



MUCAI QIEXIAO YU MUGONG DAOJU

木材切削与木工刀具

主 编 金维沫
副主编 贾娜 冯 莉
主 审 花 军



东北林业大学出版社

木材切削与木工刀具

主 编 金维洙
副主编 贾 娜 冯 莉
主 审 花 军

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木材切削与木工刀具/金维洙主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社,
2005.9

ISBN 7-81076-767-4

I. 木… II. 金… III. ①木材切削-高等学校-教材②木工刀具-高等
学校-教材 IV. ①TS654②TS643

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 081504 号

责任编辑: 王忠诚

封面设计: 彭 宇



NEFUP

木材切削与木工刀具

Mucui Qiexiao Yu Mugong Daoju

主 编 金维洙

副主编 贾 娜 冯 莉

主 审 花 军

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北林业大学印刷厂印装

开本 960 × 787 1/16 印张 13.5 字数 230 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—1 570 册

ISBN 7-81076-767-4

S·425 定价: 23.00 元

内 容 简 介

本书共 6 章，主要内容有木材切削的基本概念和一般规律，木材加工中常用的锯、铣、旋、钻等切削加工的原理及所用刀具的基本知识，木工刀具的材料及选择等。本书阐述了木材切削的基本理论、基本公式，介绍了木工刀具的典型结构及设计和修磨方法。

本书可作为木工机械、木材科学与工程等专业本科教材，也可供从事木材加工的工程技术人员参考。

前 言

本书是根据我国高等林业院校“木材切削原理与刀具”课程教学大纲编写的。

本书在编写过程中综合了原有教材的优点，并力求理论与实际相结合，满足不同层次技术人员进行刀具设计或使用的需求。在选材方面力求反映国内外木材切削原理及木工刀具技术发展的实际情况，体现新标准、新知识和新技术。

本书共六章：第一章由金维洙编写，第二章由冯莉编写，第三章由贾娜编写，第四章、第五章和第六章由潘楔编写，由花军主审。权喜、谢永清参加了本书的文字整理及校对工作。

由于编者水平有限，书中内容难免存在错误和不妥之处，恳请读者提出批评指正。

编 者

2005年9月

目 录

1 木材切削的基本概念及一般规律	(1)
1.1 基本概念	(1)
1.2 切削区木材的变形	(9)
1.3 切削力	(14)
1.4 刀具的磨损和耐用度	(24)
2 锯切与锯	(29)
2.1 锯齿的切削	(29)
2.2 锯切运动学	(32)
2.3 锯切力和功率	(36)
2.4 锯齿的切削性能	(41)
2.5 带锯条	(46)
2.6 圆锯片	(54)
2.7 锯的修磨	(69)
3 铣削与铣刀	(76)
3.1 铣削运动学	(77)
3.2 铣削力和功率计算	(82)
3.3 影响铣削表面质量的主要因素	(92)
3.4 铣刀的分类及设计	(98)
3.5 整体套装铣刀	(111)
3.6 组合铣刀	(115)
3.7 装配式套装铣刀	(124)
3.8 柄铣刀	(137)
4 旋切与旋刀	(154)
4.1 旋切原理	(154)
4.2 无卡轴及多刀旋切	(169)
4.3 旋切力和功率	(170)
4.4 单板加工质量	(171)

4.5	旋刀和压尺	(173)
5	钻削与钻头	(176)
5.1	钻头的结构及钻削种类	(176)
5.2	钻削运动学	(178)
5.3	钻削力和功率	(181)
5.4	钻削质量	(183)
5.5	钻头的类型、结构和应用	(187)
5.6	钻头的刃磨	(195)
6	木工刀具材料	(197)
6.1	木工刀具常用材料及其合理选择	(197)
6.2	涂层刀具	(205)
6.3	其他刀具材料	(206)
6.4	刀具材料的发展	(208)
参考文献		(210)

