



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

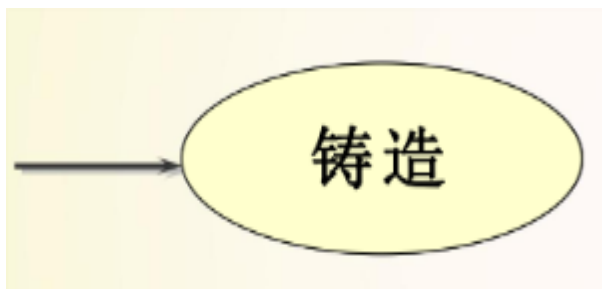
第11章 锻压成型

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

铸铁曲轴

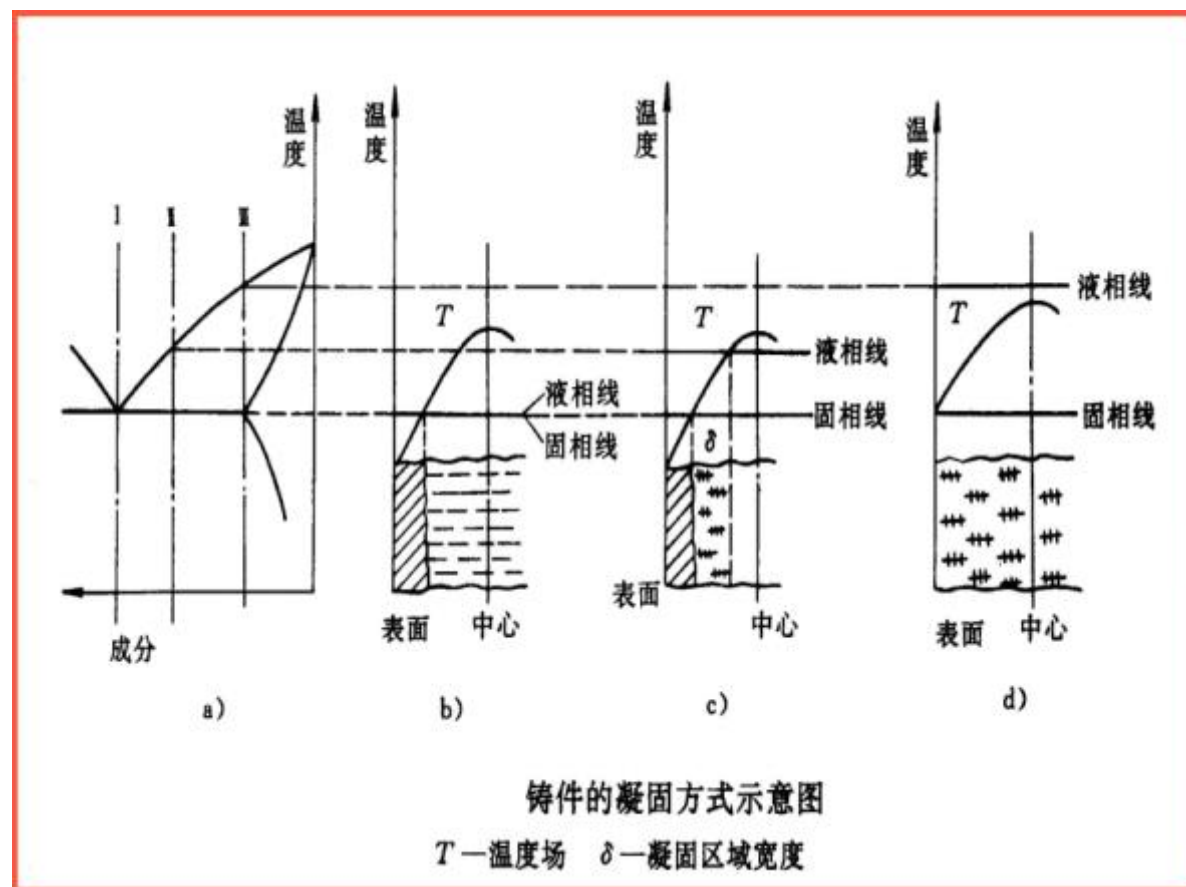


一、金属的凝固

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

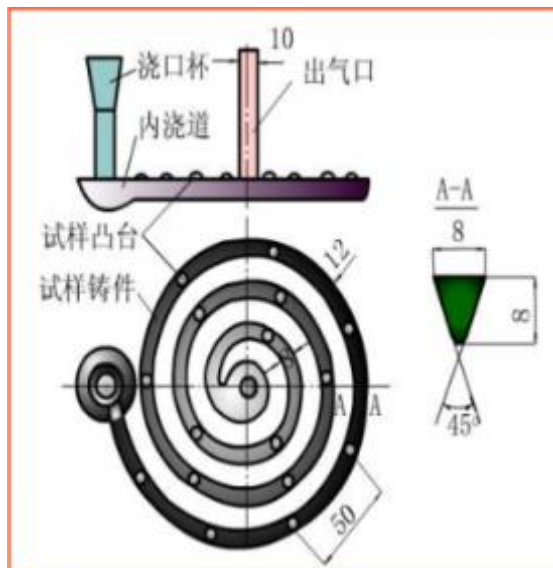
■ **液态成形性能**：即铸造性能，是表示合金铸造成形获得优质铸件的能力。用充型能力、收缩性等来衡量。

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、）



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:

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

线收缩率:

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

式中 V_0, V_1 —合金在 t_0, t_1 时的体积 (m^3)

l_0, l_1 —合金在 t_0, t_1 时的长度 (m)

a_v, a_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 ($1/^\circ\text{C}$)

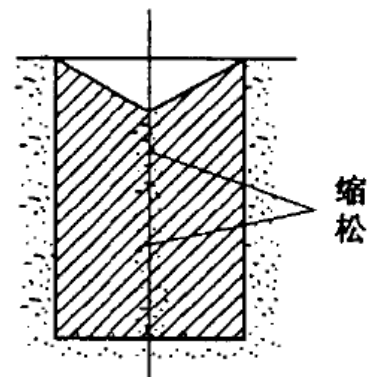
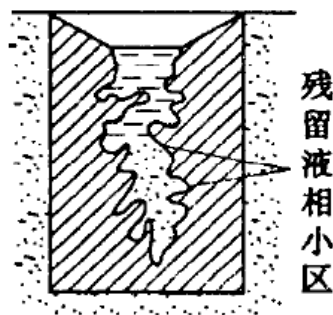
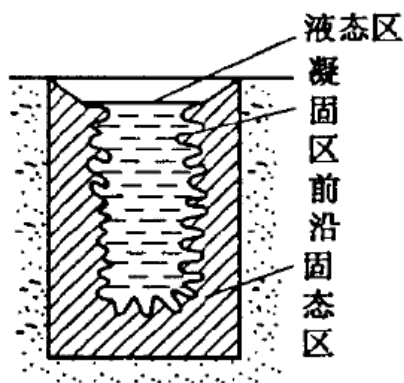
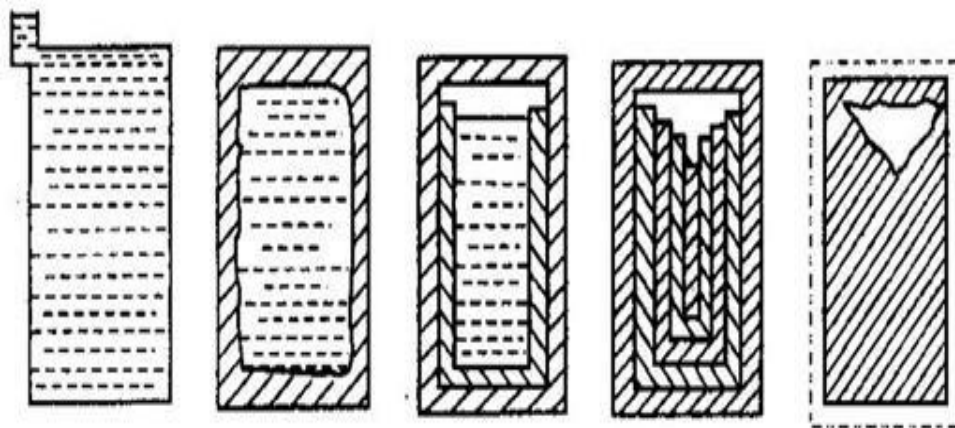
三、液态成形性能对铸件质量的影响

