

第十八章 滚动轴承

§ 18-1 滚动轴承的结构及类型

一、滚动轴承的结构

滚动轴承一般是由内圈、外圈、滚动体和保持架组成(图 18-1)。通常内圈随轴颈转动,外圈装在机座或零件的轴承孔内固定不动。内外圈都制有滚道,当内外圈相对旋转时,滚动体将沿滚道滚动。保持架的作用是把滚动体沿滚道均匀地隔开,如图 18-2 所示。

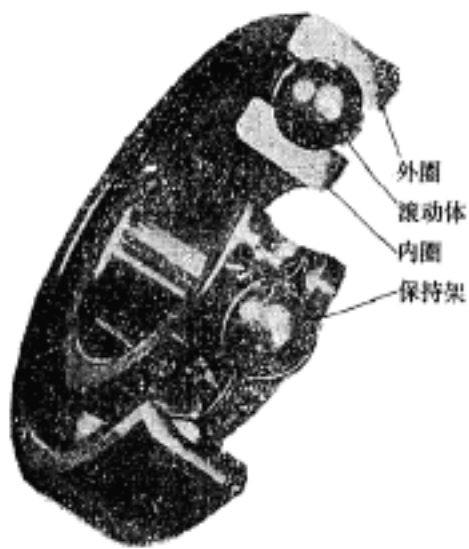


图 18-1 滚动轴承结构

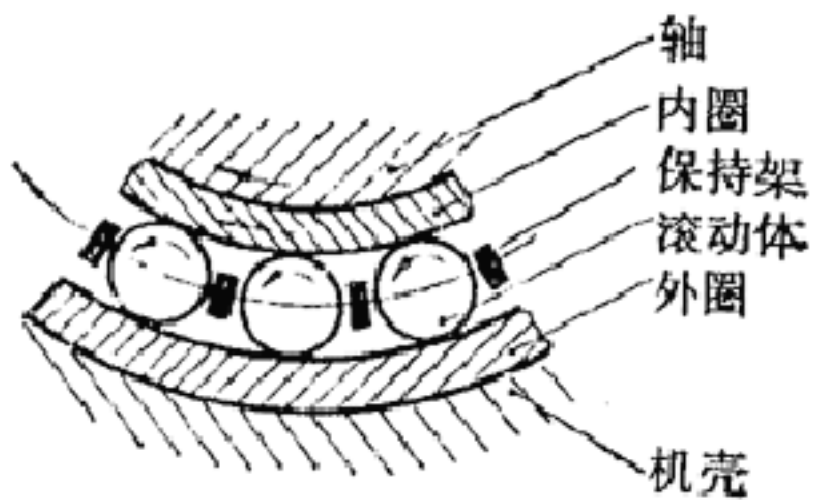


图 18-2 滚动轴承运动

滚动体与内外圈的材料应具有高的硬度和接触疲劳强度、良好的耐磨性和冲击韧性。一般用含铬合金钢制造,经热处理后硬度可达 HRC61~65,工作表面须经磨削和抛光。保持架一般用低碳钢板冲压制成,高速轴承多采用有色金属或塑料保持架。

与滑动轴承相比,滚动轴承具有摩擦阻力小,起动灵敏、效率高、润滑简便和易于互换等优点,所以获得广泛应用。它的缺点是抗冲击能力较差,高速时出现噪声,工作寿命也不及液体摩擦的滑动轴承。由于滚动轴承已经标准化,并由轴承厂大批生产,所以,使用者的任务主要是熟悉标准、正确选用。

