



GONGCHENG CAILIAO JI JIXIEZHIZAO JICHU

工程材料及机械制造基础

金工实习 与实验

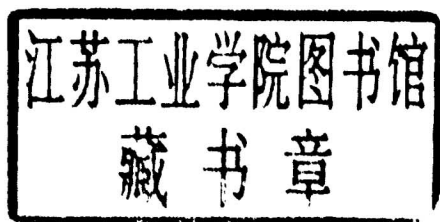
主编 朱福顺/宋昭祥/王随莲

湖南科学技术出版社

工程材料及机械制造基础

金工实习与实验

朱福顺 宋昭祥 王随莲主编



湖南科学技术出版社

金工实习与实验

主 编:朱福顺 宋昭祥 王随莲

责任编辑:刘奇琰

出版发行:湖南科学技术出版社

社 址:长沙市展览馆路3号

印 刷:湘潭市彩色印刷厂

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址:湘潭市建城路45号

邮 码:411100

出版日期:1995年12月第1版第1次

开 本:787×1092毫米 1/16

印 张:15

字 数:366,000

印 数:1—6,100

ISBN 7—5357—1892—2/TH·58

定 价:15.50元

内 容 简 介

本书根据国家教委课程指导小组制定的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》编写。

本书内容包括：铸造、锻压、焊接、热处理、切削加工基础知识，车削、铣削、刨削、磨削、钳工，及其14项实验。

本书可作为高等工科院校机械类及近机类各专业教学用书，也可供电视大学、成人高校、职工大学师生选用，还可作为有关工程技术人员的参考书。

前 言

根据国家教委课程指导小组修订的《工程材料与机械制造基础教学基本要求》和《金工实习教学基本要求实施细则》，湘潭矿业学院、山东矿业学院、阜新矿业学院、焦作工学院、湖南农业大学和中南林学院等院校组织有长期教学经验的教师成立了本课程教材编写组，联合编写了《工程材料》、《热加工工艺基础》、《机械加工工艺基础》和《金工实习与实验》。

《金工实习与实验》编写过程中，我们注意体现以下特点：

1. 既注意了与理论课教材的分工，又注意了紧密配合，各有侧重，避免了重复。
2. 将原理论课教材中的设备和机械传动系统编进了本书，并增加了上述几门理论课程中的实验指导内容，使之更有机地结合，加深对理论的理解和动手能力的培养。将上述实验放到工厂去做，减少了实验设备资金的投入。
3. 力求内容精练，以培养实践能力为出发点，结合生产实际，在精讲普通生产工艺和操作的基础上，对工艺操作中的难点和常见问题的处理方法作了介绍，适当地介绍新工艺和新技术，并贯彻了材料及工艺的国家标准。
4. 注重各工艺的具体应用。各章基本上都附有加工工艺实例，培养学生思考和解决实际问题的能力。
5. 为帮助学生对本内容的理解和运用，各章后面均附有复习思考题。

本书由焦作工学院朱福顺、湘潭矿业学院宋昭祥、山东矿业学院王随莲主编。参加本书编写工作的有陆名彰、胡忠举、王洪昌、李安铭、廖文庆、赵树国、郑哲文、赵正江、刘继忠、铁占绪。本书由天津大学徐允长教授、山东矿业学院徐庆莘教授主审。

本书编写过程中，得到了山东矿业学院、阜新矿业学院、焦作工学院，湘潭矿业学院领导的大力支持，在此深表感谢。

由于编写水平有限，书中缺点和错误，敬请读者指正。

编者

1995年6月

序 言

机械制造业是国民经济的技术装备部门，其发展速度应高于国民经济的各个部门。

理想的机械设计必须通过合理的选材和正确的加工技术加以实现。

工程材料及机械制造基础和金工实习是高等工科院校机械类专业必修的技术基础课，是研究制造零件工艺方法的综合技术学科，主要研究工程材料的性能及其对加工工艺方法的影响；各种工艺方法自身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（结构设计）。

为了突破教学的传统模式和纯叙述式的讲授方法，充分激发学生的学习积极性，提高教学效果。本套教材在进行本课程教学内容体系的改革方面迈出了可喜的一步，具有以下特点：

1. 采用新颖的工艺形态学体系，根据各种加工工艺所共有的基本要素在运动中的变化与相互作用，加强对各种加工工艺的综合论述与横向比较。

2. 合理调整内容，实习与理论教学两部分教材各有侧重，避免了两者的相互割裂与无效重复，有利于实习与理论教学这两个主要教学环节的有机结合。

3. 根据工程教育实践性强的特点，强调理论与实践的结合，加强实践性和应用性。在加强实习内容的同时，新增了金属工艺设计和实验等内容，注重学生工程意识的训练和工程实践能力的培养。

