零件的断裂通常有过载断裂、疲劳断裂等形式。过载断裂为外加载荷超过轴承零件材料的强度极限,造成滚动体碎裂或套圈与保持架瞬时断裂,见图8-7-6。疲劳断裂则为轴承零件的局部区域由于某种原因造成了损伤,在轴承零件继续运行中,损伤部位不断扩大,使剩余截面承受的交变应力大于材料的疲劳极限而造成的断裂。



图 8-7-6 配合过紧造成滚珠轴承内圈断裂

5. 电蚀 当轴承内部有电流通过时,在套圈和滚

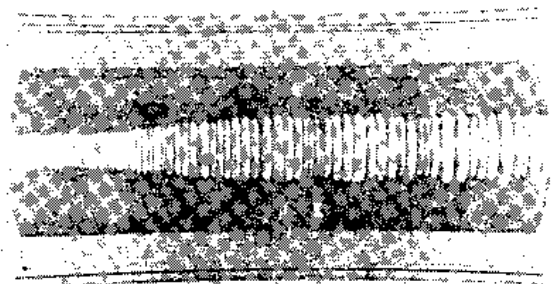


图 8-7-7 球轴承套圈滚道强电蚀形貌



动体接触处,电流通过很薄的润滑油膜而引起火花,造成局部表面熔融的现象,称之为电蚀。电蚀的主要形貌呈波纹式凹凸不平状,见图 8-7-7,此时通过的电流较强;另外还有一种呈黑色点状小圆穴形貌,此时通过轴承的电流较弱。

**6. 锈蚀** 当轴承在潮湿或酸性环境(如含酸的润滑剂等)以及在能引起金属腐蚀的介质中工作时,轴承零件表面易产生锈蚀斑点,从而使轴承因锈蚀而失效。

此外轴承零件还有由于供油不足、温升高而造成零件膨胀,改变其原有配合使轴承咬死、烧伤和保持架

断裂等失效形式。

## 2 滚动轴承故障监测方法

滚动轴承是机械设备中的易损零件,轴承的失效有可能导致整台机械设备的损坏,造成重大经济损失。因此对轴承的工况进行监测是保证机械设备安全运行,预防重大事故发生的重要手段。

由于滚动轴承的失效形式不同,其监测方法也不尽相同。滚动轴承失效形式及其适用的监测方法见表 8-7-1。

表 8-7-1 滚动轴承失效监测方法及其适用性

监测方法	振动声响	温度	磨损微粒	声发射	轴承游隙	油膜电阻	光纤法
疲劳剥落	○	×	○	○	×	×	○
裂纹	○	×	△	○	×	×	△
压痕	○	×	×	×	×	×	○
磨损	○	△	○	△	○	○	○
电蚀	○	△	○	△	○	○	△
擦伤	○	△	○	△	△	○	△
烧伤	○	○	△	△	×	○	△
锈蚀	△	×	○	×	×	△	×
保持架破损	△	×	△	×	×	×	×
蠕变	△	△	△	△	×	×	△
在运动中测定	可	可	可	可	不可	可	可

注:表中符号○—有效;△—有可能;×—不适合。

### 2.1 振动信号监测法<sup>[13][14]</sup>

当滚动轴承的滚动表面产生了皱裂、裂纹和疲劳剥落等损伤后,轴承就会产生异常振动,其振动机理见图 8-7-8。

常用的振动监测方法有

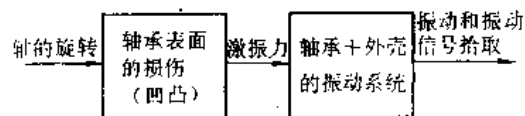


图 8-7-8 振动机理

1. 有效判别法 有效值( $x_{Rms}$ )是振动振幅的均方



根值。对具有表面皱裂的无规则振动波形的异常性,振动测量值变化很小,与轴承表面恶化程度有较好的相关性,可作为故障监测的基本量。

**2. 峰值判别法** 峰值( $\bar{x}$ )是在某个时间内表现出来的振幅最大值。用脉冲尖顶的峰值监测滚动轴承初期阶段的表面剥落有良好效果。

**3. 波峰系数法** 波峰系数( $C$ )是峰值对有效值之比  $C = \frac{x}{x_{RMS}}$ 。(因峰值比有效值反应灵敏)。正常轴承振动的波峰系数小于5,波峰系数为5~10表明轴承有异常,波峰系数大于10则表明轴承已产生较严重故障。波峰系数法的优点是波峰系数的值不受轴承尺寸、转速和载荷的影响,对正常、异常的判断简单易行。

**4. 振幅的概率密度分布法** 把轴承振动的概率分布范围作为表征量,求出梯度,就可以把故障程度数值化。

$$\text{梯度} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})p(x)dx}{\sigma^4}$$

式中  $x$ ——瞬时振幅;  
 $\bar{x}$ ——振幅平均值;  
 $p(x)$ ——概率密度函数;  
 $\sigma$ ——标准差。

正常轴承的梯度约为3,当轴承有疲劳剥落或损伤时就变大。

**5. 冲击脉冲法** 轴承运转时,当滚动体或滚道表面出现疲劳剥落或损伤时,就会发生冲击,产生冲击脉冲幅度变化极大的力。通过加速度计可以测得此冲击引起的高频衰减振动波形,将冲击振动转换成电信号,通过带通滤波器滤除机械的一般振动信号,只测量这种模拟脉冲峰值来判断轴承的损伤和损伤程度。

因轴承工作表面并非理想表面,加之尺寸、转速的不同,轴承存在一个初始冲击脉冲,以分贝表示为  $dB_0$ ,  $dB_0$  与轴承内径  $d$ (mm)和转速  $n$ (r/min)之间的关系由下面经验公式给出:

$$dB_0 = 20(\lg n - 0.6 \lg d - \lg 2150)$$

总的振动冲击值  $dB_N$ , 初始冲击脉冲值  $dB_0$  和冲击增量  $dB_N$  三者之间存在如下关系:

$$dB_N = dB_0 + dB_N$$

可以用  $dB_N$  值来判断轴承的三种状态,即良好、警告和损坏。

**6. 包络检测法** 轴承因疲劳损伤形成的冲击波能激励谐振系统产生一种高频减幅振荡的共振波。包络检测法就是对这种共振波作出包络并滤去其中高频

成分后得出解调波,再现低频脉动信号,再经谱分析获得要求的功率谱。包络法不仅可以以某种固有频率是否出现来判断轴承是否损坏,而且还可以将包络信号的频率与轴承损伤后的冲击频率做比较,识别出产生损伤的轴承元件来。

此外还有谐振信号接收法、中频带通滤波法、高通绝对值频率分析法、同步分析法、时序模型参数分析法等方法。

## 2.2 其他监测法

**1. 声发射法(AE法)** 在外力作用下,因内部晶格的位错、晶界滑移、马氏体相变或裂纹扩展等原因,金属和非金属材料以弹性波形式释放应变能。其频率从次声频到几十兆赫的超声频。当滚动轴承零件产生损伤、过载、润滑不足、烧结卡死等现象时,就会产生不同类型的声发射波。利用声发射传感器能够早期检测轴承在运行状态下的异常现象。

**2. 温度诊断法** 轴承材料和润滑剂均受温度的制约,对轴承温度进行监视,可控制轴承材料、润滑剂的使用界限,还能灵敏地反映轴承运转条件和安装不良现象。

**3. 轴承游隙测定法** 滚动轴承的滚道和滚动体磨损后,轴承的游隙就会增加。测定轴的振摆、轴端移动量及轴心轨迹等可控制游隙的变动量(圆锥轴承除外)。轴承的游隙测定可对磨损、电蚀、滚道或滚动体的异常进行有效诊断和控制。

**4. 油膜电阻法** 通常,运转中的轴承滚道面与滚动体之间会形成一层油膜,使内、外套圈之间存在较大的电阻。在润滑状态恶化、滚动表面产生破损时,油膜就被破坏而使电阻变小。测定油膜的电阻,就能够判断轴承的运转是否良好。油膜电阻法原理见图8-7-9。

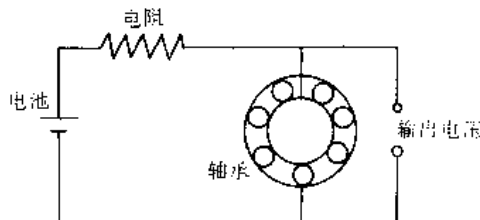


图 8-7-9 油膜电阻的测量电路

**5. 光纤监测法** 光纤监测器由光源接收器和带有探针的玻璃纤维组成。纤维束由两根纤维组成,探针直接指向轴承外圈表面保持一定间隙,其中一半纤维把光输送到轴承表面,另一半接收从该表面及射回来的光,经光电元件转换为电压输出,当轴承振动引起间



隙量改变时,利用光差便能判断轴承是否正常工作。

6. 磨损微粒法 通过分析润滑剂中磨损微粒的数量、粒度和成分来判断轴承运行状态是否良好,主要有三种方法。

a. 油样光谱分析法 它是用原子吸收光谱技术、发射光谱技术或X射线荧光光谱对润滑剂中的物质成分进行精密分析,判断轴承元件磨损状态,从而进行诊断的方法。

b. 铁谱技术监测法 它是利用高梯度磁场把磨损微粒从油液中分离出来,并把它们以一定的规律排列在铁谱片上,用显微镜或光密度测量仪对颗粒的性质、数量、形态及大小分布进行分析,判断轴承磨损、疲劳等故障情况。铁谱监测系统见图8·7-10。

c. 磁塞检查法 用带磁性的塞头插入润滑油池中,收集磨损微粒根据其数量、形状和大小来诊断故障。

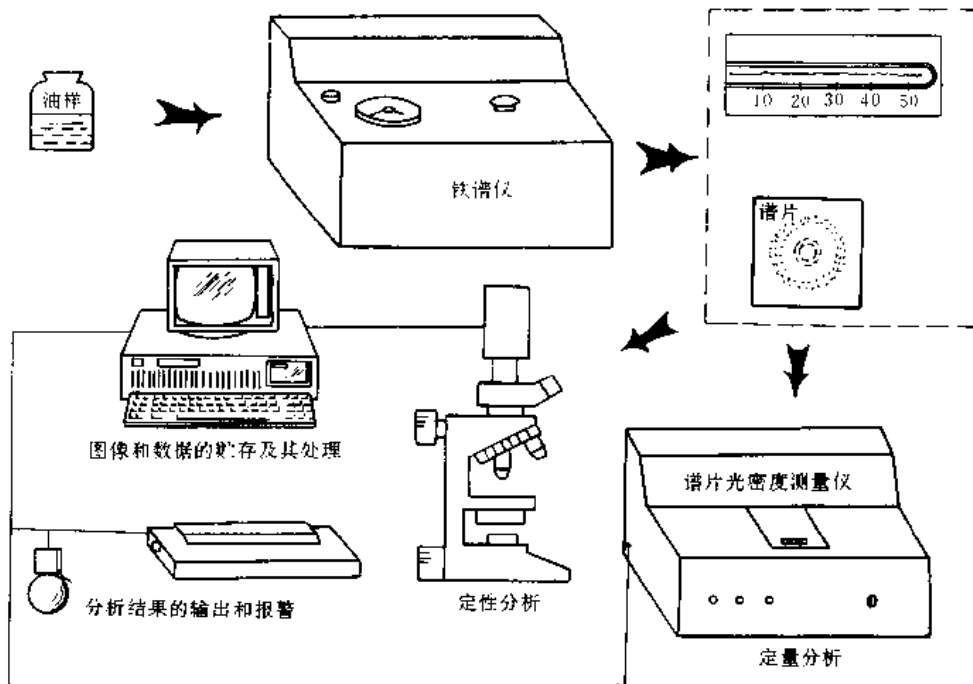


图8·7-10 铁谱监测系统

### 3 滚动轴承的失效分析与诊断

#### 3.1 失效分析与诊断的思路

滚动轴承失效分析的主要目的是指出引起失效的原因,从而可以采取有效措施,使同样的失效不再重复发生。

引用失效树分析原理,滚动轴承失效分析见图8·7-11。

#### 3.2 失效分析技术

滚动轴承失效分析的一般程序及主要测试技术简述如下。

1. 失效轴承的表面形貌分析 作形貌分析原则上是从低倍到高倍进行观察。

首先用眼睛、放大镜或体视显微镜仔细观察轴承

零件工作表面及发生破坏区域的形貌特征、颜色、破坏的部位等,通过宏观形貌分析可以做到:

- (1) 判定破坏的类型。
- (2) 判定破坏发展的方向及引起破坏的作用力方向。
- (3) 判断发生失效的起因和起源位置。

对于磨损失效和材料失效的轴承,有必要进一步用扫描电镜在较高倍率下仔细分析破坏起源位置的形貌和材料。一方面研究破坏的起源及其初期发展;另一方面检查是否在源区存在材料缺陷、机械损伤或非金属夹杂物等。如果是材料自然疲劳,源区一般为小范围的韧性断裂区。

利用复型技术可以获得表面形貌的复制品,用此制成电镜样品,还可用透射电镜观察可能存在的更细微的断口细节。

2. 失效轴承的化学分析 失效轴承的化学分析



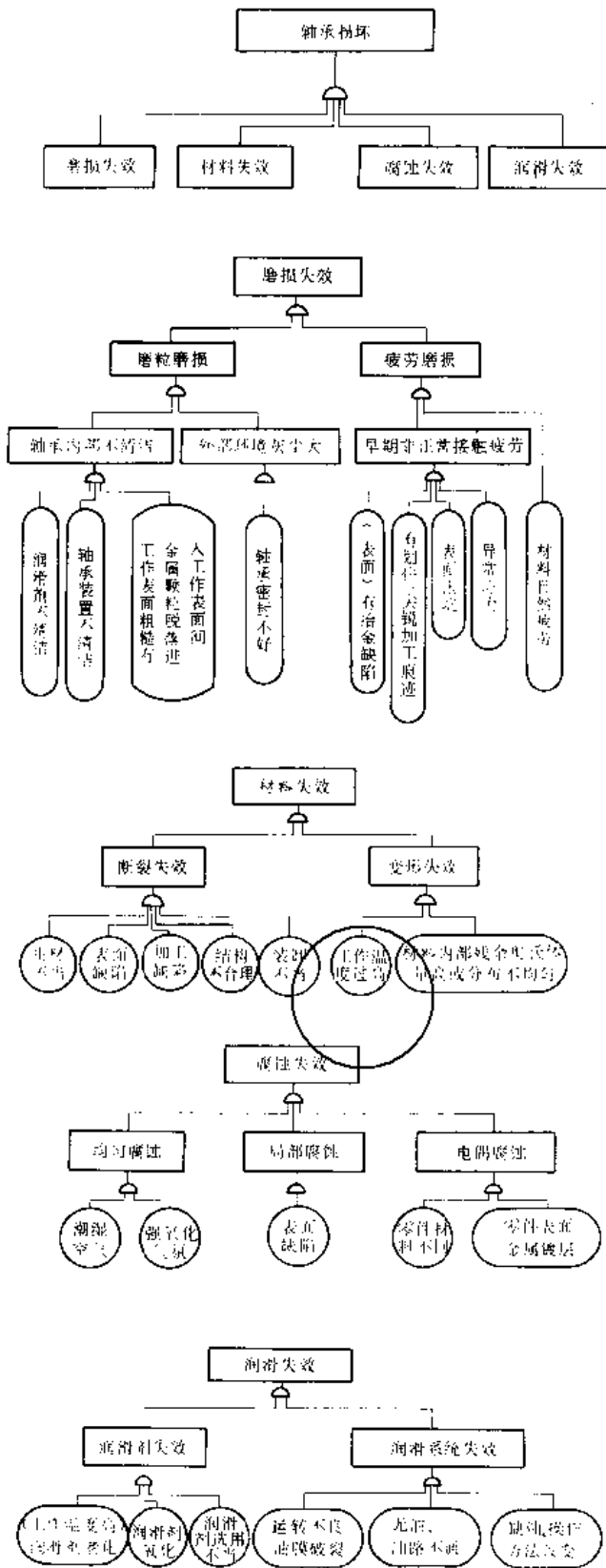


图 8-7-11 轴承失效分析

(又称环境分析)对于腐蚀失效件来说是非常重要的。首先需要确定轴承表面腐蚀产物的构成。分析腐蚀物的元素成分一般用发射光谱分析仪、原子吸收光谱分析仪、可见紫外线分光分析仪等。对于微量元素则需使用离子探针质谱仪、俄歇电子能谱仪及电子能谱分析仪等。目前对于分析腐蚀产物化合物和相应的分子结构还没有什么有效的仪器,但可以通过几种仪器综合测试结果进行推测。其次,要对失效轴承工作环境的温度、湿度和气氛等做系统全面的调查和分析,这对于确定腐蚀失效的发生原因也是十分重要的。最后还须注意轴承润滑剂的可靠性和安全性,以防止润滑剂的失效或污染对轴承带来的危害。

