

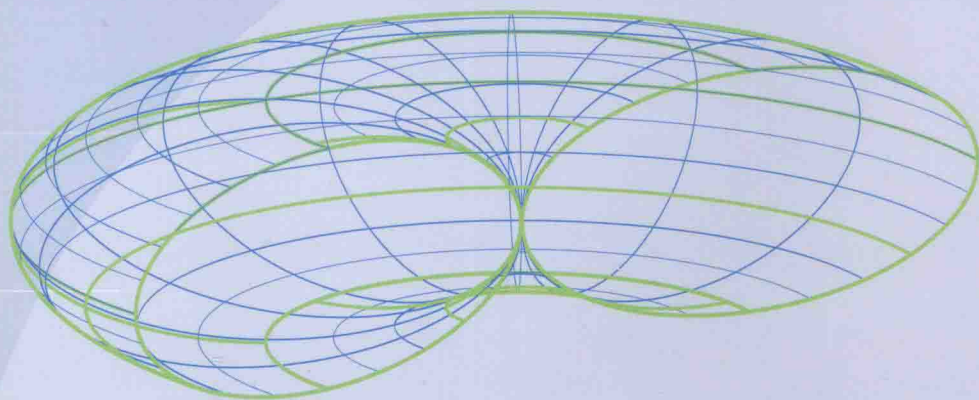


“十二五”江苏省高等学校重点教材

机械制造 技术基础

第二版

主编 吉卫喜



高等教育出版社

“十二五”江苏省高等学校重点教材

机械制造技术基础

Jixie Zhizao Jishu Jichu

第二版

主 编 吉卫喜

副主编 李益民

参 编 曹 毅 程 峰 周建华

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是“十二五”江苏省高等学校重点教材(项目编号为:2013-1-152)。本书在第1版的基础上进行了较大幅度的修订,使得全书内容系统性及知识体系更趋完整。内容编排上形成了以切削理论为基础,加工装备为保障,制造工艺为方法,质量保障为措施,精密超精密加工与特种加工为手段,现代制造技术为方向的一门体系完整、用例新颖、内容精练为特色的一本全新教材。

全书共7章,包括绪论、金属切削原理与刀具、机械加工方法及装备、机床夹具设计原理、机械加工质量及控制、工艺规程设计、现代制造技术,每章末均附有思考题与习题。

本书可作为普通高校机械工程及相关专业的教材,也可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校机械类专业的教材,还可供制造企业的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/吉卫喜主编.--2版.--北京:
高等教育出版社,2015.9

ISBN 978-7-04-042851-3

I. ①机… II. ①吉… 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(2015)第106139号

策划编辑 沈志强

责任编辑 沈志强

封面设计 张申申

版式设计 马敬茹

插图绘制 杜晓丹

责任校对 刘莉

责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 北京宏信印刷厂

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 24.5

字数 600千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

版 次 2008年6月第1版

2015年9月第2版

印 次 2015年9月第1次印刷

定 价 38.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 42851-00

第2版前言

本书第1版自出版以来,在各兄弟院校广泛使用,在此期间陆续收到兄弟院校提出的很多宝贵使用意见,为本书的修订完善提供了有益的参考。

本次修订是在总结教材这几年教学实践经验的基础上,参考其他最新版本的同类教材,并听取兄弟院校的建议修订而成的。在内容编排上遵循学生的认知规律,首先是金属切削基本理论,然后是加工方法及装备(包括机床、夹具、刀具等知识),进而介绍机械加工质量及其控制理论,在此基础上,进一步介绍工艺规程设计(包括机械制造工艺与机械装配工艺等内容),最后介绍了几种现代制造技术。

本版主要修订了以下内容:

在绪论中结合制造业面临的企业转型升级,阐述了机械制造业的发展现状、高端装备制造的机遇与挑战及发展趋势,强调了信息化、数字化、智能化制造是今后的重要发展方向。

第2章增加了切削方式的划分、影响切削力的因素,在磨削这一节中增加了砂轮特性及其选择以及高效磨削方法简介,这样使本章内容更加完整,更具系统性。

第3章修订了零件表面成形运动以及齿轮加工机床和齿轮加工刀具,并以圆柱齿轮为例,系统介绍了齿轮加工机床、刀具及工艺方法。原磨床与砂轮这一节中的砂轮的内容被放入第2章。

第4章增加了现代机床夹具知识,使学生更好地认识在数字化制造环境下对机床夹具的要求,特别是现代数控机床夹具的相关技术。

第5章主要增加了获得加工精度的方法。

第6章增加了毛坯的选择以及制订机械加工工艺规程的实例,包括主轴和箱体工艺,通过典型零件结构特点与技术要求分析,加强理论联系工程实际,使学生能系统掌握工艺规程设计方法,培养分析和解决实际生产问题的能力。

将原来的第7章、第8章合并,重新编写为第7章现代制造技术,删除了计算机集成制造系统及现代制造模式,增加了数字化、智能化制造技术部分内容。

此外,还对全书的思考题与习题进行了重新编写。

本书是在第1版内容的基础上修订而成,在此谨向第1版的编者表示敬意。

本次修订工作由吉卫喜任主编,李益民任副主编。第1、2、5、7章由吉卫喜负责修订,第3、4、6章由李益民负责修订,曹毅、程峰、周建华对部分内容及采用的标准、符号等进行了校对。全书由吉卫喜统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请广大读者和师生多提宝贵意见。

