



机械类

高级技工学校、技师学院教材
高级工培训教材

金属切削原理与刀具

(第三版)



中国劳动社会保障出版社

机械类 高级技工学校、技师学院教材
高级工培训教材

金属切削原理与刀具

(第三版)

劳动和社会保障部教材办公室 组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理与刀具/王为建主编. —3 版. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007

机械类 高级技工学校、技师学院教材 高级工培训教材

ISBN 978-7-5045-6207-4

I. 金… II. 王… III. ①金属切削-技工学校-教材②刀具(金属切削)-技工学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 099121 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京乾洋印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8 印张 187 千字

2007 年 7 月第 3 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

定价: 14.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前言

进入 21 世纪以来,我国现代制造业迅速发展,随着技术创新和市场需要,对产品的加工工艺要求越来越高,但劳动者素质偏低,技能人才,尤其是高级技能人才匮乏已成为制约我国制造业发展的突出问题。为了解决这一矛盾,2005 年国务院颁发了《国务院关于大力发展职业教育的决定》,确立了“力争用 5 年时间,在全国新培养 190 万名技师和高级技师,新培养 700 万名高级技工,并带动中级和初级技能劳动者队伍梯次发展”的目标。

正是在这样的形势下,为推进我国职业教育建设,加强各类高素质高技能专门人才的培养,我们组织修订了 1999 年以来出版的高级技工学校教学及高级工培训的机械类教材,并在此基础上开发了一些新教材。本套教材包括《专业数学(第二版)》《机械制图(第二版)》《计算机应用技术》《极限配合与技术测量(第三版)》《机构与零件(第三版)》《液压技术(第三版)》《金属切削原理与刀具(第三版)》《机械制造工艺与装备(第二版)》《机床夹具(第三版)》《机床电气控制》《数控技术》《高级车工工艺与技能训练》《高级钳工工艺与技能训练》《高级铣工工艺与技能训练》《高级焊工工艺与技能训练》《模具制造工艺与技能训练》《高级机修钳工工艺与技能训练》《高级磨工工艺与技能训练》《高级冷作工工艺与技能训练》,以后我们还将陆续开发其他教材。

在这套教材的编写过程中,我们始终坚持了以下基本原则:

一是从生产实际出发,合理安排教材的知识和技能结构,突出技能性培养,摒弃“繁难偏旧”的理论知识。二是以国家相关职业标准为依据,确保在知识内容和技能水平上符合国家职业鉴定标准。三是引入新技术、新工艺的内容,反映行业的新标准、新趋势,淘汰陈旧过时的技术,拓宽专业技术人员的知识眼界。四是在结构安排和表达方式上,强调由浅入深,循序渐进,力求做到图文并茂。

本套教材的编写工作得到了湖南、江苏、广东、河北、黑龙江等省劳动和社会保障厅及有关学校的大力支持,在此表示衷心的感谢。

《金属切削原理与刀具(第三版)》在上一版的基础上,对知识点进行了梳理和整合,降低了理论难度,增加了部分图片和图示,使全书脉络更清晰,内容更实用,讲解更具直观

性。本书主要内容有：刀具分类及组成、切削运动形式和切削用量、切削变形与切屑、刀具材料、切削加工的主要规律、切削加工质量与效率、车刀、孔加工刀具、铣刀、拉刀、螺纹刀具、齿轮加工刀具。

本书由王为建、王喜军、陈伟明、吴尚源、黄少凤编写，王为建主编，曹文清审稿。

劳动和社会保障部教材办公室

2007 年 7 月

目 录

第一章 刀具与切削概述	(1)
§ 1—1 切削刀具	(1)
§ 1—2 切削加工	(3)
第二章 切削变形与切屑	(7)
§ 2—1 切削变形	(7)
§ 2—2 切屑的形态	(7)
§ 2—3 切屑的控制	(9)
第三章 刀具材料	(13)
§ 3—1 刀具材料的必备性能与常用刀具材料	(13)
§ 3—2 高速钢	(14)
§ 3—3 硬质合金	(16)
§ 3—4 陶瓷与超硬刀具材料	(18)
§ 3—5 刀具材料的发展趋势	(19)
第四章 切削加工的主要规律	(21)
§ 4—1 刀具角度及其作用与选择	(21)
§ 4—2 工作角度及其对切削的影响	(27)
§ 4—3 积屑瘤	(30)
§ 4—4 切削力与切削功率	(31)
§ 4—5 切削热和切削温度	(35)
§ 4—6 刀具磨损与刀具耐用度	(38)
第五章 切削加工质量与效率	(44)
§ 5—1 材料的切削加工性	(44)

