

# 工程训练

杨进德 主编



GONGCHENG  
XUNLIAN

# 工 程 训 练

主编 杨进德



钳工加工技术概论



钳工加工技术实训



数控车削编程



普通车床加工技术  
实训



数控车床操作实训



计算机辅助加工  
技术实训 1



计算机辅助加工  
技术实训 2



加工中心实训



电火花线切割原理



电火花线切割实训

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

---

图书在版编目(CIP)数据

工程训练 / 杨进德主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2019.5  
ISBN 978-7-5643-6816-6

I. ①工… II. ①杨… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第062841号

---

## 工程训练

主编 杨进德

---

责任编辑	黄淑文
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区二环路北一段111号 西南交通大学创新大厦21楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	<a href="http://www.xnjdcbs.com">http://www.xnjdcbs.com</a>
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	13.25
字 数	357 千
版 次	2019年5月第1版
印 次	2019年5月第1次
书 号	ISBN 978-7-5643-6816-6
定 价	39.00 元

---

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 前 言

工程训练是一门实践性很强的课程。学生通过实训，能了解机械制造的一般过程，熟悉典型零件的加工方法及加工设备的工作原理，了解现代制造技术在机械制造中的应用，在主要工种上具有独立完成简单零件加工的动手能力；使其工程实践综合能力得到训练，思想品德和素质得到培养与锻炼。工程训练能培养学生严谨的科学作风，让学生有更多的独立设计、独立制作和综合训练的机会，使学生动手动脑，并在求新求变和反复归纳与比较中丰富知识、锻炼能力，从而提高学生的综合素质，培养其创新精神和创新能力。

本教材结合我校多年的工程训练教学经验，并考虑金工教学发展新形势的需要，参考了众多工程训练教材及技术文档编写而成。

学习本教材的内容，可以使学生在工程训练时，了解零件毛坯的加工工艺过程、零件的主要切削加工方法、数控及特种加工等先进制造技术的应用。这有利于学生在实训过程中快速、正确地掌握相应的操作技能。本教材注重理论和实践相结合，以实训为重点，适当淡化工艺理论知识，突出能力的培养。教材编写过程中力求简明扼要，突出重点，注重基本概念，讲求实用，强调可操作性和便于自学。教材后面附有“学生实训守则”和“实训安全操作规程”，有利于保障金工实训的安全进行。

本教材由贵州大学工程训练中心组织编写。参加编写工作的有杨进德、白洪权、何流洪、王猛等老师。其中杨进德担任主编，并负责全书的统稿。

本教材在编写过程中，参考了兄弟院校老师编写的有关教材及相关资料，并得到了贵州大学工程训练中心全体教职工、贵州大学机械工程学院机械制造教研室老师的热情帮助和支持，在此一并致谢。

由于编者水平有限，加之经验不足、时间仓促，书中难免存在疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2018年11月

# 目 录

第一章 铸 造	1
第一节 砂型铸造的造型方法	1
第二节 消失模铸造	9
第三节 熔炼浇注及铸造缺陷分析	11
第二章 焊 接	15
第一节 手工电弧焊	15
第二节 气焊、气割及其他焊接方法	23
第三章 钳 工	27
第一节 钳工应用及划线	27
第二节 锯 削	31
第三节 锉 削	35
第四节 孔加工	42
第五节 钳工综合实训	48
第四章 车削加工	50
第一节 车削的应用及卧式车床	50
第二节 车 刀	57
第三节 车削加工工艺	59
第四节 车工综合实训	64
第五章 铣削加工	68
第一节 铣床及铣床的应用	68
第二节 铣刀及其安装	71
第三节 铣床附件及工件的安装	73
第四节 常见形面的铣削方法	75
第六章 刨削加工	81
第一节 刨床和刨刀	81
第二节 各种形面的刨削方法	84
第七章 磨削加工	87
第一节 磨床及磨削的应用	87

第二节 砂 轮·····	90
第三节 磨 削·····	92
<b>第八章 拆卸与装配</b> ·····	<b>97</b>
第一节 设备拆卸·····	97
第二节 机械设备的装配·····	101
<b>第九章 数控加工实训</b> ·····	<b>105</b>
第一节 数控车加工工艺设计·····	105
第二节 数控车基本编程及应用·····	113
第三节 数控车简化编程及应用·····	125
第四节 数控车床（FANUC Oi Mate 系统）操作·····	137
第五节 零件的加工实例·····	146
第六节 数控铣床的基本实训·····	149
第七节 加工中心的基本实训·····	160
<b>第十章 特种加工</b> ·····	<b>170</b>
第一节 电火花成型加工·····	170
第二节 电火花数控线切割加工·····	177
第三节 激光加工·····	184
第四节 3D 打印加工·····	195
<b>附 录</b> ·····	<b>201</b>
<b>参考文献</b> ·····	<b>206</b>

# 第一章 铸 造

## 第一节 砂型铸造的造型方法

### 一、实训目的

- (1) 了解铸造生产在机械制造中的地位和作用；
- (2) 了解砂型铸造生产的特点及生产工艺过程；
- (3) 了解造型材料的组成及作用；
- (4) 掌握常用手工造型工具的使用；
- (5) 掌握常用手工造型的操作方法。

