

11 轴与轴承座的设计

11.1 轴、轴承座的精度和粗糙度

轴、轴承座精度不好的情况下，轴承受其影响，不能发挥所需性能。比如，安装部位的挡肩精度不好，会产生内、外圈倾斜。在轴承载荷之外，加上边缘应力集中载荷 (edge load)，使轴承疲劳寿命缩短，更严重的会成为保持架破损，咬粘等损伤产生的原因。

再者，轴承座的刚度，不仅应保证给轴承稳固的支撑，还应保证承受外部载荷时变形较小。刚度越高，对改善轴承的音响及载荷分布越有利。

在一般工况下，配合面只要精车、精镗即可。但是，运转时对振动和音响要求严格或载荷条件苛刻时，则需采用精磨加工。

两套以上轴承组合安装在整体式轴承座内时，轴承座配合面尽量设计成通孔。剖分式轴承座易发生薄壁外圈变形，加工时要注意。

一般工况下，轴、轴承座的精度与粗糙度参见表11.1。

表11.1 轴、轴承座的精度与粗糙度

项目	轴承的等级	轴	轴承座
圆度公差	0级, 6级	$\frac{IT3}{2} \sim \frac{IT4}{2}$	$\frac{IT4}{2} \sim \frac{IT5}{2}$
	5级, 4级	$\frac{IT2}{2} \sim \frac{IT3}{2}$	$\frac{IT2}{2} \sim \frac{IT3}{2}$
圆柱度公差	0级, 6级	$\frac{IT3}{2} \sim \frac{IT4}{2}$	$\frac{IT4}{2} \sim \frac{IT5}{2}$
	5级, 4级	$\frac{IT2}{2} \sim \frac{IT3}{2}$	$\frac{IT2}{2} \sim \frac{IT3}{2}$
挡肩的跳动公差	0级, 6级	IT3	IT3~IT4
	5级, 4级	IT3	IT3
配合面的粗糙度 Ra	小型轴承	0.8	1.6
	大型轴承	1.6	3.2

备注：此表属一般半径法推荐值，按照轴承精度，选定基本公差IT等级。有关IT数值，请参见附表11 (22页)。

11.2 滚动轴承的安装尺寸

将轴承安装于轴或轴承座，进行轴向定位时，与轴承端面接触的轴肩或轴承座内径挡肩，必须与轴线垂直 (参照表11.1)。

另外，为了避免轴承座孔与保持架相接触，圆锥滚子轴承需要加工与轴承外端面平行的正面挡肩尺寸。

再者，轴及轴承座的圆角圆度须不干涉轴承倒角，因此圆角半径 r_a 的值不能大于轴承倒角尺寸 r 或 r_1 的最小值。

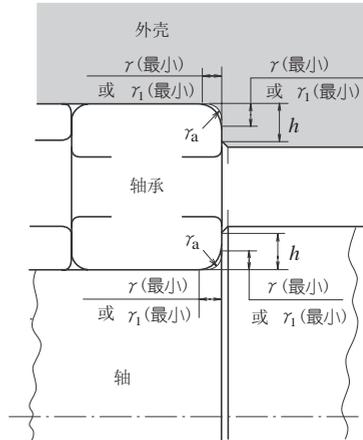


图11.1 向心轴承的倒角尺寸与轴、轴承座圆角半径与挡肩高度。

向心轴承的轴肩及轴承座挡肩的高度，应保证与套圈端面充分接触。并且便于安放拆卸工具，其最小值依据表11.2。

轴承的安装尺寸，已考虑到了此挡肩直径，列于轴承尺寸表中。特别是承受轴向载荷的圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承，其挡肩尺寸和强度必须足以支撑挡边部位。

