

# 金属切削 原理与 刀具

龚才元 等编



航空工业出版社

# 金属切削原理与刀具

龚才元 主编

航空工业出版社

1991

## 内 容 提 要

《金属切削原理与刀具》内容包括 基本定义、金属切削过程基本规律、已加工表面质量、刀具材料、刀具几何参数选择、切削用量选择、工件材料的加工性、车刀、成形车刀、孔加工刀具、拉刀、铰刀、螺纹刀具、齿轮刀具等共14章。

全书教学时数为80学时左右，各校可根据情况灵活安排。本书可作为高等专科学校、中等专业学校、~~成人大学~~等~~机械类专业~~试用教材，并可供金属切削工人和有关工程技术人员学习参考。

## 金属切削原理与刀具

龚才元 主编

---

航空工业出版社出版发行  
(北京市和平里小关东里14号)

一邮政编码：100029一

全国各地新华书店经售

新源印刷厂印刷

---

1991年8月第1版

1991年8月第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：19.125

印数：0001—2600

字数：474千字

ISBN 7-80046-347-8/TG·010

定价：4.60元

## 编写说明

为适应培养四化建设人才的需要,总结多年教学经验,西安航空工业技术专科学校、成都航空工业学校、大庸航空工业学校以及上海航空工业学校共同编写了机械类专业用《金属切削原理与刀具》教材。1983年7月由四校共同讨论并拟订编写大纲,1984年10月对初稿进行详细讨论并进行修改。经西北工业大学张春江教授主审修改后,于1985年3月集体定稿,1985年7月铅印后作为交流教材内部发行。根据航空工业部批准的《金属切削原理与刀具》教学大纲,并参照全国高等专科学校机制专业协会《金属切削原理与刀具》课程组1988年10月制订的教学大纲,于1989年7月又进行集体讨论并进行修订。

在编写中考虑了本学科的系统性和完整性,介绍较为成熟和较新的科研成就,联系生产实践,按照认识规律,培养学生思考和分析问题的能力,系统介绍金属切削基本理论及其应用,并介绍各类刀具。做到阐述清楚、明了、易懂,便于自学,内容适当更新,体系适应教学要求。每章附有习题与思考题,可帮助学生重点复习所学内容和进一步分析有关的问题。书末设有附录以供讲授时选用。本书采用国家法定计量单位和新的制图标准。

各章的编者是:绪论、第三、五章西安航空工业技术专科学校杨毓斌;第一、十二章西安航空工业技术专科学校赵洁明;第二、四章成都航空工业学校张云路;第六、十三章、附录西安航空工业技术专科学校龚才元;第七、八、十一章大庸航空工业学校田书清;第九章上海航空工业学校姚善兴;第十章成都航空工业学校刘锡礼;第十四章上海航空工业学校徐宽明。龚才元担任主编。

在编写过程中得到航空工业部教材编审室和各航空工业学校各级领导及有关同志大力支持;北京航空航天大学李俊刚副教授对修订稿进行了审阅;有关学校、工厂、研究所给予了帮助,西北工业大学提供金相图片,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,诚恳希望广大读者予以批评指正。

编者

1990年3月

# 目 录

绪论	( 1 )
第一章 基本定义	( 5 )
§ 1—1 切削运动和切削用量	( 5 )
§ 1—2 刀具切削部分的基本定义	( 7 )
§ 1—3 车刀各剖面内的角度换算	( 12 )
§ 1—4 车刀的工作角度	( 15 )
§ 1—5 切削层参数	( 18 )
第二章 金属切削过程的基本规律	( 20 )
§ 2—1 概述	( 20 )
§ 2—2 金属切削过程的变形规律	( 22 )
§ 2—3 切削力	( 30 )
§ 2—4 切削热与切削温度	( 44 )
§ 2—5 刀具磨损与刀具耐用度	( 48 )
第三章 已加工表面质量	( 58 )
§ 3—1 已加工表面的形成及加工硬化	( 58 )
§ 3—2 表面粗糙度	( 60 )
§ 3—3 表面残留应力	( 64 )
§ 3—4 切削液	( 65 )
第四章 提高刀具切削性能的途径	( 73 )
§ 4—1 决定刀具切削性能的因素	( 73 )
§ 4—2 刀具材料	( 74 )
§ 4—3 刀具合理几何参数的选择	( 83 )
§ 4—4 切屑的形状及其控制	( 92 )
第五章 切削用量的合理选择	( 99 )
§ 5—1 切削用量的选择	( 99 )
§ 5—2 切削用量的参考值	( 102 )
第六章 工件材料的切削加工性	( 110 )
§ 6—1 工件材料加工性的衡量方法	( 110 )
§ 6—2 工件材料的物理、机械性能对加工性的影响	( 112 )
§ 6—3 改善材料加工性的途径	( 114 )
§ 6—4 高温合金的切削加工性	( 115 )
§ 6—5 钛合金的切削加工性	( 118 )
§ 6—6 不锈钢的切削加工性	( 119 )
第七章 车刀	( 121 )

