

高等学校教材

金属工艺学实习教材

第二版

(非机械类专业用)

东南大学金工教研室 编

张远明 主编

高等教育出版社

策划编辑 龙琳琳
责任编辑 李京平
封面设计 李卫青
责任设计 王艳红
责任校对 刘 莉
责任印制

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 82028899 转 6897 (010) 82086060

传真：(010) 82086060

E-mail: dd@ hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务部

邮编：100011

购书请拨打读者服务部电话：(010) 64054588

内容提要

本书是根据国家教育部最近颁布的非机械类金工实习教学基本要求和由东南大学组织完成的“面向 21 世纪工科院校工程实践与实验教学体系改革的研究与实践”的研究成果,面对加强实践教学以及着力培养学生现代工程素质、创新精神和实践能力的新局面而编写的,在保持原南京工学院编写的《金属工艺学实习教材》编写风格的基础上,增加了数控加工和特种加工的实习内容,增加了相关技术领域新发展的有关介绍,有关计量单位、名词术语、工艺数据和材料编号均采用了最近颁布的新标准。

全书包括铸造、锻压、焊接、钳工、机械加工、数控加工、特种加工和制造技术基础专题等内容。

本书可供高等学校非机械类各专业选作实习教材,也可供机械类各专业师生在金工实习中参考,还可供高职、高专、成人高校有关学生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学实习教材 /张远明主编;东南大学金工教研室编.—2 版.—北京:高等教育出版社,2003.6
ISBN 7 - 04 - 011906 - 4

.金... . 张... 东... .金属加工 - 工
艺 - 实习 - 高等学校 - 教材 .TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 025909 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010 - 82028899

购书热线 010 - 64054588
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷

开 本 787×1092 1/16
印 张 13.25
字 数 320 000
插 页 1

版 次 1983 年 9 月第 1 版
年 月第 版
印 次 年 月第 次印刷
定 价 16.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

经过近年来的实践教学改革与实践,在非机械类专业教学计划中,绝大多数高等院校和职业技术学院已把“金属工艺学”的课堂教学和实习教学重新整合成以实习教学为主(1~3周)辅以适当专题讲授或讨论(8~18学时)的“机械制造技术基础实习”(“金属工艺学实习”)课程。而且,随着21世纪对创新和复合型人才的需求及全面素质教育的深入,金工实习体系正逐步向机、电和控制等多学科综合的工程训练转化。金工实习内容在保留必要的传统制造工艺的基础上,大量引进了多学科结合的现代制造技术及工艺。根据国家教育部新颁布的非机械类“金工实习教学基本要求”及由东南大学牵头完成的“面向21世纪工科院校工程实践与实验教学体系改革的研究与实践”的研究成果,面对加强实践教学,着力培养学生现代工程素质、创新精神和实践能力的新局面,作为原南京工学院编写的《金属工艺学实习教材》修订版的本书,将在保持原书编写风格的基础上,增加数控加工和特种加工的实习内容,增加相关技术领域最新发展的介绍。力求科学、系统、先进、实用。并尝试介绍一些着重培养学生创新精神和实践能力的可操作的综合训练方法。

全书包括1)铸造;2)锻压;3)焊接;4)钳工;5)机械加工;6)数控加工;7)特种加工;8)专题。本书采用法定计量单位。名词术语、工艺数据和材料编号均尽量采用已发布的最新标准。

为了贯彻以操作为主的原则,本教材各常见工种均分为基本知识、基本操作方法和操作示例等三部分。为帮助学生在巩固所掌握的主要实践知识的同时,进一步了解制造过程的基本知识及制造技术的发展动态,在书末还编写了四个专题,作为实习教学的小结和深化。

基本知识主要介绍各种加工方法的实质、特点和应用,主要设备的组成,常用工具的结构及其功能等;力求生动具体,在现场能讲解示范,学生容易接受,达到独立操作的目的。在基本操作方法中对新大纲规定的学生独立操作内容作了详细介绍,如操作准备、操作步骤和操作要领等。操作示例则是以一两个简单零件作为对象,将该工件的各种加工方法综合在一起,使学生对该工件的加工过程有全面的认识。数控加工的基本技能训练以FANUC系统的数控车床为例进行(可与相关的FANUC和SIEMENS数控系统仿真在线训练平台配套使用),尽可能与生产技术同步。

本教材中编写的四个专题是:(1)工程材料及其进展,介绍工程材料和材料改性技术的基本知识以及有关材料方面的新进展。(2)零件的结构工艺性,介绍进行零件设计时必须遵循的一些基本工艺原则。(3)机器零件的加工工艺过程。帮助学生把在实习中所掌握的实践知识系统化,能对零件从毛坯到成品的制造过程有个完整的概念。(4)现代制造技术及其发展,介绍现代制造技术(实习以外)的新进展以及21世纪的生产系统。专题的教学方法应灵活多样,可以采用课堂讲解,也可以组织小组讨论和总结,有条件的学校还可以配合电视录像、专题教学片、CAI课件等多媒体手段,使教学过程生动活泼。

本教材由东南大学(原南京工学院)金工教研室组织编写。张远明任主编,骆志斌教授为主

审,参加本书编写的有张远明(第4,6,7章和第8章第1节以及附录)、何红媛(第5章及第8章第2,3节)、李集仁(第1,2,3章及第8章第4节8.4.1部分)和杨俊宇(第8章第4节8.4.2部分)。

东南大学工业发展与培训中心曹莹等有关老师和南京宇航研究所肖振华工程师为本书提供了一些资料,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在不少缺点,恳请广大读者指正。

编者

2003年1月28日

目 录

绪论	(1)	§ 4.9 钳工操作示例	(63)
第一章 铸造	(2)	思考题.....	(64)
§ 1.1 砂型铸造.....	(2)	钳工安全技术.....	(65)
§ 1.2 特种铸造简介	(13)	第五章 机械加工	(66)
思考题.....	(14)	§ 5.1 车削	(66)
铸工安全技术.....	(14)	§ 5.2 刨削、铣削和磨削.....	(84)
第二章 锻压.....	(15)	§ 5.3 量具	(105)
§ 2.1 自由锻	(15)	思考题	(110)
§ 2.2 胎模锻	(22)	机加工安全技术	(110)
§ 2.3 冲压	(23)	第六章 数控加工	(111)
思考题.....	(25)	§ 6.1 基本知识	(111)
锻工安全技术.....	(25)	§ 6.2 基本操作技能.....	(122)
第三章 焊接.....	(26)	思考题	(132)
§ 3.1 焊条电弧焊	(26)	数控加工实习安全技术	(132)
§ 3.2 气焊与气割	(30)	第七章 特种加工	(134)
§ 3.3 其他焊接方法简介	(34)	§ 7.1 电火花加工.....	(134)
思考题.....	(37)	§ 7.2 激光加工.....	(143)
焊工安全技术.....	(37)	§ 7.3 超声波加工.....	(150)
第四章 钳工.....	(38)	思考题	(154)
§ 4.1 划线	(39)	特种加工实习安全技术	(154)
§ 4.2 錾削	(44)	第八章 机械制造技术基础专题	(155)
§ 4.3 锯割	(46)	§ 8.1 工程材料及其进展.....	(155)
§ 4.4 锉削	(48)	§ 8.2 零件的结构工艺性.....	(171)
§ 4.5 钻孔和铰孔	(52)	§ 8.3 零件的加工工艺过程.....	(176)
§ 4.6 攻螺纹和套螺纹	(56)	§ 8.4 先进制造技术.....	(182)
§ 4.7 刮削	(59)	附录 金工实习教学指导书(参考) ...	(194)
§ 4.8 装配知识简介	(60)	参考文献	(205)

