



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械制造 技术基础

主编 曾志新 刘旺玉



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械制造技术基础

Jixie Zhizao Jishu Jichu

主编 曾志新 刘旺玉



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

“机械制造技术基础”是机械工程学科各专业的主干专业技术基础课程,是现代机械工程高级专门技术人才的必修课程。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,全书以金属切削理论为基础,以回转体和非回转体零件的制造工艺为主线,以加工质量为目标,兼顾工艺装备知识,并对装配工艺及生产线进行介绍。

本书除绪论外共四篇八章,即第一篇金属切削基础知识(第一、二章),第二篇零件加工工艺与装备(第三、四、五章),第三篇机械加工质量(第六、七章),第四篇机器装配工艺(第八章),各章末编有本章小结、思考题与练习题,书后附有机制造技术名词术语中英文对照。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,可用做普通高等学校机械类宽口径专业及近机械类专业教材,也可供从事机械行业的工程技术人员和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/曾志新,刘旺玉主编. —北京:高等教育出版社,2011.6

ISBN 978-7-04-031858-6

I. ①机… II. ①曾…②刘… 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 064769号

策划编辑 卢 广

责任编辑 薛立华

封面设计 张 志

版式设计 马敬茹

插图绘制 尹 莉

责任校对 金 辉

责任印制 韩 刚

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 北京市朝阳展望印刷厂
开 本 787x1092 1/16
印 张 21.75
字 数 530 000
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.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2011 年 6 月第 1 版
印 次 2011 年 6 月第 1 次印刷
定 价 34.00 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 31858-00

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

前 言

为适应当前科学技术的飞速发展,适应高等教育尤其是高等工程教育改革形势,适应宽口径机械类普通本科专业人才培养及新的课程教学的需求,根据普通高等教育“十一五”国家级规划教材编写出版计划,我们在总结所主持的国家级精品课程、国家级双语教学示范课程“机械制造技术基础”的课程建设及近年来教学改革实践经验的基础上编写了本书。

“机械制造技术基础”是现代机械制造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,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。全书以金属切削理论为基础,参考借鉴国内外优秀教材的新发展,以回转体和非回转体零件的制造工艺为主线,以加工质量为目标,兼顾工艺装备知识,并对装配工艺及生产线进行介绍。

为便于教学,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,各章末均编有本章小结、思考题与练习题。

本书建议课堂教学学时数为62学时,各章教学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,12学时;第四章,20学时;第五章,4学时;第六章,4学时;第七章,4学时;第八章,2学时。

本书由华南理工大学曾志新、刘旺玉主编,具体编写分工如下:曾志新编写绪论,第一、二章;刘旺玉编写第三、四章;华南理工大学全燕鸣编写第五章;华南理工大学李勇编写第六、七章;华南理工大学林颖编写第八章。参加统稿的工作人员有曾志新、刘旺玉、李勇、全燕鸣等。

在本书的编审及出版过程中,得到了华南理工大学教务处、华南理工大学招生办公室、华南理工大学机械与汽车工程学院的领导和同志们的指导和支持;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;清华大学王先逵教授对本书给予高度的肯定,并提出了宝贵的意见。在此一并表示诚挚的谢意!编写的过程中参阅引用了大量的文献资料及教材,无法一一列出,在此谨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:mewyliu@scut.edu.cn)。

编 者
2011年3月

目 录

第一篇 金属切削基础知识

绪论	3	2.1.1 切削变形	34
第一章 金属切削过程的基础知识	7	2.1.2 切削力	46
1.1 基本定义	7	2.1.3 切削热与切削温度	59
1.1.1 切削运动与切削用量	8	2.1.4 刀具磨损与刀具使用寿命	63
1.1.2 刀具切削部分的基本定义	10	2.2 金属切削过程基本规律的应用	71
1.1.3 刀具角度的换算	14	2.2.1 工件材料的切削加工性	71
1.1.4 刀具工作角度	17	2.2.2 切削液	73
1.1.5 切削层参数与切削形式	20	2.2.3 刀具几何参数的合理选择	75
1.2 刀具材料	22	2.2.4 切削用量的合理选择	80
1.2.1 刀具材料应具备的性能	23	2.3 目前金属切削发展的几个前沿	
1.2.2 常用的刀具材料	23	方向	83
1.2.3 其它刀具材料	26	2.3.1 高速高效切削	83
本章小结	32	2.3.2 绿色切削	83
思考题与练习题	33	2.3.3 微细切削	84
第二章 金属切削过程的基本规律及其		本章小结	86
应用	34	思考题与练习题	87
2.1 金属切削过程的基本规律	34		

