



高等职业技术教育“十二五”规划教材——机械工程类

金属切削 加工基础

JINSHU QIEXUE JIAGONG JICHU

徐桂兰 主编



西南交通大学出版社
WEST CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



高等职业技术教育“十二五”规划教材——机械工程类

金属切削 加工基础

JINSHU QIEXUE JIAGONG JICHU



徐桂兰 主编



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

内 容 简 介

本书是根据国家教育部关于高职高专教育基础课程教学基本要求,并根据高职院校近几年教学改革的经验编写而成。

本书内容包括切削加工基础知识、车削加工、钻镗加工、刨削加工、插削加工、拉削加工、铣削加工、磨削加工、齿形加工与螺纹加工、机械加工工艺过程、现代机械制造技术简介等,各章后面附有一定量的习题。

本书可供高等职业院校热加工类、近机类各专业使用,也可供高等职业院校机械类学员及有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削加工基础 / 徐桂兰主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2011.7

高等职业技术教育“十二五”规划教材. 机械工程类
ISBN 978-7-5643-1199-5

I. ①金… II. ①徐… III. ①金属切削-加工工艺-
高等职业教育-教材 IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 098747 号

高等职业技术教育“十二五”规划教材——机械工程类

金属切削加工基础

徐桂兰 主编

*

责任编辑 李芳芳

特邀编辑 蒋冬清

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都中铁二局永经堂有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 10.125

字数: 255 千字

2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-1199-5

定价: 18.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

生产过程是将原材料转变为成品或半成品的过程。它包含了材料、毛坯、零件、产品装配等一系列制造过程。在机械制造过程中，直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等的过程称为工艺过程，如铸造、锻压、焊接、切削加工、热处理等。机械零、部件常规的生产过程为：设计→选材→毛坯生产→热处理→切削加工→最终热处理→装配→检验→（合格）包装→入库。

金属切削加工是研究各种切削加工方法的特点及应用、加工工艺过程和结构工艺性的一门学科。它为工科类各专业提供了必要的基础知识，是高等职业学校工科类各专业必修的一门综合性技术基础课。

我国在金属材料及加工制造方面有着辉煌历史。尤其是改革开放以来，我国的加工制造业得到迅速发展。金属材料、复合材料、非金属材料，在机械制造工程中发挥着越来越重要的作用，机械制造业为航空航天、石油化工、汽车制造、机车船舶、电子电力、轻纺食品、农牧机械等各行各业提供高科技含量的技术装备。机械制造的新材料、新工艺、新技术不断涌现，传统的机械制造工艺过程发生了变化。一方面以提高加工效率、加工精度为特点向纵深方向发展，如特种加工、新型表面技术、微型机械、快速激光造型技术、超高速切削和磨削等；另一方面从机械制造与设计一体化、机械制造与管理一体化向综合方向发展，如计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、智能制造技术（IMI）、工业工程（IE）等。

金属切削加工基础是一门实践性很强的技术基础课。通过本课的学习，使学生获得金属切削加工工艺的基本知识。初步具有合理选择机械零件生产方法、培养工艺实践的能力，为学习其他有关课程和将来从事生产技术工作、企业管理工作打下必要的基础。

为保证教学顺利进行，在学习本教材之前必须进行金工教学实习。通过教学实习，使学生获得加工制造（如铸造、锻压、焊接、热处理和金属切削加工）的感性知识，熟悉金属材料的主要加工方法和加工工艺、所用设备及工具的使用，掌握一定的操作技能，了解零件和毛坯的加工工艺过程。

本书与工程材料及热加工基础构成金属工艺学系列教材。

本教材为高等职业教育培养目标服务，以培养具有机械加工工艺基础知识、掌握概念、强化应用为教学的重点，以必须、够用为度，培养生产第一线的技术应用型人才。在编写和教学过程中遵循基础理论教学以应用为目的，在介绍传统工艺方法的同时，注重新方法、新技术、新工艺及发展趋势的介绍，力求使教材清晰、突出重点，删减了偏难的理论知识。

本书名称、术语、符号均采用了国家最新标准和法定计量单位。

参加本书编写的有陕西工业职业技术学院徐桂兰（前言、第二章、第六章、第八章和第九章第一节）、王博（第三章、第四章）、李晓鹏（第一章、第五章、第七章和第九章二至六节）。本书由徐桂兰担任主编，负责统稿，焦小明担任主审。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年3月