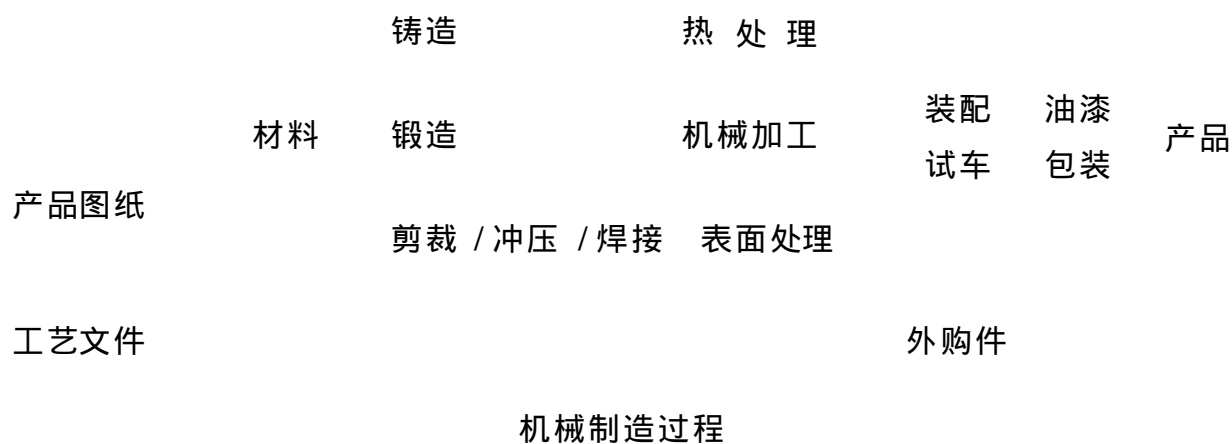
绪 论

机械制造业在国民经济中居于主导地位,是工业体系的核心部门,也是构成社会物质技术基础的强大支柱。当前世界工业发达国家 60% 以上的社会财富和 45% 以上的国民经济收入是由制造业创造的。因而工业发达国家都把制造技术,特别是先进制造技术作为本国的优先发展领域。

通过建国后 50 多年,特别是改革开放 20 多年的努力,我国已建成并拥有一个比较完整的制造工业体系,机械制造业已能为能源、交通、化工、原材料等 20 多个部门提供所需的 200 多种高水平成套设备,形成了比较齐全的制造技术体系。

随着计算机技术、网络和信息技术的飞速发展和全球竞争的空前加剧,各种先进制造技术层出不穷,逐渐演进成工程技术中复杂且重要的技术,并不断创造出新的制造方法和制造体系,从而更新生产模式。

金工实习是高等工科大学非机械类专业的一门以实践学习为主的工程技术基础课,是非机械类学生了解机械工程技术方面知识的必修课程。该课程以机械制造过程及其相关的工艺技术为对象。金工实习主要包括工程材料、铸造、锻压、焊接和机械加工(包含数控加工和特种加工)等几个部分,它们在机械制造中的地位和作用以及相互间关系如下所示。



本教材除了简单论述机械制造及其相关工艺技术的基础理论知识及发展动态之外,重点介绍基本操作技能训练方面的内容。通过将实训和少量的课堂专题讲授相结合的方式,使学生获得有关机械制造及其技术的基础知识和一定的工程实践能力,并在工程意识、创新精神、社会意识以及劳动观念方面得到培养和锻炼。

第一章 铸 造

铸造是将液态金属或合金浇注到与零件的形状、尺寸相适应的铸型内、冷却凝固后,得到所要求的形状和性能的毛坯或零件的一种成形方法,是机械制造中生产零件或毛坯的主要方法之一。

常用于铸造的金属有铸铁、铸钢和铸造有色金属,其中以铸铁应用最广。

铸造可以生产各种尺寸规格、形状复杂的铸件,成本低廉,但铸件的力学性能较差。铸造方法很多,主要分为砂型铸造和特种铸造两类,砂型铸造应用最普遍。

§ 1.1 砂 型 铸 造

1.1.1 基本知识

砂型铸造轴承座的生产过程,如图 1 - 1 所示。

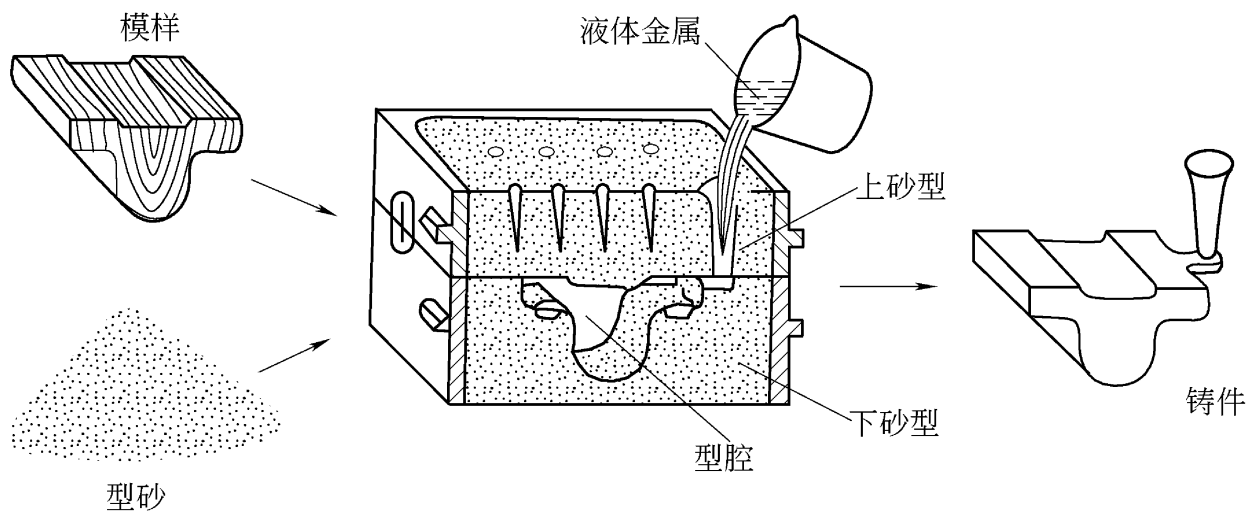


图 1 - 1 轴承座铸件生产过程

一、型砂的组成和性能

型砂由石英砂、粘土和水混合而成。型砂的主要成分是二氧化硅,它具有很高的耐火性。粘土是粘结剂,与水混合后能把石英砂粘结在一起,使型砂具有一定的强度,以保证在造型和浇注时砂型不被损坏。如果粘土和水分太多,则型砂的强度过高,退让性差,铸件冷凝收缩时会受到阻碍,以致产生裂纹;且粘土和水分过多,则砂粒之间的空隙会被堵塞,透气性下降,浇注时产生的气体难以排出,在铸件内形成气孔。因此,为了获得优质铸件,型砂中的石英砂、粘土和水分应按一定比例配制,此外,还要加些煤粉、木屑等附加物,以满足型砂有高的强度、高的耐火性、良好的透气性和退让性等性能要求。

铸造具有内腔的铸件时,需要用芯砂造型芯。由于型芯在浇注后被高温液体金属所包围,因此芯砂应具有比一般型砂更好的综合性能。为此,尺寸较小、形状复杂或较重要的型芯,常采用桐油、水玻璃等作粘结剂。

二、模样设计要点

模样是根据零件图设计制造出来的,它是造型的基本工具。设计模样时必须考虑以下几个问题。

1. 选择分型面

分型面是指砂型的分界面。选择分型面时,必须使造型、起模方便,同时易于保证铸件质量。如图 1 - 2 所示的零件应选 - 面为分型面。若选 - 面为分型面,不但制模和起模都不方便,而且造型时容易错箱。