图 18-3 给出了不同形状的滚动体,按滚动体形状滚动轴承可分为球轴承和滚子轴承。滚子又分为长圆柱滚子、短圆柱滚子、螺旋滚子、圆锥滚子、球面滚子和滚针等。

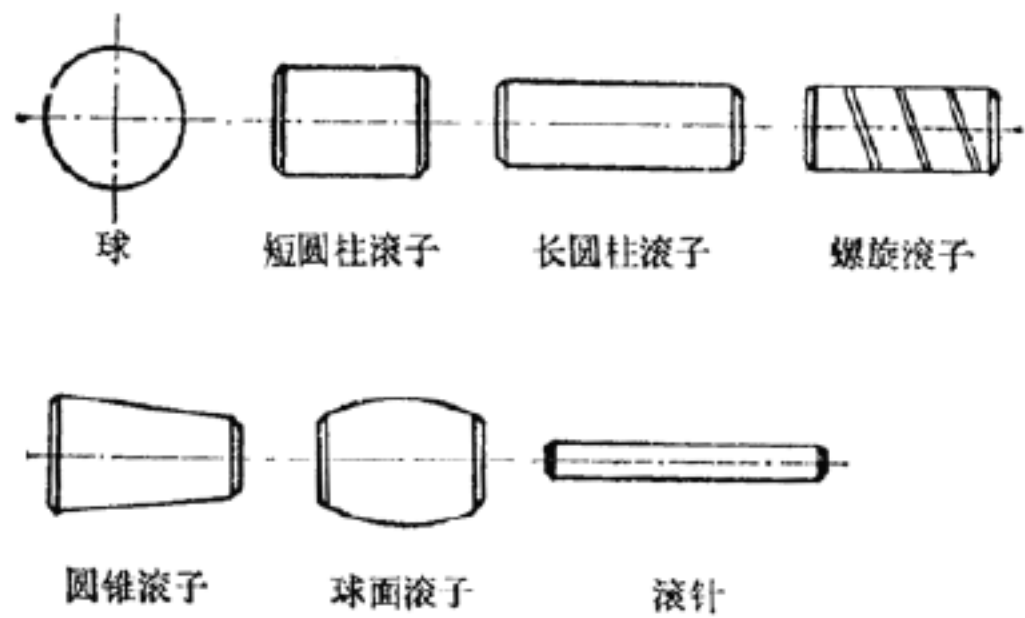


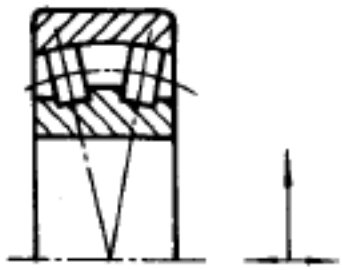

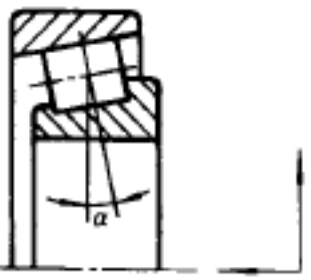
图 18-3 滚动体的形状

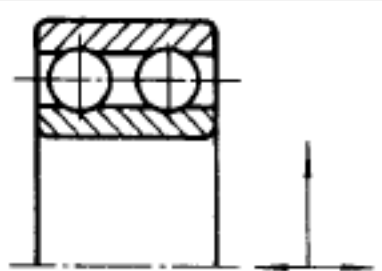
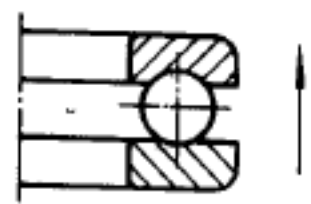
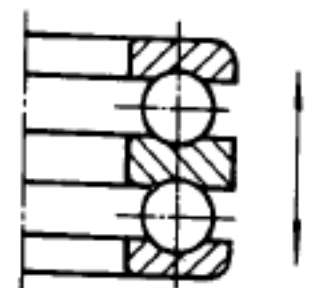
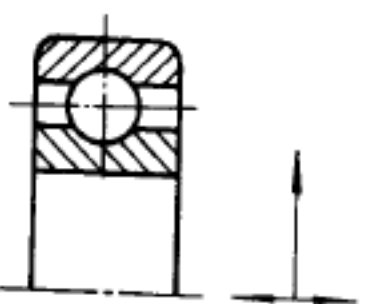
二、滚动轴承的类型

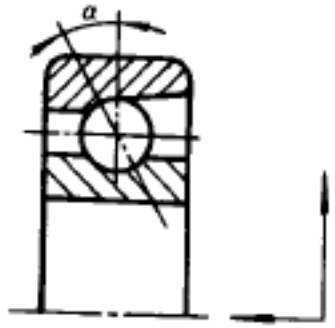
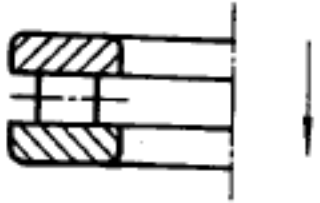
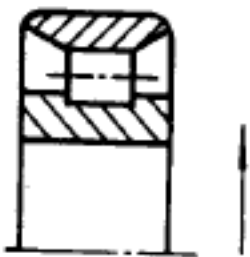
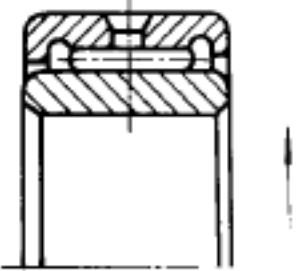
滚动轴承常用的类型和特性，见表 18-1。

