



2.1 铸造方法选择及工艺

本章重点与难点

教学重点

铸造的特点、分类及应用；
砂型铸造工艺。

教学难点

砂型铸造工艺、金属铸造
性能对铸件质量的影响。



5.1 铸造工艺基础

5.1.1 铸造生产的特点

铸造的成形是由液态凝结成固态的过程，是制造机械零件毛坯或零件的一种重要工艺方法。

优点：

- 1) 能制造各种尺寸和形状复杂的铸件，特别是内腔复杂的铸件。如各种箱体、床身、机架等零件的毛坯。铸件的轮廓尺寸可小至几毫米，大至几十米；质量从几克至数百吨。可以说，铸造不受零件大小、形状和结构复杂程度的限制。
- 2) 常用的金属材料均可用铸造方法制成铸件，有些材料（如铸铁、青铜）只能用铸造方法来制造零件。
- 3) 铸造所用的原材料来源广泛，价格低廉，并可回收利用，铸造生产工艺设备费用小，因此铸件生产成本低。
- 4) 铸件与零件的形状、尺寸很接近，因而铸件的加工余量小，可以节约金属材料，减少切削加工费用。
- 5) 铸造既可用于单件生产，也可用于批量生产，适应性广。



5.1 铸造工艺基础

缺点：

铸造生产过程复杂，工序较多，常因铸型材料、模具、铸造合金、合金的熔炼与浇注等工艺过程难以综合控制，而出现缩孔、缩松、砂眼、冷隔、裂纹等铸造缺陷。因此铸件质量不够稳定，铸件的力学性能不及同类材料的锻件。

5.1.2 铸造的分类

铸造一般按造型方法来分类，习惯上分为砂型铸造和特种铸造。

砂型铸造包括湿砂型、干砂型、化学硬化砂型三类。

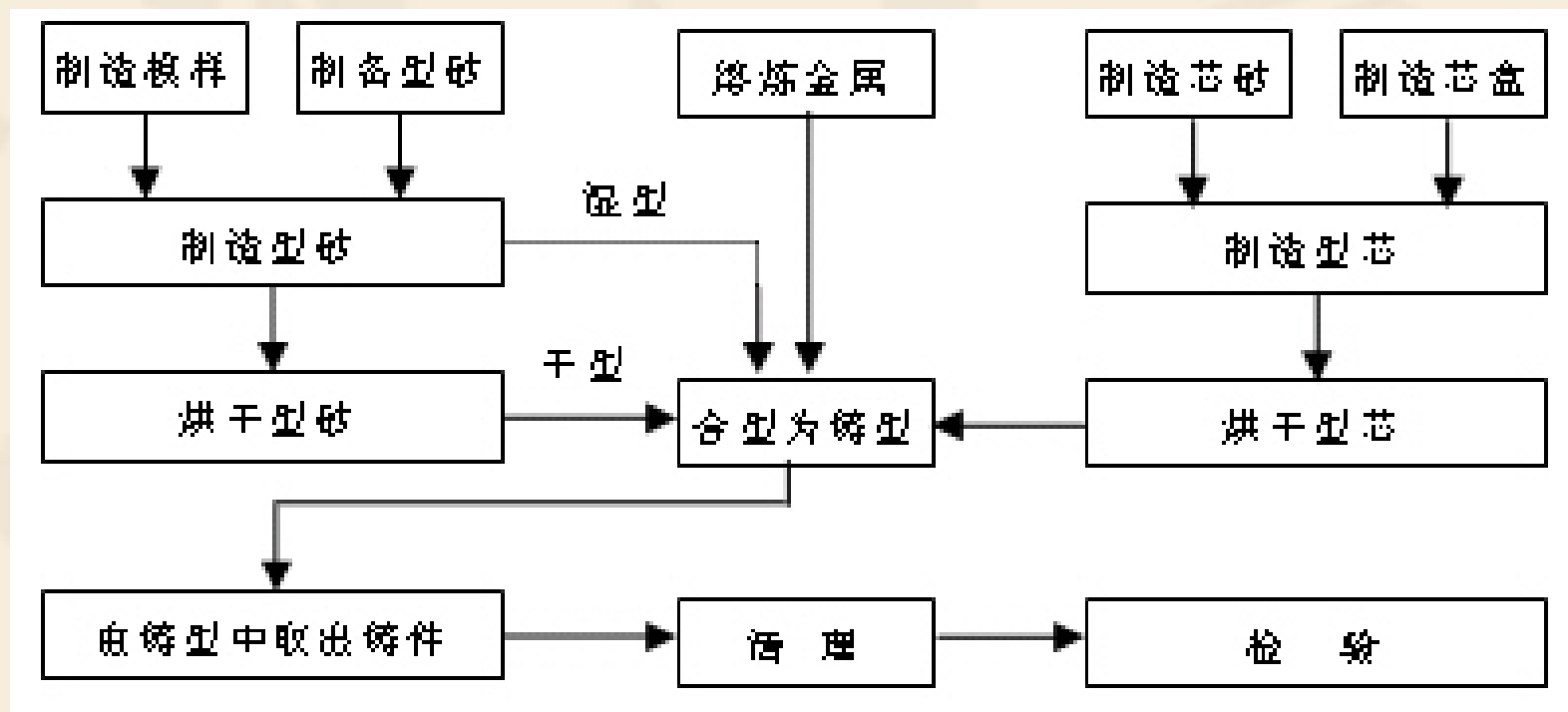
特种铸造按造型材料的不同，又可分为两大类：一类以天然矿产砂石作为主要造型材料，如熔模铸造、壳型铸造、负压铸造、泥型铸造、实型铸造、陶瓷型铸造等；一类以金属作为主要铸型材料，如金属型铸造、离心铸造、连续铸造、压力铸造、低压铸造等。



