

157

JH-116  
Z34

面向 21 世纪高等学校机械类专业系列教材

# 机械制造工程学

主编 张树森

东北大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工程学/张树森主编. —沈阳: 东北大学出版社, 2001.3 (2001.7 重印)  
ISBN 7-81054-588-4

I. 机… II. 张… III. 机械工程学-高等学校-教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 44919 号

## 内容提要

本书是依据原煤炭工业部“面向 21 世纪机械类人才培养计划”, 根据煤炭工业机械工程及自动化学科研究会第四次年会的安排, 编写的普通高等学校专业课教材。主要内容包括金属切削原理、金属切削刀具、金属切削机床、机床主要部件设计、机床夹具设计原理、机械加工质量、机械加工工艺规程设计、典型零件加工工艺、装配工艺和先进制造技术等, 内容丰富, 注重基础, 突出重点, 知识先进。

本书可作为普通高等学校机械设计制造及其自动化专业的教材, 也可供其他有关学校的教师和学生及机械工程技术人員参考。

©东北大学出版社出版

(沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 邮政编码 110004)

电话: (024) 23890881 传真: (024) 23892538

网址: <http://www.neupress.com> E-mail: [neuph@neupress.com](mailto:neuph@neupress.com)

沈阳农业大学印刷厂印刷

东北大学出版社发行

开本: 787mm×1092mm 1/16 字数: 745 千字 印张: 29.25

印数: 4161~6160 册

2001 年 3 月第 1 版

2001 年 7 月第 2 次印刷

责任编辑: 张德喜 秦振华

责任校对: 冯 伟

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

定价: 39.00 元

## 编写说明

根据面向 21 世纪高等学校机械类专业人才培养的教学内容与课程体系改革的需要,主动适应普通高等学校专业的调整以及社会主义市场经济对高等学校人才培养的需求,1998 年 10 月在西安召开的煤炭工业机械工程及自动化学科研究会第四次年会决定,由辽宁工程技术大学、中国矿业大学、山东科技大学、西安科技学院、淮南工业学院和黑龙江科技学院联合编写《机械制造工程学》新教材。

新教材的编写坚持了拓宽知识面、加强基础、突出重点和具有先进性的原则。对原有内容重组、整合、增添和删减,注重强化机械制造的基本概念、基础知识及分析问题和解决问题的一般方法。在具体内容的处理上,选择了作为机械设计制造及其自动化专业的学生所应掌握的必备内容,而将专业性很强的内容建议放在相应的选修课内讲授。考虑到相关知识的系统性,有些内容也做了简单扩充。全书容量可能与各校计划学时不一致,建议教师结合本校教学情况进行选讲,其余内容可供学生自学时参考。

本书的编写分工是:辽宁工程技术大学马光锋教授第 1 章和第 2 章,西安科技学院马宏伟教授第 3 章,山东科技大学王素玉副教授第 4 章,中国矿业大学舒凤翔副教授第 5 章,淮南工业学院毛平准讲师第 6 章和第 8 章,黑龙江科技学院雷宏副教授第 7 章和第 9 章,辽宁工程技术大学王军副教授第 10 章,全书由辽宁工程技术大学张树森教授主持编写并修改定稿,由解中宁教授主审。

本书在编写过程中,得到了有关单位的大力支持,特别是得到了辽宁工程技术大学机械工程学院机械系机制教研室的大力支持,在此一并表示感谢。

诚恳希望广大读者对本书的缺点和错误提出批评指正。

编者

2000 年元月

# 目 录

## 编写说明

0 绪 论 .....	1
1 金属切削原理 .....	3
1.1 基本定义 .....	3
1.1.1 切削运动和切削用量 .....	3
1.1.2 刀具几何参数 .....	6
1.1.3 切削层参数 .....	13
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 常用刀具材料的种类与特性 .....	14
1.3 金属切削过程 .....	18
1.3.1 切削层的变形 .....	18
1.3.2 切削变形的衡量方法 .....	19
1.3.3 切屑的种类与变形规律 .....	22
1.3.4 刀-屑接触区的变形与摩擦 .....	23
1.3.5 刀-工接触区的变形与加工质量 .....	24
1.4 切削力 .....	25
1.4.1 切削力的分析 .....	25
1.4.2 切削力与切削功率的计算 .....	26
1.4.3 影响切削力的因素 .....	27
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 影响切削温度的主要因素 .....	30
1.5.3 切削温度的分布 .....	31
1.6 刀具磨损和刀具耐用度 .....	32
1.6.1 刀具的磨损形式 .....	32
1.6.2 刀具磨损的原因 .....	33
1.6.3 刀具的磨损过程及磨钝标准 .....	34

