



高等学校机械设计制造及自动化专业“十一五”规划教材



工程实践训练

主编 周桂莲 付 平 李镇江
主审 张 明



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机械设计制造及自动化专业“十一五”规划教材

工程实践训练

主编	周桂莲	付平	李镇江	
参编	侯俊英	赵海霞	吴俊飞	马伯江
	曹同坤	李向荣	李祥福	高进
	周坚强	刘春廷	孔令兵	姜元志
	孙海迎			
主审	张明			

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书是根据新世纪人才培养目标、新的国家标准和教育部机械基础课程教学指导分委员会有关《重点高等工科院校金属工艺学系列课程改革指南》的精神,结合国内各高等院校工程实践训练教学改革的经验而编写的。

本书取材新颖、联系实际、结构紧凑、文字简练、基本概念清晰、重点突出,有利于提高学生的实践技能和工程素质。全书共12章,内容包括铸造、锻压、焊接、热处理、钳工、机械加工(包括车削、铣削、刨削、磨削、镗削和拉削)、特种加工和数控加工的基本知识、各种成形方法、加工方法以及新技术、新工艺等,并介绍了常用的设备和工具。

本书可作为高等工科院校近机类、非机类专业学生在“工程实践训练”课程中的教学用书,也可作为高职高专、广播电视大学、职工大学相关专业师生及有关领域的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程实践训练 / 周桂莲, 付平, 李镇江主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.8

(高等学校机械设计制造及自动化专业“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-5606-1880-7

I. 工… II. ①周… ②付… ③李… 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(2007)第 099880 号

策 划 毛红兵

责任编辑 南 景 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 12

字 数 274千字

印 数 1~4000册

定 价 16.00元

ISBN 978-7-5606-1880-7 / TB·0010

XDUP 2172001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

高等学校

自动化、电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化专业

“十一五”规划教材编审专家委员会名单

主任：张永康

副主任：姜周曙 刘喜梅 柴光远

自动化组

组长：刘喜梅（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

韦力	王建中	巨永锋	孙强	陈在平	李正明
吴斌	杨马英	张九根	周玉国	党宏社	高嵩
秦付军	席爱民	穆向阳			

电气工程组

组长：姜周曙（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

闫苏莉	李荣正	余健明
段晨东	郝润科	谭博学

机械设计制造组

组长：柴光远（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘战锋	刘晓婷	朱建公	朱若燕	何法江	李鹏飞
麦云飞	汪传生	张功学	张永康	胡小平	赵玉刚
柴国钟	原思聪	黄惟公	赫东锋	谭继文	

项目策划：马乐惠

策划：毛红兵 马武装 马晓娟

前 言

随着高等教育的发展与技术进步,为满足宽口径人才培养模式和日趋重要的对学生实践能力的需求,各工科院校纷纷成立了工程实践训练中心,加大了对工程训练经费和先进设备的投入,将传统的金工实习逐步发展成为面向跨学科,体现实践能力、综合素质和创新能力培养的现代工程实践训练。

本书是根据原国家教委颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》和《重点高等工科院校金属工艺学系列课程改革指南》的精神,结合近年来各院校工程实践训练教学改革的经验 and 作者多年理论与实践教学经验编写而成的。本书在内容上涵盖了现代机械制造工艺过程的主要知识和工程训练的基本要求,正确处理了传统工艺与现代新科技的关系,内容包括铸造、锻压、焊接、热处理、钳工、机械加工(包括车削、铣削、刨削、磨削、镗削和拉削)、特种加工和数控加工的基本知识、各种成形方法、加工方法以及新技术、新工艺等,并介绍了常用的设备和工具。本书在编写过程中力求取材新颖、联系实际、结构紧凑、文字简练、直观形象、图文并茂,做到基本概念清晰、重点突出,有助于提高学生的实践和动手能力,培养学生的创新意识和能力。

本书主要作为高等工科院校近机类、非机类专业学生在“工程实践训练”中的教学用书,可与《工程实践训练基础》和《现代工程材料成形与机械制造基础》等教材配套使用。与本书配套课程“工程材料及机制基础”被评为山东省精品课程。

本书由青岛科技大学、山东轻工业学院、青岛农业大学等高校中长期从事机械制造基础课程体系教学和指导工程实践训练教学的教师和工程技术人员编写,这些教师均具有丰富理论和实践教学经验。参加本书编写的人员有周桂莲、付平、李镇江、侯俊英、赵海霞、吴俊飞、马伯江、曹同坤、李向荣、李祥福、高进、周坚强、刘春廷、孔令兵、姜元志、孙海迎,周桂莲教授、付平副教授和李镇江教授任本书主编。全书由周桂莲、付平统稿,承青岛科技大学张明教授担任主审。

