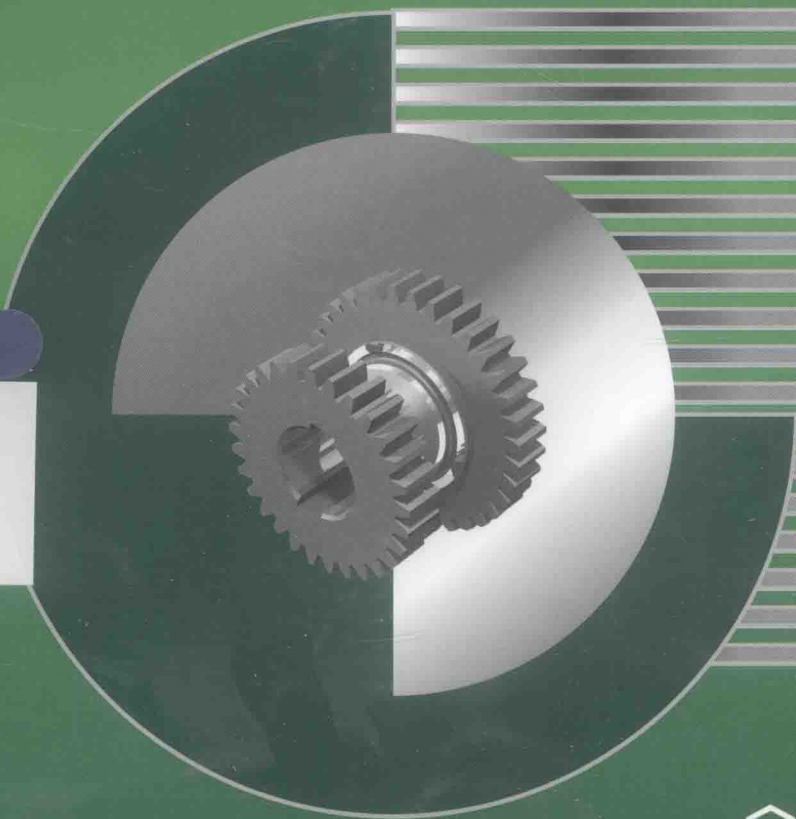


高等学校规划教材

# 机械制造工程学

郭兰申 王阳 主编

JIXIE ZHIZAO  
GONGCHENGXUE



化学工业出版社

高等学校规划教材

# 机械制造工程学

郭兰申 王阳 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书配合《机械制造工程学》精品课的建设,配合“国家特色专业”专业改革,内容共分七章,包括金属切削过程及其控制、金属切削机床简介、机床夹具设计原理、机械加工工艺规程设计及实例、机械制造精度分析与控制、机械加工表面质量及机械产品装配工艺规程设计。

本书以金属切削和机械制造工艺的基本理论和基本知识为主线,并将与之有关的机床、刀具、夹具、工艺等有关内容进行了融合,把机床、刀具、夹具、切削原理、加工工艺等用“机械制造工艺系统”串起来,形成知识的关联化、系统化。目的是使学生能够掌握机械制造技术的基础理论、基本知识、基本方法和基本技能,培养分析和解决实际生产问题的能力。

本书可作为机械设计制造及其自动化、车辆工程等机械工程类专业教材,也可供从事机械方面的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程学/郭兰申,王阳主编. —北京:  
化学工业出版社,2015.1  
高等学校规划教材  
ISBN 978-7-122-22100-1

I. ①机… II. ①郭… ②王… 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(2014)第243559号

---

责任编辑:廉静  
责任校对:宋玮

文字编辑:张燕文  
装帧设计:王晓宇

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印 装:三河市延风印装厂  
787mm×1092mm 1/16 印张17½ 字数435千字 2015年1月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899  
网 址:<http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:38.00元

版权所有 违者必究

# 前 言

《机械制造工程学》是机械工程类专业的一门重要的技术基础课，特别是机械设计制造及其自动化专业的一门重要的技术基础课程。本书配合《机械制造工程学》精品课的建设，配合“国家特色专业”专业改革，笔者从中得到很多体会，取得很多经验，也产生了很多新想法。本书以金属切削和机械制造工艺的基本理论和基本知识为主线，并将与之有关的机床、刀具、夹具、工艺等有关内容进行了融合，把机床、刀具、夹具、切削原理、加工工艺等用“机械制造工艺系统”串起来，形成知识的关联化、系统化。目的是使学生能够掌握机械制造技术的基础理论、基本知识、基本方法和基本技能，培养分析和解决实际生产问题的能力。参加本书编写的主要老师均从事机械制造及相关领域的教学工作十几年，特别是实践教学环节如课程设计、实践课和生产实习、毕业设计等，具有丰富的教学经验。

