



教育部高职高专教育林业类专业  
教学指导委员会规划教材

# 木工机械

黄荣文 主编



中国林业出版社



中国林业出版社教材建设与出版管理中心

责任编辑 / 杜娟      封面设计 / 大森林工作室  
封面照片 / 中国林业机械协会提供

ISBN 978-7-5038-4977-0



9 787503 849770 >

定价：36.00 元

# 绪 论

木工机械是研究木材切削的基本规律、切削所使用的刀具及木材工业中应用的主要木工机械设备构造与性能的一门实用性很强的应用学科，对木材工业的生产和实践具有重要的指导意义。

## 1 木材切削及其刀具

木材切削加工包括锯切、刨削、铣削、旋切、钻削、车削和磨削等加工方式。通过学习了解木材在切削过程中所发生的各种现象和规律，把握各种因素对刀具与木材相互作用力引起的变化，对刀具几何形状的要求，对刀具使用寿命的影响，从中找出改善刀具切削性能、延长刀具使用寿命的方法。通过了解在木材切削过程中各因素对切削力、切削功率、产品加工质量和加工精度的影响，找出各因素之间的相互关系，进而控制和改善木材切削加工技术，提高产品加工质量，合理选用刀具和机床，提高劳动生产率。

木工刀具是直接参与切削的工具，其性能的好坏关系到加工质量、生产效率及刀具和机床的使用寿命。了解木材切削过程中各种因素对切削过程的影响，找出它们之间的相互关系，了解它们对刀具几何特征的要求，是控制和改善切削过程，延长刀具使用寿命，合理选用刀具、减少换刀装刀和修磨时间，提高劳动生产率的有效途径。

随着科学技术的发展，新的刀具材料不断出现，机床制造精度不断提高，切削速度不断加快，木工机床的转速也在不断提高，有的铣床转速高达 20 000r/min，刀具切削速度已高达 150m/s，因此新结构的新型刀具不断涌现，如阶梯刨刀轴、螺旋刨刀轴、多刀片铣刀头等已经开始使用。为了满足刀具发展的要求，刀具材料已由过去的碳素工具钢向合金工具钢、高速钢和硬质合金方向发展。现在刀具的刃口上大量采用焊接硬质合金等高耐磨材料的技术，有的刀具还采用了如激光淬火、高频淬火、化学热处理、涂层硬质合金、树脂涂覆等强化切削刃的方法，大大提高了切削刃的耐磨性能，延长了刀具切削使用时间，提高了加工件加工精度和机床的生产效率。

木材切削不仅从刀具结构和刀具材料上有了很大的发展，而且切削方式也在不断的发展，人们正在试验和研究激光切割、高压水切割和振动切削等新工艺和新方法，这些新工艺和新方法将大大降低切削加工时的木材消耗，改善和提高产品质量。

随着科学技术的不断发展，人们对木材认识的不断深入，将会有效率更高、加工质量更好的新工艺、新方法、新刀具出现。

## 2 木工机械的发展概况

木工机械是伴随着人类的发展而发展起来的，从手工工具开始到 1791 年制造出第一台平刨床，随后走过了简单机械、机械化、流水生产线及时至今日的自动化和现在正在进行将来一定能实现的智能化过程。这个过程的实现得益于自然科学的发展，得益于对木材切削过程的研究，得益于对木材结构和性能认识的提高。

由于电子技术、数控数显和检测技术的发展,气压、液压技术的进一步提高,机械加工技术的发展,木工机械正从简单机械向运用了机、电、液、气技术而实现机械化、自动化和智能化方向发展,从而使木工机械的品种和性能都有了新的增加和提高。总的发展趋势是向以提高木材利用率、加工精度和生产效率为目的的自动化、标准化和系列化方向发展。归纳起来主要有以下几个方面:

**提高木材利用率** 由于土地的开垦及对森林的乱砍滥伐,使得全球森林资源减少,木材原料日益短缺,因此如何提高木材利用率、减少资源浪费是目前和今后的主要任务。通过采用薄锯片、锯条可减少切屑的产生,通过提高木工机械的加工精度可减少切削余量,而加工余料和切屑等可用于人造板生产和纸浆生产,采用削片制材联合机可实现全树利用等,这些方式都可提高木材的利用率。

**发展以砂代刨的技术** 采用砂光技术替代刨削和铣削,可减少木材撕裂、节疤撕裂和表面损坏现象,从而减小切削尺寸,可节约木材5%~10%,同时还降低了噪声,提高了安全性。

**采用数控技术** 数控技术可实现木工机械的自动化、智能化控制,以达到高精度、高效率的规模化生产或柔性生产。

**采用多工位联合机床** 采用高精度、高耐磨刀具实现一次装夹完成多道工序,可减少辅助工件时间,提高机床的生产效率,同时也提高了产品的质量。多工位联合机械是木工机械的一个发展方向。

**新材料、新工艺和新技术的应用** 如激光定位和测量、要线检测技术应用于制材设备和人造板生产线上,红外干燥、微波干燥用于木材干燥和对人造板的辅助加热等。这些技术的应用大大提高了木工机械的加工质量和生产效率。

### 3 木工机械的特点

木材是各向异性材料,在不同方向上的物理、力学性质不同,其应力和破坏载荷也不一样;木材的抗温性能不高,加工时不耐高温,同时木材的强度也不大。木材的这些特点决定了木工机械有别于常见的金属加工机床,其特点主要表现在以下几个方面:

