

机械制造基础实习

孔庆华
黄午阳 编著

人民交通出版社



机械制造基础实习

Jixie Zhizao Jichu Shixi

孔庆华
黄午阳 编著

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础实习/孔庆华,黄午阳编著. —北京:
人民交通出版社,1997.9

ISBN 7-114-02790-7

I. 机… II. ①孔… ②黄… III. 机械制造 IV. TH16
中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21172 号

机械制造基础实习

孔庆华 编著
黄午阳

人民交通出版社出版发行
(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:16.25 字数:398 千

1997 年 11 月 第 1 版

1997 年 11 月 第 1 版 1997 年 11 月第 1 次印刷

印数:0001—5000 册 定价:20.00 元

ISBN 7-114-02790-7
TH·00019

内 容 提 要

全书分三篇共十章。第一篇为毛坯成形,介绍铸造、锻压、焊接、热处理与表面处理技术;第二篇为切削加工,介绍机床、刀具、夹具、量具、机械加工、钳工、切削加工工艺应用;第三篇为先进制造技术,介绍特种加工、机械加工自动化(成组技术、NC、CNC、DNC、MC、FMC、FMS、CIMS、UMS等)。

本书作为高等工科院校机械制造基础实习的基本教材,不仅适合机械类,也适合非机械类、成人教育等相关专业选用。

2016/12

前 言

本书是根据国家教委教高司(1995)82号通知的精神和机械类课程体系改革及面向21世纪科技、社会主义市场经济对人才的实际需求,由同济大学、上海海运学院共同编写的。

本书作为机械学科基础的实习教材,力求从以下方面进行编写。

(1)力图打破原有教材的体系结构,加大课程改革力度,删除传统加工中落后于现代生产的部分内容,引进表面处理技术、特种加工、数控加工、机械加工自动化等先进制造技术,内容更新量占实习讲课的2/5,以便于进行实践教学为主的改革。

(2)注重传统加工内容的系统性、实用性和科学性,并同时考虑先修课、并行课和后续课的衔接,避免主要知识点的疏漏和简单重复,以利于培养学生在教师启发下自己获取知识的能力。

(3)强调机械制造的实践性与应用性,理论与工程实际的紧密结合,突出知识、能力、素质的培养,训练选材、选择加工方法、工艺分析、结构分析等应用能力。

(4)书中注意图、表、实例、操作相配合,工艺、技术、经济、管理、市场相结合,加工方法与制造过程紧密联系,加强机械制造过程及系统的观点,开拓学生的机械制造视野。

(5)本书的基本概念、名词术语、符号、计量单位,一律力求采用已颁布的国家标准。

参加本书编写的有同济大学孔庆华(前言、第一、二、四、十章),上海海运学院黄午阳(第三、五、六、七、八章)、华东理工大学王庆明(第九章)以及上海海运学院黄恒明、金国平、顾彩香、陈跃松、陆春华(含全部编务工作)。本书第一篇毛坯成形和第三篇先进制造技术由孔庆华主编,第二篇切削加工和第三章由黄午阳主编。

本书承蒙同济大学郭大津教授(前言、第一、二、四、九、十章)、上海海运学院顾卓明教授(第五、六、七、八章)、万国伟教授(第三章)审阅。本书在编写过程中,得到上海海运学院教务处和同济大学教务处实践学科、同济大学附属机械厂领导的大力支持和兄弟院校金工同行及机械制造专家学者的热情帮助,提出了许多宝贵意见;书中参考并引用了有关文献资料、教材、插图等,在此一并表示衷心的感谢!

本书是应教学之所急,教改之所需,缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正,共同为金工系列课程改革添砖加瓦。

编者 1997.8.1

目 录

第一篇 毛坯成形

1 铸造	1	1.7.3 离心铸造	29
1.1 概述	1	1.7.4 熔模铸造	30
1.2 砂型铸造	2	1.7.5 陶瓷型铸造	31
1.2.1 造型材料	2	1.7.6 低压铸造	32
1.2.2 造型	4	1.7.7 铸造方法的选择	32
1.2.3 造芯	12	2 锻压	34
1.3 合型	15	2.1 锻造	34
1.3.1 铸型的检验及装配	15	2.2 金属坯料的加热和锻件的冷却	34
1.3.2 铸型的紧固	15	2.2.1 锻造温度范围的确定	34
1.4 金属的熔炼	15	2.2.2 加热方法及加热设备	36
1.4.1 铸铁的熔炼	15	2.2.3 加热产生的缺陷及防止	37
1.4.2 铝合金的熔炼	17	2.2.4 锻件的冷却	38
1.4.3 铸钢的熔炼	17	2.3 自由锻造	38
1.4.4 浇注工作及其安全操作	18	2.3.1 自由锻造设备	39
1.5 铸件清理和缺陷分析	19	2.3.2 自由锻造的基本工序	40
1.5.1 落砂	19	2.3.3 锻件自由锻造工艺过程举例	44
1.5.2 清理	19	2.4 模锻	47
1.5.3 检验	19	2.4.1 胎模锻	48
1.5.4 铸件缺陷的分析	19	2.4.2 锤上模锻	49
1.6 铸造工艺图	22	2.4.3 压力机上模锻	49
1.6.1 铸件结构工艺性	22	2.4.4 锻造工艺方案的选择	49
1.6.2 浇注位置的选择	22	2.5 板料冲压	50
1.6.3 分型面的确定	23	2.5.1 板料冲压的基本工序	50
1.6.4 浇注系统的确定	23	2.5.2 板料冲压工艺举例	52
1.6.5 铸造工艺参数的确定	24	2.6 冲压模具和冲压设备	53
1.7 特种铸造	26	2.6.1 冲压模具	53
1.7.1 金属型铸造	27	2.6.2 冲压设备	55
1.7.2 压力铸造	28	2.7 锻压先进工艺和锻压机械及自动化	55
		2.7.1 锻压先进工艺	55
		2.7.2 锻压机械和自动化	57

