

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

Quanguo Meitan Gaodeng Jiaoyu
Zhuanshengben Shierwu Guihua Jiaocai

机械制造技术基础

● 孙远敬 刘宏梅 主编

Jixie Zhizao Jishu Jichu

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

教育专升本“十二五”规划教材

机械制造技术基础

主 编	孙远敬	刘宏梅	
副主编	魏家鹏	岳立新	潘宏歌
主 审	王 慧	康文龙	于英华

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本教材内容以机械制造工艺过程和机械加工质量为主线,将金属切削原理、刀具、机床、夹具、机械制造工艺学等基础知识进行优化整合,突出应用和技术基础,每章前面有学习重点、难点、目的等概括性内容提示,后面有本章小结,使学生学完一章之后可以总结一下所学知识,并且每章后面配以章节测试,方便学生课后复习使用。

本教材可作为机械类专升本、职工大学、电视大学相关专业的教材,也可以作为业余大学学生及现场有关技术人员学习、参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础 / 孙远敬,刘宏梅主编. — 徐州: 中国矿业大学出版社, 2013. 4

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1853 - 7

I. ①机… II. ①孙… ②刘… III. ①机械制造工艺 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 067873 号

书 名 机械制造技术基础

主 编 孙远敬 刘宏梅

责任编辑 付继娟 耿东锋

责任校对 周俊平

出版发行 中国矿业大学出版社责任有限公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884902

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 21 字数 519 千字

版次印次 2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷

定 价 32.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

建设委员会成员名单

主 任:李增全

副主任:于广云 丁三青 王廷弼

委 员:(按姓氏笔画排序)

王宪军 王继华 王德福 刘建中

刘福民 孙茂林 李维安 张吉春

陈兴华 周智仁 赵文武 赵济荣

郝虎在 荆双喜 徐国财 廖新宇

秘书长:王廷弼

秘 书:何 戈

全国煤炭高等教育专升本“十二五”规划教材

矿山机电专业编审委员会成员名单

主 任:王宪军

副主任:吕 松

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 慧 王春华 刘卫国 孙远敬

李虎伟 张 强 陈更林 周 立

赵丽娟 赵利安 洪晓华 蒲志新

蔡 丽 魏家鹏

前 言

本教材可以作为机械类和机电类专升本、职工大学、电视大学的教材,也可以供业余大学学生及现场有关技术人员学习、参考使用。与全日制本科教材相比,在精选理论知识的基础上,适当降低难度,基本理论本着“必需、够用”为度,突出教材实用性和自学性。通过本课程的学习,可使学生掌握机械制造的基础知识和基本理论,掌握机械制造的一些基本技能,为学生对后续专业课的学习及将来从事机械设计与制造工作打下基础。

本教材内容以机械制造工艺过程和机械加工质量为主线,将金属切削原理、刀具、机床、夹具、机械制造工艺学等基础知识进行优化整合,突出应用和技术基础。每章前面有学习重点、难点、目的等概括性内容提示,后面有本章小结,使学生学完一章之后可以总结一下所学知识,并且每章后面配以章节测试,方便学生课后复习使用。另外,本教材最后还设计有两套综合测试题,以便于学生测评本门课程的总体学习效果。

本书由辽宁工程技术大学孙远敬、刘宏梅提出并修订编写大纲,魏家鹏、岳立新、潘宏歌、王慧、于英华、康文龙等参加了大纲的讨论和确认。

本书由孙远敬、刘宏梅任主编,并对各章节进行了多次审稿、改稿和统稿工作。由孙远敬、刘宏梅、魏家鹏、潘宏歌、岳立新对本书认真编写。王慧、康文龙、于英华担任本书主审,并对教材编写大纲、编写及内容提出了宝贵意见。

