

高等学校教材

金工实习

(工程材料及机械制造基础IV)

孔德音 主编

机械工业出版社

高等学校教材

金 工 实 习

(工程材料及机械制造基础Ⅳ)

主 编 孔德音

副主编 陈万卿

参 编 (按章节顺序)

赵燕平 詹 武

黄丽明 郑连义

刘明庚 范桂珍

张惠云 贺爱华

司嘉耀 吴建芳

王浩程

主 审 徐允长



机械工业出版社

本书是工程材料及机械制造基础一套4册系列教学用书之Ⅳ。全书共分十三章。内容包括铸造、锻压、焊接、热处理、量具、切削加工基础知识、车削、钻削和镗削、刨削、插削和拉削、铣削、磨削、特种加工与数控机床、钳工等。

本书可作为高等工业学校机械类、近机类各专业本科、专科的教材，也可供机械制造行业的工程技术人员参考。

金 工 实 习

(工程材料及机械制造基础Ⅳ)

孔德音 主编

*

责任编辑：杨 燕 版式设计：霍永明

封面设计：方 芬 责任校对：申春香

责任印制：路 琳

*

机械工业出版社出版（北京市百万庄大街22号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 17·字数 415 千字

1998年10月第1版第1次印刷

印数 0001—5500 定价：22.00 元

*

ISBN 7-111-06230-2/TG·1203（课）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

前 言

工程材料及机械制造基础是高等工科院校机械类各专业必修的技术基础课,是研究机械零件制造工艺方法的综合技术性学科,主要研究工程材料的性能及其对加工工艺方法的影响,各种工艺方法的规律性及其相互联系与比较,加工工艺过程和结构工艺性。

根据国家教委高等教育司1995年5月3日颁布的高等工业学校“工程材料及机械制造基础”课程教学基本要求和“金工实习”教学基本要求,组织有关高校长期在本学科教学一线的有丰富教学经验的教师,成立了本课程教材编写组,在集体讨论的基础上,分工编写了《工程材料》、《热加工工艺基础》、《机械加工工艺基础》和《金工实习》一套四册系列教学用书。

为了提高教材质量,本书在内容取材上注意了与课堂教学教材的分工与配合,合理调整了理论教学与实践教学内容;为体现实践为主的原则,对加工设备的介绍以外部结构、作用和使用方法为主,对加工方法的介绍以操作过程和操作技术为主,以利学生掌握基本技能;为体现启发式教学,在内容编排上,贯彻由浅入深、循序渐进的原则,并在各章后面,附有一定数量的复习思考题,以引导学生独立思考,培养分析问题和解决问题的能力;为拓宽知识领域,对近年来应用日益广泛的特种加工和数控机床等新技术、新工艺作了初步介绍;此外,本书中所有名词、术语及计量单位均采用了最新国家标准。

本书可作为高等工业学校机类、近机类各专业本科、专科的金工实习教材,也可供机械制造行业的工程技术人员参考。

本书编写人员如下:陈万卿(第一章)、赵燕平(第二章)、詹武(第三章)、黄丽明(第四章)、郑连义(第五章)、刘明庚(第六章)、范桂珍(第七章)、张惠云(第八章)、贺爱军(第九章)、司嘉耀(第十章)、孔德音(第十一章)、吴建华(第十二章)、王浩程(第十三章)。本书由天津轻工业学院孔德音教授任主编,陈万卿副教授任副主编,天津大学徐允长教授任主审。

本书在编写大纲的讨论及各章编写过程中,得到许多高校同行的大力支持,提出了许多宝贵意见,在此一并致谢!

由于编者水平与经验有限,书中欠妥与疏漏之处在所难免,恳请同行与广大读者指正。

2003/11/03

目 录

前 言

第一章 铸造 1

第一节 概述 1

第二节 型(芯)砂 2

第三节 造型 4

第四节 铸铁 17

第五节 铸件浇注、落砂、清理及缺陷分析... 23

第六节 模样及型芯盒 26

第七节 特种铸造 27

第八节 各种铸造方法的比较 32

复习思考题 33

第二章 锻压 36

第一节 概述 36

第二节 金属的塑性变形 36

第三节 坯料加热和锻件冷却 38

第四节 自由锻造 42

第五节 模型锻造 55

第六节 锻件缺陷分析 57

第七节 板料冲压 58

复习思考题 62

第三章 焊接 64

第一节 概述 64

第二节 焊条电弧焊 65

第三节 气焊和气割 74

第四节 其它焊接方法 81

第五节 焊接件缺陷分析 89

复习思考题 91

第四章 热处理 93

第一节 概述 93

第二节 常用热处理方法 93

第三节 常用热处理设备 97

第四节 钢的火花鉴别和硬度测定 99

复习思考题 103

第五章 量具 104

第一节 游标卡尺 104

第二节 千分尺 106

第三节 百分表 108

第四节 万能角度尺 110

复习思考题 112

第六章 切削加工基础知识 114

第一节 切削加工的分类与刀具 114

第二节 工作运动与切削用量 115

第三节 机床的组成与传动 117

第四节 切削力与切削热 119

第五节 切削加工质量 120

第六节 切削加工的一般步骤 122

复习思考题 125

第七章 车削 126

第一节 概述 126

第二节 车床 127

第三节 车刀及其安装 133

第四节 工件安装及车床附件 136

第五节 车床操作 142

第六节 车削基本工艺 145

第七节 车削工艺举例 155

复习思考题 159

第八章 钻削和镗削 160

第一节 钻削 160

第二节 镗削 167

复习思考题 170

第九章 刨削、插削和拉削 171

第一节 概述 171

第二节 刨床	172	第四节 工件的安装	213
第三节 刨刀	176	第五节 磨削基本工艺	215
第四节 工件的安装	178	复习思考题	219
第五节 刨削基本工艺	180	第十二章 特种加工与数控机床	220
第六节 插削	183	第一节 特种加工	220
第七节 拉削	185	第二节 数控机床	226
复习思考题	187	复习思考题	234
第十章 铣削	188	第十三章 钳工	235
第一节 概述	188	第一节 概述	235
第二节 铣床	190	第二节 划线	235
第三节 铣刀及其安装	192	第三节 錾削	243
第四节 铣床附件及工件安装	194	第四节 锯切	245
第五节 铣削基本工艺	198	第五节 锉削	248
第六节 齿轮齿形加工	202	第六节 攻螺纹和套螺纹	254
复习思考题	206	第七节 刮削	257
第十一章 磨削	207	第八节 装配	259
第一节 概述	207	复习思考题	264
第二节 磨床	208	参考文献	266
第三节 砂轮	211		