1.6.4	切削用量与刀具耐用度关系的经验公式	34
1.7	工件材料的切削加工性	35
1.7.1	材料切削加工性的概念	35
1.7.2	材料切削加工性的衡量指标	36
1.7.3	材料的相对加工性	36
1.7.4	工件材料的物理力学性能对切削加工性的影响	37
1.7.5	常用金属材料的切削加工性	38
1.7.6	改善切削加工性的途径	40
1.8	切削条件的合理选择	42
1.8.1	刀具材料的合理选择	42
1.8.2	刀具几何参数的合理选择	43
1.8.3	刀具耐用度的选择	48
1.8.4	切削液的合理选用	49
	思考题与习题	51
<b>2</b>	<b>金属切削刀具</b>	<b>52</b>
2.1	刀具角度换算	52
2.1.1	法平面与正交平面内前、后角的关系	53
2.1.2	垂直于基面的任意剖面与正交平面内的前、后角关系	53
2.1.3	最大前角与最小后角	53
2.2	车    刀	54
2.2.1	车刀的种类、用途和结构	54
2.2.2	车刀几何参数的选择	56
2.2.3	可转位车刀的刀具角度	57
2.3	孔加工刀具	58
2.3.1	孔加工刀具的种类和用途	58
2.3.2	麻花钻	61
2.3.3	铰    刀	68
2.4	铣    刀	72
2.4.1	铣刀的种类和用途	72
2.4.2	铣刀的几何参数及铣削要素	74
2.4.3	铣削力和铣削功率	79
2.4.4	铣削方式	81
2.5	拉    刀	83
2.5.1	拉刀的种类和用途	83
2.5.2	拉刀的结构	85

2.6	齿轮刀具	86
2.6.1	齿轮刀具的主要类型	86
2.6.2	滚刀	87
2.6.3	插齿刀	90
2.7	砂轮	91
2.7.1	砂轮参数及其选择	92
2.7.2	砂轮的标志和用途	94
2.7.3	砂轮的修整	94
	思考题与习题	96
<b>3</b>	<b>金属切削机床</b>	<b>97</b>
3.1	金属切削机床概述	97
3.1.1	金属切削机床的分类	97
3.1.2	金属切削机床型号的编制方法	98
3.1.3	机床的技术性能	101
3.2	机床的运动分析	103
3.2.1	成形运动	103
3.2.2	内、外联系传动链	107
3.2.3	传动原理图	107
3.3	车床	110
3.3.1	车床概述	110
3.3.2	CA6140型卧式车床	110
3.3.3	其他车床简介	127
3.4	齿轮加工机床	131
3.4.1	齿面形成方法和齿轮加工机床	131
3.4.2	滚齿机	132
3.4.3	其他齿轮加工机床的运动分析	139
3.5	数控机床	142
3.5.1	数控机床的加工特点	142
3.5.2	数控机床的原理、组成和分类	143
3.5.3	数控机床的坐标系	145
3.5.4	CNC系统简介	146
3.5.5	数控车床和车削中心	148
3.6	其他机床	153
3.6.1	铣床	153
3.6.2	镗床	156

3.6.3 磨床 .....	158
3.6.4 钻床 .....	162
3.6.5 直线运动机床 .....	163
3.6.6 组合机床 .....	165
思考题与习题 .....	166
<b>4 机床主要部件设计 .....</b>	<b>168</b>
4.1 机床传动设计 .....	168
4.1.1 机床主要参数的确定 .....	168
4.1.2 分级外联传动链的设计 .....	175
4.1.3 无级传动链设计 .....	185
4.1.4 主轴箱 .....	188
4.1.5 内联传动链的设计原则 .....	191
4.2 主轴组件 .....	194
4.2.1 主轴组件应满足的基本要求 .....	194
4.2.2 主轴轴承 .....	195
4.2.3 主轴组件设计 .....	202
4.3 支承件 .....	208
4.3.1 支承件应满足的要求和设计步骤 .....	208
4.3.2 支承件的设计简述 .....	208
4.4 导轨 .....	213
4.4.1 导轨的功用、分类和基本要求 .....	213
4.4.2 导轨的材料 .....	214
4.4.3 滑动导轨的设计 .....	216
4.4.4 直线运动滚动支承 .....	220
4.5 机床总体设计 .....	222
4.5.1 机床设计应满足的基本要求 .....	222
4.5.2 机床设计步骤 .....	224
4.5.3 机床的总体布局 .....	225
思考题与习题 .....	226
<b>5 机床夹具设计原理 .....</b>	<b>228</b>
5.1 机床夹具概述 .....	228
5.1.1 机床夹具及其组成 .....	228
5.1.2 机床夹具的分类 .....	228
5.1.3 机床夹具的作用 .....	230

