

# 概 论

木工机械是指在木材加工工艺中，将木材加工的半成品加工成为木制品的一类机床。家具机械是木工机械的重要组成部分。

## 第一节 家具及木工机械的历史与发展概况

木工机床加工的对象是木材。木材是人类发现利用最早的一种原料，与人类的住、行、用有着密切的关系。人类在长期实践中积累了丰富的木材加工经验。木工机床正是通过人们长期生产实践，不断发现，不断探索，不断创造而发展起来的。

古代劳动人民在长期的生产劳动中创造和使用了各种木工工具。最早的木工工具是锯子。根据历史记载，中国商代和西周时期，最早制成了“商周青铜刀锯”距今已有 3 000 多年。国外历史记载中最古老的木工机床是公元前埃及人制造的弓形车床。1384 年在欧洲出现的以水力、畜力、风力为动力驱动锯条做往复运动锯剖原木的原始排锯机，是木工机床的进一步发展。

18 世纪末，近代木工机械诞生在英国。18 世纪 60 年代，英国开始了“产业革命”，机械制造技术取得了显著进步，原来依靠手工作业的产业部门相继达到机械加工。木材加工也利用这一机会开始了机械化的进程。其中以被称为“木工机床之父”的英国造船工程师本瑟姆（S. Benthem）的发明最为卓著。从 1791 年开始他相继完成了平刨、铣床、镗铣机、圆锯机、钻床的发明。虽然当时这些机床的结构是以木材为主体，只有刀具和轴承是金属制造的，结构还很不完善，但与手工作业相比却显示出了极高的效率。

1799 年布鲁奈尔（M. I. Bruner）发明了造船业专用木工机床，使得工效有了显著提高。1802 年英国人布拉马（Bramah）发明了龙门刨床。它是将被加工的原料固定在工作台上，刨刀在工件上面旋转，当工作台往复运动时，刨刀对木材工件进行刨削。

1808 年英国人威廉·纽伯里（Welliums Newberry）发明了带锯机。但由于干

当时带锯条的制作与焊接技术水平较低，带锯并没有投入使用。直到 50 年后，法国人完善了带锯条的制造焊接技术，带锯机才获得普遍应用。

19 世纪初，美国经济大发展，大量欧洲移民移入美国，需要建造大量的住宅、车辆和船只等，加上美国具有丰富森林资源这个得天独厚的条件，木材加工工业兴起，木工机床得到很大发展。1828 年伍德沃思（Woodworth）发明了单面压刨，它的结构是回转的刨刀轴和进给滚筒相结合，进给滚筒不但进料而且可以起到压紧木料的作用，可以将木料加工成规定的厚度。压刨还具有刨边、开槽的功能，工作效率很高。1860 年开始以铸铁替代木制床身。

1834 年美国乔治·佩奇（George Page）发明了脚踏榫槽机；费伊（J. A. Fay）发明了开榫机；1876 年美国格林里（Greenlee）发明了最早的方凿榫槽机；1877 年美国的柏尔林工厂出现了最早的带式砂光机。

1900 年美国开始生产双联带锯机。

1958 年美国展出了数控机床，10 年后，英国、日本相继开发了木工数控镂铣机。

1960 年美国首先制成了制材削片联合机。

1979 年德国蓝帜（Leits）公司制成了聚晶金刚石刀具，其寿命是硬质合金刀具的 125 倍，可以用于极硬的三聚氰胺贴面的刨花板、纤维板及胶合板的加工。近 20 年来，随着电子技术和数控技术的发展，木工机床也在不断地采用新技术。1966 年瑞典柯肯（Kockums）公司建立了世界上首座计算机控制的自动化制材厂。1982 年英国的瓦特金（Wadkin）公司发展了 CNC 镂铣机和 CNC 加工中心；意大利的 SCM 公司发展了木工机床柔性加工系统。1994 年意大利 SCM 公司、德国 HOMAG 公司相继推出了厨房家具柔性生产线和办公家具柔性生产线。

从蒸汽机发明到现在 200 多年的时间，发达工业化国家的木工机床行业，经过不断的改进、提高、完善，现在已发展成为有 120 多个系列，300 多个品种，成为一个门类齐全的行业。国际上木工机械较为发达的国家和地区有：德国、意大利、美国、日本、法国、英国和我国的台湾省。

