

高等农业院校試用教材

金属工艺学

第五册 金属切削加工

北京农业机械化学院編

农业机械化专业用

农业出版社

高等农业院校試用教材

金 属 工 艺 学

第 五 册

金属切削加工

北京农业机械化学院編

农业机械化专业用

农 业 出 版 社

編著者：史柏洪 何志剛 何仲輝
劉德欽 黃欽 張政魚

高等农业院校試用教材
金 属 工 艺 学
第 五 册
北京农业机械化学院編

农 业 出 版 社 出 版
北京老鐘局一号。

(北京市书刊出版业营业許可証出字第 106 号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海新华印刷厂印刷裝訂

統一书号 K15144·288

1961年9月上海制型	开本 787×1092毫米 十六分之一
1961年11月初版	字数 353千字
1962年3月上海第三次印刷	印张 十七又八分之一
印数 7,271—13,970册	插頁 一
	定价 (9) 一元六角五分

目 录

绪 言	1
-----------	---

第一篇 金属切削原理的基本知識

第一章 基本定义和切削过程	5
第一节 切削过程中的运动	5
第二节 工件上的基本表面和刀具的几何形状	5
第三节 切削用量和切削面积	10
第四节 切削过程中的物理现象	13
第二章 刀具切削部分的材料	20
第一节 切削加工中对刀头材料性能的要求	20
第二节 常用刀头材料的分类和用途	20
第三章 切削刀和切削热	26
第一节 切削力的来源与分解	26
第二节 切削力对工件、刀具、机床和夹具的作用	27
第三节 影响切削力的主要因素	29
第四节 切削力的计算公式	31
第五节 切削热的概念	32
第六节 冷却潤滑液的作用、分类和选择	34
第四章 刀具的合理参数及切削用量	37
第一节 刀具磨損和刀具耐用度	37
第二节 切削速度的計算(以車削为例)	43
第三节 刀具合理几何参数的选择	45
第四节 切削用量的选择	52

第二篇 主要的机械加工方法及其設備

第五章 金属切削机床的分类及典型机构	55
第一节 金属切削机床的编号和分类	55
第二节 机器制造中常用的零件表面	57
第三节 表面的形成方法及机床所需的运动	58
第四节 金属切削机床传动系統的规定符号	58
第五节 机床上主要的典型机构	62

第六章 车床工作	71
第一节 车床性能及分类.....	71
第二节 C620-1 型普通螺絲車床.....	71
第三节 車刀.....	81
第四节 高速及強力(大走刀)車削概念.....	87
第五节 車床附件.....	89
第六节 車床作业.....	91
第七节 車削零件的工艺性.....	99
第八节 其他类型的車床.....	99
第七章 钻床工作	104
第一节 孔加工的特点.....	104
第二节 钻头的种类.....	104
第三节 麻花钻的构造和刃磨.....	105
第四节 铤钻、铤刀和絲錐.....	108
第五节 钻削过程.....	110
第六节 先进钻头.....	112
第七节 钻床.....	115
第八节 钻床的附件及夹具.....	117
第九节 钻床作业和钻削零件工艺性.....	118
第十节 铤床.....	122
第八章 刨床、插床及拉床工作	125
第一节 刨床的种类.....	125
第二节 刨削和插削过程,刨刀和插刀.....	128
第三节 刨床工作.....	132
第四节 刨削零件工艺性.....	132
第五节 拉床及拉床工作.....	133
第九章 铣床工作	136
第一节 铣床的种类.....	136
第二节 X62W 铣床的构造.....	136
第三节 铣削过程.....	139
第四节 铣刀的几何形状及参数,铣刀的主要类型和用途.....	145
第五节 铣床附件.....	148
第六节 铣床作业.....	150
第七节 铣削零件的工艺性.....	152
第八节 齿輪加工.....	153
第十章 磨削工作	163