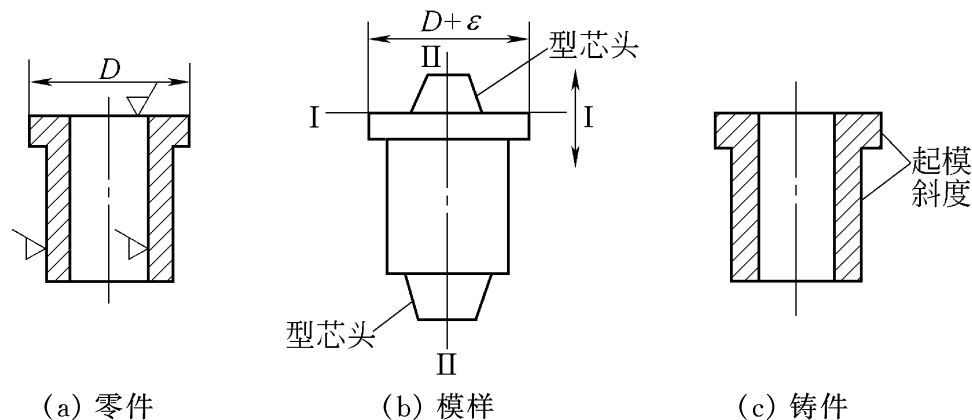


图 1 - 2 零件、模样及铸件

2. 起模斜度

为了便于从砂型中取出模样,凡垂直于分型面的模样表面都应有 $0.5^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 的斜度,这就是起模斜度。

3. 收缩量

液体金属冷凝后要收缩,因此模样的尺寸应比铸件尺寸大些。放大的尺寸称为收缩量。收缩量的大小与金属的线收缩率有关,灰口铸铁的线收缩率为 $0.8\% \sim 1.2\%$,铸钢为 $1.5\% \sim 2\%$ 。例如有一灰口铁铸件的长度为 100 mm ,收缩率取 1% ,则模样长度应为 101 mm 。

4. 加工余量

铸件的加工余量就是切削加工时要切去的金属层。因此,铸件上需要切削加工的表面,在制造模样时都要相应地留出加工余量。余量的大小主要决定于铸件的尺寸、形状和铸件材料。一般小型灰口铁铸件的加工余量为 $2 \sim 4 \text{ mm}$ 。

5. 型芯头

为了在砂型中做出安置型芯的凹坑,必须在模样上做出相应的型芯头。

在单件和成批生产中,模样和型芯盒常用木材制成。木材的优点是质轻、易加工、成本低,缺点是强度差、易变形和损坏。在大批量生产时常用铝合金制造模样和型芯盒。

三、造型和造芯

1. 造型方法

由于铸件的尺寸、形状、铸造合金的种类、产品的批量和生产条件的不同,生产中采用各种不同的造型方法,常用的有下述几种。

(1) 整模造型

整模造型用的是一个整体的模样。模样只在一个砂箱内(下箱),分型面是平面。整模造型操作方便,铸件不会由于上下砂箱错位而产生错箱缺陷。整模造型用于制造形状比较简单的铸件(参见图 1 - 1)。

(2) 分模造型

将模样沿最大截面处分成两部分,并用销钉定位。将模样分开的平面称为分模面,常常作为造型时的分型面。分模造型和整模造型的操作方法基本相同,所不同的是模样分别放置于上下砂箱中。分模造型套管铸件的过程,如图 1 - 3 所示。分模造型在生产中应用最广。

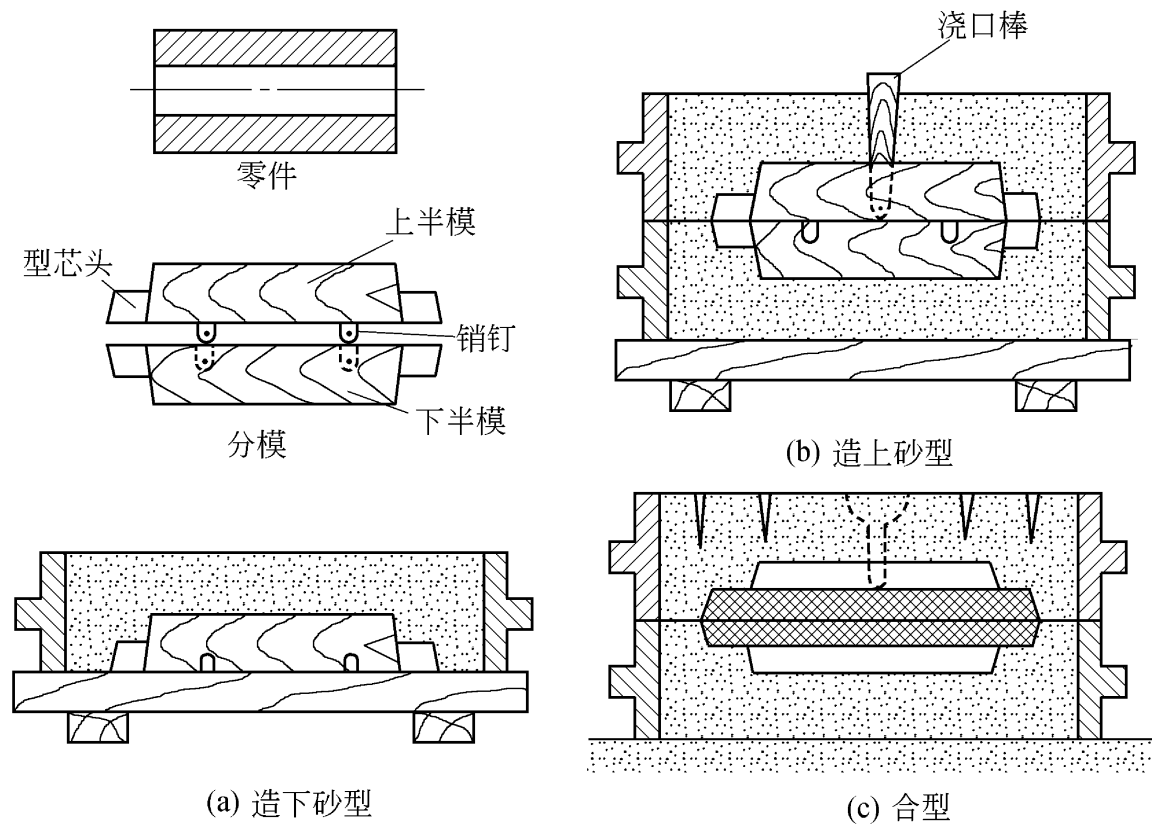


图 1 - 3 分模造型

(3) 活块造型

当模样上有凸台阻碍起模时,可将凸台做成活动块。造型时,先取出主体模样,然后再从侧面取出活动块,如图 1 - 4 所示。活块造型操作困难,工人技术水平要求高,生产率低,活块易错

