



机械制造 技术基础

(第2版)

曾志新 李勇 刘旺玉 林颖 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

机械制造技术基础

(第2版)

曾志新 李勇 刘旺玉 林颖 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

“机械制造技术基础”是现代机械制造业高级专业技术人才和管理人才必修的一门专业主干技术基础课程。它包含了机械制造技术的基本知识、基本理论和基本技能。本书以“重基础、低重心、广知识、少学时、精内容、宽适应”作为编写指导思想,全书以切削理论为基础,以制造工艺为主线,兼顾工艺装备知识的掌握,较系统地介绍了金属切削原理与刀具、金属切削机床、机械制造工艺知识、机床夹具设计原理、机械加工精度、机械加工表面质量、机械装配工艺等理论知识,最后简要介绍了其他机械制造技术和现代加工技术。

本书可作为普通高等学校机械设计制造及其自动化、机械工程及自动化,以及其他机械类和近机械类专业教材,也可供从事机械制造的工程技术人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/曾志新等主编. —2版. —北京:国防工业出版社,2014.8

ISBN 978-7-118-09345-2

I. ①机... II. ①曾... III. ①机械制造工艺
IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第185747号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23 字数 571千字

2014年8月第2版第1次印刷 印数1—4000册 定价45.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

第2版前言

为适应高等教育改革形势与宽口径的机械工程专业人才培养模式及建立新的课程体系的需求,经普通高等学校机械设计制造及其自动化专业新编系列教材编审委员会统一规划,由华南理工大学等四所高校的教师,在总结了多年教学改革与实践经验的基础上,编著了教育部高等教育面向21世纪课程教材《机械制造技术基础》。全书贯穿“重基础,低重心,广知识,少学时,精内容,宽适应”的指导思想,以切削理论为基础,以制造工艺为主线,兼顾工艺装备知识的掌握,简要介绍了非传统加工技术与现代制造技术等内容。该书自2001年7月出版发行以来,国内先后有30余所本科院校选用作为教材,经12次印刷,发行量达50000余册,受到师生和读者的好评及肯定,曾获广东省第五届省级教学成果一等奖并推荐参评国家级教学成果奖。

近年来,在教育部推进“质量工程”建设的背景下,我国高等教育的改革创新正在不断深入,我们在国家级精品课程、国家级双语教学示范课程——“机械制造基础”的进一步建设中,正在探索适应拔尖创新型工程人才培养需要的教改方向。为适应新的教育教学改革创新形势需要,我们修订重编了《机械制造技术基础》(第2版)。本书在保持第1版内容体系及特色的前提下,根据读者的意见和建议对原教材部分内容进行了修改和优化,淘汰了相对陈旧的内容,增加了新工艺、新技术的发展等内容;采用了新的国家标准;更新了部分图表;增加了中英文专业术语对照表等。为便于教学和知识点的掌握,在每章开头均有提要,末尾则附有习题及教学讨论题。

本教材建议课堂教学总时数为62学时,另有8学时的选用章节(目录中标注“*”的章节)可由各校根据教学需要进行取舍,或供学生自学、参考之用。各章教学时数分配建议如下:绪论,1学时;第一章,5学时;第二章,10学时;第三章,14学时;第四章,2学时;第五章,14学时;第六章,10学时;第七章,4学时;第八章,第九章,4学时;第十章,2学时;第十一章,4学时。

本书由华南理工大学广州学院曾志新、林颖,华南理工大学机械与汽车工程学院李勇、刘旺玉主编,具体编写分工如下:曾志新编写绪论及第一、二章;刘旺玉、全燕鸣编写第三、四章;华南理工大学广州学院林颖、陈秉均编写第九、十章;李勇编写其余各章。参加统稿的工作人员有曾志新、李勇、刘旺玉、林颖、陈秉均等。

本书是在第1版的基础上编写的,在此首先对第1版的编、审、统的老教师们和出版社的同志们表示诚挚的敬意和谢意!本书在编审出版过程中,得到了国防工业出版社、华南理工大学广州学院、华南理工大学教务处、华南理工大学机械与汽车工程学院的领导和教职工的帮助与支持;参加编审及统稿的各位老师为本书的编写付出了大量卓有成效的劳动;此外有不少教师

学生和读者多年来对本书提出了很多宝贵的意见和建议,谨此表示诚挚的谢意!本书引用了大量的国内外文献资料及教材,在此对原作者一并表示衷心的感谢!