第一章 铸 造

第一节 概 述

一、铸造及其特点

铸造是熔炼金属，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。铸件一般是毛坯，经切削加工等才成为零件。零件精度要求较低和表面粗糙度参数值允许较大的零件，或经过特种铸造的铸件也可直接使用。

铸造生产方法很多，常见有两类：

(1) 砂型铸造 用型砂紧实成型的铸造方法。型砂来源广泛，价格低廉，且砂型铸造方法适应性强，因而是目前生产中用得最多、最基本的铸造方法。

(2) 特种铸造 与砂型铸造不同的其它铸造方法，如熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造和离心铸造等。

铸造生产具有以下优点：

(1) 可以制成外形和内腔十分复杂的毛坯，如各种箱体、床身、机架等。

(2) 适用范围广。可铸造不同尺寸、重量^①及各种形状的工件；也适用于不同材料，如铸铁、铸钢、非铁合金。铸件重量可以从几克到二百吨以上。

(3) 原材料来源广泛，还可利用报废的机件或切屑；工艺设备费用小，成本低。

(4) 所得铸件与零件尺寸较接近，可节省金属的消耗，减少切削加工工作量。

但铸件也有力学性能较差，生产工序多，质量不稳定，工人劳动条件差等缺点。随着铸造合金、铸造工艺技术的发展，特别是精密铸造的发展和新型铸造合金的成功应用，使铸件的表面质量、力学性能都有显著提高，铸件的应用范围日益扩大。

铸件广泛用于机床制造、动力、交通运输、轻纺机械、冶金机械等设备。铸件重量占机器总重量的40%~85%。

二、砂型铸造的生产过程

砂型铸造的生产过程如图 1-1 所示。根据零件的形状和尺寸，设计制造模样和型芯盒；配制型砂和芯砂；用模样制造砂型；用型芯盒制造型芯；把烘干的型芯装入砂型并合型；将熔化的液态金属浇入铸型；凝固后经落砂、清理、检

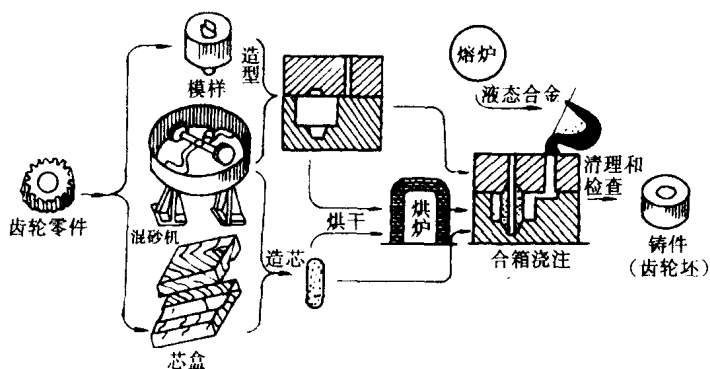


图 1-1 砂型铸造生产过程

① 本书的“重量”一词是指物体的质量。

验即得铸件。

三、铸型的组成

铸型是依据零件形状用造型材料制成的，铸型可以是砂型，也可以是金属型。砂型是由型砂等作为造型材料制成的。

铸型一般由上型、下型、型芯、型腔和浇注系统等组成，如图 1-2 所示。铸型组元间的接合面称为分型面。铸型中造型材料所包围的空腔部分，即形成铸件本体的空腔称为型腔。型芯一般用来形成铸件的内孔和内腔。液态金属通过浇注系统流入并充满型腔，产生的气体从出气孔等处排出砂型。

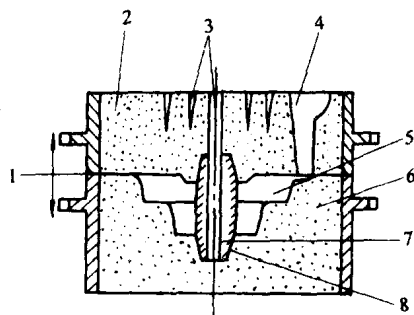


图 1-2 铸型装配图

1—分型面 2—上型 3—出气孔
4—浇注系统 5—型腔 6—下型
7—型芯 8—芯头芯座

第二节 型（芯）砂

应用最广的砂型铸造的铸型是由型砂制成的。型（芯）砂质量对铸件质量影响很大，型（芯）砂质量不好会使铸件产生气孔、砂眼、粘砂等缺陷，因此，必须严格控制型（芯）砂的质量。

一、型（芯）砂的性能

对型（芯）砂的基本性能要求如下：

1. 强度

型（芯）砂抵抗外力破坏的能力称为强度。强度过低，在造型、搬运、合型过程中易引起塌箱，或在液态金属的冲刷下使铸型表面破坏，造成铸件砂眼等缺陷。强度过高，又使铸型太硬，阻碍铸件的收缩，使铸件产生内应力，甚至开裂，还使透气性变差。型砂的强度主要取决于粘结剂的品种、质量和加入量，水分也起一定作用。一般湿砂型强度控制在 $3.9 \sim 7.8 \text{ MPa/cm}^2$ 。

2. 透气性

型砂通过气体的能力称为透气性。当高温液态金属浇入铸型内时，铸型会产生大量气体，这些气体必须通过铸型排出。如果型砂的透气性不好，部分气体无法排出，就会留在铸件中形成气孔。透气性过高则型砂太疏松，容易使铸件粘砂。型砂透气性与砂子的颗粒度，以及粘土与水分的含量有关。一般砂粒粗大均匀、粘土和水的含量适中，透气性则好。型砂中含有过量水分和粉尘，造型时过度紧实均会降低透气性。