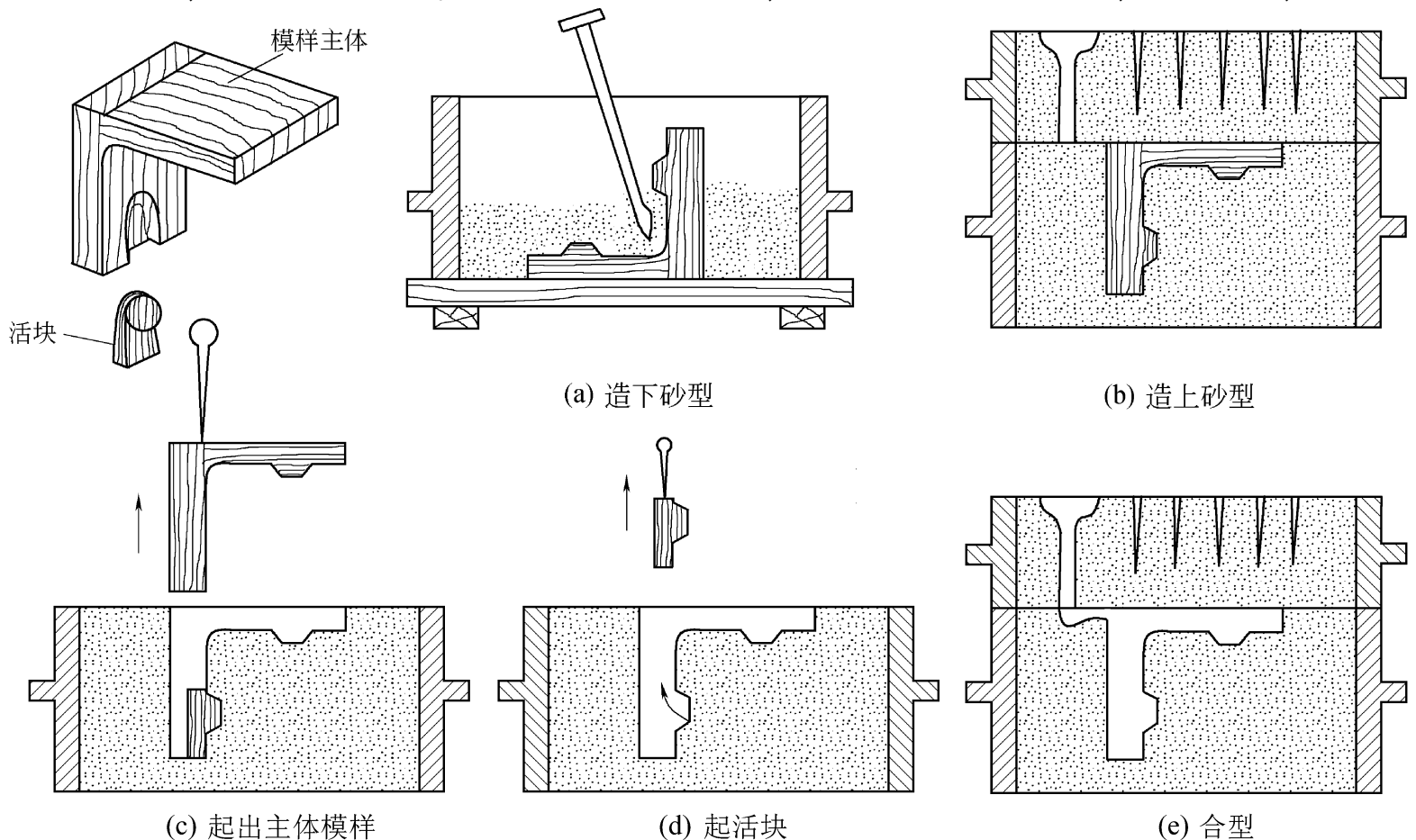


图 1 - 4 活块造型

位,影响铸件尺寸精度,只适用于单件小批生产。

(4) 刮板造型

刮板造型是用与铸件截面形状相适应的刮板代替模样的造型方法。造型时,刮板绕轴旋转,刮出型腔,如图 1 - 5 所示。这种造型方法能节省制模材料和工时,但对造型工人的技术要求较高,造型花费工时多,生产率低,只适用于单件小批生产中制造尺寸较大的旋转体铸件,如带轮、飞轮等。

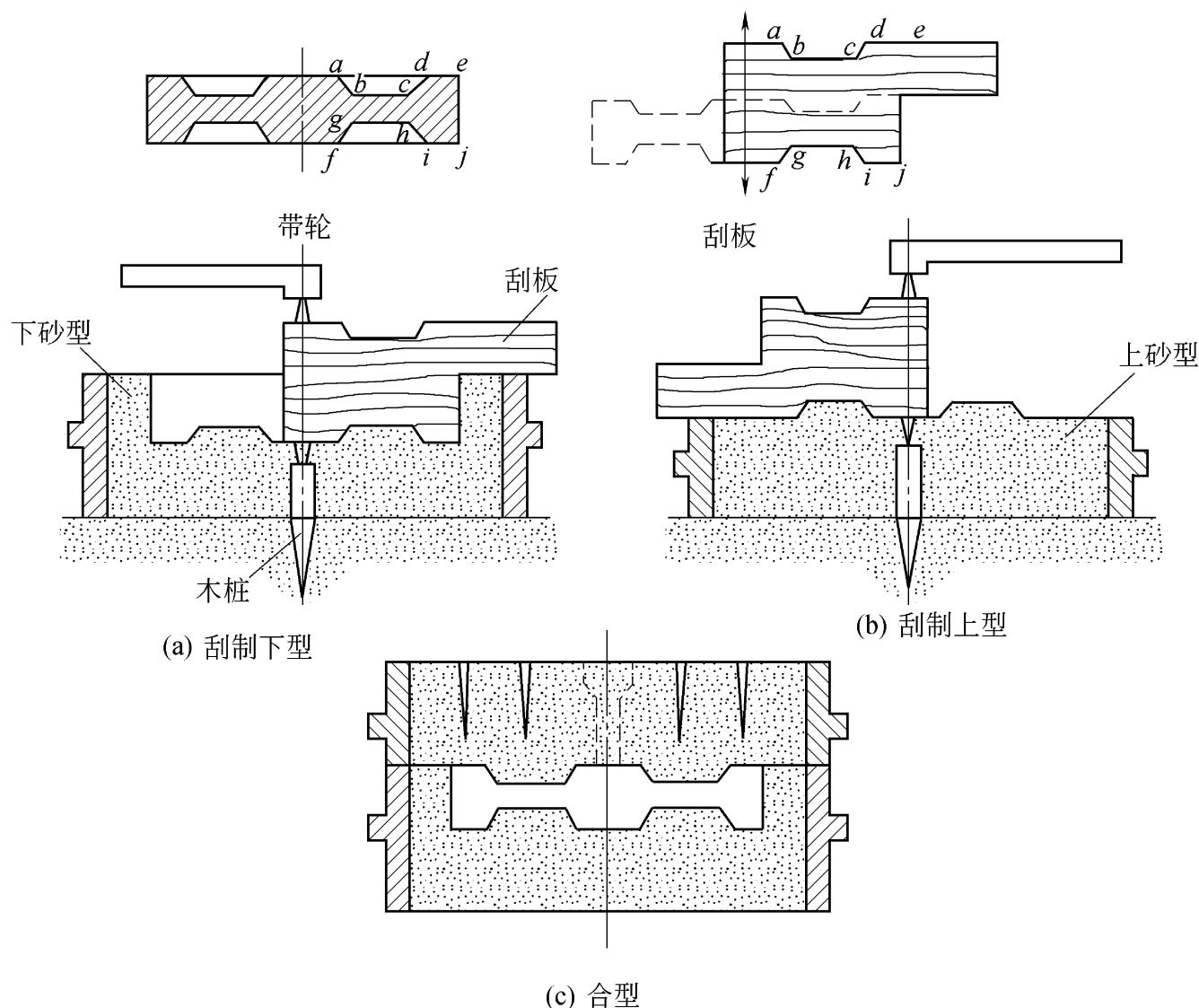


图 1 - 5 刮板造型

(5) 机器造型

机器造型就是用金属模板在造型机上造型的方法。它是将紧砂和起模两个基本操作机械化。

震压式造型机的工作原理如图 1 - 6 所示。其震动、压实和起模动作都是由压缩空气驱动。模板是装有模样和浇口的底板,常用铝合金制成。

机器造型的优点是提高了铸件质量和生产率,改善了劳动条件。因此,现代化的铸造车间都采用机器造型。

2. 造型芯

型芯是用型芯盒制成的。型芯的作用是形成铸件的内腔,因此型芯的形状和铸件内腔相适应。造型芯的工艺过程和选型过程相似。为了增加型芯的强度,在型芯中应放置型芯骨。小型型芯骨大多用铁丝或铁钉制成。为了提高型芯透气性需在型芯内扎通气孔。型芯一般还要上涂料和烘干,以提高它的耐火性、强度和透气性,如图 1 - 7 所示。

