

# 金属工艺学

第二分册 铸造、锻压和焊接

509 教研室编



南京航空学

## 编写说明

本教材大纲是在下述基础上制定的：参照 1980 年金属工艺学教材编审小组制定的《金属工艺学教学大纲(草案)》，考虑了与我院金工实习教材内容的衔接，并征求了各系的意见。所编写的教材体系和内容，基本上能适应我院各专业类对设置《金属工艺学》课程的要求。

本书共分四个分册。

第一分册《金属学》。内容包括：金属的结构与性能、热处理、常用工程材料以及金属表面的保护方法、粉末冶金和金属基复合材料。

第二分册《铸造、锻压和焊接》。介绍铸、锻压、焊各种加工方法的原理、特点及其应用，有色金属的成型特点以及塑料的一般成型方法。内容侧重于航空工业有关的工艺和技术。

第三分册《切削加工工艺》。内容分为两部分：一、切削加工技术基础，其中包括基本类型表面、型面、光整加工的各种工艺方法、成组技术、数控加工、物理-化学加工及结构工艺性。二、切削加工工艺原理，其中包括工艺过程概念、精度及表面质量分析、基准及尺寸换算、工艺过程设计。

第四分册《互换性原理》。主要介绍光滑圆柱体的公差与配合（1979年制定）、形状和位置公差（1980年制定）以及表面光洁度的基本原理及其应用。

全书按最高限 80 学时左右编写，一、二、三、四分册分别为 16 学时、20 学时、28 学时及 16 学时。各专业类根据教学计划确定选用其中的 2~3 个分册，均以 50 学时安排教学。讲授的内容按不同专业类的具体要求有所侧重。

参加本书编写的有陈一心、阮宝华、石崇刚、林森林、夏金昌、周根然、丁红昇等同志。朱凤英同志协助了本书部分插图的绘制工作。

南京航空学院

航空制造工程系 509 教研室

1982 年 10 月

# 目 录

## 1 铸 造

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 1.1 砂型铸造                 | 1  |
| 1.1.1 浇注系统               | 2  |
| 1.1.1.1 顶注式浇口            | 3  |
| 1.1.1.2 底注式浇口            | 4  |
| 1.1.1.3 中注式浇口            | 5  |
| 1.1.2 铸造工艺图的制定           | 6  |
| 1.1.2.1 浇注位置选定原则         | 6  |
| 1.1.2.2 铸型分型面选择原则        | 7  |
| 1.1.2.3 工艺参数的确定          | 8  |
| 1.1.2.4 综合工艺分析举例         | 10 |
| 1.2 合金的铸造性               | 13 |
| 1.2.1 合金的流动性             | 13 |
| 1.2.1.1 化学成分的影响          | 13 |
| 1.2.1.2 浇注温度的影响          | 14 |
| 1.2.1.3 铸型填充条件的影响        | 14 |
| 1.2.2 合金的收缩              | 14 |
| 1.2.2.1 合金的收缩及影响收缩的因素    | 14 |
| 1.2.2.2 缩孔和缩松的形成         | 15 |
| 1.2.2.3 防止铸件产生缩孔的方法      | 16 |
| 1.2.2.4 铸造内应力、铸件的变形和裂纹   | 16 |
| 1.2.2.4.1 铸造内应力的形成       | 16 |
| 1.2.2.4.2 铸件的变形及其防止      | 17 |
| 1.2.2.4.3 铸件的裂纹及其防止      | 18 |
| 1.2.3 铸件的偏析及其防止          | 19 |
| 1.2.4 铸造合金的吸气性和气孔的形成     | 19 |
| 1.2.5 铸造合金的氧化性及其对铸件质量的影响 | 19 |
| 1.3 常用合金的铸造特点            | 20 |
| 1.3.1 铸铁                 | 20 |
| 1.3.2 铸钢                 | 21 |
| 1.3.3 铜合金铸造              | 21 |
| 1.3.4 铝合金铸造              | 22 |
| 1.3.5 镁合金铸造              | 23 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1.3.6 钛合金铸造           | 24 |
| 1.4 特种铸造              | 25 |
| 1.4.1 金属型铸造           | 26 |
| 1.4.1.1 金属型铸造的工艺特点    | 26 |
| 1.4.1.2 金属型铸件的特点和应用范围 | 26 |
| 1.4.2 压力铸造            | 27 |
| 1.4.2.1 压力铸造的工艺过程     | 27 |
| 1.4.2.2 压力铸造的特点及应用范围  | 27 |
| 1.4.3 低压铸造            | 29 |
| 1.4.4 熔模铸造            | 29 |
| 1.4.4.1 熔模铸造的工艺过程     | 30 |
| 1.4.4.2 熔模铸造的特点及应用范围  | 32 |
| 1.4.5 壳型铸造            | 32 |
| 1.4.6 离心浇铸            | 33 |
| 1.4.7 各种铸造方法比较        | 34 |
| 1.5 铸件结构设计            | 35 |
| 1.5.1 铸造工艺对铸件结构的要求    | 35 |
| 1.5.2 铸造合金对铸件结构的要求    | 38 |
| 1.5.2.1 铸件壁的厚度        | 38 |
| 1.5.2.2 铸件壁厚的均匀性      | 39 |
| 1.5.2.3 铸件壁的连接        | 39 |