由于我国近代受帝国主义的欺压，腐败的清政府实行闭关锁国的政策，限制了机械行业的发展。建国前我国几乎没有自己的木工机械加工业，大部分机床依靠进口。1950 年后，我国木工机床行业得到了飞速发展。40 多年来我国已从仿制、测绘发展到独立设计制造木工机械。现已有 40 多个系列，100 多个品种。已形成了一个包括设计、制造和科研开发的产业体系。

## 第二节 家具及木工机械的发展趋势

科学技术不断地向前发展，新技术、新材料、新工艺不断地涌现。电子技术、数字控制技术、激光技术、微波技术以及高压射流技术的发展，给家具机械的自动化、柔性化、智能化和集成化带来了新的活力，使机床的品种不断增加，技术水平不断提高。综合起来其发展趋势有以下几个方面：

(1) 提高木材的综合利用率。由于世界范围内的森林资源日趋减少，高品质原材料的短缺已成为制约木材工业发展的主要原因。最大限度地提高木材的利用率，是木材工业的主要任务。发展各种人造板产品，提高其品质和应用范围是高效利用木材资源最有效的途径。另外，发展全树利用，减少加工损失，提高加工精度均可在一定程度上提高木材的利用率。

(2) 提高生产效率和自动化程度。提高生产效率的途径有两个方面：一是缩短加工时间，二是缩短辅助时间。缩短加工时间，除了提高切削速度，加大进给量外，其主要的措施是工序集中。因为刀具、振动和噪音方面的原因，切削速度和进给量不可能无限制地提高，因此多刀通过式联合机床和多工序集中的加工中心就成了主要的发展方向。如联合了锯、铣、钻、开榫、砂光等功能的双端铣床；多种加工工艺联合的封边机；集中了多种切削加工工序的数控加工中心等。缩短辅助工作时间主要是减少非加工时间，采用附带刀库的加工中心，或采用数控流水线与柔性加工单元间自动交换工作台的方式，把辅助工作时间缩短到最低。

(3) 提高加工精度。目前普通机床的加工精度可达到  $1\sim 5\mu\text{m}$  超精度数控加工已经达到纳米级。由于木工机械加工对象自身的特点，决定了木工机械达不到金属切削机床的精度，但其加工精度正在逐年提高。如国外砂光机的定厚精度可达  $0.01\text{mm}$ ；步进电机与滚珠丝杠配合的带锯侧向进给机构的进尺精度可达  $0.025\text{mm}$ 。数控铣床的加工精度可达  $0.02\text{mm}$ 。

(4) 应用高新技术。随着科学技术的进步，一些新的加工方法将会在木材加工工业中得到广泛应用。如激光、超声波、电子束、等离子束、高压射流、磨料射流、电磁成型等非传统的加工方法。这些技术的应用会给传统的加工方法带来一次革命性的变革，将有力地促进木材工业向高精度、高速度、高质量、高效率方向发展。

(5) 发展柔性化，集成化加工制造系统。为了适应家具工业产品生命期短，市场流行趋势变化快，多品种、小批量生产的需要，国外从 20 世纪 80 年代中期就已开发生产出了家具柔性加工系统。1994 年的米兰和 1996 年的汉诺威国

际木工机械博览会上，意大利的 SCM 公司和德国的 HOMAG 公司推出的厨房家具和办公家具柔性生产线，使家具的柔性生产系统进入了工业化大规模应用阶段。目前，国内木工机械制造业正步入到计算机数字控制和加工中心阶段。柔性加工单元、柔性制造系统、集成加工系统和智能集成加工系统尚在研究阶段。但计算机数控化、柔性化、智能化和集成化已成为机械制造业与自动控制技术发展的总趋势，也是 21 世纪木工机械的发展趋势。

(6) 安全无公害加工生产系统。安全性差、噪音、粉尘是木材工业中的三大公害。虽经多年努力仍无法从根本上解决。随着人们生活水平的不断改善，环境保护的呼声越来越高，人们更加重视自身的生活质量。因此，木工机械的设计、制造和使用必须符合环保的要求，达到安全，低噪，无尘。所以进一步解决三大公害仍将是今后木工机械不断努力的方向。

