



SHIERWU PUTONG GAODENG YUANXIAO GUIHUA JIAOCAI

“十二五”普通高等院校规划教材



JINGONG
SHIXUN

朱定见 等主编



电子科技大学出版社



“十二五”普通高等院校规划教材

金工 实训

JINGONG SHIXUN

朱定见 等主编



电子科技大学出版社

《金工实训》

编写委员会

主 编	朱定见	洪晓东	熊 涛
	朱有为		
副主编	李 粤	陈旭东	曹 斌
	廖宇兰	袁正歌	尚庆宝
	刘 玲	赵 轩	吴 萍
	陈芝强	谭 赫	王高平
	王 文		

图书在版编目 (CIP) 数据

金工实训 / 朱定见等主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2014. 6
ISBN 978-7-5647-1986-9

I. ①金… II. ①朱… III. ①金属加工—实习 IV.
①TG—45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 115967 号

内 容 简 介

本书是结合作者多年金工实训教学的实践经验,本着“实用、适用、先进”的原则和“通俗、繁简有度、可操作”的风格编写的,特别注重培养学生的工程素质和能力。内容包括金工实训基本知识、工程材料及热处理、制造工程质量与检验、钳工实训、车工实训、铣工实训、刨工实训、磨工实训、铸工实训、锻工实训、焊工实训等 11 章。本书适用于高等院校机类、近机类以及工科各专业的金工实训教学和实习指导,也可供工程技术人员参考使用。

金工实训

主 编 朱定见等

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编:610051)
策划编辑: 曾 艺
责任编辑: 曾 艺
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 全国新华书店经销
印 刷: 北京市彩虹印刷有限责任公司
成品尺寸: 210mm×285mm 印张 17 字数 430 千字
版 次: 2014 年 6 月第一版
印 次: 2014 年 6 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-1986-9
定 价: 36.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话:(028)83202463; 本社邮购电话:(028)83201495。
◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

前 言

金工实训是工科类学生进行的工程氛围最浓厚,教学内容涉及的知识和技能最广泛,教学时间较长且集中进行的实践教学环节。

本书是结合作者多年金工实训教学的实践经验,本着“实用、适用、先进”的原则和“通俗、繁简有度、可操作”的风格编写的,特别注重培养学生的工程素质和能力。内容包括金工实训基本知识、工程材料及热处理、制造工程质量与检验、钳工实训、车工实训、铣工实训、刨工实训、磨工实训、铸工实训、锻工实训、焊工实训等 11 章。

本书具有以下特点:

1. 坚持“实用、适用、先进”的原则

充分考虑实训对象的知识结构,不仅重点介绍了“实用”和“适用”的基本知识,而且努力做到将“先进”和“前沿”的制造技术的知识介绍给学生。

2. 坚持“通俗、繁简有度”的原则

文字上注重“通俗易懂”;内容上注重“繁简有度”,即,重点内容力求详实,次要内容尽量精炼。

3. 突出“可操作”

按工种编排内容,各个工种都编写了经典的实训实例,并且详细介绍了工艺规程,突出了“可操作”。

4. 加强了安全教育

在介绍各个工种之前,都先介绍该工种的“安全操作规程”,以突出“预防为主,防患于未然”。编写过程中参考了现行的一些教材,有些资料来自网络,在此一并表示感谢!由于水平所限,本书一定存在不尽如人意的地方和错误,恳请广大读者和专家批评指正。