5.2	工件在夹具中的定位 .....	230
5.2.1	工件的安装方式及获得尺寸精度的方法 .....	230
5.2.2	工件定位的基本原理 .....	231
5.3	定位误差 .....	235
5.3.1	定位误差及其产生的原因 .....	235
5.3.2	常用定位方式及其定位误差的计算 .....	237
5.4	工件在夹具中的夹紧 .....	247
5.4.1	夹紧装置的组成及基本要求 .....	247
5.4.2	夹紧动力源装置 .....	258
5.5	各类机床夹具简介 .....	260
5.5.1	钻床夹具 .....	261
5.5.2	铣床夹具 .....	264
5.5.3	车床和磨床夹具 .....	264
5.5.4	加工中心机床夹具 .....	270
	思考题与习题 .....	270
<b>6</b>	<b>机械加工质量 .....</b>	<b>273</b>
6.1	机械加工概述 .....	273
6.1.1	加工精度和表面质量的概念 .....	273
6.1.2	加工精度、表面质量对零件使用性能的影响 .....	273
6.2	影响加工精度和质量的因素 .....	275
6.2.1	加工精度的影响因素及加工误差的统计分析 .....	275
6.2.2	表面质量的影响因素分析 .....	292
6.3	提高加工精度和表面质量的途径 .....	298
6.3.1	提高加工精度的途径 .....	298
6.3.2	提高表面质量的途径 .....	301
	思考题与习题 .....	303
<b>7</b>	<b>机械加工工艺规程设计 .....</b>	<b>304</b>
7.1	机械加工工艺概述 .....	304
7.1.1	生产过程与机械加工工艺过程 .....	304
7.1.2	机械加工工艺过程的组成 .....	304
7.1.3	生产类型与工艺特征 .....	305
7.1.4	机械加工工艺规程 .....	308
7.1.5	制定工艺规程的原始资料与步骤 .....	310
7.2	零件结构工艺性与毛坯的选择 .....	312



7.2.1	零件的结构工艺性 .....	312
7.2.2	毛坯的选择 .....	314
7.3	机械加工工艺规程设计 .....	315
7.3.1	定位基准的选择 .....	315
7.3.2	工艺路线的拟订 .....	318
7.3.3	加工余量的确定 .....	321
7.3.4	机床与工艺装备的选择 .....	324
7.3.5	切削用量的确定 .....	324
7.3.6	时间定额的确定 .....	325
7.4	工艺尺寸的计算 .....	326
7.4.1	工艺尺寸链 .....	326
7.4.2	工艺尺寸链的计算方法 .....	327
7.5	工艺方案的技术经济分析 .....	328
7.5.1	工艺成本的组成 .....	329
7.5.2	工艺方案的经济评价 .....	331
7.6	提高机械加工生产率的工艺措施 .....	333
7.6.1	缩短单件时间 .....	333
7.6.2	采用成组技术 .....	334
7.7	成组技术 .....	334
7.7.1	成组技术的基本概念 .....	334
7.7.2	产品零件设计的成组技术 .....	334
	思考题与习题 .....	340
<b>8</b>	<b>典型零件加工工艺 .....</b>	<b>345</b>
8.1	主轴加工 .....	345
8.1.1	主轴的结构特点及技术要求 .....	345
8.1.2	主轴加工工艺过程 .....	346
8.1.3	主轴加工工序分析 .....	347
8.2	箱体类零件加工 .....	354
8.2.1	箱体的结构特点及技术要求 .....	354
8.2.2	主轴箱箱体加工工艺过程 .....	355
8.2.3	主轴箱箱体加工工序分析 .....	355
8.3	圆柱齿轮加工 .....	361
8.3.1	圆柱齿轮的技术要求及齿坯 .....	361
8.3.2	渐开线齿轮的齿形加工方法 .....	364
8.3.3	圆柱齿轮加工工艺 .....	369