3 焊接	59	4.3.4 化学转化膜技术	102
3.1 手弧焊	59	4.3.5 表面复合强化方法	103
3.1.1 焊接过程与焊接电弧	59		
3.1.2 手弧焊设备	60	第二篇 切削加工	
3.1.3 电焊条	63	5 机床、刀具、夹具和量具	104
3.1.4 焊接接头形式、坡口形式及焊接位置	67	5.1 金属切削机床	104
3.1.5 焊接工艺参数	69	5.1.1 切削运动和机床类型	105
3.1.6 基本操作技术	69	5.1.2 普通车床	107
3.1.7 焊接方法	71	5.1.3 其他常用机床	111
3.2 气焊和气割	73	5.1.4 机床演变举例	115
3.2.1 气焊的特点和应用	73	5.2 金属切削刀具	116
3.2.2 气焊设备	73	5.2.1 刀具材料	116
3.2.3 气焊工艺	75	5.2.2 刀具的结构和装夹	119
3.2.4 氧气切割	79	5.2.3 刀具角度	123
3.3 其他焊接方法	80	5.2.4 切削过程的物理现象	126
3.3.1 埋弧自动焊	80	5.3 夹具	130
3.3.2 气体保护电弧焊	81	5.3.1 工件的装夹	130
3.3.3 钎焊	82	5.3.2 通用夹具的应用	131
3.3.4 电阻焊	83	5.3.3 专用夹具简介	137
3.3.5 焊接技术的发展	84	5.3.4 常用的工件装夹方法及定位原理	137
3.4 焊接变形和缺陷	84	5.4 零件技术要求和测量	140
3.4.1 焊接变形	84	5.4.1 表面粗糙度	140
3.4.2 焊接缺陷的检验方法	84	5.4.2 尺寸精度	141
4 热处理和表面处理技术	87	5.4.3 形状精度和位置精度	145
4.1 工程材料	87	6 机械加工	149
4.1.1 工程材料的分类	87	6.1 车削加工	149
4.1.2 常用工程材料的牌号、性能及用途	87	6.1.1 外圆、端面 and 台阶的加工	149
4.1.3 金属材料的主要性能和经济性	91	6.1.2 切槽和切断	155
4.2 热处理	92	6.1.3 锥面的加工	156
4.2.1 钢的热处理工艺	93	6.1.4 螺纹加工	158
4.2.2 钢的表面热处理	97	6.1.5 孔的加工	161
4.2.3 热处理常用加热设备和仪表	98	6.1.6 其他车削加工	162
4.3 表面处理技术	99	6.2 刨削加工	163
4.3.1 表面形变强化	99	6.2.1 刨水平面	163
4.3.2 表面装饰加工	100	6.2.2 刨垂直面	165
4.3.3 电镀与化学镀	101	6.2.3 刨斜面	165
		6.2.4 刨 T 形槽	165
		6.3 铣削加工	166

6.3.1 铣平面和台阶	166	8 切削加工工艺应用	194
6.3.2 铣斜面	169	8.1 机械加工工艺基本知识	194
6.3.3 铣沟槽	170	8.1.1 基本概念	194
6.3.4 铣成形面	171	8.1.2 制定零件加工工艺的步骤	195
6.4 插齿和滚齿	171	8.1.3 定位基准的选择	195
6.4.1 插齿	172	8.1.4 工艺路线的拟订	197
6.4.2 滚齿	172	8.1.5 工艺过程的技术经济分析	200
6.5 磨削加工	173	8.2 典型零件工艺过程	202
6.5.1 磨削的工艺特点和应用	173	8.2.1 轴类零件	202
6.5.2 砂轮	174	8.2.2 盘套类零件	203
6.5.3 磨削方法	175	8.2.3 箱体零件	206
7 钳工	177	8.3 零件的结构工艺性	206
7.1 划线	177	8.3.1 提高标准化程度	207
7.1.1 划线的分类和作用	177	8.3.2 降低成本	207
7.1.2 划线用的工具	178	8.3.3 使加工简单方便	207
7.1.3 划线操作	179	8.3.4 加工过程的装夹要简单可靠	209
7.2 锯切	180	8.3.5 合理采用零件组合	211
7.2.1 手锯	180		
7.2.2 锯切操作	181		
7.3 锉削	182		
7.3.1 锉刀	182		
7.3.2 锉刀的使用方法	182		
7.3.3 锉削平面	183		
7.4 钻削和镗削	183		
7.4.1 钻床	183		
7.4.2 钻床工作	184		
7.4.3 镗削	186		
7.5 攻螺纹和套扣	186		
7.5.1 攻螺纹	186		
7.5.2 套扣	187		
7.6 刮削	188		
7.6.1 刮刀及刮削方法	188		
7.6.2 刮削质量的检验	189		
7.7 装配	189		
7.7.1 装配工艺过程	189		
7.7.2 装配方法	190		
7.7.3 典型零件和组件的装配	191		
7.7.4 拆卸工作	193		
7.7.5 装配新工艺	193		
		第三篇 先进制造技术	
		9 特种加工	213
		9.1 概述	213
		9.1.1 特种加工的特点	213
		9.1.2 特种加工的分类	214
		9.2 电火花加工	214
		9.2.1 放电加工的概念	214
		9.2.2 电火花加工的基本方式	215
		9.3 电化学加工	217
		9.3.1 电解加工	217
		9.3.2 电铸	218
		9.4 化学加工	219
		9.4.1 化学铣切	219
		9.4.2 照相制版	220
		9.5 高能束加工	221
		9.5.1 激光束加工	221
		9.5.2 电子束加工	222
		9.6 物料切蚀加工	223
		9.6.1 超声加工	223
		9.6.2 液体喷射加工	224

