



普通高等院校机械类规划系列教材

主 编 孙付春 李宏穆 朱 江

JINGONG SHIXI

JIAOCAI



金工实习教材



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

普通高等院校机械类规划系列教材

金工实习教材

主 编 孙付春 李宏穆 朱 江
副主编 王成启 郝兴安 张海薇
喻洪平 钱扬顺
主 审 段钦华

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书是根据国家教育部新颁布的“金工实习教学基本要求”，在总结编者多年教学和工作经验的基础上，结合现代制造技术的应用编写而成的。本书由热加工、冷加工和机器人及数控技术三大部分组成，包括铸造、锻压、焊接、车工、钳工、铣工与刨工、磨削、智能机器人、数控加工技术、CAXA 软件应用共 10 章。本书可作为高等工科院校本科机械类及近机类专业金工实习用教材，也可作不同层次教学人员和有关工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (C I P) 数据

金工实习教材 / 孙付春, 李宏穆, 朱江主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2010.8
(普通高等院校机械类规划系列教材)
ISBN 978-7-5643-0782-0

I. ①金… II. ①孙…②李…③朱… III. ①金属加工—实习—高等学校—教材 IV. ①TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 149015 号

普通高等院校机械类规划系列教材

金工实习教材

主编 孙付春 李宏穆 朱江

责任编辑 李芳芳

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 14.5

字数: 358 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0782-0

定价: 28.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

总 序

装备制造业是国民经济重要的支柱产业，随着国民经济的迅速发展，我国正由制造大国向制造强国转变。为了适应现代先进制造技术和现代设计理论和方法的发展，需要培养高素质复合型人才。近年来，各高校对机械类专业进行了卓有成效的教育教学改革。和过去相比，在教学理念、专业建设、课程设置、教学内容、教学手段和教学方法上，都发生了重大变化。

为了反映目前的教育教学改革成果，切实为高校的教育教学服务，西南交通大学出版社联合众多西部高校，共同编写系列适用教材，推出了这套“普通高等院校机械类规划系列教材”。

本系列教材体现“夯实基础，拓宽前沿”的主导思想。要求重视基础知识，保持知识体系的必要完整性，同时，适度拓宽前沿，将反映行业进步的新理论、新技术融入其中。在编写上，体现三个鲜明特色：首先，要回归工程，从工程实际出发，培养学生的工程能力和创新能力；其次，具有实用性，所选取的内容在实际工作中学有所用；再者，教材要贴近学生，面向学生，在形式上有利于进行自主探究式学习。本系列教材，重视实践和实验在教学中的积极作用。

本系列教材特色鲜明，主要针对应用型本科教学编写，同时也适用于其他类型的高校选用。希望本套教材所体现的思想和具有的特色能够得到广大教师和学生的认同。同时，也希望广大读者在使用中提出宝贵意见，对不足之处，不吝赐教，以便让本套教材不断完善。

最后，衷心感谢西南地区机械设计教学研究会、四川省机械工程学会机械设计（传动）分会对本套教材编写提供的大力支持与帮助！感谢本套教材所有的编写者、主编、主审所付出的辛勤劳动！

首届国家级教学名师

西南交通大学教授



2010年5月

前 言

金工实习是工科类院校机械类和近机类各专业教学中重要的实践性环节，它可为学生学习后继专业课程打下坚实的基础。传统的金工实习分为热加工和冷加工，以锻、铸、焊、车、钳、铣、刨、磨为主要内容。随着技术的发展，“新材料、新技术、新工艺”在工业生产中得到了广泛的应用，制造业也逐步由劳动密集型向知识和技术密集型产业转化，这对金工实习提出了新的要求。因此，本教材在传统金工实习的基础上，增加了数控及机器人等方面的内容。

全书由热加工、冷加工和机器人及数控技术三大部分组成，包括铸造、锻压、焊接、车工、钳工、铣工和刨工、磨削、智能机器人、数控加工技术、CAXA 软件应用共 10 章。全书由成都大学孙付春、成都理工大学李宏穆、朱江担任主编，由王成启、郝兴安、张海薇、喻洪平、钱扬顺担任副主编。全书编写分工如下：第 1 章由孙付春编写，第 2 章由钱扬顺、王成启编写，第 3 章由喻洪平编写，第 4 章由张海薇编写，第 5 章由冯博、李宏穆编写，第 6 章由朱江编写，第 7 章由周俊波编写，第 8 章由庄阿龙编写，第 9 章由郝兴安编写，第 10 章由张海薇编写。本书由孙付春负责统稿，成都大学段钦华教授担任主审。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 5 月

