



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

滚动轴承

滚动轴承的寿命计算

主讲：范晓珂

目录

- 滚动轴承寿命计算的两类问题
- 滚动轴承寿命计算例题

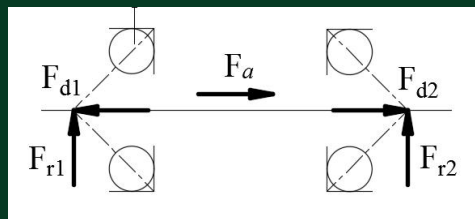
滚动轴承寿命计算的两类问题

- 1、已知轴承的配置和外载荷，轴承寿命是多少？
 - 已知轴承的配置和外载荷→轴承基本额定动载荷C可查得→计算当量动载荷 P_1 和 P_2 →求出轴承寿命 $L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{f_t C}{P} \right)^\epsilon$
 - 可用于轴承寿命验算。

例题13-1

- 一对圆锥滚子轴承7207C支承轴，计算轴承寿命。

- 轴承径向载荷 $F_{r1}=4250\text{N}$ ， $F_{r2}=1500\text{N}$
- 轴向外载荷 $F_a=1200\text{N}$
- 转速 $n=1380\text{r/min}$
- 载荷系数 $f_p=1.2$ ，温度系数 $f_t=1$



- 分析

- 轴承径向载荷 F_{r1} 、 F_{r2} → 派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} ；
- 轴承放松或压紧 → 轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} ；
- F_{r1} 、 F_{r2} 和 F_{a1} 、 F_{a2} → 当量动载荷 P_1 、 P_2 。

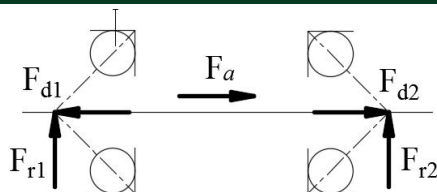
例题13-1

- ①由轴承径向载荷 $F_{r1}=4250\text{N}$, $F_{r2}=1500\text{N}$, 查手册确定各轴承派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} ;

查表, 70000C型 $F_d=eF_r$, 初估 $e=0.5$

$$F_{d1}=eF_{r1}=0.5 \times 4250=2125\text{N}$$

$$F_{d2}=eF_{r2}=0.5 \times 1500=750\text{N}$$



约有半数滚动体接触时派生轴向力 F_d 的计算公式

圆锥滚子轴承	角接触球轴承		
	70000C ($\alpha=15^\circ$)	70000AC ($\alpha=25^\circ$)	70000B ($\alpha=40^\circ$)
$F_d = \frac{F_r}{2Y}$	$F_d = eF_r$	$F_d = 0.68F_r$	$F_d = 1.14F_r$

例题13-1

- ②分析各轴承派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} 与轴向外载荷 F_a 的关系，确定各轴承的轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} ；

$$F_{d1}=2125N$$

$F_{d2}=750N$ 与轴向外载荷 $F_a=1200N$ 方向一致

$$F_{d2} + F_a < F_{d1}$$

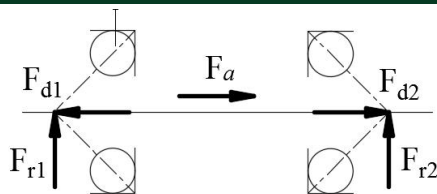
轴有向左窜动的趋势

轴承1放松 $F_{a1}=F_{d1}=2125N$

轴承2压紧 $F_{a2}=F_{d1}-F_a=925N$

查表，轴承7207C，基本额定动载荷 $C=30.5KN$ ，基本额定静载荷 $C_0=20KN$

$$\text{计算 } \frac{F_{a1}}{C_0} = \frac{2125}{20000} = 0.106 \quad \frac{F_{a2}}{C_0} = \frac{925}{20000} = 0.046$$