3. 耐火性

型砂在高温液态金属作用下不熔融、不烧结的性能称为耐火性。型砂耐火性好，在液态金属作用下不易烧结粘砂。耐火性主要取决于砂中 SiO_2 的含量。 SiO_2 的熔点为 1714°C ，砂中 SiO_2 的含量越高，型砂的耐火性越好；型砂粒度大，耐火性也好。生产铸铁件时，砂中 SiO_2 含量应大于 85%。

4. 可塑性

型砂在外力下产生变形，而在外力去除后仍能保持其获得形状的能力称为可塑性。可塑性好，型砂变形容易，铸型轮廓清晰，易于起模。可塑性与型砂中粘土和水分的含量，砂子

粒度有关。一般砂子颗粒较细，粘土量多，水分适当时，型砂可塑性好。

5. 退让性

铸件在凝固时，型砂能被压缩体积的性能称为退让性。退让性差，铸件在凝固收缩时会受阻而产生内应力、变形和裂纹等缺陷。因此，对于一些收缩较大的合金或大型铸件应在型砂中加入一些锯末、焦炭粒等物质以增加退让性。

芯砂大部分与金属液接触，必须具有更高的强度、耐火性、透气性和退让性等。

二、型（芯）砂的组成

型砂的性能与其组成有关。一般型砂由原砂、粘结剂、附加物及水按一定配比混制而成。

1. 原砂

原砂是型砂的主体，主要成分为 SiO_2 ，能耐高温。原砂颗粒度的大小、形状等对型砂的性能影响很大。

2. 粘结剂 粘结剂的作用是使砂粒粘结成具有一定可塑性及强度的型砂。在砂型铸造中，所用粘结剂大多为粘土。粘土分普通粘土和膨润土。原砂和粘土再加入一定量的水混制后，就在砂粒表面包上一层粘土膜，经紧实后就使型砂具有一定的强度和透气性，如图 1-3 所示。除粘土外，常用的粘结剂还有水玻璃、树脂、合脂等。

3. 附加物

为改善型（芯）砂的某些性能而加入的材料称为附加物。型砂中常加入的附加物有煤粉、锯木屑等。在一些中小型铸铁件使用的湿砂型中还常加入煤粉，煤粉的作用是在高温液态金属作用下燃烧形成气膜，隔绝液态金属与铸型内腔的直接作用，防止铸件粘砂，使表面光洁。木屑的加入能改善型砂的退让性和透气性。

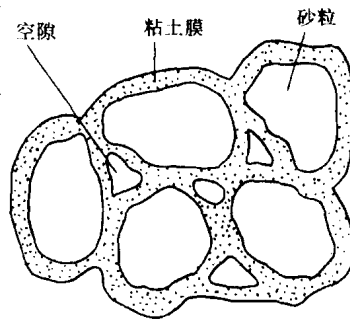


图 1-3 型砂结构示意图

4. 水

粘土砂中的水分对型砂性能和铸件质量影响极大。干态粘土是不能粘结型砂的，粘土只有被水润湿后，其粘性才能发挥。水分太少则型砂干而脆，造型起模有困难；水分过多则型砂过湿，以致形成可流动的粘土浆，不仅型砂强度低，而且造型时易粘模，使造型操作困难。当粘土与水分重量比为 3 : 1 时，型砂强度可达最大值。

5. 涂料

为提高铸件表面质量，可在砂型或型芯表面上涂料。如铸铁件的湿型用石墨粉扑撒一层到砂型上；干型用石墨粉加少量粘土的水涂料，涂刷在型腔表面上。

生产中为节约原材料、合理使用型砂，常把型砂分成面砂和背砂。与铸件接触的那一层型砂为面砂。它应具有较高的可塑性、强度和耐火性，常用较多的新砂配制。填充在面砂和砂箱之间的型砂称为背砂，又叫填充砂，一般用旧砂。对于机械化程度较高的大批量生产，不分面砂和背砂，而采用单一砂。常用的型砂配方如下：

面砂（质量分数）：旧砂 70%~80%；新砂 20%~30%；膨润土 4%~5%；煤粉 3%~5%；水分 5%~7%。

背砂（质量分数）：100%旧砂加适量的水。

生产中一般型芯可以用粘土芯砂，但粘土加入量要比型砂高。形状复杂、要求强度较高的型芯，要用桐油砂、合脂砂或树脂砂等材料。为了保证足够的耐火度、透气性，型芯中应

多加新砂或全部用新砂。对于复杂的型芯要加入锯末等以增加退让性。常用芯砂配方如下：

粘土芯砂（质量分数）：旧砂 70%~80%，新砂 20%~30%，粘土 3%~14%，膨润土 0~4%，水 7%~10%。

合脂芯砂（质量分数）：新砂 100%，合脂 2%~5.5%，膨润土 1.5%~5%，水 1%~3%。

三、型砂的配制

型砂的制配工艺对型砂的性能有很大影响。将新砂、旧砂、粘结剂等处理后，按一定比例和次序进行混合称为混制，型砂混制很重要。由于浇注时砂型表面受高温金属液的作用，砂粒粉碎变细，煤粉燃烧分解，使型砂中灰分增多，透气性降低，部分粘土会丧失粘结力，使型砂性能变坏，因此，落砂后的旧砂不能直接使用，而必须经磁选（选出砂中的铁块、铁豆和铁钉等）并过筛以去除铁块及砂团，再掺入适量的新砂、粘土和水，经过混制恢复良好性能后才能使用。

混砂的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。型砂混制是在混砂机中进行的，混砂机如图 1-4 所示。其混制过程是：按配方加入新砂、旧砂、粘结剂和附加物等，先干混 2~3min，再加入水湿混 5~12min，性能符合要求后即可从出砂口卸砂。混好的型砂应堆放 4~5h，使粘土膜中的水分均匀，称为调匀。使用前要过筛并使型砂松散好用。

