



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国大学出版社优秀畅销书

# 金工实习教材

JINGONG SHIXI JIAOCAI

(第2版)

主 编 萧泽新  
副主编 陈 宁 欧笛声  
主 审 刘友和

华南理工大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国大学出版社优秀畅销书

# 金工实习教材

(第2版)

主 编 萧泽新

副主编 陈 宁 欧笛声

主 审 刘友和

参 编 (按姓氏笔画)

冯树强 朱上秀 伍世荣

宋世柳 袁 斌 徐永礼

梁 柱 黄 玫 黎 传

华南理工大学出版社

·广州·

## 内 容 提 要

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。

全书分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.—2版.—广州:华南理工大学出版社,2009.1  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-5623-2990-9

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(2008)第208943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)  
营销部电话:020-87113487 87110964 87111048(传真)  
E-mail:z2cb@scut.edu.cn http://www.scutpress.com.cn

责任编辑:毛润政

印刷者:广州市穗彩印厂

开本:787mm×960mm 1/16 印张:11.75 字数:237千

版次:2009年1月第2版 2009年1月第10次印刷

印数:36 001~42 000册

定价:19.00元

版权所有 盗版必究

# 序

萧泽新教授主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《金工实习教材》(第2版),经过努力而细致的工作,很快就要和读者见面了。

该教材是在《金工实习教材》(第1版)的基础上修订而成的。第1版教材自2004年8月出版以来,被众多高校选作金工实习教材,共印刷9次,累计发行36000册。该教材获得“第七届全国大学出版社优秀畅销书二等奖”和“广西第二届高校优秀教材二等奖”。该教材的第2版认真贯彻了教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组的课程教学基本要求,吸纳了广西高等学校实践教学改革的成果,注重培养学生的工程实践能力、工程素质和创新精神,体现了我国高等理工科院校工程实践教学的改革思想。

在内容选择上,该教材除了注意保留常用的常规技术训练外,还注重数控加工技术、特种加工技术等现代制造技术的普及与应用;增加了“工艺实训”案例,有利于提高学生分析、比较和解决综合性工艺问题的能力;书中专列一章介绍生产安全和劳动保护,有助于培养学生的安全意识和工程素养。

《金工实习教材》(第2版)除了传承了原版的优点和特色外,作者还把自己在金工实习中得到应用的科研成果充实到教材的相关章节中,使教材更具先进性、实用性和可操作性,此举是值得称道的。

教材建设是课程内容和体系改革的重要环节,教学效果的好坏、教学质量的高低,与所用教材的质量有很大的关系。总体来

说，该教材立意较新，文字简练明快，图文相得益彰，是一本值得向国内同仁推荐的好教材。是为序。

教育部机械基础课程教学指导分委员会副主任委员

清华大学基础工业训练中心主任、教授 傅水根

2008年12月

# 第 1 版前言

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

## 第2版前言

《金工实习教材》自2004年8月出版以来，被全国众多高校采用，已进行了第9次印刷，发行量三万六千多册。该教材曾获“第七届全国大学出版社优秀畅销书二等奖”、“广西第二届高校优秀教材二等奖”。2007年，该书又被评为“普通高等教育十一五国家级规划教材。”

正值我校机电综合工程训练中心被评为“国家级实验教学示范中心建设单位”之际，《金工实习教材》（第2版）正式与读者见面了。《金工实习教材》（第2版）旨在传承并发扬原版“简明扼要，重点突出；优化传统，重在创新；贴近实际，重在实用”的鲜明特色。第2版除保留原版主要内容之外，在下述方面有所增改，现予以说明：

1. 把主编主持的科研成果“表干型保温冒口的研制与应用”和“应力断料方法的微细观损伤断裂机理与工程新应用研究”（广西科学基金项目，验收后于2007年评为优秀）在金工实习中的应用实践，分别写入第1章第5节和第5章第5节，以进一步增强教材的先进性、实用性和可操作性。