5.2 砂型铸造

5.2.1 砂型铸造的工艺流程

砂型铸造的工艺流程如下图所示：





5.2 砂型铸造

砂型铸造生产套筒铸件的工艺流程示意图

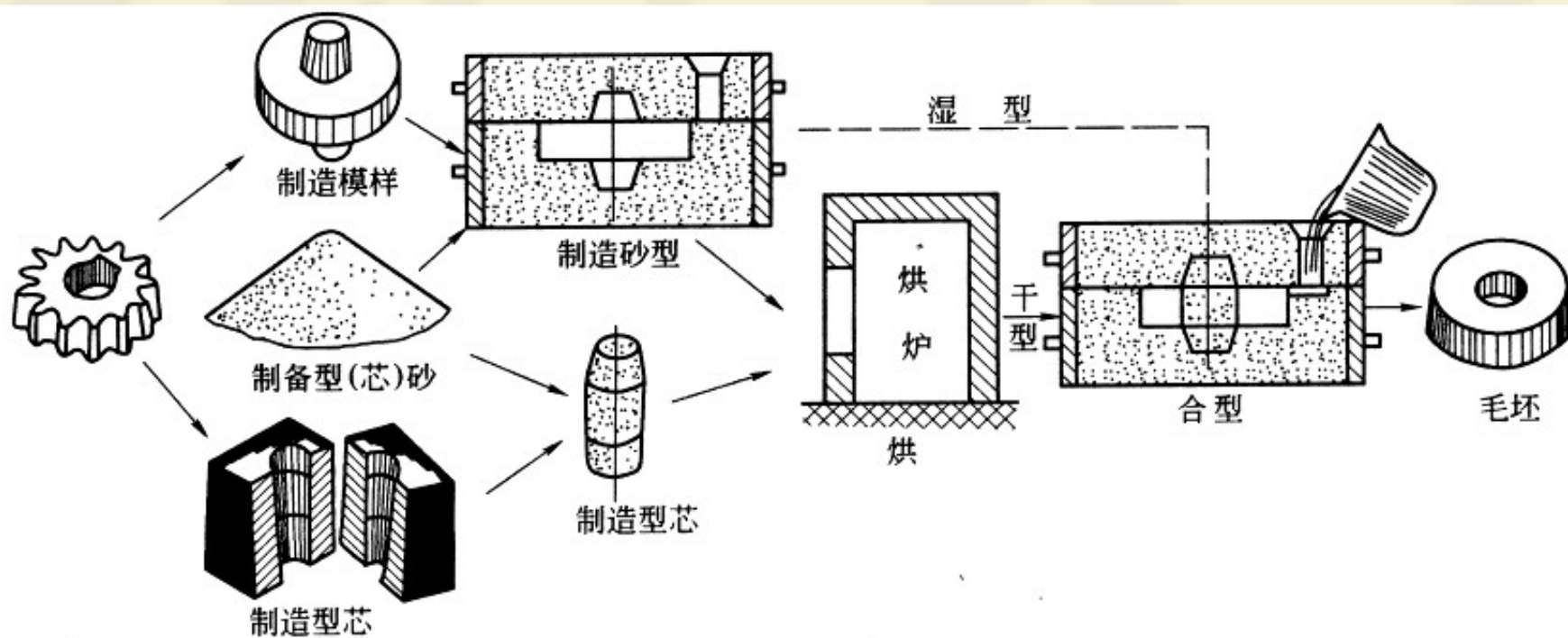


图 8-1 齿轮毛坯的砂型铸造示意图

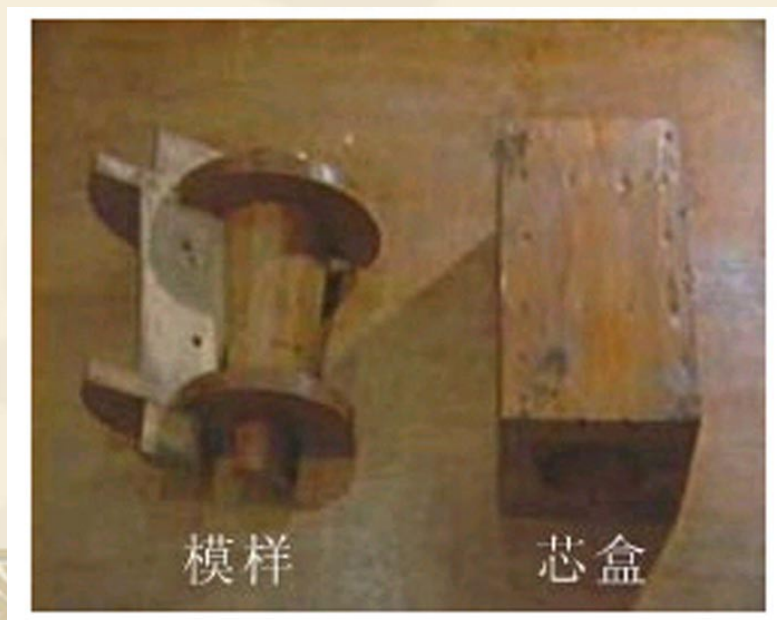


5.2 砂型铸造

5.2.2 模样和芯盒

模样是用来形成铸型型腔的工艺装备，按组合形式，可分为整体模和分开模。

芯盒是制造砂芯或其他种类耐火材料芯所用的装备。模样和芯盒由木材、金属或其他材料制成。





5.2 砂型铸造

5.2.3 造型材料

制造铸型或型芯用的材料，称为造型材料。一般指砂型铸造用的材料，包括砂、有机或无机粘结剂、水和其他附加物。





5.2 砂型铸造

5.2.4 造型和制芯

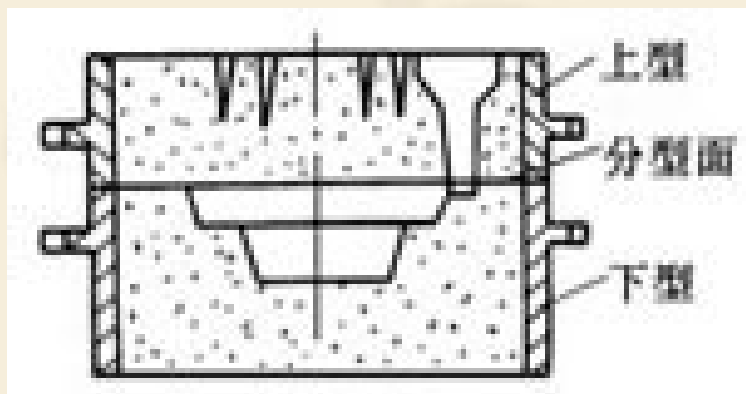
造型是指用型砂、模样、砂箱等工艺装备制造砂型的过程。制芯是将芯砂制成符合芯盒形状的砂芯的过程。