本书适用于高等院校机类、近机类以及工科各专业的金工实训教学和实习指导,也可供工程技术人员参考使用。

编 者



目 录

第 1 章 金工实训基本知识	(1)
1.1 金工实训课程简介	(1)
1.1.1 “金工实训”课程的性质	(1)
1.1.2 “金工实训”课程的目的	(1)
1.1.3 “金工实训”课程的要求	(1)
1.2 金工实训安全技术	(1)
1.3 工程和制造工程	(2)
1.3.1 工程的概念及工程专业的分类	(2)
1.3.2 制造工程的概念与分类	(3)
1.4 金工实训的内容	(3)
1.4.1 材料成型	(3)
1.4.2 切削加工	(5)
1.5 切削加工的基础知识	(6)
1.5.1 切削加工的分类和特点	(7)
1.5.2 切削运动与切削用量	(8)
1.5.3 基准和夹具	(11)
练 习 题	(13)
第 2 章 金属材料及热处理	(14)
2.1 工 程 材 料	(14)
2.2 金属材料的性能	(14)
2.2.1 工艺性能和使用性能	(14)
2.2.2 金属材料机械性能(或力学性能)	(15)
2.2.3 常用金属材料简介	(15)
2.3 常用热处理方法	(16)
2.3.1 概述	(16)
2.3.2 热处理实习安全操作规程	(16)
2.3.3 普通热处理	(16)
2.3.4 表面热处理	(17)
2.4 常用热处理设备	(17)
2.4.1 热处理加热设备	(17)
2.4.2 冷却设备及其他辅助设备	(18)
练 习 题	(20)
第 3 章 制造工程质量与检验	(21)
3.1 产 品 质 量	(21)
3.1.1 加工质量	(21)
3.1.2 装配质量	(28)
3.2 质量检测方法	(30)
3.2.1 金属材料的检测方法	(30)



3.2.2	尺寸的检测方法	(31)
3.2.3	表面粗糙度的检测方法	(31)
3.2.4	几何误差的检测方法	(31)
3.3	质量检测仪器及其使用方法	(31)
3.3.1	游标读数测量器具	(31)
3.3.2	千分尺	(34)
3.3.3	指示表	(35)
3.3.4	角度测量器具	(37)
3.3.5	钢直尺和卡钳	(39)
3.3.6	塞尺	(39)
3.3.7	光滑极限量规	(40)
3.4	计量器具的维护与保养	(40)
练 习 题		(41)
第4章 钳工实训		(42)
4.1	钳工概述	(42)
4.1.1	钳工实训安全操作规程	(42)
4.1.2	钳工及其加工特点	(42)
4.1.3	钳工常用的设备和工具	(43)
4.2	划线、锯削和锉削	(46)
4.2.1	划线	(46)
4.2.2	锯削	(53)
4.2.3	锉削	(57)
4.3	钻孔、扩孔和铰孔	(63)
4.3.1	钻孔	(63)
4.3.2	扩孔与铰孔	(66)
4.4	攻螺纹和套螺纹	(69)
4.4.1	攻螺纹	(69)
4.4.2	套螺纹	(71)
4.5	装 配	(73)
4.5.1	装配概述	(73)
4.5.2	典型连接件的装配方法	(75)
4.5.3	部件装配和总装配	(82)
4.6	钳工基本技能训练	(90)
4.6.1	锯削长方体	(90)
4.6.2	锯削长圆体	(91)
4.6.3	锉削平面一	(92)
4.6.4	锉削平面二	(92)
4.6.5	钻孔练习	(93)
4.6.6	攻螺纹练习	(93)
4.6.7	套螺纹练习	(94)
4.6.8	加工花型扳手	(95)
4.6.9	燕尾锉配	(96)
4.6.10	凸台盲配练习	(96)



4.6.11 加工手锤	(97)
4.6.12 小榔头的制作	(98)
练 习 题	(103)
第5章 车工实训	(105)
5.1 车削概述	(105)
5.1.1 车工实训安全操作规程	(105)
5.1.2 车削概述	(105)
5.2 车 床 概 述	(107)
5.2.1 卧式车床的型号	(107)
5.2.2 卧式车床组成部分的名称和用途	(108)
5.2.3 卧式车床的传动系统	(112)
5.2.4 卧式车床的各种手柄和基本操作	(116)
5.3 车刀及其安装	(117)
5.3.1 车床常用刀具介绍	(117)
5.3.2 车刀的刃磨	(124)
5.3.3 车刀的安装	(125)
5.4 车床附件及工件的安装	(125)
5.4.1 车床附件	(125)
5.4.2 工件的安装	(126)
5.5 车工基本技能训练	(132)
5.5.1 车外圆、端面 and 台阶	(132)
5.5.2 切槽、切断、车成型面和滚花	(138)
5.5.3 车圆锥面	(142)
5.5.4 孔加工	(146)
5.5.5 车螺纹(turning screw thread)	(148)
5.6 典型零件的车削工艺	(153)
5.6.1 轴类零件车削工艺	(153)
5.6.2 盘套类零件车削工艺	(155)
5.6.3 车削加工对零件结构工艺性的要求举例	(160)
5.6.4 车削实训课目	(161)
练 习 题	(166)
第6章 铣工实训	(168)
6.1 铣 工 概 述	(168)
6.1.1 铣工实训安全操作规程	(168)
6.1.2 铣削加工简介	(169)
6.2 铣 床	(174)
6.2.1 X6132 型卧式万能升降台铣床	(174)
6.2.2 立式升降台铣床及龙门铣床	(177)
6.3 铣刀及其安装	(177)
6.3.1 铣床常用刀具介绍	(177)
6.3.2 铣刀的安装	(180)
6.4 铣床附件及工件安装	(182)