1. 收缩的结果：

液态和固态收缩是造成缩孔、缩松的原因；

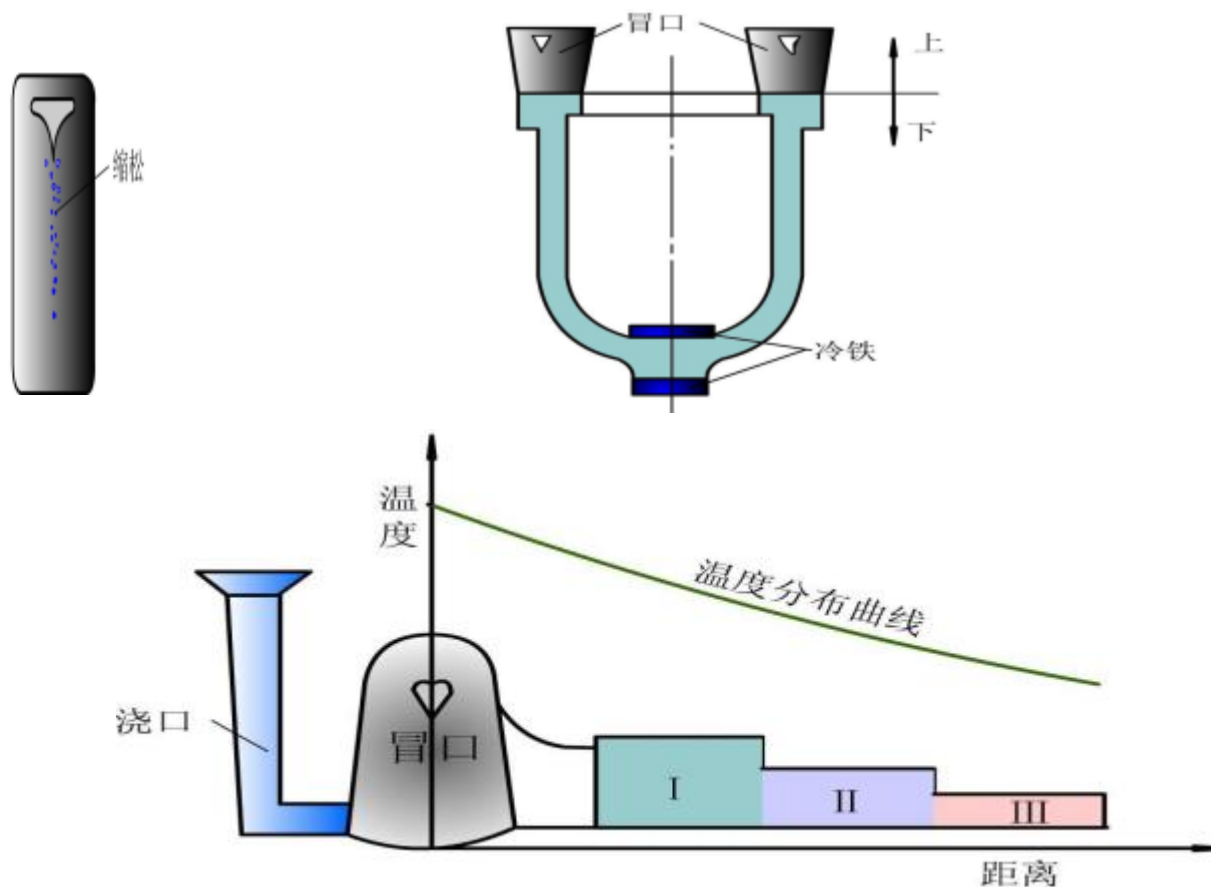
固态收缩造成应力、变形和裂纹的原因。

(1) 缩孔和缩松



三、液态成形性能对铸件质量的影响

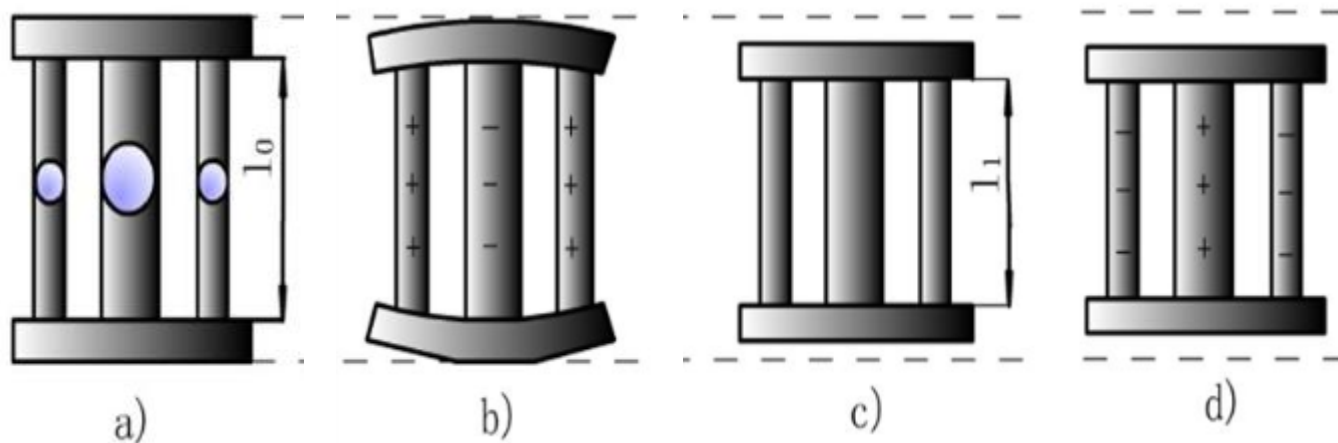
(2) 缩孔的防止



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。



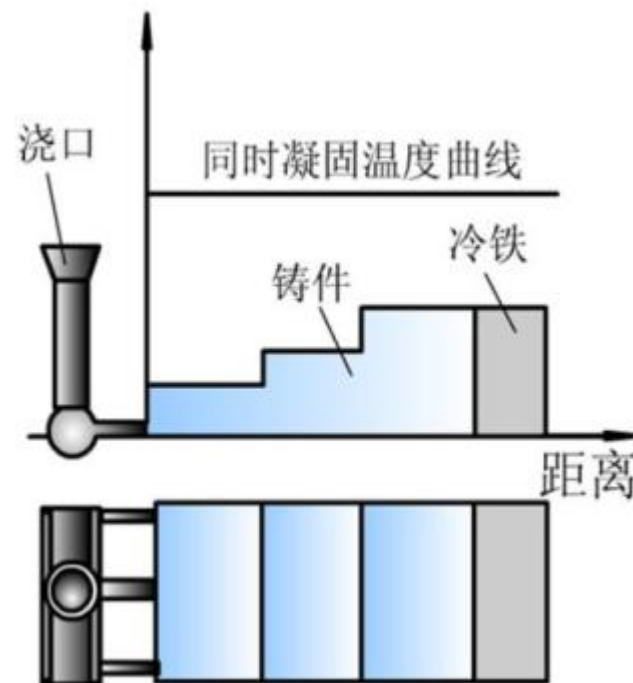
