



高等教材

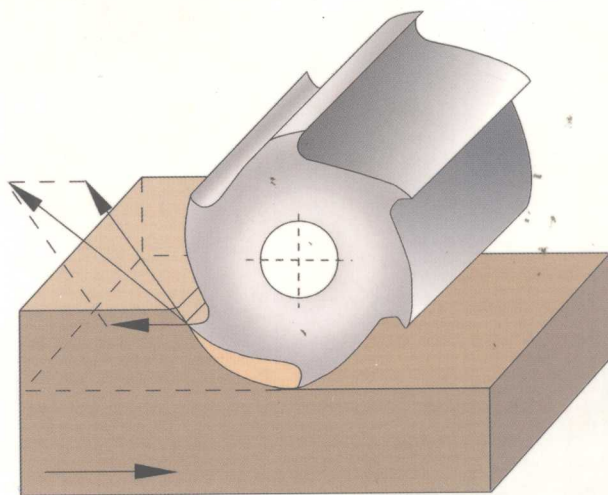


北京市高等教育精品教材立项项目

高等院校木材科学与工程专业教材

木材切削原理与刀具

李 黎 主编



中国林业出版社

643
03. 1/2

TS643
L203.1/2

机械 (CIP) 目录题查并图

北京市高等教育精品教材立项项目
高等院校木材科学与工程专业教材

木材切削原理与刀具

李黎, 习宝田, 杨永福 等 (2002) 木材切削原理与刀具. 中国林业出版社. 2002. 200页. 16开. 344千字. 55.00元.

李黎, 习宝田, 杨永福. 2002. 木材切削原理与刀具. 中国林业出版社. 2002. 200页. 16开. 344千字. 55.00元.

李黎 黎 主编

李黎, 杨永福主编. 2002. 家具木工机械. 北京: 中国林业出版社.

南京林业大学主编. 1993. 木材切削原理与刀具. 北京: 中国林业出版社.

中国林业出版社
北京市昌平区百善镇
2002年8月第1版
2002年8月第1次印刷
820mm×1168mm 1/16
21 张
344千字
55.00元

中国林业出版社

。英圖心中附營許圖工建出圖部，部司量測計院，圖更，更補版出計本凡

製版時對 書號時請

图书在版编目 (CIP) 数据

木材切削原理与刀具/李黎主编. —北京: 中国林业出版社, 2005. 8
北京市高等教育精品教材立项项目. 高等院校木材科学与工程专业教材
ISBN 7-5038-4009-9

I. 木… II. ①李… III. ①木材切削—高等学校—教材 ②木工刀具—高等学校—教材 IV. ①TS654 ②TS643

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 064891 号

主 编 李 黎

中国林业出版社·教材建设与出版管理中心
电话: 66170109 66181489 传真: 66170109

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京市昌平百善印刷厂

版次 2005 年 8 月第 1 版

印次 2005 年 8 月第 1 次

开本 850mm × 1168mm 1/16

印张 15

字数 344 千字

定价 22.00 元

凡本书出现缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向出版社图书营销中心调换。

版权所有 侵权必究

前言

近年来,我国木材工业飞速发展,全国高等农林院校相继开设了木材科学与工程、家具设计与制造等专业。为满足目前木材科学与工程专业及相关专业教学的需要,根据相关院校各相关专业教学大纲的要求,在1983年版《木材切削原理与刀具》统编教材的基础上编写了此教材。

根据以加工工艺为主的培养目标,本教材的重点内容放在木材切削理论的介绍和学生选用、使用切削刀具能力的培养,对各类木材切削刀具结构和性能、适用范围做了比较详细的介绍。

本教材在编写过程中,力图概括木材切削技术的最新研究成果,将近十年来木材切削刀具制造业中新材料、新技术和新品种介绍给读者,同时又结合我国木材工业的实际应用。此次编写的《木材切削原理与刀具》教材主要针对木材科学与工程专业和家具设计与制造专业,并兼顾机械设计制造专业学生的使用,本教材也可以作为相关生产企业工程技术人员的参考书。

参加本教材编写的有北京林业大学李黎(第1、2、4、7、8、11章)、母军(第3章)、杨永福(第5、6、12章)、陈欣(第10章),内蒙古农业大学牛耕芜(第9章)。

本教材由北京林业大学刘宝田教授和南京林业大学王厚立教授主审,他们对书稿进行了认真细致的审阅,并提出了极为宝贵的修改意见,在此谨致以衷心的感谢!

本教材在编写过程中得到了各方面的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者的水平和条件所限,加之时间仓促,书中不妥之处在所难免,欢迎广大同仁和读者批评指正。

李 黎
2005年3月

目 录

前 言	1
第 1 章 木材切削的基本理论	(1)
1.1 基本概念	(1)
1.2 切屑形态	(8)
1.3 切削热	(13)
第 2 章 木材切削力与切削功率	(18)
2.1 切削力	(18)
2.2 切削阻力	(22)
2.3 切削力和切削	(29)
第 3 章 木材的切削性质	(38)
3.1 刀具使用寿命	(38)
3.2 切削表面质量	(45)
3.3 加工精度	(49)
第 4 章 锯与锯切加工	(51)
4.1 锯与锯齿的切削	(51)
4.2 锯切运动	(54)
4.3 带锯条	(55)
4.4 圆锯片	(67)
第 5 章 铣削加工	(87)
5.1 铣削的分类	(87)
5.2 铣削运动学	(88)
5.3 影响铣削加工工件表面粗糙度的主要因素	(92)
第 6 章 铣 刀	(99)
6.1 铣刀的结构与用途	(99)
6.2 铣刀设计	(109)
6.3 铣刀的选用	(127)
第 7 章 钻削与钻头	(136)
7.1 钻削原理	(136)
7.2 钻头的类型、结构和应用	(139)
第 8 章 磨削加工	(148)
8.1 磨削的种类	(148)
8.2 磨具的特性	(151)