3. 失效轴承的力学分析 力学分析主要应用于轴承磨损失效和材料失效。

首先,根据轴承的尺寸、结构和承受载荷情况,分析失效发生和发展的力学因素,运用接触力学、摩擦学、断裂力学等理论,定性和定量地计算相关量的大小和分布,从而确定发生失效的作用力和作用方向,判明失效的原因是材料强度不足还是应力水平过高。

另外,力学分析除理论计算外,最常用的有应力应变测试、X射线剩余应力分析等实验应力分析技术,测试失效零件工作表面剩余应力和运用剥层法(电解抛光剥层)测出表面下剩余应力分布,从而了解实际应力情况。需要指出的是,滚动轴承工作表面是曲面,而一般大束斑X射线应力仪是平行光束,测定平面样品较准确,测轴承零件则有一定误差,在分析研究中须注意。

对于断裂失效的轴承,还要注意检查断裂发生部位的几何形状和加工质量,判断是否存在应力集中。

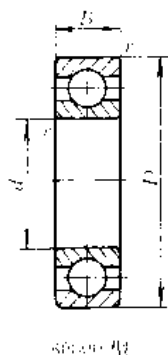
4. 失效轴承的材料分析 对于任何一种失效形式,失效轴承的材料分析都是必不可少的,材料的常规分析项目有金相分析、硬度测试、化学成分分析等。对于断裂失效和疲劳失效的轴承还应考虑回火稳定性试验,以确定轴承零件是否因回火不充分而引发破坏。对于变形失效轴承不仅需要考虑回火稳定性问题,还需测定材料内部的残余奥氏体量,并比较相互为90°夹角位置上的残余奥氏体量是否一致,以确定其分布是否均匀。另外,对于发生早期接触疲劳破坏的轴承零件还应酸洗检查工作表面是否有脱碳和磨削烧伤等缺陷,以排除加工质量不好引起破坏的可能;同时要注意工作表面破坏区域内是否有异常的断口或材料缺陷,并辅以电子探针作材料的微区分析,判定是否有局部的材料缺陷或结构缺陷引起破坏。



# 第8章 滚动轴承基本类型参数表

## 1 深沟球轴承(表8·8-1)

表8·8-1 深沟球轴承尺寸与性能参数



$\frac{f_0 F_a}{C_{0r}}$	Y	e
0.172	2.30	0.19
0.345	1.99	0.22
0.689	1.71	0.26
1.03	1.55	0.28
1.38	1.45	0.30
2.07	1.31	0.34
3.45	1.15	0.38
5.17	1.04	0.42
6.89	1.06	0.44

径向当量动载荷

$$P_r = F_r \quad \text{当 } \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P_r = 0.56F_r + YF_a \quad \text{当 } \frac{F_a}{F_r} > e$$

径向当量静载荷

$$P_{0r} = 0.6F_r + 0.5F_a$$

$$P_{0r} = F_r$$

$P_{0r}$ 取两式计算值较大者

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)	
	d	D	B	r <sub>s</sub> min	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑
618/1	1	3	1.0	0.05	0.03	0.02	38000	48000
638/1		3	1.5	0.05	0.03	0.02	38000	48000
619/1		4	1.6	0.10	0.07	0.05	38000	48000
639/1		4	2.3	0.10	0.07	0.05	38000	48000
618/1.5	1.5	4	1.2	0.05	0.07	0.05	38000	48000
638/1.5		4	2.0	0.05	0.07	0.05	38000	48000
619/1.5		5	2.0	0.15	0.13	0.05	38000	48000
639/1.5		5	2.6	0.15	0.13	0.05	38000	48000
60/1.5		6	2.5	0.15	0.16	0.10	38000	48000
618/2	2	5	1.5	0.08	0.12	0.05	38000	48000
638/2		5	2.3	0.08	0.12	0.05	38000	48000
619/2		6	2.3	0.15	0.17	0.10	38000	48000
639/2		6	3.0	0.15	0.17	0.10	38000	48000
618/2.5	2.5	6	1.8	0.08	0.16	0.08	38000	48000
638/2.5		6	2.6	0.08	0.16	0.08	38000	48000
619/2.5		7	2.5	0.15	0.20	0.10	38000	48000
639/2.5		7	3.5	0.15	0.20	0.10	38000	48000
618/3	3	7	2.0	0.10	0.20	0.10	38000	48000
638/3		7	3.0	0.10	0.20	0.10	38000	48000
619/3		8	3.0	0.15	0.29	0.15	38000	48000
639/3		8	4.0	0.15	0.29	0.15	38000	48000
623		10	4.0	0.15	0.39	0.22	38000	48000

轴承公司制作 请尊重著作权



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$B$	$r_s$ min	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{or}$	脂润滑	油润滑
618/4	4	9	2.5	0.1	0.33	0.18	38000	48000
628/4		9	3.5	0.1	0.33	0.18	38000	48000
619/4		11	4.0	0.15	0.59	0.35	36000	45000
639/4		11	5.0	0.15	0.59	0.35	36000	45000
624		13	5.0	0.2	0.78	0.42	36000	45000
634		16	5.0	0.3	1.89	0.75	32000	40000
618/5	5	11	3.0	0.15	0.52	0.28	36000	45000
628/5		11	4.0	0.15	0.52	0.28	36000	45000
619/5		13	4.0	0.2	0.65	0.40	34000	43000
639/5		13	6.0	0.2	0.77	0.40	34000	43000
605		14	5.0	0.2	1.01	0.55	30000	38000
625		16	5.0	0.3	1.89	0.75	32000	40000
635		19	6.0	0.3	2.80	1.15	28000	36000
618/6	6	13	3.5	0.15	0.65	0.40	34000	43000
628/6		13	5.0	0.15	0.65	0.40	34000	43000
619/6		15	5.0	0.2	1.01	0.55	32000	40000
639/6		15	7.0	0.2	1.01	0.55	32000	40000
606		17	6.0	0.3	2.05	0.68	30000	38000
626		19	6.0	0.3	2.80	1.15	28000	36000
618/7	7	14	3.5	0.15	0.68	0.45	32000	40000
628/7		14	5.0	0.15	0.68	0.45	32000	40000
619/7		17	5.0	0.3	2.34	0.78	30000	38000
639/7		17	7.0	0.3	2.34	0.78	30000	38000
607		19	6.0	0.3	2.80	1.15	28000	36000
627		22	7.0	0.3	3.28	1.35	26000	34000
618/8	8	16	4.0	0.2	0.81	0.55	30000	38000
628/8		16	5.0	0.2	0.81	0.55	30000	38000
619/8		19	6.0	0.3	2.24	0.85	28000	36000
639/8		19	9.0	0.3	2.24	0.85	28000	36000
608		22	7.0	0.3	3.28	1.35	26000	34000
628		24	8.0	0.3	3.35	1.35	24000	32000
618/9	9	17	4.0	0.2	1.04	0.62	28000	36000
628/9		17	5.0	0.2	1.04	0.62	28000	36000
619/9		20	6.0	0.3	2.47	0.98	27000	34000
639/9		20	9.0	0.3	2.47	0.98	27000	34000
609		24	7.0	0.3	3.35	1.35	22000	30000
629		26	8.0	0.3	3.71	1.75	22000	30000

(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$B$	$r_s$ mm	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑
61800	10	19	5	0.3	1.40	0.58	25000	31000
61900		22	6	0.3	3.32	1.38	25000	32000
6000		26	8	0.3	4.58	1.97	25000	35000
6200		30	9	0.6	5.11	2.39	19000	26000
6300		35	11	0.6	7.65	3.47	13000	24000
61801	12	21	5	0.3	1.40	0.60	22000	30000
61901		24	6	0.3	3.38	1.38	20000	28000
16001		28	7	0.3	5.10	2.25	19000	26000
6001		28	8	0.3	5.11	2.39	19000	26000
6201		32	10	0.6	6.82	3.06	18000	21000
6301		37	12	1.0	9.72	5.09	17000	22000
61802	15	24	5	0.3	1.92	0.90	20000	28000
61902		28	7	0.3	4.00	1.72	19000	26000
16002		32	8	0.3	5.62	2.50	18000	24000
6002		32	9	0.3	5.59	2.84	18000	21000
6202		35	11	0.6	7.64	3.72	17000	22000
6302		42	13	1.0	11.4	5.43	16000	20000
61803	17	26	5	0.3	2.18	1.02	19000	26000
61903		30	7	0.3	4.32	1.92	18000	21000
16003		35	8	0.3	6.83	3.05	17000	22000
6003		35	10	0.3	6.00	3.25	17000	22000
6203		40	12	0.6	9.57	4.79	16000	20000
6303		47	14	1.0	13.6	6.58	15000	19000
6403		62	17	1.1	22.7	10.8	11000	15000
61804	20	32	7	0.3	3.45	1.72	17000	22000
61904		37	9	0.3	6.57	3.08	17000	22000
16004		42	8	0.3	7.90	3.78	15000	19000
6004		42	12	0.6	9.38	5.03	15000	19000
6204		47	14	1.0	12.8	6.65	14000	18000
6304		52	15	1.1	15.9	7.88	13000	17000
6404		72	19	1.1	31.0	15.3	9500	13000
61805	25	37	7	0.3	3.71	1.95	15000	19000
61905		42	9	0.3	7.35	3.68	14000	18000
16005		47	8	0.3	8.42	4.18	13000	17000
6005		47	12	0.6	10.1	5.85	13000	17000
6205		52	15	1.0	11.0	7.88	12000	16200
6305		62	17	1.1	22.4	11.5	10000	14000
6405		80	21	1.5	38.3	19.2	8500	11000





(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$B$	$r_s$ min	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{or}$	脂润滑	油润滑
61806	30	42	7	0.3	4.00	2.35	12000	16000
61906		47	9	0.3	7.57	3.98	12000	16000
16006		55	9	0.3	11.2	5.92	10000	14000
6006		55	13	1.0	13.2	8.30	10000	14000
6206		62	16	1.0	19.5	11.3	9500	13000
6306		72	19	1.1	27.0	15.2	9000	12000
6406		90	23	1.5	47.3	24.5	8000	10000
61807	35	47	7	0.3	4.13	2.60	10000	14000
61907		55	10	0.6	9.56	5.28	9500	13000
16007		62	9	0.3	11.7	6.52	9000	12000
6007		62	14	1.0	16.2	10.4	9000	12000
6207		72	17	1.1	25.7	15.3	8500	11000
6307		80	21	1.5	33.4	19.2	8000	10000
6407		100	25	1.5	56.9	29.6	6700	8500
61808	40	52	7	0.3	4.39	2.95	9500	13000
61908		62	12	0.6	12.2	6.92	9000	12000
16008		68	9	0.3	12.6	7.40	8500	11000
6008		68	15	1.0	17.0	11.7	8500	11000
6208		80	18	1.1	29.5	18.1	8000	10000
6308		90	23	1.5	40.8	24.0	7000	9000
6408		110	27	2.0	65.5	37.7	6300	8000
61809	45	58	7	0.3	4.65	3.32	8500	11000
16009		75	10	0.6	12.9	7.95	8000	10000
6009		75	16	1.0	21.1	14.8	8000	10000
6209		85	19	1.1	31.7	20.7	7000	9000
6309		100	25	1.5	52.9	31.8	6300	8000
6409		120	29	2.0	77.4	45.4	5600	7000
61810	50	65	7	0.3	5.10	3.62	8000	10000
61910		72	12	0.6	12.9	7.95	8000	10000
16010		80	10	0.6	16.3	10.0	7000	9000
6010		80	16	1.0	22.0	16.3	7000	9000
6210		90	20	1.1	35.1	23.2	6700	8500
6310		110	27	2.0	61.9	37.9	6000	7500
6410		130	31	2.1	92.3	55.1	5300	6700
61811	55	72	9	0.3	6.73	5.0	7500	9500
16011		90	11	0.6	16.3	10.5	6300	8000
6011		90	18	1.1	30.3	21.9	6300	8000
6211		100	21	1.5	43.4	29.2	6000	7500
6311		120	29	2.0	71.6	44.8	5300	6700
6411		140	33	2.1	10.1	62.5	4800	6000



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 <i>n</i> (r/min)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r<sub>s</sub></i> min	动载荷 <i>C<sub>r</sub></i>	静载荷 <i>C<sub>0r</sub></i>	脂润滑	油润滑
61812	60	78	10	0.3	9.17	6.65	6700	8500
61912		85	13	1.0	14.0	9.32	6300	8000
16012		95	11	0.6	16.6	11.2	6600	7500
6012		95	18	1.1	31.7	24.2	6000	7500
6212		110	22	1.5	47.8	32.9	5600	7000
6312		130	31	2.1	81.8	51.9	5600	6300
6412		150	35	2.1	109	70.1	4500	5600
61913	65	90	13	1.0	14.6	10.5	6000	7500
16013		100	11	0.6	17.6	12.5	5600	7000
6013		100	18	1.1	32.1	24.9	5600	7000
6213		120	23	1.5	57.2	40.0	5000	6300
6313		120	33	2.1	93.9	60.4	4500	5600
6413		160	37	2.1	118	78.6	4300	5300
61814	70	90	10	0.6	10.5	8.22	6000	7500
16014		110	13	0.6	20.2	13.8	5300	6700
6014		110	20	1.1	38.6	30.4	5300	6700
6214		125	24	1.5	60.8	45.0	4800	6000
6314		150	35	2.1	104	68.0	4300	5300
6414		180	42	3.0	140	99.6	3800	4800
61815	75	95	10	0.6	10.5	8.58	5600	7000
61915		105	16	1.0	17.9	13.2	5300	6700
16015		115	13	0.6	25.0	17.8	5000	6300
6015		115	20	1.1	40.2	33.2	5000	6300
6215		130	25	1.5	66.1	49.5	4500	5600
6315		160	37	2.1	113	77.0	4000	5000
6415		190	45	3.0	154	114	3600	4500
61816	80	100	10	0.6	10.9	8.82	5300	6700
61916		110	16	1.0	18.9	14.5	5000	6300
16016		125	14	0.6	25.4	18.8	4800	6000
6016		125	22	1.1	47.5	39.8	4800	6000
6216		140	26	2.0	71.6	54.3	4300	5300
6316		170	39	2.1	123	86.5	3800	4800
6416		200	48	3.0	163	125	3400	4300
61817	85	110	13	1.0	21.8	16.2	4800	6000
61917		120	18	1.1	28.3	20.0	4800	6000
16017		130	14	0.6	25.7	19.5	4500	5600
6017		130	22	1.1	50.8	42.9	4500	5600
6217		150	28	2.0	83.2	64.0	4000	5000
6317		180	41	3.0	133	96.6	3600	4500
6417		210	52	4.0	175	137	3200	4000

轴承公司制作 请尊重作者版权



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$B$	$r_s$ min	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑
61918	90	125	18	1.1	32.8	23.5	4500	5600
16018		140	16	1.0	33.5	24.8	4300	5300
6018		140	24	1.5	58.0	49.8	4300	5300
6218		160	30	2.0	96.0	71.5	3800	4800
6318		190	43	3.0	144	108	3400	4300
6418		225	54	4.0	192	158	2800	3600
61819	95	120	13	1.0	16.3	13.8	4300	5300
16019		145	16	1.0	37.1	27.2	4000	5000
6019		145	24	1.5	57.8	50.1	4000	5000
6219		170	38	2.1	110	82.8	3600	4500
6319		200	45	3.0	157	122	3200	4000
61920	100	140	20	1.1	41.3	29.5	4000	5000
16020		150	16	1.0	38.4	28.8	3800	4800
6020		150	24	1.5	64.5	56.1	3800	4800
6220		180	34	2.1	122	92.7	3400	4300
6320		215	47	3.0	173	140	2800	3600
6420		250	58	4.0	223	195	2400	3200
61821	105	130	13	1.0	17.6	15.5	3800	4800
16021		160	18	1.0	43.6	33.0	3600	4500
6021		160	26	2.0	71.9	63.3	3600	4500
6221		190	35	2.1	133	104	3200	4000
6321		225	49	3.0	184	153	2600	3400
61922	110	150	20	1.1	43.6	33.0	3600	4500
16022		170	18	1.0	53.0	40.2	3400	4300
6022		170	28	2.0	81.9	72.9	3400	4300
6222		200	38	2.1	144	117	3000	3800
6322		240	50	3.0	205	178	2400	3200
6422		280	65	4.0	226	237	2000	2800
61824	120	150	16	1.0	24.1	21.8	3400	4300
61924		165	22	1.1	53.0	40.2	3200	4000
16024		180	19	1.0	54.3	42.2	3000	3800
6024		180	28	2.0	87.7	79.4	3000	3800
6224		215	40	2.1	155	131	2600	3400
6324		260	55	3.0	228	207	2200	3000