第一,切削速度高。由于木材的强度不高、不耐高温,这决定了木工机械只能采用高速切削方式进行加工。在切削过程中木纤维来不及变形和撕裂就将其切断,而且加工表面也不因温度升高而焦化。由于切削速度高,对木工机械的刚度、强度和工作时机床的稳定性要求也越来越高。因此,对制造机械的材料,高速运动部分(切削机构)的制造精度、静动平衡、抗振性都有很高的要求,对刀具的材料和结构也有很高的要求。

第二,木工机械除切削机构外的其他部分的制造精度一般比较低。由于木材及其制品的精度一般是毫米,故木工机械中的工作台、导轨等部件的制造精度要求比较低。

第三,木工机械的结构一般比较简单。木工机械上的主传动系统一般采用一级传动带传动,只有少数机械采用多级变速的齿轮传动系统。

第四,木工机械一般不需要冷却装置,但需要排屑除尘装置,且结构一般都比较大。

第五,木工机械的噪声大。木材高速切削时,刀具搅动空气会产生空气动力性噪声,刀具切削工件产生的摩擦和振动噪声以及机械转动时产生的机械噪声等,国家规定对出厂的木工机械,如锯、刨机床空运转噪声应低于90dB(A),其他类的机床空运转噪声应低于85dB

(A), 否则为不合格产品。

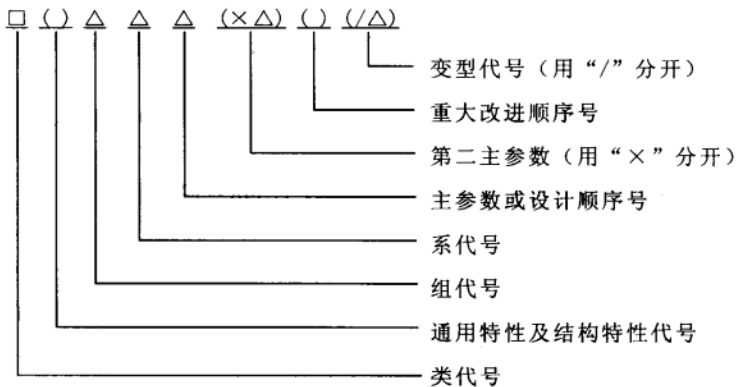
## 4 木工机床型号编制方法

根据 GB/T 12448—1990《木工机床型号编制方法》中的规定：木工机床型号由汉语拼音和阿拉伯数字构成，分别表示机床的类代号、特征代号、组和系列代号以及机床参数或设计顺序号。木工机床型号有三类：通用木工机床型号、专用木工机床型号和木工组合机床型号。

### 4.1 通用木工机床型号

#### (1) 表示方法

通用木工机床型号表示方法如下：



其中：□——大写的汉语拼音字母；

( ) ——代号和阿拉伯数字，若无内容则不表示；若有内容，则不带括号；

△——阿拉伯数字。

#### (2) 类型及其代号

通用木工机床类型及其代号见表1。

表1 通用木工机床类型及其代号表

| 类型 | 木工<br>锯机 | 木工<br>刨床 | 木工<br>铣床 | 木工<br>钻床 | 木工<br>榫槽机 | 木工<br>车床 | 木工<br>磨光机 | 木工<br>联合机 | 木工接<br>合组装<br>和涂<br>布机 | 木工<br>辅机 | 木工<br>手提机 | 木工多<br>工序机床 | 其他木<br>工机床 |
|----|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------------------|----------|-----------|-------------|------------|
| 代号 | MJ       | MB       | MX       | MZ       | MS        | MC       | MM        | ML        | MH                     | MF       | MT        | MD          | MQ         |
| 读音 | 木锯       | 木刨       | 木铣       | 木钻       | 木榫        | 木车       | 木磨        | 木联        | 木合                     | 木辅       | 木提        | 木多          | 木其         |

#### (3) 特性代号

通用木工机床的特性代号用大写的汉语拼音字母表示，位于类型代号之后。

通用特性代号 当某种类型的木工机床除有普通型外，还有某种通用特性时，则用通用特性代号在类型代号之后予以表示。若此类型木工机床仅有某种通用特性而无普通类型，则通用特性不予以表示。一般在一个型号中只表示最主要的一个通用特性（少数特殊情况可

以表示两个), 通用特性代号在各类木工机床型号中表示相同的意义, 通用特性代号见表 2。

表 2 木工机床通用特性代号表

| 通用特性 | 自 动 | 半自动 | 数 控 | 数 显 | 仿 型 | 万 能 | 简 式 | 轻 型 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 代 号  | Z   | B   | K   | X   | F   | W   | J   | Q   |
| 读 音  | 自   | 半   | 控   | 显   | 仿   | 万   | 简   | 轻   |

**结构特性代号** 为了区别主参数相同而结构不同的木工机床, 在型号中用结构特性代号予以区分。结构特性代号用大写的汉语拼音字母表示, 但“**I**”、“**O**”两字母不能作为结构特性代号。当通用特性代号与结构特性代号的汉语拼音字母相同时, 结构特性代号用带括号的汉语拼音字母表示。

