

# 机械制造工艺

(第2版)

● 主 编 孙希禄

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 机械制造工艺

(第2版)

主 编 孙希禄  
副主编 曹丽娜 史向坤  
参 编 吴 娟 吴金梅  
        马岩美 田晓霞  
主 审 刘温聚

## 内 容 简 介

本书根据2019年1月24日发布的《国家职业教育改革实施方案》中职业教育的人才培养目标、方向和要求,结合编者二十多年技术工作经验和教学经验编写而成。本书共分七个项目,内容包括:毛坯加工、金属切削加工原理、金属切削加工、机械加工工艺规程的编制、典型零件的加工、机械加工质量、CAPP技术;本书内容丰富,理论阐释简明扼要,由浅入深,注重理论与实践相结合,注重技能培养,又有一定技术知识的前瞻性。

本书既可作为高职院校机械制造与自动化、机电一体化、数控技术和模具制造等专业的教学用书,又可作为工厂从事机械制造、机械设计的工程技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺 / 孙希禄主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社, 2019.8 (2019.9重印)  
ISBN 978-7-5682-7478-4

I. ①机… II. ①孙… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第188617号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 16

字 数 / 376千字

版 次 / 2019年8月第2版 2019年9月第2次印刷

定 价 / 45.00元

责任编辑 / 高 芳

文案编辑 / 高 芳

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

# 前 言

高等职业教育现在是我国高等教育的重要组成部分，为国家担负培养和输送机械制造、工业建设、企业管理和服务等生产一线高素质、技术应用型人才的重任。进入 21 世纪后，随着制造业的发展，高职教育呈现出前所未有的发展势头，学生规模已占高等教育的一半以上，是我国现代高等教育的一支重要的生力军；在教学理念上，“以就业为导向、创新、创业”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。没有强大的制造业，就没有国家和民族的强盛。打造具有国际竞争力的制造业，是我国提升综合国力、保障国家安全、建设世界强国的必由之路。

《机械制造工艺》教材是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》《中国制造 2025》和《国家职业教育改革实施方案》的要求，在吸收近年来高职教育教学改革经验的基础上，参照企业对应用型人才的要求，结合机械制造工业的发展趋势，将传统教材《铸造》《焊接》《金属切削原理与刀具》《金属切削机床》《机械制造工艺学》和 CAPP 等的相关内容有机地结合在一起，形成一种全新的项目化教材。

本书在具体内容的取舍及深度的把握上，尽量避免理论过深、专业太强以及与实际应用关系不大的内容，重点突出机械制造工艺的特点，实用性强，符合机械类相关专业高等职业教育培养目标的要求和高等职业教育的特点。

本书编写的指导思想是：

(1) 在全书内容的组织上，以机械加工工艺为基础，精选经典传统机械制造的内容，把充分反映现代机械制造的新技术、新设备、新材料、新工艺的内容编入本书中，并且十分注重内容的实用性，在阐明基本概念、基本理论的前提下，突出技能，力求与生产实际相结合。

(2) 贯彻先进的教学理念，以技能训练为主线，相关知识为基础，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，以“必需、够用”为度。

(3) 注意把体现当代科学技术发展特征的多学科间的知识交叉与渗透反映到本书的内容中，注重教给学生科学的思维方法，提高学生综合运用知识解决实际问题的能力。

(4) 以国家职业标准为依据，使内容符合国家职业标准的相关要求。

(5) 以任务实施、案例为切入点，并尽量采用以图代文的编写方式，降低项目难度，从职业分析入手，构建培养计划，确定教学目标。

本课程的实践性很强，课程的教学需要与金工实习、生产实习、实验教学以及课程设计等多种教学环节密切配合；要更新教育思想和观念，努力运用现代化的教育手段与教学方法。

本教材由孙希禄担任主编，曹丽娜、史向坤担任副主编，参加编写的人员有：孙希禄、曹丽娜、史向坤、吴娟、吴金梅、马岩美、田晓霞等。具体编写分工如下：曹丽娜负责编写



项目一，吴娟负责编写项目二，马岩美负责编写项目三，孙希禄负责编写项目四、田晓霞负责编写项目五，吴金梅负责编写项目六，史向坤负责编写项目七；刘温聚担任主审。

本教材适合高等院校及高等职业院校机械类专业学生使用，如机械制造、模具制造、数控技术、机电一体化等专业；本教材在编写过程中参考了相关教材及其他有关珍贵资料，得到了同行的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免存在不当或错误之处，敬请广大读者批评与指正。

