

目 录

第一章 概 述	(1)
§ 1.1 特种加工的概念	(1)
§ 1.2 特种加工的发展过程	(1)
§ 1.3 特种加工的分类	(2)
§ 1.4 木材特种切削加工的内容	(3)
参考文献	(4)
第二章 木材切削学基础	(5)
§ 2.1 基本定义	(5)
2.1.1 工件与切屑	(5)
2.1.2 切削过程中的运动	(6)
2.1.3 刀具的组成部分	(7)
2.1.4 刀具的角度	(8)
2.1.5 相对于纤维方向的切削方向	(10)
2.1.6 木材切削方式的种类	(13)
§ 2.2 木材的切削过程	(15)
2.2.1 切屑形成过程及木材变形	(15)
2.2.2 切屑的类型	(17)
§ 2.3 影响切削力的因素	(22)
2.3.1 树种及密度	(22)
2.3.2 相对于纤维方向的切削方向	(22)
2.3.3 切削厚度	(23)
2.3.4 切削角	(24)
2.3.5 含水率	(24)
2.3.6 切削刃的锐钝程度	(24)
2.3.7 切削速度	(25)
参考文献	(27)
第三章 木材激光切削加工	(28)
§ 3.1 激光原理	(28)
3.1.1 光的本性	(28)
3.1.2 原子的能级	(29)
3.1.3 自发辐射和受激辐射	(30)

3.1.4 粒子数反转	(32)
3.1.5 光振荡	(34)
§ 3.2 激光的特性	(35)
3.2.1 单色性	(35)
3.2.2 相干性	(38)
3.2.3 方向性及亮度	(40)
§ 3.3 激光器	(42)
3.3.1 固体激光器	(42)
3.3.2 气体激光器	(43)
3.3.3 半导体激光器	(44)
§ 3.4 激光加工原理及应用	(45)
3.4.1 激光加工原理	(45)
3.4.2 激光在材料加工中的应用	(46)
§ 3.5 木材激光切削加工	(49)
3.5.1 木材的切削方向	(49)
3.5.2 CO ₂ 激光切割机	(50)
3.5.3 激光切削特性及其影响因素	(51)
3.5.4 木材激光切割实例	(61)
3.5.5 木材激光表面装饰	(61)
§ 3.6 木材激光切削加工的优缺点	(63)
参考文献	(64)
第四章 木材射流切削加工	(65)
§ 4.1 液体的主要物理性质	(65)
4.1.1 质量和密度	(65)
4.1.2 重力和重度	(66)
4.1.3 粘性和粘度	(67)
4.1.4 压缩性	(68)
4.1.5 表面张力	(69)
4.1.6 高压下水的状态	(69)
§ 4.2 液体的流动型态	(70)
4.2.1 层流和紊流的概念	(70)
4.2.2 层流和紊流的判别标准	(70)
4.2.3 能量损失比较	(72)
§ 4.3 射流的概念及特性	(73)
§ 4.4 射流切割机	(75)

4.4.1 主要组成部分	(76)
4.4.2 喷嘴	(78)
4.4.3 射流工作溶液	(80)
§ 4.5 射流加工原理及应用	(80)
§ 4.6 木材射流切削加工	(85)
4.6.1 切割过程中工作溶液的动向	(86)
4.6.2 射流切割特性及其影响因素	(88)
§ 4.7 射流切割的优点及存在的问题	(96)
参考文献	(97)
第五章 木材振动切削加工	(98)
§ 5.1 振动学基础	(98)
5.1.1 简谐振动	(98)
5.1.2 简谐振动中的振幅、周期、频率和相位	(100)
5.1.3 简谐振动的速度和加速度	(101)
5.1.4 固有周期和固有频率	(101)
5.1.5 简谐振动的能量	(102)
§ 5.2 超声振动的产生方法	(102)
5.2.1 磁致伸缩原理	(103)
5.2.2 磁致伸缩换能器	(103)
§ 5.3 刀具的振动方向	(106)
5.3.1 垂向振动切削	(106)
5.3.2 横向振动切削	(107)
5.3.3 纵向振动切削	(107)
§ 5.4 木材超声切削加工	(109)
5.4.1 切屑形状	(109)
5.4.2 切削力	(110)
5.4.3 加工表面质量	(120)
5.4.4 木材超声旋切	(121)
5.4.5 木材超声钻削	(121)
5.4.6 木材超声振动切削效果的分析	(122)
§ 5.5 木材低频振动切削	(123)
5.5.1 木材低频振动切削机	(123)
5.5.2 低频纵向振动切削	(124)
5.5.3 低频横向振动切削	(126)
参考文献	(128)

