

# 第9章 机械零件设计概论

- .. 1 失效
- .. 2 机械零件设计应满足的基本要求
- .. 3 静强度
- .. 4 疲劳强度
- .. 5 接触强度
- .. 6 耐磨性
- .. 7 刚度
- .. 8 工作能力判定条件（计算准则）

# 常用主要零件的设计

螺纹联接

键联接

带传动

齿轮传动

蜗杆传动

轴

滚动轴承

联接件

传动件

支承件

# 主要零件的设计



- .. 选择材料、热处理方式
- .. 计算参数（尺寸）
- .. 结构设计（工艺性）

# 标准零件的选用



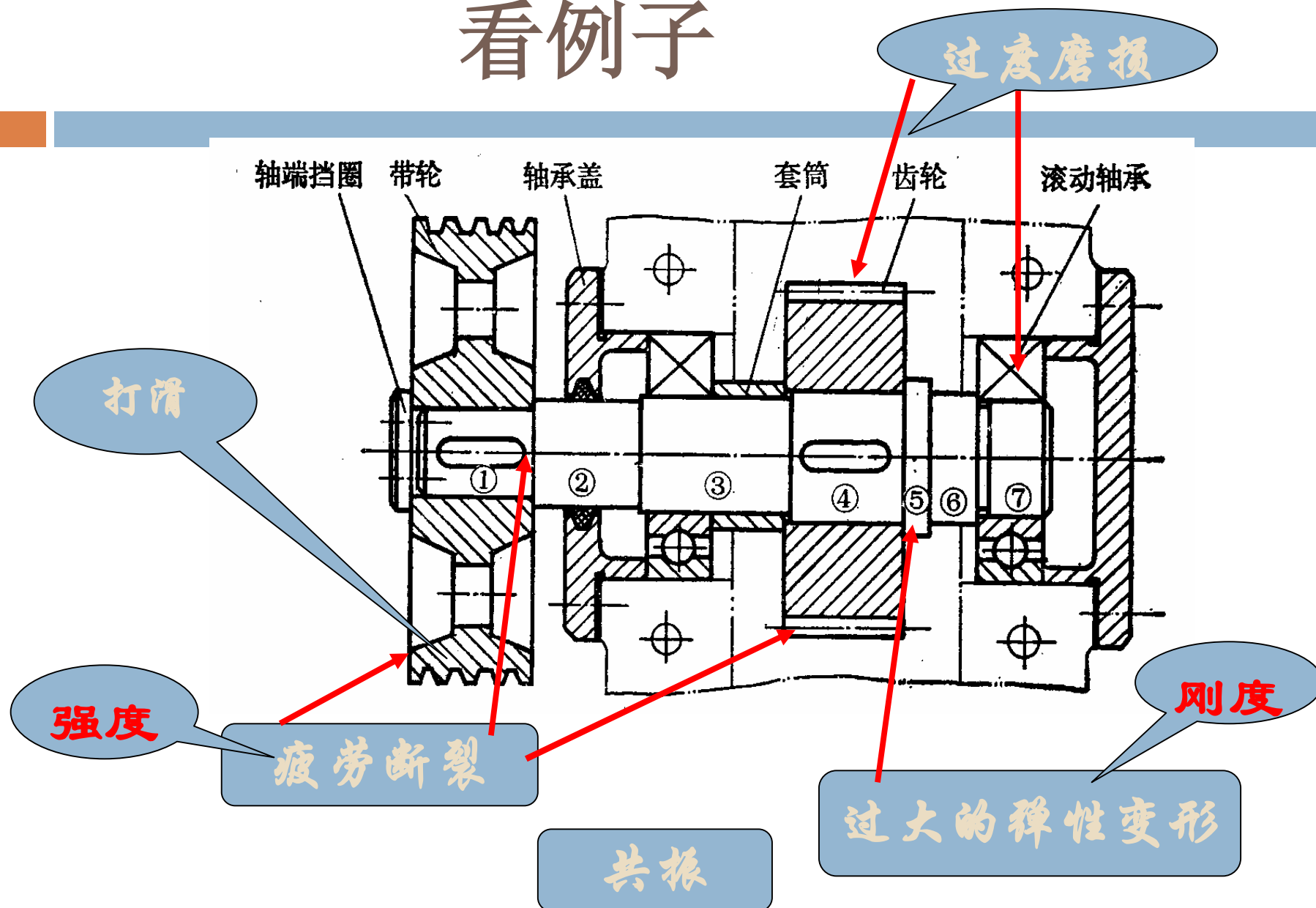
- .. 类型
- .. 结构尺寸
- .. 使用条件

# 1 失效



由于某种原因不能正常工作

# 看例子



# 常见的失效形式

断裂或塑性变形

过大的弹性变形

工作表面的过度磨损或损伤

强烈的振动

联接的松弛

摩擦传动的打滑

# 完成零件的设计

- .. 根据零件工作情况——分析零件承担载荷的情况
- .. 根据载荷情况（经验）——分析失效的形式
- .. 选择材料、根据强度理论计算尺寸参数、设计结构、热处理、加工方法