#### (4) 木工机床的组、系代号及主参数

每类木工机床分为九组, 每组又划分为十个系。组、系代号由两位阿拉伯数字组成, 位于类型代号之后。

木工机床的主参数位于组、系代号之后, 用折算值表示。当折算值大于 1 时, 取整数, 前面不加“0”。

机床的组、系的划分及主参数折算系数见 GB/T 12448—1990 标准。

#### (5) 第二主参数

当木工机床的最大工件长度、工作台长度、裁边长度等参数的变化, 可引起机床结构、性能发生较大变化时, 应将这些参数当作第二主参数列于主参数之后, 并用“**x**”与主参数隔开。凡属于长度 (包括跨距、行程)、宽度作为第二主参数的, 采用 1/100 的折算系数折算; 凡属于厚度、深度、齿距等作为第二主参数的, 则采用 1/10 的折算系数折算; 属于工件厚度的, 则以实际值列入型号。当以轴数为第二主参数的, 以实际轴数值列入型号。

#### (6) 通用木工机床的设计顺序号

某些木工机床, 当无法用一个主参数表示时, 则在型号中用设计顺序号表示。设计顺序号从 1 开始, 当设计顺序号少于两位时, 一律在设计顺序号前加“0”。

#### (7) 木工机床的重大改进号

当木工机床的性能和结构布局有重大改进并按新产品重新试制和鉴定时, 则在原机床型号后按 A、B、C 等字母顺序表示 (“**I**”、“**O**”两字母除外), 以示与原型号的区别。

#### (8) 同一木工机床的变型代号

某类用途的通用木工机床根据加工对象不同, 在基本型号的基础上改变部分机床的结构形式时, 可在原型号之后加 1、2、3 等阿拉伯数字顺序号, 并用“/”分开, 读作“之”, 以便与原型号区分。

#### (9) 示例

例 1 锯轮直径为 1 060mm 的跑车带锯机, 其型号为: MJ3210;

例 2 锯轮直径为 1 060mm 的左式跑车 (左式) 带锯机, 其型号为: MJ (Z) 3210;

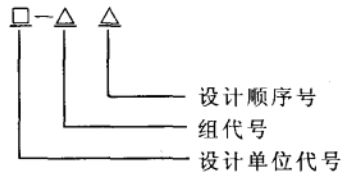
例 3 加工最大宽度为 500mm 带数显的单面压刨床, 其型号为: MBX105;

例 4 工作台最大宽度为 1 200mm 的立式万能木模铣床, 其型号为: MX5212;

例 5 焊接锯条最大宽度为 200mm 的锯条焊接机, 其型号为: MF4020。

## 4.2 专用木工机床编号

### (1) 编号方法



### (2) 设计单位代号

木工机床厂或木工机床研究所等单位用其名称的大写汉语拼音字母组成，并由单位提出申请，由福州木工机床研究所统一授予。

### (3) 专用木工机床的组代号

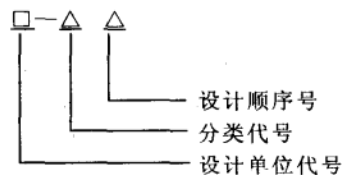
专用木工机床的组代号用一位阿拉伯数字表示，数字由1起始，位于设计单位或生产单位之后，并用“—”隔开。

### (4) 专用木工机床的设计顺序号

专用木工机床的设计顺序号按该单位的设计顺序排列，由“001”起始，位于组代号之后。

## 4.3 木工组合机床及其流水生产线编号

### (1) 编号方法



### (2) 设计单位代号

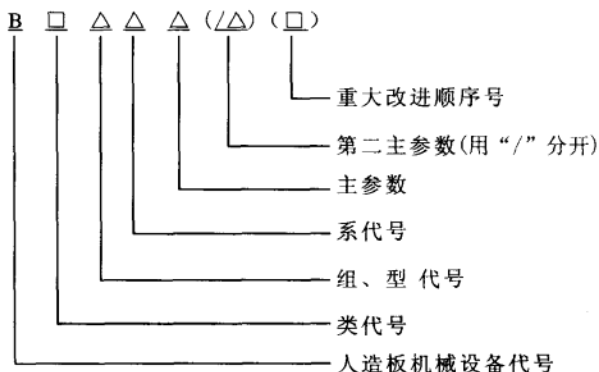
设计单位代号与专用木工机床相同，若由若干个单位联合设计，在编号中采用一个主要设计单位的代号来表示。

### (3) 分类代号及设计顺序号

分类代号用汉语拼音字母组成，位于设计单位之后，并用“—”隔开。木工组合机床的代号为H，木工组合机床流水线的代号为HX，木工机床流水线的代号为MX。设计顺序号从“001”起始，位于分类代号之后。

## 5 人造板机械设备型号编制方法

根据 GB/T 18003—1999 《人造板机械设备型号编制方法》，人造板机械设备型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成，用以表示人造板机械设备的名称、类、组、型代号及主参数。

**(1) 型号构成**

其中：“□”——大写的汉语拼音；

“△”——阿拉伯数字；

“( )”——代号和阿拉伯数字，当无内容时，则可表示，若有内容则不带括号。

**(2) 人造板机械设备的分类及类代号**

人造板机械设备代号用大写的汉语拼音 B 表示；分类代号用一个或两个大写的汉语拼音字母表示，位于人造板机械设备代号之后。人造板机械设备共分 39 类，其类代号见表 3。