2. 鉴于原版第9章作者梧州学院的陈冠周教授已去世，由桂林电子科技大学陈宁重新编写第9章，其余各章撰写人员还是原班人马，陈宁副主编协助主编统纂全书。

特别感谢全国名师、教育部工科基础课程教学指导分委员会副主任、清华大学基础工业训练中心主任傅水根教授为本书作序。

感谢中南地区港澳特区金工研究会荣誉理事长、华南理工大学



工程训练中心原主任刘友和教授审阅全书。

研究生曹杰和肖冉对改版中变动内容的录入和插图绘制给予了很大帮助，在此一并致谢。

萧泽新

于桂林电子科技大学

2008年11月

# 目 录

<b>第 1 章 铸造</b> .....	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.....	13
1.4 特种铸造.....	20
1.5 表干型保温冒口在金工实习中的应用.....	24
<b>第 2 章 压力加工</b> .....	27
2.1 锻造生产过程.....	27
2.2 自由锻造.....	28
2.3 板料冲压.....	34
<b>第 3 章 焊接</b> .....	37
3.1 手弧焊.....	38
3.2 其他焊接方法.....	42
3.3 焊接质量及分析.....	47
<b>第 4 章 金属热处理</b> .....	50
4.1 热处理常用设备.....	50
4.2 热处理工艺.....	53
4.3 热处理基本工艺规程.....	55
<b>第 5 章 机械切削加工</b> .....	57
5.1 车削加工.....	57
5.2 铣削加工.....	81
5.3 刨削加工.....	93
5.4 磨削加工.....	98
5.5 金工实习下料工序改革——应力断料工艺的应用 .....	103
<b>第 6 章 钳工</b> .....	109
6.1 划线 .....	109
6.2 锯割 .....	114
6.3 锉削 .....	118
6.4 钻孔、扩孔与铰孔 .....	123
6.5 攻螺纹与套螺纹 .....	128

6.6 装配 .....	131
<b>第7章 现代加工技术</b> .....	<b>134</b>
7.1 电火花加工 .....	135
7.2 激光加工 .....	137
7.3 数控加工 .....	140
7.4 快速原形制造 .....	149
<b>第8章 “工艺实训”实习方式及案例选</b> .....	<b>155</b>
8.1 “工艺实训”实习方式概述 .....	155
8.2 “工艺实训”实习方式的运作实践 .....	156
8.3 “工艺实训”实习方式案例选 .....	157
<b>第9章 金工实习中的劳动保护</b> .....	<b>167</b>
9.1 劳动保护 .....	167
9.2 金工实习中的劳动保护 .....	168
<b>参考文献</b> .....	<b>176</b>

# 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。

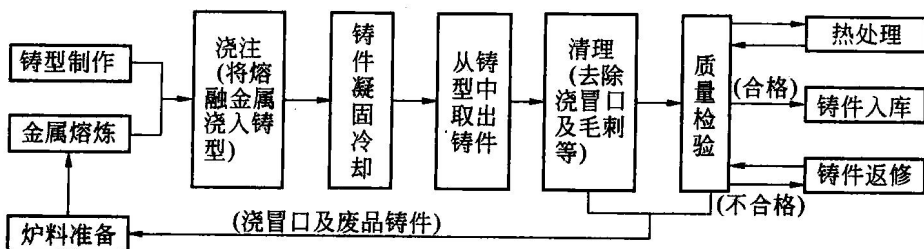


图 1-1 铸造生产常规工艺流程

### 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。

#### 1.1.1.1 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。

#### 1.1.1.2 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具有决定性影响。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(见图 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,减小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、