# 设计目的、依据



时间  
寿命

正常  
不失效

零件在**规定的工作时间**内，**正常工作**

成本低、操作方便、造型美观、维修方便

综合性

## 2 机械零件的设计应满足

强度  
刚度  
耐磨性  
稳定性  
温度

材 料

工 艺

结 构  
尺 寸

# 应力的种类

静应力——静力、变化缓慢的力  
(单位面积)  
变应力——变化的力

循环变应力  
随机

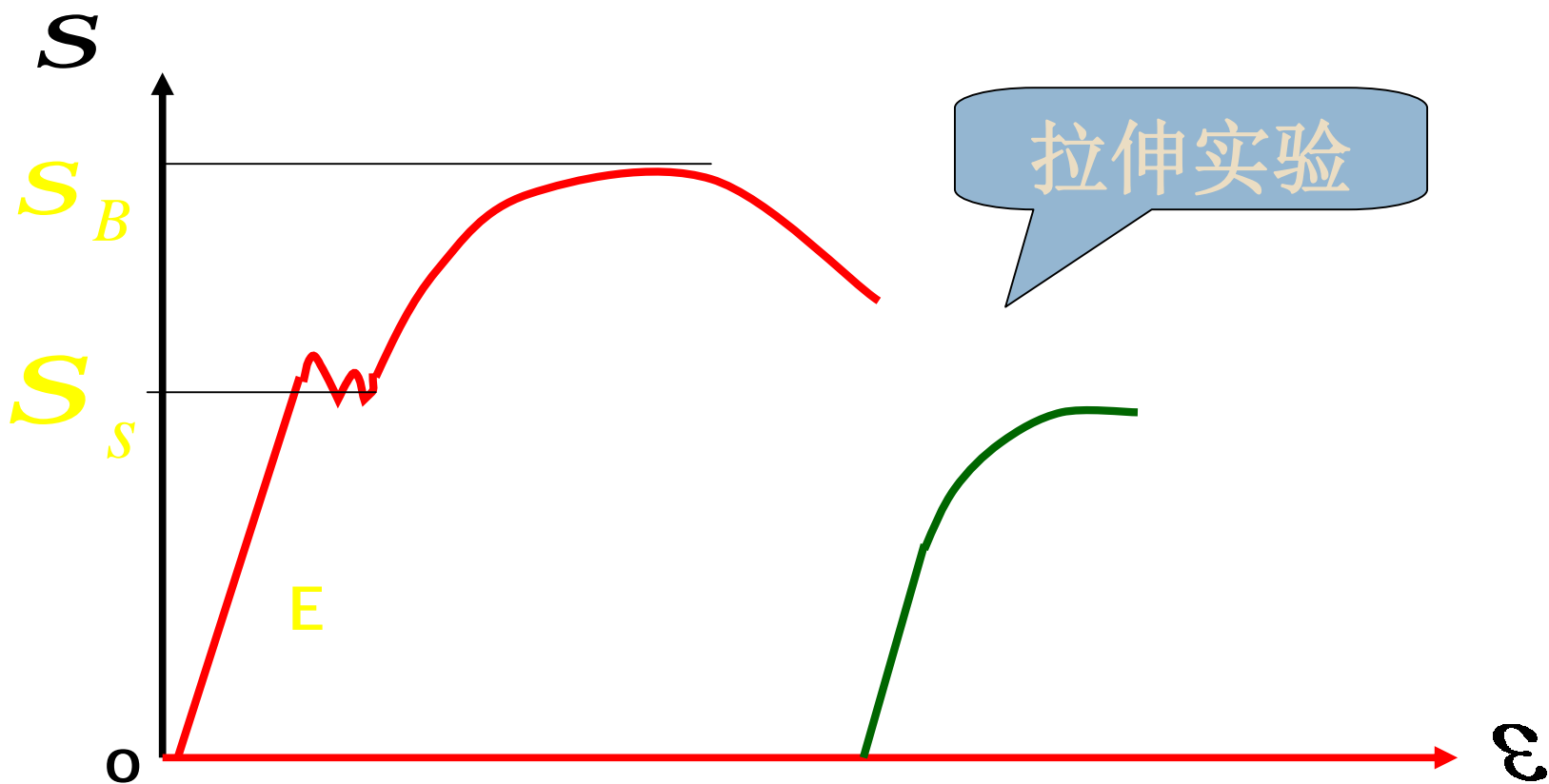