本课程与生产实际联系密切，是一门实践性很强的课程，要具备较多的实践知识，才能在学习时理解得深入透彻。要想全面掌握课程内容，需要实习、课程设计、实验及课后练习等多种教学环节的配合。本书按60~80学时设计，不同学校不同专业可根据学时的多少对教学内容进行深度延伸或删减。

本书由郭兰申、王阳任主编，谷美林、张建华、姚涛任副主编。绪论由郭兰申编写，第一章由谷美林编写，第二章由王阳编写，第三章由张建华编写，第四章由郭兰申、姚涛编写，第五章、第六章由王阳、齐延霞编写，第七章由杨杰编写。全书由郭兰申统稿、定稿。

本书的编写力求做到章节编排合理，内容完整精练、系统性强，讲解深入浅出，图解丰富，使教材内容与相关实践性教学环节配合默契、联系紧密。通过本课程学习，要求学生能对制造活动的全过程有一个总体的、全貌的了解和把握，同时具有宽阔的视野、创新的思维和一定的创新能力。

由于编者水平所限，不妥之处在所难免，希望广大读者提出批评和建议。

**编 者**  
**2014.9**

# 目 录

绪 论	1
第一章 金属切削过程及其控制	3
第一节 概述	3
一、切削运动	3
二、工件加工表面	3
三、切削用量	4
四、切削层参数	5
五、刀具几何参数	5
第二节 常用刀具	8
一、刀具分类	8
二、车刀	9
三、孔加工刀具	9
四、铣刀	14
五、拉刀	16
六、螺纹刀具	16
七、齿轮刀具	18
第三节 常用刀具材料	19
一、刀具材料应具备的性能	19
二、高速钢	21
三、硬质合金	22
四、涂层材料	22
五、陶瓷	22
六、立方氮化硼	23
七、金刚石	23
第四节 磨料与磨具	23
一、磨料	23
二、粒度	24
三、结合剂	24
四、硬度	25
五、组织	25
六、砂轮形状	25
第五节 金属切削过程	26
一、切屑的形成过程及变形区的划分	26
二、切削变形程度	27

三、影响切屑变形的因素 .....	29
四、积屑瘤的形成及其对切削过程的影响 .....	29
五、刀-工接触区的变形与加工质量 .....	30
六、金属切削过程中切屑的类型及控制 .....	31
第六节 金属切削过程中的切削力和切削功率 .....	32
一、切削力 .....	32
二、切削功率 .....	33
三、切削力的测量 .....	34
四、切削力的经验公式和切削力的估算 .....	34
五、影响切削力的因素 .....	36
第七节 金属切削过程中的切削热和切削温度 .....	37
一、切削热的产生与传导 .....	37
二、切削温度的测量与分布 .....	38
三、影响切削温度的主要因素 .....	40
第八节 刀具磨损和刀具寿命 .....	41
一、刀具磨损的形态 .....	41
二、刀具磨损机理 .....	41
三、刀具磨损过程 .....	42
四、刀具的磨钝标准 .....	43
五、刀具耐用度和刀具寿命 .....	43
第九节 工件材料的切削加工性 .....	44
一、衡量材料切削加工性的指标 .....	44
二、常用金属材料的切削加工性 .....	45
三、改善材料切削加工性的措施 .....	46
第十节 切削条件的合理选择 .....	46
一、刀具几何参数的选择 .....	46
二、切削用量的选择 .....	48
思考与练习 .....	51
<b>第二章 金属切削机床简介 .....</b>	<b>52</b>
第一节 概述 .....	52
一、机床的技术性能 .....	52
二、机床的分类 .....	52
第二节 机床简介 .....	53
一、卧式车床 CA6140 型卧式车床简介 .....	53
二、其他类机床简介 .....	64
思考与练习 .....	82
<b>第三章 机床夹具设计原理 .....</b>	<b>83</b>
第一节 概述 .....	83
一、夹具的定义及功能 .....	83
二、机床夹具的组成 .....	83