### 第三节 家具及木工机械的特点

家具及木工机械与普通机床有相同点，也有很大的区别。由于木工机床的加工对象是木材，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（110~120℃）。所有这些，构成了木工机床独有的特性。

(1) 高速度切削。木工机床的切削线速度一般在 40~70m/s，最高可达 120m/s。一般切削刀轴的转速在 3 000~12 000r/min，最高可达 20 000r/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较低的表面粗糙度，同时木材的表面温度也不会超过木材的焦化温度。高速切削对机床的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) 有些零部件的制造精度相对较低。除一些高速旋转的零部件外，由于木制品的加工精度一般比金属制品的精度低，所以机床的工作台、导轨等的平行度、直线度，以及主轴的径向跳动等要求要比金属切削机床低。但只是相对而言。对于高速旋转的刀轴和微薄木旋切机的精度要求很高，并且随着木制品的加工精度和互换性要求的提高，木工机床的精度正在逐步提高。

(3) 木工机床的噪声水平较高。受高速切削和被切削材料性能的影响，木

工机床的噪声水平一般较高。主要噪声来源：一是高速回转的刀轴扰动空气产生的空气动力性噪声，二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产生的机械性噪声。一般在木材加工的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 100~110dB (A)，严重地污染着环境，影响工人的身心健康，成为公害之一。工业噪声污染日益受到人们的重视。国际卫生组织规定，对木工机床中的锯、铣类机床的空转噪声要低于 90dB (A)，其他类机床的空转噪声水平不高于 85dB (A)，否则，该产品为不合格产品不准出厂。

(4) 木工机床一般不需要冷却装置，而需要排屑除尘装置。由于木材的硬度不高，在加工过程中刀具与工件之间产生的摩擦热小，即使高速切削，也不致使刀具过热而产生变形、退火现象。另外，木制品零件的特点决定了其不能在加工过程中被污染，所以木工机床一般不需冷却装置。但在加工过程中产生大量易燃的锯末、刨花，需要及时排除，所以一般木工机床都需配有专用的排屑除尘装置。

(5) 木工机床采用贯通进给方式多，工位方式少。由于木材工件重量轻，尺寸大，一次性加工多，所以为了减少机床结构尺寸和占地面积，木工机床一般多采用工件贯通式进给方式。如锯、铣、刨类机床等。

## 第四节 木工机床型谱和编号方法

### (一) 制订木工机床型谱编号的意义

木工机床编号的目的就是用几个简单的数字和符号将机床所属的系列、主要规格、技术性能和结构特征表示出来，以便于使用单位的选用，技术管理，技术交流和商务贸易活动。

### (二) 木工机床的分类

木工机床的分类方法很多，可以按不同的用途和不同的需要进行不同的划分：

(1) 按照机床的加工工艺，包括加工方式、加工零件的类型、几何尺寸和加工精度等，可以分为精加工机床和粗加工机床。

(2) 按照机床加工零件相对切削刀头的位置，可以分为通过式和工位式。

(3) 按照机床的工艺适应性，可以将机床分为通用机床，如平刨、压刨等；专门化机床，如封边机、四面刨等；专用机床，如装铰机、订钉机等。

(4) 按照机床可同时加工工件的数量，可以将机床分为单轴或多轴、单线或多线、单头或多头、以及多刀机床。按照机床自动化程度的高低，可以将机

床分为手动操作、机械化、半自动化和自动化机床。手动操纵的机床中除了主切削运动外，其余的一切运动均由人工手动操纵。机械化机床中执行机构的工作运动由机械驱动。半自动化机床中工作循环的工作运动和部分辅助运动由机械驱动。自动化机床工作循环中全部的工作运动和辅助运动都由机械驱动完成。

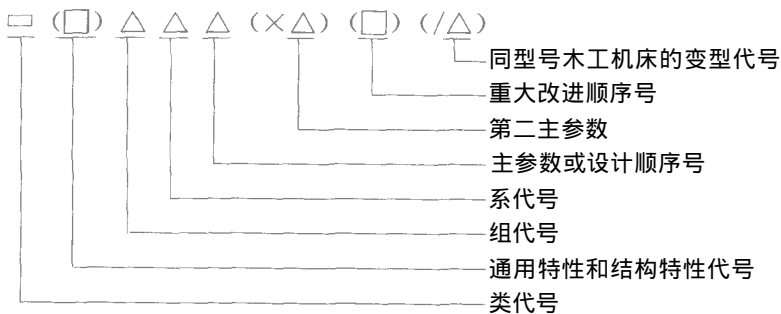
(5) 按照机床的加工性质，即机床采用的切削方式或用途，国家标准将木工机床划分为十三类。具体分类方法见表 1-1。

