

下面介绍应用 FEM 分析厚板轧机中支承轴承座的承载座形状对圆锥滚子轴承（ $\phi 489 \times \phi 635 \times \phi 321$ ）的寿命及轴承座应力影响的结果。图 4 是分析对象轴承座与承载座示意图。多次改变承载座内侧的开口槽宽度比，分析之后，得知：

- (1) 轴承座产生的应力（最大主应力）最大值 σ_{\max} 位于轴承座最下部；
- (2) σ_{\max} 随 l 的增加而增加，但小于材料的疲劳极限；
- (3) 轴承滚动体的载荷分布因 l 而大幅度变化，当 $l/L = 0.7$ 左右时轴承寿命最长。

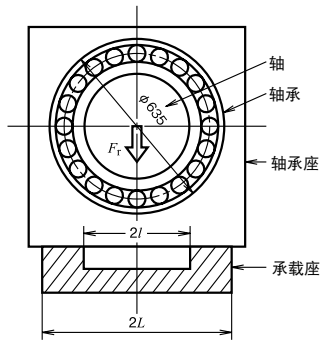


图 4 轧机轴承座与承载座示意图

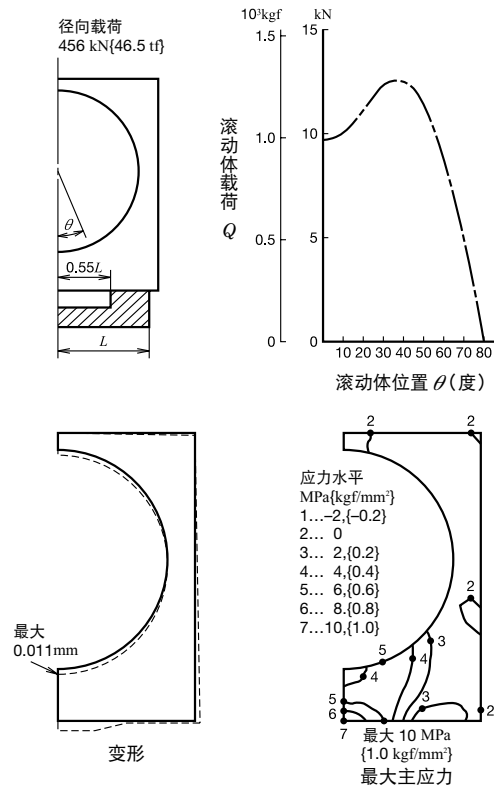


图 5 轴承座应力与轴承滚动体载荷重分布的计算实例

(4) 从轴承座产生的应力与轴承寿命考虑，此例中： $l/L = 0.5 \sim 0.7$ 时最佳。

图 5 是 $l/L = 0.55$ 时，轴承座的应力分布与变形以及滚动体载荷分布的计算结果。

图 6 是伴随 l 变化轴承的应力与轴承寿命的计算结果。

如上所述，FEM 解析在轴承系统设计中起了重要作用，如表 1 所示，其分析对象涵盖各个应用领域。此外，还可对单个轴承零部件，如滚子轴承挡边强度、保持架固有模式等进行分析，对提高 NSK 轴承设计水平提供了有益的帮助。

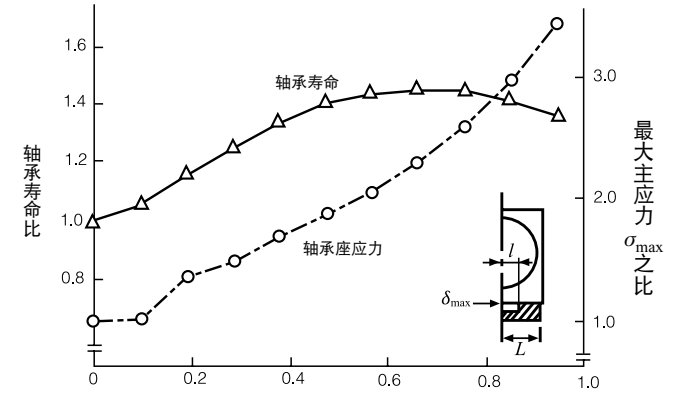


图 6 轴承座应力与轴承寿命计算值

表 1 轴承系统应用 FEM 分析事例

轴承用途	轴承系统分析事例	分析目的
汽车	· 轮毂轴承单元 · 皮带张紧轮 · 差速器外围结构 · 转向机联轴节	强度，刚度，滑移，变形，轴承寿命
电机	· 发动机支架 · 交流发电机 · 吸尘器马达用轴承 · 硬盘驱动用枢轴轴承组件，录像机主轴	振动，刚度，变形，轴承寿命
冶金设备	· 轧辊轴承外围结构（冷轧，热轧，回火轧机） · 轧机螺杆轴承 · 连铸辊专用轴承座	强度，刚度，变形，温度分布，轴承寿命
机床	· 加工中心主轴 · 磨床主轴 · 车床主轴 · 工作台驱动装置外围结构	振动，刚度，温度分布，轴承寿命
其它	· 喷气发动机主轴 · 车轴轴承箱 · 半导体加工设备 · 发动机缸体 · 转盘外围结构	强度，刚度，热变形，振动，变形，轴承寿命

13. NSK 专用轴承

13.1 陀螺仪专用超精密球轴承

(1) 陀螺仪与陀螺仪专用轴承

用于检测飞机、船舶等的航行方位及角速度的陀螺仪，按检测的运动方向、速度等，在结构上分为 1 自由度及 2 自由度陀螺仪。(图 1)

由于所用轴承的特性极大地影响陀螺仪的性能，故而，要求选用超精密微型轴承中性能最优的精品。支承高速转子轴以及支承其外框（万向架）的轴承均应具备稳定的低摩擦力矩。

陀螺仪专用滚动轴承的主要类型及适用条件如表 1 所示。

转子及万向架支承轴承主要采用英制超精密轴承，其主要尺寸及 NSK 代表型号见表 2。

此外，尚有诸多特殊形状的陀螺仪专用轴承。

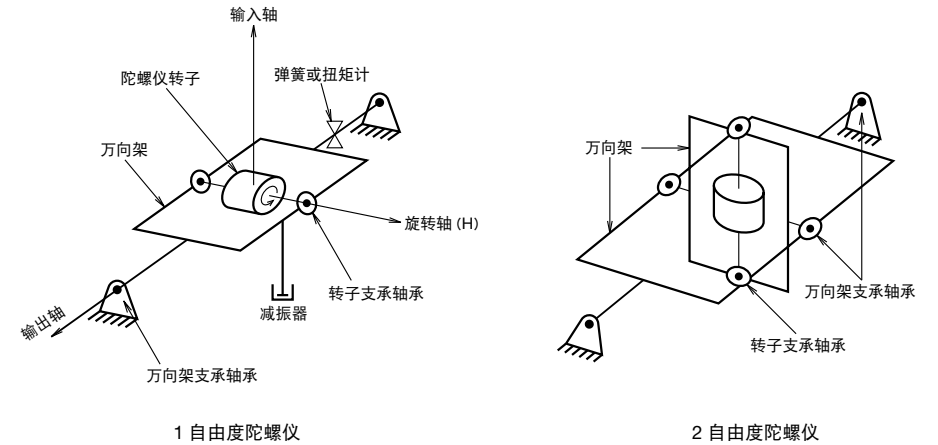


图 1 陀螺仪的类型

表 1 陀螺仪专用轴承的类型与适用条件

用途	主要轴承类型	适用条件举例
转子专用	角接触球轴承， 端盖球轴承	12 000, 24 000 r/min 或 36 000 r/min 60 ~ 80 °C 氦气中
万向架专用	深沟球轴承， 其它特殊形状轴承	± 2 °C 摆动 常温 ~ 80 °C 硅酮油或大气中