第一章 概 述

§ 1.1 特种加工的概念

目前特种加工尚处于研究发展阶段,它主要是相对于常规的机械加工而言的。通常所说的机械加工,主要是指利用机械力对材料所进行的加工。例如,在由高硬度材料制成的工具与工件进行相对运动中,利用两者的硬度差,除去工件上的一部分材料(车削、铣削、磨削等),或者对工件施加大于其弹性极限的机械力,改变其形状和尺寸(锻造、压力成形等塑性加工)等,这些加工都属机械加工。

另外还有,以热能为主要能源,或者以热能和机械力相结合而进行的加工(如铸造、焊接、热锻造等),也属于机械加工的范畴。

如上所述,通常所说的加工,是指以机械能以及热能为能源而进行的加工。近年来,出现了不以机械能和热能为直接能源的加工方法,为了与通常的机械加工相区别,将这种新型的加工方法称之为特种加工。

由此可见,所谓特种加工,是用机械能和热能以外的能源,如电能、光能、化学能、电化学能、声能等,所进行的各种加工。

§ 1.2 特种加工的发展过程

随着工业生产以及科学技术的发展和需要,不断出现了难加工材料和加工形状以及在加工要求上也愈来愈复杂化、微小化、高密度化。对此,依靠通常的机械加工方法,就难以满足加工的技术要求,有时甚至无法进行加工。特种加工就是在这种情况下产生和发展起来的。

随着以原子动力、航天、海洋开发等领域为主的高速发动机和重化学工业的高温、高压化等很多技术的发展,对材料特性(硬度、韧性、耐热性、耐磨性等)的要求愈来愈高,用通常的机械加工方法,往往难以加工这些具有高性能的材料。例如:

(1) 金属模的加工 在现代工业中,在以成批生产为目的机械加工领域里,出现了塑性加工逐渐代替切削加工的趋势,而金属模是塑性加工中的必不可少的主要工具。然而,塑料成型加工、压铸、橡胶和玻璃成型加工等又都离不开金属模。由于这些金属通常都具有很高的硬度和韧性,因此,如果用通常的机械加工方法进行加工,不但很麻烦,而且还需要很多时间。特别是为了提高金属模的寿命,目前往往用硬质合金制造这

些金属模。这样加工难度就更大。

(2) 耐热材料的加工 在柴油机、喷气式飞机、火箭等发动机中有的部分，必须要用耐热材料来制成。这些耐热材料（含有Ni、Cr、Mo、W等元素）的硬度一般都很高，不适合用通常的机械加工方法进行加工。为了提高发动机的效率，对其耐热性的要求，必将会更加严格，对加工耐热材料的技术要求也会愈来愈高。

可见，特种加工首先是在对加工难加工材料的迫切需要情况下而发展起来的。然而，除了上述要求材料本身具有的特性之外，用通常的机械加工方法，也难以实现所需加工的种类和形状。这种需要促进了特种加工的进一步发展。例如：

(1) 金刚石拔丝模 拔丝需要在金刚石拔丝模上打孔，是难度很大的工艺，尤其是在孔径很小（小于 0.02mm ）时，用通常的机械加工方法更难于做到。在手表的宝石轴承和纯铝板上打微孔等，也是同样的例子。

(2) 型孔加工 在机械加工中，用进行回转运动的钻头，很难加工圆孔以外的型孔。而在特种加工中则不同，可以不用相当于钻头的固态物，或者即使是使用相当于工具的东西，也可以不回转，所以非常有利于型孔的加工。

(3) 高密度、微细加工 在很大幅面上，当需要对各种过滤器进行高密度微小加工，以及在极小的容积中，需要对集成电路进行形状复杂的高密度加工时，用通常的机械加工方法都难于完成，而用特种加工却容易实现。

§ 1.3 特种加工的分类

材料的加工方法，一般可分为三大类，即从工件表面上切除的方法，表面上粘附的方法，以及在不改变重量和体积的情况下，改变形状的方法等。

(1) 切除加工 它是指从工件表面上切除多余部分，从而获得在几何形状、尺寸和表面质量上，都合乎预定要求制品的加工方法。用刀具进行的切削加工、用砂轮或磨料进行的磨削加工或磨料加工等都属于这个范畴。

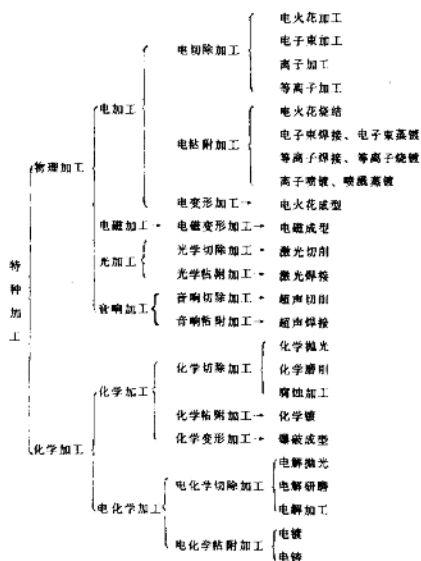
(2) 粘附加工 它是指使两个以上的材料粘附成一体，从而获得在形状和尺寸上都合乎预定要求制品的加工方法。最有代表性的是焊接加工。此外，蒸镀、镀金等也属于这个范畴。

