



现代工程训练与创新实践丛书

湖南大学现代工程训练中心 / 组织编写

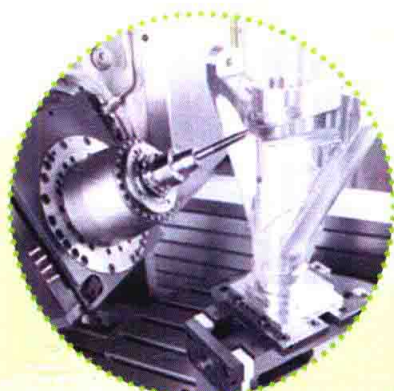
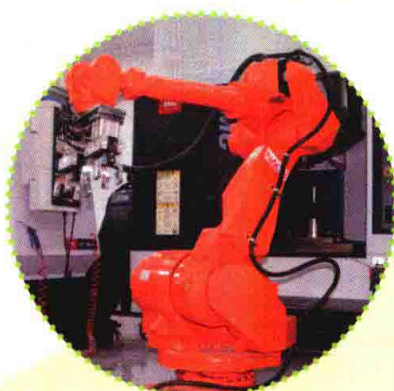
丛书主编 / 蔡立军 张国田

“互联网+”
新形态教材

机械工程训练综合实践

主 编◎王群

副主编◎易守华 刘彬彬



- 理实结合，由浅入深，用经典案例解析实习过程
- “以学生为中心，以能力为本位”，注意技能培养
- 扫描二维码，随时链接到文档、视频等多种形式教学内容

现代工程训练与创新实践丛书

机械工程训练综合实践

主 编 王 群

副主编 易守华 刘彬彬



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书是以教育部最新发布的《关于开展新工科研究与实践的通知》和《关于推进新工科研究与实践项目的通知》为指导思想编写而成,实用、精炼,强调理论联系实际的同时,兼顾教材广泛的适用性。本书共分为6章,第1章材料成型训练,主要介绍铸造、锻造、焊接、板料成型训练;第2章机械加工训练,主要介绍车工和铣工基本操作技术;第3章钳工与装配训练;第4章先进制造技术训练,主要包括数控车削、数控铣削、五轴加工、激光加工、逆向工程、三坐标测量等技术;第5章纯净水制备及灌装生产训练;第6章陶艺制作训练。操作要领配套了大量视频,教学更加生动有效。本书配套系列丛书中的《机械工程训练理论基础》一起使用效果更佳。

本书主要作为本科院校机械类和近机类专业学生进行工程训练的教材及开设本课程的其他专业的选用教材,也可供高等职业院校及成人教育同类专业选用,还可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程训练综合实践 / 王群主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2018.10
(现代工程训练与创新实践丛书)
ISBN 978-7-5170-6408-4

I. ①机… II. ①王… III. ①机械工程—高等学校—习题集 IV. ①TH-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第074366号

| | |
|------|--|
| 书 名 | 现代工程训练与创新实践丛书 机械工程训练综合实践 JIXIE GONGCHENG XUNLIAN ZONGHE SHIJIAN |
| 作 者 | 主编 王群 副主编 易守华 刘彬彬 |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心) |
| 经 售 | 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点 |
| 排 版 | 北京智博尚书文化传媒有限公司 |
| 印 刷 | 三河市龙大印装有限公司 |
| 规 格 | 170mm×240mm 16开本 11印张 196千字 |
| 版 次 | 2018年10月第1版 2018年10月第1次印刷 |
| 印 数 | 0001—3000册 |
| 定 价 | 32.00元 |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

SEQUENCE

高等教育发展水平是一个国家发展水平和发展潜力的重要标志。习近平总书记指出，“我们对高等教育的需要比以往任何时候都更加迫切，对科学知识和卓越人才的渴求比以往任何时候都更加强烈”。当前世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，综合国力竞争愈加激烈。为响应国家战略需求，支撑服务新经济和新兴产业，推动工程教育改革创新，2017年2月，我国高等工程教育界达成了“新工科”建设共识，加快了培养创新型卓越科技工程人才的步伐。在工程教育体系中，工程训练课程是最基本、最有效、学生受益面最广的工程实践教育资源，其作用日趋凸显，是人才培养方案中不可或缺的实践环节。

“现代工程训练与创新实践丛书”（下称“丛书”）正是在上述背景下，针对新一轮科技革命和产业变革对工程实践教育及人才培养的新要求，深入开展创新教学研究和实践而形成的教学改革成果。它以大工程为基础，以适应现代工程训练为原则，强调综合性、创新性和先进性的同时，兼顾教材广泛的适用性。