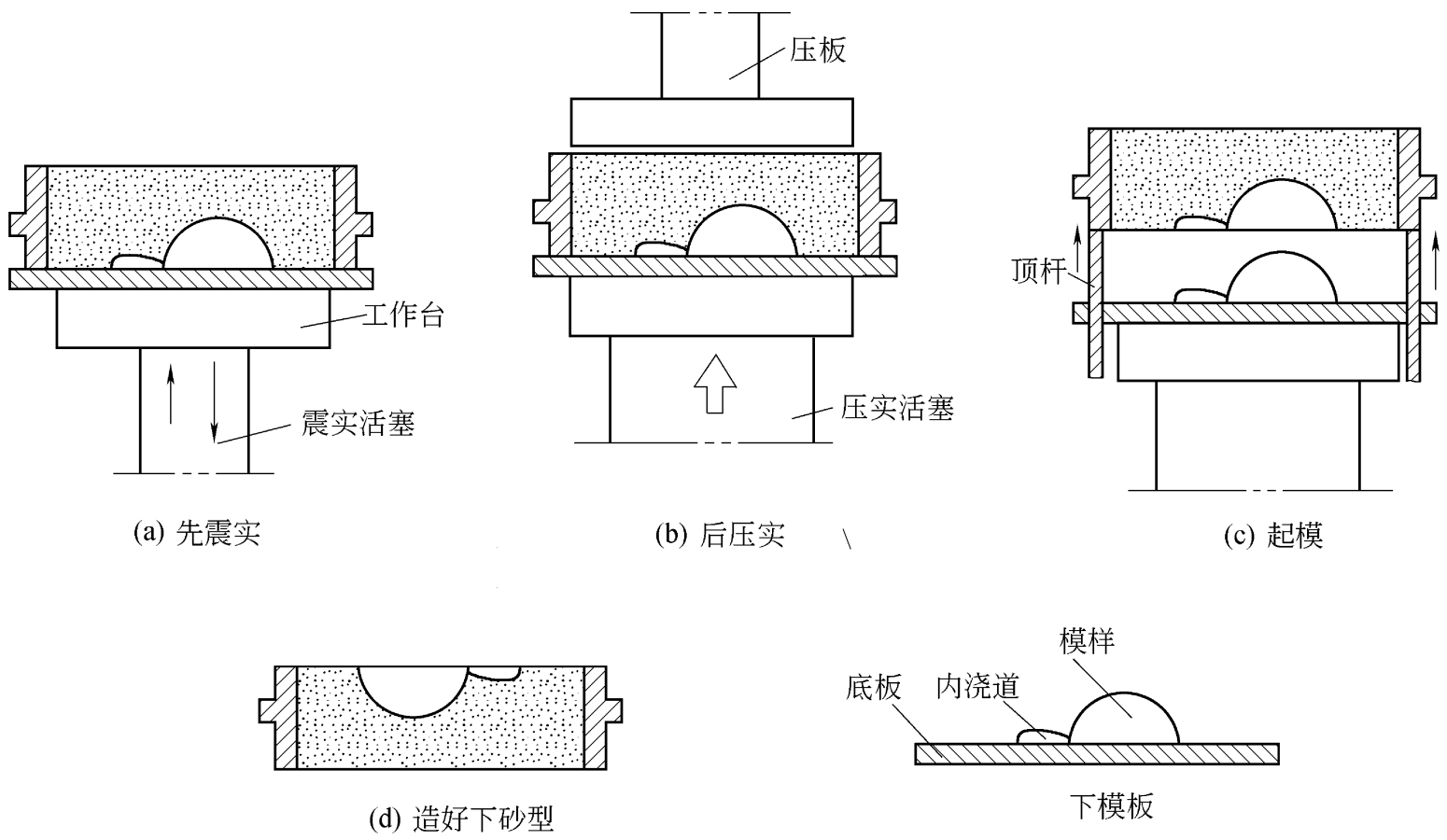


图 1 - 6 震压式造型机原理示意图

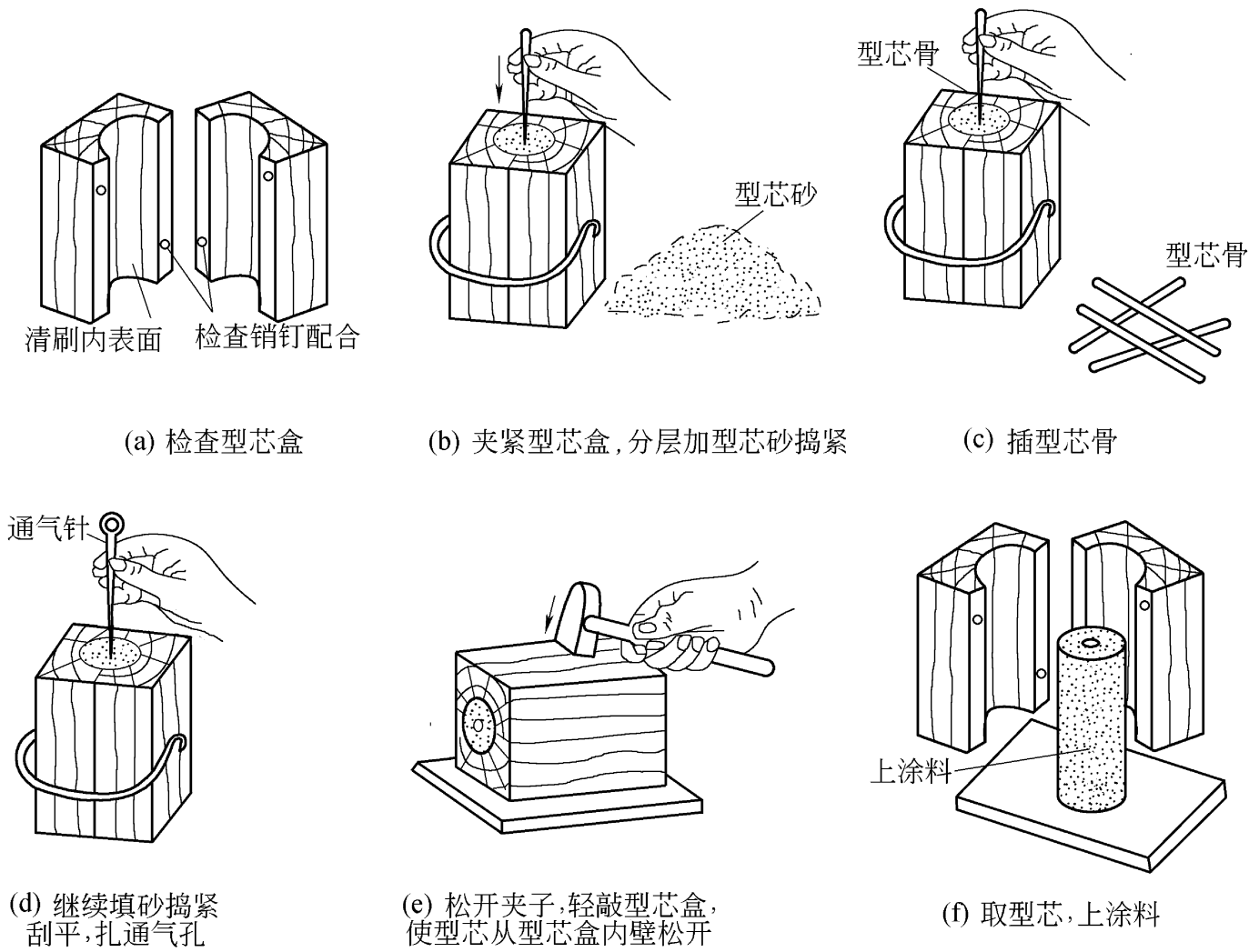


图 1 - 7 型芯的制造

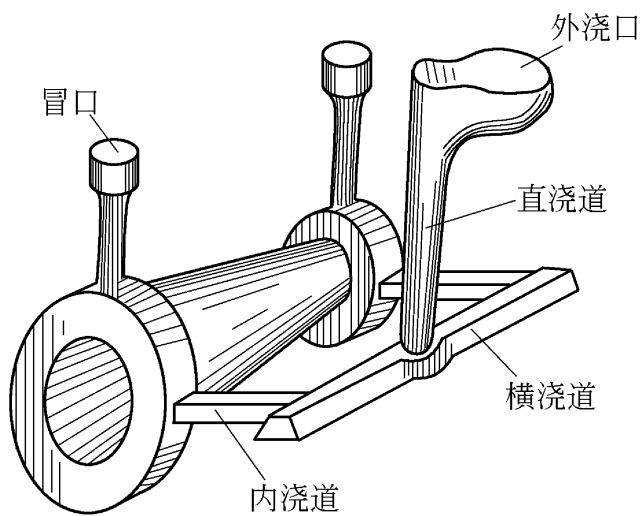


图 1 - 8 浇注系统

3. 浇注系统

浇注系统是将液体金属浇入型腔中所经过的一系列通道。它由外浇口、直浇道、横浇道和内浇道四部分组成，如图 1 - 8 所示。

浇注系统的作用是：保证液体金属平稳地流入型腔，避免冲坏铸型；防止熔渣、砂粒等杂物进入型腔；补充铸件在冷凝收缩时所需的液体金属。

有些铸件还要加冒口。它用于排除型腔中的气体、砂粒和熔渣等夹杂物以及起补缩作用。

四、冲天炉的构造及其熔炼

冲天炉是熔化铸铁的主要设备，其构造如图 1 - 9 所示。炉壳由钢板焊成，炉内砌以耐火砖炉衬。炉子上部有加料口，下部有一环形风带。鼓风机鼓出的空气经风管、风带、风口进入炉内。风口以下为炉缸，炉缸与前炉相通。前炉下部有一出铁口，侧上方有一出渣口。

加入冲天炉的炉料有金属料、燃料和熔剂三部分。金属炉料包括高炉生铁、回炉铁（浇冒口、废铸件）、废钢以及少量用于调整铸铁成分的铁合金，如硅铁、锰铁等。燃料主要是焦炭，并要求发热值高，灰分少，含硫、磷量少。