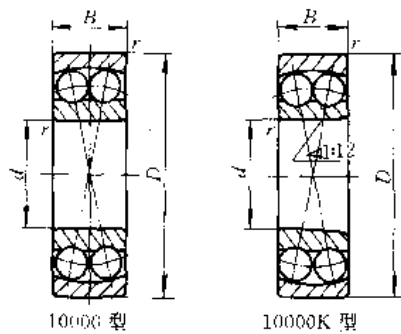
(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 <i>n</i> (r/min)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i> <sub>min</sub>	动载荷 <i>C<sub>r</sub></i>	静载荷 <i>C<sub>0r</sub></i>	脂润滑	油润滑
61925	130	180	24	1.5	65.3	50.2	3000	3800
16025		200	22	1.1	61.8	50.0	2800	3600
6026		200	33	2.0	105	96.8	2800	3600
6226		230	40	3.0	165	148	2400	3200
6326		280	58	4.0	253	242	1900	2600
61928	140	190	24	1.5	66.6	52.8	2800	3600
16028		210	22	1.1	63.1	52.5	2400	3200
6028		210	33	2.0	116	109	2400	3200
6228		250	42	3.0	179	167	2000	2800
6328		300	62	4.0	275	272	1800	2400
16030	150	225	24	1.1	74.4	61.8	2200	3000
6030		225	35	2.1	132	125	2200	3000
6230		270	45	3.0	203	199	1900	2600
6330		320	65	4.0	288	294	1700	2200
61832	160	200	20	1.1	42.9	40.8	2400	3200
16032		240	25	1.5	88.7	74.8	2000	2800
6032		240	38	2.1	143	138	2000	2800
6232		290	48	3.0	215	218	1800	2400
6332		340	68	4.0	313	341	1600	2000
61834	170	215	22	1.1	50.1	46.8	2200	3000
61934		230	28	2.0	88.7	74.8	2000	2800
16034		260	28	1.5	101	84.5	1900	2600
6034		260	42	2.1	170	171	1900	2600
6234		310	52	4.0	245	260	1700	2200
6334		360	72	4.0	336	378	1500	1900

注:轴承外形尺寸符合 GB/T276 的规定。

2 调心球轴承(表 8-8-2)

表 8-8-2 调心球轴承尺寸与性能参数



径向当量动载荷

$$P_r = F_r + Y_1 F_a \quad \text{当 } \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P_r = 0.65 F_r + Y_2 F_a \quad \text{当 } \frac{F_a}{F_r} > e$$

径向当量静载荷

$$P_{0r} = F_r + Y_0 F_a$$

轴承公司制作 请尊重作者版权



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)		计算系数			
	$d$	$D$	$B$	$r_f$ min	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑	$e$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_0$
1200 1200K	10	30	9	0.6	5.47	1.19	15000	19000	0.32	1.94	3.01	2.04
2200 —		30	14	0.6	8.18	1.77	15000	19000	0.42	1.50	2.32	1.57
1300 —		35	11	0.6	7.26	1.63	14000	18000	0.33	1.93	2.99	2.02
2300 —		35	17	0.6	11.0	2.46	14000	18000	0.43	1.47	2.27	1.54
1201 1201K	12	32	10	0.6	6.19	1.42	14000	18000	0.32	1.98	3.06	2.07
2201 —		32	14	0.6	8.46	1.90	14000	18000	0.48	1.31	2.02	1.37
1301 —		37	12	1.0	9.40	2.13	13000	17000	0.34	1.83	2.83	1.92
2301 —		37	17	1.0	11.6	2.69	13000	17000	0.40	1.59	2.46	1.66
1202 1202K	15	35	11	0.6	7.48	1.75	13000	17000	0.31	2.04	3.15	2.13
2202 —		35	14	0.6	8.62	2.01	13000	17000	0.43	1.47	2.27	1.54
1302 —		42	13	1.0	10.8	2.58	12000	16000	0.31	2.01	3.11	2.11
2302 —		42	17	1.0	12.2	2.99	12000	16000	0.34	1.84	2.85	1.93
1203 1203K	17	40	12	0.6	8.82	2.18	12000	16000	0.30	2.11	3.27	2.21
2203 —		40	16	0.6	10.6	2.56	12000	16000	0.38	1.64	2.54	1.72
1303 —		47	14	1.0	12.8	3.36	11000	15000	0.30	2.10	3.26	2.20
2303 —		47	19	1.0	14.8	3.68	11000	15000	0.35	1.79	2.77	1.88
1204 1204K	20	47	14	1.0	12.8	3.36	10000	14000	0.30	2.08	3.22	2.18
2204 2204K		47	18	1.0	16.7	4.18	10000	14000	0.41	1.54	2.38	1.61
1304 1304K		52	15	1.1	14.4	4.02	9500	13000	0.29	2.16	3.35	2.27
2304 2304K		52	21	1.1	18.6	4.73	9500	13000	0.35	1.80	2.79	1.89
1205 1205K	25	52	15	1.0	14.1	4.02	9000	12000	0.28	2.27	3.52	2.38
2205 2205K		52	18	1.0	16.8	4.42	9000	12000	0.33	1.91	2.96	2.00
1305 1305K		62	17	1.1	18.8	5.46	8000	10000	0.28	2.26	3.50	2.37
2305 2305K		62	24	1.1	14.8	6.57	8000	10000	0.33	1.90	2.95	2.00
1206 1206K	30	62	16	1.0	15.5	4.57	7500	9500	0.24	2.60	4.02	2.72
2206 2206K		62	20	1.0	23.8	6.63	7500	9500	0.32	1.97	3.05	2.07
1306 1306K		72	19	1.1	21.3	6.32	7000	9000	0.25	2.52	3.90	2.64
2306 2306K		72	27	1.1	31.8	8.84	7000	9000	0.32	1.95	3.01	2.04
1207 1207K	35	72	17	1.1	18.8	5.90	6700	8500	0.23	2.74	4.24	2.87
2207 2207K		72	23	1.1	30.4	8.71	6700	8500	0.31	2.02	3.12	2.11
1307 1307K		80	21	1.5	26.2	8.51	6300	8000	0.25	2.52	3.90	2.64
2307 2307K		80	31	1.5	40.0	11.4	6300	8000	0.32	1.97	3.04	2.06
1208 1208K	40	80	18	1.1	20.0	6.89	6300	8000	0.21	2.93	4.54	3.07
2208 2208K		80	23	1.1	31.8	10.1	6300	8000	0.27	2.30	3.55	2.41
1308 1308K		90	23	1.5	32.7	11.1	5600	7000	0.24	2.60	4.02	2.72
2308 2308K		90	33	1.5	54.7	16.2	5600	7000	0.33	1.89	2.93	1.98

轴承公司制作 请尊重作者版权



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)		计算系数			
	$d$	$D$	$B$	$r_s$ min	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑	$e$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_0$
1209 1209K	45	85	19	1.1	23.2	8.12	5600	7000	0.21	2.96	4.58	3.10
2209 2209K		85	23	1.1	32.0	10.6	5600	7000	0.26	2.46	3.81	2.58
1309 1309K		100	25	1.5	38.7	13.4	5000	6300	0.23	2.69	4.17	2.82
2309 2309K		100	36	1.5	64.1	19.2	5000	6300	0.33	1.90	2.93	1.99
1210 1210K	50	90	20	1.1	26.2	9.46	5300	6700	0.21	3.00	4.64	3.14
2210 2210K		90	23	1.1	33.5	11.3	5300	6700	0.24	2.65	4.10	2.78
1310 1310K		110	27	2.0	43.7	15.3	4800	6000	0.24	2.68	4.14	2.80
2310 2310K		110	40	2.0	65.2	20.4	4800	6000	0.30	2.09	3.23	2.19
1211 1211K	55	100	21	1.5	27.7	10.6	4800	6000	0.19	3.24	5.02	3.40
2211 2211K		100	25	1.5	37.3	13.2	4800	6000	0.24	2.66	4.11	2.78
1311 1311K		120	29	2.0	52.5	18.8	4300	5300	0.23	2.74	4.25	2.87
2311 2311K		120	43	2.0	75.7	24.1	4300	5300	0.30	2.11	3.27	2.21
1212 1212K	60	110	22	1.5	31.2	12.2	4500	5600	0.18	3.43	5.31	3.59
2212 2212K		110	28	1.5	47.7	17.2	4500	5600	0.24	2.63	4.08	2.76
1312 1312K		130	31	2.1	58.2	21.1	4000	5000	0.23	2.76	4.27	2.89
2312 2312K		130	46	2.1	87.9	28.4	4000	5000	0.30	2.12	3.28	2.22
1213 1213K	65	120	23	1.5	35.0	13.8	4000	5000	0.18	3.58	5.53	3.75
2213 2213K		120	31	1.5	55.2	20.8	4000	5000	0.23	2.70	4.19	2.83
1313 1313K		140	33	2.1	65.3	24.4	3600	4500	0.23	2.78	4.30	2.91
2313 2313K		140	48	2.1	98.1	32.0	3600	4500	0.29	2.17	3.35	2.27
1214 1214K	70	125	24	1.5	34.4	13.6	3800	4800	0.17	3.68	5.69	3.85
2214 2214K		125	31	1.5	54.1	20.8	3800	4800	0.22	2.86	4.42	2.99
1314 1314K		150	35	2.1	75.0	28.4	3400	4300	0.23	2.77	4.29	2.90
2314 2314K		150	51	2.1	114	37.7	3400	4300	0.29	2.15	3.32	2.25
1215 1215K	75	130	25	1.5	38.7	15.5	3600	4500	0.17	3.65	5.65	3.82
2215 2215K		130	31	1.5	52.8	20.3	3600	4500	0.21	3.03	4.69	3.18
1315 1315K		160	37	2.1	82.3	31.6	3200	4000	0.22	2.82	4.36	2.95
2315 2315K		160	55	2.1	127	42.9	3200	4000	0.29	2.16	3.35	2.26
1216 1216K	80	140	26	2.0	39.7	16.1	3400	4300	0.16	3.85	5.96	4.04
2216 2216K		140	33	2.0	65.1	25.6	3400	4300	0.22	2.88	4.46	3.02
1316 1316K		170	39	2.1	89.9	35.0	3000	3800	0.22	2.87	4.44	3.00
2316 2316K		170	58	2.1	136	48.3	3000	3800	0.29	2.20	3.41	2.31
1217 1217K	85	150	28	2.0	47.6	19.5	3200	4000	0.17	3.74	5.78	3.92
2217 2217K		150	36	2.0	65.4	26.1	3200	4000	0.21	3.01	4.66	3.15
1317 1317K		180	41	3.0	97.7	38.6	2800	3600	0.22	2.87	4.44	3.00
2317 2317K		180	60	3.0	142	52.1	2800	3600	0.28	2.27	3.52	2.38



(续)

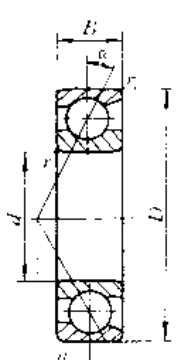
轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)		计算系数			
	d	D	B	r <sub>s</sub> min	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
1218 1218K	90	160	30	2.0	58.2	24.3	3000	3800	0.17	3.69	5.71	3.87
2218 2218K		160	40	2.0	70.3	28.7	3000	3800	0.20	3.14	4.86	3.29
1318 1318K		190	43	3.0	116	46.3	2600	3400	0.22	2.87	4.44	3.01
2318 2318K		190	64	3.0	154	58.5	2600	3400	0.28	2.27	3.51	2.38
1291 1219K	95	170	32	2.1	63.3	26.9	2800	3600	0.17	3.66	5.66	3.83
2219 2219K		170	43	2.1	82.3	34.0	2800	3600	0.20	3.11	4.81	3.26
1319 1319K		200	45	3.0	129	53.3	2400	3200	0.22	2.84	4.39	2.97
2319 2319K		200	67	3.0	167	65.1	2400	3200	0.28	2.26	3.50	2.37
1220 1220K	100	180	34	2.1	69.2	29.5	2600	3400	0.17	3.67	5.67	3.84
2220 2220K		180	46	2.1	98.2	41.0	2600	3400	0.21	2.96	4.59	3.11
1320 1320K		215	47	3.0	138	57.9	2000	2800	0.22	2.83	4.39	2.97
2320 2320K		215	73	3.0	195	79.4	2000	2800	0.29	2.17	3.36	2.28
1221 1221K	105	190	36	2.1	74.6	32.1	2400	3200	0.17	3.71	5.73	3.88
2221 2221K		190	50	2.1	109	46.3	2400	3200	0.21	3.02	4.68	3.16
1321 1321K		225	49	3.0	156	67.4	1900	2600	0.22	2.84	4.39	2.97
1222 1222K	110	200	38	2.1	88.0	38.5	2200	3000	0.17	3.62	5.60	3.79
2222 2222K		200	53	2.1	128	55.0	2200	3000	0.21	2.95	4.56	3.09
1322 1322K		240	50	2.5	158	71.3	1800	2400	0.21	2.98	4.61	3.12
2322 2322K		240	80	2.5	220	95.4	1800	2400	0.28	2.23	3.46	2.34

注:轴承外形尺寸符合 GB/T281 的规定。

3 角接触球轴承(表 8-8-3)

表 8-8-3 角接触球轴承尺寸与性能参数

$\frac{f_0 F_a}{C_{0r}}$	e	Y	$\alpha$	径向当量动载荷		径向当量静载荷	
				$P_r = F_r$	$P_r = 0.44F_r + YF_a$	$P_{0r} = 0.5F_r + 0.4F_a$	$P_{0r} = F_r$
0.178	0.38	1.47	15°	$P_r = F_r$	当 $\frac{F_a}{F_r} \leq e$	$P_{0r} = 0.5F_r + 0.4F_a$	$P_{0r}$ 取两式计算值较大者
0.357	0.4	1.4		$P_r = 0.44F_r + YF_a$	当 $\frac{F_a}{F_r} > e$	$P_{0r} = F_r$	
0.714	0.43	1.3					
1.07	0.46	1.23	25°	$P_r = F_r$	当 $\frac{F_a}{F_r} \leq 0.68$	$P_{0r} = 0.5F_r + 0.3F_a$	$P_{0r}$ 取两式计算值较大者
1.43	0.47	1.19		$P_r = 0.41F_r + 0.87F_a$	当 $\frac{F_a}{F_r} > 0.68$	$P_{0r} = F_r$	
2.14	0.5	1.12					
3.57	0.55	1.02	40°	$P_r = F_r$	当 $\frac{F_a}{F_r} \leq 1.14$	$P_{0r} = 0.5F_r + 0.2F_a$	$P_{0r}$ 取两式计算值较大者
5.35	0.56	1		$P_r = 0.35F_r + 0.57F_a$	当 $\frac{F_a}{F_r} > 1.14$	$P_{0r} = F_r$	
7.14	0.56	1					



7000: C 型( $\alpha=15^\circ$ )  
7000AC 型( $\alpha=25^\circ$ )  
7000B 型( $\alpha=40^\circ$ )



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)						基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$B$	$r_s$ min	$r_{1s}$ min	$a$	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑
7000C	10	26	8	0.3	0.15	6.4	3.78	2.15	19000	28000
7000AC		26	8	0.3	0.15	8.2	3.66	2.02	19000	28000
7200C		30	9	0.6	0.15	7.2	4.18	2.42	18000	26000
7200AC		30	9	0.6	0.15	9.2	4.0	2.28	18000	26000
7001C	12	28	8	0.3	0.15	6.7	4.08	2.42	18000	26000
7001AC		28	8	0.3	0.15	8.7	4.0	2.28	18000	26000
7201C		32	10	0.6	0.15	8	5.65	3.35	17000	24000
7201AC		32	10	0.6	0.15	10.2	5.45	3.15	17000	24000
7002C	15	32	9	0.3	0.15	7.6	4.80	2.95	17000	24000
7002AC		32	9	0.3	0.15	10	4.58	2.78	17000	24000
7202C		35	11	0.6	0.15	8.9	6.68	4.19	16000	22000
7202AC		35	11	0.6	0.15	11.4	6.42	3.92	16000	22000
7003C	17	35	10	0.3	0.15	8.5	5.08	3.22	16000	22000
7003AC		35	10	0.3	0.15	11.1	4.85	3.02	16000	22000
7203C		40	12	0.6	0.3	9.9	8.38	5.38	15000	20000
7203AC		40	12	0.6	0.3	12.8	8.05	5.05	15000	20000
7303AC		47	14	1.0	0.3	10.4	12.8	8.62	14000	19000
7004C	20	42	12	0.6	0.15	10.2	8.05	5.25	14000	19000
7004AC		42	12	0.6	0.15	13.2	7.72	4.92	14000	19000
7204C		47	14	1.0	0.30	11.5	11.2	7.46	13000	18000
7204AC		47	14	1.0	0.30	14.9	10.8	7.00	13000	18000
7204B		47	14	1.0	0.30	21.1	10.8	6.78	13000	18000
7005C	25	47	12	0.6	0.15	10.8	8.98	6.22	12000	17000
7005AC		47	12	0.6	0.15	14.4	8.58	5.85	12000	17000
7205C		52	15	1.0	0.30	12.7	12.8	8.95	11000	16000
7205AC		52	15	1.0	0.30	16.4	12.2	8.38	11000	16000
7205B		52	15	1.0	0.30	23.7	12.2	7.88	11000	16000
7305C		62	17	1.1	0.60	13.1	21.5	15.8	9500	14000
7006C	30	55	13	1.0	0.30	12.2	11.5	8.45	9500	14000
7006AC		55	13	1.0	0.30	16.4	11.2	7.92	9500	14000
7206C		62	16	1.0	0.30	14.2	17.8	12.8	9000	13000
7206AC		62	16	1.0	0.30	18.7	16.8	12.2	9000	13000
7206B		62	16	1.0	0.30	27.4	15.8	11.2	9000	13000
7306B		72	19	1.1	0.60	31.1	24.8	17.5	8500	12000
7007C	35	62	14	1.0	0.30	13.5	14.8	11.5	8500	12000
7007AC		62	14	1.0	0.30	18.3	14.2	10.8	8500	12000
7207C		72	17	1.1	0.60	15.7	23.5	17.5	8000	11000
7207AC		72	17	1.1	0.60	21.0	22.5	16.5	8000	11000
7207B		72	17	1.1	0.60	30.9	20.8	15.2	8000	11000





