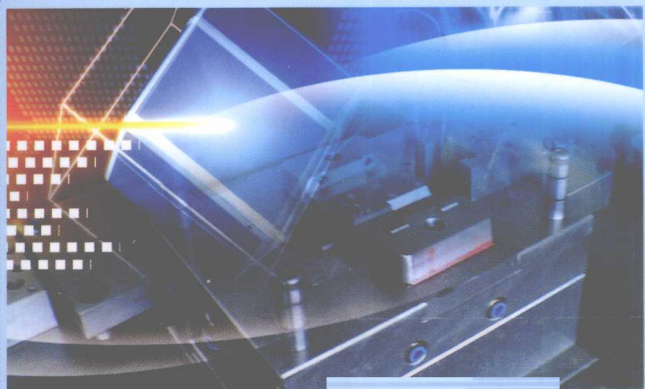
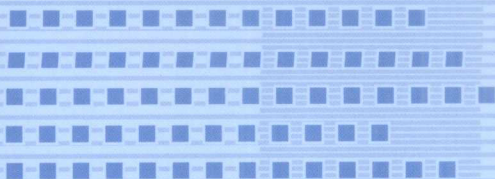




面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果



机械制造技术

JIXIE ZHIZAO JISHU

◎ 主 编 王 荣 王维昌

◎ 主 审 曾效舒

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

本书系统地介绍了从毛坯到成品整个制造过程中所涉及的机械制造的基本知识, 主要章节包括: 金属切削基本知识、机械加工工艺规程、金属切削机床与刀具、工件的定位夹紧与夹具设计、机械加工质量分析、典型表面加工方法、机械装配工艺基础、现代加工技术简介。各章都具有本章知识点、先导案例、知识拓展、先导案例解决、生产学习经验和本章小结等内容, 并均附有一定数量、难度适中的思考题和习题。

本书适合作为高等院校机械类和近机类各专业的教材, 也可供相关工程技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造技术/王荣, 王维昌主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 7
ISBN 978-7-5640-3649-2

I. ①机… II. ①王… ②王… III. ①机械制造工艺-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 158693 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京燕旭开拓印务有限公司

开 本 / 710 毫米×1 000 毫米 1/16

印 张 / 18.75

字 数 / 352 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1 500 册

定 价 / 38.00 元

责任编辑/张旭莉

张慧峰

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

掌握机械制造技术是机械类专业学生的一项必要的职业技能要求。在总结近年来高等教育教学改革经验的基础上,根据企业生产一线对应用型高等技术人才在机械制造技术方面的技能要求,结合机械制造技术的发展趋势,将原机械类专业的“金属切削原理与刀具”“金属切削机床”“机械制造工艺学”“机床夹具设计”等课程的相关内容有机地结合在一起,形成了机械制造技术教材的新体系。

本教材的内容紧紧围绕机械制造过程中各相关知识点,尽量避免理论过深以及与实际应用关系不大的内容;各章节内容有着内在的必然联系,但又不片面追求某一方面知识的系统性、完整性;重点突出,实用性强,符合机械类相关专业高等教育培养目标的要求和高等教育的特点,有利于学生实践能力和工程素质的培养。

全书除绪论外共分为8章,主要内容包括金属切削基本知识、机械加工工艺规程、金属切削机床与刀具、工件的定位夹紧与夹具设计、机械加工质量分析、典型表面加工方法、机械装配工艺基础、现代加工技术简介。各章都具有本章知识点、先导案例、知识拓展、先导案例解决、生产学习经验和本章小结等内容,并均附有一定数量、难度适中的思考题和习题,可以帮助读者进一步巩固所学知识。

本书由王荣教授、王维昌担任主编,绪论、第4章和第8章由王荣编写,第3章、第7章由王维昌编写,第2章、第6章由叶向阳编写,第1章由陈凌佳编写,第5章由熊杰编写,王亚真、王素英编写了其中的部分实例。全书由王荣统稿,南昌大学曾效舒教授主审。在本书的编写过程中,参考了兄弟院校编写的有关教材和资料,在此对相关作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免存在错误和不妥之处,恳请使用本书的专家、同行和广大读者批评指正。