本书的编写是对加强实践教学、提高工程实践教学质量的初步尝试。由于编者水平所限,书中难免有不妥之处,诚请广大读者提出宝贵意见。

编 者
2007 年 4 月

目 录

第 1 章 铸造	1
1.1 概述	1
1.2 砂型铸造	2
1.2.1 造型方法	2
1.2.2 金属熔炼设备	9
1.3 特种铸造	10
1.3.1 金属型铸造	10
1.3.2 压力铸造	10
1.3.3 离心铸造	11
1.3.4 熔模铸造	11
第 2 章 锻压	13
2.1 自由锻	13
2.1.1 自由锻的基本知识	13
2.1.2 自由锻的基本操作工序	15
2.2 胎模锻	18
2.3 冲压	19
2.3.1 冲床	19
2.3.2 冲模	20
2.3.3 冲压的基本工序	20
第 3 章 焊接	22
3.1 概述	22
3.2 电弧焊	22
3.2.1 电弧焊原理与焊接过程	22
3.2.2 焊接接头与焊接位置	24
3.2.3 焊条电弧焊	25
3.2.4 其他电弧焊方法	30
3.3 电阻焊和钎焊	32
3.3.1 电阻焊	32
3.3.2 钎焊	33
3.4 焊接生产的质量控制	34
3.4.1 焊接缺陷	34
3.4.2 焊接接头的检验方法	36
第 4 章 热处理	37
4.1 概述	37
4.2 钢的热处理工艺	38

4.2.1 钢的整体热处理	38
4.2.2 钢的表面热处理和化学热处理	40
4.3 热处理的常用设备	41
4.3.1 热处理加热设备	42
4.3.2 热处理冷却设备及其他设备	44
第 5 章 钳工	45
5.1 概述	45
5.1.1 钳工的基本操作	45
5.1.2 钳工工作台和虎钳	45
5.2 划线	46
5.2.1 划线的作用及种类	46
5.2.2 划线的工具及其用法	47
5.2.3 划线基准及其选择	51
5.2.4 划线步骤	52
5.3 锯削	52
5.3.1 锯削的工具	52
5.3.2 锯削的操作	54
5.4 锉削	56
5.4.1 锉削的工具	56
5.4.2 锉削的操作	57
5.5 钻孔、扩孔和铰孔	60
5.5.1 钻床	60
5.5.2 钻孔	62
5.5.3 钻孔用的夹具	63
5.5.4 钻孔操作	64
5.5.5 扩孔和铰孔	65
5.6 攻螺纹和套螺纹	66
5.6.1 攻螺纹	66
5.6.2 套螺纹	68
5.7 刮削	70
5.7.1 平面刮削	70
5.7.2 曲面刮削	71
5.8 装配与拆卸	71
5.8.1 装配及联接的方法	71
5.8.2 装配示例	72
5.8.3 拆卸	73
第 6 章 车削加工	75
6.1 概述	75
6.2 车床	75
6.2.1 普通车床的组成和传动	76

6.2.2 其他车床	81
6.3 车刀及其安装	82
6.3.1 车刀的种类及用途	82
6.3.2 车刀的组成及选择	83
6.3.3 正确装夹车刀	86
6.4 车床附件及工件安装	87
6.4.1 三爪自定心卡盘安装工件	87
6.4.2 四爪单动卡盘安装工件	87
6.4.3 双顶尖安装工件	88
6.4.4 中心架和跟刀架安装工件	89
6.4.5 花盘和花盘—弯板安装工件	90
6.4.6 心轴安装工件	91
6.5 车削的基本工作	92
6.5.1 车外圆	92
6.5.2 车端面	94
6.5.3 车台阶	95
6.5.4 切槽与切断	95
6.5.5 车圆锥	96
6.5.6 成形面车削	99
6.5.7 孔加工	100
6.5.8 车螺纹	101
6.5.9 滚花	102
第7章 铣削	104
7.1 铣床及其附件	104
7.1.1 铣床	104
7.1.2 铣床附件	106
7.2 铣刀及其装夹	109
7.2.1 铣刀	109
7.2.2 铣刀的装夹	110
7.3 工件的安装	111
7.4 铣削加工的基本工作	112
7.4.1 铣平面	112
7.4.2 铣斜面	113
7.4.3 铣沟槽	114
7.5 齿形加工	114
7.5.1 铣齿	115
7.5.2 滚齿	116
7.5.3 插齿	117
7.5.4 其他齿形加工方法	118
第8章 刨削	120

