



金属工艺学实习教材

JINSHU GONGYIXUE SHIXI JIAOCAI

主 编 朱 海
副主编 李瑞芬 杨家武
主 审 汤 卉 靳尔昌

金属工艺学实习教材

主 编	朱 海	
副主编	李瑞芬	杨家武
主 审	汤 卉	靳尔昌

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

金属工艺学实习教材/朱海主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2004.9
ISBN 7-81076-541-8

I. 金… II. 朱… III. 金属加工-工艺-实习-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 099931 号

责任编辑: 王 巍

封面设计: 彭 宇



NEFUP

金属工艺学实习教材

Jinshu Gongyixue Shixi Jiaocai

主 编 朱 海

副主编 李瑞芬 杨家武

主 审 汤 卉 靳尔昌

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北林业大学印刷厂印装

开本 787 × 1092 1/16 印张 13.5 字数 310 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-541-8

TC·5 定价: 19.80 元

前 言

本书是根据教育部颁布的高等工科院校“金工实习教学基本要求”的精神，并结合培养应用型工程技术人才的实践教学特点编写的。

全书共分十章，主要介绍了铸造、压力加工、焊接、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、钳工、数控加工等内容。

在编写过程中，编者结合多年教学实践经验，使教材突出了以下特点：

1. 处理好新旧教学内容之间的关系，加强了有关先进制造技术和新工艺、新材料的介绍；

2. 为激发学生的创新思维，增强学生工程实践能力，每章均精选了与生产实践紧密联系的思考题；

3. 编写时，力求注重实用、简明扼要、图文并茂、生动易懂，加强针对性和指导性，在介绍现代知识的同时，加强操作技能的介绍，以利于教师的指导和学生的学习及应用；

4. 编写时采用了最新国家标准，名词、计量单位和术语力求准确规范。

本书可作为高等工科院校机械类和近机械类专业金工实习用教材，也可供有关工程技术人员参考。本书涉及面广，既适用于多学时实习，也适合少学时实习。使用本书时，可结合各专业的具体情况进行内容调整。

本书第一、二、四、五章由李瑞芬和陈辉编写，第三、六、八章由朱海和王伟编写，第十章由杨家武编写。

全书由朱海任主编，李瑞芬、杨家武任副主编，由哈尔滨理工大学汤卉和东北林业大学靳尔昌承担主审。

在本书编写过程中，参考了许多有关资料和教材，东北林业大学出版社为本教材的出版做了大量工作，很多兄弟院校的金工教师对本书也提出了很多宝贵意见，在此一并致以谢意。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2004年8月

目 录

1 铸 造	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 造型工艺及造型方法	(1)
1.3 造芯方法及浇注系统	(10)
1.4 木模的设计与制造	(18)
1.5 金属的熔化、浇注、清理和铸铁件缺陷分析	(20)
1.6 特种铸造	(26)
1.7 铸造合金流动性及其测定方法	(31)
复习思考题	(33)
2 压力加工	(34)
2.1 概述	(34)
2.2 金属的加热、锻件的冷却及自由锻造	(34)
2.3 模锻和胎模锻造	(42)
2.4 板料冲压	(46)
2.5 锻压材料、火花鉴别及断口分析	(50)
复习思考题	(55)
3 焊接	(56)
3.1 概述	(56)
3.2 电弧焊	(57)
3.3 气焊、气割	(68)
3.4 其他焊接方法	(77)
3.5 焊接生产的质量控制与经济性分析	(83)
复习思考题	(86)
4 钢的热处理	(87)
4.1 概述	(87)
4.2 钢的热处理工艺	(87)
4.3 硬度的测定	(90)
复习思考题	(91)
5 车削加工	(92)
5.1 概述	(92)
5.2 普通车床	(93)
5.3 车刀及其安装	(98)
5.4 工件安装和车床附件	(101)
5.5 车外圆及车端面	(104)
5.6 车槽与切断	(107)
5.7 孔加工	(108)

5.8	车锥面、车成型表面、滚花	(109)
5.9	螺纹的车削加工	(112)
5.10	车削加工工件结构工艺性	(114)
	复习思考题	(116)
6	铣削加工	(117)
6.1	概述	(117)
6.2	铣床	(119)
6.3	铣刀的种类及其安装	(123)
6.4	铣床主要附件	(124)
6.5	铣削的主要工作	(127)
6.6	铣削加工工件结构工艺性	(131)
6.7	齿轮齿形的加工	(133)
	复习思考题	(136)
7	刨削加工	(137)
7.1	概述	(137)
7.2	刨床	(138)
7.3	刨削加工方法	(140)
7.4	刨削加工工件结构工艺性	(142)
	复习思考题	(143)
8	磨削加工	(144)
8.1	概述	(144)
8.2	磨床	(145)
8.3	砂轮	(149)
8.4	磨削的加工方法	(151)
8.5	磨削加工工件结构工艺性	(154)
	复习思考题	(155)
9	钳工	(156)
9.1	概述	(156)
9.2	钳工工作台和虎钳	(156)
9.3	划线	(158)
9.4	锯切、锉削、錾削、刮削	(159)
9.5	钻削加工	(164)
9.6	攻丝和套扣	(168)
9.7	钳工装配	(170)
	复习思考题	(173)
10	数控加工	(174)
10.1	概述	(174)
10.2	数控车床加工	(179)
10.3	数控铣床加工	(187)
10.4	电火花线切割加工	(196)
	复习思考题	(207)
	参考文献	(209)

1 铸 造

1.1 概 述

铸造是通过制造铸型，熔炼金属，再把金属溶液注入铸型，经凝固和冷却，从而获得所需铸件的成形方法。它可以生产出外形尺寸从几毫米到几十米、质量从几克到几百吨、结构从简单到复杂的各种铸件。铸造在我国已有几千年的历史，出土文物中大量的古代生产工具和生活用品就是用铸造方法制成的。今天，铸造生产在国民经济中占有非常重要的地位，广泛应用于工业生产的很多领域，特别是在机械工业以及日常生活用品、公用设施、工艺品等的制造和生产中。