编者

2014年12月于江南大学

第1版前言

“机械制造技术基础”是将机械制造工艺学、金属切削原理与刀具、金属切削机床概论以及机床夹具设计原理等课程内容进行有机融合而形成的新课程，也是一门改革力度较大的课程。近年来，根据教学改革的要求，国内已出版了多种同类教材。在机械大类培养、专业方向特色成才的教改思路下，围绕人才培养整体优化目标，整合构建新的课程体系中，不同高校根据自己的教改和专业培养特色的需要，对原专业系列课程内容的整合方法不尽相同。2001年我们编写出版了机械工程及自动化专业中机械制造专业方向使用的《机械制造技术》一书，内容主要包括金属切削原理、机械制造工艺学的基本内容。在近几年的教学实践中，兄弟院校提出了许多宝贵意见和建议，为此我们在机械类专业教改实践的基础上，结合新的课程体系编写了本书。

本书主要将金属切削基本理论、机械加工方法与装备、机械制造工艺与夹具设计原理等内容进行有机整合，注重突出知识要点和基本概念，加强理论联系工程实际，目的是使学生能掌握机械制造技术的基本理论，培养分析和解决实际生产问题的能力。本书一方面考虑了学时缩短及篇幅限制，另一方面注重加强机械制造基础知识的教学，同时充实了新知识和新的研究成果，以拓宽学生的知识面，使学生建立与现代制造业发展相适应的系统的知识体系。本课程应放在工程图学、工程材料、材料成形技术基础、机械原理与机械设计等课程之后开设，通过课程实验、生产实习等环节，加深学生对基础理论的理解，并在学习本课程之后，进行为期2~3周的机械制造技术基础课程设计，使学生进一步融会贯通。

本书可作为高等工科院校机械类的专业基础课教材。

本书由吉卫喜任主编、李益民任副主编，其中第1、5、8章由吉卫喜编写，第2章由贾晓林、吉卫喜编写，第3章由李楠编写，第4、6章由李益民编写，第7章由纪小刚编写。全书由吉卫喜统稿。

南京理工大学龚光容教授对全书进行了审阅。在本书的编写过程中得到了有关院校和工厂的大力支持，黄鹤汀等教授对本书的编写提出了许多宝贵意见。在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，恳请广大读者多提宝贵意见。

编 者

2007年12月于江南大学

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目录

第1章 绪论	1	3.1.1 金属切削机床的分类与 型号编制	65
1.1 制造业、机械制造业与制造 技术	1	3.1.2 机床的组成	68
1.2 我国机械制造业的现状、面临的 机遇与挑战	2	3.1.3 机床的运动分析	69
1.3 制造业的发展趋势	4	3.2 车床与车削	73
1.4 本课程的内容和要求	6	3.2.1 卧式车床的工艺范围及其 组成	73
第2章 金属切削原理与刀具	7	3.2.2 CA6140 型车床的传动系统	75
2.1 金属切削基本知识	7	3.2.3 CA6140 型卧式车床主要 部件结构	84
2.1.1 切削运动与切削要素	7	3.2.4 车刀	88
2.1.2 刀具结构与几何角度	11	3.3 齿轮加工机床和齿轮加工刀具	89
2.1.3 常用刀具结构与几何角度	16	3.3.1 圆柱齿轮的结构特点与 技术要求	89
2.2 刀具材料	20	3.3.2 齿轮加工方法概述	91
2.2.1 刀具材料的性能要求	20	3.3.3 滚齿加工	93
2.2.2 常用刀具材料	21	3.3.4 插齿加工	99
2.3 金属切削过程物理现象及 规律	25	3.3.5 剃齿加工	102
2.3.1 金属切削过程	25	3.3.6 珩齿和磨齿加工	104
2.3.2 切削力与切削功率	32	3.3.7 圆柱齿轮齿部加工工艺 方案选择	105
2.3.3 切削热和切削温度	39	3.4 其他类型机床与加工方法	106
2.3.4 刀具磨损及刀具寿命	42	3.4.1 钻床与钻削	106
2.3.5 切削加工条件的合理选择	47	3.4.2 铣床与铣削	109
2.4 磨削	55	3.4.3 拉床与拉削	114
2.4.1 磨削运动与磨削用量	56	3.4.4 磨床	116
2.4.2 砂轮特性及其选择	57	3.4.5 镗床与镗削	119
2.4.3 磨削过程	60	3.4.6 其他机床简介	120
2.4.4 磨削力	61	思考题与习题	122
2.4.5 砂轮磨损和修整	61	第4章 机床夹具设计原理	125
2.4.6 高效磨削方法简介	62	4.1 概述	125
思考题与习题	63	4.1.1 机床夹具的定义及组成	125
第3章 机械加工方法及装备	65		
3.1 金属切削机床概述	65		