1、造型

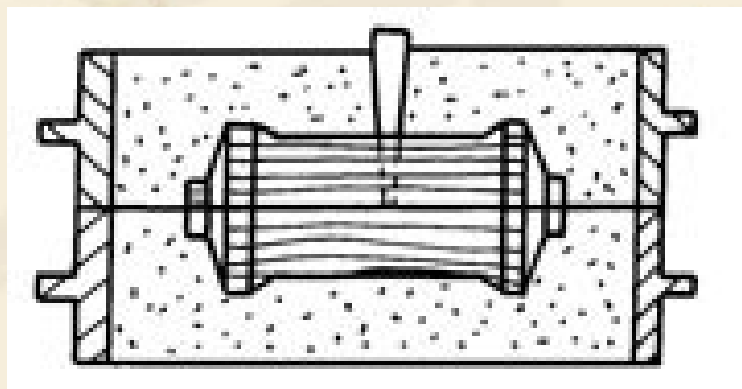
(1) 手工造型

手工造型是全部用手工或手动工具完成的造型工序。

(1) 整体模制型



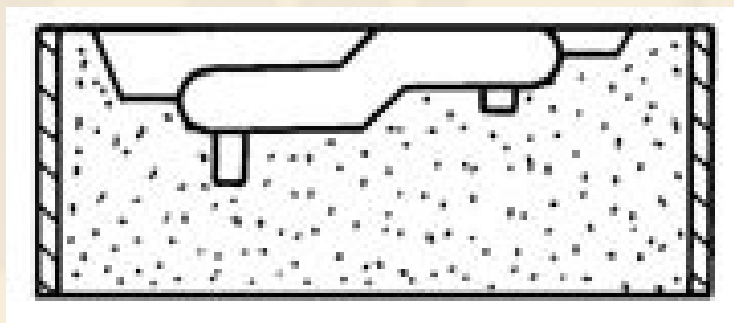
(2) 分块模造型



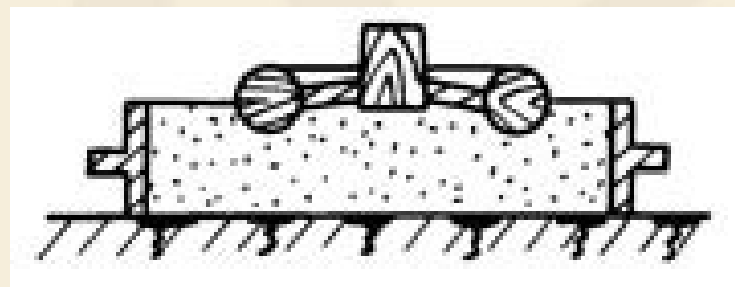


5.2 砂型铸造

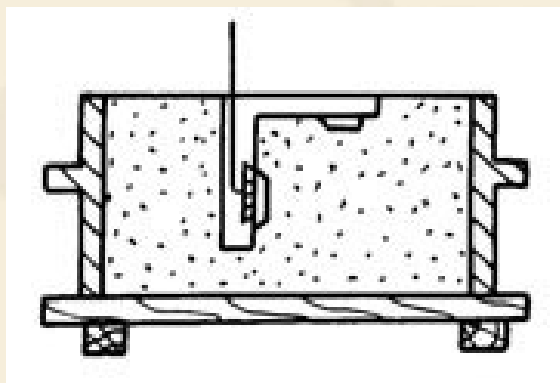
(3) 挖砂造型



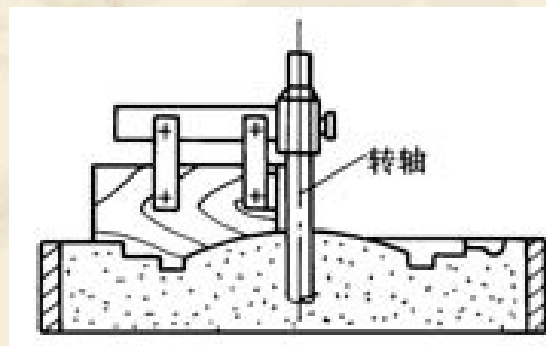
(4) 假箱造型



(5) 活块造型



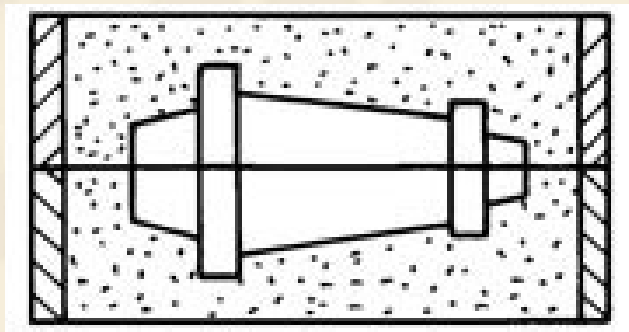
(6) 刮板造型



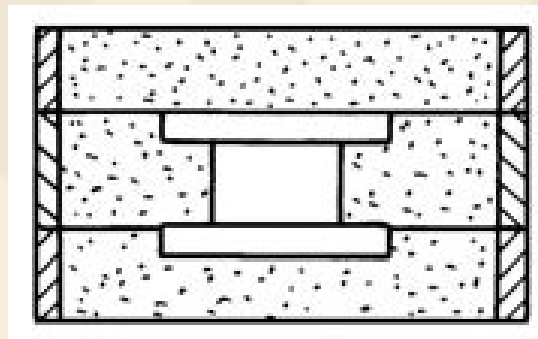


5.2 砂型铸造

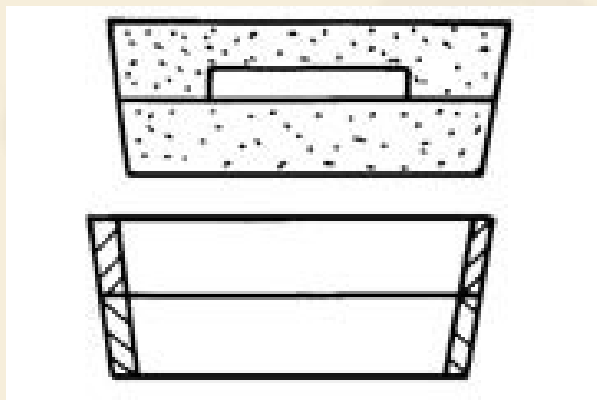
(7) 两箱造型



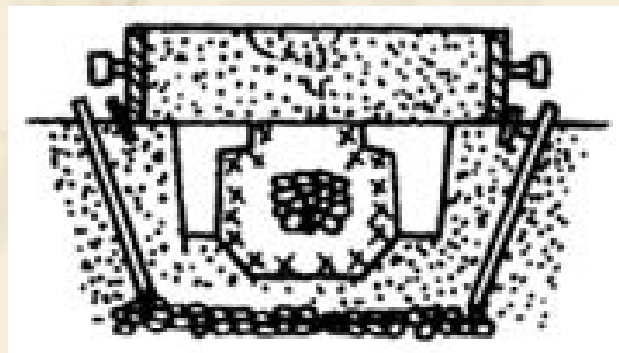
(8) 三箱造型



(9) 脱箱造型



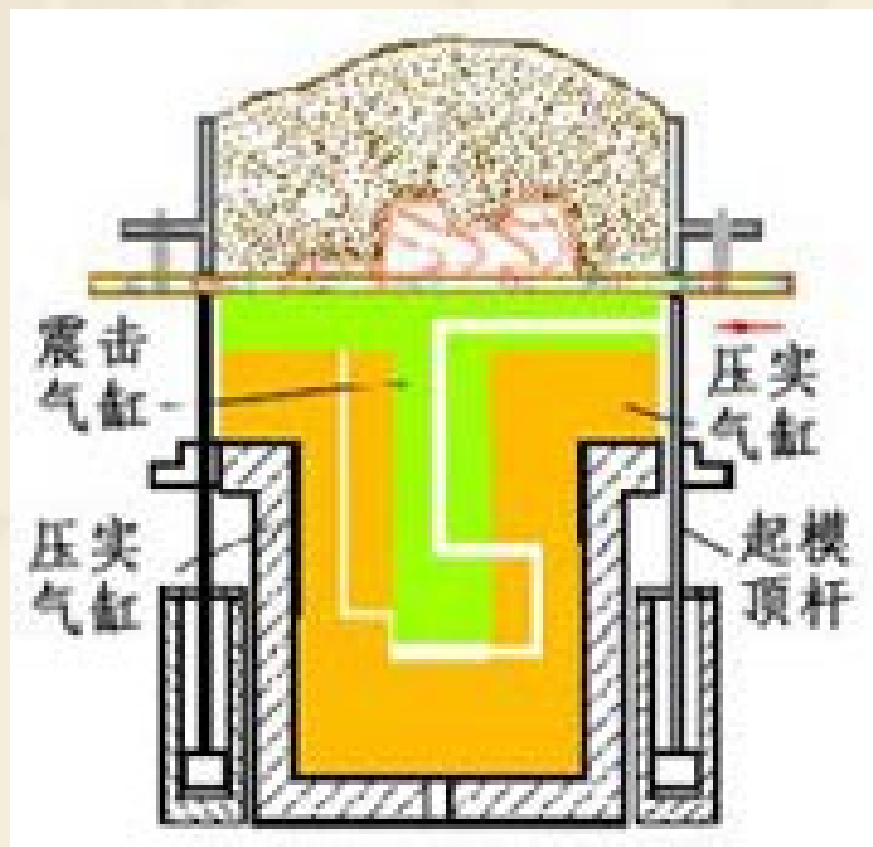
(10) 地坑造型





5.2 砂型铸造

(2) 机器造型





5.2 砂型铸造

2、制芯

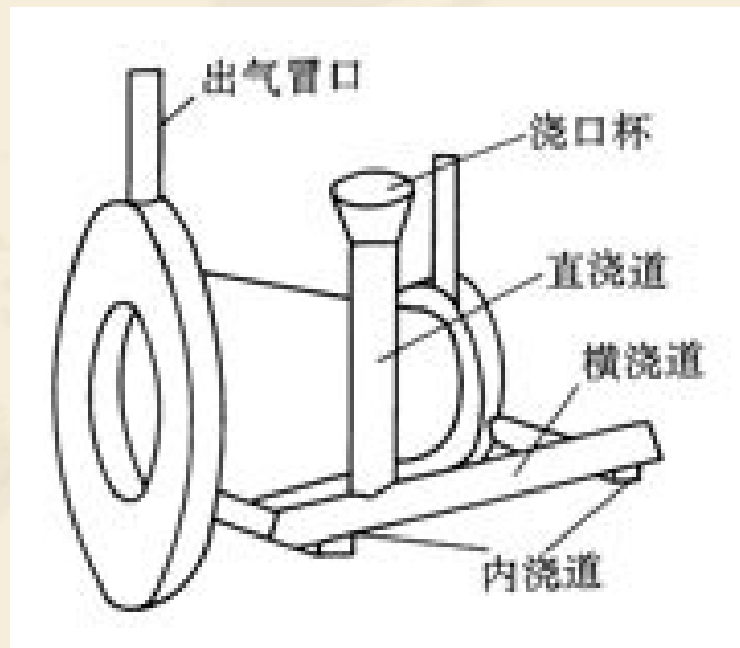
芯的主要作用是形成铸件的内腔或局部外形。单件、小批生产时采用手工制芯，大批生产时采用机器制芯。

手工制芯常采用芯盒制芯。

3、浇注系统

浇注系统是为填充型腔和冒口而开设于铸型中的一系列通道。

通常有浇口杯、直浇道、横浇道、内浇道和冒口组成，如右图所示。

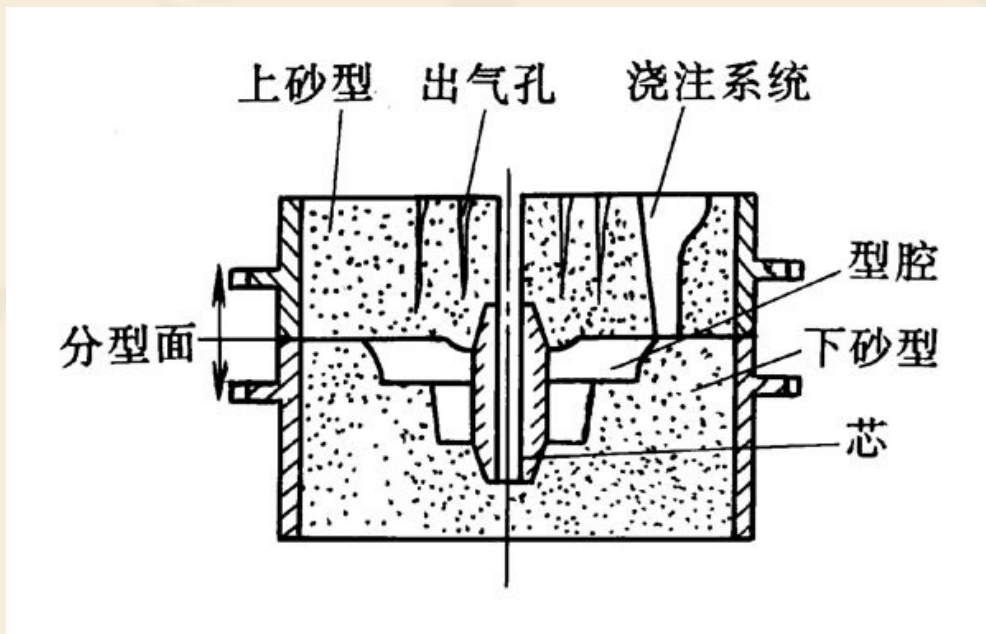




5.2 砂型铸造

4、冒口和铸型结构

尺寸较大的铸件或收缩率较大的金属还要加设冒口起补缩作用，为便于补缩，冒口一般设在铸件的厚部或上部。冒口还可起排气和集渣作用。





5.2 砂型铸造

5.2.5 铸铁的熔炼和浇注

1、铸铁的熔炼

铸铁熔炼不仅仅是单纯的熔化，还包括冶炼过程，使浇进铸型的铁液，在温度、化学成分和纯净度方面都符合预期要求。为此，在熔炼过程中要进行以控制质量为目的的各种检查测试，液态铁在达到各项规定指标后方能允许浇注。有时，为了达到更高的要求，铁液在出炉后还要经炉外处理，如脱硫、真空脱气、炉外精炼、孕育或变质处理等。熔炼铸铁常用的设备有冲天炉、电弧炉、感应炉、电阻炉、反射炉等。