1 木材切削的基本概念及一般规律

借助刀具,按预定表面切开工件上木材之间的联系,从而获得所需要的形状、尺寸和粗糙度的制品,这种工艺过程称为木材切削。木材切削过程实质上就是将被加工木材按预定轨迹分为两部分,被加工木材称为工件;被切下的切削层称为切屑。根据木材切削所用刀具或刀具与工件相对运动的特点,分为锯切、铣削、旋切、钻削、磨削等切削方式。每种切削方式都具有其特殊的切削规律和切削理论,有关这个问题将在后续章节中分别阐述,本章主要讨论木材切削中的共性问题,如木材切削的基本术语、基本概念和一般规律,这是木材切削原理和木工刀具研究的理论基础。

1.1 基本概念

研究木材切削过程,首先应建立有关切削运动、工件的各组成表面、切屑的尺寸参数、刀具的角度参数等基本概念。

1.1.1 切削运动

要完成木材切削过程,通常需要两个基本运动:主运动和进给运动。

(1) 主运动:从工件上切除切屑,从而形成新表面所需的最基本运动称为主运动。主运动可以是直线运动,如图 1-1 (a) 所示的刨削,当刨刀沿水平方向移动时,切下切屑并形成新的木材表面,刨刀片的水平移动即主运动。主运动也可以是旋转运动,如图 1-1 (b) 所示的铣削,当刀头作旋转运动时,切下切屑并形成新的木材表面,刀头的旋转运动即主运动。

(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。如图 1-1 中木材的垂直向上移动、木材的水平移动,都是进给运动。

进给运动可以用不同形式的进给量表示:

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，两者沿进给方向的相对位移，mm/r；

每齿进给量 U_z ——刀具每转动或移动一个齿距，刀具与工件沿进给方向的相对位移，mm/z；

每双行程进给量 U_{sr} ——刀具与工件相对往返一次，两者沿进给方向的相对位移，mm/str。

进给速度和每转进给量、每齿进给量之间有如下关系：

$$U = \frac{U_n n}{1\ 000} = \frac{U_z z n}{1\ 000} \quad (\text{m/min}) \quad (1-1)$$

式中： Z ——齿数或刀数。

(3) 切削运动：刀具和木材之间的相对运动称为切削运动。主运动和进给运动同时进行，如带锯锯切和铣削加工，其切削运动速度 V' 是主运动速度 V 和进给运动速度 U 的矢量和，即

$$V' = V + U \quad (1-2)$$

当主运动和进给运动不同时进行时，如刨削和刮削加工，其主运动就是切削运动。在木材切削过程中，因为主运动速度一般都远远大于进给运动速度，所以通常可以用主运动速度的大小和方向代替切削运动速度的大小和方向。