8.1 牛头刨床	120
8.1.1 牛头刨床的组成	120
8.1.2 牛头刨床的传动系统及机构调整	121
8.1.3 刨刀及其装夹	122
8.1.4 工件安装方法	123
8.1.5 刨削加工的基本工作	124
8.2 龙门刨床	127
8.3 插床	127
第9章 磨削	129
9.1 磨床	129
9.1.1 外圆磨床	129
9.1.2 内圆磨床	131
9.1.3 平面磨床	131
9.1.4 无心外圆磨床	132
9.2 砂轮	134
9.2.1 砂轮的磨削原理及特性	134
9.2.2 砂轮的安装及修整	135
9.3 磨削加工的基本工作	136
9.3.1 磨外圆	136
9.3.2 磨内圆	138
9.3.3 磨圆锥面	139
9.3.4 磨平面	139
第10章 镗削加工和拉削加工	141
10.1 镗削加工	141
10.2 拉削加工	142
10.2.1 拉孔	142
10.2.2 拉平面	144
第11章 特种加工	145
11.1 电火花加工	145
11.1.1 电火花加工的基本原理	145
11.1.2 电火花成型加工机床	146
11.1.3 电火花成型加工的应用	147
11.1.4 电火花线切割加工设备	149
11.1.5 线切割数控编程	150
11.1.6 电火花线切割加工的应用	150
11.2 超声波加工	152
11.2.1 超声波加工的原理	152
11.2.2 超声波加工的设备及构成	152
11.2.3 超声波加工的应用	153
11.3 激光加工	156

11.3.1	激光加工原理	156
11.3.2	激光加工的特点及设备	156
11.3.3	激光加工的应用	157
11.4	电解加工	158
11.4.1	电解加工的基本原理	158
11.4.2	电解液	159
11.4.3	电解加工的基本设备	159
11.4.4	电解加工的应用	161
第 12 章	数控加工	165
12.1	数控机床及其组成	165
12.1.1	数控机床简介	165
12.1.2	数控机床的组成	165
12.2	数控机床的特点和应用	166
12.2.1	数控机床与普通机床的区别	166
12.2.2	数控机床的应用范围	166
12.2.3	数控机床的分类	167
12.3	数控加工工艺设计	167
12.4	数控机床坐标系	168
12.4.1	机床坐标系	168
12.4.2	编程坐标系	171
12.4.3	加工坐标系	171
12.5	数控车床	172
12.5.1	数控车削的基本特征与加工范围	172
12.5.2	数控车床的结构	172
12.5.3	数控车床的主要加工对象	172
12.6	数控镗铣床	173
12.6.1	数控镗铣床的主要加工对象	173
12.6.2	数控镗铣床的类型	173
12.7	加工中心	173
12.7.1	加工中心的特点	173
12.7.2	加工中心的用途	174
12.7.3	加工中心的结构	174
12.7.4	自动交换装置	176
12.7.5	加工中心的加工对象	176
12.8	数控编程实例	177
参考文献		180

第1章 铸 造

1.1 概 述

铸造也叫凝固成形，是一种常用的加工方法。铸造时，将金属材料熔化成液态后浇注入与拟成形的零件形状及尺寸相适应的模型空腔(即铸型)中，待液态金属冷却凝固后将铸型打开(或破坏)取出所形成的铸件毛坯，清理掉由于工艺需要而添加的部分(如浇口、冒口等)后，即可得到所需的铸件。