(2) 固态相变应力：铸件由于固态相变，各部分体积发生不均衡变化引起的

(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。



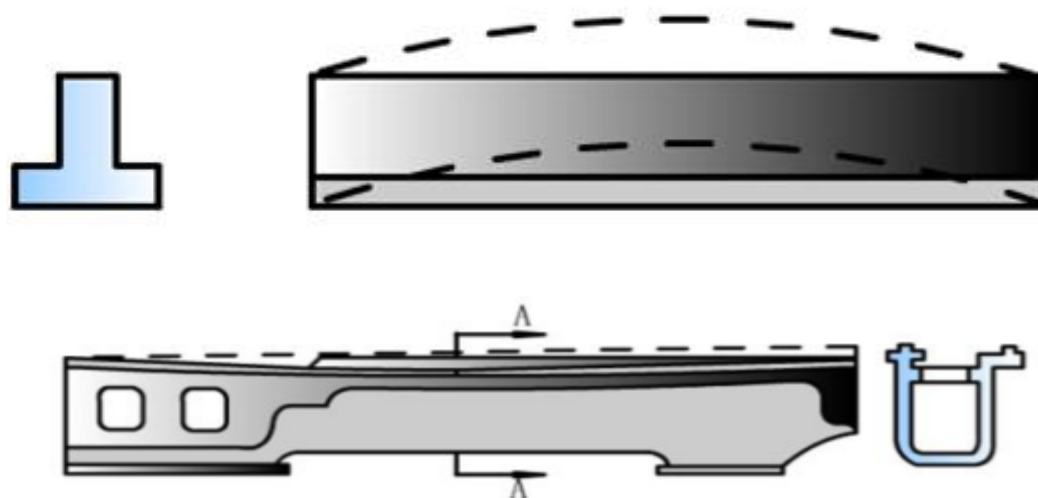
三、液态成形性能对铸件质量的影响

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

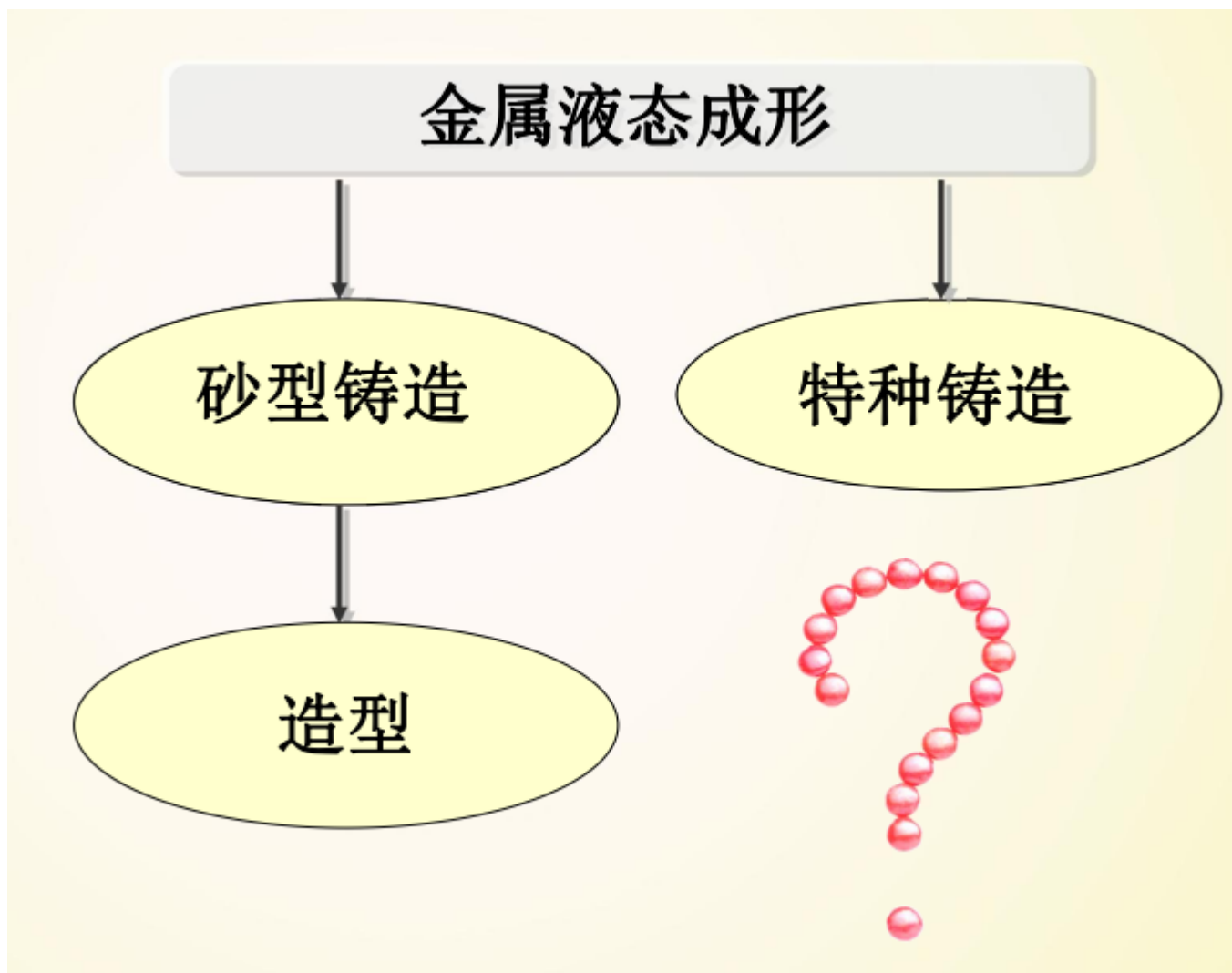
1) 热裂