表 18-1 滚动轴承的主要类型和特性

轴承名称、类型及代号	结构简图承载方向	尺寸系列代号	组合代号	极限转速 n_c	允许角偏差 θ	特性与应用
双列角接触球轴承 (0)		32 33	32 33	中		同时能承受径向负荷和双向的轴向负荷，比角接触球轴承具有较大的承载能力，与双联角接触球轴承比较，在同样负荷作用下能使轴在轴向更紧密地固定
调心球轴承 1 或 (1)		(0)2 22 (0)3 23	12 22 13 23	中	$2^{\sim}3^{\circ}$	主要承受径向负荷，可承受少量的双向轴向负荷。外圈滚道为球面，具有自动调心性能。适用于多支点轴、弯曲刚度小的轴以及难于精确对中的支承

<p>调心 滚子轴承</p> <p>2</p>		<p>13 22 23 30 31 32 40 41</p>	<p>21 3 22 2 22 3 23 0 23 1 23 2 24 0 24 1</p>	<p>中</p>	<p>0.5~ 2°</p>	<p>主要承受径向负荷，其承载能力比调心球轴承约大一倍，也能承受少量的双向轴向负荷。外圈滚道为球面，具有调心性能，适用于多支点轴、弯曲刚度小的轴及难于精确对中的支承</p>
<p>推力调心 滚子轴承</p> <p>2</p>		<p>92 93 94</p>	<p>29 2 29 3 29 4</p>		<p>2~3°</p>	<p>可承受很大的轴向负荷和一定的径向负荷，滚子为鼓形，外圈滚道为球面，能自动调心。转速可比推力球轴承高。常用于水轮机轴和起重机转盘等</p>
<p>圆锥 滚子轴承</p> <p>3</p>		<p>02 03 13 20 22 23 29 30 31 32</p>	<p>30 2 30 3 31 3 32 0 32 2 32 3 32 9 33 0 33 1 33 2</p>	<p>中</p>	<p>2'</p>	<p>能承受较大的径向负荷和单向的轴向负荷，极限转速较低。内外圈可分离，轴承游隙可在安装时调整。通常成对使用，对称安装。适用于转速不太高，轴的刚性较好的场合</p>

双列深沟球轴承 4		(2)2 (2)3	42 43	中		主要承受径向负荷，也能承受一定的双向轴向负荷。它比深沟球轴承具有较大的承载能力
推力球轴承 5		11 12 13 14	51 1 51 2 51 3 51 4	低	不允许	推力球轴承的套圈与滚动体可分离，单向推力球轴承只能承受单向轴向负荷，两个圈的内孔不一样大，内孔较小的与轴配合，内孔较大的与机座固定。双向推力球轴承可以承受
			22 23 24	52 2 52 3 52 4	低	不允许
深沟球轴承 6 或 (16)		17 37 18 19 (0)0 (1)0 (0)2 (0)3 (0)4	61 7 63 7 61 8 61 9 16 0 60 62 63 64	高	8~16	主要承受径向负荷，也可同时承受少量双向轴向负荷，工作时内外圈轴线允许偏斜。摩擦阻力小，极限转速高，结构简单，价格便宜，应用最广泛。但承受冲击载荷能力较差，适用于高速场合。在高速时可代替推力球轴承

角接触球轴承 7		19 (1)0 (0)2 (0)3 (0)4	71 9 70 72 73 74	较高	2~3'	能同时承受径向负荷与单向的轴向负荷，公称接触角 α 有15°、25°、40°三种， α 越大，轴向承载能力也越大。成对使用，对称安装，极限转速较高。适用于转速较高，同时承受径向和轴向负荷场合
推力圆柱滚子轴承 8		11 12	81 1 81 2	低	不允许	能承受很大的单向轴向负荷，但不能承受径向负荷。它比推力球轴承承载能力要大，套圈也分紧圈与松圈。极限转速很低，适用于低速重载场合
圆柱滚子轴承 N		10 (0)2 22 (0)3 23 (0)4	N1 0 N2 N2 2 N3 N2 3 N4	较高	2~4'	只能承受径向负荷。承载能力比同尺寸的球轴承大，承受冲击载荷能力大，极限转速高。对轴的偏斜敏感，允许偏斜较小，用于刚性较大的轴上，并要求支承座孔很好地对中
滚针轴承 NA		48 49 69	NA48 NA49 NA69	低	不允许	滚动体数量较多，一般没有保持架。径向尺寸紧凑且承载能力很大，价格低廉 不能承受轴向负荷，摩擦系数较大，不允许有偏斜。常用于径向尺寸受限制而径向负荷又较大的装置中