§ 5—2 已加工表面质量·····	(46)
§ 5—3 切削用量的选择·····	(48)
§ 5—4 切削液·····	(50)
第六章 车刀·····	(55)
§ 6—1 焊接式车刀·····	(56)
§ 6—2 可转位车刀·····	(58)
§ 6—3 成形车刀简介·····	(62)
第七章 孔加工刀具·····	(66)
§ 7—1 麻花钻·····	(66)
§ 7—2 深孔钻·····	(72)
§ 7—3 铰刀与铰削·····	(75)
§ 7—4 镗刀和孔加工复合刀具·····	(77)
第八章 铣刀·····	(82)
§ 8—1 铣刀的种类及用途·····	(82)
§ 8—2 铣刀的几何参数及铣削要素·····	(84)
§ 8—3 铣削方式·····	(88)
第九章 拉刀·····	(91)
§ 9—1 拉刀的种类·····	(92)
§ 9—2 拉刀的结构组成及主要参数·····	(94)
§ 9—3 拉削方式·····	(98)
§ 9—4 拉刀的使用·····	(100)
第十章 螺纹刀具·····	(102)
§ 10—1 螺纹车刀 ·····	(102)
§ 10—2 丝锥和板牙 ·····	(105)
§ 10—3 螺纹铣刀 ·····	(107)
§ 10—4 塑性变形法加工螺纹 ·····	(109)
第十一章 齿轮加工刀具·····	(111)
§ 11—1 齿轮刀具的种类 ·····	(111)

§ 11—2	齿轮滚刀	(113)
§ 11—3	蜗轮滚刀	(115)
§ 11—4	插齿刀	(117)
§ 11—5	剃齿刀	(118)

刀具与切削概述

§ 1—1 切 削 刀 具

一、刀具的分类

切削刀具是用于将毛坯上多余的材料切除，以获得预期的几何形状、尺寸精度和表面质量要求的零件。因为零件的几何形状和加工要求各不相同，因此，切削刀具也多种多样。刀具的分类通常有：