目 录

| | |
|---------------------|-----|
| 第 1 章 铸 造 | 1 |
| 1.1 铸造工艺基础知识 | 1 |
| 1.2 铸型准备 | 2 |
| 1.3 铸造合金的准备 | 12 |
| 1.4 铸件处理 | 16 |
| 1.5 特种铸造 | 18 |
| 1.6 铸造成形设计 | 24 |
| 思考题 | 26 |
| 第 2 章 锻 压 | 27 |
| 2.1 概 述 | 27 |
| 2.2 锻 造 | 27 |
| 2.3 冲 压 | 43 |
| 思考题 | 48 |
| 第 3 章 焊 接 | 49 |
| 3.1 手弧焊 | 50 |
| 3.2 埋弧焊 | 54 |
| 3.3 二氧化碳气体保护焊 | 57 |
| 3.4 气焊与气割 | 63 |
| 3.5 其他焊接方法 | 68 |
| 3.6 焊接缺陷及预防措施 | 77 |
| 思考题 | 82 |
| 第 4 章 车 工 | 83 |
| 4.1 概 述 | 83 |
| 4.2 普通卧式车床 | 84 |
| 4.3 车刀的刃磨及其安装 | 86 |
| 4.4 车床附件及工件安装 | 89 |
| 4.5 车床操作要点 | 94 |
| 4.6 车床基本操作过程 | 96 |
| 4.7 典型零件车削示例 | 102 |
| 思考题 | 103 |

| | |
|---------------------------|-----|
| 第 5 章 钳 工 | 104 |
| 5.1 概 述 | 104 |
| 5.2 划 线 | 106 |
| 5.3 锯 削 | 111 |
| 5.4 锉 削 | 113 |
| 5.5 铰 削 | 117 |
| 5.6 钻孔、扩孔及铰孔 | 121 |
| 5.7 攻螺纹和套螺纹 | 125 |
| 5.8 刮 削 | 127 |
| 5.9 零件加工示例 | 128 |
| 思考题 | 130 |
| 第 6 章 铣工与刨工 | 131 |
| 6.1 铣工概述 | 131 |
| 6.2 普通铣床 | 131 |
| 6.3 铣刀及其安装 | 132 |
| 6.4 铣床附件及工件安装 | 134 |
| 6.5 铣削的基本工作 | 134 |
| 6.6 刨工简介 | 135 |
| 思考题 | 136 |
| 第 7 章 磨 削 | 137 |
| 7.1 概 述 | 137 |
| 7.2 砂 轮 | 139 |
| 7.3 磨床简介 | 143 |
| 7.4 外圆磨削加工 | 147 |
| 7.5 其他表面磨削加工 | 150 |
| 7.6 其他磨削加工 | 153 |
| 思考题 | 155 |
| 第 8 章 智能机器人 | 156 |
| 8.1 概 述 | 156 |
| 8.2 能力风暴智能机器人的结构 | 157 |
| 8.3 图形化交互式 C 语言 | 159 |
| 思考题 | 162 |
| 第 9 章 数控加工技术 | 163 |
| 9.1 数控加工概述 | 163 |
| 9.2 数控加工程序编制 | 166 |

| | |
|-------------------------------|------------|
| 9.3 数控车削 | 183 |
| 9.4 数控铣削 | 189 |
| 9.5 特种加工技术 | 202 |
| 思考题 | 209 |
| 第 10 章 CAXA 软件应用 | 211 |
| 10.1 CAXA 概述 | 211 |
| 10.2 CAXA 制造工程师 | 211 |
| 10.3 CAXA 数控车软件简介 | 217 |
| 10.4 CAXA 线切割软件简介 | 218 |
| 思考题 | 219 |
| 参考文献 | 220 |

第 1 章 铸 造

将金属熔炼，制造铸型，并将熔融金属浇注、压射或吸入铸型，待其凝固后获得一定形状、尺寸和性能铸件的成形方法称为铸造。铸造生产历史悠久，是人类掌握比较早的一种金属热加工工艺，已有约 6 000 年的历史。铸造技术在现代工业、农业生产中占有极其重要的地位。例如，铸件在机床、内燃机、中型机器中占 70%~90%；农业机械中占 40%~70%；汽车中占 20%~30%。

1.1 铸造工艺基础知识

1.1.1 铸造分类

生产中，铸造的种类非常多，通常按铸件成形方法和工艺特点的不同分成两大类：一类为砂型铸造，另一类为特种铸造。

所谓砂型铸造，就是利用型砂和芯砂，通过使用模样和型芯来制成零件的外形和内腔，用金属浇注的方法获得金属零件或毛坯的一种铸造成形方法。常见的砂型铸造主要有手工造型、机器造型和生产线造型等，其中，按砂型的干湿程度，又可分为干型铸造和湿型铸造两种。

通常，也把除砂型铸造以外的其他铸造方法称为特种铸造。常见的特种铸造主要有金属模铸造、压力铸造、离心铸造和熔模铸造等。

铸造的种类虽然多，但最常用的基本方法是砂型铸造；目前约占铸件总产量的 80%以上。

1.1.2 铸造的特点

(1) 适应性强。铸件的形状可以较为复杂，利用型芯，还可以获得一般机械加工设备难以加工的内腔，如箱体、气缸体等。

(2) 工艺灵活性大，铸件尺寸、重量不限。从几毫米到十几米、几克到数百吨都可以。壁厚可由 0.5 mm 到 1 m 左右，铸件材料可用铸铁、铸钢、碳钢和有色金属等。