限于编者的水平,书中仍可能存在错漏或不足之处,恳请广大读者批评指正。

(E-mail:zxzeng@gcu.edu.cn)

编者
2014年元月

第1版前言

为了适应新世纪科技、经济与社会的飞速发展和日趋激烈的竞争,适应高等教育改革形势和宽口径机械专业人才培养模式及建立新的课程体系的需求,按普通高等学校机械设计制造及其自动化专业新编系列教材编审委员会的统一规划,我们在总结了近年来教学改革的探索与实践经验的基础上编写了这本教材。

《机械制造技术基础》是现代机械制造业高级专业技术人才和高级管理人才必修的一门主干专业基础课。它包含了机械制造技术的基本知识、基本理论和基本技能。本书以“重基础、低重心、广知识、少学时、精内容、宽适应”作为编写的指导思想,对原金属切削原理与刀具、金属切削机床设计、机械制造工艺与夹具设计等课程内容进行整合、优化。全书以切削理论为基础,以制造工艺为主线,兼顾工艺装备知识的掌握,增加了非传统加工技术与现代制造技术等内容并注意反映本学科理论与技术的新发展。

为便于教学,本书编写时力求做到内容深入浅出,文字准确简洁。为便于知识点的掌握,在每章开头均有提要,末尾则附有习题或思考题。

本教材建议课堂教学时数为62学时。另有8学时的选用章节(目录中标注“*”的章节)可由各校根据教学需要进行取舍,或供学生自学、参考之用。各章教学时数分配建议如下:绪论,1学时;第一章,3学时;第二章,12学时;第三章,14学时;第四章,2学时;第五章,12学时;第六章,8学时;第七章,4学时;第八章,4学时;第九章,4学时;第十章,2学时;第十一章,4学时。本书除可用作高等学校本科机械设计制造及其自动化专业或机械工程及其自动化专业和近机类专业教材外,也可供从事机械制造的工程技术人员、管理人员学习参考。

按照编审委员会的规划与安排,本书由华南理工大学曾志新、太原理工大学吕明主编,华中科技大学张福润主审。具体编写分工如下:华南理工大学曾志新,绪论、第五章;陈秉均,第一、二章;刘旺玉,第六、九章;太原理工大学轧钢、吕明,第三、四章;湛江海洋大学韩荣德,第七章;梁榕辉,第八章;西南工学院尹显明,第十、十一章。参加统稿的工作人员是华南理工大学陈秉均、傅加礼、许纪、刘旺玉、李伟光、李勇等。

在本书的编审及出版过程中,得到编审委员会,武汉理工大学出版社、华南理工大学教务处、华南理工大学机电工程系的领导和同志们的指导与支持;参加编审及统稿的各位老师为本书的编写付出了大量卓有成效的劳动,谨此表示诚挚的敬意和谢意!各位编者在编写过程中,参阅引用了大量的文献资料及教材,无法在此一一列出,谨此一并向原作者表示衷心的感谢!

限于编者的水平和时间,本书难免存在错漏及不当之处,诚恳希望各位读者给予批评指正。

(E-mail:mezxxeng@scut.edu.cn)

编者
2001年2月

目 录

绪论	1	2.2.4 切削用量的合理选择	67
第一章 金属切削过程的基础知识	5	2.3 目前金属切削发展的几个前沿方向	70
1.1 基本定义	5	2.3.1 高速高效切削	70
1.1.1 切削运动与切削用量	5	2.3.2 绿色切削	71
1.1.2 刀具切削部分的基本定义	8	2.3.3 微细切削	72
1.1.3 刀具角度的换算	12	第三章 金属切削机床与刀具	75
1.1.4 刀具工作角度	14	3.1 金属切削机床的分类、型号与主要技术参数	75
1.1.5 切削层参数与切削形式	17	3.1.1 机床的分类	75
1.2 刀具材料	18	3.1.2 机床的型号编制	76
1.2.1 刀具材料应具备的性能	19	3.1.3 机床的主要技术参数	79
1.2.2 常用的刀具材料	19	3.2 工件表面成形方法与机床运动分析	82
1.2.3 其他刀具材料	22	3.2.1 工件表面形状与成形方法	82
第二章 金属切削过程的基本规律及其应用	25	3.2.2 机床运动分析	84
2.1 金属切削过程的基本规律	25	3.3 车床与车刀	86
2.1.1 切削变形	25	3.3.1 车床	86
2.1.2 切削力	36	3.3.2 车刀	103
2.1.3 切削热与切削温度	47	3.4 孔加工机床与刀具	107
2.1.4 刀具磨损与刀具使用寿命	51	3.4.1 钻床	107
2.2 金属切削过程基本规律的应用	59	3.4.2 镗床	108
2.2.1 工件材料的切削加工性	59	3.4.3 孔加工刀具	111
2.2.2 切削液	61	3.5 刨床与插床	117
2.2.3 刀具几何参数的合理选择	63	3.5.1 刨床	117
		3.5.2 插床	118
		3.6 铣床与铣刀	119
		3.6.1 铣床	119
		3.6.2 铣刀	120
		3.7 磨床与砂轮	122
		3.7.1 磨床	122

