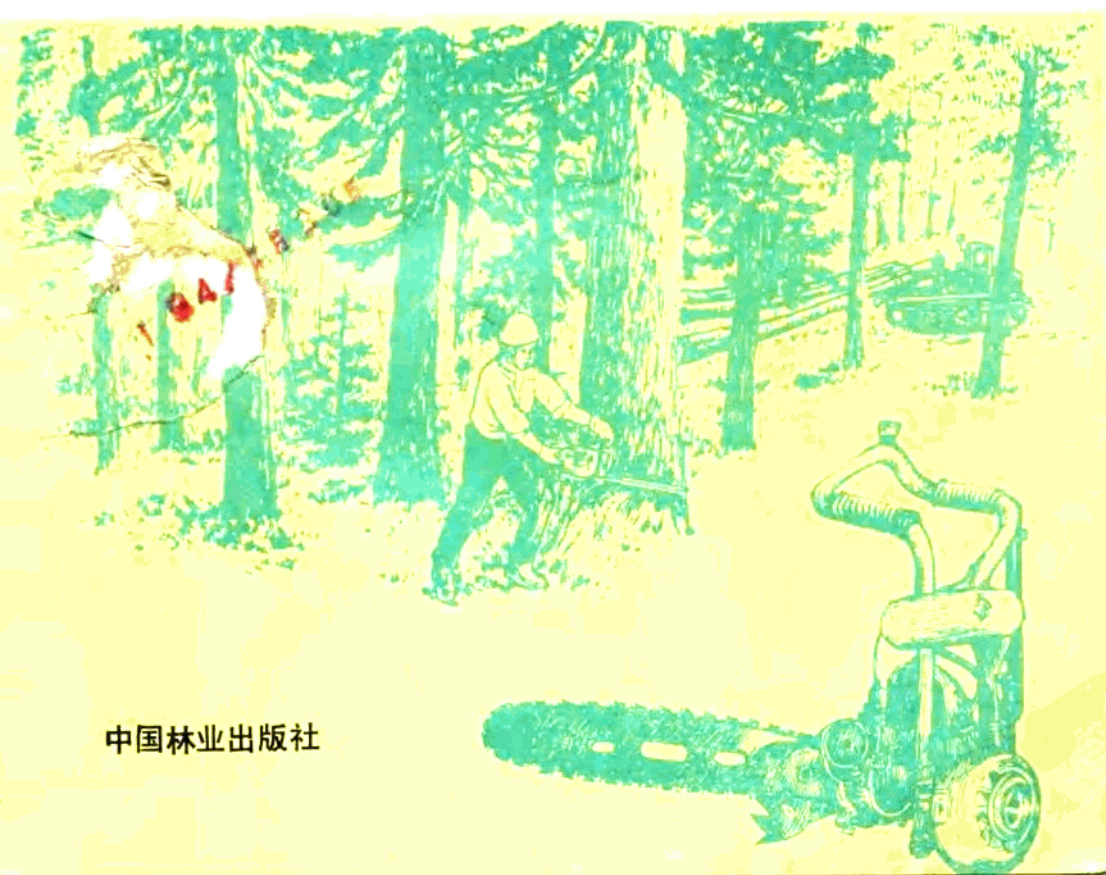


全国高等林业院校教材

森林采伐 机械与工具

(第 2 版)

马 龙 滨 主编



中国林业出版社

全国高等林业院校教材

森林采伐机械与工具

(第2版)

马龙滨 主编

森林采运工程专业用

中国林业出版社

全国高等林业院校教材
森林采伐机械与工具
(第2版)

马龙滨 主编

中国林业出版社出版(北京西城区刘海胡同7号)
新华书店北京发行所发行 遵化县印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 15.26印张 325千字

1991年3月第一版 1991年3月第一次印刷

印数 1—2,000册 定价: 4.00元

(京)第033号

ISBN 7-5038-0621-4/TB·0157

前 言

本书是根据林业部教材办〔1987〕3号文件下达的任务，在原《采伐机械》的基础上，按照最近几年的教学改革精神和教学实践积累的经验，重新加以编写和修改的。由于在新的教学计划中，将《采伐机械》改称为《森林采伐机械与工具》，故本书也相应改用新名称。在教材内容方面，也是按照这一新的教学计划加以安排和考虑的。书中主要论述了森林采伐工具和设备（或采伐机械）的结构、工作原理、技术性能、使用条件、基本参数和基本理论等。

书中在《木材切削的基本理论》、《削片和剥皮机械》两章中，主要参考了С.И.Рахманов著作^{〔3〕}中的有关部分。在木材切削理论和锯链两章中，加进了近几年国内几所大学硕士研究生的论文材料和笔者研究试验的成果。