(3) 生产批量不受限制，可以从单件小批到大量生产。

(4) 成本低廉。铸件可直接利用成本低廉的废机件和切屑等作为原材料，设备费用低，同时铸件的加工余量小，可节约金属材料。

但是，铸造生产也存在某些不足。例如，砂型铸造生产工序较多，有些工艺难以控制，铸件质量不稳定，废品率较高；铸件组织粗大，常出现缩孔、疏松、气孔等缺陷，其力学性

能不如同类材料的锻件；铸件表面较粗糙，尺寸精度低；工人的劳动强度大，劳动条件差等。

1.1.3 铸造工艺流程

随着科技的进步与铸造业的蓬勃发展，不同的铸造方法对应不同的铸造工艺流程。以应用最广泛的砂型铸造为例，砂型铸造工艺可分为铸型准备、铸造金属准备和铸件处理三个基本部分，如图 1.1 所示。铸型准备包括造型、造芯及合箱等；铸造金属准备包括金属熔炼及浇注等；铸件处理包括落砂清理、铸件检验、铸件热处理等。

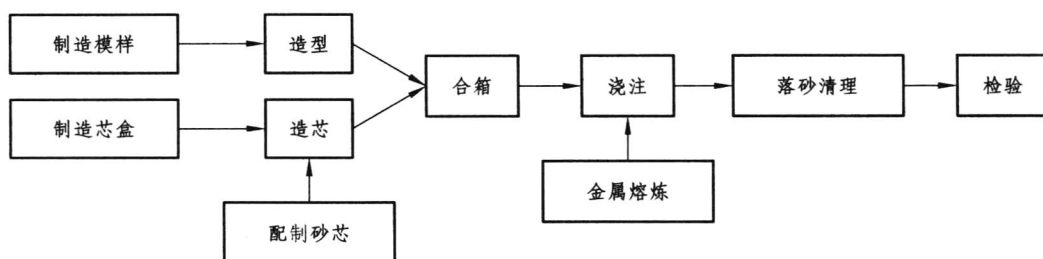


图 1.1 砂型铸造工艺流程

1.2 铸型准备

1.2.1 型（芯）砂

型（芯）砂是制造砂型和型芯的造型材料。配制好符合要求的型（芯）砂经紧实后，可塑造成各种形状的砂型和型芯。型（芯）砂的质量对铸件生产起着重要作用，据统计，铸件废品中约有 50% 以上与其有关，另外，型（芯）砂的用量也很大，生产 1 t 铸件，需要 3~4 t 型（芯）砂。因此，为了提高铸件质量，降低成本，应对型（芯）砂的性能提出要求。

1. 型（芯）砂的性能要求

(1) 强度 强度是指型（芯）砂在外力作用下不发生变形和破坏的能力。型（芯）砂应具有足够的强度，以便于砂型和型芯的制造、装配和搬运，并能承受浇注时液体金属的冲击力和浮力。型（芯）砂强度不够时，容易发生塌箱、冲砂、胀砂等现象，使铸件产生砂眼、夹砂、黏砂等缺陷；如果强度太高，又会阻碍气体的排除和铸件的收缩，使铸件产生气孔、过大的内应力，甚至裂纹等缺陷。

(2) 透气性 透气性是指型（芯）砂在正常紧实后能让气体通过的能力。浇注时，型（芯）砂在高温液态金属作用下会产生大量的气体，液态金属冷却时也会析出一些气体。如果型（芯）砂透气性不好，使这些气体不能迅速排除，将会留在铸件内产生气孔等缺陷。

(3) 耐火性 耐火性是指型（芯）砂在高温液态金属作用下不熔融、不烧结的性能。型（芯）砂耐火性不足时，砂粒将被烧熔而黏附在铸件表面上形成黏砂缺陷。

(4) 可塑性 可塑性是指型砂在外力作用下变形, 去除外力后能完整地保持已有形状的能力。可塑性好, 则造型操作方便, 制成的砂型形状准确, 轮廓清晰。

(5) 退让性 退让性是指型(芯)砂具有随着铸件的冷却收缩而被压缩其体积或溃散的性能。型(芯)砂的退让性不好, 将使铸件冷却收缩受阻, 产生内应力、变形和裂纹等缺陷。

型(芯)砂除具有上述主要性能外, 还应具有良好的可塑性、流动性、发气性、出砂性和回用性等。型(芯)砂的性能可用专门的仪器来测定, 也可采用如图 1.2 所示的手测法估测。型砂湿度适当时, 可用手握成砂团状, 手放开后可看到清晰的手纹; 砂团折断时, 断面没有碎裂纹, 同时具有足够的强度。

