

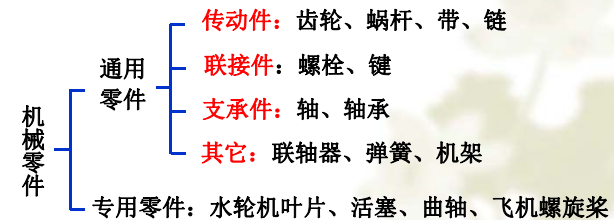
## 第六章 机械零件设计和计算概论

- 6-1 机械零件的工作能力准则
- 6-2 机械制造中常用材料及其选择
- 6-3 许用应力和安全系数
- 6-4 机械零件的工艺性和标准化

### 6-1 机械零件的工作能力准则

#### 一、机械零件分类

- ❖ 机械：机器、机构的总称
- ❖ 构件——运动的单元
- ❖ 零件——制造的单元
- ❖ 零件的设计必须满足工作要求



#### 二、工作能力准则

- ❖ 工作能力：不失效条件下零件的安全工作限度  
这个限度通常是以零件承受载荷的大小来表示，所以又常称为“承载能力”  
如：  
吊钩最大起重量——50 kN  
其工作能力或承载能力——50 kN
- ❖ 工作能力准则：衡量零件工作能力的指标  
对零件设计，针对其主要失效形式选择适合的工作能力准则进行设计
- ❖ 具体包括：强度准则、刚度准则、耐磨性准则、振动稳定性准则、耐热性准则



#### 强度准则

- ❖ 机械零件工作能力的**最基本**准则
- ❖ 强度：材料抵抗断裂或残余变形的能力
- ❖ 强度准则：工作应力≤许用应力
- ❖  $\sigma \leq [\sigma] \text{ 或 } \tau \leq [\tau]$
- 正应力：  $\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S}$
- 切应力：  $\tau \leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S}$
- 极限应力
- ❖ 针对失效形式：断裂、疲劳破坏、残余变形
- ❖ 典型零部件：轴、齿轮、带轮等

### ➤ 刚度准则

- ❖ **刚度**：材料抵抗弹性变形的能力
- ❖ **刚度准则**：实际变形量 $\leq$ 许用变形量
- 弯曲刚度：挠度条件： $y \leq [y]$   
倾角条件： $\theta \leq [\theta]$
- 扭转刚度：扭角条件： $\varphi \leq [\varphi]$
- ❖ **针对失效形式**：过大的弹性变形
- ❖ **典型零部件**：轴、蜗杆等

### ➤ 耐磨性准则

- ❖ **耐磨性**：零件抗磨损的能力
- ❖ 磨损是相当复杂的物理化学过程
- ❖ 影响磨损的因素包括载荷的大小和性质、滑动速度、润滑剂的化学性质和物理性质等
- ❖ **具体包括**：磨粒磨损、粘着磨损、疲劳磨损、腐蚀磨损、冲蚀磨损、微动磨损
- ❖ **针对失效形式**：零件表面破坏
- ❖ **典型零部件**：齿轮、轴承、链等

### ➤ 振动稳定性准则

- ❖ **共振**：当机器的自振频率与周期性干扰力变化频率相同或成整数倍时，就会发生共振，此时振幅急剧增大，导致零件破坏或机器工作条件失常等
- ❖ **振动稳定性**：机器工作时振幅不能超过许可值
- ❖ **振动稳定性准则**： $0.85f > f_p$  或  $1.15f < f_p$
- ❖ **针对失效形式**：共振产生的工作失常
- ❖ **典型零部件**：轴等

### ➤ 耐热性准则

- ❖ 高温引起承载能力降低、蠕变，也会造成热变形、附加热应力，破坏正常的润滑条件，改变零件间的间隙，降低精度等
- ❖ **耐热性准则**：工作温度低于许用值
- ❖ **针对失效形式**：高温引起的润滑不良、蠕变
- ❖ **典型零部件**：蜗杆、齿轮、滑动轴承等

### 三、机械零件常见失效形式

❖ **失效**：丧失工作能力或达不到设计要求的性能，不仅仅指破坏（如带传动中的皮带松弛）

常见主要失效形式有：

❖ **断裂**：如轴、齿轮轮齿发生断裂 **强度问题**



❖ **表面点蚀**：工作表面片状剥落 **强度问题**



❖ **塑性变形**：零件发生永久性变形 **强度问题**



❖ **过大弹性变形**

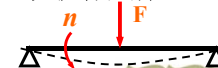
❖ **表面破坏**

**刚度问题**

**耐磨性问题**



❖ **过大振动和噪声、过热等**



❖ 例如轴可能的失效形式：

断裂、塑性变形、过大弹性变形、共振

### 四、机械零件设计过程

❖ **零件设计时的共性**：



❖ **过程**：

- 1、拟定零件的设计简图
- 2、确定载荷的大小及位置
- 3、选择材料
- 4、根据失效形式选用判定条件，设计出零件的主要参数
- 5、绘制零件工作图

## 6-2 机械制造中常用材料及其选择

### 一、常用材料

1 **铸铁**：易成型、价廉、吸振、可靠性差

❖ 灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁

2 **钢**：常用

❖ **碳素钢**：普通碳素钢、优质碳素钢

❖ **合金钢**：综合机械性能好，但较贵

合金钢的优良性能取决于化学成份及热处理

3 **有色金属合金**：有特殊性能，但量少价昂

❖ 铝合金、铜合金（黄铜、青铜）、轴承合金

4 **非金属材料**：

❖ 工程塑料、橡胶、烧结材料、复合材料...