考虑到二冲程汽油机不是本专业和本课程的主要研究对象。故在修改中大量削减了这方面内容。

反映现代新技术和全面综合机械化水平的各种自行式采伐机械在国外已有大量应用。但在我国尚未采用，只是最近几年从国外引进了几套类似的机械进行试验和研究。对此本书只概括地加以介绍。

油锯人机工程学的研究在我国尚处于起步阶段，国内个别单位和个别人曾对其中的几个问题进行过研究。本书力图在这方面做些尝试，在人——职业病和安全生产；机——振动和噪音两方面进行了初步论述。

人力工具这一章，过去在机械化生产的高潮中一直被人们所忽视。考虑到它在林业生产和林区生活中所占有的重要地位和作用，根据新教学大纲的要求，我们用适当的篇幅加以论述。

书中所涉及到的专业术语，尽量按国家或部颁标准来确定。尽管在习惯上和应用上存在一些困难，本书尽力使单位和符号按照国际标准予以统一。

本书的主要对象，是高等林业院校森林采运工程专业的师生，也可供中等专业学校师生，科研单位以及生产单位技术人员参考。

本书除第七章《电锯》由福建林学院郑智龙同志负责编写外，其它各章皆由马龙滨同志撰写。王德来教授担任本书主审。

由于水平所限和时间仓促，书中错误和不妥当之处在所难免，欢迎对本书提供宝贵意见和指正。

马龙滨

1988.11.11

目 录

第一章 木材切削的基本理论.....	1
第一节 锯木	1
一、锯木的定义、类型和锯	1
二、锯齿的组成	3
三、简单切刀的构造	3
四、基本切削	4
五、木材切削的类型	5
第二节 基本切削参数	7
一、切削力和切削阻力	7
二、送料力和送料阻力	9
三、切削功、切削比功和切削比压	10
四、切削功率	11
第三节 锯齿的结构	11
一、齿刃和锯口宽度	11
二、横截锯的锯齿	12
三、纵截锯的锯齿	13
第四节 锯木参数	14
一、每齿送料量和刨片厚度	14
二、送料速度和齿距	16
三、锯口高度	18
四、锯木的送料力	21
五、锯木切削力、锯木功率和锯切比功	21
第五节 刨 铣	24
一、刨削	24
二、铣削	25
第六节 劈材	27
一、劈材过程的分析	27
二、最大劈力	28
三、劈材阻力	29
四、机械斧发动机功率	30
五、机械斧的类型和结构	31
第二章 人力工具	34
第一节 手工伐木锯	34
第二节 斧	36

第三节 推树工具	37
第四节 手压泵液压伐木楔	41
第三章 锯链	44
第一节 直齿式锯链	45
一、直齿式锯链的组成和特点	45
二、直齿式锯链的结构	48
第二节 刨刀式锯链	48
一、刨刀式锯链的特点	48
二、刨链齿的齿刃形式	50
三、刨链齿的角度参数	51
四、刨刀式锯链的结构	52
第三节 混合型锯链	57
第四节 锯链锯木参数的论证	58
一、切削速度	58
二、切削阻力	60
三、送锯力	62
四、锯口长度	64
五、每齿送料量	65
六、国产锯链锯木参数分析	68
第五节 锯链的切削机理	68
一、直齿式锯链	68
二、刨刀式锯链	71
三、混合型锯链	72
第六节 锯链的计算	72
一、锯链的切削速度	72
二、锯链效率的计算公式	73
三、锯链的张力	73
四、锯链的长度和链齿数	75
第四章 链锯试验装置	76
第一节 T-1型重力式链锯切削试验台	77
第二节 牵引式链锯切削试验台	78
第三节 T-2型链锯试验台	80
一、T-2型链锯试验台的结构和性能	80
二、T-2型链锯试验台的电控系统	82
三、T-2型链锯试验台的测试系统	84
第五章 油锯的结构和性能	86
第一节 油锯的结构	86
一、油锯的组成	86
二、油锯的外形结构	87
三、油锯的机体结构	87