(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)						基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$B$	$r_1$ min	$r_{1s}$ min	$\alpha$	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑
7307B		80	21	1.5	0.60	34.6	29.5	21.2	7500	10000
7008C	40	68	15	1.0	0.30	14.7	15.5	12.2	8000	11000
7008AC		68	15	1.0	0.30	20.1	14.5	11.5	8000	11000
7208C		80	18	1.1	0.60	17.0	26.8	20.5	7500	10000
7208AC		80	18	1.1	0.60	23.0	25.8	19.2	7500	10000
7208B		80	18	1.1	0.60	34.5	25.0	18.8	7500	10000
7308C		90	23	1.5	0.60	18.5	40.2	32.3	6700	9000
7308AC	90	23	1.5	0.60	27.5	38.5	30.5	6700	9000	
7308B	90	23	1.5	0.60	38.8	35.5	26.2	6700	9000	
7408AC		110	27	2.0	1.00	31.8	62.0	49.5	6000	8000
7408B		110	27	2.0	1.00	38.7	51.5	41.8	6000	8000
7009C	45	75	16	1.0	0.30	16.0	19.8	16.2	7500	10000
7009AC		75	16	1.0	0.30	21.9	18.8	15.2	7500	10000
7209C		85	19	1.1	0.60	18.2	29.8	23.8	6700	9000
7209AC		85	19	1.1	0.60	24.7	28.2	22.5	6700	9000
7209B		85	19	1.1	0.60	36.8	27.8	21.2	6700	9000
7309B		100	25	1.5	0.60	42.9	45.8	34.5	6000	8000
7010C	50	80	16	1.0	0.3	16.7	20.5	17.2	6700	9000
7010AC		80	16	1.0	0.3	23.2	19.5	16.2	6700	9000
7210C		90	20	1.1	0.6	19.4	32.8	26.8	6300	8500
7210AC		90	20	1.1	0.6	26.3	31.5	25.2	6300	8500
7210B		90	20	1.1	0.6	39.4	28.8	22.8	6300	8500
7310B		110	27	2.0	1.0	47.5	52.5	40.8	5600	7500
7011C	55	90	18	1.1	0.6	18.7	28.5	24.5	6000	8000
7011AC		90	18	1.1	0.6	25.9	27.2	22.8	6000	8000
7211C		100	21	1.5	0.6	20.9	40.8	33.8	5600	7500
7211AC		100	21	1.5	0.6	28.6	38.8	31.8	5600	7500
7211B		100	21	1.5	0.6	43.0	35.5	28.8	5600	7500
7311B		120	29	2.0	1.0	51.4	60.5	48.0	5000	6700
7012C	60	95	18	1.1	0.6	19.4	29.5	25.8	5600	7500
7012AC		95	18	1.1	0.6	27.1	27.8	24.2	5600	7500
7212C		110	22	1.5	0.6	22.4	44.8	37.8	5300	7000
7212AC		110	22	1.5	0.6	30.8	42.8	35.5	5300	7000
7212B		110	22	1.5	0.6	46.7	43.2	35.5	5300	7000
7312B		130	31	2.1	1.1	55.4	69.2	55.5	4800	6300



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)						基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)	
	d	D	B	r <sub>s</sub> min	r <sub>r</sub> min	a	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑
7013C	65	100	18	1.1	0.6	20.1	30.8	27.8	5300	7000
7013AC		100	18	1.1	0.6	28.2	29.2	26.2	5300	7000
7213C		120	23	1.5	0.6	24.2	53.8	46.0	4800	6300
7213AC		120	23	1.5	0.6	33.5	51.2	43.2	4800	6300
7213B		120	23	1.5	0.6	51.1	48.8	41.8	4800	6300
7313B		140	33	2.1	1.1	59.5	79.5	64.8	4300	5600
7014C	70	110	20	1.1	0.6	22.1	37.2	34.0	5000	6700
7014AC		110	20	1.1	0.6	30.9	35.2	31.8	5000	6700
7214C		125	24	1.5	0.6	25.3	56.0	49.2	4500	6700
7214AC		125	24	1.5	0.6	35.1	53.2	46.2	4500	6700
7214B		125	24	1.5	0.6	52.9	53.0	45.5	4500	6700
7314B		150	35	2.1	1.1	63.7	88.0	72.8	4000	5300
7015C	75	115	20	1.1	0.6	22.7	49.5	46.1	4800	6300
7015AC		115	20	1.1	0.6	32.2	46.8	43.8	4800	6300
7215C		130	25	1.5	0.6	26.4	79.2	65.7	4300	5600
7215AC		130	25	1.5	0.6	36.6	75.3	62.9	4300	5600
7215B		130	25	1.5	0.6	55.5	72.8	61.6	4300	5600
7315B		160	37	2.1	1.1	68.4	124	97.2	3800	5000
7016C	80	125	22	1.1	0.6	24.7	58.5	55.4	4500	6000
7016AC		125	22	1.1	0.6	34.9	55.4	52.6	4500	6000
7216C		140	26	2.0	1	27.7	89.5	76.9	4000	5300
7216AC		140	26	2.0	1	38.9	85.0	73.5	4000	5300
7216B		140	26	2.0	1	59.2	80.4	69.1	4000	5300
7316B		170	39	2.1	1.1	71.9	135	109	3600	4300
7017C	85	130	22	1.1	0.6	25.4	62.5	59.7	4300	5600
7017AC		130	22	1.1	0.6	36.1	59.1	56.7	4300	5600
7217C		150	28	2.0	1	29.9	99.7	84.9	3800	5000
7217AC		150	28	2.0	1	41.6	94.7	81.2	3800	5000
7217B		150	28	2.0	1	63.3	93.1	80.9	3800	5000
7317B		180	41	3.0	1.1	76.1	148	122	3400	4500
7018C	90	140	24	1.5	0.6	27.4	71.4	69.2	4000	5300
7018AC		140	24	1.5	0.6	38.8	67.6	65.8	4000	5300
7218C		160	30	2.0	1	31.7	123	105	3600	4800
7218AC		160	30	2.0	1	44.2	117	99.9	3600	4800
7218B		160	30	2.0	1	67.9	106	93.8	3600	4800
7318B		190	43	3.0	1.1	80.2	158	137	3200	4300

轴承公司制作 请尊重作者版权



(续)

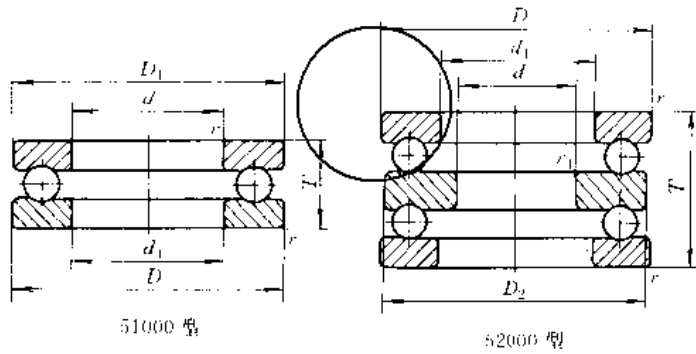
轴承代号	外形尺寸(mm)						基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$B$	$r_f$ min	$r_{fs}$ min	$a$	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{br}$	脂润滑	油润滑
7019C	95	145	24	1.5	0.6	28.1	73.5	73.2	3800	5000
7019AC		145	24	1.5	0.6	40.0	69.5	69.3	3800	5000
7219C		170	32	2.1	1.1	33.8	135	113	3400	4500
7219AC		170	32	2.1	1.1	46.9	128	108	3400	4500
7219B		170	32	2.1	1.1	72.5	121	108	3400	4500
7319E		260	45	3.0	1.1	84.4	172	154	3000	4000
7020C	100	150	24	1.5	0.6	28.7	79.4	78.1	3800	5000
7020AC		150	24	1.5	0.6	41.2	75.1	74.2	3800	5000
7220C		180	34	2.1	1.1	35.3	149	127	3200	4300
7220AC		180	34	2.1	1.1	49.7	142	121	3200	4300
7220B		180	34	2.1	1.1	75.7	130	114	3200	4300
7320B		215	47	3.0	1.1	89.6	190	177	2600	3600
7021C	105	160	26	2.0	1.0	30.8	68.0	68.5	3700	4900
7021AC		160	26	2.0	1.0	43.9	64.5	64.2	3700	4900
7221C		190	36	2.1	1.1	37.8	125	122	3000	4000
7221AC		190	36	2.1	1.1	52.4	118	112	3000	4000
7221B		190	36	2.1	1.1	79.9	110	102	3000	4000
7321B		225	49	3.0	1.1	93.7	155	162	2400	3400
7022C	110	170	28	2.0	1.0	32.8	77.5	78.8	3600	4800
7022AC		170	28	2.0	1.0	46.7	73.5	74.0	3600	4800
7222C		200	38	2.1	1.1	39.8	135	135	2800	3800
7222AC		200	38	2.1	1.1	55.2	128	128	2800	3800
7222B		200	38	2.1	1.1	84.0	118	115	2800	3800
7322B		240	50	3.0	1.1	98.4	173.5	192	2200	3200
7024C	120	180	28	2.0	1.0	34.1	83.2	85.5	2800	3800
7024AC		180	28	2.0	1.0	48.9	78.5	80.2	2800	3800
7224C		215	40	2.1	1.1	42.4	145	152	2400	3400
7224AC		215	40	2.1	1.1	59.1	138	142	2400	3400
7026C	130	200	33	2.0	1.0	38.6	99.5	105	2600	3600
7026AC		200	33	2.0	1.0	54.9	94.2	97.8	2600	3600
7226C		230	40	3.0	1.1	44.3	152	162	2200	3200
7226AC		230	40	3.0	1.1	62.2	145	152	2200	3200

注:轴承外形尺寸符合 GB/T292 的规定。



4 推力球轴承(表 8·8-4)

表 8·8-4 推力球轴承尺寸与性能参数



轴向当量动载荷  
 $P_a - F_a$

轴向当量静载荷  
 $P_{sa} - F_a$

轴承代号	外形尺寸(mm)							基本额定载荷(kN)		最小载荷系数 K	极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$T$	$d_1$ min	$D_1$ max	$r_s$ min	$r_{1s}$ min	动载荷 $C_d$	静载荷 $C_{0a}$		脂润滑	油润滑
51100	10	24	9	11	24	0.3		10.0	9.60	0.002	6300	9000
51200		26	11	12	26	0.6	—	12.7	10.4	0.003	6000	8000
52202		32	22	17		0.6	0.3	16.6	16.3	0.005	4800	6700
51101	12	26	9	13	26	0.3		10.3	10.4	0.002	6000	8500
51201		28	11	14	28	0.6		13.2	12.3	0.003	5300	7500
51102	15	28	9	16	28	0.3		10.5	12.0	0.003	5600	8000
51202		32	12	17	32	0.6	—	16.6	16.3	0.005	4800	6700
52204		40	26	22		0.6	0.3	22.3	26.2	0.009	3800	5300
52405		60	45	27		1.0	0.6	55.5	55.6	0.053	2200	3400
51103	17	30	9	18	30	0.3	—	16.8	13.42	0.003	5300	7500
51203		35	12	19	35	0.6	—	17.2	18.8	0.006	4500	6300
51104	20	35	10	21	35	0.3	—	14.2	18.3	0.005	4800	6700
51204		40	14	22	40	0.6	—	22.3	26.2	0.009	3800	5300
51304		47	18	22	47	1.0	—	35.0	35.7	0.022	3600	4500
52205		47	28	27	47	0.6	0.3	27.8	36.2	0.018	3400	4800
52305		52	34	27	52	1.0	0.3	35.7	42.0	0.026	3000	4300
52406		70	52	32	70	1.0	0.6	72.7	80.2	0.084	1900	3000
51105	25	42	11	26	42	0.6	—	15.4	23.9	0.007	1300	6000
51205		47	13	27	47	0.6	—	27.8	36.2	0.018	3400	4800
51305		52	18	27	52	1.0	—	35.7	42.0	0.026	3000	4300
51405		60	24	27	60	1.0	—	55.5	55.6	0.053	2200	3400
52206		52	29	32	52	0.6	0.3	28.1	40.8	0.02	3200	4500
52306		60	38	32	60	1.0	0.3	42.8	55.6	0.046	2400	3600
52407		80	59	37	80	1.1	0.6	86.9	101	0.158	1700	2600



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)							基本额定载荷(kN)		最小载荷系数 K	极限转速 n(r/min)	
	d	D	T	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	r <sub>s</sub>	r <sub>e</sub>	动载荷 C <sub>a</sub>	静载荷 C <sub>0a</sub>		脂润滑	油润滑
				min	max	min	min					
51106	30	47	11	32	47	0.6	—	16.0	27.8	0.009	4000	5600
51206		52	16	32	52	0.6	—	28.1	40.8	0.020	3200	4500
51306		60	21	32	60	1.0	—	42.8	55.7	0.046	2400	3600
51406		70	28	32	70	1.0	—	72.7	80.2	0.084	1900	3000
52207		62	34	37	62	1.0	0.3	39.2	58.4	0.040	2800	4000
52307		68	44	37	68	1.0	0.3	55.4	73.8	0.072	2000	3200
52208		68	36	42	68	1.0	0.6	47.0	74.1	0.055	2400	3600
52308		78	49	42	78	1.0	0.6	69.2	95.3	0.119	1900	3000
52408		90	65	42	90	1.1	0.6	112	132	0.275	1500	2200
51107	35	52	12	37	52	0.6	—	18.5	34.1	0.014	3800	5300
51207		62	18	37	62	1.0	—	39.2	58.4	0.040	2800	4000
51307		68	24	37	68	1.0	—	55.4	73.8	0.072	2000	3200
51407		80	32	37	80	1.1	—	86.9	101	0.170	1700	2600
52209		73	37	47	73	1.0	0.6	47.8	81.2	0.072	2200	3400
52309		85	52	47	85	1.0	0.6	75.8	108	0.148	1700	2600
52409		100	72	47	100	1.1	0.6	141	168	0.448	1400	2000
51108	40	60	13	42	60	0.6	—	26.9	51.2	0.027	3400	4800
51208		68	19	42	68	1.0	—	47.0	74.1	0.055	2400	3600
51308		78	26	42	78	1.0	—	65.2	95.3	0.113	1900	3000
51408		90	36	42	90	1.1	—	112	132	0.275	1500	2200
52210		78	39	52	78	1.0	0.6	48.5	88.2	0.097	2000	3200
52310		95	58	52	95	1.1	0.6	96.6	145	0.266	1600	2400
52410		110	78	52	110	1.5	0.6	160	187	0.589	1300	1900
51109	45	65	14	47	65	0.6	—	27.0	54.9	0.027	3200	4500
51209		73	20	47	73	1.0	—	47.8	81.2	0.072	2200	3400
51309		85	28	47	85	1.0	—	75.8	108	0.148	1700	2600
51409		100	39	47	100	1.1	—	141	168	0.442	1400	2000
52211		90	45	57	90	1.0	0.6	67.7	124	0.168	1900	3000
52311		105	64	57	105	1.1	0.6	115	176	0.393	1500	2200
52411		120	87	57	120	1.5	0.6	183	231	0.834	1100	1700
51110	50	70	14	52	70	0.6	—	27.1	58.4	0.032	3000	4300
51210		78	22	52	78	1.0	—	48.5	88.2	0.097	2000	3200
51310		95	31	52	95	1.1	—	96.6	145	0.266	1000	2400
51410		110	43	52	110	1.5	—	160	197	0.589	1300	1900
52212		95	46	62	95	1.0	0.6	73.6	141	2.070	1800	2800
52312		110	64	62	110	1.1	0.6	118	193	4.620	1400	2000
52412		130	93	62	130	1.5	0.6	201	262	1.326	1000	1600
52413		140	101	68	140	2.0	1.0	217	298	1.480	900	1400

