

# 新编钣金技术与展开计算

## 实用手册

◎ 主编 陈路 ◎

北京科海电子出版社

项 目	工 艺 参 数	
预热温度	预热至表面熔化	
预热火焰和能率	预热火焰采用中性焰，与切割碳钢比较，火焰能率稍大，切割氧压力约高 15% ~ 20%	
可切割厚度/mm	~ 300	~ 100

## 第二节 剪 切

剪切是利用上下两剪刀的相对运动来切断材料的加工方法。剪切的生产效率高，切口较光洁，能切割各种型钢和中等厚度的钢板，所以是应用很广的一种切割方法。

### 一、剪切设备的种类

剪切是依靠剪床来完成的。剪床的结构形式很多，按传动方式分为手动、机械和液压传动。按其工作性质又可分为剪直线和剪曲线两大类。

#### (一) 直线剪床

剪切直线的剪床按两剪刀的相对位置，有平口剪床 斜口剪床和圆盘剪床三种，其剪刀片形式如图 6-1-7 所示。

平口剪床（图 6-1-7a）上下剪刀片的刀口是平行的，剪切时，下刀板固定，上刀板做上下运动。这种剪床剪切时刀刃同时与材料接触，受力较大，但剪切时间较短，适宜于剪切狭而厚的条钢。

斜口剪床（图 6-1-7b）的下刀板成水平位置，固定不动，上刀板倾斜一定的角度做上下运动。剪切时由于刀口逐步与材料接触而发生剪切作用，所以剪切时间较长，但所需要的剪切力比平口剪床小得多，这种剪床适用于剪切长度较长的钢板，因而应用广泛。

圆盘剪床（图 6-1-7c）的剪切部分由一对圆形滚刀所组成。剪切时上下滚刀做相反方向转动，材料在滚刀之间，一面剪切，一面在摩擦力作用下送进。如果剪床上只有一对圆滚刀，称之为单滚刀剪床；由多对滚刀组成的剪床（图 6-1-7d）称为多滚刀剪床。圆盘剪床适用于剪切长度很长的条料。操作方便，生产效率较高，所以应用较广泛。

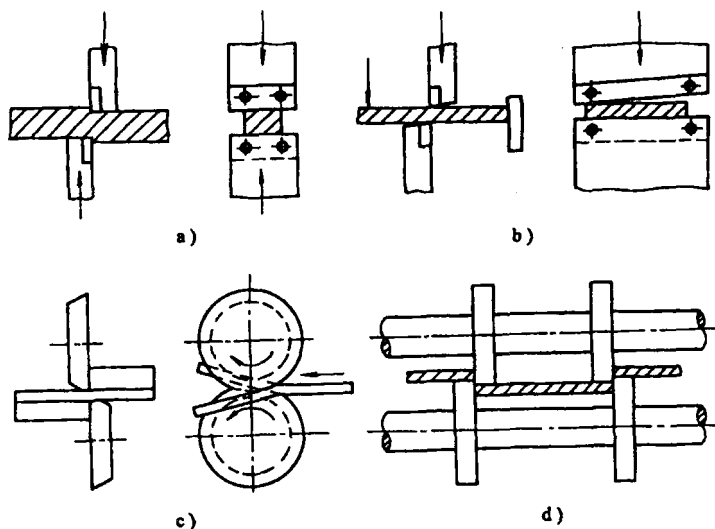


图 6-1-7 剪直线剪床

a) 平口剪床; b) 斜口剪床; c)、d) 圆盘剪床

## (二) 曲线剪床

曲线剪床按剪刀片形式及结构可分为斜置式圆盘剪床和振动式斜口剪床两种，如图 6-1-8 所示。斜置式圆盘剪床又分为单斜滚刀和双斜滚刀两种。单斜滚刀剪床的下滚刀是倾斜的（图 6-1-8a），适用于剪切直线、圆弧线；双斜滚刀剪床的上下滚刀都是倾斜的（图 6-1-8b），所以适用于剪切圆、圆环和任意曲线。