丛书由多位具有多年实践教学经验的实验教师和工程技术人员共同编写，主要以机械、材料、电工、电子、信息等学科理论为基础，以工程应用为导向，集基础技能训练、工程应用训练、综合设计与创新实践于一体。其特色与创新之处在于：

第一，编者阵容强大，教学经验丰富。本套教材的主编及参编人员均来自湖南大学，长期从事本专业的教学工作，且大多有着博士学位。本套丛书是这些教师长期积累的教学经验和科研成果的总结。

第二，精选基础内容，重视先进技术。建立了传统内容与新知识之间良好的知识构架，适应社会的需求。重视跟踪科学技术的发展，注重新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法的引进，力求使教材内容具有科学性、先进性、时代性和前瞻性。

第三，体例统一规范，教学形式新颖。重视处理好教材的体例及各章节

间的内部逻辑关系，力求符合学生的认识规律。实训操作要领配套了大量视频，通过扫描二维码即可观看学习。以学生为中心，充分利用学生零散时间，将教学形式最优化，能实现工程训练泛在化学习。

第四，重视工程实践，注重项目引导。改变以往教材过于偏重知识的倾向，重视实际操作。注重理论与实际相结合，设计与工艺相结合，分析与指导相结合，培养学生综合知识运用能力。将科研成果、企业产品引入教材，引导学生通过实践训练培养创新思维能力和群体协作能力，建立责任意识、安全意识、质量意识、环保意识和群体意识等，为毕业后更好地适应社会不同工作的需求创造条件。

“博于问学，明于睿思，笃于多为，志于成人”是岳麓书院的优秀传统，揭示了人要成才，必须认真学习积累基础知识，勤于思考问题，还要多动手、多实践、更要有立志成才的理想。2016年6月2日，中国成为国际本科工程学位互认协议《华盛顿协议》的正式会员，标志着我国工程教育进入了新的阶段。工程教育的基本定位是培养学生解决复杂工程问题的能力。工程训练的教学目标是学习工艺知识，增强工程实践能力，提高工程素质，培养创新精神，提升就业创业能力。因此，丛书的出版正逢其时。它不仅仅是一套教材，更是自始至终的教育支持，无论是学校、机构培训还是个人自学，都会从中得到极大的收获。

当然，人无完人，金无足赤，书无完书，本套教材肯定会有不足之处，恳请专家和读者批评指正。

现代工程训练与创新实践丛书编委会

2018年9月

前言

FOREWORD

本书主要作为本科院校学生进行工程训练的教材，也可作为从事机械制造的工程技术人员的参考书。本书共分为6章，第1章为材料成型训练，主要介绍铸造、锻造、焊接、板料成型训练；第2章为机械加工训练，主要介绍车工和铣工基本操作技术；第3章为钳工与装配训练；第4章为先进制造技术训练，主要包括数控车削、数控铣削、五轴加工、激光加工、逆向工程、三坐标测量等技术；第5章为纯净水制备及灌装生产训练；第6章为现代陶艺训练。

本书的1.3节、第2章、4.3节由易守华编写；1.1节、第3章由曹益编写；1.2节和1.4节，4.4节由刘彬彬编写；4.1节由曹成编写；4.2节由王群编写；4.5节由吴占涛编写；4.6节由李英芝编写；第5章由杨灵芳编写；第6章由张小兰编写。王群同志对全书进行了统稿。