目 录

第一章 金属切削加工的基础知识	1
第一节 切削运动与切削要素	1
第二节 金属切削刀具	4
第三节 金属切削过程及其物理现象	9
第四节 生产率和切削加工性能的概念	19
第五节 金属切削机床	21
习 题	23
第二章 车 削	24
第一节 车削加工概述	24
第二节 卧式车床	25
第三节 工件在车床上的装夹	30
第四节 车刀的结构形式	34
第五节 车削加工	35
第六节 其他车床	40
习 题	42
第三章 钻削与镗削加工	44
第一节 钻削加工	44
第二节 镗削加工	49
习 题	52
第四章 刨削、插削和拉削加工	53
第一节 刨削与插削加工	53
第二节 拉削加工	57
习 题	60
第五章 铣 削	61
第一节 铣 床	61
第二节 铣削加工	68
习 题	79

第六章 磨 削	81
第一节 磨床与砂轮	81
第二节 磨削加工	86
第三节 光整加工简介	89
习 题	92
第七章 齿形加工与螺纹加工	94
第一节 圆柱齿轮精度简介	94
第二节 圆柱齿轮齿形的成形法加工	96
第三节 圆柱齿轮齿形的展成法加工	98
第四节 螺纹加工	104
习 题	110
第八章 机械加工工艺过程基础知识	112
第一节 基本概念	112
第二节 机械加工工艺规程的制订	115
第三节 零件结构工艺性	118
第四节 工件的定位、装夹与基准	121
第五节 表面加工方法的选择	125
习 题	129
第九章 现代制造技术简介	131
第一节 特种加工技术简介	132
第二节 成组技术	139
第三节 快速成形技术	145
第四节 高速加工	150
第五节 柔性制造系统	152
第六节 虚拟制造	154
习 题	155
参考文献	156

第一章 金属切削加工的基础知识

金属切削加工是用切削刀具或磨具从工件上切去多余的金属材料，从而使工件的几何形状、尺寸精度和表面质量达到预定要求的加工方法。金属切削加工过程是工件和刀具相互作用的过程。

金属切削加工的形式虽然很多，但它们在很多方面如切削时的运动、切削工具以及切削过程中的物理现象等，都有着共同的规律。掌握这些规律是学习各种切削加工方法的基础，同时，对于如何正确地进行切削加工，以保证加工质量、提高生产率和降低生产成本，具有重要意义。

第一节 切削运动与切削要素

一、零件表面的形成

任何一个零件都是由许多表面组成的。对机械零件的切削加工主要是指对其表面的加工。

从几何学观点来看，机械零件上每个表面都可以看做是一条母线沿一条导线运动的轨迹，如图 1.1 所示。圆柱面、圆锥面、平面和成形面等是零件的主要组成表面。圆柱面可以看做是直线母线沿圆导线运动的轨迹；圆锥面可以看做是斜直线母线（与圆导线轴线斜交呈一定

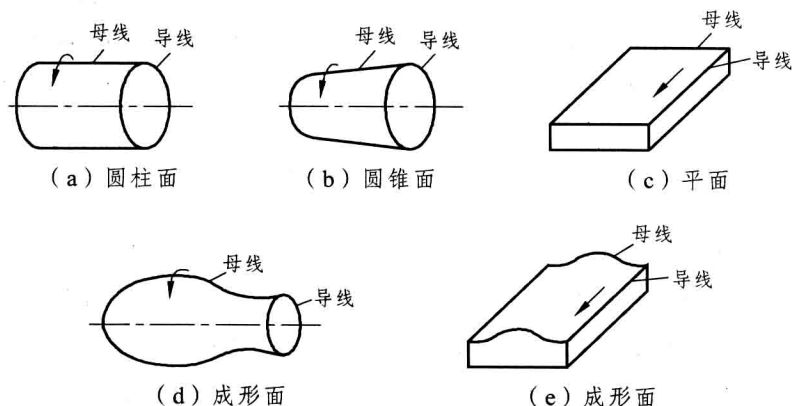


图 1.1 零件表面的形成

角度)沿圆导线运动的轨迹;平面可以看做是直线母线沿直线导线运动的轨迹;成形面可以看做是曲线母线沿圆导线或直导线运动的轨迹。根据以上原理,切削加工时,零件上的实际表面就是通过刀具与工件之间的相互作用和相对运动形成的。