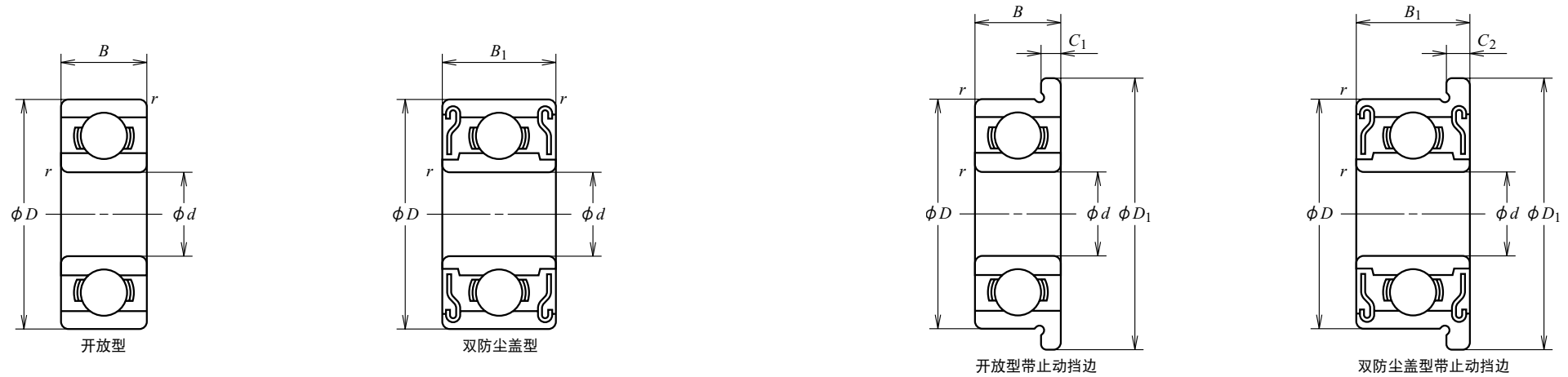


表 2 陀螺仪专用轴承的主要尺寸与公称代号

主要尺寸 (mm)					公称代号	
d	D	B	B_1	r (最小)	开放型	双防尘盖型
1.016	3.175	1.191	—	0.1	R 09	—
1.191	3.967	1.588	2.380	0.1	R 0	R 0 ZZ
1.397	4.762	1.984	2.779	0.1	*R 1	R 1 ZZ
1.984	6.350	2.380	3.571	0.1	*R 1-4	R 1-4 ZZ
2.380	4.762	1.588	—	0.1	*R 133	—
	4.762	—	2.380	0.1	—	R 133 ZZS
	7.938	2.779	3.571	0.15	*R 1-5	R 1-5 ZZ
3.175	6.350	2.380	2.779	0.1	*R 144	R 144 ZZ
	7.938	2.779	3.571	0.1	R 2-5	R 2-5 ZZ
	9.525	2.779	3.571	0.15	*R 2-6	R 2-6 ZZS
	9.525	3.967	3.967	0.3	*R 2	R 2 ZZ
	12.700	4.366	4.366	0.3	R 2 A	R 2 AZZ
3.967	7.938	2.779	3.175	0.1	R 155	R 155 ZZS
4.762	7.938	2.779	3.175	0.1	R 156	R 156 ZZS
	9.525	3.175	3.175	0.1	R 166	R 166 ZZ
	12.700	3.967	4.978	0.3	*R 3	R 3 ZZ
6.350	9.525	3.175	3.175	0.1	R 168 B	R 168 B ZZ
	12.700	3.175	4.762	0.15	R 188	R 188 ZZ
	15.875	4.978	4.978	0.3	*R 4 B	R 4 B ZZ
	19.050	5.558	7.142	0.4	R 4 AA	R 4 A AZZ
7.938	12.700	3.967	3.967	0.15	R 1810	R 1810 ZZ
9.525	22.225	5.558	7.142	0.4	R 6	R 6 ZZ

* 还供应转子专用角接触轴承

主要尺寸 (mm)			公称代号	
D_1	C_1	C_2	带止动挡边开型	带止动挡边双防尘盖型
—	—	—	—	—
5.156	0.330	0.790	FR 0	FR 0 ZZ
5.944	0.580	0.790	FR 1	FR 1 ZZ
7.518	0.580	0.790	FR 1-4	FR 1-4 ZZ
5.944	0.460	—	FR 133	—
5.944	—	0.790	—	FR 133 ZZS
9.119	0.580	0.790	FR 1-5	FR 1-5 ZZ
7.518	0.580	0.790	FR 144	FR 144 ZZ
9.119	0.580	0.790	FR 2-5	FR 2-5 ZZ
10.719	0.580	0.790	FR 2-6	FR 2-6 ZZS
11.176	0.760	0.760	FR 2	FR 2 ZZ
—	—	—	—	—
9.119	0.580	0.910	FR 155	FR 155 ZZS
9.119	0.580	0.910	FR 156	FR 156 ZZS
10.719	0.580	0.790	FR 166	FR 166 ZZ
14.351	1.070	1.070	FR 3	FR 3 ZZ
10.719	0.580	0.910	FR 168 B	FR 168 B ZZ
13.894	0.580	1.140	FR 188	FR 188 ZZ
17.526	1.070	1.070	FR 4 B	FR 4 B ZZ
—	—	—	—	—
13.894	0.790	0.790	FR 1810	FR 1810 ZZ
24.613	1.570	1.570	FR 6	FR 6 ZZ

(2) 陀螺仪轴承的特性

(2.1) 转子专用轴承

转子专用轴承，要求在高速旋转中，转矩极低且长时间稳定不变，故而，多采用含油保持架。也有采用溶剂溶化润滑油注入轴承的润滑方法，但因摩擦力矩受油量的影响，故而，要调好适当的浓度（见图2）。可采用离心分离法调节油量，以获得稳定的转矩。至于轴承类型，也有端盖与外圈合一的特殊形状轴承（见图3）。

(2.2) 万向架专用轴承

万向架专用轴承充当输出轴，要具备低摩擦力矩与耐振动特性。表3列出代表性轴承的最大起动力矩，通过对滚道精加工及保持架特殊设计，可以得到更低的起动力矩。

另外，为防止外部振动所引起的微动磨损，对滚道进行表面覆膜硬化处理，以提高抗振性能。

转子专用，万向架专用轴承设计参数见表4。

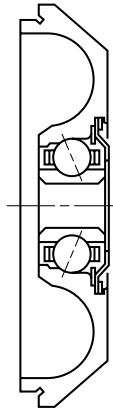


图3 端盖球轴承一例

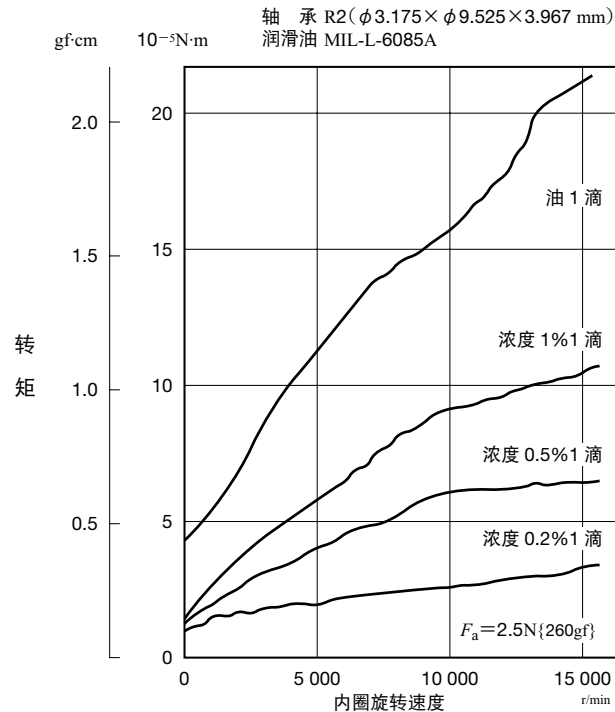


图2 油量与转矩

表3 轴承最大启动力矩

轴承公称代号	测量载荷 mN {gf}	径向游隙 (μm)				
		MC2 3 ~ 8	MC3 5 ~ 10	MC4 8 ~ 13	MC5 13 ~ 20	MC6 20 ~ 28
最大启动力矩 ($\mu N \cdot m$) {mgf · mm}						
R1	735 {75}	7.95 {810}	7.35 {750}	6.75 {690}	6.10 {620}	5.20 {530}
R1-5	735 {75}	13.2 {1 350}	12.3 {1 250}	11.8 {1 200}	10.7 {1 090}	9.70 {990}
R144	735 {75}	8.92 {910}	8.35 {840}	7.65 {780}	6.85 {700}	6.08 {620}
R2	735 {75}	14.7 {1 500}	13.7 {1 400}	12.7 {1 300}	11.8 {1 200}	11.4 {1 160}
R3	3 900 {400}	63.5 {6 500}	54.0 {5 500}	54.0 {5 500}	49.0 {5 000}	44.0 {4 500}
R4 B	3 900 {400}	68.5 {7 000}	59.0 {6 000}	59.0 {6 000}	54.0 {5 500}	49.0 {5 000}

表4 转子与万向架专用轴承设计参数（例）

分类	转子专用轴承	万向架专用轴承
轴承类型	角接触型	深沟型或角接触型
轴承精度	CLASS 7P 以上	CLASS 5P 或 CLASS 7P
润滑方法	含油保持架自行润滑 (可兼用润滑脂)	油润滑，适量滴入
保持架	酚醛树脂压层材料	钢板制（低力矩设计）
球精度	3级相当	5级及以上
轴承接触角 ($^{\circ}$)	20 ~ 28	—