本书针对重点知识点，配备有视频资源，读者可扫描二维码观看。

在编写过程中，编者参考了诸多论著和教材，在此对这些文献的作者和出版社表示衷心的感谢。

限于编者的水平，本书中难免有不妥之处，恳请读者不吝指正。



图书资源总码

编者
2018年6月

目录

CONTENTS

前言

| | |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 材料成型训练 | 1 |
| 1.1 铸造训练 | 1 |
| 1.1.1 铸造实训安全操作规程 | 1 |
| 1.1.2 铸造基本训练 | 1 |
| 1.2 锻造训练 | 15 |
| 1.2.1 锻造实习安全操作规程 | 15 |
| 1.2.2 锻造基本训练 | 16 |
| 1.2.3 锻造拓展训练 | 18 |
| 1.3 焊接训练 | 20 |
| 1.3.1 焊接安全操作规程与保护 | 20 |
| 1.3.2 焊接基本训练——引弧和运条 | 22 |
| 1.3.3 焊接拓展训练——钢板对接平焊 | 25 |
| 1.4 板料成型训练 | 28 |
| 1.4.1 板料成型实习安全操作规程 | 28 |
| 1.4.2 板料成型基本训练 | 29 |
| 1.4.3 板料成型拓展训练 | 30 |
| 第 2 章 机械加工训练 | 33 |
| 2.1 车削加工训练 | 33 |
| 2.1.1 车削加工安全操作规程 | 33 |
| 2.1.2 车削加工基本训练 | 35 |
| 2.1.3 车削加工拓展训练 | 39 |
| 2.2 铣削加工训练 | 43 |
| 2.2.1 铣削加工安全操作规程 | 43 |
| 2.2.2 铣削加工基本训练 | 45 |
| 2.2.3 铣削加工拓展训练 | 49 |



| | |
|----------------------------------|-----|
| 第3章 钳工与装配训练 | 54 |
| 3.1 钳工训练 | 54 |
| 3.1.1 钳工安全操作规程 | 54 |
| 3.1.2 钳工基本训练 | 55 |
| 3.2 装配训练 | 60 |
| 3.2.1 装配的技术准备工作 | 60 |
| 3.2.2 装配的一般工艺原则 | 60 |
| 3.2.3 典型零件的装配 | 61 |
| 第4章 先进制造技术训练 | 64 |
| 4.1 数控车削训练 | 64 |
| 4.1.1 数控车削安全操作规程 | 64 |
| 4.1.2 数控车削基本训练 | 65 |
| 4.1.3 数控车削拓展训练 | 72 |
| 4.2 数控铣削(加工中心)训练 | 76 |
| 4.2.1 数控铣削(加工中心)实习安全操作规程 | 76 |
| 4.2.2 数控铣削(加工中心)基本训练(手工编程) | 76 |
| 4.2.3 数控铣削(加工中心)拓展训练(软件编程) | 78 |
| 4.3 五轴加工训练 | 81 |
| 4.3.1 五轴加工中心安全操作规程 | 81 |
| 4.3.2 五轴加工基本训练 | 83 |
| 4.3.3 五轴加工拓展训练 | 89 |
| 4.4 激光加工训练 | 97 |
| 4.4.1 激光加工实习安全操作规程 | 97 |
| 4.4.2 激光加工基本训练 | 97 |
| 4.4.3 激光加工拓展训练 | 99 |
| 4.5 逆向工程训练 | 101 |
| 4.5.1 逆向工程实习安全操作规程 | 101 |
| 4.5.2 逆向工程基本训练 | 103 |
| 4.5.3 三维扫描仪拓展训练 | 109 |
| 4.6 三坐标测量仪训练 | 120 |
| 4.6.1 三坐标测量机实习安全规范与维护保养 | 120 |
| 4.6.2 三坐标测量基本训练 | 122 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| 第5章 纯净水制备及灌装生产训练 | 133 |
| 5.1 概述 | 133 |
| 5.2 纯净水制备生产线 | 133 |
| 5.2.1 训练任务与要求 | 133 |
| 5.2.2 训练安全操作规程 | 133 |
| 5.2.3 纯净水制备生产线操作规程 | 134 |
| 5.3 灌装生产线 | 143 |
| 5.3.1 训练任务与要求 | 143 |
| 5.3.2 训练安全操作规程 | 143 |
| 5.3.3 灌装生产线操作规程 | 143 |
| 5.4 离线水质检测仪器操作规程 | 146 |
| 5.4.1 多参数水质分析仪 | 146 |
| 5.4.2 浊度仪 | 147 |
| 5.4.3 便携式水质参数分析仪 | 147 |
| 5.4.4 污泥密度指数(SDI) | 148 |
| 第6章 现代陶艺训练 | 150 |
| 6.1 陶艺制作基本训练 | 150 |
| 6.1.1 教学目标、内容及准备 | 150 |
| 6.1.2 实习任务与要求 | 157 |
| 6.2 陶艺实训拓展训练 | 158 |
| 6.2.1 任务与要求 | 158 |
| 6.2.2 陶艺设计 | 158 |
| 6.2.3 选择适合设计的制作技法 | 158 |
| 6.2.4 陶艺作品装饰 | 162 |
| 6.2.5 烧成 | 164 |
| 参考文献 | 166 |