铸造工艺包括绘制零件铸造工艺图，制造模样和芯盒，造型、造芯，下芯，合型，浇注，落砂，清理和质量检验等过程。铸造工艺整体流程如图 1-1 所示。

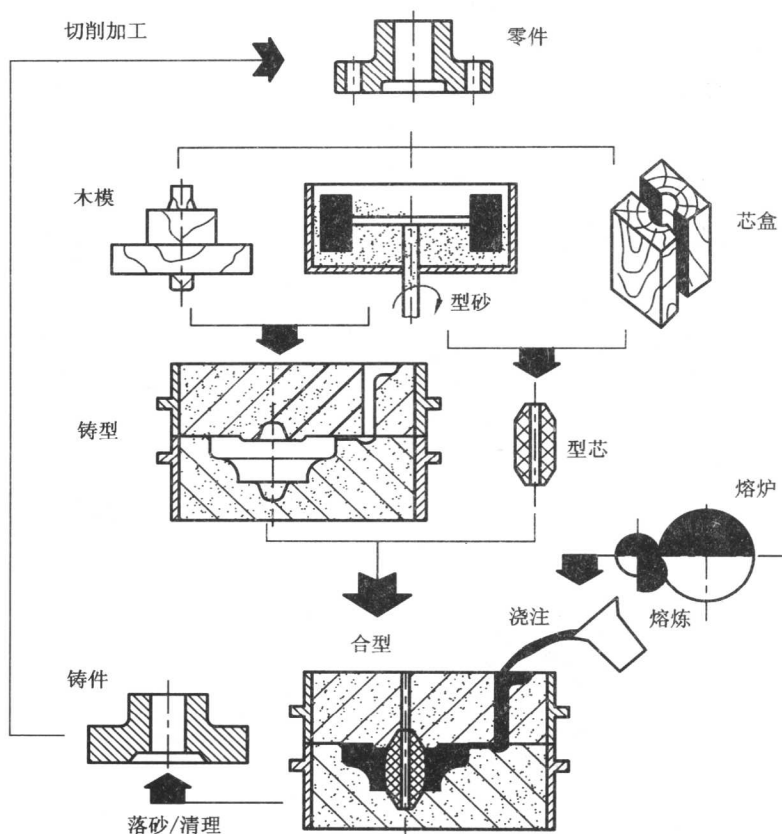


图 1-1 铸造工艺流程

生产中常用的铸造方法有砂型铸造和特种铸造两大类。

1.2 砂 型 铸 造

1.2.1 造型方法

按造型的手段不同，砂型铸造的造型方法可分为手工造型和机器造型两大类。

1. 手工造型

手工造型是指全部用手工或手动工具完成的造型工序。手工造型所用的工具如图 1-2 所示。

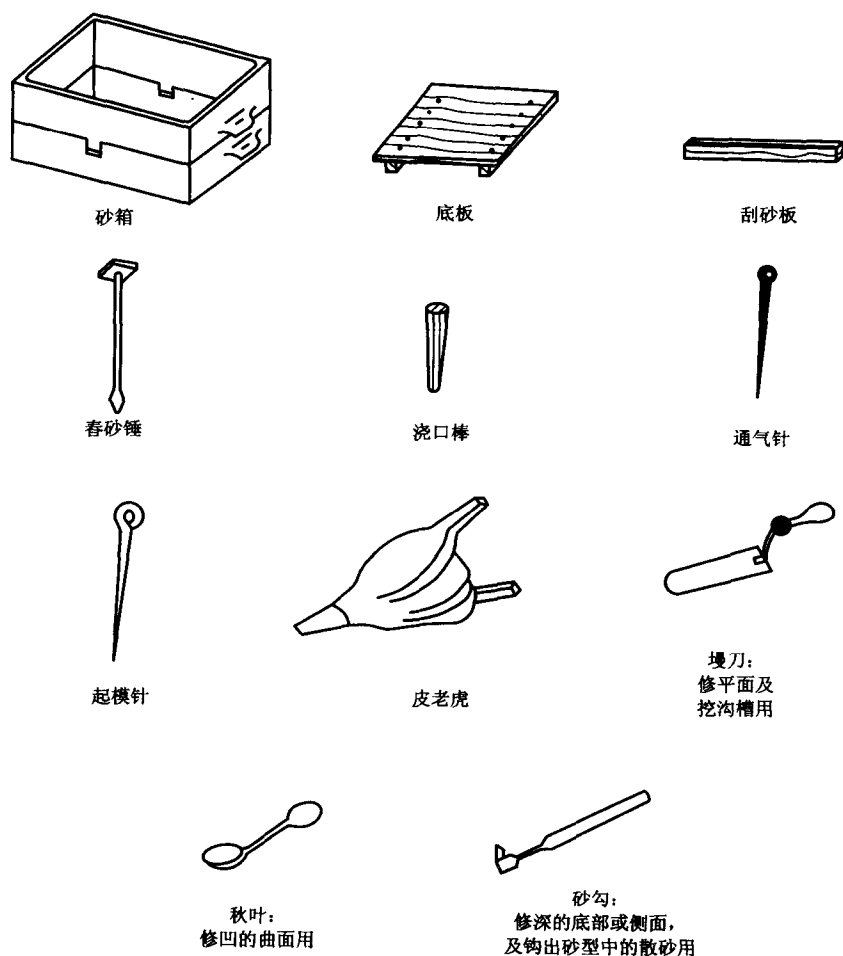


图 1-2 手工造型所用工具

根据砂型特征的不同，手工造型方法可分为两箱造型、三箱造型、脱箱造型、地坑造型和组芯造型等；根据模样特征的不同，手工造型方法可分为整模造型、分模造型、挖砂

造型、假箱造型、活块造型和刮板造型等。

1) 整模两箱造型

整模两箱造型的特点是：整模造型的模样是整体结构，最大截面在模样一端且是平面；分型面多为平面；型腔全在一个砂箱里，能避免错箱等缺陷；铸件的形状和尺寸精度较高；模样制造和造型都较简单，多用于最大截面在端部的、形状简单的铸件生产。