9.7 复合加工	225	10.3.2 工业机器人的组成和工作原理	236
9.7.1 复合电解磨削	225		
9.7.2 复合切削加工	226	10.3.3 工业机器人的应用	238
9.7.3 超声放电加工	227	10.4 数控加工及机械制造系统	238
10 机械加工自动化	229	10.4.1 数控机床	238
10.1 高效机床及自动线	229	10.4.2 数控加工、程序及编制	239
10.1.1 高效机床	229	10.4.3 数控机床的发展	243
10.1.2 自动线	231	10.4.4 机械制造系统	244
10.2 成组技术	231	10.5 独立制造岛	246
10.2.1 成组技术的基本概念	232	10.5.1 组织形式	246
10.2.2 成组技术的工艺准备	232	10.5.2 主要特征	246
10.2.3 成组技术的技术经济效果 ...	235	10.5.3 独立制造岛的建立	247
10.3 工业机器人	235	参考文献	249
10.3.1 工业机器人的分类	235		

第一篇 毛坯成形

1 铸 造

1.1 概 述

铸造(Foundry)是指熔炼金属,制造铸型,并将熔融金属浇入铸型,凝固后获得一定形状和性能铸件的成形方法。铸造学是一门应用科学。

铸造两大基本要素是熔融金属和铸型。常用的熔融金属有铸铁、铸钢和铸造有色合金。其中,用得最普遍的是灰铸铁。铸型是根据零件形状,用型砂、或金属、或其他耐火材料做成的。砂型主要用于铸造铸铁件和铸钢件,其应用最广泛;金属型主要用于铸造有色合金铸件。

铸造生产方法有多种,一般可作如下分类(图 1-1):

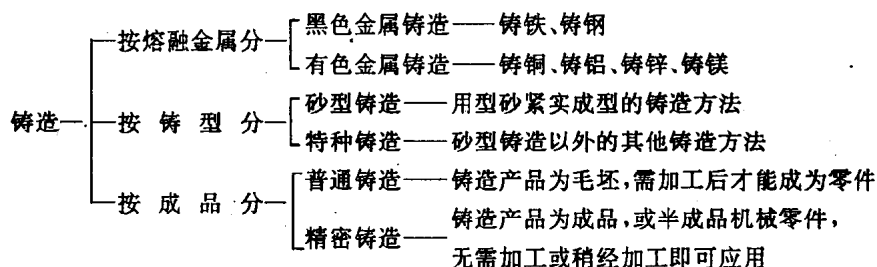


图 1-1 铸造生产方法的分类

铸造的特点是液态金属成形。铸造的主要优点是:适用性强,可铸造出孔隙等各种形状复杂的毛坯和各种大小的铸件,还可生产各种金属及其合金铸件,可适应各种批量的铸件生产,被誉为“没有一种金属加工方法能给设计师像铸造这样无限的选择自由度”;一般铸造生产,无需精密设备或重型设备,且原料来源方便,从基建到投产生产准备期短;铸造生产中的金属废料,大都可回炉再利用;铸件生产成本低廉。因此,铸造生产在工业上得到了广泛应用,已成为机械制造的一个重要组成部分和制造零件毛坯的主要方法之一。

铸造的主要缺点是:工艺过程和生产工序较多,铸件质量难以精确控制,铸件力学性能较之锻件低,一般不宜铸造受冲击力、或承受动载荷或交变载荷的重要零件。此外,传统的砂型铸造在劳动条件和环境污染方面,问题较为突出。随着铸造新材料、新工艺、新技术的推广应用和铸造机械化、自动化的发展,上述问题已经或正在逐步得到改善、提高和解决。同时,也使铸造生产的应用范围得到扩展。

1.2 砂型铸造

用型砂紧实成形的铸造方法,称为砂型铸造(Sand Casting Proeess)。它是目前生产上应用最广泛、最基本的铸造方法。其生产过程如图 1-2 所示。根据零件图的结构形状和几何尺寸,设计制造模样和型芯盒;配制型砂和芯砂;根据模样制造砂型;根据芯盒制造型芯;将烘干的型芯装入砂型并合箱;将熔化的液态金属浇入铸型;待凝固后,经落砂、清理、检验合格即可得到铸件。