编 者

# 目 录

项目概论 .....	1
项目一 毛坯加工 .....	4
任务一 铸造加工 .....	4
任务二 金属压力加工 .....	24
任务三 焊接加工 .....	39
项目二 金属切削加工原理 .....	54
任务一 基本定义 .....	54
任务二 金属切削的过程 .....	61
任务三 刀具磨损与工件材料的切削加工性 .....	67
任务四 金属切削条件的选择 .....	72
项目三 金属切削加工 .....	80
任务一 车削加工 .....	80
任务二 铣削加工 .....	87
任务三 钻削与镗削加工 .....	98
任务四 刨削与拉削加工 .....	107
任务五 磨削加工 .....	116
项目四 机械加工工艺规程的编制 .....	126
任务一 基本概念 .....	126
任务二 机械加工工艺规程编制的内容、原则、步骤 .....	131
任务三 零件的结构工艺性分析及毛坯的选择 .....	135
任务四 定位基准的选择 .....	138
任务五 工艺路线的拟定 .....	143
任务六 加工余量的确定 .....	147
任务七 工艺尺寸链 .....	151
任务八 时间定额与生产效率 .....	159
项目五 典型零件的加工 .....	171
任务一 轴类零件加工 .....	171
任务二 套类零件加工 .....	182
任务三 箱体类零件加工 .....	187
项目六 机械加工质量 .....	198
任务一 机械加工质量概论 .....	198



任务二 机械加工表面质量·····	211
<b>项目七 CAPP 技术</b> ·····	219
任务一 认识 CAPP ·····	219
任务二 成组技术·····	232
任务三 CAPP 系统的类型和工作原理 ·····	239
<b>参考文献</b> ·····	249

# 项目概论

## 一、机械制造定义

《中国制造 2025》开宗明义，我国要从制造业大国向制造业强国转变，最终实现制造业强国。通过信息化和工业化两化深度融合来引领和带动整个制造业的发展，这也是我国制造业所要占据的一个制高点。

机械制造是各种机械产品生产、制造过程的总称。机械制造技术是研究制造机械产品所采用的加工原理、制造工艺和相应工艺装备的一门工程技术，最终达到制造出高质量、低成本、低消耗、高生产率的机械产品的目的。

随着国民经济的不断发展，各行各业都需要大量的机器、设备和交通运输工具等机械产品，这些产品都是由很多零件、部件装配而成。要想装配出合格的产品，必须先加工出合格的零件。铸造、锻造、焊接只能得到形状、尺寸比较粗糙的成品或半成品，是一种毛坯加工。机械中的大部分零件，特别是质量要求高的，还需要经过金属切削加工。因此，正确地进行切削加工，对保证零件质量、提高生产率和降低成本有着重要意义。

## 二、机械制造技术的发展现状

人类过去 260 年的经济增长史，是连续三次工业革命直接带来的“福利”；中国制造虽然在高铁、基建、航空等领域都有比较亮眼的成绩；但我们在机械、电气和信息自动化等三个时代均落后于世界平均水平，我们过去创造的奇迹更多的是依托中国工人和科研工作者的双手来完成的。2011 年 4 月德国政府正式在汉诺威工博会上推出“工业 4.0”的概念：利用物联网信息系统（Cyber—Physical System 简称 CPS）将生产中的供应，制造，销售信息数据化、智慧化，最后达到快速、有效、个人化的产品供应。

2015 年 5 月，国务院公布了中国版的“工业 4.0”规划《中国制造 2025》：坚持“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”的基本方针，坚持“市场主导、政府引导，立足当前、着眼长远，整体推进、重点突破，自主发展、开放合作”的基本原则，通过“三步走”实现制造强国的战略目标：第一步，到 2025 年迈入制造业强国行列；第二步，到 2035 年中国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平；第三步，到新中国成立一百年时，综合实力进入世界制造强国前列

机械制造业是国民经济的基础产业和支柱，为人们的生产、生活提供各种生产制造装备，其他产业的发展均有赖于制造业提供高水平的设备；从一定意义上讲，机械制造技术的发展水平决定着其他产业的发展水平。“经济的竞争归根结底是制造技术和制造能力的竞



争”，同时制造业对科学技术的发展，尤其是现代高新技术的发展起着重要的推动作用。制造技术是当代科学技术发展最为重要的领域之一，包含在“中国制造 2025 十大领域”之内。

