



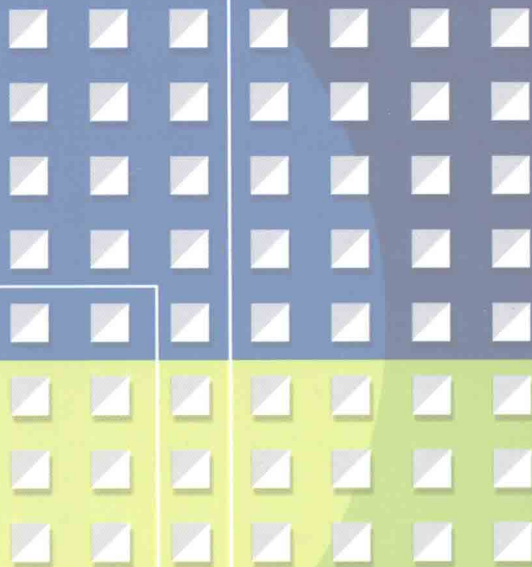
高等学校“十一五”精品规划教材

工程训练教程

主 编 刘天祥

副主编 王黎明 张义峰

GONGCHENG XUNLIAN JIAOCHENG



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校“十一五”精品规划教材

工程训练教程

主 编 刘天祥

副主编 王黎明 张义峰



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是高等学校“十一五”精品规划教材之一。全书共分 11 章及工程训练报告。主要内容包括：铸造、塑性加工、焊接、钢的热处理、钳工、车工、铣工、刨工、磨工、数控加工、特种加工等。在工程训练报告中附有各章复习思考题。语言力求通俗易懂，内容力求精练并结合实际。

本书可供本科或高职、高专的机械类及近机械类专业的学生使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程训练教程/刘天祥主编. —北京：中国水利水电出版社，2009

高等学校“十一五”精品规划教材

ISBN 978 - 7 - 5084 - 6104 - 5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 189410 号

书 名	高等学校“十一五”精品规划教材 工程训练教程
作 者	主编 刘天祥 副主编 王黎明 张义峰
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 11 印张 261 千字
版 次	2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	25.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编写人员名单

主 编 刘天祥

副主编 王黎明 张义峰

编 者 (以姓氏笔画为序)

王黎明 (黑龙江八一农垦大学)

刘天祥 (黑龙江八一农垦大学)

刘 贤 (中国农业大学)

李 莉 (邢台职业技术学院)

孙永厚 (桂林电子科技大学)

张义峰 (黑龙江八一农垦大学)

韩桂华 (哈尔滨理工大学)

主 审 郭占斌

前 言

工程训练是一门实践性很强的技术基础课，它为理工类专业的学生提供至关重要的机械制造工程技能训练。作为工科的学生，毕业后无论是从事机械设计与制造工作，还是从事机械设备的使用与维护工作，只要是与机械设备打交道都需要掌握机械方面的基础知识与基本技能。工程训练是机械制造各主要工种基础性、综合性的工程实践课程，是工科各专业的必修课。

工程训练包含讲授、实习、实验三部分完整内涵，是工艺理论与工艺实践高度集成的课程。通过工程训练教学，使学生能够学习工艺知识、增强工程实践能力、提高综合素质、培养创新精神和创新能力。

为了配合工程训练教学发展，适应新形势下工程训练的要求，进一步加强实践教学，提高教学质量，并使学生在学习和生产实践中得到全面的培养，结合实际教学情况我们编写了此教材。

本书前言、第2章、第3章、工程训练报告由黑龙江八一农垦大学刘天祥编写；第1章、第5章、第7章由黑龙江八一农垦大学王黎明编写；第6章、第10章由黑龙江八一农垦大学张义峰编写；第8章由邢台职业技术学院李莉编写；第9章由桂林电子科技大学孙永厚编写；第4章由哈尔滨理工大学韩桂华编写；第11章由中国农业大学刘贤编写。本书由刘天祥担任主编，王黎明、张义峰担任副主编。全书由刘天祥统稿，黑龙江八一农垦大学郭占斌担任主审。