本书在编写过程中得到很多专家、同仁的大力支持和帮助,并参考了许多教授、专家的文献资料。

对本书的不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2012年10月

目 录

第一章 机械制造概论	1
第一节 制造过程的定义及制造生产系统	1
第二节 机械制造系统生产类型及特征	3
第三节 机械制造的方法及发展过程	5
第四节 本课程的特点及其学习方法	6
本章小结	6
测试题	7
第二章 金属切削原理	8
第一节 概述	8
第二节 刀具的几何角度与刀具材料	11
第三节 金属切削过程	19
第四节 切削力、切削热和切削温度	28
第五节 刀具的磨损与刀具寿命	36
第六节 材料的切削加工性	42
第七节 切削条件合理选择	45
第八节 磨削与砂轮	52
本章小结	58
测试题	58
第三章 金属切削刀具	61
第一节 车刀	61
第二节 孔加工刀具	65
第三节 铣削与铣刀	74
第四节 复杂刀具	78
本章小结	92
测试题	92
第四章 金属切削机床	94
第一节 金属切削机床的分类及型号编制	94
第二节 金属切削机床的运动	99

第三节 车床	105
第四节 铣床	117
第五节 磨床	121
第六节 齿轮加工机床	126
第七节 其他机床	133
本章小结	149
测试题	149
第五章 机床夹具设计原理	152
第一节 机床夹具概述	152
第二节 工件在夹具中的定位	155
第三节 定位误差的分析	166
第四节 工件在夹具中的夹紧	174
第五节 现代机床夹具	190
第六节 夹具的选用和设计	191
本章小结	193
测试题	193
第六章 机械加工质量及控制	198
第一节 概述	198
第二节 影响加工精度的因素	202
第三节 加工精度的统计分析	219
第四节 机械加工表面质量	224
本章小结	227
测试题	227
第七章 机械加工工艺规程制订	231
第一节 工艺过程概述	231
第二节 零件结构的工艺性和毛坯的选择	236
第三节 工艺路线的拟定	239
第四节 工序设计	247
第五节 工艺尺寸链	252
第六节 切削用量的确定和时间定额的估算	259
第七节 典型零件加工工艺	268
本章小结	272
测试题	272
第八章 机械装配工艺	277
第一节 概述	277
第二节 装配尺寸链	279

第三节 保证装配精度的工艺方法.....	281
第四节 装配工艺规程制订.....	290
本章小结.....	292
测试题.....	292
第九章 先进制造技术.....	296
第一节 概述.....	296
第二节 先进制造生产模式.....	298
第三节 先进制造技术.....	303
本章小结.....	315
测试题.....	315
自测题(一).....	317
自测题(二).....	320
参考文献.....	323

第一章 机械制造概论

【本章重点】 制造的定义和生产系统的组成,机械制造系统生产类型及特征,机械制造的各种方法。

【本章难点】 机械制造系统生产类型及特征。

【学习目标】 对机械制造系统及制造技术有初步的了解。

第一节 制造过程的定义及制造生产系统

一、制造过程的定义

制造是将原材料加工成产品的过程。狭义的制造过程是指生产准备、毛坯制作、零件加工、检验、装配、包装运输等。广义的制造过程是将制造资源(生产对象、生产资料、能源、劳动力、信息等,也称为生产要素)通过生产加工过程转变为有形(或无形)产品的过程。如图 1-1 所示。



图 1-1 制造过程

制造过程的输入是生产要素,包括:

- ① 生产对象,指生产活动所需的原材料。
- ② 生产资料,指生产过程所需的手段,包括直接生产资料(设备、工具等)和间接生产资料(如厂房、道路等)。
- ③ 能源,指生产过程中所需的动力来源。
- ④ 劳动力,指生产过程中,生产者所付出的脑力劳动和体力劳动。
- ⑤ 信息,指有效进行生产活动所需的知识、技能、情报、资料等。

制造过程的输出是产品,包括有形产品和无形产品(服务)。有形产品有硬件(如机械零件、汽车等)和流程性材料(如润滑油等)。无形产品有服务(如运输、售前售后服务等)和软件(如计算机程序等)。

