



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

主讲：范晓珂

目录

- 滚动轴承的失效形式和设计准则
- 滚动轴承寿命的基本概念
- 滚动轴承的寿命

滚动轴承的失效形式和设计准则

滚动轴承失效形式

疲劳点蚀 内外圈滚道与滚动体之间变化的接触应力引起，影响轴承的寿命，是滚动轴承的主要失效形式。

永久变形 静强度不足导致

早期磨损

胶合

轴承元件破裂

维护保养不当造成

滚动轴承的失效形式和设计准则

- 设计准则：
 - 主要针对疲劳点蚀（寿命）和静强度计算，确定轴承的尺寸。
 - 磨损和胶合等可通过合理的润滑、密封来预防，必要（高速）时对极限转速进行验算。
 - 在寿命计算时，通常根据机器类型、使用条件及对可靠性的要求确定预期寿命，作为计算依据。

滚动轴承寿命的基本概念

- 单个轴承的寿命
 - 轴承的一个套圈或滚动体首次出现疲劳扩展之前，一个套圈相对于另一个套圈的转数。
 - 影响轴承寿命因素复杂，单个轴承寿命离散性大。

滚动轴承寿命的基本概念

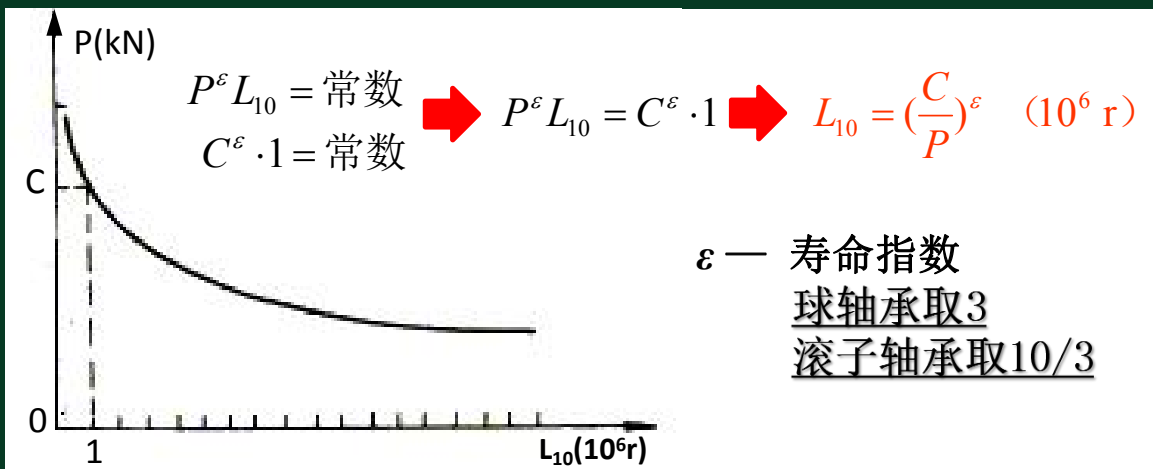
- 基本额定寿命
 - 一组相同条件下运转的、近于相同的轴承，可靠度为90%时的寿命，记做 L_{10} ，单位为 10^6 转。
 - 可靠度为90%：10%的轴承发生点蚀破坏，而90%的轴承不发生点蚀破坏。
 - 基本额定寿命是统计寿命，作为轴承设计寿命，其大小与载荷有关。

滚动轴承寿命的基本概念

- 基本额定动载荷
 - 使轴承基本额定寿命恰好达到 10^6 转时，轴承所能承受的最大载荷值，记作 C 。
 - 表示轴承的承载特性，在特定条件下测得，为常量，查手册可得。
 - 不同类型的滚动轴承基本额定动载荷不同：
 - 向心轴承指纯径向载荷，称径向基本额定动载荷 C_r 。
 - 推力轴承指纯轴向载荷，称轴向基本额定动载荷 C_a 。
 - 向心推力轴承指使套圈之间产生纯径向位移的载荷的径向分量。

滚动轴承的寿命

滚动轴承的载荷与寿命之间的关系



P — 滚动轴承的当量动载荷

一种考虑径向载荷与轴向载荷双重影响，经换算后的假想载荷，效果与某一个基本额定动载荷相当。

滚动轴承的寿命

- 在载荷P作用下的基本额定寿命

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^\varepsilon \quad (10^6 \text{ r})$$

$$L_{10} = \left(\frac{f_t C}{P}\right)^\varepsilon$$

- 用小时数表示基本额定寿命

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^\varepsilon \quad (h)$$

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{f_t C}{P}\right)^\varepsilon$$