我国机械工业努力追赶世界制造技术的先进水平，积极开发新产品、研究推广先进制造技术，继续推进制造业与信息技术的融合，在引进、消化和吸收国外先进制造技术的基础上有了快速的发展。我国制造业从传统的普通机床到航空航天技术装备，从国计民生日常用具的生产到国防尖端产品的制造；特别是今年，伴随着我国计划年底实施嫦娥五号任务（探月工程“绕、落、回”三步走战略的最后一步）的完成和“5G”通信技术的发展应用，机械制造技术都提供了重要的先进技术装备的保障。目前，高性能的数控机床和柔性制造系统、计算机集成制造、人工智能制造系统、虚拟制造、敏捷制造和网络制造工程等先进制造技术日新月异，为机械制造的发展提供了无限的开阔空间，从此宣告了机械制造业永远不会成为夕阳产业。

中国是机械制造业大国，但制造产品附加值和技术含量还较低，真正在全球市场上处于领先水平的制造业企业则更少。从制造业的人均劳动生产率看，远远落后于发达国家。据统计，目前我国优质低耗工艺的普及率不足 10%，数控机床、精密设备不足 5%，90%以上高档数控机床、97%的光纤制造装备、85%的集成电路制造设备、80%的石化设备、70%的轿车工业装备依赖进口。我国制造业“大而不强”的现状令人忧虑。“走自主创新的道路，建设创新型国家”是高屋建瓴的规划，更是残酷的国际竞争环境的产物。

机械制造业的目标：到 2020 年，制造业重点领域智能化显著提升，试点示范项目运营成本降低 30%，产品生产周期缩短 30%，不良品率降低 30%。到 2025 年，制造业重点领域全面实现智能化，试点示范项目运营成本降低 50%，产品生产周期缩短 50%，不良品率降低 50%。

### 三、现代制造的特点

现代制造业是以制造业吸收信息技术、新材料技术、自动化技术和现代管理技术等高新技术，并与现代服务业互动为特征的新型产业。

先进制造技术与传统制造技术相比，其显著特点是：以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产，提高产品对动态多变市场的适应能力和竞争力为目标；不仅包括制造工艺，而是覆盖了市场分析、产品设计、加工和装配、销售、维修、服务，以及回收再生的全过程；强调技术、人员、管理和信息的四维集成，不仅涉及物质流和能量流，还涉及信息流和知识。

四维集成和四流交汇是先进制造技术的重要特点，同时更加重视制造过程组织和管理的合理化，它是硬件、软件、脑件（人）与组织的系统集成。先进制造技术其实就是“制造技术”加“信息技术”加“管理技术”，再加上相关的科学技术交融而成的制造技术。

随着电子、信息等高新技术的不断发展及市场个性化与多样化的需求，世界各国都把机械制造的研究和开发作为国家的关键技术进行优先发展，并将其他学科的高技术成果引入机械制造业中。因此机械制造业的内涵与水平已不同于传统制造。归纳起来，有以下特征：

(1) 现代机械制造技术集机械、计算机、信息、材料、自动化等技术于一体，具有柔性、集成、并行工作，能够制造生产成本与批量无关的产品，能按订单制造，满足产品的个性要求。



(2) 制造智能化。智能制造系统能发挥人的创造能力和具有人的智能和技能，能够代替熟练工人的技艺，具有学习工程技术人员多年实践经验和知识的能力，并用以解决生产实际问题。

(3) 设计与工艺一体化，传统的制造工程设计和工艺分步实施，造成了工艺从属于设计、工艺与设计脱离等现象，影响了制造技术的发展。产品设计往往受到工艺条件的制约，受到制造可靠性、加工精度、表面粗糙度、尺寸等限制。因此，设计与工艺必须密切结合，以工艺为突破口，形成设计与工艺的一体化。

(4) 精密加工技术是关键，精密和超精密加工技术是衡量先进制造技术水平的重要指标之一。纳米加工技术代表了机械制造业的最高精度水平。

(5) 产品生命周期的全过程，现代制造是一个从产品概念开始，到产品形成、使用，一直到处理报废的集成活动和系统。在产品的设计中，不仅要进行结构设计、零件设计、装配设计，而且特别强调拆卸设计。使产品报废处理时，能够进行材料的再循环。节约能源，保护环境。

(6) 人、组织、技术三结合，现代制造技术强调人的创造性和作用的永恒性；提出了由技术支撑转变为人、组织、技术的集成，以加强企业新产品开发时间（T）、质量（Q）、成本（C）、服务（S）、环境（E）；强调了经营管理、战略决策的作用。在制造工业战略决策中，提出了市场驱动、需求牵引的概念，强调用户是核心，用户的需求是企业成功的关键，并且强调快速响应市场需求的重要性。提高企业的市场应变能力和竞争能力。