转变过程的度量标准是生产率,生产率为系统的输出与输入之比。获得尽可能高的生

产率,是生产经营者追求的目标,也是生产企业在市场竞争中得以生存和发展的重要条件。

二、制造生产系统

以制造生产为代表的生产系统就是制造生产系统,是将与生产过程有关的固有技术和计划、设计、加工制造、控制、管理以及有关信息处理技术等系统要素有机地结合起来的一个人造系统。制造生产系统由产品计划子系统、技术信息处理子系统、管理信息处理子系统、生产控制子系统和生产过程子系统所构成。如图 1-2 所示为制造生产系统的基本组成。

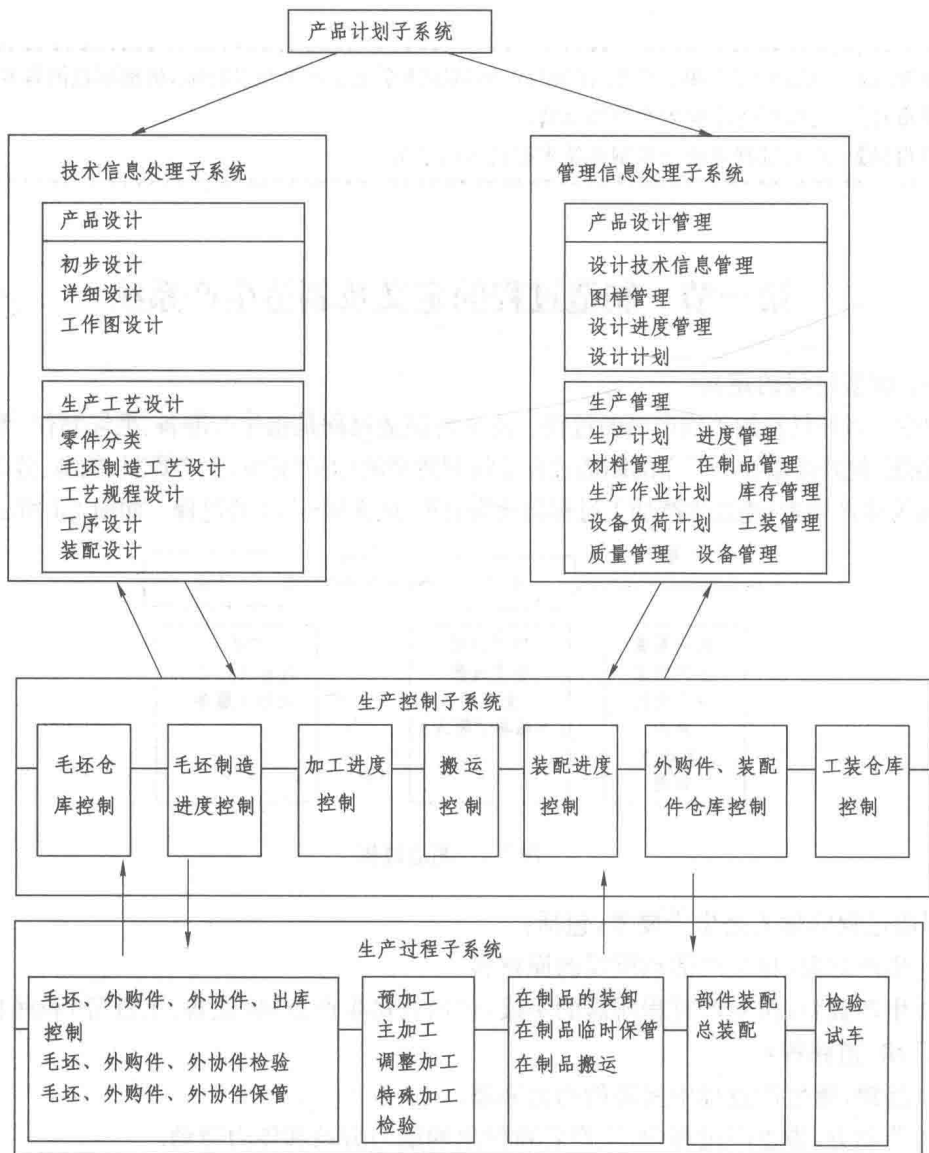


图 1-2 制造生产系统的基本组成

1. 产品计划子系统

根据市场需求预测来确定企业计划期内生产哪些产品及其品种、规格及数量等。

2. 技术信息处理子系统

主要包括产品设计和生产工艺设计两部分内容。

产品设计是根据产品计划的信息,对产品进行初步设计、详细设计和工作图设计并制定产品、部件和零件明细表等。生产工艺设计是指就产品性质和质量需求,并考虑适当的生产率及经济性等因素来设计生产工艺过程,一般以机械加工工艺设计为主。