1. 按应用场合分类 刀具可划分为：车刀、钻头、铣刀、铰刀、拉刀、螺纹切削刀具、齿轮切削刀具等，如图 1—1 所示。

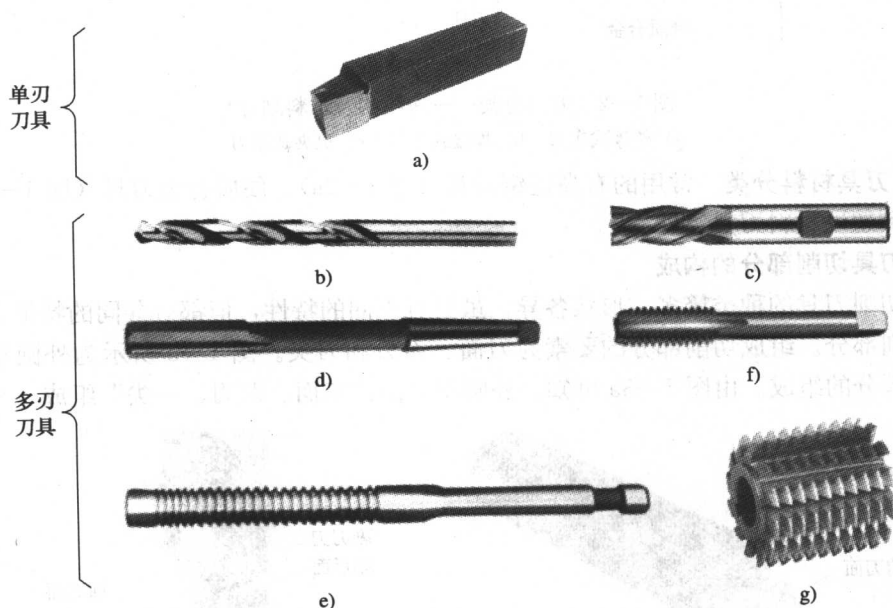


图 1—1 刀具分类——按应用场合及刀刃数量划分

a) 车刀 b) 钻头 c) 铣刀 d) 铰刀 e) 拉刀 f) 丝锥 g) 滚刀

2. 按刀刃的数量分类 刀具可分为单刃刀具和多刃刀具。所谓的单刃刀具是指仅有一条主切削刃的刀具，如图 1—1 的车刀。多刃刀具则为具有两条以上（含两条）主切削刃的刀具，如图 1—1 的钻头、铣刀、铰刀、拉刀、丝锥、滚刀。

3. 按刀具的结构分类 刀具分为整体式（图 1—2a）、焊接式（图 1—2b）、机夹式（图 1—2c）三类。整体式刀具的材料通常为同一材料，其他结构形式的刀具其切削部分材料为刀具材料（如硬质合金），而刀体材料通常用非刀具材料制造（如 45 钢）。

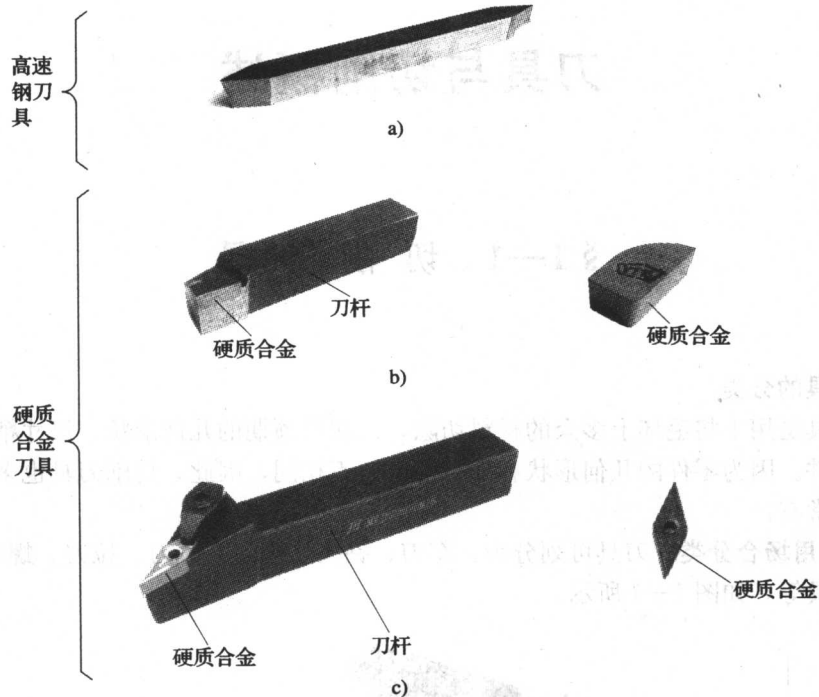


图 1—2 刀具分类——按结构及材料划分
a) 整体式车刀 b) 焊接式车刀 c) 机夹式车刀

4. 按刀具材料分类 常用的有高速钢刀具（图 1—2a）、硬质合金刀具（图 1—2b、c），还有陶瓷和超硬材料刀具。

二、刀具切削部分的构成

金属切削刀具的种类繁多，形状各异，虽具有不同的特性，但都有共同的特征，即具有楔形的切削部分。组成切削部分的要素为刀面、刀刃和刀尖。图 1—3 所示为外圆车刀和麻花钻切削部分的组成。由图 1—3a 可知，外圆车刀由“三面、两刃、一尖”组成。