铸造生产具有以下特点：

(1) 可以生产出结构十分复杂的铸件，尤其是可以形成具有复杂形状内腔的铸件。

(2) 铸件的尺寸、形状与零件相近，节省了大量的材料和加工费用；铸造可以利用回收的废旧材料 and 不合格产品，从而节约了成本和资源。

(3) 铸造生产工艺复杂，生产周期长，劳动条件差，且易造成对环境的污染；铸件易产生各种缺陷且不易被发现。

常用的铸造方法有砂型铸造和特种铸造两大类。其中，特种铸造中又包括熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造、离心铸造等多种铸造方法。砂型铸造是应用最广泛的一种铸造方法，其生产的铸件占铸件总量的 80% 以上。

1.2 造型工艺及造型方法

铸造方法很多，其中应用较广的是砂型铸造。如图 1-1 所示的是齿轮毛坯铸件的砂型铸造过程。

砂型铸造的主要工序为制造模型和芯盒、制备型砂及型芯砂、造型、造型芯、烘干、合箱、熔化金属及浇注、落砂、清理及检验等。

1.2.1 型(芯)砂

1.2.1.1 型(芯)砂应具备的主要性能

(1) 强度：是指铸型和型芯承受外力作用时，具有不易损坏的性能。型(芯)砂强度过低，易造成塌箱、冲砂和砂眼等缺陷；强度过高，则易使型(芯)砂透气性和退让性变坏，阻碍铸件收缩而使铸件形成气孔、裂纹等缺陷。

(2) 透气性：是指空气通过紧实的型(芯)砂的能力。透气性不好，易引起气孔等缺陷。

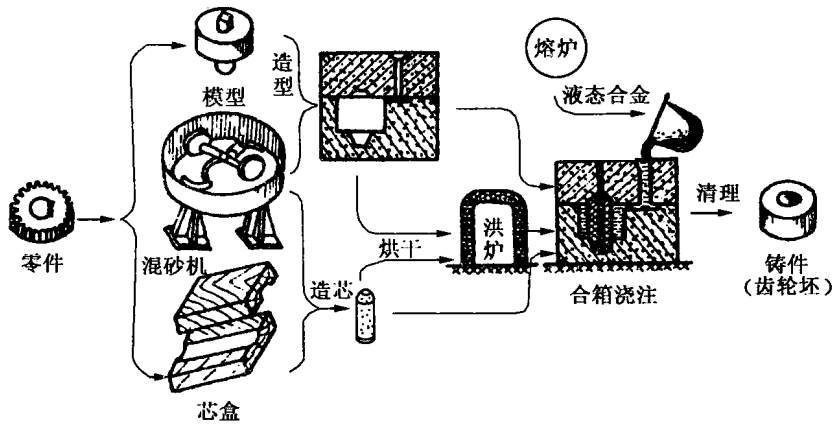


图 1-1 齿轮毛坯的砂型铸造过程

(3) 耐火性：是指型（芯）砂在液态金属作用下，不发生软化、熔化和烧结的性能。耐火性低易产生粘砂等缺陷。

(4) 退让性：是指（溃散性）型（芯）砂在浇注后随铸件收缩而发生收缩的性能。退让性差，阻碍铸件的收缩，造成较大的内应力，容易导致铸件的变形，甚至开裂。

上述性能是互相制约的，如强度高则透气性、退让性差。因此，一般只要求适当的强度、透气性和退让性。

1.2.1.2 型砂的组成

通常型砂是由原砂、黏土和水组成的。有时也加入一些附加物，如煤粉、木屑等。

(1) 原砂。原砂来源于江、河、湖、海或山地。要求原砂中含 SiO_2 量为 85% ~ 97%。原砂根据颗粒形状，可分为圆形、多角形和尖角形。其颗粒大小由标准筛筛分测定。筛号为 6、12、20、30、40、50、70、100、140、170、200、270 等。圆形且颗粒大者耐火性好。

(2) 粘结剂。粘结剂的作用是使砂粒互相结合在一起，使型（芯）砂具有必需的性能。常用的粘结剂是黏土。对型（芯）砂有特殊性能要求时还可以用水玻璃、桐油、干性植物油、树脂等。

(3) 附加物。附加物是为了改善型（芯）砂的性能而加入的材料。例如，加入煤粉能防止铸件粘砂且使铸件表面光洁；加入木屑可改善铸型和型芯的退让性和透气性。

(4) 水。通过水使黏土和原砂混成一体，并具有一定的强度和透气性。水分应适当。水分过多，易使型砂湿度过大，强度低，易粘模；水分过少，型砂则干而脆，造型起模困难。

(5) 涂料。型腔表面耐火性不足会造成铸件表面粘砂等缺陷。常采用在铸型型腔表面上涂刷涂料来避免。铸铁件用石墨粉加黏土水剂，铸钢件常用石英粉加黏土水剂。

1.2.1.3 型砂的配制

常用黏土砂的配方比例大体为：新砂 2% ~ 20%；旧砂 98% ~ 80%；另加黏土 8% ~ 10%；水 4% ~ 8%；煤粉 2% ~ 5%。比例不当会使铸件产生缺陷，成为废品。

型砂性能不仅取决于配比，而且与配砂工艺操作有关。目前工厂均使用混砂机配砂，配好的型（芯）砂须经性能检验合格后方可使用。但对于单件、小批量生产，可以用经验法代替性能检验。

1.2.2 造型方法

造型方法可分为机器造型和手工造型两大类。手工造型法又可根据铸件的尺寸和形状分为整模造型、分模造型、活块造型、挖砂造型和假箱造型、三箱及多箱造型、地坑造型和刮板造型等。

