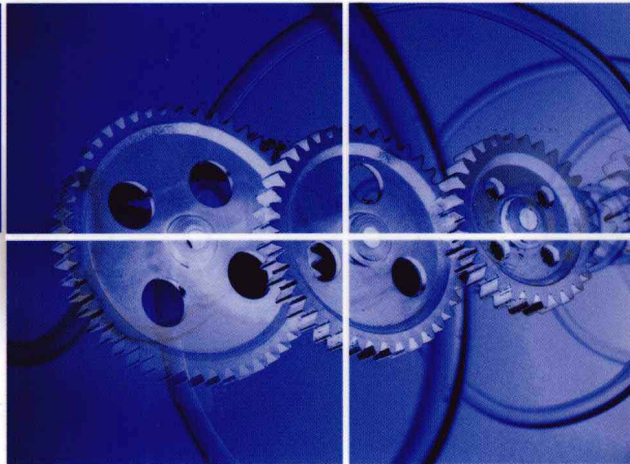




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高校机电类规划教材



# 机械制造 技术基础 第2版

楼应侯  
王先逵

黄健求  
朱从容  
刘镇昌

主编  
副主编  
主审

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
21世纪高校机电类规划教材

# 机械制造技术基础

第2版

主 编 黄健求  
副主编 楼应侯 朱从容  
参 编 汪永明 詹友基 栗志娟  
主 审 王先逵 刘镇昌



机械工业出版社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共分为九章，内容包括机械制造概论、金属切削原理、金属切削刀具、金属切削机床、机床夹具设计原理、机械加工质量、机械加工工艺规程设计、机器装配工艺、现代制造技术。

本书从应用型人才培养本科教育的特点出发，以机械制造工艺过程和加工质量为主线，将有关的金属切削基本理论、机床、刀具、夹具等基本知识进行优化整合，突出应用。

本书可供普通高等院校、独立学院机械工程、机械设计制造及其自动化、工业工程（工程管理）、材料成形及控制工程等专业师生作为教材，也可供工厂企业从事机械设计、机械制造专业的工程技术人员参考。

### 图书在版编目（CIP）数据

机械制造技术基础/黄健求主编，楼应儒、朱从容等编.—2版.  
—北京：机械工业出版社，2011.6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材。21世纪高校机电类规划教材

ISBN 978-7-111-34225-0

I. ①机… II. ①黄… ②楼… ③朱… 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（2011）第093073号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：刘小慧 责任编辑：刘小慧 舒恬 邓海平

责任校对：张晓蓉 封面设计：张静

责任印制：李妍

中国农业出版社印刷厂印刷

2011年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·20.25印张·498千字

标准书号：ISBN 978-7-111-34225-0

定价：39.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

## 21 世纪高校机电类规划教材

### 编 审 委 员 会

- 顾 问：李培根 华中科技大学
- 主 任：左健民 南京工程学院
- 副主任：童幸生 江汉大学
- 徐格宁 太原科技大学
- 党新安 陕西科技大学
- 刘全良 浙江海洋学院
- 张世亮 广东海洋大学
- 高文龙 机械工业出版社
- 郑 堤 宁波大学
- 陈 明 北华航天工业学院
- 胡 琳 深圳大学
- 马 光 温州大学
- 方庆瑄 安徽工业大学
- 邓海平 机械工业出版社
- 委 员：(按姓氏笔画排序)
- 王卫平 东莞理工学院
- 王 华 长春工程学院
- 仝基斌 安徽工业大学
- 朱志宏 福建工程学院
- 刘小慧 机械工业出版社
- 刘申全 华北工学院分院
- 刘镇昌 山东大学
- 张 茂 西南石油学院
- 李子琼 厦门理工学院
- 李建华 中原工学院
- 李洪智 黑龙江工程学院
- 陈廉清 宁波工程学院
- 赵先仲 北华航天工业学院
- 厦凤芳 上海电机技术高等专科学校
- 顾晓勤 电子科技大学(中山)
- 倪少秋 机械工业出版社

# 序

为了适应我国制造业迅速发展的需要，培养大批素质高、应用能力与实践能力强应用综合型人才已成为当务之急，这对高等教育的办学理念、体制、模式、机制和人才培养等方面提出了全新的要求。