因此，现代制造不仅仅是要求精密加工、高速加工、自动化加工，更主要体现在观念上的革新，现在比较统一的认识有绿色制造、计算机集成制造、柔性制造、虚拟制造、智能制造、敏捷制造和网络制造等。

#### 四、本课程的特点和任务

机械产品的制造包括毛坯的加工，零件的加工和装配；零件加工是在机床、刀具、夹具和工件本身相互共同作用下完成，因此机械制造涉及机床、刀具、夹具方面的知识。本课程综合考虑，以机械制造的基本理论为基础，以加工技能训练为主线，介绍各种加工方法及相应的工艺装备；介绍毛坯制造方法、金属切削加工原理、机械制造工艺规程编制、机械加工质量控制的方法等，并以典型零件加工的综合分析为落脚点，增强知识与技术的综合运用。

实践性、综合性、应用性是本课程的三大特点，学习中要重视理论联系实际，金工实习、机械装配图课程和机械基础课程设计都可以很好地帮助学习本课程，而且有利于将理论知识转化为机械制造应用能力。

通过本课程学习，能够掌握机械制造常用的加工方法、加工原理和制造工艺，熟悉各种加工设备及装备，初步具有分析、解决机械制造加工质量问题的能力，具有编制机械加工工艺规程的能力。

## 毛坯加工

### 知识目标

- (1) 了解铸造加工、压力加工和焊接加工的工作原理、工艺过程。
- (2) 了解毛坯成型加工所用各种设备、原材料和工具。
- (3) 理解和掌握毛坯成型加工工艺过程和主要工艺参数。

### 技能目标

- (1) 能够完成毛坯成型加工的操作过程。
- (2) 能够根据零件图纸的要求，选择合适的毛坯成型方法。
- (3) 能够根据毛坯产品质量状况，进行质量分析，提出质量改进措施。

## 任务一 铸造加工

### 任务目标

- (1) 了解铸造加工原理和工艺过程。
- (2) 了解铸造过程中设备和工具的使用。
- (3) 理解、掌握砂型铸造工艺过程和工艺参数。
- (4) 了解特种铸造加工原料和工艺过程。

### 一、概述

#### 1. 铸造的特点、方法及应用

将熔化的金属浇注到铸型的空腔中，待其冷却凝固后，得到一定形状和性能的毛坯或零件的加工方法称为铸造。由铸造得到的毛坯或零件称为铸件。铸件一般作为零件的毛坯，要经过切削加工后才能成为零件，但若采用精密铸造方法或对零件的精度要求不高时，铸件也可不经切削加工而使用。

铸造与其他金属加工方法相比，具有以下一些特点：

- ① 可铸造出形状比较复杂的铸件，铸件的尺寸和重量几乎不受限制；
- ② 铸造所用的原材料价格低廉，铸件的成本较低；
- ③ 铸件的形状和尺寸与零件很接近，所以节省了金属材料及加工工时。



铸造也存在一定的缺点，具体如下：

① 铸件的力学性能较低，又受到最小壁厚的限制，所以铸件较笨重，从而增加了机器的重量；

② 铸造的工序多，铸件质量不稳定，废品率较高。

铸造生产的方法很多，主要分为砂型铸造和特种铸造两类。砂型铸造是用砂型紧实成型的铸造方法。除砂型铸造外，其他的铸造方法称为特种铸造，如金属型铸造、压力铸造、离心铸造和熔模铸造等。砂型铸造具有较大的灵活性，对不同的生产规模，不同的铸造合金都能适用，因此应用最为广泛。

## 2. 砂型铸造的工艺流程、砂型的组成、模样及芯盒

### (1) 砂型铸造的工艺流程

砂型铸造的主要工序为制造模样和芯盒、制备型砂及芯砂、造型、造芯、合型、熔化金属及浇注、铸件凝固后开型落砂、表面清理和质量检验，大型铸件的铸型及型芯，在合型前还需烘干。图 1-1 为压盖铸件的生产过程。