## 2 锻 压

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 2.1 锻压加工基本原理          | 41 |
| 2.1.1 金属的塑性与塑性变形      | 41 |
| 2.1.2 金属塑性变形中组织与性能的变化 | 42 |
| 2.1.2.1 金属在冷加工中组织与性能  | 42 |
| 2.1.2.2 金属在热加工中组织与性能  | 42 |
| 2.1.2.3 金属在温加工中组织与性能  | 44 |
| 2.1.3 影响金属塑性和变形抗力的因素  | 45 |
| 2.1.3.1 金属本质          | 45 |
| 2.1.3.2 变形条件          | 45 |
| 2.2 锻压工艺              | 47 |
| 2.2.1 金属的加热           | 47 |
| 2.2.1.1 加热规范          | 47 |
| 2.2.1.2 加热设备          | 49 |
| 2.2.2 加工工艺            | 49 |
| 2.2.2.1 锻造            | 49 |
| 2.2.2.2 轧制            | 62 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 2.2.2.3 挤压               | 66 |
| 2.2.2.4 拉拔               | 71 |
| 2.2.2.5 冷冲压              | 73 |
| 2.2.3 锻压新工艺              | 88 |
| 2.2.3.1 精密模锻             | 88 |
| 2.2.3.2 锻、辗、旋、高能高速锻与爆炸成形 | 88 |
| 2.2.3.3 热辗轮盘、辗环轧制和螺旋斜轧   | 91 |
| 2.2.3.4 温加工变形制造机器零件      | 92 |
| 2.2.3.5 铸造-轧制            | 92 |
| 2.3 塑料压制                 | 94 |
| 2.3.1 塑料及其性能与应用          | 94 |
| 2.3.1.1 塑料及其种类           | 94 |
| 2.3.1.2 塑料的性能及其应用        | 94 |
| 2.3.2 塑料加工工艺             | 95 |
| 2.3.2.1 热塑性塑料加工工艺        | 95 |
| 2.3.2.2 热固性塑料加工工艺        | 99 |

### 3 焊 接

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 3.1 熔化焊                   | 103 |
| 3.1.1 手工电弧焊               | 103 |
| 3.1.1.1 焊接电弧              | 103 |
| 3.1.1.2 焊接冶金过程特点          | 104 |
| 3.1.1.3 电焊条               | 104 |
| 3.1.1.4 焊接接头金属组织与性能变化     | 105 |
| 3.1.1.5 焊接应力与变形           | 106 |
| 3.1.1.5.1 焊接应力与变形产生的原因    | 106 |
| 3.1.1.5.2 防止和减少焊接变形的措施    | 107 |
| 3.1.1.5.3 焊接变形的矫正和消除应力的方法 | 108 |
| 3.1.2 气焊和气割               | 108 |
| 3.1.3 埋弧焊                 | 109 |
| 3.1.4 气体保护焊               | 110 |
| 3.1.4.1 氩弧焊               | 110 |
| 3.1.4.2 二氧化碳保护焊           | 112 |
| 3.1.5 电渣焊                 | 113 |
| 3.1.6 等离子弧焊接与切割           | 113 |
| 3.1.7 电子束焊                | 115 |
| 3.1.8 激光焊接                | 117 |
| 3.1.9 钎焊                  | 118 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 3.2 压力焊.....          | 119 |
| 3.2.1 电阻焊.....        | 119 |
| 3.2.1.1 点焊.....       | 120 |
| 3.2.1.2 缝焊.....       | 121 |
| 3.2.1.3 对焊.....       | 121 |
| 3.2.2 摩擦焊.....        | 123 |
| 3.2.3 超声波焊接.....      | 125 |
| 3.3 常用金属材料的焊接.....    | 127 |
| 3.3.1 金属材料的可焊性.....   | 127 |
| 3.3.2 碳钢及合金钢的焊接.....  | 127 |
| 3.3.3 铸铁的补焊.....      | 127 |
| 3.3.4 铜及铜合金的焊接.....   | 128 |
| 3.3.5 铝及铝合金的焊接.....   | 128 |
| 3.3.6 钛及钛合金的焊接.....   | 129 |
| 3.4 焊接结构设计.....       | 130 |
| 3.4.1 焊接结构件材料的选择..... | 130 |
| 3.4.2 焊接方法的选择.....    | 131 |
| 3.4.3 焊接接头型式设计.....   | 131 |
| 3.4.4 焊接结构工艺性.....    | 132 |
| 3.5 焊接检验.....         | 134 |
| 3.5.1 磁粉检验.....       | 134 |
| 3.5.2 超声波检验.....      | 134 |
| 3.5.3 射线检验.....       | 135 |
| 3.5.4 荧光检验.....       | 136 |
| 3.5.5 无损探伤新技术.....    | 137 |
| 3.5.5.1 声发射探伤.....    | 137 |
| 3.5.5.2 全息照相.....     | 138 |
| 3.5.5.3 中子探伤.....     | 138 |

# 1 铸 造

将金属熔化成液体经过处理，浇入铸型中凝固后获得一定形状铸件的方法，称为铸造。

铸造工艺在我国有数千年的历史，公元前 3500 年，我国已能铸造铜器。不少出土文物中的铸造制品，不仅是艺术珍品，而且表明在铸造技术上也已达到了高度的水平。

现代工业生产中，不论民用工业还是军事工业，铸造生产都占有相当大的比重。在汽车、拖拉机制造中，铸件重量占 40~60%，农业机械制造中占 50~70%，机器和机床制造中占 70~95%。

在飞机上，铸件多用于小型支架、支座、轮毂等。近年来，铸造薄壁整体结构件已经在飞机中应用，如翼面、隔框、壁板等；在发动机中形状复杂的机匣、壳体、泵体、叶轮、汽缸头、涡轮导向叶片、涡轮环、活塞、活塞环等都采用铸造坯件；仪表、电器的框架等很多零件都是用铸造方法生产的。

铸造生产具有下列优点：

- a) 利用熔化金属的流动性，可以比较方便地生产出具有相当复杂外形和内腔的零件，如机匣、箱体、机床床身等。
- b) 不受零件大小的限制，大到数百吨，小到几克的零件，都可用铸造方法生产。
- c) 常用金属材料如碳素钢、合金钢、铸铁、青铜、黄铜、铝合金、镁合金、钛合金等，都可铸造。
- d) 不需特殊设备。铸件形状、尺寸与零件相近，减少了切削加工的余量；废品、切屑还可回炉重用，因此铸件成本低。