3.7.2 砂轮	126	及使用设备的选择	173
3.8 齿轮加工机床与齿轮刀具	129	5.4.2 加工阶段的划分	177
3.8.1 齿轮加工机床	129	5.4.3 工序的划分	178
3.8.2 齿轮刀具	141	5.4.4 工序的安排	179
* 第四章 组合机床与自动线简介	146	5.5 加工余量的确定	179
4.1 组合机床的组成及工艺特点	146	5.5.1 加工余量的概念	179
4.1.1 组合机床的组成	146	5.5.2 影响加工余量的因素	180
4.1.2 组合机床的特点	146	5.5.3 确定加工余量的方法	182
4.2 组合机床的工艺范围及配置形式	147	5.6 尺寸链	182
4.2.1 组合机床的工艺范围	147	5.6.1 尺寸链概念	182
4.2.2 组合机床的配置形式	147	5.6.2 尺寸链的分类	183
4.3 组合机床的通用部件	150	5.6.3 尺寸链计算的 基本公式	184
4.3.1 通用部件的分类	150	5.7 工序尺寸的确定	193
4.3.2 通用部件的型号、 规格及其配套关系	150	5.7.1 用算法确定 工序尺寸	193
4.3.3 组合机床的主要 通用部件	152	5.7.2 用图表法综合确定 工序尺寸	197
4.4 组合机床自动线	156	5.8 时间定额及经济分析	197
4.4.1 直接输送的组合机床 自动线	156	5.8.1 时间定额	197
4.4.2 间接输送的组合机床 自动线	157	5.8.2 工艺过程的经济分析	198
第五章 机械加工工艺规程的制定	160	第六章 机床夹具设计原理	205
5.1 零件制造的工艺过程	160	6.1 机床夹具概述	205
5.1.1 生产过程	160	6.1.1 机床夹具的分类	205
5.1.2 工艺过程	160	6.1.2 夹具的作用和组成	206
5.2 工艺规程的作用及设计步骤	163	6.2 工件的定位	208
5.2.1 工艺规程的格式	163	6.2.1 六点定位原理	208
5.2.2 工艺规程的作用	166	6.2.2 定位元件	212
5.2.3 工艺规程设计的步骤	166	6.2.3 定位误差	216
5.3 定位基准的选择	168	6.2.4 定位误差计算实例	222
5.3.1 基准的分类	168	6.3 工件的夹紧	224
5.3.2 工件的装夹与获得加工 精度的方法	169	6.3.1 夹紧力三要素设计 原则	224
5.3.3 定位基准的选择	171	6.3.2 常用的夹紧装置	226
5.4 工艺路线的拟定	173	6.4 机床夹具的基本要求和 设计步骤	236
5.4.1 零件各表面的加工方法		6.4.1 对机床夹具的 基本要求	236
		6.4.2 夹具设计的工具步骤	237

第七章 机械加工精度	243	的变化	281
7.1 机械加工精度的基本概念	243	8.3.3 机械加工后表面层的 残余应力	282
7.1.1 加工精度与加工误差	243	8.4 控制加工表面质量的 工艺途径	284
7.1.2 研究加工精度的方法	243	8.4.1 减小残余拉应力、防止磨 削烧伤和磨削裂纹的 工艺途径	284
7.2 影响加工精度的因素	244	8.4.2 采用冷压强化工艺	285
7.2.1 加工原理误差	245	8.4.3 采用精密和光整加工 工艺	286
7.2.2 机床误差	245	8.5 机械加工过程中的振动问题	289
7.2.3 工艺系统受力变形	250	8.5.1 振动的概念与类型	289
7.2.4 工艺系统的热变形	257	8.5.2 机械加工中的强迫 振动	290
7.2.5 工件残余应力引起的 变形	259	8.5.3 机械加工中的自激 振动	294
7.3 加工误差的统计分析	260	8.5.4 减少工艺系统振动的 途径	296
7.3.1 加工误差的分类	261	第九章 机器装配工艺	298
7.3.2 分布曲线法	261	9.1 机器装配基本问题概述	298
7.3.3 点图法	266	9.1.1 各种生产类型的 装配特点	298
7.4 提高加工精度的途径	268	9.1.2 零件精度与装配 精度的关系	299
7.4.1 减少误差法	268	9.1.3 装配中的连接方式	300
7.4.2 误差补偿法	268	9.2 保证装配精度的方法	300
7.4.3 误差分组法	269	9.2.1 互换法	300
7.4.4 误差转移法	270	9.2.2 选配法	305
7.4.5 “就地加工”法	270	9.2.3 修配法	308
7.4.6 误差平均法	271	9.2.4 调整法	311
7.4.7 控制误差法	271	9.3 装配工艺规程的制定	314
第八章 机械加工表面质量	275	9.3.1 装配工艺规程的内容	314
8.1 机械加工后的表面质量	275	9.3.2 装配工艺规程的制定 步骤和方法	315
8.1.1 表面质量的含义	275	* 第十章 非传统加工方法简介	320
8.1.2 表面质量对零件使用 性能的影响	276	10.1 概述	320
8.2 机械加工后的表面粗糙度	278	10.2 电解加工	320
8.2.1 切削加工后的表面 粗糙度	278		
8.2.2 磨削加工后的表面 粗糙度	279		
8.3 机械加工后的表面层物理 力学性能	280		
8.3.1 机械加工后表面层的 冷作硬化	280		
8.3.2 机械加工后表面层金相组织			