### 二、实训准备知识

#### 1. 铸造生产在机械制造中的地位和作用

铸造是熔炼金属、制造铸型，并将熔融金属浇入铸型，凝固后获得一定形状与性能铸件的成型方法。采用铸造方法获得的金属毛坯或零件称为铸件。在机械制造中，大部分机械零件是用金属材料制成的。采用铸造方法制成的毛坯或零件，具有如下优点：

(1) 铸件的形状可以十分复杂，不仅可以获得十分复杂的外形，更为重要的是能获得一般机械加工设备难以加工的复杂内腔。

(2) 铸件的尺寸和重量不受限制，大到十几米、数百吨，小到几毫米、几克。

(3) 铸件的生产批量不受限制，可单件小批生产，也可大批大量生产。

(4) 成本低廉，节省资源，铸件的形状、尺寸与零件相近，节省了大量的金属材料和加工工时，材料的回收和利用率高。尤其是精密铸造，可以直接铸出零件，是少无切削加工的重要途径之一。

(5) 铸件材质内在质量变化较大，一些现代铸造方法生产的铸件材料质量已逐步接近锻件。

铸造生产是机械制造业中一项重要的毛坯制造工艺过程，其质量和产量以及精度等直接影响到机械产品的质量、产量和成本。

#### 2. 砂型铸造生产过程简介

根据生产方法的不同，铸造可以分为砂型铸造和特种铸造两大类。砂型铸造是常用的基本铸造方法，其生产的铸件占铸件总量的 90% 以上。

砂型铸造又分为湿型（砂型未经烘干处理）铸造和干型（砂型经烘干处理）铸造两种。

砂型的铸造一般由制造砂型、制造型芯、烘干、合箱、浇注、落砂、清理及检验等工艺过程组成，图 1.1.1 所示为齿轮毛坯的砂型铸造工艺过程。

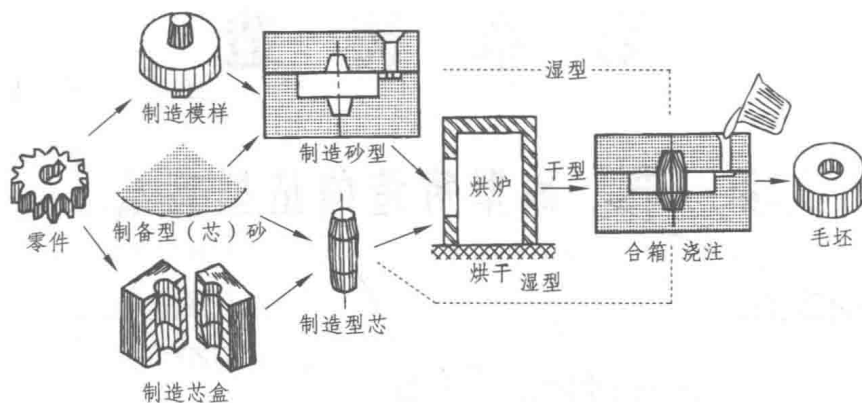


图 1.1.1 齿轮毛坯的砂型铸造工艺过程

### 3. 造型材料的性能及制备

制造砂型与型芯的材料称为造型材料。型砂由原砂和黏结剂混制而成，原砂是耐高温材料，是型砂的主体，常用二氧化硅含量较高的硅砂或海（河）砂作为原砂。常用的黏结剂为黏土、水玻璃或渣油等。为满足透气性等性能要求，型砂中还加入锯末、煤粉等材料。

型砂和芯砂应具备如下基本性能：

（1）强度——为了使铸型在造型、合箱、搬运和在液体冲击作用下不致损坏，型砂必须具有一定的强度。

（2）透气性——型砂和芯砂能让气体通过的性能，称为透气性。在浇注时，会产生大量气体，若透气性差，气体将会留在铸件里，形成气孔。

（3）耐火性——在高温和液体的作用下，型砂和芯砂不被烧结或融化的性能，称为耐火性。

（4）退让性——铸件冷却收缩时，型砂和芯砂具有的可被压缩的性能，称为退让性。退让性差，会阻碍铸件的收缩，在铸件中形成较大的内应力，引起铸件的变形和开裂。

### 4. 浇注系统的作用和类型

在铸型中用来引导金属液流入型腔的通道称为浇注系统。浇注系统对铸件的质量影响较大，浇注系统安排不当，可能产生浇不足、气孔、夹渣、砂眼、冲砂、缩孔和裂纹等铸造缺陷。合理的浇注系统应具备下述作用：

