



# 机械工程材料及热加工工艺

安玉民，副教授

河北工业大学，机械工程学院

邮箱：anyumin@hebut.edu.cn

## 绪论

第1章 机械工程材料的性能

第2章 金属的晶体结构与结晶

第3章 合金的晶体结构与相图

第4章 铁碳合金相图和碳钢

第5章 钢的热处理

第6章 合金钢

第7章 铸铁

第8章 有色金属及其合金

第9章 非金属材料与新型材料

**第10章 铸造成型**

第11章 锻压成型

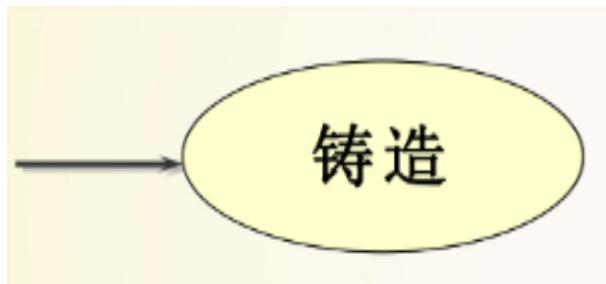
第12章 焊接与胶接成形

第13章 非金属材料成形

第14章 机械零件材料及毛坯的选择与质量检验



# 铸铁和铸钢



成形理论基础



机床, 内燃机: 铸件占70-80%

拖拉机, 农用机械: 铸件占50-70%

# 合金的铸造性能



- 一：金属的凝固
- 二：金属与合金的液态成形性能
- 三：液态成形性能对铸件质量的影响

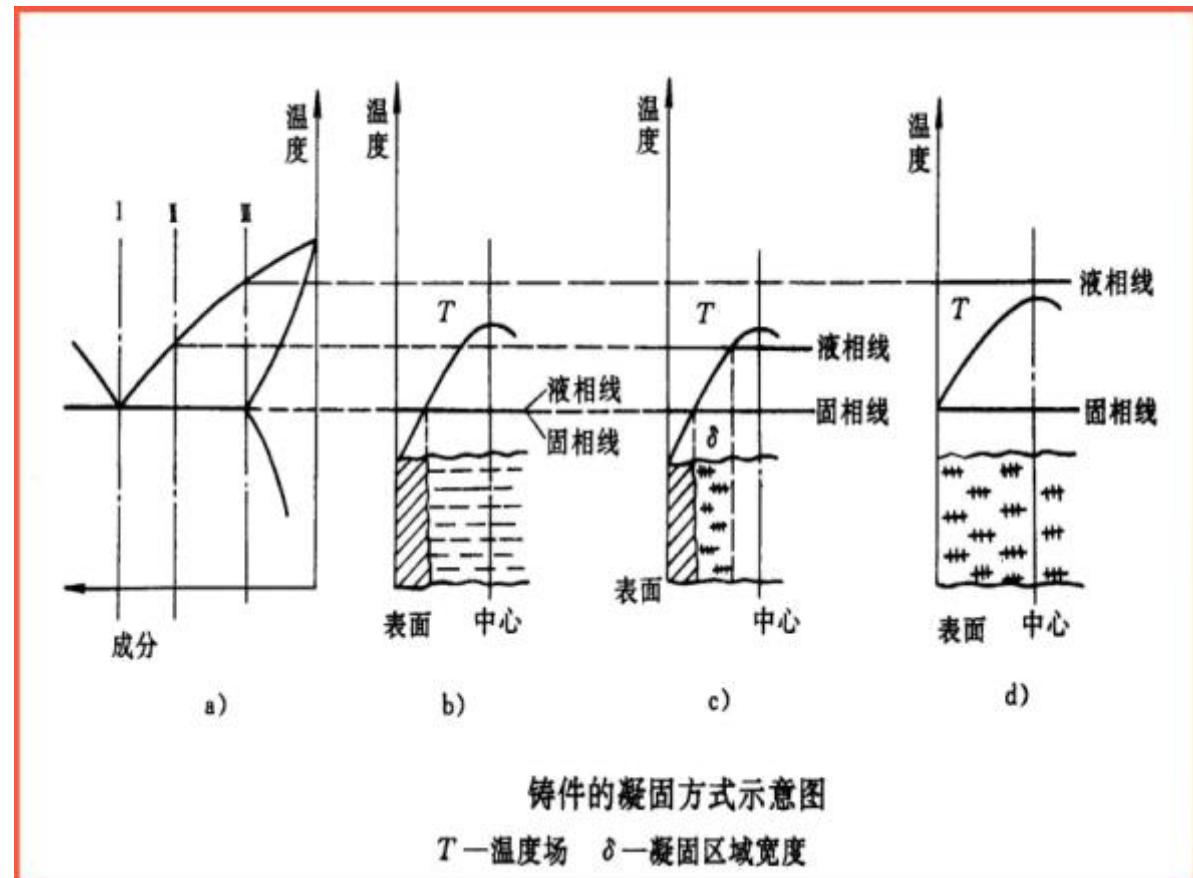


## 一、金属的凝固

### 1. 液态金属凝固

形核和长大

### 2. 铸件凝固方式

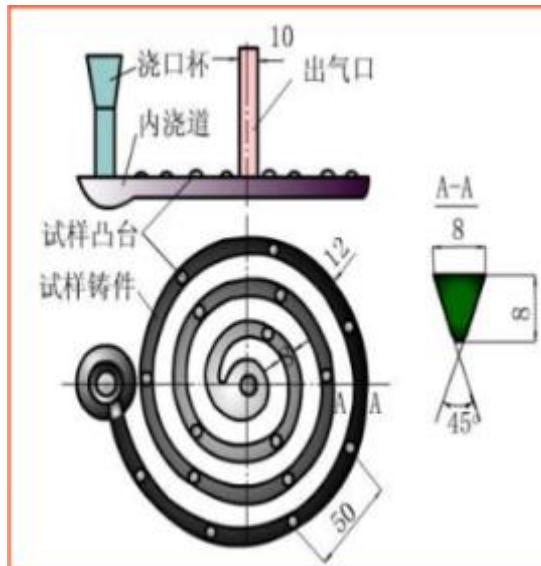


## 二、金属与合金的液态成形性能

▪ **液态成形性能：**即铸造性能，是表示合金铸造成形获得优质铸件的能力。用充型能力、收缩性等来衡量。

### 1. 合金的充型能力及影响因素

- (1) **铸型**（铸型的蓄热能力、铸型温度、铸型的透气性）
- (2) **浇注条件**：浇注温度 在保证流动性足够的条件下，浇注温度应尽可能低；  
充型压力 压力越大，充型能力越好。
- (3) **铸件结构**（铸件壁厚过小、壁厚急剧变化、结构复杂、）



## »»» § 10.1 合金的铸造性能

### 二、金属与合金的液态成形性能

#### 2. 合金的收缩：

(1) 收缩：液态金属在冷却凝固过程中，体积和尺寸减小的现象

#### (2) 收缩三阶段：

**液态收缩**，表现为型腔内液面降低；

**凝固收缩**，表现为型腔内液面降低；

**固态收缩**，表现为三个方向尺寸的减小。

#### 体收缩率：

$$\varepsilon_v = (V_0 - V_1) / V_0 \times 100\% = \alpha_v (t_0 - t_1) \times 100\%$$

#### 线收缩率：

$$\varepsilon_l = (l_0 - l_1) / l_0 \times 100\% = \alpha_l (t_0 - t_1) \times 100\%$$

式中  $V_0, V_1$ —合金在  $t_0, t_1$  时的体积 ( $\text{m}^3$ )

$l_0, l_1$ —合金在  $t_0, t_1$  时的长度 (m)

$\alpha_v, \alpha_l$ —合金在  $t_0$  到  $t_1$  温度范围内的体收缩系数  
和线收缩系数 ( $1/\text{^\circ C}$ )

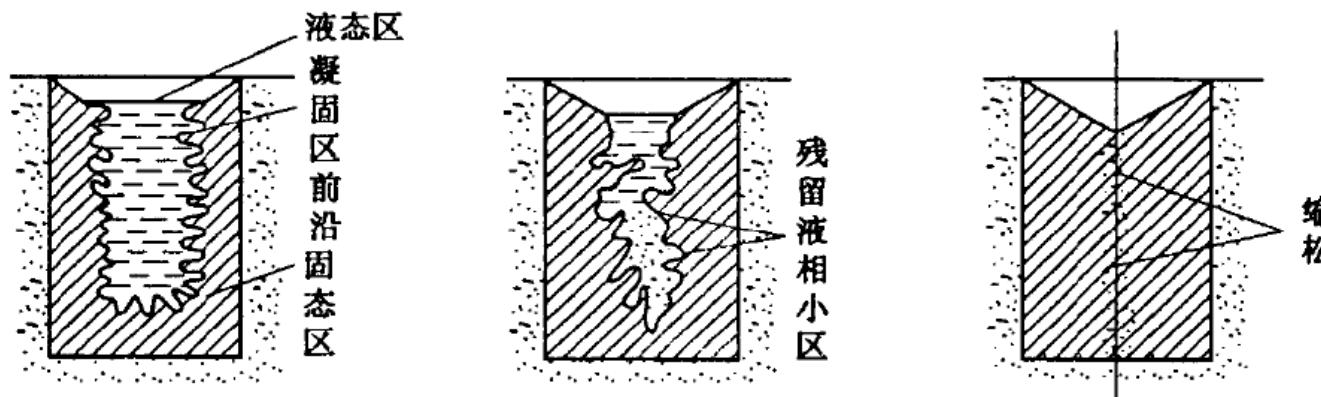
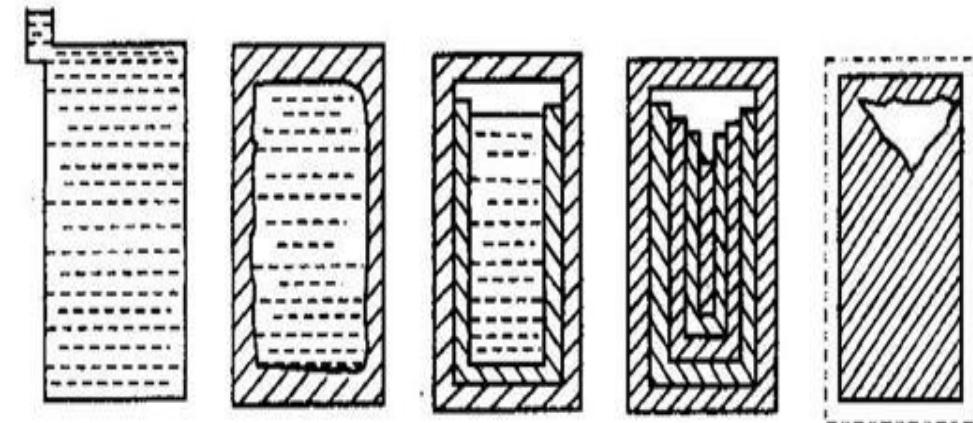
### 三、液态成形性能对铸件质量的影响