用混砂机混砂质量较好，但生产率不高。

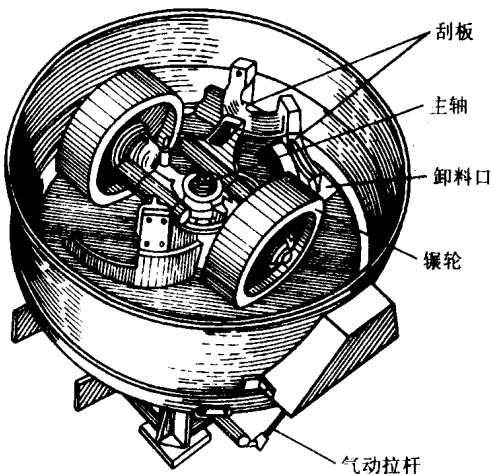


图 1-4 辗轮式混砂机示意图

第三节 造 型

造型是砂型铸造主要工艺过程之一，一般分为手工造型和机器造型两类。手工造型主要用于单件或小批生产，机器造型用于大批量生产。

一、手工造型

常用的手工造型方法如下：

1. 整模造型

整模造型的模样是一个整体，造型时模样全部放在一个砂型内，分型面是平面，如图 1-5 所示。整模造型操作简便，所得型腔形状和尺寸精度较好。它适用外形轮廓的顶端截面最大，形状简单的铸件，如齿轮坯、轴承等。

2. 分模造型

模样为沿最大截面分成两半的分开模，造型时模样分别在上、下型内，分型面是平面。分模造型操作基本上同于整模造型。图 1-6 为套筒的分模造型过程，其分模面（分开模样的平面）也是分型面。分模造型操作简便，应用广泛，主要应用于某些没有平整表面，最大截面在模样中部的铸件，如套筒、管子，阀体类以及形状较复杂的铸件。

3. 挖砂造型

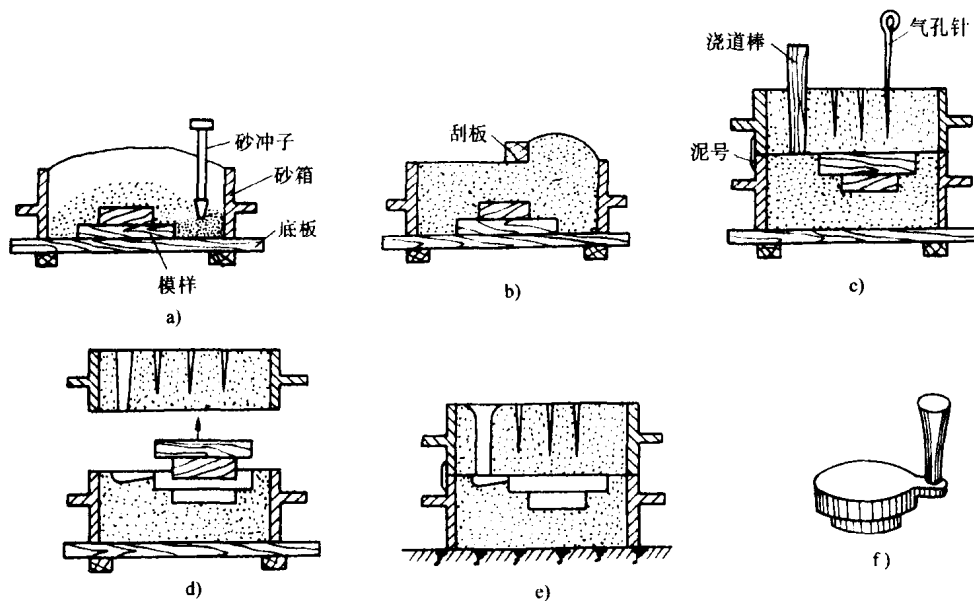


图 1-5 整模造型过程

- a) 造下型：填砂，舂砂 b) 刮平，翻箱 c) 翻转下型，造上型，扎气孔
d) 散箱，起模，开浇道 e) 合箱 f) 带浇道的铸件

有些铸件如手轮等，最大截面不在一端，模样又不能分开时，只能做成整体放在一个砂型内。为把模样从砂型中取出，需在造好下砂型翻转后，挖掉妨碍起模的型砂至模样最大截面处（图 1-7b），并抹平、修光分型面。挖砂造型需每造一型挖砂一次，故操作麻烦，生产率较低，只适用单件小批生产，成批生产可采用假箱造型。即先用强度较高的型砂（木材或铝合金）做成假箱（图 1-8），用它代替平板造下砂型。假箱分为曲面分型面假箱和平面分型面假箱两种。当生产数量更多时，可用成型底板来代替假箱，如图 1-9 所示。

4. 活块造型

将模样的外表面上局部有妨碍起模的凸起部分做成活块，起模时，先取出模样主体，然后从型腔侧壁取出活块（图 1-10b、c）的造型方法称为活块造型。

为了便于取出活块，要求活块的厚度小于该处模样厚度的二分之一。如果活块厚度过大，可用一个外砂芯做出凸台，如图 1-11 所示。

活块造型的操作难度较大，对工人操作技术要求较高，生产率低，只适于单件小批生产。产量较大时，可用外型芯取代活块，使造型容易。

5. 三箱造型

采用两个分型面和三个砂箱的造型方法称为三箱造型。当生产的铸件两端截面大而中间小时，需将模样从最小截面处分模，同时将砂型从两个最大截面端部分型，模样分别从两个分型面取出，具体造型过程如图 1-12 所示。