第 1 章

材料成型训练

1.1 铸造训练

1.1.1 铸造实训安全操作规程

- 1) 进入实训车间前必须按本工种规定穿戴好劳动保护用品。
- 2) 在做造型时应注意防止压勺、通气针等物刺伤人，握模型和用手塞砂子时注意铁刺和铁钉；不要用嘴吹分型砂。
- 3) 扣箱和翻箱时，动作要协调一致，小心碰伤手脚。
- 4) 在开炉与浇注时，应戴好防护眼镜，站在安全地点；浇包内剩余液体金属不能泼在有水地面上；不参加浇注的人，应远离浇包。
- 5) 所有操炉、出铝水、抬包、浇注等工作，必须在指导教师指导下进行，实训学生严禁私自动手。
- 6) 不得用冷工具进行挡渣、撇渣，或在剩余铝水内敲打，以免爆溅。
- 7) 不能正对着人敲打浇帽口或凿毛刺；不能用手、脚接触尚未冷却到室温的铸件。
- 8) 不许触碰与实训无关的设备开关。要做到文明作业，工作场地要保持整洁，使用完的工具、工件应摆放整齐。

1.1.2 铸造基本训练

1. 实习任务与要求
 - 1) 了解铸造生产的工艺过程、特点和应用要求。
 - 2) 进行手工造型的基本训练。
 - 3) 了解铸造合金的熔炼过程与浇注过程。
 - 4) 熟悉铸造车间的安全注意事项和铸造安全操作规程。



2. 技术与毛坯设计

为了获得合格铸件，减小铸型制造的工作量，降低铸件成本，在砂型铸造的生产准备过程中，必须合理地制定出铸造工艺方案，并绘制出铸造工艺图。铸造工艺图是在零件图上用规定的工艺符号表示铸造工艺内容的图形。图中应表示出铸件的浇注位置、分型面、铸造工艺参数（机械加工余量、拔模斜度、铸造收缩率等）。铸造工艺图是制造模样、芯盒、造型、造芯和检验铸件的依据。图 1-1 是铸造工艺图的绘制实例。

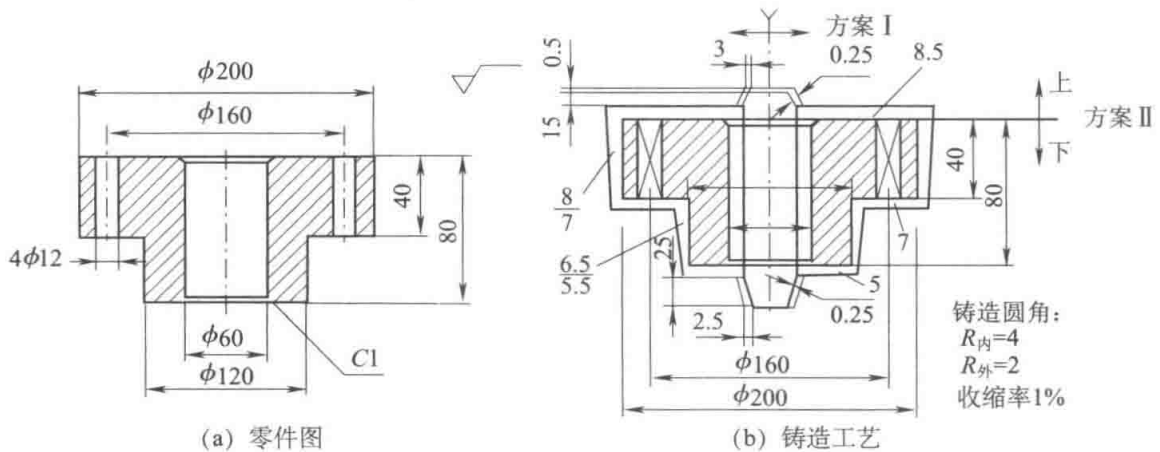


图 1-1 连接盘零件简图和铸造工艺图

(1) 工艺参数的确定

在铸造工艺方案初步确定之后，还必须选定铸件的机械加工余量、起模斜度、收缩率、型芯头尺寸等具体参数。

1) 加工余量和最小铸出孔。

为了保证铸件加工面尺寸和零件精度，在铸件工艺设计时预先增加，而在机械加工时要切去的金属层厚度，称为加工余量。其大小取决于铸造合金种类、铸件尺寸、生产批量、加工面与基准面的距离及加工面在浇注时的位置等。此外，铸件上待加工的孔和槽是否铸出，必须视孔和槽的尺寸、生产批量、铸造合金种类等因素而定。这些参数均可在相关的手册上查出。一般灰铸铁小件的加工余量为 3~5 mm。加工余量在铸件图中用红色线条标出，剖面可用红色剖面线或全部填红表示。