表 3 人造板机械设备的类代号

| 序号 | 类别    | 代号 | 序号 | 类别     | 代号 | 序号 | 类别    | 代号 |
|----|-------|----|----|--------|----|----|-------|----|
| 1  | 削片    | X  | 14 | 刨切机    | B  | 27 | 料仓    | LC |
| 2  | 铺装成型机 | P  | 15 | 剪板机    | J  | 28 | 分离器   | FL |
| 3  | 干燥机   | G  | 16 | 挖孔补节机  | K  | 29 | 电磁振动器 | ZD |
| 4  | 压机    | Y  | 17 | 拼缝机    | PF | 30 | 磁选装置  | CX |
| 5  | 裁边机   | C  | 18 | 组坯机    | ZP | 31 | 升降台   | SJ |
| 6  | 砂光机   | SG | 19 | 磨浆机    | M  | 32 | 堆拆垛机  | DD |
| 7  | 施胶机   | S  | 20 | 后处理设备  | H  | 33 | 计量秤   | JL |
| 8  | 专用运输机 | ZY | 21 | 横截机    | HJ | 34 | 浸渍干燥机 | JG |
| 9  | 分选机   | F  | 22 | 装卸机    | ZX | 35 | 磨刀机   | MD |
| 10 | 剥皮机   | BP | 23 | 分板机    | FB | 36 | 容器    | R  |
| 11 | 定心机   | D  | 24 | 冷却翻板机  | LF | 37 | 浓度调节器 | TJ |
| 12 | 旋切机   | XQ | 25 | 垫板处理设备 | CL | 38 | 拼接板机  | PB |
| 13 | 卷板机   | JB | 26 | 木片清洗机  | QX | 39 | 其他    | QT |

**(3) 组、系代号**

用一位阿拉伯数字表示。

**(4) 主参数和第二主参数**

用阿拉伯数字表示。

型号中的主参数用折算值表示，位于系代号之后。当折算值大于 1 时，则取整数，前面



不加“0”；当折算值小于1时，则取小数点后第一位数，并在前面加“0”。

主参数的计量单位常用的有：尺寸以 mm 计、压力以 MPa 计、功率以 kW 计、重量以 kg 计、容积以  $m^3$  计、速度以  $m/min$  计、转速以  $r/min$  计、生产能力以  $t/h$  计。

第二主参数置于主参数之后，用一位或两位阿拉伯数字表示，折算数字可适当选取。

#### (5) 重大改进顺序号

当人造板机械设备的性能或结构布局有重大改进时，在原型号之后按大写的英文字母 A、B、C 等顺序标注（但“I”、“O”两字母除外），加于主参数之后。

#### (6) 示例

例1 刀盘直径 2 200mm 的立式多刀圆盘式削片机，其型号为：BX1422；

例2 旋切木段长度为 2 700mm，最大直径为 1 300mm 的液压双卡轴单板旋切机，其型号为：BQ1627/13；

例3 幅面为 1 200mm × 2 400mm，总压力为 500kN 的框架式五层热压机，其型号为：BY114 × 8/5。

## 6 本课程与其他学科的联系及学习方法

本课程为木材加工专业的一门专业基础课程，为人造板生产工艺、家具制造及家具设计等专业课程提供必要的机械设备方面的知识，同时也是一门应用性很强的技能课程，为今后相关工作中木材工业设备的选型、使用和维护管理奠定基础。通过对该门课程的学习，使学生熟悉常用木工设备的结构、工作原理和特性，初步掌握一般木工机械的选型、使用 and 维修，培养学生综合应用知识的能力。

本课程是以机械知识、电子电工知识为基础的一门课程，学习本课程时要对前面学过的机电知识进行复习；同时这门课程系统性不强，跳跃性较大、实践性很强，学习时要多看有关机械的实物或模型，抓住实习实训的机会弄懂结构和工作原理，掌握必需的操作技能。

### 思考与练习

1. 试述木工机械的主要特点。
2. 木工机床分几类，各类的代号是什么？试说明 MZ735 × 4 中各字母和数字表示的意义。
3. 人造板机械设备分几类，各类的代号是什么？试说明 BG2121 中各字母和数字表示的意义。



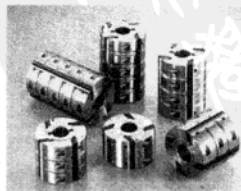
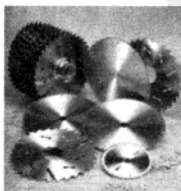
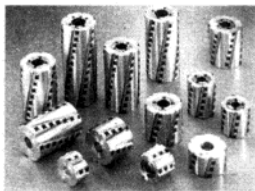
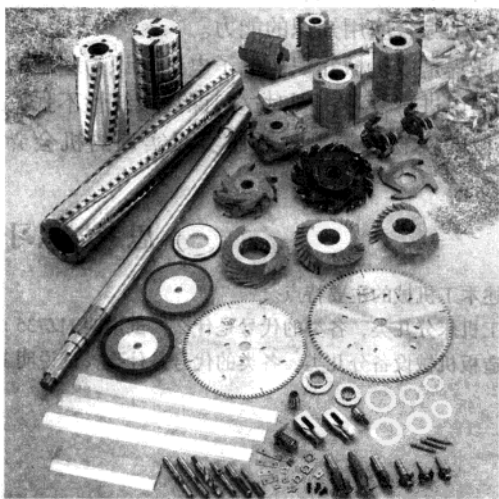
# 第1章