4. 调整知识能力结构，提高起点，拓宽知识面，增加对新材料、新工艺、新技术的介绍，并注意技术与经济的结合、技术与管理的结合，以适应社会主义市场经济对人才的需要。

5. 教材每章之后均附有一定数量的复习思考题，起到复习、加深理解、能力训练的作用。

本套教材是根据国家教委课程小组制订的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》和《贯彻〈金工实习〉教学基本要求实施细则》，并借鉴国内外教材内容体系，由多所院校协作编写的，从多方面进行了教材改革尝试。本套教材符合教学基本要求，选材合理，阐述清晰，层次分明，语言精练，图文并茂，质量较好，值得推荐。

徐允长 徐庆莘

1995年5月

目 录

第一篇 实 习

第一章 铸 造	(1)
第一节 概 述	(1)
第二节 型砂和型芯砂	(2)
第三节 造型方法	(4)
第四节 铸铁的熔炼	(18)
第五节 铸件的浇注、落砂、清理及质量检查	(22)
第二章 锻 压	(27)
第一节 概 述	(27)
第二节 金属的加热与锻件冷却	(27)
第三节 自由锻造	(28)
第四节 胎模锻造	(33)
第五节 模型锻造	(35)
第六节 锻件常见缺陷	(39)
第七节 板料冲压	(42)
第三章 焊 接	(45)
第一节 概 述	(45)
第二节 手工电弧焊	(45)
第三节 气焊与气割	(52)
第四节 常见焊接缺陷	(57)
第四章 热处理	(59)
第一节 概 述	(59)
第二节 常用热处理方法	(60)
第三节 热处理常用设备	(63)
第五章 切削加工的基础知识	(65)
第一节 切削加工的基本概念	(65)
第二节 切削加工质量	(68)
第三节 机床传动方式及传动链计算	(71)
第六章 车削加工	(77)
第一节 概 述	(77)
第二节 普通车床	(78)
第三节 车刀基本知识	(87)

第四节	车床装夹方法及附件应用	(88)
第五节	车削基本工艺	(94)
第六节	零件车削加工工艺顺序举例	(104)
第七章	铣 削	(109)
第一节	概 述	(109)
第二节	铣 床	(110)
第三节	铣 刀	(113)
第四节	铣床附件及工件安装	(116)
第五节	铣削基本工艺	(120)
第六节	齿轮齿形加工	(126)
第八章	刨 削	(130)
第一节	概 述	(130)
第二节	牛头刨床	(131)
第三节	刨 刀	(137)
第四节	工件装夹	(139)
第五节	刨削基本工艺	(140)
第九章	磨 削	(145)
第一节	概 述	(145)
第二节	磨 床	(145)
第三节	砂 轮	(150)
第四节	工件的装夹	(154)
第五节	磨削基本方法	(155)
第十章	钳 工	(158)
第一节	概 述	(158)
第二节	划 线	(158)
第三节	锯 切	(165)
第四节	锉 削	(168)
第五节	钻 削	(172)
第六节	攻丝和套丝	(180)
第七节	刮 削	(182)
第八节	装配与拆卸	(185)

第二篇 实 验

实 验 一	铁碳合金平衡组织显微分析	(193)
实 验 二	钢的热处理及试样硬度测定	(198)
实 验 三	钢铁材料的火花鉴定	(204)
实 验 四	液态金属的流动性及充型能力实验	(206)
实 验 五	铸造应力的测定	(208)
实 验 六	不同金属的锻造性能	(210)
实 验 七	冲压模具结构分析与拆装	(211)

实 验 八	焊接接头的组织与性能·····	(212)
实 验 九	不同钢材的焊接性能·····	(213)
实 验 十	车刀几何角度的测量·····	(214)
实验十一	不同钢材的切削性能·····	(216)
实验十二	切削用量对加工质量的影响·····	(218)
实验十三	安装方法对零件加工精度的影响·····	(219)
实验十四	数控机床加工·····	(221)

第一篇 实 习

第一章 铸 造

第一节 概 述

铸造生产就是将熔化的金属液体，浇注到制备好的与零件形状相适应的铸型中，待其凝固冷却后，获得铸件的生产方法。铸件一般情况下为毛坯，经切削加工制成零件。

铸造生产方法有多种，其中砂型铸造应用最为普遍。其生产过程包括的工序较多，有制造模样和型芯盒、制备型砂和型芯砂、造型、造型芯、砂型和型芯的烘干、合箱、金属的熔化及浇注、落砂、清理、检验等。图 1.1-1 为套筒铸件铸造生产的基本工艺过程。