二、切削运动

切削加工时,刀具与工件之间的相对运动称为切削运动。如图 1.2 所示,切削运动分为主运动和进给运动。

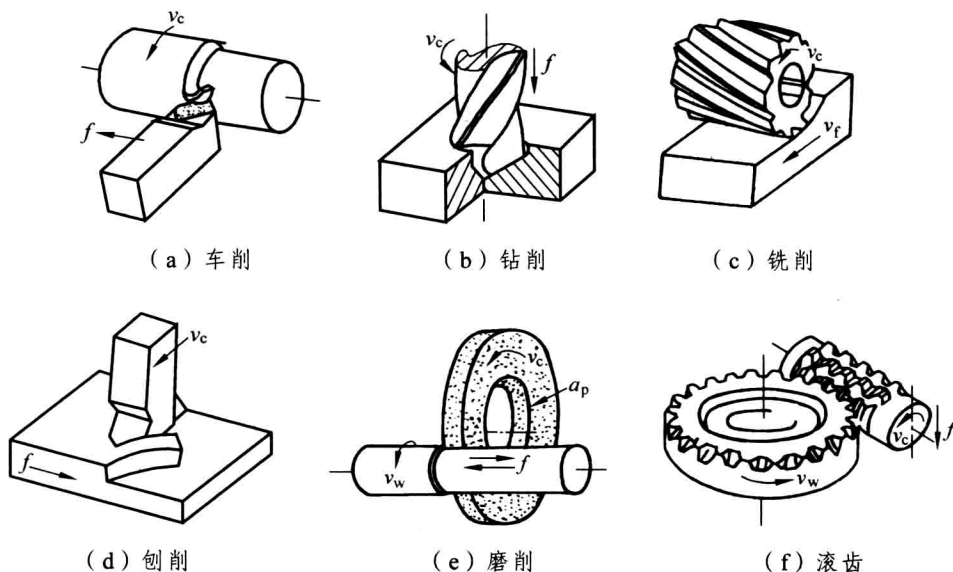


图 1.2 切削运动简图

1. 主运动

切削运动中切下切屑的最基本运动叫做主运动。在切削运动中主运动的速度最高,消耗的功率最多。例如,车削外圆时主轴带动工件的旋转运动、钻孔时钻头的旋转运动、铣平面时铣刀的旋转运动、磨外圆时砂轮的旋转运动等都是主运动。在切削运动中主运动有且只有一个。

2. 进给运动

使金属层(零件表面多余)不断投入切削,从而加工出完整表面的运动叫做进给运动。在切削运动中进给运动的速度较低,消耗的功率较小。例如,车外圆时车刀沿纵向的直线运动、铣平面时工件的纵向直线移动、钻孔时钻头沿轴线的移动等都是进给运动。进给运动可以有一个或多个。例如,在磨削外圆时,就有圆周进给、轴向进给和径向进给三个进给运动。

三、切削要素

1. 切削用量要素

在金属切削加工过程中，工件上形成三种表面：① 已加工表面，是工件表面上切去一层金属后所形成的新表面；② 待加工表面，是工件上尚未切除金属层的表面；③ 过渡表面，是工件上正在被切削刃切削的表面，如图 1.3 所示。切削用量要素是切削加工中的切削速度、进给量和背吃刀量的总称。

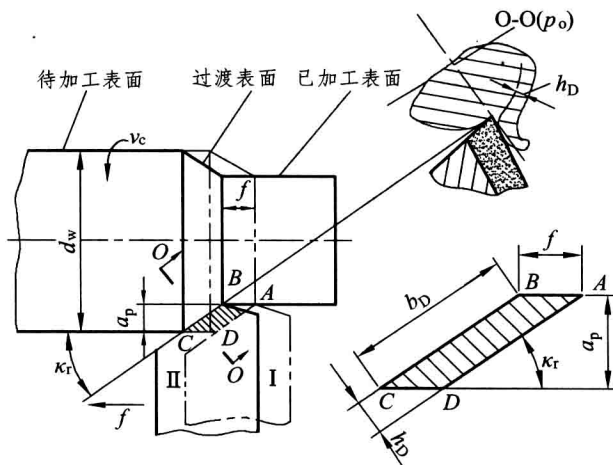


图 1.3 外圆车削运动要素

(1) 切削速度 v_c 。

切削速度是指刀具切削刃上选定点相对于待加工表面在主运动方向上的线速度，单位为 m/s 。当主运动为旋转运动时（如车外圆），切削速度可以用下式计算：

$$v_c = \frac{\pi d_{\max} n}{1\,000 \times 60}$$

式中 v_c ——切削速度（ m/s ）；

d_{\max} ——工件待加工表面或刀具的最大直径（ mm ）；

n ——工件或刀具的旋转速度（ r/min ）。

(2) 进给量 f 。

进给量是主运动完成一个运动循环，工件和刀具在进给运动方向上的相对位移量。例如，外圆车削时的进给量 f 是工件每旋转一转时车刀相对于工件在进给运动方向上的位移量，其单位为 mm/r ；又如，在牛头刨床上刨削平面时，进给量 f 是刨刀每往复一次，工件在进给运动方向上相对于刨刀的位移量，单位为 $mm/$ 往复行程。对于多刃刀具（如铣、铰、拉等），也可用每齿进给量 f_z 表示；在切削加工中，也有用进给运动速度 v_f 来表示进给运动的。所谓进给速度 v_f 是单位时间内工件与刀具在进给运动方向上的相对位移，单位为 mm/s 或 mm/min 。

