

• 面向 21 世纪普通高校教材 •

金工实习教材

主编 萧泽新

副主编 欧笛声

主审 刘友和

JG

华南理工大学出版社

·面向 21 世纪普通高校教材·

金 工 实 习 教 材

主 编 萧泽新

副主编 欧笛声

参 编 (按姓氏笔画为序)

冯树强 黎 传 朱上秀

伍世荣 宋世柳 陈 宁

陈冠周 袁 斌 徐永礼

梁 柱 黄 玫

主 审 刘友和

华南理工大学出版社

·广 州·

内 容 提 要

本书分4大部分共9章。内容包括：机械制造中的一般加工方法（即铸造、压力加工、焊接、金属热处理、机械切削加工、钳工）、现代制造技术、“工艺实训”实习方式及案例和金工实习中的劳动保护。

本教材以工艺为主线，在传授好基本知识的同时，加强对基本技能可操作性的论述。

本书可作为高等学校及高等职业技术学院机类、近机类、非机类专业金工实习教材，也可供有关工程技术人员和技术工人参考。

图书在版编目（CIP）数据

金工实习教材/萧泽新主编. —广州：华南理工大学出版社，2004.8
（2006.1 重印）

（面向 21 世纪普通高校教材）

ISBN 7-5623-2078-0

I. 金… II. 萧… III. 金属加工-实习-高等学校-教材 IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 055341 号

总 发 行：华南理工大学出版社 （广州五山华南理工大学 17 号楼，邮编 510640）

发行部电话：020-87113487 87110964 87111048（传真）

E-mail: scut13@scut.edu.cn

<http://www.scutpress.com.cn>

责任编辑：毛润政

印 刷 者：广东省阳江市教育印务公司

开 本：787×960 1/16 印张：10.25 字数：213 千

版 次：2006 年 1 月第 1 版第 4 次印刷

印 数：14 001～19 000 册

定 价：16.00 元

版权所有 盗版必究

前 言

金工实习的基本内容为机械制造中的一般加工方法及其常用设备、工具的操作方法和初步的工艺知识。常规金工实习一般安排有铸、热、焊、车、刨、铣、磨、压力加工及钳工,有条件的高校还增加了现代制造技术的内容。对此,本教材都进行了介绍。

近年来,不少高校都对金工实习的教学改革进行了有益的探索。本书的编者队伍里也不乏金工实习教改积极参与者,如广西高等教育新世纪教学改革工程重点项目“以培养学生工程实践能力和创新精神为目标的金工教学改革”课题研究取得了可喜成果。今借教材出版之际,把金工实习教学模式和教学方法改革的成果总结一并编入本教材,这种用教材推广教改成果的方法是一件新的、十分有意义的事情。

编者认为,编写实践教学环节的教材,在传授机械制造基础知识的同时,应着重强调基本技能的可操作性。在本书不少章节的论述中都贯彻了这一理念,“工艺实训”案例除起示范作用外,还突出体现了本教材可操作性的特色。

此外,生产安全已日益成为人们关注的问题,为了增强学生的劳动保护意识,本教材还专门编入了这方面的内容。

本书第1章、第8章由萧泽新编写;第2章由梁柱编写;第3章由伍世荣编写;第4章由欧笛声编写;第5章由徐永礼、黄玫、黎传编写;第6章由朱上秀、袁斌编写;第7章由欧笛声、宋世柳、冯树强编写;第9章由陈冠周编写。在1、3章编写中使用了桂林电子工业学院校内用教材《金属工艺学实习指导》(陈宁主编)的部分资料。萧泽新担任本书主编并负责最后统稿。本书由教育部高校工科机械基础课程教学指导委员会委员、中南地区金工研究会理事长刘友和教授主审。感谢桂林电子工业学院、广西工学院、广西水利电力职业技术学院、桂林航天工业高等专科学校、桂林工学院南宁分院等参编兄弟院校对本书编写的大力支持;感谢桂林电子工业学院光机电一体化研究所的研究生们对本书的文字录入、插图绘制所做的工作。

尽管本书的编者都是长期工作在“金属工艺学”和金工实习教学科研岗位上的教师,但因水平有限,书中不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编者

2004年5月

目 录

第1章 铸造	1
1.1 铸造工艺基础知识	1
1.2 砂型铸造	3
1.3 铸件的生产	12
1.4 特种铸造	19
第2章 压力加工	23
2.1 锻造生产过程	23
2.2 自由锻造	24
2.3 板料冲压	30
第3章 焊接	33
3.1 手弧焊	34
3.2 其他焊接方法	38
3.3 焊接质量及分析	42
第4章 金属热处理	45
4.1 热处理常用设备	45
4.2 热处理工艺	48
4.3 热处理基本工艺规程	50
第5章 机械切削加工	52
5.1 车削加工	52
5.2 铣削加工	75
5.3 刨削加工	86
5.4 磨削加工	91
第6章 钳工	97
6.1 划线	97
6.2 锯割	102
6.3 锉削	105
6.4 钻孔、扩孔与铰孔	111
6.5 攻螺纹与套螺纹	115
6.6 装配	118
第7章 现代加工技术	121