思考题与习题.....	372
<b>9 装配工艺 .....</b>	<b>374</b>
9.1 装配工艺的基本概念 .....	374
9.1.1 装配的概念 .....	374
9.1.2 装配的组织形式 .....	374
9.1.3 产品结构的装配工艺性 .....	375
9.2 装配精度 .....	375
9.2.1 装配精度的概念 .....	375
9.2.2 装配精度与零件精度的关系 .....	376
9.2.3 达到装配精度的工艺方法 .....	376
9.3 装配尺寸链 .....	377
9.3.1 装配尺寸链的概念 .....	377
9.3.2 装配尺寸链的建立 .....	377
9.3.3 装配尺寸链的解答题例 .....	380
9.4 装配工艺规程的制定 .....	396
9.4.1 制定装配工艺规程应遵循的基本原则和所需的原始资料 .....	396
9.4.2 制定装配工艺规程的步骤 .....	397
思考题与习题.....	398
<b>10 先进制造技术.....</b>	<b>401</b>
10.1 先进制造技术概述.....	401
10.1.1 先进制造技术的含义和特点 .....	401
10.1.2 先进制造技术的研究现状和发展趋势.....	402
10.2 计算机辅助制造(CAM) .....	404
10.2.1 CAM的产生和应用 .....	404
10.2.2 CAM的硬件构成 .....	407
10.2.3 CAM中的多级分布式计算机系统 .....	409
10.2.4 多级分布式计算机系统的局部网络(LAN)与自动化协议(MAP).....	411
10.2.5 CAM数据库 .....	413
10.3 计算机辅助工艺过程设计(CAPP) .....	419
10.3.1 CAPP的功用与分类 .....	419
10.3.2 CAPP零件信息的描述和输入 .....	420
10.3.3 派生式CAPP系统 .....	425
10.3.4 创成式CAPP系统 .....	428
10.4 柔性制造系统(FMS) .....	431

10.4.1 FMS 概述 .....	431
10.4.2 FMS 的主要构成及类型 .....	432
10.4.3 FMS 总体方案设计 .....	436
10.5 计算机集成制造系统(CIMS) .....	440
10.5.1 CIMS 的产生和发展 .....	440
10.5.2 CIMS 的构成 .....	440
10.5.3 CIMS 的分级控制结构 .....	442
10.5.4 CIMS 的信息流、信息系统及集成方法 .....	445
10.5.5 CIMS 实例 .....	447
10.5.6 实现 CIMS 的关键技术 .....	450
思考题与习题 .....	454
<b>参考文献 .....</b>	<b>455</b>

# 0 绪 论

## 一、机械制造业在国民经济中的作用

在交通、动力、冶金、石化、电力、建筑、轻纺、航空、航天、电子、医疗、军事、科研等国民经济的各个行业，乃至人们的日常生活中，都广泛使用着各种各样的机械、仪器和工具。它们的品种、数量和性能等都极大地影响着这些行业的生产能力、劳动效率和经济效益等。这些机械、仪器和工具统称为机械装备。能够生产这些机械装备的工业，称为机械制造业。显然，机械制造业的主要任务，就是向国民经济的各个行业提供现代化的机械装备。因此，机械制造业是国民经济发展的基础和有力支柱，是影响国家综合国力的重要方面。

自 1770 年世界上制造出第一台蒸汽机开始，200 多年来，为了适应社会生产力的不断进步，为了满足社会对产品的品种、数量、性能、质量以及高的性能价格比的要求，同时由于新兴工程材料的出现和使用，新的切削加工方法、新的工艺方法以及新的加工设备大量涌现，使得机械制造技术也在经历着巨大变化。

近年来，由于现代科学技术的迅猛发展，特别是由于微电子技术、计算机技术的迅猛发展，将传统的制造技术带入了一个崭新的境界，出现了计算机辅助制造（CAM）的新概念。在工艺设计、生产管理、设备制造、质量控制、产品装配乃至产品储存、销售等方面，计算机都已大显身手，产生了计算机辅助工艺设计（CAPP）、计算机辅助生产管理（CAPM）、计算机数字控制（CNC）、计算机辅助质量控制（CAQ）、柔性制造系统（FMS）等一系列单项技术，而建立在这些单项技术之上的先进制造系统如计算机集成制造系统（CIMS），则是未来工厂的生产模式。所以，制造技术正由数控化走向柔性化、集成化、智能化。这已经成为现代制造技术的前沿。所有这一切的发展和进步，不仅孕育出机械制造学科的系统理论，而且使之成为最富有活力的、具有重要研究价值的学科领域。总之，当代机械制造业正以迅猛的步伐迈向 21 世纪，加工方法和制造工艺进一步完善与开拓，在传统的切削、磨削技术不断发展，上升到新的高度的同时，各种特种加工方法也在不断出现，开创出新的工艺可能性，达到新的技术水平，并在生产中发挥重要作用；加工技术向高精度发展，出现了所谓“精密工程”与“纳米技术”；制造技术向自动化方向发展，正在沿着数控技术、柔性制造系统及计算机集成制造系统的台阶向上攀登。