表 1-1 木工机床分类方法

类别	木工锯机	木工刨床	木工铣床	木工钻床	木工榫槽机	木工车床	木工磨光机	木工联合机	组装涂布机	木工辅机	木工手提机具	木工多工序	其他木工机床
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

### (三) 通用木工机床型号的编制方法

按照 GB12448—90 规定的木工机床型号编制方法，木工机床型号的表示如下：



- 注：(1) 有 ( ) 的代号，当无内容时，则不表示。若有内容，应不带 ( )。  
 (2) 有“□”符号者，为大写的汉语拼音字母。  
 (3) 有“△”符号者，为阿拉伯数字。

#### (1) 组、系的划分：

在木工机床十三类以下划分组、系。同类木工机床中，其结构性能及使用范围基本相同的机床为一组；同组木工机床中，主参数名称相同，数值按一定要求排列；工件和刀具的相对运动特点基本相同，而且基本结构及布局形式相

同的机床为一系。木工机床型号是机床的产品代号，由汉语拼音字母及阿拉伯数字组成。代表机床所属的系列、技术规格和性能、以及结构特性。每类木工机床划分九个组，每个组划分十个系，组系代号用两位阿拉伯数字表示。

#### (2) 通用特性与结构特性代号：

当某种类型的木工机床，除了普通型外，还有表 1-2 列出的某种通用特性时，通用特性在类的代号后予以表示，若此类机床仅有某种通用特性，而无普通型时，通用特性不予表示。一般一个型号中只表示最主要的一个通用特性，少数特殊情况下，最多可以表示两个。通用特性代号在各类木工机床型号中的意义相同。

表 1-2 木工机床通用特性代号

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

#### (3) 结构特性代号：

为了区分主参数相同而结构不同的木工机床，在型号中加结构特性代号予以区别。结构特性代号用大写汉语拼音字母表示，但“ I ”“ O ”两个字母不能作为结构特性代号。例如端面车床用“ D ’，表示，左式带锯机用“ Z ”表示。

#### (4) 主参数表示方法：

型号中的主参数用折算值表示，位于组、系代号后。当折算值大于 1 时，取整数，前面不加 0。多数木工机床的主参数是用其最大加工生产能力的技术参数表示，折算系数为 1/100。

#### (5) 通用木工机床的设计顺序号：

某些通用木工机床，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。设计顺序号由 1 起始。当设计顺序号少于两位时，则一律在设计顺序号前加 0。

#### (6) 第二主参数表示方法：

当木工机床的最大工件长度、工作台长度、裁边长度等长度单位的变化将引起机床的结构、性能的重大变化时，为了区分，将其作为第二主参数列于主参数之后，用“ × ”分开，读作“乘”。凡属长度包括行程、跨距，采用 1/100 的折算系数，凡属宽度、深度、齿距，采用 1/10 的折算系数，属于工件厚度，则以实际的数值列入型号。

当以轴数或联数作为第二主参数列入型号时，其表示方法与上面相同，以实际数值列入。

#### (7) 重大改进序号：

当木工机床的性能及结构布局有重大改进，并按新产品进行试制和验收鉴定时，才可在原型号后加重大改进序号，按字母 A、B、C 的顺序选用，以区别于原型号。重大改进后的产品与原产品是一种取代的关系，两者不能长期并存。凡属局部改进，或增减附件，增减测量装置及改变装夹工件方式等，均不属于重大改进。

(8) 同型号木工机床的变形代号：

某类用途的通用木工机床，需要根据不同的加工对象，在基本型号的基础上，仅改变机床的部分性能结构时，则加变形代号。这类变形代号可在原型号后加 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) 通用木工机床型号示例：