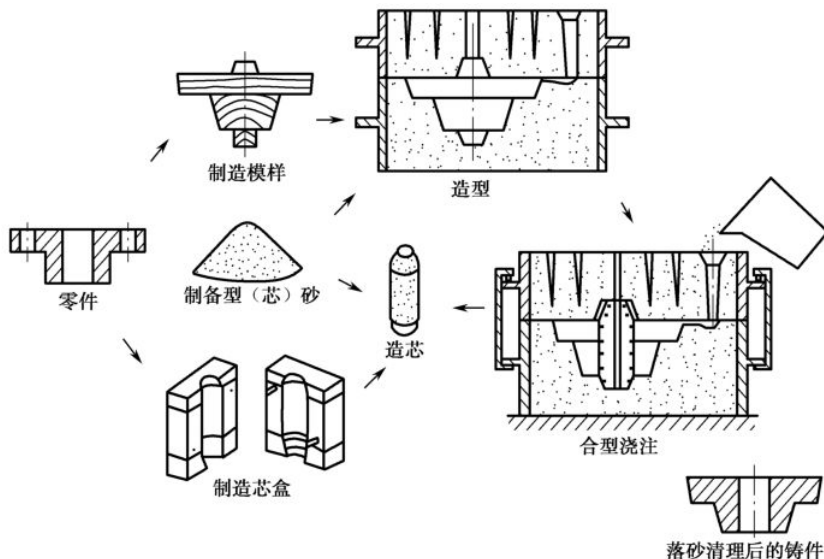


图 1-1 压盖铸件的生产过程

### (2) 砂型组成简介

图 1-2 为合型后的砂型。型砂被舂紧在上、下砂箱之中，连同砂箱一起称作上砂型和下砂型。砂型中取出模样后留下的空腔称为型腔。上下砂型间的结合面称为分型面。使用芯的目的是为了获得铸件的内孔，芯的外伸部分称为芯头，用以定位和支撑芯子。铸型中专为放置芯头的空腔称为芯座。

金属液从外浇口浇入，经直浇道、横浇道和内浇道而流入型腔。型砂及型腔中的气体由通气孔排出，而被高温金属液包围后芯中产生的气体则由芯通气孔排出。

### (3) 模样和芯盒

模样和芯盒是造型和造芯用的模具。模样用来造型，以形成铸件的外形，芯盒用来造芯，以形成铸件的内腔。小批量生产时，模样和芯盒常用木材制造，大批量生产时常用铝合



金或塑料制造。

在制造模样和芯盒之前，要以零件图为依据，考虑铸造工艺特点，绘制铸造工艺图。在绘制铸造工艺图时，要考虑如下几个问题：

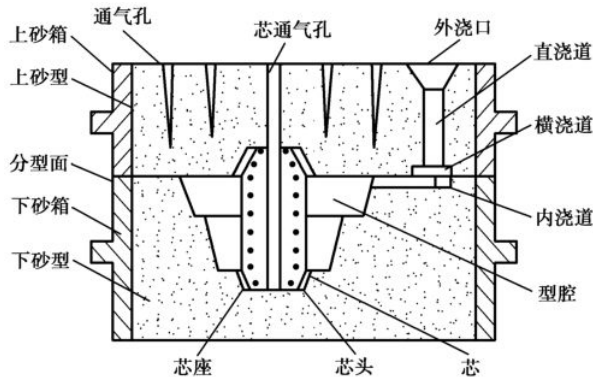


图 1-2 砂型

① 分型面。

分型面的选择必须使造型、起模方便，同时应保证铸件质量。分型面的位置在铸造工艺图上用线条标出，并加箭头以表示上型和下型。

② 加工余量。

铸件上有些部位需要进行加工，切削加工时从铸件上切去的金属层厚度称为加工余量。因此，铸件上凡需要切削加工的表面，制造模样时，都要相应地留出加工余量。加工余量的大小根据铸件的尺寸、铸造合金种类、生产量、加工面在浇注时的位置等来确定。一般小型铸铁件的加工余量为 3~5 mm。此外，铸件上直径小于 25 mm 的孔，一般不予铸出，应待切削加工时用钻孔方法钻出。

③ 起模斜度。

为便于起模或从芯盒中取出砂芯，模样垂直于分型面的壁应该有向着分型面逐渐增大的斜度，该斜度称为起模斜度。木模的起模斜度为  $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 。