目前，我国机械工业产品的生产已具有相当大的规模，形成了产品门类齐全、布局合理的机械制造业体系。1992 年，我国的汽车产量就已突破 100 万辆；年产 100 多万套模具，产值达 30 多亿元，85% 以上的机械产品已可立足于国内。在制造技术和工艺装备方面正在努力赶上世界先进水平。

## 二、本门课程的性质及研究内容

机械制造是机械工程学科的重要分支，是一门研究各种机械制造过程和方法的科学，是国家建设和社会发展的基础。

任何机械产品的生产过程都是一个复杂的生产系统的运行过程。首先要根据市场的需求做出产品生产的决策；接着要完成产品的设计；而后需综合运用工艺技术理论和知识来确定制造方法和工艺流程，即解决如何制造出产品的问题；在这之后才能进入制造过程，实现产品的输出。为了解决如何制造产品的问题和处理制造过程中出现的各种技术问题，就需要涉及到制造工艺技术理论、工艺装备及设备、材料科学、生产组织管理等的一系列知识，即机械制造工程学。

“机械制造工程学”这门课程主要研究的是机械制造过程中的切削过程、工艺技术及工艺装备和设备问题。其基本内容包括：

- (1) 金属切削过程的基本规律；
- (2) 常用刀具的性能分析与设计；
- (3) 金属切削机床的型号，典型机床的工作原理、传动分析及典型部件设计；
- (4) 机械制造工艺技术的基本理论和基本方法；
- (5) 先进制造技术与先进制造系统的基本原理和实现方法。

本课程是机械工程及其自动化专业的一门重要专业课。

### 三、本课程的任务和要求

本课程的任务在于使学生获得机械制造过程中所必须具备的基础理论和基本知识。通过学习本课程，应能掌握金属切削的基本理论；了解金属切削机床的工作原理和传动，初步掌握分析机床运动和传动的方法；掌握机械制造工艺的基本理论知识，分析和处理与切削加工有关的工艺技术问题；能编制零件的机械加工工艺规程；掌握机床及机床夹具设计的基本理论和方法；掌握典型的先进制造技术和生产模式；具备综合分析机械制造工艺过程中质量、生产率和经济性问题的能力。

本课程的综合性和实践性都很强，涉及的知识面也很广。因此，学生在学习本课程时，除了注重理解和掌握其中的基本概念、基本原理和基本方法外，还应特别注重加强实习、实验及设计等其他实践教学环节的训练。

# 1 金属切削原理

## 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。刀具欲从工件上切除一部分金属,并保证在提高生产率和降低成本的前提下,使工件得到符合技术要求的形状、尺寸精度和表面质量。为实现这一切削过程,必须具备以下三个条件:第一,工件与刀具之间要有相对运动,即切削运动;第二,刀具材料必须具备一定的切削性能;第三,刀具必须有合理的几何参数,即切削角度等。本节主要阐明与切削运动及刀具角度有关的基本概念和定义。

### 1.1.1 切削运动与切削用量

#### 1.1.1.1 工件加工表面

外圆车削和平面刨削是金属切削加工中最基本的切削加工方法。图 1-1 表示外圆车削时的情况,工件旋转,车刀纵向直线进给,于是形成工件的外圆柱表面。图 1-2 表示牛头刨床刨削平面的情况,刀具做直线往复运动,工件做间歇的直线进给运动。