II 目录

4.1.2 机床夹具的作用	126	5.3.1 工艺系统受力变形现象	191
4.1.3 机床夹具的分类	127	5.3.2 机床部件的刚度及其特点	192
4.2 工件在夹具中的定位	127	5.3.3 工艺系统的刚度	193
4.2.1 工件的安装	127	5.3.4 工艺系统受力变形对加工精度的影响	194
4.2.2 定位原理	129	5.3.5 减小工艺系统受力变形的措施	198
4.2.3 定位方法与定位元件	134	5.4 工艺系统热变形引起的加工误差	199
4.2.4 定位误差的分析与计算	140	5.4.1 概述	199
4.3 工件在夹具中的夹紧	146	5.4.2 机床热变形对加工精度的影响	200
4.3.1 夹紧装置的组成和要求	146	5.4.3 工件热变形对加工精度的影响	201
4.3.2 夹紧力的确定	147	5.4.4 刀具热变形对加工精度的影响	202
4.3.3 典型夹紧机构	149	5.4.5 减少工艺系统热变形的主要途径	202
4.3.4 夹紧的动力装置	153	5.5 工件残余应力引起的加工误差	205
4.4 典型机床夹具	155	5.5.1 产生残余应力的原因及所引起的加工误差	205
4.4.1 钻床夹具	155	5.5.2 减少或消除残余应力的措施	206
4.4.2 铣床夹具	159	5.6 数控机床加工误差概述	207
4.4.3 车床夹具	161	5.6.1 数控机床重复定位精度的影响	207
4.5 现代机床夹具	161	5.6.2 检测装置的影响	208
4.5.1 自动线夹具	162	5.6.3 数控机床刀具系统误差	208
4.5.2 组合夹具	164	5.7 提高加工精度的工艺措施	208
4.5.3 可调夹具	168	5.8 加工误差的综合分析	211
4.5.4 拼拆式夹具	172	5.8.1 加工误差的性质	211
4.5.5 数控机床夹具	173	5.8.2 加工误差的统计分析法	212
4.6 机床夹具设计方法	175	5.9 机械加工表面质量	220
4.6.1 机床夹具设计要求	175	5.9.1 表面质量的内容	220
4.6.2 机床夹具设计的内容及步骤	175	5.9.2 表面质量对零件使用性能的影响	221
思考题与习题	177	5.9.3 影响加工表面粗糙度的主要因素及其控制	222
第5章 机械加工质量及控制	181	5.9.4 影响表面层物理力学性能的主要因素及其控制	224
5.1 机械加工精度概述	181	5.9.5 机械加工中的振动	230
5.1.1 加工精度与加工误差	181		
5.1.2 加工经济精度	181		
5.1.3 获得加工精度的方法	182		
5.1.4 原始误差	183		
5.1.5 研究机械加工精度的方法	184		
5.2 工艺系统的几何误差	184		
5.2.1 原理误差	184		
5.2.2 机床的几何误差	185		
5.2.3 工艺系统其他几何误差	189		
5.3 工艺系统受力变形引起的误差	191		

思考题与习题	237	原理	306
第6章 工艺规程设计	242	6.6.1 成组技术	306
6.1 概述	242	6.6.2 计算机辅助工艺规程设计	308
6.1.1 生产过程与工艺过程	242	6.7 机器装配工艺规程设计	312
6.1.2 机械加工工艺过程的组成	242	6.7.1 装配精度与装配尺寸链	312
6.1.3 生产纲领与生产类型	244	6.7.2 保证装配精度的方法	314
6.1.4 机械加工工艺规程	246	6.7.3 装配工艺规程设计	321
6.2 机械加工工艺规程设计	248	思考题与习题	326
6.2.1 零件的结构工艺性分析	248	第7章 现代制造技术	331
6.2.2 毛坯的选择	250	7.1 精密加工与超精密加工	
6.2.3 定位基准的选择	253	技术	331
6.2.4 机械加工工艺路线的拟定	257	7.1.1 精密与超精密加工的范畴	332
6.2.5 加工余量及工序尺寸的确定	262	7.1.2 常用精密与超精密加工方法	334
6.2.6 工艺过程的生产率	265	7.1.3 精密与超精密加工的特点	
6.2.7 工艺方案的技术经济分析	268	及其影响因素	349
6.2.8 编制工艺规程文件	270	7.2 特种加工技术	350
6.3 工艺尺寸链	273	7.2.1 概述	350
6.3.1 尺寸链的基本概念	273	7.2.2 电火花及线切割加工	352
6.3.2 尺寸链计算的基本公式	274	7.2.3 电解加工	358
6.3.3 工艺过程尺寸链的分析与		7.2.4 激光加工	362
解算	277	7.2.5 超声加工	366
6.4 数控加工的工艺设计	283	7.3 快速成形制造技术	369
6.4.1 数控加工工艺内容的选择	284	7.3.1 RP&M 的原理及主要方法	370
6.4.2 数控加工工艺性分析	284	7.3.2 RP&M 技术的应用	371
6.4.3 数控加工工艺路线的设计	286	7.4 微机械制造技术	371
6.4.4 数控加工工序的设计	287	7.4.1 对微机械的认识	372
6.4.5 数控加工专用技术文件的		7.4.2 微机械的制造工艺	373
编写	290	7.5 数字化、智能化制造技术	375
6.5 制订机械加工工艺规程的		7.5.1 数字化制造技术	375
实例	291	7.5.2 智能制造技术	375
6.5.1 主轴类零件机械加工工艺		7.5.3 数字化智能化管理	376
规程的制订	291	7.5.4 数字化工厂技术	377
6.5.2 箱体类零件机械加工工艺		思考题与习题	378
规程的制订	299	参考文献	380
6.6 计算机辅助工艺规程设计			