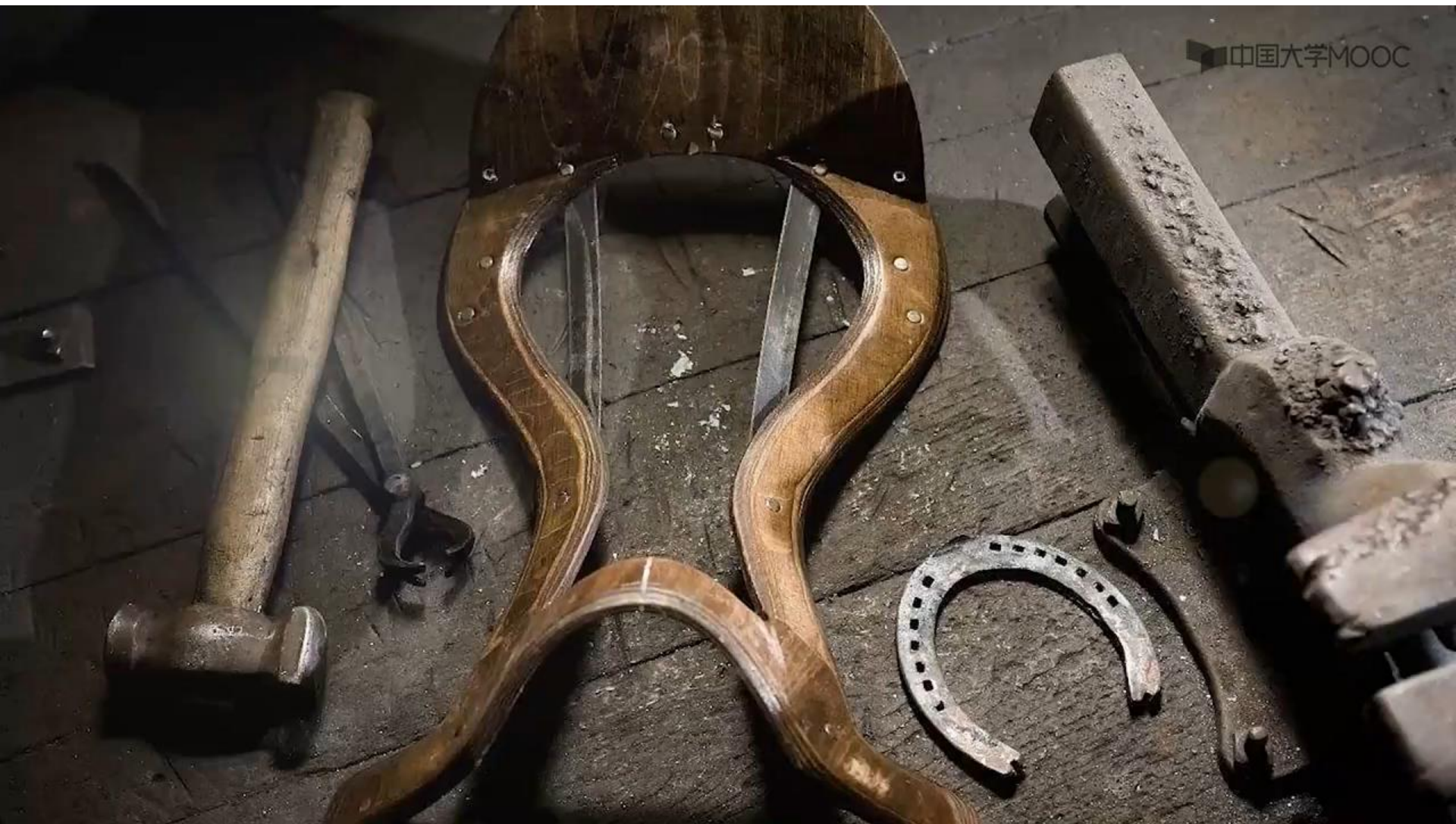
在凝固末期高温下形成的裂纹。

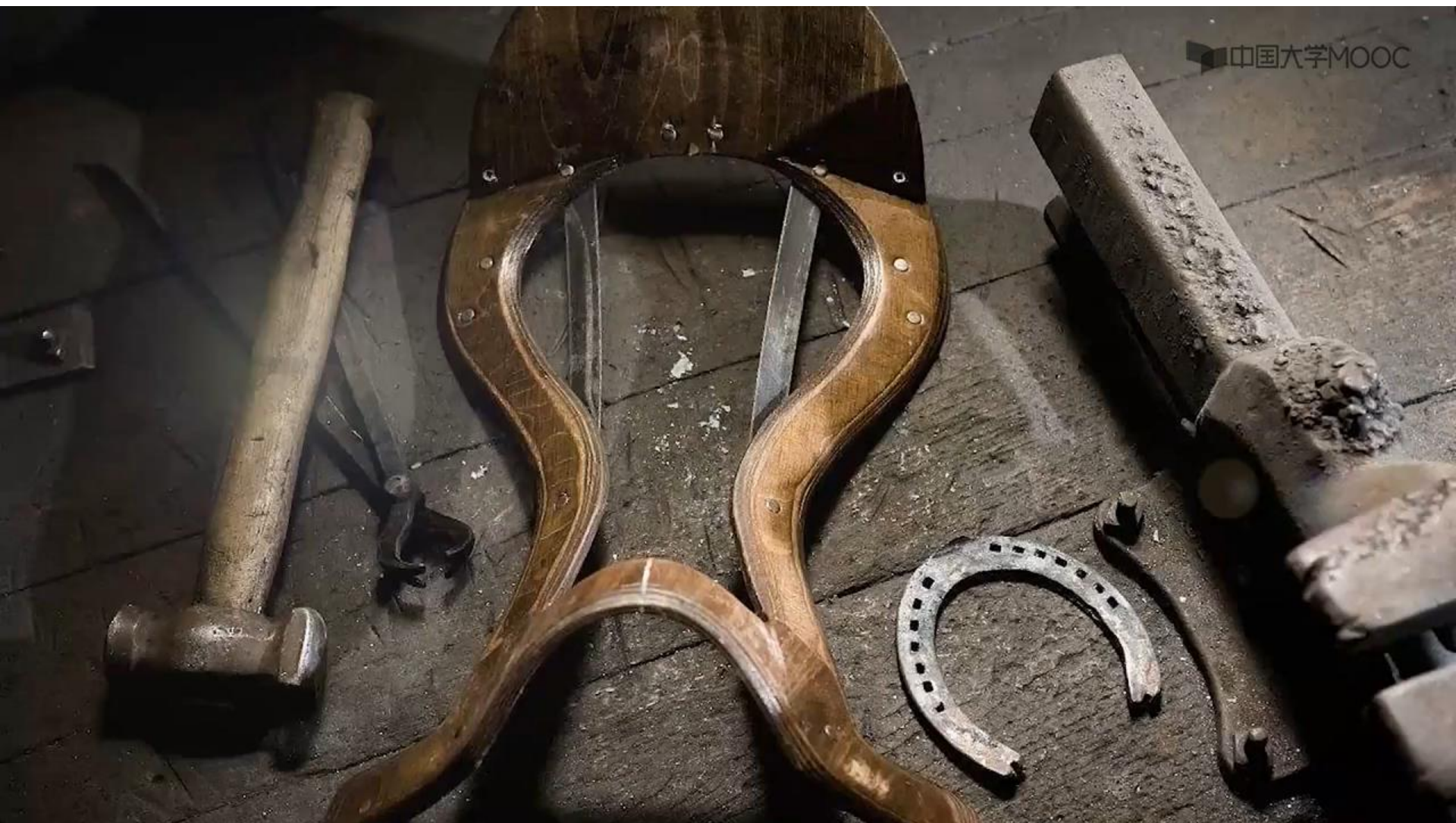


2) 冷裂

铸件处于弹性状态即在低温时形成的裂纹。



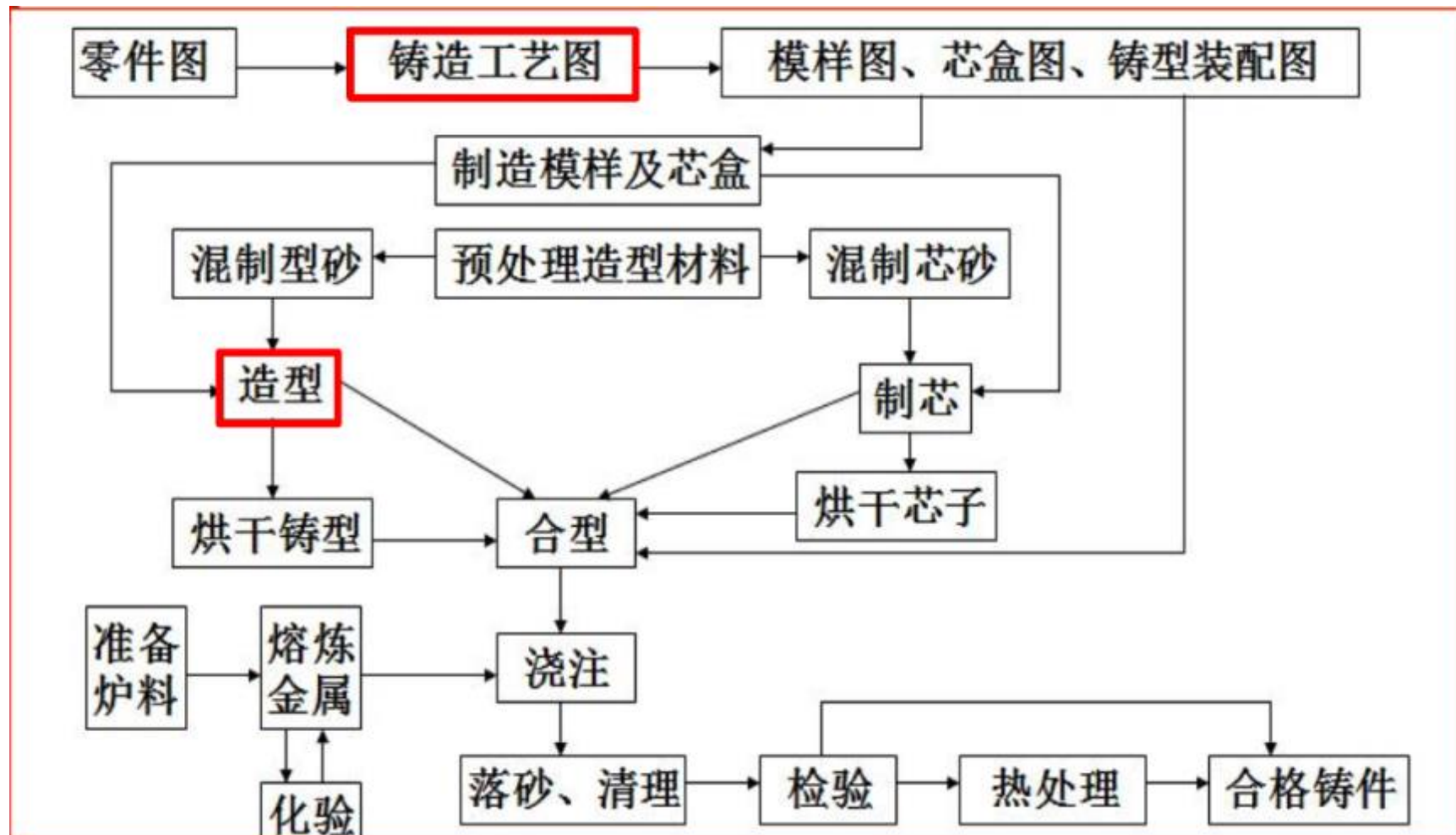




中国大学MOOC

◆ 一、铸造工艺设计的内容

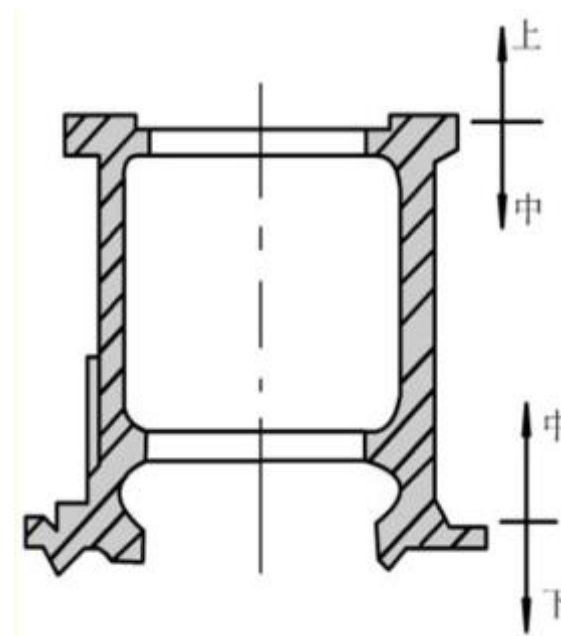
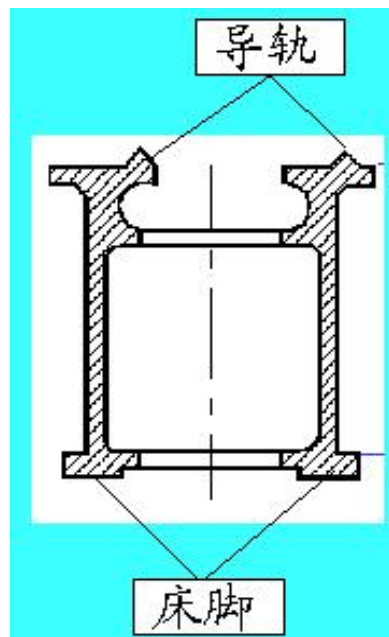
◆ 二、铸造工艺实例