§ 7—1	焊接式车刀	(121)
§ 7—2	机夹式车刀	(124)
<b>第八章</b>	<b>成形车刀</b>	(133)
§ 8—1	成形车刀的特点、类型及应用	(133)
§ 8—2	成形车刀的前角和后角	(134)
§ 8—3	径向成形车刀的截形设计	(137)
§ 8—4	成形车刀截形设计的误差分析	(141)
§ 8—5	成形车刀的结构尺寸与装夹	(142)
§ 8—6	成形车刀的样板与技术条件	(146)
§ 8—7	成形车刀设计例题	(146)
<b>第九章</b>	<b>孔加工刀具</b>	(150)
§ 9—1	麻花钻的结构及几何参数	(150)
§ 9—2	标准麻花钻与群钻几何参数分析	(153)
§ 9—3	钻削基本规律及钻削用量选择	(159)
§ 9—4	深孔钻	(162)
§ 9—5	铰刀	(166)
§ 9—6	其它孔加工刀具简介	(175)
<b>第十章</b>	<b>拉削与拉刀</b>	(180)
§ 10—1	拉削过程的特点和拉刀的组成	(180)
§ 10—2	拉刀设计	(183)
§ 10—3	矩形花键拉刀设计特点	(198)
§ 10—4	拉削常见缺陷分析	(205)
<b>第十一章</b>	<b>铣削与铣刀</b>	(207)
§ 11—1	铣刀的类型与铣刀的几何角度	(207)
§ 11—2	铣削要素和切削层要素	(213)
§ 11—3	铣削力	(216)
§ 11—4	铣削方式	(218)
§ 11—5	铣刀的磨损、耐用度及铣削用量选择	(220)
§ 11—6	成形铣刀	(222)
<b>第十二章</b>	<b>螺纹刀具</b>	(227)
§ 12—1	螺纹刀具的分类及应用	(227)
§ 12—2	丝锥	(231)
§ 12—3	圆板牙	(235)
<b>第十三章</b>	<b>齿轮刀具</b>	(236)
§ 13—1	齿轮刀具的分类	(236)
§ 13—2	齿轮滚刀	(237)
§ 13—3	蜗轮滚刀与飞刀简介	(253)
§ 13—4	插齿刀	(255)
§ 13—5	剃齿刀简介	(261)

<b>第十四章 磨削与砂轮</b> .....	(266)
§ 14—1 砂轮.....	(266)
§ 14—2 磨削基本规律.....	(273)
§ 14—3 磨削表面质量.....	(280)
<b>附录</b> .....	(285)
附录一 任意剖面前角换算的向量计算.....	(285)
附录二 用回归分析法建立切削力的经验公式.....	(286)
附录三 阿基米德齿轮滚刀轴向齿形角的求解.....	(290)
<b>参考资料</b> .....	(295)

# 绪 论

金属切削加工是机械制造业广泛采用的重要加工方法, 切削加工的劳动量约占全部机械制造劳动量的30~40%。随着科学技术的发展, 对机器零件的加工质量要求越来越高, 其精度几乎每隔十年提高一个数量级。当前在新技术和尖端科学发展的范围内, 机械加工最高精度要求正从 $1\sim 2\times 10^{-4}$ 的数量级(例如, 在100mm长度内测得精度为 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$ )向 $1\sim 2\times 10^{-5}$ 的数量级过渡, 而经切削加工后的表面粗糙度可达 $\text{Ra}0.025\sim 0.008\mu\text{m}$ 。

## §1 课程的任务及内容

金属切削加工是指: 用金属切削刀具切除毛坯上一定厚度的金属, 从而得到在形状、尺寸精度及表面质量上符合预定要求的加工方法。由于科学技术的不断进步, 金属加工方法日益增多, 并正向少切屑、无切屑方向发展, 例如精铸、精锻、冷挤、电加工及化学加工等, 在一定范围内部分地取代了切削加工。但因其加工精度、表面粗糙度等级远不如切削加工那么高, 切削加工仍是主要的加工方法。凡精度及表面粗糙度要求较高的零件, 一般均需经过切削加工。《金属切削原理与刀具》就是研究金属切削加工理论、实践及其刀具的合理设计、制造和选用的一门科学。它是机械制造专业重要的课程之一, 也是本专业其它专业课程的重要基础理论。它包含金属切削原理及金属切削刀具两部分内容。