5.2 砂型铸造

2、浇注

浇注是指将熔融金属从浇包中浇入铸型的操作。为保证铸件质量，应对浇注温度和速度加以控制。

铸铁的浇注温度为液相线以上 200°C （一般为 $1250 \sim 1470^{\circ}\text{C}$ ）。

浇注速度过快会使铸型中的气体来不及排出而产生气孔，并易造成冲砂；浇注速度过慢，使型腔表面烘烤时间长，导致砂层翘起脱落，易产生夹砂结疤、夹砂等缺陷。



5.2 砂型铸造

5.2.6 落砂、清理与检验

落砂是指用手工或机械方法使铸件与型（芯）砂分离的操作。

清理是指对落砂后的铸件清除表面粘砂、型砂、多余金属（包括浇冒口、飞翅和氧化皮）等过程。

清理后应对铸件进行检验，并将合格铸件进行去应力退火。



5.2 砂型铸造

5.2.7 合金的铸造性能简介

1、流动性

- (1) 流动性对铸件质量的影响
- (2) 影响流动性的因素

2、收缩

- (1) 收缩对铸件质量的影响
- (2) 影响合金收缩的因素

影响收缩的因素有合金的化学成分、浇注温度、铸件结构和铸型条件等。



5.2 砂型铸造

5.2.8 砂型铸造工艺设计简介

1、铸造工艺图

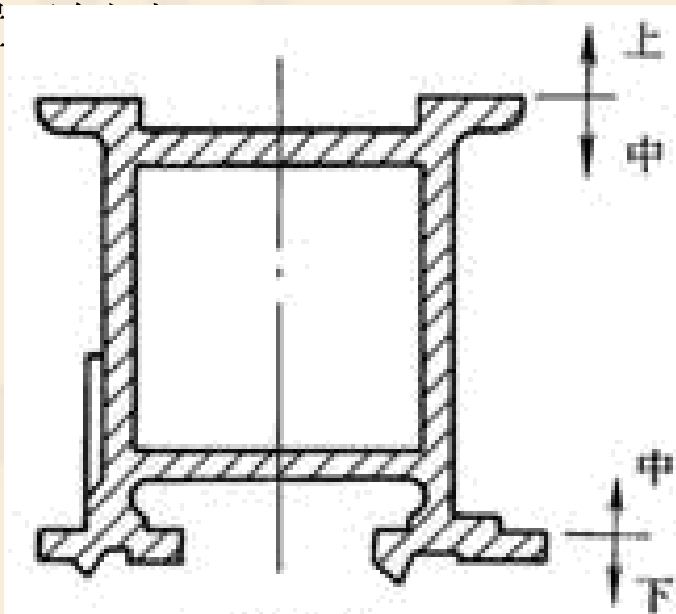
铸造工艺图是直接在零件图上用规定的红蓝色工艺符号表示出铸件的浇注位置、分型面、型芯的形状、数量和芯头大小，机械加工余量，起模斜度和收缩率，浇注系统，以及冒口、冷铁等的工程图样，是制造模样、模板、铸型、生产准备和验收最基本的工艺文件。