为了使学生能更好地掌握所学的知识，在书后附有工程训练报告。

由于时间仓促，书中难免有错误和不足之处，恳请广大师生指正，以便我们下次重新编排时修正。

编 者

2008年9月

目 录

前言

第 1 章 铸造	1
1.1 概述	1
1.2 砂型的制造	3
1.3 型芯	8
1.4 金属的熔炼	9
1.5 合型、浇注、落砂、清理和铸件的缺陷分析.....	11
1.6 特种铸造	12
第 2 章 塑性加工	15
2.1 概述	15
2.2 金属的加热	17
2.3 自由锻	18
2.4 胎模锻	25
2.5 冲压	26
第 3 章 焊接	30
3.1 概述	30
3.2 手工电弧焊	31
3.3 气焊	37
3.4 其他焊接方法	43
第 4 章 钢的热处理	47
4.1 概述	47
4.2 钢的热处理工艺	47
4.3 硬度的测定	49
第 5 章 钳工	51
5.1 概述	51
5.2 台虎钳及锉削	51
5.3 锯削、划线及刮削	55
5.4 钻孔、扩孔和铰孔	60

5.5	攻螺纹和套螺纹	63
5.6	装配	65
第6章	车工	68
6.1	概述	68
6.2	车床的型号及六个主要部件	68
6.3	车削加工的切削运动及切削用量三要素	69
6.4	车外圆及车端面	70
6.5	车槽及切断	72
6.6	孔加工	73
6.7	车床常用的夹具和附件及所装夹工件的特点	74
6.8	车螺纹	78
6.9	车锥面、车成形面及滚花	80
6.10	车刀	82
6.11	车床的传动系统	85
6.12	车削加工工艺过程	87
第7章	铣工	90
7.1	概述	90
7.2	铣削运动及铣削要素	90
7.3	铣床及其主要附件	91
7.4	铣床上可以加工的表面	96
7.5	齿轮齿形的加工	98
第8章	刨工	101
8.1	概述	101
8.2	刨削加工的运动、切削用量及刨刀	101
8.3	刨床	102
8.4	牛头刨床的加工范围	103
8.5	插床及龙门刨床	106
第9章	磨工	109
9.1	概述	109
9.2	磨削运动及切削用量	109
9.3	磨床	110
9.4	砂轮	112
第10章	数控加工	114
10.1	概述	114
10.2	数控机床的组成	115

10.3 数控机床的坐标系统	116
10.4 数控机床编程	120
第 11 章 特种加工	124
11.1 概述	124
11.2 电火花及线切割加工	124
工程训练报告	128
参考文献	166

第 1 章 铸 造

1.1 概 述

1.1.1 铸造的概念

铸造是熔炼金属、制造铸型并将熔融金属浇入铸型，熔融金属经凝固后获得一定形状和性能的铸件的方法。

铸造生产方法很多，常分为砂型铸造和特种铸造两大类。

1. 砂型铸造

砂型铸造是用型砂紧实制成铸型生产铸件的铸造方法。砂型铸造的造型材料来源广泛，价格低廉，且适应性强、成本较低。因此，砂型铸造是目前生产中最基本的，而且是用得最多的铸造方法，其生产过程如图 1-1 所示。

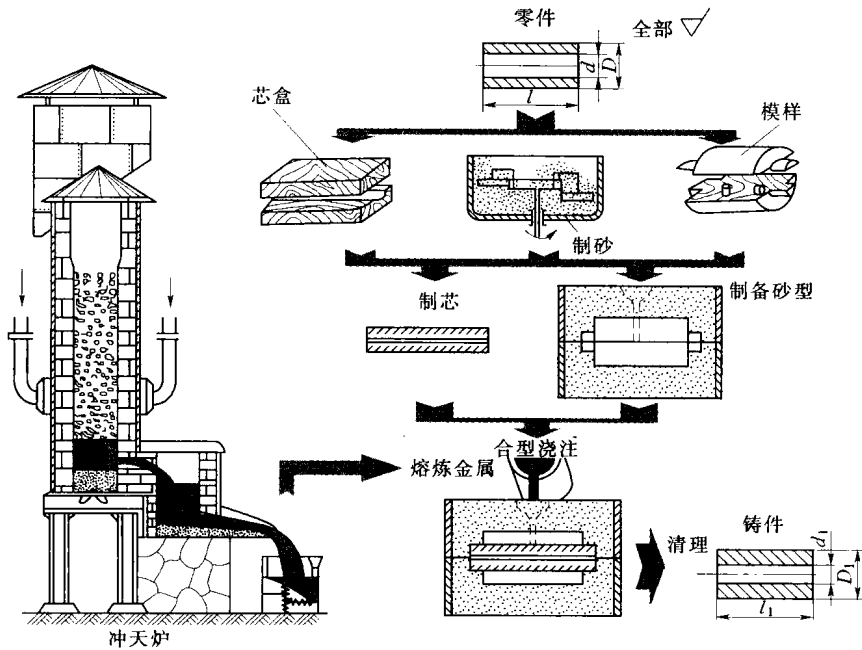


图 1-1 砂型铸造的生产过程

2. 特种铸造

特种铸造是除砂型铸造以外的其他铸造方法，如：熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造和离心铸造等。