当零件的最大截面在端部，并选它作为分型面时，将模样做成整体的整模两箱造型过程的步骤如图 1-3 所示。

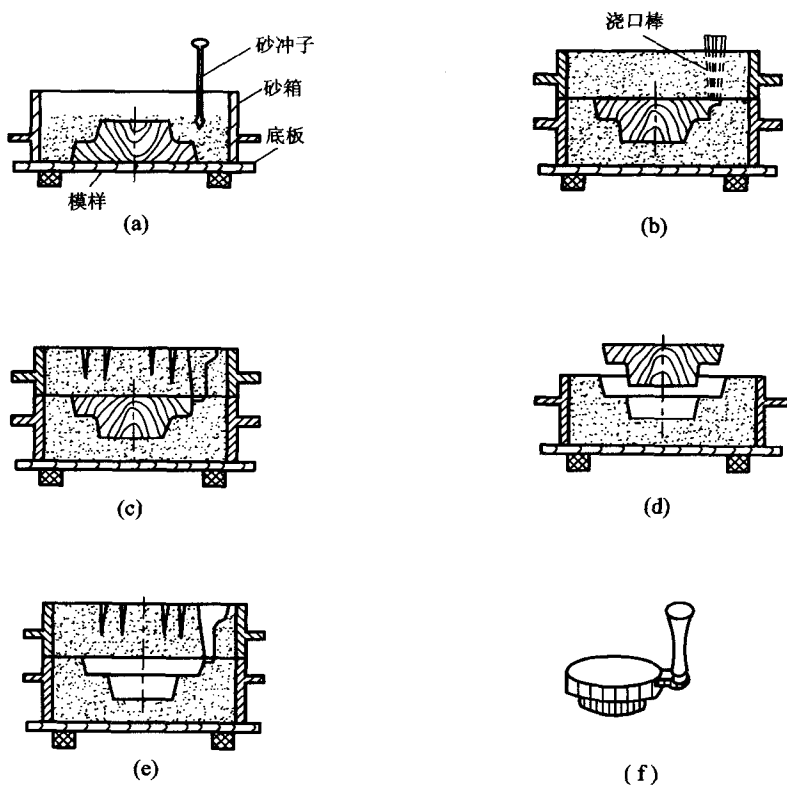


图 1-3 整模两箱造型过程

(a) 造下砂型；(b) 造上砂型；(c) 开外浇口、扎气孔；(d) 起出模样；(e) 合型；(f) 带浇口的铸件

2) 分模造型

有些铸件外形较复杂，若采用整模造型，就难以从砂型中取出模样，这时可采用分模造型的方法。将模样沿截面最大处分成两半，造型时分别放置于上砂箱和下砂箱内的造型方法，称为分模造型。带有凸缘的管类铸件分模造型的过程如图 1-4 所示。分模两箱造型操作简便，应用广泛，适用于圆柱体类、套类、管类、阀体类等形状较为复杂铸件的铸造。通常，模样的分模面与砂型的分型面一致。为了便于操作，分模之间定位用的定位销或方棒必须设在上半模样上，而销孔或榫孔开在下半模样上。在分模造型时，若砂箱定位不准，夹持不牢，则易产生错箱，影响铸件的精度，铸件沿分型面还会产生披缝，影响铸件表面的质量，清理也费时。