第一节	磨削的特征	163
第二节	砂輪	164
第三节	砂輪的选择和夹持	170
第四节	磨削的切削要素	173
第五节	磨削力及磨削动力	173
第六节	磨削用量的选择及基本工艺时间	174
第七节	磨床的种类	175
第八节	磨床作业	178
第十一章	光正加工	182
第一节	光正加工的意义及工艺特点	182
第二节	精細鏟孔	183
第三节	研磨	184
第四节	珩磨(鏡磨)	185
第五节	超精加工	186
第六节	抛光	188
第十二章	特殊加工	189
第一节	电加工	189
第二节	超声波加工	191
第十三章	金属切削机床的发展趋势	192
第一节	金属切削机床的自动化	192
第二节	金属切削机床加工范围的扩大	196
第三节	积木式机床	200
第三篇 机器制造工艺学的基础知識		
第十四章	工艺过程的基本知識	201
第一节	生产过程和工艺过程	201
第二节	工艺过程的組成部分	201
第三节	各种生产类型及其主要工艺特点	203
第四节	农业机械中常用的毛坯	205
第五节	毛坯的选择	206
第六节	毛坯的公差	207
第七节	加工余量	208
第十五章	另件的安装, 定位及夹具	209
第一节	工件的安装方式	209
第二节	六点定位原理	210
第三节	基准及其种类, 工艺基准的选择	213
第四节	夹具的基本知識	218
第十六章	机械加工的精度和光洁度	233

第一节	机械加工精度的概念	233
第二节	影响加工精度的主要因素	233
第三节	机械加工的 average 经济精度	237
第四节	表面光洁度的概念	238
第五节	表面光洁度对机器零件使用性能的影响	239
第六节	影响表面光洁的主要因素	239
第七节	表面光洁度的分级与加工方法	240
第十七章	工艺规程的拟定	243
第一节	编制工艺规程的重要意义	243
第二节	编制工艺规程的一般要求	243
第三节	编制工艺规程的原始资料	244
第四节	编制工艺规程的步骤	245
第五节	拟订机械加工工艺规程的一般原则	245
第六节	工艺文件	247
第十八章	典型零件的加工工艺	252
第一节	活塞的加工	252
第二节	曲轴的加工	259
第三节	气缸套的加工	263

緒 言

金属切削加工是指用刀具从金属毛坯上切去多余的一层金属,使毛坯具有一定尺寸、形状和表面光洁度的零件的一种加工方法。

金属切削加工是研究金属切削过程中的一些规律、金属切削刀具、机床的运用和生产上合理的工艺过程等,以便掌握切削过程的规律,正确选择加工方法、设备及切削用具,从而充分发挥设备的切削效能,保证加工质量,提高生产率。

零件的加工方法很多,除切削加工外,还有铸、锻、焊接、压延及粉末冶金等,但这些方法主要用来制造工件毛坯或比较粗糙的半成品、成品。要获得零件最终的尺寸、形状,特别是精度和光洁度较高的零件,必须经过切削加工。如在中型机器制造业中,切削加工的成本约占产品成本的50~60%。因此,切削加工在机器制造过程中占有特别重要的地位。

但是切削加工消耗金属材料较多,在大量生产中被切除的金属切屑占原料重量的5~15%,而在小批或单件生产中,切屑重量竟高达25%;切削加工所用的设备也比较复杂,价格昂贵。因此在大量或大批生产过程中,尽量采用精密铸造、模锻等加工方法,来提高毛坯的精度,以减少或部分地代替切削加工。近几年来,由于新技术和新工艺(精密铸锻和无切削加工)的发展和采用,使切削加工在机器制造业中的比重有逐年下降的趋势。但由于新工艺本身特点的限制和生产中单件小批生产的存在,精密铸锻和无切削加工不可能全部代替切削加工。同时,随着现代机器向着高速、高温和高压方向发展,对零件的精度与光洁度的要求也愈益严格。因此,切削的加工仍是保证零件精度的主要方法。