振动式剪床的上刀板是倾斜的，做上下运动；下刀板是固定的（图 6-1-8c），有的剪床下刀是板状，刃口是倾斜的，有的是一个圆台。由于刀刃的倾斜角较大，剪切部分短，工作时上刀板每分钟行程有数千次之多，似振动状态，所以能剪切各种形状复杂的板料，还能在材料的中间剪切出各种形状的孔。

## 二、常用剪切设备

### (一) 手动剪切机

手动剪切机是结构简单的剪切机，是利用杠杆原理制成的。主要用于剪切小而薄的板料。

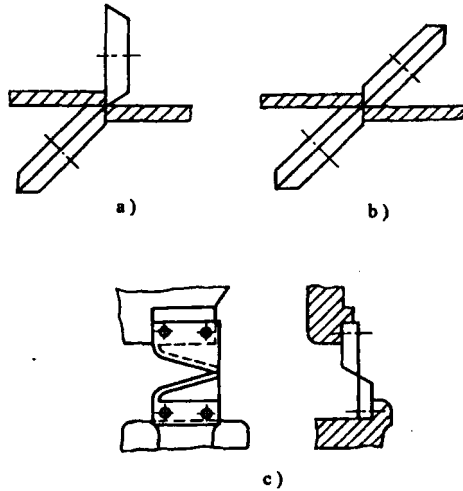


图 6-1-8 剪曲线剪床

a) 单斜圆盘剪床; b) 双斜圆盘剪床; c) 振动剪床

## 1. 剪刀

图 6-1-9 所示为几种常用剪刀，用于剪切薄钢板、镀锡板、纯铜和黄铜薄板等。图 6-1-9a 所示为小剪刀，可剪切 1mm 以下的钢板；图 6-1-9b 所示为一种大剪刀，可剪切 2mm 以下的钢板；图 6-1-9c 所示为弯头剪刀，用于剪切圆形板或曲线。

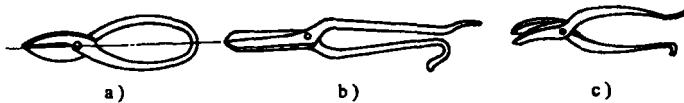


图 6-1-9 剪刀

a) 剪刀; b) 大剪刀; c) 弯头剪刀

## 2. 台剪

图 6-1-10a 所示为小型台剪，由于手柄较长，利用杠杆的作用可产生比剪刀大的剪切力。可剪切 3~4mm 厚的钢板；图 6-1-10b 所示为杠杆式大型台剪，它利用两级杠杆的作用，可剪切厚度达 10mm 的钢板，为防止板料在剪切时移动，可装有能调节的压紧机构；图 6-1-10c 所示是封闭式机架的手动剪切机，扳动手柄时，能使剪刀板在机架中做上下运动，刀板上制有圆形、方形及 T 形等形状刀刃，与固定在机架上的刀刃形状一致，剪切时，只要将被剪切材料置于相应的刀孔中，并用止动螺钉或压板压紧，扳动手柄即可完成剪切。