13.2 真空工况 — X 射线管专用球轴承

X 射线管旋转阳极专用球轴承，用于高真空、高温、高速的严酷工况。

X 射线管的结构如图 1 所示，内部压力 ≤ 0.13 mPa $\{10^{-6}$ Torr $\}$ 时，热电子由阴极流向阳极，在阳极上产生 X 射线。

转子是电机的组成部分之一，可以由外部电磁驱动，转速多为 3 000 ~ 10 000 r/min。阳极的旋转方式分为内圈旋转及外圈旋转两种（见图 2）。一般说来，内圈旋转的刚度较高，轴承温度也低，但其结构比较复杂。

由于阳极发热，阳极一侧的轴承温度最高可达 400 ~ 500 °C，另一侧的轴承也达到 200 ~ 300 °C。因此，轴承必须采用耐热性能优异的高速工具钢。

由于 X 射线管大多用于医疗，所以，必须静音旋转。但是，由于在结构上，刚度难以提高，而且温度变化剧烈引起轴承游隙变化较大，所以不利于减振。因此，轴承及其外围的设计必须慎之又慎。

轴承内径多为 6 ~ 10 mm，其结构见图 3。

- (a) 带冲压保持架
- (b) 外圈沟道为圆柱面
- (c) 为缓解由于热膨胀引起的内、外圈轴向错位，外圈单侧沟道设计成圆柱面。

另外，(b) 与 (c) 通常采用满装型球轴承。

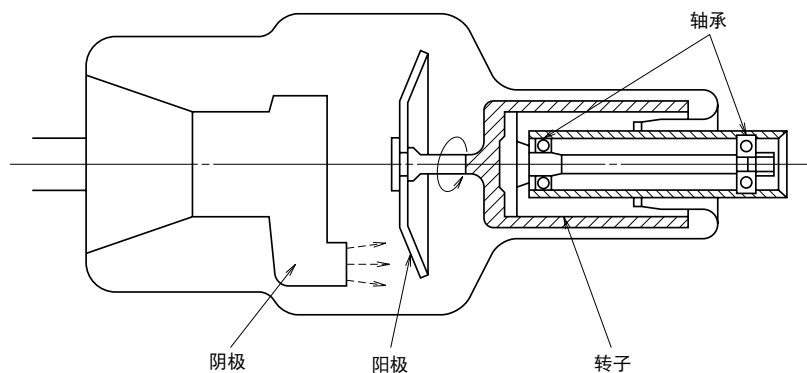


图 1 X 光管结构举例

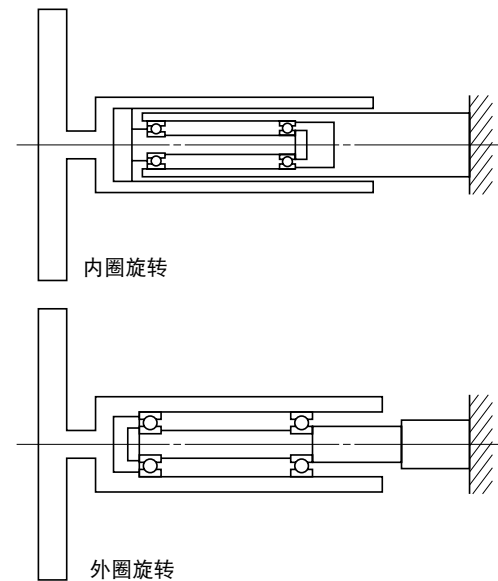


图 2 阳极旋转与旋转方式

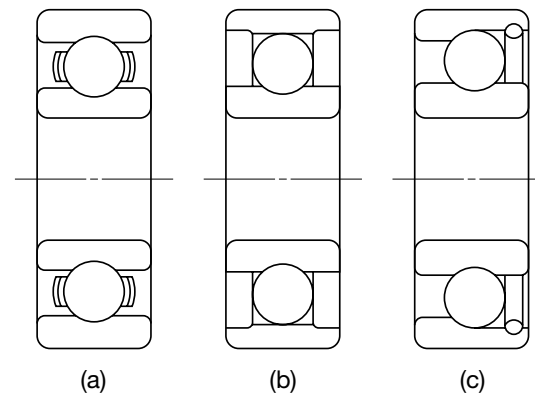


图 3 X 光管专用轴承结构举例

X 射线管专用球轴承的最大难点是润滑方式。由于真空、高温，大多采用下列固体润滑方式。

- (1) 在保持架穿孔表面贴敷叠层二硫化钼等固体润滑剂。
- (2) 在钢球及内、外圈沟道表面镀软质金属（银或铅）薄膜。

方式 (2) 多用于满装钢球型轴承，镀膜方法有电镀、离子镀等。

软质金属镀膜球轴承在真空工况的耐久试验结果如下。图 4 是内径 8 mm、外径 22 mm 的球轴承在 0.13 mPa { 10^{-6} Torr} 下，速度 9 000 r/min、轴向载荷 20 N{2 kgf} 的条件下，常温旋转的耐久时间比较。图 5 是试验中转矩随时间的变化。

在采用陶瓷球且无润滑时，沟道磨损严重，而沟道施镀润滑油膜后，力矩变化就很小，且非常稳定。图 6 是轴承座温度升至 300 °C 时，内径 9.5 mm、外径 22 mm 的球轴承承受轴向载荷 5 N{0.5 kgf} 或 20 N{2 kgf}、速度 9 000 r/min 时进行旋转试验的实例。

