

全国高等职业教育规划教材

机械制造技术教程

邓发云 魏静姿 ©主 编

JIXIE ZHIZAO JISHU

JIAOCHENG

 中央广播电视大学出版社



全国高等职业教育规划教材

机械制造技术教程

邓发云 魏静姿 主编

中央广播电视大学出版社

北 京

• 图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造技术教程 / 邓发云, 魏静姿主编. —北京:
中央广播电视大学出版社, 2011.11
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-304-05299-7

I. ①机… II. ①邓… ②魏… III. ①机械制造工艺
—高等教育—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 224202 号

版权所有, 翻印必究。

全国高等职业教育规划教材
机械制造技术教程
邓发云 魏静姿 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社
电话: 营销中心: 010-58840200 总编室: 010-68182524
网址: <http://www.crtvup.com.cn>
地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号
邮编: 100039
经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 苏 醒

印刷: 北京博图彩色印刷有限公司

版本: 2011 年 11 月第 1 版

开本: 787×1092 1/16

责任编辑: 吕 剑

印数: 0001~3000

2011 年 11 月第 1 次印刷

印张: 22.25 字数: 349 千字

书号: ISBN 978-7-304-05299-7

定价: 40.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

编写人员

主 编：邓发云 魏静姿

编 委：（以姓氏笔画为序）

左 琪 付金艳 吕 红 刘 洋

刘志东 杨 华 杨 阳 陈玉芳

张晓爱 郝碧涛 荀集群 徐晓东

黄 璟 路 绯

前 言

本书是在认真总结和汲取教育教学改革、教材整合与改革成功经验基础上,根据教育部制定的《高职高专教育机械类专业人才培养目标及规格》编写而成。

教材以原机械类专业的“金属切削原理与刀具”、“机械制造工艺学”、“机床夹具设计”等课程的理论为主体,按照专业教育规格对理论知识内容的要求和特点,根据企业生产一线对应用性高新技术人才在机械制造技术方面的能力要求,结合机械制造技术的发展趋势,以零件的精度构成及实现为主线,介绍了各种加工方法的合理综合应用并阐明机械加工工艺的设计原则和方法。本书在内容上更新了相关教学内容,以求尽量反映技术发展的新成果。

全书共分为上、下2篇,共14章。上篇为机械制造基本知识部分,包括绪论,机械制造过程,机床专用夹具设计基础,金属切削加工,磨削加工,钻削、铰削和镗削加工,拉削加工,其他加工方法,精密加工和特种加工,典型表面加工等10章内容;下篇为机械制造工艺部分,包括机械制造工艺规程设计、典型零件加工工艺、机械加工精度和机械加工表面质量等4章内容。

本书在编写过程中提炼了机械制造理论知识,加大了技能知识比重以突出高职高专机械类教程特色。比如在上篇“机械制造基本知识”部分,结合实践经验选入了大量实用案例,将理论与生产实践有力衔接,强调对学生分析与解决问题能力的培养。较之同类机械制造技术教材,本书将零件加工过程中的“机床专用夹具设计”提入其中,使学生整体把握机械制造过程,便于对下一环节机械方法的深入学习。在下篇机械制造工艺中,作为对本篇知识的进一步完善,引入了典型零件加工工艺的内容。

本书由邓发云、魏静姿主编。

本教材适用于应用型高校、高职高专机械类和机电类各专业使用,也可供相关技术人员参考。由于时间仓促,加之编者水平有限,编写过程中难免出现纰漏。书中如有不妥之处,恳请师生、同行批评指正并及时提出宝贵意见。

编 者

目 录

绪论	1
上篇 机械制造基本知识	4
第一章 机械制造过程	5
第一节 机械制造过程概论	5
一、生产过程	5
二、机械制造过程	6
三、工艺过程	13
第二节 机械制造过程的生产组织	14
一、生产纲领	14
二、生产组织类型	14
第二章 机床专用夹具设计基础	17
第一节 工件的安装与机床夹具设计	17
一、用夹具定位的安装	17
二、机床夹具的组成及种类	18
三、夹具设计的基本要求	20
四、夹具设计的方法及步骤	20
五、夹具的制造特点	23
第二节 夹具装配图的标注	24
一、夹具的精度分析	24
二、总装配图尺寸、公差配合与技术要求的标注	24
第三节 夹具设计实例	30
一、摇臂零件加工夹具设计实例	30
二、连杆铣槽加工夹具设计实例	33
第四节 典型机床夹具	37
一、车床夹具	37
二、铣床夹具	41
三、钻床夹具	47
四、镗床夹具	52
五、组合夹具	57