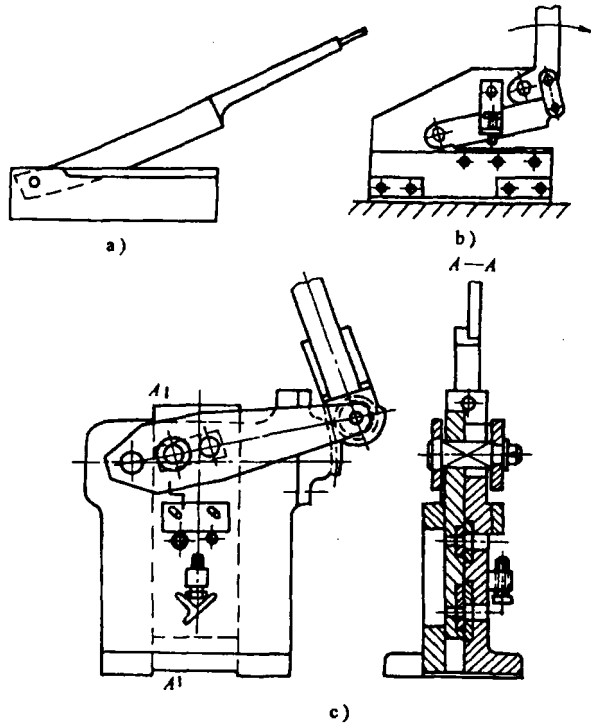


图 6-1-10 台剪

a) 小型台剪；b) 杠杆式大型台剪；c) 封闭式台剪

### 3. 风剪

图 6-1-11 所示为风剪的外形图，它利用压缩空气作为动力。风剪刀片的剪切频率为 2100 次/min，功率为 186.5W，使用的压缩空气压力为 0.6MPa，能剪切钢板的最大厚度为 2mm，机器的质量约 2kg。风剪操作使用灵活方便，直线和曲线均可剪切，用风剪代替手剪可减轻劳动强度，提高效率。

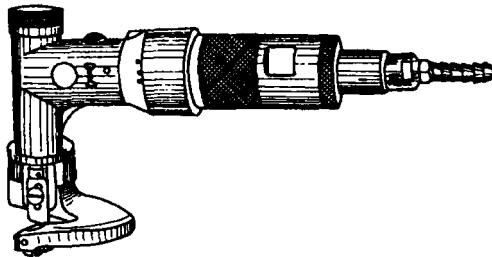


图 6-1-11 风剪

## (二) 机械剪切机

### 1. 龙门剪床

龙门剪床是应用最广的一种剪切设备，其刀刃较长，能剪切较宽的板料，剪切厚度由剪床的功率而定。龙门剪切机主要用于剪切直线。

龙门剪床根据传动机构布置的位置，分上传动和下传动两种。

下传动龙门剪床的传动机构在剪床的下部，其机架较轻巧，但剪床周围部分占地面积较大。当剪切的厚度较厚，剪床的功率就要增大，其传动机构则相应庞大，这对工作不便，因此这种剪床适用于剪切厚度在 5mm 以下的板材。

上传动龙门剪床的传动机构布置在剪床的上部，它的结构比下传动复杂，但周围占地面积较小，功率较大，用于剪切厚度在 5mm 以上的板料。

图 6-1-12 所示为 Q11-13×2500 型剪切机，它的传动部分在剪床上部，属于上传动式剪床。其型号中 Q 表示剪切机，11 表示剪板机，13 表示可剪厚度为 13mm，2500 表示可剪板宽 2500mm。该剪板机的上刀架运动是由电动机经两级齿轮减速，带动曲柄轴，通过连杆带动上刀架做上下运动。如图 6-1-13 所示为该剪切机的传动系统图，其中飞轮起储能作用。

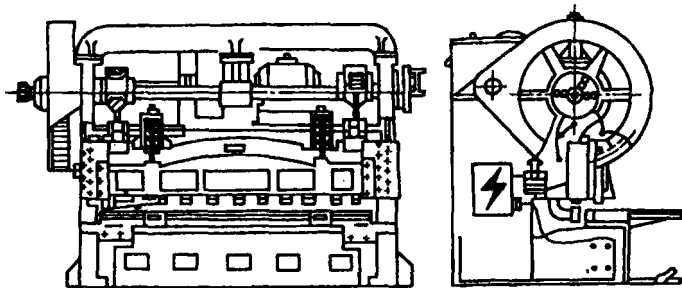


图 6-1-12 Q11-13×2500 剪床

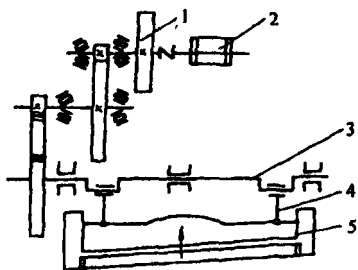


图 6-1-13 传动系统图

1—飞轮；2—电动机；3—曲轴；4—连杆；5—上刀架

板料在剪切前必须先压紧，以防剪切过程中板料的移动或翘起，因此剪床上都有压料装置，图 6-1-14 所示为压料装置的结构图。当上刀架向下运动时，压料架随之下降，借助弹簧压缩时的弹力压紧板料，压料力随着上刀架向下运动的距离增大而增加，因此在剪切短料时，为了获得较大的压紧力，可将板料向右边靠，这样压得较紧。

