

普通高等教育“十五”国家级规划教材
(高职高专教育)

工程材料与材料成形工艺

(第二版)

王纪安 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材，在获国家教材奖
料成形工艺》

用性、技能型人才的要求，以机械制造生产第一线需要的知识、技能培养为目标，将原金工理论教学、金工实验实训进行整合，三位一体，精简提炼，注重实用，形成强化应用和技能培养的具有新时期高等职业教育特点的教材体系。本书面向新世纪制造业的发展需要，重视综合性、应用性与实践性，重视新材料、新工艺、新技术的引入并安排了成形工艺基础实训

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校及本科院校举办的职业技术学院、继续教育学院和民办高校机械类专业的教材，并可同时应用于课堂教学、实训与实验等教学环节，也可供有关工程技术人员、企业管理人员参考或作为培训教材。

图书在版编目(CIP)

工程材料与材料成形工艺/王纪安主编. —2版.
北京:高等教育出版社, 2004.12
ISBN 7-04-015670-9

.工... .王... . 工程材料 - 高等学校:
技术学校 - 教材 工程材料 - 成型 - 高等学校:技术
学校 - 教材 . TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字

策划编辑 赵亮 责任编辑 陈大力 封面设计 于涛 责任绘图 尹文军
版式设计 张岚 责任校对 俞声佳 责任印制

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 010-58581000

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

经 销 新华书店北京发行所
印 刷

开 本 787×1092 1/16
印 张 17.25
字 数 420 000

版 次 2000年8月第1版
年 月 第2版
印 次 年 月 第 次印刷
定 价 20.10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

物料号：15670-00

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作，2000年教育部高等教育司颁发了《专教育教材建设的若干意见》

版500本左右高职高专教育规划教材”的目标，并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施：先用2至3年时间，在继承原有教材建设成果的基础上，充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验，解决好高职高专教育教材的有无问题；然后，再用2至3年的时间，在实施《教学内容体系改革与建设项目计划》

专教育教材。根据这一精神，有关院校和出版社从2000年秋季开始，积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的

案)

部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题，将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略，抓好重点规划”为指导方针，重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设，特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材；同时还要扩大教材品种，实现教材系列配套，并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系，在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材

校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

第二版前言

——写给读者的几句话

您可能是正在高职高专院校就读的未来的应用型高技能人才，也可能是正在工业企业第一线工作的工程技术人员或管理人员，本书是您学习和工作的重要知识基础和能力基础。

您可能学习或工作在机械制造、维修及其自动化的工作岗位，您使用的各种工具——简单到手工工具，复杂到加工中心，都是由各种材料制作的；您利用工具从事的加工对象——零件如轴和齿轮，成品如汽车和飞机，也都是由各种材料并通过一系列成形方法制作的。工程材料的应用与各种成形工艺技术是制造之母。您在日常生活和工作中会接触到钢铁、铝合金和铜合金，您也会接触到诸如塑料、橡胶等很多非金属材料，此外还有很多神奇的新型材料，神舟五号载人飞船的成功壮举就与新材料的开发密不可分。材料为什么具有很多不同的性能呢？如何去选择和用好材料呢？本书将会给出答案。您可能也接触过一些这样的名词，比如机械加工、铸造、锻压和焊接，这些都属于材料成形技术，不论多么复杂的机械都是由一种或几种成形工艺加工出来的。现在，这些广泛应用的技术正在焕发新的活力，数控加工已广泛采用，铸造过程计算机数值模拟、高速高能锻压成形、等离子及激光焊接等新工艺、新技术都在工业生产中发挥着重要的作用。

您可能学习或工作在材料成形和控制技术岗位，您可能学习或工作在汽车制造与维修岗位，您可能学习或工作在热能工程、化学工程、工业设计、电工电子等不同的岗位，本书都将使您获益。

本书的每一章之初都设了“问一问，想一想”栏目，希望引起您的兴趣和思考。“学习目标”提出了本章学习的基本内容、重点和应掌握的基本技能。

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材，在教育部高职高专规划教材王纪安主编

第一版曾获全国高等学校优秀二等奖。本次修改紧密结合高等职业教育技能型人才培养目标，做了相应的修改和补充，较大幅度删减了原理性描述

增加了必要的实训操作指导内容和实训安全要求，增加了一些最新的技术与工艺介绍，如纳米材料、快速成形技术等。对章节也进行了调整，分解取消了原第7章(制)

该章单列后有利于成形工艺实训的学习指导。修改后全书仍为13章，第1章从宏观把握本课程，第2~6章介绍工程材料，第7~12章介绍成形技术，第13章综合应用。相信本书第二版会更加适应和方便您的使用。

本书修改稿全部由王纪安完成，北京市机械局职工大学陈则钧教授担任主审。

编者

2004年11月

第一版前言

本书是根据教育部制定的
合高职高专教学改革的实践经验，以适应 21 世纪培养高等技术应用性人才的要求编写的，是
高职高专教育机械类专业的通用教材。本书可同时应用于课堂教学、实训与实验
金工实验)

全书共 13 章，1~4 章讲述工程材料的性能、结构与凝固、强化与处理，5~7 章讲述金属
材料、非金属材料、新型材料与材料的质量控制，8~12 章讲述铸造、锻压、焊接和胶接、钳
工和机械加工、非金属材料的成形工艺，13 章为材料与成形工艺选择，每章都安排了习题与
思考题，并附有综合性实验指导。