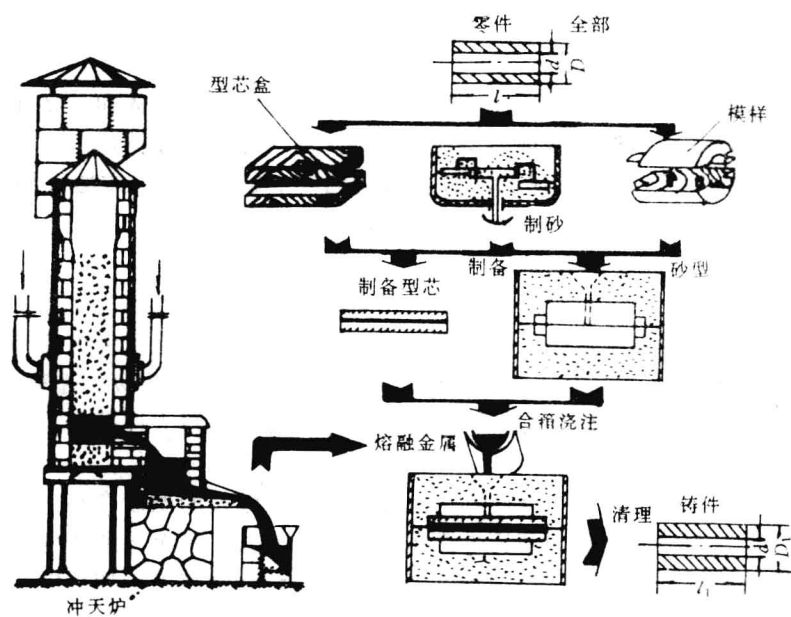


图 1.1-1 套筒铸件砂型铸造的基本工艺过程

由于铸造是由金属液体在铸型中凝固成形的，所以这种毛坯生产方法的适应性较广，铸件的重量可由几克到数百吨，其尺寸可由几毫米到十几米以上；铸铁、铸钢、有色金属及其合金等各种金属材料都能用于铸造，尤其对于脆性金属材料（如灰铸铁）和难切削的金属（如钛合金）。

加工的合金材料，铸造是唯一的生其零件毛坯的生产方法；铸造可以制造出形状很复杂、特别是具有复杂内腔的铸件；铸造所用的设备费用较低，原材料价格较低，故铸件成本低。但铸造生产也存在一定的缺点，如工艺过程较复杂，工序多；铸件质量不够稳定，废品率较高；同类材料的铸件与锻件相比，其机械性能（特别是塑性和冲击韧性）较低；劳动条件差等。

第二节 型砂和型芯砂

型砂和型芯砂是制造砂型和型芯的材料。它的质量好坏直接影响铸件的质量及成品率。如果型砂和型芯砂质量不好，就可能使铸件产生气孔、砂眼、夹砂、粘砂等铸造缺陷。

一、型砂应具备的性能

1. 可塑性

造型时，型砂在外力作用下能塑制成形，而当去除外力并取出模样（或打开型芯盒）后，仍能保持不变的清晰的轮廓形状的能力，称为可塑性。型砂随含水量（在8%以下）和粘结剂含量的提高，可塑性提高；而砂粒的颗粒越粗，形状越圆整，可塑性越低。可塑性好的型砂手感柔软，易于成形和起模。

2. 强度

制好的砂型在外力作用下，不变形、不破碎的能力称为强度。型砂强度高，砂型在搬运和浇注过程中就不易变形、掉砂和塌箱。型砂中粘结剂含量提高、砂粒细小、形状不圆整且大小不均匀，均可使型砂强度提高。

3. 透气性

型砂能让气体透过的能力称为透气性。浇注过程中，型腔中的气体和砂型在高温金属液作用下产生的气体，都必须透过型砂排出型外，否则，就可能残留在铸件内而形成气孔。原砂颗粒越粗大、均匀，粘结剂含量越低，含水量适当（4%~6%），或加入易燃的附加物（如型芯砂中加入锯末等）均能使型砂的透气性提高。

4. 耐火性

型砂经高温金属液作用后，不被烧焦、不被熔融和不软化的能力称为耐火性。耐火性低的型砂，浇注后易在铸件表面生成一层硬度高的粘砂层，它不仅降低了铸件的外观质量，使铸件表面粗糙，而且对切削加工十分不利，粘砂严重时还能使铸件报废。型砂中 SiO_2 含量越高，砂粒粗大而圆整，粘土及碱性化合物含量越少，则型砂的耐火性越高。

5. 退让性

型砂在外力作用下能被压缩的性能，称为退让性。退让性差的型砂在制成铸型后能使铸件固态收缩时受到较大的阻碍，从而使铸件产生较大的内应力，甚至导致铸件发生变形或开裂。型砂中的原砂颗粒越细小均匀，粘结剂含量越多，退让性就越差；如果向型砂中加入可燃性附加物，就能使型砂退让性提高。