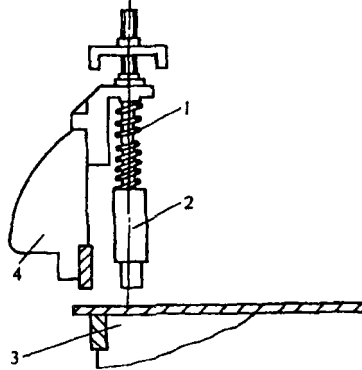


图 6-1-14 压料装置

1—压料弹簧；2—压料架；3—下刀架；4—上刀架

在剪床的工作台前有两个伸出的悬臂支架，上面开有 T 形槽。如果剪切较多同规格的板料或剪切圆等，可利用该支架安装挡板或定心机架等工艺装备。在剪刀架的后面也有可调的挡板装置，当剪切数的量较多，可调节此架定好尺寸，可免去划线，提高生产效率。

### 2. 联合冲剪机

图 6-1-15 所示为 QA34—25 型联合冲剪机，型号中 Q 表示剪切机，A 表示第一次改进，34 表示联合冲剪机，25 表示可剪板厚 25mm。该冲剪机的传动部分在机架的上部，剪切机的一头装有纵向布置的剪刀板，剪刀板长度为 350mm，可进行剪切加工，另一头可装模具进行冲裁加工，中部还能剪切型钢，一机多用，由同一电动机作为动力。该机能剪切圆钢 65mm，方钢 55mm，角钢 150mm × 150mm × 8mm，工字钢 300mm × 126mm × 9mm，T 字钢 150mm × 150mm × 18mm，槽钢 300mm × 85mm × 7.5mm，能冲制直径为 35mm 板厚 25mm 的孔。

### 3. 振动剪床

振动剪床是一种应用面较广的板料加工机械，其结构简单，容易制造，质量轻，体积小，工艺性广，适用于板料的中、小批量和单件生产。该剪床除了能进行剪切外，还可用来冲孔、冲槽、切口、翻边等。被加工的板料厚度一般在 10mm 以下。振动剪床的外形和工作原理如图 6-1-16 所示。它是

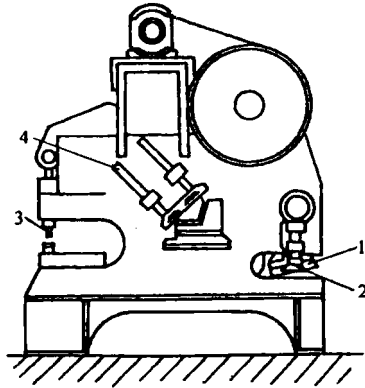


图 6-1-15 QA34—35 联合冲剪

1—上刀板；2—压杆；3—冲头；4—型材剪切头

通过曲柄连杆机构带动刀杆做高速往复运动进行剪切的，行程数由每分钟数百次到数千次不等；刀杆上可装剪刀片或冲头，能沿线或靠模对板料进行逐步剪切或冲压成形。图 6-1-16b 所示为振动剪的工作原理，当电动机 3 转动时，偏心轴 5 绕轴心 4 旋转，通过曲轴 2、连杆 1 带动滑块 7、刀杆 8 以及上刀板 9 做上下直线运动，进行剪切或冲压。上刀板的最大行程为偏心距  $e$  的两倍。上刀板的行程可以通过调节偏心距离的大小来改变。