8.3	磨削过程	(154)
8.4	带式砂光机概述	(157)
8.5	磨削效率与影响磨削表面质量的因素	(161)
第9章	旋切加工与旋刀	(167)
9.1	概 述	(167)
9.2	旋切原理	(167)
9.3	旋切过程中角度参数及其变化规律	(170)
9.4	改变后角的方法	(174)
9.5	单板的压紧	(179)
9.6	旋切(刨切)力和功率	(185)
9.7	旋刀和压尺的结构与安装	(187)
第10章	木工刀具材料	(191)
10.1	木工刀具材料	(191)
10.2	木工刀具材料的合理选择	(194)
10.3	提高木工刀具耐磨损技术	(197)
第11章	特种加工技术	(202)
11.1	高压水射流加工技术	(202)
11.2	激光切削技术	(209)
11.3	振动切削加工技术	(219)
第12章	木工刀具刃磨	(224)
12.1	刃磨砂轮	(224)
12.2	直刀刀片的刃磨	(226)
12.3	整体铣刀的刃磨	(227)
12.4	硬质合金刀具的刃磨	(228)
12.5	金刚石刀具的刃磨	(231)
	参考文献	(233)

第1章

木材切削的基本理论

1.1 基本概念

在实际生产中, 尽管木材的切削方式不同, 但是从切削运动和刀具几何形状组成来看, 却有相同之处, 都可以看做是一把楔形切刀和一个直线运动所构成的直角自由切削过程。这个最简单、最基本的切削方式, 在一定程度上, 可以反映各种复杂切削方式、切削机理的共同规律。

1.1.1 木材切削的概念

借助于刀具, 按预定的表面, 切开工件上木材之间的联系, 从而获得符合要求尺寸、形状和表面粗糙度的制品, 这样的工艺过程, 称之为木材切削。大多数情况下, 工件被切掉一层相对变形较大的切屑, 以获取制品, 如锯切、铣削、磨削、钻削等大部分切削方式。少数情况, 切下的切屑就是制品, 如单板旋切、刨切等。也有的情况, 被切下的切屑和留下的木材均为制品, 如削片制材。

1.1.2 切削运动

切削时刀具具备两种基本运动方式, 一种是直线运动刀具, 如刨刀 [图 1-1 (a)]; 另一种是回转运动刀具, 如铣刀 [图 1-1 (b)]。刨削时, 一般只要刀具相对工件做直线运动 V , 便可以完成切削过程。有时切削层较厚, 受刀具强度和加工质量等因素的限

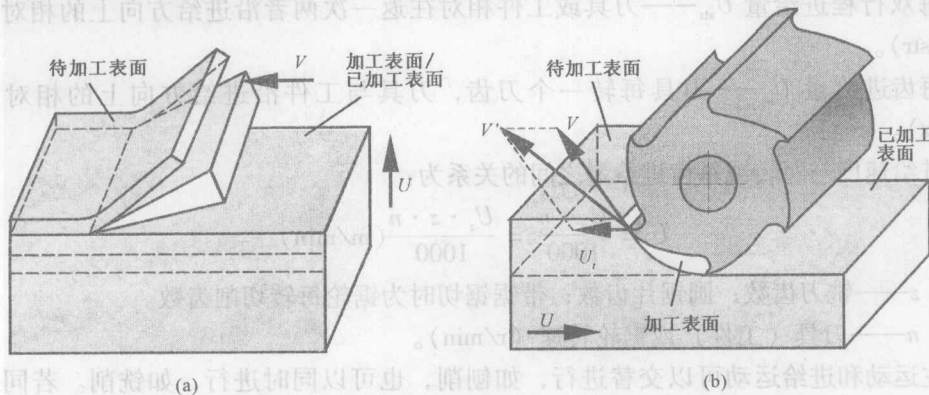


图 1-1 直线和回转运动切削时的加工表面

(a) 直线运动切削 (b) 回转运动切削

制,需要分数层依次切削,才能满足工艺要求。这时要求刀具切去一薄层切屑后,退回原处,让工件或刀具在垂直 V 的方向做直线运动 U ,然后刀具再切下一层木材。如此交替进行,逐层切削,直至切完需要切除的木材。

铣削时,仅依靠刀具的回转,只能切下一片木材,要切除一层木材,必须在刀具回转的同时,使工件与刀具间做相对的运动。

由此可知,要完成一个切削过程,通常需要两个运动:主运动和进给运动。

1.1.2.1 主运动

从工件上切除切屑,从而形成新表面所需要的最基本运动,称之为主运动。与进给运动相比,主运动一般速度高,消耗功率大。主运动速度用 V 表示,通常主运动由刀具完成。主运动可以是直线运动,如刨削,也可以是回转运动,如铣削。主运动为回转运动时,主运动速度的计算公式为:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{6 \times 10^4} (\text{m/s})$$