7.1 电火花加工	122
7.2 激光加工	124
7.3 数控加工	127
7.4 快速原形制造	135
第8章 “工艺实训”实习方式及案例选	140
8.1 “工艺实训”实习方式概述	140
8.2 “工艺实训”实习方式的运作实践	141
8.3 “工艺实训”实习方式案例选	142
第9章 金工实习中的劳动保护	151
9.1 劳动保护	151
9.2 金工实习中的劳动保护	152
参考文献	158

第1章 铸 造

1.1 铸造工艺基础知识

1.1.1 铸造生产概述

将熔融金属液浇入具有与零件形状相适应的铸型空腔中，凝固后获得一定形状和性能的金属件（铸件）的方法称为铸造。

熔炼金属与铸型是铸造的两大基本要素。适于铸造的金属有铸铁、铸钢和有色金属等。铸型是根据所设计的零件形状用造型材料制成的；以铸型为分类标志的铸造方法可分为砂型铸造和特种铸造两大类。其中砂型铸造用得最广泛。特种铸造又可分为熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造、低压铸造等。

铸造的优点是适应性强、成本低廉。其缺点是生产工序多，铸件质量难以控制，铸件机械性能较差，劳动强度大。铸造主要用于受冲击力较小、形状复杂的毛坯制造，如机床床身、发动机汽缸体、各种支架、箱体等等。

1.1.2 铸造生产常规工艺流程

图 1-1 为铸造生产常规工艺流程示意图。

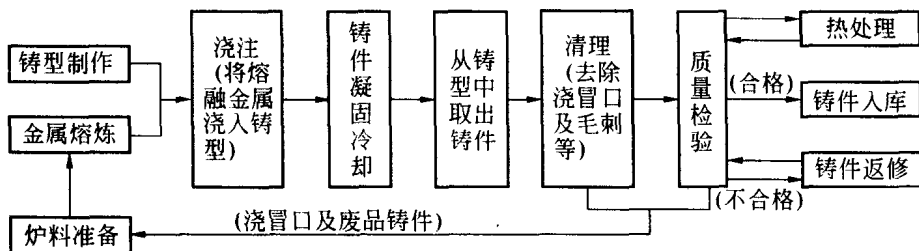


图 1-1 铸造生产常规工艺流程

1.1.3 合金的铸造性能

合金的铸造性能，即合金在铸造生产中的工艺性，它表示合金铸造成形获得优质铸件的能力。通常用流动性、收缩性以及形成热裂、应力、偏析、吸气等倾向的大小

等特性来表示。

1. 合金的流动性

合金的流动性是指合金液充填铸型的能力。合金的流动性主要与合金的性质、铸型工艺特点、浇注条件等因素有关。通常说灰铸铁、共晶铝-硅合金、硅黄铜等流动性好,是指它们在同类合金中,在相同铸造条件下,能很好地充满铸型,得到尺寸准确、轮廓清晰的优质铸件。在实际生产中,当合金牌号已定的情况下,主要采用加强熔炼工艺控制、改善铸型工艺和适当提高浇注温度等办法来保证其流动性。

2. 合金的收缩

把铸造合金从液态冷却至常温过程中的体积和尺寸的变化总称收缩。收缩分液态收缩、凝固收缩、固态收缩三个阶段。

液态收缩和凝固收缩常以体积收缩表示,固态收缩因与铸件的形状和尺寸关系很大,以线收缩表示。合金收缩的大小一般以百分数表示,称为收缩率。线收缩率 $E_{\text{线}}$ 是重要的铸造工艺参数之一。其定义如下:

$$E_{\text{线}} = \frac{L_0 - L}{L_0} \times 100\%$$

式中, L_0 、 L 分别表示被测合金试样在高温 t_0 和降至常温 t 时的长度 (mm)。

合金收缩率主要取决于合金的种类,同时与铸件的结构、大小、壁厚及收缩时受阻碍情况有关。收缩率选择不当,将影响铸件尺寸精度、切削加工和装配。表 1-1 列出砂型铸造时部分合金线收缩率的经验值。

液态收缩和凝固收缩对铸件中缩孔的大小有决定性影响。结晶温度范围小的金属和合金(如共晶合金)易形成集中缩孔;而结晶温度范围越大的合金越容易形成分散的缩孔,即缩松。使铸件顺序凝固(即实现由远离冒口向冒口方向顺序地凝固),合理确定内浇口、冒口、冷铁(激冷物)以及控制好浇注工艺可有效地消除缩孔、缩松(如图 1-2a)。

固态收缩受到阻碍会引发铸件内应力的产生,应力较大时会导致铸件变形或开裂,减少和消除铸造应力的基本方法是使铸件同时凝固(见图 1-2b)、改善铸型、增加型芯的退让性和合理设计铸件结构等。此外,去应力退火工艺可消除残留的铸造应力。