1.1.2 铸型的组成

铸型是用金属或其他耐火材料制成的组合整体，是金属液凝固后形成铸件的地方。砂型铸造的典型铸型由上型、下型、浇注系统、型腔、型芯及出气口等部分组成，如图 1-2 所示。

分型面是铸造组元间的结合表面，一般位于模样的最大截面。有了分型面可使铸型分开以便取出模样和安放型芯。

型芯用来获得铸件的內孔或局部外形，是用芯砂或其他材料制成的。

出气孔是用来排出型腔中的气体、浇注时产生的气体以及金属液析出的气体等而设置的沟槽或孔道。

浇注系统是为了将熔融金属填充入型腔而开设于铸型中的一系列通道，通常由浇口盆、直浇道、横浇道和內浇道组成，如图 1-3 所示。

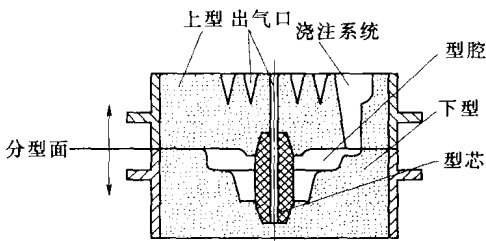


图 1-2 铸型的组成

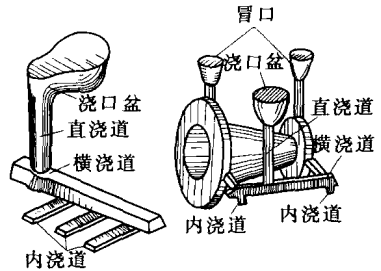


图 1-3 浇注系统的组成

1. 浇口盆（外浇口）

浇口盆单独制造或直接在铸型中形成，成为直浇道顶部的扩大部分。它的作用是承接从浇包倒出来的熔融金属、减轻液流的冲击并使熔融金属平稳地流入直浇道。

2. 直浇道

直浇道是浇注系统中的垂直通道，通常带有一定的锥度。利用直浇道的高度产生一定的静压力，使金属产生充型压力。直浇道高度越高，产生的充型压力越大，熔融金属流入型腔的速度越快，就越容易充满型腔的细薄部分。

3. 横浇道

横浇道是浇注系统中的水平通道部分，断面多为梯形。它的作用是分配熔融金属，使之平稳流入內浇道并起挡渣作用。

4. 內浇道

內浇道是浇注系统中引导熔融金属流入型腔的部分，其断面多为扁梯形或三角形。它的作用是控制熔融金属流入型腔的方向和速度、调节铸件各部分的温度分布。因此，內浇道的形状、位置和数目以及导入液流的方向，是决定铸件质量的关键之一。

1.2 砂型的制造

1.2.1 砂型的性能要求和组成

型砂是按一定比例配成的造型材料，是制造砂型铸造用铸型的主要材料之一。

1. 对型砂的性能要求

为了保证造型的顺利进行及获得合格的铸件，型砂应具备如下主要性能：

(1) 可塑性。型砂在外力作用下变形，除去外力后能保持外力所赋予的的形状的能力称为可塑性。可塑性好，便于制造形状复杂、型腔轮廓清晰的砂型，起模也容易。

(2) 强度。型砂抵抗外力破坏的能力，称为强度。若强度不足，易引起塌箱和型腔表面被破坏，造成铸件产生砂眼、不成形等缺陷；若强度太高，会使型砂其他性能变坏和阻碍铸件的收缩，使铸件产生内应力，甚至开裂。因此，强度要适中。

(3) 透气性。紧实后的砂样在标准条件下和单位时间内通过单位体积的气体量，称为透气性。当铸型中的气体不能排出时，会使铸件产生浇不足、气孔等缺陷。

(4) 耐火性。型砂能经受高温热作用的能力，称为耐火性。型砂的耐火性好，铸件不易产生粘砂缺陷。一般情况下要求原砂中 SiO_2 含量应高。

(5) 退让性。铸件冷凝收缩时，型砂可被压缩的能力，称为退让性。若型砂的退让性差，则铸件易产生内应力或开裂。型砂越紧实，退让性越差。

此外，还要求型砂有较好的流动性、溃散性和耐用性等。

2. 型砂的组成

为了满足型砂的性能要求，型砂一般由原砂、粘结剂、水及附加物按一定比例混制而成。

原砂是型砂的主体，它的主要成分是石英，石英含量为 85%~97%。原砂的颗粒形状、大小、均匀程度和 SiO_2 含量的多少，对型砂的性能影响很大。

粘结剂是能使砂粒相互粘结的物质，如粘土、膨润土、矿物质、合脂和树脂等。不同的粘结剂可以配制性能不同的型砂。由于粘土、膨润土价格低廉，所以应用最广。型砂结构如图 1-4 所示。