式中: D ——刀具(工件)或锯轮直径(mm);

n ——刀具(工件)或锯轮转速(r/min)。

有些刀具,如成型铣刀和钻头,由于刃口上各点的速度因回转半径不同而异,因此在确定主运动速度时,应计算最大速度。这是考虑到速度大的刃口部分,发热磨损也大。

1.1.2.2 进给运动

使切屑连续或逐步从工件上切下所需的运动,称之为进给运动。进给运动可以用不同的进给量来表示:

每分钟进给量,即进给速度 U ——单位时间内工件或刀具沿进给方向上的进给量(m/min)。

每转进给量 U_n ——刀具或工件每转一周两者沿进给方向上的相对位移(mm/r)。

每双行程进给量 U_{str} ——刀具或工件相对往返一次两者沿进给方向上的相对位移(mm/str)。

每齿进给量 U_z ——刀具每转一个刀齿,刀具与工件沿进给方向上的相对位移(mm/z)。

进给速度与每转或每齿进给量之间的关系为:

$$U = \frac{U_n \cdot n}{1000} = \frac{U_z \cdot z \cdot n}{1000} (\text{m/min})$$

式中: z ——铣刀齿数;圆锯片齿数;带锯锯切时为锯轮每转切削齿数。

n ——刀具(工件)或锯轮转速(r/min)。

主运动和进给运动可以交替进行,如刨削,也可以同时进行,如铣削。若同时进行,则产生的相对运动称之为切削运动。切削运动速度 V' 的大小为主运动速度 V 和进给运动速度 U 的向量和。即:

$$\vec{v}' = \vec{v} + \vec{u}$$

如图 1-1 所示。绝大多数木材切削过程的主运动速度比进给速度大许多，所以通常可以用主运动速度的大小、方向代表切削运动速度的大小和方向。

由于刀、锯等刀具表面大部分是以直线或圆作为母线形成的，因此构成切削运动的基本运动单元是直线运动和回转运动。任何切削加工方式，不管它多复杂，从切削运动观点来看，都是由基本运动单元按照不同的数量和方式组合而成的。常见的运动和运动组合有：

- 一个直线运动，如刨削、刮削；
- 两个直线运动，如带锯锯切、排锯锯切；
- 一个回转运动和一个直线运动，如铣削、钻削、圆锯锯切；
- 两个回转运动，如仿型铣削。

1.1.3 刀具和工件的各组成部分

为了研究刀具几何参数，认识其几何特征，需要对刀具和工件的各有关部分给予定义。工件一般分为三个表面，如图 1-1 所示。

- (1) 待加工表面：即将切去切屑的表面。
- (2) 加工表面：刀刃正在切削的表面。
- (3) 已加工表面：已经切去切屑而形成的表面。

这三个表面，在切削过程中随刀具相对工件的运动而变化。有些加工过程的已加工表面和加工表面重合 [图 1-1 (a)]。

木材切削刀具的种类虽多，但它们总是由两部分组成：一是外形近似一楔形体的切削部分；一是外形结构差异很大的支持部分。楔形切刀由以下主要部分组成（图 1-2，图 1-3）：

前刀面——对被切木材层直接作用，使切屑沿其排出的刀具表面。

后刀面——面向已加工表面并与其相互作用的刀具表面。

前、后刀面均可以是平面，也可以是曲面。

切削刃——前刀面与后刀面相交的部分，靠它完成切削工作。

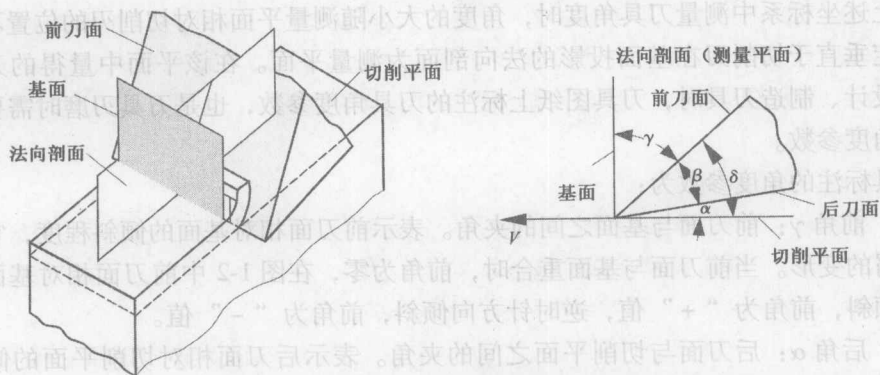


图 1-2 直线运动的刀具组成部分和角度

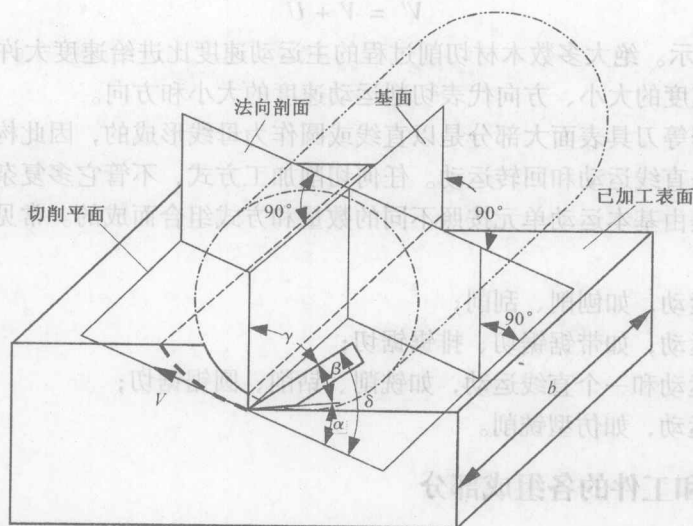


图 1-3 回转运动刀具的角度

1.1.4 刀具的角度

刀具是依靠其切削部分切削木材的。因此刀具的角度应该是指刀具的切削部分——楔形切刀的角度。实际上，楔形切刀本身只有前、后刀面之间的夹角可以在切刀上直接测量，而影响切削的其他角度与刀具和工件的相对运动方向有关，需要借助坐标平面加以确定。为了便于反映刀具几何属性在切削过程中的功能，一般选取以下两个坐标平面。