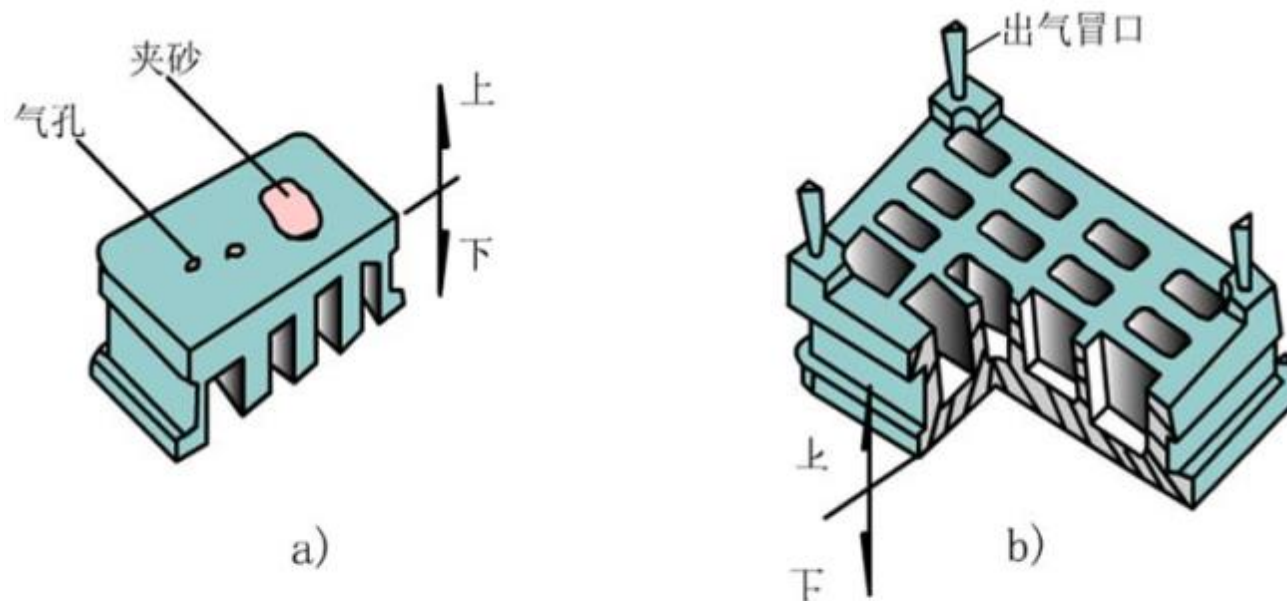
一、铸造工艺设计内容

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



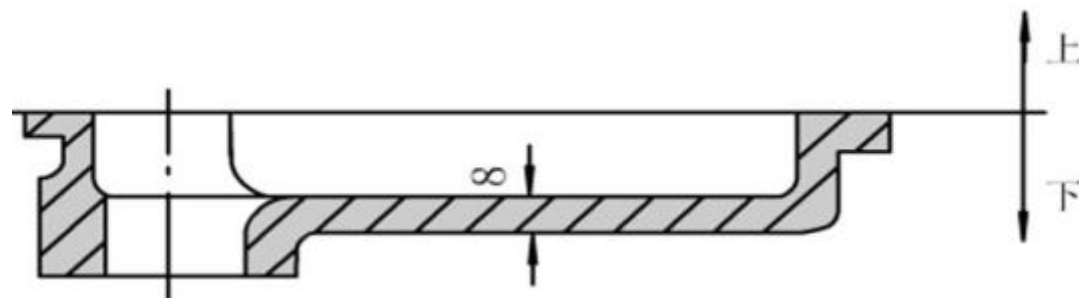
2) 铸件宽大平面应朝下



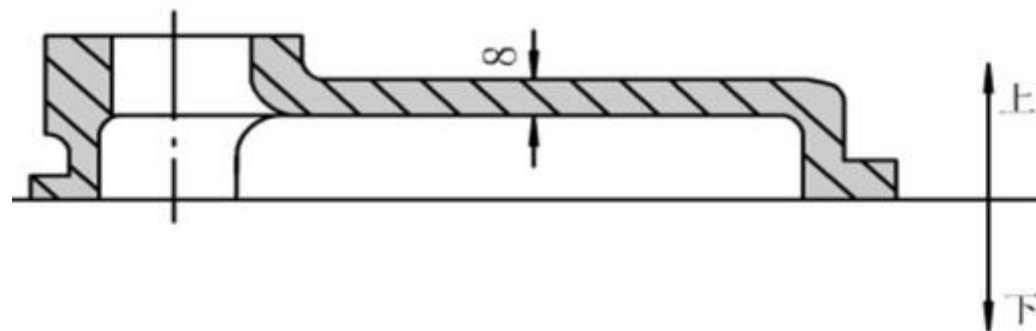
大平面的浇注位置选择

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



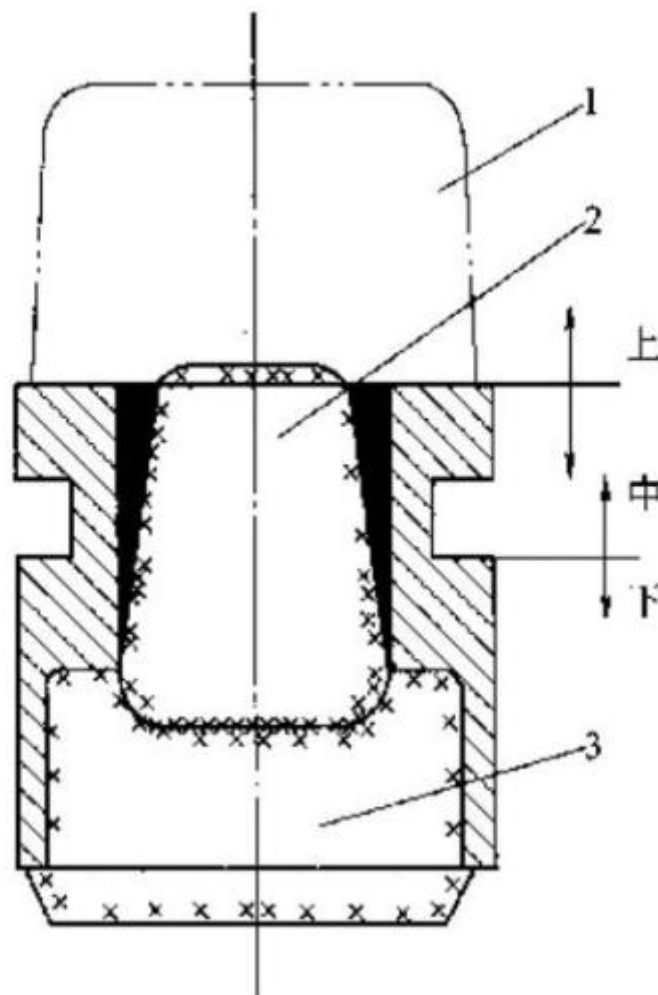
a) 正确



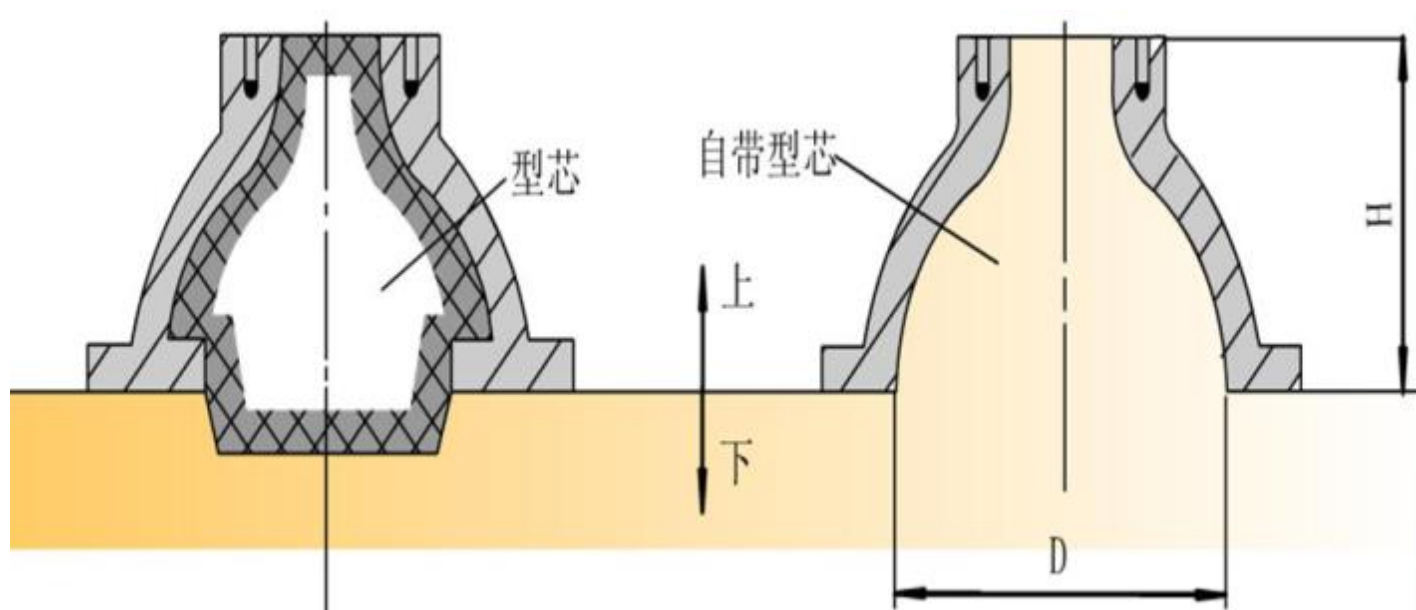
b) 不正确

4) 形成缩孔的铸件，应定向凝固。

双排链轮的浇注位置



5) 应尽量减少型芯的数量，且便于安放、固定和排气



(a) 不合理

(b) 合理

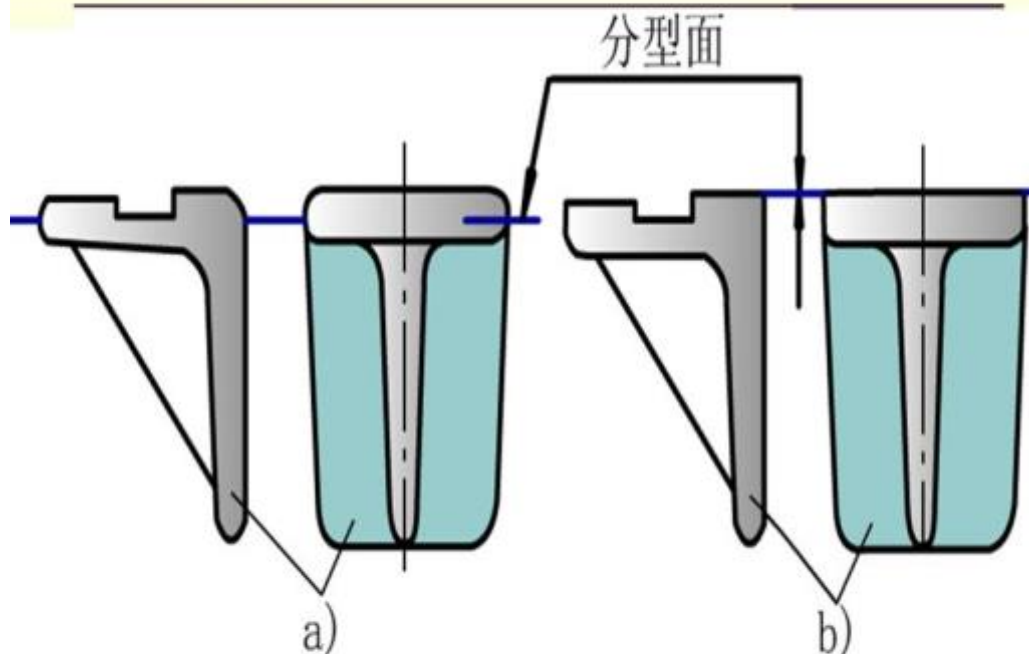
圆盖内腔的设计

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。

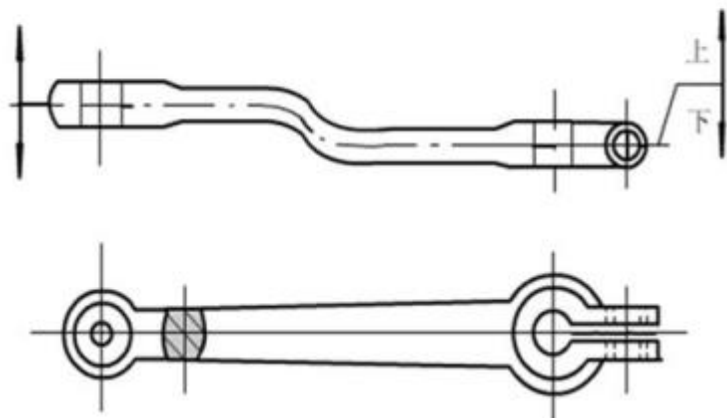
尽可能使分型面为平面，去掉不必要的外圆角。



