

6. 润滑

润滑的目的

滚动轴承的润滑目的是减少轴承内部摩擦及磨损，防止烧结。其润滑效用如下。

(1) 减少摩擦及磨损

在构成轴承的滚道圈、滚动体及保持架的相互接触部分，防止金属接触，减少摩擦、磨损。

(2) 延长疲劳寿命

轴承的滚动疲劳寿命，在旋转中，滚动接触面润滑良好则延长，相反地，润滑油粘度低，润滑油膜厚度不够则缩短。

(3) 排出摩擦热、冷却

循环给油法等可以用油排出由摩擦产生的热量，或将外部传来的热量冷却。防止轴承过热，及润滑油自身老化。

(4) 其他

也有防止异物侵入轴承内部，或防止轴承生锈、腐蚀等效果。

润滑方法

对于加工精度要求很高的机床主轴来说，不仅需要高速旋转，而且如何抑制温度上升和减少热变形也是一个很重要的课题。

轴承的发热原因有两个项目：由轴承种类和负荷决定的负荷项以及由润滑方式和旋转速度决定的速度项。这两项之中又以速度项的影响为大。但如果速度项中的润滑方式选定的话，负荷项的影响也是不可忽略的。因此，发热小的轴承（负荷项）和润滑方式（速度项）的选择是很重要的。

实际上，关于发热，润滑方式和给油量占了相当重要的部分。使用少量的润滑脂润滑，能降低成本，达到免维护的目的，并能得到低发热的效果，是一种使用广泛的润滑方法。另外，为维持高速旋转时较低的运转温度，可采用尽量降低给油量的油气润滑方法。这些润滑方法的特征如表6.1所示。

油量和发热（动力损耗）及温度上升的关系如图6.1所示。图6.1的A区处于润滑所需的油量最少的区域，由于润滑油的各种阻力很少，发热量也随之降低，但是必须充分注意由于油量过少，润滑不良，而出现温度上升甚至烧结的危险。

润滑油量较多的B区，随着油量的增大，发热量也会随之增大，但是当超过某一领域时，润滑油会将热量带出，降低温度。

轴承的动摩擦扭矩（发热）
 $M = M_l + M_v$

- 负荷项（由轴承种类和负荷决定）
 - $M_l = f_l F d_m$
 - f_l : 轴承种类和负荷决定系数
 - F : 负荷
 - d_m : 轴承的节距圆径
- 速度项（由油粘度，油量，旋转速度决定）
 - $M_v = f_v (v_0 n)^{2/3} d_m^3$
 - f_v : 轴承种类和润滑方式决定系数
 - v_0 : 油的动粘度
 - n : 旋转速度