为了打通新形势下高等教育和社会需求之间的瓶颈，中国机械工业教育协会机电类学科教学委员会和机械工业出版社联合成立了“21世纪高校机电类规划教材”编审委员会，本着“重基本理论、基本概念，淡化过程推导，突出工程应用”的原则，组织教材编写工作，并力求使本套教材突出以下特点：

(1) 科学定位。本套教材主要面向应用的综合型人才的培养，既不同于培养研究型人才的教材，也不同于一般应用型本科的教材；在保持高学术水准的基础上，突出工程应用，强调创新思维。

(2) 品种齐全。这套教材设有“力学”、“制图”、“设计”、“数控”、“控制”、“实训”、“材料”“双语”等模块，方便学校选用。

(3) 立体化程度高。教材均要求配备 CAI 课件和相关的教辅材料，并在网站上为本套教材开设研讨专栏。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一，是国家级优秀出版社，是国家高等教育的教材出版基地之一，在机电类教材出版领域具有很高的地位。相信这套教材在中国机械工业教育协会机电类学科委员会和机械工业出版社的精心组织下，通过全国几十所学校老师的仔细认真的编写，一定能够为我国高等教育应用综合型人才的培养提供更好用、更实用的教材。

教育部·机械工程及自动化专业分教学指导委员会·主任  
中国机械工业教育协会·高等学校机械工程及自动化学科教学委员会·主任  
李培根 院士  
于华中科技大学

# 前 言

“机械制造技术基础”是机械工程类专业教学指导委员会推荐设置的一门新的、综合性的主干技术基础课。通过学习本课程，学生可掌握机械制造技术的基本知识和基本理论，了解机械制造技术的最新发展动态，为后续专业课的学习，课程设计、毕业设计以及毕业后从事机械设计与制造打下基础。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是一本以机械制造工艺过程和加工质量为主线，将金属切削基本理论、机床、刀具、夹具等基本知识进行优化整合，突出应用的技术基础课教材。为便于承前启后和组织教学，每章前均有内容提示，每章后均有教学重点总结，并附有适量的复习思考题，供学生课后复习使用。本书按50~80学时教学计划编写，各校在使用时可酌情增减有关内容。

本书第1版由东莞理工学院黄健求提出编写大纲，宁波大学楼应侯、浙江海洋学院朱从容、福建工程学院詹友基、安徽工业大学汪永明等参加了大纲的讨论。

本书第1版由黄健求任主编，对全书各章节进行了多次审稿、改稿和统稿工作。第一章、第九章由黄健求编写，第二章、第三章由朱从容、黄健求编写，第四章、第五章由汪永明编写，第六章由詹友基、黄健求编写，第七章、第八章由楼应侯编写。全书由清华大学王先逵教授、山东大学刘镇昌教授主审，他们对教材的编写大纲、编写内容及特点等方面提出了许多宝贵的意见。

本书第1版在编写过程中得到了许多专家、同仁的大力支持和帮助，参考了许多教授、专家的相关文献。东莞理工学院城市学院欧炼群老师对本书编写过程中的电子邮件图文处理给予了许多帮助。本书定稿后的文稿光盘由宁波大学楼应侯老师制作。在此，谨向他们表示衷心感谢。

本书第1版经多年使用、许多读者、教师给予了积极的支持和热情的关爱。本书参编教师根据读者的意见和使用的实际体会，在机械工业出版社的支持下，进行再版修订。再版修订由东莞理工学院城市学院黄健求提出修订大纲并对全书修订稿进行审阅；第一章、第九章由东莞理工学院粟志娟修订；第二章、第三章由朱从容修订；第四章、第五章由汪永明修订；第六章由詹友基修订；第七章、第八章由宁波理工学院楼应侯修订。

本书的再版修订工作，得到了东莞理工学院城市学院“科学研究著作出版基金”的资助。

限于编者的水平，书中不足或错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正（Email: huangjq@dgut.edu.cn）。