④ 铸造圆角。

铸件上各相交壁的交角，在制作模样时应做成圆角过渡，以改善铸件质量，这可以防止应力集中和起模时损坏砂型。

⑤ 芯头和芯座。

为便于安放和固定芯子，在模样和芯盒上应分别做出芯座和芯头。芯座应比芯头稍大，两者之差即下芯时所需要的间隙。对于一般中小芯，此间隙为 0.25~1.5 mm。

⑥ 收缩余量。

液态金属在砂型里凝固时要收缩，为了补偿铸件收缩，模样尺寸比铸件图样尺寸增大的数值，称为收缩余量。收缩余量主要根据合金的线收缩率来确定。各种合金的线收缩率是：灰铸铁约为 1%，铸钢约为 2%，铜、铝合金约为 1.5%。例如，有一灰铸铁的长度为 100 mm，线收缩率为 1%，则收缩余量为 1 mm，模样长度为 101 mm。制造模样时，应采用已考虑了收缩率的缩尺来进行度量，以简化制模时尺寸的折算。缩尺是按照合金的线收缩率放大而做成的，如收缩率为 1% 的缩尺上的 1 mm 代表实际尺寸 1.01 mm。常用的尺寸有



1%、1.5%和2%。

图 1-3 为联轴节的零件图、铸件简图和模样图。

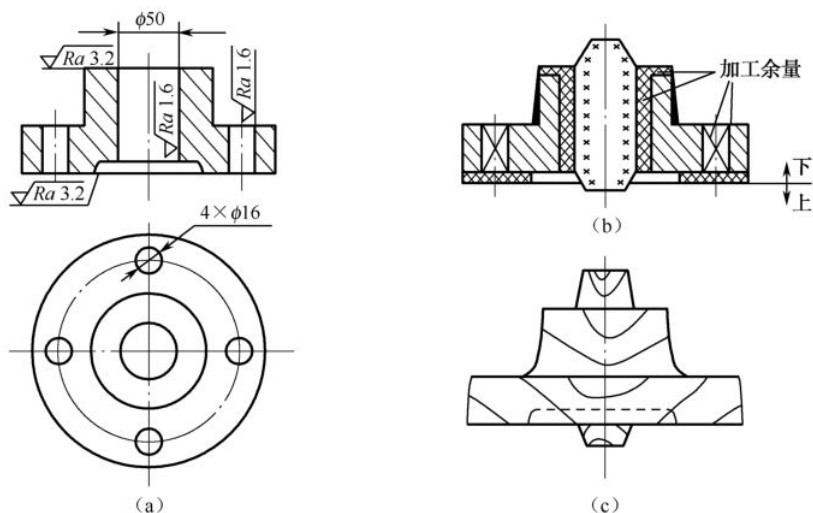


图 1-3 联轴节的零件图、铸件简图和模样图

(a) 零件图；(b) 铸件简图；(c) 模样图

## 二、型砂和芯砂

砂型和芯是用型砂和芯砂制造的。型（芯）砂是由砂、黏结剂、水和附加物按一定比例混合制成的。黏结剂种类很多，有黏土、水玻璃、桐油、合脂等，应用最广的是价廉而丰富的黏土。用黏土作为黏结剂的型（芯）砂称为黏土砂，用其他黏结剂的型（芯）砂则分别称为水玻璃砂、油砂、合脂砂等。图 1-4 为黏土砂结构示意图。

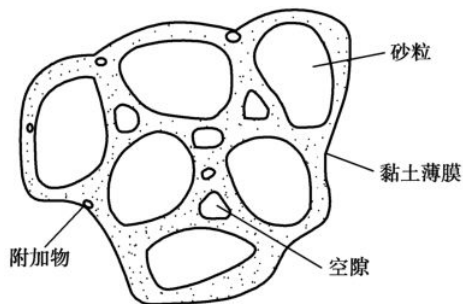


图 1-4 黏土砂结构示意图

### 1. 型（芯）砂的组成

#### (1) 砂

原砂（即新砂）的主要成分是石英（ $\text{SiO}_2$ ）。铸造用砂，要求原砂中二氧化硅含量为 85%~97%。砂的颗粒以圆形、大小均匀为佳。

为了降低成本，对于已用过的旧砂，经过适当处理后，还可以掺在型砂中使用。对一般手工生产的小型铸造车间，则往往只将旧砂过筛一下以去除砂团、铁块、木片等杂物。

#### (2) 黏结剂

能使砂粒相互黏结的物质称为黏结剂，常用的黏结剂是黏土。黏土主要分为普通黏土和膨润土两类。湿型（造型后砂型烘干）型砂普遍采用黏结性较好的膨润土，而干型（造型后将砂型不烘干）型砂多用普通黏土。