表 1-1 砂型铸造时部分合金收缩率的经验值

合金种类		铸造收缩率 (%)	
		自由收缩	受阻收缩
灰铸铁	中小型铸件	1.0	0.9
	中大型铸件	0.9	0.8
	特大型铸件	0.8	0.7
球墨铸铁		1.0	0.8
碳钢和低合金钢		1.6~2.0	1.3~1.7
锡青铜		1.4	1.2
无锡青铜		2.0~2.2	1.6~1.8
硅黄铜		1.7~1.8	1.6~1.7
铝硅合金		1.0~1.2	0.8~1.0

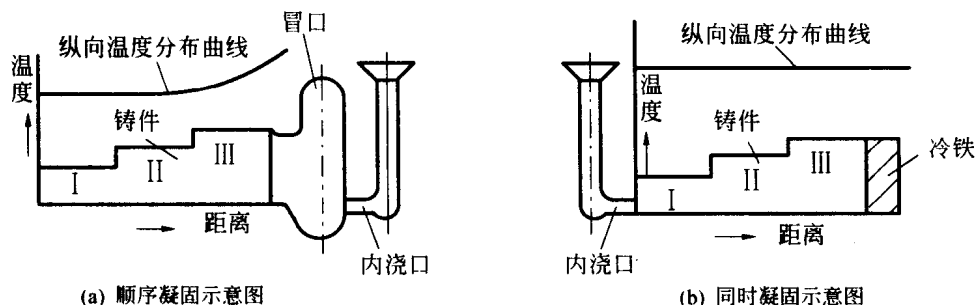


图 1-2 顺序凝固与同时凝固示意图

1.1.4 铸件结构工艺性

结构和工艺之间的关系，称为“结构工艺性”。铸件的结构设计应符合铸造工艺和合金铸造性能的要求，合理的铸件结构设计能简化铸造工艺，并能高效、低成本地生产出优质的铸件来。铸件结构设计在一定程度上属于机械设计范畴，且牵涉面广，本书篇幅有限，读者可参阅《金属工艺学》教材和有关机械设计手册。

1.2 砂型铸造

砂型铸造工艺过程如图 1-3 所示。

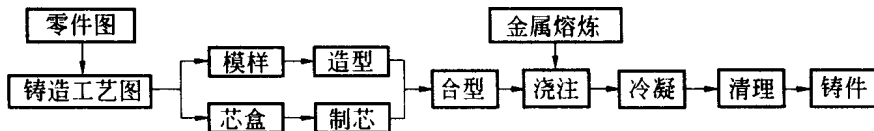


图 1-3 砂型铸造工艺

1.2.1 铸型的制作

1. 型砂和芯砂的制备

砂型是由型砂做成的。中、小铸件广泛采用湿砂型（不经烘干可直接浇注的砂型），大铸件则用干砂型。

常用的湿型砂主要由砂子、粘土、有机或无机粘结剂、其他附加物和水等材料混制而成。型砂的混制是在混砂机中进行的，在碾轮的碾压及揉搓作用下，各种原材料混合均匀。

型砂的制配过程是：先加入新砂、旧砂、粘土等干混 2~3 min，再加水湿混 5~

12 min, 性能符合要求后即从出砂口卸砂。混好的型砂应堆放 4~5 h, 使粘土膜内水分均匀 (调匀)。使用前还要用筛砂机或松砂机进行松砂, 以打碎砂团和提高型砂性能, 使之松散好用。

芯砂由于需求量少, 一般用手工配制。型芯所处的环境恶劣, 所以芯砂性能要求比型砂高, 同时芯砂的粘结剂 (粘土、油类等) 比型砂中的粘结剂的比重要大一些, 所以其透气性不及型砂, 制芯时要做出透气道 (孔); 为改善型芯的退让性, 要加入木屑等附加物。有些要求高的小型铸件往往采用油砂芯 (桐油 + 砂子, 经烘烤至黄褐色而成)。

2. 造型

用型砂及模样等工艺装备制造铸型的过程称为造型。造型方法可分为手工造型和机器造型两大类。手工造型的方法很多, 按砂箱特征分有: 两箱造型、三箱造型、脱箱造型、地坑造型等。按模样特征分有: 整模造型、分模造型、活块模造型、挖砂造型、假箱造型和刮板造型等。可根据铸件的形状、大小和生产批量选择造型方法。常用的手工造型方法介绍如下:

(1) 整模造型 整模造型过程如图 1-4 所示。整模造型的特点是: 模样是整体结构, 最大截面在模样一端为平面; 分型面多为平面; 操作简单。整模造型适用于形状简单的铸件, 如盘、盖类。