编 者  
于广东东莞

# 目 录

## 序 前言

<b>第一章 机械制造概论</b> .....	1
第一节 机械制造技术的发展过程及在国民经济中的地位 .....	1
第二节 机械制造系统、生产类型与机械制造方法 .....	3
第三节 本课程的研究内容和学习方法 .....	7
本章小结 .....	7
复习思考题 .....	7
<b>第二章 金属切削原理</b> .....	8
第一节 概述 .....	8
第二节 刀具的几何角度 .....	10
第三节 金属切削过程 .....	14
第四节 切削力和切削功率 .....	21
第五节 切削热和切削温度 .....	26
第六节 刀具磨损和使用寿命 .....	29
第七节 材料的切削加工性与切削条件的合理选择 .....	35
第八节 磨削与砂轮 .....	42
本章小结 .....	47
复习思考题 .....	47
<b>第三章 金属切削刀具</b> .....	49
第一节 概述 .....	49
第二节 车刀 .....	53
第三节 铣刀 .....	57
第四节 孔加工刀具 .....	61
第五节 复杂刀具 .....	68
本章小结 .....	78
复习思考题 .....	78
<b>第四章 金属切削机床</b> .....	79
第一节 概述 .....	79
第二节 车床 .....	86
第三节 铣床 .....	96
第四节 磨床 .....	99
第五节 齿轮加工机床 .....	103

第六节 数控机床与加工中心 .....	107
第七节 其他机床 .....	110
本章小结 .....	116
复习思考题 .....	116
<b>第五章 机床夹具设计原理 .....</b>	<b>118</b>
第一节 概述 .....	118
第二节 工件的定位 .....	120
第三节 工件的夹紧 .....	133
第四节 夹具的选用和设计 .....	143
本章小结 .....	146
复习思考题 .....	146
<b>第六章 机械加工质量 .....</b>	<b>149</b>
第一节 机械加工精度 .....	149
第二节 影响机械加工精度的因素 .....	151
第三节 加工误差的统计分析 .....	171
第四节 提高机械加工精度的工艺措施 .....	181
第五节 机械加工表面质量 .....	184
本章小结 .....	191
复习思考题 .....	191
<b>第七章 机械加工工艺规程设计 .....</b>	<b>194</b>
第一节 概述 .....	194
第二节 零件结构工艺性与毛坯选择 .....	198
第三节 工艺路线的确定 .....	202
第四节 定位基准的选择 .....	209
第五节 工序内容确定 .....	215
第六节 工序尺寸计算 .....	227
第七节 提高机械加工生产率的工艺措施 .....	237
第八节 工艺方案的技术经济性分析 .....	238
第九节 典型零件的加工工艺 .....	244
本章小结 .....	252
复习思考题 .....	252
<b>第八章 机器装配工艺 .....</b>	<b>256</b>
第一节 概述 .....	256
第二节 装配尺寸链的应用与计算 .....	262
第三节 装配工艺规程制订 .....	271
本章小结 .....	275
复习思考题 .....	275



<b>第九章 现代制造技术</b> .....	277
第一节 精密加工与细微加工 .....	277
第二节 高速加工 .....	285
第三节 特种加工 .....	290
第四节 数字化制造技术 .....	296
第五节 绿色制造技术 .....	306
本章小结 .....	309
复习思考题 .....	309
<b>参考文献</b> .....	311

# 第一章 机械制造概论

现代制造业，特别是机械制造业，是国民经济持续发展的基础。本章主要介绍机械制造业的发展过程、作用和地位，重点介绍机械制造系统、机械产品的生产类型和机械制造的方法。

## 第一节 机械制造技术的发展过程及在国民经济中的地位

### 一、机械制造技术的发展过程

人类最早的制造活动可以追溯到新石器时代，当时人们制做石器作为劳动工具，制造处于一种萌芽阶段；到了青铜器和铁器时代，为了满足以农业为主的自然经济的需要，出现了冶炼和锻造等较为原始的制造活动。

制造业发展的历史性转折点是 18 世纪中叶蒸汽机的发明。随着蒸汽机的使用，机械技术与蒸汽动力技术相结合，出现了以机械动力驱动为特征的制造方式，产生了第一次工业革命。而后，随着发电机和电动机的发明，电气化时代终于来临，电能作为新的动力源大大改变了机器结构和生产效率。这个阶段制造业发展的一个标志，就是开始使用机械加工机床。西方工业发达国家开始用机械加工大量生产“洋枪、洋炮”。

19 世纪末，内燃机的发明引发了制造业的又一次革命，20 世纪初制造业进入了以汽车制造为代表的批量生产时代，随后出现了流水生产线和自动机床。在制造管理思想方面，劳动分工制度和标准化技术相继问世。1931 年建立了具有划时代意义的汽车装配生产线，实现了以刚性自动化为特征的大批量生产方式。