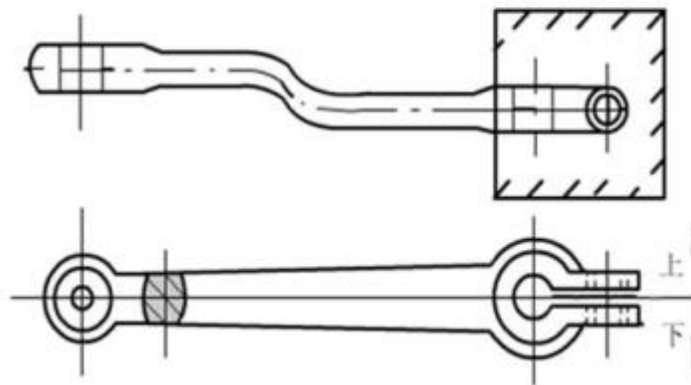
托架的结构设计

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。

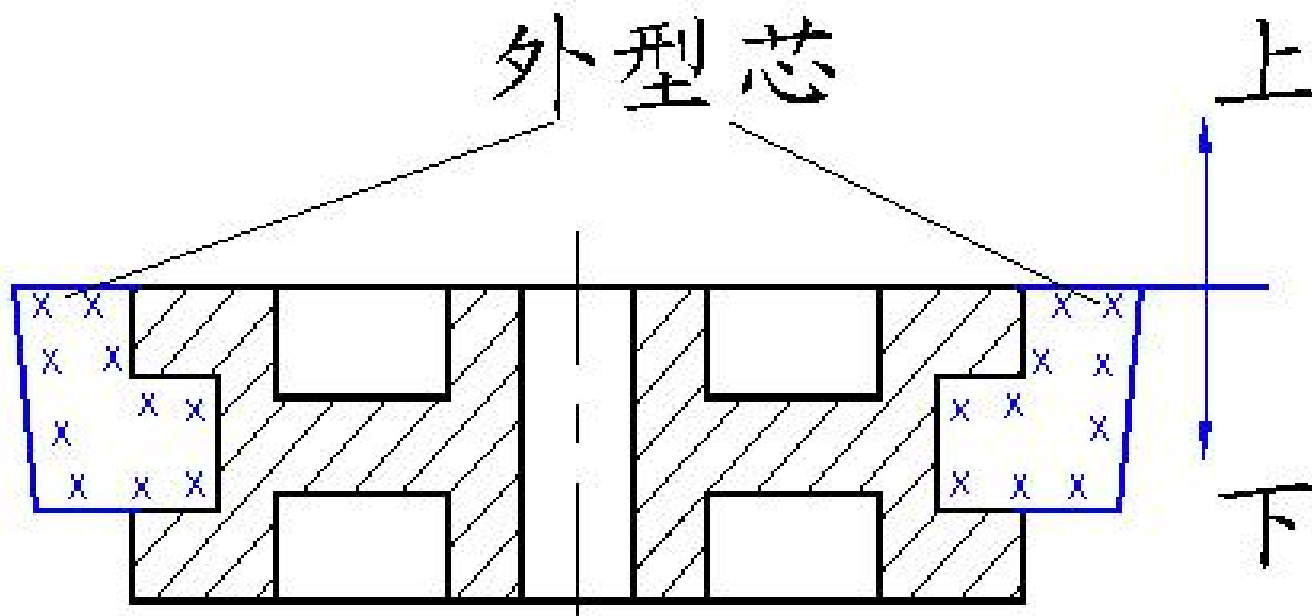


(a) 不合理



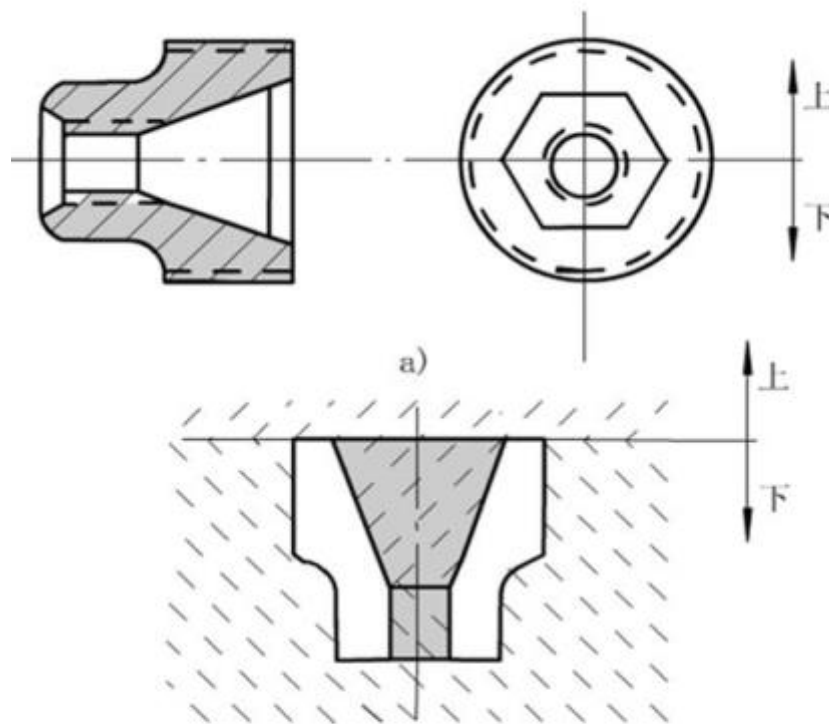
(b) 合理

④ 尽量减少分型面， 机器造型只能有一个分型面



外芯减少分型面

- 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。



b)
接头的分型面

-

27/43

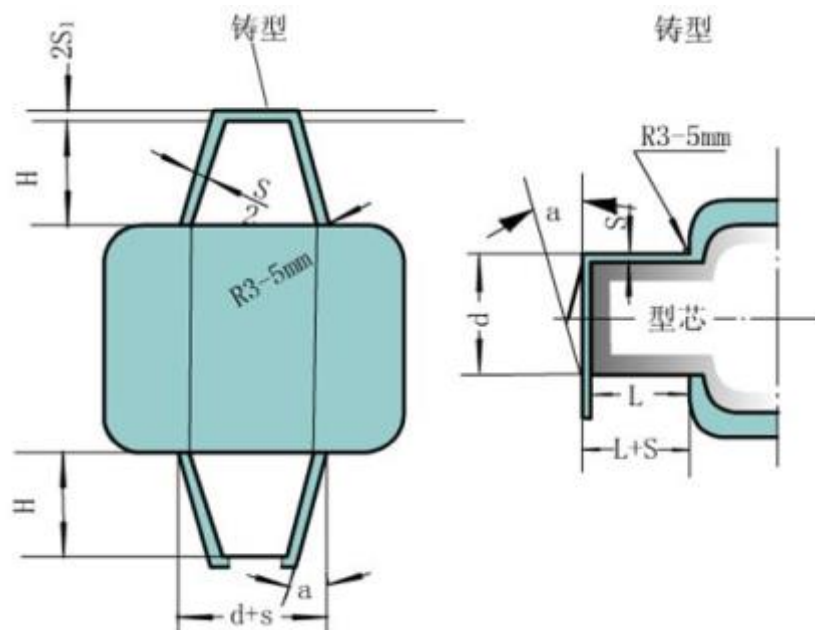
3. 铸造工艺参数确定

(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。

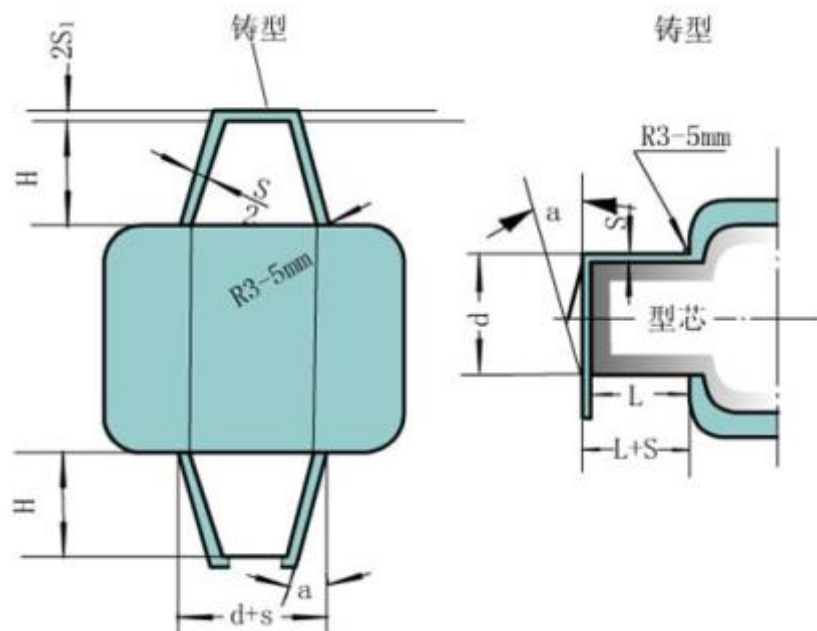


3. 铸造工艺参数确定

(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。

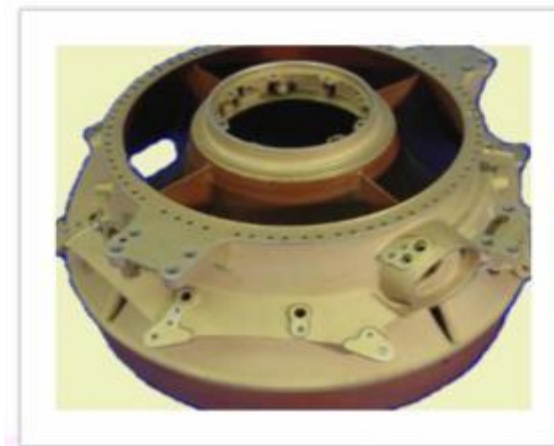




铸件结构工艺性

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)