10.3	激光加工	321	11.2.3	物流系统及辅助 过程自动化	332
10.4	电子束与离子束加工	322	11.3	现代制造生产管理技术	334
10.4.1	电子束加工	322	11.3.1	现代制造系统管理 技术的研究内容和 技术特点	334
10.4.2	离子束加工	323	11.3.2	CIMS 管理技术	335
10.5	快速成形制造技术	324	11.3.3	精良生产的管理 技术	338
10.5.1	快速成形制造原理	324	11.3.4	敏捷制造	340
10.5.2	快速成形制造的 主要方法	325	11.3.5	MRP II 的管理模式	342
* 第十一章	现代制造技术简介	326	11.3.6	并行工程	343
11.1	概述	326	附录	中英文专业术语对照	346
11.2	现代制造系统物流 技术	327	参考文献		357
11.2.1	加工自动化及设备	328			
11.2.2	精密、超精密及纳米 加工技术	331			

绪 论

科学技术知识浩如烟海,科类繁多。机械制造技术是机械工程学科的重要技术基础,“机械制造技术基础”是机械工程类本科专业的主干专业基础课。在学习本课程之前,有必要了解一下机械制造技术的发展历史及未来的趋势,了解本课程的主要学习任务。

1. 制造业和机械制造技术在国民经济中的重要性

制造是人类最主要的生产活动之一。它是指人类根据所需目的,运用主观掌握的知识和技能,通过手工或可以利用的客观的物质工具与设备,采用有效的方法,将原材料转化为有使用价值的物质产品并投放市场的全过程。

制造业是所有与制造有关的行业的总体。它是国民经济的支柱产业之一。据统计,工业化国家中以各种形式从事制造活动的人员约占全国就业人数的四分之一。美国约 68% 的财富来源于制造业,日本国民生产总值的约 50% 由制造业创造,我国的制造业在工业总产值中约占 40%。另一方面,制造业为国民经济各部门和科技、国防提供技术装备,是整个工业、经济与科技、国防的基础。事实证明,制造业的兴旺与发展事关一国国力的兴衰。以美国为例,第二次世界大战后,由于其拥有当时最先进的制造技术,工业产品大量出口,成为工业霸主。但在 20 世纪 70 年代开始后,由于受到美国已进入“后工业化社会”观点的误导,认为应将发展重心由制造业转向纯高科技产业及第三产业,把制造业看作“夕阳工业”,忽视制造技术的提高与发展,致使制造业急剧滑坡,竞争实力下降,出口锐减。到 1986 年其贸易赤字达 1610 亿美元,且主要来自工业产品。为此,政府与企业界花费数百万美元,进行了大量的调查研究。美国关于工业竞争的总统委员会的报告指出:“美国在重要而又调整增长的技术市场中失利的一个重要因素是没有把自己的技术应用到制造业上”。麻省理工学院(MIT)对工业衰退的问题进行了多年的系统研究,经过对汽车、民用飞机、半导体和计算机、家用电器、机床等 8 个主要部门,200 多家公司的调研,提出《美国制造业的衰退及对策——夺回生产优势》。结论是:“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”,“经济的竞争归根到底是制造技术与制造能力的竞争”。美国朝野都已重新认识到制造业的重要性。1991 年白宫科技政策办公室发表的《美国国家关键技术》报告中,提出“对于国家繁荣与国家安全至关重要的”22 项技术中就有 4 项属于制造技术(材料加工、计算机一体化制造技术、智能加工设备、微型和纳米制造技术)。克林顿上台不久,于 1993 年 2 月在硅谷发表的《促进美国经济增长的技术——增强经济实力的新方向》报告中指出,“制造业仍是美国的经济基础”,“要促进先进制造技术的发展”。近年来,日本、美国、德国等工业发达国家都把先进制造技术列入工业与科技的重点发展计划。美国总统巴拉克·奥巴马上台伊始,就在 2009 年 4 月启动“教育创新计划”,提出“为了迎接本世纪的挑战,重新确认和加强美国作为科学发现和技术发明的世界发动机的作用绝对必要……这就是为什么我提出在未来 10 年中提高科学、技术、工程学和数学教育水平是国家的当务之急。”