1.2.2.1 整模造型

如果一个铸件所选择的分型面能将该铸件全部安放在一个砂箱内（一般为下砂箱内），造型时又容易起出木模，这类铸件采用整模造型。如图 1-2 所示为法兰盘铸件的

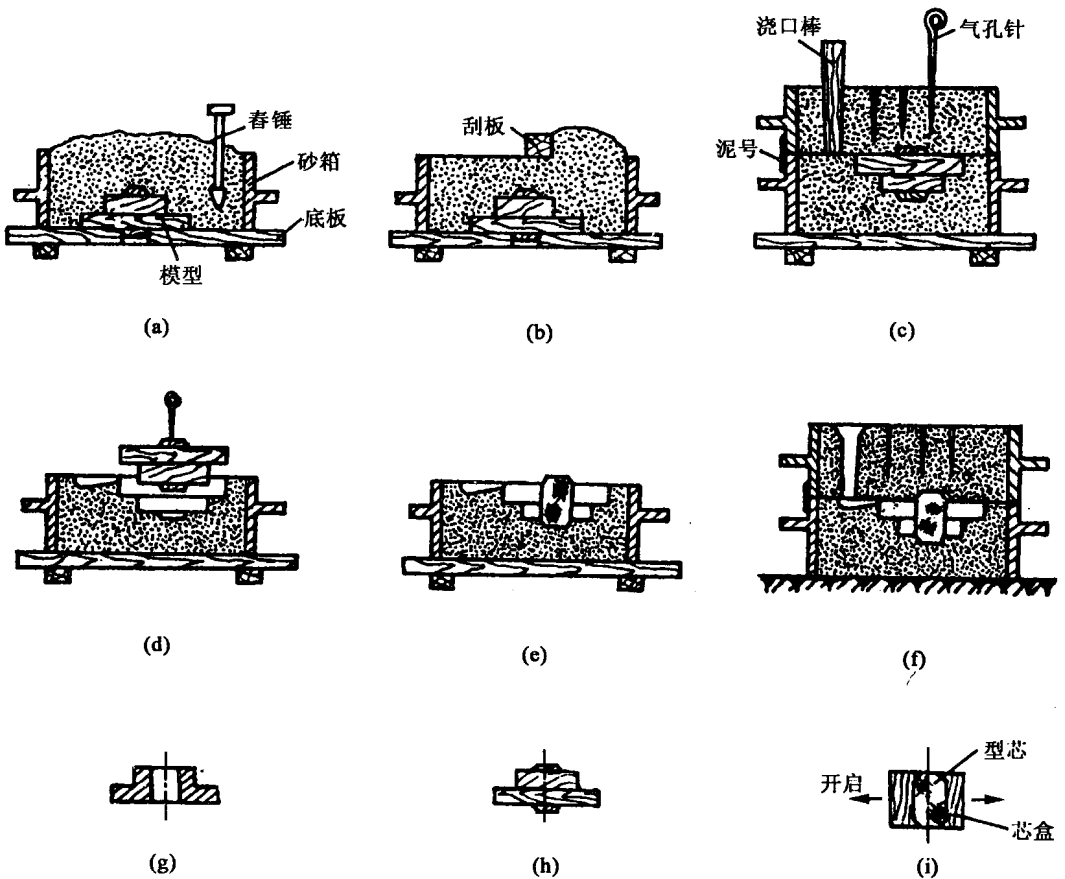


图 1-2 整模二箱造型

(a) 造下型，填砂，春砂；(b) 刮平，翻箱；(c) 翻转下型，造上型，扎气孔；
(d) 敞箱，起模开浇口；(e) 下型芯；(f) 合箱；(g) 零件；(h) 木模；(i) 芯盒

整模造型过程。

将木模擦净后，大端朝下放在平板（底板）上，如图 1-2（a）所示。然后，放上合适的下砂箱，木模应和砂箱内壁、顶部之间保持一定的距离，一般需留出 30 ~ 100 mm 的距离，此距离也称吃砂量。放入型砂，用春锤紧实。型砂应分层加入，每层 50 ~ 70 mm 厚，过多则春不透，砂型强度不足，过少也春不紧，而且浪费工时。

第一次加砂时，须用手或木棒按住木模，以免木模串动。春砂时应用力均匀，注意春锤不要撞到木模上，春锤应均匀地按一定路线运动以保证砂型处处紧实度相同。春得过紧，透气性下降；春得过松，强度不足，容易塌箱。靠近砂箱壁的型砂可适当春紧些，最后加砂要高出砂箱 20 ~ 30 mm，如图 1-2（b）所示。先用春锤的平头春紧，再用刮板（平板）刮去多余的型砂。

将下箱翻转 180°（对于较大的铸型，为避免翻转时型砂脱落，可在砂箱上先盖上一块平板，并与砂箱下面的底板一起夹紧，然后翻转砂箱，翻后再拿走平板）。用埤刀修光分型面，撒上分型砂，使分型砂均匀地覆盖在分型面上。最后，用毛刷扫去木模上的分型砂。

放上上砂箱，且用泥号或砂箱缺口定位后，安放浇口棒在适当位置，仿前述紧砂过程造出上箱，如图 1-2（c）所示。

用通气针扎通气孔数个，气孔之间应有一定的距离。气孔应位于铸件型腔的上方，且不可把通气针扎到木模上，否则会影响气体的排出。然后，轻轻摇动浇口棒并将其拔出，修成漏斗形浇口。

把上砂型敞开，翻转 180°后置于平板上（或地面平滑处），取出下砂箱中的木模。此时需注意，在起模前，用水笔在木模周边的型砂处略微刷点水，其目的在于使这部分型砂具有较高的强度，以防止起模时型砂的崩塌。起模时，应将起模针轻轻敲入模型的中心位置，并使木模向前、后、左、右稍稍松动，以便起出木模，如图 1-2（d）所示。