轴承公司制作 请尊重作者版权



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)							基本额定载荷(kN)		最小载荷系数 K	极限转速 n(r/min)	
	d	D	T	d <sub>1</sub> min	D <sub>1</sub> max	r <sub>s</sub> min	r <sub>r</sub> min	动载荷 C <sub>d</sub>	静载荷 C <sub>0e</sub>		脂润滑	油润滑
51111	35	78	16	57	78	0.6	—	33.8	75.3	0.068	2800	4000
51211		90	25	57	90	1.0	—	67.7	124	0.168	1900	3000
51311		105	35	57	105	1.1	—	115	176	0.393	1500	2200
51411		120	48	57	120	1.5	—	183	231	0.834	1100	1700
52213		100	47	67	100	1.0	0.6	74.9	151	0.226	1700	2600
52313		115	65	67	115	1.1	0.6	116	197	0.638	1300	1900
52214		105	47	72	105	1.0	1.0	73.6	153	0.226	1600	2400
52314		125	72	72	125	1.1	1.0	148	251	0.756	1200	1800
52414		150	107	72	150	2.0	1.0	257	365	2.070	850	1300
51112	60	85	17	62	85	1.0	—	40.3	90.9	0.070	2600	3800
51212		95	26	62	95	1.0	—	73.6	141	0.207	1800	2800
51312		110	35	62	110	1.1	—	118	193	0.462	1400	2000
51412		130	51	62	130	1.5	—	201	262	1.326	1000	1600
52215		110	47	77	110	1.0	1.0	74.9	163	0.295	1500	2200
52315		135	79	77	135	1.5	1.0	163	282	1.040	1100	1700
52415		160	115	78	160	2.0	1.0	268	415	3.050	800	1200
51113	65	95	18	67	90	1.0	—	40.6	96.0	0.099	2400	3600
51213		105	27	67	100	1.0	—	74.9	151	0.226	1700	2600
51313		125	40	67	115	1.1	—	116	197	0.638	1300	1900
51413		150	60	68	140	2.0	—	217	298	1.480	900	1400
52216		115	48	82	115	1.0	1.0	83.8	184	0.324	1400	2000
52316		140	79	82	140	1.5	1.0	161	287	1.190	1000	1600
52417		180	128	88	179.5	2.1	1.1	317	527	4.420	700	1000
52416		170	120	83	170	2.1	1.0	291	467			
51114	70	100	19	72	95	1.0	—	40.9	101	0.119	2200	3400
51214		110	27	72	105	1.0	—	73.6	153	0.226	1600	2400
51314		135	44	72	125	1.1	—	148	251	0.756	1200	1800
51414		160	65	73	150	2.0	—	257	365	2.070	850	1300
52217		125	55	88	125	1.0	1.0	103	228	0.560	1300	1900
52317		150	87	88	150	1.5	1.0	209	366	1.766	950	1500
52418		190	135	93	189.5	2.1	1.1	327	563	6.090	670	950
51115	75	100	19	77	100	1.0	—	48.3	120	0.128	2000	3200
51215		110	27	77	110	1.0	—	74.9	163	0.295	1500	2200
51315		135	44	77	135	1.5	—	163	282	1.040	1100	1700
51415		160	65	78	160	2.0	—	269	415	3.050	800	1200
52218		135	62	93	135	1.1	1.0	115	257	0.746	1200	1800
52318		155	88	93	135	1.5	1.0	206	371	2.020	900	1400



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)							基本额定载荷(kN)		最小载荷系数 K	极限转速 n(r/min)	
	d	D	T	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	r <sub>s</sub>	r <sub>r</sub>	动载荷 C <sub>a</sub>	静载荷 C <sub>0a</sub>		脂润滑	油润滑
				min	max	min	min					
51116	80	105	19	82	105	1.0	—	48.7	126	0.138	1900	3000
51216		115	28	82	115	1.0	—	83.8	184	0.324	1400	2000
51316		140	44	82	140	1.5	—	161	287	1.190	1000	1600
51416		170	68	83	170	2.1	—	292	467	3.726	750	1100
52320		170	97	103	170	1.5	1.0	237	451	3.236	800	1200
52420		210	150	103	209.5	3.0	1.1	399	728	9.606	600	850
51117	85	110	19	87	110	1.0	—	49.2	132	0.148	1800	2800
51217		125	31	88	125	1.0	—	103	228	0.560	1300	1900
51317		150	49	88	150	1.5	—	209	366	1.766	950	1500
51417		180	72	88	177	2.1	—	318	527	4.420	700	1000
52220		150	67	103	150	1.5	—	134	308	1.226	1100	1700
51118	90	120	22	92	120	1.0	—	65.1	174	0.256	1700	2600
51218		135	35	93	135	1.1	—	115	257	0.746	1200	1800
51318		155	50	93	155	1.5	—	206	371	0.202	900	1400
51418		190	77	93	187	2.1	—	327	563	6.090	670	950
52222	95	160	67	113	160	1.1	1.0	139	344	1.580	1000	1600
52322		190	110	113	189.5	2.0	1.0	280	569	4.216	700	1100
51120	100	135	25	102	135	1.0	—	85.1	230	0.403	1600	2400
51220		150	38	103	150	1.1	—	134	308	1.226	1100	1700
51320		170	55	103	170	1.5	—	237	451	3.236	800	1200
51420		210	85	104	205	3.0	—	399	728	9.606	600	850
52224		170	68	123	170	1.1	1.1	136	348	1.580	950	1500
52324		210	123	123	209.5	2.1	1.1	330	709	6.176	670	950
51122	110	145	25	112	145	1.0	—	87.2	250	0.480	1500	2200
51222		160	38	113	160	1.1	—	139	344	1.580	1000	1600
51322		190	63	113	187	2.0	—	280	569	4.216	700	1100
52226		190	80	133	189.5	1.5	1.1	188	480	2.846	900	1400
52326		225	130	134	224	2.1	1.1	358	804	7.360	600	850
51124	120	155	25	122	155	1.0	—	87.1	262	0.480	1400	2000
51224		170	39	123	170	1.1	—	136	348	1.580	950	1500
51324		210	70	123	205	2.1	—	330	709	6.176	670	950
52228		200	81	143	199.5	1.5	1.1	191	501	3.150	850	1300
52328		240	140	144	239	2.1	1.1	396	926	10.40	560	800
51126	130	170	30	132	170	1.0	—	109	330	0.922	1300	1900
51226		190	45	133	187	1.5	—	188	480	2.850	900	1400
51326		225	75	134	220	2.1	—	353	804	7.330	600	850
52230		275	89	153	214.5	1.5	1.1	244	638	4.130	800	1200
52330		250	140	154	249	2.1	1.1	407	1005	12.000	530	750

轴承公司制作 请尊重作者版权



(续)

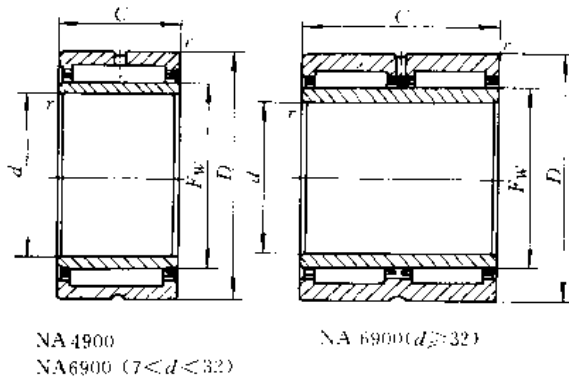
轴承代号	外形尺寸(mm)							基本额定载荷(kN)		最小载荷系数 K	极限转速 n(r/min)	
	d	D	T	d <sub>1</sub> min	D <sub>1</sub> max	r <sub>s</sub> min	r <sub>s</sub> min	动载荷 C <sub>d</sub>	静载荷 C <sub>0a</sub>		脂润滑	油润滑
51128	140	180	31	142	178	1.0	—	111	355	0.990	1200	1800
51228		200	46	143	197	1.5	—	191	501	3.150	850	1300
51328		240	80	144	235	2.1	—	396	926	10.40	560	800
52232		225	90	163	224.5	1.5	1.1	240	644	4.520	750	1100
52332		270	153	164	269	3.0	1.1	470	1184	16.30	500	700
51130	150	190	31	152	188	1.0	—	112	369	1.090	1100	1700
51230		215	50	152	212	1.5	—	244	638	4.130	800	1200
51330		250	80	154	245	2.1	—	407	1005	12.00	530	750
52234		240	97	173	239.5	1.5	1.1	280	765	5.196	700	1000
52236		250	98	183	249	1.5	2.0	285	806	6.275	570	950
51132	160	200	31	162	198	1.0	—	112	383	1.270	1000	1600
51232		225	51	163	222	1.5	—	240	644	4.520	750	1100
51332		270	87	164	265	3.0	—	470	1184	16.30	500	700
52236		270	109	194	269	2.0	2.0	327	969	10.000	630	900

注:轴承外形尺寸符合 GB/T301 的规定。

### 5 滚针轴承

#### 5.1 滚针轴承(表 8-8-5)

表 8-8-5 滚针轴承尺寸与性能参数



径向当量动载荷  
 $P_r = F_r$

径向当量静载荷  
 $P_{0r} = F_r$

轴承代号	外形尺寸(mm)					基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)	
	d	D	C	F <sub>w</sub>	r <sub>s</sub> min	动载荷 C <sub>d</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑
NA4900	10	22	13	14	0.3	8.40	9.90	15000	2200
NA4901	12	24	13	16	0.3	9.40	10.70	13000	1900
NA6901		24	22	16	0.3	16.7	22.6	13000	1900





(续)

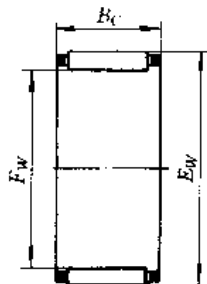
轴承代号	外形尺寸(mm)					基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$C$	$F_w$	$r_s$ min	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_0$	脂润滑	油润滑
NA4902	15	28	13	20	0.3	10.6	13.4	10000	1600
NA6902		28	23	20	0.3	19.1	28.3	10000	1600
NA4903	17	30	13	22	0.3	10.9	14.2	9500	1500
NA6903		30	23	22	0.3	19.7	30.2	9500	1500
NA4904	20	37	17	25	0.3	20.8	24.6	9000	1400
NA6904		37	30	25	0.3	36.1	50.1	9000	1400
NA4905	25	42	17	30	0.3	23.8	30.6	8000	1200
NA6905		42	30	30	0.3	41.1	62.3	8000	1200
NA4906	30	47	17	35	0.3	25.2	34.8	7000	1000
NA6906		47	30	35	0.3	43.8	70.8	7000	1000
NA4907	35	55	20	42	0.6	32.1	50.3	6000	8500
NA6907		55	36	42	0.6	48.0	86.0	6000	8500
NA4908	40	62	22	48	0.6	43.0	65.3	5300	7500
NA6908		62	40	48	0.6	66.0	116	5300	7500
NA4909	45	68	22	52	0.6	45.4	72.0	4800	6700
NA6909		68	40	52	0.6	69.0	127	4800	6700
NA4910	50	72	22	58	0.6	47.6	79.0	4500	6300
NA6910		72	40	58	0.6	73.0	139	4500	6300
NA4911	55	80	25	63	1.0	58.0	98.0	4000	5600
NA6911		80	45	63	1.0	90.0	176	4000	5600
NA4912	60	85	25	68	1.0	60.7	106	3800	5300
NA6912		85	45	68	1.0	94.0	191	3800	5300
NA4913	65	90	25	72	1.0	61.7	111	3600	5000
NA6913		90	45	72	1.0	95.0	198	3600	5000
NA4914	70	100	30	80	1.0	85.2	154	3200	4500
NA6914		100	54	80	1.0	128	265	3200	4500
NA4915	75	105	30	85	1.0	86.6	161	3000	4300
NA6915		105	54	85	1.0	130	275	3000	4300
NA4916	80	110	30	90	1.0	90.3	173	2800	4000
NA6916		110	54	90	1.0	135	300	2800	4000
NA4917	85	120	35	100	1.1	112	236	2400	3600
NA6917		120	63	100	1.1	166	400	2400	3600
NA4918	90	125	35	105	1.1	113	243	2200	3400
NA6918		125	63	105	1.1	172	425	2200	3400
NA4919	95	130	35	110	1.1	117	259	2000	3200
NA6919		130	63	110	1.1	174	440	2000	3200
NA4920	100	140	40	115	1.1	135	284	2000	3200

注:轴承外形尺寸符合 GB/T5801 的规定。



5.2 滚针和保持架组件(表 8·8-6)

表 8·8-6 滚针和保持架组件尺寸与性能参数



K000000 型

径向当量动载荷

$$P_r = F_r$$

径向当量静载荷

$$P_{0r} = F_r$$

轴承代号	外形尺寸(mm)			基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$F_w$	$E_w$	$B_c$	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑
K101310	10	13	10	5.20	6.55	17000	28000
K101313		13	13	5.60	7.35	17000	28000
K101410		14	10	5.85	6.40	17000	28000
K101413		14	13	7.50	8.80	17000	28000
K121510	12	15	10	5.60	7.65	16000	26000
K121513		15	13	6.40	9.15	16000	26000
K121610		16	10	6.55	7.80	16000	26000
K121613		16	13	7.10	8.65	16000	26000
K141810	14	18	10	6.80	8.50	16000	26000
K141813		18	13	9.15	12.5	16000	26000
K141913		19	13	9.80	11.6	16000	26000
K141917		19	17	12.5	16.3	16000	26000
K151910	15	19	10	7.50	9.80	15000	24000
K151913		19	13	9.15	12.7	15000	24000
K152013		20	13	9.50	11.6	16000	26000
K152115		21	15	12.7	15.0	16000	26000
K152121		21	21	16.6	20.8	16000	26000
K162010	16	20	10	7.35	9.80	15000	24000
K162013		20	13	9.50	13.7	15000	24000
K162212		22	12	10.6	12.0	16000	26000
K162220		22	20	17.6	23.2	16000	26000
K172110	17	21	10	7.65	10.6	15000	24000
K172113		21	13	10.0	14.6	15000	24000
K172220		22	20	16.3	23.6	15000	24000
K172315		23	15	13.4	16.6	15000	24000

0.35



(续)

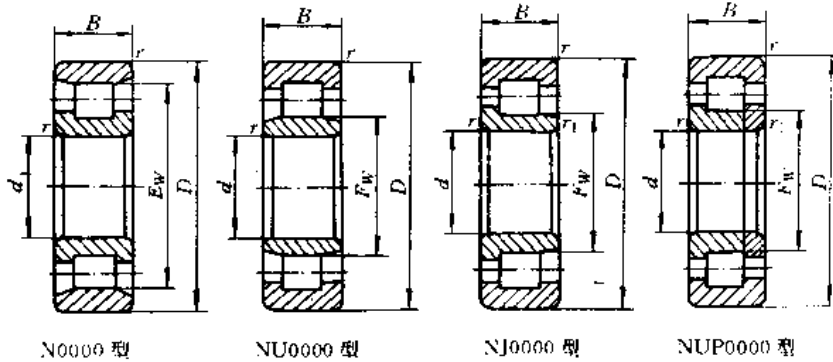
轴承代号	外形尺寸(mm)			基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)	
	$F_w$	$E_w$	$B_c$	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑
K182210	18	22	10	8.00	11.2	15000	24000
K182213		22	13	10.2	15.6	15000	24000
K182413		24	13	11.6	13.7	15000	24000
K182420		24	20	18.3	25.0	15000	24000
K202410	20	24	10	8.50	9.80	13000	20000
K202413		24	13	10.2	16.0	13000	20000
K202613		26	13	12.7	16.0	13000	20000
K202620		26	20	19.3	27.5	13000	20000
K222610	22	26	10	8.65	13.4	12000	19000
K222613		26	13	11.2	18.6	12000	19000
K222813		28	13	14.0	18.6	12000	19000
K222817		28	17	17.3	24.5	12000	19000
K252910	25	29	10	9.15	15.0	10000	17000
K252913		29	13	10.8	18.6	10000	17000
K253017		30	17	18.0	30.5	10000	17000
K253216		32	16	19.0	26.0	10000	17000
K283317	28	33	17	19.0	33.5	9000	15000
K283417		34	17	20.0	34.0	9000	15000
K283516		35	16	20.0	28.5	9000	15000
K283620		36	20	26.5	37.5	9000	15000
K303513	30	35	13	15.0	25.5	8500	14000
K303517		35	17	19.3	35.5	8500	14000
K323713	32	37	13	14.6	25.0	8000	13000
K323717		37	17	19.0	35.5	8000	13000
K354013	35	40	13	15.6	28.0	7500	12000
K354017		40	17	20.0	39.0	7500	12000
K384317	38	43	17	20.8	41.5	7000	11000
K384327		43	27	30.5	68.0	7000	11000
K404517	40	45	17	22.8	48.0	67000	10000
K404527		45	27	31.0	71.0	67000	10000
K505520	50	55	20	28.5	69.5	5600	8500
K505825		58	25	44.0	86.5	5600	8500