金属切削原理主要研究切削加工过程的基本规律, 即对切削机理的研究。以这些基本理论为指导, 可解决生产中的实际问题, 不断提高金属切除率, 获得精度及质量较高的被加工表面。

切削原理主要的内容有: 刀具的几何参数和切削要素, 切削变形、切削力、切削热及切削温度、刀具磨损及耐用度, 提高加工表面质量及改善刀具切削性能的途径, 切削用量的合理选择和工件材料的切削加工性等。

金属切削刀具主要研究切削加工中所用刀具的类型、结构、加工范围、材料、规格、精度等级, 以便正确地选用和制造刀具, 并设计一些常用刀具。探讨提高劳动生产率和加工质量、降低生产成本、适应工业发展的新型刀具。因刀具种类繁多, 在授课中以车刀为基础, 然后将其基本定义、术语引伸、推广到其它刀具及砂轮中去, 并结合课程内容介绍部分



典型刀具。

切削刀具的主要内容有：车刀（包括成形车刀）、铣刀、拉刀、孔加工刀具、螺纹刀具、齿轮刀具及砂轮。尽管各种切削加工方法之间存在着共同规律，但也有其自身的特殊性。因而，将铣削、拉削、磨削、齿轮加工、螺纹加工等原理与各相应刀具内容编辑在一起，以便讲授。

金属切削原理与切削刀具，虽有各自的研究对象和学习内容，但切削原理的基本概念和理论，也是研究切削刀具的基本理论。学习时，对切削原理的概念、定义、术语、切削规律要牢固掌握，并逐步学会利用这些理论分析解决一些生产中的实际问题，初步掌握进行切削实验研究的方法，并将这些基本理论加以深化、扩展和提高，去指导对不同加工方法所用刀具的分析、选择与设计。

## §2 我国金属切削发展概况

我国金属切削历史悠久，从青铜器时代开始萌芽，到了殷商、春秋时期已有相当发达的青铜、生铁冶炼、铸造业，比西欧早一千多年。从大量出土的钟鼎、刀剑、铜车马等可清楚看出，当时的铸造技术已应用了精密铸造原理，刀剑还经过许多热处理。秦始皇陵兵马俑丛葬坑出土的金属剑，在地下埋藏了两千多年，不但刀刃锋利，表面光亮，且材料中含有多种金属元素。古代制造的不论是运输器械、兵器、首饰，还是生产工具、生活用具，在制造中大都要经过切削加工或磨、研、抛光等。周代发现了以动物油作为润滑液，汉代就使用了金属轴与轴承。

公元八世纪已经有手工操作的金属切削车床。到了明代，各种切削方法，如车、铣、刨、磨、钻等分工逐渐明确。唐代用铜、银制造的盘、盒、碗，其上有明鲜的车削痕迹，内孔与外圆的同心度很高，刀痕细密，子母口配合严紧。北京古天文台遗留的天文仪器上，直径达两米的大铜环，是用铣削、磨削制成的，加工精度及表面粗糙度均达到相当高的水平。铣刀片用钝后可在刃磨机上刃磨，而刃磨机的原理与现在简单磨床相似。

我国古代在机械工程方面有许多著作。周礼《考工记》记载了各种兵器、生产工具、生活用具的制作规范，战车的制造工序。明代大机械工程学家王征著成《诸器图说》，并译有《奇器图说》。张自烈著《正字通》，对切削过程中“刀”、“刃”、“切”、“挤”的不同作用有明确定义。宋应星著《天工开物》是一本较完整的古代工农业生产技术著作，其中详细记载了利用畜力、水力等机械装置。

后来由于统治阶级日益腐败，加之资本主义国家的侵略和掠夺，使我国科学技术发展停滞不前，本来就微弱的民族工业又受到帝国主义势力的摧残和阻碍，金属切削技术处于十分落后的状况。旧中国基本上没有自己的机械制造业，只有为数很少的机械修配厂，临解放时，只能生产十几种非常简陋的机床。而工具制造业更无从谈起，使用的刀具材料基本上都是碳素工具钢，切削速度仅在 $10\text{m}/\text{min}$ 以内，效率很低。高速钢自己不能冶炼，高速钢刀具很少使用。硬质合金等刀具材料更是一无所存。