焦炭用量为金属料的 $1/8 \sim 1/10$ ，这一数值称为焦铁比。熔剂用石灰石和萤石（ CaF_2 ），其作用是降低炉渣的熔点，使熔渣的流动性增加，便于和铁水分离。熔剂的加入量为焦炭用量的 20% ~ 30%。

冲天炉工作时先用木柴点火，再加一层焦炭（底焦），鼓风燃旺。此后按熔剂 金属炉料 焦炭的顺序，分批将这三种炉料加入炉内。高温的炉气上升，将金属料加热熔化，同时形成炉渣。铁水和炉渣经炉缸流入前炉储存。

冲天炉的大小是以每小时能熔化铁水的质量表示，如每小时能熔化 5 t 铁水的冲天炉就称为 5 t 冲天炉。目前生产上常用的是 2 ~ 10 t 冲天炉。

浇注时将出铁口捅开，使铁水流入浇包。

浇包的容量可根据铸件大小选择，它可自 15 kg 至数吨。

五、浇注和铸件缺陷分析

浇注是把液体金属浇入铸型的过程。浇注时要控制好浇注温度和浇注速度。温度过高或过低都会使铸

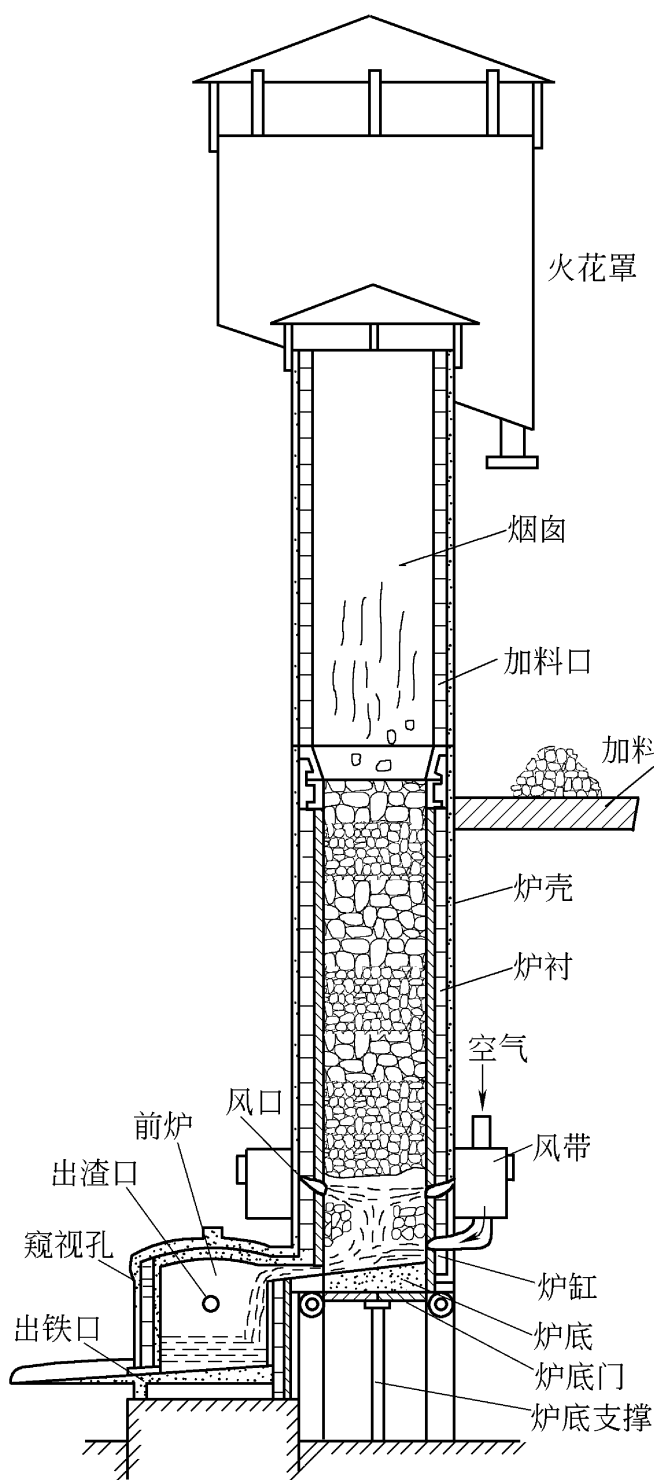


图 1 - 9 冲天炉的构造

件产生各种缺陷。一般中小型铸铁件的浇注温度为 $1\ 260 \sim 1\ 350\ ^\circ\text{C}$, 薄壁铸件为 $1\ 350 \sim 1\ 400\ ^\circ\text{C}$ 。浇注速度要适中, 不能中断。此外, 浇注前要在砂箱上放置压铁, 如图 1 - 10 所示, 以防止铁水的浮力将砂箱抬起使铸件报废。