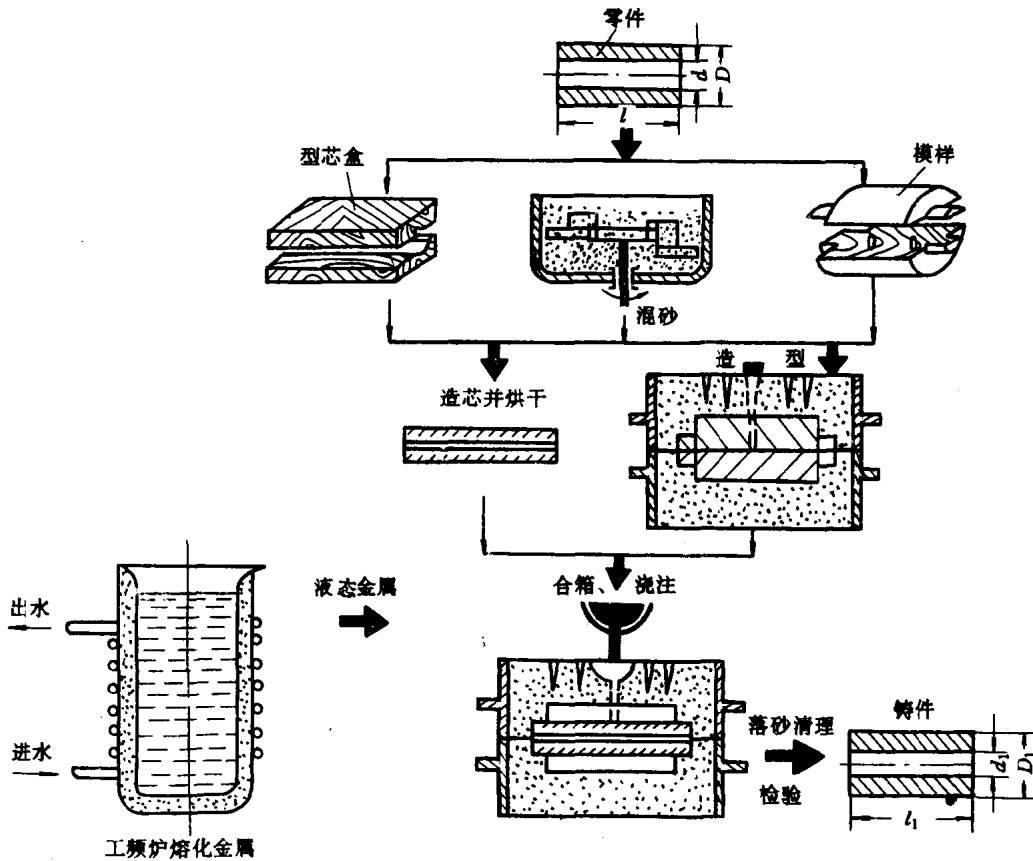


图 1-2 砂型铸造的生产过程

1.2.1 造型材料

造型材料(Molding Material)是指制造铸型(芯)用的材料。一般指砂型铸造用的材料,包括砂、粘土、有机或无机粘结剂和其他附加物。

型砂(Molding Sand)是按一定比例配合的造型材料,经过混制,符合造型要求的混合料。型砂的质量直接影响铸件的质量。

1) 对型砂性能的要求

(1) 透气性 紧实砂样的孔隙度,即在标准温度和 98 Pa 压力下,1min 内通过 1cm^2 截面和 1cm 高试样的空气量。其单位为 cm^3 。浇注时,高温液体金属与铸型接触,会从造型材

料中排出大量气体,同时,液体金属在铸型中凝固时也会析出气体。若上述气体不能及时从铸型中排出,铸件便会产生气孔或浇不足等缺陷。

(2)型砂强度 型(芯)砂抵抗外力破坏的能力。包括湿强度、干强度、热强度等。若强度不足,在造型、搬运、合箱中容易发生掉砂、塌箱,甚至液体金属将破坏铸型表面,造成砂眼、夹砂等缺陷。若强度太高,会使铸型太硬,影响铸件的收缩,使铸件产生内应力,甚至开裂,还影响透气性。

(3)耐火度 指型砂抵抗高温液态金属热作用的能力。耐火度好,铸件不易粘砂,清理方便。型砂中含石英(SiO_2)越多,耐火度则越好;型砂粘度大,耐火度也好。

(4)可塑性 指型砂在外力作用下变形,去除外力后仍能保持此种变形的能力。可塑性好,便于制造形状复杂的砂型,且易起模。

(5)退让性 指铸件冷却收缩时,型砂可压缩的能力。退让性差,铸件易产生内应力或开裂。型砂越紧实,退让性越差。

上述性能要求是最基本的,有时又是互相矛盾的。例如,强度高、塑性好时,透气性便可能降低;退让性好,可塑性就会差一些。因此,要求型砂具有良好的综合性能,应根据铸造金属种类、铸件大小、造型材料的来源和成分,合理地决定和严格控制型砂的配制成分。

2)型砂的组成

型砂一般由原砂、粘结剂、附加物及水,按一定比例配制而成。

原砂是型砂的主体,其主要成分是石英(SiO_2)。石英的含量、颗粒的形状、大小及均匀程度,对型砂的性能影响很大。

粘结剂(Binder)的作用是使砂粒粘结成具有一定强度和可塑性的型砂。常用的粘结剂有普通粘土和膨润土。膨润土的粘结力优于普通粘土,且可进一步提高型砂的强度和透气性。加入适量的水可与粘土形成粘土膜,从而增加砂粒的粘结作用,如图 1-3 所示。

附加物(Additives)常用的有煤粉、木屑等。煤粉的作用是在高温液态金属作用下燃烧形成气膜,以隔绝液态金属与铸型内腔的直接作用,防止铸件粘砂。加木屑可改善型砂的退让性和透气性。

