

### 11.3.2 接触式密封装置

它是合成橡胶、合成树脂、毛毡等的接触尖端,与轴摩擦接触起到密封作用的结构。其中带有合成橡胶密封唇的油封最为普遍。

#### (1) 油封

在易侵入灰尘、水分等异物的场合,或要防止轴承座内润滑剂泄漏时,大量使用油封(图11.8图11.9)。油封中的结构和尺寸大多均已标准化(参见JISB2402)。其中,为了保持合适的压力,多嵌入弹簧。所以,可以一定程度地随轴的偏心及挠曲而运动。密封唇的材料,使用腈(丁腈橡胶)、丙烯、硅、氟的合成橡胶,四氟化乙烯树脂。允许温度的上限,按上述材料顺序增高。

一旦密封唇与轴之间没有油膜,则易引起发热、磨损。所以,在安装时,须在密封圈上涂一些油。并且,在运转中,轴承座内的润滑剂,从滑动面微微渗出是最为理想。油封

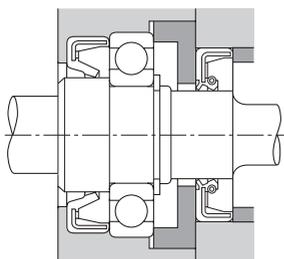


图11.8 油封使用举例(1)

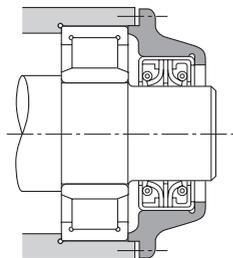


图11.9 油封使用举例(2)

的允许线速度,因密封结构、滑动面精加工程度、密封液体种类、温度条件、轴的偏心程度各异。使用温度范围,由密封唇的材料决定。条件良好情况下的允许线速度和使用温度,以表11.6所示数值为大致标准。

在线速度大、内压高的情况下,要求轴的滑动部精密加工。轴的偏心也要小于0.2~0.5mm为好。另外,为了提高耐磨损性,轴的滑动部需要采用热处理或硬质镀铬,使硬度达到HRC40。如果可能应超过HRC55。

轴的线速度要求的滑动部表面粗糙度的大致标准,如表11.7所示。

#### (2) 毛毡密封圈

毛毡密封圈很早以前就用于传动轴等。但是,很难避免漏油、浸透。所以,只用于脂润滑时的防尘。并且,也不适用于轴的线速度大于4m/sec的场合,此时,应选择合适的合成橡胶密封圈。

表11.6 油封的允许线速度和使用范围

密封圈材料		允许线速度 (m/s)	使用温度范围℃ <sup>(1)</sup>
合成橡胶	Nitrile Rubber	16 以下	-25~+100
	Acrylic Rubber	25 以下	-15~+130
	硅系	32 以下	-70~+200
	氟系	32 以下	-30~+200
四氟化乙烯树脂		15 以下	-50~+220

注<sup>(1)</sup> 短时间运转时,可以取高于使用温度上限20℃左右。

表11.7 轴的线速度和滑动部位的粗糙度

线速度 (m/s)	表面粗糙度Ra
5 以下	0.8
5~10	0.4
超过10的	0.2

## 12 润滑

### 12.1 润滑的目的

滚动轴承润滑的目的是减少轴承内部的摩擦及磨损,防止咬粘、其润滑作用如下。

- (1) 减少摩擦及磨损。  
防止轴承套圈、滚动体及保持架相互接触部分产生直接金属接触,减少摩擦、磨损。
- (2) 延长疲劳寿命。  
轴承的滚动疲劳寿命,在运转中,若滚动接触面润滑良好,则会延长。相反地,润滑油粘度低,润滑油膜厚度不足的,则缩短。
- (3) 摩擦热的排出与冷却。  
对于循环供油法等,摩擦产生的热量可以用油排出,或外部传来的热量,冷却。防止轴承过热,防止润滑油本身的劣化。
- (4) 其他。  
防止异物侵入轴承内部,防止生锈或腐蚀。

### 12.2 润滑的方法

轴承的润滑方法,分为脂润滑和油润滑。为了充分发挥轴承性能,首先要根据工况、使用目的等选择合适润滑方法。若只考虑润滑,油润滑占优势。但是,脂润滑可以简化轴承外围结构。脂润滑和油润滑的利弊比较,如表12.1所示。