第二节 油锯发动机工作原理	89
一、进气、排气和换气	89
二、换气—扫气	90
三、配气定时	90
四、示功图和配气相	91
第三节 油锯发动机的燃料供给系统	93
一、空气滤清器、油箱、单向阀	94
二、单膜片式化油器	95
三、三膜片式化油器	97
第四节 油锯发动机的点火系统	100
一、有触点磁电机	101
二、无触点磁电机	107
第五节 油锯发动机的冷却和润滑系统	111
一、冷却系统的结构	111
二、冷却系统的工作特性	112
三、发动机的润滑	114
第六节 油锯的传动和锯木机构	115
一、离合器	115
二、减速器	119
三、插木齿	120
四、链轮	121
五、导板	125
六、锯木机构的润滑	128
第七节 油锯的性能指标	129
第八节 油锯的现状与发展	130
第九节 国产油锯的结构特点和性能	136
一、GJ85型油锯	136
二、YH25型油锯	137
三、YJ4型油锯	138
四、051型油锯	139
第十节 国外油锯的结构特点和主要性能	140
一、加拿大“Pioneer”油锯	140
二、苏联“Дружба-4”型油锯	141
三、联邦德国“Stihl”油锯	141
四、美国“McCulloch”油锯	142
五、日本 ECHO CS-601 TVLA 型油锯	144
六、转子发动机油锯	145
第六章 油锯人机工程	149
第一节 职业病和安全生产	149
一、振动障碍和VWF病	149
二、噪音对人体的危害	150

三、安全生产	151
四、油锯的反弹和断链	152
第二节 油锯的振动	154
一、表示振动特征的各种量	154
二、振动的测试	158
三、油锯发动机减振原理	157
四、锯架(手柄)减振原理	160
第三节 油锯的噪音	161
一、噪声的物理量度	162
二、噪声的主观评价	163
三、噪声的测量	165
四、噪声的防治	166
第七章 电锯	169
第一节 电锯的结构	170
一、电锯的类型	170
二、电锯的组成	171
三、电锯的结构	171
第二节 电锯的重量	175
一、电动机的重量与功率的关系	175
二、电动机的重量与转速的关系	175
三、电动机的重量与电源电流频率的关系	176
四、电动机的重量与绝缘材料耐温程度的关系	177
五、电锯总重量的确定	177
第三节 电锯电动机的工作特性	178
一、电锯电动机的基本作用原理	178
二、电锯电动机的机械特性	179
三、电锯电动机的启动特性	182
第八章 自行式采伐机械	185
第一节 伐木机械	185
一、伐木头的类型和结构	185
二、伐木机	188
三、伐木打枝机	191
四、伐木集材机	193
第二节 打枝机械	193
一、伸缩臂自行式打枝机	194
二、链锯式打枝机	195
第三节 Volvo BM 900型多工序联合机	196
一、机械性能和特点	196
二、伐木头	197
三、打枝连枝装置	197

第九章 削片和剥皮机械	199
第一节 削片机械	199
一、削片机械的种类	199
二、削片机的切削机构	200
三、盘式削片机	202
四、鼓式削片机	205
第二节 剥皮机械	206
一、剥皮方式和剥皮机械的种类	206
二、刀式剥皮机的类型	207
三、刀式剥皮机的切削原理	207
四、铣刀式剥皮机	215
五、钝刀式转子剥皮机	215
六、滚筒式剥皮机	217
附录1 直齿式锯链技术数据	224
附录2 刨刀式锯链技术数据	224
附录3 油锯二冲程汽油机各型化油器主要数据	225
附录4 无触点磁电机电子元件数据	225
附录5 油锯二冲程汽油机技术数据	226
附录6 国产油锯技术性能	227
附录7 油锯系列型谱	228
附录8 国外几种油锯的技术性能	228
附录9 苏联三种油锯的主要技术性能	229
附录10 国产电锯主要技术性能	229
附录11 国外几种电锯的主要性能	230
附录12 符号对照	231
主要参考文献	232

第一章 木材切削的基本理论〔3〕

采伐机械的主要工作对象是木材。采伐机械的工作过程也就是木材切削的过程。任何一种采伐机械的生产效率和工作可靠性以及耐久性，都与它的工作机构——不同类型的切削器的结构和参数有着密切的关系。

为了合理地选择切削器的结构和主要参数，则必须首先研究和掌握木材切削的一般规律和原理。

第一节 锯 木

一、锯木的定义、类型和锯

锯木是顺木纹或横木纹把木材锯开的过程。

为了把木材锯开或把一部分木材锯掉，要在其上锯出一个窄的缝隙，叫锯口。锯口有三个边。其中两个边 ab 和 cd 是彼此平行的，称为锯口壁。第三个边 bc ，称为锯口底(图 1—2 a)。锯口壁的平面，称为锯裁平面。