6. 耐用性

型砂经重复使用后，仍能保持其本身性质的能力称为耐用性。型砂经使用后，因受高温金属液的作用，部分砂粒破碎，灰分增多，需加入适量新砂才能再用。如果型砂的耐用性好，可减少重复使用时新砂的加入量，使生产成本降低。

型芯多用来形成铸件的內腔和孔。在浇注时，型芯大部分被高温金属液所包围，其工作

条件更恶劣，故型芯砂的性能要求比型砂要更高些。对形状复杂、要求更高的型芯，常采用桐油、亚麻仁油作粘结剂，为降低成本，也可用合脂油代替桐油来配制型芯砂。

二、型砂和型芯砂的组成及配比

型砂和型芯砂是由原砂、粘结剂、水及附加物组成的。原砂的主要成分为 SiO_2 (即石英)，其耐火性高达 1710°C 。原砂中的碱性化合物 (如 Na_2O 、 K_2O 、 CaO 等) 含量应尽量少，原砂颗粒要适当 (粒度 (用筛分法确定：砂子粒度按筛号确定，筛号为每吋长度上筛孔数，故筛号越大，颗粒越细小)：铸铁件为 70~140，铸钢件为 40~70，有色金属件为 140~200)。粘结剂的主要成分为硅酸铝，如膨润土等。它的吸水性、粘结性均较强，加入少许即可显著提高型砂的湿强度，而对透气性的影响很小。需烘干的铸型型砂常用普通粘土 (陶土) 作为粘结剂，其加入量较大，湿强度和干强度均较高。油类粘结剂在型芯烘干时被氧化，形成的氧化膜将原砂颗粒连接起来，使型芯具有较好的干强度；而在浇注时受高温金属液的热作用而燃烧，使型芯在清砂时容易被清除出来。纸浆废液、水玻璃、糊精和树脂等也可用作型砂的粘结剂。附加物有煤粉、焦炭粉、木屑、重油等，它们可使铸件避免产生粘砂缺陷，提高型砂的退让性和透气性。为提高铸件的表面质量，在铸型型面和型芯表面上还需刷上一层涂料，铸铁件常用石墨粉、铸钢件常用石英粉、有色金属铸件常用滑石粉作为涂料使用 (涂料中有时需掺入少量粘结剂和水)。

在配制型砂和型芯砂时，原砂、粘结剂和水必须按适当的比例配制，以使所配制的型砂和型芯砂具有应具备的性能。此配比与原砂成分、粒度、颗粒形状及大小、铸造合金种类、铸件尺寸及形状、造型方法、铸型是否需要烘干等多种因素有关。下面列举几个常用的配比实例。

(1) 铸铁件 (湿型、新砂)

粒度为 70~140 的新砂 100%，膨润土 4%~6%，水分 3%~4.5%。

(2) 铸钢件 (湿型、新砂)

粒度为 40~70 的新砂 100%，膨润土 9%~10%，碳酸钠 0.2%，糊精 0.2~0.4%，水分 4% 左右。

(3) 铸铁件 (复用砂、湿型)

粒度为 100~200 的新砂 20%，回用砂 75%，膨润土 3%~4%，煤粉 0.5%~1%，水分 3.5%。

(4) 铸钢件 (复用砂、表面干燥型)

粒度为 40~70 的新砂 30%~80%，回用砂 80%~30%，膨润土 5%，纸浆 1.5%，水分 5%。

(5) 铸铜、铸铝件 (旧砂、湿型)

粒度为 140~200 的新砂 20%，回用砂 80%，膨润土 1.5%，水分 4%~5%。

三、型砂的配制

型砂配制可用混砂机或人工混制。常用的碾轮式混砂机中有两只转动的碾轮和刮



图 1.1-2 手捏法检验型砂

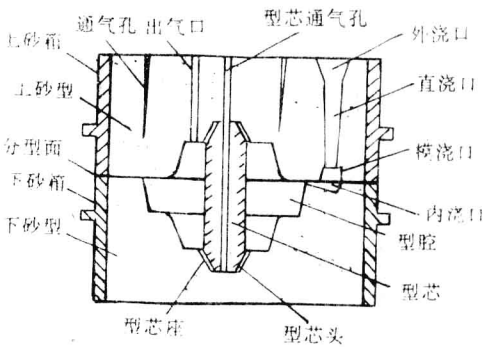
刀，利用碾轮的碾压和揉搓作用，将各种材料混合均匀。混制时，按一定比例先后加入新砂、旧砂、膨润土和煤粉等，干混 2~3 分钟，然后加入一定量的水，再湿混 10 分钟左右即可从出砂口卸出，堆放 4~5 小时（粘土砂）进行回性处理，使用前再经过筛砂或松砂处理。