(3) 变形加工 在不改变体积和重量的情况下，使工件产生弹性极限以上的变形，从而获得在形状和尺寸上，都合乎预定要求制品的加工方法。如铸造、锻造以及各种压力加工，均属于这个范畴。

任何加工方法，都属于上述三大类中的某一类，特种加工当然也不例外。在对种类繁多的特殊加工进行分类时，可参考如下系统表1.1：

自然科学或应用技术，一般分为三大体系，即物理、化学和生物体系。生物工程在加工技术中，还没有得到实际应用。因此，在对特种加工进行分类时，首先可将特种加

表 1.1 特种加工的分类



工分为物理和化学两大体系。然后，再以能源的种类进行分类，并与切除、粘附、变形等加工类别联系起来，分成各种加工方法。表1.1 就是按上述原则进行的分类。

§ 1.4 木材特种切削加工的内容

特种加工目前在航天、电子、电器、仪表、机械等制造业中，以及在加工难以加工材料、精密细小和形状复杂的零件方面，已经成为不可缺少的加工方法。然而，特种加工是很多先进技术或新兴技术应用于加工领域的新型加工方法，若是应用得当，在加工一般性材料和制品方面也能够发挥其优越性。

相对而言，木材和木质材料是属于易切削材料，多数制品并不精细复杂。但是，有些特种加工方法，如果应用在木材和木质材料加工上，木材加工业将会发生革命性的变革。例如，若是激光技术能够成功地应用在木材加工上，那再不必用品贵的材料制造很多刀具，也可消除由于刃磨和装刀等而带来的很多麻烦和时间上的消耗，也不必因加工时的噪音而苦恼；因加工时没有切屑，也可带来清洁的工作环境。

特种加工应用于木材加工,目前尚处于研究发展阶段,它能做得到的加工方式,主要为切割、切削、打眼、雕刻、表面装饰等切削方式。

特种加工的种类虽然很多,但为应用于木材切削加工中所进行的研究和实际应用的种类却较少,它主要有激光切削加工、射流切削加工、超声切削加工等。其中木材超声切削加工实际上是把超声振动与木材切削相结合的超声复合切削加工。在利用振动进行木材切削加工中,除了超声振动之外,还有低频振动。产生低频振动的方法,一般是用机械的方法,它不一定与特种加工的概念完全相符。但是,它与通常的加工方法相比,有它的独特之处,并与超声振动切削有共同之处。所以,把它们都作为木材振动切削加工来进行介绍,只不过以超声振动切削加工为主,扼要介绍低频振动切削加工。

本书是从激光、射流、超声波和振动的概念出发,介绍木材激光切削加工、木材射流切削加工和木材振动切削加工(包括超声振动切削加工和低频振动切削加工)的基本原理,特点,各种因素对加工的影响,加工设备以及存在的问题和今后的展望等。

参 考 文 献

- [1] 佐藤敏一,《特殊加工》,养贤堂发行,1981。
- [2] 《机械加工手册》、《电机工程手册》编辑委员会,《机械工程手册》第49篇特种加工,机械工业出版社,1979。

第二章 木材切削学基础

§ 2.1 基本定义

2.1.1 工件与切屑

用木工刀具（又称木材切削刀具）切除或切出木材（或木质材料）的加工过程，称为木材切削加工。在木材切削加工中，被切的木材（或木质材料），即切削加工的对象，称为工件；切下的切削层，称为切屑。切削加工的目的，是为了获得在形状、尺寸精度和表面质量上，都合乎预定要求的制品。切屑通常是多余的部分。但是，在木材切削加工中，有时切屑又是需要的制品，如在旋切机或刨切机上切下来的单板就是需要的制品。

1. 工件上的三个表面

在正在进行切削加工的工件上，一般有三个不断变化着的表面（如图 2-1 所示）。

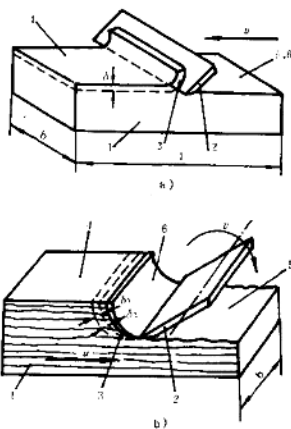


图 2-1 工件上的三个表面和切屑的名义尺寸

a—刨削；b—旋削
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 —切屑的名义长度； b —切屑的名义宽度； d —切屑的名义厚度