由于结构的不同，各类轴承的使用性能如下。

1. 承载能力

在同样外形尺寸下。滚子轴承的承载能力约为球轴承的1.5~3倍。所以，在载荷较大或有冲击载荷时宜采用滚子轴承。但当轴承内径 $d \leq 20\text{mm}$ 时，滚子轴承和球轴承的承载能力已相差不多，而球轴承的价格一般低于滚子轴承，故可优先选用球轴承。

2. 接触角 α

接触角是滚动轴承的一个主要参数，轴承的受力和承载能力等与接触角有关。表18-2列出各类轴承的公称接触角。


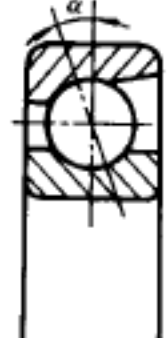
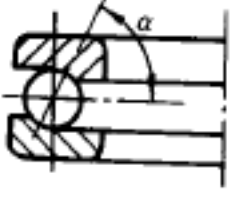
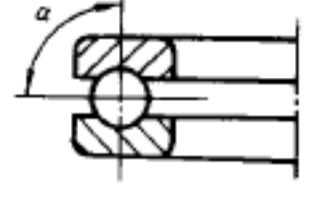
滚动体套圈接触处的法线与轴承径向平面（垂直于轴承轴心线的平面）之间的夹角称为公称接触角。公称接触角越大，轴承承受轴向载荷的能力也越大。

滚动轴承按其承受载荷的方向或公称接触角的不同，可分为：

- (1) 径向轴承，主要用于承受径向载荷，其公称接触角从 0° 到 45° ；
- (2) 推力轴承，主要用于承受轴向载荷，其公称接触角从大于 45° 到 90° （表 18-2）。

由于接触角的存在，角接触轴承可同时承受径向载荷和轴向载荷。公称接触角小的，如角接触向心轴承，主要用于承受径向载荷；公称接触角大的，如角接触推力轴承，主要用于承受轴向载荷。径向接触向心球轴承的公称接触角为零（表 18-2），但由于滚动体与滚道间留有微量间隙，受轴向载荷时轴承内外圈间将产生轴向相对位移，实际上形成一个不大的接触角，所以它也能承受一定的轴向载荷。

表 18-2 各类球轴承的公称接触角

轴承类型	径向轴承		推力轴承	
	径向接触	向心角接触	推力角接触	轴向接触
公称接触角 α	$\alpha=0^\circ$	$0^\circ < \alpha \leq 45^\circ$	$45^\circ < \alpha < 90^\circ$	$\alpha=90^\circ$
图例				

3. 极限转速 n_c

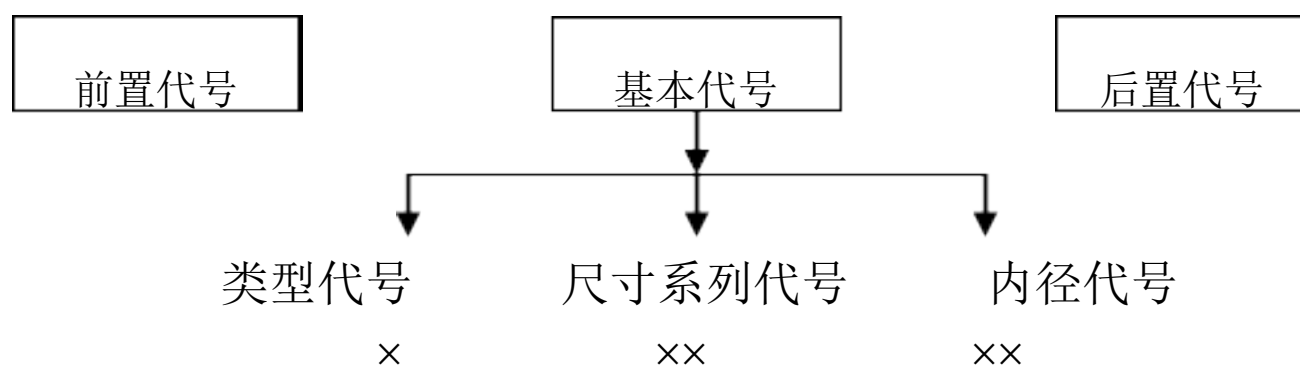
滚动轴承转速过高会使摩擦面间产生高温，润滑失效，从而导致滚动体回火或胶合破坏。轴承在一定载荷和润滑条件下，允许的最高转速称为极限转速，其具体数值见有关手册。各类轴承极限转速的比较，见表 18-1。如果轴承极限转速不能满足要求，可采取提高轴承精度、适当加大间隙、改善润滑和冷却条件、选用青铜保持架等措施。