(3) 背吃刀量 a_p 。

背吃刀量是指工件已加工表面至待加工表面间的垂直距离，单位为 mm 。 a_p 的大小直接影响主切削刀的工作长度，反映了切削负荷的大小。车削外圆的背吃刀量可以用下式计算：

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中 a_p ——背吃刀量 (mm);
 d_w ——已加工表面直径 (mm);
 d_m ——待加工表面直径 (mm)。

2. 切削层要素

切削加工中, 刀具与工件沿进给方向每移动 f (或 f_z) 之后, 由一个刀齿切除的金属层叫切削层。如图 1.3 所示, 车削外圆时, 当工件旋转一周, 刀具沿进给方向从实线位置移动到双点画线位置, 处于这两个位置之间的一层金属就是切削层。切削层横剖面几何参数称为切削层要素。

(1) 切削层公称厚度 h_D : 在切削层尺寸平面内, 沿垂直于切削刃的方向上测得的切削层尺寸, 单位为 mm。如图 1.3 所示, 车外圆时, h_D 可以用下式计算:

$$h_D = f \sin \kappa_r$$

它代表了切削刃的工作负荷。

(2) 切削层公称宽度 b_D : 在切削层尺寸平面内, 沿切削刃的方向上测得的切削层尺寸, 单位为 mm。如图 1.3 所示, 车外圆时, b_D 可以用下式计算:

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r$$

切削宽度等于切削刃的工作长度。

(3) 切削层公称横截面面积 A_D : 切削层尺寸平面的实际面积, 单位为 mm^2 。如图 1.3 所示, 车外圆时, A_D 可以用下式计算:

$$A_D = h_D \cdot b_D = f a_p$$

第二节 金属切削刀具

一、刀具的材料

在金属切削加工中, 刀具材料通常是指刀具切削部分的材料。正确选择刀具材料是设计和选用刀具的重要内容。

1. 刀具材料应具备的性能

刀具在工作时要承受很大的压力、较高的切削温度及剧烈的摩擦。在切削余量不均匀或断续切削时, 刀具还受到冲击和振动, 因此刀具材料必须满足以下要求:

(1) 高的硬度。刀具要从工件上切除多余的金属, 其硬度必须大于被切材料的硬度。一般

常温下硬度必须在 60 HRC 以上。

(2) 好的耐磨性。刀具在切削时承受着剧烈的摩擦,因此应有较好的耐磨性。它是材料强度、硬度和组织结构等因素的综合反映。一般情况下,硬度越高,耐磨性越好。

(3) 足够的强度和韧性。它是刀具材料承受切削力而不变形,承受冲击载荷或振动而不断裂及崩刃的能力。

(4) 高的热硬性。热硬性表示材料在高温下保持硬度、耐磨性、强度和韧性的能力。刀具材料的热硬性越高,则允许的切削速度也越高,抵抗切削刃产生塑性变形的能力也越强。

(5) 良好的工艺性。刀具材料具有良好的可加工性能,包括锻、轧、焊接、切削加工、热处理和可磨削性能等。

2. 常用刀具材料的种类与应用

常用刀具材料的种类有工具钢、硬质合金、陶瓷、超硬材料四大类。

(1) 碳素工具钢。常用牌号主要有 T10A 和 T12A。这类钢经淬火后硬度为 61~65 HRC,但热硬性差,在 200℃~250℃ 切削即失去原有的硬度,淬火后易变形和开裂。它常用于制作低速(小于 8 m/min)、简单的手工工具,如锉刀、刮刀、丝锥及板牙等。

(2) 合金工具钢。常用牌号有 9SiCr、CrWMn 等。淬火后硬度为 61~65 HRC。材料的热硬性温度为 300℃~350℃,减少了热处理时的变形,淬透性较好。该材料多用于制造丝锥、板牙和机用绞刀等形状复杂、切削速度不高(小于 10 m/min)的刀具。

(3) 高速工具钢。常用的牌号有 W18Cr4V、W6M5C4V2 等。淬火后硬度可达 62~67 HRC。具有较高的抗弯强度和冲击韧性,在 550℃~600℃ 仍能保持其切削性能,具有热处理变形小、可锻造、易刃磨得到锋利刃口、切削速度较高、工艺性好等优点,特别适合制作形状复杂的刀具,如钻头、丝锥、铣刀、拉刀和齿轮刀具等,允许的切削速度较高(<30 m/min)。