以大规模生产方式为主要特征的制造技术，在 20 世纪 50 年代逐渐进入鼎盛时期，制造业通过降低生产成本（主要是降低劳动力成本）和提高生产效率，形成了“规模效益”的工业化生产理念。大规模生产方式作为现代工业生产的一个重要特征，对人类社会的经济发展、社会结构、文化教育以及生活方式等，产生了深刻的影响。

20 世纪 60 年代，随着市场竞争的加剧，大规模生产方式面临新的挑战。制造企业的生产方式开始向多品种、中小批量生产方式转变。与此同时，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迅速发展，极大地促进了制造业的装备技术和制造工艺的进步，为制造业实现多品种、中小批量的生产方式创造了有利条件。这个阶段诞生的制造装备与制造技术主要有数控机床、计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助制造（CAM）等。

进入 20 世纪 80 年代，一方面，市场环境发生了新的变化，消费者的需求日趋多样化和个性化，市场竞争日趋激烈。另一方面，科学技术的发展也进入了一个日新月异的时代，电子信息技术和自动化技术发展迅猛。制造理论、制造技术和制造装备也迎来了新的发展时期，出现了制造资源规划（MRP II）和计算机集成制造系统（CIMS）等。

20 世纪 90 年代以来，以 Internet 为代表的信息技术革命给世界带来了巨大变化，经济

全球化进程打破了传统的地域经济发展模式，市场变得更加广阔和多元化。在这种时代背景下，提高制造企业的快速响应能力以适应瞬息万变的市场需求，成为制造企业赢得市场竞争的关键。围绕这一目标，出现了许多先进制造系统模式，如敏捷制造、虚拟制造、智能制造和绿色制造等。

### 二、机械制造在国民经济中的地位和作用

物质生产是人类社会生存和发展的基础，制造业是人类财富的主要贡献者，没有制造业的发展就没有人类社会的现代物质文明。在我国，处于工业中心地位的制造业，特别是机械制造业，是国民经济持续发展的基础，是工业化、现代化建设的发动机和动力源，是在国际竞争中取胜的法宝，是技术进步的主要舞台，是提高国民生活水平、保证国家安全、发展现代文明的物质基础。

机械制造工业是制造业最重要的组成之一，它担负着向国民经济的各个部门提供机械装备、办公设备，向人们提供交通工具和家用电器等任务。我国现代建设的发展速度和国家的安全（统一、独立）在很大程度上取决于机械制造工业的发展水平。

我国是世界上文化、科学发展最早的国家之一，早在公元前 2000 年左右，我国就制成了纺织机械，但我国的机械工业长期处于停滞和落后的状态。从 1865 年清政府在上海创办江南机械制造局到 1949 年这 80 多年的时间里，全国只有少数城市建有一些机械厂。新中国成立 50 多年来，我国已建立了一个比较完整的机械工业体系。建国初期以万吨水压机为代表的各种重型装备的研制成功，标志着国民经济有了自己的脊梁；20 世纪 60~70 年代的“两弹一星”的问世以及 21 世纪初的“神舟”载人飞船遨游太空，表明了我国综合国力的提高，使我国跻身于世界制造业大国的行列。目前，我国电力、钢铁、石油、交通、矿山等基础工业部门所拥有的机电产品总量中，约有 80% 是我国自己制造的，其中 6000m 电驱动沙漠钻机已达到国际先进水平，300MW 和 600MW 火电机组已成为国家电力工业的主要机组。2010 年，我国汽车年产量已达 1826.47 万辆，汽车产销量居世界首位。许多与人们生活密切相关的机电产品（如电冰箱、空调机等）已位居世界前列，我国已成为名副其实的机械工业生产大国。

新中国用了 50 多年的时间走过了工业发达国家 200 年的历程，成就举世瞩目；但与世界先进水平相比，我国机械制造业的整体水平和国际竞争能力与发达国家相比仍有较大的差距。我国国民经济建设和高新技术产业所需的许多装备目前仍然依赖于进口；其次，制造业的人均生产率较低；第三，企业对市场需求的快速响应能力不强，我国新产品开发的周期平均为 18 个月，而美、日、德等工业发达国家的新产品开发周期平均为 4~6 个月；第四，具有自主知识产权的高新技术机电产品少，主要机械产品中 57% 的技术来自国外，大多数电子通信设备的核心技术仍然依赖进口。