## 不同塑料材质的使用条件



**PET**  
(聚乙烯对苯二甲酸酯)  
适合装暖饮或冻饮, 装热饮或反复使用有害。



**HDPE**  
(高密度聚乙烯)  
用于清洗、沐浴产品, 建议不要循环使用。



**PVC**  
(聚氯乙烯)  
高温有害, 不能受热。



**LDPE**  
(低密度聚乙烯)  
耐热性不强, 超过110°C时易热熔。



**PP(聚丙烯)**  
微波炉餐盒多用该材料, 但盒盖却用PET制造的, 所以在加热时要把盒盖拿下来。



**PS(聚苯乙烯)**  
碗装泡面盒、发泡快餐盒都是这个标准, 耐热抗寒, 但不能放进微波炉中, 也不能用于盛装强酸(如柳橙汁)、强碱性物质, 否则会分解出有害物质。



**Others(其他)**  
常见PC类, 如水壶、太空杯、奶瓶。PA类, 即尼龙, 多用于纤维纺织和一些家电等产品内部的制件。PC在高温情况下易释放出有毒的物质双酚A, 对人体有害。



## 二、热处理方法

- 1 退火
- 2 正火
- 3 淬火
- 4 回火
- 5 表面热处理

## 热处理比较

### 1 退火

- ❖ 降低硬度、提高韧性、细化晶粒、消除内应力

### 2 正火

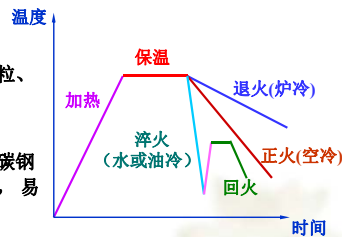
- ❖ 用于处理低碳钢, 代替低碳钢的退火。提高硬度, 增加韧性, 易于切削, 减少应力

### 3 淬火(蘸火)

- ❖ 提高硬度和耐磨性、但内应力增大, 会发脆, 应再回火

### 4 回火

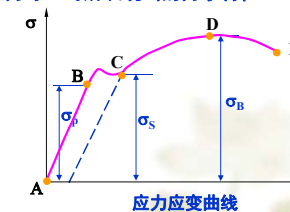
- ❖ 消除淬火后的内应力, 减小脆性, 以获得零件所需的性能, 提高韧性
- ❖ **低温回火**: 高强度、高硬度及良好的耐磨性
- ❖ **中温回火**: 高弹性、硬度中等
- ❖ **高温回火**: 强度、塑性、韧性都较好(**调质**——淬火+高温回火)



## 三、材料力学性能指标

- ◆ 材料在不同环境(温度、介质、湿度)下, 承受各种外加载荷(拉伸、压缩、弯曲、扭转、冲击、交变应力等)时所表现出的力学特征

- ❖ 弹性极限:  $\sigma_P$
- ❖ 屈服强度:  $\sigma_S$
- ❖ 抗拉强度:  $\sigma_B$



## 四、材料选择原则

- ❖ **使用要求**: 载荷性质、结构、主要工作要求、重要程度...
- ❖ **工艺要求**: 加工制造方法(零件形状、生产批量、材料性能)...
- ❖ **经济要求**: 材料价格结合加工费用、材料容易获得...

## 6-3 许用应力和安全系数

### 一、载荷

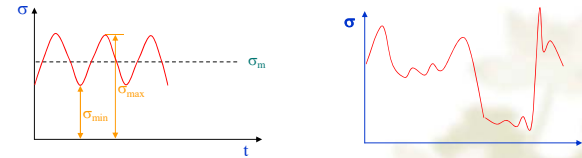
- ❖ 材料的工作应力特性对零件的强度有直接关系
- ❖ 载荷：作用于零件上的力或力矩
- ❖ 名义载荷：理想工作条件下的载荷
- ❖ 工作载荷：机器正常工作时所受的**实际载荷**
- ❖ 计算载荷：作用于零件的实际载荷，考虑各种附加载荷