- (1) 待加工表面 即将切去切屑的表面。
- (2) 已加工表面 已经切去切屑的表面。
- (3) 加工表面 切削刀正在切削的表面。

在有的加工方式中,已加工表面和加工表面相重合,如刨削加工。

2. 切屑的名义尺寸

在切削过程中,被切下切屑的各部分尺寸,不同于切下之前的尺寸。由于切屑的尺寸不好测量,因此通常用切屑的名义尺寸代替它的实际尺寸(如图 2-1 所示)。

(1) 名义长度 它是指在一次切削中的切削轨迹的长度,用 l 表示。在切削过程中,由于切屑在长度方向上受到压缩,因此,切屑的实际长度略小于名义长度。

(2) 名义宽度 它是指加工表面的宽度,用 b 表示。在切削过程中,由于切屑在宽度方向上有膨胀现象,因此,切屑的实际宽度略大于名义宽度。

(3) 名义厚度 它是指两次切削所形成的两个加工表面之间的法向距离,用 δ 表示。在切削过程中,由于切屑在厚度方向上也有膨胀现象,因此,切屑的实际厚度略大于名义厚度。

2.1.2 切削过程中的运动

木材切削加工是由刀具和工件的相对运动来实现的。这个相对运动,称为切削运动。切削运动,通常包括两个基本运动,即主运动和进给运动。

1. 主运动

从工件上切除切屑,所形成的工件新表面的最基本运动,称为主运动。例如,如图

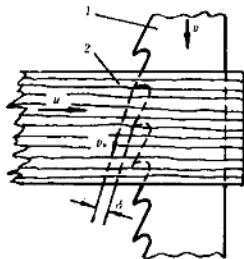


图 2-2 带锯锯切中主运动与进给运动

1 - 带锯条; 2 - 工件(木材)

2-2 所示,在带锯锯切过程中,带锯条沿垂直方向(v 方向)的移动,就是切下锯屑所必需的最基本的运动,也就是锯切的主运动。主运动与进给运动相比,具有运动速度高,功率消耗大的特点。在运动形式方面,有的主运动作直线运动(如带锯锯切),有的作回转运动(如圆锯锯切、铣削、旋切)。

主运动为回转运动时,其运动速度 v 的计算公式为:

$$v = \frac{\pi D n}{6 \times 10^4} \quad (2-1)$$

式中: D 为刀具(或工件)或锯轮的直径,单位是 m ; n 为刀具(或工件)或锯轮的转速,单位是 r/min ; 主运动速度 v 的

单位是m/s。

2. 进给运动

不断切削新的木材层所必需的运动,称为进给运动。在图 2-2 中,木材的水平方向(u 方向)移动,就是进给运动。进给运动与主运动相比,具有运动速度低、功率消耗小等特点。进给运动都作直线运动。

进给运动通常用进给速度 u 、每转进给量 u_n 、每齿进给量 u_z 或每双程进给量 u_r 来表示量的大小。

进给速度 u ,是指工件或刀具在单位时间内,沿进给运动方向的进给量,单位是m/min;每转进给量 u_n ,是指刀具或工件每转一周时,两者沿进给运动方向的相对位移量,单位是mm/r;每齿进给量 u_z ,是指刀具每转动或移动一个齿距时,刀具与工件沿进给运动方向的相对位移量,单位是mm/z;每双行程进给量 u_r ,是指刀具与工件相对往返一次时,两者沿进给运动方向的相对位移量,单位是mm/stk。

进给速度与进给量之间的关系为:

$$u = \frac{u_n n}{1000} = \frac{u_z z n}{1000} \quad (2.2)$$

式中: z 为刀齿数或锯齿数;带锯切削时, z 为锯轮每转切削齿数。

在各种不同的木材切削加工形式中,主运动与进给运动的主体可能均为刀具,如吊截圆锯机的锯切加工;也可能均为工件,如刮床的刮削加工;也可能是刀具和木材各有一种运动,如刀具作主运动,而工件作进给运动的铣削加工,又如工件作主运动,而刀具作进给运动的旋切加工。

主运动和进给运动,有的是同时进行,如锯切加工和钻削加工;也有的是交替进行,如刨切加工和刮削加工。

进给运动如为工件的运动,通常又称为进给运动;进给运动如为刀具的运动,通常又称为走刀运动。

另外,如前面所说,切削运动是主运动和进给运动的合成运动。所以,切削运动速度 v_c 的大小,为主运动速度 v 和进给速度 u 的向量之和,即 $v_c = v + u$,如图 2-2。但是,在绝大多数木材切削加工方式中,主运动速度比进给运动速度大许多,所以通常可以用主运动速度的大小和方向代表切削运动速度的大小和方向。