三、机床夹具的分类 .....	85
第二节 工件在夹具上的定位 .....	85
一、工件在夹具上定位的概念 .....	85
二、工件定位的基本原理 .....	86
三、常见的定位方式和定位元件 .....	91
第三节 定位误差 .....	102
一、定位误差的概念 .....	102
二、产生定位误差的原因 .....	103
三、定位误差的计算 .....	104
四、保证规定加工精度实现的条件 .....	107
第四节 工件在夹具中的夹紧 .....	107
一、夹紧装置的组成及基本要求 .....	107
二、夹紧力的确定 .....	108
三、典型夹紧机构 .....	111
四、夹紧机构的动力装置 .....	116
第五节 各类机床夹具简介 .....	117
一、车床夹具 .....	117
二、钻床夹具 .....	119
三、镗床夹具 .....	123
四、铣床夹具 .....	126
五、其他类型夹具 .....	129
第六节 机床夹具设计步骤与方法 .....	136
一、专用夹具设计的基本要求 .....	136
二、专用夹具设计的一般步骤 .....	136
三、专用夹具设计中的几个重要问题 .....	138
思考与练习 .....	142
<b>第四章 机械加工工艺规程设计及实例 .....</b>	<b>148</b>
第一节 概述 .....	148
一、生产过程与工艺过程 .....	148
二、机械加工工艺过程的组成 .....	148
三、生产纲领与生产类型 .....	150
四、机械加工工艺规程 .....	152
五、制定工艺规程的原始资料与步骤 .....	154
第二节 零件的结构工艺性评价 .....	156
一、合理标注尺寸 .....	156
二、有利于达到所要求的加工质量 .....	157
三、有利于减少加工劳动量和提高劳动生产率 .....	157
第三节 制定工艺规程要解决的几个关键问题 .....	159
一、定位基准的选择 .....	160
二、工艺路线的拟定 .....	164

三、机械加工工序的设计	172
四、时间定额的估算	178
五、工艺方案的比较与技术经济分析	179
六、成组机械加工工艺流程设计	181
第四节 工艺尺寸链	182
一、工艺尺寸链的组成	182
二、工艺尺寸链的计算公式	183
三、工艺尺寸链的应用	187
第五节 典型零件的加工工艺分析	190
一、轴的加工工艺分析	190
二、圆柱齿轮的加工工艺	192
三、非回转体的加工工艺分析	194
思考与练习	200
<b>第五章 机械制造精度分析与控制</b>	202
第一节 机械加工精度	202
一、加工精度的基本概念	202
二、获得加工精度的方法	202
第二节 加工精度的影响因素与控制方法	203
一、影响加工精度的单因素及其分析	203
二、加工精度的多因素综合分析	218
三、加工误差的综合分析实例	229
四、提高加工精度的途径	233
思考与练习	236
<b>第六章 机械加工表面质量</b>	238
第一节 概述	238
一、加工表面质量的内容	238
二、机械加工表面质量对机械产品使用性能的影响	239
第二节 影响表面质量的因素	241
一、影响表面粗糙度的因素	241
二、影响加工表面层物理力学性能的因素	244
三、影响表面波度的因素	247
第三节 提高加工表面质量的途径	247
一、精密加工与光整加工	247
二、表面强化工艺	250
思考与练习	251
<b>第七章 机械产品装配工艺流程设计</b>	253
第一节 概述	253
一、装配的概念	253
二、装配的组织形式	254
三、装配工艺系统图	254



四、装配精度的概念·····	255
五、装配精度与零件精度的关系·····	255
六、装配尺寸链·····	255
第二节 保证装配精度的工艺方法·····	257
一、互换法·····	257
二、选配法·····	258
三、修配法·····	259
四、调整法·····	260
第三节 装配工艺规程设计·····	263
一、制定装配工艺规程应遵循的基本原则·····	263
二、制定装配工艺规程所需的原始资料·····	263
三、制定装配工艺规程的步骤·····	263
第四节 机械产品设计的装配工艺性评价·····	267
一、便于装配与调整·····	267
二、应有足够的装卸空间·····	269
三、减少装配时的机械加工量·····	269
四、减少机构的零件种类·····	269
五、选择合适的装配角度·····	270
思考与练习·····	270
参考文献·····	272

# 绪 论

## 一、机械制造业在国民经济中的作用

机械制造业是国民经济的基础产业，它的发展直接影响到国民经济各部门的发展，也影响到国计民生和国防力量的加强，它是工业化、现代化建设的发动机和动力源。

社会生产中的各行各业，诸如交通、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，乃至人民的日常生活中，都使用着各种各样的机器、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。这些机器、机械、仪器和工具统称为机械装备。它们的大都是由一定形状和尺寸的金属零件所组成的，能够生产这些零件并将其装配成机械装备的工业，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18世纪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，同时由于新型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，使机械制造技术也在经历着巨大的变化。