- 基本额定动载荷

$$C = P \varepsilon \sqrt[\varepsilon]{\frac{60nL'_h}{10^6}} \quad (N)$$

$$C = \frac{P}{f_t} \varepsilon \sqrt[\varepsilon]{\frac{60nL'_h}{10^6}}$$

- 当 $t > 100^\circ\text{C}$ 时, C的变化引进温度系数 f_t 修正

滚动轴承的寿命

- 当量动载荷 P 计算

$$P=f_p(XF_r+YF_a)$$

- 径向动载荷系数 X
- 轴向动载荷系数 Y
- 附加载荷系数 f_p 反映工作中冲击振动的影响
 - 向心轴承： $P=f_pF_r$
 - 推力轴承： $P=f_pF_a$
 - 向心推力轴承： $P=f_p(XF_r+YF_a)$

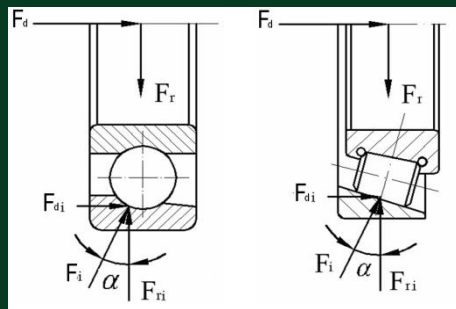
滚动轴承的寿命

• 当量动载荷 P 计算

– 向心推力轴承当量动载荷 P 计算

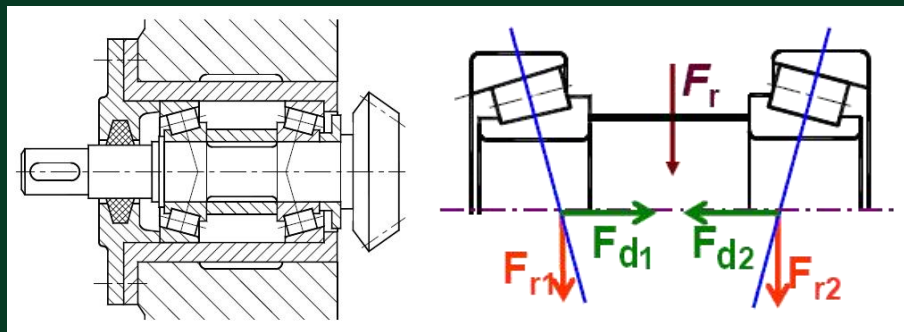
- 向心推力轴承为保证正常工作一般成对使用、反向安装，以使派生轴向力 F_d 互相抵消。

- 派生轴向力的方向，总是由外圈的宽边指向窄边。
- 派生轴向力的大小，取决于轴承的结构和径向外载荷，与轴向外载荷无关。
- 派生轴向力计算式查手册。
- 轴承支反力的作用点的确定查手册。



