



普通高等教育“十三五”规划教材

机械制造技术

赵 萍 李旭英 主编

中国林业出版社

家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

机械制造技术

赵 萍 李旭英 主 编
郭文斌 白雪卫 副主编



中国林业出版社

内 容 简 介

本书综合了金属切削原理与刀具、金属切削机床、机械制造工艺学及机床夹具设计的基本内容,通过对机械制造技术的基础知识、基本理论、基本方法等进行有机整合后撰写而成。主要包括:金属切削原理、刀具、机床;机床夹具设计;机械工艺规程制定;机械加工精度;机械加工表面质量;机械装配工艺过程设计。全书结构严谨,体现了专业知识的传统型、系统性和实用性。

本书可以作为高等院校机械设计制造及其自动化等机械类和近机类专业的教材或参考书,也可作为高等职业学校、成人高校等机械类相关专业的教材或参考书,也可供从事机械制造的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术 / 赵萍, 李旭英主编. —北京: 中国林业出版社, 2017. 8

国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5038 - 9060 - 4

I. ①机… II. ①赵… ②李… 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 (2017) 第 136262 号

国家林业局生态文明教材及林业高校教材建设项目

中国林业出版社·教育出版分社

策划、责任编辑: 张东晓 杜 娟

电话: 83143553

传真: 83143516

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010)83143500

http://lycb. forestry. gov. cn

经 销 新华书店

印 刷 北京卡乐富印刷有限公司

版 次 2017 年 9 月第 1 版

印 次 2017 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 27

字 数 624 千字

定 价 59.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

前 言

本书按照全国高校教育教学改革的要求,针对自身及各高校教学计划对机械制造系列课程的教学改革,考虑原机械制造类专业课程(“金属切削原理与刀具”“金属切削机床”“机床夹具”及“机械制造工艺学”)的基本内容及先进制造技术的发展,结合多年来的教学经验和国内外相关教改实践成果编写而成。

本书的编者都是长期讲授该课程的一线教师。编写时,针对授课过程中不易理解、抽象及实践性强的内容,采用了实例、三维图形或实物图片的形式表达,将内容形象化、具体化,例如第2章(金属切削刀具)针对刀具结构的复杂性,附有高清三维或实物图片;第5章(机床夹具设计)借助大量的图形和实例表达,弥补了学生因缺乏实践而不易理解的不足。全书立足基础、突出重点、难点形象化,易理解。本书按80学时编写,可作为高等院校机械设计制造及其自动化等机械类专业、近机类专业的教材或参考书,也可以作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校等机械类相关专业的教材或参考书,并可供从事机械制造的工程技术人员查阅使用。

本书由赵萍、李旭英任主编,郭文斌、白雪卫任副主编。具体分工为:沈阳农业大学赵萍(绪论、第5章5.2~5.3,5.5.3~5.5.4);内蒙古农业大学德雪红(第1章1.2~1.3、第3章3.4~3.8);沈阳农业大学白雪卫(第2章);内蒙古农业大学马彦华(第1章1.1、第3章3.1~3.3);内蒙古农业大学李旭英(第4章4.1~4.6);丁海泉(第1章1.4~1.7、第3章3.9、第4章4.7~4.11);沈阳农业大学邢作常(第5章5.1,5.4,5.5.1~5.5.2,5.6);山西农业大学张秀全(第6章);沈阳农业大学侯俊铭(第7章);内蒙古农业大学郭文斌(第8章)。初稿完成后,全体编写人员对书稿内容、体系进行了认真的研讨,对符号、文字、图形等进行了详细的校对,最终由赵萍、李旭英完成统稿。

由于编者水平有限,疏漏之处在所难免,恳请使用本书的广大师生、读者、同仁提出宝贵意见,以求不断完善!