(1) 切削平面：通过切削刃与加工表面相切的平面。即主运动速度向量 V 和切削刃所组成的平面。主运动是直线运动且切削刃是直线时，切削平面和加工表面重合，如图 1-2 所示。主运动为回转运动时，切削平面的位置随刃口位置的改变而改变，如图 1-3。

(2) 基面：通过切削刃垂直于主运动速度向量 V ，也就是垂直于切削平面的平面。若主运动是回转运动，基面则通过刀具或工件的回转轴线（图 1-3）。

在上述坐标系中测量刀具角度时，角度的大小随测量平面相对切削刃的位置不同而异。规定垂直于切削刃在基面投影的法向剖面为测量平面。在该平面中量得的刀具角度，是设计、制造刀具时，刀具图纸上标注的刀具角度参数，也是刀具刃磨时需要保持的刀具角度参数。

刀具标注的角度参数为：

(1) 前角 γ ：前刀面与基面之间的夹角。表示前刀面相对基面的倾斜程度，它主要影响切屑的变形。当前刀面与基面重合时，前角为零，在图 1-2 中前刀面相对基面顺时针方向倾斜，前角为“+”值，逆时针方向倾斜，前角为“-”值。

(2) 后角 α ：后刀面与切削平面之间的夹角。表示后刀面相对切削平面的倾斜程度，它主要影响刀具后面与工件之间的摩擦。

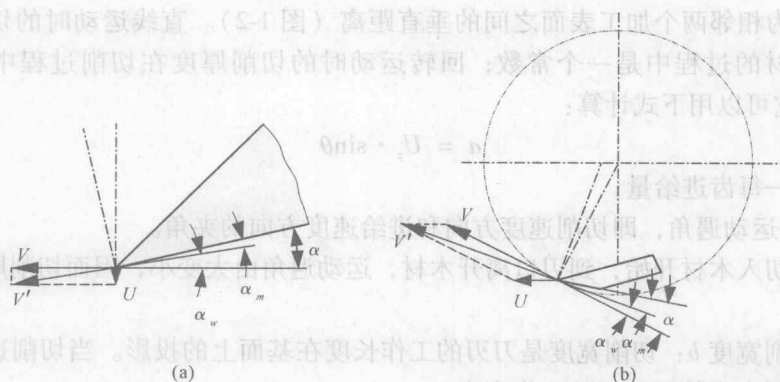


图 1-4 刀具后角和标注后角的关系

(a) 直线运动切削 (b) 回转运动切削

(3) 楔角 β : 前刀面与后刀面的夹角。它反映了刀具切削部分的锋利程度和强度。

(4) 切削角 δ : 前刀面与切削平面之间的夹角。表示前刀面相对切削平面的倾斜程度。在切削的过程中, 切削角的作用和前角的作用相同, 它是用相反的数量概念来表达跟前角一致的作用。换句话说, 如果前角大, 相应的切削角就小。

从以上诸角定义中可知:

$$\gamma + \beta + \alpha = 90^\circ$$

$$\delta = \beta + \alpha = 90^\circ - \gamma$$

在实际切削过程中, 刀具的角度将受切削运动、切削刃安装高度和刀具磨损等因素的影响发生变化。也就是说, 刀具的工作角度不等于标注的角度。下面仅以切削运动对刀具的影响为例, 给予分析。

决定刀具标注角度的坐标平面——切削平面, 是主运动速度向量 V 和切削刃所组成的平面。如果刀具只靠一个主运动完成切削过程 (图 1-2, 图 1-3), 那么标注角度就是工作角度; 如果刀具依靠同时进行的主运动和进给运动切削木材, 那么由于相对运动速度向量 (V') 偏离主运动速度向量 (V) $-\alpha_m$ 角 ($\alpha_m = \arctan U/V$), 相应的新切削平面也偏离原来切削平面 $-\alpha_m$ 角, 因此刀具的实际工作后角 $\alpha_w = \alpha - \alpha_m$ (图 1-4), 比原来减少了。通常主运动速度远远大于进给运动速度, α_m 角小于 1° , 因而可以用标注角度代替工作角度。只有在主运动速度与进给运动速度相差较小时, 才需要考虑刀具的工作角度。

1.1.5 切削层尺寸参数

刀具相对工件沿进给方向每移动一个每齿进给量 U_z , 每转进给量 U_n 或每双行程进给量 U_{str} 后, 一个刀齿正在切削的木材层, 称为切削层。切削层的尺寸参数, 能反映刀具切削部分受力状况和切屑几何形状的参数——切削厚度 a 和切削宽度 b 。这两个参数在基面内测定 (图 1-2, 图 1-3)。