表12.1 脂润滑与油润滑的利弊比较

项目	脂润滑	油润滑
轴承座结构密封装置	可以简化	较复杂、需注意保养
转速	极限转速是油润滑的60%~80%	可用于高速旋转
冷却作用冷却效果	无	可以有效排热(循环供油法的情况等)
润滑剂的流动性	不好	非常良好
润滑剂的更换	较麻烦	比较简单
灰尘的过滤	困难	较容易
润滑剂的泄漏污染	由泄漏造成的污染少	不适合要求无油污染的情况

#### 12.2.1 脂润滑

##### (1) 轴承座内润滑脂的填充量

轴承座内润滑脂的填充量,根据轴承转速,轴承座构造、空间容积、润滑脂牌号、使用环境的气体而异。不允许温度上升的机床主轴用轴承等,要少填充润滑脂,一般大致标准如下。

首先,将润滑脂填满轴承内部,此时,保持架引导面也要塞进润滑脂。然后,对轴承座内部轴及轴承之外的空间容积按以下量填充润滑脂。

$\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$  (极限转速低于50%旋转的情况)  
润滑脂

$\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$  (极限转速高于50%旋转的情况)

(2) 润滑脂的补充

一般，填充一次润滑脂，可以长时间不必补充。但是，有的使用条件，需要时常补充或更换润滑脂。因此轴承座的设计也要考虑到这一点。

补充间隔短的情况下，要在轴承座的适当位置上，设计加脂口和排出口。以便更换劣化的润滑脂。比如：用扇形润滑脂补充板将补充润滑脂侧的轴承座空间分成几处，只一处填满之后就可流进轴承内部。从轴承内部挤

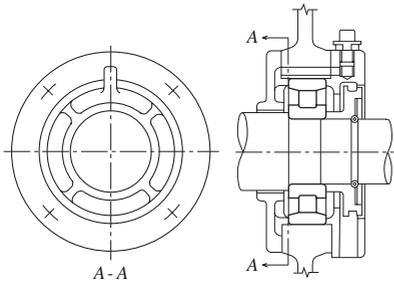


图12.1 扇形润滑脂填充板与润滑脂的并用例

出的润滑脂，由润滑脂阀排出轴承座外(图12.1)。不使用润滑脂阀的情况下，将排出侧的轴承座空间加大，陈旧的润滑脂积存在这里，定期拆下外罩取出。

(3) 润滑脂的补充间隔

即使优质润滑脂，经过一段时间使用，其性能也会劣化导致润滑性能降低。所以要适时补充润滑脂。润滑脂的补充间隔用运转时间表示，图12.2的(1)，(2)是大致的标准。图12.2是使用优质锂皂矿物类润滑脂，温度70℃，标准载荷( $P/C=0.1$ )时的曲线。

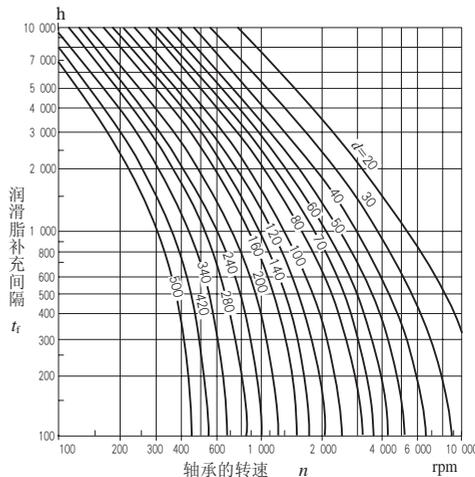
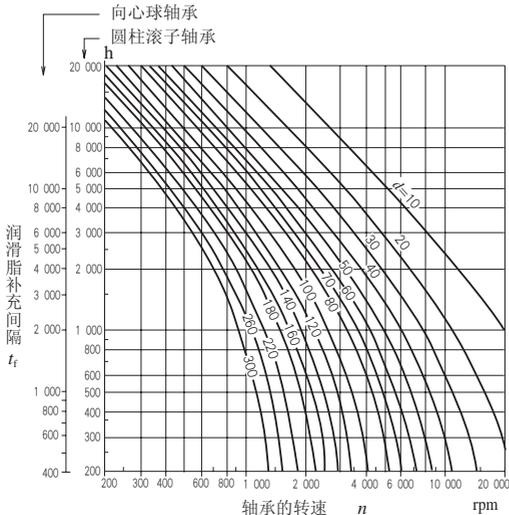
● 温度