编 者



24	.....	章小第
24	.....	图是思
24	.....	图区

目 录

14	.....	野路艺工工能制材	章5第
绪论	.....		1
0.1	机械制造技术的定义	.....	1
0.2	机械制造技术的发展现状	.....	1
0.3	现代制造技术的特点	.....	2
0.4	本课程的特点和任务	.....	3
第1章	金属切削基本知识	.....	4
1.1	基本概念	.....	4
1.1.1	切削运动	.....	4
1.1.2	切削用量	.....	6
1.2	切削刀具几何角度	.....	8
1.2.1	刀具切削部分的结构要素	.....	8
1.2.2	刀具静止角度参考系及其坐标平面	.....	9
1.2.3	刀具标注角度	.....	10
1.2.4	刀具工作角度	.....	13
1.3	刀具材料	.....	15
1.3.1	刀具材料应具备的性能	.....	15
1.3.2	常用的刀具材料	.....	17
1.4	切削液	.....	20
1.4.1	切削液的种类	.....	20
1.4.2	切削液的作用	.....	21
1.4.3	切削液的合理选用	.....	22
1.5	金属切削过程及其规律	.....	24
1.5.1	金属切削过程中的变形	.....	24
1.5.2	积屑瘤	.....	26
1.5.3	切削力	.....	28
1.5.4	切削热和切削温度	.....	31
1.5.5	刀具磨损及原因	.....	33
1.5.6	刀具磨损过程及磨钝标准	.....	35
1.5.7	刀具的耐用度和刀具寿命	.....	36
1.5.8	切削用量的合理选择	.....	37

本章小结	45
思考题	45
习题	45
目 录	
第2章 机械加工工艺规程	47
2.1 基本概念	47
2.1.1 机械产品生产过程与机械加工工艺过程	47
2.1.2 机械加工工艺过程的组成	48
2.1.3 生产纲领和生产类型	50
2.2 机械加工工艺规程	52
2.2.1 工艺规程的作用	53
2.2.2 工艺规程的内容及格式	53
2.2.3 工艺规程制订原则和步骤	55
2.3 零件的工艺分析	56
2.3.1 零件的技术要求分析	56
2.3.2 零件的结构工艺性分析	57
2.4 毛坯的选择	60
2.4.1 毛坯种类的选择	60
2.4.2 毛坯形状与尺寸的确定	61
2.5 定位基准的选择	61
2.5.1 基准及其分类	61
2.5.2 定位基准的选择	63
2.6 工艺路线的拟定	68
2.6.1 表面加工方法的选择	68
2.6.2 加工阶段的划分	71
2.6.3 加工顺序的安排	73
2.6.4 工序的集中与分散	75
2.7 加工余量、工序尺寸及公差的确 定	76
2.7.1 加工余量的概念	76
2.7.2 影响加工余量的因素	79
2.7.3 确定加工余量的方法	79
2.7.4 工序尺寸及公差的确定	80
2.7.5 机床、工艺装备及其它参数的选择	80
2.8 工艺尺寸链	82
2.8.1 尺寸链的基本概念	82
2.8.2 尺寸链的计算公式	84

本章小结	89
思考题	90
习题	90
第3章 金属切削机床与刀具	91
3.1 机床概述	91
3.1.1 机床的分类	91
3.1.2 机床的型号编制	92
3.1.3 机床的运动	95
3.2 车床和车刀	96
3.2.1 车削	96
3.2.2 CA6140 型卧式车床	97
3.2.3 车床附件及夹具	100
3.2.4 车刀	103
3.3 铣床和铣刀	104
3.3.1 铣床	104
3.3.2 铣刀	107
3.3.3 铣削用量	109
3.3.4 铣削方式	111
3.4 磨床和砂轮	112
3.4.1 磨床的主要类型及应用范围	112
3.4.2 砂轮	116
3.5 钻床和孔加工刀具	120
3.5.1 钻床	120
3.5.2 常用孔加工刀具	122
3.6 镗床与镗削	126
3.6.1 镗床	126
3.6.2 镗刀	129
3.7 其他切削加工	131
3.7.1 刨(插)削加工	131
3.7.2 拉床和拉刀	136
本章小结	141
思考题	142
习题	142