#### (3) 附加物

为了改善型（芯）砂性能而加入的物质称为附加物。常用的附加物有煤粉、木屑等。



加入煤粉能防止铸件黏砂，使铸件表面光洁；加入木屑可以改善铸型和芯的透气性。

#### （4）水

通过水使黏土和原砂混成一体，并具有一定的强度和透气性。水分过多，易使型砂湿度过大，强度低，造型时易黏模，使造型操作困难；水分过少，型砂则干而脆，造型、起模困难。因此，水分要适当，当黏土和水的质量比为3：1时，强度可达最大值。此外，为防止铸件表面粘砂并使铸件表面光滑，常在铸型型腔表面覆盖一层耐火材料，称为扑料。通常在铸铁件的湿型表面扑撒一层石墨粉或滑石粉，而在铸钢件的湿型表面扑撒石英粉。对于干型和芯的表面，则可以刷一层涂料，而铸铁件可用石墨粉加黏土水剂，铸钢件则常用石英粉和黏土水剂。

### 2. 型（芯）砂应具备的主要功能

#### （1）透气性

透气性是指紧实砂样的空隙度。若透气性不好，易在铸件内部形成气孔缺陷。型（芯）砂的颗粒应粗大、均匀且为圆形，黏土含量要少，型（芯）砂舂得不要过紧，这些均可使透气性提高。含水量过少时，砂粒表面黏土膜不光滑，透气性不高，而含水量过多，空隙被堵塞，又会使透气性降低。

#### （2）流动性

流动性是指型（芯）砂在外力或本身重力的作用下，沿模样表面和砂粒间的相对移动的能力。流动性不好的型（芯）砂不能造出轮廓清晰的铸件。

#### （3）强度

型（芯）砂抵抗力破坏的能力称为强度。型（芯）砂强度过低，易造成塌箱、冲砂和砂眼等缺陷；而强度过高，则易使型（芯）砂透气性变差。型（芯）砂的强度随黏土的含量和砂型紧实度的增加而增加。砂子的颗粒越细，强度越高。含水量过多或过少均可使型（芯）砂的强度降低。

#### （4）韧性

韧性是指型（芯）砂吸收塑性变形能量的能力。韧性差的型（芯）砂在造型（芯）起模（脱芯）时，易损坏。韧性不好的型（芯）砂，在铸件凝固和成型后的收缩过程中，将产生收缩应力，可能导致铸件产生裂纹。

#### （5）溃散性

型（芯）砂在浇注后易溃散的性能称为溃散性。溃散性对清砂率和劳动强度有显著影响。

#### （6）耐火性

耐火性是指型（芯）砂抵抗高温热作用的能力。耐火性差，铸件易产生粘砂现象，使铸件清理和切削加工过于困难。砂中二氧化硅含量越多，砂子的颗粒越大，耐火性越好。

型（芯）砂除了应具备上述主要性能外，还有一些其他性能要求，如耐用性、发气性、吸湿性等。

### 3. 型砂和芯砂的制备

#### （1）型（芯）砂组成物配制

型（芯）砂组成物需按一定的比例配制，以保证一定的性能。型（芯）砂有多种配比方案，现举两例供参考。



小型铸铁件湿型型砂的配比：新砂 10%~20%，旧砂 70%~80%，另加膨润土 2%~3%、煤粉 2%~3%、水 4%~5%。

铸铁中小件芯砂的配比：新砂 40%，旧砂 50%，另加黏土 5%~7%、纸浆 2%~3%、水 7.5%~8.5%。

在同一砂型内，与液态金属接触的面层型砂比背部型砂要求高，因此，型砂又有面砂和背砂（又称填充砂）之分。

### （2）型（芯）砂的制备方法

型（芯）砂的性能不仅决定于其配比，还与配砂的工艺操作有关。混碾越均匀，型（芯）砂的性能越好。

型（芯）砂的混制工作是在混砂机中进行的，目前工厂常用的是碾轮式混砂机（如图 1-5 所示）。混砂工艺：按比例将新砂、旧砂、黏土、煤粉等加入混砂机中，先干混 2~3 min，混拌均匀后再加水或液体黏剂（水玻璃、桐油等）湿混 10 min 左右，即可出砂。混制好的型砂应堆放 2~4 h，使水分分布得更均匀，这一过程叫调匀。砂型在使用前还需经行松散处理，使砂块松开、空隙增加。