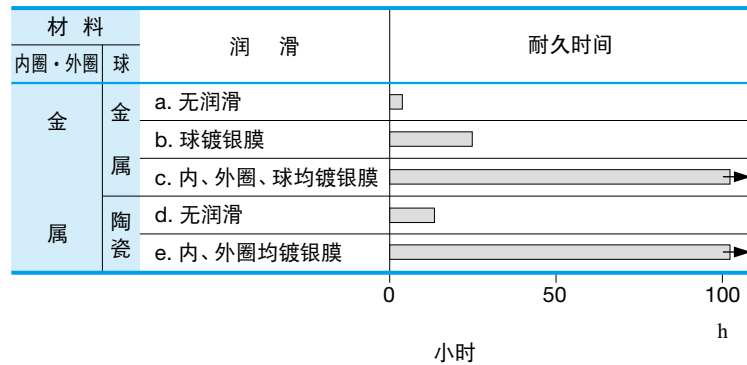


图 4 润滑条件与耐久时间（常温）

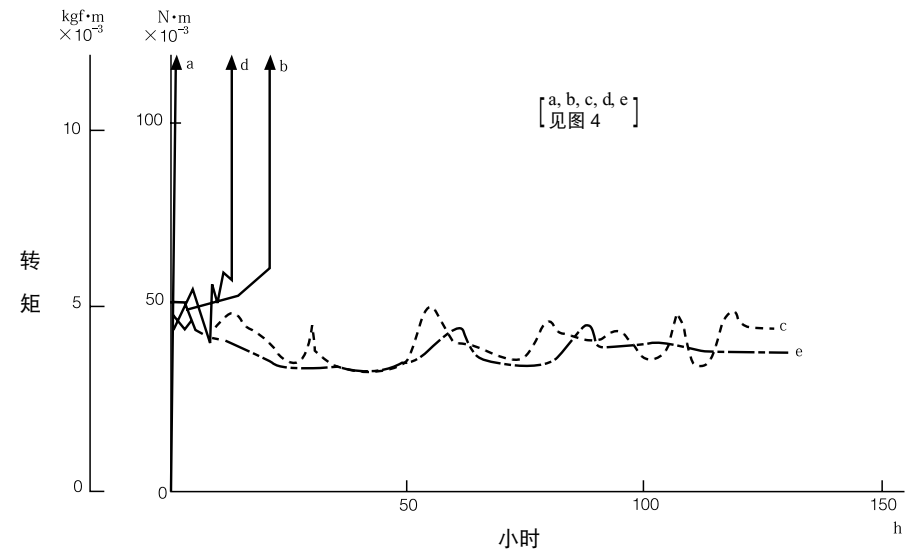


图 5 转矩与耐久性

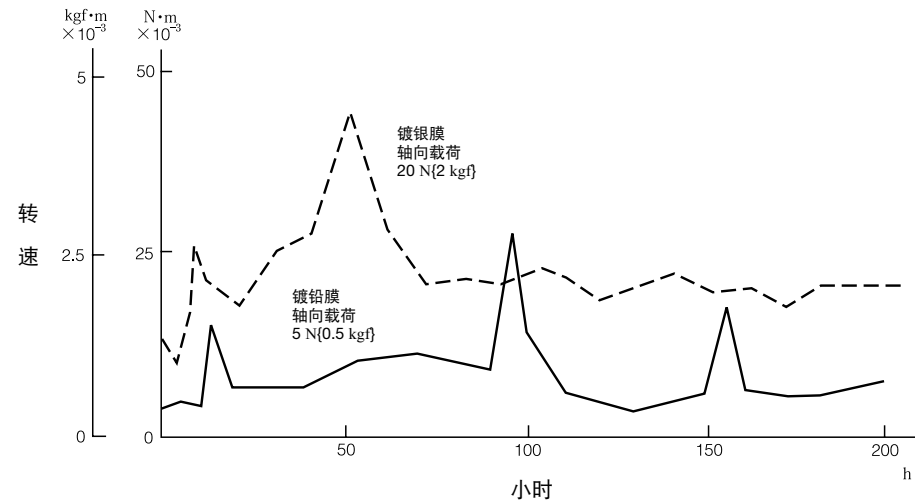


图 6 润滑条件与耐久时间（高温）

13.3 高真空工况专用球轴承

在不能使用常规润滑油或润滑脂的高真空工况下，采用固体润滑剂镀膜球轴承，其公称代号及主要尺寸见表 1。此类轴承分为带保持架型和满装钢球型两种，特殊用途还采用带止动挡边或带防尘盖的轴承。

带保持架的轴承，选择合适形状与材料的保持架可以保证在低速的情况下，以低力矩稳定旋转。但是，在高速时，保持架与球之间的滑动摩擦变大，则以满装钢球型轴承为宜。

表 1 高真空工况专用球轴承的主要尺寸

轴承代号	主要尺寸 (mm)		
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>
U-694hS	4	11	4
U-625hS	5	16	5
U-626hS	6	19	6
U-627hS	7	22	7
U-608hS	8	22	7
U-629hS	9	26	8
U-6000hS	10	26	8
U-6200hS	10	30	9
U-6001hS	12	28	8
U-6201hS	12	32	10
U-6002hS	15	32	9
U-6202hS	15	35	11
U-6003hS	17	35	10
U-6203hS	17	40	12
U-6004hS	20	42	12
U-6204hS	20	47	14
U-6005hS	25	47	12
U-6205hS	25	52	15
U-6006hS	30	55	13
U-6206hS	30	62	16
U-6007hS	35	62	14
U-6207hS	35	72	17
U-6008hS	40	68	15
U-6208hS	40	80	18

备注 轴承类型为开放型，防尘盖型及满装球型。
材料为 SUS440C

与带保持架轴承相比，满装型轴承由于钢球相互接触，旋转力矩稍大，但磨损少，力矩变化也小。因而，满装钢球型球轴承从低速到高速均可使用。

所用固体润滑剂是银 (Ag)、铅 (Pb) 等软质金属及二硫化钼 (MoS₂) 等片状结构体。采用此类固体润滑剂薄膜润滑的轴承在 100 ~ 9 000 r/min 速度范围的摩擦与磨损情况见表 2 及图 1 ~ 3。由表 2 可知，银适于低磨损的工况，铅或二硫化钼适于要求低力矩的工况。

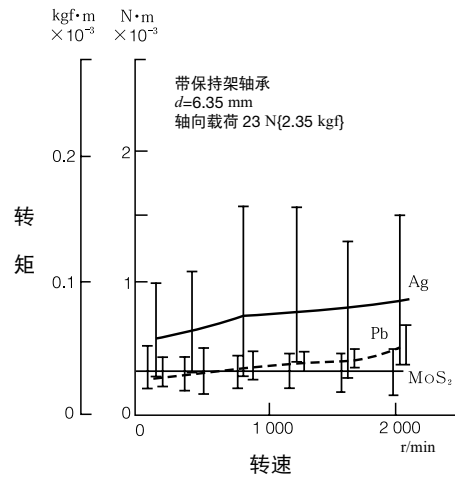


图 1 转速与转矩

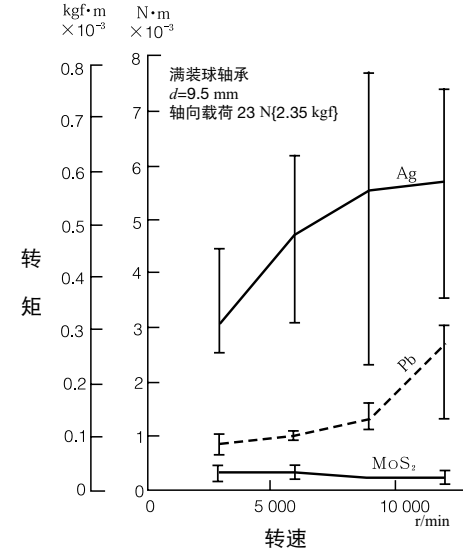


图 2 转速与转矩

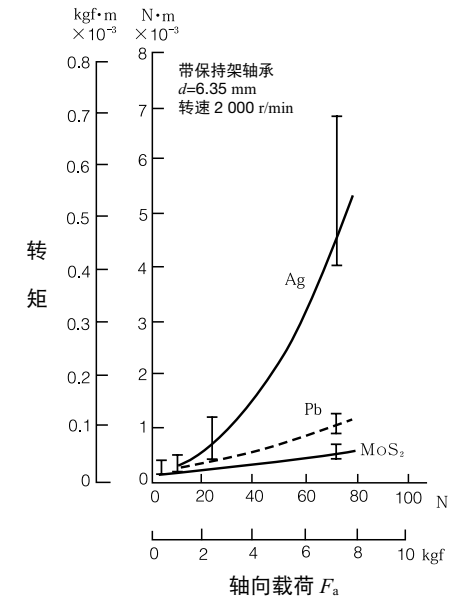


图 3 轴向载荷与转矩

表 2 高真空工况专用球轴承的特性

镀膜种类	摩擦特性				磨损量
	力矩值	与转速的关系		与轴向载荷的关系	
		较低速 图 1	较高速 图 2		
Ag	大 △	基本不变 ○	与转速同步增加 △	与载荷同步剧增 △	少 ○
Pb	中 ○	基本不变 ○	与转速同步增加 △	与载荷同步微增 △	比 Ag 多 △
MoS ₂	小 ○	基本不变 ○	基本不变 ○	与载荷同步微增 ○	比 Ag 多 △

备注 ○: 优 △: 差

13.4 轻接触密封球轴承

随着旋转设备的小型化与低力矩化，对其所用轴承也提出了高度密封的同时、降低力矩的要求。满足这一要求的是 DDW 密封轴承。它与标准接触密封型 DDU 轴承相比，具有下列特长：

1. 密封圈主密封唇与内圈的过盈量小，且因主密封唇细长，密封唇压力减小，力矩降低。
2. 且主密封唇与内圈密封槽外侧斜面接触，油脂在离心力的作用下向外飞溅，故而防尘性能极佳。

3. 由于主密封唇接触内圈密封槽外侧斜面，故而，轴承内部压力不易由主密封唇外逸，故不易发生内压外泄而伴生的漏脂现象。

NSK 目前有内径 10~50 mm 的轴承，如需更大尺寸的轴承，敬请联系。DDW 丁腈橡胶密封圈的标准颜色为绿色，容易和黑色的 VV 非接触密封圈、茶色的 DDU 标准密封圈区别。

图 1 是 DDW 密封轴承示意图，图 2 是评价结果实例。

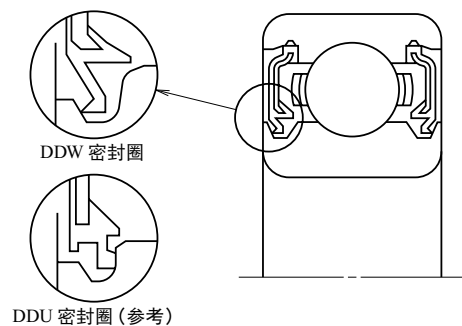
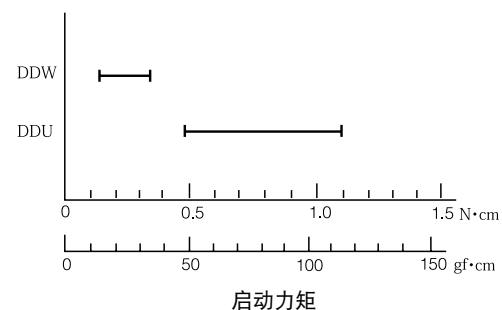