（1）将金属液平稳地导入型腔，以获得轮廓清晰完整的铸件。

（2）隔渣，阻止金属液中的杂质和熔渣进入型腔。

（3）控制金属液流入型腔的速度和方向。

（4）调节铸件的凝固顺序。

浇注系统一般包括外浇口、直浇道、横浇道和内浇道等，如图 1.1.2 所示。

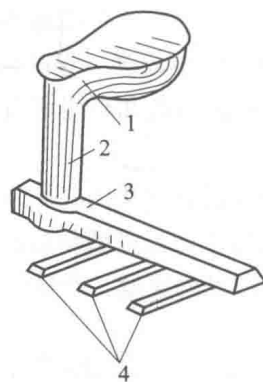


图 1.1.2 浇注系统示意图

1—外浇口；2—直浇道；3—横浇道；  
4—内浇道

外浇口的作用是容纳注入的金属液并缓解液态金属对砂型的冲击。小型铸件通常为漏斗状（称浇口杯），较大型铸件为盆状（称浇口盆）。

直浇道是连接外浇口与横浇道的垂直通道。改变直浇道的高度可以改变金属液的流动速度，从而改变液态金属的充型能力。

横浇道是将直浇道的金属液引入内浇道的水平通道，一般开在砂型的分型面上。横浇道的主要作用是分配金属液进入内浇道和隔渣。

内浇道直接与型腔相连，它能调节金属液流入型腔的方向和速度，调节铸件各部分的冷却速度。

浇注系统的类型很多，最常用的为顶注式，如图 1.1.3 所示。

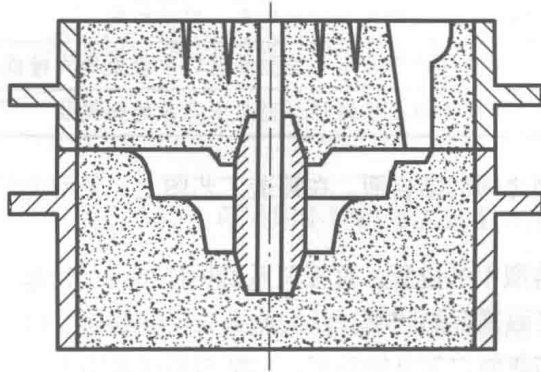


图 1.1.3 顶注式浇注系统

顶注式浇注系统的优点是易于充满型腔，型腔中金属的温度自下而上递增，因而补缩作用好，简单易做，节省金属，但对铸型冲击较大，有可能造成冲砂、飞溅和加剧金属的氧化。所以这类浇注系统多用于重量小、高度低和形状简单的铸件。

## 5. 铸型的组成和作用

铸型用于浇注金属液，以获得形状、尺寸和质量符合要求的铸件。以最常用的两箱砂型造型为例（见图 1.1.4），它主要由上砂型、下砂型、浇注系统、型腔、型芯和出气孔组成，如图 1.1.4 所示。上、下砂型之间的接触面称为分型面，它们的作用列于表 1.1.1。

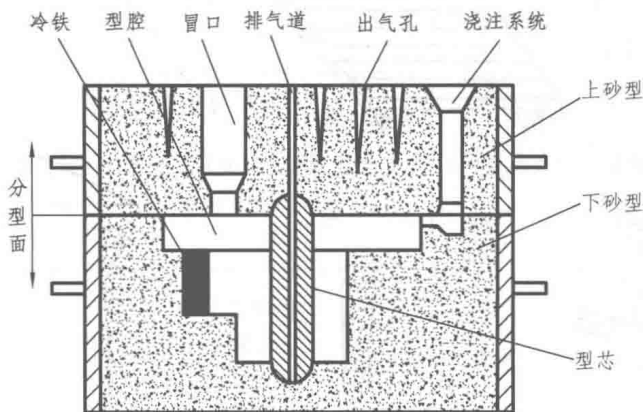


图 1.1.4 砂型的组成

表 1.1.1 铸型各组成部分的作用

组元名称	作用
砂箱	造型时填充型砂的容器，分上、中、下砂箱
铸型	通过造型获得具有型腔的工艺组元，分上、中、下等铸型
分型面	各铸型组元间的结合面，每一对铸型间都有一个分型面
浇注系统	金属液流入型腔的通道
冒口	供补缩铸件用的铸型空腔，有些还起观察、排气和集渣的作用
型腔	铸型中由造型材料所包围的空腔部分，也是形成铸件的主要空间
型芯	为获得铸件内腔或局部外形，用芯砂制成安放在铸型内部的组元
出气孔	在铸型或型芯上，用针扎出的出气孔，用以排气
出气口	为排除浇注时形成的气体而在铸型或型芯中设置的沟槽或孔道
冷铁	为加快铸件局部冷却而在铸型、型芯中安放的金属物

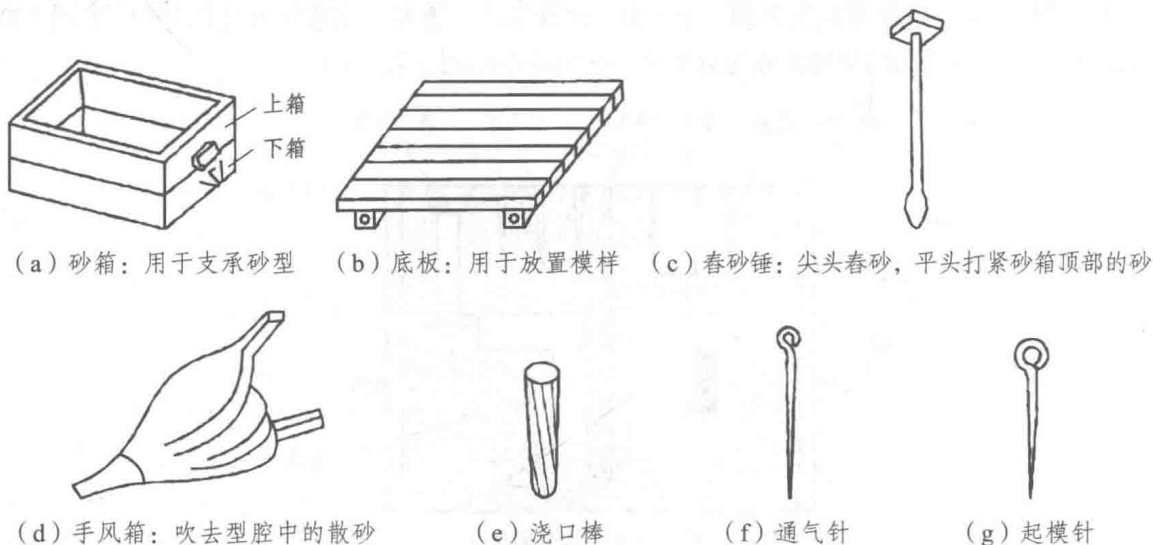
分型面是指上型和下型之间的结合面。在铸造工艺图上，分型面用细直线和箭头表示，并注明“上、下”字样。