循环特性

$$r = \frac{S_{\min}}{S_{\max}}$$

对称  $r = -1$

脉动  $r = 0$

### 3 静强度



# 静应力下的许用应力

静强度

静力、变化缓慢的力

屈服、抗拉（压缩）

材料力学，材料的拉伸、压缩

$$S_s \quad S_B$$

$$[s] = \frac{S_s}{S}$$

$$[s] = \frac{S_B}{S}$$

# 静强度

应力  $\leq$  许用应力

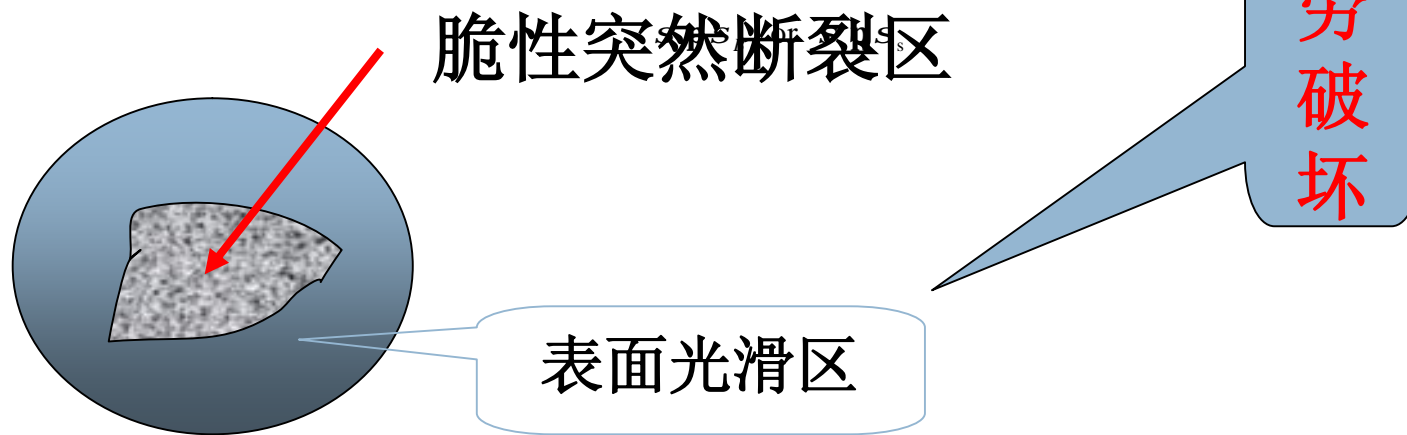
- ∴ 不发生塑性变形
- ∴ 不发生脆性断裂（拉断、压溃）

$$s \leq [s], \text{ 而 } [s] = \frac{s_{\lim}}{S}$$

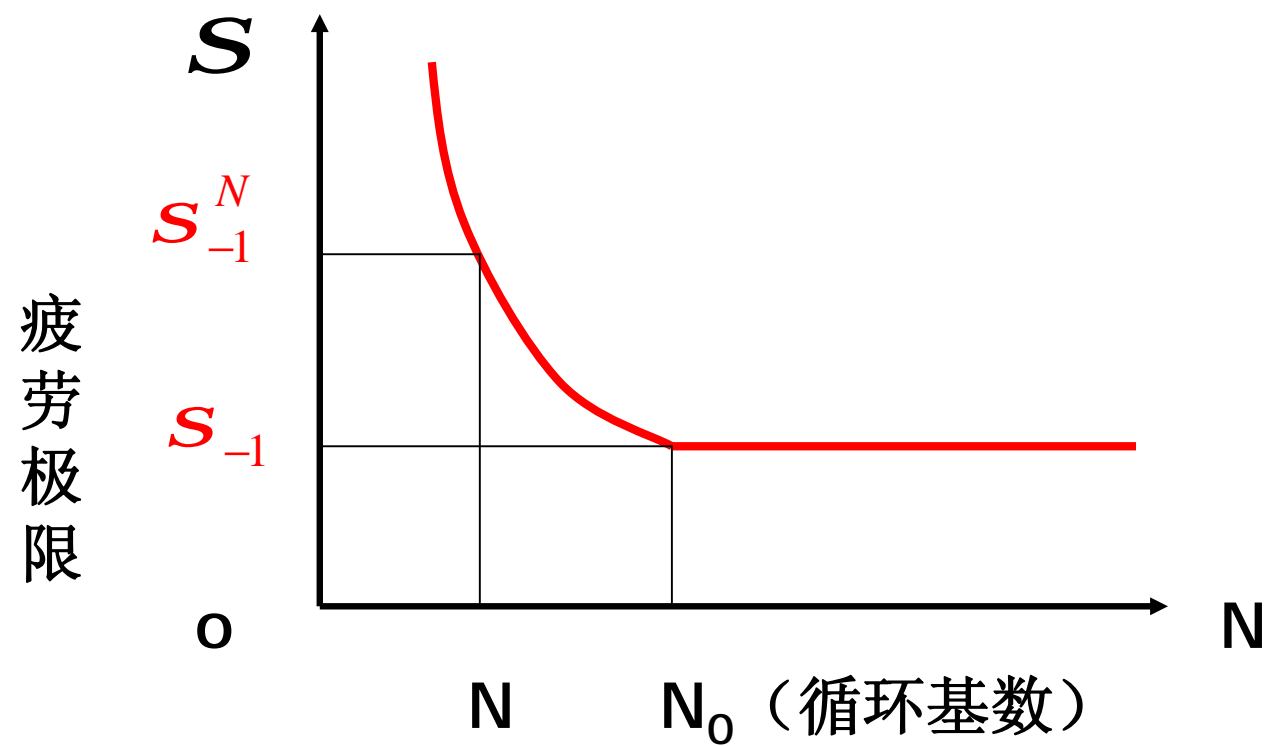
$$t \leq t, \text{ 而 } [t] = \frac{t_{\lim}}{S}$$