注:轴承外形尺寸符合 GB/T5846 的规定。



6 圆柱滚子轴承(表 8·8-7)

表 8·8-7 圆柱滚子轴承尺寸与性能参数



径向当量动载荷  
 $P_r = F_r$

径向当量静载荷  
 $P_{0r} = F_r$

轴承代号				外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)				
				d	D	B	E <sub>w</sub>	F <sub>w</sub>	r <sub>s</sub>	r <sub>1s</sub>	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑
N202	NU202	NJ202	-	15	35	11	29.3	19.3	0.6	0.3	8.36	4.25	16000	19000
N203	NU203	NJ203	NUP203	17	40	12	33.9	22.9	0.6	0.3	9.57	5.20	15000	18000
N204E	NU204E	NJ204E	NUP204E	20	47	14	41.5	26.5	1.0	0.6	26.9	15.8	14000	17000
-	NU2204E	NJ2204E	NUP2204E	-	47	18	41.5	26.5	1.0	0.6	32.1	19.8	14000	17000
N304E	NU304E	NJ304E	NUP304E	52	15	45.5	27.5	1.1	0.6	30.4	17.5	13000	16000	
-	NU1005	-	-	25	47	12	-	30.5	0.6	0.3	11.6	6.0	13000	16000
N205E	NU205E	NJ205E	NUP205E	52	15	46.5	31.5	1.0	0.6	28.8	17.5	12000	15000	
N2205E	NU2205E	NJ2205E	NUP2205E	52	18	46.5	31.5	1.0	0.6	34.4	21.5	12000	15000	
N305E	NU305E	NJ305E	NUP305E	62	17	54	34	1.1	1.1	40.3	23.8	9900	12000	
N2305E	NU2305E	NJ2305E	NUP2305E	62	24	54	34	1.1	1.1	55.8	35.5	9900	12000	
N1006	NU1006	-	-	30	55	13	48.5	36.5	1.0	0.6	14.6	8.4	1000	13000
N206E	NU206E	NJ206E	NUP206E	62	16	55.5	37.5	1.0	0.6	37.7	22.8	9500	12000	
N2206E	NU2206E	NJ2206E	NUP2206E	62	20	55.5	37.5	1.0	0.6	47.6	28.5	9400	12000	
N306E	NU306E	NJ306E	NUP306E	72	19	62.5	40.5	1.1	1.1	51.7	31.5	8400	10000	
N2306E	NU2306E	NJ2306E	NUP2306E	72	27	62.5	40.5	1.1	1.1	73.2	48.5	8400	10000	
N406	NU406	NJ406	NUP406	90	23	73	45	1.5	1.5	60.0	35.5			
N1007	NU1007	-	-	35	62	14	55.0	42.0	1.0	0.6	21.6	12.2	9000	11000
N207E	NU207E	NJ207E	NUP207E	72	17	64.0	44.0	1.1	0.6	48.7	31.5	8000	9900	
N2207E	NU2207E	NJ2207E	NUP2207E	72	23	64.0	44.0	1.1	0.6	60.2	39.2	8000	9900	
N307E	NU307E	NJ307E	NUP307E	80	21	70.2	46.2	1.5	1.1	65.0	40.5	7500	9200	
N2307E	NU2307E	NJ2307E	NUP2307E	80	31	70.2	46.2	1.5	1.1	91.7	62.2	7500	9200	
N407	NU407	NJ407	NUP407	100	25	83.0	53.0	1.5	1.5	76.5	44.0	6000	7500	



(续)

轴承代号				外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 <i>n</i> (r/min)				
				<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>E<sub>w</sub></i>	<i>F<sub>w</sub></i>	<i>r<sub>s</sub></i>	<i>r<sub>D</sub></i>	动载荷 <i>C<sub>r</sub></i>	静载荷 <i>C<sub>0r</sub></i>	脂润滑	油润滑
N1008	NU1008	—	—	40	68	15	61.0	47.0	1.0	0.6	25.1	11.6	7500	9500
N208E	NU208E	NJ208E	NUP208E		80	18	71.5	49.5	1.1	1.1	53.9	33.2	7200	8800
N2208E	NU2208E	NJ2208E	NUP2208E		80	23	71.5	49.5	1.1	1.1	70.7	46.5	7200	8800
N308E	NU308E	NJ308E	NUP308E		90	23	80.0	52.0	1.5	1.5	80.4	50.0	6600	8200
N2308E	NU2308E	NJ2308E	NUP2308E		90	33	80.0	52.0	1.5	1.5	111	75.5	6600	8200
N408	NU408	NJ408	NUP408		110	27	92.0	58.0	2.0	2.0	96.8	57.0	6000	7300
N1009	NU1009	—	—	45	75	16	67.5	52.5	1.0	0.6	31.4	19.6	7000	9000
N209E	NU209E	NJ209E	NUP209E		85	19	76.5	54.5	1.1	1.1	61.3	39.2	5600	8200
N2209E	NU2209E	NJ2209E	NUP2209E		85	23	76.5	54.5	1.1	1.1	74.4	49.8	5600	8200
N309E	NU309E	NJ309E	NUP309E		100	25	88.5	58.5	1.5	1.5	97.4	62.2	5900	7300
N2309E	NU2309E	NJ2309E	NUP2309E		100	36	88.5	58.5	1.5	1.5	137	96.0	5900	7300
N409	NU409	NJ409	NUP409		120	29	100.5	64.5	2.0	2.0	106	63.0	5000	6000
N1010	NU1010	—	—	50	80	16	72.5	57.5	1.0	0.6	30.8	19.0	6300	8000
N210	NU210E	NJ210E	NUP210E		90	20	81.5	59.5	1.1	1.1	64.1	41.8	6100	7600
N2210	NU2210E	NJ2210E	NUP2210E		90	23	81.5	59.5	1.1	1.1	77.8	53.2	6100	7600
N310	NU310E	NJ310E	NUP310E		110	27	97.0	65.0	2.0	2.0	110	71.0	5100	6600
N2310	NU2310E	NJ2310E	NUP2310E		110	40	97.0	65.0	2.0	2.0	163	115	5400	6600
N410	NU410	NJ410	NUP410		130	31	110.8	70.8	2.1	2.1	130	78.0	4800	6000
N1011	NU1011	—	—	55	90	18	80.5	64.5	1.1	1.0	34.7	22.0	6000	7300
N211E	NU211E	NJ211E	NUP211E		100	21	90.0	66.0	1.5	1.1	84.0	57.2	5500	6800
N2211E	NU2211E	NJ2211E	NUP2211E		100	25	90.0	66.0	1.5	1.1	99.4	70.5	5500	6800
N311E	NU311E	NJ311E	NUP311E		120	29	104.5	70.5	2.0	2.0	135	89.0	4900	6100
N2311E	NU2311E	NJ2311E	NUP2311E		120	43	104.5	70.5	2.0	2.0	199	145	4900	6100
N411	NU411	NJ411	NUP411		140	33	117.2	77.2	2.1	2.1	142	86.5	4300	5300
N1012	NU1012	—	—	60	95	18	85.5	69.5	1.1	1.0	35.8	22.8	5400	6700
N212E	NU212E	NJ212E	NUP212E		110	22	100.0	72.0	1.5	1.5	94.0	61.8	5100	6200
N2212E	NU2212E	NJ2212E	NUP2212E		110	28	100.0	72.0	1.5	1.5	128	91.0	5100	6200
N312E	NU312E	NJ312E	NUP312E		130	31	115.0	77.0	2.1	2.1	150	99.2	4500	5600
N3212E	NU3212E	NJ3212E	NUP3212E		130	46	115.0	77.0	2.1	2.1	222	162	4500	5600
N412	NU412	NJ412	NUP412		150	35	127.0	83.0	2.1	2.1	168	106	4000	5800
N1013	NU1013	—	—	65	120	18	90.5	74.5	1.1	1.0	38.0	25.5	5000	6200
N213E	NU213E	NJ213E	NUP213E		120	23	108.5	78.5	1.5	1.5	107	71.5	4600	5700
N2213E	NU2213E	NJ2213E	NUP2213E		120	31	108.5	78.5	1.5	1.5	149	108	4600	5700
N313E	NU313E	NJ313E	NUP313E		140	33	124.5	82.5	2.1	2.1	179	120	4200	5200
N2313E	NU2313E	NJ2313E	NUP2313E		140	48	124.5	82.5	2.1	2.1	246	178	4200	5200
N413	NU413	NJ413	NUP413		160	37	135.3	89.5	2.1	2.1	183	116		



(续)

轴承代号				外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)				
				$d$	$D$	$B$	$E_w$	$F_w$	$r_1$	$r_2$	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑
N1014	NU1014	—	—	70	110	20	100.0	80.0	1.1	1.0	56.1	36.5	4800	6000
N214E	NU214E	NJ214E	NUP214E		125	24	113.5	83.5	1.5	1.5	119	81.5	4400	5400
N2214E	NU2214E	NJ2214E	NUP2214E		125	31	113.5	83.5	1.5	1.5	156	115	4400	5400
N314E	NU314E	NJ314E	NUP314E		150	35	133.0	89.0	2.1	2.1	203	138	3900	4800
N2314E	NU2314E	NJ2314E	NUP2314E		150	51	133.0	89.0	2.1	2.1	272	200	3900	4800
N414	NU414	NJ414	NUP414		180	42	152.0	100.0	3.0	3.0	229	150	3400	4300
N1015	NU1015	—	—	75	125	20	105.0	85.0	1.1	1.0	58.3	39.0	4500	5600
N215E	NU215E	NJ215E	NUP215E		130	25	118.5	88.5	1.5	1.5	130	92.2	4200	5200
N2215E	NU2215E	NJ2215E	NUP2215E		130	31	118.5	88.5	1.5	1.5	162	122	4200	5200
N315E	NU315E	NJ315E	NUP315E		160	37	143.0	95.0	2.1	2.1	239	155	3600	4400
N2315E	NU2315E	NJ2315E	NUP2315E		160	55	143.0	95.5	2.1	2.1	330	245	3600	4400
N415	NU415	NJ415	NUP415		190	45	160.5	104.5	3.0	3.0	264	173	3200	4000
N1016	NU1016	—	—	80	125	22	113.5	91.5	1.1	1.0	66.0	45.0	4300	5300
N216E	NU216E	NJ216E	NUP216E		140	26	127.3	95.3	2.0	2.0	139	98.5	3900	4800
N2216E	NU2216E	NJ2216E	NUP2216E		140	33	127.3	95.3	2.0	2.0	186	142	3900	4800
N316E	NU316E	NJ316E	NUP316E		170	39	151.0	101.0	2.1	2.1	258	178	3400	4100
N2316E	NU2316E	NJ2316E	NUP2316E		170	58	151.0	103.0	2.1	2.1	358	267	3400	4100
N416	NU416	NJ416	NUP416		200	48	170.0	110.0	3.0	3.0	303	200	3000	3800
N1017	NU1017	—	—	85	130	22	118.5	96.5	1.1	1.0	68.2	46.5	4000	5000
N217E	NU217E	NJ217E	NUP217E		150	28	136.5	100.5	2.0	2.0	164	115	3600	4400
N2217E	NU2217E	NJ2217E	NUP2217E		150	36	136.5	100.5	2.0	2.0	215	162	3600	4400
N317E	NU317E	NJ317E	NUP317E		180	41	160	108.0	3.0	3.0	293	208	3100	3900
N2317E	NU2317E	NJ2317E	NUP2317E		180	60	160	108.0	3.0	3.0	297	212	3100	3900
N417	NU417	NJ417	NUP417		210	52	177	113.0	4.0	4.0	319	208	2800	3600
N1018	NU1018	—	—	90	140	24	127	103.0	1.5	1.1	80.9	57.0	3800	4800
N218E	NU218E	NJ218E	NUP218E		160	30	145	107.0	2.0	2.0	182	130	3400	4100
N2218E	NU2218E	NJ2218E	NUP2218E		160	40	145	107.0	2.0	2.0	242	185	3400	4100
N318E	NU318E	NJ318E	NUP318E		190	43	169.5	113.5	3.0	3.0	313	220	2900	3600
N2318E	NU2318E	NJ2318E	NUP2318E		190	64	169.5	115.0	3.0	3.0	440	325	2900	3600
N418	NU418	NJ418	NUP418		225	54	191.5	123.5	4.0	4.0	385	260	2400	3200
N1019	NU1019	—	—	95	145	24	132	108.0	1.5	1.1	84.2	58.5	3600	4500
N219E	NU219E	NJ219E	NUP219E		170	32	154.5	112.5	2.1	2.1	219	158	3100	3900
N2219E	NU2219E	NJ2219E	NUP2219E		170	43	154.5	112.5	2.1	2.1	285	218	3100	3900
N319E	NU319E	NJ319E	NUP319E		200	45	177.5	121.5	3.0	3.0	331	238	2800	3400
N2319E	NU2319E	NJ2319E	NUP2319E		200	67	177.5	121.5	3.0	3.0	468	385	2800	3400
N419	NU419	NJ419	NUP419		240	55	133.0	133.0	4.0	4.0	413	455	2200	3000

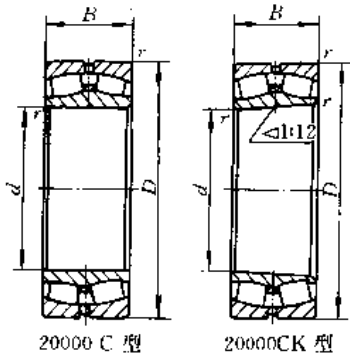
(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)							基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)	
	d	D	B	E <sub>w</sub>	F <sub>w</sub>	r <sub>e</sub>	r <sub>10</sub>	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑
N1020 NU1020 — —	100	150	24	137	113.0	1.5	1.1	85.8	114	3400	4300
N220E NU220E NJ220E NUP220E		180	34	163	119.0	2.1	2.1	247	182	2900	3600
N2220E NU2220E NJ2220E NUP2220E		180	46	163	119.0	2.1	2.1	332	262	2900	3600
N320E NU320E NJ320E NUP320E		215	47	191.5	127.5	3.0	3.0	381	268	2600	3200
N2320E NU2320E NJ2320E NUP2320E		215	73	191.5	129.5	3.0	3.0	583	735	2600	3200
N420 NU420 NJ420 NUP420		250	58	211	139.0	4.0	4.0	429	475	2000	2800

注:轴承外形尺寸符合 GB/T283 的规定。

7 调心滚子轴承(表 8·8-8)

表 8·8-8 调心滚子轴承尺寸与性能参数



径向当量动载荷

$$P_r = F_r + Y_1 F_a \quad \text{当 } \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P_r = 0.67 F_r + Y_2 F_a \quad \text{当 } \frac{F_a}{F_r} > e$$

径向当量静载荷

$$P_{0r} = F_r + Y_0 F_a$$

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)		计算系数			
	d	D	B	r <sub>s</sub> min	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>
22206C 22206CK	30	62	20	1.0	50.5	55.1	6500	8000	0.32	2.11	3.15	2.07
22207C 22207CK	35	72	23	1.0	68.5	78.9	5500	6500	0.32	2.12	3.16	2.08
22208C 22208CK	40	80	23	1.0	77.0	88.4	5000	6000	0.28	2.41	3.59	2.35
22308C 22308CK		90	33	1.5	119	137	4300	5300	0.38	1.80	2.68	1.76
22209C 22209CK	45	85	23	1.0	80.5	95.2	4500	5500	0.26	2.57	3.82	2.51
22309C 22309CK		100	36	1.5	143	169	3800	4800	0.37	1.83	2.73	1.79
22210C 22210CK	50	90	23	1.0	83.7	102	4000	5000	0.24	2.77	4.12	2.70
22310C 22310CK		110	40	2.0	178	212	3800	4300	0.37	1.83	2.73	1.79
22211C 22211CK	55	100	25	1.5	103	126	3600	4600	0.24	2.83	4.21	2.76
22311C 22311CK		120	43	2.0	210	252	3000	3800	0.36	1.86	2.77	1.82
22212C 22212CK	60	110	28	1.5	123	154	3200	4000	0.24	2.78	4.13	2.71
22312C 22312CK		130	46	2.1	242	292	2800	3600	0.36	1.88	2.80	1.84
22213C 22213CK	65	120	31	1.5	151	194	2800	3600	0.25	2.71	4.03	2.65
22313C 22313CK		140	48	2.1	264	321	2400	3200	0.35	1.95	2.90	1.90
22214C 22214CK	70	125	31	1.5	157	206	2600	3400	0.24	2.87	4.27	2.80
22314C 22314CK		150	51	2.1	313	396	2100	3000	0.34	1.97	2.93	1.93