第4章 工件的定位夹紧与夹具设计	143
4.1 夹具的基本概念	143
4.1.1 机床夹具的组成	143
4.1.2 夹具的作用	145
4.1.3 夹具的分类	145
4.2 工件在夹具上的定位	146
4.2.1 工件的安装	146
4.2.2 六点定位原理	147
4.2.3 工件定位的几种情况	150
4.2.4 常用定位方法与定位元件	153
4.2.5 定位误差的分析	160
4.3 工件在夹具中的夹紧	160
4.3.1 夹紧装置的组成及基本要求	160
4.3.2 夹紧力的确定	161
4.4 各类机床夹具举例	164
4.4.1 钻床夹具	165
4.4.2 铣床夹具	171
4.4.3 车床夹具	173
4.4.4 镗床夹具	175
本章小结	180
思考题	180
习题	180
第5章 机械加工质量分析	182
5.1 机械加工精度	182
5.1.1 机械加工精度的概念	182
5.1.2 获得加工精度的方法	183
5.1.3 影响机械加工精度的因素	183
5.1.4 提高加工精度的工艺措施	193
5.2 机械加工表面质量	195
5.2.1 机械加工表面质量的概念	195
5.2.2 表面粗糙度及其影响因素	199
5.2.3 影响零件表面层物理力学性能的因素	201
5.2.4 控制加工表面质量的途径	203
5.2.5 振动对表面质量的影响及其控制	205
本章小结	210

845	思考题	210
845	习题	211
845	第6章 典型表面加工方法	213
825	6.1 典型表面综述	213
825	6.1.1 非接触表面	213
845	6.1.2 接触表面	214
825	6.1.3 相互运动表面	214
825	6.1.4 导向表面	215
	6.1.5 精密量具表面	215
825	6.2 平面加工	215
825	6.2.1 平面本身的精度	215
825	6.2.2 平面加工方法	215
825	6.3 外圆表面加工	219
825	6.3.1 外圆表面的技术要求	219
825	6.3.2 车外圆	220
825	6.3.3 磨外圆	224
805	6.4 轴类零件的加工	227
805	6.4.1 概述	227
805	6.4.2 轴类零件的材料及热处理	228
805	6.4.3 轴的加工路线	230
805	6.4.4 主轴的加工工艺及分析	231
805	6.5 内孔的加工	234
805	6.5.1 内孔的特点	234
805	6.5.2 钻孔	235
805	6.5.3 扩孔	238
805	6.5.4 铰孔	238
	6.5.5 镗孔	239
830	6.5.6 磨孔	242
805	6.6 套类零件加工	244
835	6.6.1 套类零件的技术要求	244
835	6.6.2 套类零件的材料与毛坯	245
835	6.6.3 套类零件加工工艺分析	245
835	6.7 工艺规程编制综合训练	247
835	6.7.1 熟悉零件图	247
835	6.7.2 了解生产纲领	248

6.7.3	了解生产条件及生产环境	248
6.7.4	毛坯的选择	248
6.7.5	定位基准的选择	249
6.7.6	拟定工艺路线、划分加工阶段	249
6.7.7	加工顺序的安排	252
6.7.8	工序内容	253
	本章小结	254
	思考题	255
	习题	255
第7章 机械装配工艺基础		256
7.1	机械装配概述	256
7.1.1	装配的概念	256
7.1.2	装配精度	257
7.1.3	装配精度与零件精度之间的关系	258
7.2	装配方法及其选择	259
7.2.1	互换法	259
7.2.2	选配法	260
7.2.3	修配法	262
7.2.4	调整法	263
7.3	装配工艺规程的制订	264
7.3.1	制订装配工艺规程的原则	264
7.3.2	制订装配工艺规程的原始资料	264
7.3.3	制订装配工艺规程的步骤与工作内容	265
	本章小结	269
	思考题	269
	习题	269
第8章 现代加工技术简介		270
8.1	概述	270
8.2	电火花加工	271
8.2.1	基本原理	271
8.2.2	电火花加工的特点	271
8.2.3	电火花加工的分类及应用	272
8.2.4	电火花线切割加工	272
8.3	电解加工	273