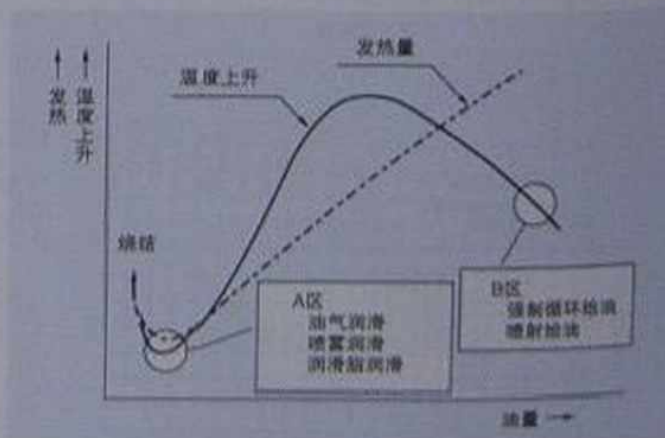


图6.1 油量和温度上升

表6-1 各种润滑方法的特征比较

润滑方法	优点	缺点
油浴润滑	<ul style="list-style-type: none"> 低成本 低噪声 免维护 	<ul style="list-style-type: none"> 填充到轴承内的润滑油氧化后会引起轴承的锈蚀 灰尘和磨屑容易混入
滴油润滑	<ul style="list-style-type: none"> 不断的往轴承输送新油，故无担心油质的变化 灰尘和磨屑很难混入 	<ul style="list-style-type: none"> 滴油量对环境产生污染 由于油的粘度和温度等的限制，供油量有差异，少量油供给时，存在供油不足 供油量无法确认
喷射润滑	<ul style="list-style-type: none"> 因为油量较多，灰尘和磨屑很难混入，也很难堵塞 用润滑油冷却，可以将轴承控制在一定温度下工作 	<ul style="list-style-type: none"> 摩擦损失大 会漏油，在垂直主轴上应用困难 成本高
油气润滑	<ul style="list-style-type: none"> 可以定量管理，控制最适合的供油量，浪费很小 发热很小加上空气冷却效果，温升很小 不断的往轴承输送新油，故无担心油质变化的问题 灰尘和磨屑很难混入 噪声也很小 	<ul style="list-style-type: none"> 成本较高 难于确认向轴承供油的情况

润滑油润滑

(1) 推荐润滑油

皂基是矿物油的锂基润滑油，粘附性强，是作为滚动轴承的润滑油的优良特性。使用温度范围在-10℃~+110℃。

机床主轴用轴承所使用的润滑油，要求在高速、重载的条件下，具备低噪声和长寿命的特性。因此以合成油（二酯油，二酯油+矿物油）为基油粘度为2号的润滑油特别适用。

表6.2是一般用于机床主轴及滚珠丝杆交换轴承的润滑油牌号及其性能。

(2) 润滑油的寿命

润滑油的寿命很大程度上受温度的影响。滚动轴承的温度控制在较低水平，与润滑油的寿命有直接的关系。高速的机床主轴、主轴电机一般选用高性能的通用润滑油。

通用润滑油平均寿命的计算公式如下。

$$\text{Log}t = 6.12 - 1.4n/N_{\text{max}} - (0.018 - 0.006n/N_{\text{max}})T$$

t: 总寿命 (hr)

N_{max} : 轴承额定转速 (min^{-1})

n: 使用转速 (min^{-1})

T: 轴承运转温度 (°C)

(3) 高速主轴用轴承的润滑油填充量

轴承在高速运转条件下使用润滑油时，填充量过多，特别是在填充润滑油后，如果立刻运转，会产生油膜飞溅，导致噪声，导致润滑油劣化。因此，在填充及主轴运转时，应充分注意润滑油的填充量。NSK认为过量的填充，甚至在不影响轴承性能的前提下，润滑油的填充量，记载在本书P157页。

表6.2 油膜粘度与性能

牌号	制造商	油剂	油质	油膜粘度 (cSt)	温度 (°C)	使用温度范围 (°C)	主要用途
MTE	NSK	复合油	新油	20	200	-20~+120	高速主轴轴承、高速滚珠丝杆轴承
MTS	NSK	合成油	新油	20	200	-20~+120	高速主轴轴承
			合成油+矿物油	20	200	-20~+120	主轴轴承
Iscorex NBU15	NOK-Klüber	复合油	二酯油+矿物油	20	180	-40~+130	主轴轴承
			二酯油+矿物油	20	180	-10~+110	滚珠丝杆中心
NCA15	NOK-Klüber	特殊油	矿物油	28	180	-10~+110	主轴轴承
Mobilux 2	Mobil	矿物油	矿物油	37	200	-20~+120	高速滚珠丝杆轴承
Multemp LR1.3	Kyodo Yashin	矿物油	矿物油	100	220	-20~+120	高速滚珠丝杆轴承
Staburags NBU6EP	NOK-Klüber	复合油	矿物油	160	180	-10~+110	滚珠丝杆及通用轴承
Avania 2	壳牌Shell石油	矿物油	矿物油	50	180	-20~+120	滚珠丝杆
			合成油	50	180	-20~+120	滚珠丝杆
ENS	NSK	矿物油	矿物油	50	180	-20~+120	滚珠丝杆

6. 润滑

油润滑

(1) 喷雾润滑和油气润滑 (微量润滑)