在上述外圆车削和平面刨削过程中,工件存在三个不断变化的表面(图 1-1,图 1-2):待加工表面、已加工表面、过渡表面(切削表面)。

①待加工表面 工件上有待切削的表面。

②已加工表面 工件上经刀具切削后形成的表面。

③过渡表面(或称切削表面) 工件上由切削刃正在切削的表面,它是待加工表面和已加工表面之间的过渡部位。

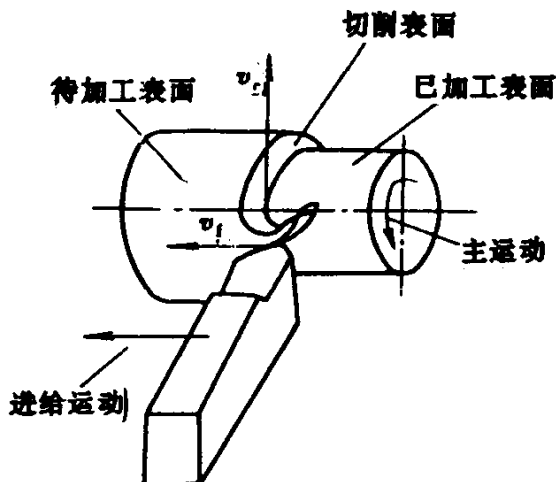


图 1-1 外圆车削的切削运动与加工表面

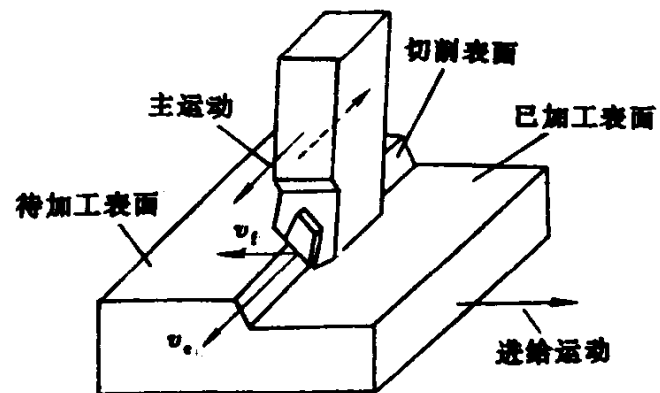


图 1-2 平面刨削的切削运动与加工表面

#### 1.1.1.2 切削运动

从外圆车削(图 1-1)和平面刨削(图 1-2)中可以看出,刀具或工件必须完成一定的切削运动。在其他切削加工方法中,刀具或工件同样必须完成一定的切削运动。通常,切削运动按其

作用可分为主运动和进给运动,这两个运动的向量和,称为合成切削运动。

### (1) 主运动

主运动是由机床自动或手动提供的刀具与工件之间主要的相对运动,它使刀具切削刃及其毗邻的刀具表面切入工件材料,使工件被切削部位转变为切屑,从而形成工件的新表面。这个运动的主要特征是速度高,消耗功率大。例如,外圆车削时的工件旋转运动和平面刨削时的刀具直线往复运动(图 1-1 和图 1-2),都是主运动。其他切削加工方法中的主运动也同样是由工件或刀具来完成的,其形式可以是旋转运动也可以是直线运动,但每种切削加工方法的主运动通常只有一个。