#### 1. 收缩的结果：

液态和固态收缩是造成缩孔、缩松的原因；

固态收缩造成应力、变形和裂纹的原因。

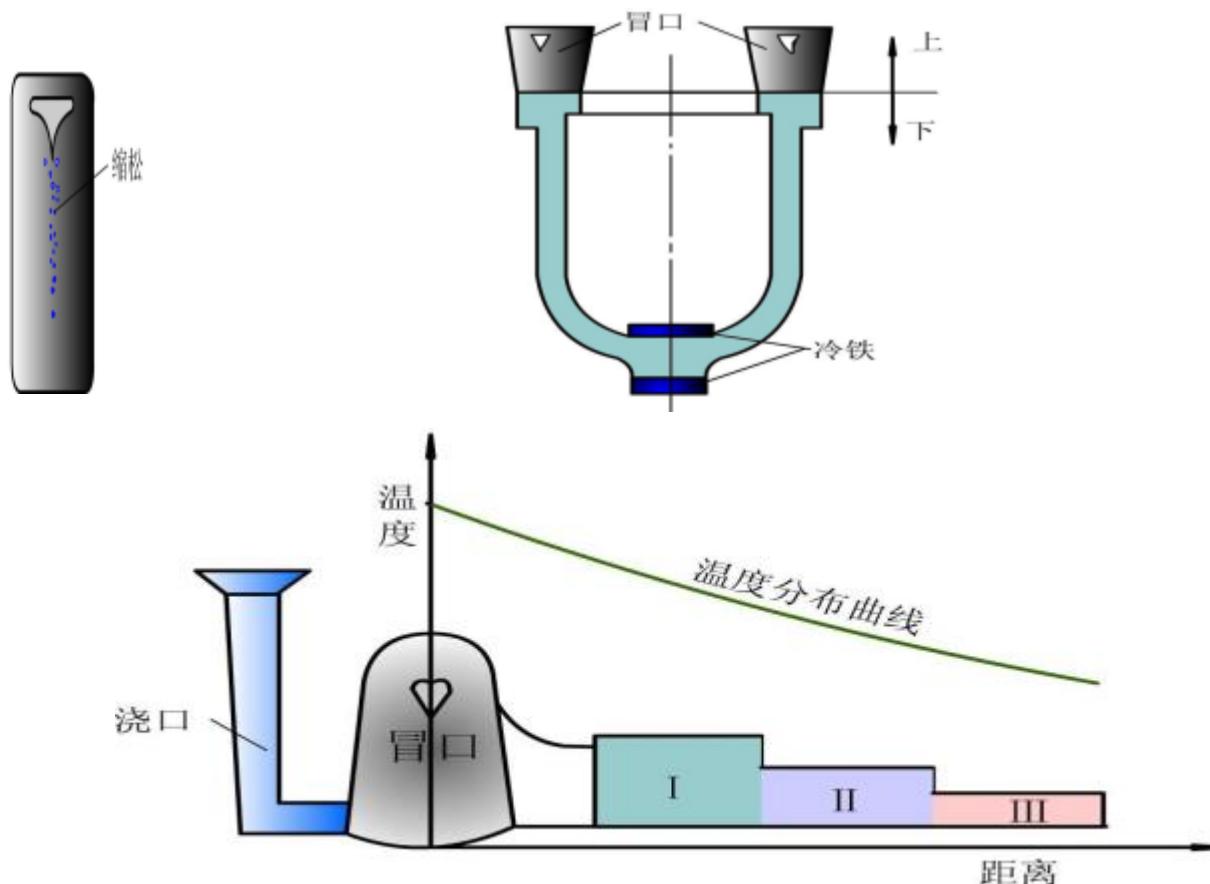
##### (1) 缩孔和缩松





## 三、液态成形性能对铸件质量的影响

### (2) 缩孔的防止

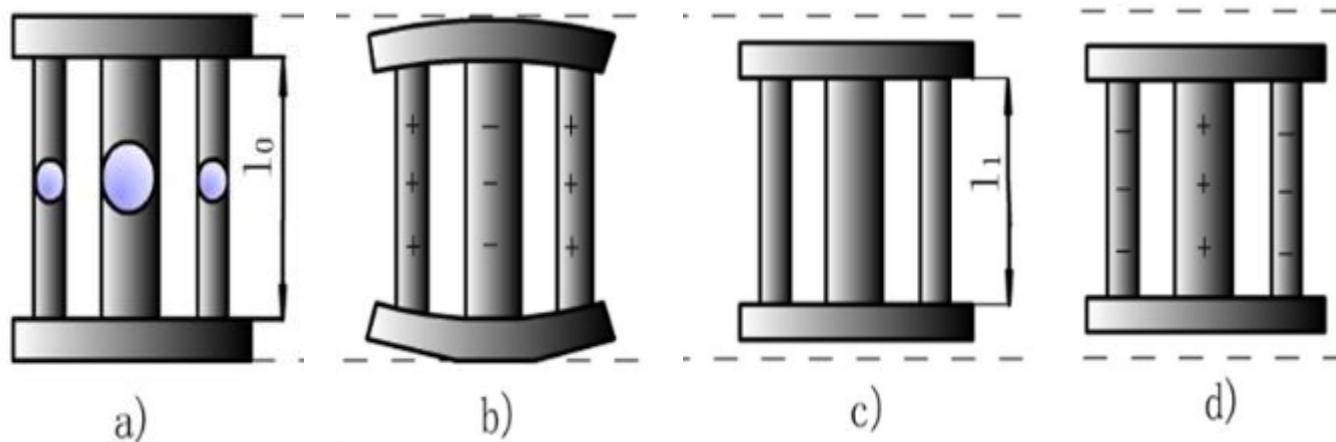




### 三、液态成形性能对铸件质量的影响

#### 2. 铸造应力

(1) 热应力：铸件各部分冷却速度不同，造成在同一时期内，铸件各部分收缩不一致而产生的应力。



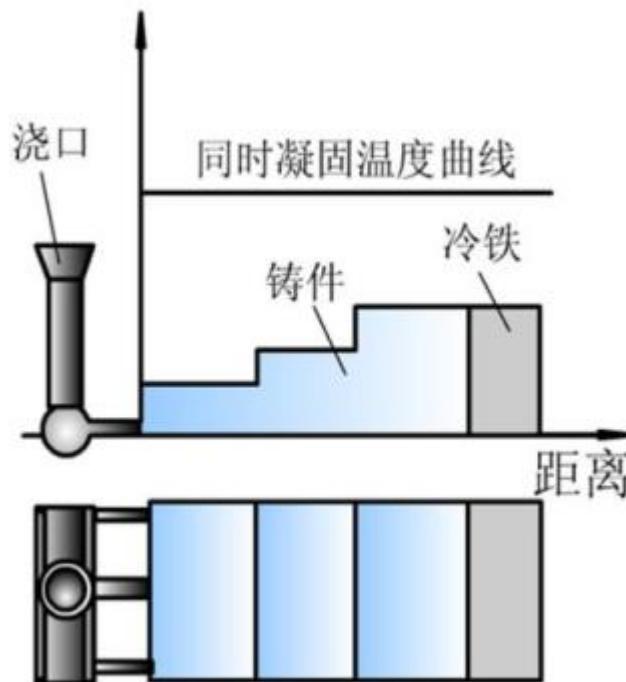
- (2) 固态相变应力：铸件由于固态相变，各部分体积发生不均衡变化引起的
- (3) 收缩应力：铸型、型芯、浇冒口、箱挡对铸件收缩的阻碍产生的应力。