喷雾供油法是用空气使润滑油成雾状, 喷向轴承的方法, 也叫油雾润滑法。

油气供油法是通过定量喷嘴间歇性吹出微量的润滑油, 在混合阀的调节下, 将润滑油慢慢的引进压缩空气中, 并连续不断向轴承供应的润滑方法。

这些微量润滑的建议供油量如图6.2所示。图6.2表示的是一个轴承的供油量。采用油雾润滑时, 需考虑配管分支引起的供油量差异、挡边部位润滑油泄漏等情况。

另外, 当 $d \cdot n$ 值超过180万, 最小供油量增多, 请向NSK查询。

另外, 喷嘴位置请参照P174页。

(2) 喷射润滑

喷射润滑用适于 $d \cdot n$ 值超过 100×10^4 的高速运转轴承。从一个或数个喷嘴, 用一定的压力喷射出润滑油, 贯通至轴承内部。由于轴承高速旋转时, 轴承附近的空气与轴承同时运转, 形成空气墙, 因此润滑油从喷嘴喷出的速度必须达到内圈外径面周速的20%以上。另外, 对于同一油量, 为了减少冷却的不均匀, 喷嘴的数量应多一些。为有效排除热量, 宜加大排油口或采用强制排油。

这种方式使用在机床主轴用轴承时, 虽然会使设备占用的空间变大, 但作为一种适合于超高速条件下, 运转稳定的润滑方法, 应用也很广泛。(图6.3)