新中国成立后，经40年的努力，我国已经建立起独立、完整的国民经济体系，机械工业得到了迅速的发展。机床工具工业是为机械工业提供装备的，而体现先进技术的是装备，是一个国家工业水平的标志。现在我国已经建成了一个门类齐全、布局合理、生产科研体系比较完整的机床工具工业。全国现有归口企业一千多个，已具备年产20万台机床、两万台锻压机械、两亿件刃具量具、十多万吨磨料以及相应的机床电器、附件的生产能力。全国现有金属切削机床300万台，可以自己设计、制造通用、专用及自动生产线机床；可以制造高精度、高效率、高度自动化机床；可以为国民经济各部门设计、制造各种类型与各种结构的通用、专用刀具；提供由工具钢、硬质合金到烧结和聚晶金刚石、立方氮化硼的各种刀具材料。

金属切削理论和技术随着机械工业，特别是机床工具工业的发展日臻完善。解放后，在全国各地相继成立了许多量具刀具厂、刀具材料生产厂及工具研究所；大、中专学校的有关专业都开设了金属切削原理与刀具课程，许多学校建立了金属切削实验室，在培养人才的同时，开展金属切削理论与实践的研究；不少科研单位都有专门人员从事本学科的研究；许多工厂也设立了切削实验室，结合生产实践，研究切削加工技术；1981年起全国及各地区成立了金属切削研究会，经常进行学术讨论和交流，取得了不少具有一定水平的研究成果。在研究方面，首先对金属切削过程本质进行了大量的试验和探索，对切削过程中许多物理现象，诸如切削变形、切削力、切削温度、摩擦、磨损、积屑瘤和鳞刺、切屑的形成机理的认识日趋科学准确。近年来，还对刀具材料、工件表面粗糙度和材料加工性、刀具磨损与耐用度、切削条件最佳化、屑形控制和切削液效应、磨削加工和切削数据库等方面进行了很多研究，取得了明显的效果。

金属切削刀具在切削中占有十分重要的地位，它最直接地影响千百万台机床的切削效率、加工质量和产品成本。随着机械制造业和宇航工业的发展，尖端新型产品的制造，难加工材料、复合材料日益增多，对刀具的切削效率、制造精度和精度保持性、结构刚性及快换预调等要求越来越高。为此除提高机床性能外，更重要、更灵活、见效最快的就是改进和创造新的刀具，研制和选用性能更好的刀具材料。据国际生产技术研究会资料介绍，由于刀具材料的不断改进，允许的切削速度每隔十年几乎提高一倍。机械工业的发展表明，工具制造业的发展速度应与机械工业基本一致。近30多年来，工业发达的国家在改进刀具材料、提高刀具的加工可靠性、刀具结构最佳化等方面进行了大量研究工作，使工具生产技术得到了较快的发展。我国在此方面亦取得了很大成就，硬质合金年产量已处世界前列，还创造了不少适合我国资源情况、具有独特风格的新型刀具材料。另外，在解决高温合金、钛合金、高强度合金钢的加工上，在解决硬质合金通用化问题上，都取得了很大进展。我国工人阶级发挥主人翁精神，在生产实践中创造了如群钻等许多先进的切削刀具，使切削效率几倍、几十倍地提高，深孔加工、机夹可转位等先进刀具的推广和使用，生产率、加工质量得到进一步地提高。计算机技术的飞速发展，计算机辅助设计与制造必将促进刀具，特别是复杂刀具的设计理论与制造技术的发展。

当今是世界科学技术迅猛发展的时期，新科学、新技术、新产品不断涌现。工程用新型结构材料不断出现；产品多样化、更新快、形状复杂、精度高；数控机床、加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造系统的使用日益增加，都要求我们把切削理论、加工技术发展到一个新的高度。因而，我们必须努力学习，在掌握现有理论的基础上，不断进取，积极探索，发展

新的切削理论，创造性能更好、品种更多的刀具材料，结构更优的切削刀具，为我国的四化建设，为世界工业发展做出贡献。

# 第一章 基本定义

车刀是常见的一种刀具。本章以车削和车刀为代表介绍刀具几何角度的基本定义、图示方法、各剖面内的角度换算、切削用量要素及切削层参数等。掌握这些内容就为学习各类刀具的选用与设计打下一定基础。

## § 1-1 切削运动和切削用量

在金属切削加工过程中，要切除工件上多余的金属层，工件与刀具之间必须有相对的运动，称之为切削运动。由这些切削运动的不同组合，便得到工件上的各种表面，如外圆表面、内孔、平面和各种型面等。