当然，铸造生产还有不少不足之处，如同样材料铸件的晶粒粗大且不均匀，内部又常有缩孔、缩松、气孔等缺陷，因此机械性能不如锻件高；目前铸件凝固过程还不能精确控制，致使铸件质量不稳定，废品率高；铸造工序多，生产周期较长；以及劳动条件较差等。

## 1.1 砂 型 铸 造

铸造生产的方法很多，应用最广泛的是砂型铸造。

很多形状特别复杂的铸件如机匣、壳体、箱体等，几乎都采用砂型铸造方法生产。砂型铸造的造型方法中，手工造型中紧砂、起模等都由手工进行，生产灵活，适应性广，模型成本低，生产准备周期短，但铸件尺寸精度差，生产率低，劳动强度大，因此主要用于单件和小批生产。现代化的铸造车间，多采用机器造型，可以大大提高劳动生产率，提高铸件的尺寸精度和表面光洁度，加工余量小，同时改善了铸造车间的劳动条件。尽管机器造型所需要的设备、专用砂箱、模板等投资较大，但在大批量生产中铸件的总成本还是显著地降低。

图 1—1 是现代化的铸造车间及其浇注情况。造型机安放在传送带的旁边，工人造好型就放在传送带上，送到浇注工位进行浇注，然后冷却清理。用过的型砂经过处理后，又分送到各个造型工位。不过，这样的生产线只适用于中小件的大批量生产。

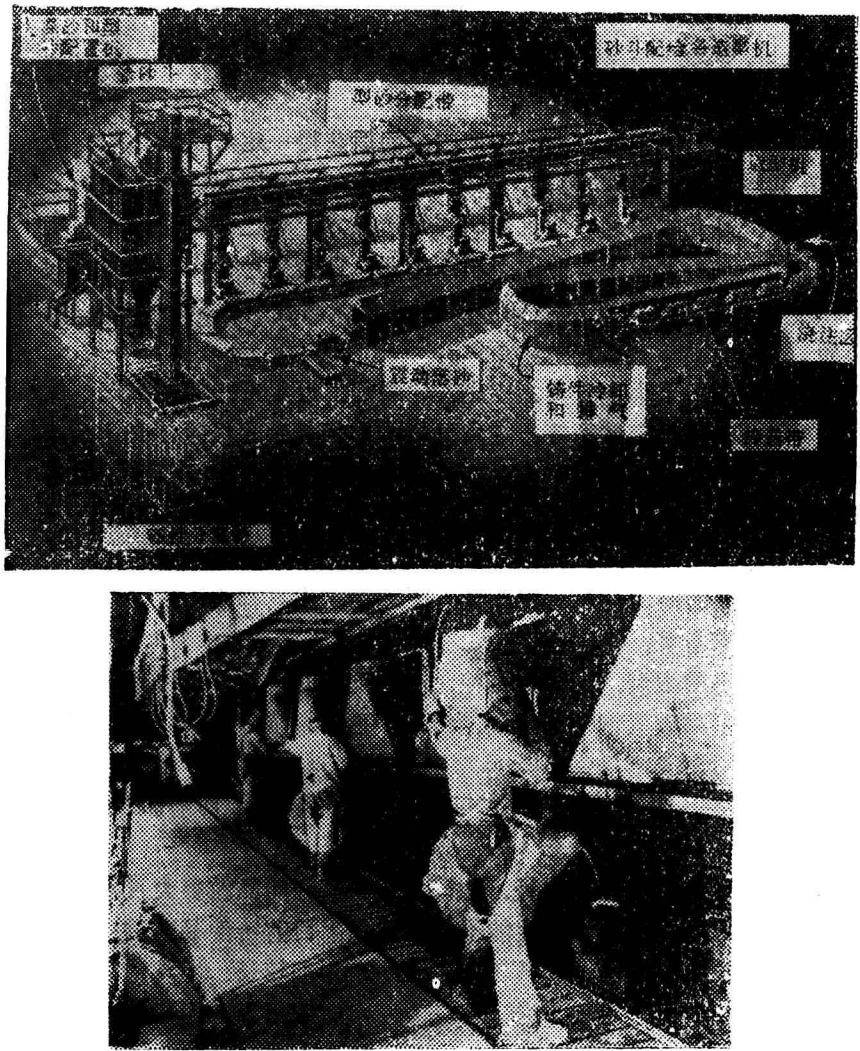


图1—1 现代化铸造车间及其浇注情况

### 1.1.1 浇注系统

浇注系统是液态合金充填铸件型腔所经过的通道，同时还起挡渣作用，有时还能补缩。因此，它对铸件的质量和产品合格率有直接的影响。

图 1—2 是普通的浇注系统，为了使挡渣效果较好，则应：

$$F_{直} \geq \sum F_{横} \geq \sum F_{内}$$

- $F_{直}$ ——直浇道最小的截面积
- $\sum F_{横}$ ——连接于同一直浇道的全部横浇道截面积的总和。
- $\sum F_{内}$ ——同一直浇道的全部内浇口截面积的总和。

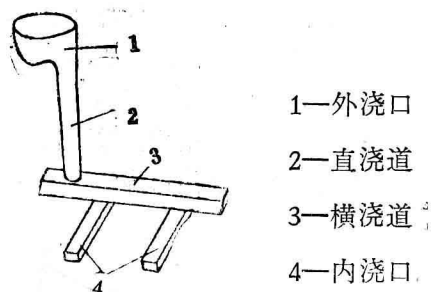


图1—2 浇注系统

这样的浇注系统称为封闭式浇注系统。在浇注过程中，浇注系统能保持充满状态，有利于挡渣，由于浇口内金属液静压力较大，有利于薄壁铸件的填充，多用于铸铁件的浇注。其缺点是内浇口的流速最大，致使型腔内金属液搅动较大，不平稳，不宜用于易氧化的合金铸件。