蒸汽机和工具机的发明开创了以机器为主导地位的制造业的新纪元，19世纪末20世纪初内燃机的发明满足了人类对交通运输工具及高效发动机的渴求，继而引发了制造业的产业革命。人类对汽车、武器、弹药为代表的产品的大批量需求促进了标准化、自动化的发展。1961年，CondecCorp.公司向通用汽车公司在新泽西州Trenton的工厂交付了世界上第一台生产线用自动机械，标志着制造业进入工业机器人的时代。第二次世界大战后特别是近年来，市场需求的多样化促使现代科学技术的迅猛发展，特别是由于微电子技术、电子计算机技术的迅猛发展，已经使制造技术从面貌和内容上都发生了深刻的变革，向程序控制的方向发展，制造业由数控化走向柔性化、集成化、智能化。柔性制造单元、柔性生产线、计算机集成制造技术及精益生产的相继问世，制造技术由此进入面向市场多样需求柔性生产新阶段，引发生产模式和管理技术的革命。所有这一切的发展和进步，不仅孕育出机械制造学科系统的理论，而且使之成为最富有活力的、学术研究极为活跃的学科领域。

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，在制造工艺技术和工艺设备方面正在努力赶上世界先进水平；以制造业为支撑，中国已成为世界经济贸易大国。中国经济于20世纪70年代末开始起飞，一直实行以建立强大的、能够给为数众多的农业人口提供就业的工业部门为主的经济发展战略。但我们必须看到中国仍处于国际产业链的较低环节，目前中国制造业占全球制造份额仅在5%左右。中国制造业以劳动密集型的加工、组装为主，在全球的比重与地位、产业结构与市场集中度、核心技术与国际竞争力等方面，与先进的工业国相比差距甚大，发展道路还很漫长。近期世界金融危机的影响使中国制造业面临非常严峻的挑战，必须以信息化带动工业化、工业化促进信息化，走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源得到充分利用和充分发挥的新型工业化道路。

## 二、 本课程研究的内容及性质

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作出生产什么产品的决策；接着要完成产品的设计工作；然后需要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关键，就需要具备涉及制造工艺技术理论、工艺设备及装备、材料科学、生产组织管理等的一系列知识，即机械制造学科领域的知识体系。

本课程的研究对象，就是机械制造过程中的切削过程、工艺技术及工艺设备和装备问题。其基本内容包括：金属切削过程的基本规律及其刀具；金属切削机床的分类，典型通用机床的工作原理、传动分析；机械制造工艺技术的基本理论和基本知识。

## 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。学完本课程后，应能掌握金属切削的基本原理；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；掌握机床夹具设计的基本原理和方法；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高，涉及的知识面也很广。因此，学生在学习本课程时，除了重视其中必要的基本概念、基本原理外，还应特别注意实践环节，如到工厂实习、现场教学、课程设计、实验及课后练习等多种教学环节的配合等。

# 第一章 金属切削过程及其控制

金属切削加工是利用切削刀具从工件上切除多余（金属）材料的加工方法，使工件达到符合技术要求的尺寸、形状、位置精度和表面质量。实现这一切削过程必须具备以下三个条件：工件与刀具之间要有相对运动，即切削运动；刀具材料必须具有一定的切削性能；刀具必须具有适当的几何参数，即切削角度等。本章主要介绍切削运动、刀具材料、刀具角度及切削过程的一系列物理现象。

## 第一节 概 述

### 一、 切削运动

切削运动就是刀具与工件之间的相对运动，即表面成形运动，可分为主运动和进给运动。

切削运动由金属切削机床来实现。外圆车削是金属切削加工中常见的加工方法。现以外圆车削为例分析工件与刀具之间的切削运动。外圆车削时的情况如图 1-1 所示，工件旋转，车刀作连续纵向直线进给，形成工件的外圆表面。

#### 1. 主运动

使工件与刀具产生相对运动以进行切削的最基本运动，与进给运动相比，其速度高，消耗的功率大，且只有一个，一般用  $v_c$  表示，如车削外圆时工件的旋转运动、铣削时铣刀的旋转运动、刨削时刨刀的往复直线运动等。

#### 2. 进给运动

不断地把被切削层材料投入到切削过程中，以便形成全部已加工表面的运动，进给运动一般速度较低，消耗功率小，可以由一个或多个运动组成，也可以没有（如拉削），可以是连续的，也可以是间歇的，一般用  $v_f$  表示，如车削时车刀的纵向或横向运动，磨削时工件的旋转和工作台带动工件的移动等。

在切削过程中，既有主运动又有进给运动，两者的合成运动称为合成切削运动  $v_c$ 。图 1-1 所示为外圆车削时速度的合成关系，可用下式确定：

$$v_c = v_c + v_f \quad (1-1)$$

### 二、 工件加工表面

切削加工过程中，在工件上通常会有三种变化着的加工表面，如图 1-1 所示。

- ① 待加工表面 工件上即将被切除的表面。
- ② 已加工表面 切除材料后形成的新的工件表面。
- ③ 过渡表面 正在被刀具主切削刃切削的表面，处于已加工表面和待加工表面之间。