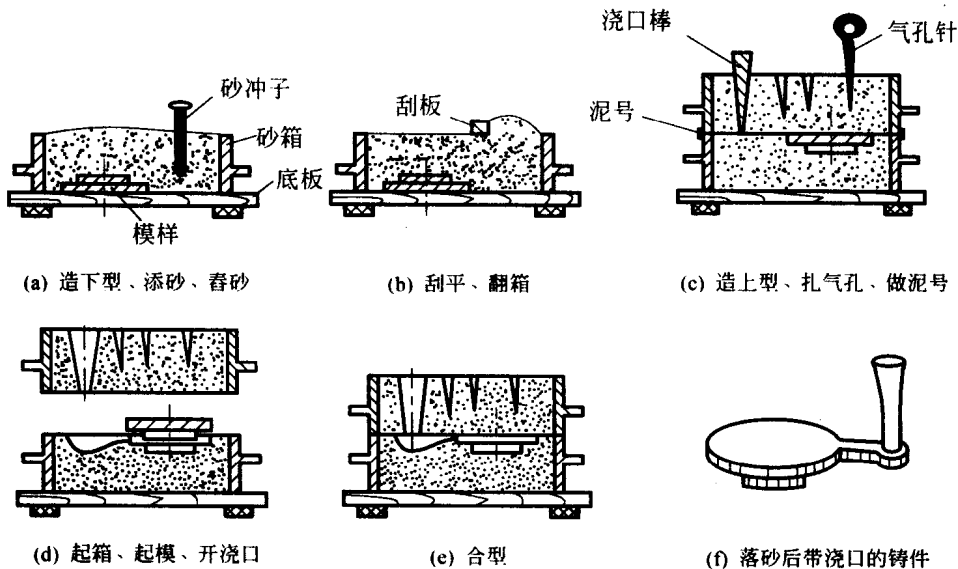


图 1-4 整模造型过程

(2) 分模造型 分模造型的特点是: 模样是分开的, 模样的分开面 (称为分型

面)必须是模样的最大截面,以利于起模。分模造型过程与整模造型基本相似,不同的是造上型时增加放上半模样和取上半模样两个操作。套筒的分模造型过程如图1-5所示。分模造型适用于形状较复杂的铸件,如套筒、管子和阀体等。分模造型的应用很广泛。

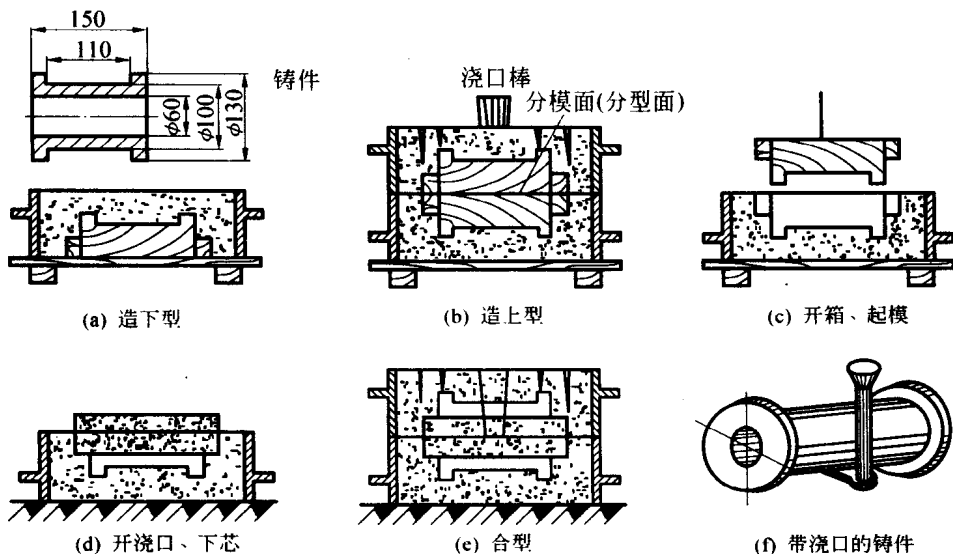


图 1-5 带法兰的套筒分模造型过程

(3) 活块模造型 模样上可拆卸或能活动的部分叫活块。当模样上有妨碍起模的侧面伸出部分(如小凸台)时,常将该部分做成活块。起模时,先将模样主体取出,再将留在铸型内的活块单独取出,这种方法称为活块模造型。用钉子连接的活块模造型时(如图1-6),应注意先将活块四周的型砂塞紧,然后拔出钉子。

(4) 挖砂造型 当铸件按结构特点需要采用分模造型,但由于条件限制(如模样太薄,制模困难)仍做成整模时,为便于起模,下型分型面需挖成曲面或有高低变化的阶梯形状(称不平分型面),这种方法叫挖砂造型。手轮的挖砂造型过程如图1-7所示。

(5) 三箱造型 用三个砂箱制造铸型的过程称为三箱造型。前述各种造型方法都是使用两个砂箱,操作简便、应用广泛。但有些铸件如两端截面尺寸大于中间截面时,需要用三个砂箱,从两个方向分别起模。图1-8所示为带轮的三箱造型过程。