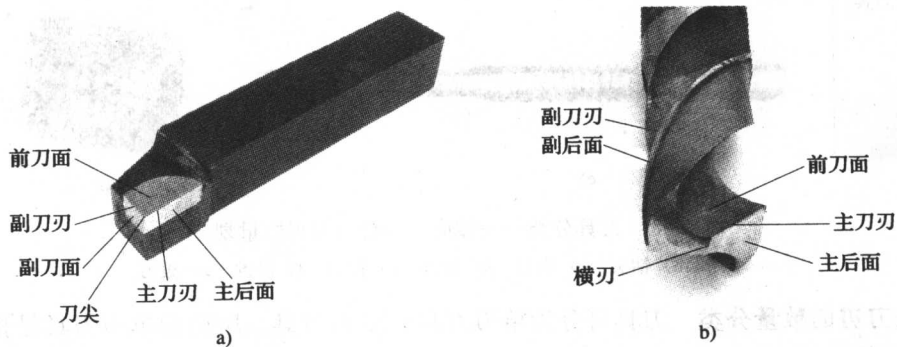


图 1—3 刀具切削部分的组成
a) 车刀切削部分的组成 b) 麻花钻切削部分的组成

§ 1—2 切 削 加 工

一、切削加工与切削运动

切削加工通常是指在机床上利用刀具与工件的相对运动，将工件上多余的金属切除掉，使其形成新表面的一种常用的加工方法。如车削、钻削、铣削、刨削、磨削等。

1. 切削运动的主要形式

切削加工时刀具与工件的相对运动称为切削运动。切削运动主要有 5 种形式，如表 1—1 所示。

表 1—1

切削运动的主要形式

序号	工件运动	刀具运动	示 例
1	转动	移动	车削外圆
2	移动	转动	铣平面
3	移动	往复运动	牛头刨削
4	往复运动	移动	龙门刨削

续表

序号	工件运动	刀具运动	示 例
5	不动	回转运动并移动	

2. 主运动与进给运动

不论切削运动是何种形式，它都划分为主运动和进给运动两类。如图 1—4 所示。

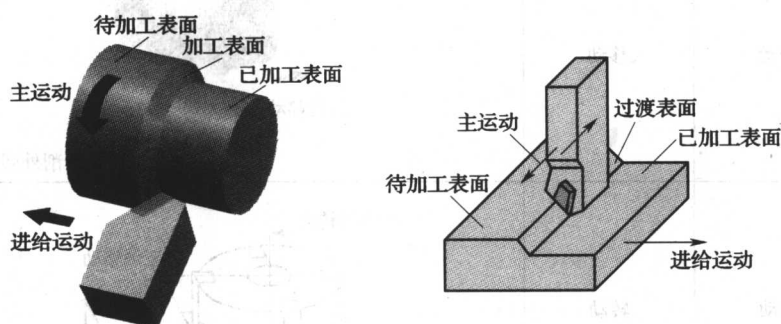


图 1—4 车削与刨削

主运动是切除工件上多余金属所必须的运动。主运动的特征是速度最高，消耗的功率最大。切削加工中的主运动只有一个。如图 1—4 所示，车削时工件的旋转运动是主运动，刨削时刨刀的往复直线运动是主运动。

进给运动是使新的切削层不断投入切削的运动。如图 1—4 所示，车削时车刀的移动和刨削时工件的移动均为进给运动。进给运动的速度较低，消耗功率较小。进给运动可以是一个、两个或多个。

3. 切削过程中形成的三个表面

工件在切削过程中形成三个不断变化着的表面，如图 1—4 所示。

已加工表面——已切除多余金属后形成的新表面。

待加工表面——工件上有待切除金属层的表面。

过渡表面（加工表面）——主切削刃正在切削着的表面。

二、切削用量

切削用量是衡量主运动和进给运动大小的参数。它包括切削深度（背吃刀量） a_p 、进给量 f 和切削速度 v 三个要素（表 1—2）。图 1—5 所示为车削时的各切削要素。