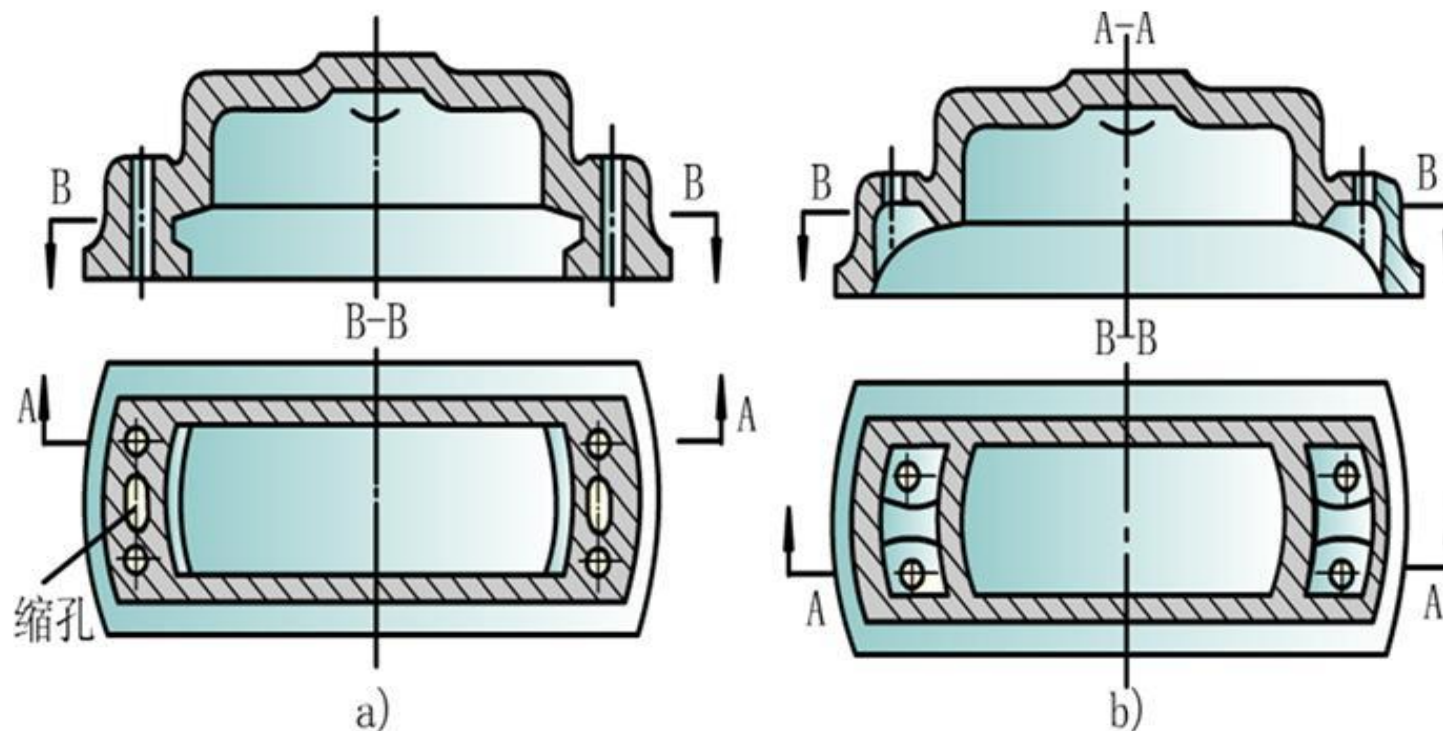
铸件尺寸	铸钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铝合金	铜合金
$<200 \times 200$	5~8	3~5	4~6	3~5	3~3.5	3~5
$200 \times 200 \sim 500 \times 500$	10~12	4~10	8~12	6~8	4~6	6~8
$>500 \times 500$	15~20	10~15	12~20			

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。

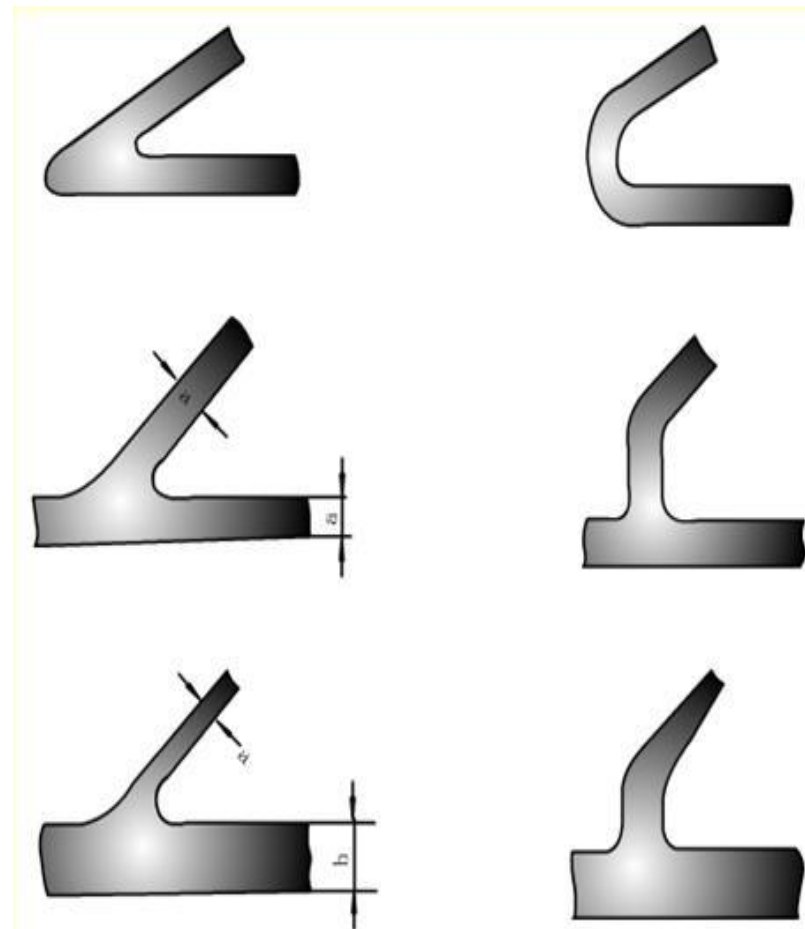
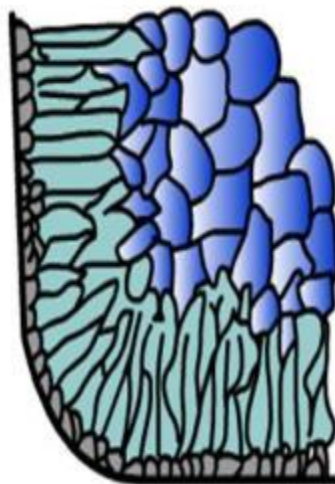
3) 铸件壁厚应均匀，避免厚大截面，并防止壁厚的突变