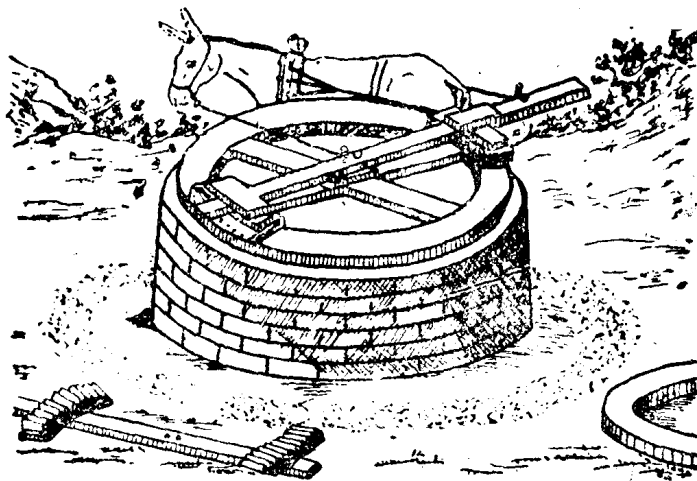


图 0—1 1668 年中国的銑削

根据机械化专业的要求,本篇着重介绍下面三部分内容:

1. 金属切削的理论基础; 2. 金属切削机床和刀具; 3. 机器制造工艺的基础知识。

在切削加工方面,我们的祖先在世界史上有着光荣的一页。公元前 530 年左右,我国就已发明了钻削加工方法;殷朝时代,车削加工已很完善。到 1668 年,我国在制造天文仪器上的铜环时,就已利用过类似现代形式的铣削(图 0—1)和磨削(图 0—2)加工方法。

此外,还有磨励刀片用的简单磨床(图 0—3)。

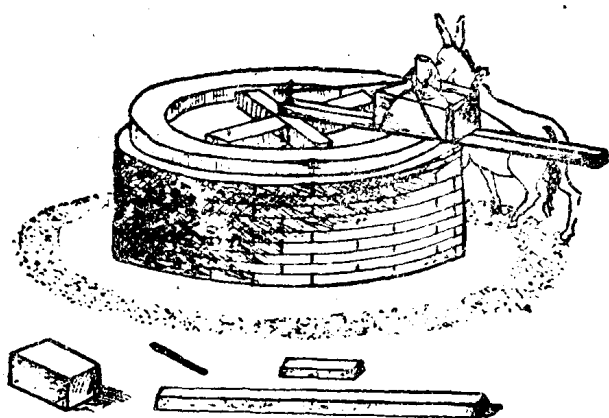


图 0—2 1668 年中国的磨削

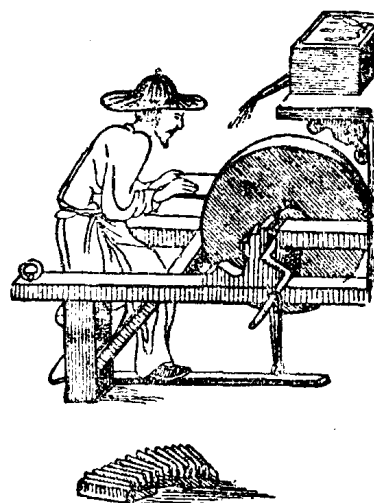


图 0—3 1668 年中国的刀具磨床

近代切削机床的雏型,是 18 世纪俄国工匠那尔托夫创造的带有机动刀架的车床,从此刀具不再由工人用手握持,切削加工开始摆脱了繁重的体力劳动,而有了迅速的发展。

在机床发展的过程中,刀具材料切削性能的改进和新的刀具材料的应用,起了很大的推动作用。以苏联生产的车床发展史为例;可以看出,随着高速钢、硬质合金、陶瓷刀具的生产 and 运用,机床结构的刚度和功率都有了相应的改进。下表是采用硬质合金后,苏联车床的演变情况。

