

5 带座轴承的性能参数

5.1 轴承寿命

轴承工作一段时间后，噪声、振动增加，磨损造成精度下降，润滑脂老化等都将导致轴承失效，或不能满足该种机械的要求。这种失效前的寿命，分别称为噪声寿命、磨损寿命、润滑脂寿命。

当正确使用轴承时，即载荷适中，安装正确，润滑良好，轴承的破坏主要是交变接触应力引起滚动表面层的疲劳剥落，这种损坏形式是不可能完全避免的，这种寿命成为疲劳寿命。这也是一般意义上的寿命。

除上述寿命外，轴承不能再使用原因还有烧结、断裂、裂纹、卡伤、密封失效等，这些应作为轴承故障，故障来源于选择轴承不当、机械设计不良、安装、使用、维护保养方面的错误，与轴承寿命应相区别。

5.1.1 基本额定载荷和寿命

基本额定载荷是用来评定轴承承载能力的技术指标，基本额定载荷包含基本额定动载荷和基本额定静载荷。轴承在旋转（转速 $n > 10$ 转/分）时的承载能力为基本额定动载荷 C_r ，轴承在静止或缓慢旋转或振荡摆动（转速 $n \leq 10$ 转/分）时的承载能力为基本额定静载荷 C_o 。外球面轴承为向心球轴承类，主要承受径向力。因此，基本额定载荷为径向基本额定动载荷 C_r 和径向基本额定静载荷 C_{or} 。

径向基本额定动载荷 C_r ：系指一套滚动轴理论上所能承受的恒定的径向载荷，在该载荷作用下，轴承的基本额定寿命为一百万转。

径向基本额定静载荷 C_{or} ：在最大载荷滚动体和滚道接触中心处产生与下列计算接触应力相当的径向静载荷。

- 4600MPa 调心球轴承
- 4200MPa 其他类型的向心球轴承
- 4000MPa 向心滚子轴承

径向基本额定动载荷 C_r 和径向基本额定静载荷 C_{or} 的数值均在相应产品的外型尺寸表上显示（B-70~B-79页）。

寿命：单个滚动轴承的寿命，指轴承的一个套圈或钢球材料上出现第一个疲劳扩展迹象之前，轴承的一个套圈相对另一个套圈旋转的转数。

可靠度：系指一组在相同条件下运转，近于相同的滚动轴承，期望达到或超过规定寿命的百分率，单个滚动轴承的可靠度为该轴承达到或超过规定寿命的概率。

基本额定寿命：对于单个滚动轴承或一组在相同条件下运转、近于相同的滚动轴承，其寿命是与90%的可靠度，当代常用材料和加工质量以及常规运转条件相关的寿命。

在国家标准GB/T6391-2003（等同国际标准ISO281：1990）中有明确规定。向心球轴承的基本额定寿命计算公式：

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^3$$

或 $\frac{C_r}{P_r} = L_{10}^{1/3}$

其中： L_{10} ：基本额定寿命（百万转）

C_r ：径向基本额定动载荷

P_r ：径向当量动载荷

径向当量动载荷 P_r ：系指一恒定的径向载荷，在该载荷作用下，滚动轴承具有与实际载荷条件下相同的寿命。如果轴承在一个恒定的转速下工作，基本额定寿命可转换成小时数，其计算公式为：

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

or $L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10}$



$$= \frac{16666}{n} \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

其中: L_{10h} = 基本额定寿命 (小时)
 n = 轴承工作转速 (转/分)

如果轴承是在变载荷和变速下工作, 在确定轴承寿命时, 则应用平均当量动载荷和平均转速来计算。平均当量动载荷一般按下列计算:

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{\int_0^N P^3 dN}{N}}$$

式中: P_m = 平均当量动载荷
 P = 当量动载荷 (函数式)
 N = 载荷变动一个周期内的总转数

5.1.2 当量动载荷“P”的计算方法

轴承的基本额定动载荷是在假定的运转条件下确定的, 即向心轴承仅受径向载荷。而实际应用场合常常同时承受径向载荷和轴向载荷, 这样, 在进行轴承寿命计算时, 必须把实际载荷转换为与额定动载荷条件相一致的当量动载荷。当合成载荷的大小和方向恒定时, 其当量动载荷的一般计算公式为:

$$P = XFr + YFa$$

式中 P = 当量动载荷 (N);

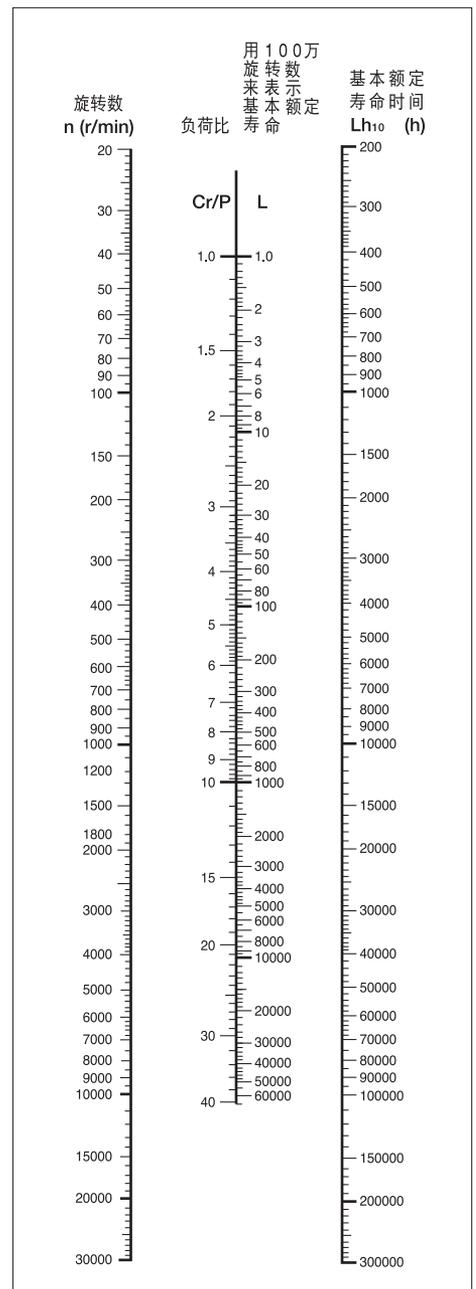
F_r = 径向载荷 (N) = 轴承实际载荷的径向分量 (N)
 F_a = 轴向载荷 (N) = 轴承实际载荷的轴向分量 (N)
 X = 径向动载荷系数
 Y = 轴向载荷系数

外球面轴承的轴向载荷能力也与轴承与轴固紧方式有关;

带顶丝或偏心套固紧类的轴承, 如果轴与轴承的配合较好且螺钉足够紧 (见表 紧固力矩), 轴向载荷 F_a 不能超过未被利用的允许径向载荷 F_r 的20%。

如果是用紧钉套锁紧的轴承, 如果安装固紧正确, 轴向载荷 F_a 最大也只能是未被利用的允许径向载荷 F_r 15% ~ 20%。

外球面轴承的径向系数 X 和轴向系数 Y , 可从表26中查出 (也可用插入法求得)



外球面球轴承径向、轴向系数表

表26

$\frac{F_a}{C_o}$	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$ $p=F_r$		C2组游隙		e	基本组游隙		e	C3组游隙		e
			$\frac{F_a}{F_r} > e$			$\frac{F_a}{F_r} > e$			$\frac{F_a}{F_r} > e$		
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y			
0.025	1	0	0.56	2.0	0.22	0.46	1.75	0.31	0.44	1.42	0.40
0.040	1	0	0.56	1.8	0.24	0.46	0.62	0.33	0.44	1.36	0.42
0.070	1	0	0.56	1.6	0.27	0.46	1.46	0.36	0.44	1.27	0.44
0.130	1	0	0.56	1.4	0.31	0.46	1.30	0.41	0.44	1.16	0.48
0.250	1	0	0.56	1.2	0.37	0.46	1.14	0.46	0.44	1.05	0.53