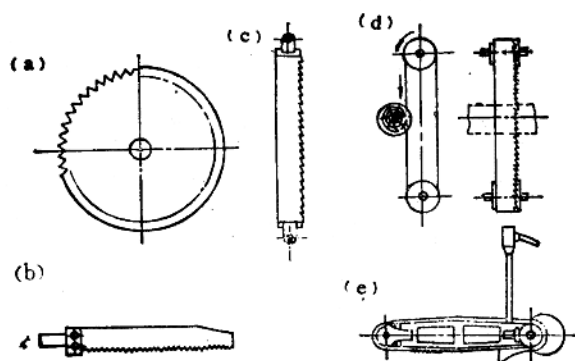


图 1—1 锯的种类

a—圆锯；b—刀锯；c—链锯；d—带锯；e—链锯

锯木是锯在锯口壁之间进行运动，不断地把木材切成小刨片——锯屑，并从锯口中将其抛出的过程。

锯木有三种类型。

锯截平面或锯口与木纤维方向平行,称为纵截,或称纵向锯木(纵向锯截)(图1-2 a和b);

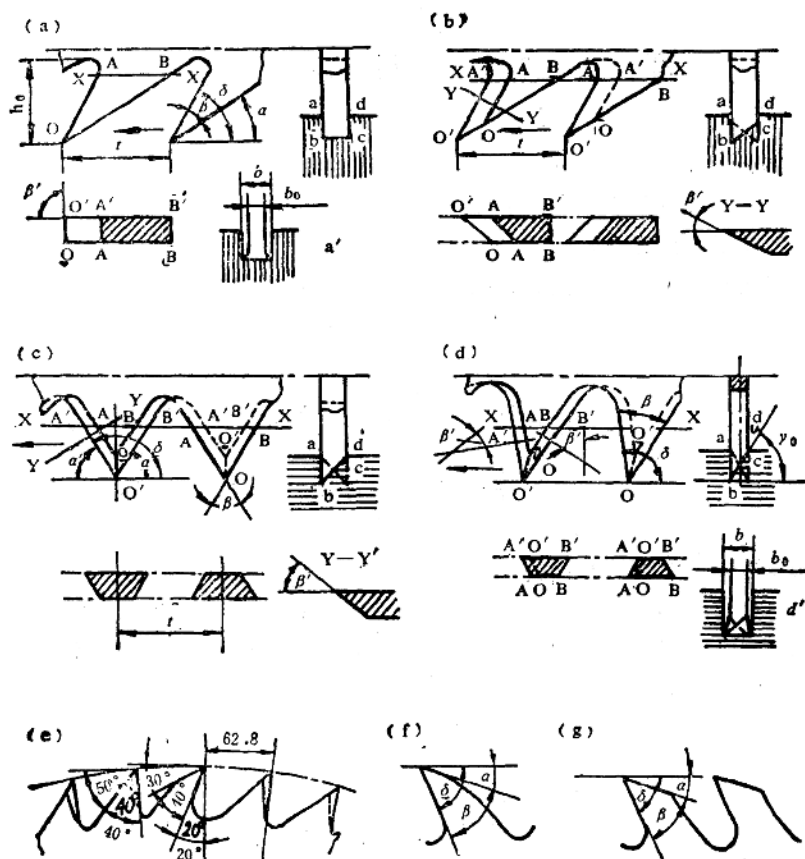


图 1-2 锯齿

a—直磨刃, $\delta < 90^\circ$; b—斜磨刃, $\delta < 90^\circ$; c—双面、对称、斜磨刃; d—单面、非对称、斜磨刃; e—混合锯齿; f—带圆弧齿背的锯齿; g—刨齿

锯截平面或锯口与木纤维方向垂直,称为横截,或称横向锯木(横向锯截)(图1-2 c和d);

锯截平面或锯口与木纤维方向互成一定角度,称为斜截,或称斜向锯木(斜向锯截)。锯木所使用的切削器是锯,它由两部分组成:锯板和锯齿。

按锯木类型的不同,锯有两种:

横截锯,是用于横向锯木的锯;