高于70℃时，轴承每升温15℃，润滑脂补充间隔就要减半。

● 润滑脂

特别是球轴承使用优质润滑脂，其补充间隔还可以延长。而低于70℃时，应采用矿物油类锂皂脂或合成油类锂皂润滑脂。

详情请与NSK接洽。



(1) 向心球轴承·圆柱滚子轴承

(2) 圆锥滚子轴承·调心滚子轴承

(3) 载荷系数

P/C	≤ 0.06	0.1	0.13	0.16
系数	1.5	1	0.65	0.45

图12.2 润滑脂补充间隔

(4) 密封球轴承的润滑脂寿命

单列深沟球轴承中填充润滑脂，密封圈或防尘盖密封的润滑脂寿命，可以用公式(12.1)、公式(12.2)或图12.3推算出来。

{通用润滑脂<sup>(1)</sup>}

$$\log t = 6.54 - 2.6 \frac{n}{N_{max}} - \left( 0.025 - 0.012 \frac{n}{N_{max}} \right) T \quad (12.1)$$

{优质润滑脂<sup>(2)</sup>}

$$\log t = 6.12 - 1.4 \frac{n}{N_{max}} - \left( 0.018 - 0.006 \frac{n}{N_{max}} \right) T \quad (12.2)$$

式中  $t$  : 平均润滑脂寿命(h)

$n$  : 轴承的旋转速度(rpm)

$N_{max}$  : 脂润滑的极限转速(rpm)(轴承尺寸表中的ZZ型、VV型的数值。)

$T$  : 轴承的运转温度(℃)

再者，公式(12.1)及公式(12.2)，或图12.3的适用范围，大致如下。

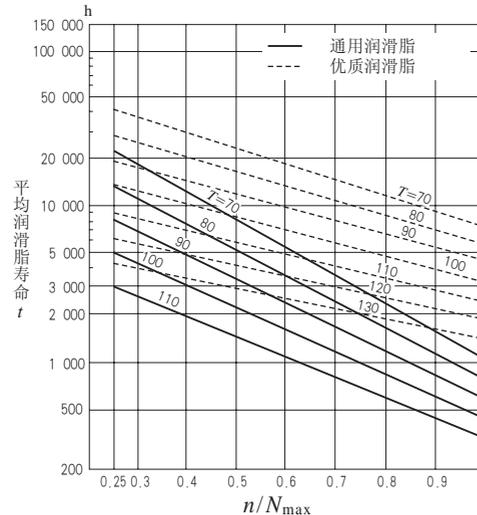


图12.3 密封球轴承润滑脂寿命

(a) 轴承的转速n

$$0.25 \leq \frac{n}{N_{max}} \leq 1$$

$$\frac{n}{N_{max}} < 0.25 \text{ 时 设 } \frac{n}{N_{max}} = 0.25$$

(b) 轴承的运转温度T

通用润滑脂<sup>(1)</sup>  $70^\circ\text{C} \leq T \leq 110^\circ\text{C}$

优质润滑脂<sup>(2)</sup>  $70^\circ\text{C} \leq T \leq 130^\circ\text{C}$

$T < 70^\circ\text{C}$  时：设  $T = 70^\circ\text{C}$

(C) 轴承载荷

轴承载荷约为基本额定动载荷  $C_r$  的  $\frac{1}{10}$  或以下。

注 (1) 通常在 -10~110℃ 左右常用的矿物油类润滑脂。(比如：锂基润滑脂)