第二篇 零件加工工艺与装备

第三章 零件加工工艺的基本概念与		3.4.1 基准的分类	102
知识	91	3.4.2 定位基准的选择	103
3.1 零件机械加工的目标与内容	91	3.4.3 定位误差及计算	106
3.2 机械加工工艺基本概念	91	3.4.4 定位误差的组成	107
3.2.1 生产过程	91	3.4.5 各种定位方法的定位误差计算	107
3.2.2 工艺过程	92	3.5 工件的夹紧	113
3.2.3 生产纲领与生产类型	94	3.5.1 夹紧力的方向	113
3.3 工件定位原理	94	3.5.2 夹紧力的作用点	114
3.3.1 六点定位原理	94	3.5.3 夹紧力的大小	115
3.3.2 定位方式和定位元件	97	3.6 工件的装夹与获得加工精度的	
3.3.3 定位符号及其标注	99	方法	116
3.4 定位基准的选择与定位误差的		3.6.1 工件装夹方式	116
计算	102	3.6.2 零件获得尺寸精度的方法	117
		3.6.3 零件获得形状精度的方法	117

3.7 机床运动分析	119	4.4.3 CA6140 型车床主轴加工工艺 分析	184
3.7.1 机床的分类	119	本章小结	192
3.7.2 机床的型号编制	120	思考题与练习题	192
3.7.3 机床的主要技术参数	124	第五章 非回转体零件加工工艺与 装备	194
3.7.4 机床运动分析	127	5.1 铣削加工	194
3.8 零件工艺规程制订的基本原则与 步骤	129	5.1.1 铣削加工方法概述	194
3.8.1 工艺规程及其应用	129	5.1.2 铣削参数和铣削方式	196
3.8.2 机加工零件的结构工艺性	130	5.1.3 铣刀的类型及用途	199
3.8.3 加工阶段的划分	132	5.1.4 铣刀角度	202
3.8.4 工序的划分	133	5.1.5 铣床的类型及用途	204
3.8.5 工序的安排	134	5.2 刨削和插削加工	206
3.9 加工余量、工艺尺寸链、经济加工 精度	135	5.2.1 刨削加工方法概述	206
3.9.1 加工余量的概念	135	5.2.2 插削加工方法概述	207
3.9.2 影响加工余量的因素	135	5.2.3 刨刀与插刀	207
3.9.3 确定加工余量的方法	137	5.2.4 刨床与插床	208
3.9.4 工艺尺寸链	138	5.3 拉削加工	210
3.9.5 经济加工精度	149	5.3.1 拉削加工方法概述	210
本章小结	149	5.3.2 拉刀	211
思考题与练习题	150	5.3.3 拉床	214
第四章 回转体零件加工工艺与装备	159	5.4 磨削加工	214
4.1 车削加工方法	159	5.4.1 平面磨削	215
4.1.1 车削概要	159	5.4.2 成形磨削	219
4.1.2 车床的主要技术参数与类型	161	5.4.3 非回转表面加工用磨床	222
4.1.3 车刀结构与材料	164	5.5 非回转表面加工中工件的装夹	224
4.1.4 车床用夹具与附件	169	5.5.1 非回转表面加工用夹具的结构	224
4.2 磨削加工方法	170	5.5.2 加工非回转表面时工件的安装	225
4.2.1 外圆磨床	170	5.5.3 铣床夹具特点及设计要点	228
4.2.2 无心外圆磨床	171	5.5.4 非回转体在磨床上的装夹	230
4.2.3 内圆磨床	173	5.6 非回转表面加工分析与工艺 应用	232
4.3 孔加工机床与刀具	173	5.6.1 非回转表面加工分析	232
4.3.1 钻床	174	5.6.2 非回转零件的加工工艺案例 分析	233
4.3.2 镗床	174	本章小结	239
4.3.3 孔加工刀具	177	思考题与练习题	240
4.4 回转体的加工工艺案例分析	183		
4.4.1 数控车床加工的典型零件	183		
4.4.2 复杂形状的零件加工	183		