(1) 切削厚度 a : 主运动为直线运动时, 切削厚度为切削刀刃相邻两个位置间的垂

直距离, 亦为相邻两个加工表面之间的垂直距离 (图 1-2)。直线运动时的切削厚度在刀具切削木材的过程中是一个常数; 回转运动时的切削厚度在切削过程中是变化的 (图 1-3), 它可以用下式计算:

$$a = U_z \cdot \sin\theta$$

式中: U_z ——每齿进给量;

θ ——运动遇角, 即切削速度方向和进给速度方向的夹角。

从刃口切入木材开始, 到刃口离开木材, 运动遇角由大变小, 因而切削厚度也由小变大。

(2) 切削宽度 b : 切削宽度是刀刃的工作长度在基面上的投影。当切削速度垂直于刀刃时, 切削宽度等于刀刃的工作宽度。

(3) 切屑面积 A : 切削层在基面内的投影面积:

$$A = a \cdot b$$

主运动为回转运动时, 切削面积的大小, 随切削厚度的变化而变化。在实际木材切削过程中, 由于切削层木材的变形, 切削层截面的形状会发生变化。但由于变化量较小, 故可以用名义切削层截面的形状来代替实际切削层截面的形状, 即用名义切削厚度、宽度和面积代替实际切削厚度、宽度和面积。

通常所谓切屑厚度、宽度和面积, 就是指切削厚度、宽度和面积。

1.1.6 切削方向

木材切削按切削刀刃与切削方向的作用状况可分为二维切削 (直角自由切削) 和三维切削 (倾斜刃切削) 两种。按切削速度方向与木材工件纤维方向的关系, 木材切削可分为纵向、横向和端向三个基本切削方向及纵端向、纵横向和横端向等过渡方向切削。

二维切削 (直角自由切削) 如图 1-5 (a) 所示, 切削刀具的刀刃与切削方向垂直, 被切下的切屑在横向上无变形。

三维切削 (倾斜刃切削) 如图 1-5 (b) 所示, 刀具的刀刃与切削方向存在一个倾斜角 θ , 切屑在垂直于切削方向上存在变形。

按切削速度和刀刃方向与木材工件纤维方向的关系, 可分为:

纵向切削: 刀刃与木材纤维方向垂直, 切削速度平行与木材纤维方向的切削。

端向切削: 刀刃和切削速度均与木材纤维方向垂直的切削。

横向切削: 刀刃与木材纤维方向平行, 切削速度垂直与木材纤维方向的切削。

按上述定义, 则纵向切削可表示为 “「90-0」”, 端向切削表示为 “「90-90」”, 横向切削表示为 “「0-90」”。

纵端向切削: 介于纵向切削和端向切削的一种过渡切削。

纵横向切削: 介于纵向切削和横向切削的一种过渡切削。

横端向切削: 介于横向切削和端向切削的一种过渡切削。

木材切削方向 (切削速度方向) 与木材纤维方向的夹角表明刀刃与木纤维之间的关系, 这些角度影响到木材切削的动力消耗。它们包括切削方向相对纤维的倾角、交角

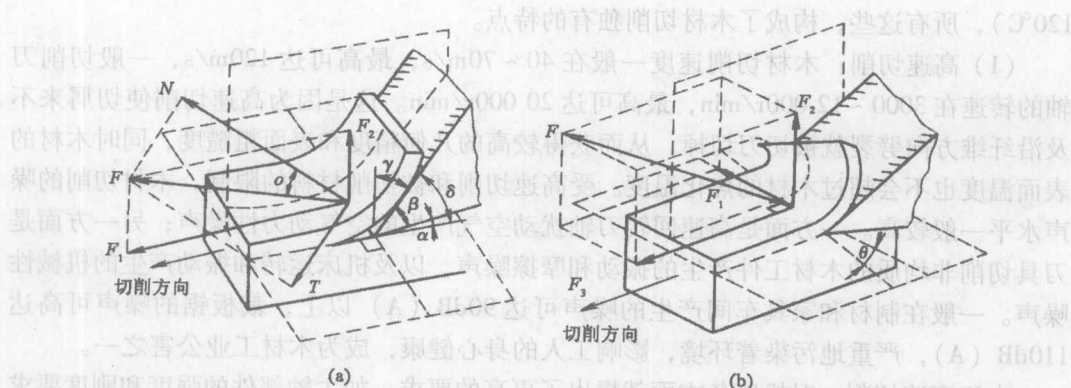


图 1-5 二维、三维切削与切削力

F . 切削力 F_3 . 切削力横向分力 α . 后角 δ . 切削角 F_1 . 切削力水平方向分力 T . 摩擦力
 β . 楔角 ρ . 摩擦角 F_2 . 切削力垂直方向分力 N . 压缩力 γ . 前角 θ . 刃倾角