第1章

绪论

1.1 制造业、机械制造业与制造技术

制造业是将可用资源、能源与信息通过制造过程，转化为可供人们使用或利用的工业品或生活消费品的行业。人类的生产工具、消费产品、科研设备、武器装备等，都离不开制造业，制造业是工业的心脏，是国民经济产业的核心。制造业对各种各样的原材料进行加工处理，生产出为用户所需要的最终产品，它们可以是机械、电子、化工、食品、航空航天等不同行业的工业产品。制造业的发展水平是一个国家国民经济和综合实力的象征。制造业是实现现代化工业的水之源、木之本，是实现工业化的保障和原动力，没有强大制造能力的国家永远成不了经济强国。

机械制造业是完成机械产品的决策、设计、制造、装配、销售、售后服务及后续处理等，其中包括对零件的加工技术、加工工艺及其工艺装备的设计制造。机械制造业担负着为国民经济建设提供生产装备的重任，为国民经济各行业提供各种生产手段，机械制造业水平的高低直接决定着国民经济其他产业竞争力的强弱，以及今后运行的质量和效率；机械制造业也是国防安全的重要基础，为国防提供所需武器装备；机械制造业还是高科技产业发展的重要基础，为高科技的发展提供各种研究和生产设备。机械制造业的发展不仅影响和制约着国民经济与制造业的发展，而且还直接影响和制约着国防工业和高科技的发展，进而影响到国家安全和综合国力。

制造技术是按照人们所需目的，运用主观掌握的知识和技能，操纵可以利用的客观物质工具和采用有效的方法，使原材料转化为物质产品的过程所施行的手段的总和，是生产力的主要体现。制造技术与投资和熟练劳动力一起将创造新的企业、新的市场和新的就业岗位。

制造技术的涉及面较广，机械、电子、冶金、建筑、水利、信息、农业和交通运输等各个行业都要有制造技术的支持。制造技术具有普遍性和基础性，同时也具有特殊性和专业性。制造技术的发展经历了工匠手艺、设计工艺到制造系统三个重要阶段。随着生产发展和社会分工，制造技术形成了不同的制造技术单元，产生了包括设计、加工、装配、检验、维修、设备、工具和工装等多个直接或间接生产部门，加工方法也从传统的车、铣、钻、刨、磨发

展到电加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工、激光加工等多种特种加工方法。

制造技术支持制造业的发展。近年来,美国、日本、德国等工业发达国家都把发展先进制造技术列为工业、科技的重点发展技术。20世纪70年代,美国不重视制造业,把制造业称为“夕阳工业”,结果导致美国80年代的经济衰退。美国政府历来认为,生产制造是工业界的事,政府不必介入。但经过10年反思,美国政府已经意识到,政府不能不介入工业技术的发展,自20世纪80年代中期,美国制订了一系列民用技术开发计划并切实加以实施,对制造业大力支持,并把先进制造技术列为六大国防关键技术之首。由于重视了制造技术的发展,近年来美国的机械制造业有所振兴,汽车、机床、微电子工业又获得了较大发展。20世纪70~80年代,日本非常重视制造业,特别大力发展了汽车制造和微电子制造,使日本生产的汽车和家电占领了全球市场,特别是大举进入了美国市场。2008年金融危机以来,德国成为欧洲唯一一个生机勃勃的经济大国,究其原因就是德国人一直重视制造技术、追求产品品质。

1.2 我国机械制造业的现状、面临的机遇与挑战

1. 发展现状

机械工业已经成为我国工业体系中产品门类比较齐全且具有相当规模和一定技术基础的支柱产业之一。改革开放以来,机械工业引进了大量的国外先进技术,目前这些技术大部分已投入批量生产,加上国内自行研究开发的成果,使机械产品的结构正向着合理化方向发展,对市场的适应能力也明显增强。我国机械制造业的综合技术水平已有了大幅度提高,企业通过引进技术的消化吸收、技术改造、工艺创新和全面质量管理等工作的深入开展,使制造技术水平有了较大提高,一批先进的制造技术在生产中得到应用和普及,一大批重点骨干企业在关键工序中增加了先进、精密、高效的关键设备。通过引进技术的消化吸收,有计划地推进了企业的技术改造,引导企业走依靠科技进步的道路,使制造技术、机械产品的性能及企业的经济效益都发生了显著的变化。约有近10%的企业进入了高新技术企业的行列,60%以上的企业建立了专门的技术开发机构。此外,科技体制改革不断深化,绝大多数高校、研究院所已进入经济建设主战场,正在发挥越来越大的作用。