(4) 硬质合金。硬度为 89~93 HRA(相当于 74~82 HRC),有高的热硬性(在 800℃~1000℃ 时仍能进行切削),允许切削速度为 100~300 m/min。但抗弯强度、冲击韧性和工艺性比高速工具钢差。硬质合金一般制成各种形式的刀片,焊接或机夹在刀体上使用,很少制成整体刀具。硬质合金按其被加工材料分为 6 个类型,分别用字母 P、M、K、N、S、H 后加一组数字表示,相应识别颜色分别为蓝、黄、红、绿、褐、灰。其中最常用的是 P、M、K 三个类型:

P 类硬质合金——适于加工长切屑的钢铁材料,以蓝色作标志。

M 类硬质合金——适于加工长切屑或短切屑的钢铁材料以及有色金属材料,以黄色作标志。

K 类硬质合金——适于加工长切屑的钢铁材料、有色金属及非金属材料,以红色作标志。切削加工常用硬质合金的应用范围如表 1.1 所示。

每一类别中,数值越大,耐磨性越低(切削速度要低),而韧性越高(进给量可大)。

(5) 陶瓷。一般是指以氧化铝为基体、加入微量添加剂或添加某些高硬度、难熔化合物经冷压烧结或热压而成的陶瓷材料。常用的有 Al₂O₃ 陶瓷、Al₂O₃-TiC 等。硬度可达 93~94 HRA,耐热温度高达 1200℃~1450℃;化学稳定性好,与金属亲和力小,抗黏结和抗扩散能力好;具有较低的摩擦系数,加工表面的粗糙度较小。但陶瓷的抗弯强度低,冲击韧性差。它主要用于淬火钢等高硬度材料连续切削的精加工和半精加工。

表 1.1 切削加工常用硬质合金的应用范围

代号	牌号	被加工材料	适应的加工条件
P01	YT30	钢、铸钢	高切削速度、小切削截面、无振动条件下的精车、精镗
P10	YT15	钢、铸钢	高切削速度、中等或小切削截面条件下的车削、仿行车削、车螺纹、铣削
P20	YT14	钢、铸钢、长切屑可锻铸铁	中等切削速度和中等切削截面条件下的车削和铣削、小切屑截面的刨削
P30	YT5	钢、铸钢、长切屑可锻铸铁	中等或低切削速度、中等或大切削截面条件下的车削、铣削、刨削和不利条件下的加工
P40		钢、含砂眼和气孔的铸件	低切削速度、大切削角、大切削截面及不利条件下的车削、刨削、切槽和自动机床上的加工
P50		钢、含砂眼和气孔的铸件、低强度钢铸件	用于要求硬质合金有较高韧性的工序；在低切削速度、大切削角、大切削截面及不利条件下的车削、刨削、切槽和自动机床上的加工
M10	YM1	钢、铸钢、锰钢、灰铸铁、合金铸铁	中或高速切削、小或中等切削截面条件下的车削
M20	YW2	钢、铸钢、奥氏体钢、锰钢、灰铸铁	中等切削速度、中等切削截面条件下的车削、铣削
M30		钢、铸钢、奥氏体钢、锰钢、灰铸铁、耐高温合金	中等切削速度、中等或大切削截面条件下的车削、铣削、刨削
M40		低碳易切削钢、低强度钢、有色金属、轻合金	车削、切断、特别适于自动机床上的加工
K01	YG3X	特硬灰铸铁、肖氏硬度大于 85 的冷硬铸铁、高硅铝合金、淬硬钢、高耐磨塑料、硬纸板、陶瓷	车削、精车、镗削、铣削、刮削
K10	YG6X YG6A	布氏硬度高于 220 的灰铸铁、短切屑的可锻铸铁、淬硬钢、硅铝合金、铜合金、塑料、玻璃、硬橡胶、硬纸板、陶瓷、石料	车削、刨削、钻削、镗削、拉削、刮削
K20	YG6 YG8N	布氏硬度低于 220 的灰铸铁、有色金属、铜、黄铜、铝	用于要求硬质合金有高韧性的车削、铣削、刨削、镗削、拉削
K30	YG8N YG8	低硬度灰铸铁、低强度钢、压缩木料	用于在不利条件下可能采用大切削角的车削、铣削、刨削、切槽加工
K40		软木或硬木、有色金属	用于在不利条件下可能采用大切削角的车削、铣削、刨削、切槽加工