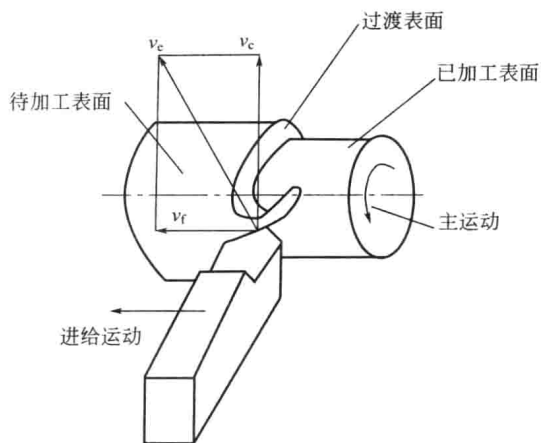


图 1-1 外圆车削的切削运动与加工表面

### 三、切削用量

切削用量是切削速度、进给量和背吃刀量（切削深度）的总称，又称切削三要素。切削用量对加工质量和效率有重要影响。

#### 1. 切削速度 $v_c$

切削速度是指切削加工时，刀刃上选定点相对于工件的主运动速度，刀刃上各点的切削速度可能是不同的，计算切削速度时，应选取刀刃上速度最高的点进行计算。主运动为旋转运动时，切削速度由下式确定：

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000 \times 60} \quad (1-2)$$

式中  $d$ ——工件（或刀具）的最大直径，mm；

$n$ ——工件（或刀具）的转速，r/min。

若主运动为往复直线运动（如刨削），则用其平均速度作为切削速度，即：

$$v_c = \frac{2L n_r}{1000 \times 60} \quad (1-3)$$

式中  $L$ ——往复直线运动的行程长度，mm；

$n_r$ ——主运动每分钟的往复次数，次/min。

#### 2. 进给量 $f$

工件或刀具转一周（或每往复一次），两者沿进给运动方向上的相对位移量称为进给量，其单位是 mm/r（或 mm/行程）。对于铣刀、铰刀、拉刀等多齿刀具，还规定每齿进给量  $f_z$ ，单位是 mm/齿。进给速度、进给量和每齿进给量之间的关系为：

$$v_f = n f = n z f_z \quad (1-4)$$

式中  $n$ ——主轴转速，r/s；

$z$ ——刀具齿数。

#### 3. 背吃刀量 $a_p$

刀具切削刃与工件的接触长度在主运动和进给运动方向组成的平面上的法向投影值称为背吃刀量，其单位是 mm。外圆车削的背吃刀量就是工件已加工表面和待加工表面间的垂直距离，如图 1-2 所示。

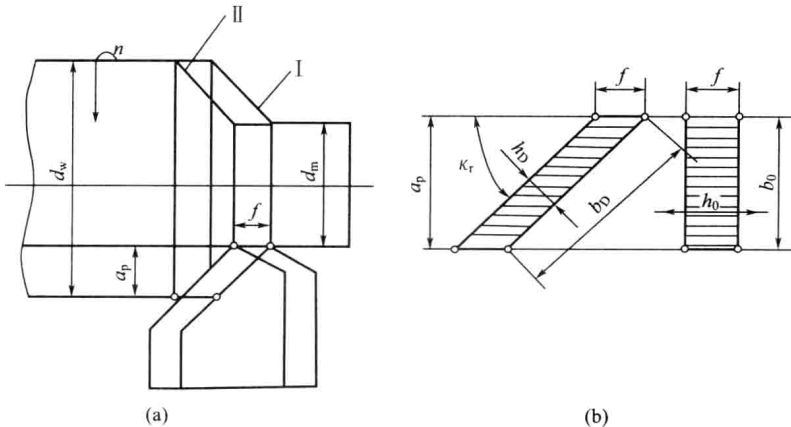


图 1-2 切削用量与切削层参数

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-5)$$

式中  $d_w$ ——工件上待加工表面直径, mm;

$d_m$ ——工件上已加工表面直径, mm。

#### 四、切削层参数

切削刃在一次走刀中从工件上切下的一层材料称为切削层,也就是相邻两个加工表面之间的一层金属。外圆车削时的切削层,就是工件转一转,主切削刃移动一个进给量  $f$  所切除的一层金属,如图 1-2 所示。切削层的截面尺寸参数称为切削层参数。切削层的大小反映了切削刃所载荷的大小,直接影响加工质量、生产率和刀具的磨损等。

##### 1. 切削层公称厚度 $h_D$

垂直于过渡表面度量的切削层尺寸称为切削层公称厚度  $h_D$  (以下简称切削厚度)。

车外圆时,若车刀主切削刃为直线(图 1-2),则:

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (1-6)$$

##### 2. 切削层公称宽度 $b_D$

沿过渡表面度量的切削层尺寸称为切削层公称宽度  $b_D$  (以下简称切削宽度)。

车外圆时,若车刀主切削刃为直线(图 1-2),则:

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r \quad (1-7)$$

##### 3. 切削层公称横截面积 $A_D$

切削层在切削层尺寸度量平面内的横截面积称为切削层公称横截面积  $A_D$  (以下简称切削面积)。车外圆时,如车刀主切削刃为直线(图 1-2),则:

$$A_D = h_D b_D = f a_p \quad (1-8)$$

#### 五、刀具几何参数

金属切削刀具种类繁多,但其参与切削部分的几何特征有共性,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,以外圆车刀切削为例介绍刀具几何参数方面的有关定义。

##### 1. 刀具切削部分的组成要素

外圆车刀的切削部分如图 1-3 所示,由刀头和刀体组成。刀体的主要作用是将刀具安装到刀架上,刀头是参与切削的部分,由以下要素组成。

① 前刀面 ( $A_\gamma$ ) 与切屑接触并相互作用,切屑沿其流出的刀具表面。

② 主后刀面 ( $A_\alpha$ ) 与工件上过渡表面相接触并相互作用的刀具表面。

③ 副后刀面 ( $A'_\alpha$ ) 与工件上已加工表面相接触并相互作用的刀具表面。

④ 主切削刃 ( $S$ ) 前刀面与主后刀面的交线,它承担主要切削工作,也称为主刀刃。

⑤ 副切削刃 ( $S'$ ) 前刀面与副后刀面的交线,它协同主切削刃完成切削工作,并最

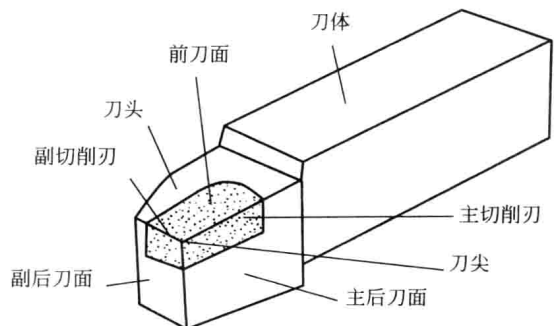


图 1-3 外圆车刀切削部分的组成

终形成已加工表面，也称为副刀刃。

⑥ 刀尖 连接主切削刃和副切削刃的一段刀刃，它可以是一段小的圆弧，也可以是一段直线。

2. 确定刀具角度的参考系和参考平面

刀具角度是用来确定刀具切削部分各刀面和刀刃在空间相互位置和相互关系的方位角度，为了设计、制造和测量刀具的角度，需要将刀具置于参考系中进行度量，常用正交平面参考系，如图 1-4 所示。构成正交参考系的参考平面如下。

① 基面 ( $P_r$ ) 通过主切削刃上选定点，并与该点切削速度方向相垂直的平面。

② 切削平面 ( $P_s$ ) 通过主切削刃上选定点，并与工件切削表面相切的平面，切削平面垂直于基面。

③ 正交平面 (也称主剖面) ( $P_o$ ) 通过主切削刃上选定点，并与主切削刃在基面上的投影相垂直的平面，正交平面同时垂直于基面和切削平面。

除正交平面参考系外，还有法平面参考系、假定工作平面和背平面参考系，如图 1-5、图 1-6 所示。

法平面参考系由基面、切削平面和法平面组成，法平面 ( $P_n$ ) 是通过主切削刃上选定点并垂直于主切削刃或其切线的平面。

假定工作平面和背平面参考系由基面、背平面 ( $P_p$ ) 和假定工作平面 ( $P_f$ ) 组成，背平面 ( $P_p$ ) 是通过主切削刃上选定点，平行于刀杆轴线并垂直于基面 ( $P_r$ ) 的平面，与进给方向垂直；假定工作平面 ( $P_f$ ) 是通过主切削刃上选定点，同时垂直于刀杆轴线及基面的平面，与进给方向平行。