型砂中常加入的附加物有煤粉、木屑等。煤粉在高温熔融金属作用下燃烧形成气膜，隔离熔融金属与铸型型腔直接作用，使铸件表面光洁，防止铸件粘砂；加入木屑能改善型砂的透气性和退让性。

3. 混砂

混砂是将原砂、粘结剂、附加物和水混制成型砂的过程，其目的是将型砂各组成成分混合均匀、使粘结剂均匀分布在砂粒表面。

混砂的过程是：按配方加入新砂、旧砂、粘结剂和附加物，先干混 2~3min，再加入水湿混 5~12min，性能符合要求后出砂。使用该型砂前要过筛并使其松散。如图 1-5 所示为轆轮式混砂机，其混砂质量较好，但生产率不高。

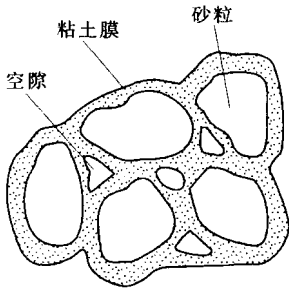


图 1-4 型砂的结构示意图

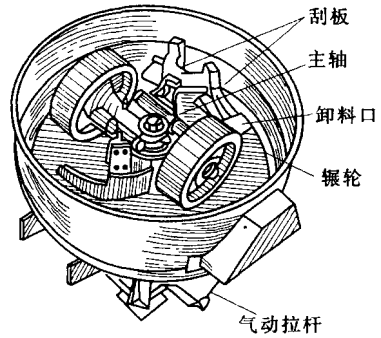


图 1-5 辗轮式混砂机示意图

1.2.2 手工造型方法

1. 整模两箱造型

当零件的最大截面在端部，并选它作为分型面，然后用整体模样进行造型的方法，如图 1-6 所示。

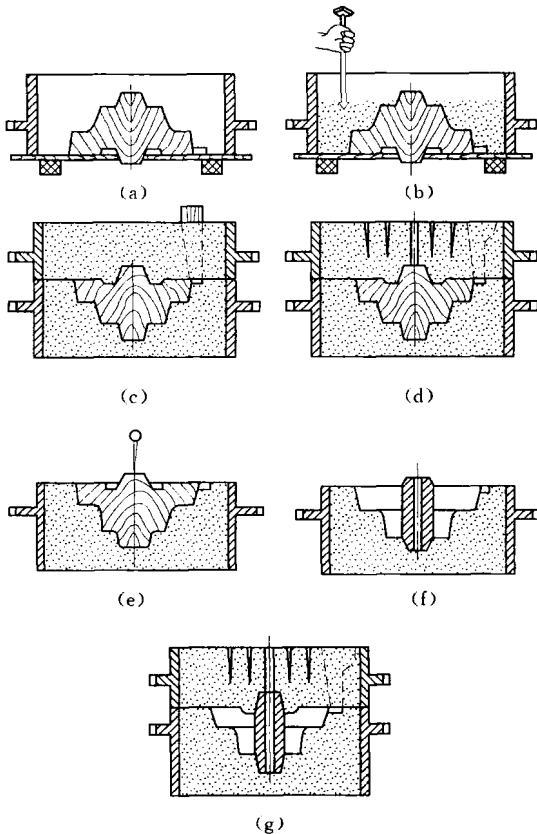


图 1-6 整模两箱造型

(a) 放好模样；(b) 造下型；(c) 造上型；(d) 开浇注口、扎通气孔；(e) 起出模样；(f) 安放好芯子；(g) 合型

整模造型的型腔全在一个砂箱里，能避免错型等缺陷，因而铸件形状、尺寸精度较高。模样制造和造型都较简单，多用于形状简单的铸件的生产。

2. 分模造型

当铸件不适宜用整模造型时，通常以最大截面为分型面，把模样分成两半，采用分模两箱造型，也可将模样分成几部分，采用分模多箱造型。

套管的分模两箱造型过程，如图 1-7 所示。这种造型方法简单、应用较广。分模造型时，若砂箱定位不准、夹持不牢，则易产生错型，影响铸件精度；铸件沿分型面还会产生披缝，影响铸件表面质量，清理也费时。