主运动方向:在不考虑进给运动的条件下,切削刃上选定点相对于工件的瞬时运动方向(图 1-3,图 1-4)。

切削速度  $v_c$ :切削刃上选定点相对工件沿主运动方向的瞬时速度(图 1-3,图 1-4)。

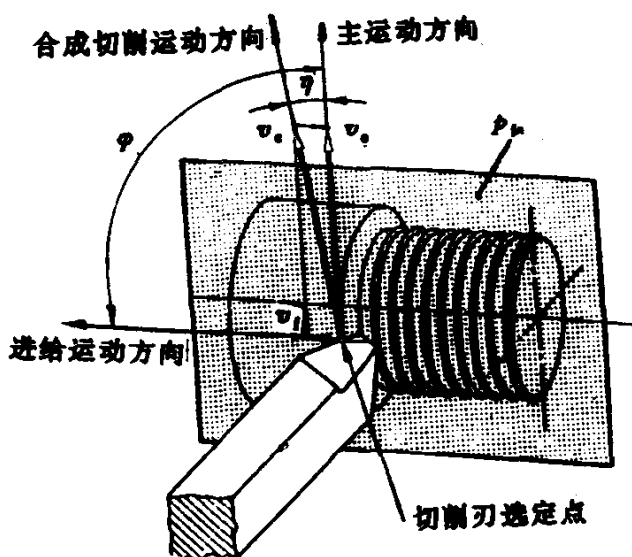


图 1-3 车刀相对于工件的运动

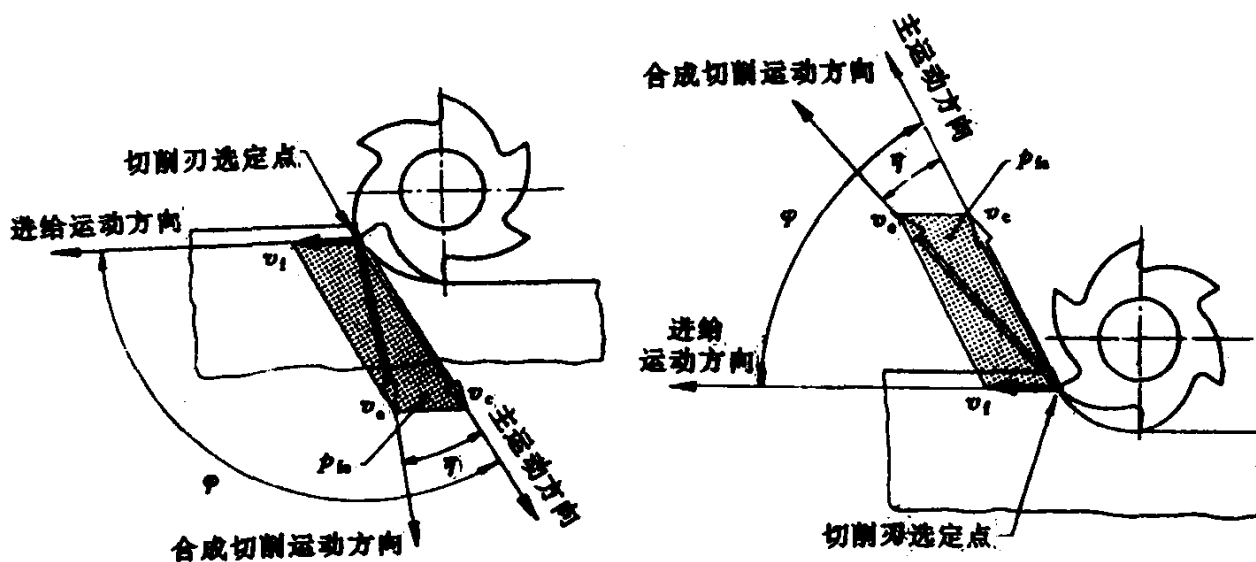


图 1-4 平面铣刀相对于工件的运动

当主运动为旋转运动时,刀具或工件最大直径处的切削速度由下式确定:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (\text{m/s 或 m/min}) \quad (1-1)$$

式中  $d$ ——完成主运动的刀具或工件的最大直径, mm;

$n$ ——主运动的转速, r/s 或 r/min。

## (2) 进给运动

进给运动是由机床自动或手动实现刀具或工件的运动,它配合主运动依次或连续不断地切除多余材料,同时形成满足一定要求的已加工表面。通常,它的速度与消耗的功率比主运动的小。例如,外圆车削时车刀的纵向连续直线运动(图 1-1)和平面刨削时工件的间歇直线运动(图 1-2)。其他切削加工方法中,也是由工件或刀具来完成进给运动。进给运动可以是间歇的,也可以是连续的,但进给运动可以不只一个。

进给运动方向:在不考虑主运动的条件下,切削刃选定点相对于工件的瞬时运动方向(图 1-3,图 1-4)。

进给速度  $v_f$ :切削刃选定点相对工件沿进给运动方向的瞬时速度(图 1-3,图 1-4),单位是 mm/s(或 mm/min)。若进给运动为直线运动,则进给速度在刀刃上各点是相同的。

进给量  $f$ :工件或刀具每回转一周或往返一个行程时两者沿进给运动方向的相对位移,单位是 mm/r 或 mm/双行程。它是衡量进给运动的常用度量单位。

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

在用多刃切削工具进行切削时,还应确定每齿进给量  $f_z$ 。每齿进给量是后一个刀齿相对前一个刀齿的进给量,单位是 mm/s。

显而易见

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \quad (\text{mm/s 或 mm/min}) \quad (1-2)$$

## (3) 合成切削运动

合成切削运动是由同时存在的主运动和进给运动合成的运动。

合成切削运动方向:切削刃选定点相对于工件瞬时合成切削运动的方向(图 1-3,图 1-4)。

合成运动的速度  $v_e$ :切削刃选定点相对工件沿合成切削运动方向的瞬时速度(图 1-3,图 1-4)。

进给运动角  $\varphi$ :瞬时主运动方向和进给运动方向之间的夹角(图 1-3,图 1-4)。

对于刨削和拉削之类的加工,这个角度不作规定。

合成切削速度角  $\eta$ :瞬时主运动方向与合成切削运动方向之间的夹角(图 1-3,图 1-4)。

$\varphi$  与  $\eta$  均在工作进给剖面  $p_{fe}$  内度量(工作进给剖面的定义见后节)。

显而易见在车削中(图 1-3)

$$v_e = \frac{v_c}{\cos \eta} \quad (1-3)$$

但通常实际加工中  $\eta$  值很小,所以可近似认为: $v_e = v_c$ 。

## (4) 背吃刀量(也称切削深度) $a_p$

对外圆车削(图 1-1)和平面刨削(图 1-2)而言,背吃刀量  $a_p$  等于工件已加工表面与待加工表面的垂直距离。其中外圆车削的背吃刀量

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (\text{mm}) \quad (1-4)$$

式中  $d_w$ ——工件待加工表面直径, mm;

$d_m$ ——工件已加工表面的直径, mm。

通常将切削速度  $v_c$ , 进给量  $f$  和背吃刀量  $a_p$  三者总称为切削用量三要素。



上述加工表面和切削运动的定义也适用于其他类型的切削加工。

### 1.1.2 刀具几何参数

金属切削刀具种类繁多,形状各异,但切削部分的几何特征都具有共性,外圆车刀的切削部分可以看作是各类刀具切削部分的基本形态。其他各类刀具,包括复杂刀具,都是在这个基本形态上根据各自的工作要求所演变而来的。因此,以外圆车刀切削部分为基础给出刀具几何参数的有关定义。