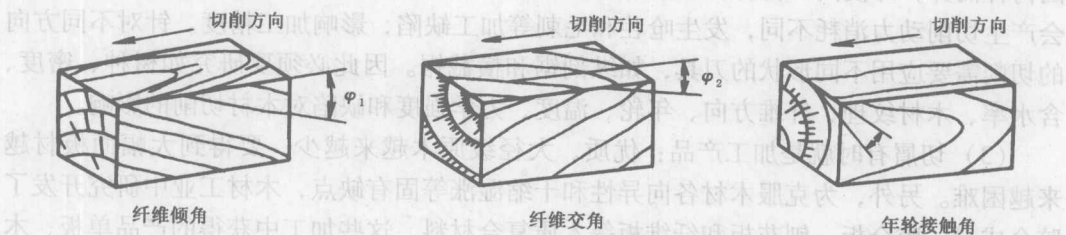


图 1-6 切削方向与木材工件纤维方向之间的角度关系

以及与年轮间的接触角（如图 1-6 所示）。
 纤维倾角：指在平行于切削方向且垂直于切削平面的平面内，切削方向与木纤维方向的夹角，也称动力遇角。

纤维交角：指在切削平面内，木纤维与切削方向的夹角。

年轮接触角：指在垂直于切削方向和切削平面的平面内，切削平面与年轮切线之间的夹角。

纤维倾角大于 0° ，小于 90° 时为顺纹切削；大于 90° ，小于 180° 时为逆纹切削。纤维交角等于 90° 时为横向切削。年轮接触角等于 0° 和 90° 时，其切削平面分别为弦切面和径切面。

1.1.7 木材切削特点

由于木材切削加工的对象是木材，木材的不均匀性和各向异性使木材在不同的方向上具有不同的性质和强度，切削时作用于木材纤维方向的夹角不同，木材的应力和破坏载荷也就不同，促使木材切削过程发生许多复杂的机械物理和物理化学变化，如弹性变形、弯曲、压缩、开裂以及起毛等。此外，由于木材的硬度不高，机械强度极限较低，具有良好的分离性。木材的耐热能力较差，加工时不能超过其焦化温度（ $110 \sim$

120℃), 所有这些, 构成了木材切削独有的特点。

(1) 高速切削: 木材切削速度一般在 $40 \sim 70\text{m/s}$, 最高可达 120m/s , 一般切削刀轴的转速在 $3000 \sim 12\,000\text{r/min}$, 最高可达 $20\,000\text{r/min}$ 。这是因为高速切削使切屑来不及沿纤维方向劈裂就被切刀切掉, 从而获得较高的几何精度和表面粗糙度, 同时木材的表面温度也不会超过木材的焦化温度。受高速切削和被切削材料的限制, 木材切削的噪声水平一般较高。一方面是高速回转刀轴扰动空气产生的空气动力性噪声; 另一方面是刀具切削非均质的木材工件产生的振动和摩擦噪声, 以及机床运转和振动产生的机械性噪声。一般在制材和家具车间产生的噪声可达 90dB(A) 以上, 裁板锯的噪声可高达 110dB(A) , 严重地污染着环境, 影响工人的身心健康, 成为木材工业公害之一。

由于高速切削, 对机床各方面就提出了更高的要求, 如主轴部件的强度和刚度要求较高, 高速回转部件的静、动平衡要求较高, 要用高速轴承, 机床的抗振性能要好, 以及刀具的结构和材料要适应高速切削等。

(2) 被加工材料材性不均并有一定含水率: 作为加工工件的木材其物理力学性质因树种而异, 即使同一树种, 也因为生长条件、含水率和纤维方向等不同而不同, 因此会产生切削动力消耗不同, 发生呛茬和毛刺等加工缺陷, 影响加工精度。针对不同方向的切削需要应用不同形状的刀具, 如纵剖锯和横截锯。因此必须要研究如树种、密度、含水率、木材纹理、纤维方向、年轮、温度、力学强度和缺陷对木材切削的影响。

(3) 切屑有时就是加工产品: 优质、大径级原木越来越少, 要得到大幅面板材越来越困难。另外, 为克服木材各向异性和干缩湿胀等固有缺点, 木材工业中研究开发了胶合成材、胶合板、刨花板和纤维板等木质复合材料, 这些加工中获得的产品单板、木片和纤维既是切削过程的切屑又是加工的制品。

(4) 刀具楔角小: 切削过程中, 在切削力的作用下, 木材首先发生变形, 然后分离并排除切屑, 与金属切削相比, 木材强度小得多, 切削的分离力所占的比例大, 刀具的锐利程度对分离力的影响很大。为此把刀具的楔角做小, 使刀刃锐利, 以利于木材分离。

1.2 切屑形态

木材切削加工过程中出现的各种物理现象, 诸如切削力、切削热、刀具磨损以及工件表面质量等, 都和切削过程中木材的变形、切屑的形成密切相关。因此, 要提高切削加工的生产效率和加工质量, 降低生产成本, 以至于改善切削加工技术本身, 就必须对切削过程进行深入研究。

木材切削的过程, 实质上是被切下的木材层在刀具的作用下, 发生剪切、挤压、弯折等变形的过程。由于木材是各向异性的材料, 因而有必要分别不同的切削方向, 分析切屑的类型、形成条件和切削区的变形。

根据 N. C. Franz 的实验研究, 纵向切削可分为三种主要切屑类型:

纵 I 型切屑——屑瓣之间的界线有时分明, 形成多角形切削, 有时不清, 产生螺旋状切屑, 即折断型切屑。

纵Ⅱ型切屑——光滑螺旋形切屑，即流线型切屑。

纵Ⅲ型切屑——压碎、皱折切屑，即压缩型切屑。

根据 H. A. Stewart 的实验研究，横向切削和纵向切削有一项特征是共同的，即两种切削条件下刀具都是在纤维平面内切开木材，因而横向切削也有横Ⅰ和横Ⅲ型切屑，以及兼有横Ⅰ和横Ⅲ型切屑特征的过渡切屑。