第三章 金属切削加工	61
第一节 金属切削过程中的物理现象	61
一、切屑层及参数	61
二、切削变形	62
三、影响切削变形的因素	65
第二节 切削过程分析	66
一、切削力	66
二、切削热与切削温度	70
第三节 金属切削过程基本规律的应用	72
一、切屑的控制	72
二、材料的切削加工性及改善措施	75
三、切削液	78
第四章 磨削加工	82
第一节 磨具的特性和磨床	82
一、普通磨具	82
二、超硬磨具	87
三、磨床	88
第二节 磨削原理	93
一、单磨粒磨削过程	93
二、实际磨削过程	94
三、磨削力与磨削温度	95
四、磨削加工的特点	96
第三节 磨削加工类型与运动	97
第四节 先进磨削技术	100
一、精密及超精密磨削	100
二、光整加工	101
三、高效磨削	104
四、磨削自动化	105
第五章 钻削、铰削和镗削加工	107
第一节 孔加工概述	107
第二节 钻削加工和钻头	108
一、钻削加工	108
二、麻花钻的结构与几何参数	109
三、标准麻花钻的缺陷及修磨	113
四、其他类型钻头简介	114

第三节 铰削加工和铰刀	117
一、铰削加工	117
二、铰刀的结构	118
第四节 镗削加工和镗刀	120
一、镗削的工艺特点	120
二、镗削加工	120
三、镗刀的类型及应用	124
第五节 镗床和钻床	126
一、镗床	126
二、钻床	128
第六章 拉削加工	130
第一节 拉削概述	130
一、拉削的特点	130
二、拉刀的种类和用途	131
第二节 拉刀的组成及几何参数	133
一、拉刀的组成	133
二、拉刀的几何参数	134
第三节 拉削方式	135
一、分层式拉削	135
二、分块式（轮切式）拉削	136
三、综合式拉削	136
第四节 拉削表面缺陷及其解决办法	136
一、被加工表面粗糙及解决途径	136
二、工件孔径尺寸与形状不符合要求及其解决途径	137
第五节 拉刀的使用与刃磨	137
一、拉刀的合理使用	137
二、拉刀的修复	138
三、拉刀的重新刃磨	139
第七章 其他加工方法	141
第一节 螺纹加工和螺纹刀具	141
一、螺纹加工	141
二、螺纹刀具	146
第二节 铣削加工和铣削刀具	149
一、铣削加工概述	149
二、铣削的刀具与选用	151
第三节 刨削加工	155

一、刨削加工方法	155
二、刨削加工的特点	156
三、宽刃细刨	157
第四节 插削加工	158
第八章 精密加工和特种加工	160
第一节 精密加工和超精密加工	160
一、概述	160
二、精密加工与超精密加工的特点	161
三、超精密加工工艺必须遵循的原则	163
四、超精密机械加工方法	163
第二节 微细加工技术	166
一、概念及特点	166
二、微细加工方法	166
第三节 特种加工	167
一、特种加工概述	167
二、特种加工的特点及应用范围	167
三、特种加工方法	168
第九章 典型表面加工方法	178
第一节 外圆表面加工	178
一、技术要求	178
二、加工方法	179
三、外圆表面加工方案	180
第二节 内孔表面加工	181
一、技术要求及加工方法	182
二、加工方案	183
第三节 平面加工	184
一、概述	184
二、平面加工方法	184
三、平面加工方案	186
第四节 成形表面加工	187
一、成形表面的类型及加工方法	187
二、齿面加工方法	189
三、齿面加工方案	191