1.1.2 工件与切屑

1.1.2.1 工件的表面

在木材切削加工过程中，工件存在三个表面，如图 1-1 所示。

(1) 待加工表面：工件上即将切去切屑的表面。

(2) 已加工表面：已经切去切屑而形成的工件表面。

(3) 加工表面：刀刃正在切削的表面。

这三个表面具有如下特点：在切削过程中，随刀具相对工件的运动而变化；在有的加工方式中，已加工表面和加工表面重合。

1.1.2.2 切屑的尺寸参数

在切削过程中，由于切屑产生弯曲、剪切和压缩变形，且形状复杂，因而实际尺寸参数很难测量。通常用切屑的名义尺寸代替切屑的实际尺寸，如图 1-1 所示。

(1) 切屑的名义长度 l ：指在一次切削中切削轨迹的长度，m。

(2) 切屑的名义宽度 b ：指被加工工件加工表面的宽度，mm。

(3) 切屑的名义厚度 e ：指相邻两个加工表面间的垂直距离，mm。

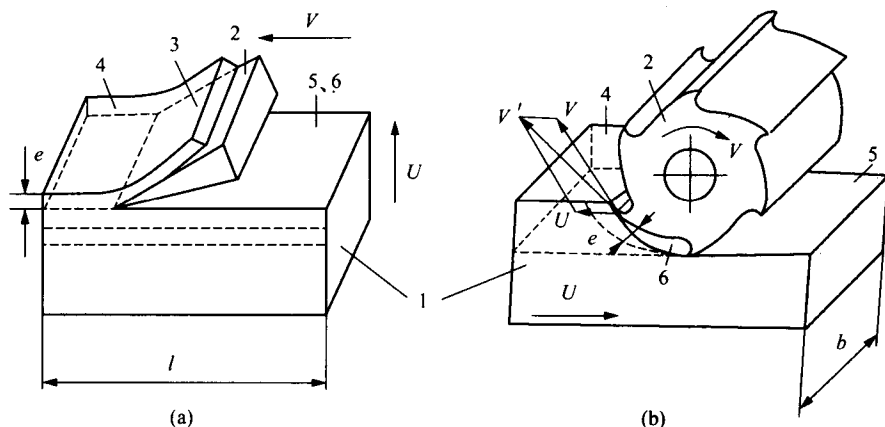


图 1-1 刨削和铣削原理图

(a) 刨削; (b) 铣削

1—工件; 2—刀具; 3—切屑; 4—待加工表面; 5—已加工表面; 6—加工表面

 l —切屑名义长度; b —切屑名义宽度; e —切屑名义厚度

切削时, 切屑沿长度方向被压缩, 因此切屑的名义长度大于切屑的实际长度; 而切屑在厚度方向和宽度方向上, 产生膨胀, 因此, 切屑的名义厚度和宽度都小于切屑的实际厚度和宽度。

切屑的横截面积 A : 切屑的名义厚度 e 和切屑的名义宽度 b 的乘积, 用下式表达:

$$A = eb \quad (\text{mm}^2) \quad (1-3)$$

1.1.3 刀具的角度

刀具的角度参数对切削过程中产生的物理现象、切削性能有重要影响, 在定义刀具角度参数前, 应首先了解刀具的组成部分。木工刀具种类繁多, 外形结构有很大的差异, 但所有刀具都具有一个共同的几何特征, 即切削部分都是由四个面组成的楔形体。这个由四个面组成的楔形体, 统称为切刀。在木材切削学中, 用切刀作为木工刀具的抽象定义, 来研究木材切削的规律性问题。

1.1.3.1 切刀的组成部分

切刀由下列部分组成:

(1) 前刀面: 在切削过程中, 面对切屑的刀具表面, 图 1-2 中的 $abcd$ 面。

(2) 后刀面: 在切削过程中, 面对加工表面的刀具表面, 图 1-2 中的

$abef$ 面。

(3) 侧刀面：位于前刀面和后刀面两侧的刀具表面，图 1-2 中的 ace 和 bdf 面。

(4) 切削刃：前刀面与后刀面相交的棱边，图 1-2 中的 ab 线。切削刃是主要参与切削的部分。在有些情况下，前刀面与侧刀面相交的棱边也参加切削。为了便于区别，通常将前者称为主切削刃，后者称为侧刃。

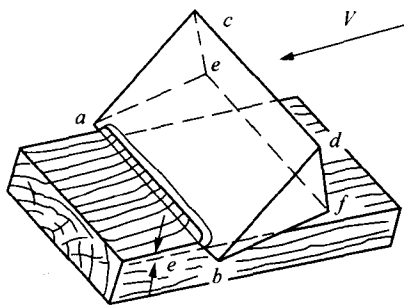


图 1-2 切刀的组成部分

1.1.3.2 切刀的角度参数

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，而影响切削过程的其他刀具角度则需要借助坐标平面加以确定。为了便于反映刀具的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) 坐标平面