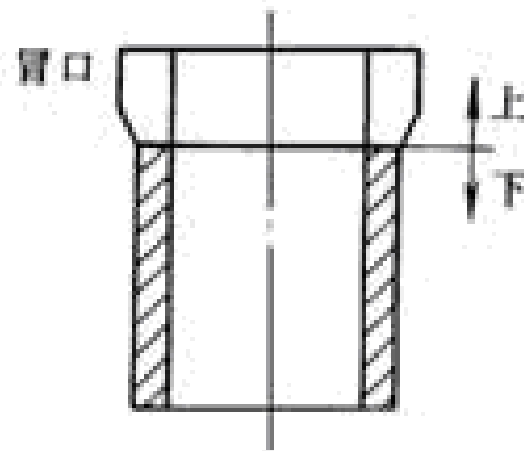
5.2 砂型铸造

(1) 浇注位置的确定

1) 主要工作面和重要面应朝上或置



机床床身

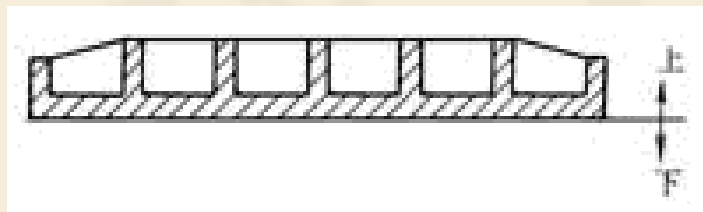


气缸套



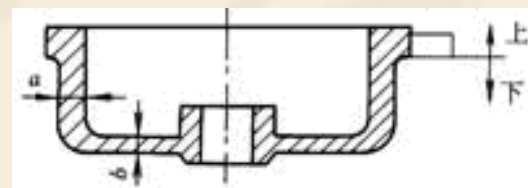
5.2 砂型铸造

2) 宽大平面朝下



平板

3) 薄壁面朝下

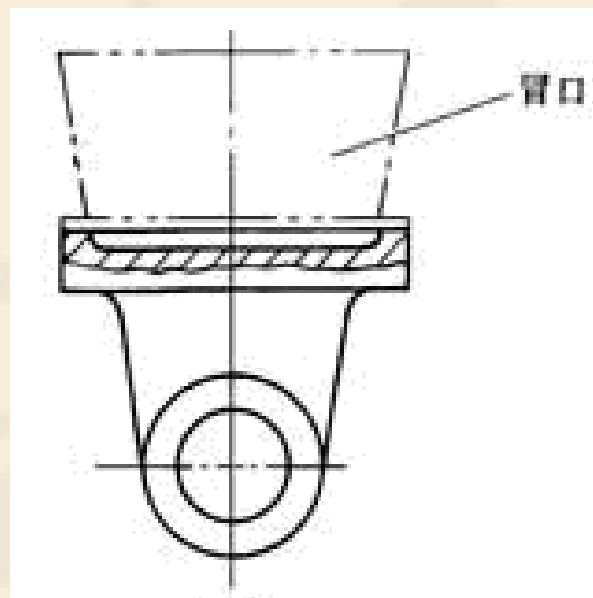


电机端盖



5.2 砂型铸造

4) 厚壁朝上



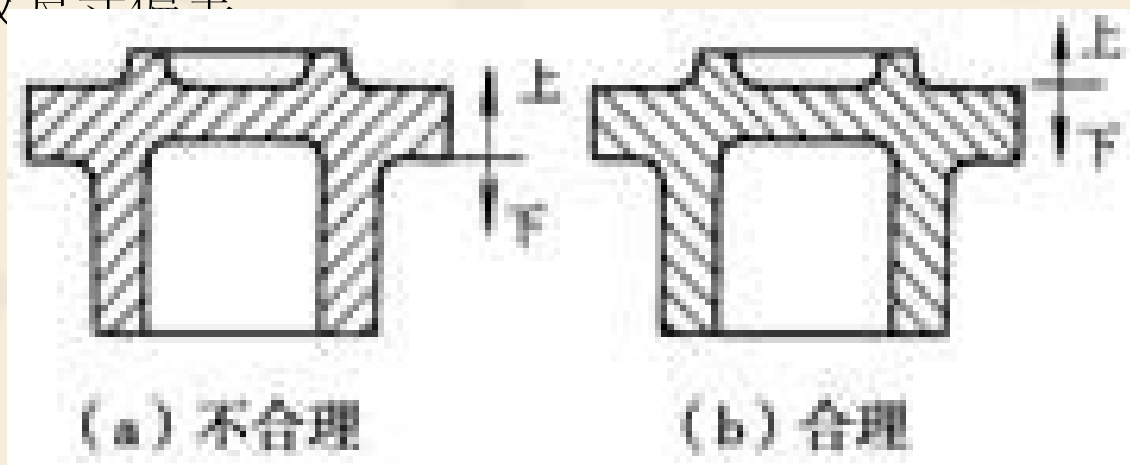
缸头



5.2 砂型铸造

(2) 分型面的确定

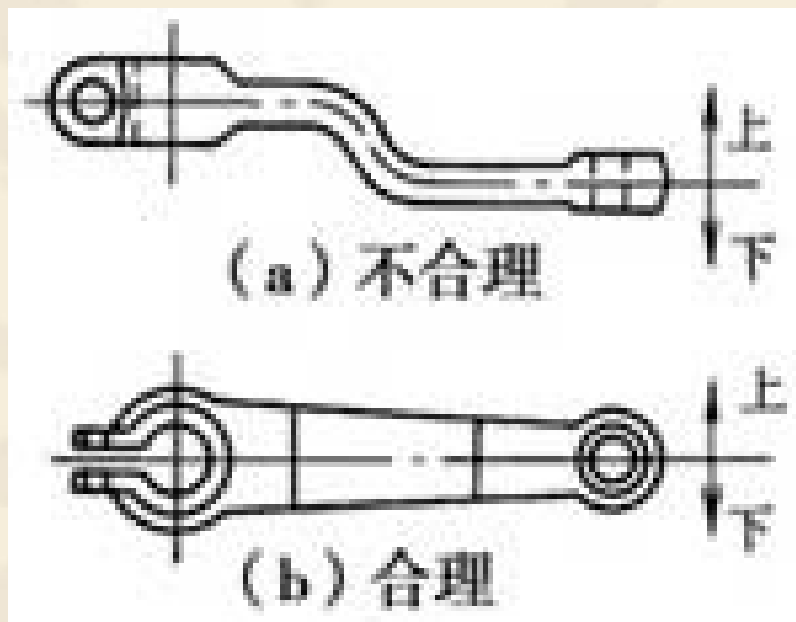
1) 尽可能使铸件全部或主要部分置于同一砂箱中，以避免错型而造成尺寸偏差。





5.2 砂型铸造

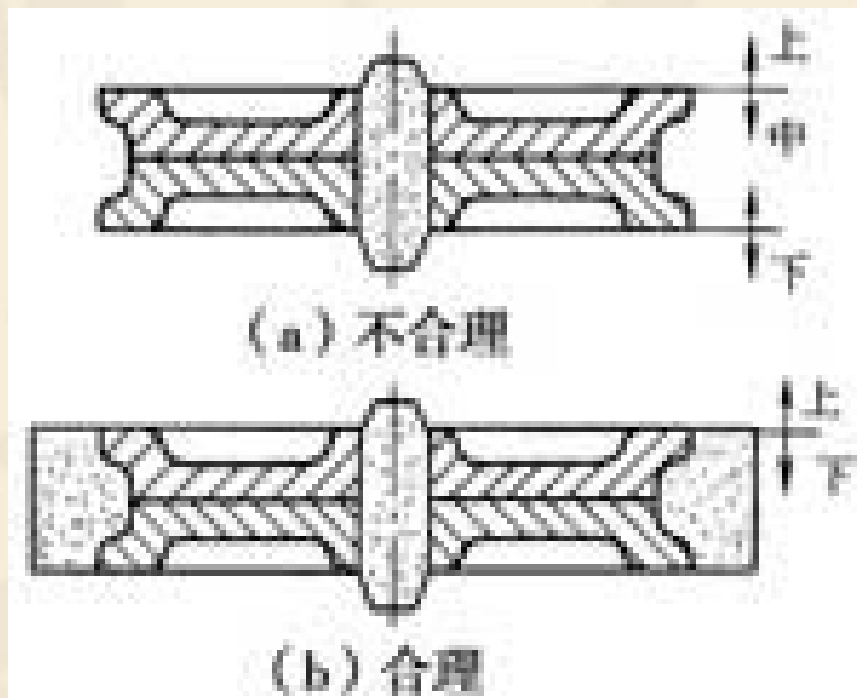
2) 尽可能使分型面为一平面





5.2 砂型铸造

3) 尽量减少分型面





5.2 砂型铸造

(3) 工艺参数的确定

1) 加工余量

小批量生产或单件生产的毛坯铸件的公差等级（摘自 GB/T6414-1999）

方法	造型 材料	公差等级 CT							
		铸件材料							
		钢	灰铸铁	球墨 铸铁	可锻 铸铁	铜合金	轻金属 合金	镍基 合金	钴基 合金
砂型铸造	粘土砂	13~15	13~15	13~15	13~15	13~15	11~13	13~15	13~15
手工造型	化学粘 结剂砂	12~14	11~13	11~13	11~13	11~13	10~12	12~14	12~14



5.2 砂型铸造

毛坯铸件典型的机械加工余量等级（摘自 GB/T6414-1999）

方法	要求的机械加工等级								
	铸件材料								
	钢	灰铸铁	球墨 铸铁	可锻 铸铁	铜合金	锌合金	轻金属 合金	镍基 合金	钴基 合金
砂型铸造 手工造型	G~K	F~H	F~H	F~H	F~H	F~H	F~H	G~K	G~K
砂型铸造 机器造型 和型壳	F~H	E~G	E~G	E~G	E~G	E~G	E~G	F~H	F~H
金属型 （重力铸 造和低压 铸造）	—	D~F	D~F	D~F	D~F	D~F	D~F	—	—
压力铸造	—	—	—	—	B~D	B~D	B~D	—	—
熔模铸造	E	E	E	—	E	—	E	E	E