(6) 刮板造型 尺寸大于500mm的旋转体铸件,如带轮、飞轮、大齿轮等单件生产时,为节省木材、模样加工时间及费用,可以采用刮板造型。刮板是一块和铸件截面形状相适应的木板。造型时将刮板绕着固定的中心轴旋转,在砂型中刮制出所需的型腔。

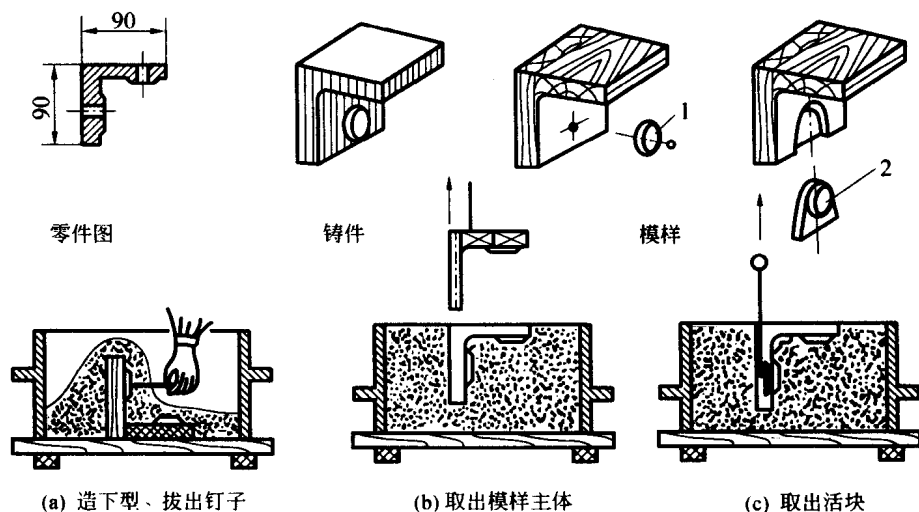


图 1-6 活块模造型

1—用钉子连接活块；2—用燕尾连接活块

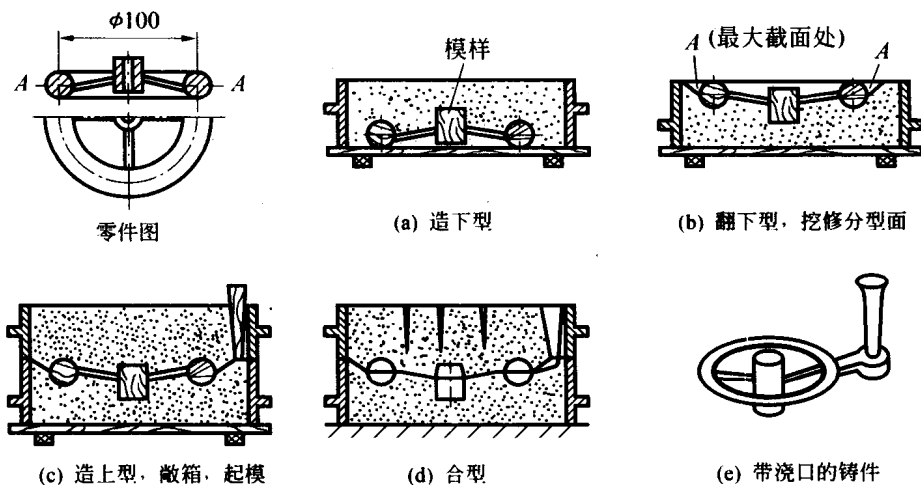


图 1-7 手轮的挖砂造型过程

(7) 地坑造型 直接在铸造车间的砂地上或砂坑内造型的方法称为地坑造型。大型铸件单件生产时，为节省砂箱，降低铸型高度，便于浇注操作，多采用地坑造型。

3. 造芯

为获得铸件的内腔或局部外形，用芯砂或其他材料制成的、安放在型腔内部的铸型组元称型芯。绝大部分型芯是用芯砂制成的。砂芯的质量主要依靠配制合格的芯砂及采用正确的造芯工艺来保证。