### 三、液态成形性能对铸件质量的影响

#### (3) 减小和消除铸造应力的措施：

- 合理设计铸件；
- 选用线收缩率小的合金；
- 时效处理；
- 改善铸型、型芯的退让性；
- 采用同时凝固的工艺。
- 进行去应力退火。





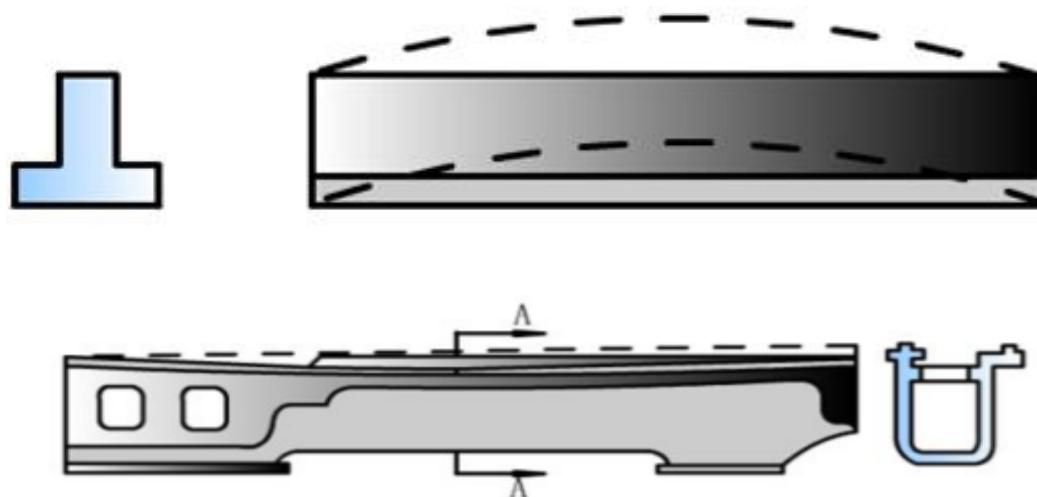
### 三、液态成形性能对铸件质量的影响

#### 3. 铸件的变形与裂纹

##### (1) 铸件的变形：内应力超过合金的屈服点

防止铸造应力的方法也是防止变形的根本方法；同时在工艺上还可以采用**反变形法**，**提早落砂**、**去应力退火**消除机械应力。

可将模样制成与铸件变形方向相反的形状，待铸件冷却后变形正好与相反的形状抵消。



### 三、液态成形性能对铸件质量的影响

#### (2) 铸件的裂纹

内应力超过合金的强度极限

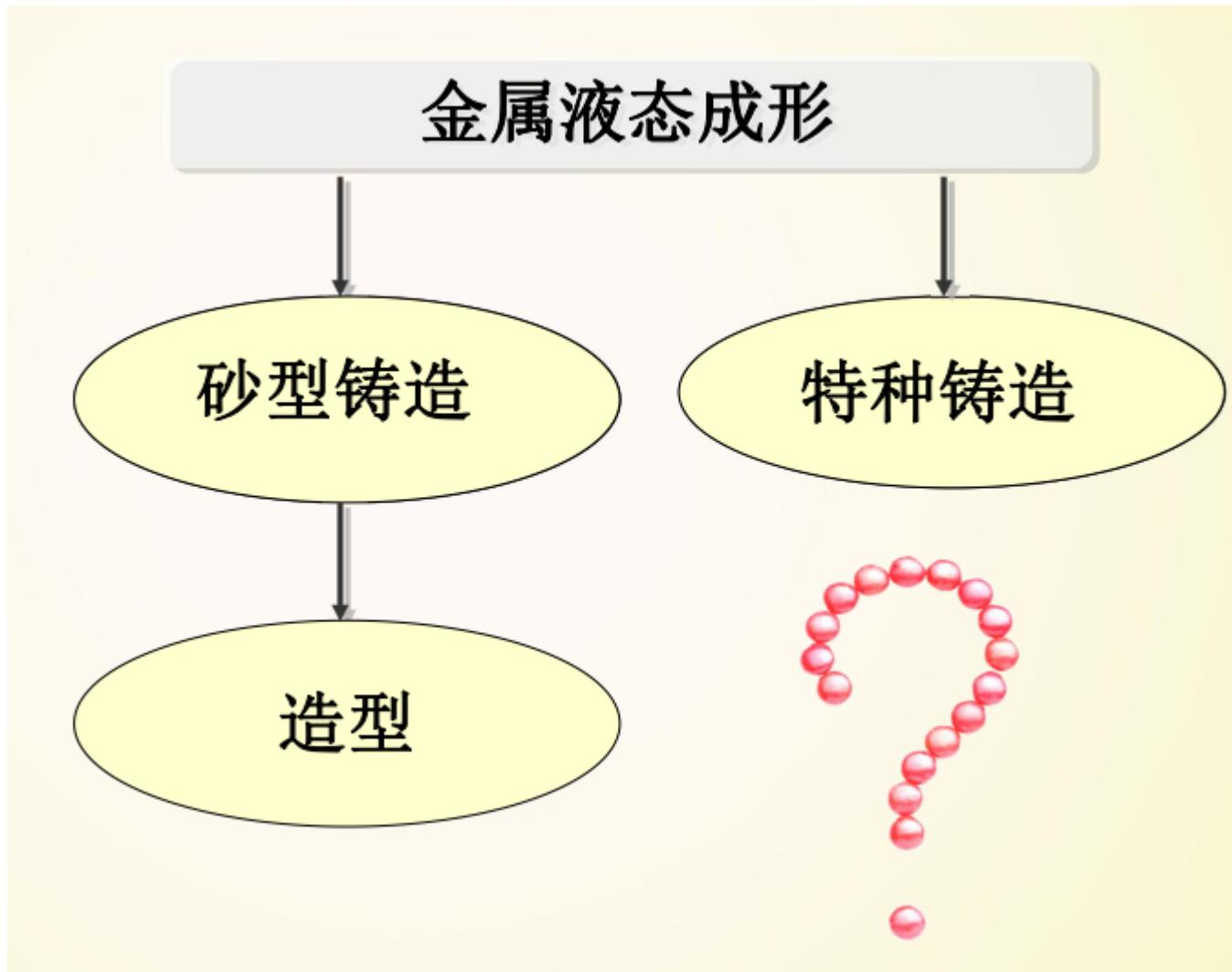
##### 1) 热裂

在凝固末期高温下形成的裂纹。



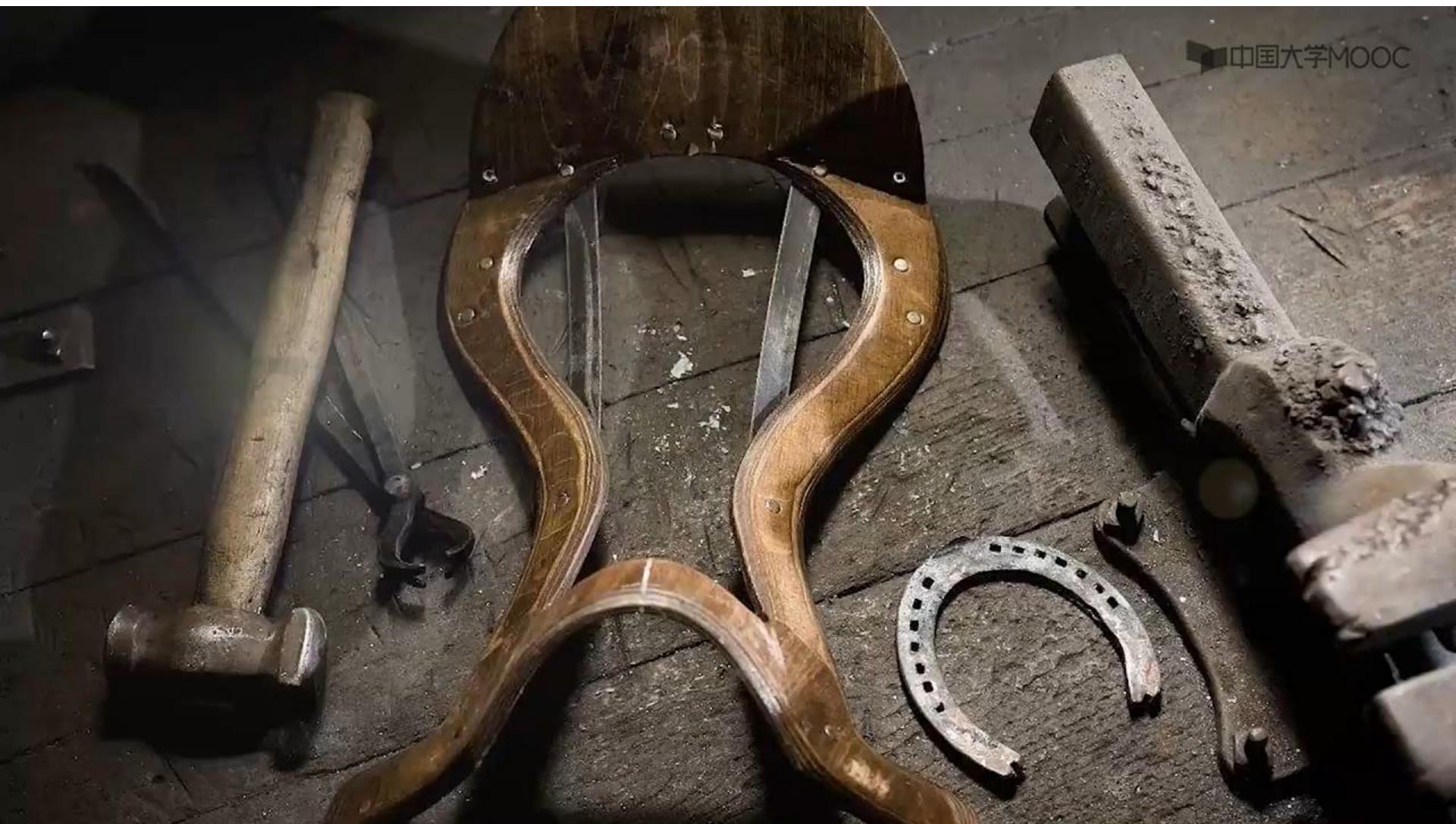