横Ⅰ型切屑——屑瓣间界线清晰，屑瓣稀松相连。

横Ⅲ型切屑——屑瓣间界线不明。

端向切削的切屑主要是剪切破坏，屑瓣或连接较松或连接较紧，根据切削平面以下木材的破坏状况，W. M. McKenzie 将端向切削分为端Ⅰ和端Ⅱ型切屑。端Ⅰ型切屑形成时，切削平面以下的木材虽然弯曲，但破坏不大；端Ⅱ型切屑形成时，切削平面以下的木材弯裂折断，破坏严重，乃至切削平面以下产生另一片切屑。

1.2.1 流线型切屑

流线型 (flow type) 切屑，发生于纵向切削时切削角和切削深度都比较小的加工条件下，如切削角 40° 、切削深度 0.05mm ，切屑几乎没有发生压缩变形，沿刀具前刀面呈流线状生成。实验测定出流线型切屑的压缩率均在 5% 以下。由于刀具呈楔状作用于工件，切屑被连续从木材上剥离，所以流线型切屑又被称为剥离型切屑。

流线型切屑产生的机理是木材在纵向切削时，通常会在刀具刃口的前方发生超前劈裂 (图 1-7)，超前劈裂随着刀具刃口的前进而前进，就生成了连续带状切屑。为什么在木材切削中会发生超前劈裂呢？因为刀具刃口前进时，木材纤维在刀具刃口的斜前方接近与纤维垂直的方向上产生剪切滑移，同时沿刃口的切削线上还受到横向拉伸力的作用。由于垂直纤维方向上的木材剪切强度是其抗拉强度的 $5\sim 6$ 倍，所以超前劈裂是最易发生的破坏形式。

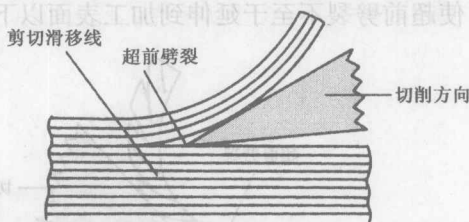


图 1-7 流线型切屑

产生流线型切屑时，切削力的水平分力在切削过程中几乎不变，因此，刀具刃口的振动很小，能得到一个良好的加工表面。但随着切削深度增加，超前劈裂的影响增加，切削表面质量下降。理想情况是在不发生超前劈裂的条件下进行切削，这样可以用刀具刃口直接切断木材纤维而得到最好的切削加工表面。已有研究结果表明，纵向切削不发生超前劈裂的最大切削深度，对于针叶材为 0.1mm ，阔叶材为 0.05mm 左右。

1.2.2 折断型切屑

折断型 (split type) 切屑，发生于纵向切削时切削角和切削深度都处于中等时的加工条件，如切削角 50° 、切削深度 0.2mm ，折断型切屑的压缩率为零。折断型切屑形成的机理如图 1-8 所示，当刀具的刃口开始切入时，首先在刃口前方发生超前劈裂，切屑在刀具前刀面上像悬臂梁那样发生弯曲，随着刃口的前移，超前劈裂扩大，弯曲力矩增

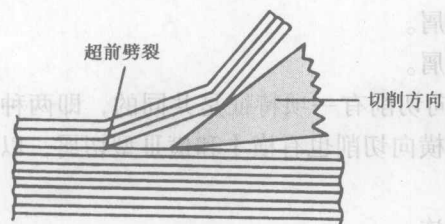


图 1-8 折断型切屑

大。当弯曲力矩达到某一个极限值后，超前劈裂的基部折断，而生成一节切屑。随后刀具刃口再次到达超前劈裂的基部，重复同样的动作过程，不断生成折断型的切屑。从折断型切屑的生成机理可以看出，切削力的水平方向分力处于周期性变化状态中。

实际生产加工中，切削方向很难与木材纤维方向完全一致，经常会出现图 1-9 所示的顺纹或逆纹切削，顺纹和逆纹切削会出现差异很大的切屑形态和加工表面。即顺纹切削（cutting with the grain）时，如图 1-9（a）所示，超前劈裂发生在刃口的斜上方，使切屑的头部变细，超前劈裂基部易发生弯曲折断破坏。此后，因为剩余的切削是在更小切削深度下进行的，故能获得良好的切削表面。而逆纹切削（cutting against the grain）时，如图 1-9（b）所示，超前劈裂发生在刃口的斜下方，沿着木材纤维进入木材内部，使切屑的头部变粗，虽然超前劈裂的基部不易折断，但弯曲力矩达到某一个极限值后仍会折断，此时切屑会从木材已加工表面拉去一块，引起逆纹破坏性不平度，切削加工表面质量显著恶化。为了得到良好的切削加工表面，切屑厚度应尽可能地小，另外可在刃口的前方加一压梁，压梁产生的压力将阻止超前劈裂裂缝的延伸；或在刃口前方加一个断屑器，促使切屑提前折断，减少开裂长度，使超前劈裂不至于延伸到加工表面以下。