## 4 疲劳强度


$s_p s_B$  or  $s_p s_s$



# 疲劳曲线






$$r = -1$$



对称循环变应力

$$r = 0$$



脉动循环变应力

$$r = +1$$



静应力

# 变应力下的许用应力

$$S_{-1N}^m N = S_{-1}^m N_0 = c$$

疲劳曲线

$$S_{-1N} = S_{-1} \sqrt[m]{\frac{N_0}{N}}$$

许用应力

$$[S_{-1}] = \frac{e_s b S_{-1}}{k_s S}$$

$$[S_0] = \frac{e_s b S_0}{k_s S}$$

安全  
有效应力集中  
表面状态  
尺寸

# 疲劳强度

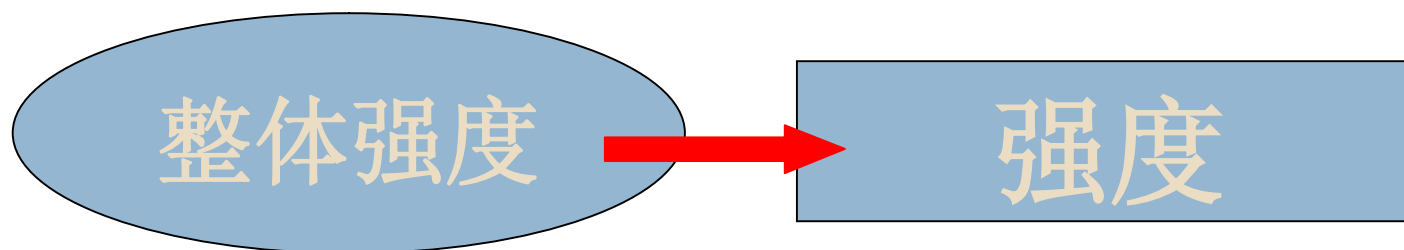
疲劳强度

变化的力  
疲劳实验

$S_{-1}$     $S_0$     $S_r$

$$S \leq [S], \text{ 而 } [S] = \frac{S_{\lim}}{S}$$

$$t \leq t, \text{ 而 } [t] = \frac{t_{\lim}}{S}$$



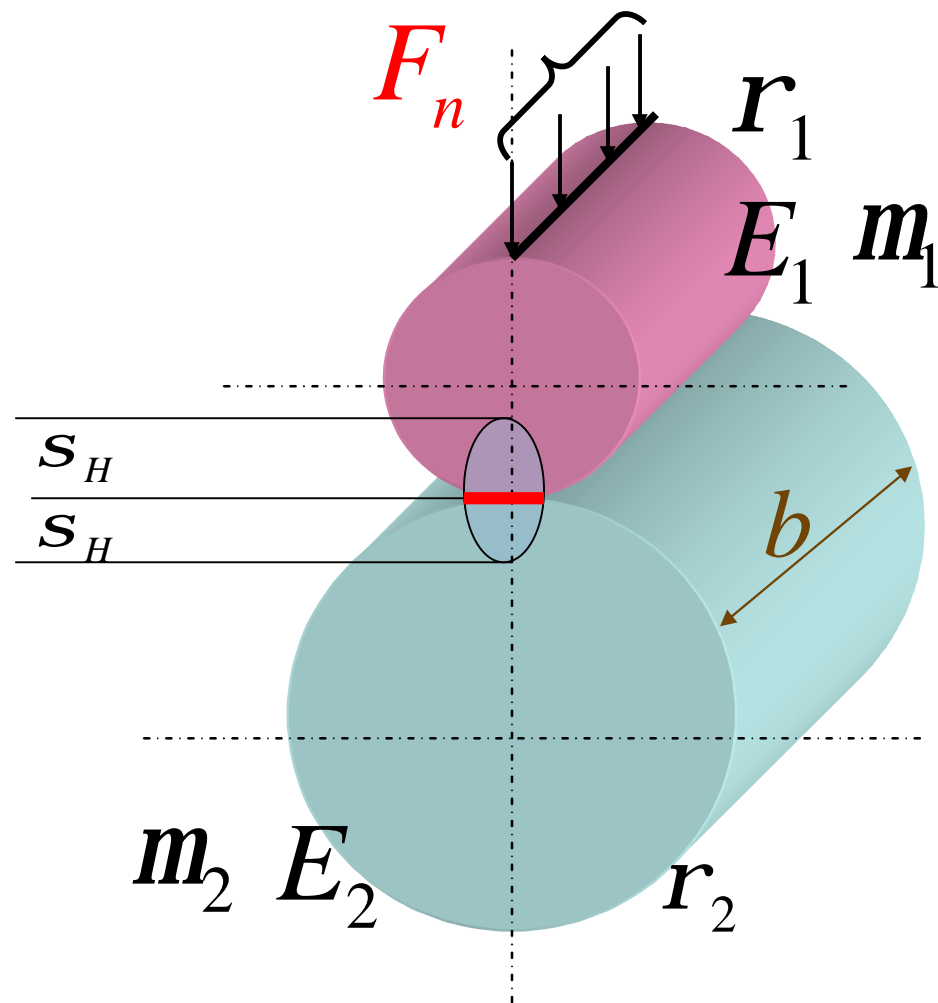
# 5 接触强度

表层

接触应力

接触强度

疲劳点蚀



# 接触应力

弹性力学

$$S_H = \sqrt{\frac{F_n}{pb} \cdot \frac{\frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2}}{\frac{1-m_1^2}{E_1} + \frac{1-m_2^2}{E_2}}}$$