3. 管理信息处理子系统

主要包括产品设计管理和生产管理两部分内容。

产品设计管理是指对产品设计样图和数据等信息的有效使用以及掌握设计进度等的管理系统。生产管理系统指为保证产品的数量、质量、成本和完成日期等计划的实现,编制各种生产作业计划、核算所需资源、控制生产进度、制定质量标准等与生产有关的管理活动。

4. 生产控制子系统

通过有关信息的收集和处理来掌握和控制毛坯的制造、加工、运输、装配、检验、外购件和零部件仓储、工艺装备仓储等活动过程和进度。

5. 生产过程子系统

是指由原材料、毛坯等投入生产开始到产品出厂为止的全部生产过程组成的子系统。

三、机械制造系统与工艺系统的概念

机械制造系统是制造系统中的一个分支,是以工厂作为一个生产单位,加工机械设备及机械零、部件的生产系统,包括原材料到成品所经过的毛坯制造、机械加工、装配、涂漆、运输、仓储等所有的过程及开发设计、计划管理、经营决策等所有活动,是一个有机的、集成的生产系统。

机械制造系统中,机械加工所使用的机床、刀具、夹具和工件组成了一个相对独立的系统,称为工艺系统。工艺系统各个环节之间相互关联、相互依赖、共同配合,实现预定的机械加工功能。

第二节 机械制造系统生产类型及特征

一、生产纲领

机器产品的年产量称为该产品的生产纲领。机器产品中某零件的生产纲领 N 应当计入备品和废品的数量,机器零件的生产纲领可按式计算

$$N = Qn(1+a)(1+b) \quad (1-1)$$

式中 N ——零件的生产纲领;

Q ——产品的年产量(生产纲领);

n ——每台产品中该零件的数量;

a, b ——零件生产备品率、废品率。

二、生产类型及特征

生产纲领的大小决定了产品(或零件)的生产类型。各种生产类型又有不同的特点。因此生产纲领是制订工艺规程的重要依据。

按年生产纲领的不同,可分为单件生产、成批生产、大量生产三种类型。在成批生产中,又可按批量的大小和产品特征分为小批量生产、中批量生产、大批量生产三种。

1. 单件生产

单个地生产不同产品,很少重复。

2. 成批生产

一年中轮番周期地制造一种或几种不同的产品,每种产品均有一定的数量,制造过程具有一定的重复性,一次投入或产出的同一产品(或零件)的数量称为生产批量。

3. 大量生产

产品的产量大,大多数工作按照一定的节拍重复地进行某一零件某一工序的加工。

生产纲领和生产类型的关系随产品的种类、大小和复杂程度而不同。表 1-1 给出了机械产品的生产类型与生产纲领的关系。

表 1-1 机械产品的生产类型与生产纲领的关系

生产类型	零件生产纲领		
	重型机械	中型机械	轻型机械
单件生产	≤ 5	≤ 20	≤ 100
小批生产	$> 5 \sim 100$	$> 20 \sim 200$	$> 100 \sim 500$
中批生产	$> 100 \sim 300$	$> 200 \sim 500$	$> 500 \sim 5\,000$
大批生产	$> 300 \sim 1\,000$	$> 500 \sim 500\,0$	$> 5\,000 \sim 50\,000$
大量生产	$> 1\,000$	$> 5\,000$	$> 50\,000$

生产类型的不同,导致生产组织、生产管理、车间机床布置、毛坯制造、机床种类、工具、加工或装配方法及工人技术要求等方面的不同。因此,在制定机器零件的加工工艺过程和产品的装配工艺过程及在选取机床设备、设计工艺装备,都必须考虑生产类型的特点。表 1-2 为各种生产类型的特点和要求。