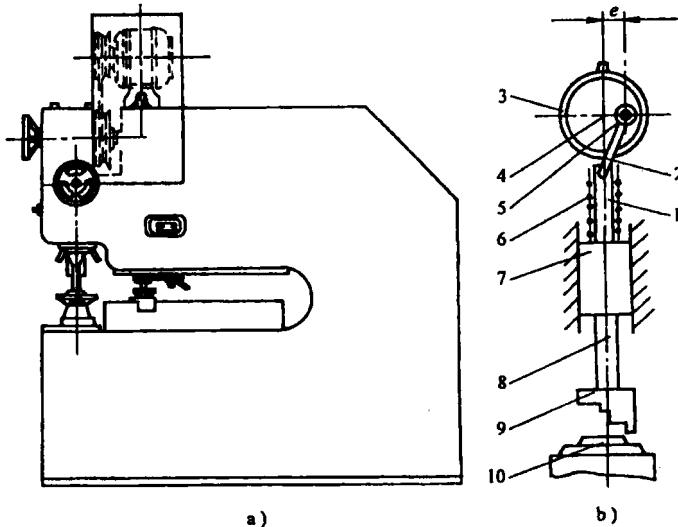


图 6-1-16 振动剪床

a) 外形；b) 工作原理

1—连杆；2—曲轴；3—电动机；4—轴心；5—偏心轴；6—弹簧  
7—滑块；8—刀杆；9—上刀板；10—下刀板（台）



该冲剪机的剪切线长度可通过手轮进行调节，当剪切曲率半径较小时，切口长度应较短（3~5mm）；曲率半径较大时，切口长度可较长（7~10mm）。如果板料中间需要开孔，只要调节手轮抬高刀板，待板料放入后放下刀板即可进行开孔剪切。

### 三、剪切工艺

剪切板料时由于选择的剪切设备类型不同，剪切工艺是有差别的。

#### （一）手工剪切工艺

手工剪切是利用剪刀等工具进行剪切，剪切的方法如图 6-1-17 所示。剪切直短料时，一般将被剪去部分放在剪刀的右侧，这样容易观察剪切线，如图 6-1-17a 所示。剪切板料较宽，剪切长度超过 400mm 时，必须将被剪去部分放在左边，如图 6-1-17b 所示，左手将被剪下的部分往上逐步弯曲，这样可以避免剪刀刃口部分卡住，造成移动困难，剪切费力。剪切圆料时，当剪切的余料较窄小，可沿圆周逆时针方向剪切，如图 6-1-17c 所示的。当剪切的余料较宽时，应按图 6-1-17d 所示顺时针方向剪切，这样便于使被剪下的余料向上翘起，剪刀刃口沿剪切线方向移动方便，剪切省力。片间不能有间隙，否则剪下的材料边缘上会有许多毛刺。若间隙过大，材料就会被刀口夹住而无法剪切。