(6) 人造金刚石。它是在高温高压气氛和其他条件配合下由石墨转化而成的。人造金刚石硬度极高，接近于 10 000 HV（硬质合金仅为 1 000~2 000 HV）。它可用于加工硬度高的硬质合金、陶瓷以及其他高硬度、高耐磨材料，也可胜任对有色金属及其合金的加工。但它不适合加工铁族材料，因为金刚石中的碳原子和铁原子有很强的亲和力，在高温下铁原子容易与碳原子作用而使其转化为石墨结构。金刚石主要用于磨具和磨料。

(7) 立方氮化硼。立方氮化硼硬度为 7 300~9 000 HV，耐磨性好，耐热性好（1 500℃），与铁的亲和力小，主要用于加工淬硬钢、冷硬铸铁、高温合金等。

二、刀具角度

刀具的种类很多，但它们的切削部分在几何上有很多共性，不论刀具构造如何复杂，它们的切削部分总是以外圆车刀切削部分为基本形态的。各种类型的刀具都可以看做是普通外圆车刀演变而成的。这里以普通外圆车刀切削部分为例，分析刀具的几何角度。

1. 刀具结构

如图 1.4 所示，车刀由切削部分和刀杆组成。切削部分由前刀面、主后刀面、副后刀面、主切削刃、副切削刃和刀尖组成，简称一尖、两刃、三面。

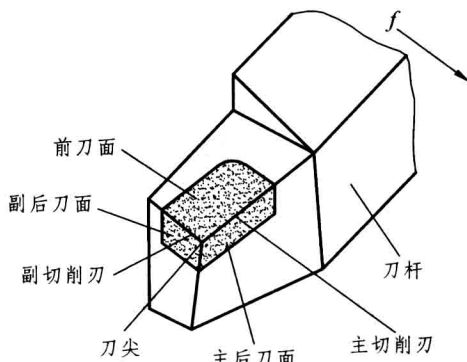


图 1.4 外圆车刀的组成

前刀面：切屑沿着刀具流出时所经过的刀面。前刀面常倾斜成一定的角度，以适应各种条件下切削工作的需要。

主后刀面：与工件的加工表面相对的刀面。主后刀面也常倾斜成一定角度，以减少与工件加工表面之间的摩擦。

副后刀面：与工件的已加工表面相对的刀面。副后刀面也常倾斜成一定角度，以减少与工件已加工表面之间的摩擦。

主切削刃：前刀面与主后刀面相汇交的边缘。它不是一条几何线，而是具有一定刃口圆弧半径的刀刃。它担负主要的切削工作。

副切削刃：前刀面与副后刀面相汇交的边缘。它担负少量的切削工作。

刀尖：主切削刃与副切削刃相汇交形成的。它不是一个几何点，而是一小段具有一定圆弧半径的直线段或圆弧切削刃。

2. 辅助平面

为确定刀具和切削刃的空间位置，首先要建立由基面、切削平面和正交平面三个相互垂直的辅助平面组成的刀具标注角度参考系（即正交平面参考系），如图 1.5 所示。以此参考系为基准，用角度值来反映各刀面和切削刃的空间位置。

基面 P_r ：通过切削刃上选定点，垂直于该点主运动方向的平面，用 P_r 表示。一般来说，基面应平行或垂直于刀具上便于制造、刃磨和测量的某一安装定位平面或轴线。例如，普通车刀、刨刀的基面平行于刀具底面；钻头、铣刀和丝锥等旋转类刀具，其基面是刀具的轴向剖面。