表 1-2 各种生产类型的特点和要求

	单件、小批量生产	中批量生产	大批、大量生产
产品数量	少	中等	大
加工对象	经常变换	周期性变化	固定不变
毛坯制造及余量	木模造型和自由锻造,毛坯精度低,加工余量大	金属模造型和模锻,毛坯精度和余量中等	金属模造型、模锻、压力铸造等高效率毛坯制造方法,毛坯精度高、余量小
机床设备和布置	通用机床,机群式排列,数控机床	采用通用和专用设备,按工艺路线布置成流水线	采用专用设备流水线布置
工艺装备	通用工装为主,必要时采用专用工装	大部分采用专用夹具,部分采用专用刀具、量具	广泛采用高效专用工装和特种工具
安装方式	画线找正	部分画线找正	不需画线找正
装配方式	钳工试配	大多数采用互换法	全部互换
工人技术要求	高	中等	一般
生产率	低	中	高
成本	高	中	低
工艺文件	工艺过程卡	工艺卡	工艺过程卡、工艺卡、工序卡

第三节 机械制造的方法及发展过程

一、机械制造的方法

机械制造的方法包括机械加工和特种加工。

(一) 机械加工

机械加工分为净成形和切削加工。

1. 净成形

指由原材料到零件成形后不再加工(或仅需少量加工)就可以作为机械零件的成形技术。如精密铸造成形、精密塑造成形及精密注塑成形等。其特点是加工不产生切屑,因此原材料利用率高,生产效率高,常用于机械零件毛坯或形状比较复杂的中、小零件加工制造。

2. 切削加工

指由原材料(毛坯)到零件需经过切削加工(产生切屑)得到所需的零件的形状、尺寸、精度的一种加工方法。如车削、铣削、磨削、刨削、钻削等加工方法。切削过程产生切屑所以材料利用率低,零件的生产效率较低,但是加工精度较高。

切削加工又有普通机械加工、精密与超精密加工、高速加工、数字化加工等方法。

(1) 普通机械加工

指采用传统的机床设备进行切削加工。由于受到机床、夹具、刀具所组成的系统的精度、刚度等影响,加工精度有限,普通切削加工的误差范围达到 $1\sim 10\ \mu\text{m}$ 。

(2) 精密与超精密加工

精密加工精度和表面质量超过普通切削加工,加工误差可达到 $0.1\sim 1\ \mu\text{m}$,表面粗糙度 $Ra<0.1\ \mu\text{m}$ 。超精密加工精度和表面质量达到最高程度。其加工误差可以达到小于 $0.01\ \mu\text{m}$ 的程度。

(3) 高速加工

高速加工是指采用超硬材料的刀具,通过提高切削速度和进给速度,达到提高材料切除率,提高加工精度和加工表面质量的现代加工技术。高速加工的切削速度和进给速度是普通加工速度的 $5\sim 10$ 倍。高速加工的主轴转速 $\geq 10\ 000\ \text{r/min}$ 。

(4) 数字化加工

是指以数值与符号构成的信息作为加工程序,通过脉冲信号控制机床自动运动,实现零件的加工过程。可以极大地提高加工精度和加工质量的重复性、稳定性,保证加工零件质量的一致。

(二) 特种加工

特种加工是不需要利用工具直接对加工对象施加作用力的一种加工方法,如电火花成形加工、电火花线切割、激光加工、超声波加工、离子束加工、光刻化学加工等。特种加工特别适用于高硬度、难加工材料的复杂表面的加工。

二、机械制造技术的发展过程

17 世纪 60 年代瓦特改进蒸汽机,机械技术与蒸汽动力技术相结合,出现了以动力为特征的制造方式,标志着第一次工业革命兴起,工业化大生产从此开始。18 世纪中叶,麦克斯韦建立电磁理论,电气化时代开始,发电机和电动机发明,以电作为新的动力源改变了机