分型面决定了铸件在铸型中的位置，直接关系到模样结构、铸造工艺和铸件质量等，所以，合理选择分型面是一个重要而复杂的问题，总的原则是要使起模方便，并有利于保证铸件质量。分型面可以是平面、斜面和曲面，为方便造型，分型面最好采用平面。分型面必须设在铸件的最大水平截面处，否则难以起模。为简化工艺，保证铸件质量，分型面应尽量少，最好是一个。

## 6. 常用手工造型工具

实际生产中，由于铸件的大小、形状、材料、批量和生产条件不同，需要采用不同的造型方法。造型可分为手工造型和机器造型两种，本章仅介绍手工造型。

造型时，为了便于春砂、翻砂、搬运砂型以及增加砂型承受金属熔液压力的能力，通常需要砂箱。手工造型时，还需要应用一些造型工具，常用的手工造型工具及其作用如图 1.1.5 所示。



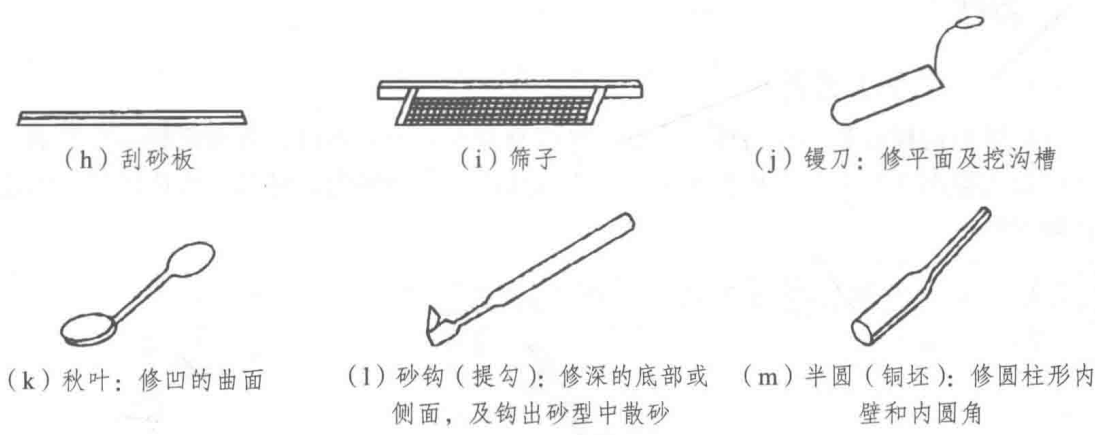


图 1.1.5 常用的手工造型工具及其作用

### 三、实训示例

根据铸件结构、生产批量和生产条件，可采用不同的手工造型方案，表 1.1.2 为常用手工造型方法的特点和应用范围。

表 1.1.2 常用手工造型方法的特点和应用范围

造型方法	特 点			应用范围
	模样结构和分型面	砂箱	操作	
整模造型	整体模，分型面为平面	两个砂箱	简单	较广
分模造型	分开模，分型面多为平面	两到多箱	较简单	回转体铸件
活块造型	模样上有妨碍起模的部分，须做成活块	两到多箱	较费事	各种单件小批、中小件
挖砂造型	整体模，铸件的最大截面不在分型面处，须挖去阻碍起模的型砂才能取出模样，分型面一般为曲面	两到多箱	对技能要求较高、费事	单件小批、中小件
假箱造型	为免去挖砂操作，利用假箱来代替挖砂操作，分型面为曲面	两到多箱	较简单	成批生产的需挖砂件
刮板造型	用与铸件截面相适应的木板代替模样，分型面为平面	两个砂箱	对技能要求较高、费事	大中型轮类、管类单件小批生产
两箱造型	各类模样，分型面为平面或曲面，可机器造型也可手工造型	两个砂箱	简单	较广
三箱造型	铸件中间截面较两端小，使用两箱造型取不出模样，所以必须采用分开模。分型面一般为平面，有两个分型面，不能机器造型	三个砂箱	费事	较广

## 1. 整模造型

### 1) 整模造型工艺特点

整模造型的模样是一个整体，造型时模样全部在一个砂箱内，分型面是一个平面。这类模样的最大截面在端部，模样截面由大到小，放在一个砂箱内，可以一次从砂型中取出，造型比较方便。