三箱造型的特点是中箱的上、下两面都是分型面，都要求光滑平整；中箱的高度应与中箱中的模样高度相近，必须采用分模。

三箱造型方法较繁，生产率较低，易产生错箱缺陷，只适于单件、小批生产。不能用于机器造型（无法造中箱），在成批大量生产或用机器造型时，可用带外型芯的两箱造型代替三

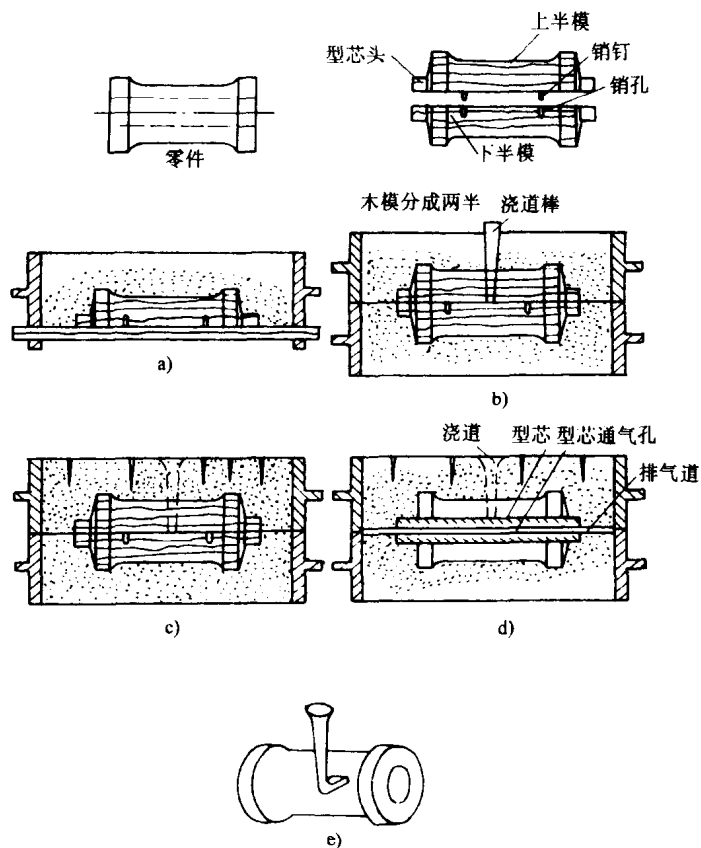


图 1-6 分模造型过程

- a) 用下半模造下箱 b) 放好上半模、撤分型砂，放浇道棒，放上箱 c) 开外浇道，扎气孔
d) 起模，开内浇道，下型芯，开排气道，准确合箱 e) 落砂后的铸件