本书编写具备如下特点：

合，三位一体，形成强化应用的具有高职高专特点的新的教材体系。

技术及其他正在发展的成形技术的介绍等。

强调培养学生的技术应用能力。

可持续发展的观点。

参加本书编写的有承德石油高等专科学校丁德全
章、第 6 章、第 7 章、第 9 章、第 11 章)

大学沈兴东

校杨慧智教授主审。书中金相图片由大连理工大学徐卫平提供。

正值世纪之交、高职高专教育迅速发展并发生着深刻变革，课程体系与教学内容的改革也
正处于积极研究和探索之中。本书的编写力求适应教育的改革和发展，但由于水平有限，书中
不足之处在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

本书编写得到了全国有关院校专家、老师的大力支持，并参考了大量有关文献资料，在此
一并表示衷心的感谢。

编者
2000 年 5 月

目 录

| | | | |
|---------------------------------|----|---------------------------------------|----|
| 第 1 章 工程材料与机械制造过程 | 1 | 3.3.1 陶瓷材料的结构特点 | 25 |
| 1.1 材料及其成形工艺的 简要发展过程 | 1 | 3.3.2 高分子材料的结构特点 | 25 |
| 1.2 工程材料的分类及发展趋势 | 2 | 3.4 材料的凝固与结晶 | 27 |
| 1.3 机械制造过程及材料成形 技术发展趋势 | 5 | 3.4.1 金属的结晶特点 | 28 |
| 1.3.1 机械制造工艺流程 | 5 | 3.4.2 非晶态凝固的特点 | 29 |
| 1.3.2 材料成形工艺的技术进展 | 6 | 3.5 铁碳合金相图 | 29 |
| 1.4 课程总体目标和任务 | 7 | 3.5.1 铁碳合金的基本组元与基本相 | 29 |
| 思考题与习题 | 7 | 3.5.2 Fe-Fe ₃ C 相图分析 | 31 |
| 第 2 章 工程材料的性能 | 9 | 3.5.3 典型合金的结晶过程及组织 | 32 |
| 2.1 材料的力学性能 | 9 | 3.5.4 含碳量与铁碳合金组织及 性能的关系 | 35 |
| 2.1.1 强度和塑性 | 9 | 3.5.5 铁碳合金相图的应用 | 36 |
| 2.1.2 硬度 | 11 | 思考题与习题 | 37 |
| 2.1.3 冲击韧度 | 13 | 第 4 章 材料的强化与处理 | 39 |
| 2.1.4 疲劳极限 | 14 | 4.1 金属材料的热处理 | 39 |
| 2.2 材料的物理性能 | 15 | 4.1.1 钢在加热时的转变 | 39 |
| 2.3 材料的化学性能 | 16 | 4.1.2 钢在冷却时的转变 | 40 |
| 2.3.1 金属腐蚀的基本过程 | 17 | 4.1.3 钢的普通热处理 | 43 |
| 2.3.2 防止金属腐蚀的途径 | 17 | 4.1.4 钢的表面热处理 | 47 |
| 2.4 材料的工艺性能 | 17 | 4.1.5 热处理新技术简介 | 48 |
| 2.5 材料的经济性能 | 17 | 4.1.6 热处理工艺的应用 | 48 |
| 思考题与习题 | 18 | 4.2 聚合物材料的改性强化的 | 52 |
| 第 3 章 材料的结构与凝固 | 19 | 4.3 工程材料的表面处理方法 | 53 |
| 3.1 材料的结合方式 | 19 | 4.3.1 气相沉积 | 53 |
| 3.1.1 结合键 | 19 | 4.3.2 化学转化膜技术 | 55 |
| 3.1.2 晶体与非晶体 | 20 | 4.3.3 电镀和化学镀 | 55 |
| 3.2 金属材料的结构特点 | 20 | 4.3.4 涂料和涂装工艺 | 56 |
| 3.2.1 晶体结构的基本概念 | 20 | 思考题与习题 | 56 |
| 3.2.2 三种典型的金属晶体结构 | 21 | 第 5 章 金属材料 | 58 |
| 3.2.3 实际金属的晶体结构 | 22 | 5.1 概述 | 58 |
| 3.2.4 合金的晶体结构 | 23 | 5.1.1 金属材料的分类 | 58 |
| 3.3 非金属材料的结构特点 | 25 | 5.1.2 合金元素在钢中的作用 | 60 |
| | | 5.2 非合金钢 | 62 |