机械制造业是制造业最主要的组成部分。它是为用户创造和提供机械产品的行业,包括了机械产品的开发、设计、制造生产、流通和售后服务全过程。目前,机械制造业肩负着双重任

务:一是直接为最终用户提供消费品;二是为国民经济各行业提供生产技术装备。因此,机械制造业是国家工业体系的重要基础和国民经济的重要组成部分,机械制造技术水平的提高与进步将对整个国民经济的发展和科技、国防实力产生直接的作用和影响,是衡量一个国家科技水平的重要标志之一,在综合国力竞争中具有重要的地位。

我国的机械制造业已具有相当规模和一定的技术基础,成为我国工业体系中最大的产业之一。现在中国制造业占世界制造业的份额超过9%,2007年,中国出口达到12180.2亿美元。据联合国工业发展组织估算,2007年中国制造业增加值(MVA)占世界的11.44%。2006年中国制造业有172类产品产量居世界第一。世界70%的DVD和玩具,50%的电话、鞋,超过1/3的彩电、箱包等产自中国。进入新的世纪,我国的制造业抓住机遇,得到了快速的发展,到2010年,我国机械工业规模以上企业达10.5万家,从业人员1752万人;资产总额达到10.4万亿元,比2000年增长了4.3倍;机械工业增加值在全国工业中的比重达19.3%,居各行业之首;全年完成总产值达14.38万亿元,是2000年的12倍;实现利润超过9000亿元。“中国制造”风靡全球,为我国在国际金融危机背景下保持稳定增长,成为全球出口第一大国及世界第二经济强国做出了重要贡献。

随着科技、经济、社会的日益进步和快速发展,日趋激烈的国际竞争及不断提高的人民生活水平对机械产品在性能、价格、质量、服务、低碳、安全、环保及多样性、可靠性、准时性等方面提出的要求越来越高,对先进的生产技术装备、科技与国防装备的需求越来越大,机械制造业面临着新的发展机遇和挑战。

2. 机械制造技术发展简史

机械制造技术的历史源远流长,发展到今天,是世界各国人民的聪明才智和发明创造的共同积累,我国人民也为此做出了堪以称道的贡献。据考古科学证实,距今3万年前,广西柳江人、内蒙古河套人、北京周口店山顶洞人已经发明了琢钻和磨制技术。从秦始皇陵出土的2200多年前的铜车马上,带锥度的铜轴与轴承的配合相当紧密,极有可能是磨削而成的。河北满城一号汉墓出土的五铢钱,其外圆有均匀的车削刀痕,上面的切削振动波纹清晰,椭圆度很小,估计是将其中心方孔穿在方轴上,再装夹于木制车床上旋转,手持刀具车削出来的。同墓出土的还有铁锉、三棱形青铜钻,经过渗碳处理的铁剑和书刀、青铜弩机和箭头。其中青铜弩机结构复杂,而且加工精度高,说明当时(公元前206—220年)的机械制造技术已达到了一定的水平。1668年我国已有了马拉铣床和脚踏砂轮机。1775年英国的约翰·威尔金森(J. Wilkinson)为加工瓦特蒸汽机的汽缸,研制成功镗床,此后至1860年期间,先后出现了车、铣、刨、插、齿轮、螺纹加工等各种机床。

1860年后,由于冶金技术的发展,钢铁材料成为主要的结构材料。由于其加工难度增大,迫切需要使用新的刀具材料,1898年出现了高速钢,1907年德国首先研制出硬质合金,使切削速度分别提高4~20倍。这又促进了机床的速度、功率、刚性和精度等性能的改进与提高及加工工艺系统的进步。此后,新型工程材料的出现等相关技术的发展,对机械加工在生产率、加工精度、生产成本、生产过程自动化等方面不断提出了新的要求,促使了整个机械制造的理论技术的不断进步与发展。时至今日,切削刀具材料已从碳素工具钢、高速钢、硬质合金发展到陶瓷、人造金刚石、立方氮化硼、涂层刀具等;机床已由皮带传动、齿轮传动发展到电磁直接驱动,其主轴转速已从每分钟数十转、数百转发展到数千转、数万转;加工精度由当年瓦特蒸汽机汽缸的1mm级提高到现代制造技术的0.01 μm 甚至达到原子尺度(0.1nm)的加工水平。在自动化加工技术方面,随着计算机技术的发展和运用,从20世纪60年代起,数控机床、加工