表 0—1

型 号	切 率 (瓦)	主 轴 最 高 转 速	主 轴 变 速 级 数	主 轴 变 速 范 围	开 始 生 产 年 代
ТН-20	2.0	320	9	25	1929
ДИП-20(1Д62)	3.7	600	18	50	1932
1Д62М	4.3	600	18	50	
1А62	7.0	1200	21	104	1949
1Б20	13.0	3000	无级变速	167	1950
1К62	10.0	2000	23	160	1954
1М620	14.0	3000	无级变速	250	1954

为了提高劳动生产率，切削加工实现了广泛的自动化，目前大量生产着各种自动机床，并且以自动生产为基础组成了几道工序完全连续加工的自动线，以至整个生产过程全部自动化的自动工厂。为了解决自动化生产和产品经常变动之间所发生的矛盾，近年来又开始采用了用穿孔带、电影胶卷及磁带来控制万能机床的生产程序的所谓程序控制机床。程序控制的出现使单件生产的自动化成为可能。

解放以前我国机械工业水平很低，只能负担修配的工作，不能自己制造复杂精密的设备。解放以后，由于党和政府的正确领导，苏联的大力支援和全国人民的积极努力，切削加工随着整个国民经济和机器制造工业的发展，有了飞速的进步。已由解放初期的仿制进入到自行设计和制造的阶段。机床自给率已达80%以上。在数量迅速增加的同时，我国还制成了许多精度高和技术复杂的机床。

现在各个机床厂本着“努力提高产品的质量，增加产品的品种”的方针朝着高、大、精、尖方向前进！

第一篇 金屬切削原理的基本知識

第一章 基本定义和切削过程

第一节 切削过程中的运动

在切削加工时,必须使被加工的工件与切削刀具之间保持一定的相对运动;否则要从工件上不断地切去金属层是不可能的。这种切削过程所必须具备的运动,一般总可分为下列两种:

1. 主体运动 主体运动就是为了保证切削工件而必需的基本运动。例如车削和钻削时工件和钻头的旋转运动,刨削时工件(龙门刨)或刀具(牛头刨)的直线往复运动,磨削时磨轮的旋转运动等等都是主体运动。主体运动的主要特点是:(1)速度高;(2)消耗动力大。

2. 辅助运动 辅助运动就是为了使需要切去的金属层不断地投入切削从而切出整个加工表面而必需的运动。例如车削时刀具的直线送进运动,钻削时钻头的轴向移动,磨削时磨轮或工件的直线运动等等都是辅助运动。辅助运动的主要特点是:(1)速度较低;(2)消耗切削动力较小。

第二节 工件上的基本表面和刀具的几何形状

1. 工件上的基本表面 切削加工时,在工件上同时存在着下列三个基本表面:

- (1) 已加工表面——工件上已切去切屑后所形成的表面;
- (2) 待加工表面——工件上即将切去切屑的表面;
- (3) 加工表面——工件上正被刀具主切削刃切削着的表面。也就是介于已加工表面和待加工表面间的过渡表面。