如果起模不当损坏了型腔，则需用修型工具修补。如果损坏较严重，可把木模重新放入型腔中进行填砂修补，然后，仿前取出木模。

对于大型、复杂和重要的铸件，型腔表面还需刷上涂料（常用石墨粉加黏土水剂）和烘干（称为干型，不需烘干的砂型称为湿型）。烘干是在车间准备的烘干室中进行。

把烘干的型芯经检验后置于砂型内的型芯座中，如图 1-2（e）所示。

用皮老虎吹去型腔中的型砂，依泥号（或定位缺口）扣上上砂箱。用箱夹或压箱铁压紧砂箱，以防浇铸时由于液体的抬箱力把上箱升起，使铸件不合格。合箱后法兰盘铸件的铸型，如图 1-2（f）所示。

由于整模造型的木模全部放在下砂箱中，上砂箱只有浇注系统，所以，能避免铸件产生错箱等缺陷，铸件尺寸精度较高，且木模制造简单，多用于形状简单的铸件造型。

1.2.2.2 分模造型

当铸件用整模造型不方便或不能取出木模时，常常选用分模造型方法。

分模造型法所用模型是分开的，模型的分开面取在模型的外形最大截面处（不一定对称），并用销钉定位。

分模造型的基本方法和整模造型方法相同；所不同的只是用上半模造上箱（整模造

型时，上砂箱因无木模，是一个平箱)。套筒的造型法如图 1-3 所示。

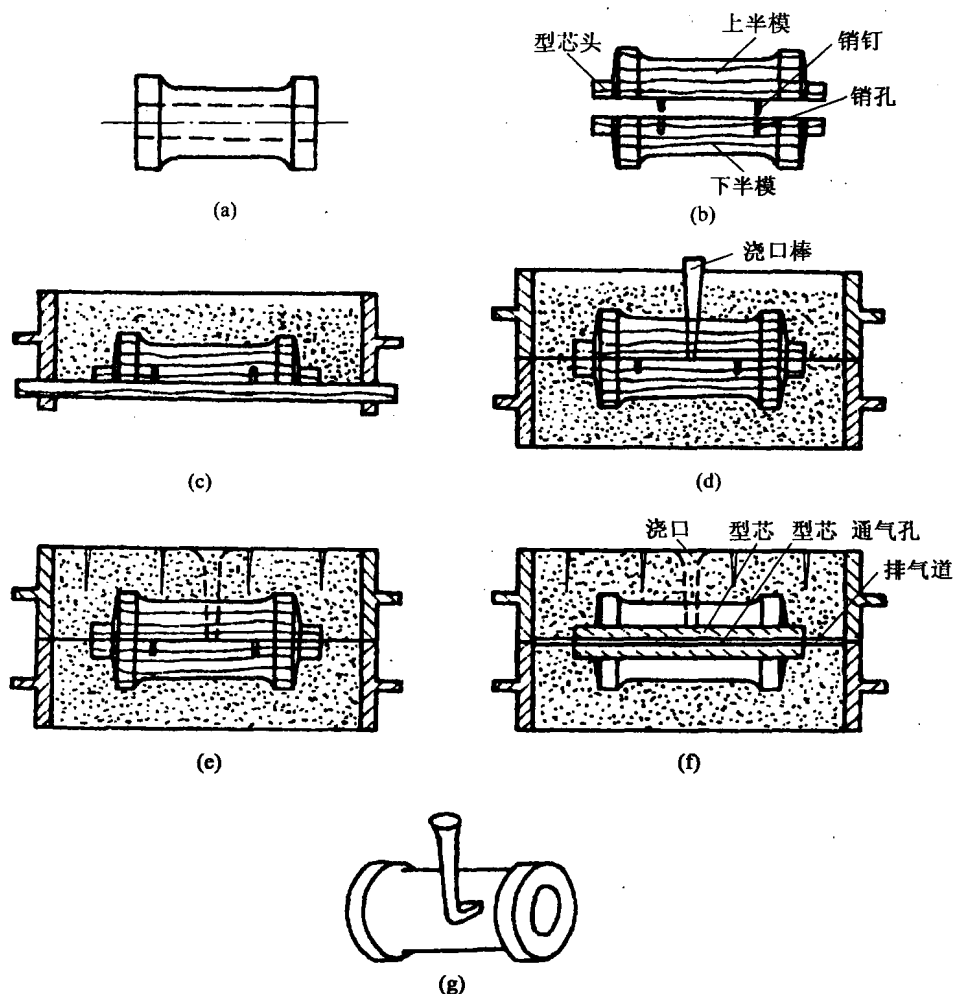


图 1-3 分模造型

(a) 零件；(b) 模型分成两半；(c) 用下半模造下箱；(d) 放好上半模，撒分型砂，放浇口棒造上箱；
(e) 开外浇口，扎通气孔；(f) 起模开内浇口，下型芯，开排气道，准确合箱；(g) 落砂后的铸件