车削是金属切削加工中最常用的加工形式，现以车削为例来分析切削加工过程中的运动。

### 一、切削运动

在普通外圆车削中（图1-1），为获得外圆表面，刀具与工件间必须有相对运动：工件的旋转运动及刀具的直线运动。这两个运动，根据其在切削过程中不同的作用，可分为：

1. 主运动：直接切除工件上的切削层，使之转变为切屑的运动。如车削时，工件的旋转运动；铣削时，铣刀的旋转运动；刨削时，刨刀的直线往复运动等。

主运动速度最高，消耗功率最大。在切削过程中，主运动只有一个。

2. 进给运动：使新的金属层不断投入切削的运动，以逐渐切出整个工件表面。它又可分为：

(1) 走刀运动：沿着所要形成的工件表面的进给运动，如车外圆时的纵向走刀。

(2) 吃刀运动：控制切削刃切入深度的运动。在大多数情况下，吃刀运动是间歇的，如车外圆时的径向吃刀。

在切削加工中，为得到各种表面，进给运动的数量可以是一个或数个。如内、外圆表面

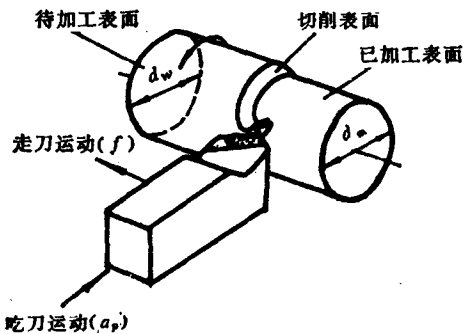


图 1-1 车削运动和工件上的表面

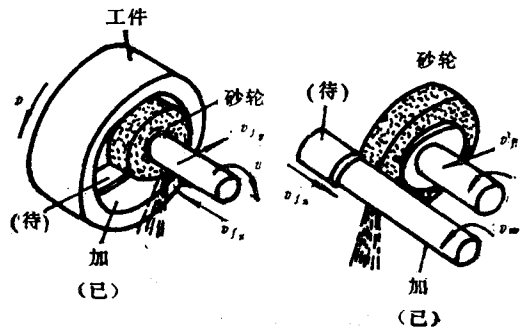


图 1-2 内圆磨、外圆磨的切削运动

的磨削，进给运动有的多达3~4个（图1-2）。

## 二、工件上的几个表面

车削外圆时，随着外圆表面的逐渐形成，工件上有不断变化着的三个表面：

1. 待加工表面：即将被切去金属层的表面；
2. 加工表面：切削刃正在切削着的表面；
3. 已加工表面：已经切去多余金属层的新表面。

其它切削加工中，在工件上同样可以出现以上三个表面。

## 三、切削用量

切削用量是用来表示切削时各运动参数的数量。它包括：切削速度 $v$ 、进给量 $f$ 或 $a_f$ 、切削深度 $a_p$ ，如图1-3及图1-4所示。

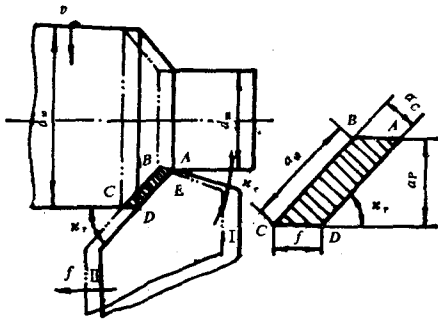


图 1-3 车削外圆的切削用量

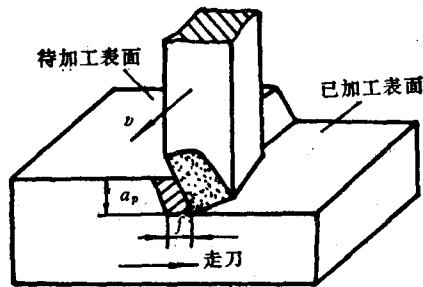


图 1-4 刨削的切削运动及切削用量

1. 切削速度 $v$ ：主运动的线速度，单位为m/min。可按下式计算：

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (1-1)$$

式中： $n$ ——工件或刀具的转速（r/min）；

$d$ ——工件或刀具的最大旋转直径（mm）。

当已知工件直径，并选取切削速度后，可由下式求出转速 $n$ ：

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot d} \quad (\text{r/min}) \quad (1-2)$$

2. 进给量 $f$ 、 $a_f$

$f$ 是工件或刀具每转一转（或每一往复行程）时，两者沿进给方向的相对位移量。若主运动是旋转运动，则 $f$ 单位为mm/r；若主运动是直线运动（如刨削、插削），则 $f$ 的单位为mm/dstr（毫米/双行程）。