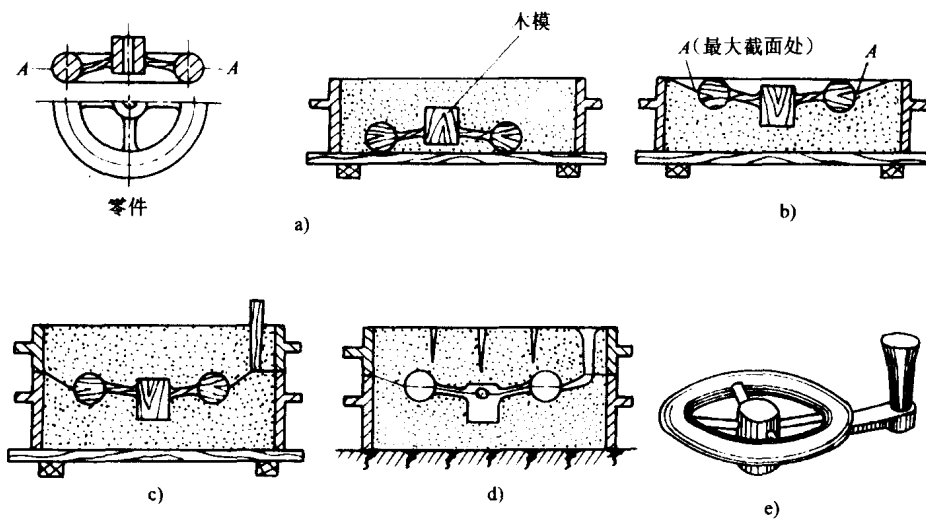


图 1-7 手轮的挖砂造型

- a) 造下型 b) 翻下型，挖修分型面 c) 造上型 d) 合型 e) 带浇道的铸件

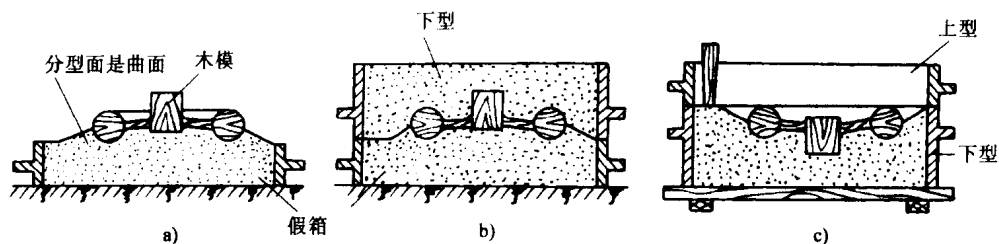


图 1-8 假箱造型

a) 模样放在假箱上 b) 造下型 c) 翻转下型, 待造上型

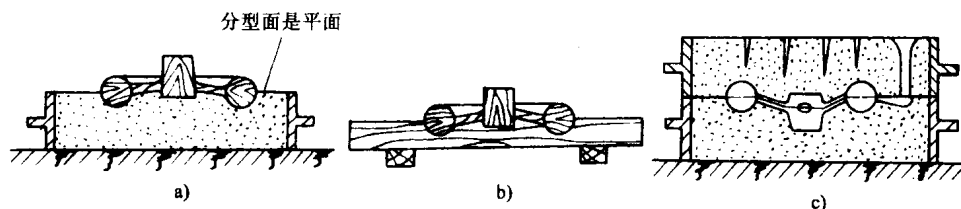


图 1-9 假箱和成型底板

a) 假箱 b) 成型底板 c) 合型图

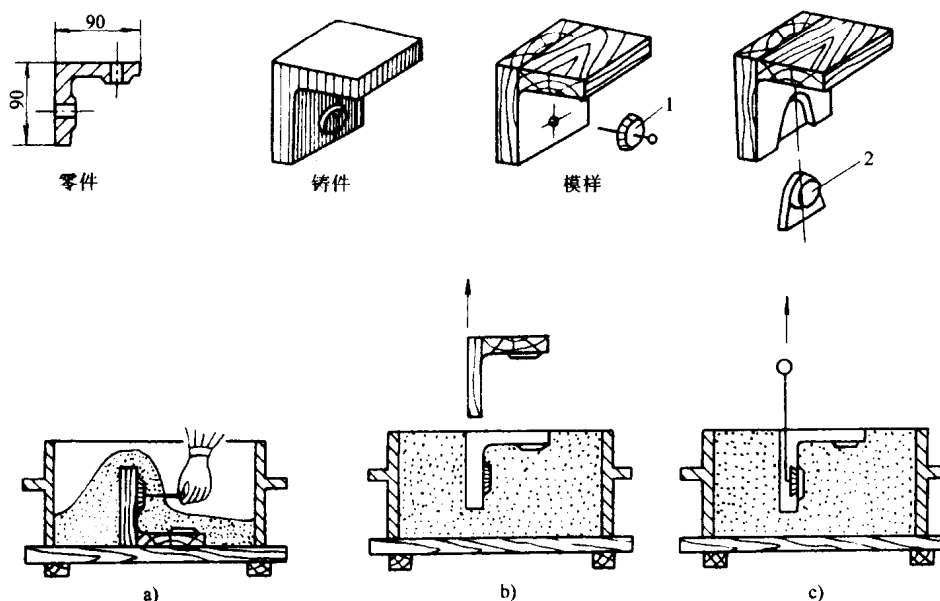


图 1-10 活块造型

a) 造下型, 拔出钉子 b) 取出模样主体 c) 取出活块

1—用钉子连接的活块 2—用燕尾榫连接的活块

箱造型, 如图 1-13 所示。

6. 刮板造型

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称为刮板造型。对于大型回转体铸件, 如带轮、飞轮和齿轮等, 在单件、小批生产时可采用刮板造型。其造型过程如图 1-14 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 (图 a), 用上型刮板刮制成型砂堆 (图 b), 再造上型 (图 c), 合型后便制