另外, 喷嘴位置请参照P174页。

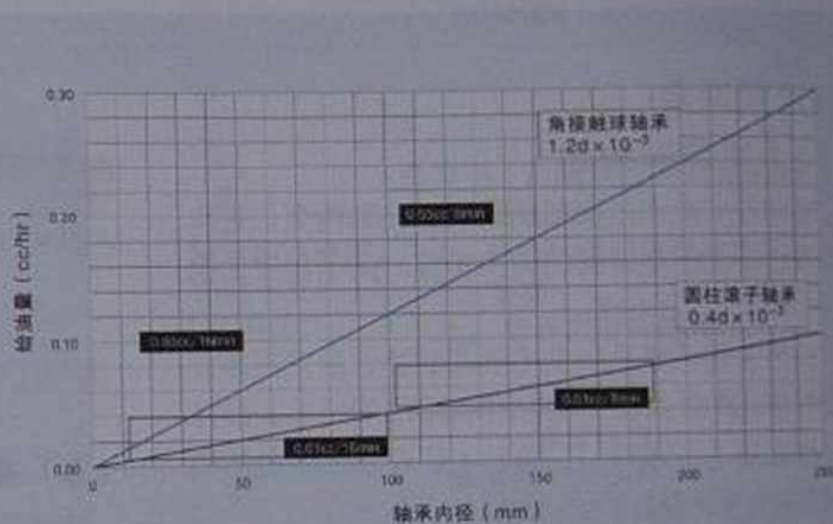


图6.2 轴承内径和微量润滑推荐给油量的关系

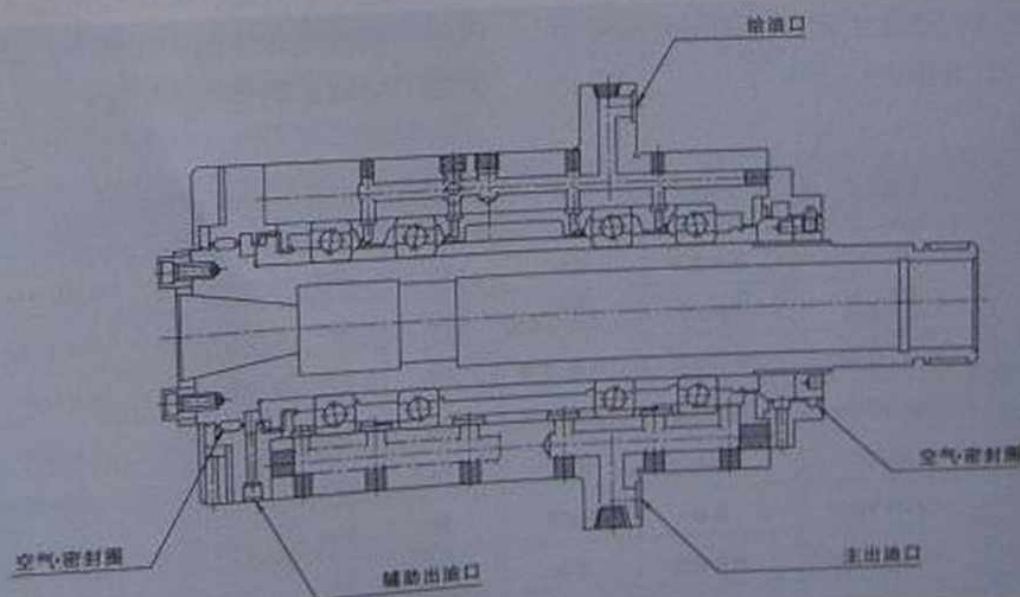


图6.3 喷射润滑例

高速主轴用轴承的建议润滑脂填充量

单位: CC

内径代号	轴承内径 (mm)	调心球轴承, 轴承空腔容积的15%				圆柱滚子轴承, 轴承空腔容积的10%			
		BGR19 BGR19 79系列	BGR10 79系列	BGR02 72系列	BGR10 BGR10 BTR10	NR40系列	NR20系列	NR20系列	NR10系列
		×量	×量	×量	×量	×量	×量	×量	×量
5	5	-	-	0.03	-	-	-	-	-
6	6	-	0.04	0.07	-	-	-	-	-
7	7	-	0.07	-	-	-	-	-	-
8	8	-	0.12	0.19	-	-	-	-	-
00	10	0.06	0.13	0.16	-	-	-	-	-
01	12	0.08	0.14	0.23	-	-	-	-	-
02	15	0.11	0.18	0.29	-	-	-	-	-
03	17	0.13	0.24	0.41	-	-	-	-	-
04	20	0.23	0.44	0.68	-	-	-	-	-
05	25	0.27	0.52	0.85	-	-	-	0.4	-
06	30	0.31	0.59	1.2	0.58	-	-	0.6	0.4
07	35	0.48	0.98	1.7	0.78	-	-	0.8	0.6
08	40	0.75	1.2	2.1	0.92	-	-	1.0	0.7
09	45	0.83	1.5	2.6	1.2	-	-	1.3	1.0
10	50	0.91	1.6	3.0	1.2	-	-	1.4	1.1
11	55	1.1	2.4	3.9	1.7	-	-	2.0	1.5
12	60	1.2	2.6	4.6	1.8	-	-	2.1	1.6
13	65	1.3	2.6	5.7	1.9	-	-	2.2	1.6
14	70	2.1	3.6	6.5	2.6	-	-	3.2	2.4
15	75	2.3	3.6	7.0	2.9	-	-	3.5	2.5
16	80	2.4	5.1	8.7	3.6	-	-	4.7	3.5
17	85	3.5	6.3	11	4.0	-	-	4.9	3.7
18	90	3.6	6.6	13	5.5	-	-	6.5	4.5
19	95	3.6	6.8	16	5.7	-	-	6.6	4.7
20	100	4.9	7.2	19	6.1	5.4	4.5	6.8	4.9
21	105	5.1	9.0	23	7.6	5.6	4.6	8.3	5.9
22	110	5.2	12	27	9.1	5.7	4.8	11	7.5
24	120	7.9	12	31	9.8	8.4	5.5	12.5	8.1
26	130	9.0	18	34	15	11	8.5	18	12.4
28	140	9.9	20	42	17	12	9.3	20	12.9
30	150	14	25	53	22	24	14	23	-
32	160	16	34	-	26	20	15	29	-
34	170	14	42	-	33	21	15	38	-
36	180	22	51	-	40	28	23	51	-
38	190	27	47	-	50	30	24	54	-
40	200	39	76	-	61	44	35	69	-
44	220	42	-	-	-	-	37	-	-
48	240	45	-	-	-	-	40	-	-
52	260	77	-	-	-	-	70	-	-
54	280	80	-	-	-	-	76	-	-

※XTRA25/29/40向心球轴承的及列西打滚子轴承填充相同的润滑脂量即可。
 ※引用第166页之数据时, 各列西打滚子轴承填充量按实际量计算, 按上述填充量乘以比例0.93计算。
 ※若材料变更或向心球轴承以滚珠轴承, 请参照第100页。