例题13-1

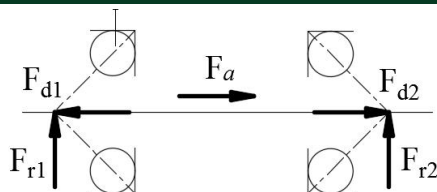
- ②分析各轴承派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} 与轴向外载荷 F_a 的关系，确定各轴承的轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} ；

根据 $\frac{F_{a1}}{C_0} = \frac{2125}{20000} = 0.106$ $\frac{F_{a2}}{C_0} = \frac{925}{20000} = 0.046$

查表

径向动载荷系数 X 和轴向动载荷系数 Y (节选)

轴承类型		相对轴向载荷 F_a/C_0	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		判断系数 e	
名称	代号		X	Y	X	Y		
角接触球轴承	70000C $\alpha=15^\circ$	0.015	1	0	0.44	1.47	0.38	
		0.029				1.40	0.40	
		0.058				1.30	0.43	
		0.087				1.23	0.46	
		0.120				1.19	0.47	
		0.170				1.12	0.50	
		0.290				1.02	0.55	
		0.440				1.00	0.56	
		70000AC $\alpha=25^\circ$		1	0	0.41	0.87	0.68
		70000B $\alpha=40^\circ$		1	0	0.35	0.57	1.14



$$\begin{aligned}
 e_1 &= 0.47 - \frac{0.120 - 0.106}{0.120 - 0.087} \times (0.47 - 0.46) \\
 &= 0.466 \\
 e_2 &= 0.40 + \frac{0.046 - 0.029}{0.058 - 0.029} \times (0.43 - 0.40) \\
 &= 0.418
 \end{aligned}$$

例题13-1

- ②分析各轴承派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} 与轴向外载荷 F_a 的关系，确定各轴承的轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} ；

重新计算

$$F_{d1} = eF_{r1} = 0.466 \times 4250 = 1980.5N$$

$$F_{d2} = eF_{r2} = 0.418 \times 1500 = 627N$$

$$F_a = 1200N$$

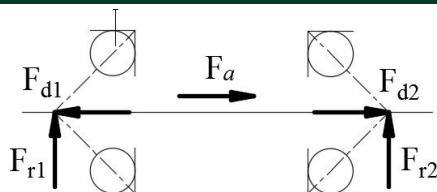
$F_{d2} + F_a < F_{d1}$ ，轴有向左窜动的趋势

轴承1放松 $F_{a1} = F_{d1} = 1980.5N$

轴承2压紧 $F_{a2} = F_{d1} - F_a = 780.5N$

轴承7207C基本额定动载荷 $C_0 = 20KN$

$$\text{计算 } \frac{F_{a1}}{C_0} = \frac{1980.5}{20000} = 0.099 \quad \frac{F_{a2}}{C_0} = \frac{780.5}{20000} = 0.039$$



例题13-1

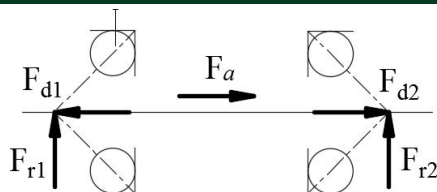
- ②分析各轴承派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} 与轴向外载荷 F_a 的关系，确定各轴承的轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} ；

根据
查表

$$\frac{F_{a1}}{C_0} = 0.099 \quad \frac{F_{a2}}{C_0} = 0.039$$

径向动载荷系数 X 和轴向动载荷系数 Y (节选)

轴承类型		相对轴向载荷	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		判断系数 e
名称	代号	F_a/C_0	X	Y	X	Y	
角接触球轴承	70000C $\alpha=15^\circ$	0.015	1	0	0.44	1.47	0.38
		0.029				1.40	0.40
		0.058				1.30	0.43
		0.087				1.23	0.46
		0.120				1.19	0.47
		0.170				1.12	0.50
		0.290				1.02	0.55
		0.440				1.00	0.56
		0.580	1.00	0.56			
		70000AC $\alpha=25^\circ$		1	0	0.41	0.87
	70000B $\alpha=40^\circ$		1	0	0.35	0.57	1.14



$$\begin{aligned}
 e_1 &= 0.47 - \frac{0.120 - 0.099}{0.120 - 0.087} \times (0.47 - 0.46) \\
 &= 0.464 \\
 e_2 &= 0.40 + \frac{0.039 - 0.029}{0.058 - 0.029} \times (0.43 - 0.40) \\
 &= 0.410
 \end{aligned}$$