编 者
2017年3月

目 录

前 言

0 绪 论	1
0.1 制造技术的重要性	1
0.1.1 人类社会的发展与制造技术相辅相成, 相互促进	1
0.1.2 机械制造是国民经济的基础和支柱	2
0.1.3 制造技术是国力与国防的坚强后盾	2
0.1.4 制造业是解决就业的重要途径	2
0.2 机械制造技术的发展概况及趋势	2
0.2.1 机械制造技术的发展概况	2
0.2.2 机械制造技术的发展趋势	3
0.3 本课程研究内容、特点及学习方法	3
0.3.1 本课程研究内容和学习要求	3
0.3.2 本课程特点及学习方法	4
第1章 金属切削原理	5
1.1 金属切削过程中的基本概念	6
1.1.1 切削运动和切削用量	6
1.1.2 切削层参数	8
1.1.3 刀具切削部分结构及刀具角度	9
1.2 刀具材料	14
1.2.1 刀具材料必须具备的性能	14
1.2.2 常用刀具材料种类与特点	15
1.3 金属切削过程	20
1.3.1 金属切削过程的力学实质	21
1.3.2 切削层的变形	21
1.4 切削力	24
1.4.1 切削力的来源与分解	24
1.4.2 切削力的计算	25
1.4.3 影响切削力的因素	26
1.5 切削热和切削温度	29
1.5.1 切削热的产生和传出	29

1.5.2	切削温度的分布	30
1.5.3	影响切削温度的因素	30
1.5.4	切削液的作用、种类及使用方法	32
1.6	刀具磨损与刀具耐用度	33
1.6.1	刀具正常磨损的形式	33
1.6.2	刀具磨损的原因	34
1.6.3	刀具磨损过程及磨钝标准	35
1.6.4	切削用量对刀具耐用度的影响	36
1.7	切削条件的合理选择	37
1.7.1	刀具材料的合理选择	37
1.7.2	刀具几何参数的合理选择	37
1.7.3	切削用量的合理选择	39
	思考题	42
第2章	金属切削刀具	44
2.1	车刀	45
2.1.1	车刀的种类、用途和结构	45
2.1.2	焊接车刀	46
2.1.3	机夹车刀及其特点	50
2.1.4	可转位车刀及其特点	51
2.2	孔加工刀具	57
2.2.1	在实体零件上加工孔的刀具	57
2.2.2	对已有孔进行再加工的刀具	63
2.3	铣刀	67
2.3.1	带柄铣刀	67
2.3.2	带孔铣刀	70
2.3.3	铣刀的齿背形式	71
2.4	拉刀	72
2.4.1	拉削的特点	72
2.4.2	拉刀的种类和用途	73
2.4.3	拉刀的结构	74
2.4.4	拉削图形	75
2.5	齿轮加工刀具	77
2.5.1	齿轮刀具的类型	77
2.5.2	蜗轮加工刀具	80
2.5.3	弧齿锥齿轮加工刀具	81
2.6	砂轮	82
2.6.1	砂轮组成及参数	82

2.6.2	砂轮的种类标志和用途	84
2.6.3	砂轮的修整	85
	思考题	86
第3章	金属切削机床	87
3.1	金属切削机床概述	88
3.1.1	金属切削机床用途及发展概况	88
3.1.2	金属切削机床的分类及技术性能	89
3.1.3	金属切削机床型号的编制方法	90
3.2	机床的运动及传动	93
3.2.1	机床的运动	93
3.2.2	机床的传动	96
3.3	车床	100
3.3.1	车床概述	100
3.3.2	CA6140 型卧式车床	101
3.4	钻床和镗床	122
3.4.1	钻床的应用范围及类型	122
3.4.2	摇臂钻床的主要部件及传动系统	124
3.4.3	镗床的应用范围及类型	126
3.4.4	镗削加工形式	129
3.5	铣床	129
3.5.1	铣床的类型及应用范围	130
3.5.2	XK5040/1 型数控立式升降台铣床的传动系统	132
3.5.3	铣削方式及铣削用量	133
3.6	刨、拉床	136
3.6.1	刨床的类型及应用范围	136
3.6.2	拉床的类型及应用范围	138
3.7	磨床	140
3.7.1	磨削与磨床种类	140
3.7.2	M1432A 型万能外圆磨床	141
3.8	齿轮加工机床	145
3.8.1	齿面形成方法	145
3.8.2	齿轮加工机床的类型	146
3.8.3	滚齿机	147
3.8.4	其他齿轮加工机床	153
3.9	数控机床	155
3.9.1	数控机床的产生和发展	155
3.9.2	数控机床的组成和原理	158