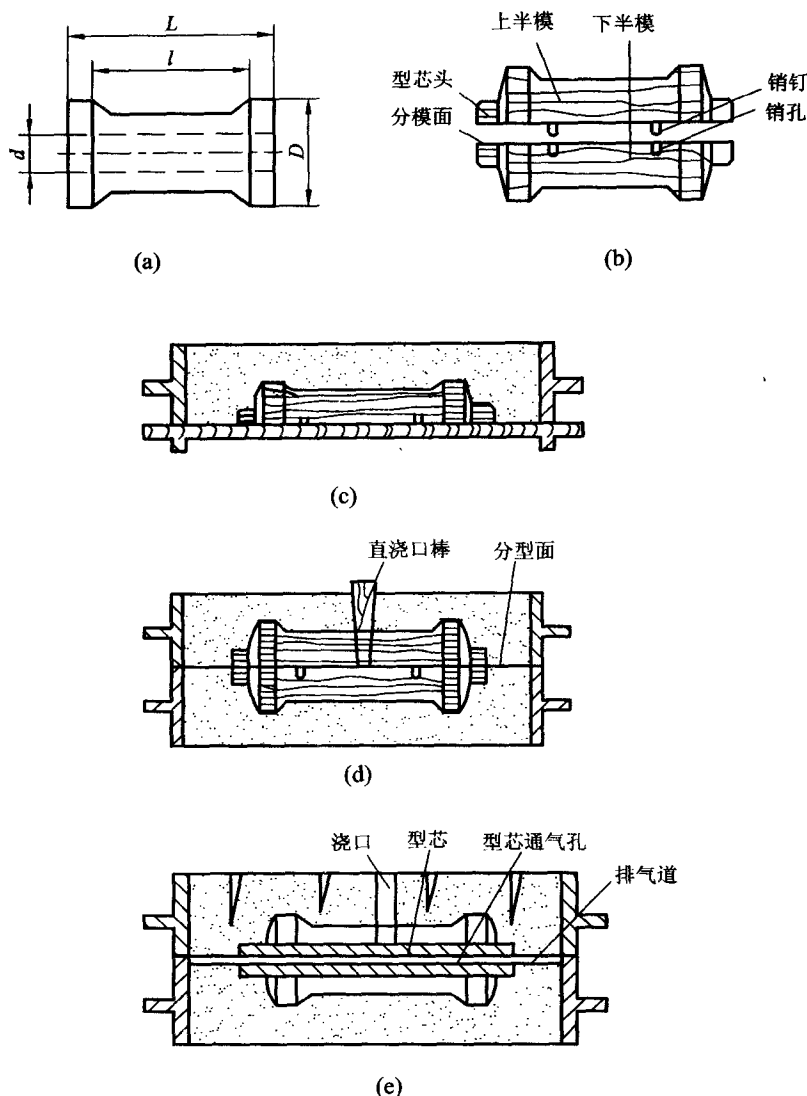


图 1-4 分模造型过程

(a) 铸件图; (b) 模样; (c) 造下型; (d) 造上型; (e) 铸型

3) 挖砂和假箱造型

有些铸件需采用分模造型,但由于模样的结构要求或制模工艺等原因,不允许做成分模样,必须做成整体模样。这时,为了使模样能从砂型中起出,要采用挖砂造型。挖砂造型的过程如图 1-5 所示。在挖砂造型中,捣实下箱翻转后,挖去妨碍起模的那一部分型砂,并向上做成光滑的斜面,即形成凹形分型面,然后再造上砂型。在挖砂造型中,挖砂深度要恰到好处,挖制成的分型面要平整光滑,挖制坡度应尽量小,这样上砂型的吊砂就浅,便于开箱和合型操作。

挖砂造型消耗的工时多,对操作者的技术水平要求也较高,当铸件生产量较大时,宜采用假箱造型。

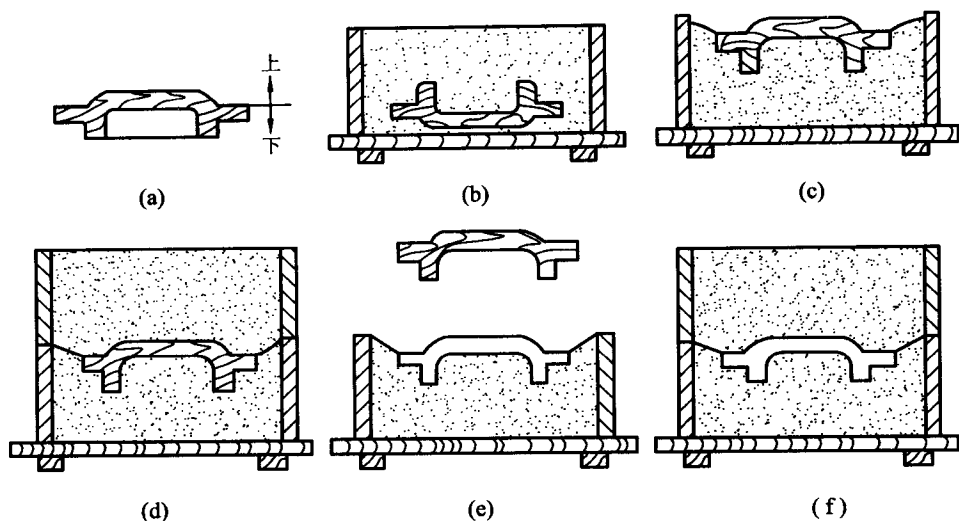


图 1-5 挖砂造型过程

(a) 木模样；(b) 造下砂型；(c) 在下砂型上割分型面；(d) 造上砂型；(e) 开箱起模；(f) 合型

假箱造型的实质是用一个特制的、可多次使用的砂型来代替造型用的成型底板(成型底板的造型类似于模板造型)，使模样的最大截面位于分型面上。假箱造型的过程如图 1-6 所示。在假箱上制作下砂型，模样便能从砂型中顺利起出。对假箱的要求是箱体结实、分型面光滑和定位准确。假箱可用强度较高的型砂制成。假箱造型比挖砂造型节约工时，生产效率高，砂型质量好，易操作，适用于小批量生产。