图 1 DDW 密封轴承

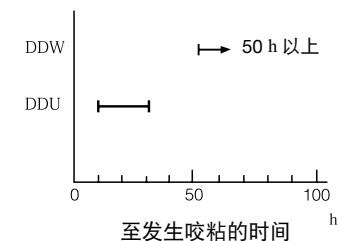
1. 启动力矩

环境温度：常温



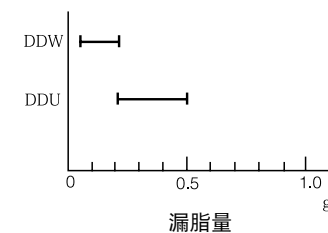
2. 防尘性能

转速：6 700 r/min
径向载荷：147 N{15 kgf}
环境温度：100 °C
粉尘量：200 g/试验机



3. 漏脂试验 (高速)

转速：20 000 r/min
径向载荷：147 N{15 kgf}
环境温度：100 °C
运转时间：24 h



试验轴承：6203 各 4 套
润滑脂：酯类锂基润滑脂填充空间容积的 45 %

图 2 DDW 密封轴承评价试验实例

13.5 带轴轴承

随着 AV·OA 设备日益高档化的需求，对精密微型电机旋转机构所用轴承的性能要求日益苛刻。

随着 VTR·DAT 高档化，HDD 高密度化，LBP 印字质量高级化等的进程，各种设备都要求提高跳动精度（旋转同步跳动，非旋转同步跳动）降低振动与噪声、降低电耗，并提高主机安装作业效率。满足上述要求的就是带轴轴承。

带轴轴承是一种省去轴承内圈，直接在轴上加工出滚道，在两个外圈之间内装预紧弹簧的单元产品（见图 1），它比使用常规轴承具有下列优点：

(1) 提高记录、播放精度

- 轴与内圈形成一体，消除了轴与内圈配合引起的复位倾向；
- 可根据需求加厚外圈设计，减少过盈量造成的外圈变形。

(2) 降低电机电耗

- 由于轴与内圈合二为一，钢球对同一轴径的节圆直径缩小，可以实现低力矩化。

(3) 可在保持轴刚度高的前提下缩小形体

- 由于轴与内圈合二为一，便可缩小对同一轴径的外径尺寸。

（例）684ZZ：轴径 4 mm，
 外径 9 mm（无轴）
 4BVD：轴径 4 mm，
 外径 8 mm（带轴）

(4) 简化装配作业

- 可以省去预紧调节及相关零部件；
- 可以省去轴与内圈选配及粘接固定作业。

带轴轴承参数，见表 1。

表 1 带轴轴承各种参数

d	主要尺寸 (mm)			基本额定载荷			
	D_1	D_2	W	C_r (N)	C_{or} (N)	C_r {kgf}	C_{or} {kgf}
3	6.45	7.05	3.5	435	124	45	13
4	8	10	4	550	173	56	18
5	9	10	4	640	223	65	23
6	10	12	4	710	271	73	28
7	13	15	5	980	365	100	37
8	15	17	6	1330	505	135	52

备注：关于轴的长度，请向 NSK 咨询。

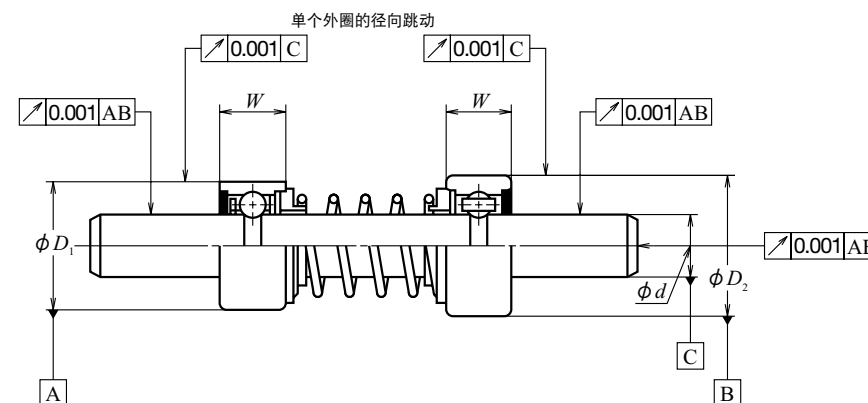


图 1 带轴轴承的构成与跳动精度

13.6 汽车空调机电磁离合器专用轴承

电磁离合器是驱使汽车空调压缩机运行的重要零部件，其所用轴承的性能要求也因压缩机的类型而异。表 1 是压缩机的类型与电磁离合器专用轴承适用条件的关系。

表 1 所列数值是实际应用的最高值，为了确保轴承的耐久性，还在更加严酷的条件下进行了台架试验。

电磁离合器轴承必须满足表 1 条件外，还应具备下列性能：

- 高速耐久性；
- 高温耐久性；
- 为使圆盘与电枢保持合适游隙，轴承角度游隙要小。

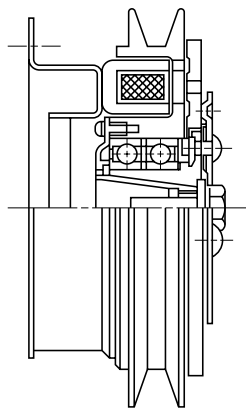


图 1 往复式压缩机专用电磁离合器

为此，在决定轴承选型时，必须考虑下列要素：

- 轴承内部设计应满足高速、长寿命的要求；
- 选择适宜高温、高速的长寿命润滑脂；
- 确定合适的径向游隙；
- 采用漏脂少、防尘、防水性好的密封件等。

目前，电磁离合器专用轴承几乎都是内径 30 ~ 45 mm 的单列深沟球轴承联装或者双列角接触球轴承。

电磁离合器专用轴承，应具备高速性、润滑脂长效性以及合适的内部游隙与优异的密封性等。对此，电磁离合器专用轴承的尺寸及特点如下。

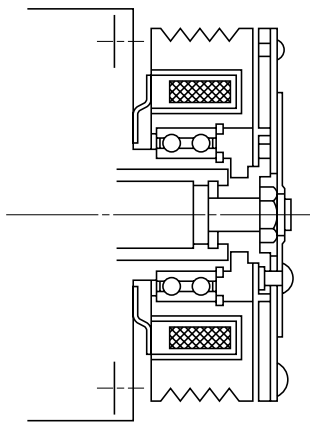


图 2 轴流式·旋转式压缩机专用电磁离合器

(1) 轴承的类型与尺寸

电磁离合器专用轴承的类型、主要公称代号及主要尺寸，如表 2 所示。

表 1 压缩机的类型与轴承的适用条件

离合器专用轴承的适用条件		压缩机类型			
		往复式	叶片式	涡旋式	斜盘式
套圈的旋转情况	离合器 ON	内外圈旋转	外圈旋转	外圈旋转	外圈旋转
	离合器 OFF	外圈旋转	外圈旋转	外圈旋转	外圈旋转
最高转速	(r/min)	5 500	7 000	12 000	9 000
轴承最高温度	(°C) 内圈	120	120	120	160

表 2 电磁离合器专用轴承的主要尺寸

轴承类型	公称代号	主要尺寸 (mm)			
		d	D	B	r (最小)
单列深沟球轴承 (2 套装)	6006	30	55	13 × 2	1
	6008	40	68	15 × 2	1
双列角接触球轴承	30BD40	30	55	23	1
	35BD219	35	55	20	0.6
	40BD219	40	62	24	0.6
	30BD4718	30	47	18	0.5
	35BD5020	35	50	20	0.3
35BD5220	35	52	20	0.5	

(1.1) 双列角接触球轴承

它是使用最多的电磁离合器专用轴承，其主要特点如下：

- 比联装单列深沟球轴承易安装，更经济；
- 采用塑料保持架（寿命更长）；
- 具有更利于皮带轮离合的接触角度（通常为 25°）。

(1.2) 联装单列深沟球轴承

此类型已改为双列角接触球轴承，基本上已不再使用，但是外形尺寸较大的大型车辆及通用机械等尚有部分采用。

(2) 专用润滑脂

NSK 已研发出高温、高速工况专用的长效润滑脂 ENS、ENR 付诸实用。ENS、ENR 润滑脂的主要特点如下：

- 高温耐久性优异，在 160 °C 的高温工况，润滑脂依然长期有效；
- 剪切稳定性好，有效减少漏脂；
- 配以适宜的防锈剂，可使润滑脂更加长效，而且防锈性强。尤其 ENR 润滑脂具有超强防锈能力，即使渗入一些水分或浓度较高的盐水，也不易发生锈蚀。