在图 1-1 中,分别用“已”,“待”,“加”来表示车削、刨削、钻削和铣削加工中工件上的三个表面。

2. 刀具的几何形状 切削加工中所用的刀具,虽然种类很多,但它们却有着共同的基本规律。不论刀具的构造如何复杂,但其切削部分的结构,大都是以外圆车刀为基本形式的。

例如图 1-2, A 所示的外圆车刀,是由刀头(直接完成切削工作故称切削部分)和刀身

(固定和夹持车刀的部分)两部分组成。但在这里我们只讨论切削部分的结构。图1—2, B为锯齿端铣刀,它是由许多刀齿嵌在刀体上所组成的。每一刀齿相当于一把外圆车刀。

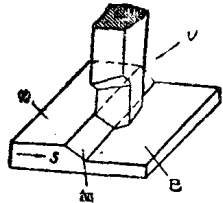
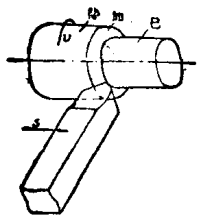
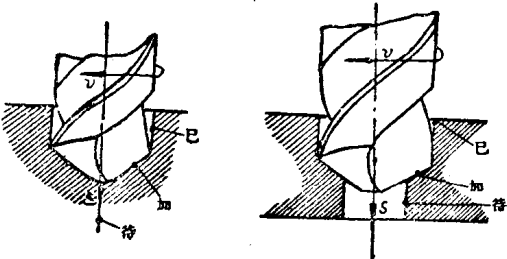
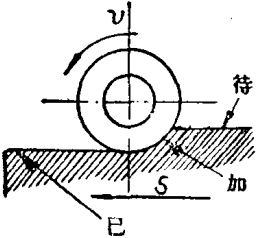
刀具 机床	运 动 简 图	运 动 性 质		运动间 的关系	工作行程 的轨迹
		主体运动	辅助运动		
刨 刀 牛头刨		直线运动 间歇性的	直线运动 间歇性的	交替动作	直 线
外圆车刀 车 床		迴轉运动 连续性的	直线运动 连续性的	同时动作	螺旋线
钻 头 钻 床		迴轉运动 连续性的	直线运动 连续性的	同时动作	螺旋线
平面铣刀 铣 床		迴轉运动 连续性的	直线运动 连续性的	同时动作	摆 线

图 1—1 几种主要切削加工的运动简图

图 1—2, B 为平面铣刀,它的每一个刀齿也相当于一把外圆车刀。

图 1—2, Γ 为钻头切削工件时的情况。不难看出,钻头的每一个切削刃也可看作是车刀的一个刀刃。

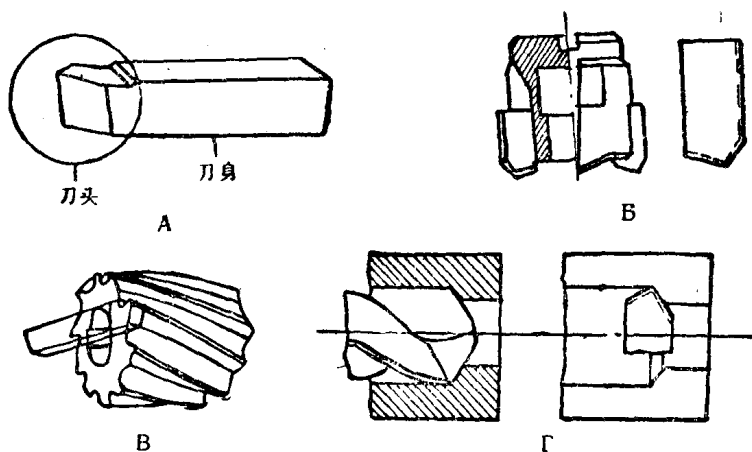


图 1—2 各种刀具切削部分的形状

其他刀具的切削部分,也都是外圆车刀刀头演变的产物。因此为了讨论上的方便,以后我们就以外圆车刀作为基础来研究刀具的几何形状。

如图 1—3 所示,车刀的刀头由下列几个主要表面所构成:

(1) 前倾面——前倾面简称前面,就是刀具上与被切离的金属层相互作用的表面。也就是切屑流出时刀具上与切屑接触的表面。

(2) 主后隙面——主后隙面又称主后面,就是刀具上与工件加工表面相互面对的表面。

(3) 副后隙面——又称副后面,就是刀具上与工件已加工表面相对的表面。

(4) 过渡后隙面——介于主后隙面与副后隙面之间的表面。

上述几个表面相交后,形成了下列几条交线,构成了刀具的刀刃。

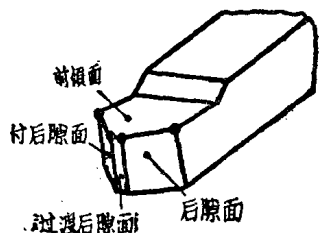


图 1—3 车刀的各个表面

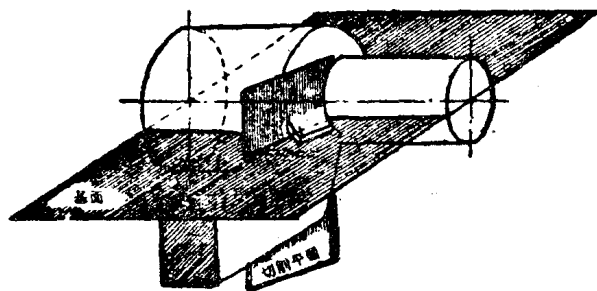


图 1—4 车刀的坐标平面

(5) 主切削刃——前倾面与主后隙面的交线。用于担负大部分切削工件,因而称主切削刃。主切削刃参加工作的长度,当其他条件一定时,决定于切削深度。

(6) 副切削刃——前倾面与副后隙面的交线。完成一部分切削工作,故称副切削刃。

(7) 过渡切削刃——前倾面与过渡后隙面的交线。其作用在于增加刀尖部分的强度。

各种刀具的切削部分,虽都具有上述各个表面及刀刃,但是各表面在空间的位置不同

时,刀具的切削性能也就随之而异。为了表示各个表面在空间的具体位置,也就是确定刀具的各个几何角度,就必须首先选择一对坐标平面和相应的测量平面。

下面所述的切削平面和基面就是我们所选的坐标平面。主截面和副截面就是测量平面。

(1) 切削平面——过主切削刃上一点,作一个切于加工表面的平面,也就是包括合成运动(v 和 S)的方向,而又切于切削刃上一点的平面,此平面就称为主切削刃上该点的切削平面(图1-4)。