涂料(Coating)呈液态、稠状或粉状,涂覆在铸型表面,以提高表层的耐火度、保温性、化学稳定性和表面光滑度等。

3)型砂制备

型砂制备(Sand Preparation)是根据工艺要求对造型用砂进行配料和混制的过程。包括对原砂的烘干和对旧砂的处理。配料时要综合考虑其配比。如,铸造铸铁件时,由于浇注温度较高,要求型砂具有较高的耐火度,因此,选用较粗的石英砂,并加入适量的煤粉,以防铸件粘砂。相反,铸造铝合金时,由于熔点低,应选用砂粒细的石英砂,且不必加煤粉。浇注湿型时,会产生气体,要严格控制型砂中的水分。相反,对于干型,可多加些水,以增加型砂湿态强度,便于造型。

型砂的混制常在碾轮式混砂机中进行。混制时,先将新砂、部分过筛的旧砂、粘土及附加物等放入混砂机干混 2min~3min,然后加水湿混 5min~12min,性能符合要求后即可出砂。

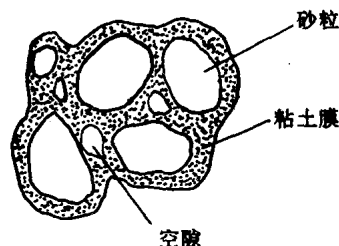


图 1-3 砂型结构示意图

湿混后的型砂要过筛使其松散后方可使用。

制备的型砂是否合格,最简单的检验方法是用手将型砂捏成团,随后将手松开,若砂团不松散,且有手纹,则表明型砂中的粘土与水含量适当,型砂制备合格。大批量生产时,可使用专门仪器检查型砂的各种性能,以确保型砂质量。

1.2.2 造型

造型(Molding)是指用造型混合料及模样等工艺装备制造铸型的过程。这种铸型又称砂型(Sand Mold),由上、下砂型、型腔、砂芯、浇注系统、砂箱等组成,如图 1-4 所示。

造型是铸造生产中最主要的工序之一,对保证铸件精度和铸件质量具有重要的影响。按照造型的手段,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(Hand Molding)是指全部用手或手动工具完成的造型工序。其工艺装备简单、操作灵便,但劳动强度大、生产率低、铸件尺寸精度和表面粗糙度差,多用于单件、小批量铸件的生产。

手工造型的方法很多,可根据铸件的形状、大小、生产批量及生产条件进行合理选择。以下介绍几种主要的手工造型方法。

(1) 整模造型

将模样做成与铸件形状相应的整体结构,用两个砂箱制造铸件的过程称为整模造型(One-Piece Pattern Molding)(图 1-5)。其特点有:模样制造和造型较简单;整体模样置于

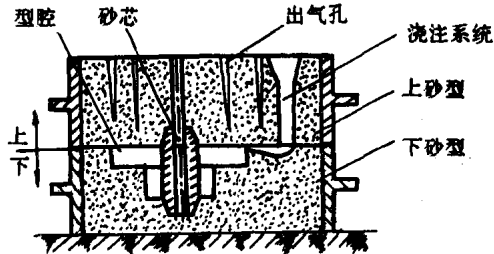


图 1-4 铸型装配图

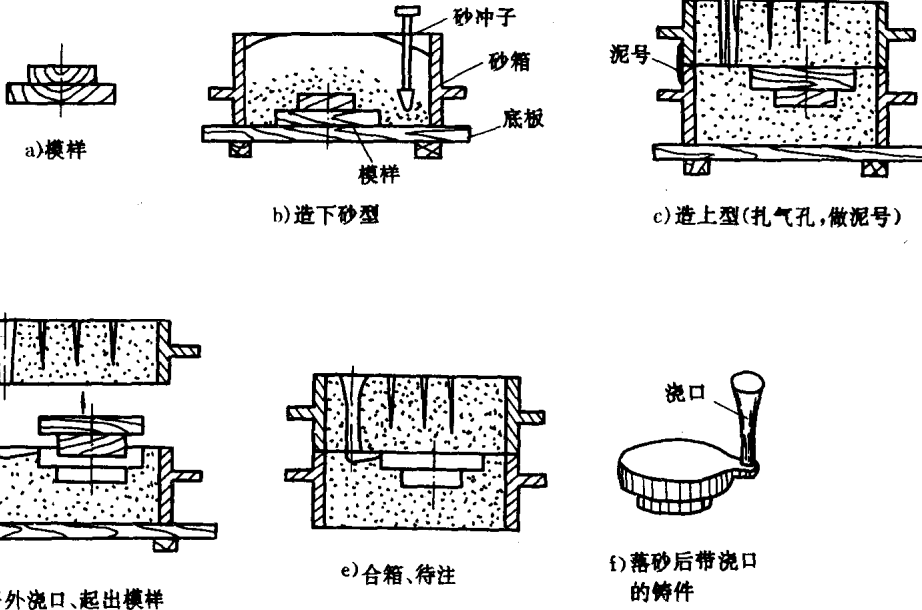


图 1-5 整模两箱造型过程

一个砂箱内,且型腔一般在下箱;分型面为模样一端的最大表平面;操作简便,可避免错箱,保证铸件的大小和形状。适用于形状简单、一端有较大平面的铸件生产。

(2)分模造型

当铸件最大截面不在端面,或不宜用整模造型时,一般以模样最大截面的分型面,分成两半,并用销钉定位;型腔被置于上、下砂箱内,采用分模两箱造型(图 1-6),或将模样分成几部分,采用分模多箱造型。分模造型(Parted Pattern Molding)方法简便、应用广泛,适用于形状较复杂的套筒、阀等铸件的生产。