例 1 最大锯片直径为 400mm 的手动进给木工圆锯机，其型号为 MJ104；

例 2 锯轮直径为 1060mm 的跑车木工带锯机，其型号为 MJ3210；

例 3 最大加工宽度为 600mm 带数显的单面木工压刨，其型号为 MBX106

例 4 最大钻孔直径为 50mm 的立式单轴木工钻床，其型号为 MZ515；

例 5 开榫榫头最大长度为 160mm 的单头手动直角框榫开榫机，其型号为 MD2116；

例 6 型号 MJ223A 表示摇臂式万能木工圆锯机，最大锯片直径为 300mm，第一次改进设计；

例 7 MB504 表示最大加工宽度为 400mm 的木工平刨；

例 8 MM529 表示最大磨削宽度为 900mm 的双砂架宽带砂光机；

例 9 MX5112 表示加工工件最大厚度为 120mm 的立式下轴木工铣床；

例 10 MXK5026 表示工作台最大长度为 2600mm 的数控木工镂铣机。

## 第五节 评定木工机床的技术经济指标

机床优劣的评定，主要是依据机床具有的技术经济指标来进行的。这些技术经济指标也就是机床设计时要达到的具体要求。各技术经济指标之间是相互联系，又是相互制约的，但对于某一具体的机床又应该有所侧重，要正确处理好各指标之间的关系，才能符合“多，快，好，省”的原则。

(一) 工艺可能性

机床的工艺可能性是指机床适应不同的生产要求的能力。大致可分为下列内容：

- (1) 机床可以完成工序的种类；
- (2) 加工材料的类型，材料和尺寸范围；
- (3) 适用的生产规模；
- (4) 加工零件的成本。

工艺可能性的大小主要是根据生产的批量，即根据工序集中还是工序分散而定。在大批量生产中，为了提高生产效率，往往采用工序分散的原则。一台机床只负担一道或几道工序的加工。因此用于大批量生产的专门化机床，必须要适当地缩小机床的工艺可能性，以提高效率，降低成本，简化机床的结构。在小批量或单件生产中，由于产品品种多变，工序应适当地集中，使一台机床尽可能多地完成多道工序。因此，通用机床要适应不同的部门需要和各种加工工作，工艺可能性应适当地放宽。

人造板机械属于专门化机械，应视具体的情况，合理地缩小机床的工艺可能性，以达到简化结构，降低成本，提高效率的目的。但是对于家具机械，特别是平刨、压刨、铣床等属于通用机械，就应广泛地了解使用部门的要求，根据主要的、共同的要求来确定它们的工艺可能性。在条件许可的范围内，应适当地放宽机床的工艺可能性，以满足各方面的使用要求。计算机数字控制加工中心是一种典型的工序集中的机床。机床设计时确定机床的工艺可能性，应依据其主要的、共同的使用要求来确定。如果机床的工艺可能性过小就会使机床的使用范围受到一定的限制，并且一定程度上会对木材加工工艺起阻碍作用。但若盲目地扩大机床的工艺可能性，必将使机床的结构复杂，不仅不能发挥各部件的性能，有时还会影响机床主要性能的发挥。

## (二) 加工精度和表面粗糙度

机床的加工精度是指被加工工件在尺寸、形状和相互位置方面所能达到的准确程度。影响机床精度的因素很多，如操作工人的技术水平等，但它主要取决于机床的几何精度、传动精度、运动精度和刚度。几何精度取决于机床主要部件的几何形状和位置精度。传动精度取决于传动系统中机件的制造精度、装配精度和传动系统设计的合理性。运动精度是指机床在无外载荷的情况下，以工作速度运转时的精度。刚度是指机床及部件抵抗变形的能力，以保证机床受力以后，各零部件相互位置的正确性。影响机床精度的因素还有残余应力引起的变形，振动和热变形等。

被加工工件的表面粗糙度也是衡量机床性能的主要指标之一。它与被加工木材的性质、刀具的材料、几何形状、进给量以及机床切削加工时的振动有关。

加工精度和表面粗糙度必须符合被加工工件的要求，但也不能脱离实际，而盲目地提高机床的精度，否则会提高机床的加工制造成本。

### （三）生产率与自动化程度

生产率通常是指机床单位时间内加工工件的数量。要提高生产率就必须缩短机床加工每个工件所需的平均总时间，其中包括切削加工时间、辅助时间和平均到每个工件上的准备和结束时间。