纵截锯,是用于纵向锯木的锯。

锯按其形状及运动方式分类有:圆盘式锯——圆锯(图1-1 a),有直板式锯——刀锯

(图 1—1 b)；框锯(图 1—1 c)和带锯(图 1—1 d)，以及以铆钉为轴，作为链环连结起来的链锯(图 1—1 e)。

圆锯片的中心有孔，以便将其安装到转轴上，在转轴的带动下进行旋转切削木材。

刀锯只有一端固定，锯板无张紧，因此它必须有足够的刚度。框锯从两端固定，并且有张紧。带锯的整个锯板卷绕成环状的闭合锯板，其两端用滚轮张紧，其中一个是主动轮。

链锯多用于采伐作业，如油锯和电锯等。

二、锯齿的组成

锯齿是一个窄的复杂切刀。如(图 1—2 b)，锯齿有前面(或称前爬棱) $AOO'A'$ 和后面(或称后爬棱) $BOO'B'$ 。这两个面组成前切削刃 OO' 。侧面(或称侧爬棱) AOB 和 $A'O'B'$ 与前面的交线是侧切削刃 AO 和 $A'O'$ 。 h_0 称为齿高。 t 称为齿距。齿间凹处称为齿仓。当锯齿在锯口中移动时，被切削下来的锯屑临时贮存在齿仓中；当锯齿伸出锯口外时，又将齿仓中的锯屑带出，抛在外面。锯齿形状和大小根据锯木条件和切削特点来选择。锯齿在锯口中运动时，造成三个加工表面：锯口底 bc ，是由于前切削刃的切削形成的；锯口壁 ab 和 dc ，是由于侧切削刃切削形成的(图 1—2)。

三、简单切刀的构造

在锯木过程中，锯齿的主要工作部分，就是它的各个部分的切削刃——齿刃。

各种齿刃在不同条件下进行不同类型的切削。每个齿刃都可以看作是一个简单切刀。

为了研究锯齿的工作过程并找出锯木过程中的客观规律，我们单独将齿刃——简单切刀抽出来加以研究。

如(图 1—3)所示，简单切刀有两个面：切刀的前面 $AOO'A'$ 和切刀的后面 $BOO'B'$ 。切刀的前面与后面相交成一直线 OO' ，称为前切削刃，简称前刃。切刀的前面与后面之间的平面为 AOB 和 $A'O'B'$ 称为侧面。两侧面与切刀前面相交之线为 AO 和 $A'O'$ ，称为侧切削刃，简称侧刃。

$XXX'X'$ 称为加工表面。

切刀的角度参数如下：

α ——后角，是切刀后面与加工表面所成的夹角。 $\alpha = \angle BOX$ ；

β ——刃角，或称锐利角，或称楔角，是切刀前面与切刀后面的夹角。 $\beta = \angle AOB$ ；

γ ——前角，是切刀前面与 Y 轴的夹角。 $\gamma = \angle AOY$ ；

δ ——切削角，是切刀前面与加

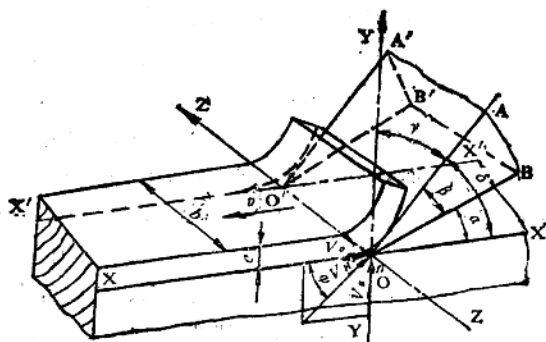


图 1—3 简单切刀的构造

工表面的夹角。 $\delta = \angle AOX$ 。

以上四个角之间的几何关系是：

$$\delta = \alpha + \beta$$

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

当前刃 OO' 与切刀的侧面垂直时，称此刃为直磨刃，反之称为斜磨刃。

四、基本切削

用简单切刀进行的切削称为基本切削。

如（图 1—3）所示，基本切削是简单切刀沿 $X-X$ 轴向运动，进入木质中并沿加工表面切下一部分木材的过程。所切下的这部分木材称为刨片。刨片有三个主要尺寸：厚度 e ，沿 $Y-Y$ 轴来测量；长度 l ，沿 $X-X$ 轴来测量；宽度 b ，沿 $Z-Z$ 轴来测量。

切刀在加工木材的表面上沿 $X-X$ 轴运动，发生刨片的剥落，这种运动叫切削运动。给予运动的外力施加于切刀上或施加给被加工的木材上。这个外力称为切削力。切削运动可以是直线运动，也可以是曲线旋转运动。切削运动的速度称为切削速度，以 v 表之。