4. 角偏差 θ

轴承由于安装误差或轴的变形等都会引起内外圈中心线发生相对倾斜。其倾斜角称为角偏差。各类轴承的允许角偏差见表 18-1。

三、滚动轴承的代号

滚动轴承的类型很多，而各类轴承又有不同的结构、尺寸、精度和技术要求，为便于组织生产和选用，应规定滚动轴承的代号。滚动轴承的代号表示方法如下：



(1) 内径尺寸代号：右起第一、二位数字表示内径尺寸，表示方法见表 18-3。

(2) 尺寸系列代号：右起第三、四位表示尺寸系列（第四位为 0 时可不出）。为了适应不同承载能力的需要，同一内径尺寸的轴承，可使用不同大小的滚动体，因而使轴承的外径和宽度也随着改变。这种内径相同而外径或宽度不同的变化称为尺寸系列，见表 18-4。

(3) 类型代号：右起第五位表示轴承类型，其代号见表 18-1。代号为 0 时不写出。

(4) 前置代号：成套轴承分部件，见表 18-5。

(5) 后置代号：内部结构、尺寸、公差等，其顺序见表 18-5，常见的轴承内部结构代号和公差等级见表 18-6 和 18-7。

表 18-3 轴承内径尺寸代号

内径尺寸	代号表示	举例	
		代号	内径
10	00	6200	10
12	01		
15	02		
17	03		
20~480 (5 的倍数)	内径/5 的商	23208	40
22、28、32 及 500 以上	/内径	230/500	500
		62/22	22

表 18-4 向心轴承、推力轴承尺寸系列代号表示法

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			
	窄 0	正常 1	宽 2	特宽 3	特宽 4	特宽 5	特宽 6	特低 7	低 9	正常 1	正常 2
	尺寸系列代号										
超特轻 7	—	17	—	37	—	—	—	—	—	—	—
超轻 8	08	18	28	38	48	58	68	—	—	—	—
超轻 9	09	19	29	39	49	59	69	—	—	—	—
特轻 0	00	10	20	30	40	50	60	70	90	10	—
特轻 1	01	11	21	31	41	51	61	71	91	11	—
轻 2	02	12	22	32	42	52	62	72	92	12	22
中 3	03	13	23	33	—	—	63	73	93	13	23
重 4	04	—	24	—	—	—	—	74	94	14	24

表 18-5 轴承代号排列

		轴承代号							
前置代号	基本代号	后置代号							
		1	2	3	4	5	6	7	8
成套轴承分部件		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