### 2) 整模造型操作过程示例（见图 1.1.6）

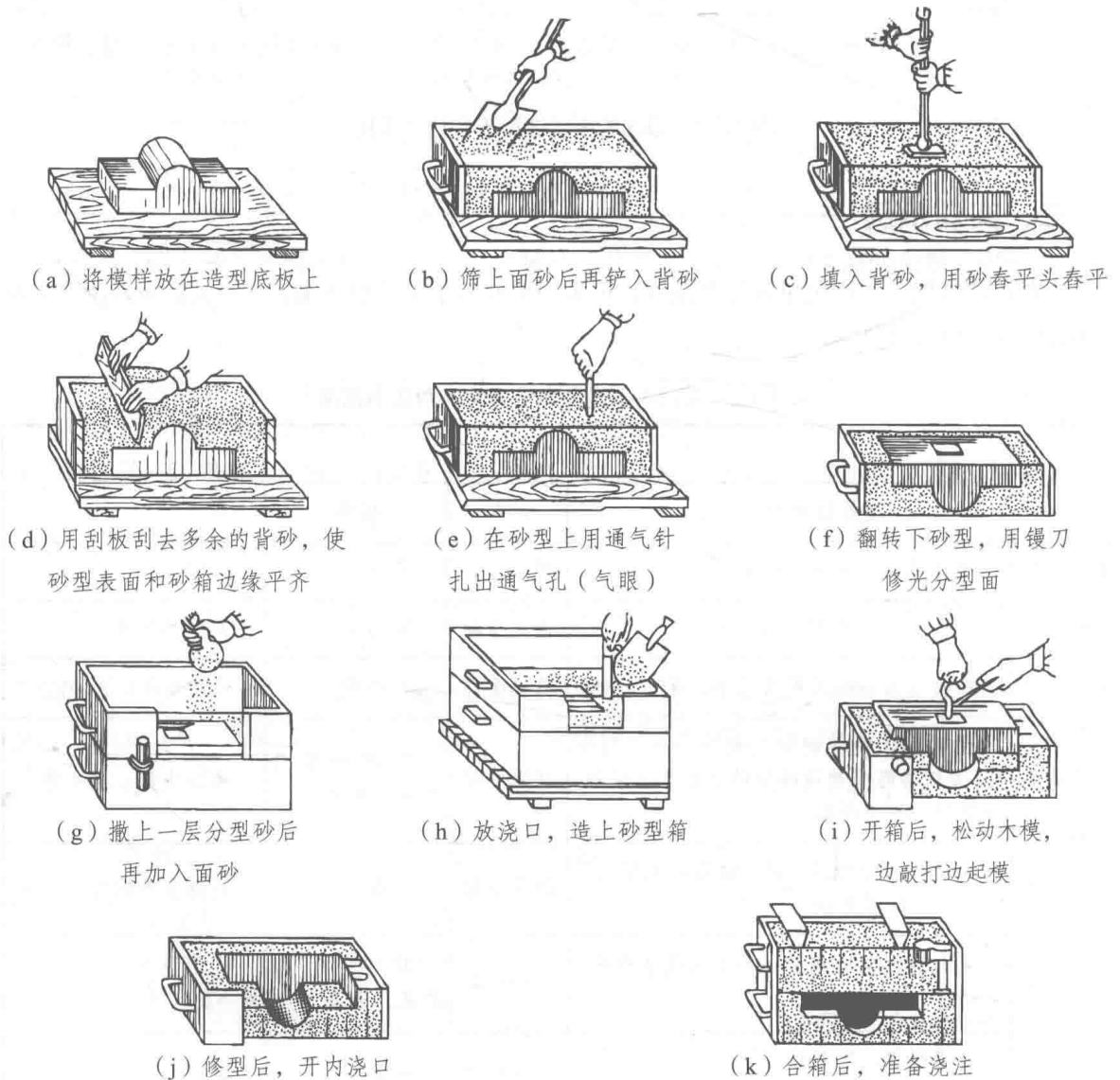


图 1.1.6 整模造型操作过程

## 2. 分模造型

### 1) 分模造型工艺特点

分模造型是将模样从其最大截面处分开，并以此面作为分型面，造型时将模样分别放在上、下砂

箱内，这类零件的最大截面不在端部。分模造型操作简单，适用于生产各种批量的管子、阀体、曲轴等形状较为复杂的铸件。造型时，要注意模样上下两半是否严密、易开合，模样的定位销是否牢固可靠。