为了改变刨片厚度，可在 XOY 平面上给切刀另外一个运动。这个运动的速度 v_H 与 $X-X$ 轴成 φ 角，它在 $X-X$ 轴和 $Y-Y$ 轴上的投影（分速度）分别为：

$$v_o = v_H \cos \varphi \quad (1-1)$$

$$v_s = v_H \sin \varphi \quad (1-2)$$

这样，与 $X-X$ 轴成 φ 角的被加工木材的运动可用两种运动来代替，即沿 $X-X$ 轴和沿 $Y-Y$ 轴的运动。前者发生在加工表面上，叫纵向送料运动或简称纵向送料。这种运动的速度应加在切削速度上（代数和），即切削速度的公式为：

$$v = v_p + v_o \quad (1-3)$$

式中： v_p ——沿 $X-X$ 轴方向上切刀运动速度；

v_o ——被加工木材相对于 $X-X$ 轴方向上的运动速度。

纵向送料速度能增加或减少刨片的长度。

沿 $Y-Y$ 轴方向上的运动可增加刨片的厚度 e ，亦即可决定刨下的木片的厚度。这种运动称为法向送料，其方向经常是垂直于切削运动方向。为了得到法向送料运动，必须使 $90^\circ > \varphi > 0^\circ$ ，即送料运动的方向不应和切削运动方向重合。

木材加工表面的宽度等于刨片宽度 b ，沿 $Z-Z$ 轴测量。如果要增加加工表面的宽度（在重复运动时或在平行于第一次的切削平面上时），在加工表面上需要移动木材或切刀。即在 ZOX 面上沿 $Z-Z$ 轴方向移动。这种移动称为侧向送料运动。

因此在切削时有三种运动：切削运动、送料运动和侧向运动。送料运动由纵向运动和法向运动组成。其中特别需要的是切削运动和送料运动。

送料运动和切削运动可同时进行，或送料运动可在切削运动开始之前进行。第一种情况，切削运动和送料运动要取向量和。但因为切削速度比送料速度大得多，故后者的影响可

忽略不计。即假定切削运动的曲线与纯切削运动的方向相重合。

如果是单独一个切刀进行切削，而且切削行程等于或大于加工表面的长度，则切削运动和送料运动交错进行（图 1—4 a），因此在切削过程中仅有切削运动，而没有送料运动。

如同时有几个切刀加工木材，并且切刀作直线运动（图 1—4 b），则在切削的同时必须进行送料。此时 φ 角采取较大的值，则 $v_s \cong v_H$ ，以 v_s 表示的纵向送料运动就没有意义了，即 $v_s \cong 0$ 。

在（图 1—4 c）上表示的是旋转切刀进行木材切削的一般情况。它的加工表面平行于切刀的转轴，且角 φ 是不大的。因此纵向送料速度 v_s 影响到刨片长度。

（图 1—4 d）表示用固定在转盘 4 上的切刀 1 加工木材的情形。加工表面垂直于切刀转轴 O—O，为了沿其全长进行加工，要进行平行于 X—X 轴的纵向送料，而 v_s 在切削过程中便不存在。

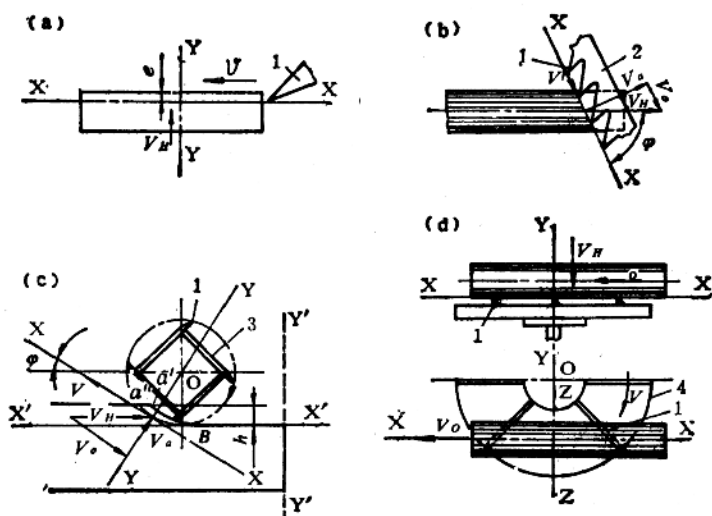


图 1—4 木材切削的方式

a—切刀；b—锯；c—带切刀的轴；d—转盘

五、木材切削的类型

木材切削的过程是将一小部分木材去掉，而保留另一大部分木材的过程。在这个分离过程中，如果在分离的部位产生刨片—锯屑，则称为有屑切削；反之，当不产生锯屑即达到目的时，则称为无屑切削。在采伐机械中，这种切削一般都是剪式伐木。