当冷却后即可将砂箱打开, 落砂, 取出铸件, 打掉浇冒口, 清除型芯, 去除毛刺、飞边和表面粘砂。在单件小批生产中, 浇注和铸件清理等都是手工操作。

由于铸造生产过程工序多, 工艺复杂, 生产的铸件常常会有一些缺陷, 其特征和主要原因如表 1 - 1 所述。

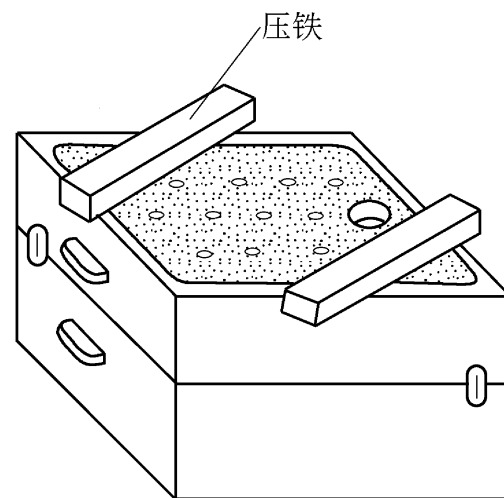
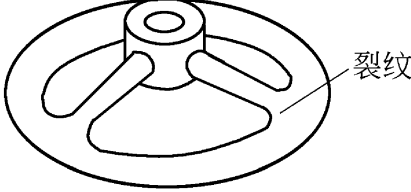
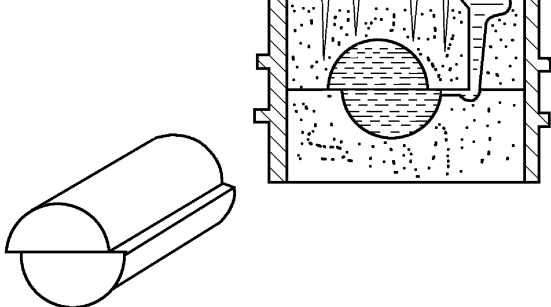
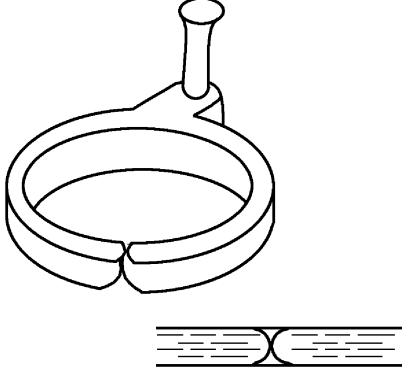
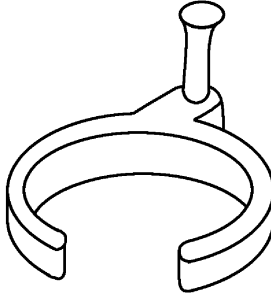


图 1 - 10 加压铁

表 1 - 1 铸件缺陷分析

缺陷名称	特征	产生的主要原因
气孔	<p>孔的内壁圆滑</p>	<p>舂砂太紧或造型起模时刷水过多; 型砂含水过多或透气性差; 型砂芯砂未烘干, 或型芯通气孔阻塞; 液体金属温度过低或浇注速度太快</p>
缩孔	<p>孔的内壁粗糙, 形状不规则, 多产生在厚壁处</p>	<p>铸件设计不合理; 浇冒口布置不合理或冒口太小, 或冷铁位置不对; 浇注温度太高或液体金属成分不对, 收缩太大</p>
砂眼	<p>孔内充塞型砂</p>	<p>造型时散砂落入型腔内未吹干净; 型砂强度不够或舂砂太松; 内浇道不合理, 致使液体金属冲坏砂型; 合型时局部碰坏砂型</p>

缺陷名称	特 征	产生的主要原因
裂纹	铸件开裂, 裂纹处金属表面氧化 	铸件设计不合理, 厚薄相差太大; 浇注温度太高, 冷却不均匀; 浇口位置不当; 舂砂太紧或落砂过早
错箱	铸件沿分型面有相对错位 	合型时上、下砂箱未对准; 砂箱的配箱标线或定位销不准确; 分模的上、下模未对准
冷隔	铸件有未完全熔合的隙缝, 交接处呈圆滑凹坑 	浇注温度太低、速度太慢或中断; 浇口太小或布置不对; 铸件设计不合理
浇不足	铸件形状不完整 	浇注温度太低, 速度太慢或中断; 浇口太小或未开出气口; 铸件太薄

1.1.2 基本操作方法

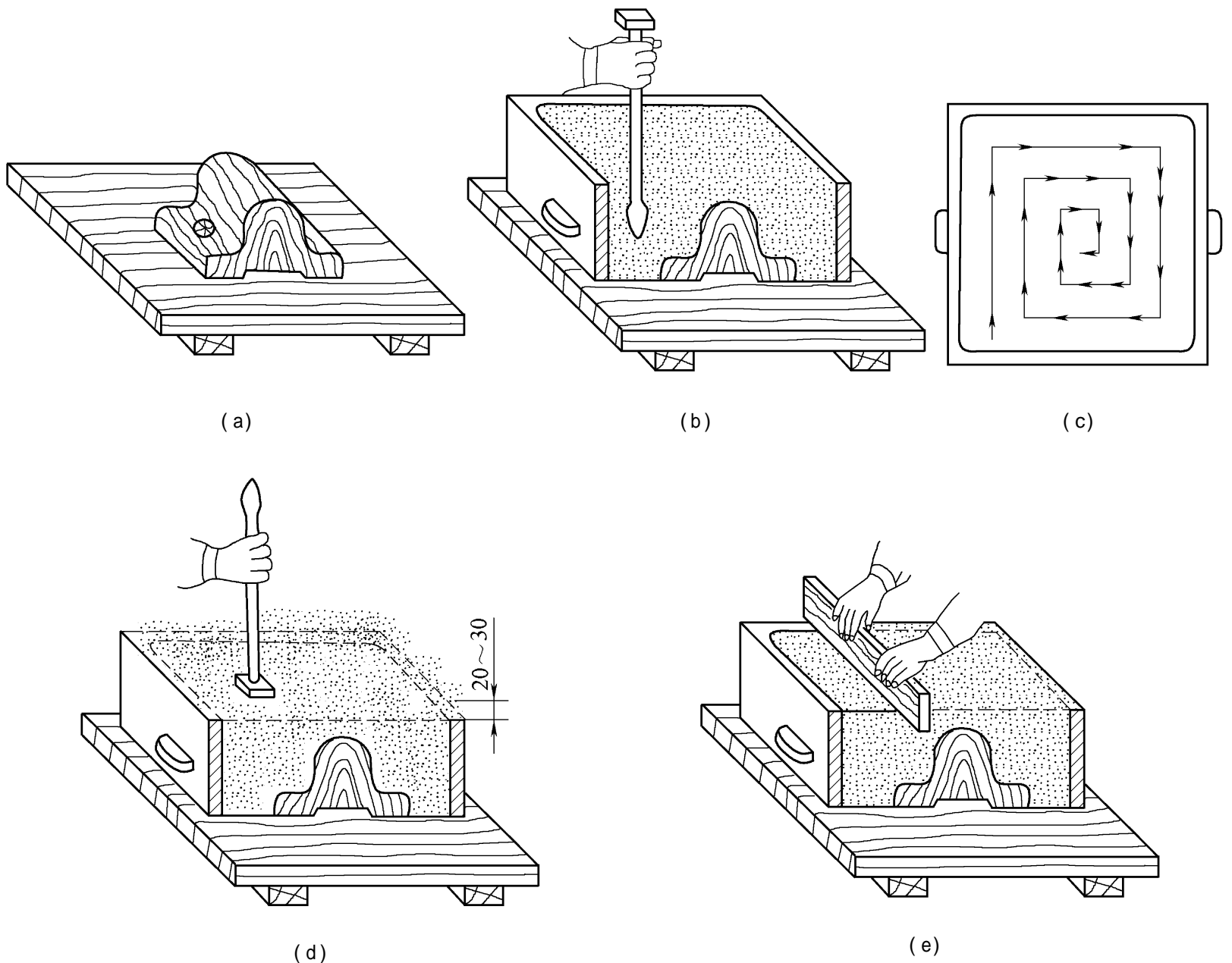
以轴承座的砂型铸造为例, 将整模造型的操作过程分述如下:

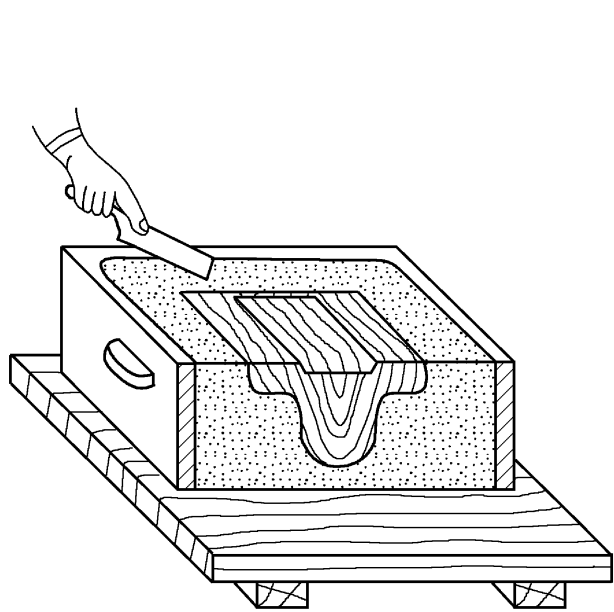
1. 将模样擦净后放在底板上, 如图 1 - 11a 所示。

2. 将下砂箱翻转后放在底板上, 加型砂, 用舂砂锤的尖头舂紧, 如图 1 - 11b 所示。舂砂应注意:

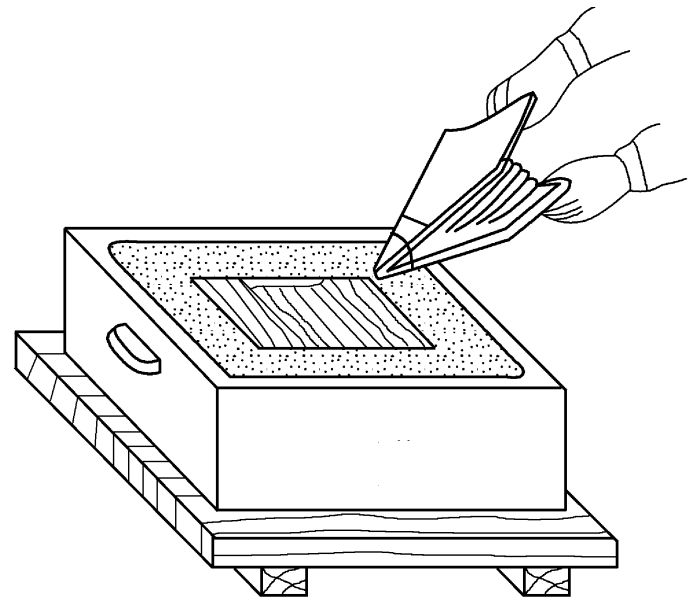
(1) 必须分层加砂, 每次加入量要适当。

- (2) 舂砂应按一定路线进行,如图 1 - 11c 所示,不能过紧或过松。
3. 加砂高于砂箱 20 ~30 mm ,用舂砂锤平头舂紧,如图 1 - 11d 所示。
 4. 用刮板刮去多余的砂,如图 1 - 11e 所示。
 5. 翻转砂箱用埧刀修光分型面,如图 1 - 11f 所示。
 6. 撒分型砂,并吹去撒在模样上的分型砂,如图 1 - 11g 所示。
 7. 放上上砂箱和浇口棒,加型砂。按造下砂型的程序造上砂型,如图 1 - 11h 所示。
 8. 扎通气孔,要分布均匀,深度适当,如图 1 - 11i 所示。
 9. 刮平上砂型,取出浇口棒,修外浇口成为漏斗形,如图 1 - 11j 所示。
 10. 揭开上砂箱并翻转,使分型面向上,放好,如图 1 - 11k 所示。
 11. 取模,如图 1 - 11l 所示,取模前要在模型四周刷少许水,取模时应向水平方向轻敲起模针,使模型松动后再取出。
 12. 修型,用埧刀和砂钩修型,如图 1 - 11m 所示。
 13. 开内浇道,如图 1 - 11n 所示。
 14. 撒石墨粉,合型准备浇注,如图 1 - 11o 所示。

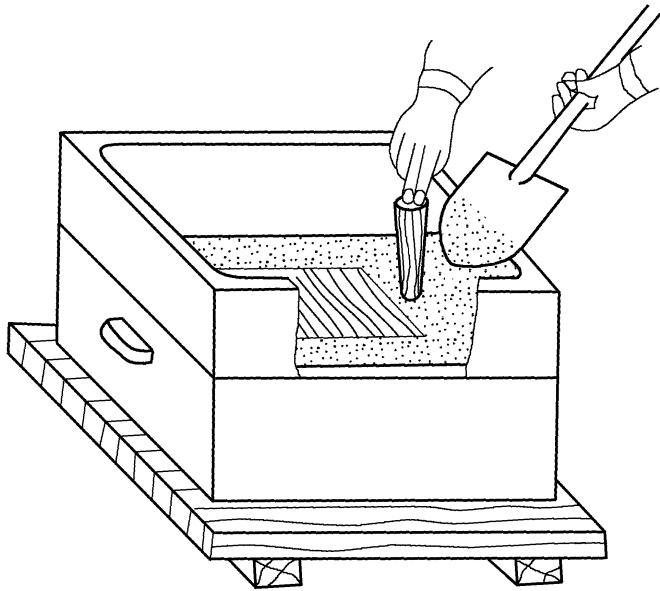




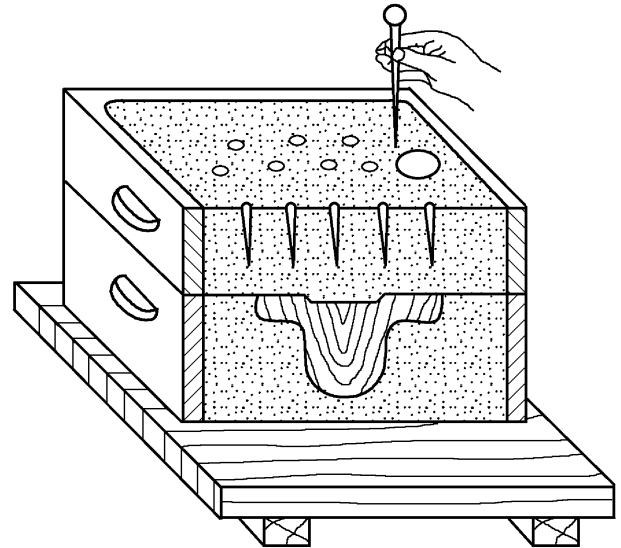
(f)



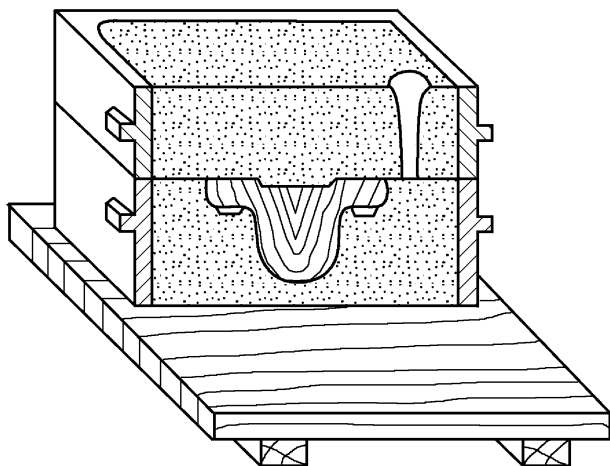
(g)



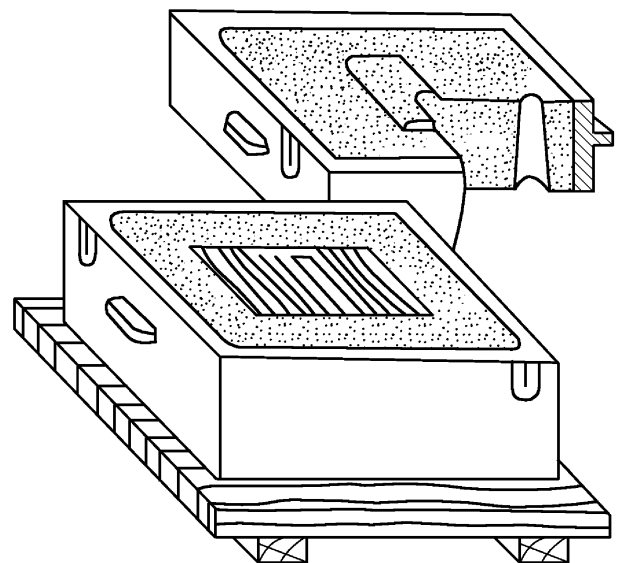
(h)



(i)



(j)



(k)