(2) 可以在 -40℃~130℃ 左右宽温度范围使用的合成油类润滑脂。

12.2.2 油润滑

(1) 油浴法。

油浴法是多用于低速、中速旋转的一般润滑方法。原则上油面高度处于最下位的滚动体中心。最好安装油位表，以便于确认油面高度(图12.4)。

(2) 滴注供油法。

滴注供油法，多用于转速较高的小型球轴承等。如图12.5所示，油贮藏在可视注油器中，滴下的油量，由上部的螺丝来调节。

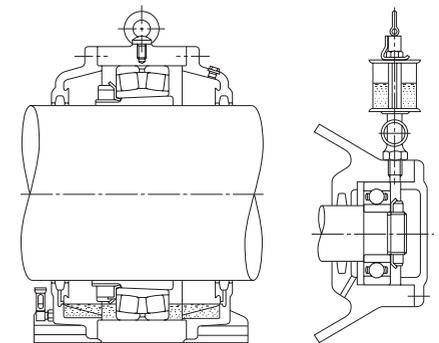


图12.4 油浴法例

图12.5 滴注供油法例

(3) 飞溅式供油法

飞溅式供油，是不直接将轴承浸入油中，而利用周围的齿轮或旋转体转动时产生的泡沫来润滑的方法。广泛用于汽车的变速箱、差速器中。图12.6是齿轮装置举例。

(4) 循环供油法

对于高速下需要用油对轴承冷却，或周围温度很高时，多采用循环供油。如图12.7的(a)所示的工况下堆堆右侧供油管的油达到一定水平，就经左侧的排出管返回油箱，冷却后，再次通过泵或过滤器供油。为了使油不致于在轴承座内存积过多，排油管要比供油管粗。

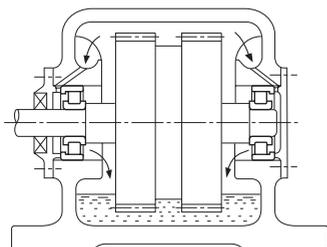


图12.6 飞溅式供油

(5) 喷射供油法

喷射供油法，多用于高速轴承。比如， $d_m n$  值超过100万的喷气式发动机轴承的润滑。从1个或几个喷嘴，加压喷射润滑油，使之贯通轴承内部。图12.8是常用的喷射供油举例。对着内圈和保持架的引导面喷油。高速的情况下，轴承周围的空气也与轴承一起旋转，形成气墙。所以，润滑油从喷嘴喷出的速度，要超过内圈内径面(也是保持架的引导面)线速度的20%。对于同一油量，喷嘴数量多的冷却效果好。喷射供油法的用油量，应尽量减少油的搅拌阻力。加大排油口，强制排油，以便有效地散热。

(6) 喷雾供油法

喷雾供油法，是用空气使润滑油雾化，再喷射到轴承上的润滑方法。也叫油雾润滑。其优点如下：

- (a) 润滑油量少，搅拌阻力小，适用于高速旋转。
- (b) 轴承部位很少漏油，所以，设备、产品的污染小。
- (c) 可以不断更新润滑油、延长轴承寿命。

因此，喷雾供油法多用于机床高速电主轴，高速泵，轧辊轴承的润滑。另外，有关大型轴承的喷雾供油法，请与NSK联系。

(7) 油气供油法

油气供油，是用定量活塞间歇地吐出微量的润滑油，由混合阀将润滑油徐徐引进压缩空气中，借助空气连续流动供油的润滑方法。

油气供油法的优点：

- (a) 供油量少且可以进行定量管理，所以能够控制最合适的油量，发热，适用于高速。
- (b) 连续地微量供油，轴承温度稳定，而且，油是沿着油管壁流动，对周围空气污染小。
- (d) 经常送进新的润滑油，不用担心油的劣化。
- (c) 经常给电主轴内部送入压缩空气，电主轴内压高，不易从外部侵入灰尘及切削液。因此，多用于机床主轴及其它高速旋转的用途。(图12.10)。