在有屑切削中，根据所形成的屑片的自由度，又可分为开式切削、半开式切削和闭式切削。

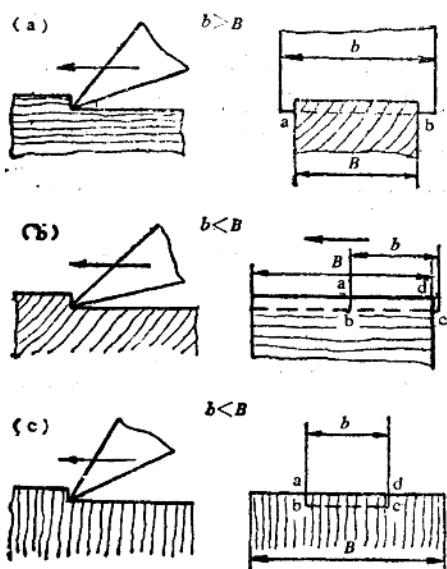


图 1—5 切削方式

a—开式切削；b—半开式切削；c—闭式切削

基本切削属于宽切刀切削，即开式切削。

锯木属于窄切刀切削，即闭式切削。

木纤维的拉应力显著大于木纤维间的粘着力，因此切刀进行切削时所遇到的切削阻力与切削方向及其与木纤维所成的角度有关。故基本切削可分三种类型：截断切削、纵向切削和横向切削（图 1—6）。

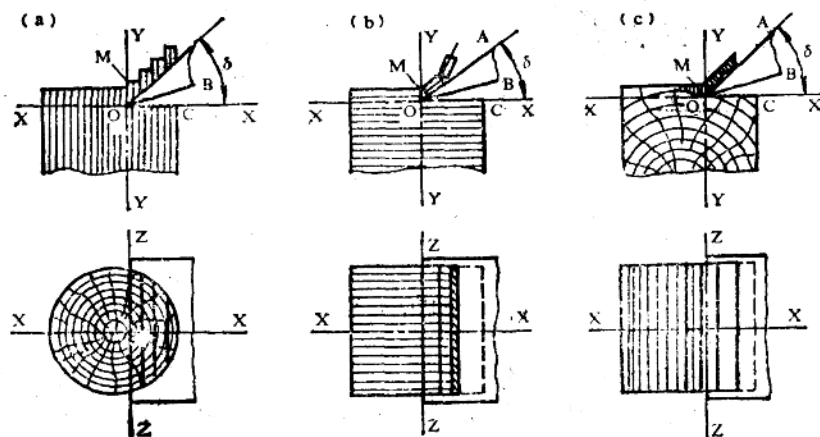


图 1—6 基本切削的种类

a—截断切削；b—纵向切削；c—横向切削

开式切削：是宽切刀的切削，其前切削刃的长度 b 大于加工表面的宽度 B （图 1—6 a）。切刀只用其前切削刃切削木材，侧切削刃不接触木材；可沿木材试件的全长剥下刨片；

半开式切削：是窄切刀的切削（图 1—6 b），前切削刃的切削长度 b 小于加工表面的宽度 B 。切刀靠近被加工木材的一端，因此切刀的一个侧面 cd 不接触木材，而另一侧面 ab 则接触木材。故除了有切刀的前切削刃切削木材以外，又有侧切削刃 ab 进行木材切削；

闭式切削：切削刃长度 b 小于加工表面的宽度 B ，切刀的两个侧面 ab 和 cd 皆与木材接触，当切刀进行木材切削时，切刀的前切削刃和两个侧切削刃都进行切削工作。在这种情况下，木材切削阻力的计算将是复杂的（图 1—6 c）。

切刀的切削刃、加工表面和切削方向（切刀运动方向）皆垂直于木纤维的方向称为截断切削，或称端面切削；

切刀的切削刃垂直于木纤维的方向，而加工表面和切削方向皆平行于木纤维的方向称为纵向切削或称顺纹切削；

切刀的切削刃和加工表面平行于木纤维，而切削方向垂直于木纤维的方向，称为横向切削或称横纹切削。

第二节 基本切削参数

一、切削力和切削阻力

切刀在切入木质中时，沿 X—X 平面剥下刨片，刨片厚度为 e ，切刀的锐利角为 β （图 1—7）。切刀用其前面 OA 给木材以压力。随着切刀切入深度的增加，作用到刨片上的压力也在不断增长。这就引起刨片顺 OM 平面剥离，切刀再继续进入下一个深度 l_0 ，再剥离下一个刨片。

作用到切刀上的切削力 P_1 随切刀进入木材内的深度成正比例地增加。当进入木质深度为 l_0 时，其最大值为 P_{max} 。然后，当刨片剥离的瞬间， P_1 降为 0（图 1—8）。平均切削力 $P_1 = \frac{P_{max}}{2}$ 。