3.9.3	数控机床的机械结构	160
3.9.4	数控技术的发展	160
	思考题	162
第4章	机械加工工艺规程的制定	164
4.1	机械加工工艺过程概述	165
4.1.1	生产过程与工艺过程	165
4.1.2	生产类型及其工艺特点	168
4.2	工艺规程制定的作用及设计步骤	171
4.2.1	机械加工工艺规程的作用	171
4.2.2	常用的工艺文件	171
4.2.3	制订机械加工工艺规程的原始资料	174
4.2.4	制订机械加工工艺规程的原则及步骤	174
4.3	工件加工时的定位与基准	179
4.3.1	工件的定位	179
4.3.2	基准	187
4.4	工艺路线的拟订	189
4.4.1	定位基准的选择	189
4.4.2	典型表面的加工方法及设备的选择	193
4.4.3	加工阶段的划分	198
4.4.4	工序的集中与分散	199
4.4.5	工艺顺序的安排	200
4.5	加工余量、工序尺寸及公差确定	202
4.5.1	加工余量的概念	202
4.5.2	影响加工余量的因素	204
4.5.3	确定加工余量的方法	207
4.5.4	工序尺寸与公差确定	207
4.6	工艺尺寸链	208
4.6.1	尺寸链	208
4.6.2	直线尺寸链在工艺过程中的应用	213
4.7	时间定额和提高劳动生产率的工艺措施	218
4.7.1	时间定额	218
4.7.2	提高劳动生产率的工艺措施	219
4.8	工艺方案的技术经济分析	221
4.8.1	工艺方案的比较	221
4.8.2	技术经济分析	223
4.9	数控加工工艺设计	223
4.9.1	数控加工的特点	223

4.9.2	数控加工工艺的内容	224
4.9.3	数控加工工艺规程	225
4.9.4	数控编程简介	226
4.9.5	数控加工工序综合举例	229
4.9.6	工序安全与程序试运行	230
4.10	成组技术	230
4.10.1	成组技术的基本概念	230
4.10.2	零件的分类和编码	231
4.10.3	成组生产的组织形式	231
4.11	计算机辅助工艺过程设计	233
4.11.1	计算机辅助工艺过程设计的基本方法	233
4.11.2	样件法 CAPP	235
	思考题	238
第5章	机床夹具设计原理	241
5.1	机床夹具概述	242
5.1.1	夹具的组成	242
5.1.2	夹具的作用和分类	243
5.2	工件在夹具上的定位	244
5.2.1	常用的定位方法与定位元件	244
5.2.2	定位误差的分析与计算	250
5.3	工件在夹具中的夹紧	255
5.3.1	夹紧装置的组成	255
5.3.2	夹紧装置的基本要求	256
5.3.3	夹紧力的三要素及其确定	256
5.3.4	常用夹紧机构	259
5.4	各类机床夹具	267
5.4.1	车床夹具	267
5.4.2	钻床夹具	270
5.4.3	铣床夹具	281
5.4.4	镗床夹具	284
5.5	其他机床夹具简介	287
5.5.1	可调夹具	287
5.5.2	加工中心夹具	288
5.5.3	组合夹具	290
5.5.4	随行夹具	292
5.6	专用夹具的设计方法	294
5.6.1	专用夹具的基本要求和设计步骤	294

5.6.2	专用夹具设计实例	300
	思考题	304
第6章	机械加工精度	311
6.1	概述	312
6.1.1	加工精度与加工误差	312
6.1.2	获得加工精度的方法	312
6.1.3	影响加工精度的原始误差及分类	314
6.1.4	研究加工精度的方法	316
6.2	影响加工精度的因素	316
6.2.1	加工原理误差	316
6.2.2	工艺系统的几何误差	317
6.2.3	工艺系统的过程误差	322
6.3	加工误差的统计分析	332
6.3.1	加工误差的性质及分类	332
6.3.2	加工误差的统计分析方法	333
6.4	保证和提高加工精度的途径	340
6.4.1	直接减少或消除误差法	340
6.4.2	误差转移法	341
6.4.3	误差分组法	341
6.4.4	就地加工法	341
6.4.5	误差平均法	342
6.4.6	误差补偿法	342
6.4.7	控制误差法	342
	思考题	343
第7章	机械加工表面质量	345
7.1	表面质量的含义及其对零件使用性能的影响	346
7.1.1	表面质量的内容及含义	346
7.1.2	加工表面质量对零件使用性能的影响	347
7.2	影响表面粗糙度的主要因素	350
7.2.1	影响切削加工表面粗糙度的因素	350
7.2.2	影响磨削加工表面粗糙度的因素	352
7.3	影响表面层物理力学性能的主要因素	353
7.3.1	影响表面层冷作硬化的因素	353
7.3.2	表面层金相组织变化与磨削烧伤	357
7.3.3	影响表面层残余应力的因素	359
7.4	控制加工表面质量的工艺途径	364
7.4.1	控制加工工艺参数	364