目 录

| | | | |
|-----------------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 5.2.1 碳素结构钢 | 62 | 6.4.1 高温材料 | 109 |
| 5.2.2 优质碳素结构钢 | 63 | 6.4.2 形状记忆材料 | 110 |
| 5.2.3 碳素工具钢 | 64 | 6.4.3 非晶态材料 | 110 |
| 5.2.4 易切削结构钢 | 65 | 6.4.4 超导材料 | 111 |
| 5.2.5 工程用铸造碳钢 | 65 | 6.4.5 纳米材料 | 112 |
| 5.3 合金钢 | 66 | 思考题与习题 | 112 |
| 5.3.1 低合金钢 | 67 | 第7章 铸造成形工艺 | 114 |
| 5.3.2 机械结构用合金钢 | 68 | 7.1 铸造工艺基础 | 114 |
| 5.3.3 合金工具钢和高速工具钢 | 71 | 7.1.1 概述 | 114 |
| 5.3.4 特殊性能钢 | 74 | 7.1.2 合金的铸造性能 | 114 |
| 5.4 铸铁 | 77 | 7.2 砂型铸造 | 116 |
| 5.4.1 铸铁的石墨化 | 77 | 7.2.1 型砂与芯砂 | 116 |
| 5.4.2 常用铸铁 | 77 | 7.2.2 手工砂型造型 | 117 |
| 5.4.3 特殊性能铸铁 | 83 | 7.2.3 机器造型 | 121 |
| 5.5 非铁金属材料 | 84 | 7.2.4 型芯制造 | 122 |
| 5.5.1 铝及其合金 | 84 | 7.2.5 合型 | 124 |
| 5.5.2 铜及其合金 | 87 | 7.2.6 浇注 | 125 |
| 5.5.3 滑动轴承合金 | 90 | 7.2.7 落砂和清理 | 125 |
| 5.5.4 粉末冶金材料 | 91 | 7.3 铸造工艺 | 126 |
| 思考题与习题 | 92 | 7.3.1 浇注位置与分型面的选择 | 126 |
| 第6章 非金属材料与新型材料 | 94 | 7.3.2 工艺参数的选择 | 127 |
| 6.1 高分子材料 | 94 | 7.3.3 浇注系统 | 128 |
| 6.1.1 高聚物的人工合成 | 95 | 7.3.4 冒口 | 130 |
| 6.1.2 有机高分子材料的 组成及性能特点 | 95 | 7.3.5 铸造工艺图 | 130 |
| 6.1.3 工程塑料 | 96 | 7.4 铸件的结构工艺性 | 131 |
| 6.1.4 合成橡胶 | 100 | 7.4.1 铸件质量对铸件结构的要求 | 132 |
| 6.1.5 胶粘剂 | 101 | 7.4.2 铸造工艺对零件结构的要求 | 133 |
| 6.2 陶瓷材料 | 105 | 7.4.3 不同铸造合金对铸件结构的要求 | 134 |
| 6.2.1 陶瓷的分类 | 105 | 7.5 铸件质量与成本分析 | 135 |
| 6.2.2 陶瓷材料的性能特点 | 105 | 7.5.1 铸件的主要缺陷及其产生原因 | 135 |
| 6.2.3 常用工程结构陶瓷的种类、 性能和用途 | 106 | 7.5.2 铸件成本分析 | 137 |
| 6.3 复合材料 | 107 | 7.6 特种铸造与铸造新技术简介 | 139 |
| 6.3.1 复合材料的种类 | 107 | 7.6.1 熔模铸造 | 139 |
| 6.3.2 复合材料的性能特点 | 108 | 7.6.2 金属型铸造 | 139 |
| 6.3.3 复合材料的应用 | 108 | 7.6.3 压力铸造 | 140 |
| 6.4 其它新型材料 | 109 | 7.6.4 低压铸造 | 140 |
| | | 7.6.5 离心铸造 | 140 |
| | | 7.6.6 铸造过程计算机数值模拟技术 | 141 |

目 录

| | | | |
|-------------------------|-----|-----------------------|-----|
| 7.6.7 快速成形技术 | 141 | 9.2.6 电阻焊 | 182 |
| 思考题与习题 | 142 | 9.2.7 钎焊 | 183 |
| 第8章 锻压成形工艺 | 145 | 9.3 常用金属材料的焊接 | 183 |
| 8.1 锻压工艺基础 | 145 | 9.3.1 金属焊接性 | 183 |
| 8.1.1 锻压的基本生产方式 | 145 | 9.3.2 钢铁材料的焊接 | 184 |
| 8.1.2 金属的锻造性能 | 147 | 9.3.3 非铁金属材料的焊接 | 184 |
| 8.1.3 坯料的加热和锻件的冷却 | 149 | 9.4 焊接结构工艺性 | 185 |
| 8.2 自由锻 | 150 | 9.4.1 焊接结构材料的选择 | 185 |
| 8.2.1 自由锻设备 | 150 | 9.4.2 焊缝布置 | 185 |
| 8.2.2 自由锻的基本工序 | 151 | 9.5 焊接质量与成本分析 | 186 |
| 8.2.3 自由锻工艺规程的制定 | 153 | 9.5.1 焊接质量分析 | 186 |
| 8.2.4 自由锻锻件结构工艺性 | 156 | 9.5.2 焊接质量检验过程 | 188 |
| 8.3 模锻 | 157 | 9.5.3 焊接生产成本分析 | 190 |
| 8.3.1 锤上模锻 | 157 | 9.6 胶接成形 | 191 |
| 8.3.2 胎模锻 | 159 | 9.6.1 胶接的特点与应用 | 191 |
| 8.3.3 压力机上的模锻 | 159 | 9.6.2 胶接工艺 | 192 |
| 8.4 板料冲压 | 160 | 9.7 焊接与胶接新技术简介 | 193 |
| 8.4.1 冲压设备 | 160 | 9.7.1 等离子弧焊接和切割 | 193 |
| 8.4.2 冲压模具 | 160 | 9.7.2 真空电子束焊接 | 194 |
| 8.4.3 板料冲压的基本工序 | 161 | 9.7.3 激光焊接与切割 | 194 |
| 8.5 锻压件质量与成本分析 | 162 | 9.7.4 胶接新技术 | 195 |
| 8.5.1 锻件质量分析 | 162 | 思考题与习题 | 196 |
| 8.5.2 锻件成本分析 | 164 | 第10章 钳工成形工艺 | 199 |
| 8.6 锻压新技术简介 | 164 | 10.1 划线 | 200 |
| 8.6.1 高速高能成形 | 164 | 10.1.1 划线工具 | 200 |
| 8.6.2 液态成形 | 166 | 10.1.2 划线基准 | 201 |
| 8.6.3 超塑性成形 | 166 | 10.1.3 划线操作注意事项 | 202 |
| 思考题与习题 | 167 | 10.2 锯切 | 202 |
| 第9章 焊接及胶接成形工艺 | 168 | 10.2.1 锯条 | 202 |
| 9.1 焊接工艺基础 | 168 | 10.2.2 锯切方法 | 202 |
| 9.1.1 概述 | 168 | 10.3 锉削 | 203 |
| 9.1.2 焊接接头的组织和性能 | 169 | 10.3.1 锉刀 | 203 |
| 9.2 常用焊接方法 | 171 | 10.3.2 锉削方法 | 203 |
| 9.2.1 焊条电弧焊 | 171 | 10.3.3 锉削操作注意事项 | 204 |
| 9.2.2 气焊与气割 | 175 | 10.4 钻孔 | 205 |
| 9.2.3 埋弧自动焊 | 179 | 10.4.1 钻床 | 205 |
| 9.2.4 气体保护焊 | 180 | 10.4.2 钻头 | 205 |
| 9.2.5 电渣焊 | 181 | 10.4.3 钻孔方法 | 206 |