对过小的孔、槽，由于铸造困难，一般不予铸出。不铸出孔、槽的最大尺寸与合金种类、生产条件有关。例如，单件小批生产的小铸铁件上直径小于 30 mm 的孔一般不铸出。

2) 起模斜度。

为使模样容易从铸型中取出或型芯自芯盒中脱出，在平行于起模方向的模样或芯盒壁上应做出斜度，称为起模斜度，通常为 $15' \sim 3^\circ$ 。模样高度愈

高，其斜度应愈小，模样内壁的斜度应大于外壁的斜度。通常上型中模样内壁斜度取 10° ，下型中内壁斜度取 $3^\circ \sim 5^\circ$ 。起模斜度用红色线条表示。

3) 绘出铸造圆角。

在零件图上凡两壁相交处之内角和转弯处均应设计成圆角，称为铸造圆角。一般中、小件的圆角半径可取 $3 \sim 5 \text{ mm}$ 。圆角也用红线表示。

4) 标准收缩率。

由于铸造合金的收缩，铸件在冷却后要比铸型型腔尺寸小，为保证铸件应有的尺寸，制造模样时，必须使模样尺寸大于铸件尺寸。其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，灰铸铁为 $0.7\% \sim 1.0\%$ ，铸钢为 $1.5\% \sim 2.0\%$ ，铸造有色合金为 $1.0\% \sim 1.5\%$ 。

(2) 分型面的选择

分型面是指上、下砂型的结合面。选择分型面位置的主要依据是铸件的结构形状。为了便于造型操作和保证铸件质量，分型面选择原则如下：

1) 为了便于取模，分型面应选择在模样的最大截面处，如图 1-2 所示。

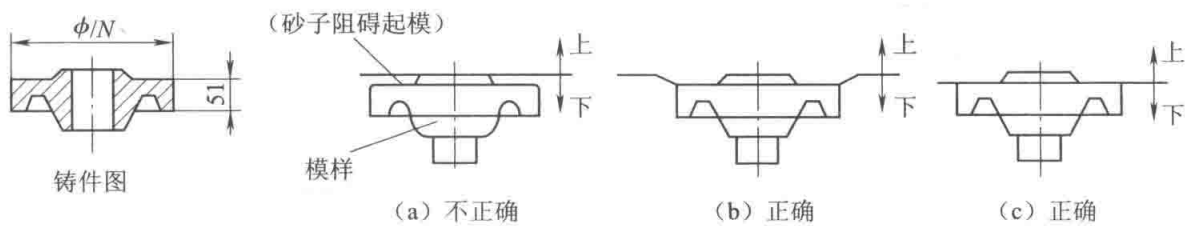


图 1-2 分型面应选择在模样的最大截面处

2) 尽量减少分型面数目。机器造型或批量生产时应采用一个分型面；分型面尽量取平面，避免采用挖砂、活块工艺（机器造型时不能采用挖砂和活块工艺），如图 1-3 所示。