6.4.1	铣床附件及其应用	(182)
6.4.2	工件的一般装夹方法	(184)
6.5	铣削方法	(186)
6.5.1	铣平面	(186)
6.5.2	铣斜面和台阶	(190)
6.5.3	铣键槽	(193)
6.5.4	铣成形面	(194)
6.5.5	铣齿形	(194)
6.5.6	综合项目分析——六面体的铣削加工	(195)
练习 题		(197)
第7章 刨工实训		(198)
7.1	刨工概述	(198)
7.1.1	刨工实训安全操作规程	(198)
7.1.2	刨削加工的特点	(198)
7.1.3	刨削加工范围	(199)
7.2	刨 床	(199)
7.2.1	牛头刨床	(200)
7.2.2	龙门刨床	(203)
7.3	刨刀及其安装	(203)
7.3.1	刨刀	(203)
7.3.2	刨刀的安装	(203)
7.3.3	工件的安装	(204)
7.4	刨削的基本操作	(204)
7.4.1	刨平面	(204)
7.4.2	刨沟槽	(205)
7.4.3	刨成形面	(206)
练习 题		(207)
第8章 磨工实训		(208)
8.1	磨工概述	(208)
8.1.1	磨工实训安全操作规程	(208)
8.1.2	磨削加工简介	(208)
8.2	砂 轮	(208)
8.2.1	砂轮的特性及种类	(209)
8.2.2	砂轮的安裝、平衡与修整	(210)
8.3	外圆磨床及其磨削工作	(211)
8.3.1	外圆磨床	(211)
8.3.2	外圆磨床上的磨削方法	(212)
8.4	平面磨床及其磨削工作	(213)
8.4.1	平面磨床结构	(214)
8.4.2	平面磨削方法	(215)
练习 题		(216)
第9章 铸工实训		(217)
9.1	铸造概述	(217)



9.1.1	铸工实训安全操作规程	(217)
9.1.2	铸造的概念及生产特点	(217)
9.2	砂型铸造工艺	(218)
9.2.1	型砂的制备	(218)
9.2.2	铸型的组成	(220)
9.2.3	浇冒口系统	(220)
9.2.4	模样和芯盒的制造	(221)
9.3	造 型	(222)
9.3.1	手工造型操作技术基本要求	(222)
9.3.2	整模造型	(223)
9.3.3	分模造型	(223)
9.3.4	挖沙造型	(223)
9.3.5	活块造型	(224)
9.3.6	三箱造型	(224)
9.3.7	地坑造型	(225)
9.3.8	机器造型	(226)
9.4	合金的熔炼与浇注	(226)
9.4.1	铝合金的熔炼	(226)
9.4.2	铸铁的熔炼	(227)
9.5	铸件的落砂、清理和缺陷分析	(228)
9.5.1	落砂和清理	(228)
9.5.2	铸件缺陷分析	(229)
9.6	特 种 铸 造	(230)
9.6.1	压力铸造	(230)
9.6.2	实型铸造	(231)
9.6.3	离心铸造	(231)
9.6.4	低压铸造	(232)
9.6.5	熔模铸造	(232)
9.6.6	垂直分型无箱射压造型	(233)
9.6.7	金属型铸造	(233)
	练 习 题	(234)
第 10 章	锻 工 实 训	(236)
10.1	锻压基本知识及安全操作规程	(236)
10.1.1	锻工实训安排操作规程	(236)
10.1.2	锻压基本知识	(236)
10.2	自 由 锻 造	(236)
10.2.1	坯料的加热目的和加热温度范围	(237)
10.2.2	加热方式	(237)
10.2.3	加热缺陷	(237)
10.2.4	空气锤	(238)
10.2.5	空气锤自由锻的基本工序	(238)
10.3	模 锻	(240)
10.3.1	固定模锻造	(240)