当轴承承受恒定力矩载荷时，当量动载荷可按以下公式计算：

$$P_m = f_m \cdot P$$

其中： P_m = 考虑力矩载荷的当量动载荷

f_m = 当力矩载荷较大时： $f_m=2$

当轴承承受冲击载荷时，当量动载荷可按下式计算：

$$P_d = f_d \cdot P$$

其中： P_d = 考虑冲击载荷的当量动载荷 (N)

f_d = 冲击载荷因数；可按以下方法选取：

当无冲击载荷或轻微冲击载荷时：

$$f_d = 1 \sim 1.2$$

当有一定的冲击载荷时：

$$f_d = 1.2 \sim 1.8$$

5.1.3 额定寿命的修正

通常采用基本额定寿命 L_{10} 作为衡量轴承性能的准则就足以满足要求，该寿命是指90%可靠度下的寿命。然而，对于某些应用场合，或许要求及时更高可靠度下的寿命，同时，对于许多应用场合，还希望更精确、更完善地考虑轴承质量和运转条件对寿命的影响，修正额定寿命 L_{nm} 则满足了这一要求，〔 n 表示失效概率，(100- n)表示幸存概率（也表示可靠度）〕。

寿命 L_{nm} ，即(100- n)%可靠度、特殊轴承性能和特定运转条件下的修正基本额定寿命，可以按下式计算：

$$L_{nm} = a_1 a_{xyz} L_{10}$$

可靠度寿命修正系数 a_1 的值见表27。

可靠度寿命修正系数 a_1

表27

可靠度	L_{nm}	a_1
90	L_{10m}	1
95	L_{5m}	0.62
96	L_{4m}	0.53
97	L_{3m}	0.44
98	L_{2m}	0.33
99	L_{1m}	0.21

寿命修正系数 a_{xyz}

a_{xyz} 包括以下影响因素：

- 材料（如洁净度、硬度、表面结构、疲劳极限、温度响应）；
- 润滑（如粘度、轴承转速、轴承尺寸、润滑剂类型、添加剂）；
- 环境（如污染程度、湿度）；
- 杂质颗粒（如硬度、尺寸、形状、材料）；
- 套圈中内应力（如制造过程产生的、安装后套圈过盈产生的内应力）；
- 安装（如装拆损伤、不同心）；



——轴承载荷。

也就是说以上任何因素的改变，都直接影响到轴承的寿命，在选用轴承时，应充分考虑各方面因素的影响，给出合适的系数，从而避免选用不当面达不到预期效果。

关于寿命计算方法，可参阅国家标准GB/T6391-2003

5.1.4 计算实例

某一场合工作转速为800r/m，仅承受一径向载荷 $F_r = 3000\text{N}$ ，要求基本额定寿命最少30000小时，选择轴承型号。

解法一：计算法

根据公式

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10} = \frac{16666}{n} \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

根据 $L_{10h} = 30000$ 小时，转速 = 800r/m，由于仅承受一径向载荷，所以当量载荷 $P = F_r = 3000\text{N}$ ，从而得出轴承的额定动载荷 $C = 33877\text{N}$ 。

解法二：查表法

在右图上连接转速 $n(800\text{r/m})$ 的点和设定的基本额定寿命 L_{10h} (30000小时)的点划一直线，直线与中间C/P值线的交点就是所求的C/P值，从图中看出 $C/P=11.3$ ，

$C/P = 11.3$ ， $P = F_r = 3000\text{N}$ ，轴承的额定动载荷 $C = 33900\text{N}$

根据轴承的额定动载荷 $C_r = 33900\text{N}$ ，查本目录第 B-70 页，UC210的 $C_r = 35000\text{N} > 33900\text{N}$ ，选择210或以上的型号即可，也可根据应用场合的特殊需要选取其他锁紧方式的轴承。

寿命计算图表