如果不考虑辅助运动时,切削平面就是包含主体运动方向并切于切削刃的平面。

(2) 基面——过主切削刃上一点作一个与合成运动方向垂直的平面,就是刀刃上该点的基面。很显然,切削刃上某点的基面必然与该点的切削平面相互垂直(图1-4)。

如果不考虑辅助运动时,刀刃上某点的基面就是过该点所作的垂直于主体运动方向的平面(图1-5)。

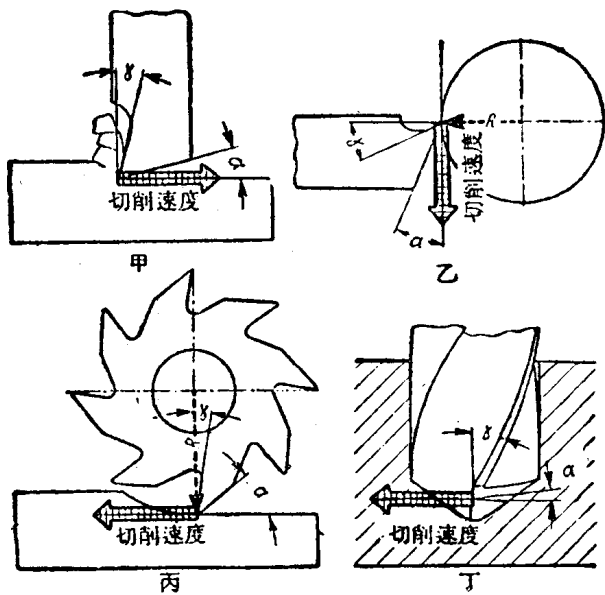


图1-5 当不考虑辅助运动时,各种刀具主切削刃上某点的基面

甲—刨削; 乙—车削; 丙—铣削; 丁—钻削。

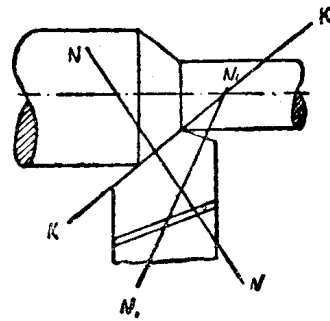


图1-6 车刀的主截面和副截面

(3) 主截面——垂直于主切削刃在基面上的投影的平面(图1-6中之 $N-N$ 面)。

(4) 副截面——垂直于副切削刃在基面上的投影的平面(图1-6中之 N_1-N_1 面)。

确定了上述坐标平面和测量平面后,我们就可以确定刀具切削部分的几何角度。所谓刀具的几何角度,就是刀具切削部分上的各个表面在空间位置的表示量。刀具上各个表面的位置,直接影响切削加工的难易程度,因此刀具的几何角度在切削过程中起着重要作用。

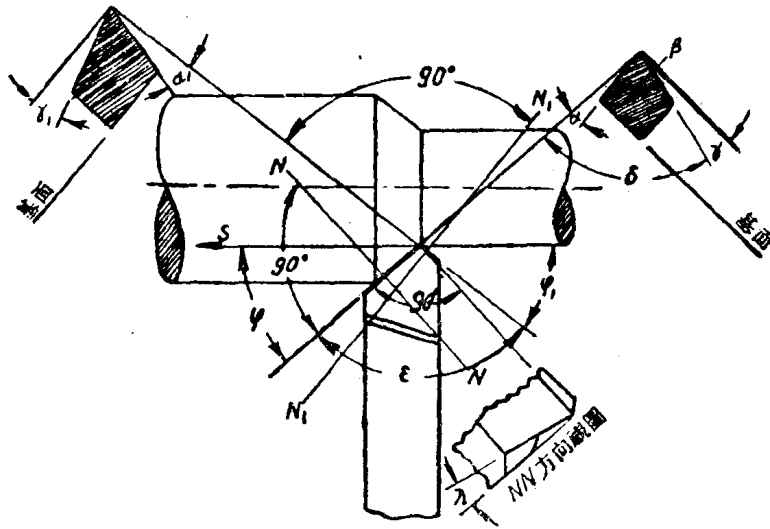


图 1—7 車刀各角度的位置

前角 γ 前倾面与基面间的夹角。在主截面中测出。前角可减少切屑的变形，减少动力消耗，并使切屑容易流出。例如，平口刨刀的刨削情况(图 1—8)。主运动由工件完成，假定没有刀具在切削，则金属全部沿 v 的方向移动，现在由于前倾面及刀刃关系，金属在 O 点沿 $O3$ 平面分为两部分：一部分沿前倾面($O2$)方向移动，成为切屑；另一部分则留在工件上，沿 $O1$ 线移动成为加工表面。不难理解，金属分离移动方向的差别(δ 角)愈大，则切削消耗的功愈大，金属变形也愈大。 δ 角是前倾面和切削平面之间的夹角。为了测量方便，常用 γ 角来代替 δ 角。 γ 愈大即 δ 愈小，金属变形愈小，切削力和切削功消耗的也就愈小。