10.3.2 胎膜锻造	(241)
10.4 板料冲压	(242)
10.4.1 冲压设备	(242)
10.4.2 冲压工序	(243)
练 习 题	(244)
第 11 章 焊工实训	(245)
11.1 焊工实训安全操作规程	(245)
11.2 焊 工 概 述	(245)
11.2.1 焊接的分类	(245)
11.2.2 焊接的特点	(246)
11.3 焊条电弧焊	(246)
11.3.1 焊条电弧焊的原理	(247)
11.3.2 焊接设备	(247)
11.3.3 焊条	(249)
11.3.4 焊接位置	(250)
11.3.5 焊接接头与坡口形式	(250)
11.3.6 焊接工艺参数的选择	(251)
11.3.7 焊条电弧焊操作技术	(252)
11.4 气焊与气割	(253)
11.4.1 气焊的原理、特点和应用	(253)
11.4.2 气焊设备	(253)
11.4.3 气焊火焰	(254)
11.4.4 气焊的操作	(255)
11.4.5 气割	(256)
11.5 其他焊接方法	(256)
11.5.1 CO ₂ 气体保护焊	(256)
11.5.2 氩弧焊	(257)
11.5.3 电阻焊	(258)
11.5.4 钎焊	(259)
11.6 焊 接 检 验	(259)
11.6.1 常见焊接缺陷	(259)
11.6.2 焊接质量检验	(261)
练 习 题	(261)
参考文献	(262)



第1章 金工实训基本知识

1.1 金工实训课程简介

1.1.1 “金工实训”课程的性质

金工实训（原金工实习，也称基本工艺训练）是研究产品从原材料到合格零件或机器的制造工艺技术的科学；是一门实践性的技术基础课程；是工科类学生尤其是机械类各专业的学生进行基本工程训练，培养工程素质和工程意识的重要课程；是学生学习“工程材料”、“材料成型及机械制造工艺基础”与“机械制造”系列课程的先修课，也是获得机械制造基本知识的必修课。

1.1.2 “金工实训”课程的目的

金工实训的目的是：

1. 让学生了解机械制造的一般过程，建立对机械制造生产基本过程的感性认识，学习机械制造的基础工艺知识，了解机械制造生产的主要设备。
2. 熟悉机械零件的常用加工方法、所用主要设备的工作原理和典型机构、工夹量具以及安全操作技术。
3. 通过基本的工程训练，培养学生进行独立操作的实践动手能力。
4. 全面开展素质教育，树立实践观念、劳动观念和团队协作观念，培养高质量人才。
5. 了解机械制造的基本工艺知识和一些新工艺、新技术在机械制造中的应用。

1.1.3 “金工实训”课程的要求

本课程的主要要求是：

1. 使学生掌握现代制造的基本组成、一般过程和主要类型等基本知识，建立制造工程的背景知识；初步掌握制造工艺学的一般原理和基础知识，熟悉机械零件的常用加工方法及其所用的主要设备和工具；了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用。
2. 使学生对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力；在主要工种方面应具有独立完成简单零件的加工制造的实践能力；并培养一定的工艺实验和工程实践能力。
3. 培养学生生产质量和经济观念；培养学生创新精神、一丝不苟和理论联系实际科学作风；培养学生热爱劳动、热爱公物的良好品德等基本素质。
4. 初步学会用现代计算机设计和制造技术，进行简单产品的设计和制造，培养创新意识和综合能力。初步建立市场、信息、质量、成本、效益、安全、群体和环保等工程意识。

1.2 金工实训安全技术

在金工实训过程中要进行各种实践操作，制造各种不同规格和要求的零件，因此，常要开动各种生产设备，接触到机床、焊机、砂轮机等。为了避免机械伤害、触电、爆炸、烫伤和中毒等工伤事故，实训人员必须严格遵守各个工种的工艺操作规程。只有严格遵守各个工种的工艺操作规程，才能确保实训人员的安全。具体安全要求如下：