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

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。

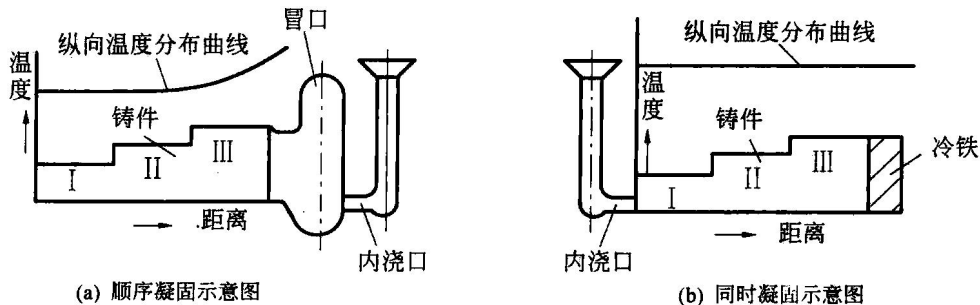


图 1-2 顺序凝固与同时凝固示意图

#### 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。

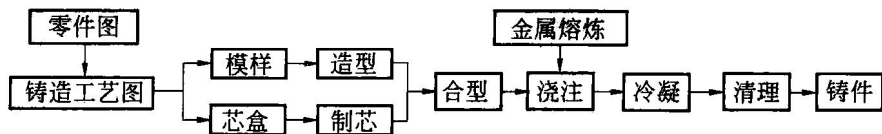


图 1-3 砂型铸造工艺

### 1.2.1 铸型的制作

#### 1.2.1.1 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）。

### 1.2.1.2 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

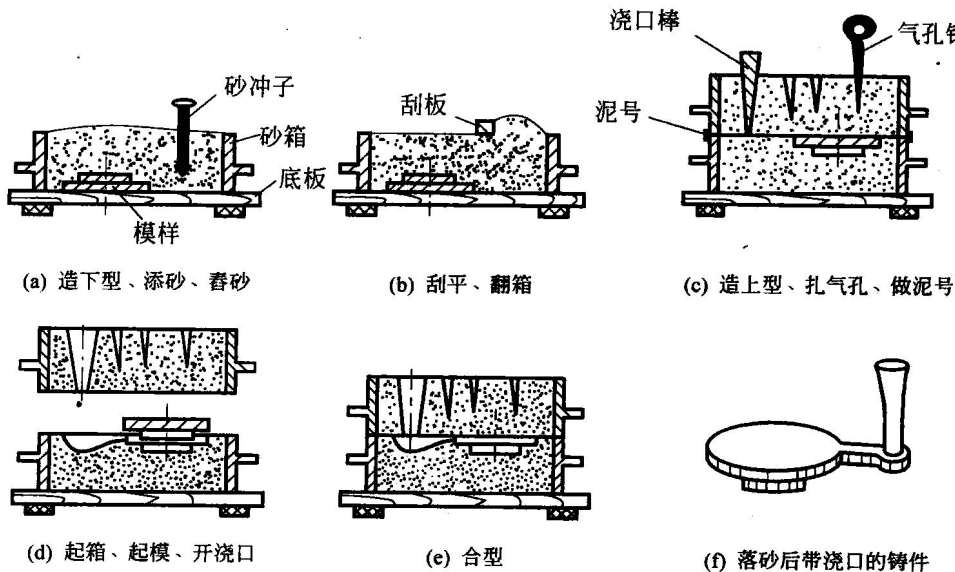


图 1-4 整模造型过程

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。