(3) 轴承密封圈

电磁离合器专用轴承的密封圈具备下列性能：

- 润滑脂泄漏很少；
- 防尘性、防水性好；
- 力矩小。

NSK 备有全面达到上述性能要求的密封圈（见表 3）。

表 3 NSK 轴承密封圈的类型与性能

密封圈性能	密封圈类型		
	DU	DUK	DUM
漏 脂	△	○	◎
密封性（防尘、防水）	△	○	◎
力 矩	○	○	○
密封槽与密封唇的接触状态	1 点接触 （有气孔）	2 点接触 （无气孔）	1 点接触 （无气孔）

备注 ◎ 优 ○ 良 △ 较差

13.7 汽车变速箱专用密封清洁轴承

汽车变速箱专用密封清洁轴承，是一种带有特殊密封圈的轴承，它能防止齿轮箱中的异物混入，大幅提高轴承的疲劳寿命。

这类轴承在实际变速箱耐久试验中，已经证实耐久寿命达到标准球轴承的 6 ~ 10 倍。

凭借特殊密封圈防止齿轮箱的齿轮油中飘浮的有害微小异物的侵入，大大减少了异物侵入引起的滚道压痕。为此，就将轴承疲劳特性曲线由表面疲劳特性曲线替换成了以轴承原有疲劳寿命为基准的内部疲劳特性曲线，延长轴承寿命。而且，针对近来齿轮油粘降低度的趋势，也受影响不大，比开放型轴承优越。

此类变速箱专用轴承通称 TM 球轴承，他们具有下列四大特点：

1. 采用可以满足汽车变速箱专用轴承要求的设计标准；
2. 为了辅助初期润滑，填充了与齿轮油有亲和性的润滑脂；
3. 采用了防止异物侵入却能让润滑油流进的密封唇结构（图 1）；
4. 摩擦力矩低于常规接触型密封圈轴承。

另外，此类 TM 球轴承已实现系列化（见表 1），与现在使用的 62 及 63 系列开放型轴承的公称尺寸相同，可以替换。

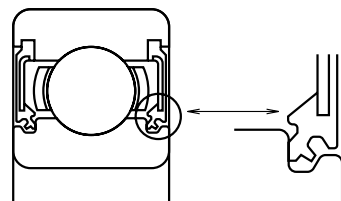


图 1 剖面及放大图

表 1 TM 球轴承各种参数

公称代号	主要尺寸 (mm)			基本额定载荷			
	d	D	B	(N)		{kgf}	
				C_r	C_{or}	C_r	C_{or}
TM203	17	40	12	9 550	4 800	975	490
TM303	17	47	14	13 600	6 650	1 390	675
TM204	20	47	14	12 800	6 600	1 300	670
TM304	20	52	15	15 900	7 900	1 620	805
TM2/22	22	50	14	12 900	6 800	1 320	695
TM3/22	22	56	16	18 400	9 250	1 870	940
TM205	25	52	15	14 000	7 850	1 430	800
TM305	25	62	17	20 600	11 200	2 100	1 150
TM2/28	28	58	16	16 600	9 500	1 700	970
TM3/28	28	68	18	26 700	14 000	2 730	1 430
TM206	30	62	16	19 500	11 300	1 980	1 150
TM306	30	72	19	26 700	15 000	2 720	1 530
TM2/32	32	65	17	20 700	11 600	2 120	1 190
TM3/32	32	75	20	29 400	17 000	3 000	1 730
TM207	35	72	17	25 700	15 300	2 620	1 560
TM307	35	80	21	33 500	19 200	3 400	1 960
TM208	40	80	18	29 100	17 800	2 970	1 820
TM308	40	90	23	40 500	24 000	4 150	2 450
TM209	45	85	19	31 500	20 400	3 200	2 080
TM309	45	100	25	53 000	32 000	5 400	3 250
TM210	50	90	20	35 000	23 200	3 600	2 370
TM310	50	110	27	62 000	38 500	6 300	3 900
TM211	55	100	21	43 500	29 300	4 450	2 980
TM311	55	120	29	71 500	44 500	7 300	4 550
TM212	60	110	22	52 500	36 000	5 350	3 700
TM312	60	130	31	82 000	52 000	8 350	5 300
TM213	65	120	23	57 500	40 000	5 850	4 100
TM313	65	140	33	92 500	60 000	9 450	6 100
TM214	70	125	24	62 000	44 000	6 350	4 500
TM314	70	150	35	104 000	68 000	10 600	6 950

13.8 双列圆柱滚子轴承

NN30 T 系列

(装有聚酰胺树脂保持架)

机床中要求刚度极高的主轴系统，大多采用双列圆柱滚子轴承（NN30 系列）。

近年来，在要求缩短加工时间以提高效率，降低切削阻力以提高加工精度，延长工具寿命，以及铝、铜、石墨类高速轻切削加工呼声日益高涨的情况下，更加加速了机床主轴向高速化发展。为适应这一时代要求，NSK 开发了双列圆柱滚子轴承。它装有聚酰胺保持架，在高速、低摩擦、低噪声等方面比以往产品具有更多的优异特性。现介绍如下。

(1) 高转速特性

聚酰胺保持架，重量轻（约为铜合金的 1/6），且自润滑性能好，摩擦系数小。故而高速旋转时发热少，高速特性优异。

(2) 低噪声

由于摩擦系数小，又有优异的减振性和阻尼性，故而，比传统保持架的噪声更小。

(3) 润滑脂寿命延长

由于聚酰胺保持架避免了与滚子发生金属性接触，并具有优异的抗磨损特性，故而，高速旋转时由保持架磨损引起的润滑脂变色、变质很少，可使润滑脂寿命更长。

另外，主要用于主轴后端的单列圆柱滚子轴承（N10 系列），也改装聚酰胺保持架，以 N10B T 系列供应市场。

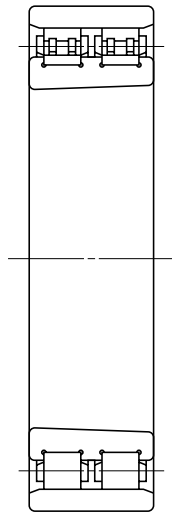


图 1

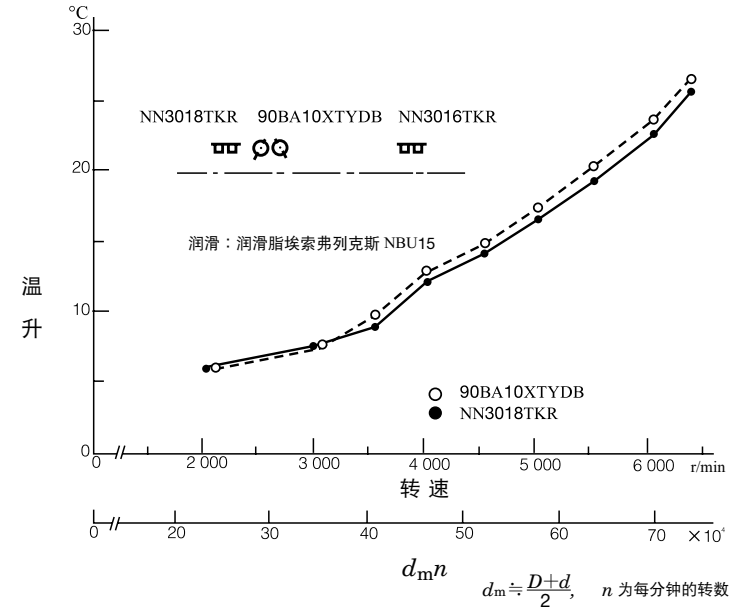


图 2 转速与温升

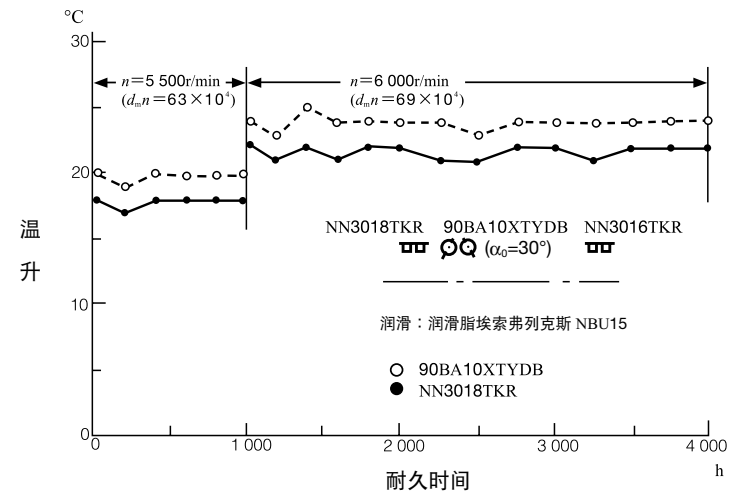


图 3 耐久试验中的温度变化

13.9 单列圆柱滚子轴承

N10B T 系列

(装有聚酰胺树脂保持架)