受铸件的形状限制或为了满足一定的技术要求，不宜用分模两箱造型时，可选用分模多箱造型，如图 1-8 所示。由于槽轮铸件中间截面比上下小，用一个分型面造型不能起出模样，所以可在铸件上取两个分型面，进行三箱造型。但分模三箱造型过程较繁，生产率较低，易产生错型缺陷，只适用于单件、小批量生产。在成批

大量生产中，可用外带型芯的两箱造型代替三箱造型，如图 1-9 所示。

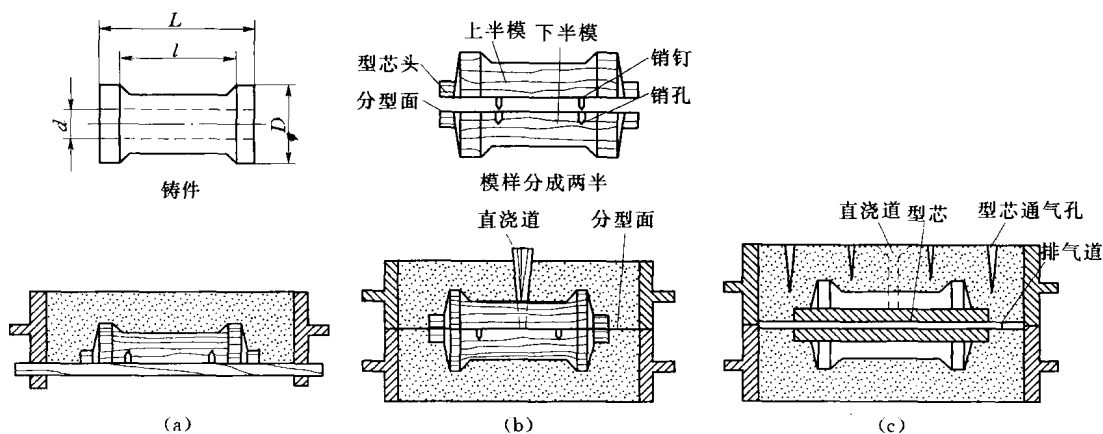


图 1-7 分模两箱造型

(a) 用下半模造下型；(b) 用上半模造上型；(c) 起模、放型芯、合型

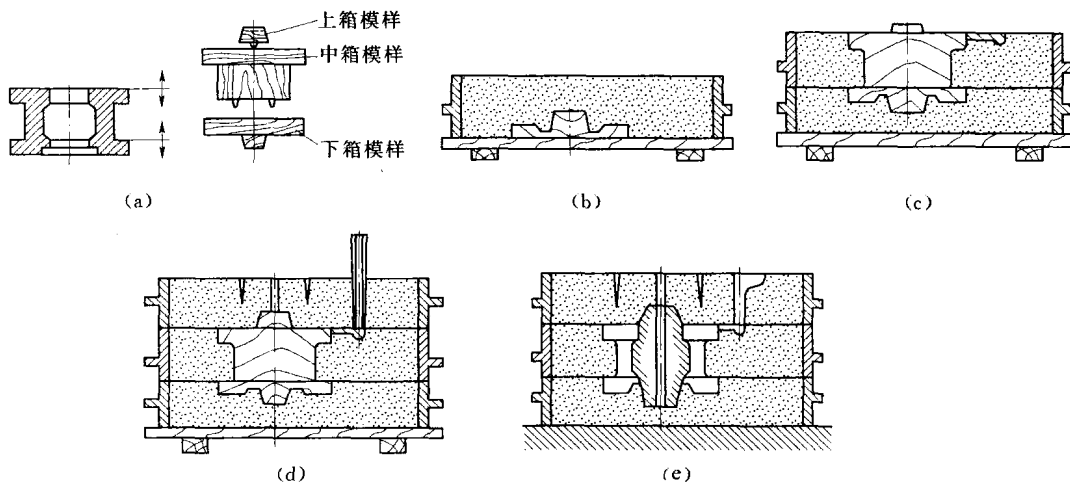


图 1-8 分模三箱造型

(a) 铸件；(b) 造下型；(c) 造中型；(d) 造上型；(e) 起模、放型芯、合型

3. 挖砂造型及假箱造型

若铸件的最大截面不在端部，模样又不便分开时，常将模样做成整体的，造型中将妨碍起模的型砂挖掉，以便起模。如图 1-10 中所示的手轮，分型面不平，轮辐处又较薄，不能将模样分成两半，因而可采用挖砂造型。