配制好的型砂必须经过性能检验后才能使用。大型铸造车间常用型砂试验仪进行检验。单件小批生产的铸造车间多用手捏砂团的经验方法检验型砂的性能（见图 1.1-2）

第三节 造型方法

一、砂型的组成

图 1.1-3 为合箱后的砂型。被春紧在上、下砂箱中的型砂与上、下砂箱一起，分别被称为上砂型和下砂型。将模样从砂型中取出后留下的空腔称为型腔。上、下砂型之间的分界面称为分型面。图中型腔内有阴影线的部分表示型芯，用来形成铸件上的孔。型芯上用来安放和固定型芯的部分，叫做型芯头，型芯头安放在型芯座内。浇注时，金属液从外浇口流入，经直浇口、横浇口、内浇口流入型腔。型腔的最高处开有出气口，型腔上方的砂型中有用通气针扎成的通气孔，用来排出型腔中及砂型和型芯中产生的气体。通过出气口还可观察金属液是否已浇满型腔。



1.1-3 砂型各部分名称

二、手工造型方法

1. 整模造型

整模造型方法的特点是：模样是整体的，型腔全部位于一个砂箱内，分型面是平面。图 1.1-4 为轴承铸件整模造型的基本过程。整模造型方法操作简便，铸型型腔形状和尺寸精度较好，故适用于形状简单而且最大截面在一端的铸件，如齿轮坯、皮带轮、轴承座之类的简单铸件，适合各种批量的生产。

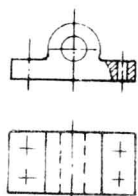
2. 分模造型

分模造型方法的特点是：模样在最大截面处分成两半，两半合拢时用定位销定位，两半模样分开的平面（即分模面）常常就是造型时的分型面。造型时，两半个模样分别在上、下两个砂箱中进行。这种造型方法适用于最大截面在中间的形状较复杂的铸件，特别适用于有孔的铸件，如套类、管类、曲轴、立柱、阀体、箱体等。因其操作方便，故应用广泛。图 1.1-5 为水管铸件的分模造型基本过程。