7.4.2	采用精加工与光整加工方法	365
7.4.3	表面强化工艺	367
7.4.4	表面质量的检查	369
7.5	机械加工中的振动及其控制措施	370
7.5.1	机械加工中的振动及其分类	370
7.5.2	机械加工中的强迫振动及其控制措施	371
7.5.3	机械加工中的自激振动及其控制措施	373
7.5.4	控制机械加工中振动的其他途径	374
	思考题	376
第8章	机械装配工艺过程设计	377
8.1	装配与装配精度	378
8.1.1	装配的基本概念	378
8.1.2	装配的基本作业内容	379
8.1.3	装配精度	380
8.1.4	装配的生产类型和组织形式	382
8.2	装配工艺规程	384
8.2.1	装配工艺规程的内容	384
8.2.2	制订装配工艺规程的原则	384
8.2.3	制订装配工艺规程的原始资料	385
8.2.4	制订装配工艺规程的方法及步骤	386
8.3	装配尺寸链	391
8.3.1	装配尺寸链的概念与分类	391
8.3.2	装配尺寸链的建立	392
8.3.3	装配尺寸链的计算	394
8.4	保证装配精度的装配方法	395
8.4.1	互换装配法	395
8.4.2	选择装配法	400
8.4.3	修配装配法	402
8.4.4	调整装配法	408
8.5	装配自动化及计算机辅助装配工艺设计	411
8.5.1	装配自动化	411
8.5.2	计算机辅助装配工艺设计	414
	思考题	417
	参考文献	419

绪 论

机械制造技术是一个永恒的主题，是设想、概念、科学技术物化的基础和手段，它有两方面的含义：一是指用机械加工零件(或工件)的技术，也就是指用切削加工的方法在机床(工具机或工作母机)上进行加工；二是指制造某种机械的技术，如汽车等。随着科技水平的发展，在制造方法上也有了很大的发展，除机械方法加工外，出现了电加工、光学加工、化学加工等非机械加工方法，因此，将机械制造技术扩大，称之为制造技术，虽然强调了各种各样的技术，但机械制造技术仍然是它的主题和基础部分。就机械制造业来说，为整个国民经济提供技术装备，其发展水平是国家工业化程度的主要标志之一，是国家重要的支柱产业。

0.1 制造技术的重要性

机械制造的重要性不言而喻，概括起来可以总结为以下几个方面。

0.1.1 人类社会的发展与制造技术相辅相成，相互促进

人类的发展过程就是一个不断制造的过程，从石器、陶器的制作，到蒸汽机、内燃机的发明，再到现在的集成电路、纳米技术的应用，都离不开制造。随着社会的发展，制造技术的范围、规模在不断扩大，技术水平也在不断提高，从最初为了生活必需和存亡征战而进行的制造，逐渐向文化、艺术、工业发展，出现了纸张、笔墨、活版、石雕、钱币等制造技术；随后出现了大工业生产，使得人类的物质生活和精神文明有了很大的提高，同时对精神和物质有了更高的要求，从而大大推动了制造技术的发展；蒸汽机制造技术的问世，内燃机制造技术的出现和发展，促进了现代汽车、火车和舰船的出现，喷气涡轮增压发动机制造技术促进了现代喷气客机和超音速飞机的发展，集成电路制造技术的进步提升了现代计算机水平，宇宙飞船、航天飞机、人造卫星以及空间工作站等

制造技术的出现,使人类走出了地球,走向了太空。所以说,制造技术的发展促进了人类社会的发展,反过来人类社会的更大需求推动了制造技术的发展,二者关系密切。

0.1.2 机械制造是国民经济的基础和支柱

在整个制造业中,机械制造业占有非常重要的地位,因为机械制造业是向国民经济其他各部门提供工具、仪器和各种机械设备的技术装备部,并使其不断发展;机械制造技术是与国民经济各部门联系最密切、最广泛的实用科学技术,如果没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备,那么信息技术、新材料技术、海洋工程技术、生物工程技术以及空间技术等新技术群的发展将会受到严重的制约。因此,国民经济各部门的生产水平和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所提供装备的技术性能、质量和可靠性,国民经济的发展速度在很大程度上取决于机械制造技术水平的高低和发展速度。