例题13-1

- ②分析各轴承派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} 与轴向外载荷 F_a 的关系，确定各轴承的轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} ；

取 $e_1=0.464$ ， $e_2=0.410$

计算 $F_{d1}=eF_{r1}=0.464 \times 4250=1972N$

$F_{d2}=eF_{r2}=0.410 \times 1500=615N$

$F_a=1200N$

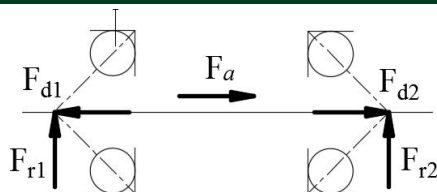
$F_{d2} + F_a < F_{d1}$ ，轴有向左窜动的趋势

轴承1放松 $F_{a1}=F_{d1}=1972N$

轴承2压紧 $F_{a2}=F_{d1}-F_a=772N$

轴承7207C基本额定动载荷 $C_0=20kN$

计算 $\frac{F_{a1}}{C_0} = \frac{1972}{20000} = 0.0986$ $\frac{F_{a2}}{C_0} = \frac{772}{20000} = 0.0386$



例题13-1

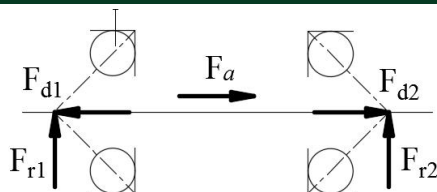
- ②分析各轴承派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} 与轴向外载荷 F_a 的关系，确定各轴承的轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} ；

根据 $\frac{F_{a1}}{C_0} = 0.0986$ $\frac{F_{a2}}{C_0} = 0.0386$

查表

径向动载荷系数X和轴向动载荷系数Y(节选)

轴承类型		相对轴向载荷 F_a/C_0	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		判断系数e
名称	代号		X	Y	X	Y	
角接触球轴承	70000C $\alpha=15^\circ$	0.015	1	0	0.44	1.47	0.38
		0.029				1.40	0.40
		0.058				1.30	0.43
		0.087				1.23	0.46
		0.120				1.19	0.47
		0.170				1.12	0.50
		0.290				1.02	0.55
		0.440				1.00	0.56
		0.580				1.00	0.56
		70000AC $\alpha=25^\circ$		1	0	0.41	0.87
	70000B $\alpha=40^\circ$		1	0	0.35	0.57	1.14



$$e_1 = 0.47 - \frac{0.120 - 0.0986}{0.120 - 0.087} \times (0.47 - 0.46) = 0.464$$

$$e_2 = 0.40 + \frac{0.0386 - 0.029}{0.058 - 0.029} \times (0.43 - 0.40) = 0.410$$

例题13-1

- ②分析各轴承派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} 与轴向外载荷 F_a 的关系，确定各轴承的轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} ；

两次计算 e 值已经相差很小

取定 $e_1=0.464$ ， $e_2=0.410$

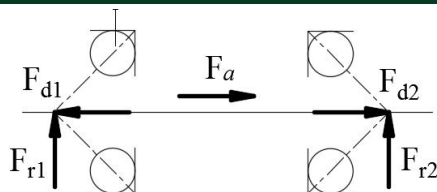
则 $F_{a1}=1972N$ ， $F_{a2}=772N$

计算 $\frac{F_{a1}}{F_{r1}} = 0.464 = e_1$ $\frac{F_{a2}}{F_{r2}} = 0.515 > e_2$

查表得 $X_1=1$ ， $Y_1=0$

$X_2=0.44$ ，

$$Y_2 = 1.3 + \frac{0.43 - 0.41}{0.43 - 0.40} \times (1.4 - 1.3) = 1.367$$



径向动载荷系数 X 和轴向动载荷系数 Y (节选)