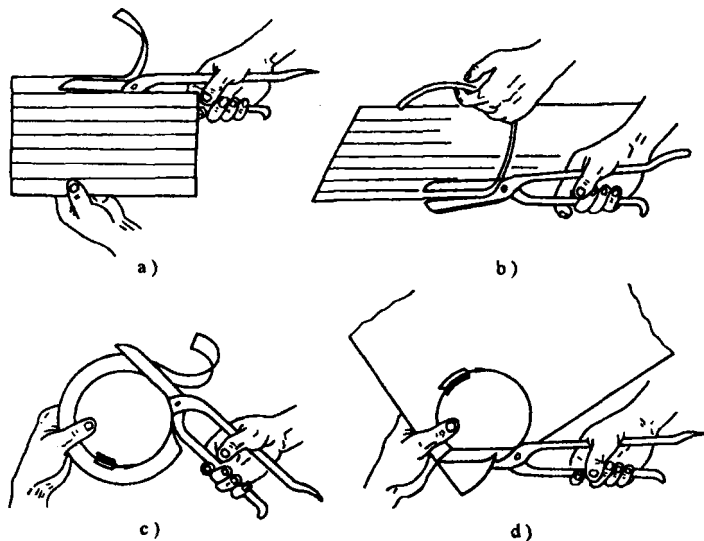


图 6-1-17 手剪剪切直料和圆料

a) 剪直短料；b) 剪直长料；c) 逆时针剪切；d) 顺时针剪切

## (二) 龙门剪床上的剪切工艺

剪切前要将钢板表面清理干净，划出剪切线，调整钢板使剪切线的两端对准下刀口，控制操纵机构起动剪床，剪刀板向下运动，压料装置压紧钢板进行剪切。

当剪切狭长料时，如果压料架压不住板料，可加垫块和压板，如图 6-1-18 所示。但必须保证垫块和板料的厚度相等，否则会因压不紧而使板料产生移动，影响剪切的质量。

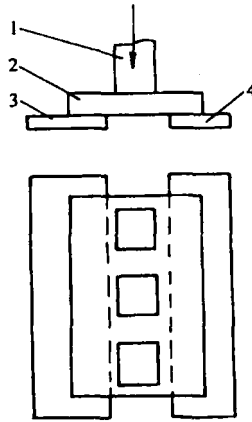


图 6-1-18 利用垫块压紧剪切

1—压料架；2—压板；3—剪切的狭料；4—垫块

当剪切尺寸相同而数量又较多的钢板时，可利用挡板定位，这样可免去划线工序，剪切时不必对线，只要将钢板靠紧挡板进行剪切，剪切的效率可大大提高。挡板有前挡板、后挡板和角挡板三种，如图 6-1-19 所示，具体可根据的不同加工情况进行选择。例如坯料是很长的条料，而剪切后零件的长度不长，可选择后挡板（图 6-1-19a），坯料从剪床前面送进，操作方便，生产效率高。挡板形式选定后，要调节挡板的位置，使之与下刀刃口的距离等于所需的剪切尺寸，而后试剪切，再根据剪下板料尺寸的误差，调整挡板修正，最后锁定挡板进行大量的剪切，在剪切中要抽样检验，以保证质量。

## (三) 联合冲剪机剪切工艺

联合冲剪的剪刀板较短，且没有随刀板而动的压料装置，所以在剪切时板料会发生翻翘、内拉等现象。

翻翘是指剪切时板料在剪切刀板力矩的作用下，发生翻转、翘起的现象

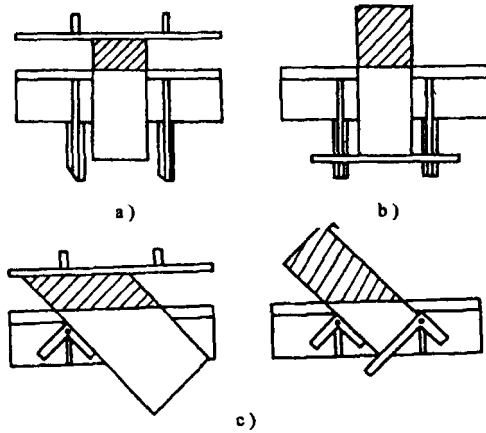


图 6-1-19 挡板形式

a) 后挡板; b) 前挡板; c) 角挡板

(图 6-1-20a)。翻翘量与板厚有关，板料越厚，翻翘量越大，翻翘不但影响刀板的使用寿命，而且影响剪切质量以及操作者的安全，因此操作时要压住板料，防止翻翘。

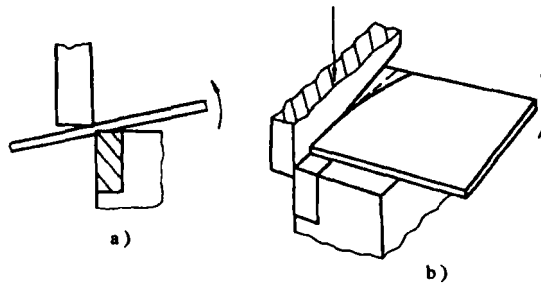


图 6-1-20 剪切板料时的翻翘和内拉

a) 翻翘; b) 内拉

内拉是指剪切较长板料时，在垂直于剪刀扳力和剪切点之间的力矩作用下，板料发生向刀刃内旋转，使实际的剪切切口偏离事先对准的剪切线（图 6-1-20b），造成零件报废。一次剪切的长度越长，力矩越大则内拉量越多，因此剪切长度较长的板料时，可采用放余量法和逐步剪切法来解决。放余量法是在剪切前根据经验事先放出内拉余量，以抵消剪切时内拉造成的偏差，缺点是剪切口边缘中部有凸起的现象。逐步剪切法是在剪切时缩短剪切长度（减小力矩），每次剪切长度约 10~30mm，待被剪下的料卡住下刀板形成一定的反力矩时，再加大剪切长度完成剪切。

剪床的上下刀刃为避免碰撞和减小剪切力，应留有一定的间隙  $S$  (图 6-1-21)，但间隙必须适当。过大的间隙，在剪切时容易使材料发生翻翘，材料剪切断面粗糙、剪裂区扩大，以致断口弯曲形成毛刺；间隙过小，剪切时剪切力增大，刀刃的磨损加快，影响到剪刀板和剪床的使用寿命。所以，间隙的大小是剪切的重要工艺参数。间隙的大小主要取决于被剪材料的力学性能和厚度，例如剪切低碳钢板，间隙约为材料厚度的 2% ~ 7%。