简化

## 整理简化

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2}$$

$$2\frac{1}{E} = \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}$$

$$m_1 = m_2 = m = 0.3$$

$$S_H = \sqrt{\frac{1}{2p(1 - m^2)} \times \frac{F_n E}{br}}$$

# 接触疲劳强度判定条件

$$s_H \leq [s_H]$$

$$[s_H] = \frac{s_{H\lim}}{s_H}$$

$$s_{H\lim} = 2.76HBS - 70 \quad \text{MPa}$$



# 6 耐磨性



磨损 → 摩擦表面物质不断损失

耐磨性 → 零件抗磨损的能力

80%的损坏零件是因磨损而报废

# 磨损的主要类型



**磨粒磨损**

**粘着磨损（胶合）**

**疲劳磨损（点蚀）**

**腐蚀磨损**

# 耐磨计算

$$p \leq [p]$$

$$pv \leq [pv]$$

相对速度较高

# 7 刚度



抵抗弹性变形的能力

$E$  ——弹性模量

## 8 工作能力判定条件（计算准则）

应力  $\leq$  许用应力      变形  $\leq$  许用变形

计算量  $\leq$  许用量

设计计算

校核计算

# 其它（零件分类）

**常用件**

**主要零件** → 设计计算

**一般零件** → 经验、结构

**标准件** → 校核计算

齿轮  
蜗杆  
轴

螺钉、轴承、皮带、键、  
选择尺寸

# 机械零件的载荷

计算载荷



载荷系数

(工作情况系数)

名义载荷

计算应力

名义应力

单位面积上的力 (载荷)

# 安全系数

$S$

$> 1$

工作情况千变万化

结构尺寸大小不一

工艺方法不同



# 常用材料



金属材料	铸铁、钢、铜合金
非金属材料	橡胶、塑料

公差与配合

工艺性

齿轮结构  
轴的结构

基本尺寸

表面粗糙度

标准化

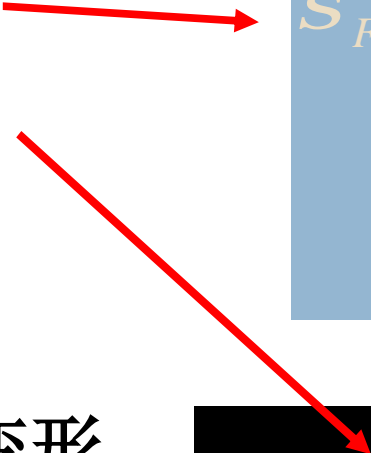
ISO  
GB

优先数系

螺钉直径  
齿轮模数

# 例1 齿轮传动

- .. 轮齿折断
- .. 齿面点蚀
- .. 齿面胶合
- .. 齿面磨损
- .. 齿面塑性变形


$$s_F = \frac{KF_t Y_F}{bm}$$
$$= \frac{2KT_1 Y_F}{bd_1 m} = \frac{2KT_1 Y_F}{bm^2 z_1} \leq [s_F]$$


$$s_H = 336 \sqrt{\frac{(i \pm 1)^3}{i} \frac{KT_1}{ba^2}} \leq [s_H] \text{ N/mm}^2$$

- .. 选择材料
- .. 齿数,  $Z_1, Z_2$
- .. 模数, 齿宽
- .. 设计结构—齿轮轴, 孔, 键槽
- .. 零件图—尺寸公差, 粗糙度, 形位公差, 技术要求

## 例2 滚动轴承

- .. 选择类型
- .. 计算确定尺寸参数
- .. 应用

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \frac{\alpha C}{\epsilon} \frac{\ddot{o}^e}{F \varnothing} \quad \mathbf{h}$$

- 
- .. 概念清楚（公式来源，各项意义，影响）
  - .. 计算手段
  - .. 标准化
  - .. 结构设计