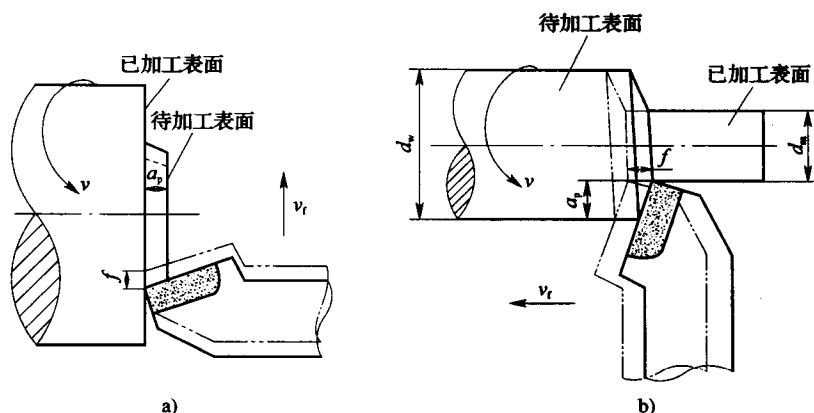


图 1—5 车削时的切削要素

a) 车端面 b) 车外圆

表 1—2

切削用量三要素

名称	字母表示	单位	定义	相关公式
切削深度 (背吃刀量)	a_p	mm	工件的已加工表面和待加工表面之间的垂直距离	车外圆时: $a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$ 式中 d_w ——待加工表面直径 (mm) d_m ——已加工表面直径 (mm)
进给量 (走刀量)	f	mm/r	工件或刀具每转或每一行程中, 工件和刀具在进给运动方向的相对位移量	$v_f = n \cdot f$ 式中 v_f ——进给速度 (mm/min) n ——主轴转速 (r/min) 注: 进给速度是指每分钟刀具沿进给方向移动的距离
切削速度	v	m/min	切削刃上选定点相对于工件的主运动速度, 即主运动的线速度	当主运动为旋转运动时 (如车削运动): $v = \frac{\pi d n}{1000}$ 式中 n ——主轴转速 (r/min) d ——工件或刀具选定点的旋转直径 (通常取最大直径) (mm) 当主运动为往复直线运动时 (如刨削加工): $v = \frac{2L n_r}{1000}$ 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, 单位为 str/min

三、刀具的创新和发展对切削加工的贡献

1. 刀具材料的发展对切削加工贡献

主流刀具材料高速钢、硬质合金不断创新发展, 陶瓷、超硬材料逐渐推广应用, 使刀具

的切削性能不断提升：高温硬度的大大提高，能承受的切削速度不断增大，这些都极大提高了生产效率。如以硬质合金替代普通高速钢制造的钻头、铣刀等，使孔加工效率提高了50%以上。

2. 刀具结构的创新对切削加工的贡献

通过对通用刀具的改革创新，如设计出组合刀具、多刃刀具、多功能刀具、可转位刀具等，都可减少加工工序，减少装刀、换刀时间，增大进给速度等效果，大大提高了加工效率，可实现高速、高效切削。并推动了先进加工技术（如数控技术）的发展。

3. 刀具几何形状的优化对切削加工的贡献

通过优化刀具几何形状，达到减小切削力，减小功率的消耗，控制切削温度的升高，从而提高刀具的耐用度，降低加工成本，提高加工质量。

复习思考题

1. 何为单刃刀具和多刃刀具？试分别举例。
2. 典型外圆车刀切削部分由哪些要素组成？
3. 试分析外圆车削、端面车削和刨削的切削运动及切削时工件上形成的三个表面。
4. 试述切削用量三要素的定义。
5. 在车床上车削 $\phi 55$ 的外圆，选用主轴转速 $n=400 \text{ r/min}$ ，如用同样切削速度车削 $\phi 25$ 的外圆，主轴转速应为多少？
6. 车削直径 100 mm 棒料的外圆，若选用 $n=240 \text{ r/min}$ ，试求切削速度 v 。

第二章

切削变形与切屑

§ 2—1 切 削 变 形

被切金属层在刀具切削刃的切割和前刀面的推挤作用下，产生剪切滑移变形后与工件分离，形成了切屑。如图 2—1 所示。切屑的形成过程也就是金属切削变形过程。

金属切削变形的本质是金属材料在切应力作用下屈服而沿剪切面发生滑移。塑性金属的切削过程可模拟为图 2—2 所示的情形，被切材料如同一叠卡片，受刀具前刀面推挤卡片发生滑移，滑移的方向就是剪切变形的方向。