如果

$$F_{直} < \sum F_{横} < \sum F_{内}$$

就称开放式浇注系统。在浇注过程中内浇口流速最小，充型平稳，常用于易氧化的合金，如铝、镁及其合金等。缺点是浇口内压力较低，易卷入气体，也不利于挡渣，这时一般多采用底注式，或在外浇口采取其他挡渣措施。

另一种情况叫封闭开放式即

$$F_{直} > \sum F_{横} < \sum F_{内}$$

其特点是把控制流量的最小截面置于横浇道上，此类浇口挡渣效果好，兼有封闭式和开放式的优点，但结构较复杂，必须做一套浇口模样，在机器造型成批生产中多采用。

#### 1.1.1.1 顶注式浇口

按金属液的引注位置，浇口可分为顶注式，底注式和中注式等几种。

图1—3是普通顶注式浇口，其优点是能顺利地充满薄壁铸件，有利于铸件自下而上顺序凝固，补缩作用好，缺点是金属液从型腔的最高处落下，冲击、激溅大，易造成砂眼、铁豆等缺陷，金属液的氧化也较严重，故常用于薄壁、高度不大，结构不太复杂的中小铸件。

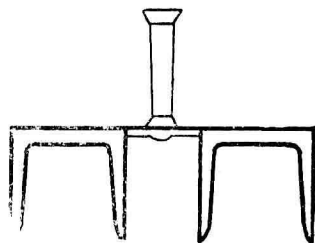


图1—3 顶注式浇口

顶注式浇口常用的还有：

**压边浇口** 最早用在有色金属、可锻铸铁和铸钢小件，现在一些厚实的铸铁件也采用。一般压边浇口的截面积较大，如同一个冒口，但它与铸件只有一条狭小的缝相连，如图1—4所示。压边浇口相当于浇口通过冒口引注，这种浇口优点很多，它是通过一狭缝注入，平缓地逐层充满型腔，顺序凝固，补缩效果好；由于压边缝隙窄，挡渣效果也好；它有普通顶注式浇口的优点，又避免了充型不平稳的缺点；它结构简单，造型清理都很方便，且无需再设置冒口，也节约了液态合金，尤其适用一个压边浇口浇注多个铸件。

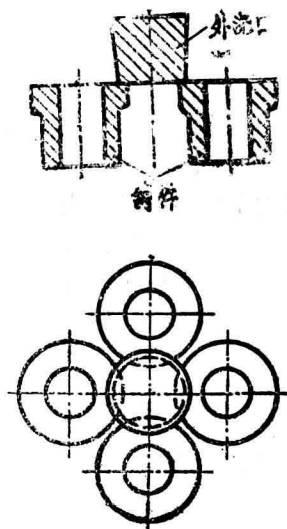


图1—4 压边浇口

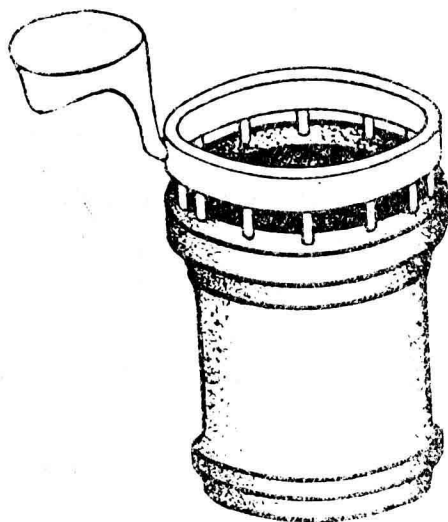


图1—5 雨淋式浇口

**雨淋式浇口** 浇注时液态合金先进入位于铸件上方的雨淋环(相当于截面较大的横浇道，如图1—5所示)，然后通过开在其底部的、分散的、数量较多直径较小的雨淋孔，直接地连续不断地落入铸件型腔。这种浇口的优点是：金属液逐渐填充型腔，高温的金属液始终在上面，加强了铸件由下向上顺序凝固，补缩良好。只要铸件顶面设有冒口，就能获得较致密的铸件。如在铸件下半部配合冷铁，还能消除轴向缩松；具有封闭式浇注系统的优点，挡渣效果好；从雨淋浇口落入型腔的多股细流，冲击较小，既能使液面活跃，减少激溅，又能使渣上浮到冒口中；缩短了金属液流动的路程，可防止冷隔和浇不足；避免了大量金属液集中在某处引入，使局部过热而引起该处铸件出现疏松、裂纹或粘砂等缺陷。

#### 1.1.1.2 底注式浇口

其特点是内浇口位于铸件底部，如图1—6所示。充型时内浇口处于被淹没状态，金属流

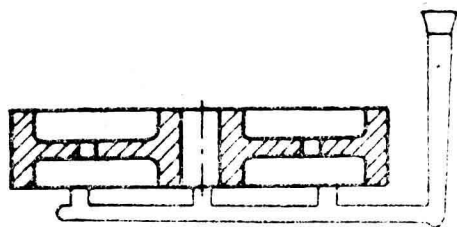


图1—6 大型齿轮底注式浇口

动平稳，不易氧化，无激溅，不易冲砂。其缺点是铸件高度较大时，不利于顶部冒口的补缩，不利于薄壁结构复杂件。为了避免内浇口处局部过热或冲砂，可采用多个内浇口，沿型壁切线引入，如图 1—7 所示。

牛角式浇口(图1—8)、反雨淋式浇口(图 1—9)，是另一种形式的底注式浇口。当铸件处于下箱，而又不宜于顶注，外缘质量要求较高不宜于开浇口时，可采用牛角浇口，造型时