目 录

| | | | |
|-------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 10.4.4 钻孔操作注意事项 | 206 | 12.1.3 压制成形 | 233 |
| 10.5 攻螺纹与套螺纹 | 206 | 12.1.4 浇铸成形 | 233 |
| 10.5.1 攻螺纹 | 206 | 12.1.5 吹塑成形 | 234 |
| 10.5.2 套螺纹 | 207 | 12.1.6 回转成形 | 234 |
| 10.6 刮削 | 207 | 12.2 橡胶成形 | 235 |
| 10.6.1 刮刀及其用法 | 208 | 12.3 陶瓷成形 | 235 |
| 10.6.2 刮削质量检验 | 208 | 12.3.1 压制成形 | 236 |
| 10.6.3 平面刮削步骤 | 208 | 12.3.2 注浆成形 | 236 |
| 10.7 装配工艺 | 208 | 12.3.3 注射成形 | 237 |
| 10.7.1 典型零件的装配 | 209 | 12.4 复合材料成形 | 237 |
| 10.7.2 拆装工艺方法 | 210 | 12.4.1 手糊成形 | 237 |
| 思考题与习题 | 211 | 12.4.2 层压成形 | 237 |
| 第 11 章 机械加工成形工艺 | 212 | 12.4.3 喷射成形 | 238 |
| 11.1 切削加工基本知识 | 212 | 12.4.4 缠绕成形 | 238 |
| 11.1.1 切削加工运动 | 212 | 思考题与习题 | 238 |
| 11.1.2 金属切削刀具 | 213 | 第 13 章 材料与成形工艺选择及产品 | |
| 11.1.3 切削液 | 215 | 质量控制 | 240 |
| 11.1.4 工件材料的切削加工性 | 215 | 13.1 机械零件的失效形式 | 240 |
| 11.1.5 零件的加工质量 | 216 | 13.1.1 零件失效原因 | 240 |
| 11.2 车削加工 | 216 | 13.1.2 零件失效形式 | 241 |
| 11.2.1 车床 | 216 | 13.2 材料及成形工艺选择原则 | 243 |
| 11.2.2 车刀 | 217 | 13.2.1 使用性原则 | 243 |
| 11.2.3 工件的安装方法及附件 | 218 | 13.2.2 工艺性原则 | 243 |
| 11.2.4 基本车削工艺 | 220 | 13.2.3 经济性原则 | 244 |
| 11.2.5 典型零件加工 | 221 | 13.3 材料及成形工艺选择的方法 | 246 |
| 11.2.6 机械加工安全技术 | 223 | 13.3.1 材料及其成形工艺选择的步骤 | 246 |
| 11.3 铣削、刨削与磨削加工 | 223 | 13.3.2 材料及成形工艺选择方法及依据 | 247 |
| 11.3.1 铣削加工 | 223 | 13.4 典型零件的选材实例分析 | 250 |
| 11.3.2 刨削加工 | 225 | 13.4.1 轴类零件的选材 | 250 |
| 11.3.3 磨削加工 | 227 | 13.4.2 齿轮类零件的选材 | 252 |
| 11.4 数控加工与特种加工 | 228 | 13.4.3 用手丝锥的选材 | 254 |
| 11.4.1 数控加工 | 228 | 13.4.4 机架、箱体类零件 | 254 |
| 11.4.2 特种加工 | 229 | 13.5 材料的质量检验 | 255 |
| 思考题与习题 | 230 | 13.5.1 成分分析 | 255 |
| 第 12 章 非金属材料成形工艺 | 232 | 13.5.2 组织分析 | 256 |
| 12.1 塑料成形 | 232 | 13.5.3 无损探伤 | 257 |
| 12.1.1 挤出成形 | 232 | 思考题与习题 | 258 |
| 12.1.2 注射成形 | 233 | 附录 综合性实验指导 | 260 |
| | | 主要参考文献 | 262 |

第7章 铸造成形工艺

问一问，想一想：铸造是一项古老的成形工艺，在信息时代是不是用的很少了？请您观察一下汽车和机床中有哪些部分是采用铸造方法成形的。



学习目标

1. 了解合金的铸造性能及其对铸件质量的影响；了解铸造新工艺、新技术及其发展趋势；
2. 重点掌握砂型铸造的工艺流程、特点及应用；掌握手工两箱造型及浇注的操作技能和铸造生产安全技术；
3. 具有绘制典型铸件的铸造工艺简图、合理选择典型铸件的铸造方法、分析零件铸造结构工艺性的初步能力；具有铸件质量与成本分析的初步能力。