但与工业发达国家相比,我国机械工业仍存在阶段性的差距,集中反映为制造技术的落后:工业发达国家已普遍应用计算机辅助设计技术(CAD),覆盖率超过60%,而中国CAD的覆盖率仅为5%左右。发达国家早在20世纪60年代就已普遍采用优质高效低耗工艺技术及制造装备,而中国大部分企业仍然采用落后的工艺装备进行生产,优质高效低耗的先进工艺普及程度不足10%。工业发达国家已普遍采用数控机床、加工中心,实现了柔性自动化,并正向智能化、集成化方向发展,而中国尚处在单机自动化、刚性自动化的阶段。目前制造技术来源大部分依赖国外技术,而自主开发的科技成果形成产业的较少。中国制造技术落后除了有历史原因以外,还存在技术开发能力和技术创新能力薄弱,发展后劲不足的问题;对引进技术的消化吸收仍停留在掌握已有技术、实现国产化的低层次上,没有上升到形成产品自主开发能力和技术创新能力的高度;企业技术开发经费投入不足,缺乏将科技成果转化为现实生产力的有效、健全的机制,作为其中最关键环节的企业没有真正成为研发主体。此外,社

会在注重以信息技术、生物工程、新材料、物联网技术等为代表的高技术发展的同时，对制造技术在整个国民经济建设和整个科技开发体系中的地位认识不足。

多年来，我国在对待产品的设计和制造上是“重设计、轻制造”，对设计资料要求保密，而对制造技术和制造工艺则不设防也不重视；把设计工作看得很高尚，而认为制造工作是苦力等。这是观念上的重大误区。在基于商品经济的工业发达国家的制造业中，由于激烈的市场竞争，对设计和制造的关系有不同的观点。对于产品，设计固然重要，但是在市场经济社会中，除了一些属于国家机密的设计受到严格保密外，任何产品只要一进入市场，竞争对手就很容易从产品本身充分地了解其设计，因而制造水平、制造技术和制造工艺的竞争可能更为激烈。在现代市场竞争中，一般认为有五项要素：产品的功能(F)、交货时间(T)、质量(Q)、价格(C)和服务(S)，虽然它们取决于设计、制造和管理等综合因素，但其核心则是制造技术。所以国外许多厂商常常会公开其产品的原理，而对于其中一些关键的制造技术和工艺则严加保密。例如，以发动机制造著称的罗尔斯罗伊斯公司的资料表明，使飞机发动机转子叶片的加工精度由 $60\text{ }\mu\text{m}$ 提高到 $12\text{ }\mu\text{m}$ ，加工表面粗糙度由 $Ra0.5\text{ }\mu\text{m}$ 降低到 $Ra0.2\text{ }\mu\text{m}$ ，则发动机的压缩效率会明显改善；又如，当传动齿轮的齿形及齿距误差从 $3\sim6\text{ }\mu\text{m}$ 降低到 $1\text{ }\mu\text{m}$ ，可使单位齿轮箱重量所能传递的转矩提高近一倍；再如，在国际市场上，我国的线切割机床曾有由于精度相差一个数量级，其市场价格也相差一个数量级的事例，等等。

从另一个角度看，“轻制造”也有其客观原因。如设计工作一般需要有较高的知识结构，相对较好的工作环境等；而传统上的制造工作，其基础理论发展较慢，更多地表现为一种技艺和经验，工作环境也相对较差。但是近30年来，世界制造业正经历着巨大而深刻的变化，涉及微电子技术、控制技术、传感技术和通信技术的广泛应用，使原来主要依靠技艺和经验来保证制造质量的旧模式，正在变成越来越密切依赖较高层次的知识结构；生产环境也与传统状况不可同日而语。

近十年来，随着科学技术的迅速发展和制造环境的变化，尤其是以计算机和信息技术为代表的高技术的广泛应用，为当代制造业的革命提供了众多的手段，正在使制造业的生产技术、生产方式、生产规模发生重大转变，高技术与传统制造技术相结合而形成的先进制造技术也引起了世界各国的高度重视。

2. 面临的机遇与挑战

“十二五”时期是我国加快工业转型升级，实现从制造大国向制造强国转变的关键时期。加快建设制造业强国，要紧紧围绕科学发展这一主题和加快转变经济发展方式这条主线，强化自主创新、商业模式创新和体制机制创新，大力发展战略性新兴产业，培育新的增长点，加快形成新竞争优势，建设转型升级新载体，不断增强制造业核心竞争力和可持续发展能力。这给我国机械制造业带来了重要发展机遇。

当前，全球进入到一个创新密集和新兴产业快速发展的时代。新一轮科技革命的酝酿和发展，使我国制造业面临一个技术上赶超、结构上转型升级的重大机遇。我国具有大市场的优势，使得先进制造技术在我国有着更为广阔的市场空间，容易形成规模经济，降低研发成本，并实现产业化。持续快速增长的国内市场将为我国制造业发展提供最有力的支撑。