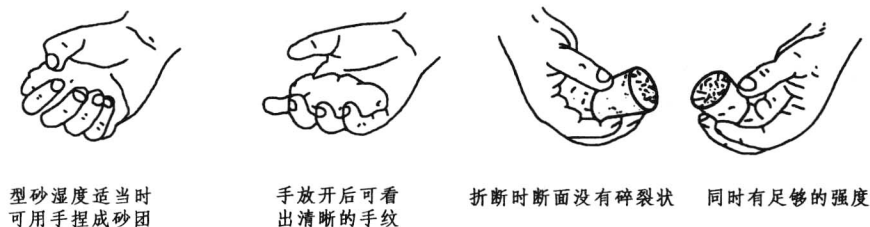


图 1.2 手测法检验型砂性能

2. 型(芯)砂的组成及种类

为了满足型(芯)砂的性能要求, 型砂由原砂、黏结剂、水及附加物按一定比例混制而成。

(1) 原砂: 一般采自海砂、河砂或山地砂, 但并非所有的砂子都能用于铸造。铸造用砂应控制。

① 化学成分: 原砂的主要成分是石英和少量的杂质(钠、钾、钙、铁等的氧化物)。石英的化学成分是二氧化硅(SiO_2), 它的熔点高达 1700°C 。砂中 SiO_2 含量越高, 其耐火性越好。铸造用砂 SiO_2 含量为 $85\%\sim 97\%$ 。

② 粒度与形状: 砂粒越大, 耐火性和透气性就越好。

砂粒的形状可分为圆形、多角形和尖角形。一般湿型砂多采用颗粒均匀的圆形或多角形的天然石英砂或石英长石砂。高熔点金属铸件应选用粗砂, 以保证耐火性。

(2) 黏结剂: 用来黏结砂粒的材料, 如水玻璃、桐油、干性植物油、树脂和黏土等。前几种黏结性比黏土好, 但价格贵且来源不广, 因此, 除特殊要求的型砂, 一般不用。黏土价廉且资源丰富, 有一定的黏结强度, 用得较多。黏土又分为普通黏土和膨润土。湿型砂普遍采用黏结性较好的膨润土, 而干型多采用普通黏土。

(3) 附加物: 为改善型砂的某些性能而加入的材料, 常用的附加物有煤粉、油、木屑等。

3. 型(芯)砂的配制

根据铸件的材料、复杂程度, 以及对型(芯)砂的具体性能要求不同, 型(芯)砂应选用不同的原材料, 并按不同的比例配制。在铸造生产中, 黏土型(芯)砂应用最广, 其配制是在混砂机中进行的。混砂时, 按比例加入新砂、旧砂、黏结剂和附加材料, 先进行干混, 然后加水湿混。在混砂机碾压和搓揉作用下, 各种材料被均匀混合。为了保证型(芯)砂和水分渗透均匀, 混合好的型(芯)砂通常要储放 $3\sim 8\text{h}$, 最后经松砂处理后使用。生产中还常把型砂分为面砂和背砂。与铸件接触的那一层砂称为面砂, 与铸件不接触且只作为填充用

的型(芯)砂称为背砂。对面砂的强度、耐火性的要求较高,而背砂则较低。为了节约造型材料,降低生产成本,背砂一般用旧砂,即已经使用过的但经适当处理后可重复使用的型砂,而面砂则用专门配制的新砂。

1.2.2 造 型

1. 砂型结构

砂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。以两箱砂型铸造为例,典型的砂型如图 1.3 所示,它由上砂型、下砂型、浇注系统、型腔、型芯和通气孔组成。型砂被舂紧在上、下砂箱中,连同砂箱一起,称为上砂型(上箱)和下砂型(下箱)。取出模样后砂型中留下的空腔称为型腔。上、下砂型的分界面称为分型面,一般位于模样的最大截面上。型芯是为了形成铸件上的孔或局部外形,用芯砂制成。型芯上用来安放和固定型芯的部分称为型芯头,型芯头放在砂型的型芯座中。

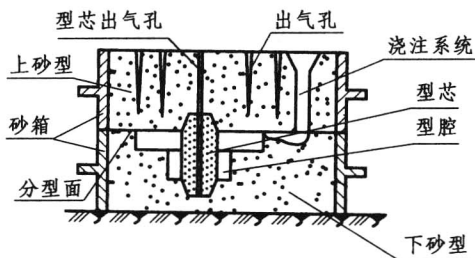


图 1.3 砂型结构

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。金属液从外浇口浇入,经直浇道、横浇道、内浇道流入型腔。因此,浇注系统包括外浇口、直浇道、横浇道、内浇道。型腔最高处开有出气孔,以观察金属液是否浇满,也可排除型腔中的气体。被高温金属包围后型芯产生的气体则由型芯通气孔排出,而型砂中的气体及部分型腔中的气体则由出气孔排出。有的铸件为了避免产生缩孔缺陷,应在铸件厚大部分或最高部分加有补缩冒口。