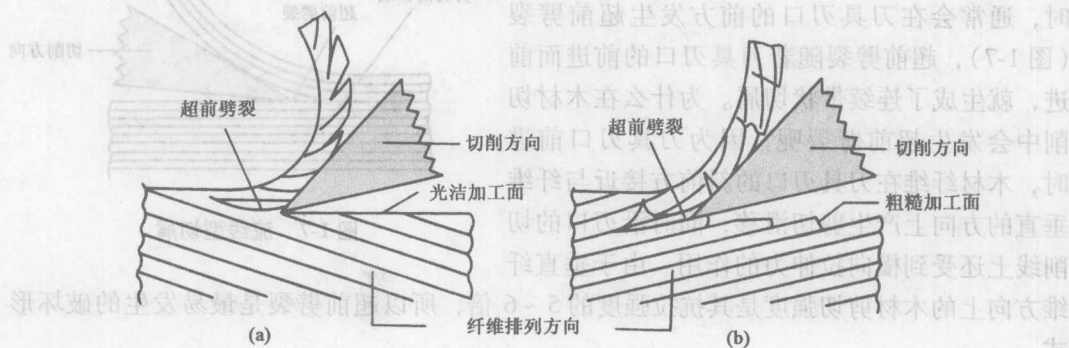


图 1-9 顺纹和逆纹切削时的折断型切屑

(a) 顺纹切削 (b) 逆纹切削

1.2.3 压缩型切屑

压缩型（compressive type）切屑，发生于对比较软的木材进行纵向切削，且切削角比较大，如切削角大于或等于 70° 的情况，由于被切下的切屑在刀具的前刀面受到压缩而引起破坏生成的一种切屑形态。压缩型切屑的压缩率，实验研究结果表明可高达 30% ~ 40%。

压缩型切屑形成的机理如图 1-10 所示，随着

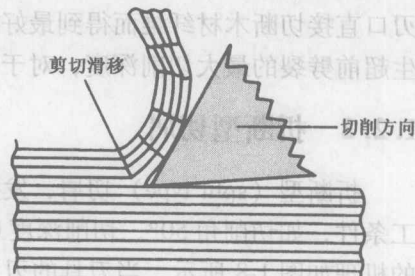


图 1-10 压缩型切屑

刀刃的前移，由于切削角比较大，被切下的木材受前刀面剧烈的推压作用，并不发生超前劈裂，但切屑从上向内发生剪切滑移，并且每一个滑移部分被分别压缩成卷曲型，这样切屑整体看是一个连续带，其实是由一段一段的切屑构成的。

生成压缩型切屑时，切削力一般较大，并且伴有波动。因此，切削表面质量比发生流线型切屑时要差很多。

1.2.4 剪切型切屑

剪切型 (shear type) 切屑，发生于纤维倾角较大时的顺纹切削。在刀具刃口的斜上方，一边产生剪切滑移，一边连续形成切屑。一般情况下，剪切角与纤维倾角一致。

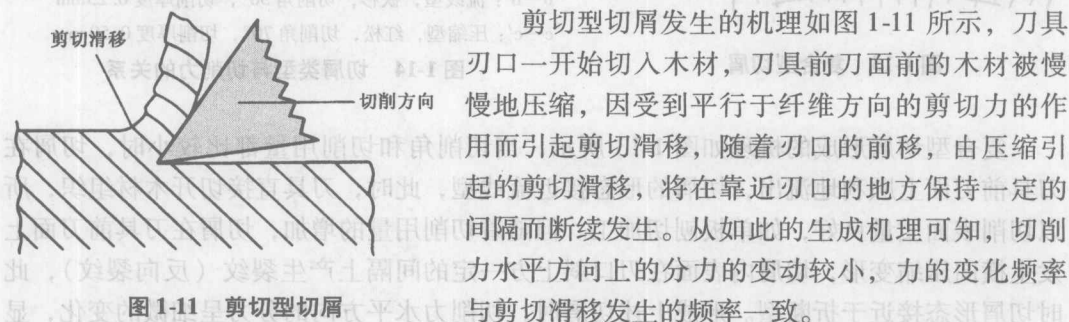


图 1-11 剪切型切屑

生成剪切型切屑时，由于和上述的折断型切屑发生时同样是顺纹切削，因此切削加工表面质量比较好。

1.2.5 撕裂型切屑

撕裂型 (tear type) 切屑发生于刀具刃口不锐利的端向切削，或逆纹切削时，大切削角和大切削深度的加工条件下，如切削角 80° 、切削深度 0.3mm 的切削条件。

撕裂型切屑产生的机理如图 1-12 所示。在刀具刃口的正下方，刃口的前移给木材纤维一个横向拉力，从而导致在刃口下方沿纤维方向发生开裂破坏。与此同时，在刀具的前刀面上，被切木材内侧发生由于压缩变形而引起的弯曲或剪切破坏，其结果是形成的切屑是无规则地从木材工件上撕裂的碎片。由于切削时伴随有如此严重的破坏现象，切削力水平方向的分力大，且变化非常剧烈。

形成撕裂型切屑时，由于切屑变形大，木材上也留有比较大的破坏痕迹，所以切削面质量十分恶劣。

1.2.6 复合型切屑

前面介绍的几种切屑形式都发生在纵一端向切削。复合型切屑发生在木材横向切削时，它像卷帘子一样，切屑很容易从被切削木材上剥离出来。这时的切屑形态因木材材种、含水率和切削条件的不同而呈现出流线型、剪切型、折断型的切屑或复合型切屑。

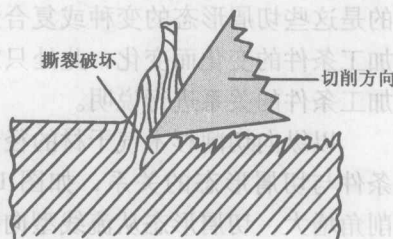


图 1-12 撕裂型切屑