0.1.3 制造技术是国力与国防的坚强后盾

一个国家的国力主要体现在政治实力、经济实力和军事实力上,而制造技术水平直接影响到经济实力和军事实力,只有制造强,军事才能强,一个国家如果靠进口军事装备来保卫自己不是长久之计,也没有保障,必须要有自己的军事工业。有了自己强大的国力和国防,在国际社会上才会有地位,才能立足于世界。

0.1.4 制造业是解决就业的重要途径

一个国家,尤其是工业国家,约有 1/4 的人口从事制造业方面的工作。在我国,制造业吸引了约一半的城市就业人口,农村劳动力的转移也有近一半流入了制造业。

0.2 机械制造技术的发展概况及趋势

0.2.1 机械制造技术的发展概况

制造技术的发展大体可以分为三个重要阶段。

(1) 手工业生产阶段

人类的制造活动可以追溯到石器时代,人类为了生存,利用天然石料制作劳动工具用以猎取自然资源;随着青铜器以及铁器时代的到来,为了满足以农业为主的自然经济的需要,出现了如纺织、冶炼、锻造等较为原始的制造活动。这个阶段的制造水平比较低,多靠手工、畜力或极其简单的机械(如凿、劈、锯、碾等)来加工,多为个体和小作坊生产方式,技术水平取决于制造经验,基本上适应了当时人类的发展需要。

(2) 大工业生产阶段

这一阶段从 18 世纪开始到 20 世纪中叶发展最快,奠定了现代制造技术的基础,对

现代工业、农业、国防工业的发展影响深远。18 世纪蒸汽机的发明,出现了真正意义上的机械加工机床;19~20 世纪,内燃机的发明,出现了汽车制造技术以及汽车装配生产线;20 世纪 50 年代,以大规模生产方式为主要特征的制造技术出现。同时,出现了以零件为对象的加工流水线和自动生产线,以部件和产品为对象的装配流水线和自动装配线,适应了大批大量生产需求。

(3) 虚拟现实生产工业阶段

20 世纪 60 年代以来,随着计算机技术、信息技术、网络技术的发展,采用计算机仿真、虚拟制造、集成制造、并行工程等方法,将设计和工艺高度结合,进行计算机辅助设计、计算机辅助工艺设计和数控加工,使产品在设计阶段就能发现加工中的问题,进行协同解决;同时,可以集全世界的制造技术和资源进行全世界范围内的合作生产,大大缩短了产品的开发周期,提高了产品质量。

这个阶段,工业生产采用强有力的软件,在计算机上进行系统完整的仿真,可以避免在生产加工时才能发现的一些问题,缩短产品开发周期的同时,避免了多代样机试制造造成的损失。可以说,它既是虚拟的,也是现实的。

0.2.2 机械制造技术的发展趋势

未来,机械制造技术与材料科学、电子科学、信息科学、生命科学、管理科学等交叉、融合,朝着精密化、自动化、敏捷化和可持续方向发展。发展的重点为创新设计、并行设计、现代成形与改性技术、材料成形过程仿真和优化、高速和超高速加工、精密工程和纳米技术、数控加工技术、集成制造技术、虚拟制造技术、协同制造技术等。

0.3 本课程研究内容、特点及学习方法

0.3.1 本课程研究内容和学习要求

本课程主要介绍了机械产品的生产过程、机械加工过程及其装备,包括了金属切削过程及其基本规律、刀具、机床、夹具的基本知识、机械加工工艺规程和装配工艺规程的设计。

通过本课程的学习,要求学生:①对制造活动有一个总体的了解;②掌握金属切削过程的实质以及诸多现象的变化规律,并能结合实际初步解决生产中的相关问题;③了解常用刀具的结构、工作原理和工艺特点,能够结合生产实际合理选择刀具;④熟悉金属切削机床的结构、工作原理和工艺范围,能够结合生产实际正确选用机床设备;⑤掌握机械加工精度和表面质量的基本理论和基本知识,具有分析生产过程中的质量、生产效率等问题的能力;⑥掌握机械加工的基本知识,初步具有设计和编制零件加工工艺规程和装配工艺规程的能力,初步掌握设计机床夹具的步骤和方法;⑦了解各种先进制造技术的特点、应用范围,了解先进制造模式的发展概况及趋势。