生产率的计算公式如下：

$$Q = \frac{1}{T_z} = \frac{1}{T_R + T_f + \frac{T_{zh}}{h}} \quad (1-1)$$

式中： $Q$ ——单位时间内机床完成工件的数量；

$T_z$ ——加工一个工件的平均时间；

$T_R$ ——每个工件的有效加工时间；

$T_f$ ——加工每个工件时的辅助工作时间；

$T_{zh}$ ——加工每批工件的准备和结束工作的平均时间；

$h$ ——每批工件数量。

一般采用先进的刀具，提高机床的切削速度，采用大切深，快进给和多刀多刃切削是提高生产率的重要途径。这些措施应视具体的情况而确定选用，绝不能一味地提高主轴转速而不顾机床其他机构的生产能力，而造成相反的效果。

为了提高劳动生产率，减轻工人劳动强度，更好地保证加工精度和精度的稳定性，应该尽量提高机床自动化程度。机床的自动化程度可以用机床自动工作时间和机床的全部工作时间的比值表示。按自动化程度的高低，机床分为自动机床、半自动机床和普通机床三类。

自动机床具有完整的自动工作循环，包括自动装卸工件、自动连续加工工件。

半自动机床也有完整的自动工作循环，但装卸工件需要人工完成，因此不能连续加工工件。

普通机床虽然也不同程度地采用了自动循环系统，但没有完整的自动工作循环。

机床设计时应根据不同的实际情况确定机床的自动化程度和实现自动化采用的手段，一般地讲自动化程度应尽量地提高。某些通用机床用途广，工件的变化范围大，较难实现全部自动化，也应采用局部的自动循环。实现自动化采用的手段和生产批量有很大的关系，大批量生产时，应用自动、半自动机床；小批量生产时，由于要求机床调整快速和机床的通用性，应用普通机床。

### （四）结构，制造和维修

在满足使用要求的前提下，机床的结构应尽可能地简单，并达到较好的工

# 木材切削的基本理论

## 第一节 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，都可以把他们看作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，反映各种复杂切削方式、切削机理的共同规律。

### 一、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称之为切屑的组织，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。

### 二、切削运动

通常，欲从工件上切除一层木材，可以采用具备两种简单运动的刀具（如图 2-1）：一种是直线运动刀具，如刨刀；另一种是回转运动刀具，如铣刀。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。有时切削层厚受刀具强度和加工质量等因素的限制，需要分数层依次切削。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接线运动  $V$  的方向作直线运动  $U$ ，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直线运动。

艺性能。这样才能使加工制造、装配、维修简单方便。机床的系列化，零部件的通用化、标准化，对机床的制造，维修有直接的影响。系列化的机床可以用很少的品种满足各种使用要求，使同类型机床结构典型化，减少设计工作量。零部件的通用化和标准化既可以缩短机床的设计周期和制造周期，实现专业化生产，又能提高产品的质量，降低生产成本。通用化和标准化使使用厂家可以很容易地买到易损件，维修方便。

#### （五）安全性和工作可靠性

安全性是指机床操作方便、省力、容易掌握，不易发生故障和操作错误，减少工人的疲劳，保证工人和机床的安全。

机床的可靠性是指机床无故障工作时间占总时间的比例，或机床的故障率。随着自动化水平的提高，一条生产线需要多台机床和仪表控制系统。如自动生产线由多台机床和运输线连接而成。它们对机床的工作可靠性要求高，倘若一台机床发生故障，往往会影响到全线或某个部分的正常生产。因此，机床的可靠性要适当地提高。

#### （六）效率、使期限和生产成本

机床的效率是使用的有效功率对输入功率的比值。两者的差值就是摩擦损失。摩擦转化为热量，引起机床的热变形，对机床带来不良的后果，特别是大功率、高精度的机床更应引起注意。

机床的使用期限就是机床保持其应有加工精度的工作时间。这个期限越长，机床的精度保持性越好。机床的使用期限指一个大修期，中、小型木工机床为8年。确保和提高机床使用期限的措施主要是提高一些关键部件，如主轴和导轨的耐磨性，并使主要传动件的疲劳寿命与之相适应。

机床生产成本的高低，表示它在经济上的合理性，同时也反映设计和生产企业管理水平的高低，必须十分重视，特别在目前市场竞争异常激烈的情况下，只有提高管理水平，努力降低成本，才能在市场竞争中立于不败之地。