中心、柔性加工系统等高效、高精度、高自动化的现代制造技术等得到了飞速的发展和应

用。中华人民共和国成立之前,我国的机械工业处在以修配为主的水平,全国只有9万台简陋的机床,技术水平生产率低。新中国建立之后,我国的机械制造工业和制造技术得到了迅速的发展。经过60多年的努力,已形成了具有相当规模、较高的技术水平和较完善的机械工业体系。全国现在拥有机床超过400万台,具有较强的成套设备制造能力。大型的水电、火电机组和核电设备,钻探、采矿设备,造船、高速列车技术等已达到世界先进水平。2009年,我国汽车产销达1400万辆,首次超过美国成为全球第一汽车产销大国,2010年我国汽车产销均超过1800万辆,数控机床产量超过22万台,而运载火箭、人造卫星技术、载人航天工程等更反映了我国机械工业的技术水平。但是,与发达工业国家相比,我们在不少方面仍存在着较大差距。例如,我国机械工业人均生产率仅为发达国家的1/10左右;材料利用率约为60%,而国外先进水平为80%;机电产品交货期我国为1~2年,而国外仅为3~6个月;我国机电产品的出口比例尤其是高新技术机电产品、成套设备出口比例及出口竞争力还需进一步提高。随着经济的全球化,尤其在我国加入WTO以后,国际经济竞争已进入短兵相接的阶段。前所未有的全球金融危机,不但深刻影响了国际政治经济秩序和世界格局的变革,也影响着科技教育的发展乃至生产生活方式的改变。例如,世界各国在规划新的经济增长方式,将物联网作为新的发展战略,物联网技术的发展将给全球的生产生活方式带来新的革命性的变化,机械制造产业和制造技术也莫能例外。在新的形势下,我国的机械制造业要有强烈的危机感、紧迫感,以只争朝夕的精神,全力提高机械制造技术水平、降低生产成本,发展先进制造技术,掌握核心高新技术,实施“创新驱动、强化基础、主攻高端、两化(信息化与工业化)融合、绿色为先”的五大战略,提高整体竞争能力,迎接新的机遇和挑战。

3. 现代制造技术发展趋势

现代制造技术发展的总的趋势是机械制造科技与材料科技、电子科技、信息科技、环保科技、管理科技等的交叉、融合。具体将主要集中在如下几个方面:

(1) 机械制造基础技术。切削(含磨削)加工仍然是机械制造的主导加工方法,提高生产率和质量是今后的发展方向。强化切削用量(如超高速切削),高精度、高效切削机床与刀具,最佳切削参数的自动优选,自动快速换刀技术,刀具的高可靠性和在线监控技术,成组技术(GT),自动装配技术等将得到进一步的发展和应

用。(2) 超精密及超细微加工技术。各种精密、超细微加工技术,超精密与纳米加工技术在微电子芯片、光子芯片制造,超精密微型机器及仪器,微机电系统(MEMS)等尖端技术及国防尖端装备领域中将大显身手。精密加工可以稳定地达到亚微米级精度,而扫描隧道显微(STM)加工和原子力显微(AFM)加工甚至可实现原子级的加工。微机电系统技术将应用于生物医学、航空航天、信息科学、军事国防以至于工业、农业、家庭等广泛的领域。

(3) 自动化制造技术。自动化制造技术将进一步向柔性化、智能化、集成化、网络化发展。计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机辅助装配工艺设计(CAAP)、快速成型(RP)等技术将在新产品设计方面得到更全面的应用和完善。高性能的计算机数控(CNC)机床、加工中心(MC)、柔性制造单元(FMC)等将更好地适应多品种、小批量产品的高质、高效加工制造。精益生产(LP)、准时生产(JIT)、并行工程(CE)、敏捷制造(AM)等先进制造生产管理模式将主导新世纪的制造业。

(4) 绿色制造技术。在机械制造业综合考虑社会、环境、资源等可持续发展因素的绿色制造(无浪费制造)技术,将朝着能源与原材料消耗最小,所产生的废弃物最少并尽可能回收利

用,在产品的整个生命周期中对环境无害等方面发展。

4. 本课程的性质、目的与基本要求

“机械制造技术基础”是机械类各专业的主干专业技术基础课程。通过本课程的教学,应使学生了解和掌握机械制造技术的有关基本理论、基本知识和基本技能,为后续课程学习打下良好的基础。

对本课程学习的要求是:

(1) 以金属切削理论为基础,要求掌握金属切削的基本原理和基本知识,并根据具体情况合理选择加工方法(机床、刀具、切削用量、切削液等)的初步能力。

(2) 以制造工艺为主线,要求了解和掌握机械加工工艺过程和装配工艺过程的基本原理和基本知识,具有设计工艺规程的初步能力。

(3) 要了解常用工艺装备(主要指通用机床、刀具、夹具等),懂得选用,并具有初步设计(主要指夹具)能力。

(4) 初步树立质量观念,了解加工精度与表面质量的形成及变化的基本知识和规律。

(5) 对机械制造技术的发展趋势有一定了解。

第一章 金属切削过程的基础知识

本章提要

目前,绝大多数零件的机械加工都要通过金属切削过程来完成。金属切削过程就是刀具从工件上切除多余的金属,使工件获得规定的加工精度与表面质量。因此,要进行优质、高效与低成本的生产,必须重视金属切削过程的研究。本章主要介绍金属切削过程的基础知识,分为两大部分:第一部分基本定义,介绍金属切削过程方面的一些基本概念,包括切削运动、切削用量、参考系(基面、切削平面、主剖面)、刀具标注角度、切削层参数等;第二部分刀具材料,介绍刀具材料应具备的性能(硬度、耐磨性、强度、韧性、耐热性、工艺性、经济性),两种常用的刀具材料(高速钢、硬质合金)和其他刀具材料(涂层、陶瓷、人造金刚石、立方氮化硼)。

1.1 基本定义

金属切削过程是工件和刀具相互作用的过程。图 1.1 分别为其中的车削与铣削,刀具从工件上切除多余的金属,并在高生产率和低成本的前提下,使工件得到符合技术要求的形状、位置、尺寸精度和表面质量。为实现这一过程,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。机床、夹具、刀具和工件,构成一个机械加工工艺系统,切削过程的各种现象和规律都在这个系统的运动状态中去研究。综合比较各种切削方式的刀具,它们都有类似车刀的部分,而正是这个部分实现了金属的切削。下面就以普通的外圆车刀为例,介绍车刀的切削部分的基本定义。

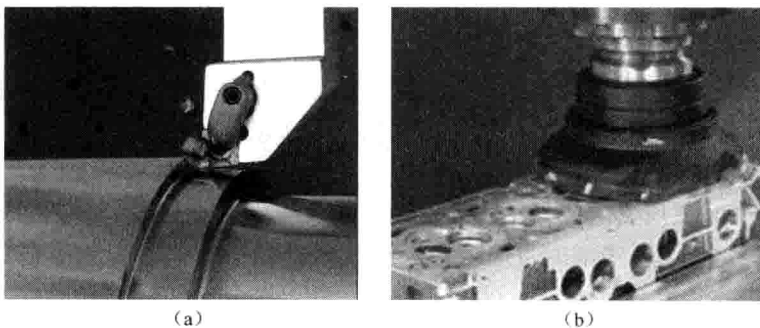


图 1.1 车削和铣削

1.1.1 切削运动与切削用量

在金属切削中,为了要从工件中切去一部分金属,刀具与工件之间必须完成一定的切削运动。如外圆车削时,工件作旋转运动,刀具作连续纵向直线运动,形成了工件的外圆柱表面。在新的表面的形成过程中,工件上有三个依次变化的表面(图 1.2)。

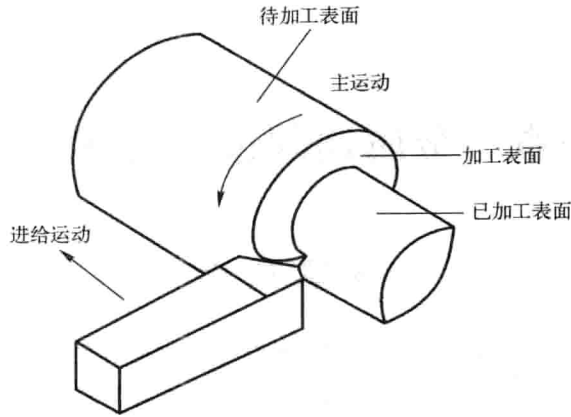


图 1.2 外圆车削时的切削运动

待加工表面:即将被切去金属层的表面;

加工表面:切削刃正在切削着的表面;