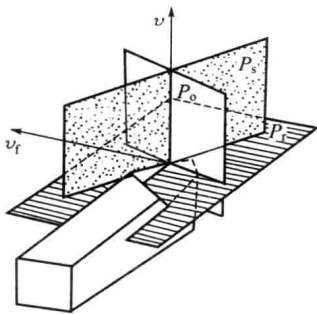


图 1-4 正交平面参考系

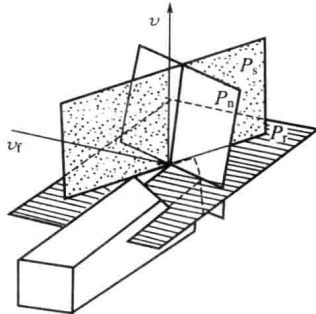


图 1-5 法平面参考系

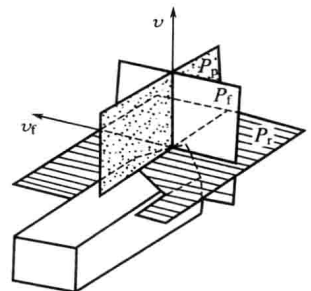


图 1-6 假定工作平面和背平面参考系

3. 刀具的标注角度

在刀具角度参考系中测得的角度称为刀具的标注角度，刀具标注角度主要是为了确定刀具切削刃、前刀面和后刀面的位置。标注角度应标注在刀具的设计图中，用于刀具制造、刃磨和测量。

以外圆车刀为例，在正交平面参考系中，刀具的主要标注角度有前角 ( $\gamma_o$ )、后角 ( $\alpha_o$ )、主偏角 ( $\kappa_r$ )、副偏角 ( $\kappa'_r$ ) 和刃倾角 ( $\lambda_s$ )，其定义如下 (图 1-7)。

① 前角  $\gamma$ 。在正交平面内测量的前刀面与基面之间的夹角。前刀面在基面之下时前角为正值，前刀面在基面之上时前角为负值。

② 后角  $\alpha$ 。在正交平面内测量的主后刀面与切削平面之间的夹角，一般为正值。

③ 主偏角  $\kappa_r$ 。在基面内测量的主切削刃在基面上的投影与进给运动方向之间的夹角。

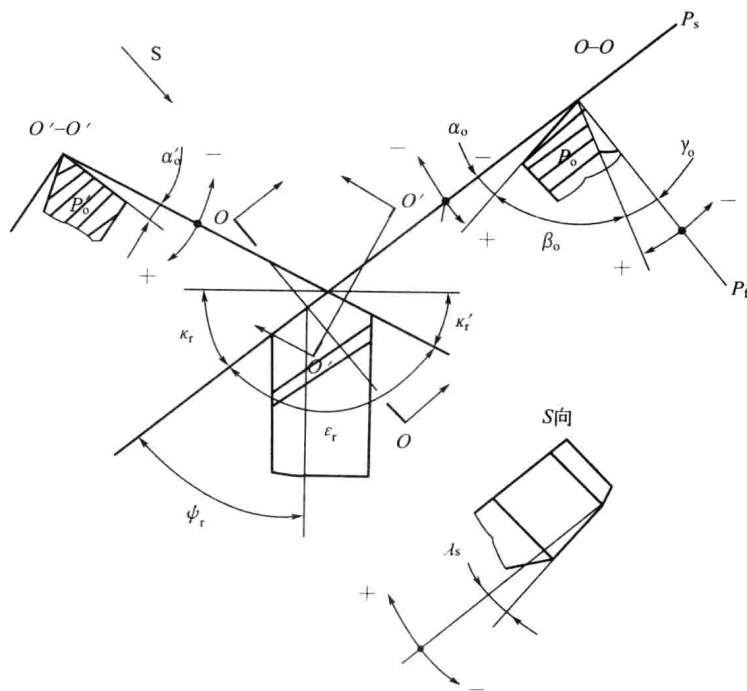


图 1-7 刀具的标注角度

④ 刃倾角  $\lambda_s$  在切削平面内测量的主切削刃与基面之间的夹角。在主切削刃上，刀尖为最高点时刃倾角为正值，刀尖为最低点时刃倾角为负值。主切削刃与基面平行时，刃倾角为零。

上述四个基本角度确定以后，副切削刃上的副刃倾角和副前角随之确定，故在刀具工作图上只需标注副切削刃的下列角度。

① 副偏角  $\kappa'_r$  在基面内测量的副切削刃在基面上的投影与进给运动反方向之间的夹角。

② 副后角  $\alpha'_o$  在副切削刃选定点的正交平面  $P'$  内，副后刀面和副切削平面之间的夹角。副切削平面是过该选定并包含切削速度向量的平面。

以上是外圆车刀主、副切削刃上所必须标注的六个基本角度。

#### 4. 刀具的工作角度

上述外圆车刀的标注角度，是在假定刀杆轴线与纵向进给运动方向垂直，同时切削刃上选定点与工件中心线等高的条件下确定的。在切削过程中，由于刀具安装位置和进给运动的影响，参考平面的位置应按合成切削运动方向来确定，刀具标注角度会发生相应的变化，这时的参考系称为刀具工作角度参考系，所确定的角度为工作角度，工作角度反映了刀具的实际工作状态。