今后一段时期，我国机械工业的主要任务是：①加快发展国计民生、涉及国家经济安全且对工业结构调整有重大影响的重大技术装备；②发展为农业现代化服务的先进适用的装备；③重点开发符合安全、节能环保、清洁排放的各种类型的汽车；④尽快提高数控机床产品的性能、质量和可靠性，扭转我国高速、高效、高精度数控机床长期依赖进口的局面；⑤加速发展工业自动化控制系统和仪器仪表；⑥重点开发具有自主知识产权的敏捷制造技术和应用软件，增加数字化、智能化、网络化机电产品品种。

机械制造技术是机械制造企业实现产品设计、完成产品生产、保证产品质量、提高经济

效益的共性技术和基础技术。在全球范围内，机械制造技术正朝着精密化、自动化、敏捷化和可持续发展方向发展。

## 第二节 机械制造系统、生产类型与机械制造方法

### 一、机械制造系统的概念

#### 1. 生产系统

机械制造工厂作为一个生产单位，它的生产过程和生产活动十分复杂，包括从原材料到成品所经过的毛坯制造、机械加工、装配、涂装、运输、仓储等所有的过程及开发设计、计划管理、经营决策等所有的活动，是一个有机的、集成的生产系统，如图1-1所示。图中双点画线框内表示生产系统，即由原材料进厂到产品出厂的整个生产、经营、管理过程；框外表示企业外部环境（社会环境和市场环境）。

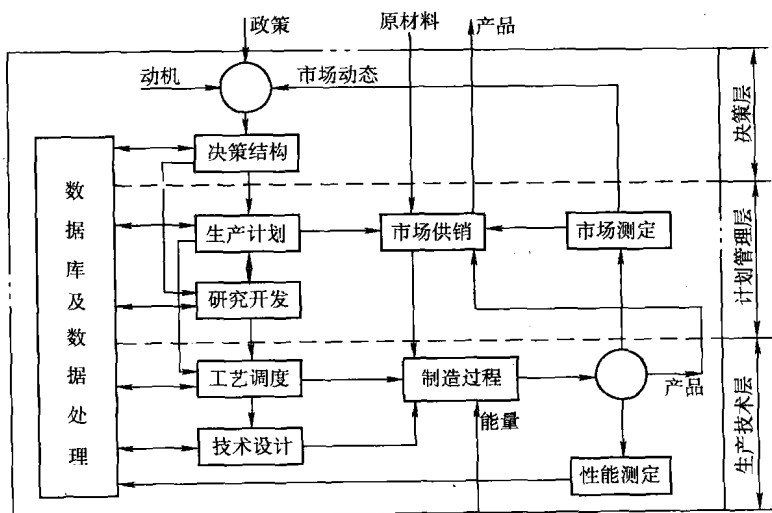


图 1-1 生产系统

整个生产系统由三个层次组成：①决策层，为企业的最高领导机构，它们根据国家的政策、市场信息和企业自身的条件，进行分析研究，就产品的类型、产量及生产方式等作出决策；②计划管理层，根据企业的决策，结合市场信息和本部门实际情况进行产品开发研究、制定生产计划并进行经营管理；③生产技术层，是直接制造产品的部门，根据有关计划和图样进行生产，将原材料直接变成产品。

#### 2. 制造系统

制造系统是生产系统中的一个重要组成部分，即由原材料变为产品的整个生产过程。它包括毛坯制造、机械加工、装配、检验和物料的储存、运输等所有工作。在制造系统中，存在着以生产对象和工艺装备为主体的“物质流”，以生产管理和工艺指导等信息为主体的“信息流”，以及为了保证生产活动正常进行而必需的“能量流”，如图1-2所示。