另外，设计机床时还应注意，机床的体积要小，重量要轻，占地面积要小，外型美观，以及防止污染等。目前机床设计中强调环境保护的呼声越来越高，减少噪声污染水平，减少漏油、漏汽、漏水等方面的要求越来越严格。

对于机床的技术经济指标，在设计机床时应综合考虑。不能为了追求结构简单而降低机床的使用性能。也不能因为盲目扩大一些不必要的性能而使机床结构过于复杂而增加机床的生产成本。应在保证使用要求的前提下，尽可能地使制造简单方便。对具有不同要求的机床，各项技术经济指标应各有不同的侧重点。应确保重点，兼顾一般。在综合各项技术经济指标的前提下，使设计的机床重量轻、体积小、结构简单、使用方便、效率高、质量好、成本低。

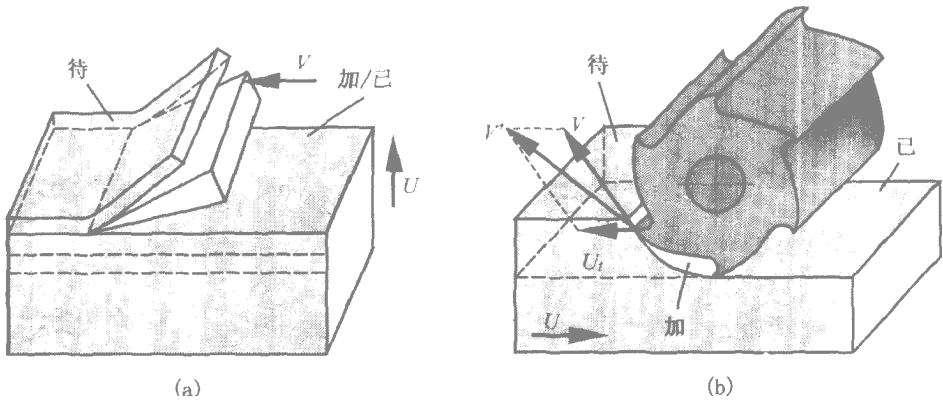


图 2-1 直线和回转运动切削时的加工表面

(a) 直线运动切削；(b) 回转运动切削

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。

### (一) 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。主运动用切削速度  $V$  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：

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{6 \times 10^4} \quad (\text{m/s}) \quad (2-1)$$

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。

### (二) 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。进给运动可以用以下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  $f_r$ ——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  $U_s$ ——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/s)。

每齿进给量  $U_z$ —— 刀具每转过一个刀齿, 刀具与工件沿进给方向上的相对位移 (mm/z)。

进给速度与进给量之间的关系为:

$$U = \frac{U_n \cdot n}{1000} = \frac{U_z \cdot z \cdot n}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (2-2)$$

式中:  $z$ —— 铣刀、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)。

### (三) 切削运动

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:

$$\vec{V}' = \vec{V} + \vec{U} \quad (2-3)$$

如图 2-1 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, 如仿形铣削。

## 三、刀具和工件的各组成部分

为了研究刀具几何参数, 以认识其几何特征, 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 2-1。

(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, 如图 2-1 (a)。

木材切削刀具的种类虽说很多, 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；二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 2-2，图 2-3）：