挖砂造型要求准确挖至模样的最大截面处，较难掌握，要求工人的操作技术水平较高，而且生产率低，只

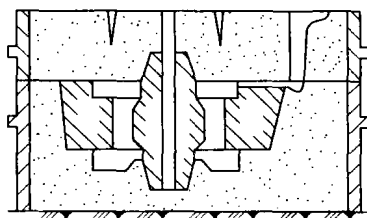


图 1-9 改用外型芯的两箱造型方法

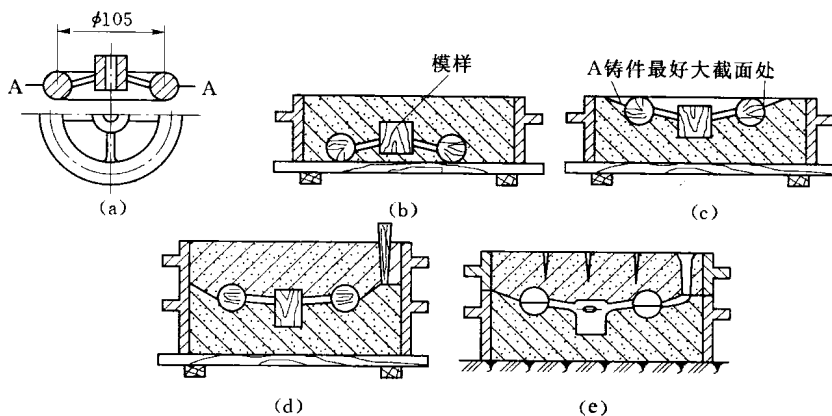


图 1-10 挖砂造型

(a) 手轮零件；(b) 造下箱；(c) 翻转下箱、修挖分型面；(d) 造上箱；(e) 合箱

适于单件、小批量生产。成批生产时，采用假箱造型或成型模板造型来代替挖砂造型，如图 1-11 和图 1-12 所示。假箱不参与合箱浇注，只用来造下型。当生产数量更多时，用图 1-12 所示的成型模板代替假箱，生产率和质量就会更高。

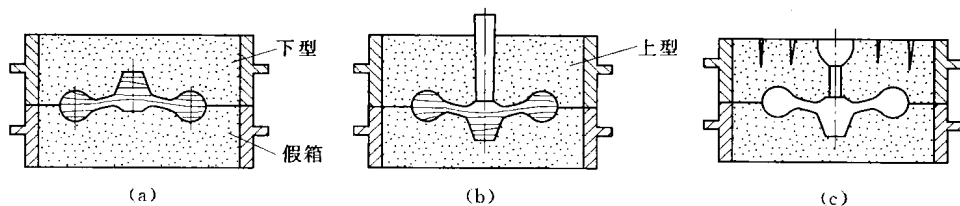


图 1-11 假箱造型

(a) 在假箱上造下型；(b) 造上型；(c) 起模、合型

4. 活块模造型

铸件上有凸起部分妨碍起模时，可将局部影响起模的凸台做成活块。造型起模时，先起出主体模样，再用适当方法起出活块模，其造型过程如图 1-13 所示。

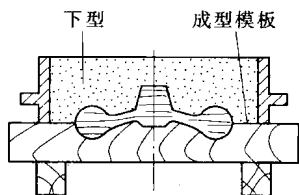


图 1-12 成型模板

活块模造型的操作难度较大，对工人的操作技术要求较高，生产率低，只适用于单件、小批量生产。若成批生产时，可用外加型芯取代活块，使造型容易，如图 1-14 所示。

5. 刮板造型

刮板造型是利用与零件截面形状相适应的特制刮板代替模样进行造型的方法。对于回转体类的铸件，常用绕垂直轴旋转的刮板，如图 1-15 所示。

按铸件尺寸选好砂箱，并适当紧实一部分型砂，使刮板轴能定位且转动自如。用下型刮板刮制下型，用上型刮板刮制上型，合型后便制得铸型。刮板造型能节省模样材料和模样加工工时，但造型操作费时、生产率较低，多适于单件、小批量生产，尤其是大型回转体铸件的生产。