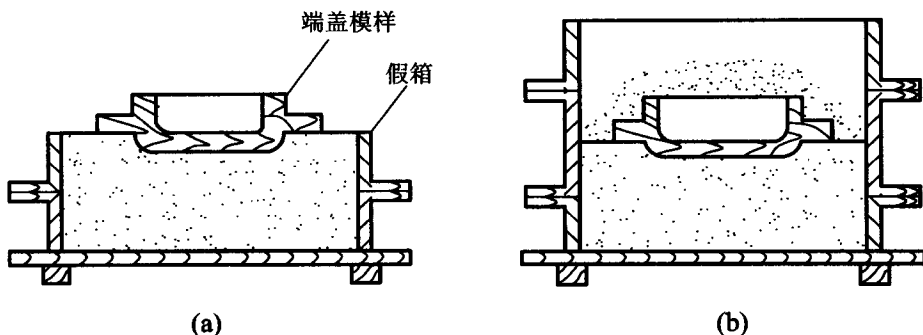


图 1-6 假箱造型过程

(a) 端盖模样放在假箱上；(b) 在假箱上造下砂型

4) 活块造型

当铸件侧面有局部凸起，阻碍起模时，可将此凸起部分(凸台)做成能与模样本体分开的活块。在起模时，先把模样主体起出(见图 1-7(e))，然后再取出活块(见图 1-7(f))，这种方法称为活块造型。活块造型的过程如图 1-7 所示。

活块造型中，凸台厚度应小于该处模样厚度的 $1/2$ ，否则活块难以取出。另外，活块造型时必须将活块下面的型砂捣紧，以免起模时该部分型砂塌落，同时要避免撞紧活块，造成起模困难。

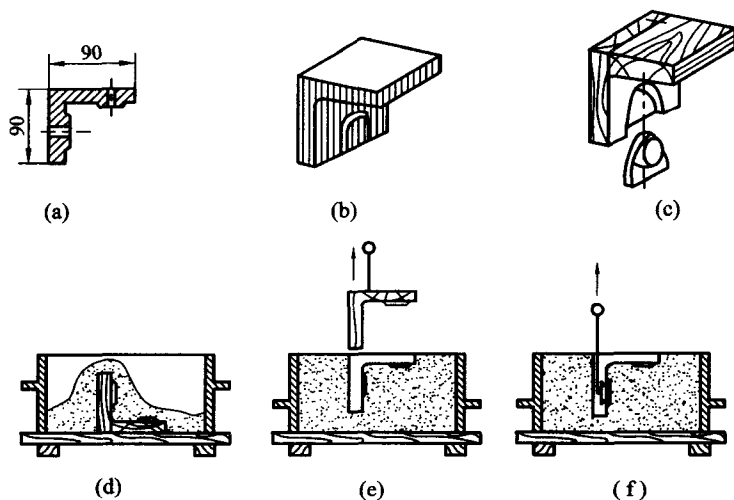


图 1-7 活块造型过程

(a) 零件; (b) 铸件; (c) 模样; (d) 造下砂型; (e) 起出模样主体; (f) 取出活块

5) 实物造型与刮板造型

在设备维修中, 常有急需配件的情况发生, 在来不及制造模样, 或零件结构简单不必制造模样时, 可利用废旧零件代替模样造型。这种用零件作为模样的造型方法称为实物造型。槽轮形零件的实物造型过程如图 1-8 所示。实物造型与模样造型相比有下列特点: 需要用砂芯形成铸件内腔时, 在造型前要在零件上配制好芯型模; 在起模、修型时, 应扩出铸件收缩余量和割出机械加工余量; 实物造型比模样造型起模困难, 对于阻碍起模部分的砂型可采用活砂造型的方法来解决。