2.1.3 刀具的组成部分

木工刀具的种类繁多,结构各不相同,但它们都是由两个部分组成的,即夹持部分和切

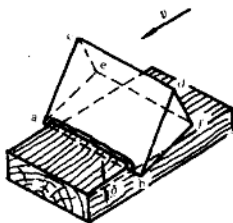


图 2-3 切刀的组成部分

部分。切削部分是刀具中直接参与切削的部分，而任何类型的刀具的切削部分，一般都是由四个面组成的楔形体（如图 2-3 所示）。刀具上的这部分楔形体，通常称为切刀。

切刀又由下列部分组成：

- （1）前刀面 它是指在切削过程中，面对切屑的表面，即图 2-3 中的 $acdb$ 面。
- （2）后刀面 它是指在切削过程中，面对加工表面的表面，即图 2-3 中的 $aefb$ 面。
- （3）侧刀面 它是指前刀面和后刀面的两个侧表面，即图 2-3 中的 ace 和 bdf 面。
- （4）切削刃 它是指前刀面和后刀面的交线，即图 2-3 中的 ab 线。切削刃又称为刀刃或刃口。有时有的刀具，除了前刀面和后刀面的交线参与切削之外，前刀面和某侧刀面的交线也参与切削。在这种情况下，为了便于区别，把前者称为主切削刃，后者称为侧刃。

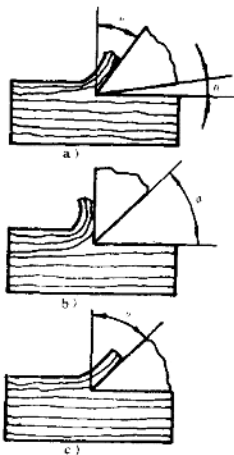


图 2-4 切刀的不同空间位置

$a - \alpha = 0; \gamma = 0; b - \gamma = 0; c - \alpha = 0$

- （2）基面 它是指通过切削刃上的某一选定点，垂直于切削速度方向的平面，即图 2-5 中的 RR 平面。

2. 测量平面

有了坐标平面，就能够表示刀具各刀面的空间位置，也就能表示刀具各角度的大小。

2.1.4 刀具的角度

1. 坐标平面

切刀的前刀面和后刀面之间夹角的大小，对刀具的切削性能和耐用度等，都有很大影响。即使前、后刀面的夹角相同，各刀面的空间位置不同，那刀具的切削性能也大不相同。刀具各刀面（也就是切刀的各面）的空间位置如同图 2-4a 所示时，刀具的切削性能明显好于如同图 2-4b、c 所示的切削性能。

刀具各刀面的空间位置，可以用各方面与工件的有关表面之间的角度关系来表示。但是，由于工件的表面，有的不是平面，因此，一般要借助于与工件上的表面有密切相关的切削平面和基面这两个坐标平面来确定刀具各刀面的空间位置。

- （1）切削平面 它是指通过切削刃的某一选定点，切于工件加工表面的平面，也就是切削速度方向与切削刃的切线所组成的平面，即图 2-5 中的 CC 平面。

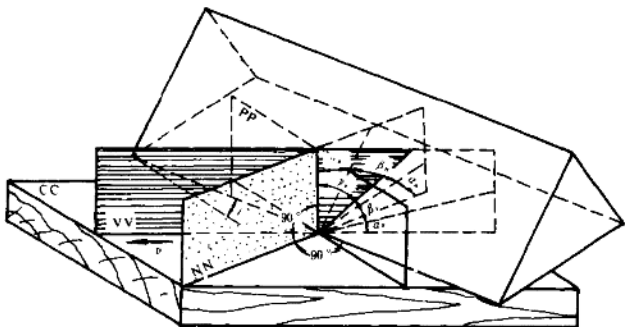


图 2-5 切削平面、基面、主截面和法截面以及刀具的角度

但是,在不同方向上所测量的角度值是各不相同的,因此,还需要规定统一的测量平面。

(1) 主截面 它是指垂直于切削刃并在基面上投影的平面,即图 2-5 中的 VV 平面。它与切削平面和基面相垂直,构成一个空间直角坐标系。切削平面和主截面的交线,与切削速度方向相一致。

(2) 法截面 它是指垂直于切削刃的平面,即图 2-5 中的 NN 平面。

在斜角切削(切削刃不垂直于切削速度方向的切削)中,上述两个截面均存在;而在直角切削(切削刃垂直于切削速度方向的切削)中,上述两个截面就重合为一个截面。

3. 刀具的角度

刀具的几何角度,是指刀具的各刀面相对于工件的空间位置的表示量。刀具有如下几个主要的角度(如图 2-5 所示)。

(1) 前角 它是指前刀面和基面之间的夹角,用 γ 表示。前角表示前刀面相对于基面的倾斜度。当前刀面与基面重合时,前角为零度;当以基面为基准,前刀面向已加工表面(或后刀面)倾斜时,前角为“+”值,反之为“-”值。