切削平面：通过切削刃上的某一点，与加工表面相切的平面，即切削速度方向与切削刃的切线所构成的平面，见图 1-3 中的 CC 平面。

基面：通过切削刃上的某一点，垂直于切削速度方向的平面，见图 1-3 中的 RR 平面。

在上述坐标平面中测量刀具角度时，角度的大小随测量平面相对于切削刃的位置不同而异。因此，还需要规定统一的测量平面，木材切削原理和刀具规定主截面和法截面为测量平面。

(2) 测量平面

主截面：垂直于切削刃在基面上投影的平面，即与切削速度方向平行，与基面和切削平面相垂直的平面，见图 1-3 中的 VV 平面。

法截面：通过切削刃上的某一点，与切削刃垂直的平面，见图 1-3 中的 NN 平面。

(3) 切刀的角度参数

切刀的角度参数见图 1-3。

①前角 γ ：前刀面和基面之间的夹角。前角表示前刀面相对基面的倾斜程度，当前刀面与基面重合时，前角为零；若以基面为基准，前刀面相对基面顺时针方向倾斜，前角为“+”；前刀面相对基面逆时针方向倾斜，前角为“-”。

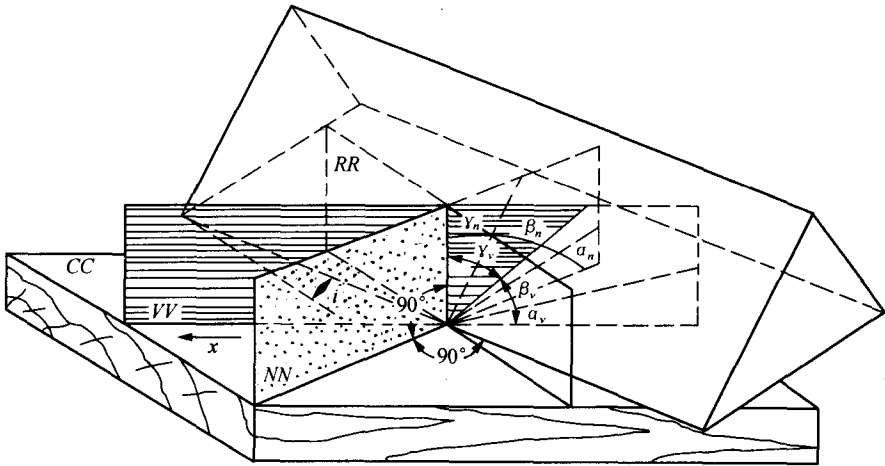


图 1-3 坐标平面、测量平面以及切刀的角度

②后角 α ：后刀面和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。

③楔角 β ：前刀面和后刀面之间的夹角，表示切削部分的锐利程度和强度。

④切削角 δ ：前刀面和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。切削角对切削过程的影响与楔角和后角之和相同，与前角是互为余角关系，因而用切削角来表示刀具角度参数后，就无需前角来表示了。

根据上述各角度参数的定义，可得如下关系式：

$$\gamma + \beta + \alpha = 90^\circ \quad (1-4)$$

$$\delta = \beta + \alpha = 90^\circ - \gamma \quad (1-5)$$

若测量平面为主截面，上述各角度参数分别称为主面前角 (γ_v)、主面后角 (α_v)、主面楔角 (β_v) 和主面切削角 (δ_v)。若测量平面为法截面，上述各角度参数分别称为法面前角 (γ_n)、法面后角 (α_n)、法面楔角 (β_n) 和法面切削角 (δ_n)。

切削过程中的实际切削平面和基面表示的角度参数又称为工作角。主运动和进给运动同时进行的切削方式，在设计和刃磨刀具时，很难确定主运动速度和进给运动速度的大小，因此，切削运动速度方向也无法确定。为了设计、制造刀具时便于标注和测量角度参数，又定义了标注角（或称刃磨角）。

以主运动方向代替切削运动方向，即只考虑主运动时的角度参数称为标注角。带锯锯切时的工作角和标注角如图 1-4 所示，其中 γ_w , β_w , α_w 为工作角， γ , β , α 为标注角。由于主运动速度相对于切削运动速度偏离了 α_m 角，因此，实际的工作后角为