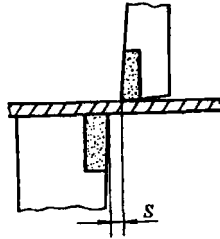


图 6-1-21 剪刀片间隙

### 第三节 锯 削

用锯对材料或工件进行切断或切槽等的加工方法，称为锯削。

锯削有手工锯削和机械锯削两种。手工锯削的主要工具是手锯；机械锯削是依靠锯床来进行切割的。

#### 一、锯条的选择

锯条应按锯割材料的性质和大小来选择。锯割软性材料或较厚材料时，产生的锯屑多，应选择齿距较大的粗齿锯条；锯割硬性材料或较薄材料时，应选细齿锯条。具体的选择方法如表 6-1-14 所示。

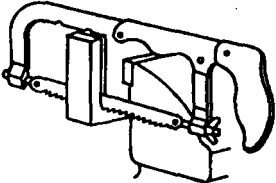
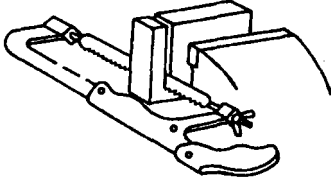
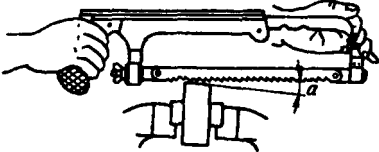
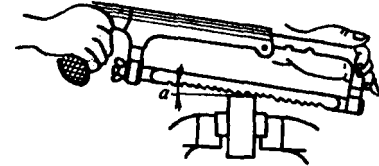
表 6-1-14 锯条的选择

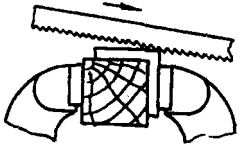
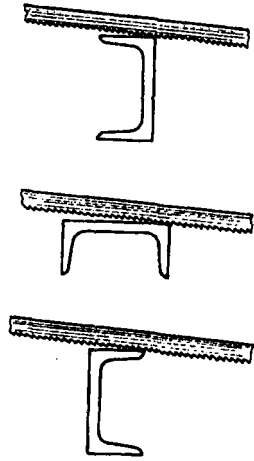
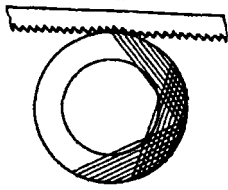
锯条	锯 割 的 材 料
粗齿	软性材料 如低碳钢 紫铜 铝 塑料等
中齿	中等硬度材料 如中碳钢 黄铜 铸铁以及型钢 厚壁管子等
细齿	硬材料 如高碳钢 合金钢以及薄壁金属 薄壁管子等

## 二、手工锯削方法

手工锯削方法见表 6-1-15。

表 6-1-15 锯削方法

锯削方法	简 图	说 明
锯条的安装		<p>锯条的锯齿应向前，锯条不能装得过紧或过松，否则易折断。若锯缝高度接近锯弓时，不能继续往下锯，而应将锯条转过 90°</p>
工件的夹持		<p>应牢固夹持工件，工件伸出钳口的部分要短，以免锯削时，工件发生弹动而折断锯条，且尽量夹在虎钳的左面，以免左手碰撞</p>
握锯		<p>右手握锯柄，左手压在锯弓的前上部</p>
起锯		<p>起锯有远起锯和近起锯两种。起锯角度要小（约 15°），否则，由于锯齿钩住工件的棱边，会使锯齿崩断</p> <p>为防止锯条打滑，开始可用左手拇指挡住锯条，以便起导向作用，待锯出一条浅槽后，移去左手，沿槽进行锯削</p>

锯削方法	简 图	说 明
锯削角钢		<p>角钢的边厚较小，故先锯角钢的一边，待锯穿重新装夹后，再锯另一边</p> <p>推锯时加压应均匀，拉锯时，应把锯弓微微抬起，快锯断时推锯应慢 压力应减小</p>
锯削槽钢		<p>槽钢的腰厚和腿厚均不大，应从槽钢的腿宽开始锯削，待锯穿后转 90°，锯削槽钢的腰部，依次再锯削另一腿</p>
锯削管子		<p>管子应用 V 形衬铁或管子虎钳夹紧。管壁锯穿后，为防止锯齿可能被管壁卡住，应将管子转动一角度后再锯削，以此方法，把管子锯断为止</p>