$a_f$ 是多刃刀具（如钻削、铣削、铰削、拉削）的每齿进给量，单位是mm/z， $z$ 是多刃刀具的齿数。进给速度 $v_f$ （单位是mm/min）与 $f$ 及 $a_f$ 有如下关系：

$$v_f = f \cdot n = a_f \cdot z \cdot n \quad (\text{mm/min}) \quad (1-3)$$

3. 切削深度 $a_p$ ：工件上已加工表面和待加工表面的垂直距离，单位为mm。  
 切削用量三要素 $v$ 、 $f$ 、 $a_p$ 的大小直接反映了切削效率的高低。

## § 1-2 刀具切削部分的基本定义

为得到各种形状、精度的零件，虽然切削刀具的结构与切削刃数量各不相同，但都可分为切削部分与夹持部分，如图 1-5 所示。

车刀和刨刀的切削部分结构简单，且是单刃；而铰刀、拉刀则不仅结构复杂，且切削刃多，但为完成切削工作，其每个切削刃的基本构造和参数是相似的，都与单刃的车刀有着共同的特点。因此，在研究切削刀具时，则以外圆车刀为基础，确定刀具的一般定义。

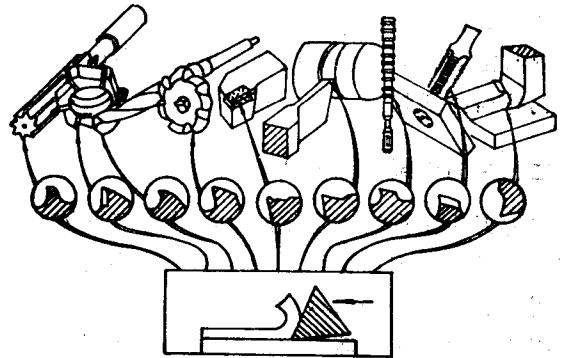


图 1-5 各种刀具切削部分的形状

### 一、车刀的组成

无论是何种结构的车刀，都是由刀头（切削部分）与刀杆（夹持部分）两部分组成（图 1-6）。

组成车刀切削部分的结构要素包括：刀面、切削刃、刀尖。普通外圆车刀的切削部分则由三个刀面，二个切削刃、一个刀尖组成，如图 1-6a 所示。

1. 前刀面 ( $A_f$ )：切屑流出时经过的刀面。
2. 主后刀面 ( $A_s$ )：与工件加工表面相对的刀面。
3. 副后刀面 ( $A'_s$ )：与工件已加工表面相对的刀面。

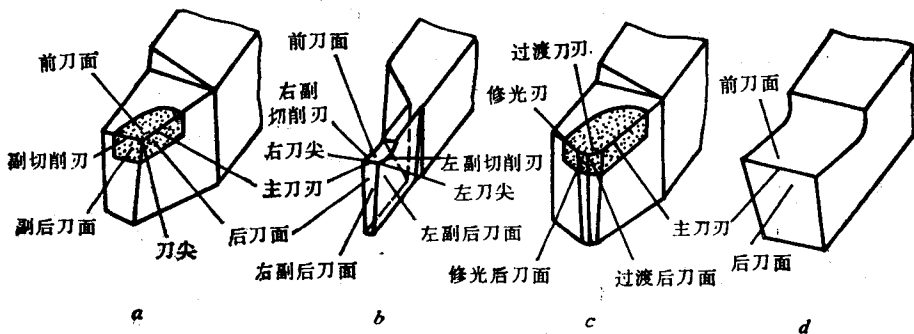


图 1-6 车刀的组成

4. 主切削刃：前刀面与主后刀面的相交部位。它完成切除余量，并形成加工表面。
5. 副切削刃：前刀面与副后刀面的相交部位。它配合主切削刃最后形成已加工表面。
6. 刀尖：切削刃（或刃段）之间转折的尖角部分。刀尖有几种形式，为了强化刀尖，可磨出直线或圆弧形过渡刃（图 1-6c）。

一般情况下，主切削刃担负主要的切削工作，副切削刃只参加少量的切削工作，如图

1-3所示。当工件转一转,车刀由位置 I 移动至位置 II 时,主切削刃上 BC (或AD) 段与副切削刃上 BE 段参加切削工作。

观察各种类型的车刀,它们所具有的刀面、切削刃、刀尖数量是不同的。如图 1-6b 为切断刀,具有四个刀面(前刀面,主后刀面,左、右副后刀面),三个切削刃(主切削刃,左、右副切削刃),两个刀尖(左、右刀尖)。图 1-6c 为强力车刀,为了切除大余量或大进给切削,在刀头部分采取磨出过渡刃和修光刃的办法,以加强刀尖强度,并使之减小表面粗糙度。