##### 2) 冷裂

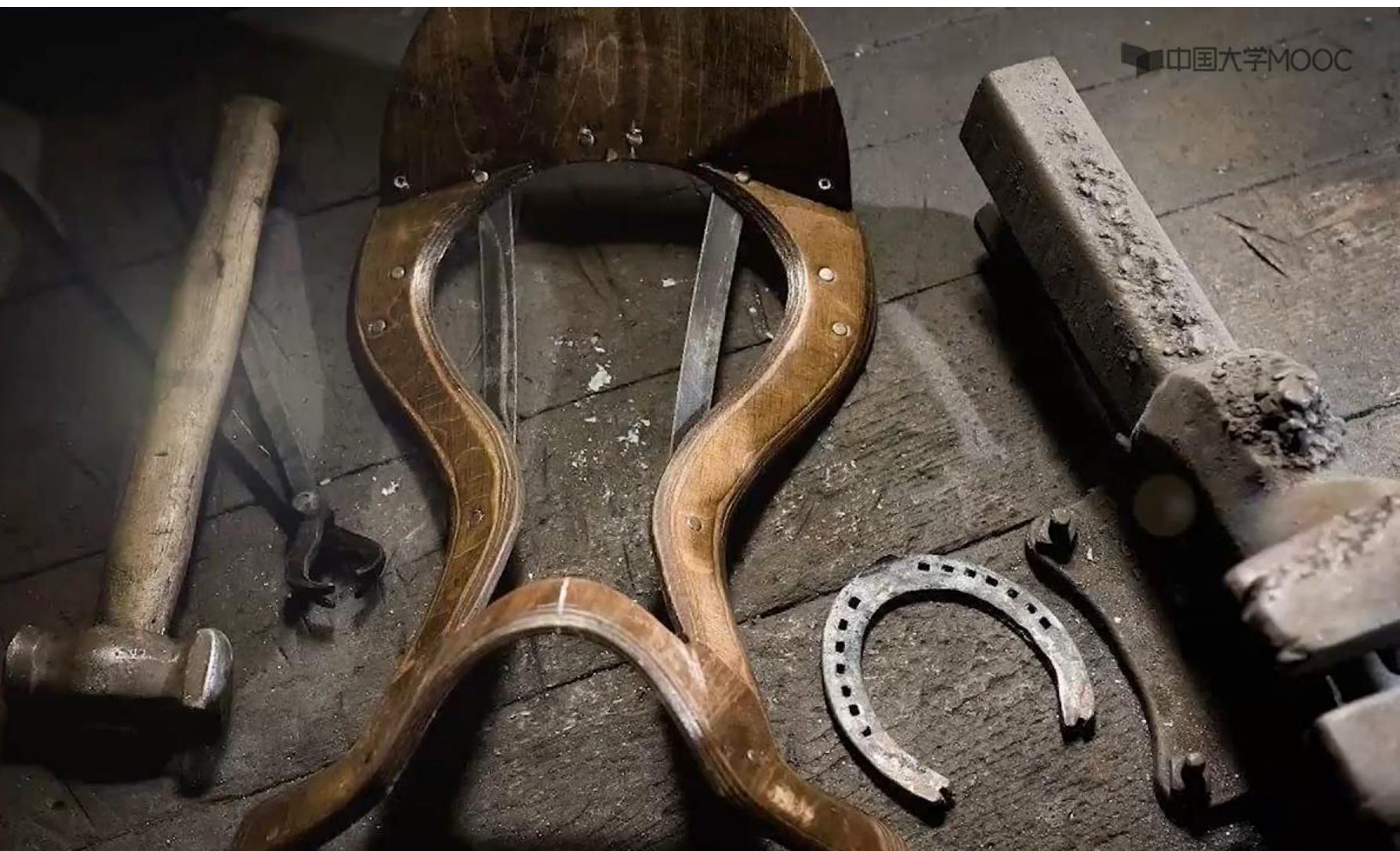
铸件处于弹性状态即在低温时形成的裂纹。



## »»» § 10.2 砂型铸造

中国大学MOOC

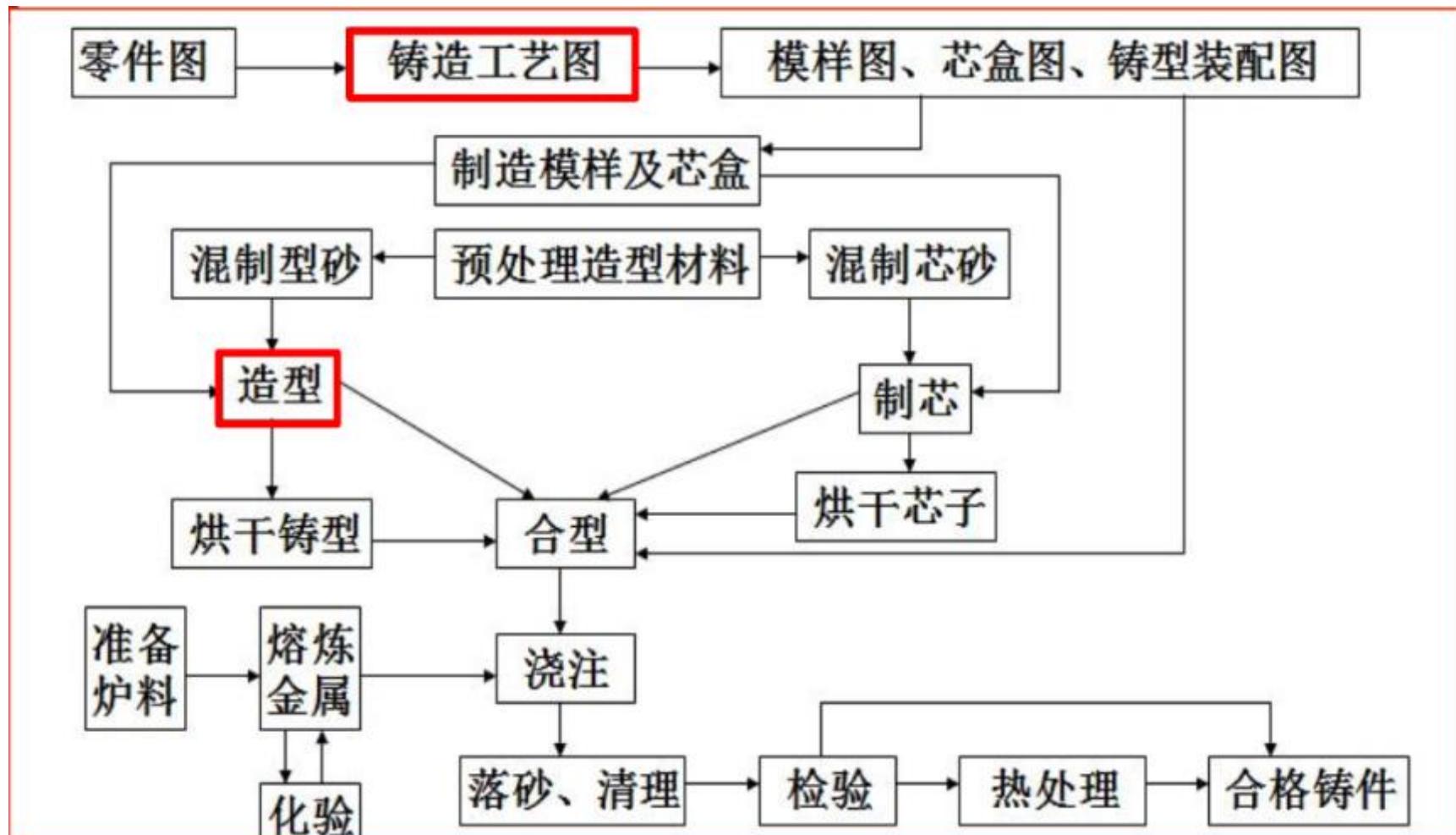






## ◆ 一、铸造工艺设计的内容

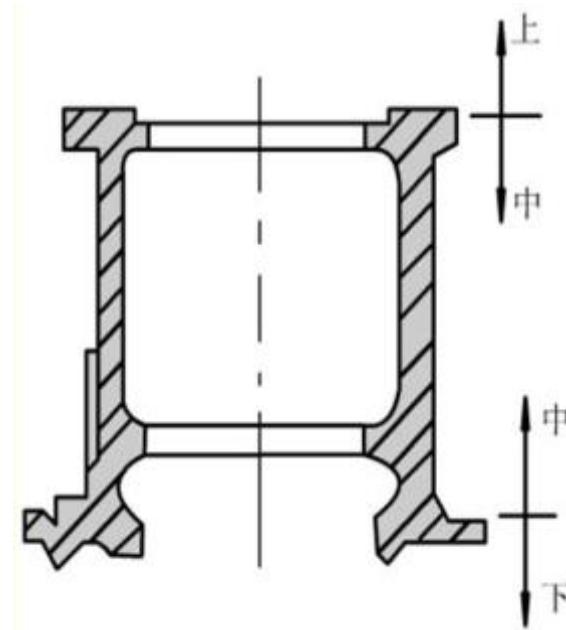
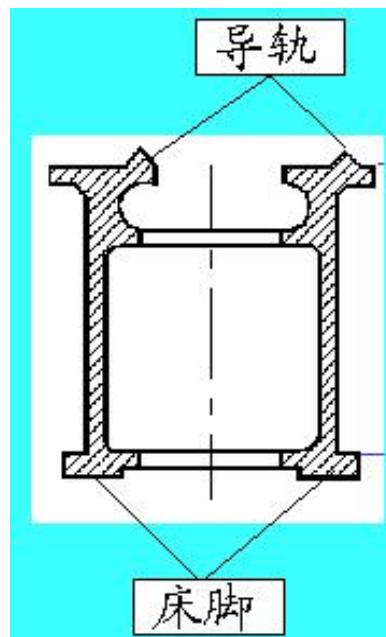
## ◆ 二、铸造工艺实例



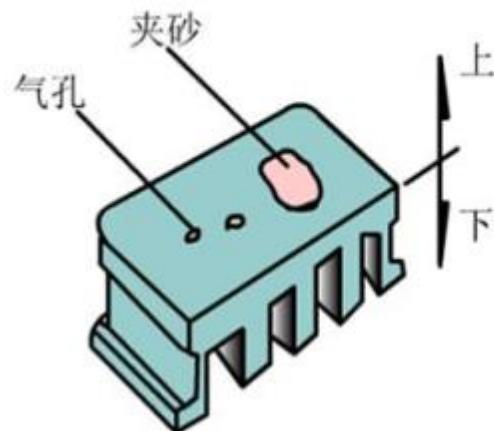
## 一、铸造工艺设计内容

1. 浇注位置的选择：水平浇注、垂直浇注或倾斜浇注

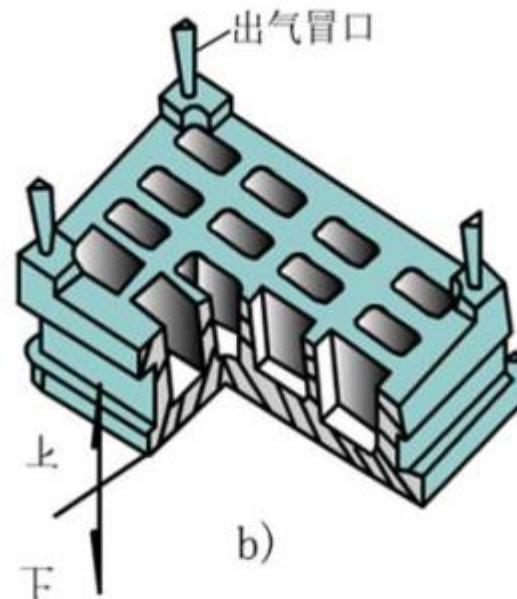
1) 铸件的重要加工面应朝下或位于侧面



2) 铸件宽大平面应朝下



a)

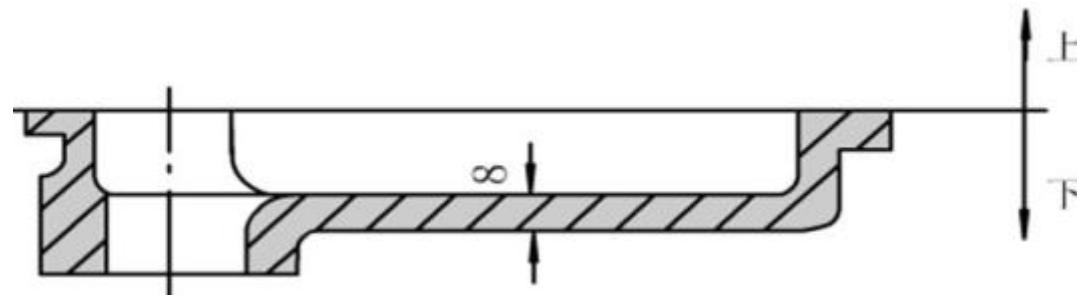


b)