第三篇 机械加工质量

第六章 机械加工精度	243	7.1 机械加工后的表面质量	278
6.1 机械加工精度的基本概念	243	7.1.1 表面质量的含义	278
6.1.1 加工精度与加工误差	243	7.1.2 表面质量对零件使用性能的影响	279
6.1.2 研究加工精度的方法	243	7.2 机械加工后的表面粗糙度	282
6.2 影响加工精度的因素	244	7.2.1 切削加工后的表面粗糙度	282
6.2.1 加工原理误差	245	7.2.2 磨削加工后的表面粗糙度	283
6.2.2 机床误差	246	7.3 机械加工后表面层的物理力学性能	283
6.2.3 工艺系统受力变形	251	7.3.1 机械加工后表面层的冷作硬化	283
6.2.4 工艺系统的热变形	258	7.3.2 机械加工后表面层金相组织的变化	284
6.2.5 工件残余应力引起的变形	261	7.3.3 机械加工后表面层的残余应力	286
6.3 加工误差的统计分析	262	7.4 控制加工表面质量的工艺途径	289
6.3.1 加工误差的分类	262	7.4.1 减小残余拉应力、防止磨削烧伤和磨削裂纹的工艺途径	289
6.3.2 分布曲线法	263	7.4.2 采用冷压强化工艺	289
6.3.3 点图法	268	7.4.3 采用精密和光整加工工艺	290
6.4 提高加工精度的途径	270	7.5 机械加工过程中的振动问题	294
6.4.1 减少误差法	270	7.5.1 振动的概念与类型	294
6.4.2 误差补偿法	270	7.5.2 机械加工中的强迫振动	294
6.4.3 误差分组法	271	7.5.3 机械加工中的自激振动	299
6.4.4 误差转移法	271	7.5.4 减少工艺系统振动的途径	301
6.4.5 “就地加工”法	272	本章小结	301
6.4.6 误差平均法	272	思考题与练习题	301
6.4.7 误差补偿法	273		
本章小结	274		
思考题与练习题	274		
第七章 机械加工表面质量	278		

第四篇 机器装配工艺

第八章 机器装配工艺	305	8.2.3 修配法	315
8.1 机器装配基本问题概述	305	8.2.4 调整法	318
8.1.1 各种生产类型的装配特点	305	8.3 装配工艺规程的制订	321
8.1.2 零件精度与装配精度的关系	306	8.3.1 装配工艺规程的内容	321
8.1.3 装配中的连接方式	307	8.3.2 装配工艺规程的制订步骤和方法	321
8.2 保证装配精度的方法	307	本章小结	324
8.2.1 互换法	307	思考题与练习题	325
8.2.2 选配法	312		
机械制造技术名词术语中英文对照	327		
参考文献	336		

第一篇

金属切削基础知识

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程。在学习本课程之前,有必要了解机械制造技术的发展历史及未来趋势,了解本课程的主要学习任务。

一、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作业人数的四分之一。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%。另外,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。但从 20 世纪 70 年代开始,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,把制造业看做“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 1 610 亿美元,且主要来自工业产品。为此,美国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《美国国家关键技术》报告,提出的“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《促进美国经济增长的技术——增强经济实力的新方向》报告,指出“制造业仍是美国的经济基础”,提出“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的最主要组成部分。它是为用户创造和提供机械产品的行业,包括机

机械产品的开发、设计、制造生产、应用和售后服务全过程。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。2006年,我国制造业有172类产品产量居世界第一。全世界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。目前,我国制造业占世界制造业的份额超过9%,2007年制造业出口总额达到12180.2亿美元。据联合国工业发展组织估算,2007年我国制造业增加值(MVA)占世界的11.44%。进入新的世纪,我国的制造业抓住机遇,得到了快速的发展,“中国制造”风靡全球,为我国在国际金融危机背景下保持较快增长,成为全球出口第一大国并即将成为世界第二经济强国作出了重要贡献。

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。

二、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结集,我国人民也为此作出了堪为称道的贡献。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。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。其中青铜弩机的结构复杂,而且加工精度高,说明当时(公元前220—206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)为了加工瓦特蒸汽机的气缸,研制成功镗床,此后至1860年期间,先后出现了车削、铣削、刨削、插削、齿轮加工、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和相关技术的发展,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新的要求,促进了整个机械制造的理论与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气缸的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应用,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。

新中国成立之前,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,技术水平生产率低下。新中国成立之后,我国的机械制造业和制造技术得到了迅速的发展。经过60年的努力,已形成了具有相当规模和较高技术水平的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,而运载火箭、人造卫星技术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,我国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和生活方式的改变。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和生活方式带来新的革命性的变化,机械制造业和制造技术也不能例外。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,促进产品升级换代,提高整体竞争能力,迎接新的机遇和挑战。

三、现代制造技术发展趋势

现代制造技术发展的总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)、快速成形(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。

四、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,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,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) 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

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。金属切削过程就是用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:基本定义,即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、正交平面)、刀具标注角度、切削层参数等;刀具材料,即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)和其它刀具材料(涂层、陶瓷、人造金刚石、立方氮化硼)。

1.1 基本定义

从学科的角度来说,当今和未来的成形工艺可以概括为受迫成形(如铸造)和离散-堆积成形、生长成形和去除成形。其中,去除成形仍然在当今的机械制造中占有很大的比例,切削成形是去除成形中最为重要的一种,如车削、铣削、刨削和磨削等。图 1.1a、b 分别为车削和铣削。