在数控车床及加工中心等机床主轴中，驱动皮带的张力与传动齿轮的反力作用于支承主轴后端的轴承上。因而，使用承载能力较强的双列圆柱滚子轴承。

近年以来，随着主轴高速化，用联轴节直接连接电机的方式以及电机直接装在主轴内部的内置电机方式日益增多。此种情况下，后端支承轴承的载荷变小，故而采用发热更小的单列圆柱滚子轴承就多了起来。

NSK 在此类单列圆柱滚子轴承 (N10 系列) 中，采用了聚酰胺保持架，以 N10B T 系列供应市场。

其主要特点如下：

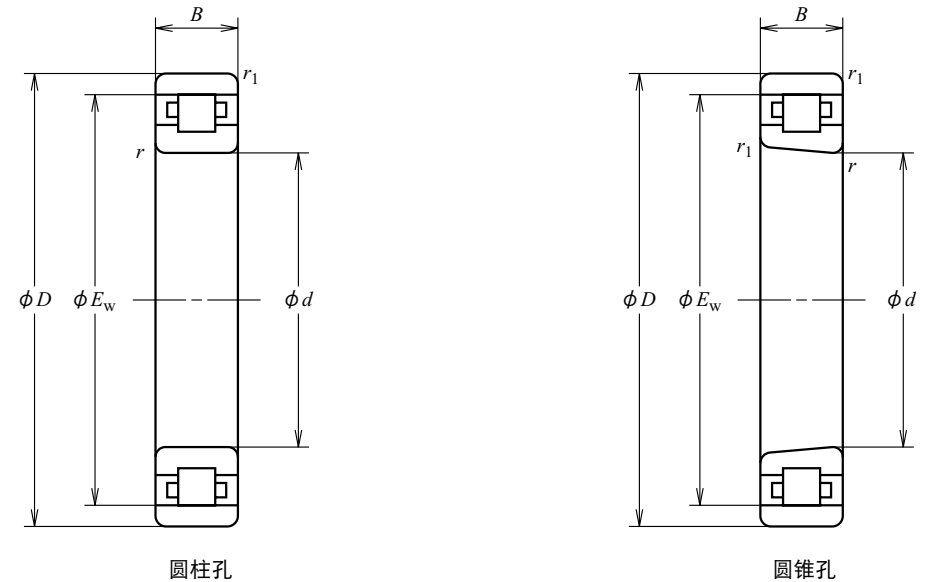
(1) 圆柱孔轴承、圆锥孔轴承都已系列化。

圆锥孔轴承通过调节内圈的轴向压入量，便于设定合适的径向游隙。

(2) 由于采用聚酰胺保持架，故而脂润滑油润滑均可。

由于与 NN30B T 同样采用聚酰胺保持架，故而，可比原有铜合金车制保持架的润滑脂寿命更长。加之，保持架引导方式由内圈引导改为滚子引导，故而采用油气润滑时，润滑油易于在保持架内径面与内圈外径面之间供油。

另外，与原有 N10 系列（轴承综合样本，机床专用精密滚动轴承样本刊载）的设计有所不同。



圆柱孔

圆锥孔

公称代号	
圆柱孔	圆锥孔
N1007B T	N1007B TKR
N1008B T	N1008B TKR
N1009B T	N1009B TKR
N1010B T	N1010B TKR
N1011B T	N1011B TKR
N1012B T	N1012B TKR
N1013B T	N1013B TKR
N1014B T	N1014B TKR
N1015B T	N1015B TKR
N1016B T	N1016B TKR
N1017B T	N1017B TKR
N1018B T	N1018B TKR
N1019B T	N1019B TKR
N1020B T	N1020B TKR
N1021B T	N1021B TKR
N1022B T	N1022B TKR
N1024B T	N1024B TKR
N1026B T	N1026B TKR

主要尺寸 (mm)							基本额定载荷			
d	D	B	r (最小)	r_1 (最小)	E_w	C_r (N)	C_{or}	C_r {kgf}	C_{or}	
35	62	14	1	0.6	55	22 900	25 000	2 340	2 550	
40	68	15	1	0.6	61	25 200	27 700	2 570	2 830	
45	75	16	1	0.6	67.5	30 000	34 500	3 100	3 500	
50	80	16	1	0.6	72.5	31 000	36 500	3 150	3 700	
55	90	18	1.1	1	81	40 500	48 500	4 100	4 900	
60	95	18	1.1	1	86.1	42 500	53 000	4 350	5 400	
65	100	18	1.1	1	91	45 000	58 000	4 600	5 900	
70	110	20	1.1	1	100	55 000	71 500	5 650	7 300	
75	115	20	1.1	1	105	56 500	74 500	5 750	7 600	
80	125	22	1.1	1	113	69 500	93 000	7 100	9 500	
85	130	22	1.1	1	118	71 000	97 000	7 250	9 900	
90	140	24	1.5	1.1	127	83 500	114 000	8 500	11 600	
95	145	24	1.5	1.1	132	85 000	119 000	8 700	12 100	
100	150	24	1.5	1.1	137	87 000	124 000	8 850	12 800	
105	160	26	2	1.1	146	112 000	155 000	11 400	15 800	
110	170	28	2	1.1	155	130 000	180 000	13 200	18 400	
120	180	28	2	1.1	165	136 000	196 000	13 800	20 000	
130	200	33	2	1.1	182	166 000	238 000	16 900	24 300	

13.10 轧辊专用密封清洁轴承

在轧辊轴承周围，有大量飞溅的冷却水(或轧机油)及氧化皮。另外，由于轧辊和轴承座要经常进行装拆，容易使安装在轴承座中的密封圈受损，因此，轧辊轴承中易侵入冷却水和氧化皮。

通过对使用后的轴承进行调查，发现轴承润滑脂中含有大量水分。此外，由于氧化皮的侵入，轴承使用后不久，滚道面上即产生许多压痕。以这些压痕为起点，导致滚道面产生剥落的事例十分常见。

通过上述调查和分析，NSK 开发了轧辊专用密封清洁轴承，在国内外已被广泛使用。

轧辊用密封清洁轴承的特点如下：

- (1) 可减少润滑脂补给频率。以前每套轴承每天要加脂一次，现在完全不需加脂，因而可以大幅度削减维护成本。
- (2) 轴承本身自带密封圈，避免了装拆时的受损，从而有效防止水或氧化皮侵入轴承，显著提高了轴承的疲劳寿命，减少了咬粘等故障的发生频率。
- (3) 可减少润滑脂用量。以 5 机架冷轧机工作辊为例，若每个机架有 3 组轴承座循环使用，则需使用的 60 套轴承（4 套×5 机架×3 组）每年可节省润滑脂 10～15 吨。

(4) 可延长轴承分解清洗的周期。以前为 3 个月，现在延长至 6 个月以上，减少了作业时间。不过，要按轧机的要求，科学设定周期。

(5) 润滑脂的补给频率与润滑脂用量减少，减轻了轧机周围和整个车间的污染，操作环境得到改善。

图 1 是轧辊专用密封清洁轴承装配例，典型的密封清洁轴承尺寸见表 1。详情请参阅 NSK 产品样本《大型滚动轴承》(CAT. No.125)。

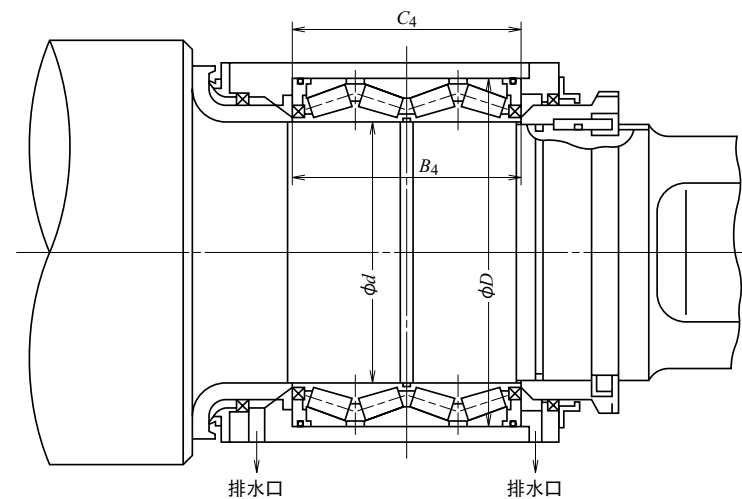


图 1 轧辊专用密封清洁轴承装配例

表 1 轧辊专用密封清洁轴承主要尺寸

公称代号	主要尺寸 (mm)			
	d	D	B_4	C_4
STF 343 KVS 4551 Eg	343.052	457.098	254.000	254.000
STF 457 KVS 5951 Eg	457.200	596.900	276.225	279.400
STF 482 KVS 6151 Eg	482.600	615.950	330.200	330.200