$$\alpha_w = \alpha - \alpha_m \quad (1-6)$$

$$\alpha_m = \arctan \frac{U}{V} \quad (1-7)$$

式中： α_m ——运动后角，即主运动方向和切削运动方向之间的夹角。

对于大多数的木材切削情况，主运动速度在数值和方向上都非常接近切削运动速度，运动后角 α_m 一般都小于 1° ，因而可以用标注角近似代替工作角。

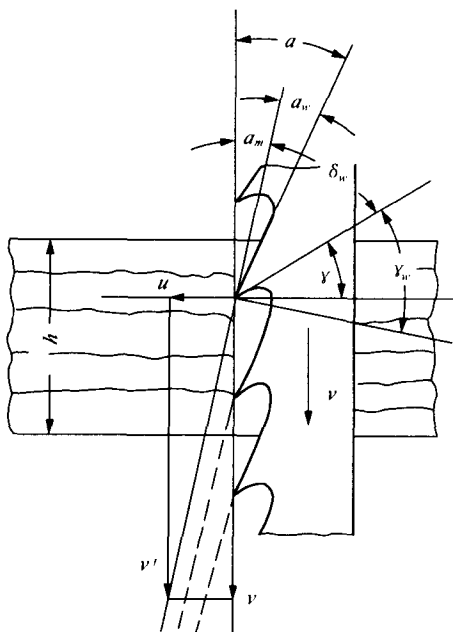


图 1-4 带锯锯切时的工作角和标注角

1.1.4 木材切削的类型

木材切削有多种分类方法，下面介绍几种主要的分类方法。

1.1.4.1 按相对于纤维方向的切削方向来分类

木材是具有纤维的各向异性材料，在研究木材切削时，必须考虑纤维方向对切削过程的影响。纤维方向可用纤维倾斜角和木纹倾斜角来表示，如图

1-5 所示。

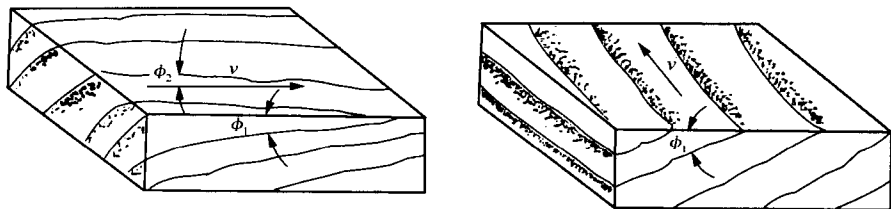


图 1-5 纤维倾斜角和木纹倾斜角

纤维倾斜角 ϕ_1 和 ϕ'_1 ：纤维方向与切削平面之间的夹角。 ϕ_1 是在主截面上测量的， ϕ'_1 是在基面上测量的。

木纹倾斜角 ϕ_2 ：在切削平面内，切削方向与纤维方向之间的夹角。

按相对于纤维方向的切削方向的不同，木材切削分为三个主要切削方向和三个过渡切削方向。

主要切削方向：

(1) 纵向切削 (//)：切削刀垂直于纤维方向，并且刀具或工件的运动方向平行于纤维长度方向的切削，称为纵向切削。图 1-6 中的 3 和 4 分别表示在弦切面和径切面上的纵向切削。纵向切削时，切削刀与纤维方向之间的夹角为 90° ，刀具或工件的运动方向与纤维方向之间的夹角为 0° ，此时， $\phi_1 = \phi_2 = 0^\circ$ 。

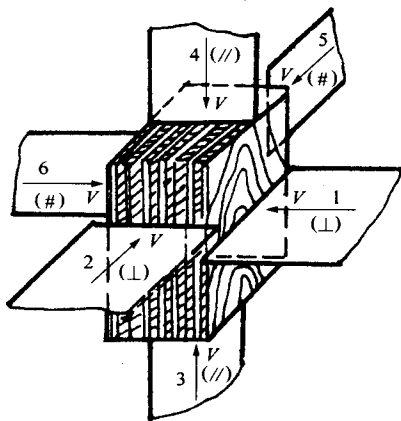


图 1-6 三个主要切削方向

(2) 横向切削 (#)：切削刀平行于纤维长度方向，并且刀具或工件的运动方向垂直于纤维长度方向的切削，称为横向切削。图 1-6 中的 5 和 6 分别表示在弦切面和径切面上的横向切削。横向切削时，切削刀与纤维方向之间的夹角为 0° ，刀具或工件的运动方向与纤维方向之间的夹角为 90° ，此时， $\phi_1 = 0^\circ$ ， $\phi_2 = 90^\circ$ 。