(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。

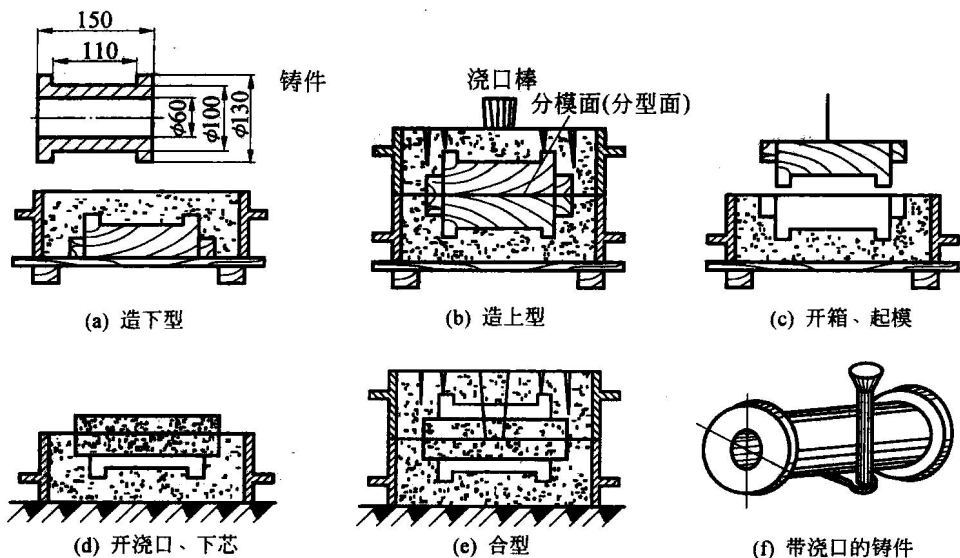


图 1-5 带法兰的套筒分模造型过程

(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，这种方法称为活块造型。用钉子连接的活块造型时（见图 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。



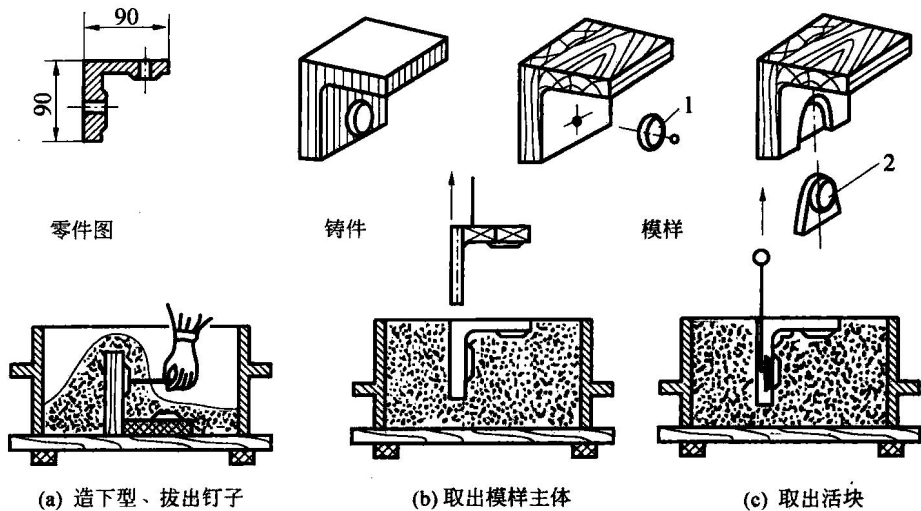


图 1-6 活块造型  
1—用钉子连接活块；2—用燕尾连接活块

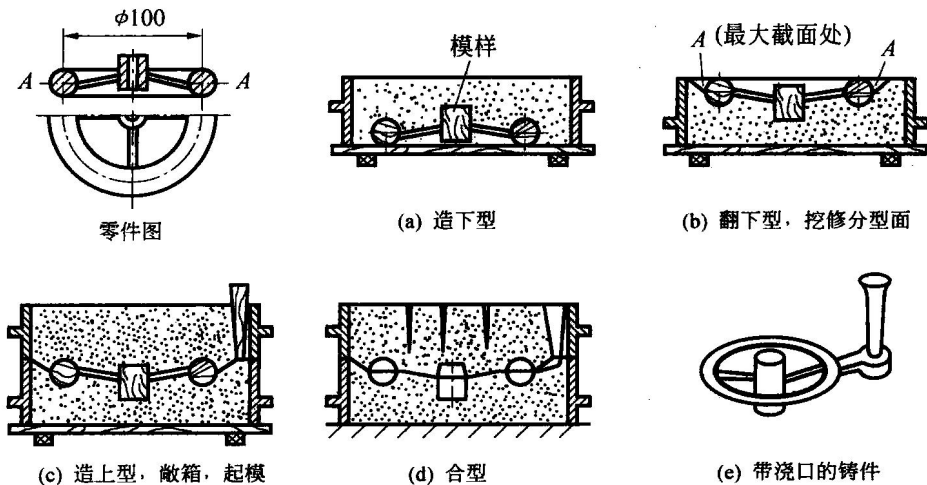


图 1-7 手轮的挖砂造型过程

(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。

(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。