5.2 砂型铸造

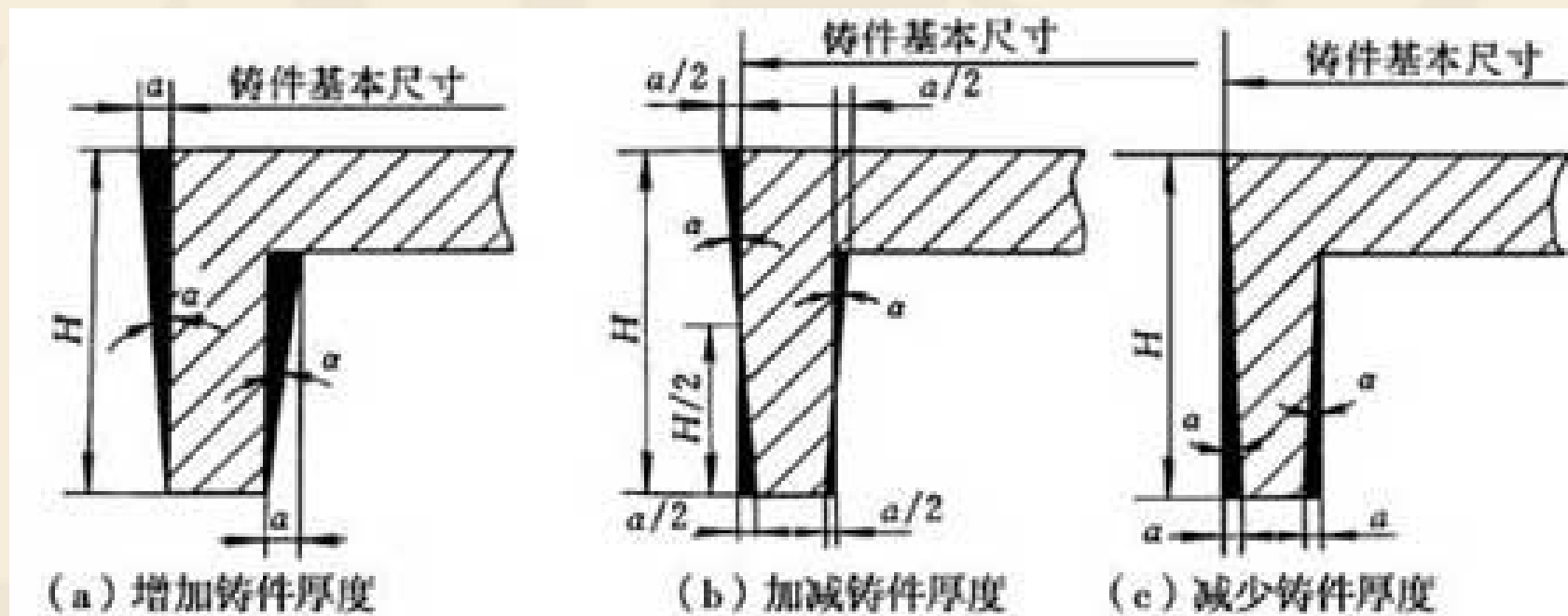
2) 起模斜度



起模斜度示意图



5.2 砂型铸造

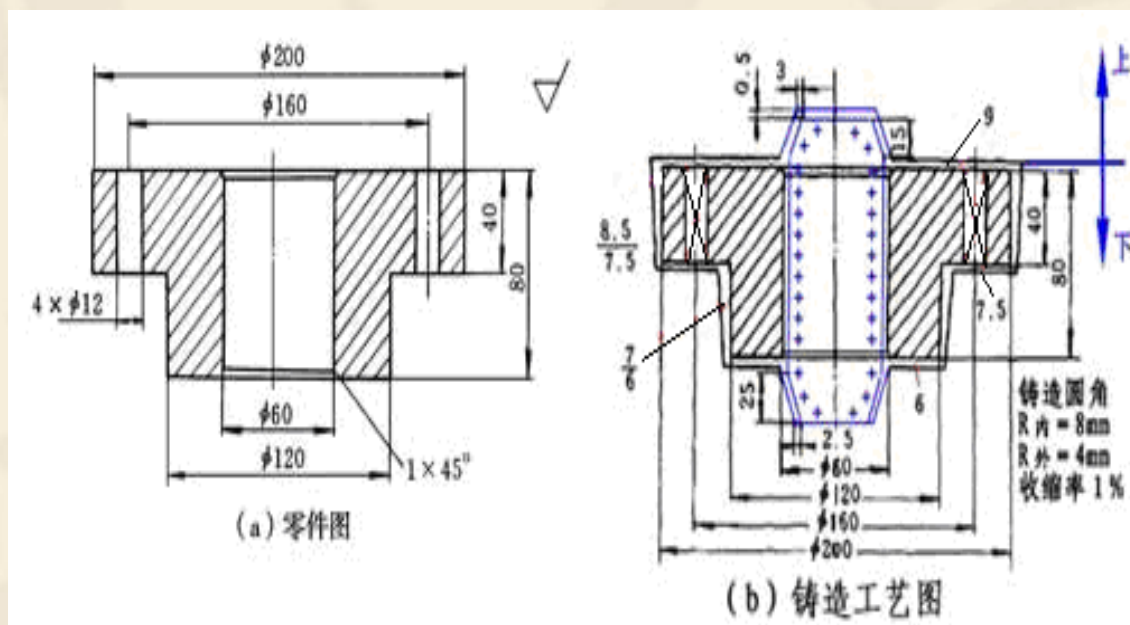


起模斜度的取法



5.2 砂型铸造

(4) 铸造工艺图绘制举例



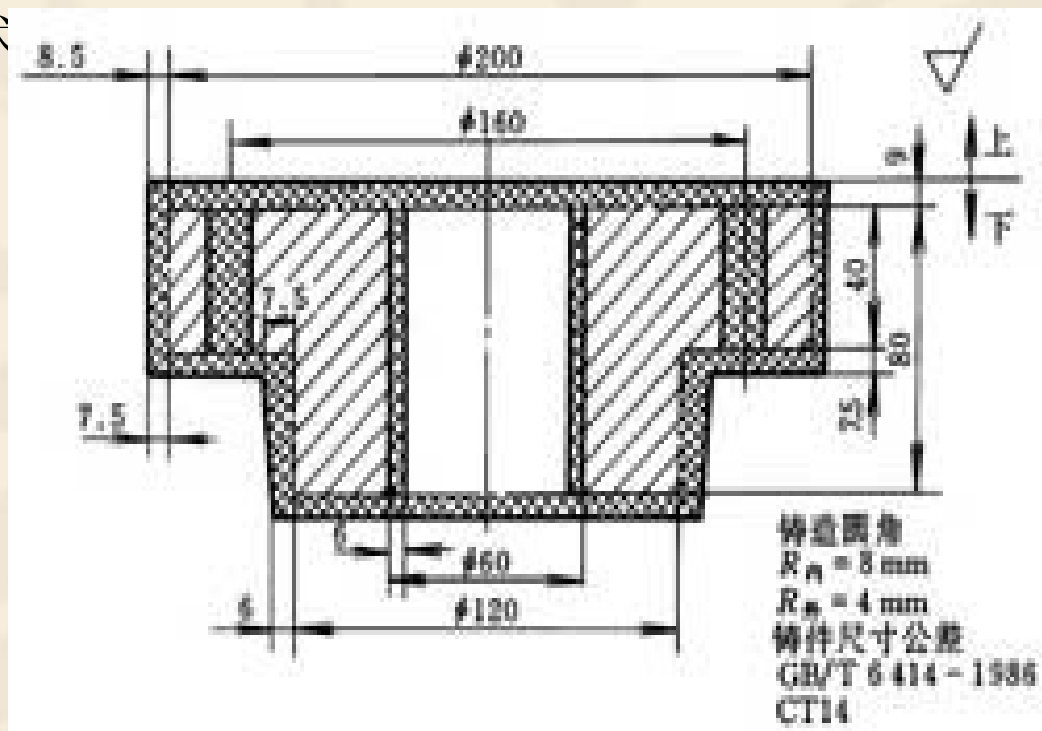
连接盘的零件图和铸造工艺图



5.2 砂型铸造

2、铸件图

铸件图是反映铸件实际尺寸
、形状和技术



连接盘铸件图



5.3 特种铸造

特种铸造是指与砂型铸造不同的其他铸造方法。特种铸造有近二十种，常用的有熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造、低压铸造等。

5.3.1 金属型铸造

金属型铸造又称硬模铸造，它是将液体金属浇入金属铸型，以获得铸件的一种铸造方法。

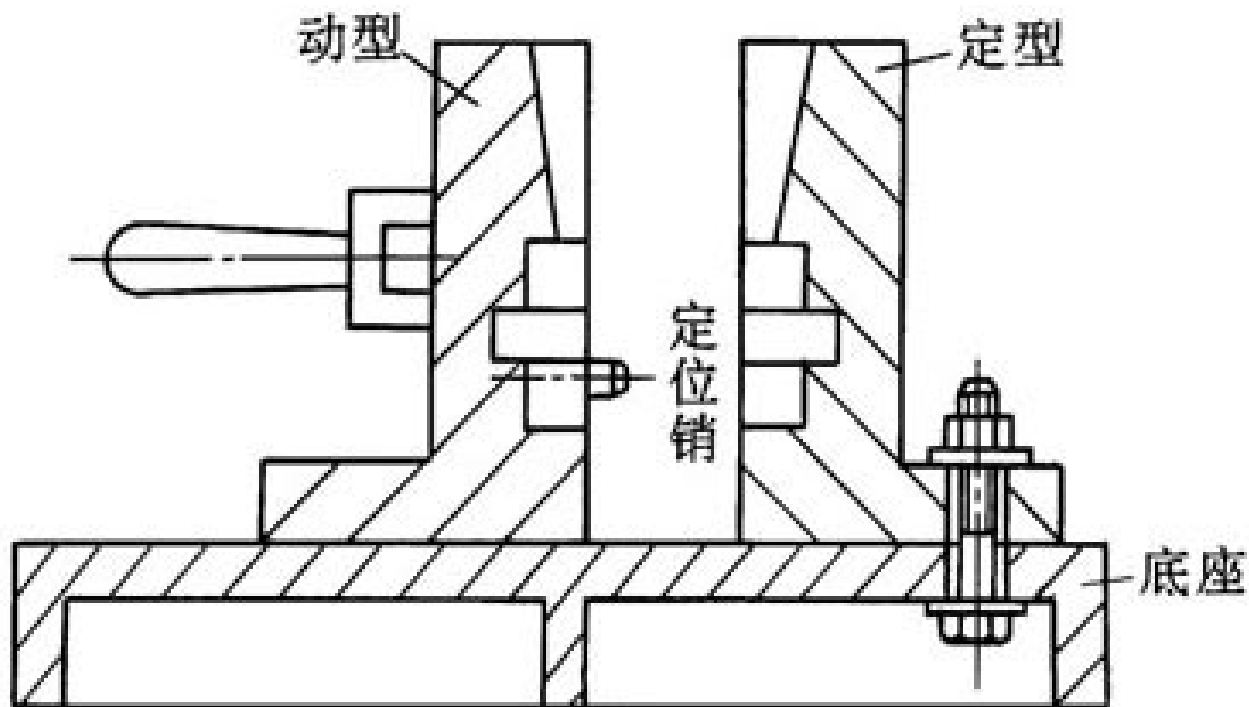
根据分型面位置不同，金属型分为整体式、垂直分型式、水平分型式和复合分型式。

垂直分型式便于开设内浇道和取出铸件，易于实现机械化，应用较多。



5.3 特种铸造

垂直分型式金属型：





5.3 特种铸造

金属型铸造与砂型铸造比较：在技术上与经济上有许多优点。

（1）金属型导热快，铸件冷却迅速，晶粒细小，其力学性能比砂型铸件高。

（2）铸件的精度和表面质量比砂型铸件高，而且质量和尺寸稳定。

（3）铸件的工艺收得率高，液体金属耗量减少，一般可节约 15 ~ 30 %。

（4）不用砂或者少用砂，一般可节约造型材料 80 ~ 100 %。



5.3 特种铸造

金属型铸造虽有很多优点，但也有不足之处。如：

- (1) 金属型制造成本高、生产周期长。
- (2) 金属型不透气，而且无退让性，易造成铸件浇不到、开裂或铸铁件产生白口等缺陷。
- (3) 金属型铸造时，铸型的工作温度、合金的浇注温度和浇注速度，铸件在铸型中停留的时间，以及所用的涂料等，对铸件的质量的影响甚为敏感，需要严格控制。



5.3 特种铸造

5.3.2 压力铸造

压力铸造是指熔融金属在高压下高速充型，并在压力下凝固的铸造方法。

压铸工艺过程是：向型腔喷射涂料、闭合压型、压射金属、打开压型顶出铸件。

压铸型是压铸工艺过程的关键装备，是由定型、动型及金属芯组成的压铸用金属型其性能、精度、表面质量要求很高，必须用热作模具钢制造，并进行严格的热处理。

压铸机是压铸生产专用机器，主要有开合型、压射、抽芯、顶出铸件等机构组成。分为热压室式和冷压室式两类。



5.3 特种铸造

压力铸造具有如下特点：

- （1）压铸的生产率比其他铸造方法都高，并易于实现半自动化、自动化。
- （2）压铸件尺寸精度高，表面质量好。
- （3）可铸出结构复杂、轮廓清晰的薄壁、深腔、精密铸件。
- （4）压铸件组织细密，强度、硬度比砂型铸件提高25% ~ 40%。
- （5）设备和压铸型费用高，压铸型制造周期长，所以只适应大批量生产。
- （6）压铸件不能进行热处理，因加热时气体膨胀会造成表面鼓泡或变形。