7.1 铸造工艺基础

7.1.1 概述

将液体金属浇注到具有与零件形状相适应的铸型空腔中，待其冷却凝固后，以获得零件或毛坯的方法称为铸造。在一般机械设备中，铸件约占整个机械设备重量的45%~90%。其中汽车铸件重量约占40%~60%，拖拉机的铸件重量约占70%，金属切削机床的铸件重量约占70%~80%等等。在国民经济其它各个部门中，也广泛采用各种各样的铸件。

铸件之所以被广泛应用，是因为铸造与其它金属加工方法相比具有一些鲜明的特点。其能够制造各种尺寸和形状复杂的铸件，如设备的箱体、机座等。铸件的轮廓尺寸可小至几毫米，大至十几米；重量可小至几克，大至数百吨。铸件的形状和尺寸与零件很接近，因而节省了金属材料 and 加工的工时。精密铸件可省去切削加工，直接用于装配。各种合金都可以用铸造方法制成铸件，特别是有些塑性差的材料，只能用铸造方法制造毛坯，如铸铁等。铸造设备的投资少，所用的原材料来源广泛而且价格较低，因此铸件的成本低廉。

铸造的生产方法很多，主要可分为砂型铸造和特种铸造两大类。其中砂型铸造为铸造生产中的最基本方法，砂型铸造的生产工序主要包括：制模、配砂、造型、造芯、合型、熔炼、浇注、落砂、清理和检验。例如，套筒铸件的生产过程如图7.1.1。

7.1.2 合金的铸造性能

铸造生产中很少采用纯金属，而是使用各种合金。铸造合金除应具有符合要求的机械性能

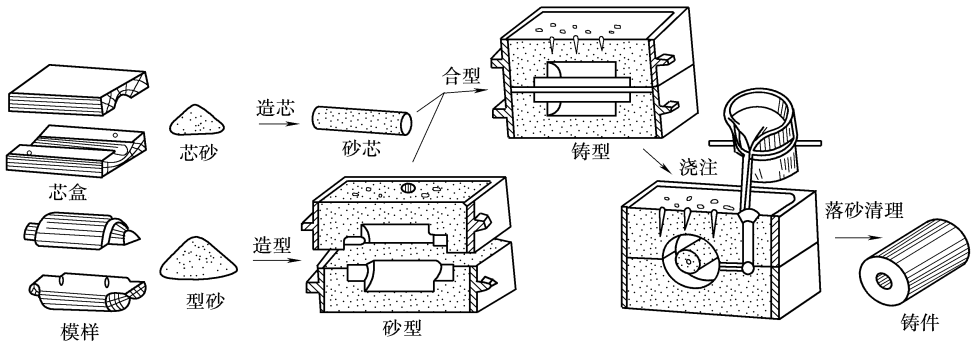


图 7.1.1 套筒的砂型铸造过程

和物理、化学性能外，还必须考虑其铸造性能。合金的铸造性能主要有流动性和收缩性等，这些性能对于是否容易获得优质铸件是至关重要的。

1. 合金的流动性

液态金属本身的流动能力，称为流动性。它与金属的成分、温度、杂质含量及其物理性质有关。金属的流动性对补缩、防裂，获得优质铸件有较大影响。良好的流动性，能使铸件在凝固期间产生的缩孔得到金属的补缩，以及铸件在凝固末期受阻而出现的裂纹得到液态金属的充填而弥合。因此，良好的流动性，有利于防止这些缺陷的出现。流动性也是液态金属充满铸型型腔，获得形状完整、轮廓清晰铸件的基本条件，是合金重要的铸造性能之一。流动性好的铸造合金，充型能力强；流动性差的合金，充型能力差。但是，可以通过改善外界条件来提高其充型能力。在不利的情况下，如果金属的流动性不足，则会在金属液还未充满铸型前就停止了流动，使铸件产生浇不足或冷隔的缺陷。

影响合金流动性的因素有以下几个方面：

量增加，其结晶间隔减小，凝固区域缩短，流动性提高。越接近共晶成分，越容易铸造。铸铁的其它元素水的流动性降低。

动方向所受的充型压力越大，流动性就越好。例如增加直浇口高度，利用人工加压方法如压铸、低压铸造等。浇注系统的结构越复杂，流动的阻力就越大，流动性就越低。

动性好；型砂中水分过多其流动性差等。

液的流动困难。

以上是影响液态金属流动性的主要因素，由于影响因素较多，在实际生产中它们又是错综复杂的，必须根据具体情况具体分析，找出其中的主要矛盾，采取措施，才能有效地提高金属液的充型能力。

2. 合金的收缩

合金从液态冷却至常温过程中，所发生的体积缩小现象称为收缩。收缩是铸件中许多缺陷，如缩孔、缩松、热裂、应力、变形和冷裂等产生的基本原因。

影响收缩的因素有：化学成分、浇注温度、铸件结构和铸型条件等。不同成分的铁碳合金收缩率也不同。铸钢收缩大而灰铸铁的收缩小。灰铸铁收缩小是由于其中大部分碳是以石墨状态存在的，石墨的比容大，在结晶过程中，析出石墨所产生的体积膨胀，抵消了部分收缩。故含碳量越高，灰铸铁的收缩越小。