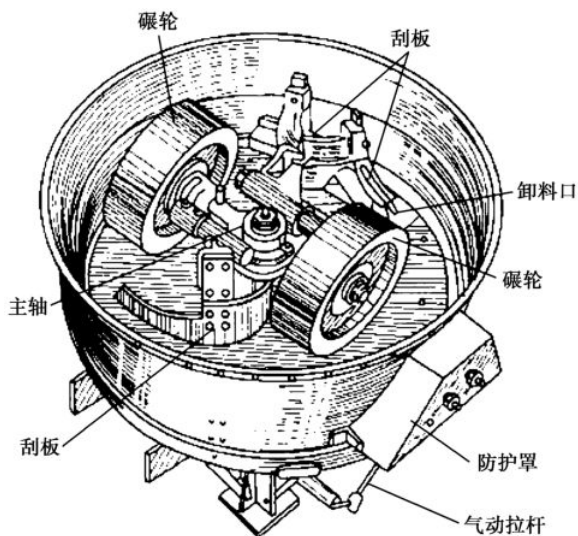


图 1-5 碾轮式混砂机

型（芯）砂的性能应用型砂性能试验仪检测。单件小批量生产时，可用手捏检验法（如图 1-6 所示）检测，即当型砂湿度适当时可用手把型砂捏成团，手放后它也不松散，手上也不会粘砂，抛向空中则砂团应散开。

## 三、整模造型及造芯

造型和造芯是铸造生产中最主要的工序，对于保证铸件尺寸精度和提高铸件质量有着重要的影响。

造型方法可分为手工造型和机器造型两大类。手工造型主要用于单件或小批生产，机器造型主要用于大批或大量生产。

手工造型灵活多样，主要有整模造型、分模造型、挖砂造型、假箱造型、刮板造型等。

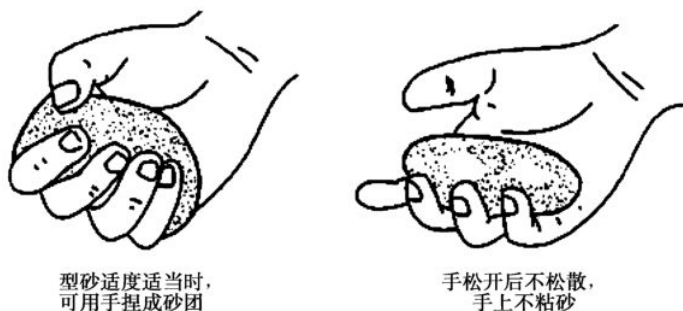


图 1-6 型砂性能手捏检验法

本节介绍整模造型。

### 1. 整模造型

#### (1) 砂箱及造型工具

如图 1-7 所示，砂箱常用铝合金或灰铸铁制成，它的作用是在造型、运输和浇注时支撑砂型，防止砂型变形或损坏。底板用于放置模样。舂砂锤用于舂砂，用尖头舂砂，用平头打紧砂型顶部的砂。手风箱（又称皮老虎）用于吹去模样上的分型砂及散落在型腔中的散砂。戥刀（砂刀）用于修平面及挖沟槽。秋叶（圆勺、压勺）用于修凹曲面。砂钩（提钩）用于修深而窄的底面或侧面以及勾出砂型中的散砂。

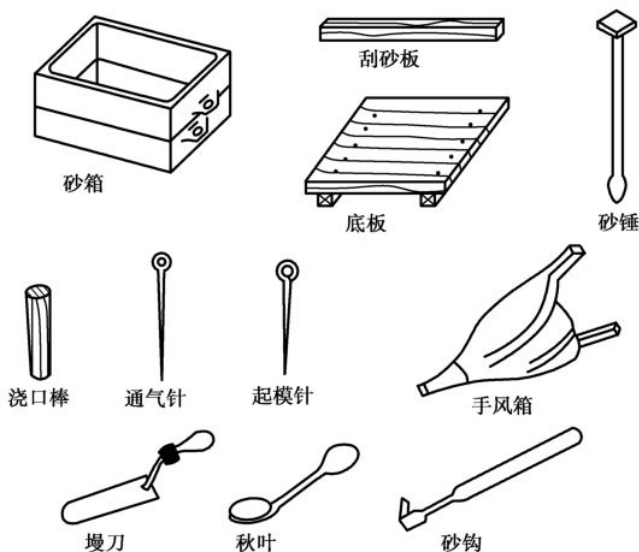


图 1-7 砂箱及造型工具

#### (2) 整模造型方法

整模造型的模样是一个整体，其特点是造型时模样全部放在一个砂箱（下箱）内，分型面为平面。

图 1-8 为整模造型工艺过程，其表述如下：

- ① 把模样放在地板上（如图 1-8（a）所示）；
- ② 放好下砂箱，撒上厚度约 20 mm 的面砂，再加填充砂（如图 1-8（b）所示）；