1. 在实训指导人员进行讲解、示范的时候，实训人员要做到认真听讲，仔细观察，做好笔记；在



实训过程中一旦发现异常,要立即用安全的方法关断设备,并马上告知实训指导人员。

2. 严格执行安全制度,进入实训车间必须穿戴符合要求的服装、眼镜和鞋、帽。长头发的学生应将长发放入帽内,戴好工作帽;不得穿高跟鞋、凉鞋和拖鞋和软底鞋。

3. 操作机床时一律不允许戴手套,严禁身体、衣袖与转动部位接触;正确使用砂轮机,严格按安全规程操作,注意人身安全。

4. 遵守设备操作规程,爱护设备,未经实训指导人员许可不得随意乱动车间设备,更不准乱动开关和按钮。

5. 遵守劳动纪律,不迟到,不早退,不打闹,不串岗,不随地而坐,不戴耳机听音乐,不擅离工作岗位,更不能到车间外玩,有事请假。

6. 交接班时认真清点工具、夹具和量具,做好保养保管,如有损坏、丢失,照价赔偿。

7. 实训时,要热爱劳动,要做到不怕苦、不怕累、不怕脏。

8. 每天下班前要擦拭机床,保养设备;清理工件、用具,打扫实训工作场地,保持环境卫生。

9. 爱护公物,节约水、电和材料,不践踏绿地,不损坏花木。

10. 爱护劳动保护用品,实训结束时要及时返还工作服,如有损坏、丢失,按价赔偿。

1.3 工程和制造工程

1.3.1 工程的概念及工程专业的分类

1. 工程的概念

广义来讲,工程是指为了解决现实问题所实施的方法、手段和工具等的总称。

现代工程是工业革命与信息技术的产物,而工业革命的标志是蒸汽机的发明与应用,信息技术的标志则是计算机的发明和应用。

2. 工程专业的分类

当今世界主要大学的工程学科的主要专业如下:

- (1) 制造工程:材料成型,机械制造,产品加工
- (2) 机械工程:机床,制冷与空调,车辆,农机等
- (3) 汽车工程:发动机,车身,燃料,电器与控制
- (4) 工业工程:系统工程,计算机集成系统
- (5) 化学工程:无机化工,高分子塑料与橡胶工程
- (6) 计算机科学与工程:计算机软件,计算机硬件
- (7) 市政工程:道路与桥梁,废料处理
- (8) 材料与冶金工程:材料制备与改性,粉末冶金,金属冶炼(铁,钢,有色金属)
- (9) 建筑工程:房屋结构,给排水,电、汽与楼宇控制
- (10) 环境工程:水与大气质量,污染防治
- (11) 电器与电子工程:电机,电力系统,无线电,通信
- (12) 农业工程:水利与土壤,食品生产,加工与储运
- (13) 海洋工程:航海,船舶,港口与码头
- (14) 核工程:核燃料,核能利用
- (15) 石油工程:油气勘探,打井,采油,炼油
- (16) 矿业与地球工程:矿产勘探,采矿
- (17) 陶瓷工程:结构陶瓷,电子陶瓷
- (18) 生物工程:生物医药,生物技术

作为大学生应该了解上述 18 个专业大类的专业内容,并从中发现与自身兴趣相一致的专业,以提



高学习的积极性和主动性；同时还要了解这些专业的社会需求，规划好自己的学业计划和职业生涯，努力实现自我价值与职业发展的完美结合。

1.3.2 制造工程的概念与分类

1. 制造工程的概念

广义来讲，所有将原材料转变为产品的过程都称为制造工程，包括电子和电器制造，机械制造等。由于历史的原因，制造工程主要指机械制造工程，即将原材料通过制造工艺变为具有一定功能的机器或零部件的过程。

在所有工程领域中，制造工程是最基础的，它担负着为其他工程专业提供合格样机或机器的任务。制造业是国民经济的基础，它担负着向其他各部门提供工具、仪器和各种机械设备和技术装备的任务。

2. 制造工程的分类

本课程主要介绍的是机械制造工程，电子和电器制造将在电工与电子实习中学习。按照材料的状态变化，机械制造工程可分为材料成型与切削加工两大类。

材料成型通常也称为体积不变过程；主要是指在保证性能要求的前提下，优质、低成本地获取具有一定结构和形状的毛坯或者产品的制造工艺，通常将其称为热加工工艺。但是，其内涵远远地超过了热加工的范畴，主要包括铸造、锻压、焊接、热处理、粉末冶金、塑料成形、陶瓷和复合材料的成形。