7.2 砂型铸造

7.2.1 型砂与芯砂

用来制造砂型和砂芯的材料统称为造型材料。用于制造砂型的材料称为型砂；用于制造型芯的材料称为芯砂。型砂和夹砂等缺陷。由于型

1. 对型砂、芯砂性能的要求

根据铸造工艺要求，型

搬运、翻转、合箱及浇注金属时，有足够的强度才会保证不破坏、蹋落和胀大。若型、芯砂的强度不好，铸件易产生砂眼、夹砂等缺陷。

液接触，水分气化、有机物燃烧及液态金属冷却析出气体，必须通过铸型排出，否则将在铸件内产生气孔或使铸件浇不足。

氧化硅的含量，若耐火度不够，就会在铸件表面或内腔形成一层粘砂层，不但清理困难、影响外观，而且为机械加工增加了困难。

性。型、芯砂退让性不足，会使铸件收缩时受到阻碍，产生内应力、变形和裂纹等缺陷。

型

除了以上性能的要求外，还有溃散性、发气性、吸湿性等的性能要求。型

能，有时是相互矛盾的，如强度高、塑性好，透气性就可能下降，因此应根据铸造合金的种类，铸件大小、批量、结构等，具体决定型

2. 型砂与芯砂的组成

型砂与芯砂相比，由于砂芯的表面被高温金属液所包围，受到的冲刷和烘烤较厉害，因而芯砂的性能要比型砂的性能要求高。就其基本组成来说，都由原砂、粘结剂、水和附加物组成。

2 含量越高，其耐火度越高。铸造用砂根据铸件特点，对原砂的颗粒度、形状和含泥量等有着不同的要求。砂粒越粗，则耐火度和透气性越

高；较多角形和尖角形的硅砂透气性好；含泥量越少透气性越好等。

类。粘土是配制型、芯砂的主要粘结剂，常用粘土分膨润土和普通粘土。湿型砂普遍采用粘性能较好的膨润土，而干型砂多用普通粘土。常用的特殊粘结剂包括：桐油、水玻璃、树脂等。芯砂常选用这些特殊的粘结剂。

铸件表面、内腔的粗糙度；加入木屑以提高型

型)

粘土配成的涂料；湿型撒石墨粉作扑料。铸钢件用石英粉作涂料。

3. 型砂与芯砂的配制

铸造时，根据合金种类、铸件大小、形状等不同，选择不同的型、芯砂配比。如铸钢件浇注温度高，要求高的耐火度，选用较粗的 SiO_2 含量较高的石英砂；而铸造铝合金、铜合金时，可以选用颗粒较细的普通原砂。对于芯砂，为了保证足够的强度和透气性，其粘土、新砂加入量要比型砂高。

配制过程是在混砂机中进行的。型

干混，约 2~3 min 后，再加入水和液体粘结剂，湿混约 10 min，即可打开砂口出砂。

配好的型

试验仪检验，最简单的检验方法是：用手抓一把型

团不松散也不粘手，手印清楚，掰断时断面不粉碎，则可认为砂中粘土与水分含量适宜。

7.2.2 手工砂型造型

1. 手工造型常用的砂箱及工具

(

砂箱的作用是牢固的固紧所捣实的型砂，以便于铸型的搬运及在浇注时承受液体金属的压力。砂箱可以用木料、铸铁、钢、铝合金制成。通常上箱和下箱组成一对砂箱，彼此之间有销子及销孔进行配合。如图 7.2.1 所示。

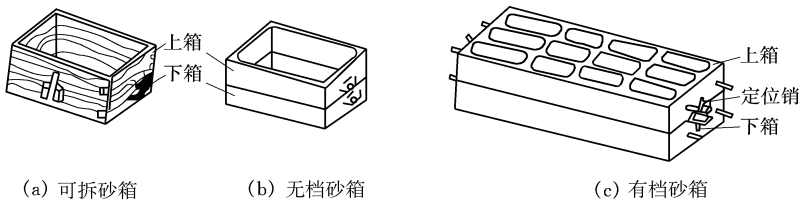


图 7.2.1 常用砂箱示意图

2. 砂型组成

图 7.2.3 为合箱后的砂型。型砂被舂紧在上、下砂箱中，连同砂箱一起，分别称为上砂型

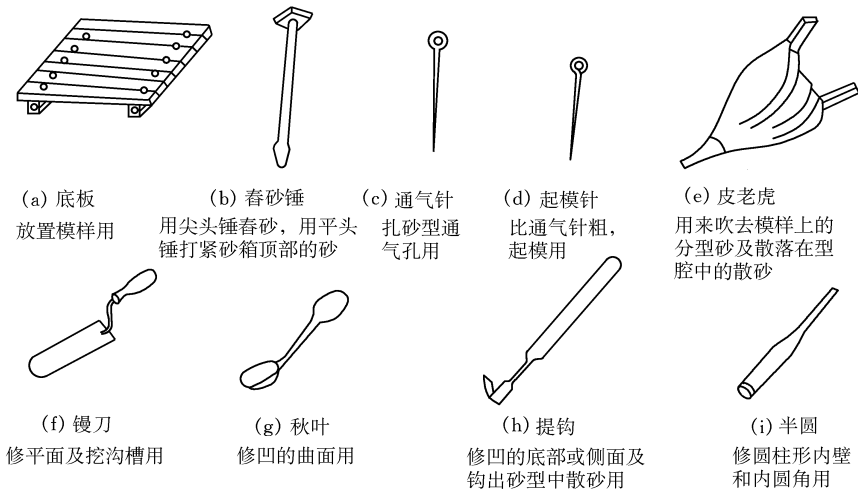


图 7.2.2 造型工具

和下砂型。砂型中取出木模后留下的空腔称为型腔。上、下砂型分界面称为分型面。图中在型腔中有阴影线的部分表示型芯, 型芯是为了形成铸件的孔。型芯上的延伸部分, 称为芯头, 用以安放和固定型芯。型芯头落在砂型的型芯座上。金属液从浇口盆浇入, 经直浇道、横浇道和内浇道而流入型腔。型腔的上方开有出气口, 以排出型腔中的气体。被高温金属液包围后, 型芯中产生的气体则由型芯通气孔排出。另外砂型中还扎有通气孔。