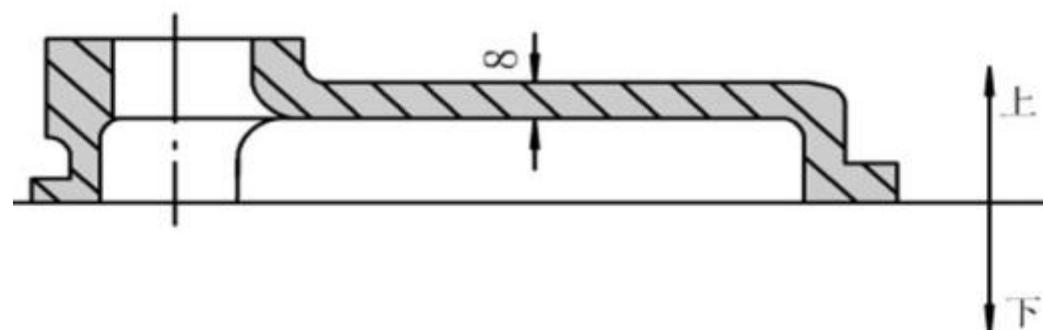
大平面的浇注位置选择

## 3) 面积较大的薄壁部分应置于铸型下部或垂直、 倾斜位置

箱盖的浇注位置



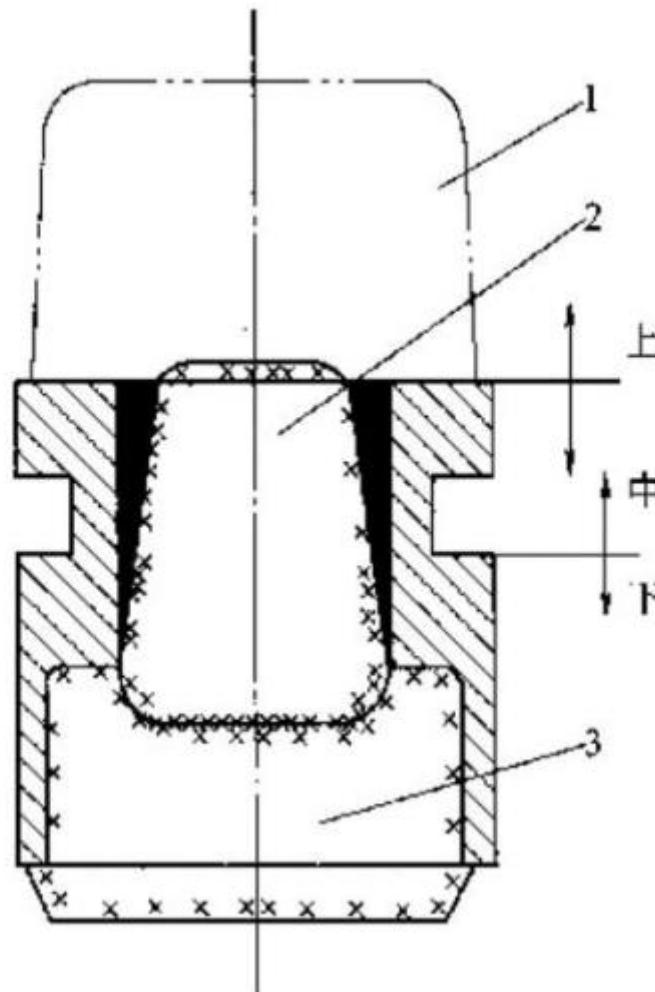
a) 正确



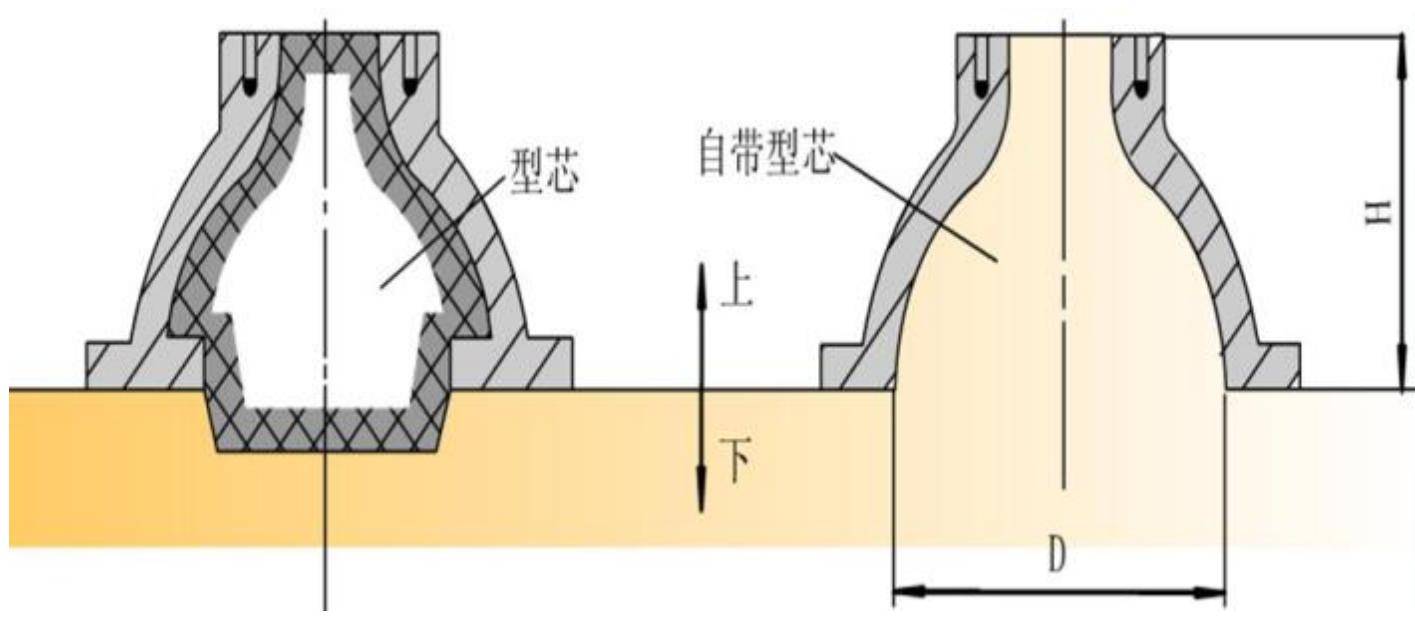
b) 不正确

4) 形成缩孔的铸件, 应定向凝固。

双排链轮的浇注位置



5) 应尽量减小型芯的数量，且便于安放、固定和排气



(a) 不合理

(b) 合理

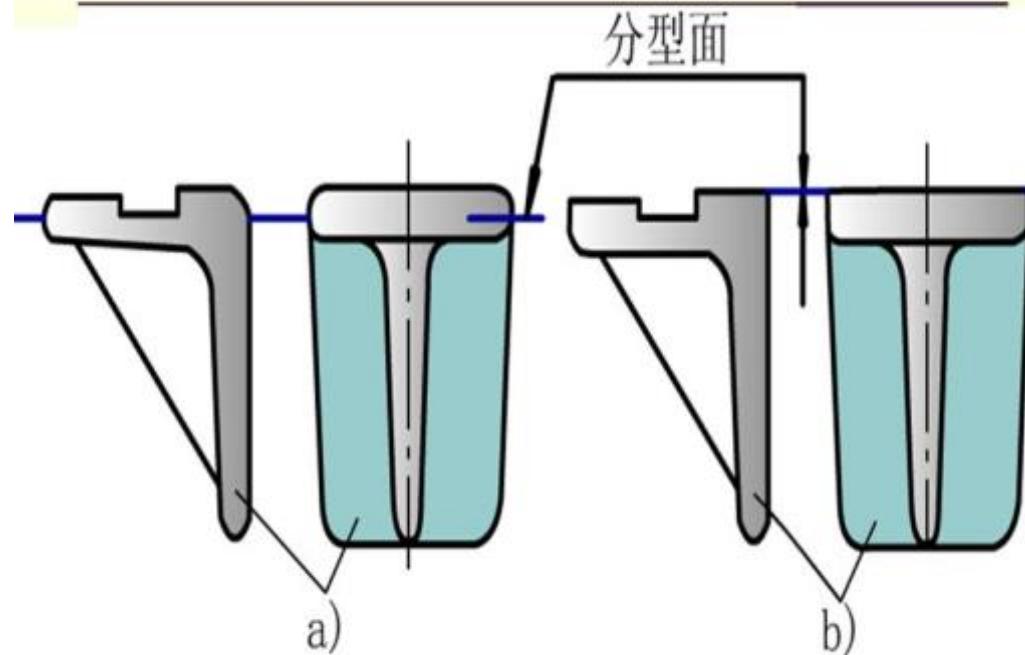
圆盖内腔的设计

## 2. 铸型分型面的选择

### 1) 便于起模，使造型工艺简化

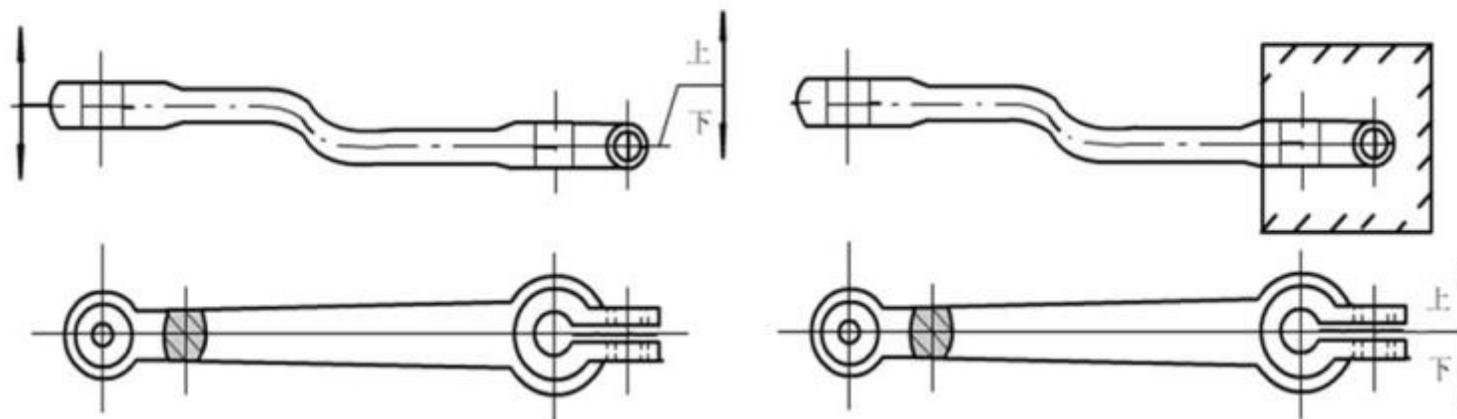
① 分型面应选在铸件的最大截面处。

尽可能使分型面为平面，去掉不必要的外圆角。



托架的结构设计

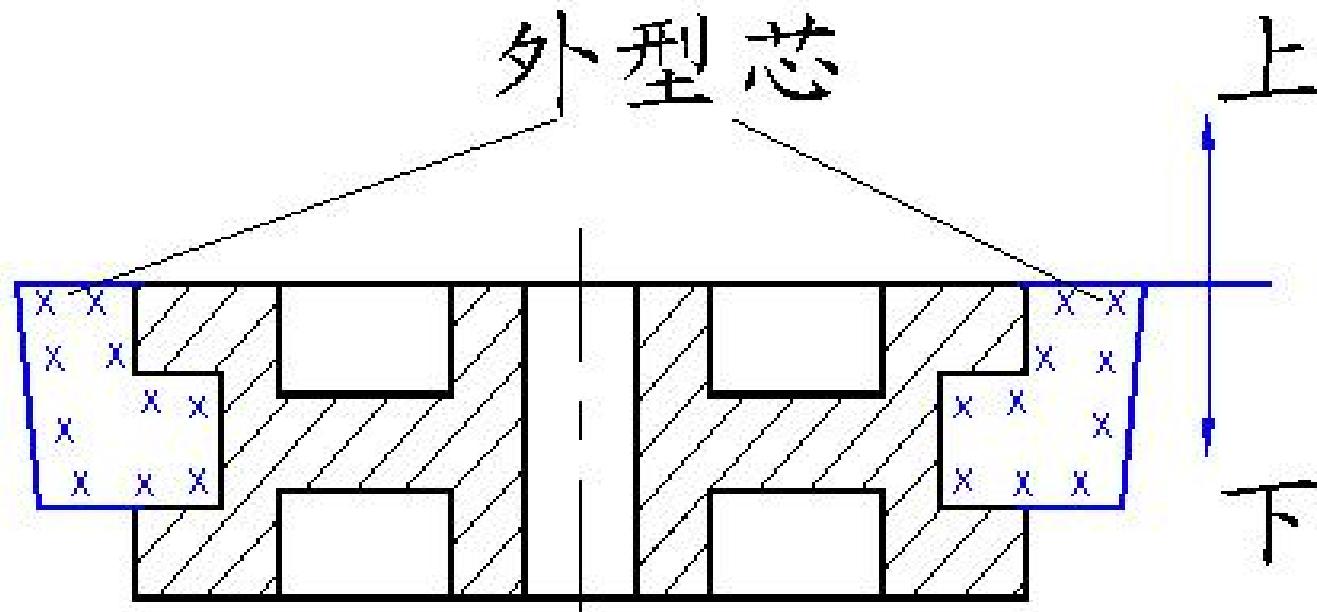
- ② 应尽量减少型芯和活块数量，以简化制模、造型、合型工序。
- ③ 分型面应尽量平直。