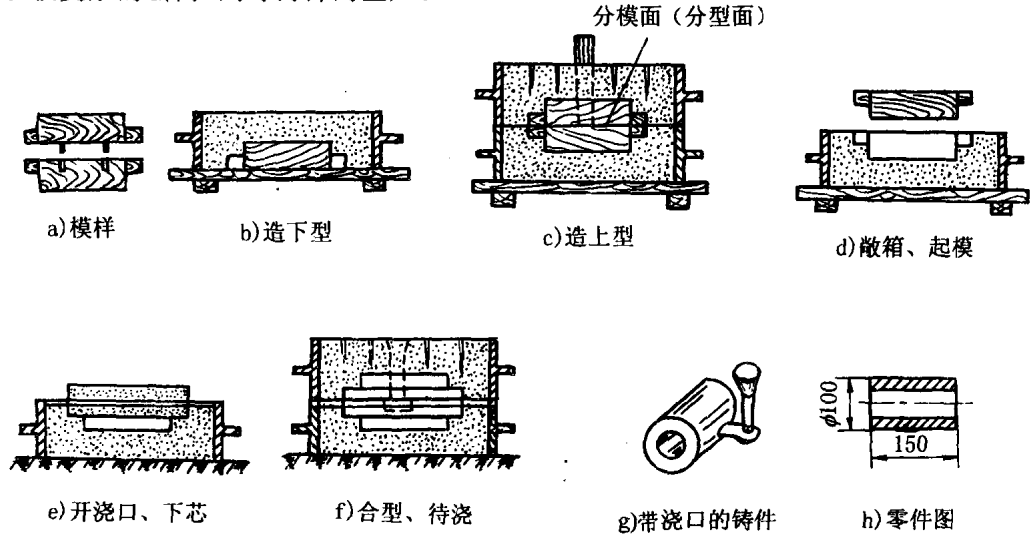


图 1-6 分模两箱造型过程

(3)挖砂造型

根据铸件结构应采用分模造型,但由于分模面是复杂曲面、模样太薄等造成的制模困难,只能做成整模时,为了起模方便,下型分型面需挖成不平分型面(曲面、非平面)的方法,称为挖砂造型,手轮的挖砂造型过程,如图 1-7 所示。

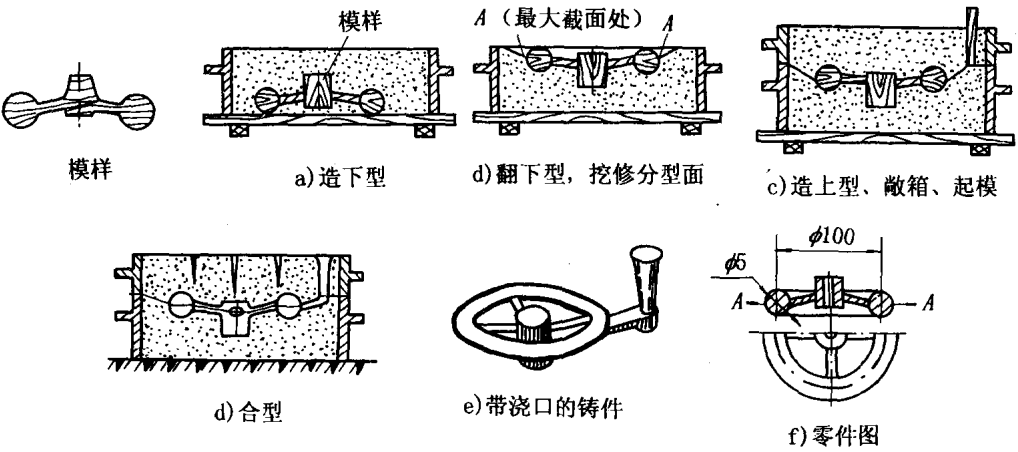


图 1-7 挖砂造型过程

挖砂造型的操作技术要求较高,生产率低,适用于形状较复杂的单件生产。

当铸件生产批量较大时,为避免每型挖砂,提高铸件产量,可采用假箱造型代替挖砂造型。

假箱造型(Oddside Molding)是用预先制备好的半个铸型简化造型操作的方法。此半型称为假箱,其上承托模样,可供造另半型,但不用来组成铸型。假箱造型过程如图 1-8 所示。