切削加工通常称为体积减小或材料切除工艺；一般是指将材料成型所获毛坯，通过切除的工艺，优质、低成本地获取具有一定结构和形状、一定的精度和表面质量产品的工艺过程，通常将其称为冷加工工艺。但是，其内涵远远超过了冷加工的范畴，主要包括车削、铣削、刨削、磨削、钳工、现代计算机控制的加工工艺（如数控机床和加工中心加工）、特种加工（如超声加工、电火花加工和激光加工）。

由于科学技术的发展，传统制造工艺受到现代制造技术日益严峻的挑战，同时，现代制造技术又要以传统制造工艺为基础，因此，本课程将以基本制造工艺为主，以现代制造技术为辅。然而，现代制造技术已经成为大中型制造企业的主要生产技术，因此有必要逐步增加现代制造技术的知识。

现代制造技术是制造技术的总称，它在传统制造技术的基础上不断吸收机械、电子、信息、材料、通信及现代管理等技术成果，将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、售后服务等机械制造的全过程，实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产，取得理想的技术经济效益。

1.4 金工实训的内容

金工实训的基本内容包括材料成型中的铸工、锻工和焊工，切削加工中的车工、铣工、刨工、磨工、钳工等工种。各个工种简述如下：

1.4.1 材料成型

1. 铸造

铸造也称为液态成形。通常是指将液态金属浇注到有一定形状的铸型空腔中，待其冷却凝固后获得铸件的工艺方法。如图 1-1 所示是砂型铸造的工艺过程。

铸造工艺的特点就是可以制造形状复杂的零件，成本低，但工艺过程比较长。一般用于力学性能要求不高的零件的生产。包括重力铸造（砂型铸造、壳型铸造、失蜡铸造或熔模铸造、陶瓷型铸造、金属型铸造、消失模铸造等）和压力铸造（压铸、低压铸造、离心铸造等）。当今，采用铸造原理的还有注塑工艺，是将塑料熔融，通过压力将熔融的塑料打入型腔获得所需的塑料件。

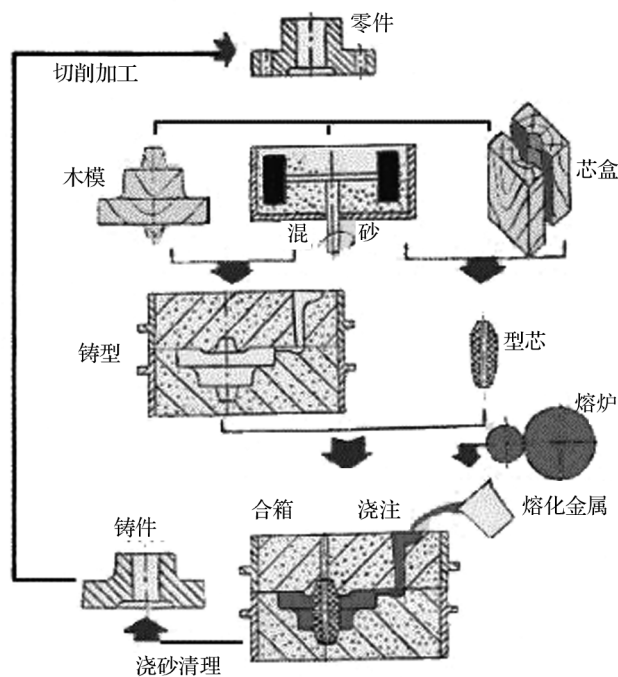


图 1-1 砂型铸造工艺过程

2. 锻压

锻压也称为固态塑性成形，通常包括锻造和冲压两个工艺。其中锻造是指将金属加热到一定温度并在压力下使其变形获得锻件的工艺方法。其中由锻锤直接打击变形而获得锻件的工艺称为自由锻，手工自由锻也称为打铁，现在应用已经很少。机器自由锻在单件小批量生产中仍然应用广泛。如图 1-2 所示是由机械手操作的机器自由锻，操作安全，工艺稳定。