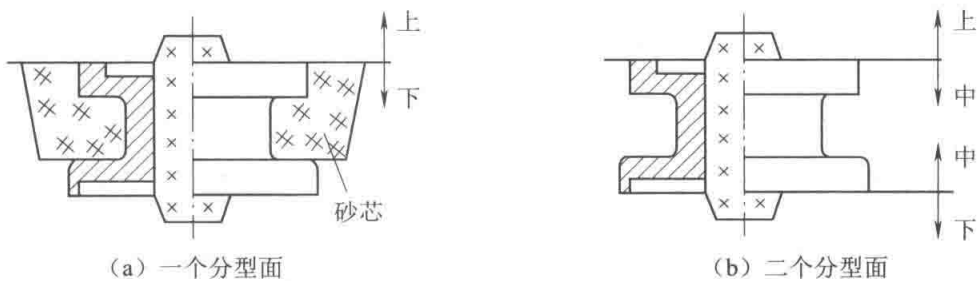


图 1-3 确定分型面数目的实例

3) 分型面与浇注位置要一致，铸件中重要的加工面应朝下或垂直于分型面。因为浇注时液态金属中的渣子和气泡总是浮在上面，铸件上表面缺陷较多，如图 1-4 所示。



图 1-4 分型面的确定

4) 应使铸件的全部或大部分放在同一砂型中, 以减少错箱、飞边毛刺, 提高铸件尺寸精度, 如图 1-5 所示。

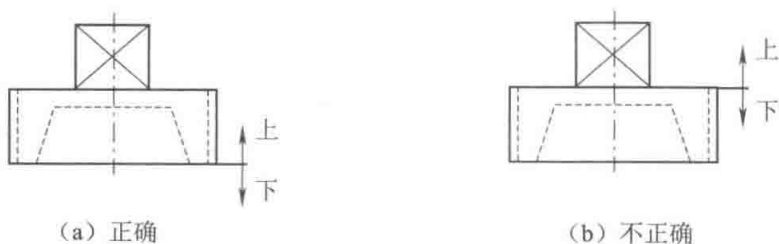


图 1-5 管子堵头分型面位置的选择实例

(3) 浇注系统和冒口

液态金属流入铸型型腔之前所经过的一系列通道称为浇注系统。它主要由外浇道、直浇道、横浇道和内浇道四部分组成, 如图 1-6 所示。

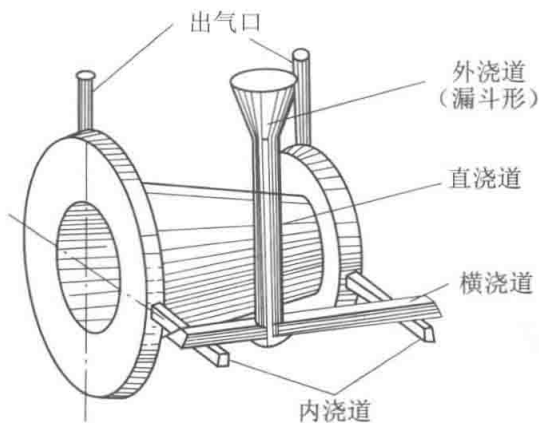


图 1-6 典型的浇注系统

浇注系统应该起到以下三方面的作用: 第一, 能平稳地将金属液导入并充满型腔, 防止金属液冲坏型壁和型芯; 第二, 能防止熔渣、杂质进入型腔, 发挥挡渣的作用; 第三, 调剂铸件各部分的温度和凝固顺序, 起到一定的补缩作用。从这个意义上讲, 出气口或冒口也可以算作浇注系统的组成部分, 浇注系统各部分的作用如下:

1) 外浇道。外浇道又称浇口杯, 形状多为漏斗形或盆形。外浇道的主要作用是缓和液态金属的冲击力, 接收液态金属, 并使熔渣浮于上面。

2) 直浇道。直浇道是一个上大下小的圆锥形垂直通道，一般开在上砂型内。

3) 横浇道。横浇道位于直浇道下端，是上小下大的梯形截面通道，一般情况开在上砂型的分型面处，它的主要作用是挡渣、减缓金属液流速及将金属液引导到各内浇口内。

4) 内浇道。内浇道位于横浇道的下面，是上小下大的扁梯形（或三角形、月牙形）截面的水平通道，直接与型腔相连，一般开在下砂型的分型面上。它的主要作用是控制液体金属进入型腔的速度和方向，调剂铸件各部位的凝固顺序。

开内浇道时，截面大小和数目要适当，靠型腔端截面要小、要薄。

对于壁厚相差不大的铸件，内浇道要开在较薄的部位；而对于壁厚差别大、收缩大的铸件，则应开在铸件的肥厚部位，使铸件实现由薄到厚的顺序凝固，并使内浇道的金属液能够起到一定的补缩作用。对于大平面的薄壁件，应多开几个内浇道，以便在浇注时使金属液体迅速充满型腔。内浇道的方向，不允许直接对着型壁和型芯，防止冲坏铸型和型芯，造成铸件夹砂。在铸件的重要加工表面，粗定位基准面和特殊重要部位，在设计时可在技术要求中加以说明不许设置内浇道的位置。

为了减少熔渣进入型腔，可在浇注系统中的适当位置（外浇道与直浇道之间，直浇道与横浇道之间）增置一个特制的过滤网。

5) 冒口（出气口）。冒口是铸型内靠近铸件最后凝固的部位所开设的具有一定补缩能力的合金液容器。冒口的主要作用是补缩、排气、集渣及标志型腔注满的程度。为了使冒口可以补缩铸件凝固收缩所需要的液态金属；冒口的尺寸应大于需要补缩部位的尺寸，保证冒口内的液态金属最后凝固，冒口形状多为圆柱体或椭圆柱体。