计算载荷 =  $K \times$  名义载荷

└ 载荷系数

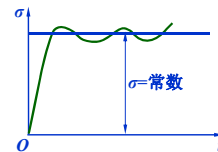
### 二、应力

- ❖ 静应力：不随时间改变或变化缓慢的应力
- ❖ 变应力：随时间作周期性或非周期性变化的应力



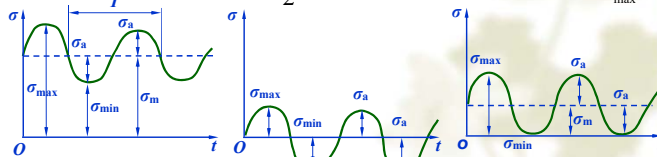
### 应力参数

- ❖ 以正应力 $\sigma$ 为例
- ❖ 最大应力:  $\sigma_{\max}$
- ❖ 最小应力:  $\sigma_{\min}$



❖ 应力幅:  $\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$

❖ 平均应力:  $\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$     ❖ 应力循环特征:  $r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$



任意不对称循环应力

对称循环变应力  $r=1$

脉动循环变应力  $r=0$

### 三、许用应力确定方法

- ❖ 许用应力：设计零件时所依据的条件应力

#### 1 查手册

- ❖ 根据实践经验制成表格选取
- ❖ 原则：零件越重要，选用的安全系数越大；
- ❖ 载荷、材料性能数据越准确，选用的安全系数越小。

#### 2 部分系数法

- ❖ 安全系数  $\uparrow \rightarrow$  许用应力  $\downarrow \rightarrow$  结构笨重
- ❖  $S = S_1 S_2 S_3$     ❖ 安全系数  $\downarrow \rightarrow$  许用应力  $\uparrow \rightarrow$  不够安全
- ❖  $S_1$ ：计算载荷和应力准确性系数 (1~1.5)
- ❖  $S_2$ ：材料的均匀系数 (铸铁:1.5~2.5, 钢:1.2~1.5)
- ❖  $S_3$ ：零件重要性系数 (1~1.5)

#### 四、部分系数法中许用应力的计算

##### 1、静应力下的许用应力

静应力下，零件材料的破坏形式：断裂或塑性变形。

与材料性能有关

❖ 脆性材料取强度极限 $\sigma_B(\tau_B)$

$$\text{许用应力为: } [\sigma] = \frac{\sigma_B}{S}$$

❖ 塑性材料取屈服极限 $\sigma_S(\tau_S)$

$$\text{许用应力为: } [\sigma] = \frac{\sigma_S}{S}$$

##### 2、变应力下的许用应力

变应力下，零件主要的损坏形式是疲劳断裂。

➤ 疲劳断裂的特征：

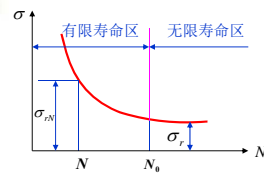
- (1) 疲劳断裂的最大应力远比静应力下材料的强度极限低，甚至比屈服极限低；
- (2) 疲劳断口均表现为无明显塑性变形的脆性突然断裂；
- (3) 疲劳断裂是材料受到反复变化应力作用而累积的结果。

➤ 疲劳断裂的影响因素：

(1) 应力 $\sigma$ ；(2) 应力循环次数 $N$ 。

➤ 疲劳极限 $\sigma_r$ ：材料经过 $N$ 次应力循环后，不发生破坏的应力最大值。

➤ 疲劳极限 $\sigma_r$ 与应力循环次数 $N$ 之间的关系曲线：疲劳曲线。



$N \ll N_0$ ：有限寿命区

$N \geq N_0$ ：无限寿命区

$N_0$ ——循环基数

$\sigma_r$ —— $N_0$ 对应的疲劳极限，对称循环变应力 $\sigma_{-1}$

脉动循环变应力 $\sigma_0$

➤ 变应力下的许用应力：疲劳极限（无限寿命设计）。

考虑零件的切口、圆角等截面突变、绝对尺寸和表面状态等的影响时：

当应力是对称循环变化时，许用应力为：

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\varepsilon_\sigma \beta \sigma_{-1}}{k_\sigma S}$$

当应力是脉动循环变化时，许用应力为：

$$[\sigma_0] = \frac{\varepsilon_\sigma \beta \sigma_0}{k_\sigma S}$$

$k_\sigma$ ——应力集中系数

$\varepsilon_\sigma$ ——尺寸系数

$\beta$ ——表面状态系数



## 6-4 机械零件的工艺性和标准化

### 一、工艺性

主要体现在下面三个方面：

#### 1. 毛坯选择合理

铸件、锻件、型材...？单件生产、批量生产？

#### 2. 结构设计合理

几何形状力求简单，截面大小尽可能均匀...

#### 3. 制造精度及表面粗糙度选择合理

### 二、标准化

品种规格的系列化、零部件的通用化、产品质量标准化

国际标准ISO、国家标准GB、行业标准(JB、YB、QB)、企业标准

标准又分为强制性(GB)和推荐性(GB/T)两种

这些标准在机械手册中可以查到，我们应学会查手册

作业：6-2，6-5