分模造型法操作简便，适用于形状复杂的铸件，特别是有孔的铸件，即带型芯的铸件，如管子、阀体、箱体、壳体、立柱等。

分模造型的分模面总是开在外形最大截面处，一般为平面，但也可以根据铸件形状为曲面、阶梯面等。

1.2.2.3 挖砂造型和假箱造型

有些铸件如手轮等，最大截面不在一端，木模很薄不允许分为两部分的铸件可采用挖砂造型方法。

挖砂造型法是将木模做成整体木模，采用挖去分型面处阻碍起模的型砂。图 1-4 所示为手轮的挖砂造型过程。

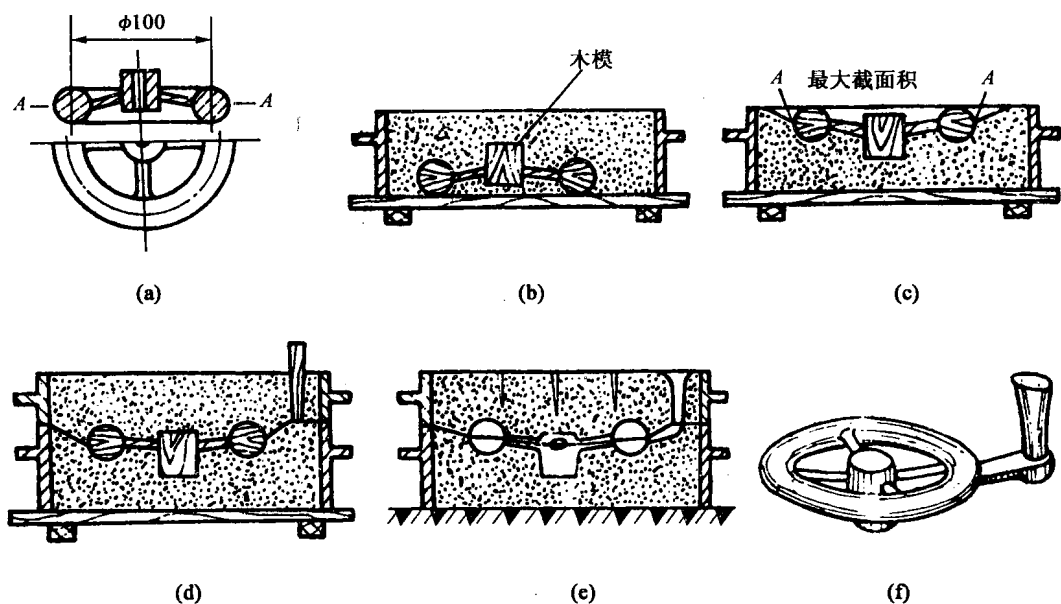


图 1-4 手轮的挖砂造型过程

(a) 零件; (b) 造下型; (c) 翻下型; 挖修分型面; (d) 造上型; (e) 合箱; (f) 带浇口的铸件

挖砂造型的分型面一般是曲面。在挖、修分型面时, 应注意挖砂的位置和木模的最大截面相符合。如图 1-4 中 A-A 线即为最大截面线。同时, 分型面应平整光滑, 坡度尽量减小, 以免上砂箱的吊砂过陡。不阻碍取模的型砂不必去掉。

挖砂造型要求有较高的操作技术, 而且生产率很低, 因此适合于单件生产。如果批量生产, 则考虑用假箱造型法, 如图 1-5 所示。

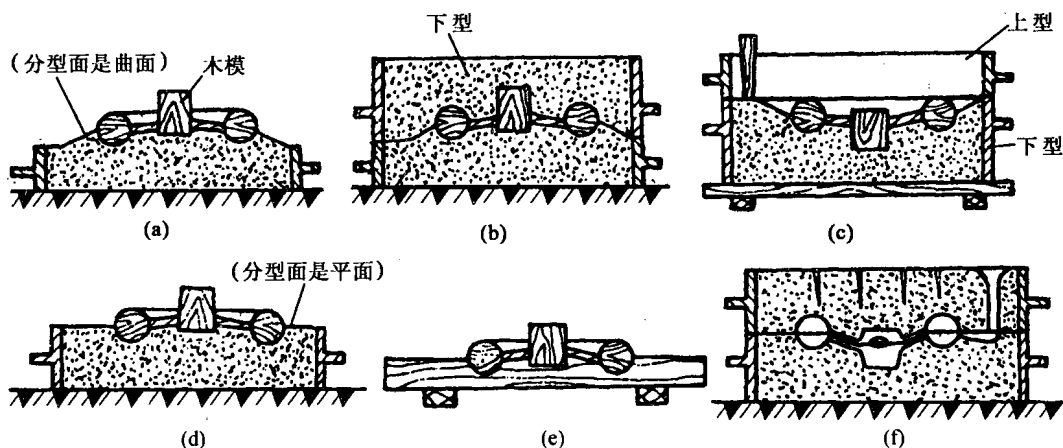


图 1-5 假箱造型和成型底板

(a) 模型放在假箱上; (b) 造下型; (c) 翻转下型, 待造上型;
(d) 假箱; (e) 成型底板; (f) 合箱图

假箱造型法是利用强度较高的型砂首先造出一个假箱（假箱的分型面形状与该铸件铸型的上砂箱在分型面上的形状相同，相当于挖砂造型中的上砂箱）代替平底板，再扣上砂箱造下砂型，然后由下砂型再造上砂型。此时，不必挖砂就可以使木模露出最大截面，假箱只参与造型过程而不参加浇注。

如果是木制的或金属制成的假箱（代替强度较高的型砂），称为成型底板，如图 1-5 所示。成型底板适用于较大批量的生产。

1.2.2.4 活块造型

活块造型是将木模上某些妨碍起模的凸起部分（凸台、筋条等）做成活块。起模时，先起出木模的主体部分，再根据活块在砂型中的位置，用适当的方法取出。

图 1-6 为支架铸件活块造型过程。造型前应检查活块与木模主体配合的松紧程度。

活块连接主体有两种形式，一个是用销钉连接，一种是用燕尾棒连接。无论哪一种方式，都必须保证造型时活块不移动位置，起模时易与木模主体脱开。因此，不得过紧或过松，否则将影响到铸件的质量。

这种方法要求操作技术较高，生产率很低，故一般只适用于单件、小批量生产。

从图中可见，若活块厚度 A 等于或大于 B 则无法取出活块，此时必须更改造型方法。一般是采用型芯来代替活块，效果很好。同时也由于造型变得简单，生产率得以提高，铸件尺寸精度也得到保证。可以满足批量生产，其原理如图 1-7 所示。

1.2.2.5 三箱造型

有些形状较复杂的铸件，往往具有两端截面大而中间截面小的特点，用一个分型面取不出木模。因此，须从小截面处分开模型，铸型有二个分型面，用三个砂箱造型，这种方法称为三箱造型。如图 1-8 所示。