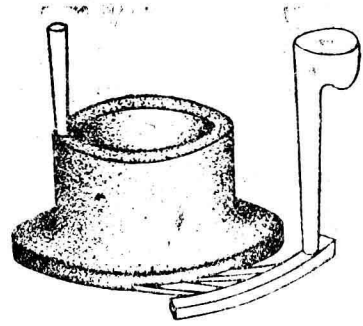


图1—7 切线引入内浇口

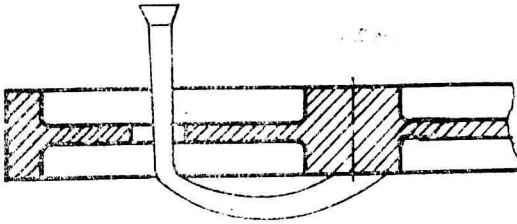


图1—8 牛角式浇口

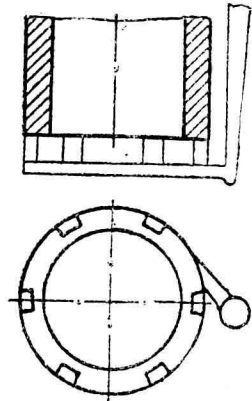


图1—9 反雨淋式浇口

通常是顺着圆弧方向抽出牛角浇口模样。反雨淋式浇口直浇道直接引到铸件底部，通过一环形横浇道（雨淋环）和均匀分布的内浇口往上返，充填型腔。这种浇口的充型平稳，并能克服砂型局部过热的缺点，四周铸造质量均匀。多用于易氧化合金的铸件。

### 1.1.1.3 中注式浇口

引注位置介于顶注和底注之间，如图 1—10 所示。其优缺点介于顶注和底注之间。许多铸件由于结构形状原因，分型面需要设在中间，因此中注式应用很普遍。

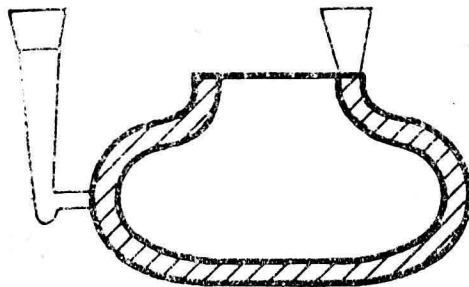


图1—10 中注式浇口

### 1.1.2 铸造工艺图的绘制

铸造生产的第一步是根据零件结构特点、技术要求, 生产批量及生产条件等, 确定铸造工艺, 并绘制铸造工艺图, 其内容包括: 铸件的浇注位置, 分型面, 型芯的数量、形状、尺寸及固定方法, 机械加工余量, 拔模斜度和收缩率, 浇口、冒口、冷铁的尺寸和位置, 合金牌号, 初加工基准的位置, 毛坯的检验级别以及其他技术要求等。图 1—11 中 *a* 是零件图, *b* 是铸造工艺图, *c* 是铸件图。

为了绘制铸造工艺图, 必须先对铸件进行工艺分析, 确定其浇注位置, 进行分型面选

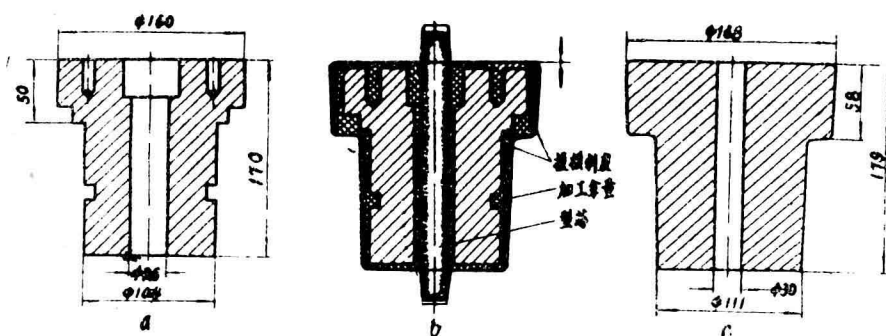


图1—11 衬套的零件图和铸造工艺图

择, 并在此基础上确定铸件的主要工艺参数, 进行浇冒口设计等。

#### 1.1.2.1. 浇注位置选定原则

铸件浇注位置是指浇注时铸件在型中所处的方位, 这个位置选择是否正确, 对铸件质量影响很大, 选择浇注位置时应考虑下列原则:

*a)* 铸件的重要加工面或主要工作面应朝下。因为铸件上表面的缺陷(如砂眼、气孔、夹渣等)通常比下面多, 组织也不如下面致密。如果这些平面难以做到朝下, 则应尽量使其位于侧面。当铸件有数个重要加工面时, 则应将较大的面朝下, 并对朝上的表面采用加大加工余量的办法来保证铸件质量。图 1—12 是车床床身的浇注位置方案。

*b)* 为了防止铸件上大面积薄壁部分产生浇不足或冷隔缺陷, 应尽量将大面积的薄壁部分放在铸型的下部或置于垂直、倾斜位置, 这对于流动性差的合金尤为重要。图 1—13 为油盘类铸件的浇注方案, 因下面金属液的压力比上部大得多, 易于填满铸型。

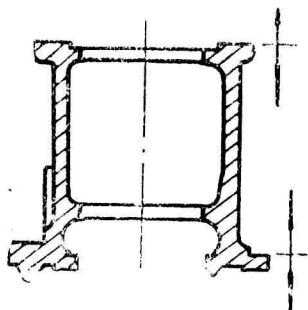


图1—12 床身浇注位置



图1—13 薄件浇注位置

c)应尽量减少型芯数量, 便于型芯的固定和排气, 图 1—14 为机床底座, 如按 a 方案, 需要一个大型芯, 增加了制模、制芯、烘干及合箱工作量, 铸件成本较高。若用 b 方案, 空腔可由自带型芯形成, 简化了造型工艺。