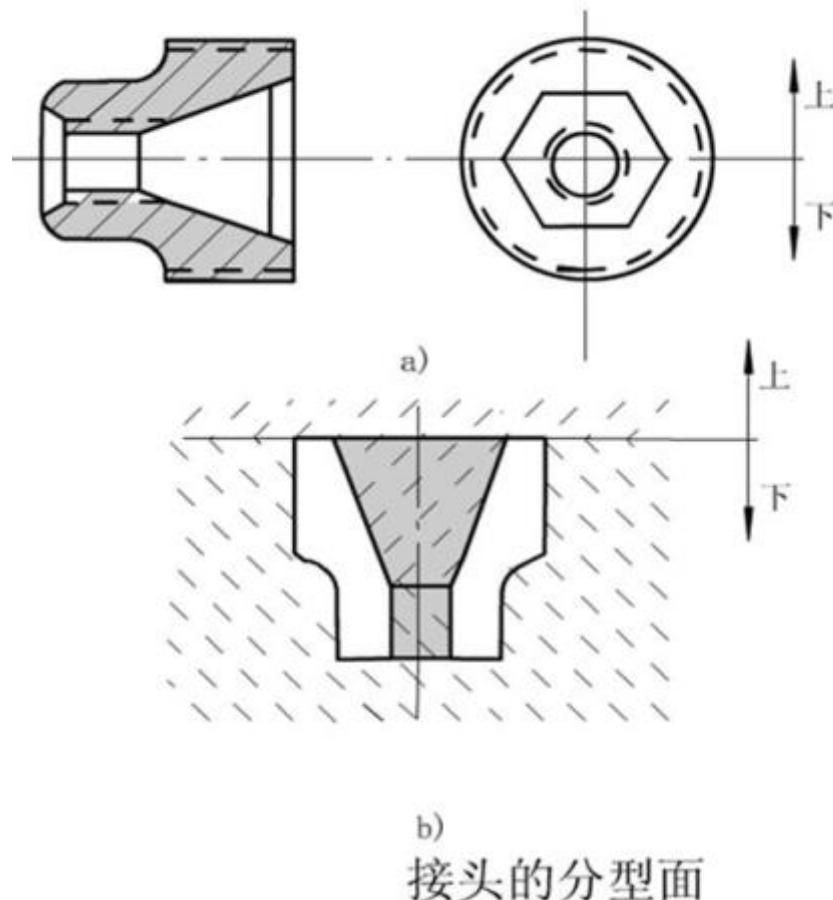
(a) 不合理

(b) 合理

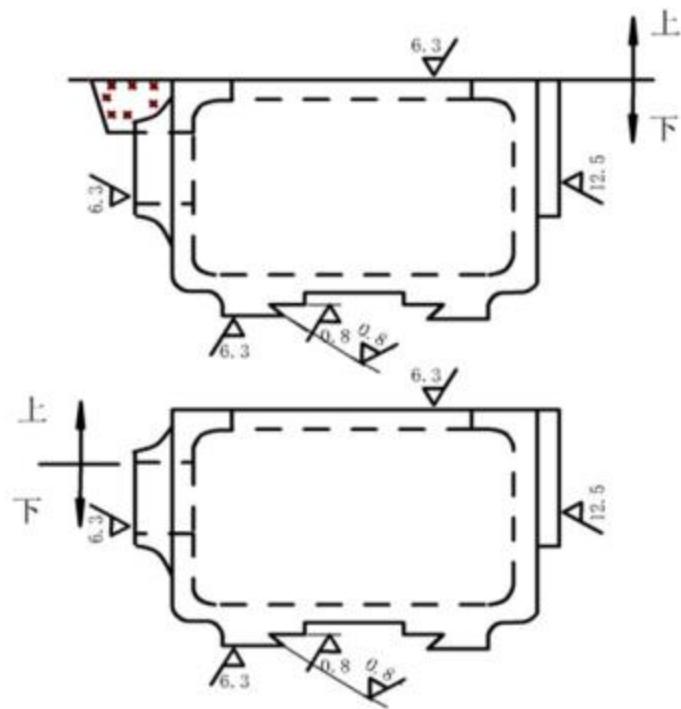
④ 尽量减少分型面，机器造型只能有一个分型面



2) 尽量使铸件重要加工面或大部分加工面、加工基准面放在一个砂型内，减少错箱、披缝和毛刺，提高铸件精度。



3) 使型腔和主要型芯位于下箱，以便于下芯、合型和检查型腔尺寸。



床身铸件的分型方案

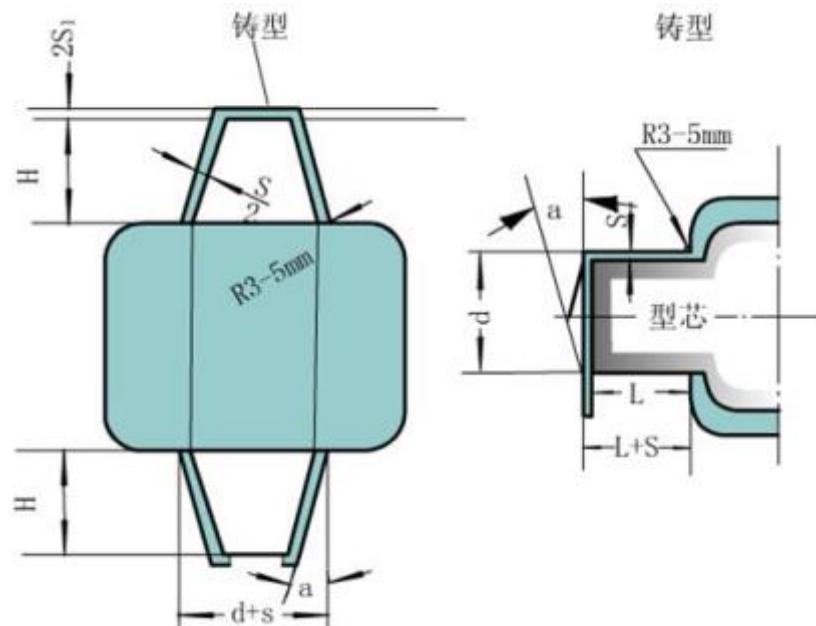
### 3. 铸造工艺参数确定

(1) **收缩余量**: 常以铸件线收缩率表示

一般灰铸铁0.7~1.0%、铸钢1.5~2.0%、铝硅合金0.8~1.2%、锡青铜1.2~1.4%。

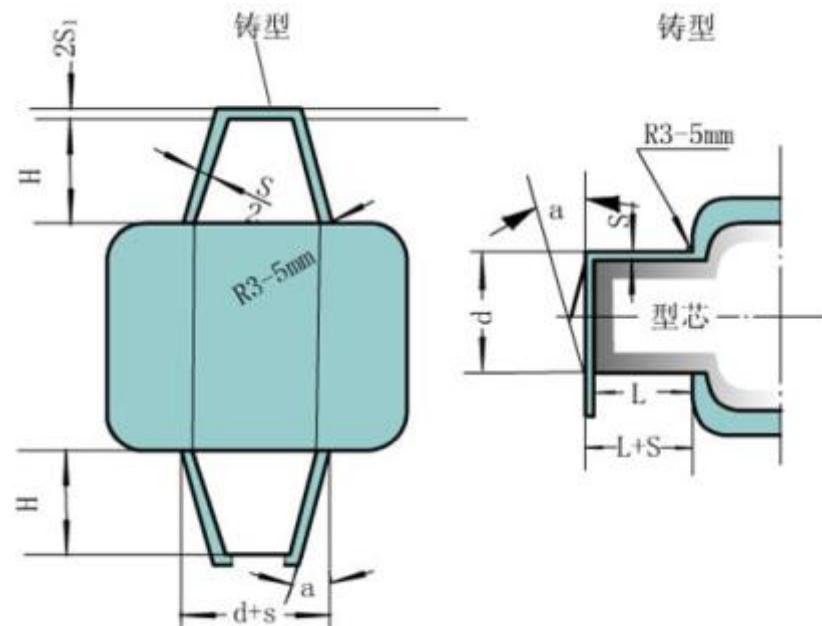
(2) **加工余量**: 灰铸铁件比铸钢件要小, 机器比手工要小。

**最小铸出孔和槽**: 较小孔槽一般不铸出。



### 3. 铸造工艺参数确定

- (3) **起模斜度**: 平行于拔模方向在模样壁上的斜度, 一般用角度或宽度表示。  
铸件外壁的起模斜度约为 $1\sim 3^\circ$ 、内壁的起模斜度约为 $3\sim 10^\circ$
- (4) **芯头**: 为了在铸型中形成支撑型芯的空腔, 模样比铸件多出的突出部分。芯头起定位和支撑型芯、排除型芯内气体的作用。



# 铸件结构工艺性

## 铸件结构工艺性

一、 铸造合金性能的影响



二、 铸造工艺的影响



三、 铸造方法的影响

## 一、铸造合金性能的影响

### 1. 铸件壁厚的设计

#### 1) 铸件的最小壁厚

砂型铸造条件下不同合金的最小允许壁厚 (单位:mm)

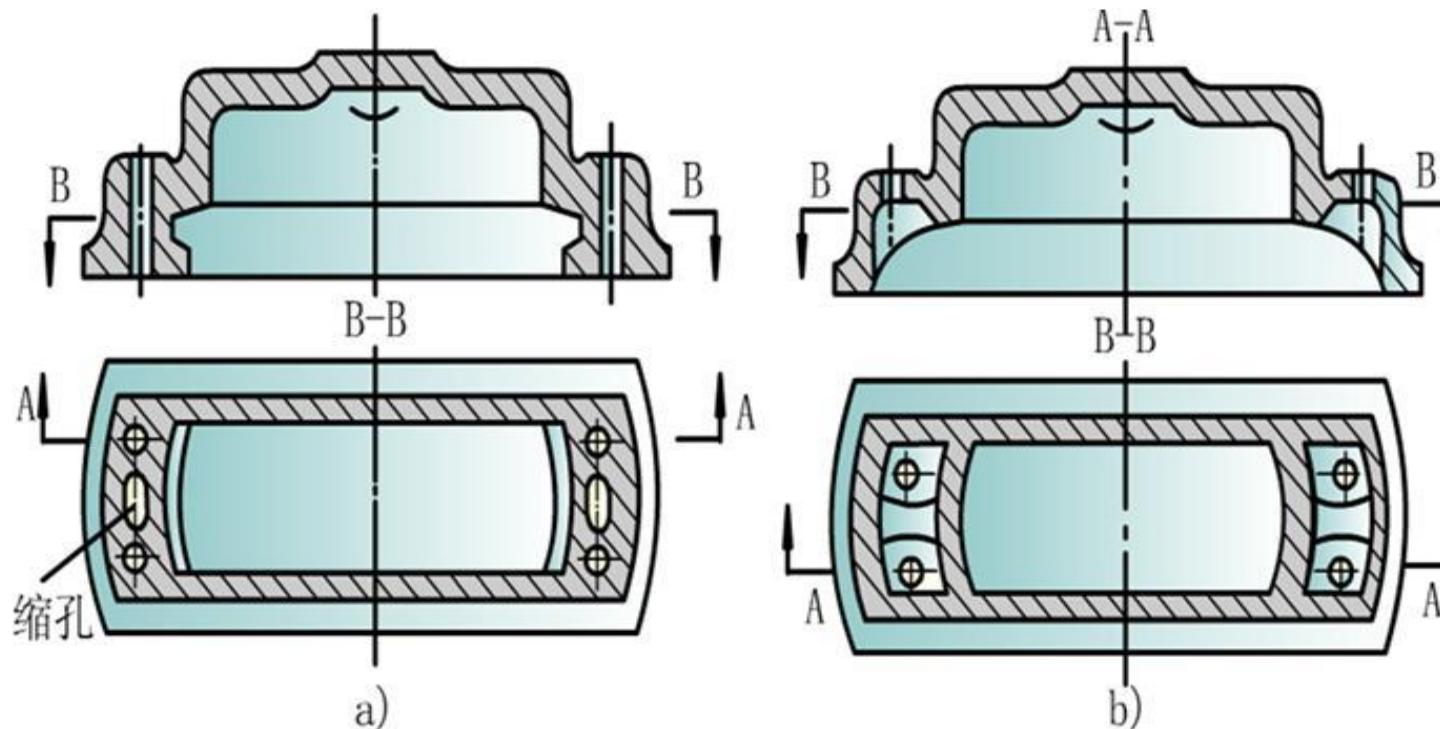
铸件尺寸	铸钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铝合金	铜合金
<200×200	5~8	3~5	4~6	3~5	3~3.5	3~5
200×200~500×500	10~12	4~10	8~12	6~8	4~6	6~8
>500×500	15~20	10~15	12~20			