(2) 后角 它是指后刀面和切削平面之间的夹角,用 α 表示。后角表示后刀面相对于切削平面的倾斜度。

(3) 楔角 它是指前刀面和后刀面之间的夹角,用 β 表示。

(4) 切削角 它是指前刀面和切削平面之间的夹角,用 θ 表示。它与前角是余角关系。

上述各角度之间有下列关系:

$$\gamma + \beta + \alpha = 90^\circ \quad (2-3)$$

$$\theta = \beta - \alpha = 90^\circ - \gamma \quad (2-3a)$$

为了区别不同测量平面上所测量的上述角度，把在主截面上测量的角度分别称为运动前角 (γ_v)、运动后角 (α_v)、运动楔角 (β_v) 和运动切削角 (θ_v)；将在法截面上所测量的角度分别称为法面前角 (γ_n)、法面后角 (α_n)、法面楔角 (β_n) 和法面切削角 (θ_n)。

刀具的角度，还有工作角度和标注角度之分。在同时进行主运动和进给运动的情况下，按实际切削过程中的切削平面和基面表示的角度，称为工作角度。图 2-6 中的 γ_w 、 α_w 、 θ_w 分别为工作前角、工作后角和工作切削角。

在实际切削过程中，因为刀具的工作角度受切削运动速度、刀具安装高度等的影响

而发生变化，在设计刀具时，其工作角度不仅不好表示，而且给刀具的制造、刃磨、安装和检验等，都会带来麻烦，因此，刀具的角度在设计图上是用标注角度来表示的。平时所说的刀具角度，通常指标注角度。标注角度，就是指只考虑主运动时的角度。图 2-6 中的 γ 、 α 、 β 就是标注角度。根据主运动和进给运动的方向和大小，在工作角度和标注角度之间可以互为换算。通常由于主运动速度远远大于进给运动速度，因而可以用标注角度代替工作角度。

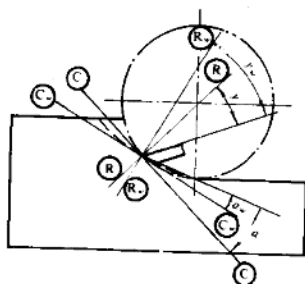


图 2-6 工作角度和标注角度

2.1.5 相对于纤维方向的切削方向

木材是具有纤维的各向异性材料。这是木材区别于别的材料的重要特点之一。由于木材存在纤维，因此木材在各方向上的物理性能、机械性能和切削性能都是各不相同的。在研究木材切削时，必须注意在相对于纤维方向上的各种不同切削方向之间的切削特点和区别。

1. 三个切面

在木材学中，当研究木材的宏观结构时，应从三个切面上观察。

(1) 横切面 与树干轴垂直的面，称为横切面或端面，如图 2-7a 所示，用 O 表示。

(2) 径切面 通过树干髓心的面，称为径切面，如图 2-7b 所示，用 1 表示。

(3) 弦切面 垂直

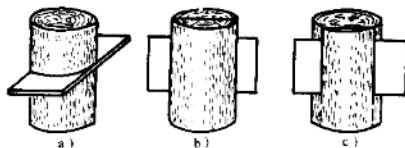


图 2-7 三个切面

a—横切面；b—径切面；c—弦切面

横切面，切于年轮的面，称为弦切面，如图 2-7c 所示，用 U 表示。

图 2-8 所示的是在各切面上年轮的形状，即在树干的横切面上，年轮近似呈现同心圆状；在径切面上，年轮为纵向线条状；在弦切面上年轮呈抛物线或曲线状。

2. 纤维方向的角度

图 2-9 所示的是与纤维方向有关的角度以及年轮有关的角度。

(1) 纤维倾斜角 它是指纤维方向与切削平面之间的夹角，用 φ_1 表示。

(2) 木纹倾斜角 它是指在切削平面内，切削方向与纤维方向之间的夹角，用 φ_2 表示。

(3) 年轮接触角 它是指在横切面上测得的，切削平面与年轮之间的夹角，用 φ_3 表示。

3. 三个主要切削方向

(1) 纵向切削 切削刀垂直于纤维长度方向，并且切削刀在纤维平面内平行于纤维长度方向而运动的切削，称为纵向切削，即图 2-10 中的①和②。通常用“//”或“90—0”来表示。记号中的“90”表示切削刀与纤维方向之间的夹角为 90° ；“0”表示切削方向与纤维方向之间的夹角为 0° 。此时 $\varphi_1 = 0^\circ$ ， $\varphi_2 = 0^\circ$ 。