2. 模 样

造型时需要模样和芯盒。模样是用来形成铸件外部轮廓的,芯盒是用来制造砂芯,形成铸件内部轮廓的。制造模样和芯盒所用的材料,根据铸件大小和生产规模的大小而有所不同。产量小的一般用木材制作模样和芯盒,产量大的可用金属或塑料制作模样和芯盒。

在设计和制造模样和芯盒时,必须考虑下列问题:

- (1) 分型面的选择。分型面是两半铸型相互接触的表面,分型面的选择要恰当。
- (2) 起模斜度的确定。一般木模斜度为 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$,金属模斜度为 $0.5^{\circ}\sim 1^{\circ}$ 。
- (3) 考虑到铸件冷却凝固过程中的体积收缩,为了保证铸件尺寸,模样尺寸应比铸件尺寸大一个收缩量。
- (4) 铸件上凡是需要机械加工的部分,都应在模样上增加加工余量,加工余量的大小与加工表面的精度、加工面尺寸、造型方法以及加工面在铸件的位置有关。

(5) 为了减少铸件出现裂纹的倾向, 并为了造型、造芯方便, 应将模样和芯盒的转角处做成圆角。

(6) 当有型芯时, 为了能安放型芯, 模样上要考虑设置芯座头。

3. 造型

造型是指用造型材料及模样等工艺装备制造铸型的过程。造型是铸造生产过程中最复杂、最主要的工序之一, 对铸件的质量影响极大。造型方法可分为手工造型和机器造型两大类。后者制作的砂型型腔质量好, 生产效率高, 但只适用于成批或大批量生产条件。手工造型具有机动、灵活的特点, 应用较为普遍。

1) 手工造型

手工造型是全部用手工或手动工具制作铸型的造型方法。根据铸件结构、生产批量和生产条件, 可采用不同的手工造型方案。手工造型使用的造型工具及辅具包括砂箱和造型工具、修型工具等, 分别如图 1.4、图 1.5 所示。其工艺装备简单、操作方便, 但劳动强度大、生产率低、铸件质量较差, 多用于单件小批量生产。实际生产中, 由于铸件的大小、形状、材料、批量和生产条件不同, 可采用整模两箱造型、分模造型、挖砂造型、活块模造型、刮板造型及三箱造型等造型方法。

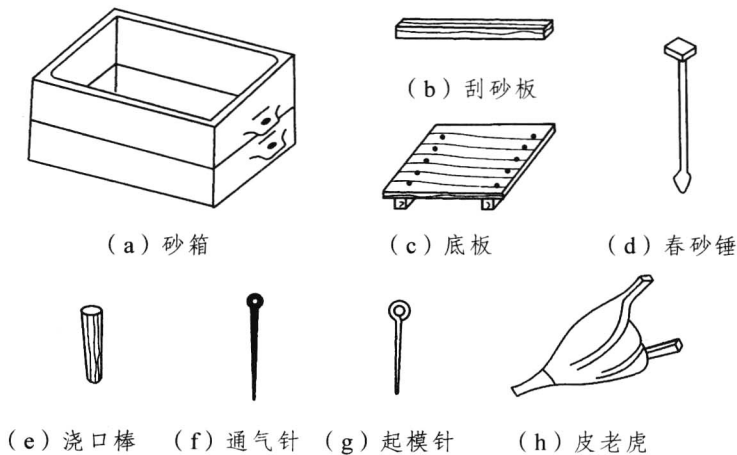


图 1.4 砂箱和造型工具



图 1.5 修形工具

(1) 整模两箱造型 当零件的最大截面在端部, 并选此最大截面作为分型面, 将模样做成整体模型, 采用两箱进行造型的方法称为整模两箱造型。整模两箱造型的过程如图 1.6 所示。