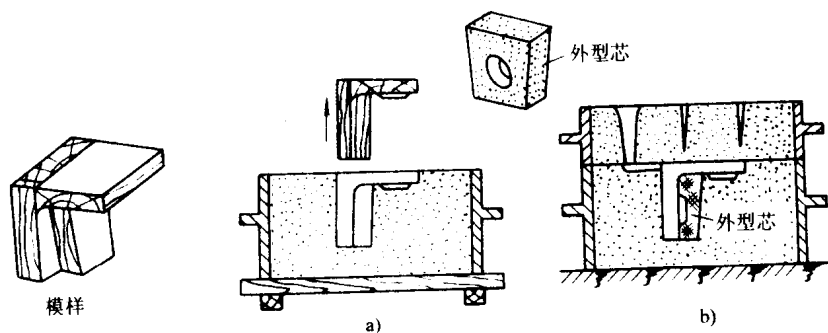


图 1-11 用外型芯做出活块

a) 取模, 下芯 b) 合型

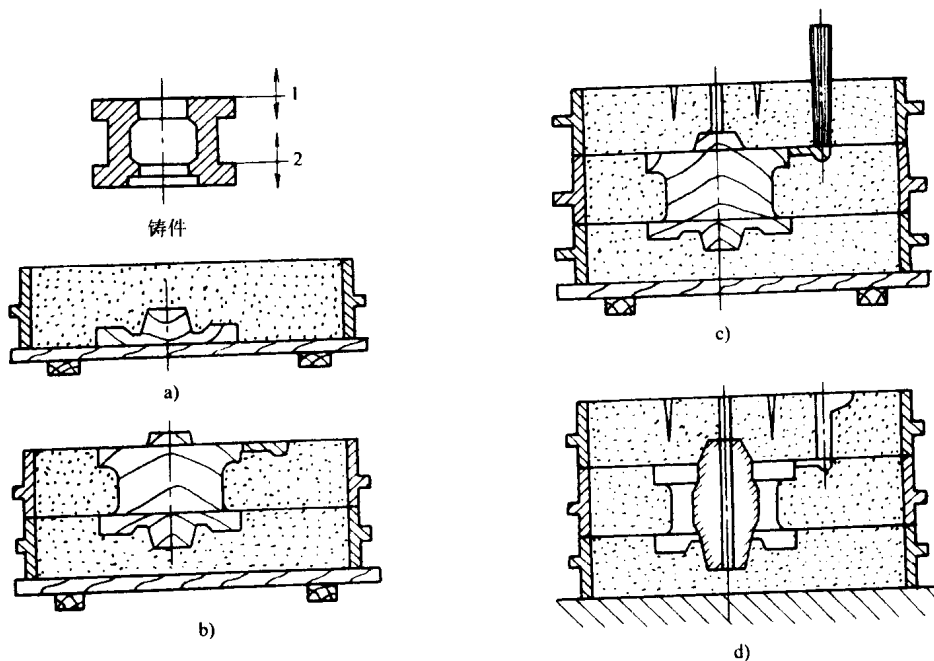


图 1-12 带轮分模三箱造型过程

a) 造下砂型 b) 造中型 c) 造上砂型 d) 起模, 放型芯, 合型

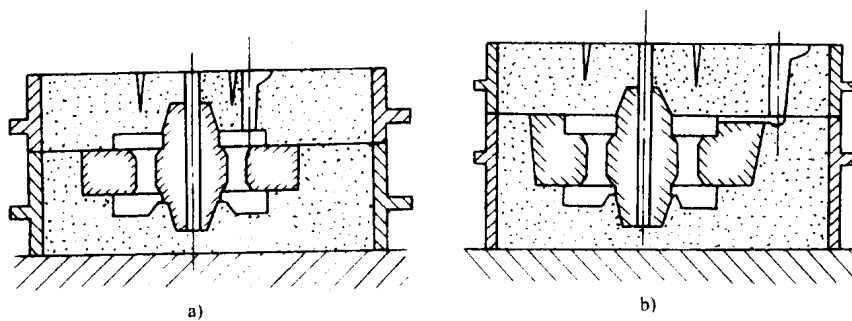


图 1-13 改用外型芯的两箱造型法

a) 分模两箱造型 b) 整模两箱造型

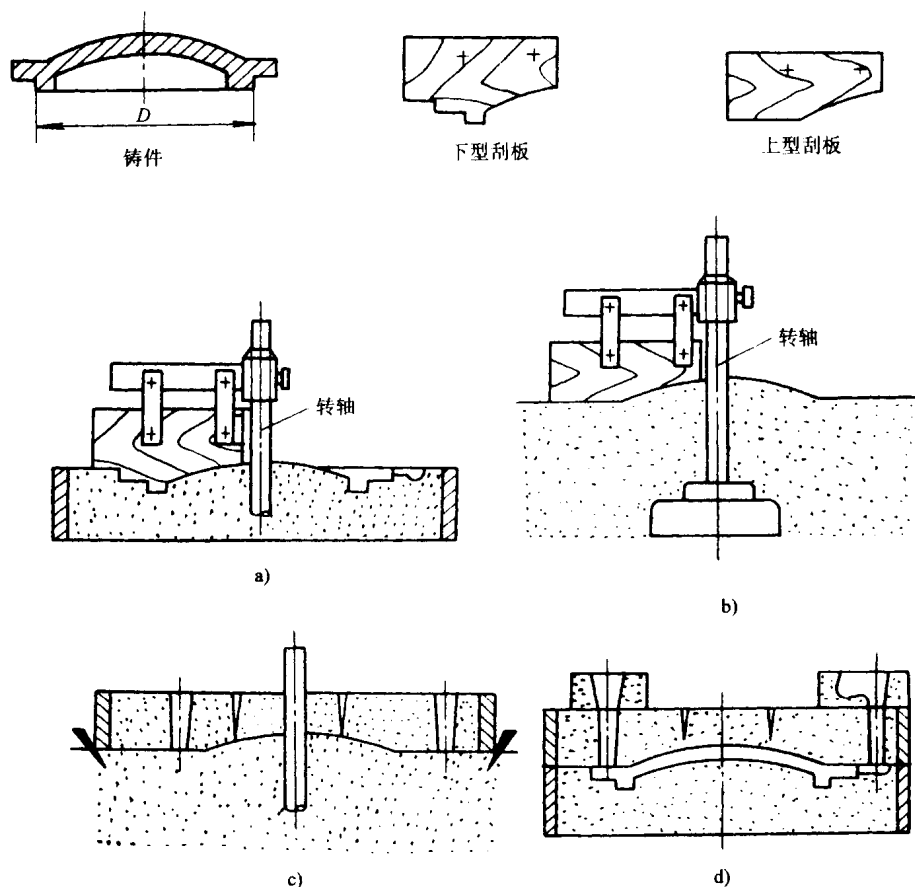


图 1-14 刮板造型

a) 刮制下砂型 b) 刮制成型砂堆 c) 造上砂型 d) 合型

得铸型(图 d)。刮板造型能节省模样材料和模样加工时间,但操作费时,生产率较低。

7. 地坑造型

在地面挖一砂坑代替下砂箱进行造型的方法称为地坑造型,如图 1-15 所示。将模样放入地坑中填砂造型,上砂型靠定位楔与地坑中的砂型定位。该法主要用于大、中型铸件的单件小批生产。铸造大件时,地坑一般设在车间固定处。造型时常用坑底焦炭垫底,再插入管子,以便将气体排出,然后填入型砂并放模样进行造型。造型完毕在砂箱四周打上铁楔定位,即可开箱起模。

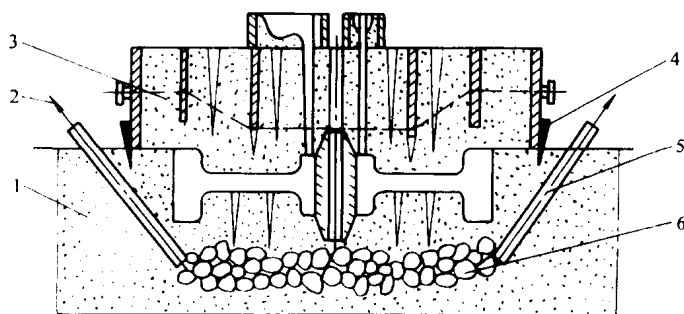


图 1-15 地坑造型

1—地坑 2—气体 3—上型 4—定位铁楔 5—通气管 6—焦炭

二、机器造型

手工造型生产率低,铸件表面质量差,要求工人的技术水平高,劳动强度大,因此在批

量生产中，一般均采用机器造型。

机器造型是把造型过程中的主要操作——紧砂与起模实现机械化。机器造型按其工作原理，主要分以下几种方法。

1. 震实造型

震实造型的工作原理及工艺过程如图 1-16 所示。一般震实造型机的振动频率为 150~500 次/min，振幅 25~80mm，型砂压实力较小（0.15~0.14MPa），故型砂紧实度不高，铸