h 及 r_a 的值，轴或轴承座的圆角，参见图11.2(a)。图11.2(b) 精车轴时退刀槽的尺寸，一般参考表11.3的数值。

表11.2 轴及轴承座圆角半径及相应向心轴承的挡肩高度 (米制) 单位 mm

内圈或外圈的倒角尺寸	轴及轴承座		
	圆角半径	挡肩高度 h (最小)	
		深沟球轴承 ⁽¹⁾ 调心球轴承 圆柱滚子轴承 ⁽¹⁾ 无内圈有保持架的滚针轴承	角接触球轴承 圆锥滚子轴承 ⁽²⁾ 调心滚子轴承
r (最小) 或 r_1 (最大)	r_a (最大)		
0.05 0.08 0.1	0.05 0.08 0.1	0.2 0.3 0.4	— — —
0.15 0.2 0.3	0.15 0.2 0.3	0.6 0.8 1	— — 1.25
0.6 1 1.1	0.6 1 1	2 2.5 3.25	2.5 3 3.5
1.5 2 2.1	1.5 2 2	4 4.5 5.5	4.5 5 6
2.5 3 4	2 2.5 3	— 6.5 8	6 7 9
5 6 7.5	4 5 6	10 13 16	11 14 18
9.5 12 15 19	8 10 12 15	20 24 29 38	22 27 32 42

注 ⁽¹⁾ 承受轴向载荷的轴承，挡肩高度要大于此值。

⁽²⁾ 承受大的轴向载荷时，挡肩高度要大于此值。

备注：1. 此圆角半径也适用于推力轴承。
2. 轴承尺寸表列出的是挡肩直径，而不是安装尺寸的挡肩高度。

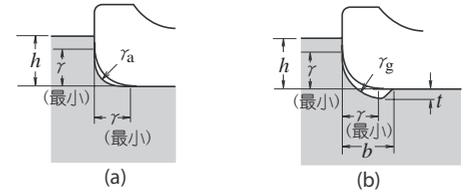


图11.2 轴承倒角尺寸和轴的圆角尺寸及形状

表11.3 精车轴时的退刀槽尺寸 单位 mm

内圈及外圈的倒角尺寸 r (最小) 或 r_1 (最大)	退刀槽的尺寸		
	t	r_g	b
1 1.1 1.5	0.2 0.3 0.4	1.3 1.5 2	2 2.4 3.2
2 2.1 2.5	0.5 0.5 0.5	2.5 2.5 2.5	4 4 4
3 4 5	0.5 0.5 0.6	3 4 5	4.7 5.9 7.4
6 7.5	0.6 0.6	6 7	8.6 10

选用推力轴承时，支撑面需要足够的面积，支撑面的垂直度也须良好。

轴承座挡肩直径 D_a ，取小于球的节圆直径尺寸。轴肩直径 d_a ，取大于球的节圆直径的尺寸(图11.3)。建议推力滚子轴承以整个滚子接触长度作为支撑面尺寸(图11.4)。

挡肩直径 d_a 及 D_a ，按轴承形式，分别记载于轴承尺寸表中。

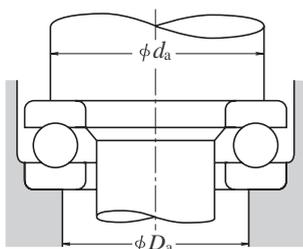


图11.3 推力球轴承支撑面直径

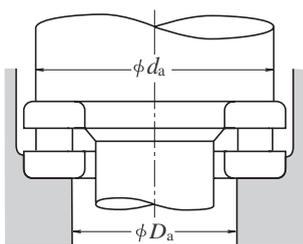


图11.4 推力滚子轴承支撑面直径

11.3 密封装置

密封装置，是防止外部灰尘、水分、金属粉末等有害物质的侵入，防止轴承内润滑剂泄漏。因此，密封装置对于任何运转条件，都必须始终达到密封、防尘的目的，不允许发生异常磨损、咬粘。同时，保证轴承拆卸、安装、维护保养等顺利进行。

须根据各种用途，结合润滑方法来选择合适的密封装置。

11.3.1 非接触式密封装置

作为不与轴相接触，也没有摩擦部位的密封装置，有油槽、甩油环、迷宫密封等结构。利用离心力、小游隙达到密封的目的。

(1) 油槽

油槽的结构，是利用轴与轴承座之间的小游隙及该处的几道槽，达到密封作用图11.5(a)(b)。除低速情况外，仅靠油槽防止润滑剂泄漏的效果不大。所以，多与甩油环迷宫密封并用(图11.5(c))。在油槽中装入稠度约200的润滑剂，也能起一定的防尘作用。