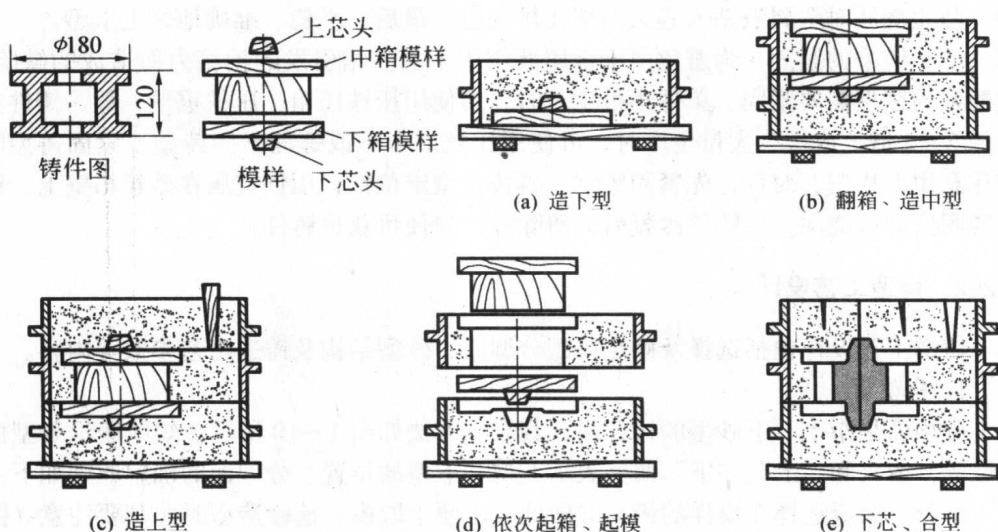


图 1-8 带轮的三箱造型过程

型芯一般是用芯盒制成的，芯盒的空腔形状和铸件的內腔相适应。根据芯盒的结构，对开式芯盒制芯是常用的手工制芯方法，适用于圆形截面的较复杂型芯。其制芯过程见图 1-9。

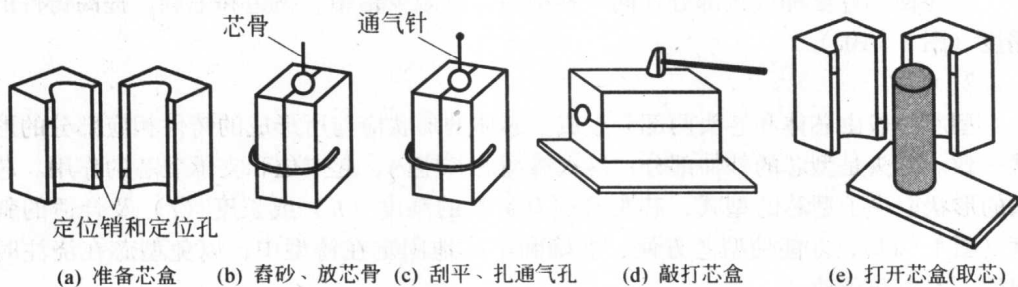


图 1-9 对开式芯盒制芯

4. 合型

将上型、下型、型芯、浇口盆等组合成一个完整铸型的操作过程称为合型，又称合箱。合型是制造铸型的最后一道工序，直接关系到铸件的质量。即使铸型和型芯的质量很好，若合型操作不当，也会引起气孔、砂眼、错箱、偏芯、飞边和跑火等缺陷。合型工作包括：

(1) 铸型的检验和装配 下芯前，应先清除型腔、浇注系统和型芯表面的浮砂，并检查其形状、尺寸和排气道是否通畅。下芯应平稳、准确。然后导通砂芯和砂型的

排气道；检查型腔主要尺寸；固定型芯；在芯头与砂型芯座的间隙处填满泥条或干砂，防止浇注时金属液钻入芯头而堵死排气道。最后，平稳、准确地合上上型。

(2) 铸型的紧固 为避免由于金属液作用于上砂箱引发的抬箱力而造成的缺陷，装配好的铸型需要紧固。单件小批生产时，多使用压铁压箱，压铁重量一般为铸件重量的3~5倍。成批、大量生产时，可使用压铁、卡子或螺栓紧固铸型。紧固铸型时应注意用力均匀、对称；先紧固铸型，再拔合型定位销；压铁应压在砂箱箱壁上。铸型紧固后即可浇注，待铸件冷凝后，清除浇冒口便可获得铸件。

1.2.2 铸造工艺设计

铸造工艺设计包括选择及确定铸型分型面、砂型结构及铸造工艺参数等内容。

1. 分型面

分型面是指上、下砂型的接合面，其表示方法如图1-10所示。短线表示分型面的位置，箭头和“上”、“下”两字表示上型和下型的位置。分型面的确定原则如下：

①分型面应选择在模样的最大截面处，以便于取模，挖砂造型时尤其要注意（图1-10a）。

②应尽量减少分型面数目。成批、大量生产时应避免采用三箱造型。

③应使铸件中重要的机加工面朝下或垂直于分型面，便于保证铸件的质量。因为，浇注时液体金属中的渣子、气泡总是浮在上面，铸件的上表面缺陷较多，铸件的下表面和侧面质量较好（图1-10b）。

④应使铸件全部或大部分在同一砂型内，以减少错箱、飞边和毛刺，提高铸件的精度（图1-10c）。

2. 型芯

型芯一般由芯体和芯头两部分组成。芯体的形状应与所形成的铸件相应部分的形状一致。芯头是型芯的外伸部分，落入铸型的芯座内，起定位和支承型芯的作用。芯头的形状取决于型芯的型式，芯头必须有足够的高度（ h ）或长度（ l ）及合适的斜度（图1-11），才能使型芯方便、准确和牢固地固定在铸型中，以免型芯在浇注时飘浮、偏斜和移动。