8.3.1	电解加工的原理	273
8.3.2	电解加工的特点	273
8.3.3	电解加工的应用	274
8.4	超声波加工	275
8.4.1	超声波加工的原理	275
8.4.2	超声加工的特点	276
8.4.3	超声加工的应用	276
8.5	激光加工	277
8.5.1	激光加工的原理	277
8.5.2	激光加工的特点	277
8.5.3	激光加工的应用	278
8.6	电子束加工	279
8.6.1	电子束加工原理	279
8.6.2	电子束加工的特点	279
8.7	离子束加工	280
8.7.1	离子束加工原理	280
8.7.2	离子束加工的特点	280
8.8	水射流加工	281
8.8.1	水射流加工基本原理	281
8.8.2	材料去除速度和加工精度	281
8.8.3	水射流加工设备	282
8.8.4	喷嘴	282
8.8.5	实际应用	282
本章小结		283
思考题		283
习题		284
参考文献		285

绪 论

0.1 机械制造技术的定义

机械制造是各种机械产品制造过程的总称。机械制造技术是研究制造机械产品所采用的加工原理、制造工艺和相应工艺装备的一门工程技术，最终达到制造出高质量、低成本、低消耗、高生产率的机械产品的目的。从广义上讲，机械制造技术是机械制造过程所涉及的各种技术的总称，它包括以材料的成形为核心的金属和非金属材料成形技术（铸造、焊接、锻造、冲压、注塑及热处理）、以切削加工为核心的金属冷加工技术（车削、铣削、磨削、钻削和刨削等）、机械装配技术和特种加工技术（电火花加工、电解加工、超声波加工、电子束加工等）。其中，金属切削加工和装配技术是机械制造技术的主体，占机械制造总量的50%。

本书所指的机械制造技术特指机械冷加工技术和机械装配技术。

0.2 机械制造技术的发展现状

机械制造业是国民经济的支柱产业，是国民经济的装备部，国民经济各部门的生产能力和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所提供的装备的技术性能、质量和可靠性。因而，各发达国家都把发展机械制造业放在了突出的位置。机械制造业为国民经济各部门、科研单位和国防部门提供现代化的技术装备，其发展规模和水平对国民经济的发展起到很大的制约和直接影响作用，是一个国家经济实力和科学发展技术水平的重要标志。

机械制造工业的发展和进步主要取决于机械制造技术水平的发展与进步。制造技术是完成制造活动所实施的一切手段的总和。这些手段包括运用一定的知识、技能，操纵可以利用的物质、工具，采用各种有效方法等。制造技术是制造企业的技术支柱，是制造企业持续发展的根本动力。在科学技术飞速发展的今天，现代工业对机械制造技术的要求也越来越高，这也就推动了机械制造技术不断向前发展。制造技术是当代科学技术发展最为重要的领域之一，经济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，给予了极大的关注。美国于1994年提出了《21世纪制造企业战略》报告，其核心就是要使美国的制造业在2006年以前处于世界领先地位。而日本自20世纪50年代以来经济

的高速发展，在很大程度上也是得益于制造技术领域研究成果的支持。

新中国成立以来，我国的机械制造业取得了很大的成就。在解放初几乎空白的工业基础上建立了初步完善的制造业体系，生产出了我国的第一辆汽车、第一艘轮船、第一台机车、第一架飞机、第一颗人造地球卫星，为我国的国民经济和科技进步提供了有力的基础支持，为满足人民群众的物质生活需求做出了巨大贡献。“八五”计划以来，我国机械工业努力追赶世界制造技术的先进水平，积极开发新产品、研究推广先进制造技术，在引进、消化和吸收国外先进制造技术的基础上有了快速的发展。我国制造业从传统的普通机床到航空航天技术装备，从日常用具的生产到国防尖端产品的制造，特别是最近几年神舟5号载人宇宙飞船到嫦娥一号探月工程的启动，机械制造技术都提供了重要的技术装备方面的保障。目前，高性能的数控机床和柔性制造系统、计算机集成制造、人工智能制造系统、虚拟制造、敏捷制造和网络制造工程等先进制造技术日新月异，为机械制造技术的发展提供了无限广阔的空间，宣告了机械制造业永远不会成为夕阳产业。