因此,组成车刀所需要的最少要素是:一个前刀面,一个后刀面,一个主切削刃。宽刃车刀即为此例,见图 1-6d。

只有主切削刃参加切削的情况称为自由切削,而主切削刃、副切削刃同时参加切削的情况称为非自由切削。

## 二、车刀切削部分的几何角度

车刀刀头是具有一定空间形状的几何形体。而决定刀头几何形状的许多参数,将是用来决定车刀的各个刀面、切削刃与工件的相对空间位置。根据各个刀面及切削刃在切削过程中的作用,必须引进一组坐标平面作为基准。

因为多数加工表面为空间曲面,切削刃也不一定是直线,所以坐标平面应以选定点来定义。

### 1. 坐标平面

(1) 基面  $P_r$ : 通过切削刃上选定点,并垂直该点合成切削速度(主运动速度与进给速度合成,图 1-7)方向的平面。由于进给速度与主运动速度相比,数值很小,一般可用主运动方向代替合成切削速度方向。

(2) 主(副)切削平面  $P_c$  ( $P'_c$ ): 通过主(副)切削刃上选定点,并切于主(副)加工表面的平面。也就是由合成切削速度方向与切削刃的切线所组成的平面。

由基面和切削平面的定义知,基面与切削平面是互相垂直的。

(3) 主(副)剖面  $P_s$  ( $P'_s$ ): 通过主(副)切削刃选定点,并垂直于主(副)切削刃在基面上投影的平面。即垂直于基面和切削平面的平面。

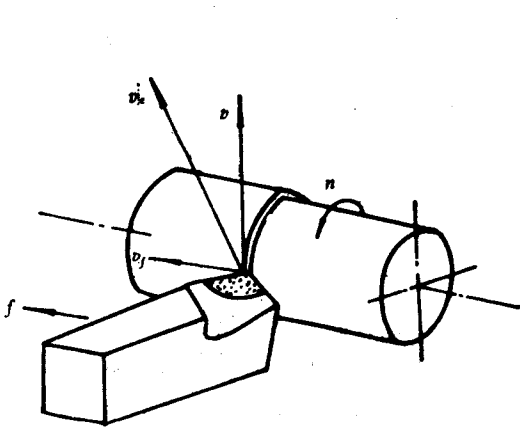


图 1-7 切削时合成切削速度

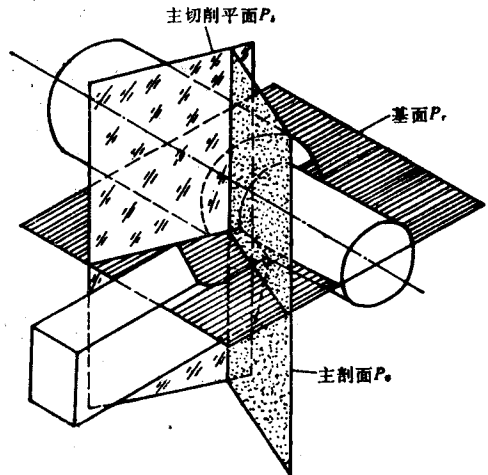


图 1-8 车刀主剖面坐标系

基面、切削平面、主剖面组成一组主剖面坐标系，其三个平面是互相垂直的，如图1-8所示。一般情况下，刀具的几何参数在主剖面坐标系内测量。

(4) 法剖面 $P_n$ ：通过切削刃上选定点，并与切削刃垂直的平面，如图1-9所示。

法剖面与主剖面的区别在于：不论主切削刃的空间位置如何，法剖面总是垂直主切削刃的，只有当主切削刃与基面重合时，法剖面与主剖面才重合。

$P_n \cdot P_r \cdot P_s$  构成法剖面坐标系。

(5) 切深剖面 $P_p$ ：通过切削刃上选定点，平行于切深方向且与基面垂直的平面，如图1-10所示。对纵车外圆车刀即为纵向剖面。

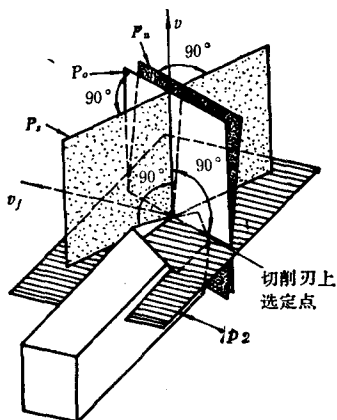


图 1-9 车刀法剖面坐标系

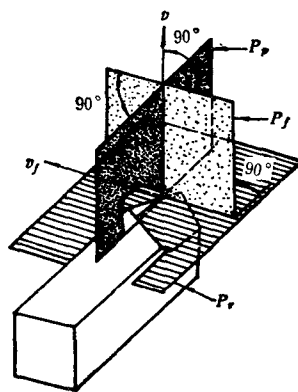


图 1-10 车刀的进给与切深剖面坐标系