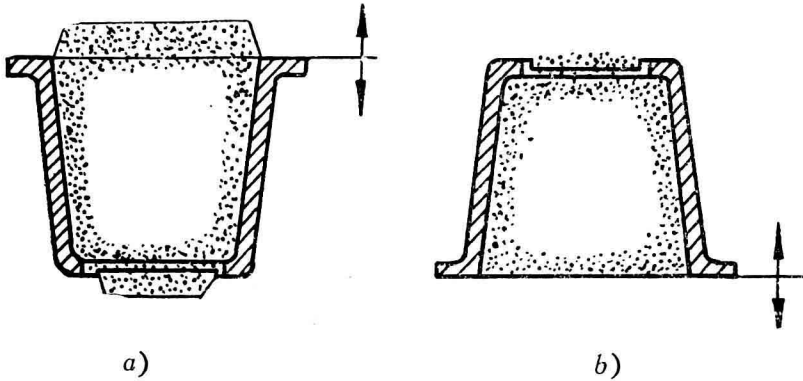


图 1—14 机床底座的两种浇注位置方案

### 1.1.2.2 铸型分型面选择原则

铸件分型面的选择也是铸造工艺是否合理的重要关键之一。如果选择不当, 铸件质量难以保证, 并使制模、造型、制芯、合箱甚至切削加工等工序复杂化。因此分型面的选择要在保证铸件质量的前提下, 尽量简化工艺, 节省人力物力。根据实践经验, 分型面的选择应考虑下列原则:

a)使铸件的分型面最少, 因为多一个分型面, 铸型就多增加一些误差, 使铸件的精度降低。图 1—15 是一个绳轮的分型面, 在大批生产时, 采用图中的环状型芯, 则可将两个分型面减为一个分型面。

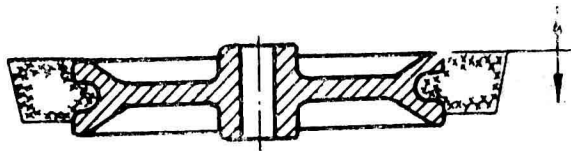


图 1—15 绳轮铸件的分型面

必须指出, 实际选定分型面时, 要从具体情况出发, 对某些大而复杂或具有特殊要求的铸件, 有时采用两个以上的分型面, 反而有利于保证铸件质量和简化工艺。

b)应尽量使型芯和活块的数量少, 以简化制模、造型、合箱等工艺。(参看 1.1.2.4 综合工艺分析举例)。

c)尽量使铸件全部或大部放在同一砂箱内, 这样易于保证铸件精度。若铸件的加工面多, 也应尽量使其加工基准面与大部分加工面在同一砂箱内。图 1—16 为一铸件的两种分型方案, 由于其顶部是加工基准面, 所以用方案 II 时, 稍有错箱, 对铸件质量就有很大影响。方案 I 使基准面与加工面在同一砂箱内, 其铸件精度易于保证, 是大批生产的合理方案。但是在单件、小批生产条件下, 由于铸件的尺寸偏差在一定范围内还可用划线工序来纠正, 而它少一个型芯, 因此方案 II 也可采用。

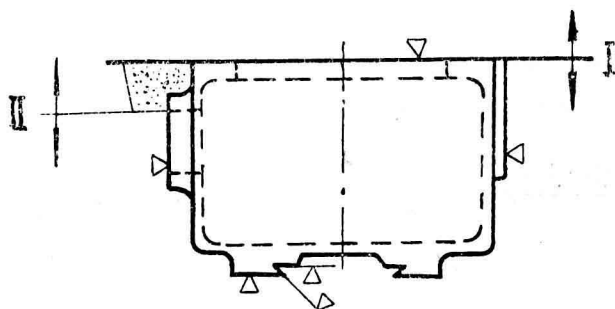


图1—16 床身铸件

d)尽量使型腔及主要型芯位于下箱，而便于造型、下芯、合箱及检验铸件壁厚。但下箱型腔也不宜过深，并力求避免使用吊芯和大的吊砂。

图1—17表示机床立柱的两个分型方案。方案Ⅰ和Ⅱ都便于下芯时检查铸件壁厚，但方案Ⅱ的型腔及型芯大部分位于下箱，上箱型腔浅，这样可降低上箱高度，有利于起模及翻箱操作，因此方案Ⅱ较合理。

e)分型面尽量采用平直面，以简化模具制造及造型工艺。图1—18为摇臂铸件按上图中所示的分型面为平面，可采用分模造型。如果采用俯视图所示的弯曲分型面，则须采用挖砂或假箱造型，而在大批生产时，也使模板的制造成本增加。

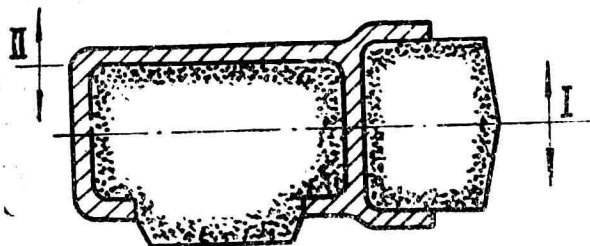


图1—17 机床立柱

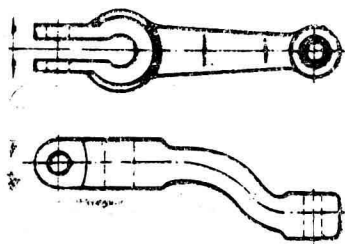


图1—18 摇臂的分型面

上述诸原则，对某一具体铸件来说，往往彼此矛盾，难以全面遵循符合。因此，在确定浇注方位和分型面时，要全面考虑，注意抓住主要矛盾，至于次要矛盾则可从工艺上设法解决。

### 1.1.2.3 工艺参数的确定

在铸造方案确定以后，还须选择下列工艺参数：

a)机械加工余量 在零件的装配面和其他要求尺寸精确及表面光洁度较高的面上，为了消除铸造时的变形、尺寸偏差及表面粗糙等而加厚的一层金属，这层金属将在机械加工时被切除。加工余量的大小与合金种类、铸件尺寸、生产批量、加工面与基准面间的距离、铸造方法、加工面在浇注时的位置和光洁度的要求等有关。铸铁件表面较平整，加工余量较小；铸钢件表面不平，加工余量应较大。有色金属铸件，表面较平、材料又较贵，故加工余量比铸铁还小。大批量生产时，工艺装备完整，故加工余量较小；而单件小批生产时，因手工造型