下篇 机械制造工艺	192
第十章 机械制造工艺规程设计	193
第一节 机械制造工艺规程概述	193
一、机械制造工艺规程的种类与格式	193
二、工艺规程设计的原则与步骤	197
第二节 机械加工工艺规程设计	198
一、零件图的审查分析	198
二、毛坯的确定	201
三、定位基准的选择	204
四、加工工艺路线的制定	209
第三节 加工余量和工序尺寸的确定	215
一、加工余量的概念	215
二、加工余量的确定	217
三、工序尺寸及公差的确定	218
第四节 数控加工工艺基础	219
一、数控加工工艺设计	219
二、数控加工工艺设计实例	223
第五节 成组工艺和计算机辅助制造系统 (CAM)	227
一、成组技术及简介	227
二、计算机辅助制造系统 (CAM) 简介	235
第六节 工艺过程技术经济分析	236
一、时间定额	237
二、工艺过程的技术经济分析	240
第十一章 典型零件加工工艺	243
第一节 轴类零件加工工艺	243
一、轴类零件概述	243
二、车床主轴加工工艺过程	245
三、车床主轴加工工艺过程分析	250
第二节 套筒类零件加工工艺	253
一、套筒类零件概述	253
二、套筒类零件的加工工艺过程及分析	255
第三节 箱体类零件加工工艺	259
一、箱体类零件概述	259
二、箱体零件的加工工艺过程及分析	261
三、箱体零件主要表面的加工方法	264

四、箱体零件的高效自动化加工	269
第四节 丝杠加工工艺	270
一、丝杠概述	270
二、典型丝杠加工工艺过程	272
第五节 曲轴零件加工	276
一、曲轴零件概述	276
二、编制曲轴工艺时的注意事项	278
三、曲轴加工工艺过程概述	279
第十二章 机械加工精度	282
第一节 加工精度基本概念	282
一、加工精度	282
二、加工误差	283
三、原始误差与加工误差的关系	283
第二节 影响加工精度的因素及其分析	284
一、工艺系统的几何误差	284
二、工艺系统的受力变形误差	290
三、工艺系统的热变形误差	300
四、工件应力变化造成的误差	301
五、定位误差	303
第三节 提高加工精度的工艺方法	308
一、直接消除和减小误差法	308
二、误差补偿和误差抵消法	309
三、误差转移和变形转移法	310
四、就地加工法	310
五、误差分组法	311
六、误差平均法	311
七、控制误差法	311
第四节 加工误差的综合分析	312
一、加工误差的分类	312
二、加工误差的数理统计分析法	313
三、加工误差综合分析实例	321
第十三章 机械加工表面质量	325
第一节 概 述	325
一、表面质量的含义	325
二、表面质量对零件使用性能的影响	327
三、表面完整性	328

第二节 影响表面粗糙度的工艺因素.....	329
第三节 影响表面层物理力学性能的因素.....	331
一、表面层的加工硬化.....	331
二、表面层金相组织的变化.....	332
三、表面层的残余应力.....	333
第四节 表面质量对零件使用性能的影响.....	334
一、表面质量对零件耐磨性的影响.....	334
二、表面质量对零件疲劳强度的影响.....	336
三、表面质量对配合性能的影响.....	337
四、表面质量对接触刚度的影响.....	337
五、表面质量对抗腐蚀性的影响.....	337
第五节 机械加工中的振动	338
一、机械加工中的受迫振动.....	338
二、机械加工中的自激振动.....	339
三、消除和减小振动的途径.....	341
参考文献.....	343

绪 论

1. 机械制造技术课程的研究对象及主要内容

“机械制造技术”是高职高专机械设计制造类专业的主干专业课和机电设备类专业的主干专业基础课，是培养高职高专人才掌握机械制造技术基本技能所必需的技术理论教学内容。

广义的机械制造技术，包括进行机械制造活动涉及的一切理论和实践、硬件和软件。就本课程和本书而言，机械制造技术是以与机械制造过程相关的全部技术理论与装备为主要研究对象的应用性技术学科，具体可归结为两个方面，一是工艺方法学，一是工艺设计方法学。

工艺方法学研究从各种常规的工艺方法（车、铣、刨、钻、磨等），到各种精密加工、微细加工和特种加工工艺方法的机理、技术经济特征、工艺系统的组成及其静、动态特性等。工艺设计方法学是研究工艺设计的规律和方法，研究工艺设计如何统筹产品的技术特征、企业的经济特征和社会的某些特定需求，从一定的科学技术现状和企业具体条件出发，研究设计出合理的工艺，包括工艺方法的选择、工艺路线的拟定、工艺方案的优化、工装选择与设计，到工艺参数和工艺定额的制定等。