(1) 进给运动对工作角度的影响 当刀具对工件进行切断或切槽时，刀具进给运动

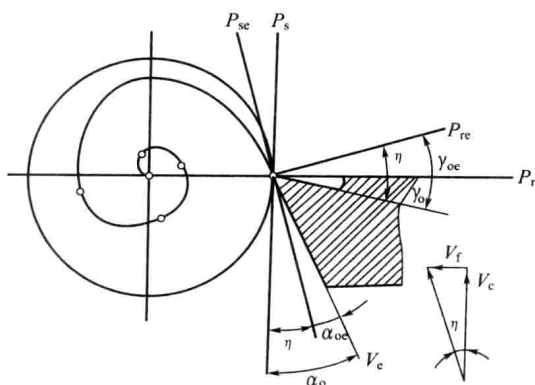


图 1-8 横向进给运动对工作角度的影响



是沿横向进行的。图 1-8 所示为切断刀工作时情况，当不考虑进给运动的影响时，按切削速度的方向确定的基面和切削平面分别为  $P_r$  和  $P_o$ 。考虑进给运动的影响后，刀具在工件上的运动轨迹为阿基米德螺旋线，按合成切削速度  $v_c$  的方向确定的工作基面和工作切削平面分别为  $P_{re}$  和  $P_{se}$ 。工作前角  $\gamma_{oe}$  和工作后角  $\alpha_{oe}$  分别为：

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta \tag{1-9}$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta \tag{1-10}$$

$$\eta = \arctan v_f / v_c = \arctan f / \pi d_{\text{切}} \tag{1-11}$$

$\eta$  称为螺旋升角，它使刀具的工作前角增大，工作后角减小。一般车削时，进给量比工件直径小很多，故  $\eta$  很小，其对刀具的工作角度的影响不大。但在车端面、切断或车螺纹时，则应考虑螺旋升角的影响。

(2) 刀具安装位置对工作角度影响 安装刀具时，如刀尖高于或低于工件中心，都会引起刀具工作角度的变化。当刀尖高于工件中心时，如图 1-9 (a) 所示，若不考虑车刀横向进给运动的影响，基面由  $P_r$  变为  $P_{re}$ ，切削平面由  $P_s$  变为  $P_{se}$ ，实际工作前角  $\gamma_{oe}$  将大于标注前角  $\gamma_o$ ，工作后角  $\alpha_{oe}$  将小于标注后角  $\alpha_o$ 。

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \theta \tag{1-12}$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \theta \tag{1-13}$$

$$\theta = \arctan 2h / d \tag{1-14}$$

当刀尖低于工件中心时，如图 1-9 (b) 所示，基面由  $P_r$  变为  $P_{re}$ ，切削平面由  $P_s$  变为  $P_{se}$ ，实际工作前角  $\gamma_{oe}$  将小于标注前角  $\gamma_o$ ，工作后角将大于标注后角。

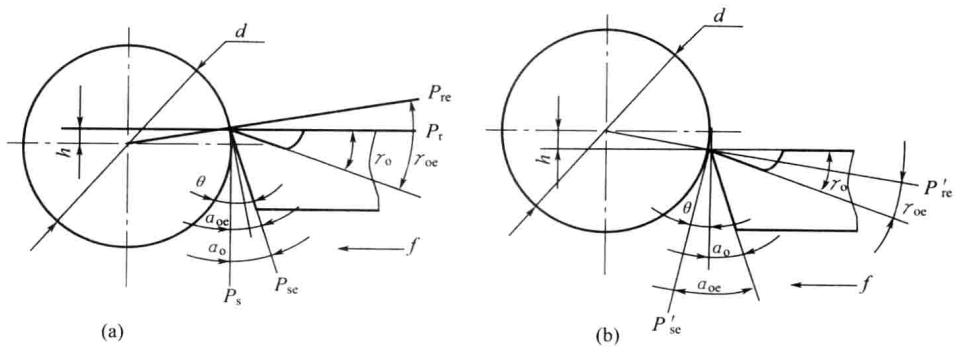


图 1-9 车刀安装高度对工作角度的影响

$$\gamma_{oe} = \gamma_o - \theta \tag{1-15}$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o + \theta \tag{1-16}$$

$$\theta = \arctan 2h / d \tag{1-17}$$

## 第二节 常用刀具

### 一、刀具分类

根据用途和加工方法的不同，刀具有很多种分类方法。如按照加工方法和用途，可分为车刀、铣刀、孔加工刀具、拉刀、螺纹刀具、齿轮刀具、自动线和数控机床刀具和磨具等；按照切削刃的多少可分为单刃（如车刀）刀具和多刃刀具（如铣刀）；按照标准化程度不同