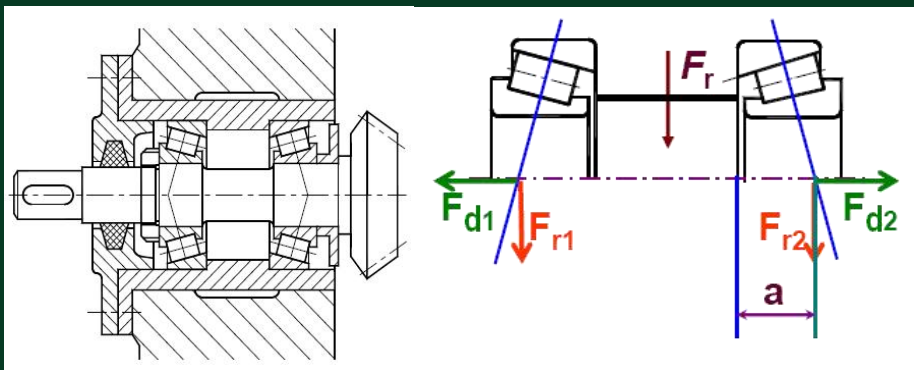
滚动轴承的寿命

- 当量动载荷 P 计算
 - 向心推力轴承当量动载荷 P 计算
 - 正装（面对面安装）：外圈窄边相对。



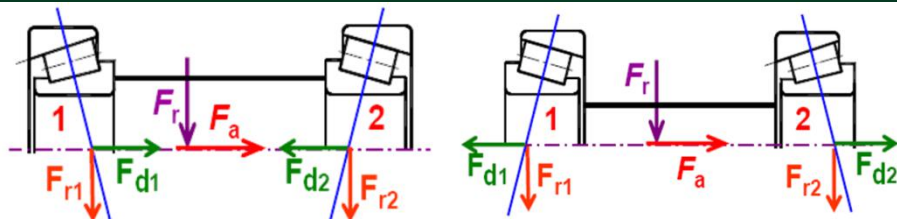
滚动轴承的寿命

- 当量动载荷 P 计算
 - 向心推力轴承当量动载荷 P 计算
 - 反装（背对背安装）：外圈宽边相对。



滚动轴承的寿命

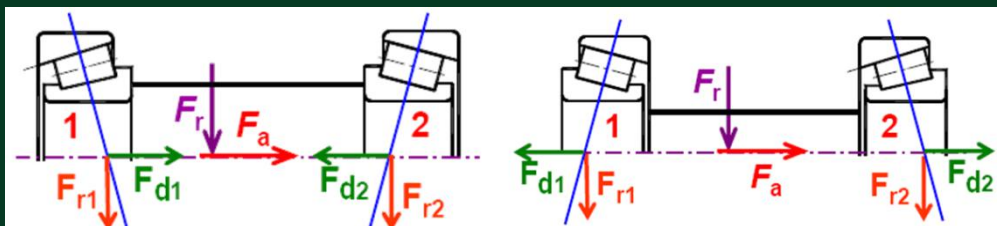
- 当量动载荷 P 计算
 - 向心推力轴承当量动载荷 P 计算
 - 受力分析



比较	$F_{d1} + F_a$ 与 F_{d2}	$F_{d2} + F_a$ 与 F_{d1}
=	轴平衡	轴平衡
>	轴有向右窜动的趋势，轴承1放松 $F_{a1} = F_{d1}$ ，轴承2压紧 $F_{a2} = F_{d1} + F_a$	轴有向右窜动的趋势，轴承1压紧 $F_{a1} = F_{d2} + F_a$ ，轴承2放松 $F_{a2} = F_{d2}$
<	轴有向左窜动的趋势，轴承1压紧 $F_{a1} = F_{d2} - F_a$ ，轴承2放松 $F_{a2} = F_{d2}$	轴有向左窜动的趋势，轴承1放松 $F_{a1} = F_{d1}$ ，轴承2压紧 $F_{a2} = F_{d1} - F_a$

滚动轴承的寿命

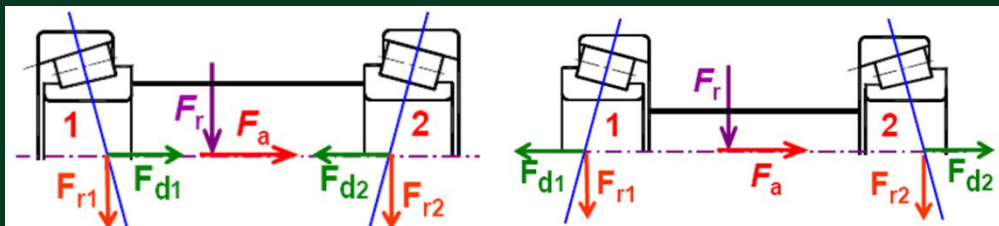
- 当量动载荷 P 计算
 - 向心推力轴承当量动载荷 P 计算
 - 受力分析



- 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；
 - » 判断轴承压紧与放松；
 - » 放松轴承所受轴向力等于自身的派生轴向力；
 - » 压紧轴承所受轴向力等于除自身派生轴向力外的所有轴向力的代数和。

滚动轴承的寿命

- 当量动载荷 P 计算
 - 向心推力轴承当量动载荷 P 计算
 - 计算当量动载荷步骤



- ①由已知外载荷 F_a 、 F_r ，计算各轴承径向反力 F_{r1} 、 F_{r2} ，查手册，确定各轴承派生轴向力 F_{d1} 、 F_{d2} ；
- 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；
- ③确定各轴承的轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} ；
- ④计算各轴承的当量动载荷 P_1 、 P_2 。

小结

- 疲劳点蚀是滚动轴承的主要失效形式，是影响轴承的寿命的主要因素。
- 基本额定寿命是统计寿命，是轴承的设计寿命，其大小与载荷有关，指一组相同条件下运转的、近于相同的轴承，可靠度为90%时的寿命，记做 L_{10} ，单位为 10^6 转。
- 基本额定动载荷是指，使轴承基本额定寿命恰好达到 10^6 转时，轴承所能承受的最大载荷值，记作 C 。
- 轴承寿命计算公式及其变形：

$$L_{10} = \left(\frac{f_t C}{P} \right)^\varepsilon$$

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{f_t C}{P} \right)^\varepsilon$$

$$C = \frac{P}{f_t} \varepsilon \sqrt{\frac{60nL'_h}{10^6}}$$

- 当量动载荷 $P=f_p(XF_r+YF_a)$