轴和轴承座的游隙越小，密封效果越好。运转中二者不可接触，要采用表11.4所示的数值。

油槽的槽，宽度约3~5mm，深度约4~5mm为好。油槽道数，在仅靠槽密封时，要3道以上。

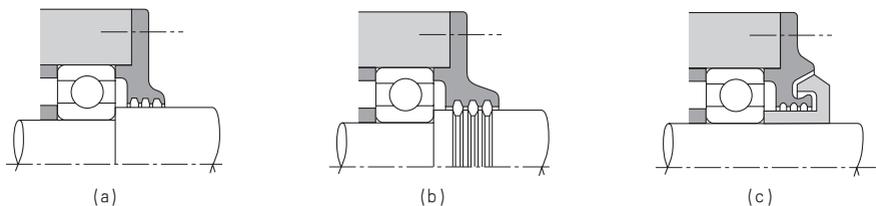


图11.5 油槽的举例

(2) 甩油环(Slinger)

利用安装在轴上的旋转体的离心力，使之起到防漏油、防尘作用的密封结构。在轴承座内侧放置的甩油环(图11.6(a)、(b))，以防止漏油为主要目的，用于灰尘少的环境。图11.6(c)、(d)以甩油环的离心力防止外部灰尘及水分侵入。

表11.4 油槽结构的轴与轴承座的游隙

单位 mm	
轴公称直径	径向游隙
50以下	0.25~0.4
超过50 200以下	0.5 ~1.5

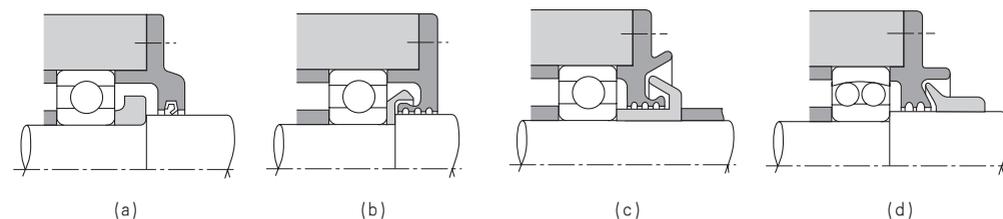


图11.6 甩油环的举例

(3) 迷宫密封

迷宫密封是一种在轴与轴承座之间，带有小游隙的凹凸组合的密封结构。特别适用于防止高速轴的漏油。

因易于安装，多使用图11.7(a)的结构。图11.7(b)(c)的密封性良好，但是，要求轴承座或外罩是剖分式或组装机。

径向及轴向的迷宫密封游隙，一般如表11.5所示。

表11.5 迷宫密封的游隙

单位 mm		
轴公称直径	迷宫密封游隙	
	径向	轴向
50以下	0.25~0.4	1~2
超过50 200以下	0.5 ~1.5	2~5

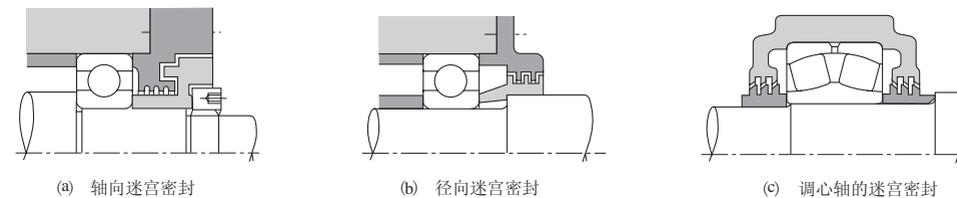


图11.7 迷宫密封的举例

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

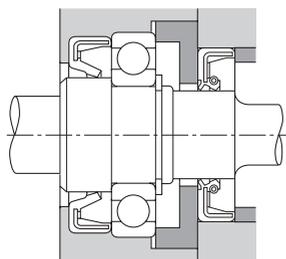


图11.8 油封使用举例(1)

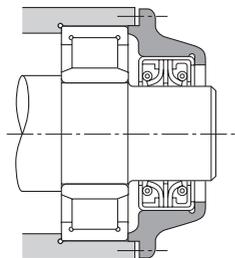


图11.9 油封使用举例(2)

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℃ ⁽¹⁾
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⁽¹⁾ 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

12.1 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。

12 润滑

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。

$\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ (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)