## 木材切削及其刀具

### 本章学习目标

**理论知识** 了解木材切削基本规律；熟悉常用刀具的结构、性能和用途；掌握刀具的安装、刃磨的方法。

**实践技能** 常见木工刀具的识别；铣刀的刃磨；锯条及圆锯片的刃磨。



木材切削刀具

木材为常用的建筑、装饰材料，要实现木材的合理利用就必须对木材进行各种切削加工。本章以木材切削原理为基础，介绍锯切、铣削、刨削、钻削、榫槽、旋切、车削、磨削等加工方式以及各种刀具的结构、用途、刃磨等方面的知识和技能。

## 1.1 木材切削的基本概念

借助木工刀具按预定表面切开木材以获得需要的尺寸、形状和表面粗糙度的切削过程称为木材切削。实现木材切削的三个基本要素是切削运动、刀具和工件。

### 1.1.1 切削运动

在木材的切削过程中，刀具或工件按一定的规律作相对运动，才能从工件上切下木材，这个相对运动就是切削运动。图 1-1 (a) 为刀具作直线运动的情况，刀具相对工件作直线运动  $V$  时，从工件上切下一层木材；当要从工件上切下下一层木材时，切刀退回原处，随后工件在垂直  $V$  的方向作直线运动  $U$ ，将木材送到切刀下，切刀再作直线运动  $V$ ，切下下一层木材。如此交替进行，逐层切削，直到切完需要切削的木材，使工件达到规定的尺寸和所需的表面粗糙度。图 1-1 (b) 为铣刀切削工件时的情形。当铣刀作回转运动时，铣刀刀齿将从工件上切下木材。为了从木材上切下一层木材，铣刀在作回转运动的同时，工件还要相对铣刀作相对运动  $U$ ，使被切削层木材不断送到刀齿下，旋转的铣刀刀齿不断从工件上切下一片片木材，最后从工件上切下一层木材。从上述切削木材的过程中可以得出：要完成木材的切削过程必须具备两个最基本的运动即主运动和进给运动，它们构成木材的切削运动。

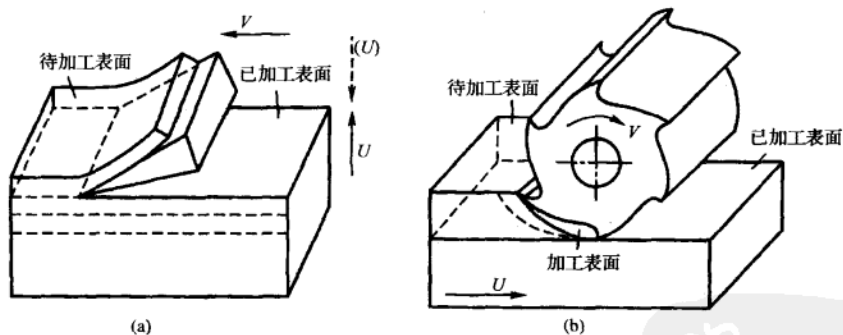


图 1-1 木材切削过程示意图  
(a) 直线运动切削 (b) 回转运动切削

#### (1) 主运动

上述切削过程中切刀的直线运动和铣刀的回转运动是切削过程中直接切下木材的运动，该运动速度快，消耗的功率大，是最基本的运动，称为主运动。主运动可以是直线运动，也可以是回转运动，每一种切削只有一个主运动。

主运动常用速度  $V$  表示，当主运动为直线运动时，用刀具的直线运动速度表示；当主运动为回转运动时，其速度  $V$  为刀具上最大半径处的线速度，计算公式如下：

$$V = \pi Dn / (6 \times 10^4)$$

式中:  $V$ ——主运动速度 (m/s);

$D$ ——刀具直径 (mm);

$n$ ——刀具转速 (r/min)。

## (2) 进给运动

上述运动中, 工件相对切刀的直线运动  $U$  是将工件上木材不断送入切削的运动, 这个运动速度低, 消耗的功率小, 称为进给运动。进给运动可以是直线运动, 也可以是回转运动; 可以是间歇运动, 也可是连续运动。

进给运动常用进给速度  $U$ 、每转进给量  $U_n$  和每齿进给量  $U_z$  表示。进给速度  $U$  与进给量之间的关系为:

$$U = U_n n \times 10^{-3} = U_z z n \times 10^{-3}$$

式中:  $z$ ——刀具齿数;

$U$ ——进给速度, 指单位时间内刀具相对工件沿进给运动方向的运动距离 (m/min);

$U_n$ ——每转进给量, 指刀具(或工件)每转一周沿进给运动方向的运动距离 (mm/r);

$U_z$ ——每齿进给量, 指刀具每转一个刀齿, 刀具相对工件沿进给方向的相对距离 (mm/z)。

每种切削方式必须有一个主运动, 但可以有一个或一个以上的进给运动。主运动和进给运动可以由刀具或工件分别完成, 也可以由刀具单独完成; 主运动和进给运动可以交替进行, 也可以同时进行。

## 1.1.2 刀具和工件的各组成部分

为了研究和认识刀具的几何特征及参数对切削过程的影响, 必须对刀具和工件的相关部分给予定义。

### (1) 工件上与切削有关的表面

工件上有三个表面与切削过程有关, 它们分别是待加工表面、加工表面和已加工表面, 如图 1-1 所示。

待加工表面 指工件上即将被刀具切除的表面;

加工表面 指切削刃正在切削的表面;

已加工表面 指刀具切削后在工件上形成的新表面。

### (2) 刀具各部分的名称

木材切削刀具种类繁多, 结构多样, 但它们总是由两部分构成: 楔形切刀(切削部分)和刀体(支持部分)。在刀具中真正起切削作用的是楔形切刀, 其组成如图 1-2 所示。