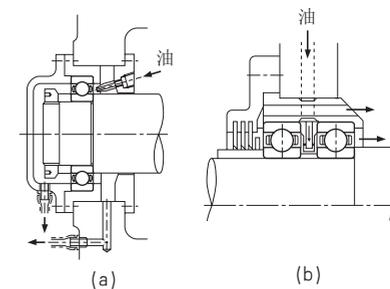


图12.8 喷射供油法举例

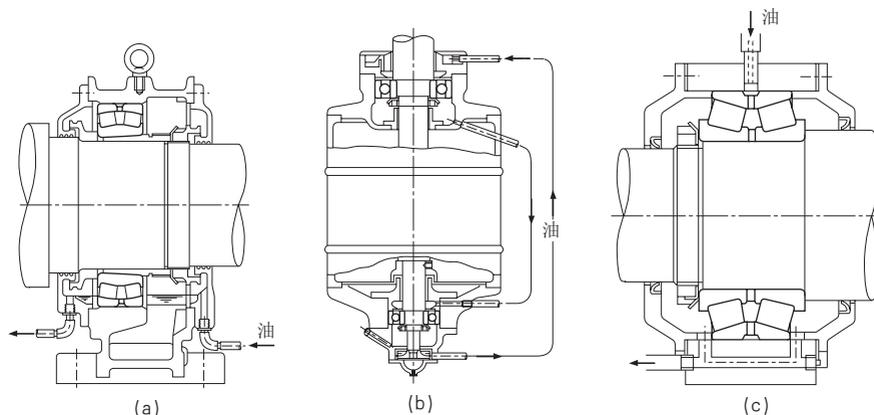


图12.7 循环供油法举例

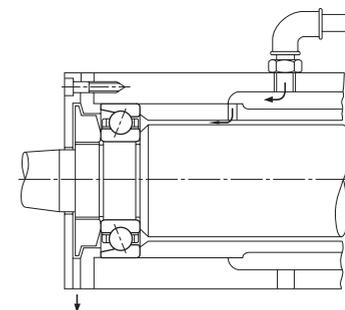


图12.9 喷雾供油法举例

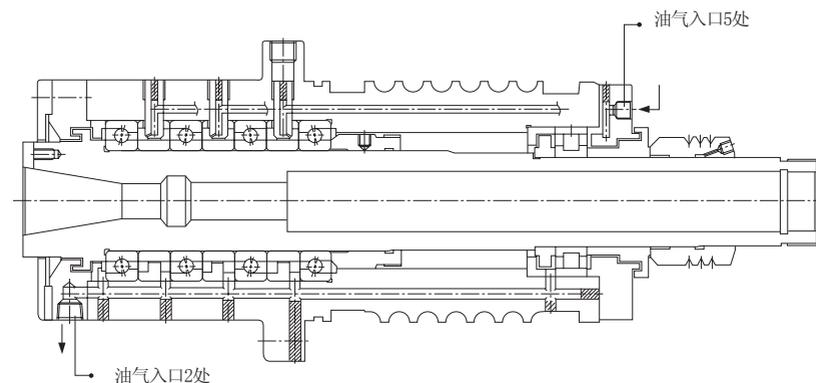


图12.10 油气供油法举例

## 12.3 润滑剂

### 12.3.1 润滑脂

润滑脂是由基础油、增稠剂及添加剂制成的半固体态润滑剂。润滑脂的种类和一般特性如12.2所示。

同一种类的润滑脂，也会因牌号不同性能相差很大，要在选择时注意。

#### (1) 基础油

润滑脂的基础油，使用矿物油或硅酮油、二酯油等的合成油。

润滑脂的润滑性能，主要取决于基础油的润滑性能，所以在选择润滑油时，同样也须重视基础油粘度。一般低粘度基础油的润滑脂适于低温、高速，高粘度基础油的润滑脂适用于高温、重载。但是，润滑脂的增稠剂会影响润滑性能，因此，不能完全等同于润滑油。

#### (2) 增稠剂

润滑脂的增稠剂，除使用各种金属皂基、皂土等无机增稠剂外。还使用尿素、氟化物等耐热有机增稠剂。增稠剂的种类和润滑脂的滴点关系密切。一般，滴点(1)高的润滑脂使用温度上限也高。可是，即使是使用了高滴点增稠剂，在基础油耐热性低的情况下，其温度上限也会降低。