#### 2) 铸件的临界壁厚

如一味地增加壁厚的方法来提高铸件强度，其结果可能适得其反。

在最小壁厚和临界壁厚之间就是适宜的铸件壁厚。

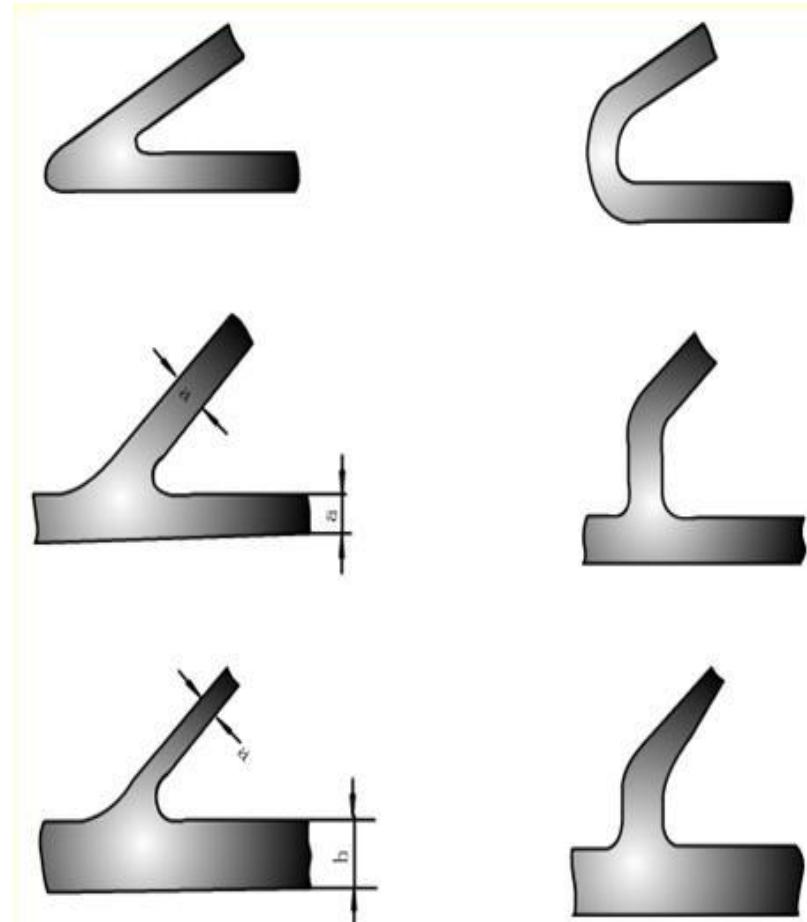
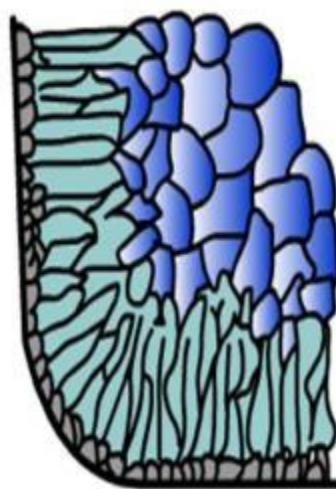
## 3) 铸件壁厚应均匀，避免厚大截面，并防止壁厚的突变



顶盖铸件的设计

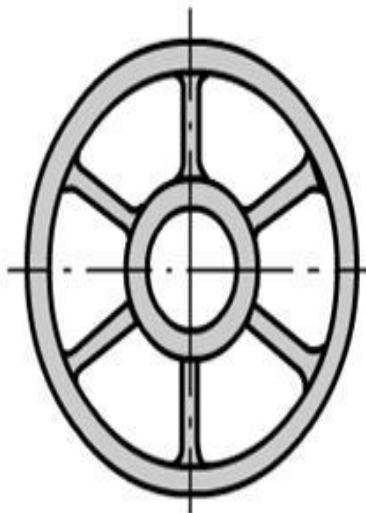
## 2. 铸件壁间连接的设计

为减少热节、防止缩孔，减少应力，防止裂纹。**壁间应圆角连接并逐步过渡。**

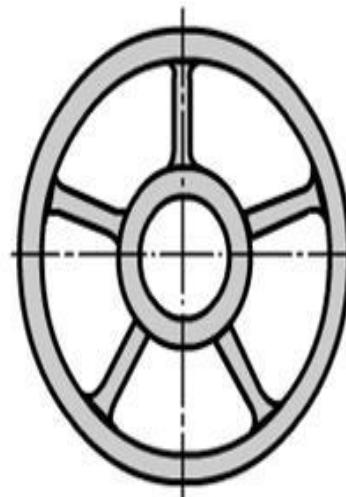


### 3. 避免铸件收缩受阻的设计

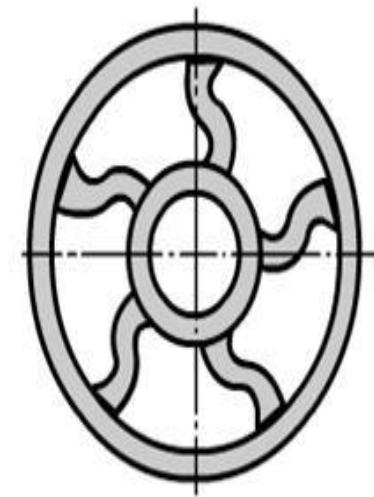
铸件收缩受阻时，易产生内应力，从而产生裂纹，故应尽量**避免受阻收缩**。



a) 偶数轮辐



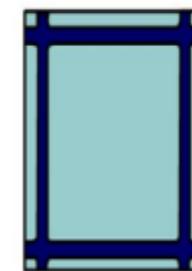
b) 奇数轮辐



c) S形轮辐

#### 4. 防止铸件翘曲变形的设计

细长形或平板类铸件收缩时由于内应力易产生翘曲变形，可采用对称结构或加强筋。



a)

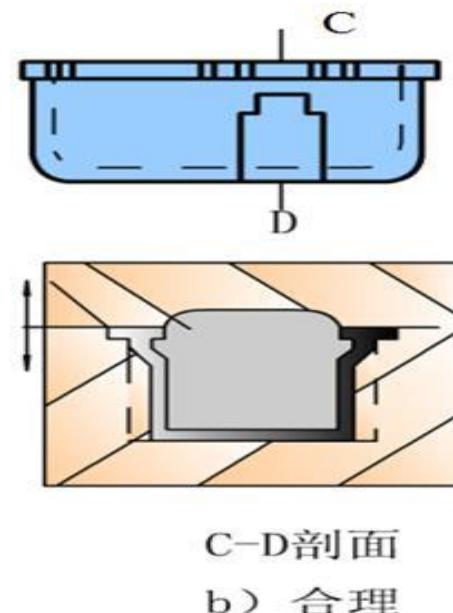
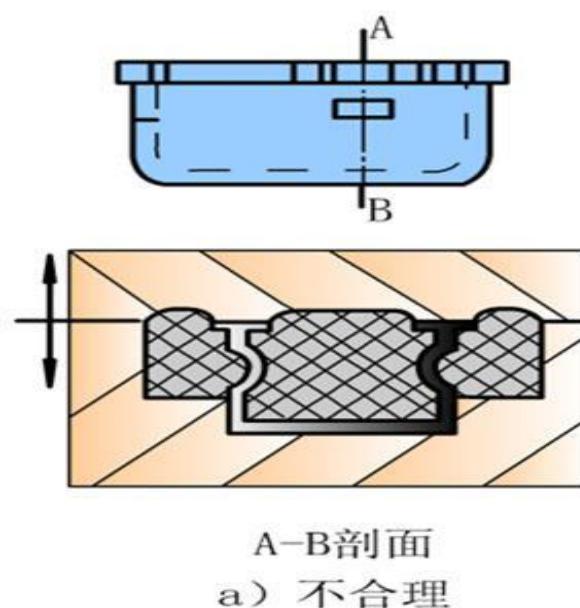
(a) 对称结构