机械制造过程是一个复杂的系统工程，就一个生产制造企业来讲，其制造（或生产）过程应该是该企业的相互关联的企业活动全部过程。一种性价比合理、受用户欢迎、有市场竞争力的新产品问世，往往要做大量极其繁杂细致的工作。一般要经过调查决策、研究设计、样品试制和正式产品投产等阶段。这又可以分为设计和制造两大阶段，就机械制造技术课程内容而言，主要是指涉及机械制造过程中（不含设计阶段）的各种技术活动，包括材料成形技术（如金属材料的铸造、焊接、锻造、冲压以及热处理技术，高分子材料的注塑，复合材料的制作加工等）；机械冷加工技术和装配技术（此两项目前仍是机械制造技术的主体，也是大多数机械产品最终加工的关键手段）；还涉及特种加工技术（如电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工、电子束加工等）。目前材料成形技术，大都在《机械制造基础》课程（金属热加工工艺）中重点讲授，特种加工技术大都有专门书籍，亦属独立选修课程。

本书所阐述的主要内容有：机械制造过程、机械加工工艺设计等系统的基本知识，零件加工精度及表面质量、机械制造的各种主要加工方法及设备。

2. 我国机械制造技术的发展现状及趋势

制造技术是当代科学技术发展最为重要的领域之一，是产品更新、生产发展、市场竞争的重要手段。各发达国家纷纷把先进制造技术列为国家的高新关键技术和优先发展项目。近年来，我国的制造业不断采用先进制造技术，但与机械工业发达国家相比，仍然存在如下阶段性的差距。

(1) 从管理上看,发达国家广泛采用计算机管理,重视组织管理体制和生产模式的更新发展,推出了准时生产(JIT)、敏捷制造(AM)、精益生产(LP)、并行工程(CE)等新的管理思想和生产模式。而我国只有少数大型企业局部采用了计算机辅助管理,多数小型企业仍处于经验管理阶段。

(2) 从设计上看,发达国家不断更新设计数据和准则,采用新的设计方法,广泛采用计算机辅助设计技术(CAD/CAM),大型企业开始无图纸的设计和和生产。而我国采用CAD/CAM技术的比例较低。

(3) 从制造工艺上看,发达国家较广泛地采用高精密加工、精细加工、微细加工、微型机械和微米/纳米技术、激光加工技术、电磁加工技术、超塑加工技术以及复合加工技术等新型加工方法。而我国上述制造工艺的普及率不高,尚在开发中。

(4) 从自动化技术上看,发达国家普遍采用数控机床、加工中心及柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS),实现了柔性自动化、知识智能化、集成化。而我国尚处在单机自动化、刚性自动化阶段,仅有少数企业使用柔性制造单元和系统。

传统的机械制造过程是一个离散的生产过程,是以制造技术为核心的一个狭义的制造过程。科学技术的革命打破了学科界限,各学科技术方法互相影响促进、渗透融合,传统的机械制造技术与计算机技术、数控技术、微电子技术和传感器技术等结合,形成了以系统性、设计与工艺一体化、精密加工技术、产品生产全过程的制造,和以人、组织、技术三结合为特点的先进制造技术。涉及到与新技术、新工艺、新材料和新设备有关的单项制造技术,与生产类型有关的综合自动化技术等多个领域。

其发展现状如下:

(1) 制造系统的自动化。机械制造自动化的发展经历了单机自动化、自动线、数控机床、加工中、柔性制造系统、计算机集成制造和并行工程等阶段,并且进一步向柔性化、集成化和智能化发展。CAD / CAPP / CAM / CAE(计算机辅助设计 / 计算机辅助工艺规程 / 计算机辅助制造 / 计算机辅助工程分析)等技术进一步完善并集成化,为保证产品质量、提高生产率、改善劳动条件、实现快速响应奠定了必要的技术基础。

(2) 精密工程与微型机械。精密和超精密加工技术、微细加工和超微细加工技术、纳米技术等都属于精密工程。在超精密加工设备、金刚石砂轮超精密磨削、先进超精密研磨抛光加工,以及去除、附着、变形加工等分子、原子级的纳米加工和微型机械的制造等领域取得了进展。

(3) 特种加工。特种加工是指利用声、光、电、磁、原子等能量实现的物理和化学的加工方法。对于精密加工和一些新型材料、难加工材料的加工,摆脱了传统加工技术方法的困扰。如超声波加工、电火花加工、激光加工、电子束加工、电解加工和离子加工等。