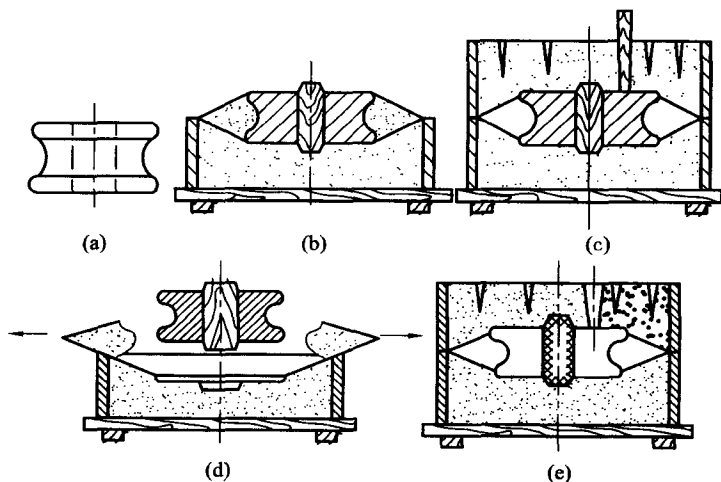


图 1-8 实物造型过程

(a) 槽轮形零件; (b) 造下砂型并修整活砂块; (c) 造上砂型; (d) 移活砂块并起模; (e) 铸型

除了采用上述与铸件形状相似的实体模样进行实模造型外, 在某些情况下还可用于铸件截面或轮廓形状相似的刮板来代替实体模样, 刮制出砂型型腔, 这种造型方法称为刮板造型。根据刮板在刮制砂型时运动方式的不同, 刮板造型有适用于旋转体铸件的绕轴旋转

的刮板造型和适用于铸件横截面不变的导向移动的刮板造型两种造型方法。

当旋转体铸件尺寸较大, 生产数量较少时, 可采用刮板造型。刮板造型的过程如图 1-9 所示。

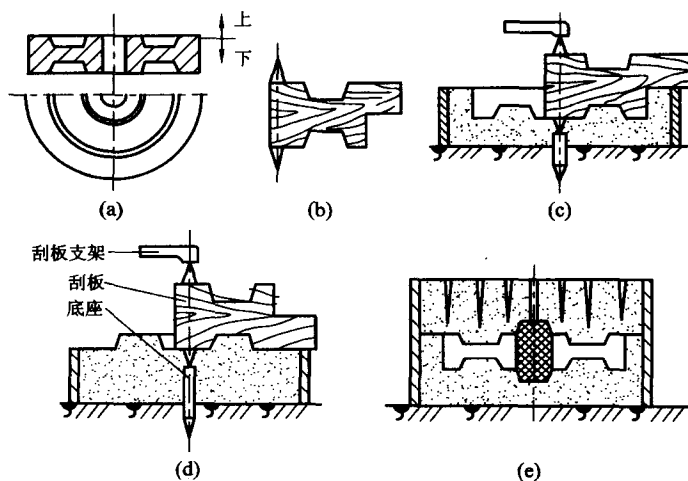


图 1-9 刮板造型过程

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

6) 三箱造型

用三个砂箱制造铸型的过程称为三箱造型。上述各种造型方法都是使用两个砂箱来造型的, 两箱造型操作简便, 应用广泛。但有些铸件如两端截面的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 1-10 所示为槽轮铸件的三箱造型过程。

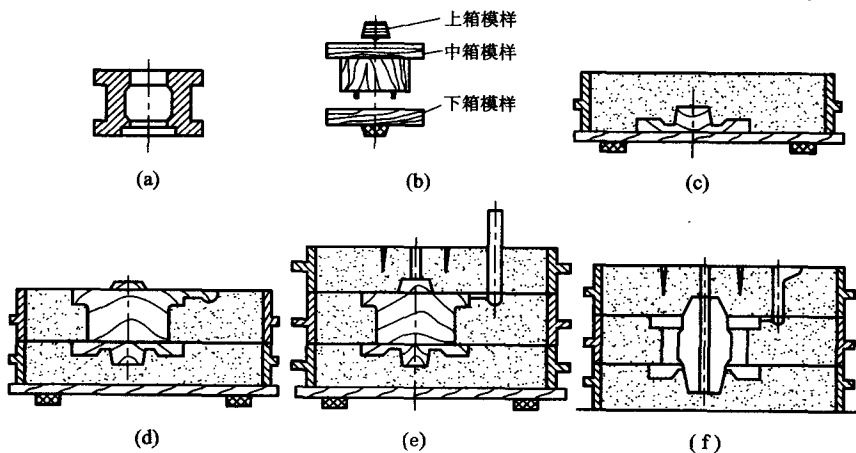


图 1-10 槽轮铸件的三箱造型过程

(a) 铸件; (b) 模样; (c) 造下型; (d) 造中型; (e) 造上型; (f) 合型

7) 地坑造型

在铸造生产中, 除了在砂箱内造型以外, 还可直接在砂坑内造型, 这种造型方法称为地坑造型(见图 1-11)。地坑造型一般在铸件生产数量较少, 同时又没有合适的砂箱时采用。尤其在大型铸件单件生产时, 采用地坑造型能节省铸造大型砂箱的工时和费用, 缩短大型