(3) 端向切削 ($\perp$)：切削刀和刀具或工件的运动方向均垂直于纤维长度方向的切削，称为端向切削。图 1-6 中的 1 和 2 分别表示在横切面上垂直于年轮和平行于年轮的端向切削。端向切削时，切削刀与纤维方向之间的

夹角为 90° ，刀具或工件的运动方向与纤维方向之间的夹角也为 90° ，此时， $\phi_1 = 90^\circ$ 。

过渡切削方向：

(1) 纵端向切削 ($//-\perp$)：纵向切削和端向切削之间的过渡切削，称为纵端向切削，如图 1-7 (a)。纵端向顺纹切削时， $0^\circ < \phi_1 < 90^\circ$ ，纵端向逆纹切削时， $90^\circ < \phi_1 < 180^\circ$ ， $\phi_2 = 0^\circ$ 。

(2) 横端向切削 ($\#-\perp$)：横向切削和端向切削之间的过渡切削，称为横端向切削，如图 1-7 (b)。横端向切削时， $0^\circ < \phi_1 < 90^\circ$ ， $\phi_2 = 90^\circ$ 。

(3) 纵横向切削 ($//-\#$)：纵向切削和横向切削之间的过渡切削，称为纵横向切削，如图 1-7 (c)。纵横向切削时 $\phi_1 = 0^\circ$ ， $0^\circ < \phi_2 < 90^\circ$ 。

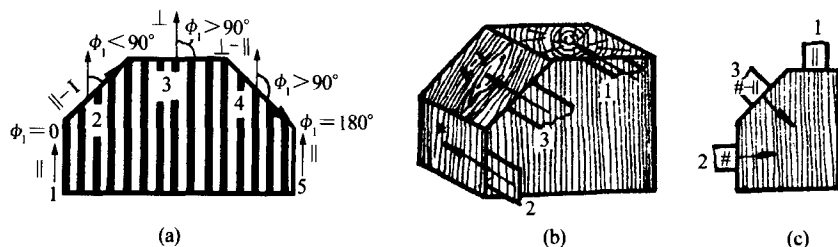


图 1-7 木材的过渡切削方向

(a) 纵端向切削；(b) 横端向切削；(c) 纵横向切削

1.1.4.2 按切刀在切削过程中的自由度来分类

按切刀在切削过程中的自由度，木材切削可分为开式切削、半开式切削和闭式切削。在切削过程中，只形成一个加工表面的切削称为开式切削，开式切削时，切刀只有主切削刃参加切削，如刨削、平刨与压刨的铣削等。在切削过程中，同时形成两个加工表

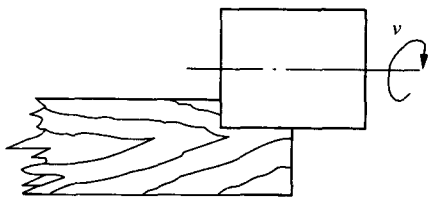


图 1-8 半开式切削

面的切削称为半开式切削，如图 1-8 所示的成形铣削。在切削过程中，同时形成三个加工表面，或者内圆柱表面的切削，称为闭式切削，如锯切、钻削等。

1.1.4.3 按切削刃和切削方向的关系来分类

按切削刃和切削方向的关系木材切削可分为两种类型：直角切削和斜角切削，如图 1-9 所示。刀具切削刃的切线垂直于切削方向的切削称为直角

切削。刀具切削刃的切线不垂直于切削方向的切削称为斜角切削。在切削过程中，斜角切削产生的某些物理现象与直角切削不同，在横向切削时，采用斜角切削可以明显提高加工质量。这两种切削方式在生产中都被广泛应用。