5.3 特种铸造

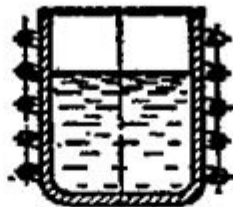
5.3.3 熔模铸造



a) 母模



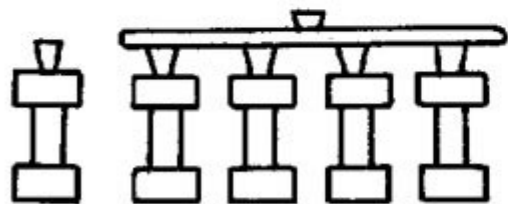
b) 压型



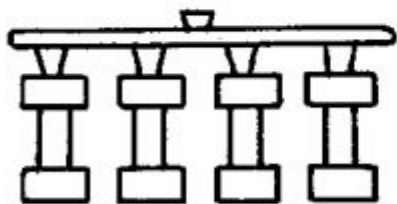
c) 熔蜡



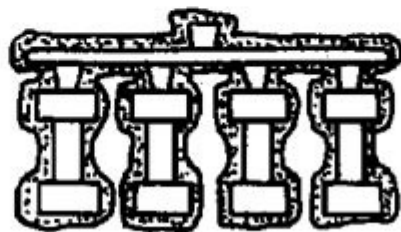
d) 造蜡模



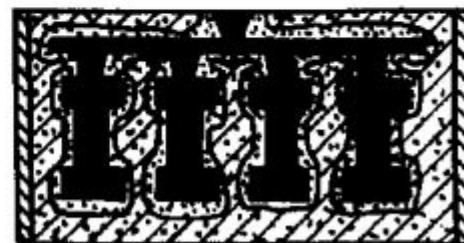
e) 单个蜡模



f) 蜡模组



g) 制造型壳、熔去蜡模



h) 填砂、浇注



5.3 特种铸造

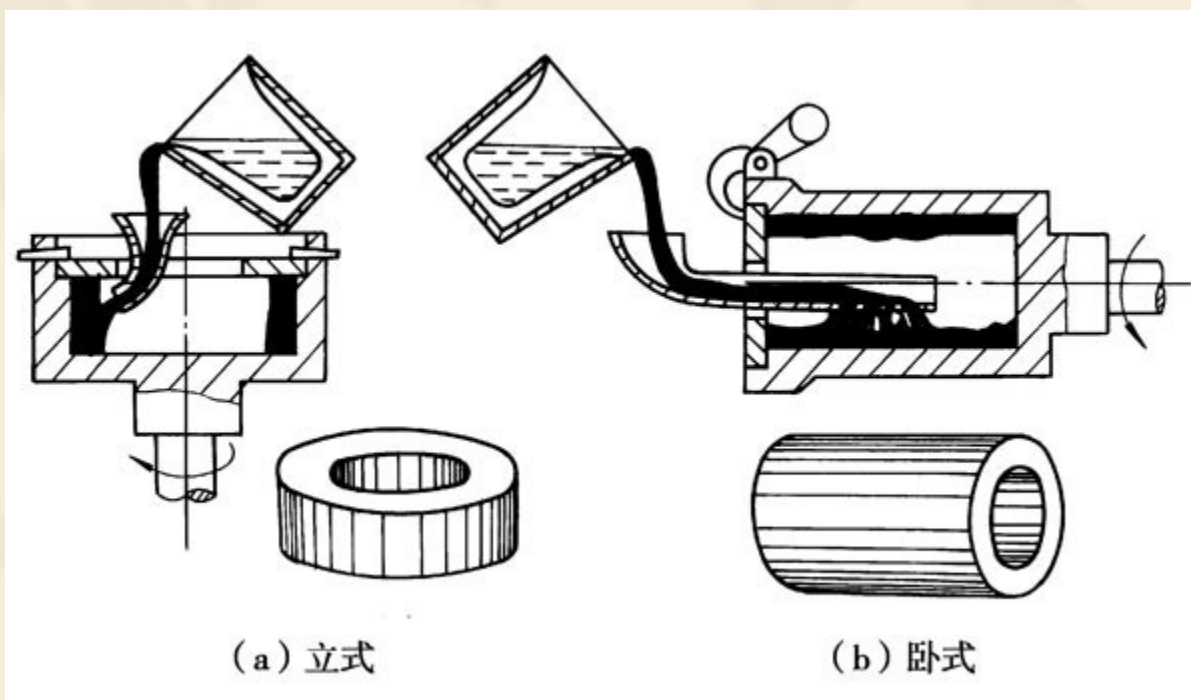
熔模铸造特点和应用范围

- (1) 可生产形状复杂、轮廓清晰、薄壁（ $0.2\text{mm} \sim 0.7\text{mm}$ ），且无分型面的铸件。
- (2) 熔模铸造的尺寸精度高（ $IT10 \sim IT14$ ），表面粗糙度值低（ $Ra12.5 \sim 1.6 \mu\text{m}$ ），可实现少（无）切削加工。
- (3) 能铸造各种合金铸件，尤其适于铸造高熔点、难切削加工和利用其他加工方法难以成形的合金，如耐热合金、磁钢和不锈钢等。
- (4) 生产批量不受限制，可实现机械化流水线生产。
- (5) 工艺过程复杂、生产周期较长（ $4 \sim 15$ 天），生产成本较高。
- (6) 因蜡模易变形，型壳强度不高等原因，铸件质量一般不超过 25kg 。