前刀面 对被切木材层直接作用, 使切屑沿其排出的表面;

后刀面 面向已加工表面并与其相互

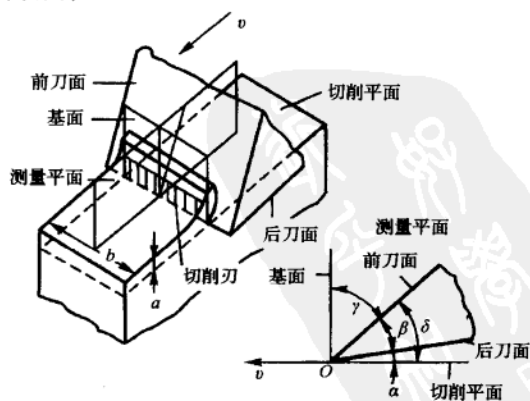


图 1-2 楔形切刀的构成和角度图

作用的刀具表面；

切削刃 前刀面与后刀面相交的交线，由它完成切除木材的工作。

前、后刀面可以是平面，也可以是曲面。

### 1.1.3 刀具的角度

刀具是依靠切削部分来切削木材的，刀具的角度就是指楔形切刀的角度。

#### (1) 刀具角度的测量坐标

为了反应刀具几何属性对切削过程的影响，确定刀具切削部分各表面的空间位置，必须首先选取参照坐标平面。在刀具中选取两个相互垂直的平面作为参照坐标平面（见图 1-2），这两个平面分别是切削平面和基面。

切削平面 过切削刃上一点与切削速度  $V$  方向平行的平面。当主运动为直线运动且切削刃为直线时，切削平面与加工表面重合；当主运动为回转运动时，切削平面随切削速度  $V$  方向的变化而改变。

基面 通过切削刃上一点垂直于切削速度  $V$  方向的平面，即垂直于切削平面的平面。当主运动为回转运动时，基面通过刀具或工件的轴线。

在上述的坐标平面中测定刀具角度时，角度的大小随切削刃相对测量平面的位置不同而异。现规定垂直于切削刃在基面投影的剖面为测量平面，在该剖面上测得的角度为刀具的设计或标注角度。

#### (2) 刀具角度（标注角度）

表示楔形切刀部分影响切削过程的几何特性的角度称作刀具角度。刀具角度主要有四个，分别是前角  $\gamma$ 、后角  $\alpha$ 、楔角  $\beta$  和切削角  $\delta$ ，它们反映刀具上几个主要表面相对坐标平面的倾斜程度，对木材的切削过程有重要的影响。

前角  $\gamma$  前刀面与基面之间的夹角，表示前刀面相对基面倾斜的程度。前角越大，刀具切削木材时，切削层木材变形越小，反之变形增大。前角可以为“+”、“-”和“0”，前刀面相对基面顺时针方向倾斜，前角为“+”，反之为“-”，重合时为“0”。

后角  $\alpha$  后刀面与切削平面之间的夹角，表示后刀面相对切削平面倾斜的程度。后角的大小反映后刀面与工件的摩擦情况，后角越大，后刀面与工件的摩擦越小。

楔角  $\beta$  前后刀面之间的夹角，反映切削刃部分的强度。楔角越大，切削刃部分的强度越高，切削木材时切削刃部分不易损坏和振动。

切削角  $\delta$  前刀面与切削平面之间的夹角，表示前刀面相对切削平面倾斜的程度。

上述四个角度有如下关系：

$$\begin{aligned}\gamma + \alpha + \beta &= 90^\circ \\ \delta &= 90^\circ - \gamma = \beta + \alpha\end{aligned}$$

在实际的切削过程中，刀具角度受切削运动、切削刃安装高低、切削力及刀具磨损的影响而变化，但变化较小，一般情况下可以忽略不计。

### 1.1.4 切削层尺寸参数

切削层尺寸参数是指刀具相对工件沿进给运动方向每移动一个进给量时，切刀正在切削的木材层尺寸参数。其参数有：切削厚度  $a$ ，切削宽度  $b$  和切削面积  $A$ 。

### (1) 切削厚度 $a$

切削厚度随主运动形式不同而不同，当主运动为直线运动时，切削厚度为切削刃相邻两个位置的垂直距离，即为进给量，且为常数；如图 1-2 所示；当主运动为回转运动时，切削厚度是变化的，如图 1-1 (b) 所示，其值（单位为 mm）用下式计算。

$$a = U_z \sin\theta$$

式中： $\theta$ ——运动遇角，即切削速度方向与进给运动方向的夹角；

$U_z$ ——每齿进给量（mm/z）。

### (2) 切削宽度 $b$

切削宽度是切削刃的工作长度，也是切削刃长度在基面上的投影长度，其单位为 mm。

### (3) 切削面积 $A$

切削面积是指切削层在基面内的截面面积（mm<sup>2</sup>），其值为

$$A = ab$$

当主运动为直线运动时， $A$  为常数；当主运动为回转运动时切削面积是变化的。在实际木材切削过程中，切削层木材将发生变形而使切削面积变化，但变化量小，常认为其值不变。

## 1.2 木材切削的规律

木材切削过程，实际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。在切削过程中表现出来的切削力、切削热、刀具的磨损以及工件表面质量等都与这个过程有关。了解切削过程的规律，对提高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都具有重要的意义。