切削力 P_{max} 的绝对值等于切削阻力的合力 P_r （图 1—7）。该力的水平分力为 P_1 ，垂直分力为 P_0 。 P_r 是由下述外力合成的：切刀前面的法向压力 N_1 ，切刀后面的法向压力 N_2 ，切刀前面摩擦力 F_1 ，切刀后面摩擦力 F_2 。此外，在 O 点，即切刀前切削刃处有切断木纤维时所遇到的切削阻力 P_a 。

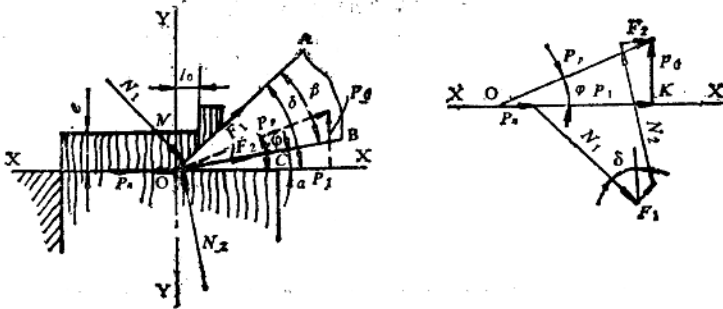


图 1—7 切削力计算图

法向压力 N_1 是最大的，其与 X—X 轴的方向决定于切刀切削角 δ 的大小。 δ 愈大，则 N_1 在 X—X 轴上的分力愈大。因此为了减小切削阻力，应采用不大的 β 角和 α 角。

刨片沿 MO 分离是由于法向压力 N_1 的作用结果而产生的，因此它的大小与刨片的横截

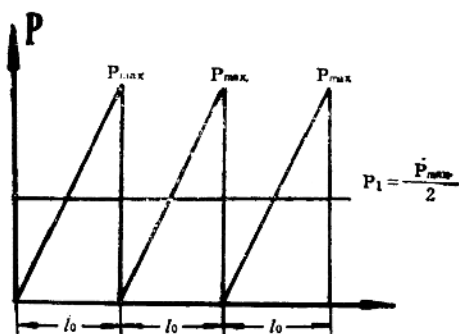


图 1-8 切削力变化曲线

面积和木材的坚实性有关。

刨片沿 MO 分离时的木材强度决定于木材的物理技术性能，特别是木纹的方向。

木材作用于切刀后面的压力 N_2 是由于木纤维弹性变形而引起的。利用钝切刀工作产生的 N_2 要大于锐利的切刀工作产生的 N_2 。此外 N_2 随着 α 的减少而增大。因此为了减小切削阻力，应增大后角 α 。

摩擦力 F_1 和 F_2 的大小，决定于压力 N_1 和 N_2 以及摩擦系数和加工表面的状态等。

在一般情况下，切削力 P_1 是以上诸力的函数。即

$$P_1 = f(N_1, N_2, P_n)$$

对 P_1 有影响的因素中， N_1 起主要作用，而它又决定于刨片的横截面积，故计算切削阻力的公式可写成

$$P_1 = Kbe \quad (1-4)$$

式中： be ——刨片宽度乘以刨片厚度 (mm)；

K ——切削阻力系数，或称单位切削阻力 (N/mm^2)，它决定于木纤维方向，木材种类，切刀形状等前面提到的除刨片面积以外的各种因素。考虑这些因素时， K 值可写成下面的形式：

$$K = K_c K_g K_o K_e K_s \quad (1-5)$$

式中： K_c ——与切削类型有关的基本切削阻力系数，或称基本单位切削阻力 (N/mm^2)。

表 1-1 示出了在三种不同类型的切削时，松木气干材 $e = 1 \text{ mm}$ 的 K_c 值。

表 1-1

基本切削阻力系数 K_c (N/mm^2)

切削类型	切 削 角 δ					
	45°	50°	60°	70°	80°	90°
截断切削	17.5	21.0	25.0	35.0	44.0	53.0
纵向切削	5.0	7.0	10.0	14.0	18.5	30.0
横向切削	3.0	3.1	3.3	3.5	4.5	6.0

K_g ——是考虑不同树种影响切削阻力值的系数。松木是标准试验用材，故松木的 $K_g = 1$ ，而其它树种的 K_g 值见表 1-2。

K_o ——是考虑切刀锐利程度的系数。锐利程度根据切刀在磨锐后的工作小时数来确定。对于刚刚磨好、开始工作的切刀来说，其 $K_o = 1$ ，以后时间的 K_o 见表 1-3。该值的测定尚比较粗放，其选择条件和根据尚不够充分和精确，故有待今后进一步研究、试验和确定。