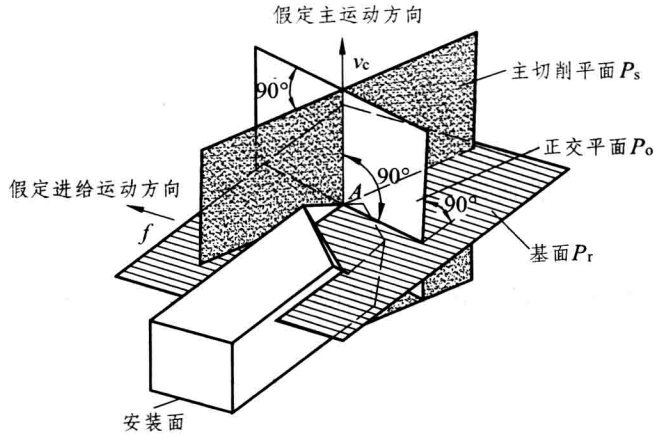


图 1.5 辅助平面参考系

主切削平面 P_s : 过切削刃上选定点, 切于切削刃并垂直于该点基面的平面, 用 P_s 表示。

正交平面 P_o : 过切削刃上选定点, 并同时垂直于切削平面和基面的平面, 用 P_o 表示。

3. 刀具的标注角度

标注角度是指在刀具图样上标注的角度。它是刀具制造、刃磨时的依据。车刀的主要标注角度有 5 个, 如图 1.6 (a) 所示。

前角 γ_0 : 在正交平面中测量, 是前刀面与基面之间的夹角。它表示前刀面的倾斜程度。前角可为正值、负值或零。当主切削刃在前刀面的倾斜表面上处于最高处时, 前角为正值; 当主切削刃在前刀面的倾斜表面上处于最低处时, 前角为负值; 当前刀面与基面平行时, 前角为零, 如图 1.6 (b) 所示。

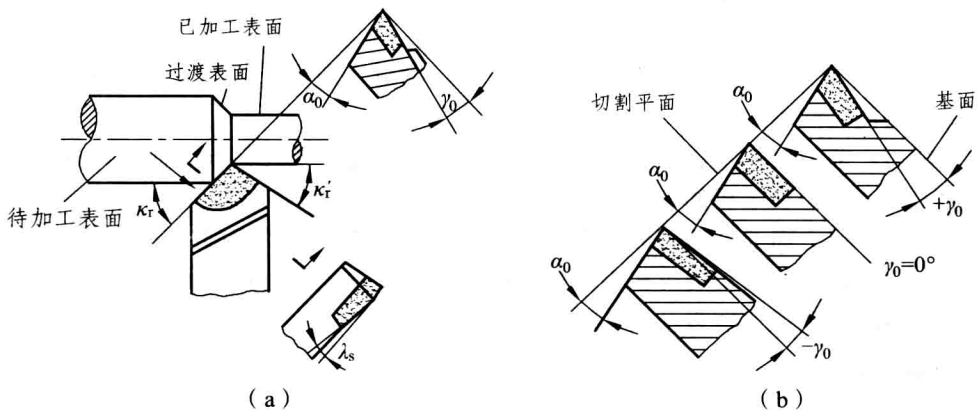


图 1.6 刀具的标注角度与前角的正负

后角 α_0 : 在正交平面中测量, 是主后刀面与主切削平面之间的夹角。合适的后角可减少加工表面与主后刀面之间的摩擦, 还可减少主后刀面的磨损。后角只能是正值。

主偏角 κ_r : 在基面中测量, 是主切削刃在基面上投影与进给运动方向之间的角度。在背吃刀量与进给量不变的情况下, 改变主偏角的大小, 可改变切削刃参加切削的工作长度, 并使切削厚度和切削宽度发生变化。主偏角一般为正值。

副偏角 κ'_r ：在基面中测量，是副切削刃在基面上投影与进给运动反方向之间的角度。副偏角影响已加工表面粗糙度和刀头强度。

刃倾角 λ_s ：在主切削平面中测量，是主切削刃与基面之间的夹角。其主要作用是影响刀尖强度和控制切屑排出方向。 λ_s 可为正值、负值或零，如图 1.7 所示：当刀尖处于主切削刃上最高点时， λ_s 为正；当刀尖处于主切削刃上最低点时， λ_s 为负；若主切削刃与基面平行时， λ_s 为零。

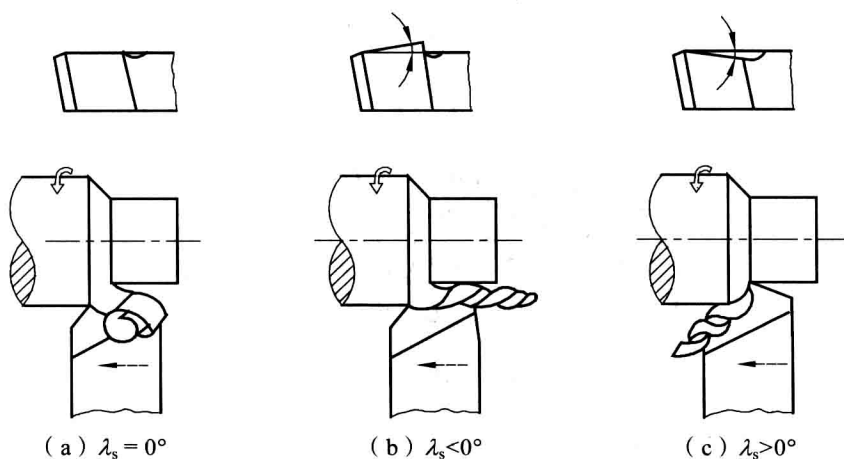


图 1.7 刃倾角正负及其影响

上述标注角度是在车刀刀尖与工件回转轴线等高、刀杆纵向轴线垂直于进给方向，以及不考虑进给运动的影响等条件下确定的。

第三节 金属切削过程及其物理现象

金属切削过程就是用刀具切除多余金属，形成切屑和已加工表面的过程。其实质是材料受到刀具前刀面挤压后，产生弹性变形、塑性变形和剪切滑移，进而使切削层和工件母体分离的过程。