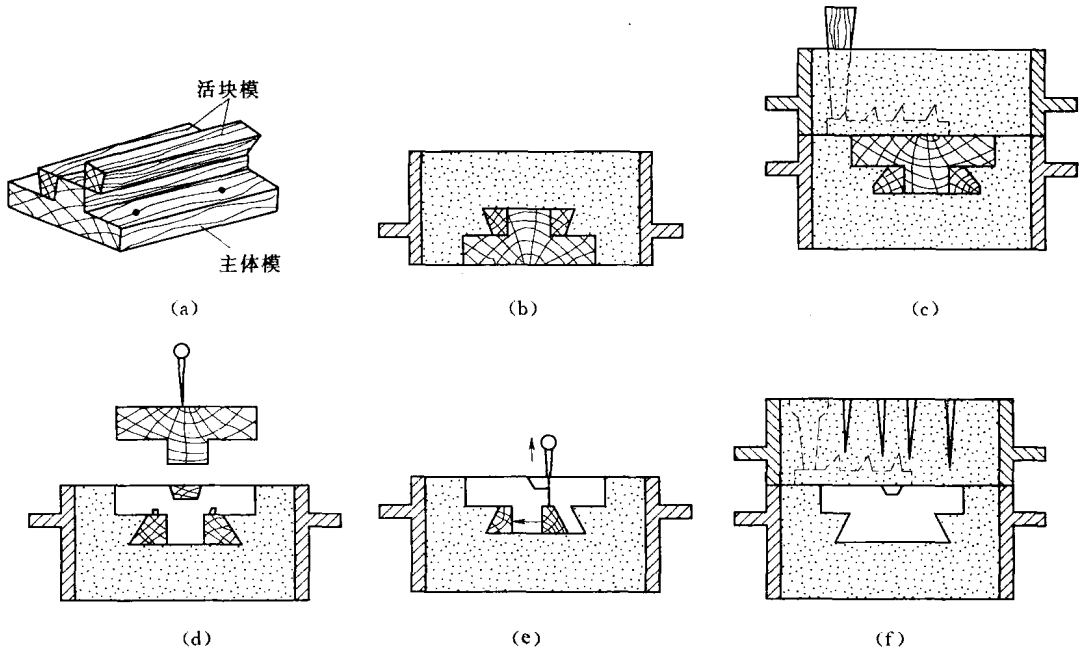


图 1-13 活块模造型

(a) 拖板模样；(b) 造下型；(c) 造上型；(d) 起出主体模样；
(e) 起出活块模样及内浇道模样；(f) 合型

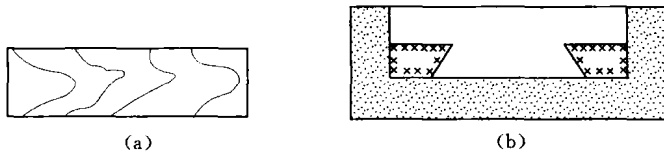


图 1-14 改用外型芯造型

(a) 长方形模样；(b) 放型芯

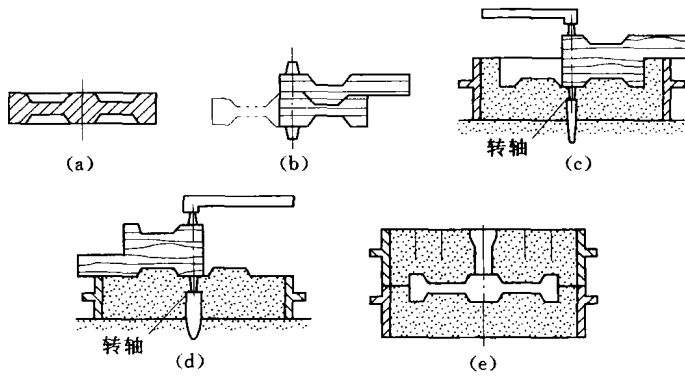


图 1-15 刮板造型

(a) 带轮铸件；(b) 刮板；(c) 刮制下型；(d) 刮制上型；(e) 合型

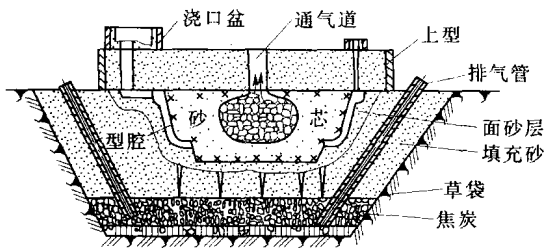


图 1-16 地坑造型

6. 地坑造型

地坑造型是在地面挖一个砂坑代替下砂箱进行造型的方法，如图 1-16 所示。将模样放入地坑中填砂造型。地坑造型主要用于大、中型铸件的单件、小批量生产。铸造大件时，常用焦炭垫底，再插入管子，以便将气体排出。

1.3 型 芯

1.3.1 芯砂

芯砂是按一定比例配合的造型材料。型芯是经过混制并符合造芯要求的混合料。由于铸件在成形过程中，型芯的工作条件较恶劣，故芯砂的性能要比型砂高，同时也要求芯砂易从铸件中取出，即芯砂的出砂性要好。