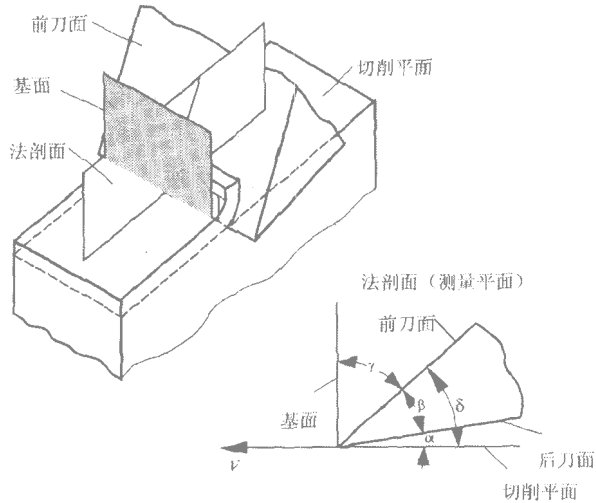


图 2-2 直线运动的刀具组成部分和角度

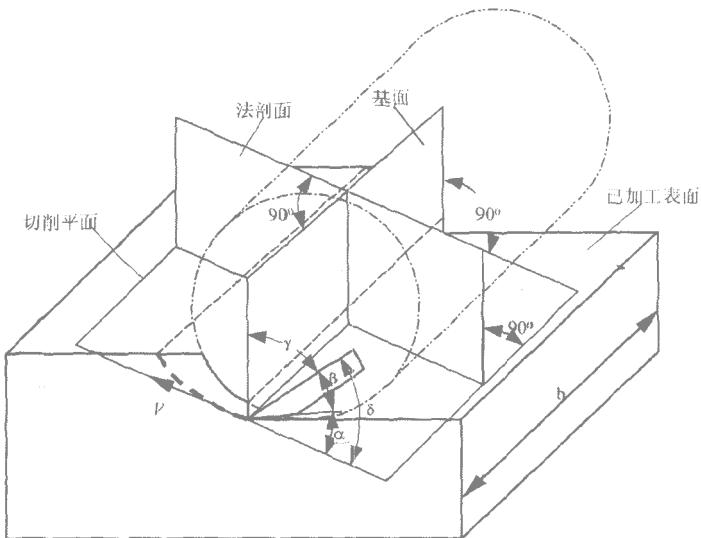


图 2-3 回转运动刀具的角度

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。

#### 四、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定，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：通过切削刃与加工平面相切的平面。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 2-2。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 2-3。

(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，基面通过刀具或工件的轴线（如图 2-3）。

在上述的坐标系中测量刀具的角度时，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。在平面中量得的刀具的角度，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  $\gamma$ ：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，以便于切屑的变形。当前刀面与基面重合时，前角为零，在图 2-2 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  $\alpha$ ：后刀面与切削平面之间的夹角。表示后刀面相对切削平面的倾斜程度，用以减少刀具后面与工件之间的摩擦。

(3) 楔角  $\beta$ ：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  $\delta$ ：前刀面与切削平面之间的夹角。表示前刀面相对切削平面的倾斜程度。在切削过程中，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。因而用前角来表示刀具角度参数后，就无需再用切削角来表示。

从以上诸角定义中可知：

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

$$\delta = \beta + \alpha = 90^\circ - \gamma \quad (2-4)$$

在实际切削过程中，刀具的角度将受切削运动、切削力和刀具磨损等因素

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 2-2,图 2-3),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 ( $\alpha_m = \arctg U/V$ ),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角度  $\alpha_w = \alpha - \alpha_m$ (图 2-4),比原来减少了。通常主运动速度远远大于进给运动速度,  $\alpha_m$  角小于  $1^\circ$ ,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。

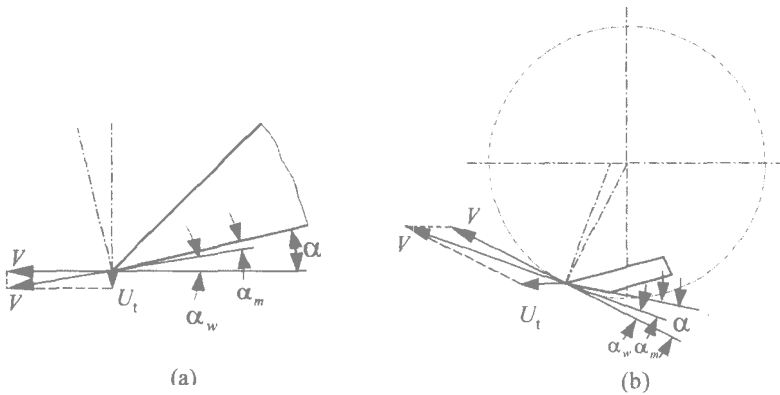


图 2-4 刀具后角和标注后角的关系

(a) 直线运动切削; (b) 回转运动切削

## 五、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  $U_s$  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, 指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  $b$ , 且规定这两个参数在基面内测定(图 2-2, 图 2-3)。

(1) 切削厚度  $a$ : 主运动为直线运动时, 切削厚度为相邻两个加工表面之间的垂直距离(图 2-2)。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 2-3), 它可以用下式计算:

$$a = U_z \cdot \sin\theta \quad (2-5)$$

式中:  $U_z$ ——每齿进给量;