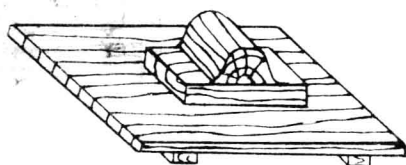
3. 挖砂造型与假箱造型

如果铸件的外形轮廓为曲面或阶梯面，其最大截面也为曲面，且模样又不便于分为两半。此时，常用挖砂造型法。此法适用于单件小批生产。如生产批量较大时，可采用假箱造型法。

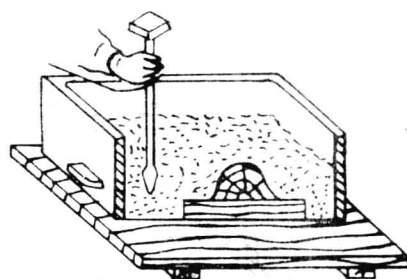
挖砂造型时，需挖修出分型面，且必须挖修到模样的最大截面处。分型面应尽量挖修得



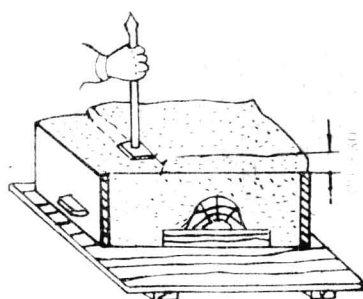
a) 轴承零件



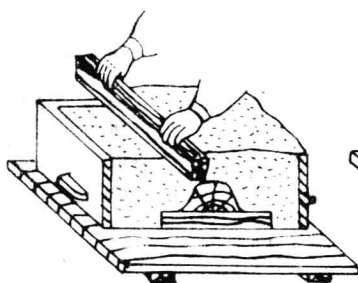
b) 把模样放在底板上,注意要留出浇口位置



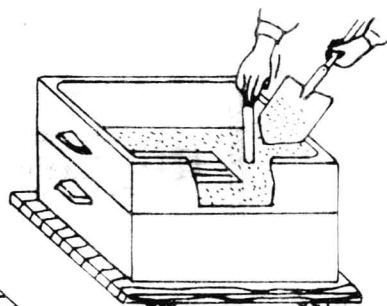
c) 放好下砂箱(注意砂箱要翻转),加砂!用尖头锤春砂



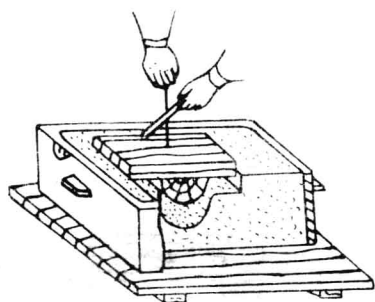
d) 春满砂箱后,再堆高一层砂,用平头锤打紧



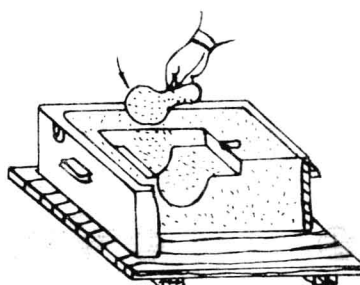
e) 用刮砂板刮平砂箱(切勿用摸刀光平)



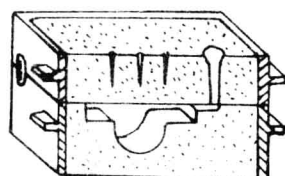
f) 翻转下砂箱,用慢刀修光分型面,然后撒分型砂,放浇口,造上砂型箱



g) 开箱,刷水,松动模样后边敲边起模



h) 修型、开内浇口、撒石墨粉



i) 合箱,准备浇注



j) 落砂后的铸件

图 1.1-4 整模造型基本过程

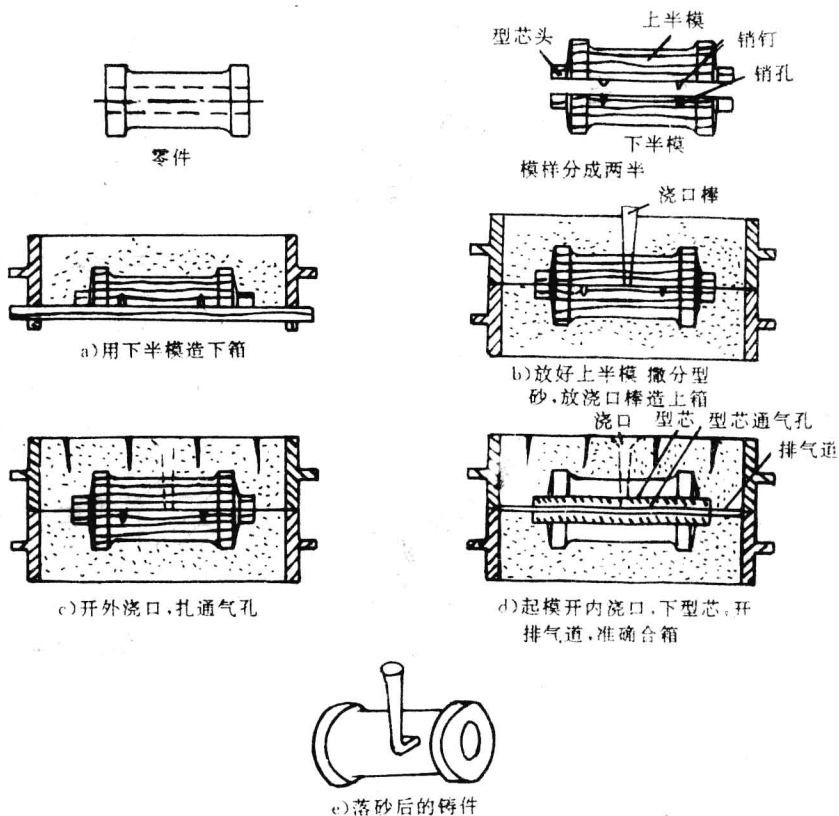


图 1.1-5 分模造型基本过程

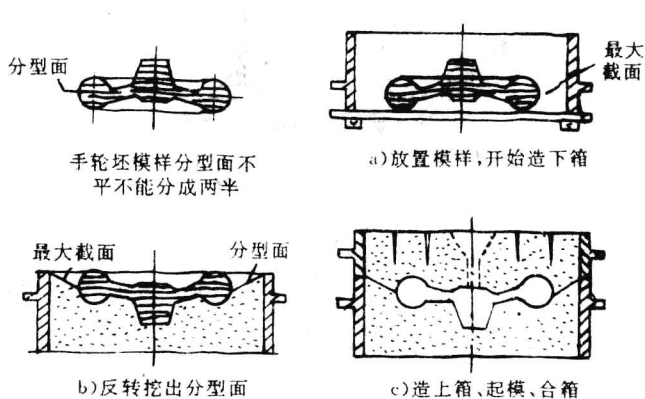


图 1.1-6 挖砂造型基本过程

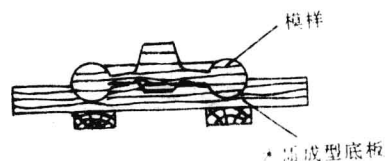


图 1.1-7 成型底板

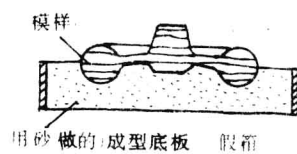


图 1.1-8 假箱

平缓光滑。每造一型需挖砂一次，操作麻烦，生产效率低，对操作者技术水平要求高，铸件分型面处易产生毛刺，铸件外观及精度较差。图 1.1—6 为手轮的挖砂造型基本过程。