润滑脂的耐水性，取决于增稠剂的耐水性。钠皂基润滑脂与含钠皂的混合基润滑脂，因在有水或高温的环境下会乳化，所以不适于上述环境。

#### (3) 添加剂

润滑脂要根据其需要添加抗氧化剂、防锈剂、极压剂等。在承受重载荷、冲击载荷时，使用加入极压添加剂的润滑脂。长期不补充润滑脂的情况，选择含有抗氧化剂的润滑脂。

#### (4) 稠度

稠度是表示润滑脂“软度”的数值，是使用中流动性的大致标准。表12.3所示为润滑脂的稠度代号及稠度与工况的一般关系。

名称 (通称)	锂基润滑脂		
	锂皂基		
增稠剂			
基础油			
性能	矿物油	二酯油 多价酯油	硅酮油
滴点℃	170~195	170~195	200~210
使用温度范围℃	-20~+110	-50~+130	-50~+160
允许旋转数%	70	100	60
机械的稳定性	良	良	良
耐压性	中	中	弱
耐水性	良	良	良
防锈性	良	良	劣
备注	各种滚动轴承使用最多	低温、摩擦特性优良，适用于仪器用小型轴承、小型电机用轴承。但应注意绝缘漆会造成锈蚀。	主要用于高温，不适于高速、重载条件及滑动部分多的轴承(滚子轴承)。

#### (5) 不同润滑脂的混合

原则上，牌号不同的润滑脂不能混合，混用含有不同种类增稠剂的润滑脂会破坏润滑脂结构。

而且，即使使用同种增稠剂的润滑脂，也会因添加剂不同，相互造成不良影响。

注 (1) 滴点，指用规定容器加热润滑脂至流动状态滴下的温度。

表12.2 各种润滑脂的一般性能

钠基润滑脂 (纤维状润滑脂)	钙基润滑脂 (黄油、杯滑脂)	混合基润滑脂	复合基润滑脂 (多元合成润滑脂)	无皂基润滑脂 (无皂润滑脂)	
钠皂基	钙皂基	Na+Ca皂基 Li+Ca皂基	Ca复合皂基 AL复合皂基 Li复合皂等基	尿素、皂土、碳黑、氟化物、耐热性有机化合物等	
矿物油	矿物油	矿物油	矿物油	矿物油	合成油(二酯油多价酯油、合成烃油、硅酮油、氟基油)
170~210	70~90	160~190	180~300	230~	230~
-20~+130	-20~+60	-20~+80	-20~+130	-10~+130	~+220
70	40	70	70	70	40~100
良	劣	良	良	良	良
中	弱	强~中	强~中	中	中
劣	良	含Na的不好	良	良	良
良~劣	良	良~中	良~中	良~劣	良~劣
分长纤维状和短纤维状。长纤维的润滑脂不能用于高速条件。对于水、高温条件要注意。	以高粘度矿物油为基础油，使用锂皂等的极压剂的润滑脂，耐压性强。	用于大型球轴承，滚子轴承。	耐压性，机械稳定性大。	以矿物油为基础油的润滑脂，用于中、高温工况。以合成油为基础油的润滑脂，用于低温或变温工况；以硅酮油与氟基油为基础油的润滑脂，有的防锈性与音响性能较差。	

注 (1) 轴承尺寸表中所列的脂润滑极限转速的使用极限，用%表示。

备注 不同牌号的性能，相差很大。

表12.3 润滑脂的稠度和使用条件 用途

稠度代号	0号	1号	2号	3号	4号
稠度 <sup>(1)</sup> $\frac{1}{10}$ mm	355~385	310~340	265~295	220~250	175~205
使用条件·用途	集中供脂用 易发生微动 磨损时	集中供脂用 易发生微动 磨损时，低 温用	一般用 密封球轴承用	一般用 密封球轴承用 高温用	高温用 脂润滑密封时

注 (1) 稠度：表示规定重量的圆锥体侵入润滑脂的深度(1/10mm单位)，数值越大越软。

### 12.3.2 润滑油

轴承的润滑油，使用承载能力高，氧化稳定性及防锈性能好的高度精炼矿物油或合成油。

在选定润滑油时，最重要的是根据运转温度，选定粘度合适的油。粘度过低，不能充分形成油膜，是造成非正常磨损、咬粘的原因。相反地，粘度过高，粘性阻力会引起发热，加大动力损耗。轴承的转速、载荷也影响油膜的形成。