高端装备制造业是我国制造业发展中的薄弱环节，拥有强大的装备制造业才能成为世界制造强国。装备制造业发展滞后，已成为制约经济、技术、国防的瓶颈，经济全球化使发达

国家大批传统产业向发展中国家转移,我国具有承接国际产业转移的吸纳力与优势,所以要把握国际制造业向中国大转移的良好机遇,有选择地积极发展装备制造业中的高技术产业,提高自主开发能力,来促进我国装备制造业发展。当前,世界经济正向全球化发展,正在进行着国际的以知识经济为目标的产业结构大调整,工业发达国家正加速发展高科技产业,而将装备制造业等第二产业逐步向发展中国家转移。我国由于自身巨大的市场需求以及在人才、制造资源等方面的优势,将成为这种产业转移的主要受益者。我国的机械制造业应该利用好这个难得的机遇,实现全行业的调整与振兴,将我国建设成为世界机械制造业的一个重要基地。我国机械制造业目前面临的主要任务是从粗放型经营向集约型经营的转变,并在科技水平、管理水平上有显著提高,逐步接近并最终达到发达国家水平。

随着计算机技术、信息技术、自动化技术在制造业中的广泛应用,它们与传统的制造技术相结合而形成的先进制造技术发展迅速,获得了广泛的应用。企业的生产方式面临重大变革,客户需求越来越多样化,制造过程全球化、信息化,必须改变制造业的传统观念和生产组织方式。近年来,在我国大力推进先进制造技术的发展与应用,已成为社会的共识,先进制造技术已被列为国家重点科技发展领域,并将企业实施技术改造列为重点,寻求新的制造策略,建立新的由市场需求、设计、车间制造和分销集成在一起的先进制造系统。因此,要加强企业自主创新和技术进步,要使企业真正成为研究开发投入的主体、技术创新活动的主体、创新成果应用的主体,形成以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系,面对挑战,形成合力,共同作用于企业技术创新的全过程。

1.3 制造业的发展趋势

制造业在中国工业化进程中始终扮演了相当重要的角色,未来二十年,中国制造业的发展和提升仍将成为国民经济的重要推动力。一直以来“大而不强”的中国制造业已经站在了转型升级的关键时刻,如何促进“中国制造”向“中国创新”转变,加速发展先进制造技术刻不容缓。在这样的大趋势下,可以预见,制造业需要加以调整和改造。其主要发展趋势有如下几点。

1. 信息化、数字化趋势

信息、物质和能量是制造系统的三要素。随着计算机、自动化与通讯网络技术在制造系统中的应用,信息的作用越来越重要。产品制造过程中的信息投入,已成为决定产品成本的主要因素。制造过程的实质是对制造过程中各种信息资源的采集、输入、加工和处理过程,最终形成的产品可看作是信息的物质表现,因此可以把信息看作是一种产业,包含在制造之中。

以计算机技术、网络技术、通信技术等为代表的信息技术与管理科学、制造技术的交叉、融和、发展与应用,改变了传统资本密集型、设备密集型、技术密集型的生产与管理模式,向信息密集型和知识密集型转变,使制造技术产生质的飞跃,这也是制造企业、制造系统与生产过程、生产系统不断实现数字化的必然趋势。它包含了数字设计、数字控制和数字管理三大部分。对制造设备而言,其控制参数均为数字化信号。对制造企业而言,各种信息(如产

品信息、工艺信息、物料信息以及知识和技能等)均以数字形式通过网络在企业内传递,在对资源信息进行分析、规划与重组的基础上,可实现对产品设计和产品功能的仿真,对加工过程与生产组织过程的仿真,或完成快速原型制造,从而实现生产过程的快速重组与对市场的快速响应,以满足客户化要求。在数字制造环境下,可以实现在不同地区、国家形成一个数字化制造网络,企业、车间、设备、员工、经销商乃至有关市场均可成为网上的一个“结点”,形成动态联盟,在产品的设计、制造、销售和服务的过程中,围绕产品所赋予的数字信息彼此交互,迅速协同设计并制造出相应的产品。

2. 智能化趋势

智能制造是指制造产品的过程是智能化的,制造产品的工具是智能化的。实现智能制造要有知识库、动态传感、自主决策三大要素。具体是指在产品设计和制造过程中具有感知、分析、决策、执行功能的制造系统的总称,是在现代传感技术、网络技术、自动化技术基础之上,通过拟人化智能技术与制造装备的深度融合与集成,实现设计、制造、服务过程智能化和制造装备的智能化,从而带来制造模式的改变即建立智能制造系统。

智能制造系统是基于数字化制造技术,利用知识表达处理、智能优化和智能数控加工方法,使制造系统稳定、高效、高质地生产出理想的产品。智能制造系统处理的对象是知识,处理的方法是建立智能数学模型。智能制造是通过技术进步提高劳动生产力的创新驱动,有效实现经济发展动力的转换。

3. 高技术化趋势

(1) 切削加工技术的研究

切削加工是机械制造的基础方法,切削加工占机械加工总量的95%左右。目前陶瓷轴承主轴的转速已达 $15\,000 \sim 50\,000\text{ r/min}$,采用直流电动机的数控进给速度可达每分钟数十米,高速磨削的切削速度可达 $100 \sim 150\text{ m/s}$ 。还需要研究新的刀具材料,研究切(磨)削机理,提高刀具的可靠性和切削效率,研制柔性自动化用的刀具系统和刀具在线监测系统等。