三箱造型的特点是中箱的上、下两面均为分型面，因此要求平整光滑，中箱的高度应与中箱内的模型高度相近，必须采用分模法。

三箱造型比两箱造型多一个分型面，增加了砂箱相互错移的机会，故三箱造型法生产的铸件的尺寸精度较差。

三箱造型方法复杂，生产效率较低，而且不能用机械造型（无法造中箱），只适用于单件生产。如果批量较大时，可以利用型芯将三箱造型改为二箱造型。

1.2.2.6 刮板造型

对于某些尺寸较大且为回转体的铸件，例如：飞轮、手轮、齿轮等是单件或小批量生产时，为了节省木模材料和费用，缩短加工工时，往往采用刮板造型。

刮板是一块和铸型截面形状一致的木板，通常把刮上、下型型腔的截面（绕轴心的回转面）做在一块木板上。如图 1-9 所示。

造型时，将刮板绕固定轴旋转，在砂型中刮出所需要的型腔。

刮板常用马架固定，地面上埋有木桩，将刮板置于其中，必须用水平仪校平以保证轴与分型面垂直。上、下型分别刮好后，为了合箱方便，常常在分型面上分别做出通过轴心的二条互相垂直的直线，且将直线引至箱边上做记号，作为合箱线。

刮制下型时，可以在砂箱中进行，也可以在地面上进行。在地面上制作，可以省去下砂箱，以及降低砂型总高度，有利于浇注（这种方法也称为地坑造型法或地面造型法）。

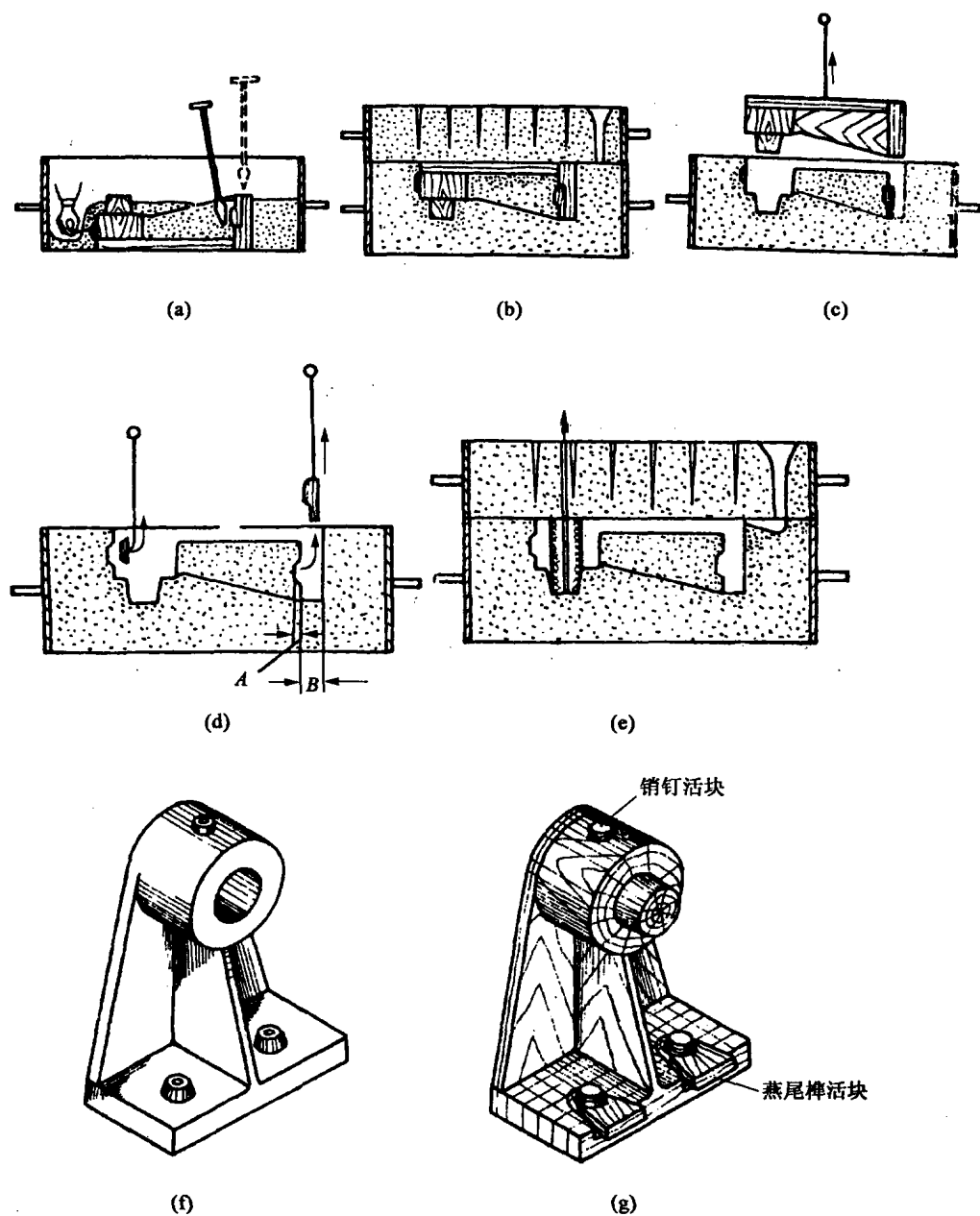


图 1-6 活块造型过程示意图

(a) 放好木模，先将活块附近的砂舂紧，并注意不要舂到活块上，待活块舂紧后，切掉部分砂子将销钉轻轻拔出（切勿忘记），再继续参加砂造型；(b) 翻转下砂箱造上砂型；(c) 開箱，先取出木模主体；(d) 从侧面钩出活块；(e) 开浇口，合箱；(f) 铸件；(g) 木模