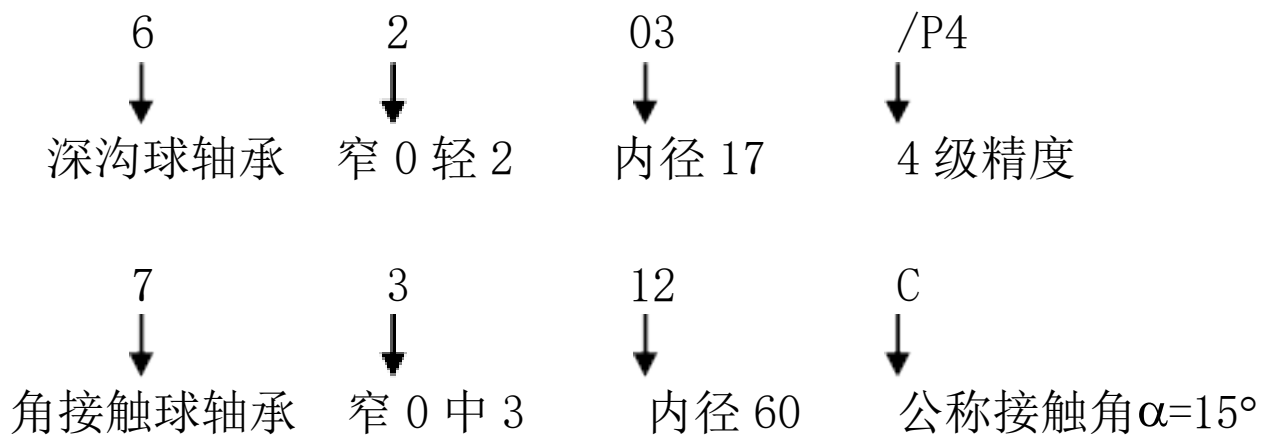
表 18-6 轴承内部结构代号

代号	含义	示例
C	角接触球轴承公称接触角 $\alpha=15^\circ$ 调心滚子轴承 C 型	7005C 23122C
AC	角接触球轴承公称接触角 $\alpha=25^\circ$	7210AC
B	角接触球轴承公称接触角 $\alpha=40^\circ$ 圆锥滚子轴承接触角加大	7210B 32310B
E	加强型	N207E

表 18-7 轴承公差等级代号

代号	含义	示例
/P0	公差等级符合标准规定的 0 级（可省略不标注）	6205
/P6	公差等级符合标准规定的 6 级	6205/P6
/P6X	公差等级符合标准规定的 6X 级	6205/P6X
/P5	公差等级符合标准规定的 5 级	6205/P5
/P4	公差等级符合标准规定的 4 级	6205/P4
/P2	公差等级符合标准规定的 2 级	6205/P2

例 18-1 试说明轴承代号 6203/P4 和 7312C 的意义。



§ 18-2 滚动轴承的失效形式及寿命计算

一、主要失效形式

1. 滚动体受力

滚动轴承在通过轴心线的轴向载荷（中心轴向载荷） F_a 作用下，可认为各滚动体所承受载荷是相等的。当轴承受纯径向载荷 F_r 作用时（图18-4），由于各接触点上存在弹性变形，使内圈沿 F_r 方向下移一距离 δ ，上半圈滚动体不承受载荷，而下半圈各滚动体承受不同的载荷。处于 F_r 作用线最下位置的滚动体受载最大（ Q ），而远离作用线的各滚动体，其受载就逐渐减小。对于 $\alpha=0^\circ$ 的向心轴承可以导出

$$Q \approx \frac{5F_r}{z}$$

式中， z 为轴承的滚动体的总数。

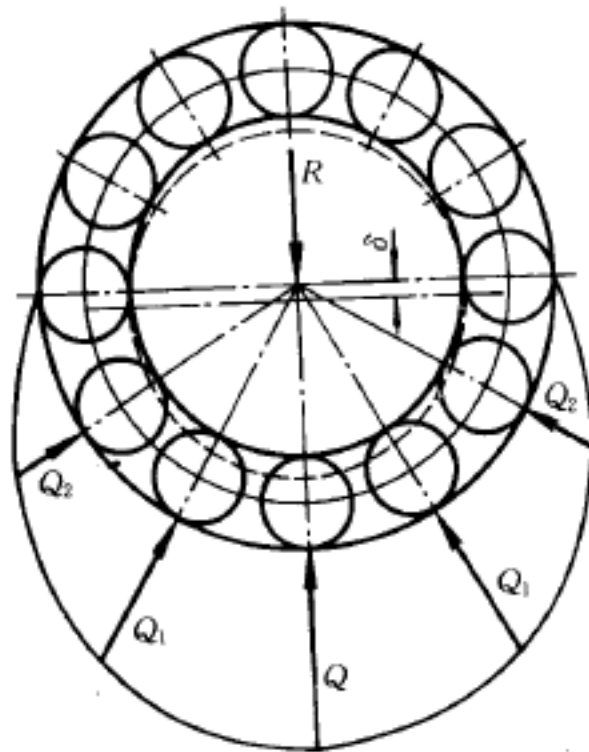


图 18-4 滚动体受力分布

2. 滚动轴承的失效形式

(1) 疲劳破坏

如图 18-4 所示，在工作过程中，滚动体和内外圈不断地接触，滚动体与滚道受变应力作用，可近似地看作是脉动循环。在载荷的反复作用下，首先在表面下一定深度处产生疲劳裂纹，继而扩展到接触表面，形成疲劳点蚀，致使轴承不能正常工作。通常，疲劳点蚀是滚动轴承的主要失效形式。