① 造下砂型。如图 1.6 (c) 所示，将模样安放在底板上的砂箱内，安放两个定位销座（图中未表示出），加型砂后用捣砂锤捣实，用刮砂板刮平。

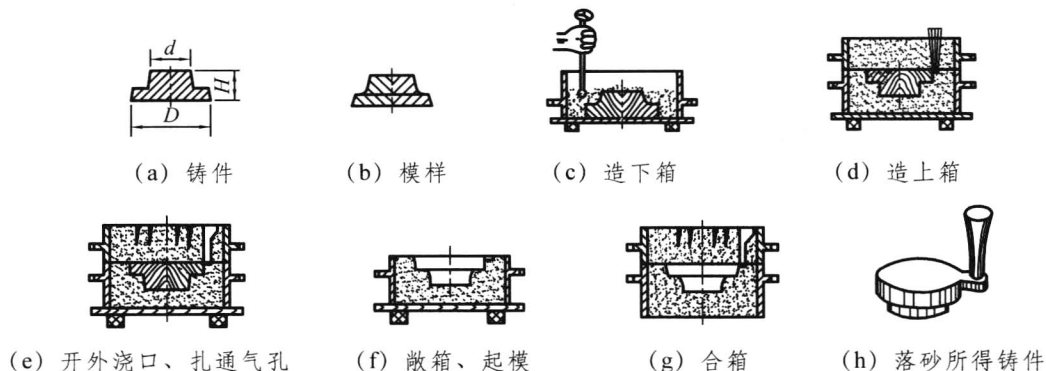


图 1.6 整模造型

② 造上砂型。翻转下砂型，按要求放好上砂箱、横浇口、直浇口棒和定位销，撤分型砂，后加型砂造上砂型，如图 1.6 (d) 所示。

③ 扎通气孔。取出直浇口棒，开外浇口并按要求扎通气孔，如图 1.6 (e) 所示。

④ 开箱起模与合型。打开上砂型起出模样，如图 1.6 (f) 所示，修型后合箱，如图 1.6 (g) 所示。

整模两箱造型时，模样全部在一个砂箱内，分型面是平面，起模时模样从两砂箱的分型面上取出。因此造型简便，无错箱。整模两箱造型适用于形状简单、最大截面在一端且为平面的铸件。

(2) 分模造型 分模造型适用于最大截面不在端部的铸件。如果铸件只有一个分型面，可采用两箱分模造型；如果铸件有两个或两个以上的分型面时，应采用三箱或多箱分模造型。两箱分模造型是把模样沿最大截面处分成两半，造型时两个半模分别位于上、下两个砂箱内，分型面是平面。两箱分模造型的铸型简单，操作方便，是应用最广泛的造型方法。分模造型如图 1.7 所示。

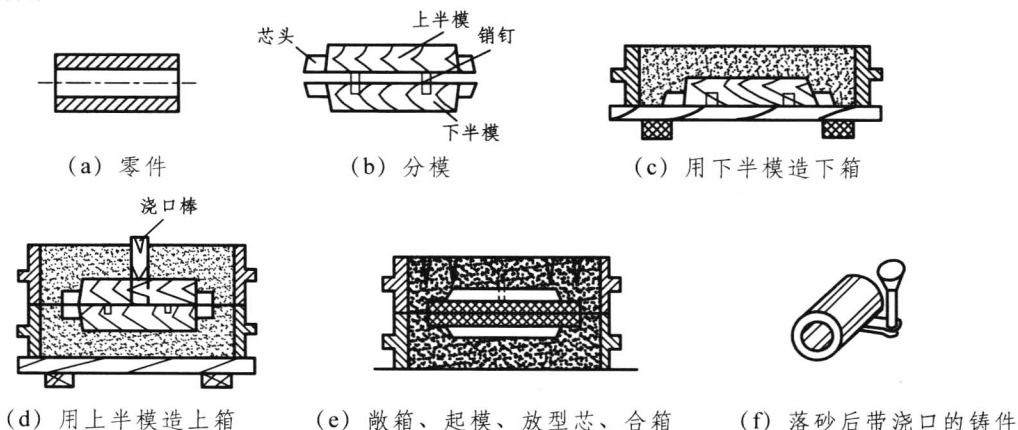


图 1.7 分模造型

(3) 挖砂造型和假箱造型 当铸件的分型面为曲面且模样又不宜分开制造时，可将模样

做成整模，采用挖砂造型。挖砂造型时一定要挖到模样的最大截面处，将下砂箱中阻碍起模的砂型全部挖掉。挖砂造型如图 1.8 所示。

挖砂造型生产率低，对操作者的要求较高，只适用于单件生产。当生产量较大时，可采用假箱造型，即用成形底板代替底板，将模样放在成形底板上造型，从而省去挖砂的操作。假箱造型如图 1.9 所示。

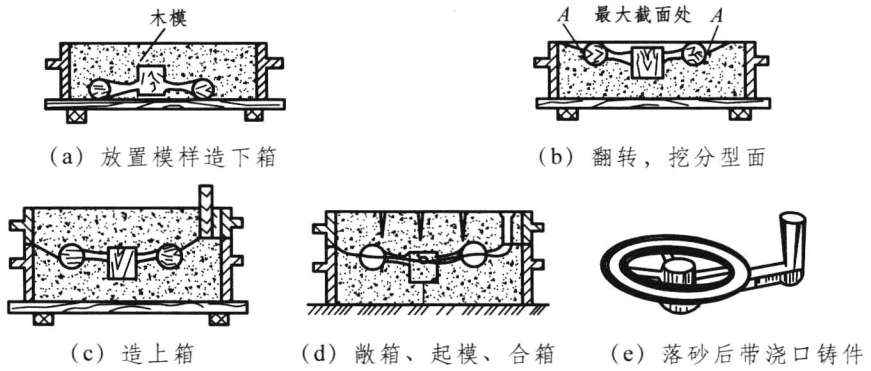


图 1.8 挖砂造型

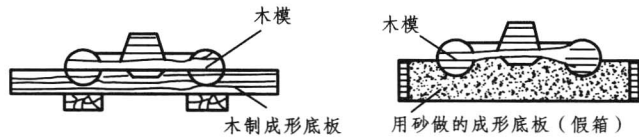


图 1.9 假箱造型

(4) 活块造型 活块造型是将模样上妨碍起模的凸起部分做成活块，用销子或燕尾榫与模样主体连接，起模时，先取出模样主体，然后再取出活块的造型方法，如图 1.10 所示。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。活块造型主要用于单件或小批量生产带有凸起部分的铸件。