械结构和生产率,开始使用机床加工“洋枪、洋炮”。20世纪初,福特成功地建立了第一条汽车生产线,使汽车生产效率大幅提高,生产成本降低,10年间汽车成本由2000美元/台降低为263美元/台,为社会提供了很多物美价廉的产品,被人们所接受,当时被认为是制造业“最佳形式”或“传统模式”。1911年美国工程师泰勒发表《科学管理原理》一书,首创了生产现场的时间研究方法。流水生产线、自动机床和劳动分工制度、标准化技术相继问世标志着自动化时代到来。20世纪50年代,以大规模生产方式为主要特征的制造技术,逐渐进入鼎盛时期,制造业通过降低生产成本和提高生产率,形成了“规模效益”的工业化生产理念。第二次世界大战后,计算机、微电子技术、信息技术及软科学的发展以及市场竞争的加剧和市场需求多样性的趋势,使中、小批量生产及自动化成为可能,并产生了综合自动化和许多新的制造哲理与生产模式,如制造资源规划、MRP II 和计算机及集成制造系统(CIMS)等。进入21世纪,制造技术向自动化、柔性化、集成化、智能化、精密化和清洁化的方向发展。

第四节 本课程的特点及其学习方法

1. 本课程研究的内容

机械制造系统是个复杂的系统,包括的内容很多。随着科学技术的发展,机械制造技术在不断变化发展,研究的内容和领域也在不断扩大。针对实际需要,本课程主要研究机械制造中的冷加工部分。内容主要包括金属切削过程的基本原理、基本规律;机械加工系统(机床、刀具、夹具)基本知识;机械制造质量分析及控制方法;机械加工与装配工艺规程的制订,先进制造技术基础等机械制造技术的基础知识。

2. 本课程的特点

本课程是机械工程学科一门专业基础课,又是一门技术基础课。本课程的特点是实践性,即理论学习和工程实践的关系非常密切。这就需要认识实习、生产实习和毕业实习等实践教学环节配合学习,多增加感性知识,并注意不断反复实践和总结,才能真正学好这门课程。本课程在综合应用多门学科的基础上,更加进一步专业化,是一门指导实践的应用型课程。

3. 学习方法

- (1) 掌握机械制造技术的基本概念和理论知识。
- (2) 注重实践,重视实践教学环节,通过实践更加感性地掌握理论知识。
- (3) 指导实践,把所学的理论知识应用于实践,检验所掌握的理论知识。在实践中不断学习和应用、不断创新,达到最终指导实践的目的。

本章小结

本章主要讲了制造过程的定义及制造生产系统的组成,并对机械制造的生产类型和特征进行了描述。按年生产纲领的不同,可以将生产系统的生产类型分为单件生产、成批生产、大量生产三种类型。不同的生产类型具有不同的特征。最后对机械制造的方法进行了简单概念性的介绍。机械制造方法包括机械加工和特种加工两种。其中机械制造又分为净成形和切削加工,切削加工又有普通机械加工、精密与超精密加工、高速加工、数字化加工等方法。

最后简单介绍了机械制造的发展史、本课程特点及学习方法。

测 试 题

一、判断题

1. 机械制造系统中,机械加工所使用的机床、夹具和工件组成了一个相对独立的系统称为工艺系统。 ()
2. 车削加工属于净成形技术。 ()
3. 高速加工的主轴转速大于 10 000 r/min。 ()
4. 在各种生产类型中,大量生产的加工成本最低。 ()
5. 在各种生产类型中,大量生产的毛坯加工余量最大。 ()

二、填空题

1. 机械制造的方法包括()和()。
2. 净成形指由原材料到零件成形后()加工,就可以作为机械零件的成形技术。
3. 按年生产纲领的不同,可分为()、()、()三种类型。
4. 生产纲领的大小决定了产品(或零件)的()。
5. 普通切削加工的误差范围达到() μm 。