轴承类型		相对轴向载荷	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		判断系数 e
名称	代号	F_a/C_0	X	Y	X	Y	
角接触球轴承	70000C $\alpha=15^\circ$	0.015	1	0	0.44	1.47	0.38
		0.029				1.40	0.40
		0.058				1.30	0.43
		0.087				1.23	0.46
		0.120				1.19	0.47
		0.170				1.12	0.50
		0.290				1.02	0.55
		0.440				1.00	0.56
	70000AC $\alpha=25^\circ$		1	0	0.41	0.87	0.68
	70000B $\alpha=40^\circ$		1	0	0.35	0.57	1.14

例题13-1

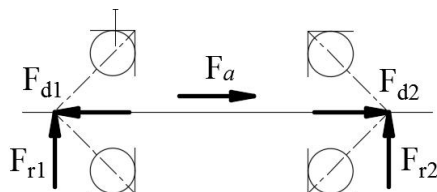
- ③ 计算各轴承的当量动载荷 P_1 、 P_2 ；

由 $X_1=1, Y_1=0$

$X_2=0.44, Y_2=1.367$

计算 $P_1=f_p(XF_{r1}+YF_{a1})=5100N$

$P_2=f_p(XF_{r2}+YF_{a2})=2058.389N$



- ④ 计算各轴承的寿命

$$L_{h1} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{f_t C}{P_1} \right)^\varepsilon$$

$$= \frac{10^6}{60 \times 1380} \times \left(\frac{30500}{5100} \right)^3 = 2583.207h$$

$$L_{h2} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{f_t C}{P_2} \right)^\varepsilon$$

$$= \frac{10^6}{60 \times 1380} \times \left(\frac{30500}{2058.389} \right)^3 = 39290.43h$$

滚动轴承寿命计算的两类问题

- 2、已知轴承的配置、外载荷以及轴承的预期寿命 L_h ，轴承的基本额定动载荷 C 应取多少？

– 已知轴承的配置和外载荷 → 计算当量动载荷 P_1 和 P_2 → 计算轴承的预期基本额定动载荷 $C' = P_\varepsilon \sqrt{\frac{60nL_h}{10^6}}$ → 按照 $C' \leq C$

查表选择轴承

– 可用于按照预期寿命设计轴承型号

例题13-2

- 某机床轴支承选用深沟球轴承，请选择轴承型号。已知：
 - 轴上载荷： $F_r=1810\text{N}$ ， $F_a=740\text{N}$
 - 安装轴承处轴径 $d=35\text{mm}$ ，轴转速 $n=2900\text{r/min}$
 - 轴承预期寿命 $L'_h=6000\text{h}$
- 分析
 - 使用深沟球轴承承受径向载荷和轴向载荷的双重作用
 - 需要计算当量动载荷 $P=f_p(XF_r+YF_a)$
 - 根据预期寿命要求计算预期基本额定动载荷
 - 根据预期基本额定动载荷查手册确定基本额定动载荷及轴承型号。

$$C' = P_\varepsilon \sqrt{\frac{60nL_h}{10^6}}$$

例题13-2

- ①由轴上载荷： $F_r=1810\text{N}$ ， $F_a=740\text{N}$ ，可知

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{740}{1810} = 0.409$$

由下表可知， $X=0.56$ ，初估 $Y=1.8$

径向动载荷系数 X 和轴向动载荷系数 Y (节选)

轴承类型		相对轴向载荷	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		判断系数 e
名称	代号	F_a/C_0	X	Y	X	Y	
深沟球轴承	60000	0.025	1	0	0.56	2.0	0.22
		0.040				1.8	0.24
		0.070				1.6	0.27
		0.130				1.4	0.31
		0.250				1.2	0.37
		0.500				1.0	0.44