3. 手工造型常用方法

按造型的手段, 造型分手工造型和机器造型两大类。手工造型, 操作灵活, 工艺装备简单, 但生产效率低, 劳动强度大, 仅适用于单件小批量生产。手工造型的方法很多, 可根据铸件的形状、大小和批量选择。常用的手工造型方法介绍如下:

一端且是平面; 分型面多为平面, 操作造型简单, 适用于形状简单的铸件, 如盘、盖类。其造型过程如图 7.2.4 所示。

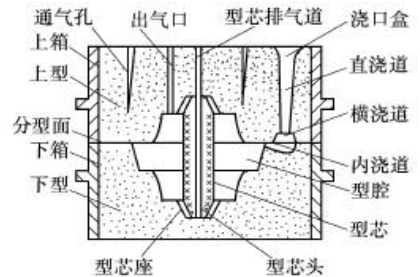


图 7.2.3 砂型组成

与整模基本相似, 不同的是在造上型时, 必须在下箱的模样上, 靠定位销放正上半模样。图 7.2.5 为套筒的分模造型过程。分模造型适用于形状较复杂的铸件, 特别是用于有孔的铸件, 如套筒、阀体、管子等。

模的部分, 如图 7.2.6 的小凸台, 做成活动的。活块与模样用销子或燕尾连接。起模时, 先将模样主体取出, 再将留在铸型内的活块单独取出。其过程见图 7.2.6 所示。活块造型, 要求造型特别细心, 操作技术水平高, 生产率低, 质量也难以保证。

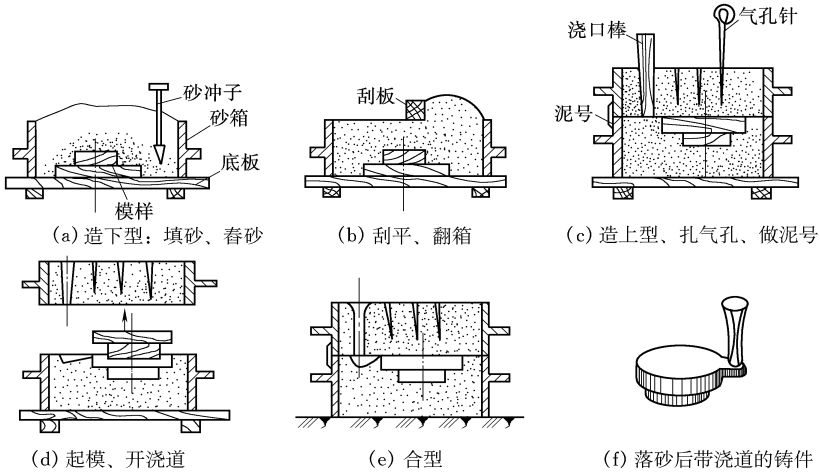


图 7.2.4 整模造型过程

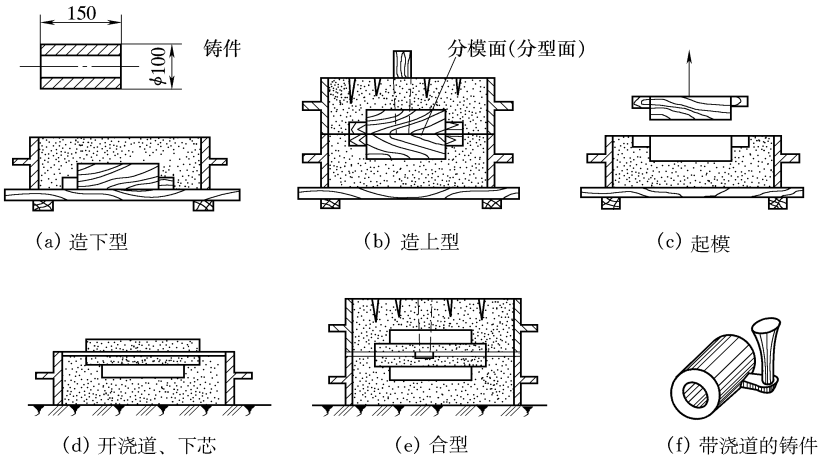


图 7.2.5 套筒的分模造型过程

限，模型不便分成两半时，常采用挖砂造型。如图 7.2.7 为手轮的挖砂造型过程。挖砂造型时，每造一型需挖砂一次，操作麻烦，生产率低，要求操作技术水平高。挖砂时应注意，必须要挖到模型的最大截面，位置要恰当，否则就会在分型面产生毛刺，影响铸件的外形和尺寸精度。此方法仅用于形状较复杂铸件的单件生产。

型。其过程如图 7.2.8。先预制好一半型，其上承托模样，用其造下型，然后在此下型上再造上型。开始预制的半型不用来浇注，故称假箱。假箱一般是用强度较高的型砂制成，舂得比铸