## 2) 分模造型操作过程示例 (见图 1.1.7)

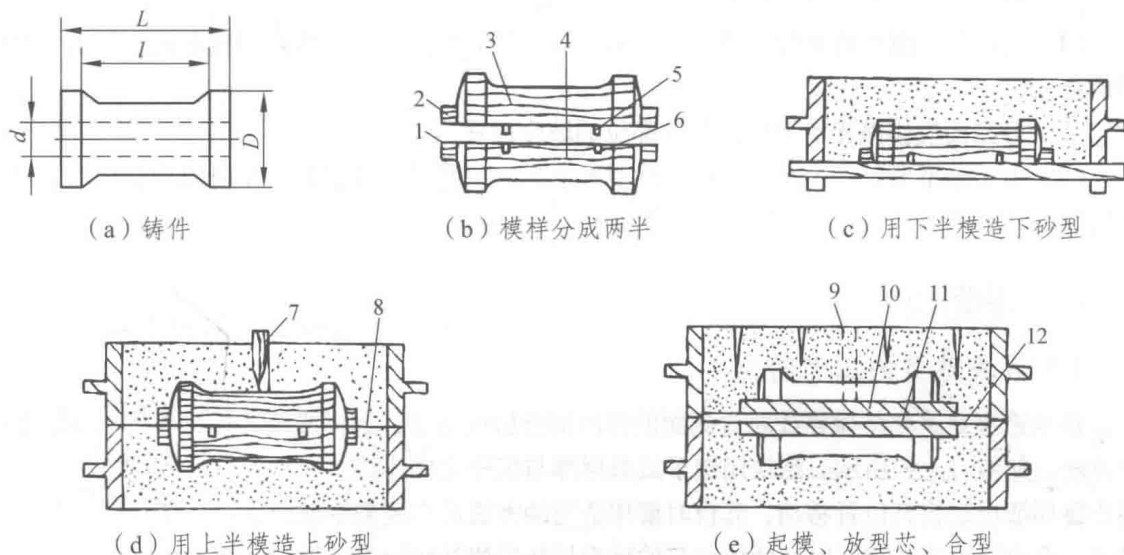


图 1.1.7 分模造型操作过程

1—分模面；2—型芯头；3—上半模；4—下半模；5—销钉；6—销孔；7—直浇道棒；8—分型面；9—浇注系统；10—型芯；11—型芯通气孔；12—排气道

## 3. 挖砂造型

### 1) 挖砂造型工艺特点

有些铸件的分型面是一个曲面，起模时覆盖在模样上面的型砂会阻碍模样的起出，必须将覆盖其上的砂挖去才能正常起模，采用这种方法造型称为挖砂造型。挖砂造型生产效率很低，对操作人员的技术水平要求较高，只适用于单件小批生产的小型铸件。

### 2) 挖砂造型操作过程示例 (见图 1.1.8)

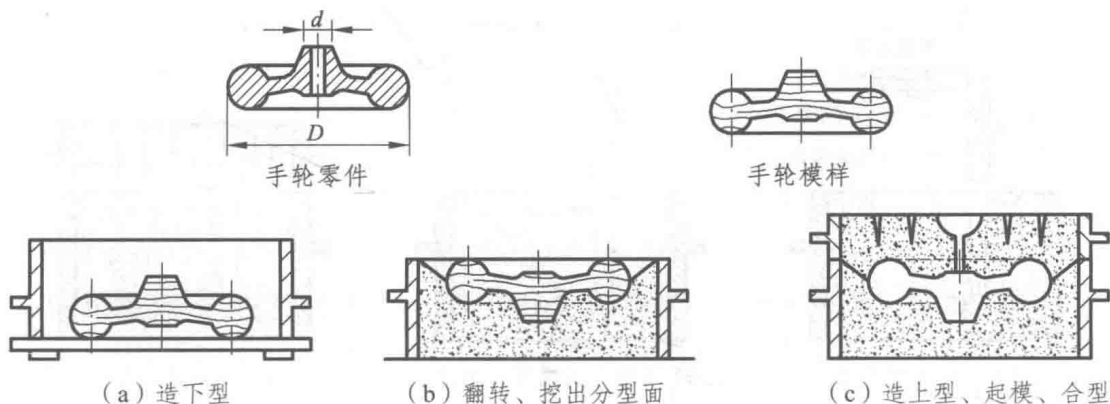


图 1.1.8 挖砂造型操作过程

挖砂造型时将妨碍起模的那部分型砂挖去，并将挖砂面修光，使挖去的那部分砂型在造上砂型中形成。挖砂造型除了在制造下砂型时多一个挖砂操作工序，使其上砂型的分型面多出吊砂部分外，其他基本与整模造型相同。

### 3) 挖砂造型时应注意的几个问题

(1) 挖砂时，所挖的曲线分型面的投影一定是最大的投影面，否则不能起模，失去了挖砂造型的意义。

(2) 分型面应修整光滑平整，挖砂部位的坡度应适当。

(3) 由于分型面是一个曲面，在上砂型形成吊砂，所以在开型和合型时应特别仔细，避免损坏型腔。

## 4. 活块造型

### 1) 活块造型的工艺特点

活块造型是将整体模样或芯盒侧面的伸出部分做成活块，起模或脱芯后，再将活块取出的造型方法，如图 1.1.9 所示。活块用销子或燕尾榫与模样主体连接。造型时应特别细心，春砂时要防止春坏活块或将其位置移动，起模时要用适当的方法从型腔侧壁取出活块。活块造型操作难度较大，取出活块要花费工时，活块部分的砂型损坏后修补较困难，故生产效率低，且要求操作人员的操作水平高。活块造型只适用于单件小批量生产。