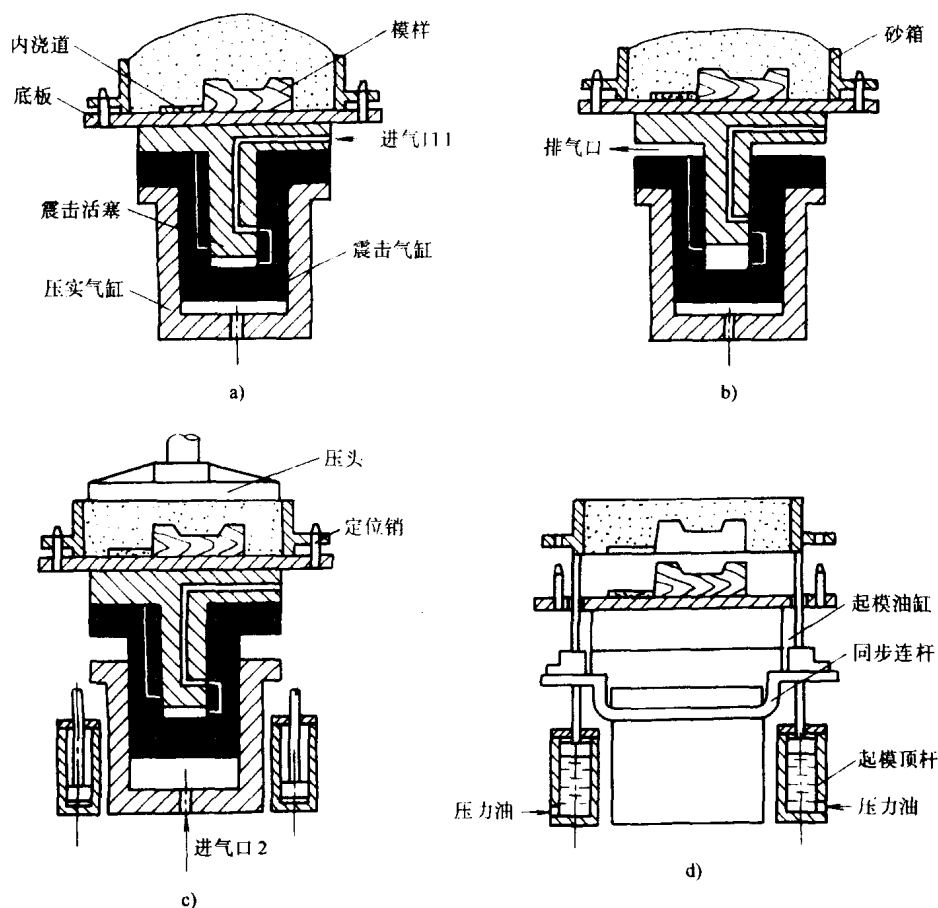


图 1-16 震实造型机的工作原理

a) 填砂 b) 震击紧砂 c) 辅助压实 d) 起模

件表面较粗糙，造型时噪声较大，生产率较低（50~60 箱/h），常用于中、小型铸件的生产。若采用高频率（700~1000 次/min），小振幅（5~10mm）低压微震造型机，不仅噪声小，且型砂紧实度均匀，生产率也高。

2. 射压造型

射压造型的工作原理及工艺过程如图 1-17 所示。射压造型的特点是压实力较高（0.7~0.9 MPa）；铸件尺寸精确，表面光洁，生产率高（225~360 型/h），且无砂箱，节约成本；但设备结构复杂，工艺装备（模板、芯盒等）费用高。适用于形状不太复杂的中、小型铸件的

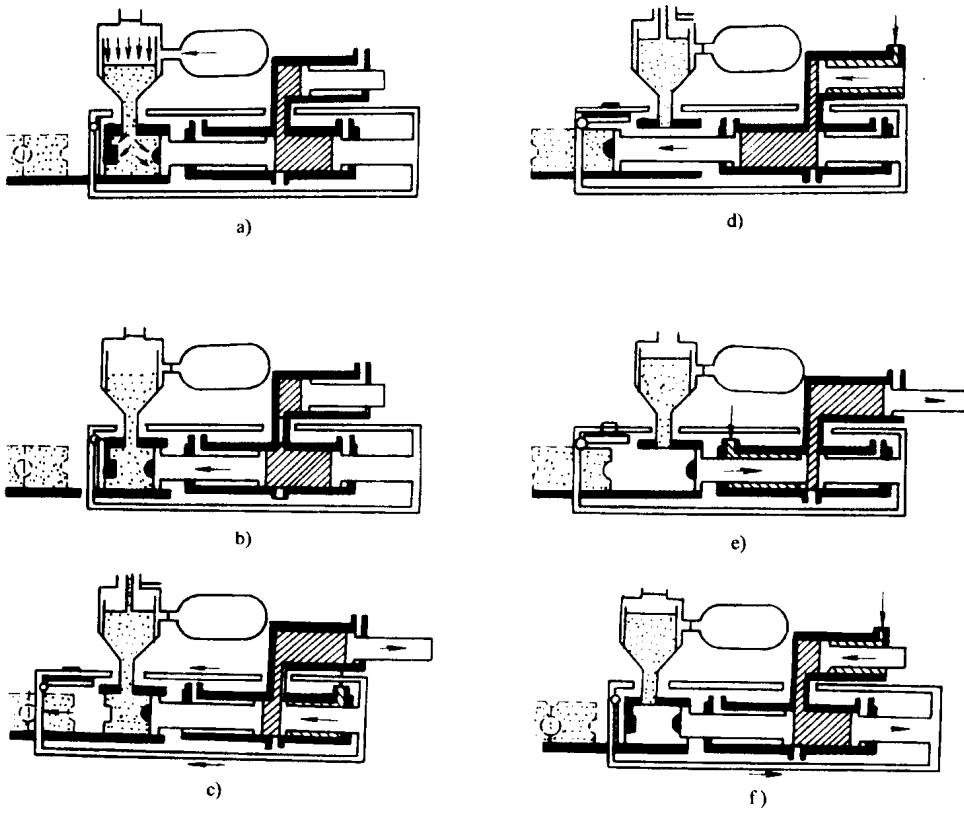


图 1-17 射压造型的工作原理

a) 射砂 b) 压实 c) 起模Ⅰ d) 合型 e) 起模Ⅱ f) 关闭造型室

大批量生产。

3. 高压造型

压实砂型的压力一般为 $70\sim150\text{MPa}/\text{cm}^2$ 的造型方法为高压造型。其优点是压实力高 (0.9MPa)、生产率高 ($135\sim150$ 型/h)，且噪声低、占地面积小等。其压头型式有平压头、弹性压头和多触压头等，如图 1-18 所示。该法适于型芯复杂的中、小型多品种中等批量以上的铸件生产。

4. 抛砂造型

对于大型铸件的生产，可用抛砂造型，其工作原理如图 1-19 所示。它是利用高速旋转

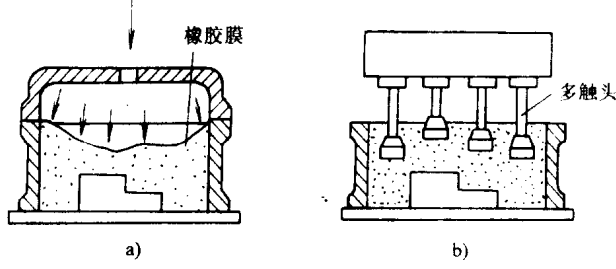


图 1-18 高压造型

a) 橡胶膜压实 b) 多触头压实

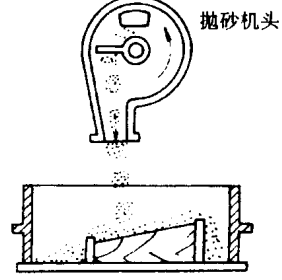


图 1-19 抛砂造型