与工业发达国家相比，我国制造业的水平还存在较大的差距，主要表现在产品质量和水平不高，技术开发能力不强，基础元器件和基础工艺不过关，生产率低下，科技投入不足等。例如，我国机械制造业拥有三百多万台机床和二千多万名职工，堪称世界之最。但由于产品结构和生产技术相对落后，许多高精尖设备和成套设备仍需大量进口，机械制造业人均产值仅为发达国家的几十分之一。据统计，目前我国优质低耗工艺的普及率不足10%，数控机床、精密设备不足5%，而90%以上的高档数控机床、100%的光纤制造装备、85%的集成电路制造设备、80%的石化设备、70%的轿车工业装备依赖进口。面临国际市场竞争日益激烈的严峻挑战，我们必须正视现实，抓住机遇，深化改革，把握方向，奋发图强，使我国的机械制造业在不久的将来达到世界先进水平。

0.3 现代制造技术的特点

传统的机械制造过程是一个离散的生产过程，它是以“制造技术”为核心的一个狭义的制造过程。随着科学技术的发展，传统的机械制造技术与计算机技术、数控技术、微电子技术、传感技术等相互结合，形成了以系统化、智能化设计与工艺一体化、精密加工技术、产品生产全过程制造和人、组织、技术三结合为特点的先进制造技术。归纳起来，有以下特征：

- (1) 现代机械制造技术集机械、计算机、信息、材料、自动化等技术于一体，具有柔性、集成、并行工作的特点，能按订单制造，满足产品的个性要求。
- (2) 制造智能化。智能制造系统能发挥人的创造能力并具有人的智能和技能，能够代替熟练工人的技艺，具有学习工程技术人员多年实践经验和知识的能力，并用以解决生产实际问题。

(3) 设计与工艺一体化。传统的制造工程设计和工艺分步实施,造成了工艺从属于设计、工艺与设计脱离等现象,影响了制造技术的发展。产品设计往往受到工艺条件的制约,受到制造可靠性、加工精度、表面粗糙度、尺寸等限制。因此,设计与工艺必须密切结合,以工艺为突破口,形成设计与工艺的一体化。

(4) 精密加工技术是关键。精密和超精密加工技术是衡量先进制造技术水平的重要指标之一,纳米加工技术代表了制造技术的最高精度水平。

(5) 现代制造技术是一个从产品概念开始,到产品形成、使用,直到处理报废的集成活动和系统。在产品的设计中,不仅要进行结构设计、零件设计、装配设计,而且还特别强调拆卸设计,并且当产品报废处理时,能够进行材料的再循环利用,节约能源,保护环境。

(6) 人、组织、技术三结合。现代制造技术强调人的创造性和作用的永恒性,提出了由技术支撑转变为人、组织、技术的集成,以加强企业新产品的开发时间(T)、质量(Q)、成本(C)、服务(S)、环境(E);强调经营管理、战略决策的作用。在制造工业战略决策中,提出了市场驱动、需求牵引的概念,强调用户是核心,用户的需求是企业成功的关键,并且强调快速响应市场需求的重要性,从而提高企业的市场应变能力和竞争能力。

因此,现代制造技术不仅仅是要求精密加工、高速加工、自动化加工,更主要体现在观念上的革新,现在比较统一的认识有绿色制造、计算机集成制造、柔性制造、虚拟制造、智能制造、并行工程、敏捷制造和网络制造等。

0.4 本课程的特点和任务

机械产品的制造包括零件的加工和装配。零件的加工是在机床、刀具、夹具和工件(被加工好前的零件称之为工件)本身相互共同作用下完成,因此机械制造技术涉及机床、刀具、夹具、工艺方面的知识,即传统的机械类课程“金属切削机床”“金属切削原理与刀具”“机床夹具设计”“机械制造工艺学”这四大支柱。本课程综合考虑上述四门课程的知识内容,以机械制造的基本理论为基础,以加工技能训练为主线,介绍各种加工方法及相应的工艺装备;以质量控制为出发点,介绍工艺规程设计理论、加工质量控制方法;以典型零件加工的综合分析为落脚点,增强知识与技术的综合运用。