已加工表面:已经切去一部分金属形成的新表面。

这些定义也适用于其他切削。图 1.3(a)、(b)、(c)分别示出了刨削、钻削、铣削时的切削运动。

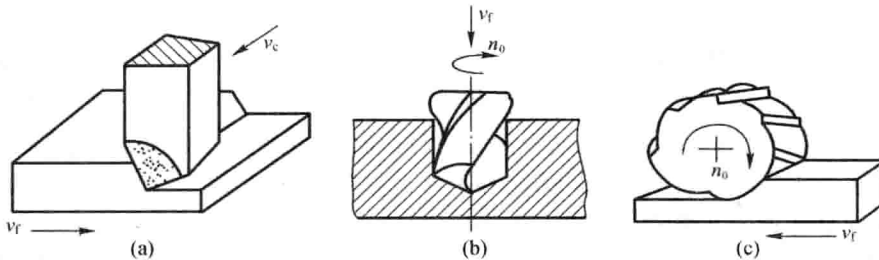


图 1.3 刨钻铣时的切削运动

1.1.1.1 切削运动

金属切削机床的基本运动有直线运动和回转运动。但是,按切削时工件与刀具相对运动所起的作用来分,可分为主运动和进给运动,如图 1.2 所示。

1) 主运动

主运动是切下金属所必需的最主要的运动。通常它的速度最高,消耗机床功率最多。机床的主运动只有一个。车、镗削的主运动是工件与刀具的相对旋转运动。

2) 进给运动

使新的金属不断投入切削的运动。它保证切削工作连续或反复进行,从而切除切削层形成已加工表面。机床的进给运动可由一个、两个或多个组成,通常消耗功率较小。进给运动可以是连续运动,也可以是间歇运动。

3) 合成运动与合成切削速度

当主运动与进给运动同时进行时,刀具切削刃上某一点相对工件的运动称为合成切削运动,其大小与方向用合成速度向量 v_c 表示。如图 1.4 所示,合成速度向量等于主运动速度与进给运动速度的向量和,即

$$v_e = v_c + v_f \quad (1.1)$$

1.1.1.2 切削用量三要素

在切削加工过程中,需要针对不同的工件材料、刀具材料和其他技术经济要求来选定适宜的切削速度 v_c 、进给量 f 或进给速度 v_f 值,还要选定适宜的背吃刀量 a_p 值 v_c 、 f 、 a_p 称为切削用量三要素。

1) 切削速度

大多数切削加工的主运动采用回转运动。回旋体(刀具或工件)上外圆或内孔某一点的切削速度计算公式如下:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (\text{m/s 或 m/min}) \quad (1.2)$$

式中 d ——工件或刀具上某一点的回转直径(mm);

n ——工件或刀具的转速(r/s 或 r/min)。

当前生产中,磨削速度单位用米/秒(m/s),其他加工的切削速度单位习惯用米/分(m/min)。

在转速 n 值一定时,切削刃上各点的切削速度不同。考虑到刀具的磨损和已加工表面质量等因素,计算时,应取最大的切削速度。如外圆车削时计算待加工表面上的速度(用 d_w 代入式(1.2)),钻削时计算转头外径处的速度。

2) 进给速度、进给量和每齿进给量

进给速度 v_f 是单位时间的进给量,单位是 mm/s(mm/min)。

进给量 f 是工件或刀具每回转一周时两者沿进给运动方向的相对位移,单位是 mm/r(毫米/转)。

对于刨削、插削等主运动为往复直线运动的加工,虽然可以不规定进给速度,却需要规定间歇进给的进给量,其单位为 mm/d·st(毫米/双行程)。

对于铣刀、铰刀、拉刀、齿轮滚刀等多刃切削工具,在它们进行工作时,还应规定每一个刀齿的进给量 f_z ,即后一个刀齿相对于前一个刀齿的进给量,单位是 mm/Z(毫米/齿)。

显而易见

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot Z \cdot n \quad (\text{mm/s 或 mm/min}) \quad (1.3)$$

3) 背吃刀量

对于车削和刨削加工来说,背吃刀量 a_p 为工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,单位为 mm。外圆柱表面车削的背吃刀量可用下式计算:

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (\text{mm}) \quad (1.4)$$

对于钻孔工作

$$a_p = \frac{d_m}{2} \quad (\text{mm}) \quad (1.5)$$

式中 d_m ——已加工表面直径(mm);

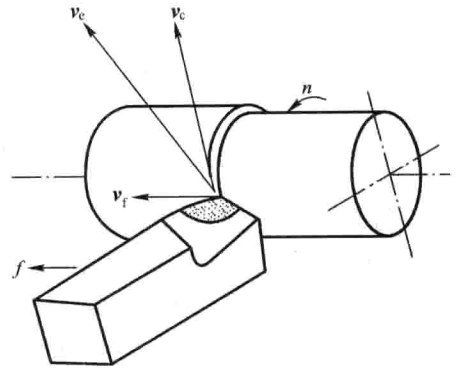


图 1.4 切削时合成切削速度