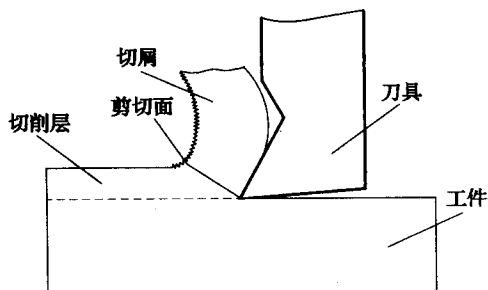


图 2—1 切屑的形成

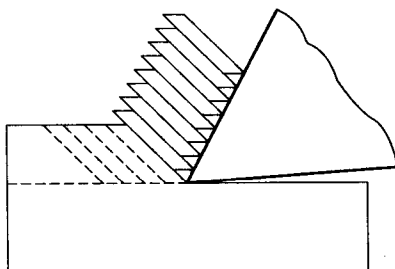


图 2—2 金属滑移示意

实际的金属切削，由于摩擦、变形等的作用，造成了切屑的卷曲，如图 2—1 所示。切屑底面在前刀面的作用下相对比较平整光滑，而另一面由于受挤压堆积则显得比较粗糙。

§ 2—2 切屑的形态

一、切屑形态的种类

从切削变形的原理分析，切离的切屑有下面四种类型。

1. 带状切屑（图 2—3）

含义及特点：切屑较长，不易折断。切屑底面（与刀具前面接触的面）光滑，外表面呈毛茸状。

形成条件：切削塑性金属（如钢材），取较小的切削厚度（进给量），较高的切削速度，刀具锋利（前角较大）。

优点：切削过程比较平稳，切削力的变化、波动小，不易发生刀具崩刃，获得的已加工表面粗糙度小，是理想的切屑形态。

缺点：不易折断，容易缠绕工件或刀具而影响切削，甚至会影响操作安全，故应采取卷屑和断屑措施。

2. 节状切屑（图 2—4）

含义及特点：也叫挤裂切屑，外表面呈锯齿形，内表面局部有裂纹，切屑易发生脆裂折断（连续性较短）。

形成条件：切削塑性金属，取较低的切削速度，较大的切削厚度（进给量），刀具的前角较小。

优点：易折断、易处理。

缺点：切削过程较不平稳，切削力有波动，较易发生崩刃，已加工表面粗糙度较大，属形态不好的切屑。

3. 粒状切屑（图 2—5）

含义及特点：也叫单元切屑。当切屑在整个剪切面上的剪应力超过了材料的破裂强度，整个单元就被切离，成为类似梯形的粒状切屑。

形成条件：切削塑性金属，取很低的切削速度、较大的切削厚度（进给量）、前角很小。

优点：无。

缺点：切削力很大，且变化大、波动大，切削过程极不平稳，已加工表面粗糙度大。切削中不应形成此类切屑。

4. 崩碎切屑（图 2—6）

含义及特点：切削层几乎未经塑性变形就产生崩裂脆断，形成不规则的颗粒状切屑。改变切削条件，会改变切屑的颗粒大小。

形成条件：切削铸铁、黄铜等脆性（塑性很小）金属。

优点：不存在切屑卷曲缠绕工件的现象。

缺点：刀具刃口受力较大，对刀具强度要求高。

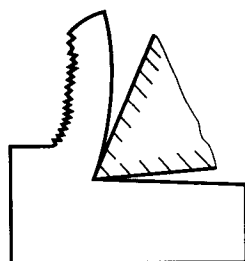


图 2—3

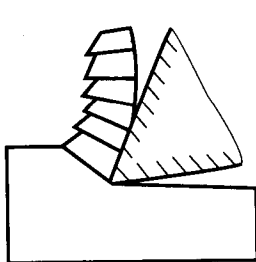