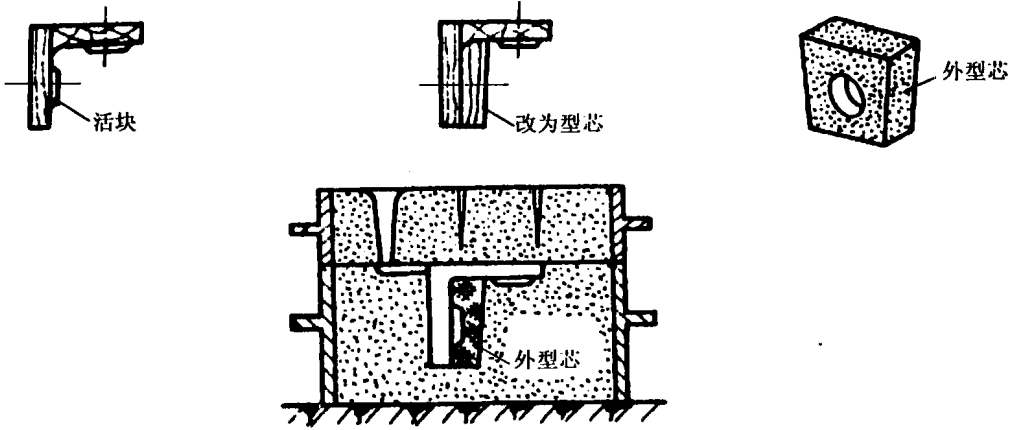


图 1-7 型芯代替活块造型示意图

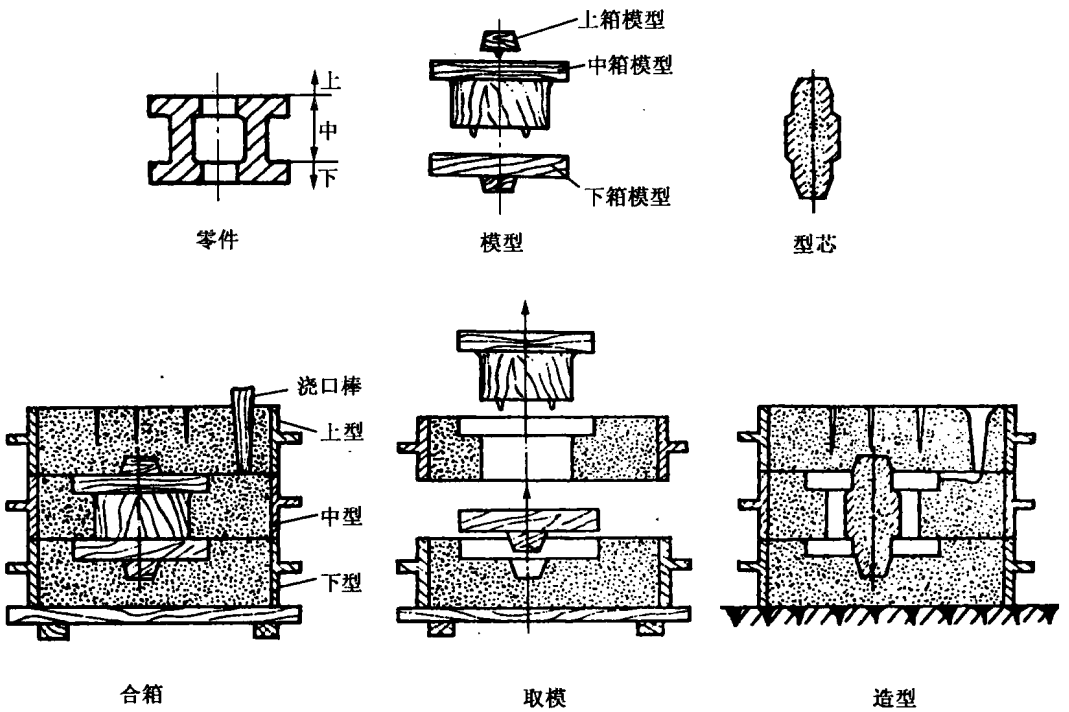


图 1-8 三箱造型示意图

当铸件是截面形状没有变化的管子或管子弯头时，也可以用导向刮板造型，一般有两个导向刮板，一个刮制型芯，一个刮制外型，然后合箱浇注。

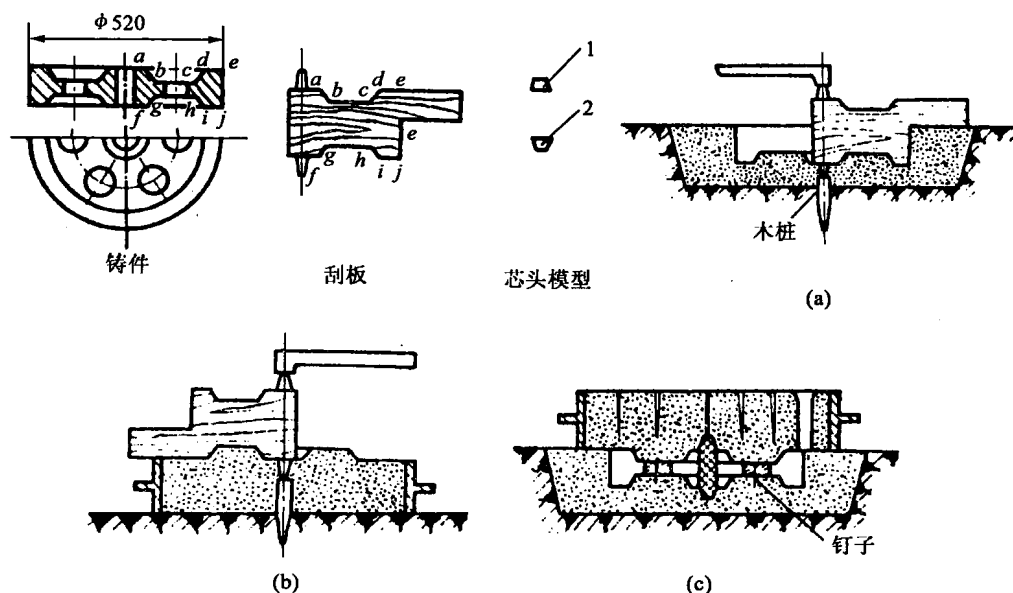


图 1-9 带轮的刮板造型过程

1.2.2.7 机器造型

当铸件成批生产或大量生产时，可以采用机器造型。机器造型不仅能减轻劳动强度，提高生产率，而且铸件的尺寸精度较高，对工人的技术水平要求可以降低，易于掌握，是值得提倡和推广的造型方法。