当铸件生产批量更大时,为提高铸件质量和生产率,可采用成型底板代替假箱造型,如图 1-9 所示。

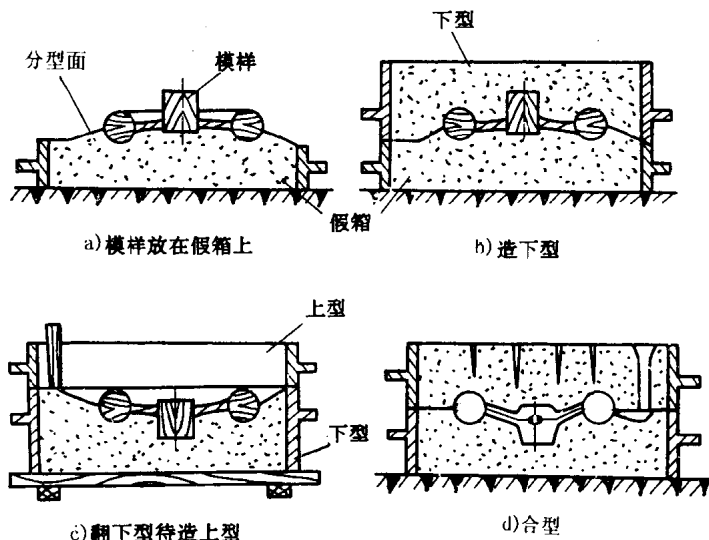


图 1-8 假箱造型过程

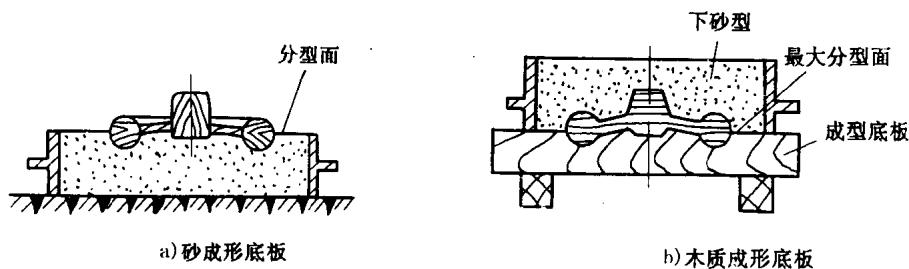


图 1-9 成型底板示意图

(4)活块造型

活块是模样上可拆卸或能活动的部分。整体模或芯盒有侧面伸出部分时,常做成活块,起模或脱芯后,再将活块取出。所谓活块造型(Loose Piece Molding),即将铸件上妨碍起模的部分做成活块,起模时,先取主体模,再用适当方法将铸型内的活块取出的造型方法(图 1-10)。

活块造型的技术难度较高,生产率较低,主要用于单件小批量、有突出部分难以起模的铸件生产。若成批或采用机器造型时,可用外型芯简化活块造型。这样,只需将图 1-10 中的模样做成长方体。造型时,模样起出后放两条型芯,再合箱即可。

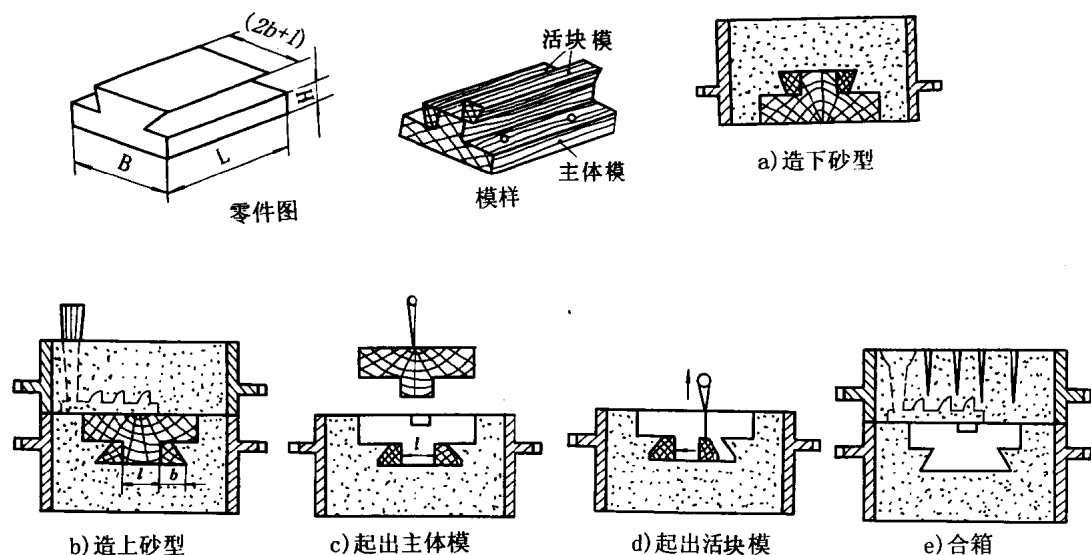


图 1-10 活块造型过程

(5) 三箱造型

用三个砂箱制造铸型的过程叫三箱造型(Three-part Molding)。三箱造型(图 1-11)的特点是:模样必须沿最小截面处分开;中箱上下两面为分型面,且取在铸件的两个最大截面上,以便起模;要求中箱的高度与模样的高度一致;铸件高度尺寸精度较低;造型操作较复