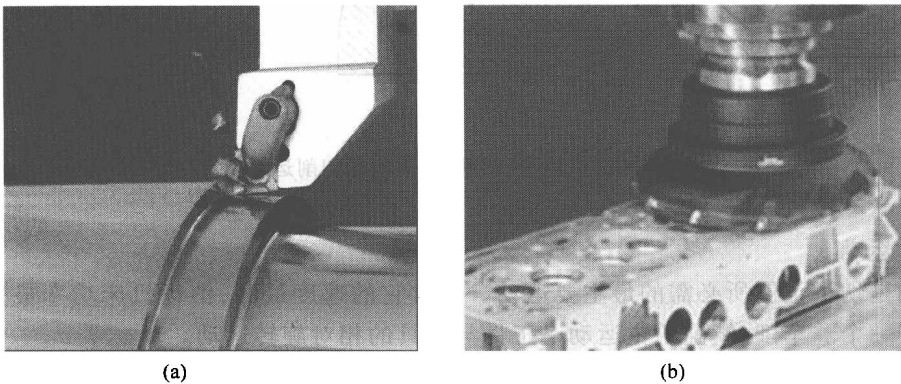


图 1.1 车削和铣削

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,介绍车刀切削部分的基本定义。

金属切削过程是工件和刀具相互作用的过程。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。

1.1.1 切削运动与切削用量

在金属切削中,为了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,加工出工件的外圆柱表面。在新表面的形成过程中,工件上有三个依次变化的表面(图 1.2),即

待加工表面:将被切去金属层的表面;

过渡表面:切削刃正在切削着的表面,也称为加工表面;

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它切削。图 1.3a、b、c 分别为刨削、钻削、铣削时的切削运动。

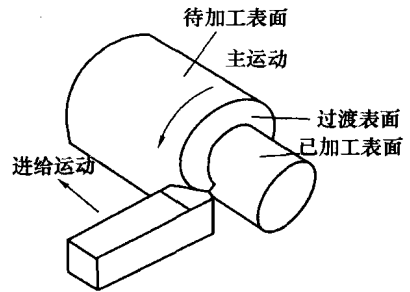


图 1.2 外圆车削时的切削运动

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。

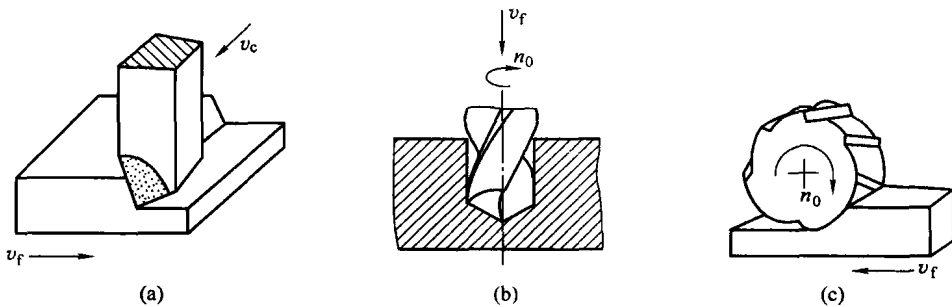


图 1.3 刨削、钻削、铣削时的切削运动

(1) 主运动

主运动是切下金属所必需的最主要运动。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。车削、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,通常消耗功率较少。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 $\mathbf{v}_c$ 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

$$\mathbf{v}_c = \mathbf{v}_c + \mathbf{v}_f \quad (1.1)$$

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、刀具材料和其它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(单位为 m/s 或 m/min)计算公式如下:

$$v_c = \frac{\pi dn}{1\,000} \quad (1.2)$$

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。

在当前生产中,磨削速度单位用 m/s(米/秒),其它加工的切削速度单位习惯用 m/min(米/分钟)。

当转速 n 值一定时,切削刃上各点的切削速度不同。考虑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 代入公式),钻削时计算钻头外径处的速度。

(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,单位为 mm/s 或 mm/min。

进给量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,单位为 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/dst(毫米/双行程)。

对于铣刀、铰刀、拉刀、齿轮滚刀等多刃切削刀具,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,单位为 mm/z(毫米/齿)。

显而易见

$$v_f = fn = f_z zn \quad (1.3)$$

(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。车削外圆柱表面的背吃刀量可用下式计算:

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

对于钻孔工作

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

式中: d_m ——已加工表面直径, mm;

d_w ——待加工表面直径, mm。

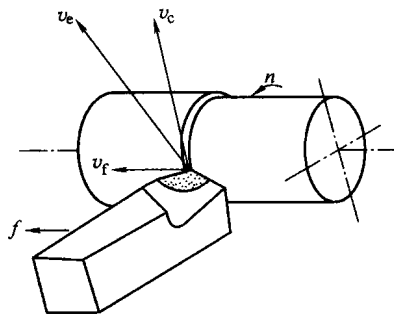


图 1.4 切削时合成切削速度