5.3 特种铸造

5.3.4 离心铸造



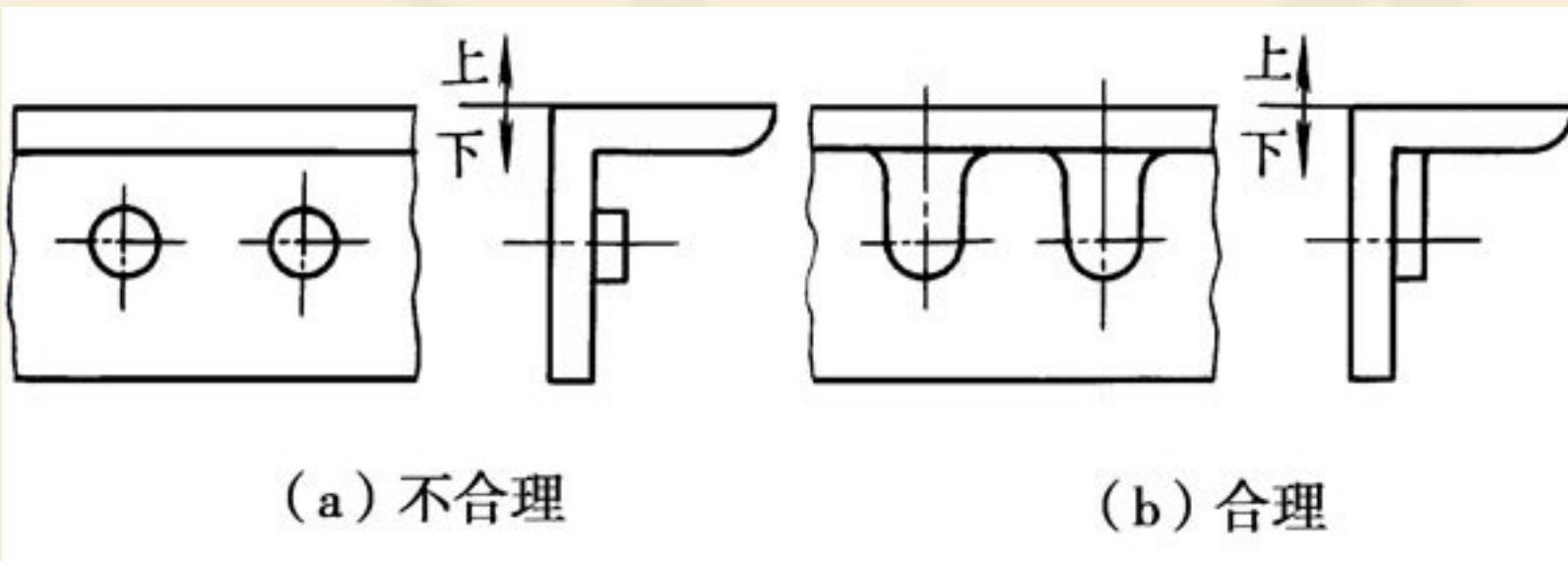


5.4 铸件结构工艺性

铸件的结构工艺性是指所设计的铸件结构不仅应满足使用的要求，还应符合铸造工艺的要求和经济性。

1、铸件的外形

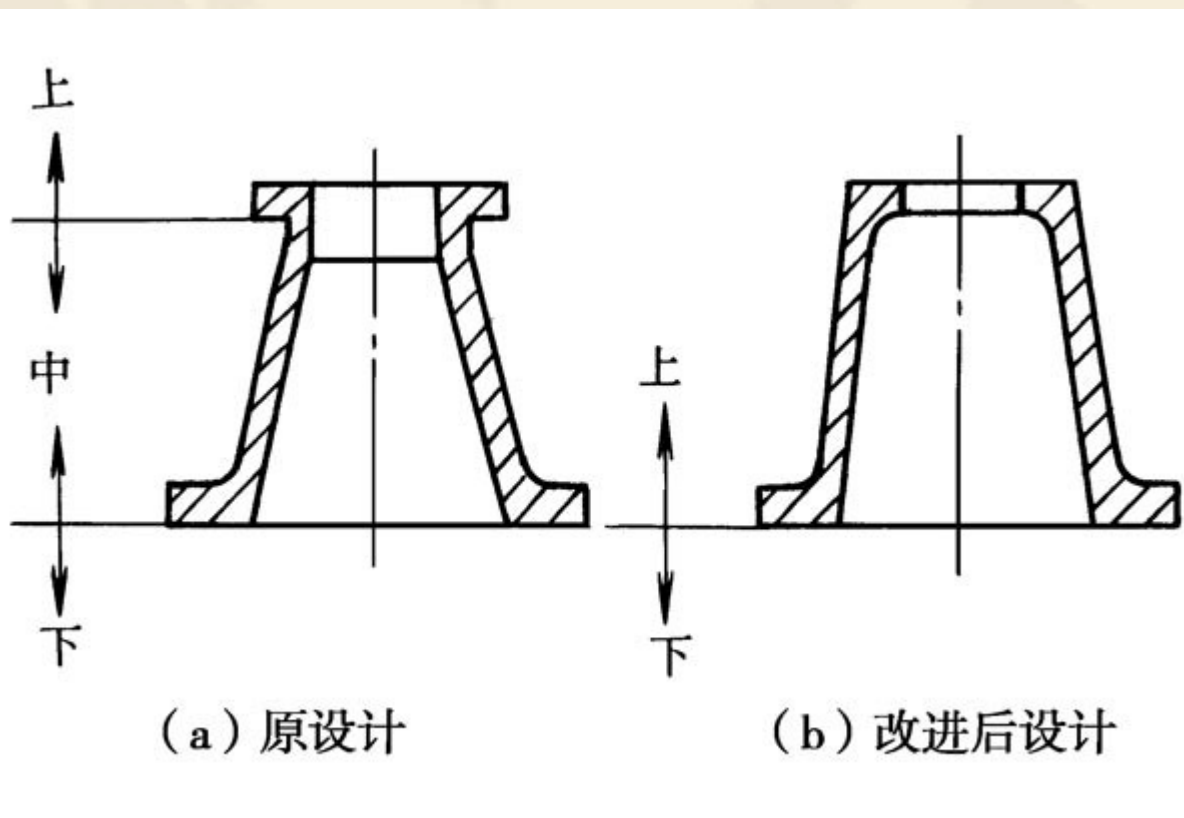
(1) 外形力求简单平直。(2) 避免或减少活块。





5.4 铸件结构工艺性

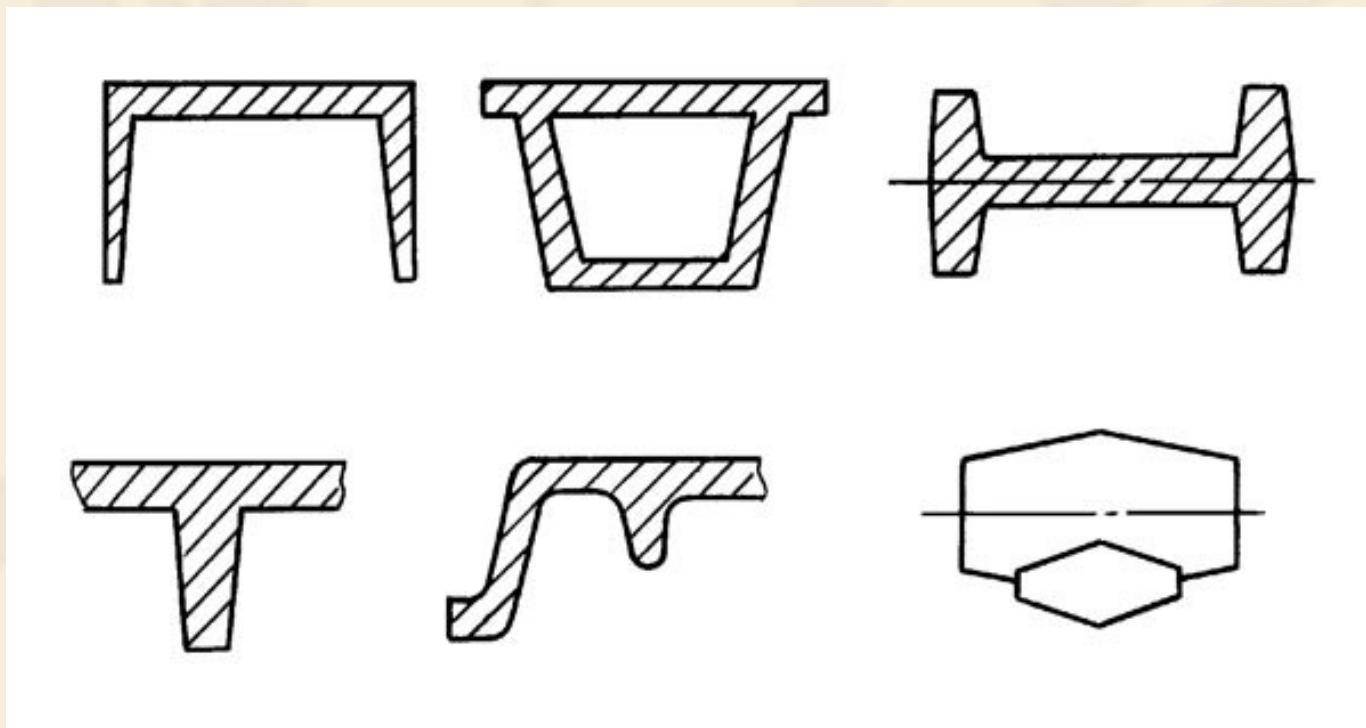
(3) 尽量减少分型面的数量





5.4 铸件结构工艺性

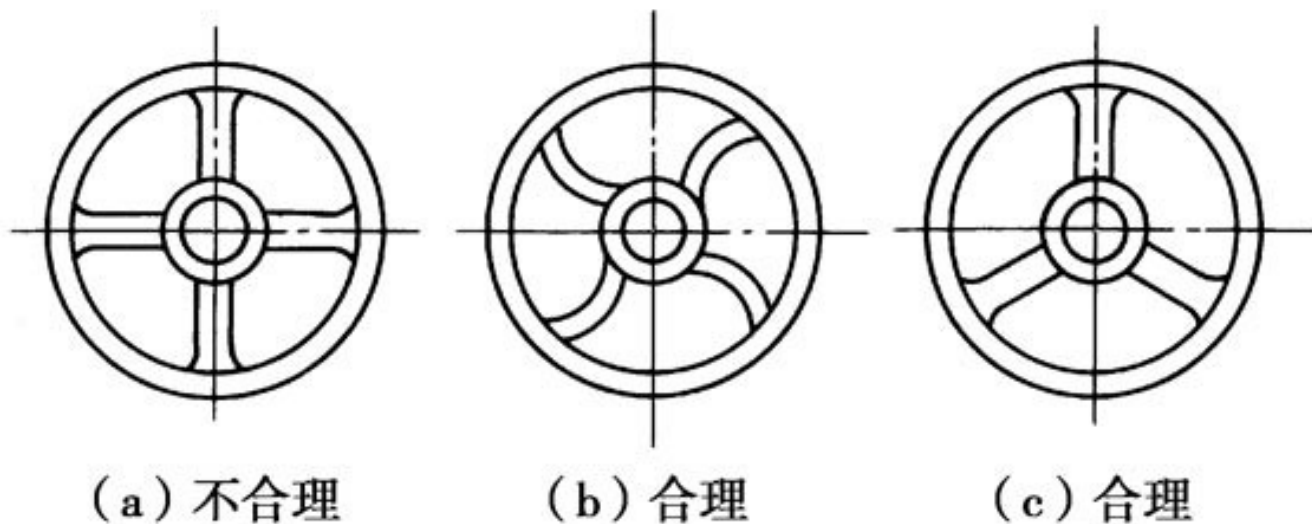
(4) 应设计结构斜度





5.4 铸件结构工艺性

(5) 避免收缩受阻



(6) 避免过大水平面



5.4 铸件结构工艺性

2、铸件的孔和内腔

- (1) 尽量少用或不用芯。
- (2) 有利于芯的固定、排气和清理，防止产生偏芯、气孔等缺陷。

3、铸件的壁厚及壁间连接

- (1) 铸件的壁厚应合理

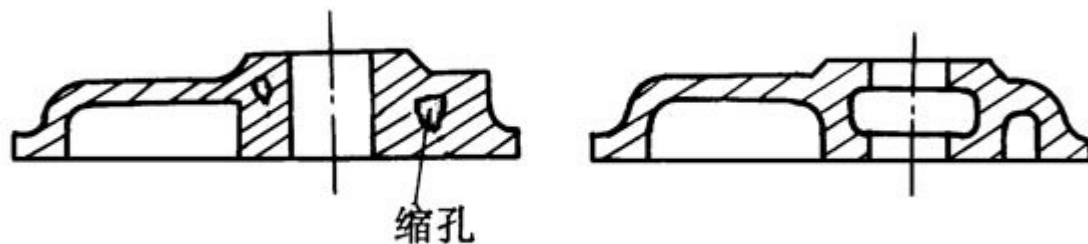
常用砂型铸造铸件的最小壁厚：

铸件最大 轮底尺寸	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铸造碳钢	铸铝合金	铸钢合金
≤200	3~4	3~4	2.5~4.5	8	3~5	3~6
200~400	4~5	4~8	4~5	9	5~6	6~8
400~800	5~6	8~10	5~7	11	6~8	-



5.4 铸件结构工艺性

(2) 铸件的壁厚应均匀



(a) 壁厚不均匀

(b) 壁厚均匀

(3) 铸件的壁间连接应合理。

- 1) 转角处应有结构圆角。
- 2) 避免交叉和锐角连接。
- 3) 应避免壁厚突变。



5.5 铸造新工艺和新技术简介

5.5.1 实型铸造

实型铸造又称为气化模铸造和消失模铸造，其原理是用泡沫塑料（包括浇冒口系统）代替木模或金属模样进行制造，造型后模样不取出，铸型呈实体，浇入液态金属后，模样燃烧、气化、消失，金属液充填模样位置，冷却凝固后得到铸件。强度是指金属材料抵抗塑性变形（永久变形）和断裂的能力。抵抗塑性变形和断裂的能力越大，则强度越高。实型铸造应用范围较广，可适用于各类合金，几乎不受铸件结构、尺寸、重量和生产批量的限制，特别适用于生产形状复杂的铸件，如模具、汽缸头、管件、曲轴、叶轮、壳体、床身、机座等。



5.5 铸造新工艺和新技术简介

5.5.2 磁型铸造

磁型铸造是将装有气化模和铁丸的砂箱置于磁场中，铁丸在磁场作用下相互结合在气化模外形成铸型，当金属液浇入磁型时，高温金属将气化模逐渐烧失，而占据型腔，待冷却凝固后撤出磁场，则磁型自然散落，从而获得铸件的方法

磁型铸造已在机车车辆、拖拉机、兵器、采掘、动力、轻工、化工等制造业得到应用，适用于各种批量、各种合金的中、小型铸件。



5.5 铸造新工艺和新技术简介

5.5.3 低压铸造

低压铸造是使液体金属在较低的压力作用下充填型腔，以形成铸件的一种方法，他是介于重力铸造和压力铸造之间的一种铸造方法，具有液体金属充型比较平稳；铸件成形性好，铸件轮廓清晰、表面质量好，有利于大型薄壁铸件的成形；铸件组织致密，力学性能好；劳动条件好，设备简单，易实现机械化和自动化。



5.5 铸造新工艺和新技术简介

5.5.4 半固态铸造

半固态铸造是指将既非全呈液态又非全呈固态的固态—液态金属混合浆料，经压铸机压铸，形成铸件的铸造方法。这种铸造方法能大大减少对压铸机的热冲击，提高压铸机的使用寿命，可明显提高铸件的质量，降低能量消耗，便于进行自动化生产。



本章小结