三、选择题

1. 18 世纪中叶,随着蒸汽机的发明和使用,出现了()。
① 机械加工机床 ② CAD 技术 ③ CAM 技术 ④ 计算机集成制造系统
2. 19 世纪末,内燃机的发明和使用,出现了()。
① 流水线和自动机床 ② CAD 技术 ③ CAM 技术 ④ 计算机集成制造系统
3. 20 世纪 60 年代,随着以大规模集成电路为代表的微电子技术以及以微机为代表的计算机技术的发展,产生了()。
① 自动机床 ② 机械加工机床 ③ 流水线 ④ CAD 技术
4. 随着 Internet 的发展,产生了()。
① 自动机床 ② 机械加工机床 ③ 虚拟制造技术 ④ CAD 技术
5. 在下列的生产类型中,()经常变换加工对象。
① 单件小批量产生 ② 中批生产 ③ 大量生产
6. 在下列的生产类型中,()广泛采用专用机床,流水线布置。
① 单件小批量产生 ② 中批生产 ③ 大量生产
7. 在下列的生产类型中,()生产率最高。
① 单件小批量产生 ② 中批生产 ③ 大量生产
8. 在下列的生产类型中,()对操作水平要求高。
① 单件小批量产生 ② 中批生产 ③ 大量生产

四、简答

1. 根据生产纲领的不同把机械制造生产系统分成哪些类型?各自的特点是什么?
2. 制造过程的定义是什么?
3. 简述机械制造技术的发展历史及先进制造技术的特征和发展趋势。
4. 什么是机械制造技术?它有何作用?这项技术涉及哪些方面的内容?

第二章 金属切削原理

【本章重点】 金属切削过程中的切削变形、切削力、切削温度、刀具磨损及寿命等四大规律,以及四大规律在生产中四个方面(工件材料切削加工性、切削液、切削用量和刀具几何参数)的应用。

【本章难点】 切削变形、切削力和切削温度及工艺参数的关系及变化规律,刀具几何角度的标注。

【学习目标】 掌握金属切削的基本理论;会标注刀具的几何角度;为保证切削加工质量和效率,能对切削过程进行适当的控制。

第一节 概 述

一、切削运动与切削加工表面

(一) 切削运动

金属切削加工是机械制造业中的一种加工方法。利用金属切削刀具切除工件上多余的金属,使工件的几何形状、尺寸精度及表面质量都符合预定要求,这样的加工称为金属切削加工。为了切除多余的金属,刀具和工件之间必须有相对运动,即切削运动。切削运动可分为主运动和进给运动。主运动是使刀具与工件产生相对运动以进行切削的运动。主运动的主要特征是速度高,所消耗的功率大。例如,图 2-1 所示外圆车削时工件的旋转运动为主运动。通常每种切削加工方法的主运动只有一个。钻削和铣削加工时刀具的旋转运动,牛头刨床刨削时刀具的直线往复运动等都是主运动。主运动可以由工件完成(如车削、龙门刨削等),也可以由刀具完成(如钻削、铣削、牛头刨床上刨削及磨削加工等)。主运动的速度称为切削速度,用 v_c 表示。

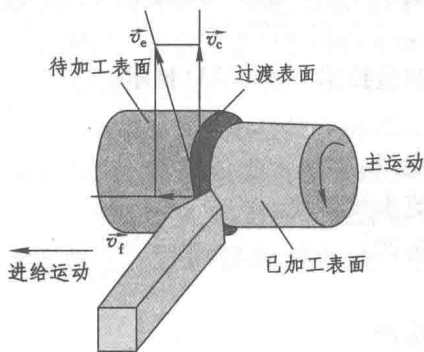


图 2-1 外圆车削运动和加工表面

进给运动是不断把被切削金属投入切削,以逐渐切出整个工件表面的运动。通常,进给运动的速度与消耗的功率比主运动小。例如,图 2-1 所示外圆车削时刀具沿工件轴向方向的直线运动为进给运动。进给运动可以不止一个。如钻削(钻头轴向进给)其数量是一个,外圆磨削(轴向进给、圆周进给和径向进给)是多个。也可以没有进给运动(如拉削加工)。进给运动可以是连续进行的,如钻孔、车外圆、铣平面等;也可以是断续进行的,如刨平面、车外圆时的横向进给等。进给运动可以由工件完成,如铣削、磨削等;也可以由刀具完成,如车削、钻削等。进给运动速度