在金属切削过程中伴随着切削热、积屑瘤、加工表面硬化、刀具磨损等物理现象。学习这些规律有利于合理使用机床，分析解决切削加工中的质量、效率等问题。

一、切屑的形成及种类

1. 切屑的形成过程

切削时刀具以一定的相对运动速度挤压切削层，使之产生变形、剪切滑移，成为切屑，如图 1.8 所示。切削层中某一点 P 以切削速度 v 向切削刃接近，开始只产生弹性变形，到达

1 点时, 金属应力达到屈服点, 产生剪切变形, 所以 P 点向前移动的同时还沿滑移面 (或剪切面) OA 滑移, 故当 P 点到达 OB 滑移面时, 其合成运动使 P 点由点 1 流动到点 2, $1-2'$ 为沿切削速度 v 方向的位移量, $2'-2$ 为滑移量。 P 点越靠近刀具前面, 滑移量就越大, 如 $3'-3$ 、 $4'-4$ 。剪应力也由于材料变形的增大而不断上升。当 P 点到达某一位置, 如 OM 面上的 4 点时, 剪应力达到强度极限, 开始剪切断裂而成为切屑, 滑移结束, 切屑沿前刀面流出。上述 OA 面称为始滑面 (或称始剪切面), OM 称为终滑面 (或称终剪切面)。

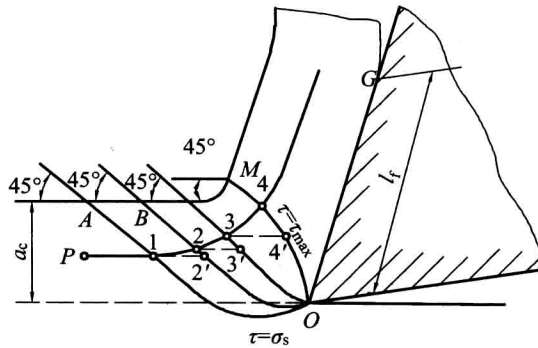


图 1.8 切屑的形成过程

图 1.9 是根据实验和理论研究绘制的金属切削过程中变形区的滑移线和流线示意图。流线表示被切金属某一点在切削过程中流动的轨迹, 按照切削层金属变形程度的不同, 将切削区域划分为三个变形区。

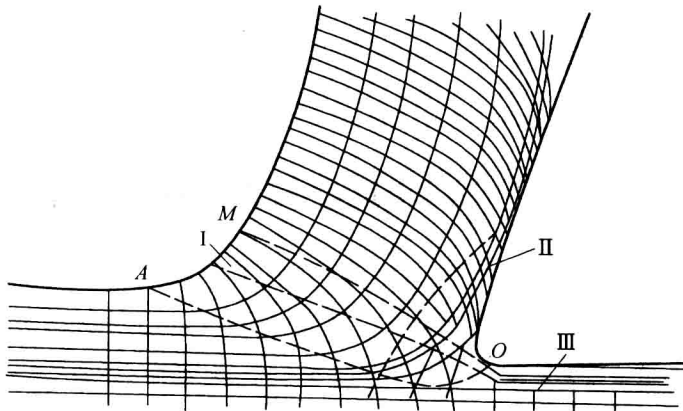


图 1.9 变形区滑移线和流线示意图

第一变形区 (I): 材料在前刀面挤压作用下, 从图中 OA 线开始发生塑性变形到 OM 线, 剪切滑移基本完成。这一区域是切削过程中的主要变形区, 又称剪切滑移区。

第二变形区 (II): 切屑沿前刀面排出时, 紧贴前刀面的底层, 金属进一步受到前刀面的挤压阻滞和摩擦, 再次剪切滑移而纤维化, 使切屑底层很薄的一层金属流动滞缓。这一滞缓流动的金属层称为滞留层。因其变形主要是摩擦引起的, 故这一区域又称摩擦变形区。切屑经过这一变形区时, 其底层比上层伸长得多, 发生切屑卷曲。

第三变形区 (III): 已加工表面受到切削刃钝圆部分与后刀面的挤压、摩擦和回弹,