误差大，加工余量也应增大。铸件浇注时的侧面和下面，因质量较好，其加工余量可较小，而上面则应大一些。

铸件上待加工的小孔、小凹槽及小台阶等，通常不铸出，直接经机械加工完成反而经济合算。表 1—1 是铝合金铸件的机械加工余量。

表 1—1 铝合金铸件机械加工余量

| 铸 件<br>最 大<br>尺 寸<br><br>mm | 浇 注 时<br><br>表 面<br><br>位 置 | 铸 件 最 大 宽 度         |                                |                |                                |                |                                |                |                                |                |                                |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
|                             |                             | ≤75                 |                                | 76~150         |                                | 151~250        |                                | 251~750        |                                | >750           |                                |
|                             |                             | 表 面 机 械 加 工 要 求 质 量 |                                |                |                                |                |                                |                |                                |                |                                |
|                             |                             | Δ <sub>3</sub>      | Δ <sub>4</sub> —Δ <sub>9</sub> | Δ <sub>3</sub> | Δ <sub>4</sub> —Δ <sub>9</sub> | Δ <sub>3</sub> | Δ <sub>4</sub> —Δ <sub>9</sub> | Δ <sub>3</sub> | Δ <sub>4</sub> —Δ <sub>9</sub> | Δ <sub>3</sub> | Δ <sub>4</sub> —Δ <sub>9</sub> |
| ≤75                         | 顶 面                         | 3                   | 4                              |                |                                |                |                                |                |                                |                |                                |
|                             | 内 侧                         | 2.5                 | 3                              |                |                                |                |                                |                |                                |                |                                |
|                             | 底面、外侧                       | 2                   | 2.5                            |                |                                |                |                                |                |                                |                |                                |
| 76—150                      | 顶 面                         | 4                   | 4.5                            | 4              | 4.5                            |                |                                |                |                                |                |                                |
|                             | 内 侧                         | 3                   | 3.5                            | 3              | 3.5                            |                |                                |                |                                |                |                                |
|                             | 底面、外侧                       | 2.5                 | 3                              | 2.5            | 3                              |                |                                |                |                                |                |                                |
| 150—250                     | 顶 面                         | 4                   | 5                              | 4              | 5                              | 4              | 5                              |                |                                |                |                                |
|                             | 内 侧                         | 3.5                 | 4                              | 3.5            | 4                              | 3.5            | 4                              |                |                                |                |                                |
|                             | 底面、外侧                       | 3                   | 3.5                            | 3              | 3.5                            | 3              | 3.5                            |                |                                |                |                                |
| 251—500                     | 顶 面                         | 5                   | 6                              | 5              | 6                              | 6              | 7                              | 6              | 7                              |                |                                |
|                             | 内 侧                         | 4                   | 4.5                            | 4              | 4.5                            | 4.5            | 5                              | 4.5            | 5                              |                |                                |
|                             | 底面、外侧                       | 3.5                 | 4                              | 3.5            | 4                              | 4              | 4.5                            | 4              | 4.5                            |                |                                |
| 501—1000                    | 顶 面                         | 6                   | 7                              | 6              | 7                              | 7              | 7.5                            | 7.5            | 8                              | 7.5            | 9                              |
|                             | 内 侧                         | 4.5                 | 5                              | 4.5            | 5                              | 5              | 5.5                            | 5.5            | 6                              | 5.5            | 6.5                            |
|                             | 底面、外侧                       | 4                   | 4.5                            | 4              | 4.5                            | 4.5            | 5                              | 5              | 5.5                            | 5              | 6                              |

b)收缩率 由于合金的线收缩，铸件冷却后要比铸型型腔的尺寸小，为了保证铸件的尺寸，制造模型时必须放大尺寸。因不同合金的收缩率不同，故制造模型时应采用不同合金的“缩尺”，通常灰口铸铁的收缩率约为 0.7—1.0%，铸钢约为 1.5~2.0%，有色金属约为 1.0~1.5%。

c)拔模斜度 为了使模型（或型芯）易于从铸型（或芯盒）中取出，凡垂直于分型面的壁，在制造模型时必须保持一定的倾斜度，此倾斜度称为拔模斜度或铸造斜度。

拔模斜度的大小取决于垂直壁的高度、造型方法、模型材料及其表面光洁度等，通常为 15'—3°。垂直壁愈高，其斜度愈小；金属模比木模的斜度小；机器造型比手工造型为小。铸件内壁应比外壁斜度大，一般为 3°—10°。

d)型芯头 在模型上有型芯的地方留出突出的部分称为型芯头,其作用是便于固定型芯。为了使型芯安置在铸型里能有较好的稳定性,要把垂直位置的下箱型芯头作成较小的倾斜度和较大的高度,而上箱型芯头则比下箱型芯头高度小、斜度大(如图1—19)。以便合箱时型芯容易对准中心。