### 2) 活块造型操作过程示例（见图 1.1.9）

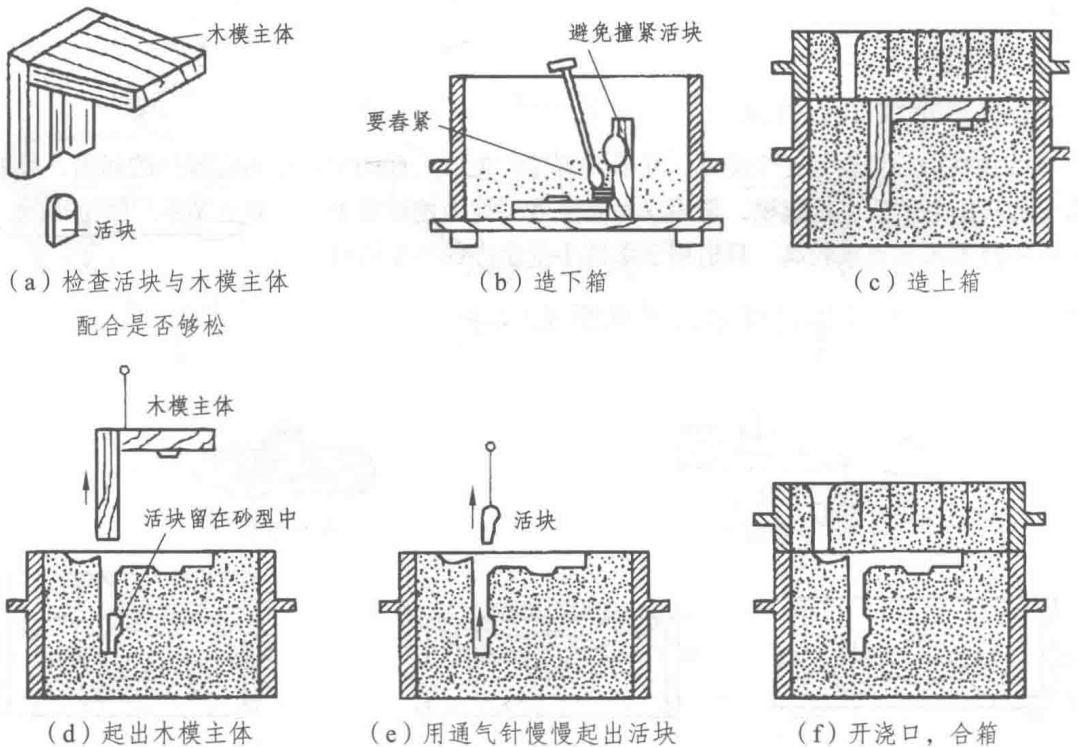


图 1.1.9 活块造型操作过程

## 5. 造型芯

型芯主要作用是形成铸件的内腔，有时亦可用型芯形成铸件的外形。浇注时由于型砂受到液体金属的冲击，浇注后型芯的大部分被液体金属包围，因此要求芯砂比型砂具有更好的综合性能。为了加强型芯的强度，在型芯中要放置芯骨，小型芯骨用钢丝制成，大、中型芯骨用铸铁制成。制芯的方法分手工制芯和机器制芯两大类。

# 第二节 消失模铸造

## 一、实训目的

- (1) 了解消失模铸造的原理；
- (2) 学会运用各种工具制造泡沫模具；
- (3) 掌握运用消失模进行铸造生产。

## 二、实训准备知识

### 1. 消失模铸造原理及特点

消失模铸造又称气化模铸造或实型铸造。它是采用泡沫塑料模样代替普通模样紧实造型，造好铸型后不取出模样、直接浇注金属液，在高温金属液的作用下，模样受热气化、燃烧而消失，金属液取代原来泡沫塑料模样占据的空间位置，冷却凝固后即获得所需的铸件。

与砂型铸造相比，消失模铸造方法有以下主要特点：

(1) 铸造尺寸精度高、表面粗糙度低。因铸型紧实后不用起模、分型，没有铸造斜度和活块，取消了砂芯，因此避免了普通砂型铸件尺寸误差和错箱等缺陷；同时由于泡沫塑料的表面粗糙度较低，故消失模的铸件的表面粗糙度也较低。

(2) 增大了铸件结构设计的自由度。消失模铸造由于没有分型面，也不存在下芯、起模等问题，许多在普通砂型铸造中难以铸造的结构在消失模铸造中不存在任何问题。

(3) 简化铸造生产工序，提高劳动生产率，容易实现清洁生产。消失模铸造不用砂芯，省去了芯盒制造、芯砂配制、砂芯制造等工序；型砂不需要黏结，铸件落砂及砂处理系统简单；同时劳动强度降低、环境改善。

### 2. 消失模模样的制造

消失模铸造每生产一个铸件，都必须消耗一个泡沫模样。消失模模样通常采用两种方法制造：一种是商品泡沫塑料珠预发后，经金属模具发泡成形，主要适用于大批量生产。另外一种是采用商品塑料泡沫板经切削加工后黏结成形，适合于单件生产。无论是哪一种成形方法，模样材料及其性能对成形后铸件的质量都有重要影响。因此用于制作消失模模样的泡沫材料必须满足以下条件：

- (1) 密度低，强度高；
- (2) 易气化，高温分解的残留物少；
- (3) 易成形，能获得表面光洁的模样。

大批量生产时，只要将模具安装到制作消失模的机械上，按照工艺要求就可以实现快速大批量生产。而单件生产时就需要我们自己动手对泡沫板进行切割造型，切割泡沫板时可以使用热切割泡沫台、热切割刀、电热雕刻笔等工具，如图 1.2.1 所示。最后将各部分黏结组合就可以得到所需要的模样了。组装黏结，具体操作时应注意以下问题：

- (1) 模样黏结时，一定要注意保证整体模样的形状和尺寸精度；
- (2) 防止黏结干燥后模块的反弹变形；
- (3) 防止黏结表面出现孔洞和缝隙，若出现应及时修补；
- (4) 黏结涂层应尽量薄而均匀。