实践性、综合性、应用性是本课程的一大特点,学习中要重视理论联系实际。生产实习、课程设计、综合实践等环节的配合,可以很好地帮助学习本课程,而且有利于将理论知识转化为技术应用能力。

通过本课程学习,要求掌握机械制造常用的加工方法、加工原理和制造工艺,熟悉各种加工设备及装备,初步具有分析、解决机械加工质量问题的能力、制定机械加工工艺规程和设计简单工艺装备的能力。

第1章 金属切削基本知识

本章知识点

1. 金属切削的基本概念、切削刀具的组成及几何参数。
2. 常用刀具材料、切削液的种类及选用。
3. 金属切削过程及其规律。

先导案例

在切削加工中，刀具直接承担着切除加工余量，形成零件表面的任务。刀具切削部分的材料不仅对加工表面质量，而且对刀具寿命、切削效率和加工成本均有直接影响。在选择刀具材料时，应考虑哪些因素呢？

1.1 基本概念

金属切削，就是采用机械加工方法，从材料或毛坯表面去掉多余的金属材料，使金属表面满足设计或使用所要求达到的尺寸、形状和位置精度要求，符合零件工作性能。金属切削的方法很多，如车、铣、磨、镗、拉、钻等。不管采用什么样的加工方法，各种加工方法的原理大多相似，均为从金属上切除掉多余的材料，只是由于设备的不同、刀具的不同，产生了不同的加工方法。其切削原理、变形、发热、磨损、功率消耗等均有相通之处。我们研究切削理论，就是从金属切削原理入手，了解在切削过程中各种切削参数的变化和相互作用，合理地选择各种不同的切削参数，以保证加工质量、提高生产效率。

1.1.1 切削运动

要从工件上切除掉多余的金属材料，则工件与刀具之间必须要有相对运动，没有相对运动便没有切削，这种刀具与工件之间的相对运动称之为切削运动。如车床上工件的旋转和刀具的进给便构成相对运动，即切削运动。工件随车床主轴旋转，刀具作直线运动进行切削，以实现外圆柱表面加工。根据运动作用的不同，切削运动分为主运动和进给运动两种。

1. 主运动

主运动是刀具与工件之间的主要相对运动，切除掉工件表面多余的金属材料，使之成为切屑并形成新表面的运动。主运动是金属切削最基本、最主要的运动。通常其切削速度最高，所消耗功率最大，机床的主运动一般只有一个，可以