#### 3. 工艺系统

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

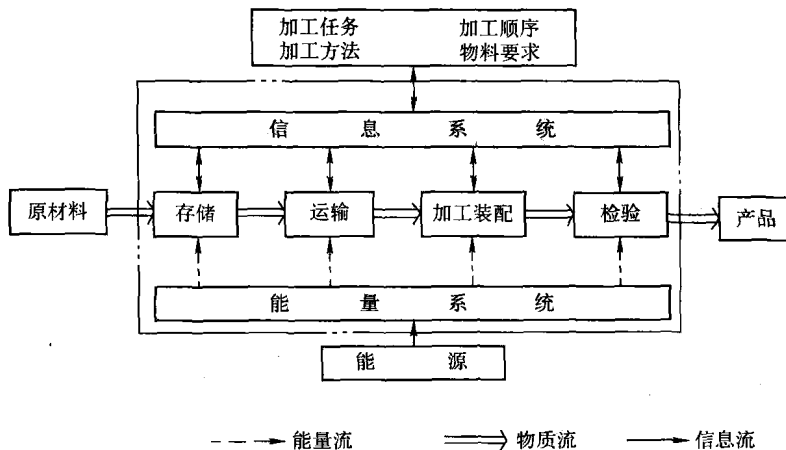


图 1-2 机械制造系统

统，称为工艺系统。工艺系统各个环节之间互相关联、互相依赖、共同配合，实现预定的机械加工功能。

## 二、生产类型及其工艺特征

### 1. 生产纲领

企业根据市场需求和自身的生产能力制定生产计划。在计划期内应当生产的产品产量和进度计划称为生产纲领。计划期一般为一年，所以生产纲领一般就是年产量。零件的生产纲领  $N$  应当计入备品和废品的数量，常按下式计算

$$N = Qn(1 + a)(1 + b)$$

式中  $Q$  ——产品的年产量（生产纲领）；

$n$  ——单位产品中该零件的数量；

$a$ 、 $b$  ——零件生产备品率（%）、废品率（%）。

### 2. 生产类型

生产纲领的大小决定了产品（或零件）的生产类型，而不同生产类型又具有不同的工艺特征，因此生产纲领是制订和修改工艺规程的重要依据。

根据工厂（车间或班组）生产专业化程度的不同，存在着三种不同的生产类型，即大量生产、成批生产和单件生产。

(1) 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，例如汽车、手表、手机等的制造。

(2) 成批生产 一年中周期性地轮番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。批量的大小主要根据生产纲领、零件的大小、资金的周转、调整费用及仓库的容量等情况来确定。

按照批量的大小，成批生产又可分为小批生产、中批生产和大批生产。

(3) 单件生产 单个地生产不同的产品，很少重复，例如重型机器制造、专用设备制造、新产品试制等。

由于大批生产的工艺特点与大量生产相似，小批生产的特点与单件生产相似，因此生产

类型也可分为大批大量生产、中批生产、单件小批生产。

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 机械产品生产类型与生产纲领的关系 (单位: 件/年)

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 ~ 100	>20 ~ 200	>100 ~ 500
中批生产	>100 ~ 300	>200 ~ 500	>500 ~ 5000
大批生产	>300 ~ 1000	>500 ~ 5000	>5000 ~ 50000
大量生产	>1000	>5000	>50000

### 3. 不同生产类型的工艺特征

不同生产类型具有不同的工艺特征, 各种生产类型下的工艺特征见表 1-2。

表 1-2 不同生产类型的工艺特征

项目	单件小批生产	中批生产	大批大量生产
加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
毛坯及余量	手工造型铸造、自由锻。 毛坯精度低, 加工余量大	部分金属模铸造、部分模锻。 毛坯精度和余量中等	广泛采用金属模机器造型和模锻。 毛坯精度高、余量小
机床设备	通用机床, 机群式排列, 数控机床	部分专用机床, 部分流水线排列, 部分数控机床	广泛采用专机, 流水线布置
工艺装备	通用工装为主, 必要时采用专用工装	广泛采用专用夹具, 部分采用专用的刀、量具	广泛采用高效专用工装
装夹方式	通用夹具或划线找正	部分采用专用夹具装夹, 少数采用划线找正	夹具装夹
装配方式	广泛采用修配法	大多数采用互换法	互换法
操作水平	高	一般	较低
工艺文件	工艺过程卡	工艺卡	工艺过程卡、工艺卡、工序卡
生产率	低	一般	高
加工成本	高	一般	低

随着科学技术的发展和市场需求的变化, 生产类型正在发生深刻的变化, 传统的大批大量生产往往不能很好地适应市场对产品及时更新换代的要求, 多品种中、小批量生产的比重逐渐上升。随着数控加工和成组技术的普及, 各种生产类型下的工艺特征也在起着相应的变化。