(2) 横向切削 切削刀平行于纤维长度方向，并且切削刀在纤维平面内垂直于纤维长度方向而运动的切削，称为横向

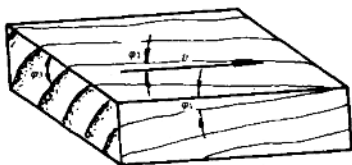


图 2-9 木材纤维方向的角度

切削，即图 2-10 中的③和④。通常用“⊥”或“0—90”来表示。记号中的“0”表示切削刀与纤维方向之间的夹角为 0° ；“90”表示切削方向与纤维方向之间的夹角为 90° 。此时 $\varphi_1 = 0^\circ$ ， $\varphi_2 = 90^\circ$ 。

(3) 端向切削 切削刀垂直于纤维长度方向，并且切削刀在垂直于纤维长度方向的平面而运动的切削，称为端向切削，即图 2-10 中的⑤和⑥。通常用“⊥”或“90—90”来表示。记号中的前“90”表示切削刀与纤维方向之间的夹角为 90° ，后“90”表示切削方向与纤维方向之间的夹角为 90° 。此时 $\varphi_1 = 90^\circ$ 。

在图 2-10 中①和②、③和④、⑤和⑥之间的切削条件也不完全相同。①是弦切面

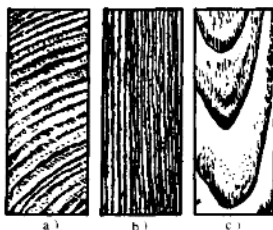


图 2-8 在三个切面上年轮形状

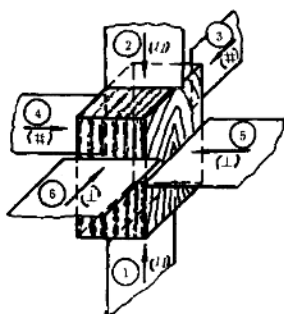


图 2-10 三个主要切削方向

上的纵向切削 ($\varphi_1 = 0^\circ$)，而②是径切面上的纵向切削 ($\varphi_1 = 90^\circ$)。③是弦切面上的横向切削 ($\varphi_1 = 0^\circ$)，而④是径切面上的横向切削 ($\varphi_1 = 90^\circ$)。⑤是在横切面上垂直于年轮的端向切削，而⑥是在横切面上相切于年轮的端向切削。由于上述条件的不同，在切削过程中所表现出来的特点也有所不同。因此，在深入研究木材切削理论时，不仅要考虑纤维方向，而且还要考虑切面和年轮因素。现把上述内容归纳成表 2-1、表 2-2、表 2-3 所示的形式。

4. 三个过渡切削方向

(1) 纵横向切削 它是指纵向切削与横向切削之间的过渡切削，通常用“//—⊥”来表示。

(2) 纵端向切削 它是指纵向切削与端向切削之间的过渡切削，通常用“//—⊥”表示。

表 2-1 径切面上纵向切削和弦切面上纵向切削

相对于纤维方向的切削方向 \ 切面	径切面 (I)	弦切面 (U)
纵向切削 (90—0, //) $\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 0^\circ$	径切面上纵向切削 (90—0, //—//) $\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 0^\circ$	弦切面上纵向切削 (90—0, //—⊥) $\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 0^\circ$

表 2-2 径切面上横向切削和弦切面上横向切削

相对于纤维方向的切削方向 \ 切面	径切面 (I)	弦切面 (U)
横向切削 (0—90, ⊥) $\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 90^\circ$	径切面上横向切削 (0—90, ⊥—⊥) $\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 90^\circ$	弦切面上横向切削 (0—90, ⊥—//) $\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 90^\circ$

表 2-3 切向端向切削和法向端向切削

相对于年轮的切削方向 \ 相对于纤维方向的切削方向	对年轮切向 (Q)	对年轮法向 (f)
端向切削 (90—90, ⊥) $\varphi_1 = 90^\circ$	切向端向切削 (90—90, Q—⊥) $\varphi_1 = 90^\circ$	法向端向切削 (90—90, f—⊥) $\varphi_1 = 90^\circ$

来表示。

(3) 横端向切削 它是指横向切削与端向切削之间的过渡切削,通常用“ $\# \perp$ ”来表示。

同主要切削方向一样,在进行过渡切削方向深入分析时,应该考虑到不同切面和相对于年轮的切向,因此,将这三个过渡切削可归纳为表 2-4、表 2-5、表 2-6 所示的形式。