0.3.2 本课程特点及学习方法

本课程具有很强的实践性和综合性，学习本课程时，除了参考书籍之外，更要加强实践环节，即通过实习、课程设计及工厂调研更好地体会和加深理解。本课程的特点及学习方法阐述如下。

(1) 综合性

机械制造技术是一门综合性很强的课程，涉及多门先修课的知识，如金属工艺学、工程材料、互换性与测量技术、机械设计以及化学、物理、力学等基础知识。因此，学习本课程时，需要特别紧密联系和综合应用以往所学的知识。

(2) 实践性

机械制造技术本身就是机械制造生产实践的总结，具有极强的实践性。因此，在学习本课程时，要特别注意理论联系生产实际。在生产实践中，可以领悟到丰富的知识和经验，并进行总结和深化，从而又上升到理论知识；同时，在实践中，可以发现一些与技术发展不协调的情况需要改进和完善，这就要求我们运用理论知识，去分析和处理实践中的问题。

为了能更好地学好本课程，应在学习之前或中期安排一定时间的生产实习，并在课程结束之后，安排2~3周课程设计，这样可以加强工程训练，深化本课程的学习。

第 1 章

金属切削原理

[本章提要]

金属切削加工实质上是工件和刀具相互作用的过程，是目前应用最为广泛的机械加工方法。本章主要介绍金属切削过程中的基本概念以及发生的物理现象，揭示这些物理现象内在的机理和规律；通过学习能够用金属切削的科学理论去指导生产实践，能根据具体加工条件合理选择刀具材料、切削部分几何参数及切削用量，能计算切削力和功率，并能运用所学知识分析及解决生产中出现的相关问题。

- 1.1 金属切削过程中的基本概念
- 1.2 刀具材料
- 1.3 金属切削过程
- 1.4 切削力
- 1.5 切削热和切削温度
- 1.6 刀具磨损与刀具耐用度
- 1.7 切削条件的合理选择

金属切削过程是工件和刀具相互作用的过程，其目的是将工件上多余的金属切除，并在保证高生产率和低成本的前提下，使工件达到符合设计要求的加工精度和表面质量。在这一过程中，刀具和工件之间将产生变形、摩擦、磨损、切削力、切削热等诸多物理现象，通过对这些物理现象的研究，揭示其内在的机理和规律；用金属切削的科学理论去指导生产实践，运用所学知识分析及解决生产中出现的相关问题。

1.1 金属切削过程中的基本概念

1.1.1 切削运动和切削用量

1.1.1.1 切削运动

为了切除工件上多余的金属，以获得形状、尺寸精度和表面质量都符合要求的工件，除必须使用切削刀具外，还要求刀具与工件之间作相对运动——切削运动。根据切削运动对切削加工过程所起的作用不同，分为主运动和进给运动。

(1) 主运动

主运动是进行切削最主要的运动。通常它的速度最高，消耗机床动力最多。切削加工中只有一个主运动，它可由工件完成，也可以由刀具完成，车削时工件的旋转运动(图 1-1)、钻削和铣削时钻头和铣刀的回转运动，以及刨削时刨刀的往复直线运动等都是主运动。

由于切削刃上各点主运动的大小和方向都不一定相同，为了便于分析问题，通常选取合适的点来分析其运动，此点称为选定点。切削刃上选定点相对于工件主运动的瞬时速度称为切削速度，其大小和方向可用 v_c 表示。

(2) 进给运动

进给运动与主运动配合后，将能保持切削工作连续或反复地进行，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，通常消耗动力较小。进给运动可以是连续运动，也可以是间歇运动，可以是旋转运动，也可以是直线运动。

切削刃上选定点相对于工件进给运动的瞬时速度，称为进给速度，其大小和方向用 v_f 表示。

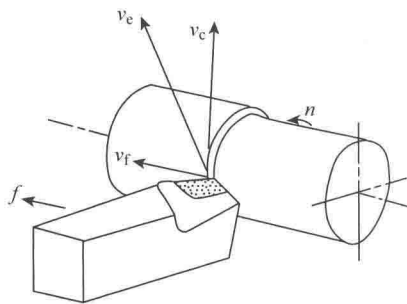


图 1-1 外圆车削的切削运动