(2) 精密、超精密加工技术研究

精密、超精密加工技术在高科技领域和现代武器制造中占有非常重要的地位,目前中小型超精密机床的发展已经比较成熟和稳定,美、英等国还研制出了几台有代表性的大型超精密机床,可完成超精密车削、磨削和坐标测量等工作,机床的分辨率可达 0.7 nm ,是现代机床的最高水平。这方面的研究工作主要有:微细加工技术、电子束加工技术、纳米表面的加工技术,等等。

(3) 先进制造技术的研究

先进制造技术是机械制造重要的发展方向之一,它是在传统制造技术基础上不断吸收机械、电子、信息、材料、能源和现代管理等方面的成果,并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务的制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产,提高对动态多变的市场的适应能力和竞争能力的制造技术总称,也是取得理想技术经济效益的制造技术的总称。目前,CAD/CAM一体化、先进制造工艺、制造自动化技术,包括数控机床、加工中心(MC)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)等,在各发达国家已经得到生产应用,而先进制造系统,包括计算机集成制造系统(CIMS)、敏捷制造系统(AMS)、智能制造系统(IMS)、精益生产(LP)以及并行工程(CE)等正处于研究和试用阶段。先进制造

技术的研究已经取得显著成效,今后,必将在原有基础上迅速发展和推广应用。

4. 服务化趋势

今天的制造业正在演变为某种意义上的服务业。传统的“以产品为中心”正在转变为“以客户为中心”。一种大规模定制(mass customization manufacturing)模式正在确立,在这种模式下,借助于分布式、网络化的制造系统,以大批量生产条件生产各个顾客不同需求的产品,既可以满足顾客的个性化要求,又能实现高效率和高效益生产,实现高质量、低价格目标。今天,制造业所考虑和所操作的不止产品的设计与生产,而是包括市场调查、产品开发(或改进)、生产制造、销售、售后服务,直到产品的整个生命周期,体现了制造业全方位地为顾客服务、为社会服务的宗旨。

5. 可持续发展趋势

制造业在将制造资源转变为产品以及在产品的使用和消费过程中,消耗了大量有限资源,并对环境造成严重污染。产品生命周期日益缩短,废弃物日益增多、资源枯竭、生态平衡破坏,这些问题已严重阻碍人类社会经济的可持续发展。可持续发展制造技术中的绿色制造技术就是从产品构思开始,到设计、制造、销售、使用与维修,直到回收、再制造各阶段,都必须充分考虑环境保护。不仅要保护自然环境,还要保护社会环境、生产环境,保护生产者的身心健康。绿色制造技术要求产品与用户的生产、工作、生活环境相适应,给人以精神享受,体现着物质文明、精神文明与环境文明的高度交融。这方面的研究内容主要有:建立绿色产品、绿色制造系统的模型,建立绿色产品的评价体系、机械设备和国防装备再制造中的关键技术以及电磁污染问题的解决途径等。

1.4 本课程的内容和要求

本课程是机械工程专业的一门专业基础课程。课程主要介绍金属切削机理、基本规律、切削参数及其选用,机床、刀具、夹具的基础知识,机械加工工艺和机器装配工艺的基本知识及设计方法,机械加工精度和表面质量的基本理论及其控制方法,典型的现代制造技术等。

通过本课程的学习,学生能从技术与经济紧密结合的角度出发,围绕加工质量和交货期这个目标,将孤立的切削理论和刀具、夹具、量具、机床等工艺装备联系起来,提高机械制造技术的整体观念,掌握整个制造系统的规划设计、选择优化和运作监控的基本知识;能在宏观上和全局上对生产活动和生产组织有清楚的认识,而不仅仅局限于单个工序及其优化的知识;掌握机械制造过程中包括传统和现代在内的各种常用加工方法和制造工艺以及与之有关的加工质量的分析与控制方法等。

金属切削理论和机械制造工艺理论具有很强的实践性,对初学者来说,会感到有一定的难度。对于生产原理与管理模式,没有足够的实践基础也很难准确地把握与理解。因此,在学习本课程时,必须加强实践性环节,即通过生产实习、课程实验、课程设计、现场教学及工厂调研等来更好地体会和加深理解所学内容,并在理论与实际的结合中,培养分析和解决实际问题的能力。

金属切削原理与刀具

金属切削加工的目的是使被加工零件的尺寸、形状和位置精度以及表面质量达到设计与使用要求。金属切削加工要切除工件上多余的金属，形成已加工表面，必须具备三个基本条件：① 工件与刀具之间要有相对运动，即切削运动；② 刀具材料必须具有一定的切削性能；③ 刀具必须有适当的几何参数。本章主要介绍金属切削基本知识、刀具结构、刀具材料以及金属切削过程物理现象及规律。

2.1 金属切削基本知识

2.1.1 切削运动与切削要素

1. 切削运动

(1) 主运动

主运动是切除多余金属层所必需的最基本的运动，是刀具与工件间主要的相对运动。它使刀具切削刃及其邻近的刀具表面切入工件材料，使被切削层转变为切屑，从而形成工件的新表面。在切削运动中，主运动速度最高、消耗功率最大。主运动在切削过程中只能有一个，主运动可以由刀具完成，也可以由工件完成；主运动可以是直线运动，也可以是旋转运动，如车削时工件的旋转运动是主运动，如图 2.1 所示。