3. 浇冒口系统

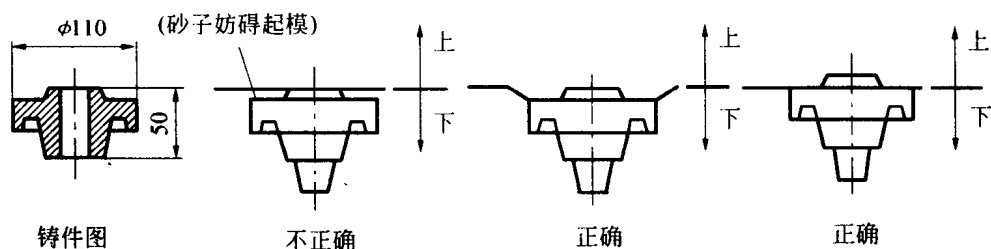
(1) 浇注系统 浇注系统是为金属液流入型腔而开设于铸型中的一系列通道。其作用是：

①平稳、迅速地注入金属液；

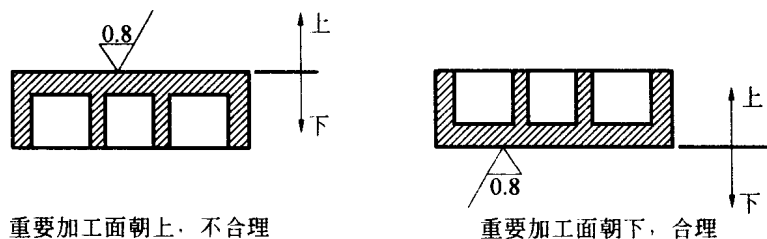
②阻止熔渣、砂粒等进入型腔；

③调节铸件各部分温度，起“补缩”作用，补充金属液在冷却和凝固时的体积收缩。

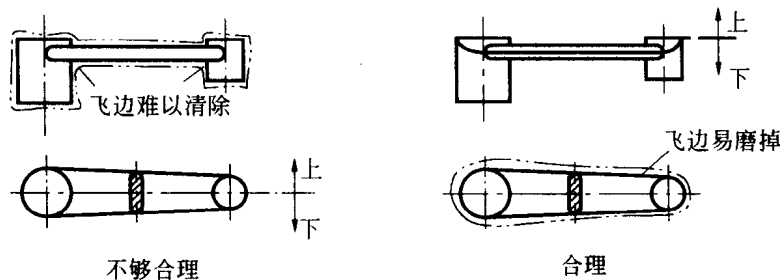
正确地设置浇注系统，对保证铸件质量、降低金属的消耗量有重要的意义。若浇



(a) 分型面应选在最大截面处



(b) 分型面的选定



(c) 分型面的位置应能减少错箱、飞边

图 1-10 分型面的确定原则示意图

浇注系统不合理, 铸件易产生冲砂、砂眼、渣孔、浇不到、气孔和缩孔等缺陷。典型的浇注系统由外浇口、直浇道、横浇道和内浇道四部分组成, 如图 1-12 所示。对形状简单的小铸件可以省略横浇道。外浇口的作用是缓和金属液浇入的冲力并分离熔渣。漏斗形外浇口用于中小铸件, 盆形外浇口用于大铸件。直浇道的作用是使金属液产生一定的静压力, 能迅速充满型腔。如果直浇道的高度或直径太小, 会使铸件产生浇不到等缺陷。为便于取模, 直浇道一般做成带锥度的圆柱体。横浇道的主要作用是挡渣。横浇道截面形状多为高梯形, 且位于内浇道的上面, 它的末端应超出内浇道一段距离, 以使金属液始终充满横浇道, 熔渣能够上浮, 并储存于横浇道顶部。内浇道的作用是控制金属液流入型腔的速度和方向。内浇道截面形状一般是扁梯形和月牙形,