轴承公司制作 请尊重版权



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)				基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)		计算系数			
	$d$	$D$	$B$	$r_s$ min	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑	$e$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_0$
22215C 22215CK	75	130	31	1.5	162	215	2400	3200	0.22	3.00	4.47	2.93
22315C 22315CK		160	55	2.1	348	447	2000	2800	0.35	1.95	2.90	1.91
22216C 22216CK	80	140	55	2.0	175	234	2200	3000	0.22	3.02	4.50	2.96
22316C 22316CK		170	58	2.1	392	507	1900	2600	0.34	1.97	2.93	1.92
22217C 22217CK	85	150	36.0	2.0	213	282	2000	2800	0.23	2.96	4.41	2.90
22317C 22317CK		180	60.0	3.0	429	555	1800	2400	0.34	2.01	3.00	1.97
22218C 22218CK	90	160	40.0	2.0	249	337	1900	2600	0.24	2.86	4.25	2.79
23218C 23218CK		160	52.4	2.0			1700	2200				
22318C 22318CK		190	64.0	3.0	483	639	1800	2400	0.34	2.00	2.97	1.95
22219C 22219CK	95	170	43.0	2.1	283	390	1900	2600	0.24	2.80	4.17	2.74
22319C 22319CK		200	67.0	3.0	531	705	1700	2200	0.34	2.01	2.99	1.96
23120C 23120CK	100	165	52.0	2.0	421	629	1600	2000	0.32	2.11	3.13	2.06
22220C 22220CK		180	46.0	2.1	316	435	1800	2400	0.24	2.78	4.14	2.72
23220C 23220CK		180	60.3	2.1	322	510	1600	2000	0.29	2.32	3.46	2.27
22320C 22320CK		215	73.0	3.0	617	833	1400	1800	0.34	1.97	2.93	1.93
23022C 23022CK	110	170	45.0	2.0	273	453	1400	1800	0.24	2.83	4.22	2.77
23122C 23122CK		180	56.0	2.0	521	799	1300	1700	0.34	2.01	3.00	1.97
22222C 22222CK		200	53.0	2.1	411	588	1700	2200	0.25	2.66	3.96	2.60
23222C 23222CK		200	69.8	2.1	377	602	1400	1800	0.29	2.36	3.51	2.30
22322C 22322CK		240	80.0	3.0	714	968	1500	1900	0.34	2.00	2.97	1.95
23024C 23024CK	120	180	46.0	2.0	301	500	1400	1800	0.23	2.95	4.39	2.88
23124C 23124CK		200	62.0	2.0	609	955	1300	1700	0.34	2.00	2.98	1.96
22224C 22224CK		215	58.0	2.1	479	691	1600	2000	0.26	2.63	3.92	2.57
23224C 23224CK		215	76.0	2.1	449	723	1300	1700	0.29	2.36	3.51	2.31
22324C 22324CK		260	86.0	3.0	844	1157	1300	1700	0.34	2.01	3.00	1.97
23026C 23026CK	130	200	52.0	2.0	375	631	1200	1600	0.23	2.90	4.32	2.84
23126C 23126CK		210	64.0	2.1	678	1081	1300	1700	0.33	2.04	3.04	2.00
22226C 22226CK		230	64.0	3.0	563	832	1400	1800	0.26	2.56	3.80	2.50
23226C 23226CK		230	80.0	3.0	483	802	1200	1600	0.28	2.41	3.58	2.35
22326C 22326CK		280	93.0	4.0	965	1341	1200	1600	0.34	2.01	2.99	1.96
23028C 23028CK	140	210	53.0	2.0	394	679	1100	1500	0.22	3.01	4.49	2.95
23128C 23128CK		225	68.0	2.1	813	1302	1100	1500	0.34	2.01	2.99	1.97
22228C 22228CK		250	68.0	3.0	639	954	1300	1700	0.26	2.62	3.89	2.56
23228C 23228CK		250	88.0	3.0	537	905	1000	1400	0.28	2.43	3.62	2.38
22328C 22328CK		300	102	4.0	1133	1614	1100	1500	0.34	1.97	2.93	1.93
23030C 23030CK	150	225	56.0	2.1	432	749	1100	1400	0.22	3.04	4.53	2.98
23130C 23130CK		250	80.0	2.1	947	1543	1000	1300	0.34	1.99	2.96	1.94
22230C 22230CK		270	73.0	3.0	750	1131	1200	1600	0.26	2.61	3.89	2.55
23230C 23230CK		270	96.0	3.0	738	1254	950	1300	0.30	2.27	3.38	2.22
23032C 23032CK	160	240	60.0	2.1	507	890	1000	1300	0.22	3.03	4.51	2.96
23132C 23132CK		270	86.0	2.1	1085	1777	9000	1200	0.34	1.97	2.97	1.92
22232C 22232CK		290	80.0	3.0	848	1294	1000	1400	0.26	2.56	3.81	2.50
23232C 23232CK		290	104	3.0	845	1437	9000	1200	0.30	2.28	3.38	2.22

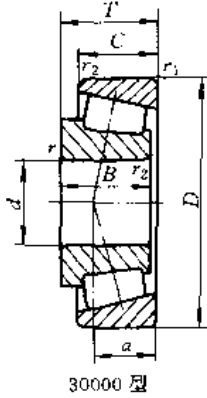
注:轴承外形尺寸符合 GB/T288 的规定。





8 圆锥滚子轴承(表 8·8-9)

表 8·8-9 圆锥滚子轴承尺寸与性能参数



径向当量动载荷

$$P_r = F_r \quad \text{当 } \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P_r = 0.4F_r + YF_a \quad \text{当 } \frac{F_a}{F_r} > e$$

径向当量静载荷

$$P_{0r} = 0.5F_r + Y_0F_a$$

$$P_{0r} = F_r$$

$P_{0r}$ 取两式计算值较大者

轴承代号	外形尺寸(mm)									基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)		计算系数		
	d	D	T	B	C	r <sub>1</sub> min	r <sub>2</sub> min	r <sub>2s</sub> min	a ≈	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑	e	Y	Y <sub>e</sub>
30302	15	42	14.25	13	11	1.0	1.0	0.5	9.60	22.9	21.6	9000	12000	0.29	2.1	1.2
30203	17	40	13.25	12	11	1.0	1.0	0.5	9.90	20.7	21.9	9000	12000	0.35	1.7	1.0
30303		47	15.25	14	12	1.0	1.0	0.5	10.4	28.3	27.2	8500	11000	0.29	2.1	1.2
32303		47	20.25	19	16	1.0	1.0	0.5	12.3	35.3	36.3	8500	11000	0.29	2.1	1.2
32004	20	42	15.00	15	12	0.6	0.6	0.6	10.3	25.1	28.2	8500	11000	0.37	1.6	0.9
30204		47	15.25	14	12	1.0	1.0	0.5	11.2	28.2	30.6	8000	10000	0.35	1.7	1.0
30304		52	16.25	15	13	1.5	1.5	0.8	11.1	33.1	33.2	7500	9500	0.3	2.0	1.1
32304		52	22.25	21	18	1.5	1.5	0.8	13.6	42.7	46.3	7500	9500	0.3	2.0	1.1
32005	25	47	15.00	15	11.5	0.6	0.6	0.6	11.6	28.0	34.1	7500	9500	0.43	1.4	0.8
30205		52	15.25	15	13	1.0	1.0	0.5	12.5	32.2	37.0	7000	9000	0.37	1.6	0.9
30305		62	18.25	17	15	1.5	1.5	0.8	13.0	46.9	48.1	6300	8000	0.3	2.0	1.1
31305		62	18.25	17	13	1.5	1.5	0.8	20.1	40.7	46.1	6300	8000	0.83	0.7	0.4
32305		62	25.25	24	20	1.5	1.5	0.8	15.9	61.6	68.8	6300	8000	0.3	2.0	1.1
32006	30	55	17.00	17	14	1.0	1.0	0.3	13.3	35.7	46.8	6300	8000	0.26	2.3	1.3
30206		62	17.25	16	14	1.0	1.0	0.5	13.8	43.3	50.5	6000	7500	0.37	1.6	0.9
32206		62	21.25	20	17	1.0	1.0	0.5	15.6	51.8	63.7	6000	7500	0.37	1.6	0.9
30306		72	20.75	19	16	1.5	1.5	0.8	15.3	59.0	63.1	5600	7000	0.31	1.9	1.0
31306		72	20.75	19	14	1.5	1.5	0.8	23.1	52.5	60.4	5600	7000	0.83	0.7	0.4
32306		72	28.75	27	23	1.5	1.5	0.8	18.9	81.6	96.4	5600	7000	0.31	1.9	1.0
32007	35	62	18.00	18	15	1.0	1.0	0.3	15.1	43.2	59.2	5600	7000	0.29	2.1	1.1
30207		72	18.25	17	15	1.5	1.5	0.8	15.3	54.2	63.5	5300	6700	0.37	1.6	0.9
32207		72	24.25	23	29	1.5	1.5	0.8	17.9	70.6	89.5	5300	6700	0.37	1.6	0.9
30307		80	22.75	21	18	2.0	1.5	0.8	16.8	75.3	82.6	5000	6300	0.31	1.9	1.0
31307		80	22.75	21	15	2.0	1.5	0.8	25.8	65.7	76.8	5000	6300	0.83	0.7	0.4
32307		80	32.75	31	25	2.0	1.5	0.8	20.4	99.0	118	5000	6300	0.31	1.9	1.0

轴承公司制作 请尊重作者版权



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)								基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)		计算系数			
	d	D	T	B	C	r <sub>s</sub>	r <sub>v</sub>	r <sub>e</sub>	α ≈	动载荷 C <sub>d</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑	e	Y	Y <sub>0</sub>
						min	min	min								
32008	40	68	19.00	19	16	1.0	1.0	0.5	14.9	51.9	71.1	5300	6700	0.3	2.0	1.1
30208		80	19.75	18	16	1.5	1.5	0.8	16.9	63.0	74.0	5000	6300	0.37	1.6	0.9
32208		80	21.75	23	19	1.5	1.5	0.8	18.9	77.9	97.2	5000	6300	0.37	1.6	0.9
30308		90	25.25	23	20	2.0	1.5	0.8	19.5	90.9	108	4500	5600	0.35	1.7	1.0
31308		90	25.25	23	17	2.0	1.5	0.8	29.0	81.4	96.4	4500	5600	0.83	0.7	0.4
32308		90	25.25	33	27	2.0	1.5	0.8	23.8	115.7	148	4500	5600	0.35	1.7	1.0
32009	45	75	20.00	20	16	1.0	1.0	0.3	16.5	58.1	81.4	5000	6300	0.3	2.0	1.1
30209		85	20.75	19	16	1.5	1.5	0.8	18.6	67.9	83.6	4500	5600	0.4	1.5	0.8
32209		85	24.75	23	19	1.5	1.5	0.8	20.1	80.7	101	4500	5600	0.4	1.5	0.8
30309		100	27.75	25	22	2.0	1.5	0.8	21.3	109	130	4000	5000	0.35	1.7	1.0
31309		100	27.25	25	28	2.0	1.5	0.8	31.7	95.6	114	4000	5000	0.83	0.7	0.4
32309		100	38.25	36	30	2.0	1.5	0.8	25.6	145	189	4000	5000	0.35	1.7	1.0
32010	50	80	20.00	20	16	1.5	1.0	0.3	17.8	61.1	89.0	4500	5600	0.32	1.9	1.0
30210		90	21.75	20	17	1.5	1.5	0.8	20.0	73.3	92.1	4300	5300	0.42	1.4	0.8
32210		90	24.75	23	19	1.5	1.5	0.8	21.0	82.8	108	4300	5300	0.42	1.4	0.8
30310		110	29.25	27	23	2.5	2.0	1.0	23.0	130	157	3800	4000	0.35	1.7	1.0
31310		110	29.25	27	19	2.5	2.0	1.0	34.8	108	129	3800	4800	0.83	0.7	0.4
32310		110	42.25	40	33	2.5	2.0	1.0	28.2	178	236	3800	4800	0.35	1.7	1.0
32011	55	90	23.00	23	19	1.5	1.5	0.6	19.8	80.2	117	4000	5000	0.31	1.9	1.1
30211		100	22.75	21	18	2.0	1.5	0.8	21.0	90.8	114	3800	4800	0.4	1.5	0.8
32211		100	26.75	25	21	2.0	1.5	0.8	22.8	108	142	3800	4800	0.4	1.5	0.8
30311		120	31.50	29	25	2.5	2.0	1.0	24.9	153	188	3400	4300	0.35	1.7	1.0
31311		120	31.50	29	21	2.5	2.0	1.0	37.5	130	158	3400	4300	0.83	0.7	0.4
32311		120	45.50	43	35	2.5	2.0	1.0	30.4	203	271	3400	4300	0.35	1.7	1.0
32012	60	95	23.00	23	19	1.5	1.5	0.6	20.0	81.7	122	3800	4800	0.33	1.8	1.0
30212		110	23.75	22	19	2.0	1.5	0.8	22.3	103	130	3600	4500	0.4	1.5	0.8
32212		110	29.75	28	24	2.0	1.5	0.8	25.0	133	180	3500	4500	0.4	1.5	0.8
30312		130	33.50	31	26	3.0	2.5	1.2	26.6	171	210	3200	4000	0.35	1.7	1.0
31312		130	33.50	31	22	3.0	2.5	1.2	40.4	145	177	3200	4000	0.83	0.7	0.4
32312		130	48.50	46	37	3.0	2.5	1.2	32.0	227	303	3200	4000	0.35	1.7	1.0
32013	65	100	23.00	23	19	1.5	1.5	0.6	22.4	82.8	127	3600	4500	0.35	1.7	0.9
30213		120	24.75	23	20	2.0	1.5	0.8	23.8	121	153	3200	4000	0.4	1.5	0.8
32213		120	32.75	31	27	2.0	1.5	0.8	27.3	161	222	3200	4000	0.4	1.5	0.8
30313		140	36.00	33	28	3.0	2.5	1.2	28.7	196	242	2800	3600	0.35	1.7	1.0
31313		140	36.00	33	23	3.0	2.5	1.2	44.2	166	203	2800	3600	0.83	0.7	0.4
32313		140	51.00	48	39	3.0	2.5	1.2	34.3	260	350	2800	3600	0.35	1.7	1.0

轴承公司制作 请尊重作者版权

2017-11-17 14:30:11



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)									基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)		计算系数		
	d	D	T	B	C	r <sub>r</sub> min	r <sub>1s</sub> min	r <sub>2s</sub> min	α ≈	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0r</sub>	脂润滑	油润滑	e	Y	Y <sub>0</sub>
32014	70	110	25.00	25	20	1.5	1.5	0.6	23.8	104	160	3400	4300	0.34	1.8	1.0
30214		125	26.25	24	21	2.0	1.5	0.8	25.8	132	174	3000	3800	0.42	1.4	0.8
32214		125	33.25	31	27	2.0	1.5	0.8	28.8	169	237	3000	3800	0.42	1.4	0.8
30314		150	38.00	35	30	3.0	2.5	1.2	30.7	219	272	2600	3400	0.35	1.7	1.0
31314		150	38.00	35	25	3.0	2.5	1.2	46.8	187	231	2600	3400	0.83	0.7	0.4
32314		150	54.00	51	42	3.0	2.5	1.2	36.5	299	409	2600	3400	0.35	1.7	1.0
32015	75	115	25.00	25	20	1.5	1.5	0.6	25.2	103	160	3200	4000	0.35	1.7	0.9
30215		130	27.25	22	22	2.0	1.5	0.8	27.4	138	185	2800	3600	0.44	1.4	0.8
32215		130	33.25	31	27	2.0	1.5	0.8	30.0	170	242	2800	3600	0.44	1.4	0.8
30315		160	40.00	37	31	3.0	2.5	1.2	32.0	253	353	2400	3200	0.35	1.7	1.0
31315		160	40.00	37	26	3.0	2.5	1.2	49.7	209	259	2400	3200	0.83	0.7	0.4
32315		160	58.00	55	45	3.0	2.5	1.2	39.4	347	483	2400	3200	0.35	1.7	1.0
32016	80	125	29.00	29	23	1.5	1.5	0.6	26.8	141	220	3000	3800	0.34	1.8	1.0
30216		140	28.25	26	22	2.5	2.0	1.0	28.1	160	213	2600	3400	0.42	1.4	0.8
32216		140	35.25	33	28	2.5	2.0	1.0	31.4	198	279	2600	3400	0.42	1.4	0.8
30316		170	42.50	39	33	3.0	2.5	1.2	34.4	279	353	2200	3000	0.35	1.7	1.0
31316		170	42.50	39	27	3.0	2.5	1.2	52.8	230	287	2200	3000	0.83	0.7	0.4
32316		170	61.50	58	48	3.0	2.5	1.2	42.1	388	543	2200	3000	0.35	1.7	1.0
32017	85	130	29.00	29	23	1.5	1.5	0.6	28.1	140	220	2800	3600	0.35	1.7	0.9
30217		150	30.50	28	24	2.5	2.0	1.0	30.3	178	237	2400	3200	0.42	1.4	0.8
32217		150	38.50	36	30	2.5	2.0	1.0	33.9	227	324	2400	3200	0.42	1.4	0.8
30317		180	44.50	41	34	4.0	3.0	1.5	35.9	305	388	2000	2800	0.35	1.7	1.0
31317		180	44.50	41	28	4.0	3.0	1.5	55.6	254	319	2000	2800	0.83	0.7	0.4
32317		180	63.50	60	49	4.0	3.0	1.5	43.5	422	593	2000	2800	0.35	1.7	1.0
32018	90	140	32.00	32	26	2.0	1.5	0.6	30.0	171	271	2600	3400	0.38	1.6	0.9
30218		160	32.50	30	26	2.5	2.0	1.0	32.3	200	270	2200	3000	0.42	1.4	0.8
32218		160	42.50	40	34	2.5	2.0	1.0	36.8	270	396	2200	3000	0.42	1.4	0.8
30318		190	46.50	43	36	4.0	3.0	1.5	37.5	342	442	1900	2600	0.35	1.7	1.0
31318		190	46.50	43	30	4.0	3.0	1.5	58.5	282	357	1900	2600	0.83	0.7	0.4
32318		190	67.50	64	53	4.0	3.0	1.5	46.2	478	683	1900	2600	0.35	1.7	1.0
32019	95	145	32.00	32	26	2.0	1.5	0.6	31.4	175	281	2400	3200	0.36	1.7	0.9
30219		170	34.50	32	27	3.0	2.5	1.2	34.2	227	309	2000	2800	0.42	1.4	0.8
32219		170	45.50	43	37	3.0	2.5	1.2	39.2	303	448	2000	2800	0.42	1.4	0.8
30319		200	49.50	45	38	4.0	3.0	1.5	40.1	369	478	1800	2400	0.35	1.7	0.8
31319		200	49.50	45	32	4.0	3.0	1.5	61.2	311	400	1800	2400	0.83	0.7	0.4
32319		200	71.50	67	55	4.0	3.0	1.5	49.0	516	378	1800	2400	0.35	1.7	1.0