为提高生产率，可用成型底板代替平面底板，将模样放置在成型底板上进行造型，如图 1.1—7 所示，以省去挖砂操作。成型底板可用金属或木材制造，具体视生产批量而定。若生产批量不大时，可用含粘土量高的型砂舂紧制成砂质成型底板，称为假箱，如图 1.1—8 所示。在假箱上造出下砂型后，再依照分模造型基本过程造出上砂型，这种造型方法叫假箱造型法，其基本过程如图 1.1—9 所示。假箱只用于造型，不参与合箱和浇注。

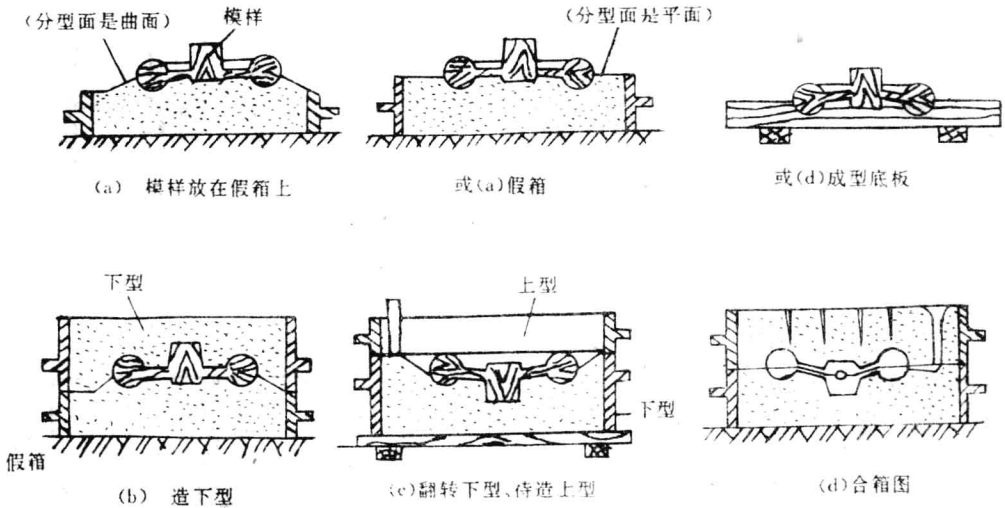


图 1.1—9 假箱造型的基本过程

4. 活块造型

当模样的外表面上局部有妨碍起模的凸台等突出部分时，可将此突出部分做成活动的，称为活块。活块用销子或燕尾榫与模样的主体连接。造型时，先将模样主体自砂型中取出，然后再从侧面将活块取出。这种用带有活块的模样进行造型的方法，称为活块造型法，其基本过程如图 1.1—10 所示。其中，活块厚度 A 应小于活块处模样主体上壁板厚度 B ，否则活块将无法取出。如果活块与模样主体用销子连接，造型时，当活块周围的型砂被塞紧后，必须将连接活块的销子拔出，然后再继续将砂型造好，否则模样将无法起出。

活块造型要求操作技术水平高，生产效率低，故只适用于单件小批生产。

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。当铸件外形较为复杂，具有两个最大截面，其间还夹有一个较小截面，或只用一个分型面无法将模样自砂型中取出时，一般采用三箱造型。图 1.1—11 所示为槽轮的三箱造型基本过程。三箱造型的特点是中箱的上、下两面均为分型面，都要光滑平整，且中箱高度应与中箱中的模样高度相近，模型必须采用分模。

由于三箱造型方法过程复杂，生产率低，成本相对较高，故只适用于单件小批生产。当生产批量大或采用机器造型时，可采用外型芯将三箱造型简化为两箱造型，如图 1.1—12 所示。另外，外型芯也可取代活块，以简化造型。