图 2—4

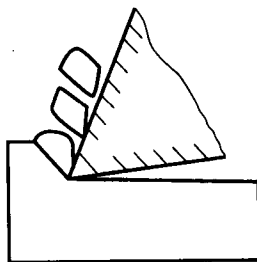


图 2—5

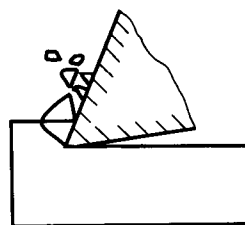


图 2—6

不同切屑形态是在不同的切削条件下形成的，也就是说不同的切削条件引起的切削变形是不一样的，我们可以通过改变切削条件，获得较为理想的切屑形态。

例如：在切削钢件时若形成节状切屑，可通过增大刀具前角提高刀具的锋利程度，使节状切屑变成理想的带状切屑。

§ 2—3 切屑的控制

切削塑性金属材料时，我们说形成带状切屑是最理想的。但若对带状切屑不作控制和处理，会使切屑缠绕在工件或刀具上，影响工件表面质量和造成刀具崩刃，甚至会影响操作安全，切削效果受到影响。因此，不能忽视对切屑的控制。这里以车削时对切屑的控制为例进行分析，也可为其他切削加工刀具的设计与改良提供参考。

一、切屑的折断

1. 切屑的折断过程

切屑在形成过程中发生卷曲，较薄的切屑在刃口附近排出而离开前刀面；较厚的切屑在前刀面上滑行的距离长些，然后与前刀面脱离。当切屑继续向前流动，在断屑槽或台阶的作用下，切屑产生附加变形，进一步卷曲并沿一定方向流出。若附加的弯曲变形足以使切屑断裂时，切屑便在断屑槽内折断而形成很短的切屑（图 2—7a）；当断屑槽对切屑产生的附加变形未达到断裂程度时，切屑继续流动。在流动中，如果碰到障碍（工件或后刀面），则会因进一步受到一个较大的弯矩而折断。图 2—7b、c 是切屑跟工件相碰时的情况；图 2—7d 是切屑跟后刀面相碰时的情况。如果切屑在卷屑槽中流动，就形成图 2—7e 所示的螺卷形切屑。如果不采取卷屑、断屑措施，切屑就不会卷曲也不易折断（图 2—7f）。

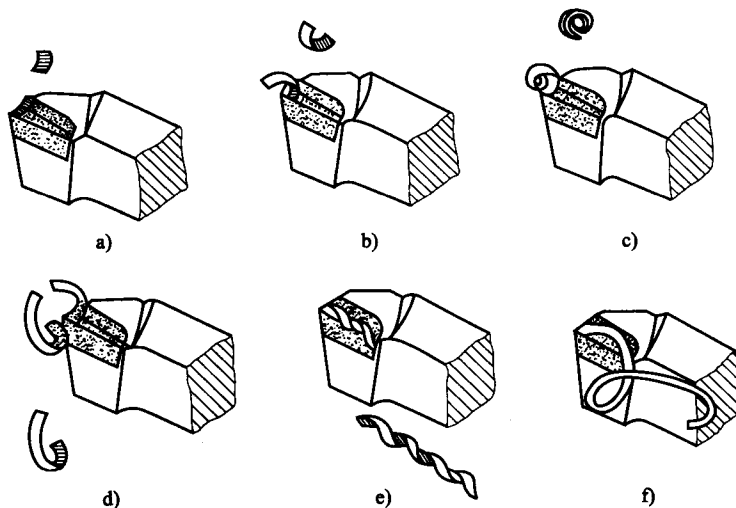


图 2—7 断屑的形状

综上所述，切屑的折断经历了“卷—碰—断”这三个过程。对螺卷形切屑，它可由自身重量和旋转摔断。

2. 切屑形状

生产中由于加工条件不同，形成具体的切屑形状有许多种。主要分为八类，见表 2—1。

如果在切削中能获得：短管状切屑（表 2—1 内 2—2）、短环形螺旋切屑（表 2—1 内 4—2）、短锥形螺旋切屑（表 2—1 内 5—2）、弧形切屑（表 2—1 内 6—2）和 100 mm 左右长度的螺旋切屑均为较好的屑形。