对于一般的型芯，可用粘土砂制做；对于形状较复杂、要求较高的型芯，应采用油砂、合脂砂或树脂砂等材料来制做。

1.3.2 型芯的构成

为了保证型芯的性能要求，在型芯中，除型芯的主体外，还有下列部分：

(1) 芯骨。砂芯中应放入芯骨以提高强度。小型芯的芯骨可用铁丝做，中型、大型芯的芯骨要用铸铁铸成（图 1-17）。

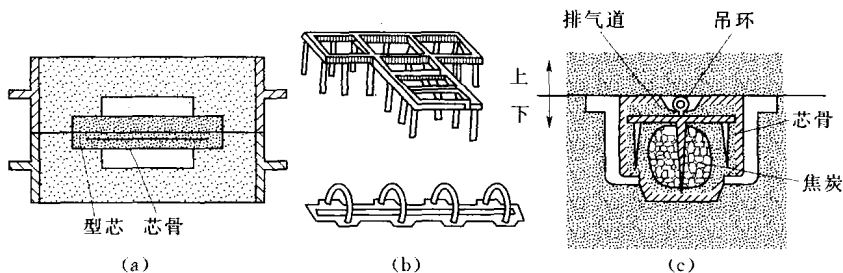


图 1-17 芯骨

(a) 铁丝芯骨；(b) 铸件芯骨；(c) 带吊环的芯骨

(2) 通气孔。开通气孔的目的是，在浇注时能顺利而迅速地排成型芯中的气体。形状简单的型芯，用气孔针扎出排气孔；形状复杂的型芯，可在两半型芯上挖出通气槽（图 1-18）或在其中埋入蜡线（图 1-19），型芯烘干时蜡线融化形成排气孔。

(3) 型芯头。型芯上与熔融金属不接触的部分称为型芯头，它起定位、固定和通气的作用。

芯头按其固定方式可分为垂直式、水平式和特殊式（如悬臂芯、吊芯等）几种

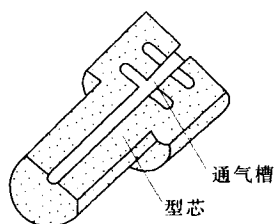


图 1-18 挖通气槽

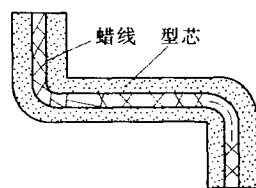


图 1-19 埋蜡线做通气孔

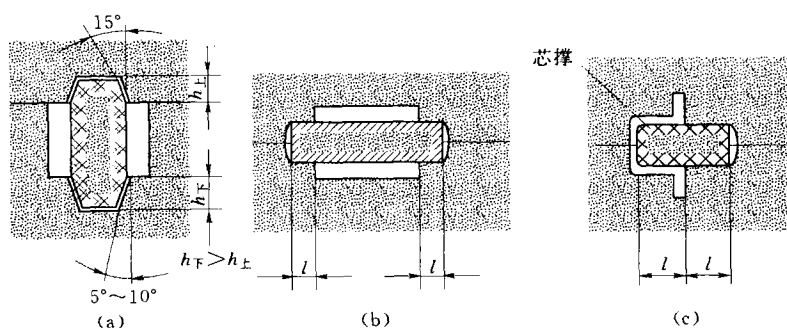


图 1-20 型芯的固定方式

(a) 垂直式；(b) 水平式；(c) 特殊式（悬臂芯头）

(图 1-20)，其中垂直式和水平式定位方便可靠、应用最多。

1.3.3 制芯

型芯一般是用芯盒制成。芯盒的空腔形状和铸件的内腔相适应。根据芯盒的结构，制芯方法可分为三种，即整体芯盒制作型芯，适用于制造形状简单的中型、小型芯；对开式芯盒，适用于制造圆形截面的较复杂的型芯；可拆式芯盒，适用于制造形状复杂的中型、大型芯。

1.4 金属的熔炼

金属熔炼的质量对能否获得优质的铸件有着重要影响，熔炼的目的是要获得预定成分和温度的熔融金属，并尽量减少其中的气体和夹杂物。

1.4.1 铸铁的熔炼

在铸造生产中，铸铁常用冲天炉熔炼，冲天炉构造如图 1-21 所示。冲天炉熔炼铸铁的炉料包括金属料（如生铁、回炉料、废钢和铁合金等）、燃料（主要是焦炭）和熔剂（石灰石、氟石等）。冲天炉熔炼铸铁比较简单、方便，生产率高而且成本低，但铁液质量不稳定、工作环境差。随着电力工业的发展，用工频（或中频）感应电炉化铁将得到越来越多的应用。