#### 1.1.2.1 刀具切削部分的组成要素

图 1-5 为外圆车刀,它由刀杆和刀头(切削部分)组成。刀头直接担负切削工作,其组成要素如下。

前刀面( $A_r$ ):直接作用于被切削的金属层,是控制切屑沿其流出的表面。

主后刀面( $A_a$ ):与工件上过过渡表面相互作用和相对的表面。

副后刀面( $A_a'$ ):与工件上已加工表面相互作用和相对的表面。

主切削刃( $S$ ):前刀面与主后刀面相交而得到的边锋。主切削刃担负着金属切除的主要工作,以形成工件的过渡表面。

副切削刃( $S'$ ):前刀面与副后刀面相交而得到的边锋。副切削刃协同主切削刃完成金属的切除工作,以最终形成工件的已加工表面。

过渡刃:主切削刃和副切削刃连接处的一段切削刃。过渡刃可以是小的直线段或圆弧。通常把主切削刃和副切削刃连接处称为“刀尖”。

#### 1.1.2.2 确定刀具切削角度的参考平面

刀具要从工件上切下金属,就必须具备一定的切削角度,这些角度决定了刀具切削部分各表面的空间位置。如图 1-6 所示,图中标出宽刃刨刀的前角  $\gamma_o$  和后角  $\alpha_o$ ,于是就确定了刨刀前刀面  $A_r$  和后刀面  $A_a$  的位置。但是刨刀的  $\gamma_o$  与  $\alpha_o$  需要在选定的参考平面作为坐标系的基础之后才能表明其大小。图 1-6 中所示的基面  $p_r$  和切削平面  $p_s$  就是选作坐标系的参考平面。

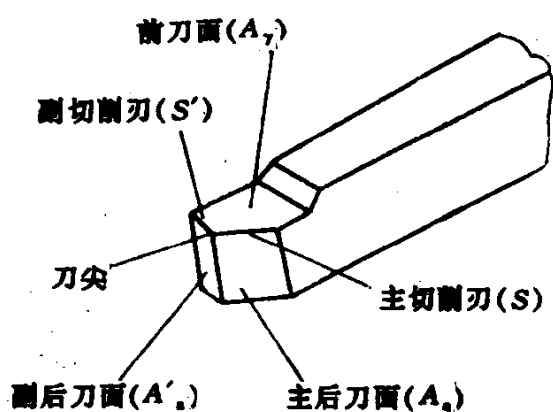


图 1-5 外圆车刀切削部分的组成要素

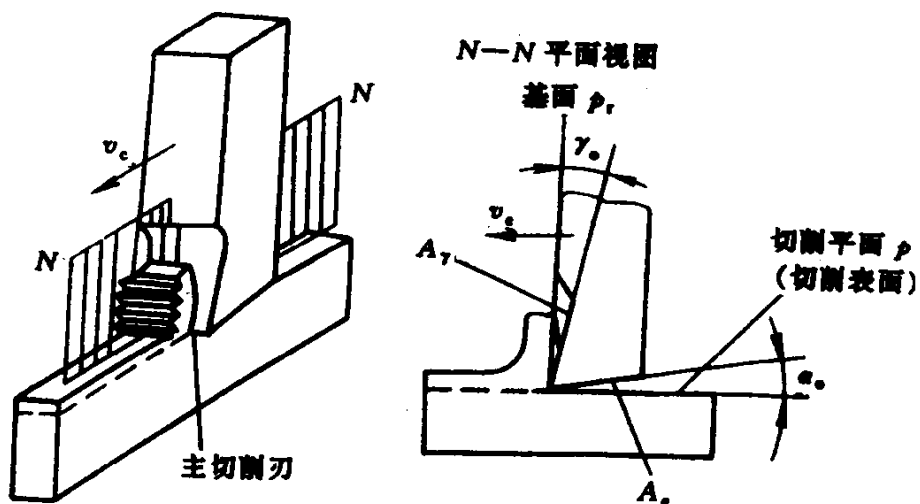


图 1-6 宽刃刨刀的参考平面

由于大多数加工表面都不是平面,而是空间曲面,不便于直接用来作为参考平面,因此,将构造刀具角度坐标系的参考平面定义如下。

(1) 基面  $p_{re}$  通过主切削刃上选定点,垂直于该点合成切削运动向量的平面。