表 2-4 径切面上纵横向切削和弦切面上纵横向切削

切 面 相 对 于 纤维方向的切削方向	径 切 面 (I)	弦 切 面 (U)
纵 横 向 切 削 ($\# \perp$) $\varphi_1 = 0^\circ, 0^\circ < \varphi_2 < 90^\circ$	径切面上纵横向切削 ($(I \rightarrow \#) - (I \perp)$) $\varphi_1 = 0^\circ, 0^\circ < \varphi_2 < 90^\circ$ 图 2-11 a	弦切面上纵横向切削 ($(U \rightarrow \#) - (U \perp)$) $\varphi_1 = 0^\circ, 0^\circ < \varphi_2 < 90^\circ$ 图 2-11 b

表 2-5 径切面一切向纵端向切削和弦切面一切向纵端向切削

切面以及相对于年轮的切削方向 相 对 于 纤维方向的切削方向	径切面一切向 (I → q)	弦切面一切向 (U → f)
纵 端 向 切 削 ($\# \perp$) $0^\circ < \varphi_1 < 90^\circ$ (顺纹) $90^\circ < \varphi_1 < 180^\circ$ (逆纹) ($\varphi_2 = 0^\circ$)	径切面一切向纵端向切削 ($((I \rightarrow q) - (q \perp))$) $0^\circ < \varphi_1 < 90^\circ$ (顺纹) $90^\circ < \varphi_1 < 180^\circ$ (逆纹) ($\varphi_2 = 0^\circ$), 图 2-11 c	弦切面一切向纵端向切削 ($((U \rightarrow f) - (f \perp))$) $0^\circ < \varphi_1 < 90^\circ$ (顺纹) $90^\circ < \varphi_1 < 180^\circ$ (逆纹) ($\varphi_2 = 0^\circ$), 图 2-11 d

表 2-6 径切面一切向横端向切削和弦切面一切向横端向切削

切面以及相对于年轮的切削方向 相 对 于 纤维方向的切削方向	径切面一切向 (I → f)	弦切面一切向 (U → q)
横 端 向 切 削 ($\# \perp$) $0^\circ < \varphi_1 < 90^\circ$ ($\varphi_2 = 90^\circ$)	径切面一切向横端向切削 ($((I \rightarrow f) - (f \perp))$) $0^\circ < \varphi_1 < 90^\circ$ ($\varphi_2 = 90^\circ$), 图 2-11 e	弦切面一切向横端向切削 ($((U \rightarrow q) - (q \perp))$) $0^\circ < \varphi_1 < 90^\circ$ ($\varphi_2 = 90^\circ$), 图 2-11 f

2.1.6 木材切削方式的种类

木材切削方式,有多种分类方法。按照木材加工工艺的特点木材切削可分为:锯切、刨削、铣削、钻削、打眼、旋切、磨削(砂光)、车削等。

按照切削方向木材切削可分为:如上所述的三个主要方向切削和三个过渡切削。

按照切屑的特性木材切削可分为:有屑切削和无屑切削。

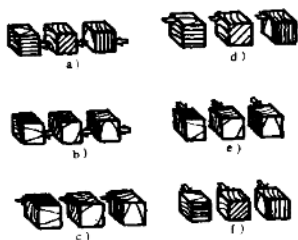


图 2-11 过渡切削

a—径切面上纵纵向切削；b—弦切面上纵纵向切削；
c—径切面一切向纵纵向切削；d—弦切面一切向纵纵向切削；
e—径切面一切向横纵向切削；f—弦切面一切向横纵向切削

方向的切削，称为直角切削或正切削，即如图 2-13a 所示；刀具切削刃的切线不垂直于切削速度 v_c 方向的切削，称为斜角切削或斜切削，即如图 2-13b 所示。在一般情况下，可以忽略进给速度的影响，用主运动速度 v 方向与切削刃是否互相垂直来区别直角切削和斜角切削。

应该注意的是，不要把工件斜置（如图 2-14 所示）误认为是斜角切削。对直角切

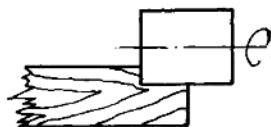


图 2-12 半开式切削

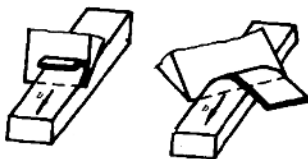


图 2-13 直角切削和斜角切削

a—直角切削；b—斜角切削

削与斜角切削，只有从切削刃与运动的相对关系上才能加以区别。在工件斜置的情况下，尽管切入和切出都比较平稳，并且切屑相对于工件侧面斜向流出，但由于切削刃垂直于切削速度，切屑流出方向相对于刀具来说垂直于切削刃，因此，它仍然是直角切削，而不是斜角切削。

根据主运动的运动轨迹，木材切削还可分为直线切削和回转切削；根据切削的复杂程度，它还可分为基本切削和复杂切削。当切削方式为直线、直角并为开式切削时，这样的切削称为基本切削；否则称为复杂切削。