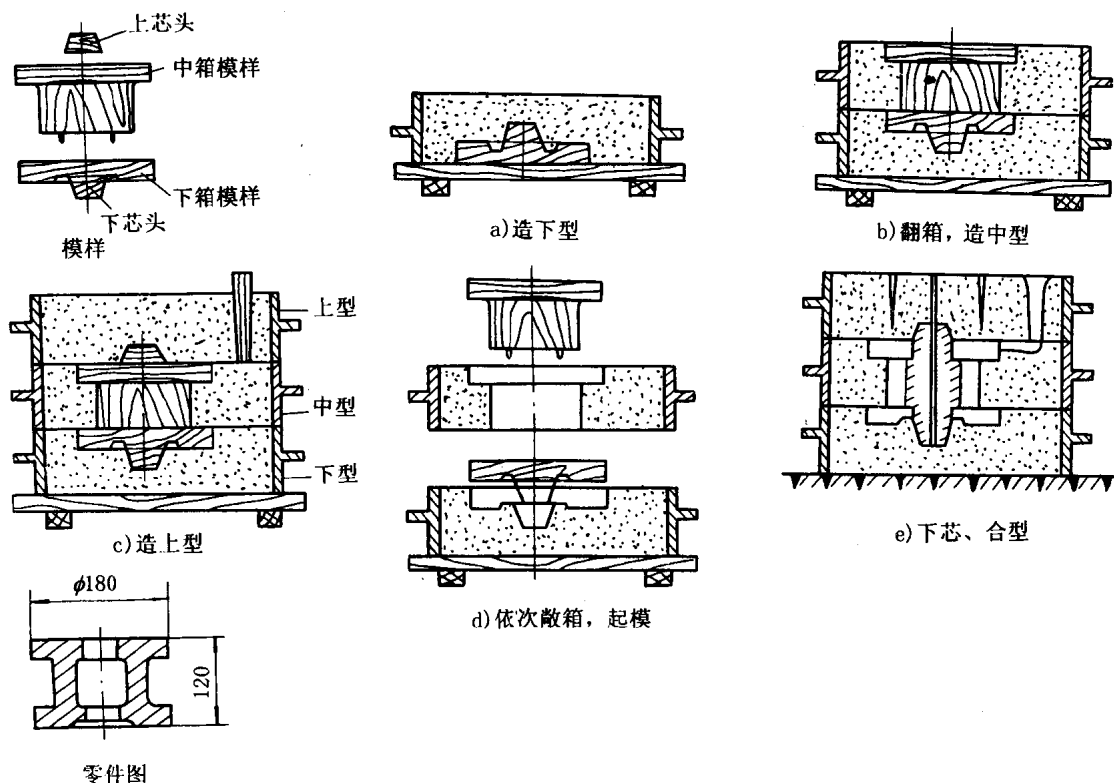


图 1-11 三箱造型过程

杂,生产率较低,容易错箱。三箱造型适用于两端截面大、中间截面小、形状较复杂、难用两箱造型的单件、小批铸件的生产。

(6)刮板造型

刮板造型(Sweep Molding)是指不用模样用刮板操作的造型和造芯方法。根据砂型腔和砂芯的表面形状,引导刮板作旋转、直线或曲线运动。刮板是一块与铸件截面形状相适应的木板,造型时刮板绕转轴旋转,便可在砂型中刮制出所需的型腔,(如图 1-12 所示)。刮板造型可省去模样材料及加工,造型操作较复杂,生产率较低,多适用于中、大型旋转体铸件的单件、小批生产。

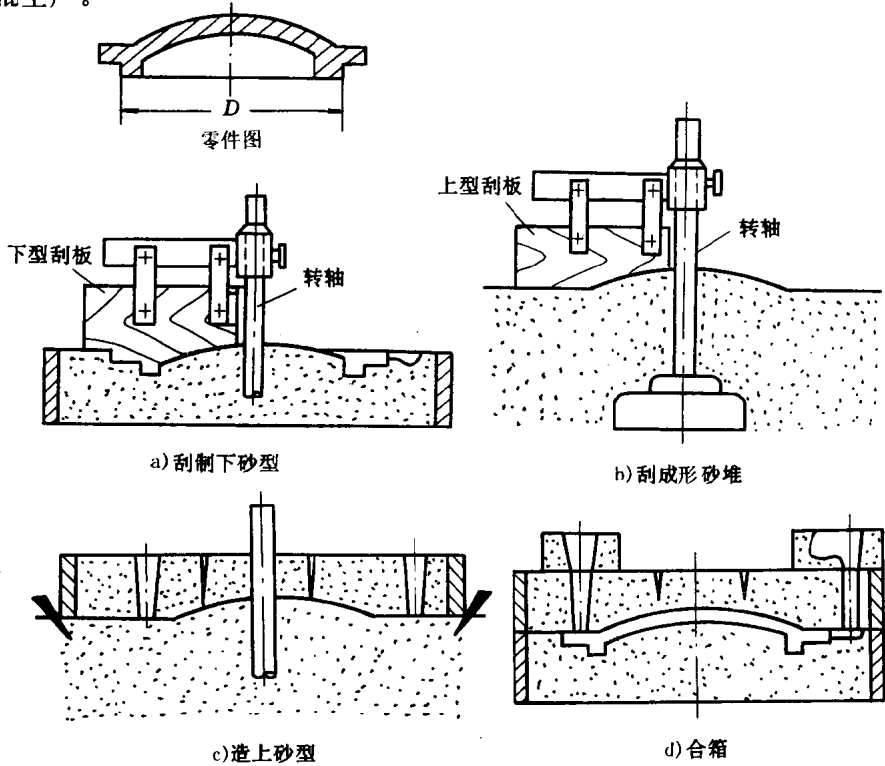


图 1-12 刮板造型过程简图

(7)地坑造型和组芯造型

①地坑造型(Pit Molding)是指在地平面以下的砂坑中或特制的地坑中下型的造型方法(图 1-13a)。铸造大型铸件时,常用焦炭垫底,再插入管子,便于排出气体。地坑造型可节省下砂箱,但造型较复杂费时,主要用于中、大型铸件单件小批量生产。

②组芯造型(Core Assembly Molding)是指用若干块砂芯组合成铸型的造型方法(图 1-13b)。其特点是只用芯盒不用模样,完全用型芯构成铸件外形和内腔,无需砂箱;可以提高铸件精度;造型成本较高。主要用于形状复杂、难以找出合适分型面的铸件的大批量生产。

2)机器造型

用机器全部地完成或至少完成紧砂操作的造型工序,叫做机器造型(Machine Molding)。它可以改善造型质量和工作条件,提高生产效率,可以提高铸型精度和铸件尺寸精度,降低铸件表面粗糙度,已成为现代化铸造生产的基本造型方法。机器造型所用设备和