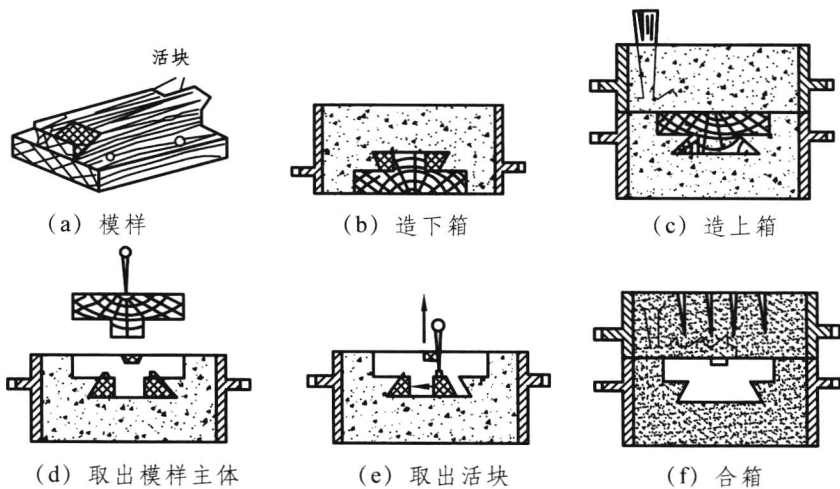


图 1.10 活块造型

活块造型生产率低，对操作者的技术要求高，只适合于单件生产。当生产量较大或采用

机器造型时，可采用外型芯来形成铸件上妨碍起模的凸起部分，如图 1.11 所示，从而避免使用活块造型。

(5) 刮板造型 对于尺寸较大的旋转零件，如果生产数量很少，可采用刮板造型。刮板造型采用一块与铸件截面形状相适应的刮板代替实体模样。造型时，使刮板绕固定的垂直轴旋转，在上、下砂箱中刮出与铸件相适应的型腔，合箱后即得到需要的铸型。皮带轮的刮板造型过程如图 1.12 所示。这种造型方法可节省制作模样的工时及材料，但操作麻烦，要求较高的操作技术，生产率低，多用于单件或小批量生产较大回转体铸件，如飞轮、圆环等。

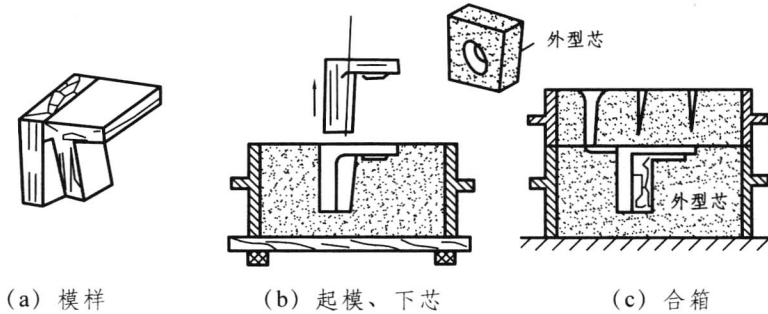


图 1.11 用外型芯代替活块

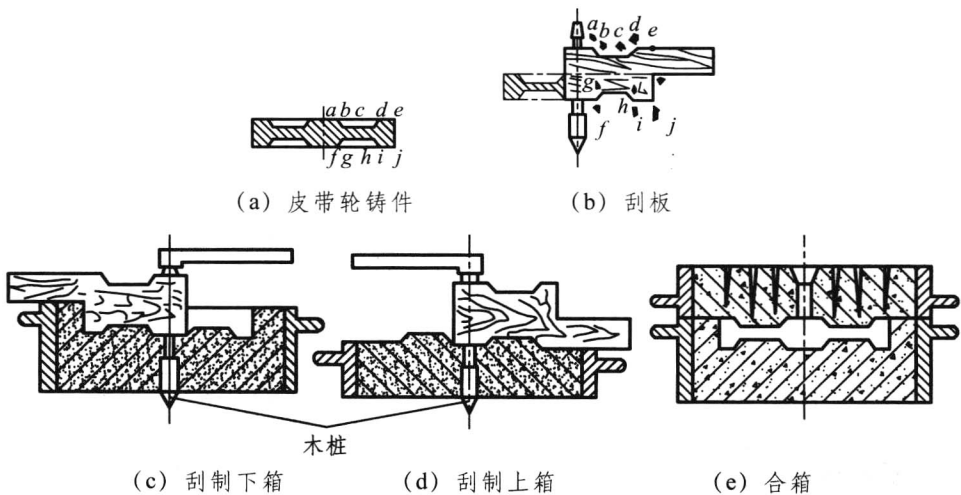


图 1.12 皮带轮逐渐的刮板造型过程

(6) 三箱造型 用三个砂箱制造铸型的方法。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 1.13 所示为槽轮的三箱造型过程。三箱造型的特点是：模样必须是分开的，以便于从中型内起出模样；中型上、下两面都是分型面，且中箱高度应与中型的模样高度相近；造型过程较复杂，生产率较低，易产生错箱缺陷，只适于单件小批量生产。在成批大量生产中，可采用带外砂芯的整模两箱造型代替三箱造型，如图 1.14 所示。