在型芯头与铸型型芯座之间留1~4 mm间隙,以便于铸型的装配。

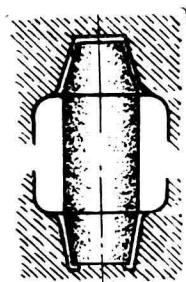
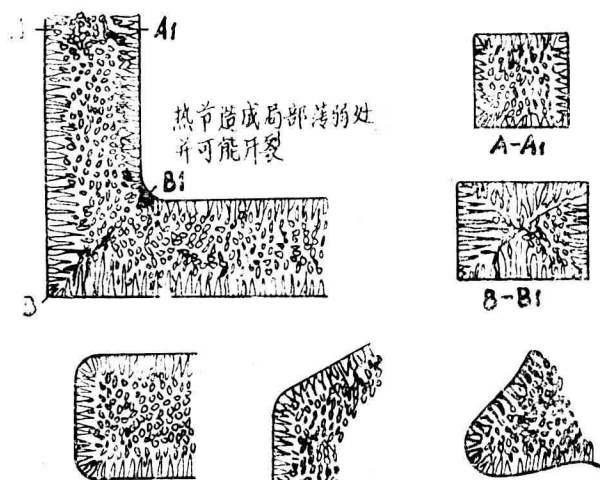


图1—19 垂直型芯头

e)铸造圆角 模型壁的相交平面或表面所形成的交角,都要作成圆形的,即铸造圆角。这是为了防止金属结晶方向所造成的铸件机械性能降低,防止散热不均所产生的裂纹、粘砂等缺陷,以及造型时不容易损坏铸型。图1—20表明无圆角和有圆角的结晶情况。圆角的半径约为相连接两壁厚之和的1/4。



不同形状铸件的柱状组织,说明圆角的优点

图1—20 有无铸造圆角的结晶情况

#### 1.1.2.4 综合工艺分析举例

以C6140车床进给箱体为例(图1—21),进行综合工艺分析。

a)浇注位置选择 可有两种方案:

方案甲:基准面D朝下、B面朝上(图1—22)。其优点是铸件的薄壁处在铸型下面,金属容易充满铸型;同时,基准面朝下,质量易于保证。主要缺点是型腔型芯的下芯头小,型芯稳定性差,容易产生偏差。

方案乙:基准面D朝上,B朝下。克服了甲方案的缺点,且沿轴孔中心线分型时,铸件大部分置于下箱,造型和下芯方便。但是基准面朝上,质量难保证。

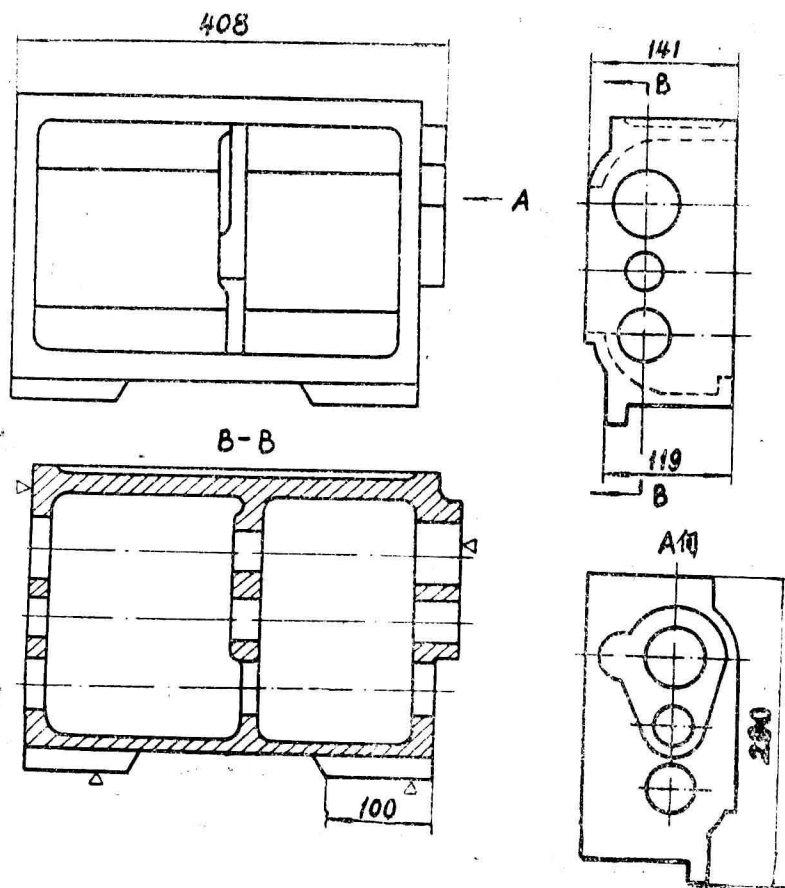


图 1—21 进给箱体零件图

b) 分型面选择 有图 1—22 中的三种方案：

方案 I：分型面在轴孔中心线上，凸台 A 用活块或外部型芯，凹槽 C 用外部型芯制出。优点是便于直接铸出轴孔，下芯操作方便，型芯稳定性好。但基准面 D 朝上，且型芯数量较多。

方案 II：优点是铸件大部分位于下箱，凸台 A 不需活块和型芯，但凸台 E 必须采用活块（或型芯），且轴孔难以直接铸出。

方案 III：优点是铸件全部在下箱，且基准面 D 的质量能够保证。但是凸台 E 和 A 都需采用活块，轴孔也难直接铸出，同时，内腔型芯上大下小，稳定性差。

c) 综合分析上述浇注位置及分型面选择的不同方案，虽然各有优缺点，但结合具体生产条件，深入分析，仍可找出最佳方案。

大批量生产时，如采用模板进行机器造型，要尽量避免活块，上箱不要过高，以便适应顶箱起模要求。同时，为了减少切削加工工作量，轴孔最好铸出。显然，机器造型时，采用分型方案 I 是合理的。为了克服基准面朝上的缺点，可加大 D 面的加工余量。

单件、小批生产时，由于采用手工造型，可以采用活块，所以要尽量减少型芯数量，以降低制模制芯的工时。同时，手工造型铸件尺寸偏差大，为防止废品，轴孔可不必铸出。因