例题13-2

- ②计算当量动载荷 $P=f_p(XF_r+YF_a)$

查手册可得 $f_p=1.2\sim 1.8$ ，取 $f_p=1.2$

查手册可得 $f_t=1.00$

则 $P=f_p(XF_r+YF_a)=1.2 \times (0.56 \times 1810+1.8 \times 740)=2814.72\text{N}$

载荷系数 f_p

载荷性质	f_p	举例
无冲击或轻微冲击	1.0~1.2	电动机、汽轮机、通风机、水泵等
中等冲击或中等惯性冲击	1.2~1.8	车辆、动力机械、起重机、造纸机、冶金机械、选矿机、卷扬机、机床等
强大冲击	1.8~3.0	破碎机、轧钢机、钻探机、振动筛等

温度系数 f_t

轴承工作温度/°C	≤120	125	150	175	200	225	250	300	350
温度系数 f_t	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60	0.50

例题13-2

- ③根据预期寿命要求计算预期基本额定动载荷

$$\begin{aligned}C' &= P_\varepsilon \sqrt[3]{\frac{60nL'_h}{10^6}} \\ &= 2814.72 \times \sqrt[3]{\frac{60 \times 2900 \times 6000}{10^6}} \\ &= 2.8554 \times 10^4 \text{ N} \\ &= 28.554 \text{ KN}\end{aligned}$$

- ④查手册确定基本额定动载荷及轴承型号
由轴径 $d=35\text{mm}$ ，可初选轴承6307，基本额定动载荷 $C=33.5\text{KN}$ ，基本额定动载荷 $C_0=19.1\text{KN}$

例题13-2

- ⑤ 计算使用轴承6307时的当量动载荷 $P=f_p(XF_r+YF_a)$

计算 $\frac{F_a}{C_0} = \frac{740}{19100} = 0.0387$

插值计算 $Y = 1.8 + \frac{0.040 - 0.0387}{0.040 - 0.025} \times (2.0 - 1.8)$
 $= 1.817$

径向动载荷系数 X 和轴向动载荷系数 Y (节选)

轴承类型		相对轴向载荷	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		判断系数 e
名称	代号	F_a/C_0	X	Y	X	Y	
深沟球轴承	60000	0.025	1	0	0.56	2.0	0.22
		0.040				1.8	0.24
		0.070				1.6	0.27
		0.130				1.4	0.31
		0.250				1.2	0.37
		0.500				1.0	0.44

例题13-2

- ⑤ 计算使用轴承6307时的当量动载荷 $P=f_p(XF_r+YF_a)$

$$X=0.56, Y=1.817$$

$$\text{则 } P=f_p(XF_r+YF_a)=1.2 \times (0.56 \times 1810+1.817 \times 740)=2829.816\text{N}$$

- ⑥ 验算使用轴承6307时的寿命

$$\begin{aligned} L_h &= \frac{10^6}{60n} \left(\frac{f_t C}{P} \right)^\varepsilon \\ &= \frac{10^6}{60 \times 2900} \times \left(\frac{33500}{2829.816} \right)^3 \\ &= 9534.778\text{h} \end{aligned}$$

$$L_h > L'_h$$

- ⑦ 结论：选择深沟球轴承6307能够满足使用寿命要求。

小结

- 1、已知轴承的配置和外载荷，轴承寿命是多少？
 - 已知轴承的配置和外载荷→轴承基本额定动载荷 C 可查得→计算当量动载荷 P_1 和 P_2 →求出轴承寿命
- 2、已知轴承的配置、外载荷以及轴承的预期寿命 L_h ，轴承的基本额定动载荷 C 应取多少？
 - 已知轴承的配置和外载荷→计算当量动载荷 P_1 和 P_2 →计算轴承的预期基本额定动载荷 C' →按照 C' 查表选择轴承