1.3 造芯方法及浇注系统

1.3.1 型芯的制造

型芯主要用来形成铸件的内腔，有时也用于形成复杂铸件的外形。由于型芯在浇注过程中，不断受到金属液体的冲击和上浮作用，型芯部分或大部分被液态金属所包围，工作条件十分恶劣。因此，型芯砂应比型砂具有更高的耐火性、足够的强度、良好的透气性以及良好的退让性，并应便于从铸件中清理出来。因此，对型芯砂的组成、配制工艺都有较严格的要求。

1.3.1.1 芯砂

一般芯砂可以用黏土砂制作。但黏土量要比型砂高，有时也用活化膨润土；新砂比例要大并加入木屑以增加型芯的退让性和透气性。对于形状复杂、要求较高的砂型芯，可用桐油砂、合脂砂或树脂砂。

常用配方为：

黏土砂：旧砂 70% ~ 80%；新砂 30% ~ 20%；黏土 3% ~ 14%；膨润土 0% ~ 4%；水 7% ~ 10%。

合脂砂：新砂 100%；合脂 2% ~ 5.5%；膨润土 1.5% ~ 5%；水 1% ~ 3%。

1.3.1.2 用型芯盒制型芯的过程

用对开式芯盒制芯的过程如图 1-10 所示。

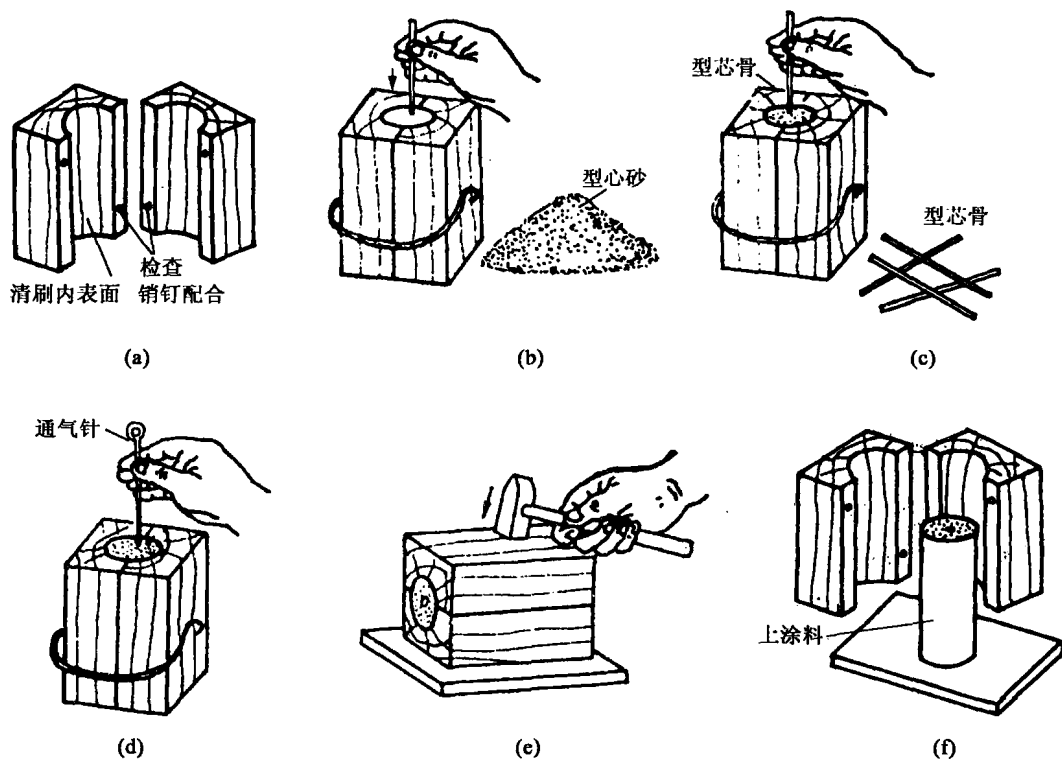


图 1-10 用芯盒造型制芯过程示意图

- (a) 检查型芯盒是否配对；(b) 夹紧两半型芯盒，分次加入型芯砂，分层春紧；
 (b) 插入刷有泥浆水的型芯骨，其位置要适中；(d) 继续填砂春紧、刮平，用通气针扎出通气孔；
 (e) 松开夹子，轻敲型芯盒，使型芯从型芯盒内壁松开；(f) 取出型芯，上涂料

首先检查芯盒，用毛刷将残砂扫净，用手摇晃销钉，看其是否松动，再合起芯盒看外形是否吻合。然后将芯盒用夹子夹紧，置于底板上，加入芯砂，分层春紧，春锤可用细铁棒代替。当加砂到一定厚度时，可在型芯中的适当位置插入型芯骨。型芯骨外部必须刷好泥浆水，以保证芯骨和芯砂的紧固。此后，须填砂继续春紧；刮平后，用通气针扎出通气孔，松开夹子轻轻敲击型芯盒，使型芯和型芯盒内壁脱开。然后，掰开两半芯盒，将型芯放在型芯托板上。

此外，芯盒还有整体式芯盒和可拆式芯盒。整体式芯盒用于制作形状简单的中、小型型芯，可拆式芯盒用于制作形状复杂的中、大型型芯。当用整体式芯盒无法取出型芯时，可将芯盒分成几部分，分别拆去芯盒，取出型芯。

对于圆筒形零件（内径较大者，如弯管等）也可以用刮板代替芯盒刮制型芯。有时