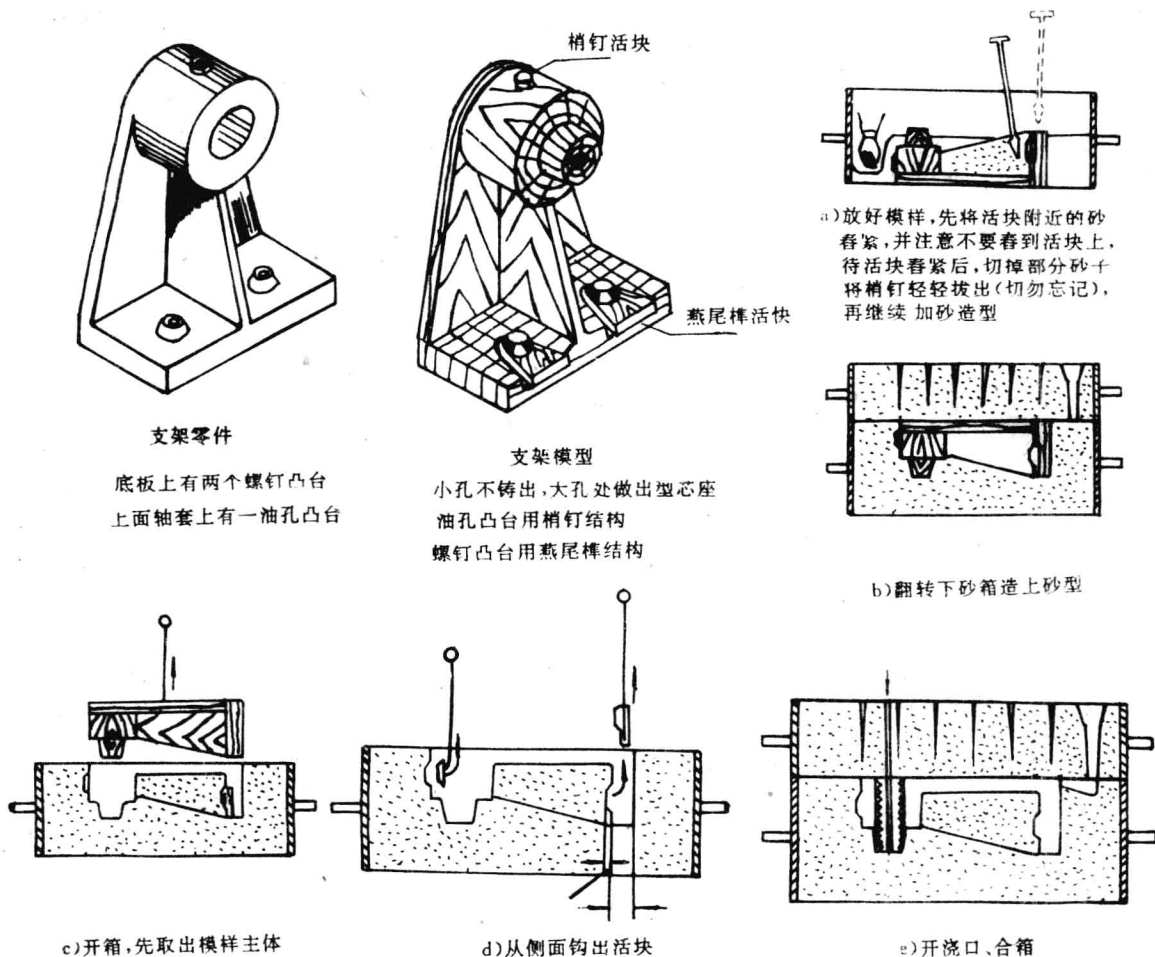


图 1.1-10 活块造型基本过程

6. 刮板造型

用与铸件截面形状相适应的刮板来刮制出所需砂型的造型方法称为刮板造型。刮板造型常用来制造回转体或等截面形状的铸件，如弯管、皮带轮等。当此类形状的铸件生产数量很少，而外形尺寸又较大时，采用刮板造型法可节省制造实体模样所需要的木材和工时，降低成本，缩短生产周期。刮板造型生产率低，要求操作技术水平较高，且全靠手工修出型腔轮廓，故得到的铸件尺寸精度较低。图 1.1-13 为皮带轮铸件刮板造型的基本过程。

刮板造型时根据铸件形状特点，刮板可以绕轴线转动，适用于回转体铸件，如图 1.1-13。刮板也可以沿一定的导轨往复移动，适用于等截面的铸件。图 1.1-14 为弯管铸件刮板造型的基本过程。造型时先用尺寸相当于管子外径的刮板 1 刮制出下砂型，再取出刮板在另一砂箱中刮制出上砂型，并分别作出合箱线；然后用尺寸相当于管子内径的刮板 2，在底板上分别刮出两半型芯，烘干后将两半型芯用粘合剂贴合修补光滑后再下到下型腔中，按照合箱线合箱。

7. 地坑造型

在铸造车间里，用地面或地坑代替下砂箱进行造型的造型方法称为地坑造型，如图