也可用三角形。

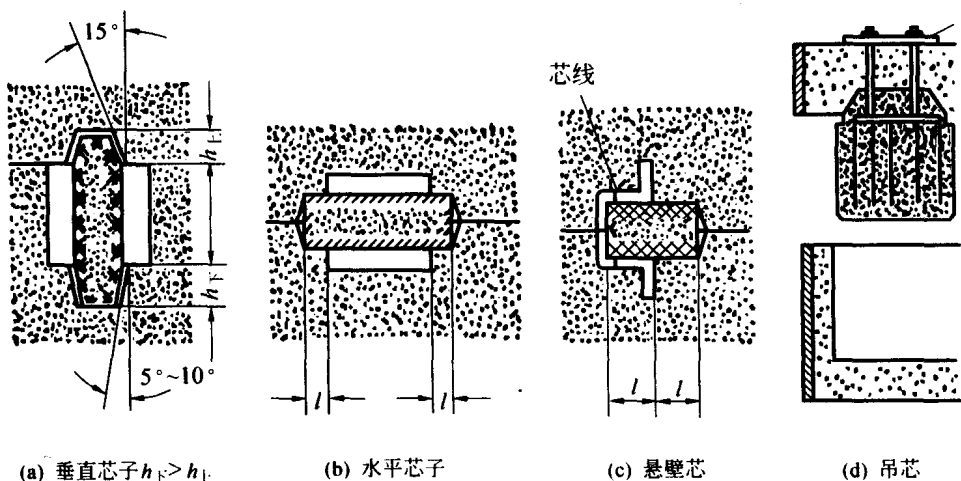


图 1-11 型芯的形式

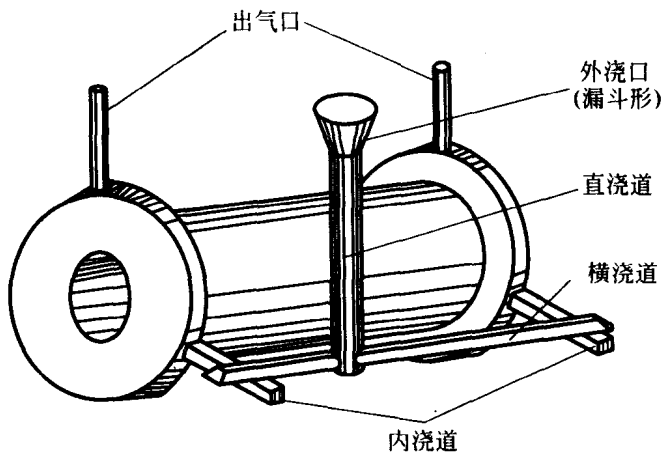


图 1-12 典型浇注系统

(2) 冒口 常见的缩孔、缩松等缺陷是由于铸件冷却凝固时体积收缩而产生的。为防止缩孔和缩松，往往在铸件的顶部或厚实部位设置冒口。冒口是指在铸型内特设的空腔及注入该空腔的金属，如图 1-2 所示。冒口中的金属液可不断地补充铸件的收缩，从而使铸件避免出现缩孔、缩松。冒口是多余部分，清理时要切除掉。冒口除了补缩作用外，还有排气和集渣的作用。

4. 铸造工艺参数

影响铸件、模样的形状与尺寸的某些工艺数据称为铸造工艺参数，主要有下列几项：

(1) 加工余量 指铸件上预先增加而在机械加工时切去的金属层厚度。加工余量值与铸件大小、合金种类及造型方法等有关。单件小批生产的小铸铁件的加工余量为4.5~5.5mm；小型有色金属铸件加工余量为3mm；灰铸铁件的加工余量值可参阅JB 2854—80。

(2) 最小铸出的孔和槽 对过小的孔、槽，由于铸造困难，一般不予铸出。不铸出孔、槽的最大尺寸与合金种类、生产条件有关。单件小批生产的小铸铁件上直径小于30mm的孔一般不铸出。铸件的最小铸出孔尺寸见表1-2。

表 1-2 铸件的最小铸出孔尺寸

生产批量	铸件的最小铸出孔直径 (mm)	
	灰铸铁件	铸钢件
大量	12~15	—
成批	15~30	30~35
单件、小批	30~50	50

(3) 拔模斜度 指平行于起模方向的模样壁的斜度。其值与模样高度有关，模样矮时 ($\leq 100\text{mm}$) 为 3° 左右，模样高时 (101~160mm) 为 $0.5^\circ \sim 1^\circ$ 。

(4) 铸件收缩率 铸件冷凝后体积要收缩，各部分尺寸均小于模样尺寸，为保证铸件尺寸要求，在模样（芯盒）上加一个收缩尺寸。它等于收缩率乘以铸件名义尺寸。收缩率的经验值见表1-1。

5. 铸造工艺图的绘制

铸造工艺图是表示分型面、型芯结构尺寸、浇冒口系统和各项工艺参数的图形。单件小批生产时，铸造工艺图是用红、蓝色线条按JB2435-78规定的符号和文字画在零件图上。单件小批生产情况下，铸造工艺图可作为制造模样、铸型和检验铸件的依据。图1-13a、b所示为滑动轴承的零件图和铸造工艺图。图中：分型面、活块、加工余量、拔模斜度和浇冒口系统等用红线画出。不铸出的孔用红线打叉，线收缩率用红字注在零件图右下方。芯头边界和型芯剖面符号用蓝线画出。

1.2.3 模样的结构特点

模样是直接用于形成铸型（或型芯）的实体模型，一般用木料制作。模样的形状与尺寸由零件图尺寸及有关的铸造工艺参数来确定（图1-13c）。模样的结构类型（整模、分模和活块等）由分型面的位置决定。模样的形状、尺寸与铸件结构相一致，不同的是：模样的每个尺寸都比铸件相应尺寸大一个金属的收缩量（铸件尺寸 $\times$ 铸件收缩率）；采用型芯铸孔时，为在砂型内形成芯座以支承型芯芯头，模样上对应于孔的部位，则出现与型芯相适应的凸出部分，也叫芯头（见图1-13c）。