(6) 进给剖面 $P_f$ ：通过切削刃上选定点，平行于进给方向且与基面垂直的平面（图1-10）。对纵车外圆车刀即为横向剖面。

$P_p \cdot P_r \cdot P_f$  构成切深、进给剖面坐标系。

## 2. 刀具标注角度（几何角度）的基本定义（图1-11）

由于车刀是最基本的刀具之一，故在讨论金属切削刀具的基本定义时，常以车刀为基础。这些定义和分析对其它刀具也是适用的。

刀具设计图上标注的角度称为标注角度。为了使坐标平面与刃磨、检验的基准面一致，必须合理地确定“假定条件”，以便于刀具的设计与制造。刀具的标注角度是在假定条件下定义的，假定条件是：

①只考虑以主运动表示刀具与工件间的相对运动，而不考虑进给运动，即所谓的静止状态。

②规定刀具的刃磨和安装基准面平行于基面，即垂直于切削平面。

③对于车刀，规定其刀尖与工件中心线等高。

④车刀轴线与进给方向垂直。

在刀具角度标注中，以主剖面坐标系应用最广，现将主剖面坐标系中刀具角度和名称定义介绍如下：

(1) 在主剖面内测量的角度

①前角 $\gamma_o$ ：前刀面与基面之间的夹角。



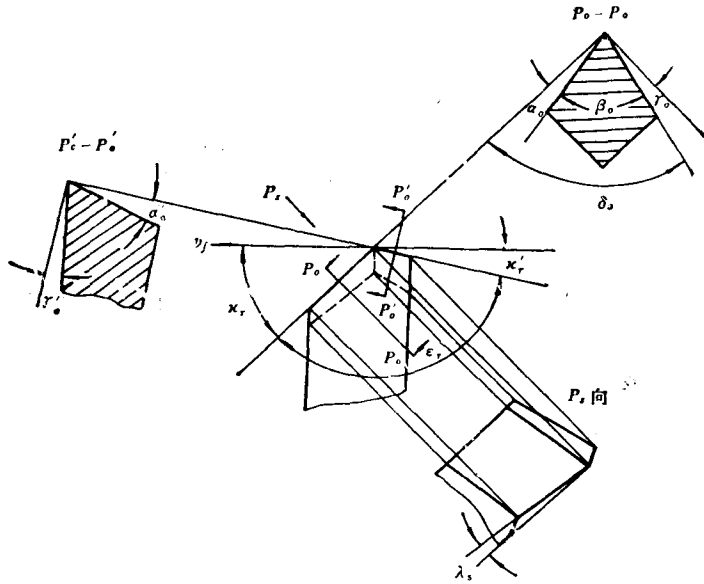


图 1-11 外圆车刀的几何角度

②后角 $\alpha_o$ ：主后刀面与切削平面之间的夹角。

③楔角 $\beta_o$ ：前刀面与主后刀面之间的夹角。它取决于前角 $\gamma_o$ 与后角 $\alpha_o$ 的大小，即：

$$\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o)$$

④切削角 $\delta_o$ ：前刀面与切削平面之间的夹角。其数值可用下式计算：

$$\delta_o = 90^\circ - \gamma_o$$

主剖面中的 $\delta_o$ 与 $\beta_o$ 为派生角度，前角与后角一经确定，则 $\delta_o$ 与 $\beta_o$ 即可由计算得到。

前角的正负规定为：

当  $\delta_o = 90^\circ$  时  $\gamma_o = 0^\circ$ ；

$\delta_o < 90^\circ$  时  $\gamma_o$  为正值；

$\delta_o > 90^\circ$  时  $\gamma_o$  为负值。

后角正负的规定：

后刀面与切削平面重合时，后角为零度。后刀面与切削平面形成间隙时，后角为正值，反之为负值，如图1-12所示。

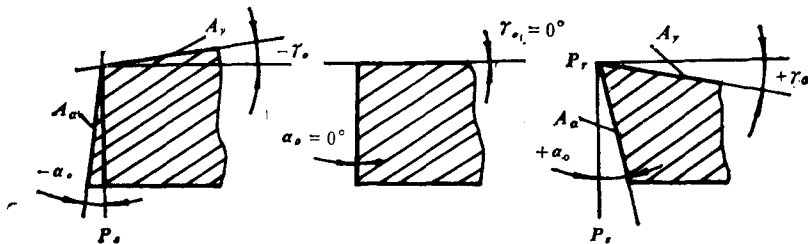


图 1-12 车刀前、后角正负的规定方法