(4) 表面工程技术。表面工程技术也称表面功能覆层技术,是通过附着(电镀、涂层、氧化)、注入(渗氮、离子溅射、多元共渗)、热处理(激光表面处理)等手段,使工件表面具有耐磨、耐蚀、耐疲劳、耐热等功能。

(5) 快速成形制造。快速成形制造(RPM)的加工原理是利用离散、堆积、层集成形的概念,将三维实体零件分解为若干个二维实体制造出来,再经堆积而构成三维实体零件。

可与计算机辅助三维实体造型技术和 CAM 技术相结合,通过数控激光机和光敏树脂等介质实现零件的快速成形。

(6) 智能制造技术。将专家系统、模糊理论、人工神经网络等技术应用于制造中,可解决多种复杂的诊断与决策问题,以提高制造系统的实用性和技术水平,这种加工方法就是智能制造技术。

(7) 先进生产模式。先进制造技术体现在敏捷制造、虚拟制造、精良生产和清洁生产等以现代管理理论为基础的先进生产模式和方法的提出和应用。

3. 机械制造技术的学习任务及要求

本课程是学生的专业知识结构中机械技术知识的重要组成部分。通过本课程的学习,学生能够掌握机械制造的基本加工技术和理论并结合工程实训掌握基本操作技能,为将来胜任在不同职业、不同岗位上的专业技术工作,掌握先进制造技术手段应用,具备突出的工程实践能力奠定良好的基础。

学习本课程的基本要求:

(1) 掌握机械制造过程中工艺系统的基本知识、表面成形的基本理论、切削加工的基本理论。

(2) 掌握机械加工工艺设计、工艺装备的选用与夹具设计、能够具备分析产品质量和解决机械制造过程中的工艺技术问题。

(3) 掌握常用加工方法及其工艺装备的基本知识。

(4) 掌握常用加工方法的综合应用、机械加工工艺、装配工艺设计的方法,初步掌握工艺装备选用和夹具设计的方法。

(5) 理解现代制造技术的知识、应用及发展。

结合解决生产中的具体问题,在实践中积聚经验,加深对课程内容的理解,提高分析问题和解决问题的能力,使其源于生产实践,服务于生产实践。

上 篇

机 械 制 造 基 本 知 识

第一章 机械制造过程

学习指导

本章主要介绍机械制造过程、零件及其表面的成形以及制造过程的基本概念。要求学生掌握有关新名词概念，运用书中简例理解并掌握机械制造过程及其组成、机械制造生产组织与特点。

第一节 机械制造过程概论

一、生产过程

机械产品的复杂程度和科技含量大都较高，一种符合市场需求的合格机械产品问世，要经过从市场调查研究、产品功能定位、结构设计、制造、销售服务到信息反馈、改进提高的复杂过程。这个过程包含了企业的全部活动。由这些活动形成的一个闭环系统称为生产系统。

现今人类生产的产品数不胜数，其生产过程也就不会完全相同。一种产品的特殊性往往表现在，无论是产品本身还是其零部件，功能用途、结构尺寸与复杂程度等，都有着相当大的区别；然而，这些千差万别的产品，其生产过程也有着共性的一面，大都包括毛坯制造过程、零件的机械加工过程和部件或产品装配过程等一系列相关劳动。广义地讲，产品的生产过程是根据设计信息将原材料（毛坯或半成品）转变为成品的相关劳动过程的总和。归结起来，生产过程的内容大都包括：原材料的采购运输和保管储存、生产前的各种准备、毛坯的制造过程、零件的制造过程、部件和产品的装配过程、质量检验和喷漆包装等工作过程环节。图 1-1 所示为产品的生产过程基本构成及其各环节之间的相互关系。

工艺过程是生产过程的主要部分，是指生产过程中逐步改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性能等，使其成为成品或半成品的过程。它包括毛坯制造工艺过程、热处理工艺过程、机械加工工艺过程、装配工艺过程等。机械制造工艺就是各种机械制造方法和过程的总称。本章主要讨论机械加工工艺过程。

机械加工工艺过程是指利用机械加工方法，逐步改变毛坯的形状、尺寸、表面质量和材料性能，使之成为合格成品的全部过程。部件和产品的装配是采用各种装配工艺方法，把组成产品的全部零部件按设计要求正确地结合在一起、形成产品的过程，这一过程是机