通常，转速高，使用低粘度的油。载荷越大、轴承越大，使用的润滑油粘度越高。

普通工况下，运转中轴承周围的油温与润滑油粘度的大致标准，如表12.4所示。

作为参考，图12.11示出了润滑油温度和粘度的关系，根据轴承工况选择润滑油的举例，如表12.5所示。

表12.4 轴承结构与润滑油所需的粘度

轴承结构	运转时的动粘度
球轴承、圆柱滚子轴承	13 mm <sup>2</sup> /s 以上
圆锥滚子轴承、调心滚子轴承	20 mm <sup>2</sup> /s 以上
推力调心滚子轴承	32 mm <sup>2</sup> /s 以上

备注：1mm<sup>2</sup>/s = 1cst(厘沲)

### 油的更换周期

油的更换周期，因工况、油量而异。一般，运转温度低于50℃，灰尘少的环境下使用时，可以一年更换一次。但是，油温超过100℃时，要每3个月或3个月以内更换。

而且，在有水分浸入，或由于油浴润滑混入异物的情况下，需要缩短更换周期。

与润滑脂相同，牌号不同的润滑油，禁止混用。

表12.5 轴承的工况与润滑油的选择举例

运转温度	转速	轻载荷或普通载荷	重载荷或冲击载荷
-30~ 0℃	极限转速以下	ISO VG 15, 22, 32 制冷机油	—
0~ 50℃	极限转速50% 以下	ISO VG 32, 46, 68 轴承油 涡轮机油(透平油)	ISO VG 46, 68, 100 轴承油 涡轮机油(透平油)
	极限转速50~100%	ISO VG 15, 22, 32 轴承油 涡轮机油(透平油)	ISO VG 22, 32, 46 轴承油 涡轮机油(透平油)
	极限转速以上	ISO VG 10, 15, 22 (轴承油)	—
50~ 80℃	极限转速的50% 以下	ISO VG 100, 150, 220 (轴承油)	ISO VG 150, 220, 320 (轴承油)
	极限转速的50~100%	ISO VG 46, 68, 100 轴承油 涡轮机油(透平油)	ISO VG 68, 100, 150 轴承油 涡轮机油(透平油)
	极限转速以上	ISO VG 32, 46, 68 轴承油 涡轮机油(透平油)	—
80~ 110℃	极限转速的50% 以下	ISO VG 320, 460 (轴承油)	ISO VG 460, 680 (轴承油) 齿轮油
	极限转速的50~100%	ISO VG 150, 220 (轴承油)	ISO VG 220, 320 (轴承油)
	极限转速以上	ISO VG 68, 100 轴承油 涡轮机油(透平油)	—

- 备注：
1. 极限转速，采用轴承尺寸表中记载的油润滑数值。
  2. 参照制冷机油(JISK2211)、轴承油(JISK2239)、涡轮机油(JISK2213)、齿轮油(JISK2219)
  3. 在上表左栏所示的温度范围，运转温度在高温区时，使用高粘度油。
  4. 运转温度低于-30℃或高于110℃时，请与NSK联系。

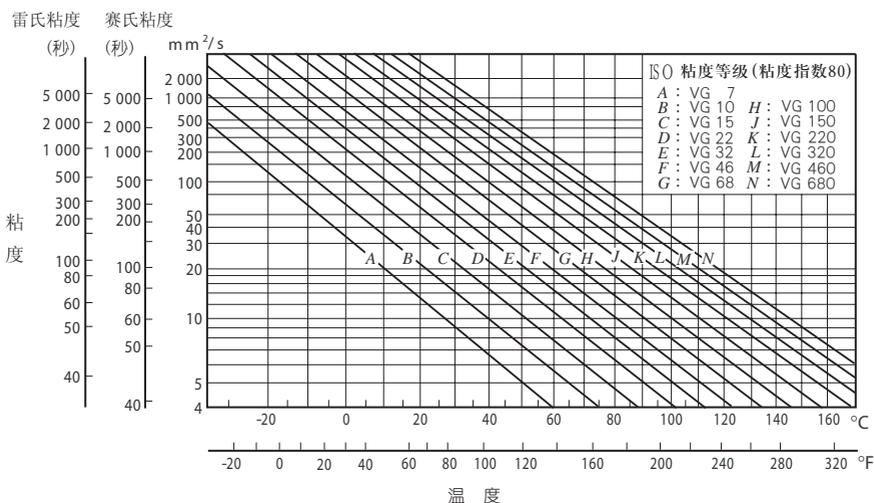


图12.11 润滑油粘度和温度的关系