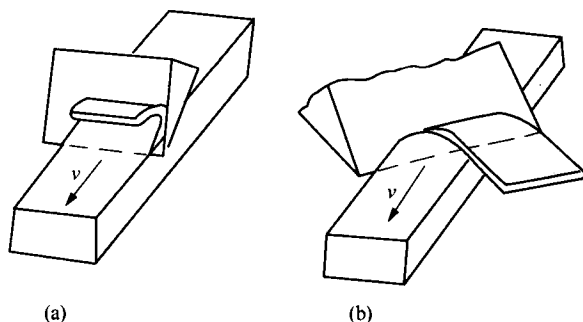


图 1-9 直角切削和斜角切削

(a) 直角切削；(b) 斜角切削

当刀具的主运动轨迹为直线、切削方式为直角并为开式切削时，称为基本切削；不满足上述条件的称为复杂切削。

1.2 切削区木材的变形

在木材切削加工过程中，产生的各种物理现象如切削力、切削热、刀具磨损以及工件的表面质量等，都和切削过程中木材的变形有关。因此，研究切削区木材的变形对改善刀具的切削性能，提高生产率和加工质量，降低生产成本，具有重要意义。

1.2.1 木材切削过程及变形

1.2.1.1 木材切削过程

研究切削区木材的变形，应首先了解木材切削过程。切削刃是主要参与木材切削的刀具组成部分，从理论上讲，切削刃呈几何线状，这种刃口呈几何线状的切刀被称为理想切刀，因为实际切刀的刃口在任何时候都不会成为几何线状，而是成不规则的曲面状态。为了研究问题方便起见，将切刀刃口近似看成圆弧曲面，圆弧半径用 ρ 表示， ρ 值表示了刃口的磨钝程度，因此， ρ 又称为刃口钝半径。

当实际切刀接近木材时,圆弧形刃口必有一点 a 最先与木材接触,沿切削方向推进切刀时, a 点处木材承受的压缩应力最大以至于产生破坏。最终木材沿 a 点轨迹分为两部分, a 点轨迹称为分开线,如图 1-10 所示。

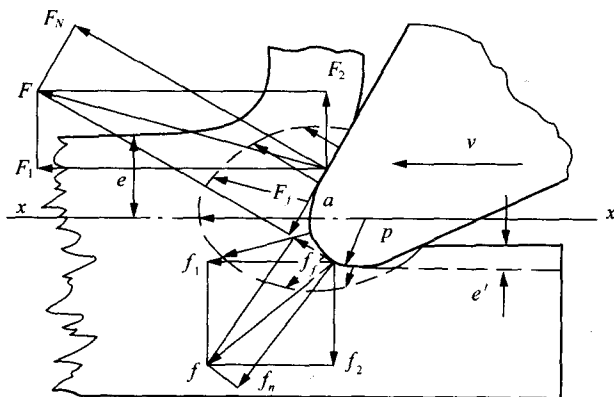


图 1-10 木材切削过程

1.2.1.2 木材的变形

木材与切刀接触区域可分为三部分:刃口 a 点附近的木材;分开线以上木材,即切屑;分开线以下木材。在切削过程中,上述三部分的变形分别讨论如下:

(1) 刃口 a 点附近的木材有两种变形:沿切削方向的压缩变形;垂直于切削方向的拉伸变形。这两种变形是木材沿分开线分开的主要原因,在任何切削条件下都必然发生。

(2) 分开线以上木材有三种变形:沿切削方向的压缩变形;垂直于切削方向的弯曲变形;沿切屑横断面的剪切变形。这三种变形在不同切削条件下一般都会发生,但有的变形会特别显著,有的变形则不甚显著。切屑形状取决于切屑的显著变形形式。

(3) 分开线以下木材主要产生压缩变形:切刀圆弧形刃口压入木材,压缩深度等于刃口钝半径 ρ 。由于木材不是完全塑性的,因此,切刀通过后,被压缩的木材产生弹性回复,弹性回复量用 e' 表示,见图 1-10。端向切削时,除上述的压缩变形外,还有木材纤维的弯曲变形。

1.2.2 三种主要方向切削的切屑类型

木材切削过程,实质上是被切木材层在刀具的作用下,发生剪切、压