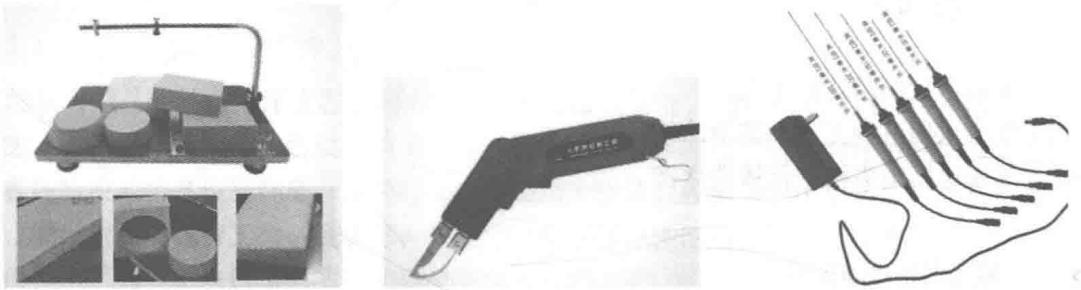


图 1.2.1 热切割工具

### 3. 消失模铸造用涂料

泡沫塑料模样及其浇注系统组装成形后应上涂料。涂料在消失模铸造工艺中具有非常重要的控制作用：涂层将金属液与干砂隔离，可防止冲砂、黏砂等缺陷；浇注冲型时涂层将模样的热解产物气体快速导出，可防止浇不足、气孔、夹渣、增碳等缺陷产生；涂层可提高模样的强度和刚度，使模样能经受住填砂、紧实、抽真空等过程中力的作用，避免模样变形。

为了获得高质量的铸件，涂料应具有如下性能：良好的透气性；较好的涂挂性；足够的强度；发气量小；低温干燥速度快。

消失模铸造涂料与普通砂型组成相似，主要由耐火填料、分散介质、黏结剂、悬浮剂及改善某些特殊技能的附加物组成。但消失模铸件的质量和表面粗糙度在很大程度上依赖于涂料的质量。因此，虽然目前有若干种消失模铸造涂料可供选用，但开发适于消失模铸造的优质涂料仍是一项重要任务。

### 4. 消失模铸造工艺

干砂消失模铸造工艺通常是：加入一层底砂后，将覆有涂料的泡沫模样放入砂型内，边加砂边震动紧实直至砂箱的顶部；砂的填充和紧实是得到优质铸件的重要工序。砂子的加入速度必须与砂子紧实过程相匹配。震动紧实应在加砂过程中进行，以便砂子充入模型空腔，并保证砂子达到足够的紧实度而又不发生变形。

浇注时要采用快速浇注的工艺，消失模铸造浇注系统尺寸比常规铸造的浇注系统尺寸大，生

产经验表明,消失模铸造工艺的浇注系统的截面积比砂型铸造约大一倍,主要原因是金属液与模样之间的气隙太大,充型浇注速度太慢有造成塌箱的危险。

## 5. 消失模铸造浇注系统的设计

消失模铸造浇注系统的基本特点是“快速浇注、平稳充型”。由于泡沫塑料模样的存在,与普通砂型铸造相比,消失模铸造工艺的浇注系统具有如下特征。

(1) 常采用封闭式浇注系统。其特点是流量控制的最小截面处于浇注系统的末端,浇注时直浇道内的泡沫塑料迅速气化,并在很短的时间内被液体金属充满,浇注系统内易建立起一定的静压力,使金属液呈层流状填充,可以避免充型过程中金属液的搅动与喷溅。浇注系统各单元截面面积比例一般为:

对于黑色金属铸件,  $S_{直} : S_{横} : S_{内} = (2.2 \sim 1.6) : (1.25 \sim 1.2) : 1$

对于有色金属铸件,  $S_{直} : S_{横} : S_{内} = (2.7 \sim 1.8) : (1.30 \sim 1.2) : 1$

(2) 常采用底铸式浇注系统。与普通铸造方法相同,金属液浇入消失模内的方式,主要有顶注式、底注式、侧注式和阶梯式四种。由于底注式浇注系统的金属液流动充型平稳、不易氧化、无激溅、有利于排气浮渣等,较符合消失模铸造的工艺特点,故底注式浇注系统在消失模铸造中采用较多。

设计消失模浇注系统时,应考虑以下基本原则:① 内浇道与横浇道的夹角应在同一平面,以保证浇注时内浇道同时充型;② 浇注系统引导金属液流入铸型型腔,同时让模样气化的残留物逸出;③ 在上涂料、填砂及震实过程中,浇注系统常被用作支撑和搬运模样,因此必须具有足够的强度以便于操作;④ 铸造后,浇注系统要易于清除。

# 第三节 熔炼浇注及铸造缺陷分析

## 一、实训目的

- (1) 了解冲天炉的构造及各部分的作用;
- (2) 了解冲天炉的工作原理及基本操作方法;
- (3) 能对铸件进行质量检验和缺陷分析。

## 二、实训准备知识

熔炼是铸造生产的基本环节,它直接影响铸件质量、生产效率和生产成本。用于铸造的合金有铸铁、铸钢、铜合金和铝合金等。为了生产高质量的铸件,首先要求熔炼出合格的金属液,熔炼铸造合金应满足:金属液温度足够高;金属液的化学成分应符合要求;熔化效率高,燃烧消耗小。大多数工厂熔炼铸铁是用冲天炉,也可以用工频电炉。冲天炉结构简单,操作方便,燃烧效率较高,消耗少,应用广泛。