### 三、机械制造的方法

从原材料到产品的生产过程, 主要包括毛坯制造、零件加工、零部件装配三个主要工艺过程。毛坯的制造、零部件的加工和零部件的装配随着产品的结构特点、生产类型(生产批量)以及工厂生产条件的不同, 其制造方法也不尽相同, 按零件加工时加工工具与零件之间是否需要机械作用力, 可将机械制造的方法分为机械加工和特种加工。

### 1. 机械加工

按机械加工成形零件时是否产生废料可分为净成形和切削加工。

(1) 净成形 净成形技术是指由原材料到零件成形后不再加工（或仅需少量加工）就可用作机械零件的成形技术。采用净成形技术加工方法不同，所获得的机械零件尺寸精度、形位精度和表面质量也不尽相同。

净成形技术涵盖精密铸造成形（熔模铸造和压铸加工）、精密塑性成形（精密模锻、冷挤压成形）以及精密注塑成形等，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 切削加工即由原材料（毛坯）到零件需经过切削加工（产生切屑废料）得到所需零件的形状、尺寸和精度的一种加工方法，如车削、铣削、钻镗孔、磨削等加工方法。切削加工因产生切屑，故材料利用率较低、零件生产率较低，但其加工精度高，目前仍然是高精度机械零件的主要加工方法。

切削加工时按加工的精度、切削速度以及机床运动的控制方法又可分为：

1) 普通机械加工 普通机械加工是指采用传统的机床设备进行切削加工。

普通切削加工因受机床、夹具、刀具所组成的加工装备系统的精度、刚度以及切削机理的影响，加工精度仍然有限。目前阶段，普通切削加工的误差范围达到 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ ，通常称为微米加工。

2) 精密与超精密加工 精密加工是指加工精度和表面质量超过普通切削加工，达到很高精度的加工工艺。现阶段加工误差可达到 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ ，称为亚微米加工。

超精密加工是指加工精度和表面质量达到最高精度的加工工艺。其加工误差可以控制到 $< 0.1 \mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $Ra < 0.01 \mu\text{m}$ ，已发展到纳米加工的水平。

3) 高速加工 高速加工是指采用材料超硬的刀具，通过极大地提高切削速度和进给速度，达到提高材料去除率，提高加工精度和加工表面质量的现代加工技术。以切削速度和进给速度界定，高速加工的切削速度和进给速度为普通机械加工速度的 $5 \sim 10$ 倍；以主轴转速界定，高速加工的主轴转速 $\geq 10000 \text{r/min}$ 。

4) 数字化（数控）加工 数字化加工是以数值与符号构成的信息（加工程序）通过脉冲信号控制机床自动运动，实现零件机械加工的加工方法。数字化加工的最大特点是极大地提高了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。

### 2. 特种加工

特种加工是不需利用工具直接对加工对象施加机械作用力的一种加工工艺，如电火花成形加工、电火花线切割加工、激光加工、超声波加工、离子束加工、光刻化学加工等。特种加工因为不是依靠工具与加工对象之间的直接作用产生塑性变形而成形零件，因此对加工对象的材质、硬度没有要求，特别适合高硬度、难加工材料的复杂表面的加工，但加工效率不及机械加工。

除了上述机械加工和特种加工以外，为了机械制造的可持续发展，上世纪末在机械制造领域又提出了绿色制造的概念。

绿色制造又称清洁生产或面向环境的制造。绿色制造技术是指在保证产品功能、质量、成本的前提下，综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式。它使产品从设计、制造、使

用到报废整个产品生命周期中节约资源和能源,不产生环境污染或使环境污染最小化。

### 第三节 本课程的研究内容和学习方法

#### 1. 课程的研究内容

如上所述,机械制造系统是一个复杂的系统;机械制造过程包括的内容很多;机械制造技术随着科学技术的进步不断发展。限于本课程的性质和学时,本课程主要研究机械产品生产过程中的机械加工过程及其系统。其主要内容包括金属切削过程中的基本原理、基本规律;机械加工装备(机床、刀具、夹具)的结构特点及应用;机械加工质量及控制方法;机械加工工艺和装配工艺,并对现代制造技术及发展作一定的介绍。

#### 2. 本课程的特点及学习方法

机械制造技术基础课程的特点归纳起来有以下几点:

1) 机械制造技术基础既是一门技术基础课,又是一门专业课。作为技术基础课,要求学生掌握机械制造技术的基本知识和基本理论,为后续专业课程学习打下良好的基础。作为专业课,课程内容会随着科学技术和经济的发展,不断地更新和充实;课程在理论上和体系上会不断地完善和提高。