由刀具完成,也可以由工件完成;可以是旋转运动,也可以是直线运动。如图1-1所示。

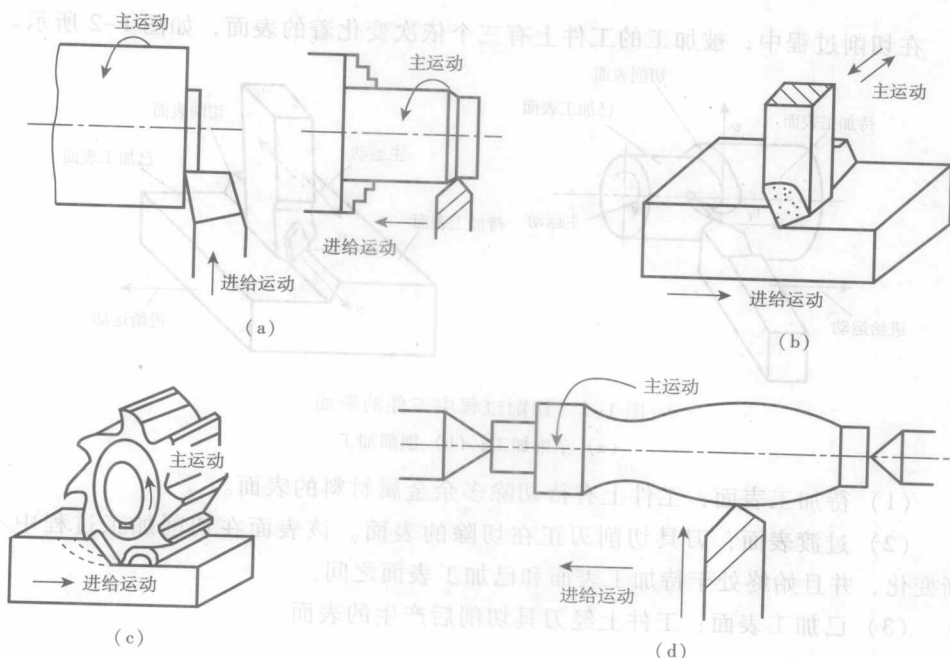


图1-1 各种切削加工的切削运动

(a) 车端面; (b) 车外圆; (c) 刨平面; (d) 铣平面; (e) 车成形面

2. 进给运动

进给运动是刀具和工件之间产生的附加相对运动,它配合主运动将切削层连续不断地或重复地切成切屑,这样就形成了所需几何特性的已加工表面。通常它的速度较低,消耗动力较少,可有一个或多个进给运动。既可以连续运动(如车削),也可以断续运动(如刨削)。

图1-1为各种切削加工的切削运动。

3. 合成切削运动

在切削时,实际的切削运动是主运动和进给运动的合成切削运动。

切削加工过程是一个动态过程,工件的运动与刀具的运动相互作用、相互影响、相互牵制,共同构成金属切削运动。并且,该运动还受到工件材料、尺寸、加工精度、工件形状结构等各种因素的影响,不同的因素,将会产生不同形式的切削运动。另外,工艺装备、刀具材料或形式不同,也将对切削运动产生影响。

4. 切削过程中工件上的表面

在切削过程中, 被加工的工件上有三个依次变化着的表面, 如图 1-2 所示。

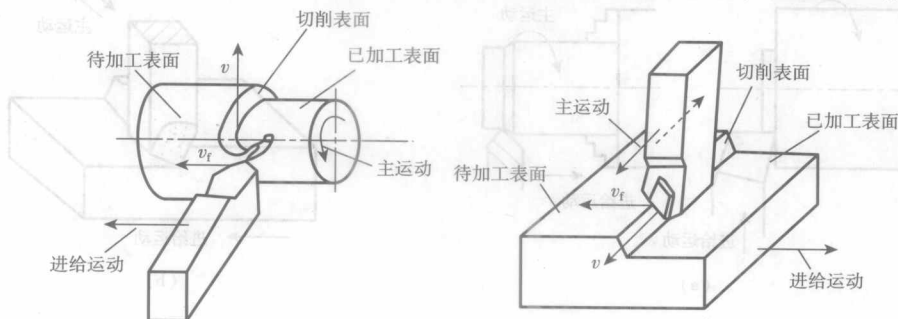


图 1-2 切削过程中工件的表面

(a) 车削加工; (b) 刨削加工

(1) 待加工表面: 工件上有待切除多余金属材料的表面。

(2) 过渡表面: 刀具切削刃正在切除的表面。该表面在切削加工过程中不断变化, 并且始终处于待加工表面和已加工表面之间。

(3) 已加工表面: 工件上经刀具切削后产生的表面。

1.1.2 切削用量

在金属切削过程中, 直接对切削产生重大影响的参数称之为切削用量。针对不同的工件材料、刀具材料、加工精度、形状结构及相关其他技术经济要求, 所需切除多余材料的量值也不相同。不同加工阶段及加工要求应当选择不同切除材料的量值, 该量值由切削速度、进给量、背吃刀量三个参数构成, 这就是切削用量三要素。

1. 切削速度 v_c

切削刃上选定的点相对于工件主运动的瞬时速度, 也即刀具相对于工件沿切线方向的线速度。在卧式车床上加工时, 就是切削点表面向下的垂直方向速度。以车削为例, 如图 1-2 所示,

$$v_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \quad (1-1)$$

式中 n ——主运动的转速 (r/min);

d ——工件待加工表面直径或刀具最大直径 (mm)。

工件转速 n 一定时, 所选定的点不同, 则其切削速度也不相同, 计算时多取最大切削速度。如加工外圆表面, 以待加工表面计算切削速度, 钻削时计算钻头外径处的速度。当主运动为直线运动时, 切削速度是刀具相对于工件的直线运动