冒口应该开设在铸件的肥厚和最高的部位。如果生产中只需要它起到排气的作用，其尺寸可以小些，称其为气冒口。

(4) 铸造工艺设计的一般程序

在生产铸件之前，需编制出控制该铸件生产工艺的技术文件。铸造工艺设计主要是画铸造工艺图、铸件毛坯图、铸型装配图和编写工艺卡片等，它们是生产的指导性文件，也是生产准备、管理和铸件验收的依据。因此，铸造工艺设计的好坏，对铸件的质量、生产率及成本起着决定性的作用。一般大量生产的定型产品、特殊重要的单件生产的铸件，铸造工艺设计要细致，内容涉及也较多。单件、小批生产的一般性产品，铸造工艺设计内容可以简化。在最简单的情况下，只需绘制一张铸造工艺图即可。

铸造方法选择和工艺方案设计。目前铸造方法的种类繁多，按生产方法



可分为砂型铸造和特种铸造两大类，而砂型铸造按浇注时砂型是否经过了烘干又分为湿型、干型与表面干型铸造。特种铸造也可分为金属型铸造、压力铸造、低压铸造、离心铸造、壳型铸造、熔模铸造、陶瓷型铸造等。各种铸造方法都有其特点和应用范围，采用哪一种方法应根据零件特点、合金种类、批量大小、铸件技术要求的高低以及经济性加以综合考虑。

1) 零件结构特点。零件的结构特点主要包括铸件的壁厚大小、形状及重量大小等，应根据不同铸件的结构特点选择合适的铸造工艺方法。

砂型铸造的特点：由于采用内部砂芯、活块模样、气化模及其他特殊的造型技术等有利条件，可以生产结构形状比较复杂的铸件；铸件的大小和重量几乎不受限制。铸件重量一般是几十克到几百千克；砂型铸造对铸件最小壁厚有一定限制。

熔模铸造的特点：可以铸出形状极为复杂的铸件，其复杂程度是任何其他方法都难以达到的。虽然一个压型所能制出的熔模形状较简单，但可用几个压型分别制出复杂零件的不同部分，然后焊合在一起，组成复杂零件的熔模；熔模铸造可铸出清晰的花纹、文字。铸出的孔最小直径可达 0.5 mm，铸件的最小壁厚为 0.3 mm，但不宜铸造壁厚大的铸件。它能生产的铸件重量为几克至几十千克，但比较适宜生产的铸件重量为几十克至几千克。

金属型铸造的特点：金属型铸造的铸件重量范围一般为 0.1~135 kg，个别可达 225 kg。由于金属型的型腔是用机械加工方法制出的，所以铸件的结构形状不能很复杂，更应考虑从铸型中取出铸件的可能性。采用金属型芯时，也要考虑抽出型芯的可能性，因而铸件的结构多限于采用形状简单的型芯。

压力铸造的特点：由于压力铸造中金属液是在高速高压下充填铸型的，所以，可以铸出形状复杂而壁薄的铸件。许多由重力（砂型、金属型）铸造无法生产的铸件，大多数可以采用压铸。压铸工艺比较适宜生产小而壁薄、壁厚相差较小的铸件。最小的压铸件为 0.002 kg，最大的铝合金压铸件为 15~40 kg，最大壁厚为 12 mm。

离心铸造的特点：最适合铸造各种旋转体形状的管、筒铸件。壁厚为 4~125 mm，长度不宜大于内径的 15 倍。

2) 合金种类。各种铸造工艺方法对铸件的合金种类都有一定的限制。任何可熔化的金属都能采用砂型铸造，最常用的金属是铸铁、铸钢、黄铜、青铜、铝合金和镁合金；熔模铸造可以铸造任何合金，而对高熔点合金效果更为突出，飞机上的导向叶片等用不易加工的高熔点合金铸造，一般用熔模铸造工艺。不锈钢零件、工具等常用熔模铸造；金属型铸造工艺比较适于铸造铝合金、镁合金及铜合金铸件；适用于压铸工艺的合金有锌、铝、镁、铜、铅、锡等六个合金系列，其中铝、锌合金是应用最广泛的压铸合金。黑色金

属由于熔点太高，因而压铸型的使用寿命低，通常不采用压铸成型。

3) 批量大小及交货期限。砂型铸造的生产批量不受限制，可用于成批、大量生产，也可用于单件生产。由于砂型铸造的生产准备周期较短，所以特别适于交货期限较短、批量不大的铸件生产；熔模铸造的主要生产设备比较简单，对生产批量限制不大。但熔模铸造工艺工序较多，且需制作压型，故生产周期比砂型长；金属型铸造需设计制造金属模型，一次投资较大，且金属型寿命长，对铝镁合金铸件可使用上千万次，故适用批量生产，批量少时不能充分发挥金属型的潜力。金属型制造周期长，对交货期短的任务难以满足；压铸工艺设备投资大，压铸型的制造周期较长，成本高，但生产效率高，故仅适于成批大量生产。