(2) 塑性变形

当轴承转速很低或间歇摆动时，一般不会产生疲劳损坏。而很大的静载荷或冲击载荷会使轴承滚道和滚动体接触处产生塑性变形，使滚道表面形成变形凹坑。从而使轴承在运转中产生剧烈振动和噪声，无法正常工作。

此外，使用维护和保养不当或密封润滑不良也能引起轴承早期磨损、胶合、内外圈和保持架破损等失效形式。

二、 轴承寿命

轴承的套圈或滚动体的材料首次出现疲劳点蚀前，一个套圈相对于另一个套圈的转数，称为轴承的寿命。寿命还可以用在恒定转速下的运转小时数来表示。

对于一组同一型号的轴承，由于材料、热处理和工艺等很多随机因素的影响，即使在相同条件下运转，寿命也不一样，有的甚至相差几十倍。因此对一个具体轴承，很难预知其确切的寿命。但大量的轴承寿命试验表明，轴承的可靠性与寿命之间有如图 18-5 所示的关系。可靠性常用可靠度 R 度量。一组相同轴承能达到或超过规定寿命的百分率，称为轴承寿命的可靠度。如图所示，当寿命 L 为 $1(10^6$ 转)时，可靠度 R 为 90%。

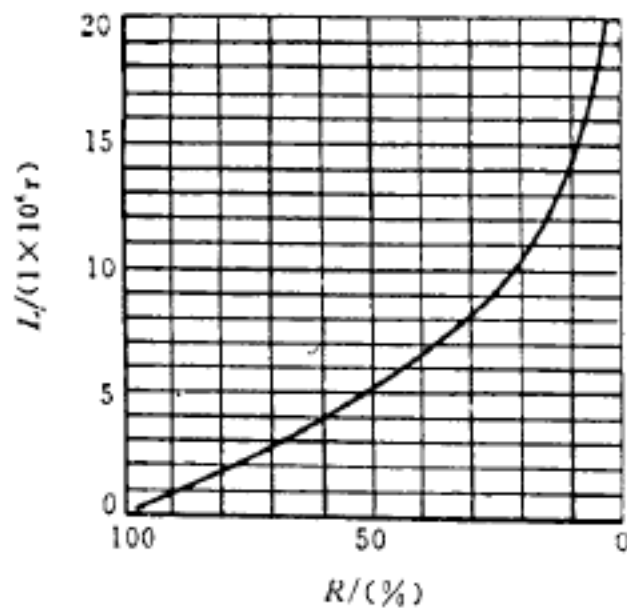


图 18-5 轴承寿命曲线

一组同一型号轴承在相同条件下运转，其可靠度为90%时，能达到或超过的寿命称为额定寿命，单位为百万转（ 10^6 转）。换言之，即90%的轴承在发生疲劳点蚀前能达到或超过的寿命，称为额定寿命。对单个轴承来讲，能够达到或超过此寿命的概率为 90%。

三、额定动载荷及寿命计算

大量试验表明：对于相同型号的轴承，在不同载荷 F_1, F_2, F_3, \dots 作用下，若轴承的额定寿命分别为 L_1, L_2, L_3, \dots (10^6 转)，则它们之间有如下的关系：

$$L_1 F_1^\varepsilon = L_2 F_2^\varepsilon = L_3 F_3^\varepsilon = \dots = \text{常数}$$

在寿命 $L=10^6$ 转（可靠度为 90%）时，轴承能承受的载荷为额定动载荷，用 C 表示。上式可写为

$$L F^\varepsilon = 10^6 C^\varepsilon$$

或

$$L = 10^6 \times \left(\frac{C}{F} \right)^\varepsilon \quad (10^6 \text{ 转}) \quad (18-1)$$

式中， ε 为寿命指数，对球轴承 $\varepsilon=3$ ，滚子轴承 $\varepsilon = \frac{10}{3}$ 。

实际计算时，用小时表示轴承寿命比较方便，上式可改写为：

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{F} \right)^\varepsilon \quad (\text{h}) \quad (18-2)$$

式中， n 为轴承的转速， r/min 。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/008027051055006074>