后角 α 后隙面与切削平面间的夹角。在主截面内测出。后角可保证刀具的自由运动，缩短刀具后隙面和工件加工表面间的接触长度。从而，可以减轻二者之间的摩擦。

楔角 β 后隙面与前倾面间的夹角。在主截面中测出。楔角可改变刀头截面的大小，影响刀头强度。

切削角 δ 前倾面与切削平面间的夹角。在主截面内测出。切削角是前角的余角。

副后隙角 α_1 副后隙面与副切削平面间的夹角。在副截面内测出。它的作用在于减少副后隙面与工件已加工表面间的摩擦。

付前角 γ_1 前倾面与基面间的夹角。在副截面内测出。其作用与前角相同。

导角 ϕ 主切削刃与走刀方向在基面上的投影所夹的角度。导角可改变切屑宽度和厚度、切削力 P_x 和 P_y 的比例，并影响刀具的耐用度和切削速度(详后)。

离角 ϕ_1 副切削刃与走刀方向在基面上的投影所夹的角度。可减少副切削刃与工件间的摩擦，影响工件表面的光洁度。

刀尖角 δ 主切削刃与副切削刃在基面上的投影所夹的角度。它能改变刀尖的尺寸大小和导热性能。

刃倾角 λ 主切削刃与基面间的夹角。在切削平面内测出。 λ 的作用在于控制切屑流出的方向和改变刀刃的强度。

如图1—8所示,当刀尖是切削刃上最低一点时,刀刃较强,并且切屑流出时不妨碍工人工作,因而称 λ 为正值,即(+ λ)。

当刀尖是切削刃上最高一点时,刀刃较弱,故称 λ 为负值,即(- λ)。此时切屑沿走刀方向流出,不致伤害已加工表面的光洁度。因而精加工时多取(- λ)。

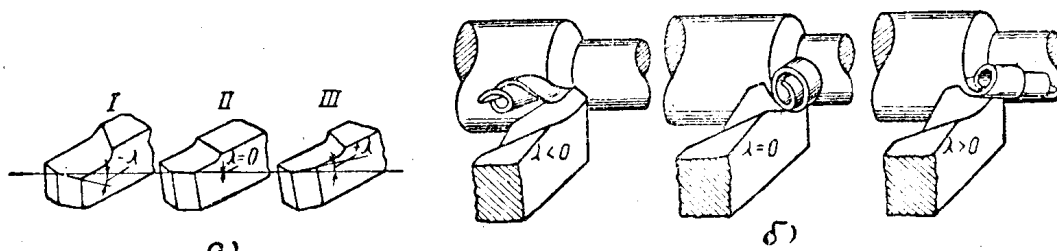


图1—8 刃倾角的种类及其对切削流出方向的影响

- a) 刃倾角: I—负刃倾角 $-\lambda$; II—刃倾角 $\lambda=0$; III—正刃倾角 $+\lambda$ 。
b) 不同刃倾角的切屑排出。

当刀刃与基面平行时,刃倾角为零,即 $\lambda=0$ 。

从上述各个角度的定义中,不难得出:

$$\begin{aligned} \gamma + \beta + \alpha &= 90^\circ; & \therefore \beta &= 90^\circ - (\gamma + \alpha), & \delta &= 90^\circ - \gamma. \\ \varepsilon + \varphi + \varphi_1 &= 180^\circ; & \therefore \varepsilon &= 180^\circ - (\varphi + \varphi_1). \end{aligned}$$

以上各个角度,都是各种切削刀具所具备的。在切削过程中各起着不同的作用,其中以 γ , α , φ , φ_1 及 λ 对切削过程的影响最大,因而更为重要。

第三节 切削用量和切削面积

1. 切削用量的三要素 要完成某种切削工作,必须具备下列三要素:

(1) 切削深度 t (即吃刀深度)——工件已加工表面和待加工表面间的垂直距离。其单位以毫米表示之。切削深度的大小,直接影响主切削刃参加工作的长度(图1—9)。

当加工圆柱表面时:

$$t = \frac{D - D_1}{2} \text{ (毫米)}$$

(2) 走刀量 S ——工件或刀具每转一转(主体运动为旋转运动时)后,或每完成一个“双行程”(主体运动为直线运动时)时,二者沿辅助运动的方向所形成的相对位移(图1—9)。单位为毫米/转或毫米/双行程。

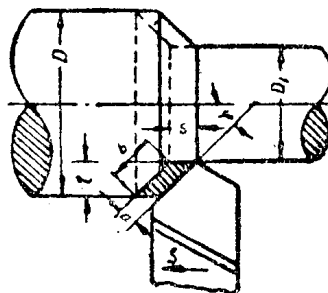


图1—9 切削面积的几何参数