4) 铸件技术要求。铸件的技术要求包括外观质量要求（尺寸精度、表面粗糙度）及内部质量（力学性能、致密度等），不同的铸造工艺方法能达到不同的水平。

砂型铸造的铸件在凝固冷却到室温后组织无层状结构、性能无方向性，其强度、韧性、刚度在各方向都相等，这一点对某些要求各方向性能均衡的铸件是重要的。砂型铸造中铸件凝固收缩受到的阻力较小，铸件内应力小。可采用冷铁等不同的铸型材料来调整和控制铸件的凝固过程，铸件内部缩孔缩松较少，内部质量易于得到保证。砂型铸造铸件尺寸精度较差，表面粗糙度较大。

熔模铸造没有分型面，由压型制出的熔模的披缝也被消除，也没有砂型铸造那样的起模合箱等操作，所以铸件尺寸精度较高，可达 CT5 级，表面粗糙度较小。熔模铸造的涡轮叶片的精度和粗糙度已达无需机械加工的要求。

金属型铸造的铸件尺寸精度和表面粗糙度优于砂型铸件。由于金属型传热迅速，所以铸件的晶粒较细。同时，凝固过程易于控制，使铸件形成顺序凝固，减少铸件产生缩孔和缩松。所有这些都使金属型铸件的强度得到提高。一般比砂型铸件高 20% 以上。

压铸的显著优点是能生产精密铸件，压铸件的尺寸精度和表面粗糙度均优于金属型铸件，尺寸精度可达 4 级，表面粗糙度可达 $Ra0.8$ 。大多数压铸件无需机械加工即可直接使用。压铸件晶粒细小、强度较高。压铸件主要缺陷之一是气孔。压铸件有气孔存在，不但降低了压铸件的力学性能（特别是延伸率）和气密性，同时也不能对其进行焊接和热处理，因此，需经热处理强化的合金，就不能压铸。

5) 经济分析。铸造工艺方法对铸件成本的影响是不言而喻的。而对哪一类铸件采用什么工艺最有效、最经济是个很复杂的问题，需对各种工艺方法进行比较、分析才能得出。



当铸件批量小时，砂型铸造费用最低。砂型铸造一般是所有铸造方法中费用最低的一种，它的成本几乎只有熔模铸造的 1/10，尤其是在单件或少量生产时。在单件大型铸件的生产，从成本考虑，砂型铸造是唯一的方法。而当铸件批量大时，压力铸造的综合费用较低。

3. 砂型铸造生产工具、设备的选择

(1) 造型用的工具和辅具

1) 模样。用木材、金属或其他材料制成的铸件原形统称为模样，它是用来形成铸型的型腔。用木材制作的模样称为木模，用金属或塑料制成的模样称为金属模或塑料模。目前大多数工厂使用的是木模。模样的外形与铸件的外形相似，不同的是铸件上如有孔穴，在模样上不仅实心无孔，而且要在相应位置制作出芯头。

2) 手工造型所用的主要工具和砂箱。

手工造型的主要工具有铁铲、筛子、舂砂锤、刮板、通气针、起模针、掸笔、排笔、粉袋、皮老虎、风动捣固器、钢丝钳、活动扳手等，如图 1-7 所示。修型工具有修平面的慢刀（刮刀）、修凹曲面的压勺、修深而窄的底面及侧面的砂勺、修圆柱形内壁和内圆角的半圆等。手工造型用的砂箱多数是用铸铁铸成的，尺寸大的砂箱，应设计有砂箱带，以防止塌箱。对于尺寸小批量较大的湿型件，有时也用质轻、可拆卸的木质或铝合金砂箱造型。



图 1-7 常用手工造型工具

(2) 金属熔炼与浇注设备

熔炼金属的目的是获得合格的化学成分及良好流动性的液态金属。金属的流动性是金属铸造性能的重要指标之一，其表明了金属在液态时充填铸型的能力。金属流动性好坏对铸造工艺和铸件质量影响很大。生产中采用铸造生产的有铸钢、铸铁、有色金属铸造（铸铝、铸铜）等。这里主要介绍铝合金的熔炼与浇注。

1) 铝合金的性能及应用。

铝合金比重小，强度高，具有良好的铸造性能。由于熔点较低（纯铝熔点为 660 °C，铝合金的浇注温度一般约在 730~750 °C），故能广泛采用金属