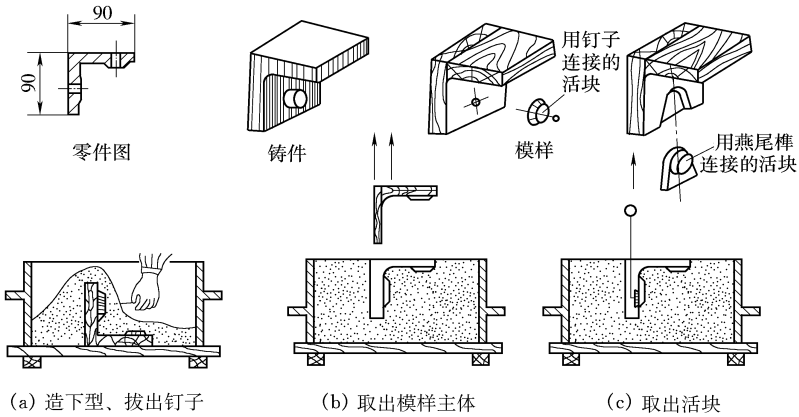


图 7.2.6 活块造型

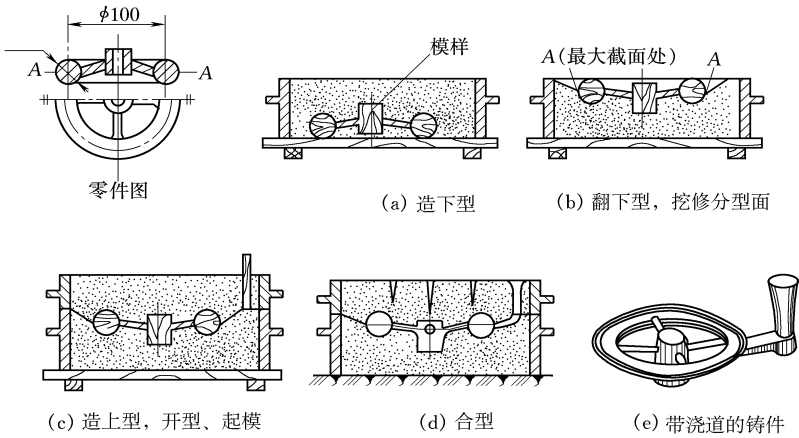


图 7.2.7 手轮的挖砂造型过程

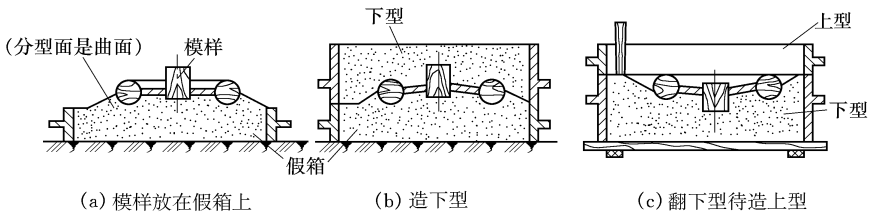


图 7.2.8 假箱造型

型硬。假箱造型可免去挖砂操作，提高造型效率。当数量较大时，可用木料制成成型底板代替假箱。

截面，这时其最大截面为两个，造型时，为了方便起模，必须有两个分型面。见图 7.2.9。其特点是：中型的上、下两面都是分型面，且中箱高度与中型的模样高度相近。此方法操作较复杂，生产率较低，适用于两头大、中间小的、形状复杂且不能用两箱造型的铸件。

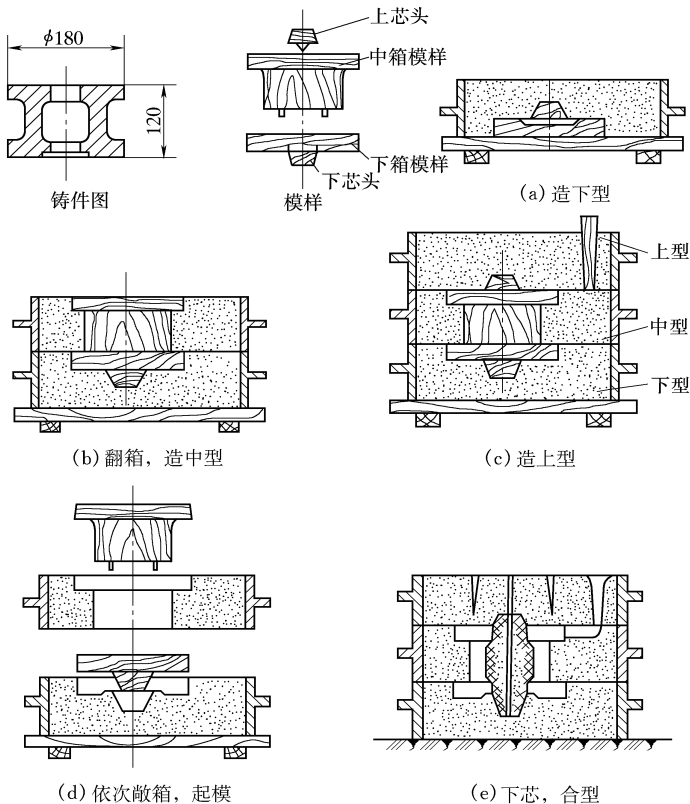


图 7.2.9 带轮的三箱造型过程

为了节省模样费用，缩短模样制造时间，可以采用刮板造型。刮板是一块和铸件截面形状相适应的木板。图 7.2.10 为带轮刮板造型过程。先将型砂填入下箱，然后将装在刮板上的旋转小轴插入下箱底面上已事先装好的轴芯中，刮板上部的另一小轴，用同样方法插入刮板支架上，使刮板能绕小轴旋转。这样，旋转刮板即可将下箱刮出。将刮板翻转 180°，同样的方法可刮制上箱。刮板造型模样简单，节省制模材料和工时，但操作复杂，生产率很低，仅用于大、中型旋转体铸件的单件、小批生产。

7.2.3 机器造型

在成批、大量生产时，应采用机器造型，将紧砂和起模过程机械化。与手工造型相比，机