2) 机器造型

机器造型是将手工造型中的紧砂和起模工步实现了机械化的方法。与手工造型相比，机

器造型不仅提高了生产率，改善了劳动条件，而且提高了铸件精度和表面质量。但是机器造型所用的造型设备和工艺装备的费用高，生产准备时间长，故只适用于中、小铸件成批或大量生产。

(1) 机器造型按照不同的紧砂方式可分为振实、压实、振压、抛砂、射砂造型等多种方法，其中以振压式造型和射砂造型应用最广。图 1.15 所示为振压式造型机示意图。工作时打开砂斗门向砂箱中放型砂。压缩空气从振实出口进入振实活塞的下面，工作台上升过程中先关闭振实进气通路，然后打开振实排气口，于是工作台带着砂箱下落，与活塞顶部产生了一次撞击。如此反复振击，可使型砂在惯性力作用下被初步紧实。砂型紧实后，压缩空气推动压力油进入起模压缸，四根起模顶杆将砂箱顶起，使砂型与模样分开，完成起模。

(2) 机器造型采用单面模样来造型，其特点是上、下型以各自的模板，分别在两台配对的造型机上造型，造好的上、下半型用箱锥定位而合型。对于小铸件生产，有时采用双面模样进行脱箱造型。双面模板把上、下两个模及浇注系统固定在同一模样的两侧，此时，上、下两型均在同一台造型机制出，铸型合型后砂箱脱除，并于浇注前在铸型上加套箱，以防错箱。

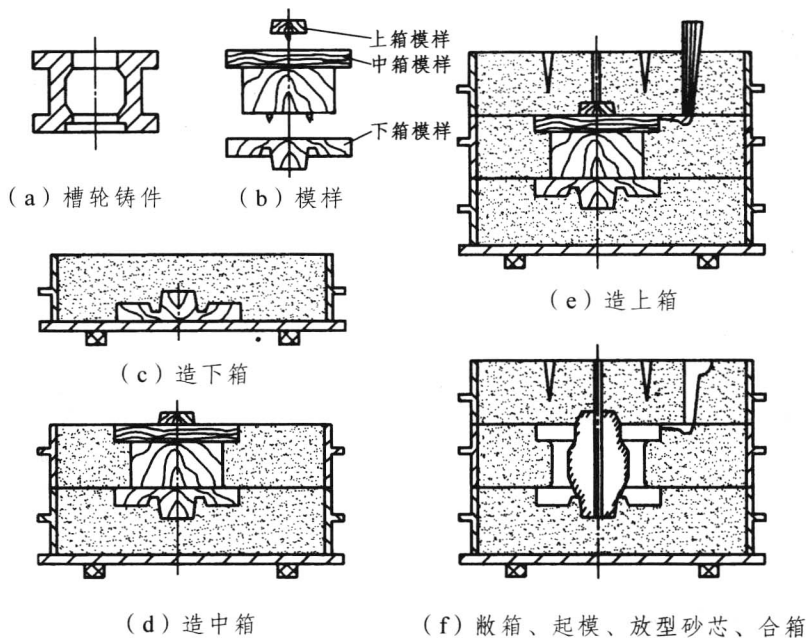


图 1.13 槽轮铸件的三箱造型

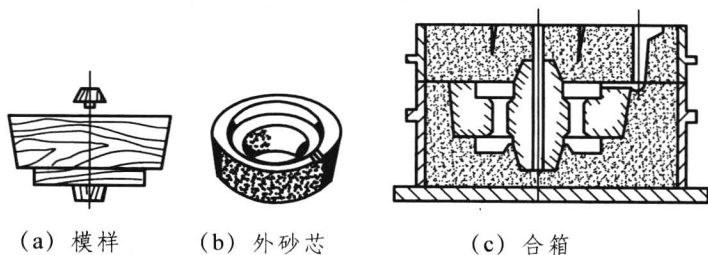


图 1.14 改用外砂芯的整模两箱造型

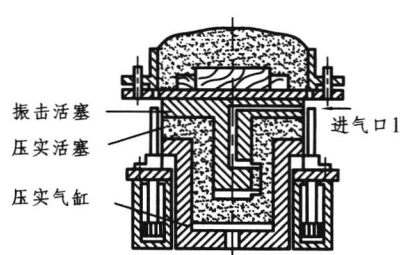


图 1.15 振压式造型机