而用模具进行变形而获得锻件的工艺称为模锻（如图 1-3 所示），模锻锻件质量稳定，生产效率高，适合大批量锻造力学性能要求较高的零件。



图 1-2 机械手操作自由锻

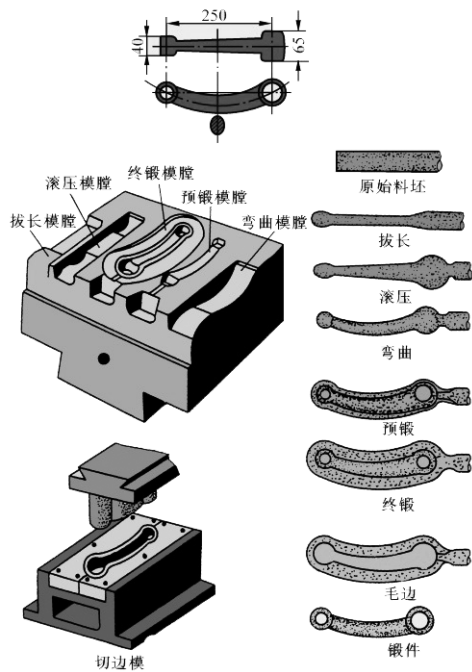


图 1-3 连杆模锻过程



冲压是指在室温下通过模具对薄板进行的分离与变形工艺，也称为冷塑性变形。冲压零件精度高，生产效率高，适合薄壁零件的大批量生产。图 1-4 是各种冲压组合工艺及模具结构，可见通过模具可以实现多种冲压工艺连续进行，因此生产率很高。但模具制造成本也很高，只能应用于大批量生产。

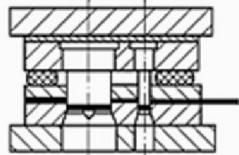
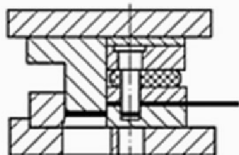
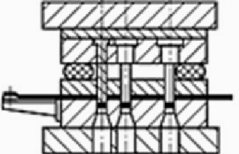
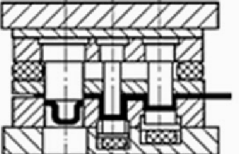
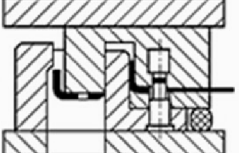
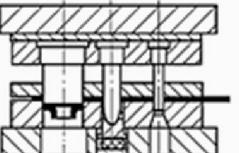
工序组合	模具结构简图	工序组合	模具结构简图
冲孔和落料		冲孔和切断	
冲孔和截断		级进拉深和落料	
冲孔、弯曲和切断		冲孔、翻边和落料	

图 1-4 冲压工艺和组合与模具结构

3. 焊接

焊接也称为连接成形。是指热和机械作用使两个分离的部分连接为一个整体的工艺过程。包括熔焊、压焊和钎焊。焊接可以实现将大型机器部件化为小型零件制造，然后用焊接工艺组装，因此，可以简化零件的制造工艺，实现大型结构件的生产，比如汽车车身很大，但分为地板、前围，后围，侧围和顶盖后，制造工艺简单。然后，通过焊接将它们连接为一个整体车身（如图 1-5 所示）。