轴承公司制作 请尊重作者版权



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)									基本额定载荷(kN)		极限转速 $n$ (r/min)		计算系数		
	$d$	$D$	$T$	$B$	$C$	$r_1$ min	$r_{1s}$ min	$r_{2s}$ min	$a$ $\approx$	动载荷 $C_r$	静载荷 $C_{0r}$	脂润滑	油润滑	$e$	$Y$	$Y_0$
32020	100	150	32.00	32	26	2.0	1.5	0.6	32.8	173	282	2200	3000	0.37	1.6	0.9
30220		180	37.00	34	29	3.0	2.5	1.2	36.4	254	350	1900	2600	0.42	1.4	0.8
32220		180	49.00	46	39	3.0	2.5	1.2	41.9	341	512	1900	2600	0.42	1.4	0.8
30320		215	51.50	47	39	4.0	3.0	1.5	42.2	406	526	1600	2000	0.35	1.7	1.0
31320		215	56.50	51	35	4.0	3.0	1.5	58.4	373	488	1600	2000	0.83	0.7	0.4
32320		215	77.50	73	60	4.0	3.0	1.5	52.9	600	872	1600	2000	0.35	1.7	1.0
32021	105	160	35.00	35	28	2.5	2.0	0.6	34.6	205	336	2000	2800	0.36	1.7	0.9
30221		190	39.00	36	30	3.0	2.5	1.2	38.5	285	399	1800	2400	0.42	1.4	0.8
32221		190	53.00	50	43	3.0	2.5	1.2	45.0	381	579	1800	2400	0.42	1.4	0.8
30321		225	53.50	49	41	4.0	3.0	1.5	43.6	433	562	1500	1900	0.35	1.7	1.0
31321		225	58.00	53	36	4.0	3.0	1.5	70.0	399	524	1500	1900	0.83	0.7	0.4
32321		225	81.50	77	63	4.0	3.0	1.5	55.1	647	945	1500	1900	0.35	1.7	1.0
32022	110	170	38.00	38	31	2.5	2.0	0.6	36.6	246	403	1900	2600	0.35	1.7	0.9
30222		200	41.00	38	32	3.0	2.5	1.2	40.4	315	444	1700	2200	0.42	1.4	0.8
32222		200	56.00	53	46	3.0	2.5	1.2	47.3	432	666	1700	2200	0.42	1.4	0.8
30322		240	54.50	50	42	4.0	3.0	1.5	45.1	472	612	1400	1800	0.35	1.7	1.0
31322		240	63.00	57	38	4.0	3.0	1.5	75.3	458	611	1400	1800	0.83	0.7	0.4
32322		240	84.50	80	65	4.0	3.0	1.5	57.8	724	1064	1400	1800	0.35	1.7	1.0
32024	120	180	38.00	38	31	2.5	2.0	0.6	39.3	242	404	1700	2200	0.37	1.6	0.9
30224		215	43.50	40	34	3.0	2.5	1.2	44.1	337	483	1500	1900	0.44	1.4	0.8
32224		215	61.50	58	50	3.0	2.5	1.2	52.3	478	758	1500	1900	0.44	1.4	0.8
30324		260	59.50	55	46	4.0	3.0	1.5	49.0	563	746	1300	1700	0.35	1.7	1.0
31324		260	68.00	62	42	4.0	3.0	1.5	81.8	535	724	1300	1700	0.83	0.7	0.4
32324		260	90.50	86	69	4.0	3.0	1.5	61.6	826	1226	1300	1700	0.35	1.7	1.0
32026	130	200	45.00	45	36	2.5	2.0	0.6	43.3	334	567	1600	2000	0.27	2.2	1.2
30226		230	43.75	40	34	4.0	3.0	1.5	46.1	356	521	1400	1800	0.35	1.7	0.9
32226		230	67.75	64	54	4.0	3.0	1.5	56.6	552	889	1400	1800	0.44	1.4	0.8
30326		280	63.75	58	49	5.0	4.0	2.0	53.2	640	855	1100	1500	0.35	1.7	1.0
31326		280	72.00	66	44	5.0	4.0	2.0	87.2	593	804	1100	1500	0.83	0.7	0.4
32028	140	210	45.00	45	36	2.5	2.0	0.6	46.0	330	568	1400	1800	0.29	2.1	1.1
30228		250	45.75	42	36	4.0	3.0	1.5	49.0	409	585	1200	1600	0.37	1.6	0.9
32228		250	71.75	68	58	4.0	3.0	1.5	60.7	644	1049	1200	1600	0.44	1.4	0.8
30328		300	67.75	62	53	5.0	4.0	2.0	56.5	723	975	1000	1400	0.44	1.4	0.8
31328		300	77.00	70	47	5.0	4.0	2.0	94.1	678	929	1000	1400	0.35	1.7	1.0
														0.83	0.7	0.4



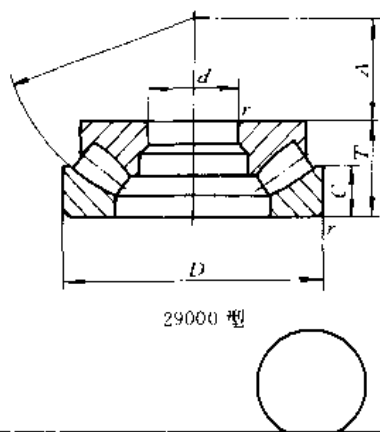
(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)								基本额定载荷(kN)		极限转速 n(r/min)		计算系数			
	d	D	T	B	C	r <sub>r</sub> min	r <sub>1s</sub> min	r <sub>2s</sub> min	a ≈	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0</sub>	脂润滑	油润滑	e	Y	Y <sub>0</sub>
32030	150	225	48.00	48	38	3.0	2.5	1.0	49.2	368	636	1300	1700	0.37	1.6	0.9
30230		270	49.00	45	38	4.0	3.0	1.5	52.4	451	646	1100	1500	0.44	1.4	0.8
32230		270	77.00	73	60	4.0	3.0	1.5	65.4	721	1182	1100	1500	0.44	1.4	0.8
30330		320	72.00	65	55	5.0	4.0	2.0	60.6	802	1085	950	1300	0.35	1.7	1.0
31330		320	82.00	75	50	5.0	4.0	2.0	100	773	1071	950	1300	0.83	0.7	0.4
32032	100	240	51.00	51	41	3.0	2.5	1.0	52.6	420	735	1200	1000	0.37	1.6	0.9
30232		290	52.00	48	40	4.0	3.0	1.5	55.5	512	739	1000	1400	0.44	1.4	0.8
32232		290	84.00	80	67	4.0	3.0	1.5	70.9	857	1435	1000	1400	0.44	1.4	0.8
30332		340	75.00	68	58	5.0	4.0	2.0	63.3	877	1191	900	1200	0.35	1.7	1.0
32034	170	260	57.00	57	46	3.0	2.5	1.0	56.4	519	921	1100	1500	0.31	1.9	1.1
30234		310	57.00	52	43	5.0	4.0	2.0	60.4	593	866	1000	1300	0.44	1.4	0.8
32234		310	91.00	86	71	5.0	4.0	1.5	76.3	969	1636	1000	1300	0.44	1.4	0.8
30334		360	80.00	72	62	5.0	4.0	2.0	68.0	996	1370	850	1100	0.35	1.7	1.0
32036	180	280	64.00	64	52	3.0	2.5	1.0	60.1	641	1151	1000	1400	0.4	1.5	0.8
30236		320	57.00	52	43	5.0	4.0	2.0	62.8	611	912	900	1200	0.45	1.3	0.7
32236		320	91.00	86	71	5.0	4.0	2.0	78.8	999	1723	900	1200	0.45	1.3	0.7
30336		380	83.00	75	64	5.0	4.0	2.0	70.9	1087	1498	900	1100	0.35	1.7	1.0

注:轴承外形尺寸符合 GB297 的规定。

### 9 推力调心滚子轴承(表 8·8-10)

表 8·8-10 推力调心滚子轴承尺寸与性能参数



29000 型

轴向当量动载荷

$$P_u = F_u + 1.2F_r \quad \text{当} \frac{F_r}{F_u} \leq 0.55$$

轴向当量静载荷

$$P_{0u} = F_u + 2.7F_r \quad \text{当} \frac{F_r}{F_u} \leq 0.55$$

轴承代号	外形尺寸(mm)						基本额定载荷(kN)		最小载荷系数 A	极限转速 n(r/min)	
	d	D	T	r min	C ≈	A	动载荷 C <sub>r</sub>	静载荷 C <sub>0u</sub>		脂	油
29412	60	130	42	1.5	20.0	38	340	458	0.036	1800	2600
29413	65	140	45	2.0	21.5	42	403	538	0.118	1700	2400
29414	70	150	48	2.0	23.0	44	449	615	0.155	1600	2200



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)						基本额定载荷(kN)		最小载荷系数 A	极限转速 n(r/min)	
	d	D	T	r min	C ≈	A	动载荷 C <sub>d</sub>	静载荷 C <sub>0s</sub>		脂	油
29415	75	160	51	2.0	24.0	47	506	700	0.210	1600	2200
29416	80	170	54	2.1	26.0	50	564	802	0.263	1500	2000
29317	85	150	39	1.5	19.0	50	345	508	0.105	1600	2200
29417		180	58	2.1	28.0	54	610	862	0.304	1300	1800
29318	90	155	39	1.5	19.0	52	357	532	0.116	1600	2200
29418		190	60	2.1	29.0	56	679	978	0.392	1300	1800
29320	100	170	42	1.5	20.8	58	426	638	0.166	1300	2000
29420		210	67	3.0	32.0	62	828	1200	0.588	1100	1600
29322	110	190	48	2.0	23.0	64	529	825	0.279	1300	1800
29422		230	73	3.0	35.0	69	966	1330	0.724	950	1400
29324	120	210	54	2.1	26.0	70	667	1040	0.440	1100	1600
29424		250	78	4.0	37.0	74	1127	1510	0.933	900	1300
29326	130	225	58	2.1	28.0	76	725	1150	0.543	1000	1500
29426		270	85	4.0	41.0	81	1300	2000	1.640	850	1200
29328	140	240	60	2.1	29.0	82	817	1310	0.710	950	1400
29428		280	85	4.0	41.0	86	1346	2100	1.796	850	1200
29330	150	250	60	2.1	29	87	840	1380	0.774	950	1400
29430		300	90	4.0	44	92	1518	2370	2.285	800	1100
29332	160	270	67	3.0	32	92	989	1610	1.063	850	1200
29432		320	95	5.0	45	99	1668	2700	2.969	750	1000
29334	170	280	67	3.0	32	96	1012	1690	1.160	850	1200
29434		340	103	5.0	50	104	1932	3140	4.015	700	950
29336	180	300	73	3.0	35	103	1173	2000	1.628	800	1100
29436		360	109	5.0	52	110	2139	3480	4.936	670	900
29338	190	320	78	4.0	38	110	1357	2370	2.294	750	1000
29438		380	115	5.0	55	117	2360	3910	6.228	630	850
29240	200	280	48	2.0	24	108	670	1360	0.749	670	1400
29340		340	85	4.0	41	116	1530	2630	2.827	700	950
29440		400	122	5.0	59	122	2611	4310	7.588	600	800
29244	220	300	48	2.0	24	117	690	1350	0.759	630	1300
29344		360	85	4.0	41	125	1599	2800	3.210	700	950
29444		420	122	6.0	58	132	2714	4590	8.583	560	750
29248	240	340	60	2.1	30	130	966	1910	1.483	600	1100
29348		380	85	4.0	41	135	1656	2900	3.569	670	900
29448		440	122	6.0	59	142	2818	4860	9.656	560	750

轴承公司制作 请尊重作者版权



(续)

轴承代号	外形尺寸(mm)						基本额定载荷(kN)		最小载荷系数 $A$	极限转速 $n$ (r/min)	
	$d$	$D$	$T$	$r$ min	$C$ $\approx$	$A$	动载荷 $C_d$	静载荷 $C_{j0}$		脂	油
29252	250	360	60	2.1	30	139	1012	2070	1.754	560	1100
29352		420	95	5.0	45	148	2059	3860	4.073	600	800
29452		480	132	6.0	64	154	3347	5950	14.45	500	670
29256	280	380	60	2.1	30	150	1024	2130	1.855	500	1000
29356		440	95	5.0	46	158	2128	4080	6.782	600	800
29456		520	145	6.0	68	166	3956	7130	20.73	480	630
29260	300	420	73	3.0	38	162	1415	2890	3.430	480	900
29360		480	109	5.0	50	168	2599	5000	10.20	530	700
29460		540	145	6.0	70	175	4083	7500	22.95	450	600
29264	320	440	73	3.0	38	172	1461	3060	3.822	450	800
29364		500	109	5.0	53	180	2680	5230	11.15	480	530
29464		580	155	7.5	75	191	4738	8850	31.97	400	360
29268	340	460	73	3.0	37	183	1495	3230	4.27	400	750
29368		510	122	5.0	59	192	3189	6190	15.64	450	480
29468		620	170	7.5	82	201	5198	9770	38.98	380	320
29272	360	500	85	4.0	44	194	1898	4080	6.797	380	630
29372		560	122	5.0	59	202	3266	6440	16.33	400	450
29472		640	170	7.5	82	210	5451	10300	43.24	340	300

注:轴承外形尺寸符合 GB/T3859 的规定。

## 参 考 文 献

- [1] GB6930-86 滚动轴承 词汇. 北京:中国标准出版社,1987
- [2] GB/T272-93 滚动轴承 代号方法. 北京:中国标准出版社,1994
- [3] JB/T2974-93 滚动轴承 代号方法的补充规定 (机械行业标准). 北京:机械工业出版社,1993
- [4] Harris T A. Rolling Bearing Analysis. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1991
- [5] 万长森. 滚动轴承的分析方法. 北京:机械工业出版社,1987
- [6] SKF 轴承综合型录. 上海:上海科学技术文献出版社,1991
- [7] 王振华. 实用轴承手册. 上海:上海科学技术文献出版社,1991
- [8] ISO 281:1990(E) Rolling Bearings - Dynamic Load Ratings and Rating Life. Switzerland: International Organization for Standardization, 1st ed., 1990
- [9] ISO 76:1987(E) Rolling Bearings - Static Load Ratings. Switzerland: International Organization for Standardization, 2nd ed., 1987
- [10] Tallian T E, Baile G H. Rolling Bearing Damage AT/AS. Revers Press, Philadelphia, 1974
- [11] 屈梁生,何正嘉编著. 机械故障诊断学. 上海:上海科学技术出版社,1991
- [12] 雷继尧,丁康编著. 轴承故障诊断. 西安:西安交通大学出版社,1991
- [13] JB/T5313-91 滚动轴承振动(速度)测量方法. (机械行业标准). 北京:机械工业出版社,1991
- [14] JB/T5314-91 滚动轴承振动(加速度)测量方法. (机械行业标准). 北京:机械工业出版社,1991