由于木材是各向异性材料，切削木材时不同的切削方向有不同的特性。根据切削刃相对木材纤维方向不同，木材切削可分为四种：纵向切削、横向切削、端向切削和过渡切削。前三种是最基本的切削，是理想状态下的切削；过渡切削是介于这三种之间的切削，也是实际切削过程中最普遍的一种切削。

### 1.2.1 纵向切削

纵向切削（//）是指切削刃垂直于木材纤维长度方向，刀具在纤维平面内平行于纤维长度方向运动的切削，如图 1-3 所示。

研究表明，当切削条件不同时，纵向切削将产生不同的切屑。当切削厚度较大、前角较大、含水率较低、切削纹理较直的木材时，切削层木材在前刀面的作用下易产生超前裂纹，从而撕裂切削层与木材之间的联系，形成折断形松散相连的切屑。由于产生了超前裂纹，切削力较小，刀具磨损小，加工质量一般。当切削厚度较小、前角也较小、木材含水率较大时，木材的韧性较好，切削时不易形成超前裂纹，在前刀面挤压、剪切作用下，易形成光滑螺旋形



图 1-3 纵向切削过程示意图

切屑，切削力平稳且较大，加工的表面质量好，但刀具的磨损大。当前角较小或为负值时，切削层木材在刀具的作用下严重挤压剪切破坏，这种破坏甚至会延伸到加工平面以下，使加工面质量变差，刀具磨损严重，切削力增大。

### 1.2.2 横向切削

横向切削( $\#$ )是指切削刃平行于纤维长度方向，刀具在纤维平面内垂直于纤维长度方向的切削，如图 1-4 所示。研究表明：横向切削时，切削刃使纤维边剪切、边滚动，形成“滚动剪切”。切削条件不同，横向切削将产生不同的切屑。当切削的厚度较大、前角较大、木材含水率较低时，切削层木材在前刀面的作用下将产生超前裂纹，形成界线清晰、松散相连的切屑。由于有超前裂纹的产生，因此加工表面质量差，切削力变化大。当切削厚度较小、其他条件不变时，切削层木材在刀具的作用下连续剪切破坏，形成光滑带状切屑。在这种情况下，加工表面粗糙度低，切削力平稳。由于横向切削破坏的是木材的横向抗拉强度，因此，横向切削与纵向切削相比较切削力较小。



图 1-4 横向切削过程示意图

### 1.2.3 端向切削

端向切削( $\perp$ )是指切削刃垂直于纤维长度方向，刀具在垂直于纤维平面内作运动的切削，如板方材的端面刨光。研究表明：端向切削时，纤维在切削刃挤压下先产生挠曲变形，在纤维中产生弯曲应力和拉应力；随着挠曲度的增大，纤维内产生的应力大于纤维强度时，纤维断裂，切削刃断开切削层木材之间的联系，形成易碎裂、成瓣状的切屑。端向切削时，不但加工表面质量差、切削刃易磨钝，而且由于破坏的是纤维，因此切削力与纵向和横向切削相比较也是最大的。其切削过程如图 1-5 所示。

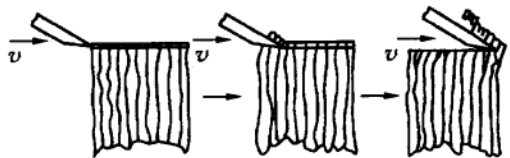


图 1-5 端向切削过程示意图

### 1.2.4 过渡切削

在木材的实际切削过程中，像上述三种切削那样切削刃与纤维长度方向、纤维长度方向与切削运动方向总保持平行或垂直的情况很少，大量的它们是处于既不垂直也不平行的状态。通常把这种状态下的切削称为过渡切削。如图 1-6 所示，过渡切削有纵端向( $\parallel - \perp$ )、横端向( $\# - \perp$ )和横纵向( $\# - \parallel$ )切削三种情况。纵端向切削时，切削速度方向与纤维长度方向之间的夹角  $\phi$  在  $0^\circ \sim 90^\circ$  之间变化，切削过程从纵向切削向端向切削过渡。横端向切削和横纵向切削也有与纵端向相同的过渡。