顶盖铸件的设计

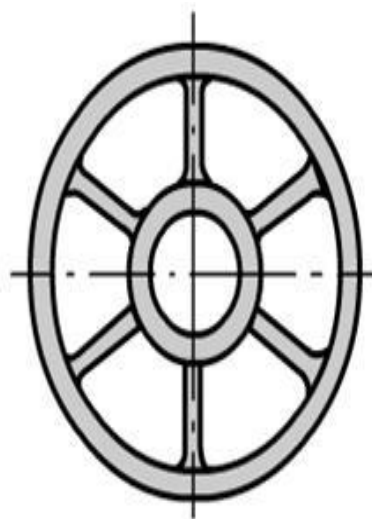
2. 铸件壁间连接的设计

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。**

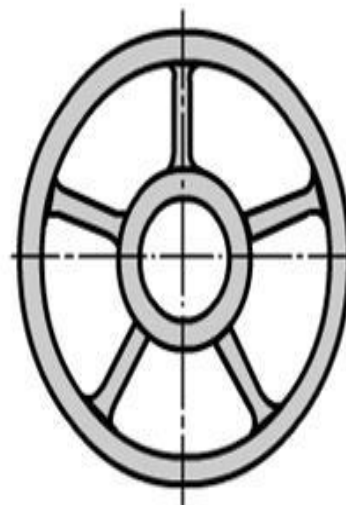


3. 避免铸件收缩受阻的设计

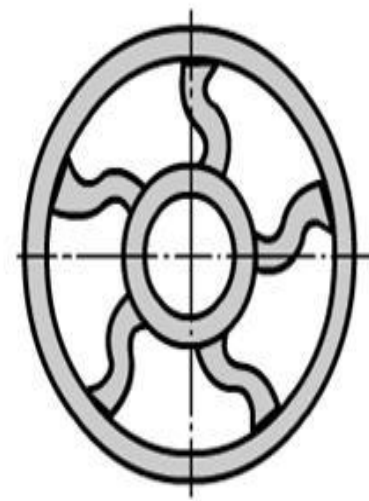
铸件收缩受阻时，易产生内应力，从而产生裂纹，故应尽量**避免受阻收缩**。



a) 偶数轮辐



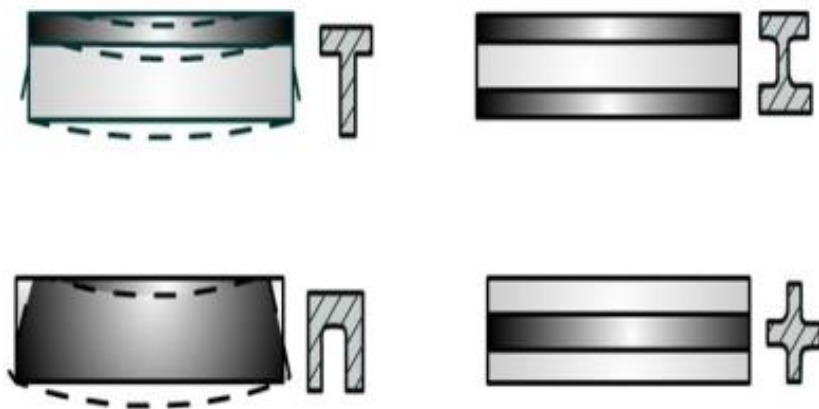
b) 奇数轮辐



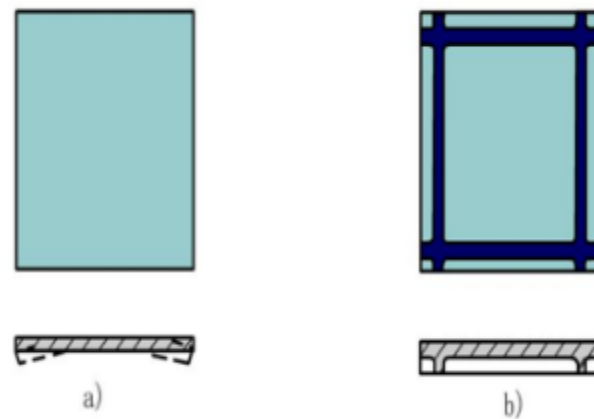
c) S形轮辐

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) 对称结构

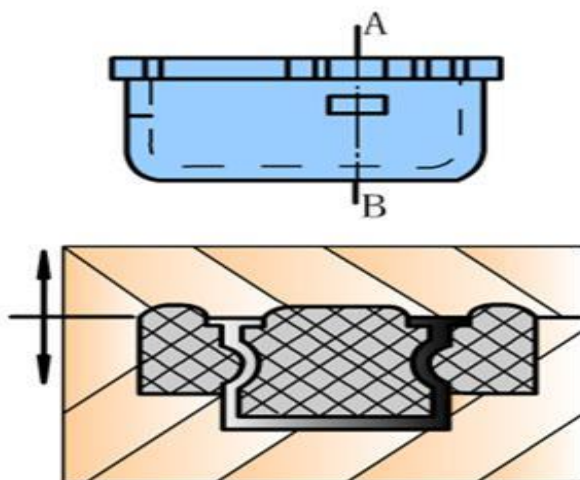


(b) 采用加强筋

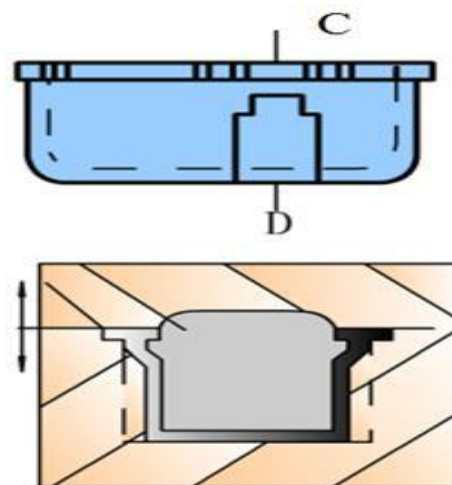
二、铸造工艺的影响

1. 铸件外形的设计

(1) 设计时应尽量避免侧凹

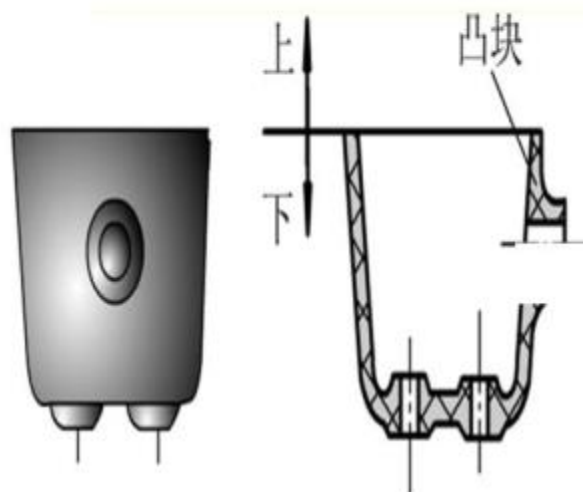


A-B剖面
a) 不合理

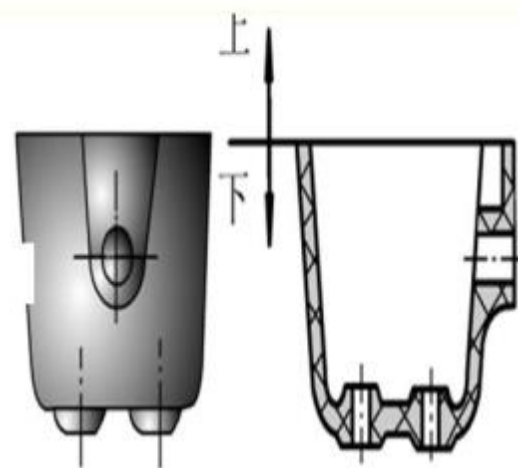


C-D剖面
b) 合理

(2) 凸台的设计应便于起模



a) 原设计

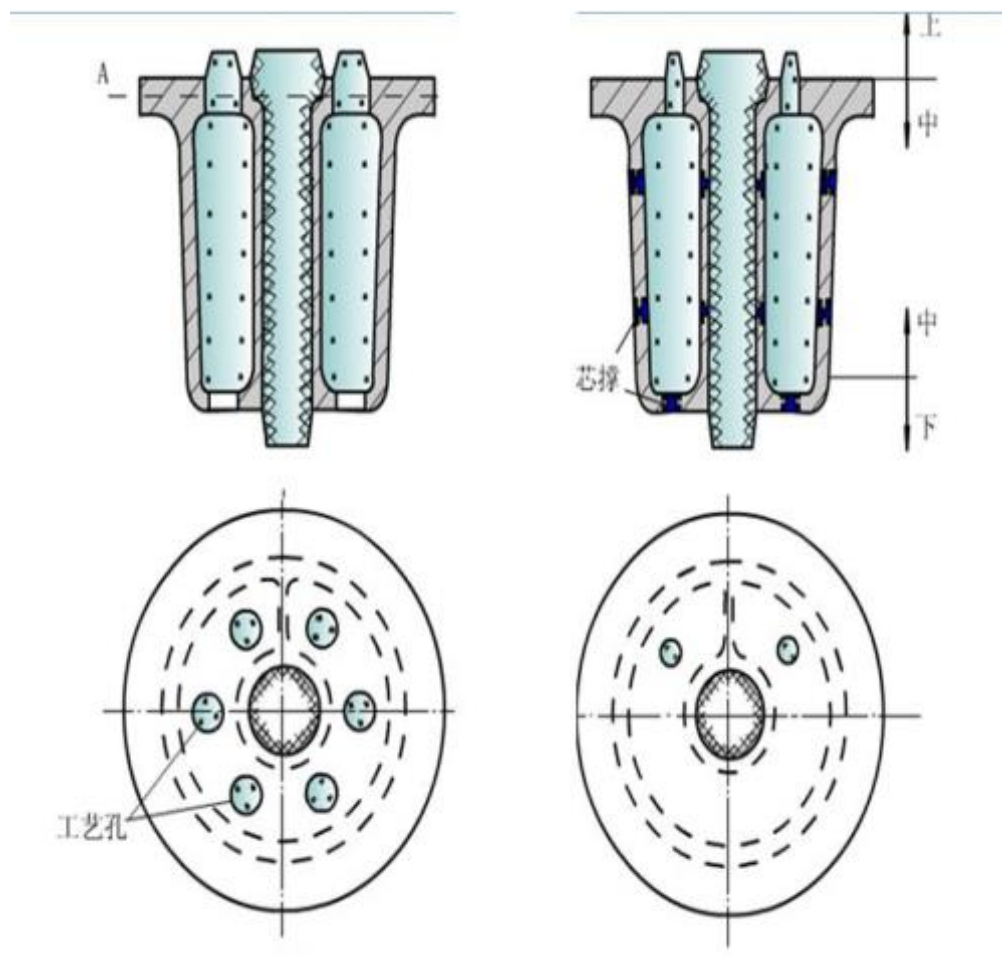


b) 改进后的设计

2. 铸件内腔设计

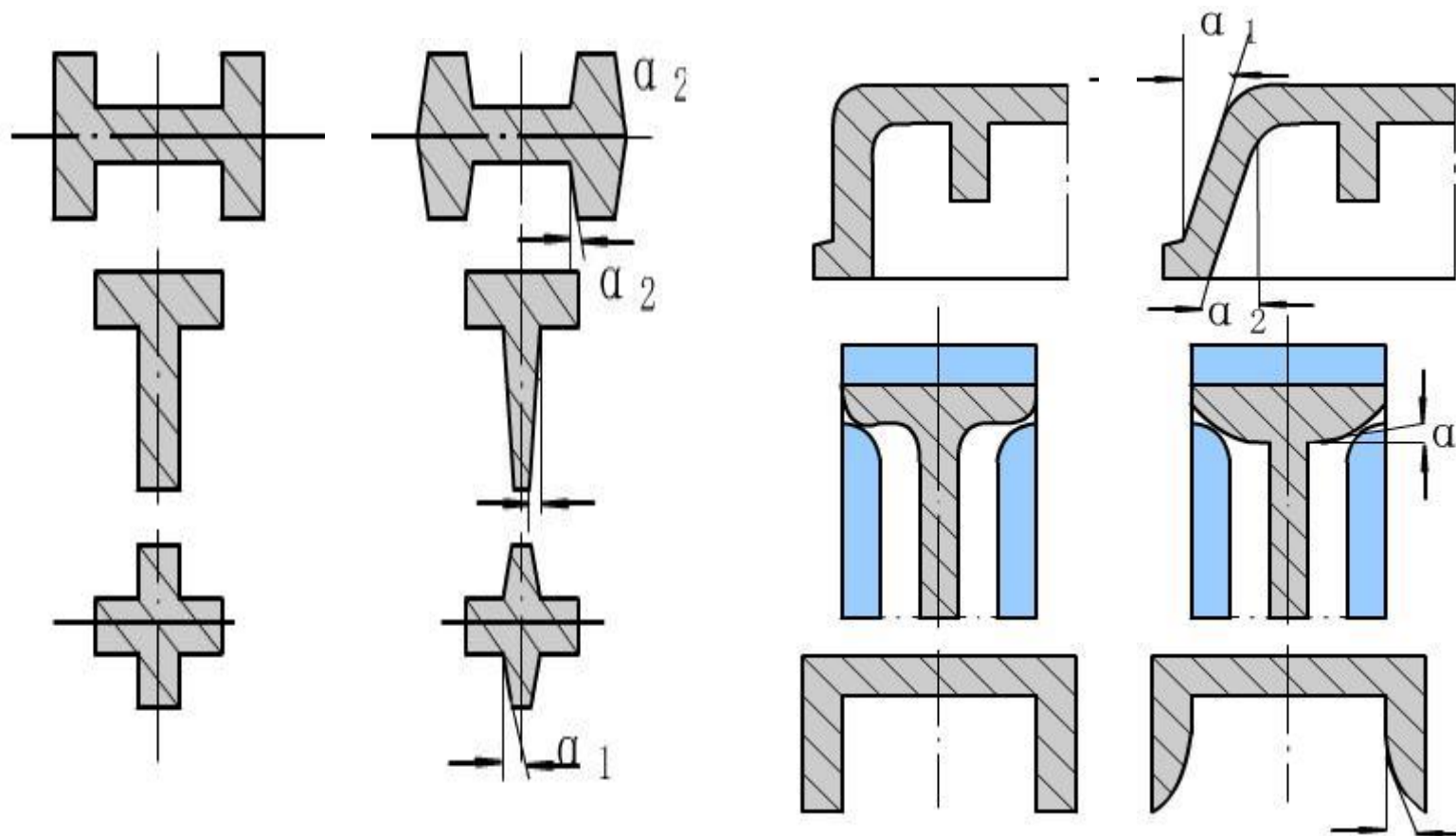
尽量减少不必要的型芯！

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！**



河北工程大学

勤慎公忠