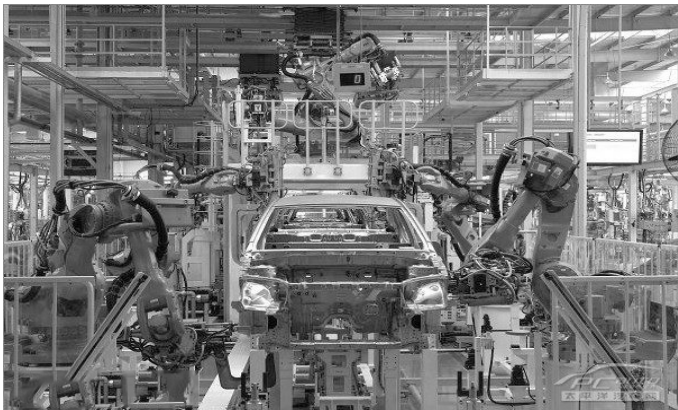


图 1-5 机器人车身装焊生产线图

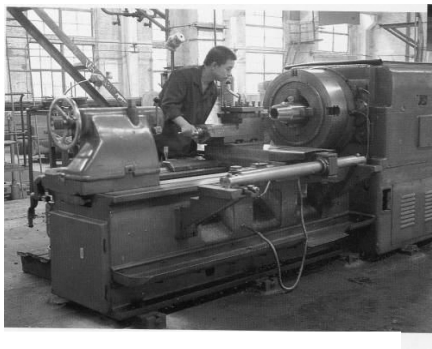


图 1-6 车削锥面

1.4.2 切削加工

1. 车削加工

车削加工是指工件作回转运动，刀具作轴向或径向运动，对零件进行加工的一种工艺方法。通常在车床上完成加工任务，如图 1-6 所示是车削锥面的加工示例。车削加工按照控制方式分为普通车、自动车和数控车；按照主轴的方位又分为卧式和立式。车削加工切削过程连续进行，因此，生产效率高，加工过程稳定，特别适合于轴类，回转体类等零件加工。



2. 铣削加工

铣削加工是指工件作水平移动，刀具作回转运动，对零件进行加工的一种工艺方法。通常在铣床上完成加工任务，如图 1-7 所示是铣削平面、曲面、沟槽等的加工示例。铣削加工按照控制方式分为普通铣和数控铣；按照主轴的方位又分为卧铣和立铣。

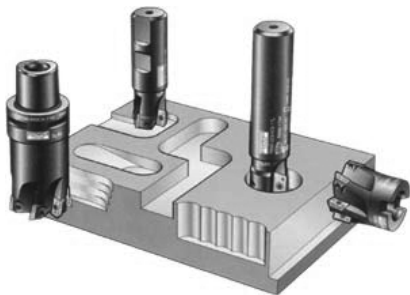


图 1-7 铣削加工示例



图 1-8 外圆轴颈磨削

3. 刨削加工

刨削是平面加工的主要方法之一。常见的刨床类机床有牛头刨床、龙门刨床和插床等。

刨削是单件小批量生产的平面加工最常用的加工方法，加工精度一般可达 IT9~IT7 级，表面粗糙值为 $Ra12.5 \sim 1.6 \mu m$ 。

刨削可以在牛头刨床或龙门刨床上进行，刨削的主运动是变速往复直线运动。因为在变速时有惯性，限制了切削速度的提高，并且在回程时不切削，所以刨削加工生产效率低。但刨削所需的机床、刀具结构简单，制造安装方便，调整容易，通用性强。因此在单件、小批生产中特别是加工狭长平面时被广泛应用。

4. 磨削加工

磨削加工是指用砂轮或磨具对工件进行精加工的一种工艺方法。磨削加工既可以加工平面，也可以磨外圆和内孔。如图 1-8 所示是用外圆磨床磨外圆轴颈的示意图。磨削加工通常是用于硬材料和淬火后的零件精加工，主要用于需要高的强度和硬度的轴类零件、需要高耐磨性的平面，槽或孔等的精加工。

5. 钳工

钳工的工艺范围主要包括錾削、锉削、锯切、划线、钻削、铰削、攻丝和套丝、刮削、研磨、矫正、弯曲和铆接等。钳工是机械制造中最古老的金属加工技术。19 世纪以后，各种机床的发展和普及，虽然逐步使大部分钳工作业实现了机械化和自动化，但在机械制造过程中钳工仍是广泛应用的基本技术，其原因是：①划线、刮削、研磨和机械装配等钳工作业，至今尚无适当的机械化设备可以全部代替；②某些最精密的样板、模具、量具和配合表面（如导轨面和轴瓦等），仍需要依靠工人的手艺做精密加工；③在单件小批生产、修配工作或缺乏设备条件的情况下，采用钳工制造某些零件仍是一种经济实用的方法。

1.5 切削加工的基础知识

切削加工（cutting）是指按照图样给定的加工要求，利用切削刀具或工具从零件毛坯（铸件、锻件或型材坯料）上切除多余的材料，获得所需要的尺寸精度、几何精度和表面质量的一种加工方法。

目前，除了使用精密铸造、精密锻造等加工方法直接获得符合图样要求的零件外，绝大多数零件均须采用把毛坯经过切削加工的方法来达到图样的要求。因此，切削加工是机械零件生产过程中最重要的加工方式之一。