(b) 采用加强筋

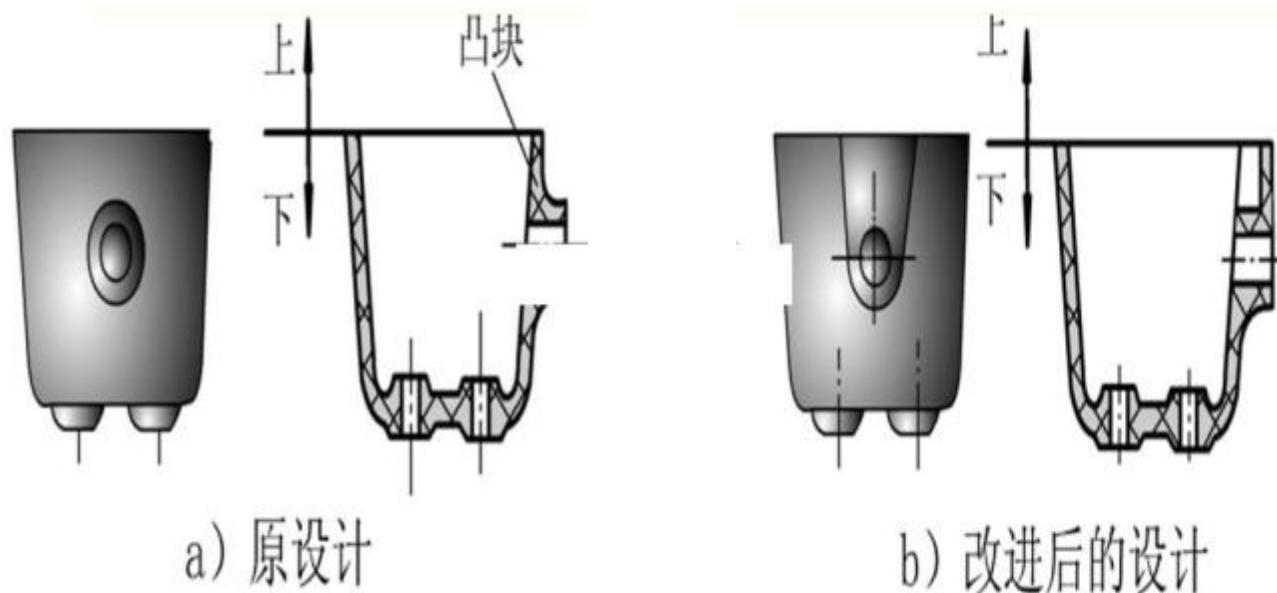
## 二、铸造工艺的影响

### 1. 铸件外形的设计

#### (1) 设计时应尽量避免侧凹



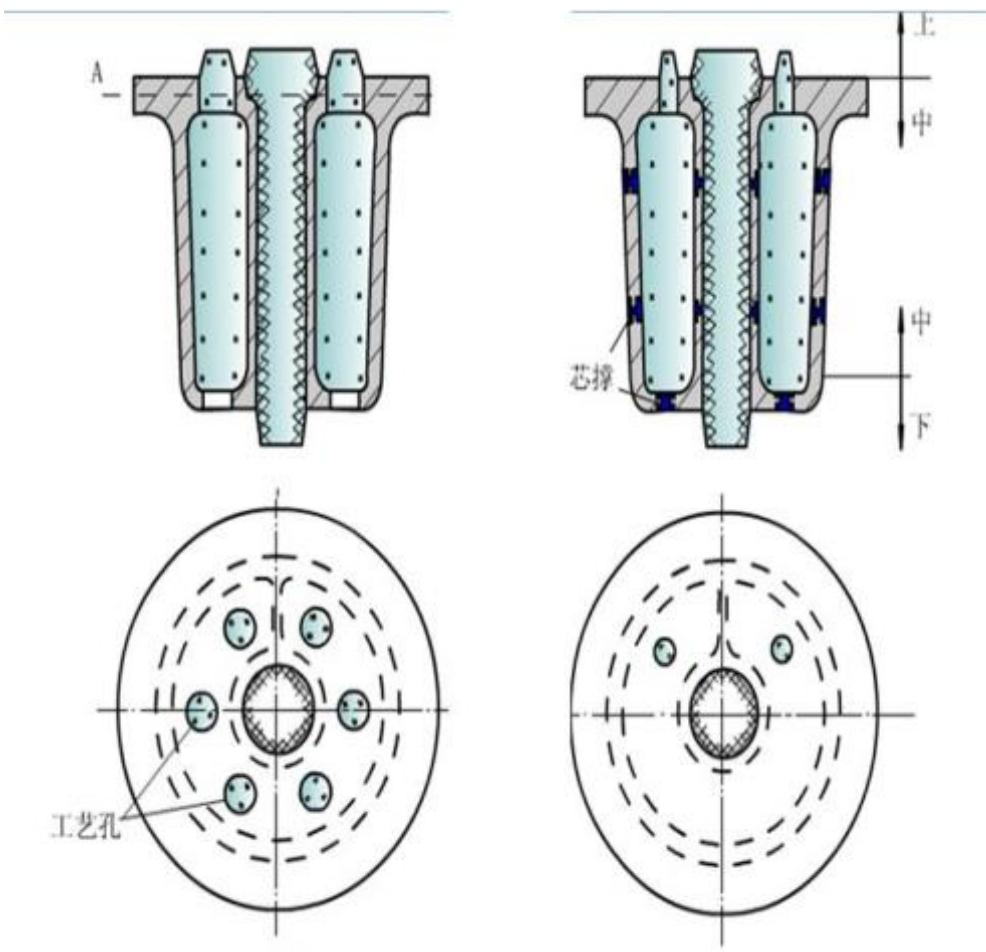
(2) 凸台的设计应便于起模



## 2. 铸件内腔设计

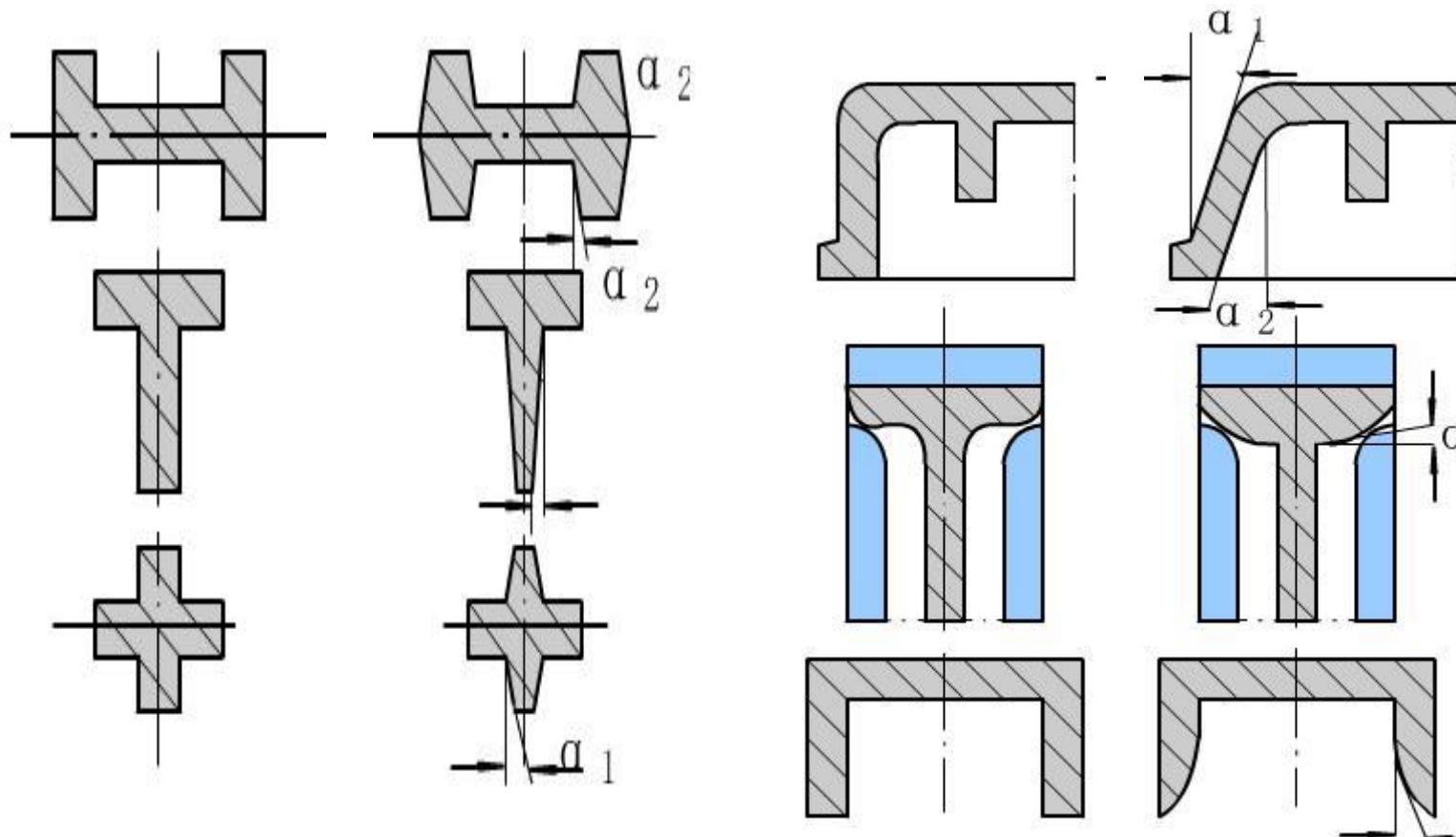
尽量减少不必要的型芯！

紫铜风口铸件内腔的设计



### 3. 考虑起模斜度

金属型或机器造型，可取  $0.5^\circ - 1^\circ$ ，砂型和手工造型时可取  $1^\circ - 3^\circ$



### 三、铸造方法的影响

#### 1. 熔模铸件的结构特点

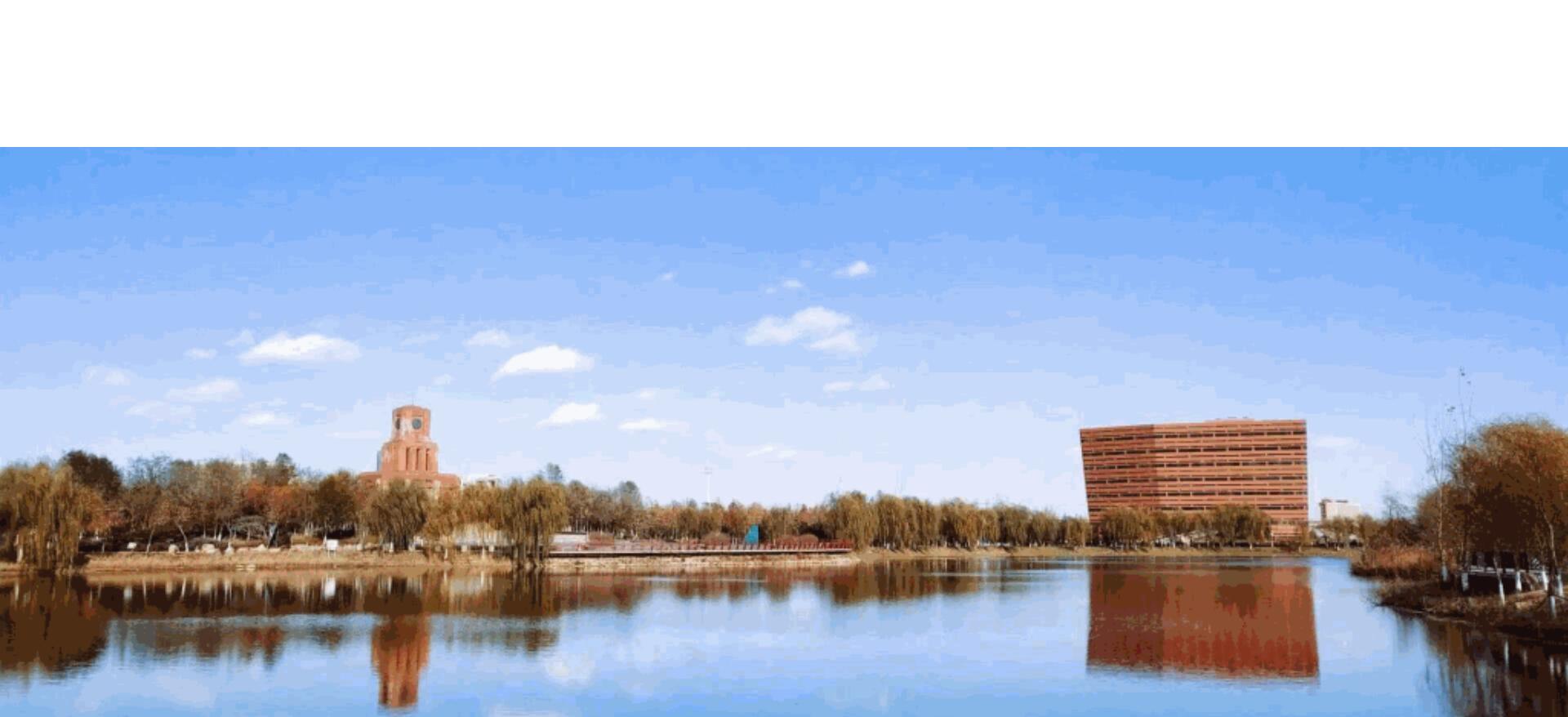
便于从压型中抽出蜡模和型芯；孔、槽不宜过小或过深；壁厚应尽可能满足顺序凝固要求。

#### 2. 金属型铸件的结构特点

铸件的外形和内腔应力求简单，铸件的壁厚要适中。

#### 3. 压铸件的结构特点

外形便于抽芯，壁厚均匀，不宜太厚；改善压铸件局部性能和简



**感谢同学们的聆听！  
请批评和指正！**



哈尔滨工业大学

勤慎公忠