13.11 链式输送带专用轴承

在钢铁厂里,各工序间运送半成品或成品(卷材)设备中大量使用链式输送带,其所用轴承就是链式输送带专用轴承。连接链板的枢轴上固定着内圈,充当滚轮的外圈在轨道上滚进,运送物品。

链式输送带按用途不同,分为很多类型,图1、2是钢铁厂最有代表性的类型。

链式输送带专用轴承外圈以极低速度旋转,并承受较大载荷、冲击载荷。而且,又是在高温、多水、多氧化皮的恶劣工况下使用。因此,滚轮(外圈)要抗磨损,为了提高抗破坏强度,从而加大壁厚设计,并通过渗碳与特殊热处理增强抗冲击能力。为了承受重载,采用满装圆柱滚子轴承,偶尔也有采用双列圆锥滚子轴承的情况。

按密封圈的结构,分为S型(端面密封型,见图3)及迷宫型(见图4、5),充分考虑了润滑脂密封性、防尘性及防水性。尤其采用S型接触密封圈,进一步提高了密封性能。

通常,外圈外径为圆柱面,既有内圈宽度大于外圈的(见图3、4),也有内、外圈宽度相同的(图5)。

链式输送带专用轴承的特点如下:

- (1) 滚轮(外圈)壁厚加大,且经过渗碳或特殊热处理,抗冲击载荷及抗磨损性能优异。
- (2) 经过特殊回火处理,适于在高温下工作。
- (3) 为免维修而预先填充适量润滑脂,耐久性佳,经济合理。

(4) 密封圈结构,有效提高了润滑脂密封性、防尘、防水性,并可防止冲击力造成密封圈脱落。尤其是S型接触式密封圈,密封性更好,可延长轴承寿命,大幅度减少润滑脂补给频率,保持周围清洁。

轴承参数见表1。如需表1中未列出的轴承,请与NSK联系。

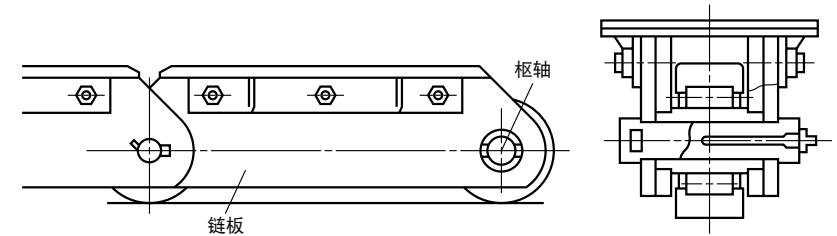


图1

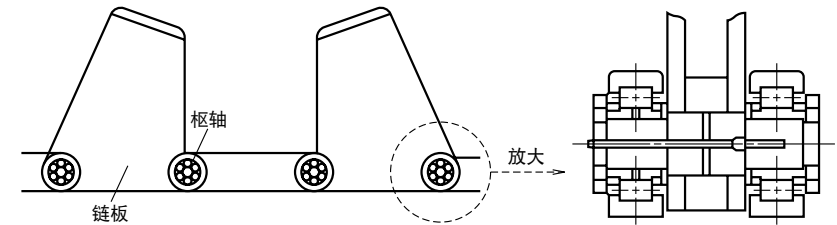


图2

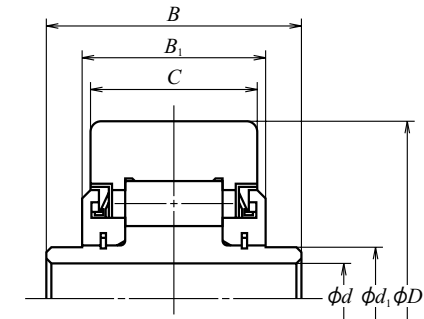
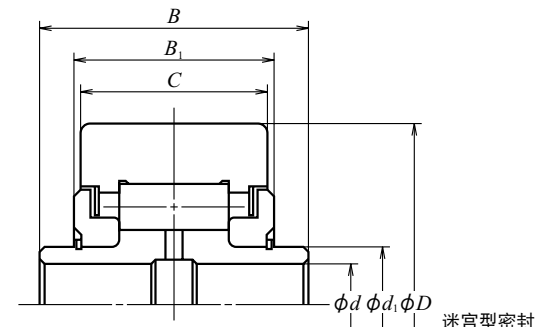
S型
图3

图4

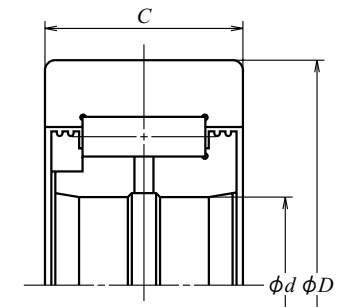


图5

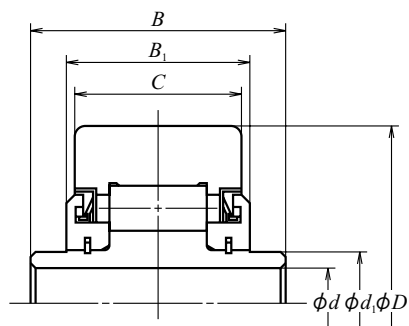


图 3

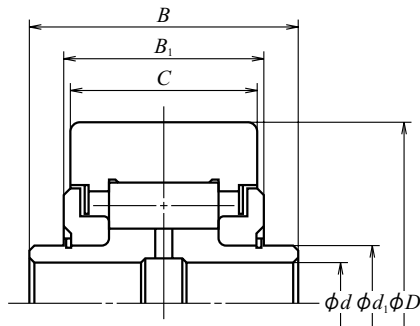


图 4

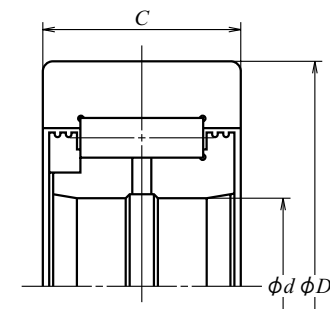


图 5

表 1 代表性链式传送带专用轴承

公称代号		图例	尺寸 (mm)					
S 型	迷宫型		d	d_1	D	C	B	B_1
—	28RCV05	4	28.2	44.03	125	50	91.4	65
28RCV13	28RCV06	3,4	28.2	39.95	125	55	85.4	60
30RCV16	30RCV07	3,4	30.2	45	135	71	110	78
30RCV17	30RCV09	3,4	30.3	50.03	135	65	103	78
30RCV21	30RCV05	3,4	30.2	45	135	55	94	62
30RCV23	—	3	30.3	50.03	135	65	111	78
30RCV25	—	3	30.3	50.03	135	65	105	70
38RCV07	—	3	38.25	55.75	150	70	114.2	83.2
38RCV13	38RCV05	3,4	38.7	56	150	70	114.2	76
38RCV19	—	3	38.7	56	150	70	116	78
—	38RCV06	4	38.25	55.75	150	70	114.2	75
41RCV07	41RCV05	3,4	41.75	64.16	175	80	125	85
—	41RCV06	4	41.75	64.16	175	85	134.8	90.5
45RCV09	45RCV06	3,4	45.3	70.03	180	90	140.6	95
—	48RCV02	5	48.2	—	140	50	—	—
—	70RCV02	5	70	—	180	80	—	—

基本额定载荷		S 型		迷宫型			
(N)		{kgf}		(N)		{kgf}	
C_r	C_{or}	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}
—	—	—	—	198 000	233 000	20 200	23 800
160 000	177 000	16 400	18 100	175 000	198 000	17 800	20 200
275 000	330 000	28 000	34 000	285 000	350 000	29 100	35 500
253 000	298 000	25 800	30 500	253 000	298 000	25 800	30 500
196 000	215 000	20 000	22 000	196 000	215 000	20 000	22 000
253 000	298 000	25 800	30 500	—	—	—	—
242 000	282 000	24 700	28 700	—	—	—	—
294 000	350 000	30 000	35 500	—	—	—	—
294 000	350 000	30 000	35 500	305 000	365 000	31 000	37 500
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	305 000	365 000	31 000	37 500
380 000	485 000	39 000	49 500	380 000	485 000	39 000	49 500
—	—	—	—	415 000	540 000	42 000	55 000
435 000	590 000	44 500	60 000	485 000	690 000	49 500	70 500
—	—	—	—	229 000	278 000	23 400	28 400
—	—	—	—	380 000	675 000	39 000	69 000