### 1.2.5 切削力及影响因素

在木材的切削过程中，切削层木材在刀具的作用下产生弹、塑性变形，直至最后破坏成屑瓣，实际上是刀具作用的结果。因此，刀具的作用力是木材切削过程中的主要物理特性，

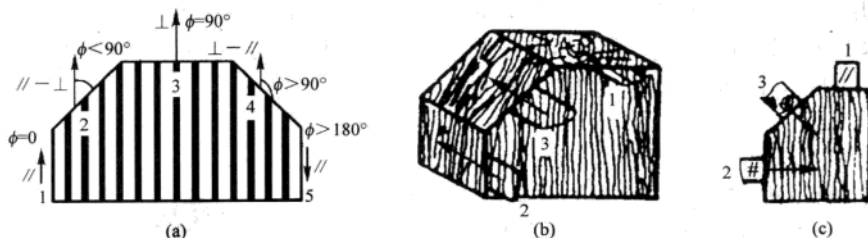


图 1-6 木材的过渡切削

(a) 纵端向切削 (b) 横端向切削 (c) 横纵向切削

是使用、设计、维护刀具和机床的主要依据，是改善切削过程、提高切削质量和效率的依据。

### (1) 切削力

研究表明，切削木材时在刀具的前、后刀面上都有力的作用，前刀面上主要产生挤压力和剪切力，后刀面上主要产生摩擦力，刀具上产生的总作用力是上述三种作用力的矢量和。

### (2) 切削力的影响因素

影响切削力的因素众多，归纳起来主要有以下几个方面：

**木材材性** 木材强度大，硬度高，切削时切削力也大；反之强度小的软材切削力也小。

**木材湿度** 木材的含水率升高，木材软化，切削力明显下降；横向切削时切削力下降得最大，这也是实际生产过程中，旋切、刨切木材时，要对木材进行蒸煮加热的原因。

**刀具变钝** 切削刃在切削木材的过程中逐渐磨损变钝，切削力不断地增大。刃口越钝，切削力也越大。

**刀具角度** 刀具角度对切削力的影响比较复杂，一般增大前、后角可以降低切削力，但同时又使楔角变小，切削刃强度降低，在刀具切削时产生振动而使切削力增大，加工质量变差。因此在使用和刃磨刀具时，在保证刀齿强度的前提下可增大刀具的前、后角。

**切削速度** 切削过程中当切削速度较小时，随着切削速度的增大切削力增大较快；而当切削速度达到一定值后，切削速度继续增大，这时木材纤维来不及变形就被切断，减少了变形所消耗的功，切削力反而增大缓慢。所以木材切削一般采用高速切削。

**切削方向相对纤维长度方向** 端向切削力最大，纵向切削力次之，横向切削力最小。对于过渡切削，切削力与  $\phi$  角之间按一定的规律变化。以纵端向切削为例：当切削由纵向过渡到端向时，切削力随  $\phi$  角的增大而增大，当  $\phi = 90^\circ$  时，变为端向切削，切削力达到最大值。

## 1.3 铣削原理及其刀具

铣削是木材切削加工中使用最多的一类切削方式，不仅可以用来加工平面，还可以加工各种型面、曲面、沟槽、榫槽和仿型雕刻等。完成上述各种加工的铣刀品种、规格最多，使用得也最广泛。



### 1.3.1 铣削的基本规律

铣削加工的类型很多,最基本的铣削有三种类型:圆柱铣削、锥形铣削和端面铣削。圆柱铣削时,切削刃切削形成圆柱表面;锥形角度铣削时,切削刃切削工件形成锥形表面;端面铣削时,靠铣刀端面的切削刃切削工件而形成平面。

在这三种最基本的铣削类型中,又以直齿圆柱铣削最简单,应用最广泛。因此,在研究和分析铣削的基本规律时,将以圆柱铣削为主。并以此为基础,来分析其他类型的铣削规律。

#### (1) 基本原理

铣削用的铣刀都是多齿刀具,铣削时,铣刀的旋转运动为主运动,工件相对铣刀的运动为进给运动。当进给运动为等速直线运动时,切削刃上各点的运动轨迹为摆线。图 1-7 所示为逆铣和顺铣时切削轨迹的示意图。

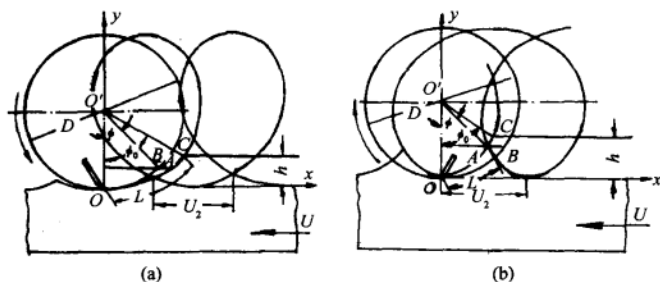


图 1-7 圆柱铣削的切削轨迹示意图

(a) 逆铣 (b) 顺铣

因此,铣削加工时,刀齿切过工件后,在工件表面留下的是一段摆线的弧面,这些弧面在工件已加工表面上形成具有波纹的加工表面。通常铣削加工的切削速度比进给速度大得多( $v/u \approx 30 \sim 100$ ),每个切削刃切过工件后,在工件已加工表面上留下的波纹很短,近似一条线,这样才使得铣削加工获得平滑的加工表面。

从上述铣削原理分析得出,铣削加工只能获得近似的平滑表面。

#### (2) 影响铣削加工质量的因素

铣削加工时,工件的表面质量受众多因素的影响,归纳起来有以下几个方面:

**刀具结构的影响** 当使用的铣刀确定后,刀具的结构就确定了。刀具的结构主要有铣刀直径  $D$ 、齿数  $z$  和刀具角度。刀直径  $D$  越大,则铣削时在已加工表面留下的圆弧面越平,加工表面粗糙度越低,加工质量越好。齿数  $z$  越多,每齿进给量越小,圆弧面越趋向于一条直线,则加工质量越好。后角越小,刀具的后刀面与已加工表面摩擦严重,容易使已加工表面摩擦起毛,破坏表面质量。研究表明  $\alpha = 10^\circ \sim 15^\circ$  时,加工质量较好。前角  $\gamma$  的影响比较复杂,对不同的木材和切削方向,其角度值不一样。如纵向铣削,  $\gamma = 5^\circ \sim 10^\circ$  时,加工质量好;而端向铣削,  $\gamma = 30^\circ \sim 35^\circ$  时,加工质量好。

切削刃的形态和位置对铣削质量也会产生很大的影响 当切削刃为直刃,则刀齿切入或切出时,切削刃全长参与切削,切削冲击大,容易引起振动,降低加工质量;当切削刃为螺