(2) 进给运动

进给运动是使多余材料不断投入切削，从而加工出完整表面所需的运动，是刀具与工件间附加的相对运动。一般情况下，进给运动速度较低、消耗功率较小，是形成已加工表面的辅助运动。进给运动可以有一个或几个，可由刀具完成，也可由工件

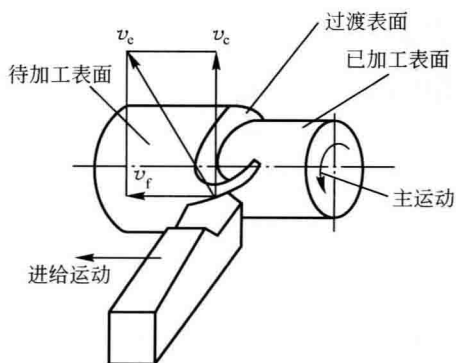


图 2.1 外圆切削运动和切削表面

完成，可以是间歇的，也可以是连续的，几种常见加工方法的切削运动如图 2.2 所示。

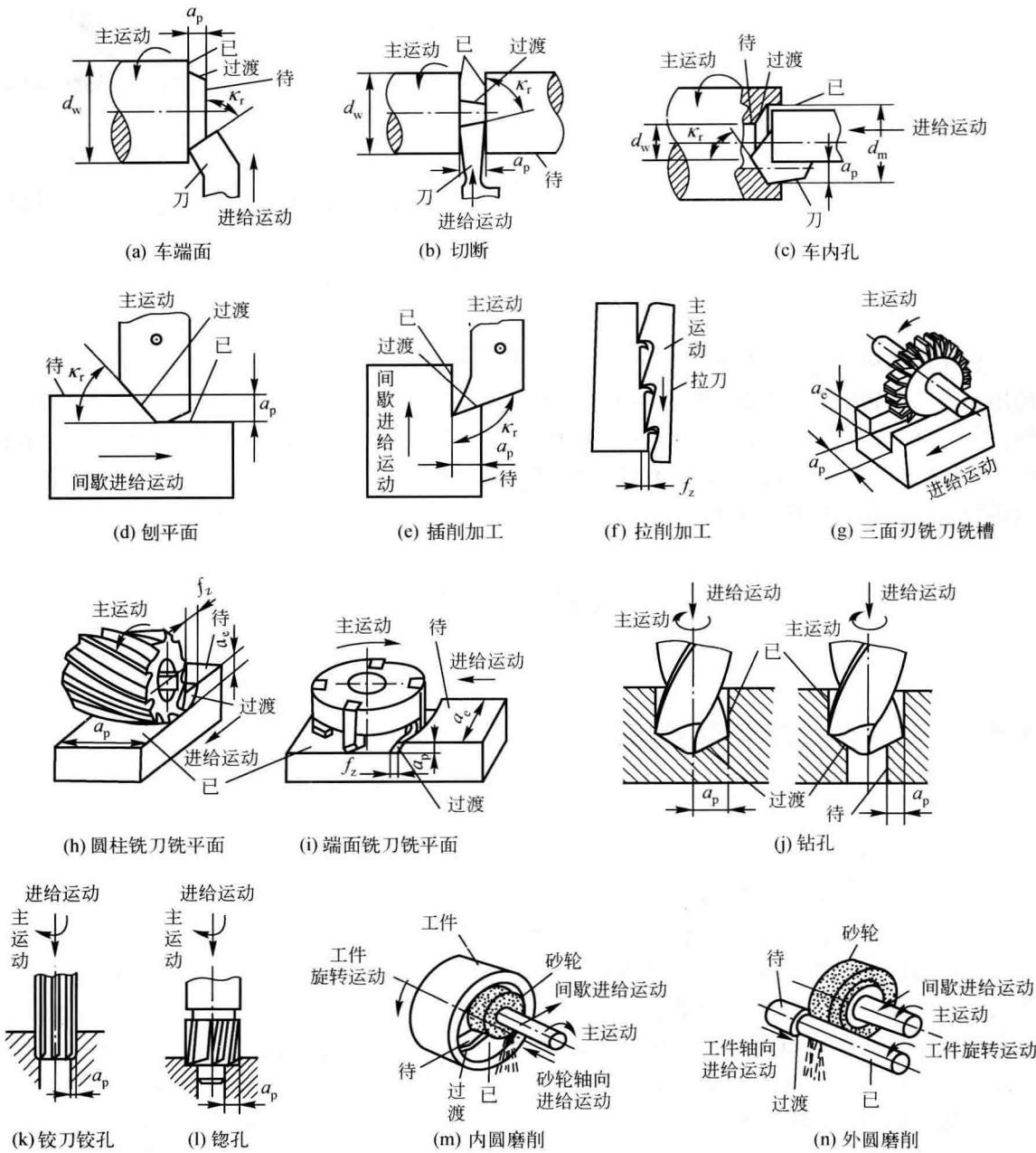


图 2.2 各种切削运动和加工表面

切削运动及其方向用切削运动的速度矢量来表示，用车刀进行普通外圆车削时的切削运动，如图 2.1 中主运动切削速度、进给运动和切削运动速度 v_c 可表达为 $v_c = v_c + v_f$ 。