2) 课程的综合应用性高。本课程是在学习机械制图、机械设计、工程力学、工程材料、金属工艺学、互换性与技术测量、机电传动与控制等课程的基础上进一步专业化的综合应用课程。

3) 课程的实践性强,与生产实际联系十分密切。

4) 课程的工程性强。本课程研究的内容,要从工程应用的角度去理解和掌握,不能完全照搬理论和公式,因为工程实际问题和理论问题总是存在差别。

本课程的学习方法应根据各人的具体情况而定,基本学习方法是:①注意掌握机械制造的基本概念;②注意学习机械制造的基本方法;③注意了解常用机械装备的典型结构和应用;④注意理论联系实际;⑤重视与课程有关的各教学环节的学习,如实验、实习、课程设计和习题解答等。

### 本章小结

通过本章学习,了解机械制造的发展过程、作用和地位;生产系统、机械制造系统及工艺系统的组成,机械产品的生产类型和工艺特征;现代机械制造的方法。

#### 复习思考题

- 1-1 你是什么时候开始接触到制造活动的?是什么样的活动?
- 1-2 你认为机械制造对一个国家的重要性表现在哪些方面?你认为我国制造业尚有哪些差距?
- 1-3 什么叫生产系统?什么叫制造系统?什么叫工艺系统?
- 1-4 生产类型可分为哪几种?不同生产类型有何工艺特征?
- 1-5 举例说明机械零件的主要加工方法。



## 第二章 金属切削原理

现阶段通过金属切削的机械加工方法仍然是高精度、高效率的制造方法，因此必须重视研究金属切削机理、金属切削刀具和金属切削过程。本章主要介绍：金属切削的基本概念，金属切削刀具的几何角度，金属切削过程及优化控制，以及磨削原理和砂轮结构。

### 第一节 概 述

#### 一、切削运动

利用金属切削刀具切除工件上多余的金属，从而使工件的几何形状、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。在切削加工过程中，工件与刀具之间要有相对运动，即切削运动，它由金属切削机床来完成。

切削运动由主运动和进给运动组成。主运动是使刀具和工件产生相对运动以进行切削的运动，通常它的速度最高，消耗机床功率最大。在图 2-1 所示外圆车削中，工件的回转运动为主运动。主运动的速度称为切削速度，用  $v_c$  表示。进给运动是使新的金属不断投入切削的运动。外圆车削时，刀具沿工件轴线方向的直线运动为进给运动。进给运动的速度称为进给速度，用  $v_f$  表示。主运动和进给运动合成后的运动，称为合成切削运动。外圆车削时，合成切削运动速度  $v_s$  的大小和方向由下式确定

$$v_s = v_c + v_f \quad (2-1)$$

#### 二、切削加工中的工件表面

以车削加工为例，工件在车削过程中有三个不断变化着的表面，如图 2-1 所示。

(1) 待加工表面 加工时即将被切除的表面。

(2) 已加工表面 已被切去多余金属而形成的工件新表面。

(3) 过渡表面 加工时刀具正在切削的那个表面，它是待加工表面和已加工表面之间的表面。

上述定义也适用于其他类型的切削加工。

#### 三、切削用量

切削用量是指切削速度  $v_c$ 、进给量  $f$ （或进给速度  $v_f$ ）和背吃刀量（切削深度） $a_p$ ，三者又称为切削用量三要素。

##### 1. 切削速度 $v$ 。

计算切削速度时，应选取刀刃上速度最高的点进行计算。主运动为旋转运动时，切削速度  $v_c$ （m/s 或 m/min）由下式确定

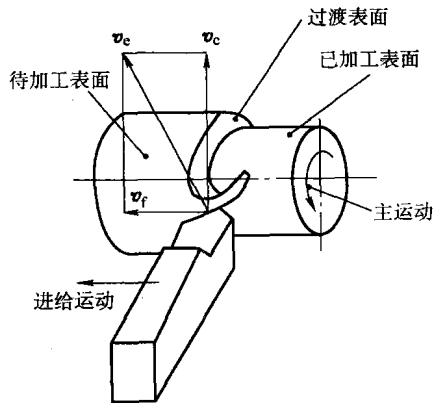


图 2-1 外圆车削运动和加工表面