### 三、机械锯削方法

机械锯削是在弓锯床、圆盘锯或带锯床上进行切割。

机械锯削可切割扁钢、圆钢和各种型钢。

为提高切割效率，锯削时，可将材料用特制的夹具夹成一束，如图 6-1-22 所示，然后一起锯削。

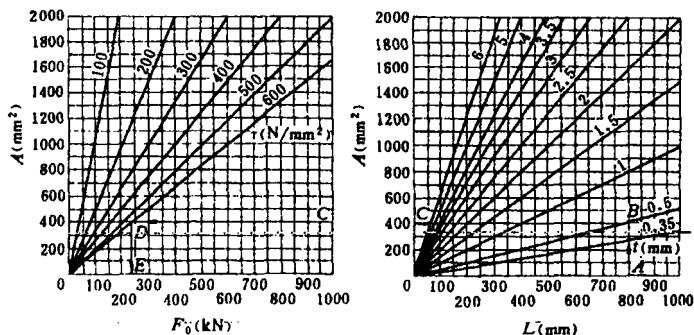


图 6-1-22 冲裁力图解法计算图

## 第四节 冲 裁

利用冲模使板料相互分离的工序叫做冲裁。在大批量生产时，采用冲裁分离可以提高生产率，易于实现机械化和自动化，因而冲裁应用很广泛。

冲裁工艺的种类很多，有落料、冲孔、切断、切边、切口、切舌等，如图 6-1-23 所示。其中以落料、冲孔应用最多。若冲裁时，沿封闭曲线以内被分离的材料是零件，则称为落料（图 6-1-23a）；反之，封闭曲线以外的板料作为零件，则称为冲孔（图 6-1-23b）。落料和冲孔的冲裁原理虽相同，但在考虑模具工作部分尺寸时却不同。落料零件尺寸取决于凹模尺寸，而冲孔零件尺寸则取决于凸模尺寸。

冲裁可以制成成品零件，也可以为弯曲 压延和成形工艺准备坯料。

### 一、冲裁原理和设备

#### （一）冲裁原理

冲裁的基本原理与剪切相同，只不过是将剪切时的直线刀刃，改变成封闭圆形或其他形状的刀刃。图 6-1-24a 所示为简单冲模。由凸模 4、凹模 3、卸料板 3 和下模座 1 等组成。凸模通过模柄安装在冲床的滑块上，随滑块做上下运动，凹模用螺钉固定于下模座。

模具的工作部分是凸模和凹模，它们都有锋利的刃口。凹模的直径比凸模的直径稍大，两者之间存在一定的间隙。冲裁时，板料放在凹模之上，当

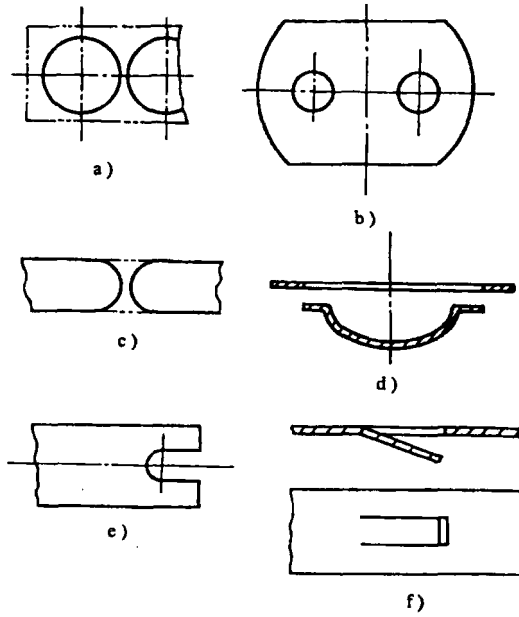


图 6-1-23 冲裁种类

a) 落料; b) 冲孔; c) 切断; d) 切边; e) 切口; f) 切舌

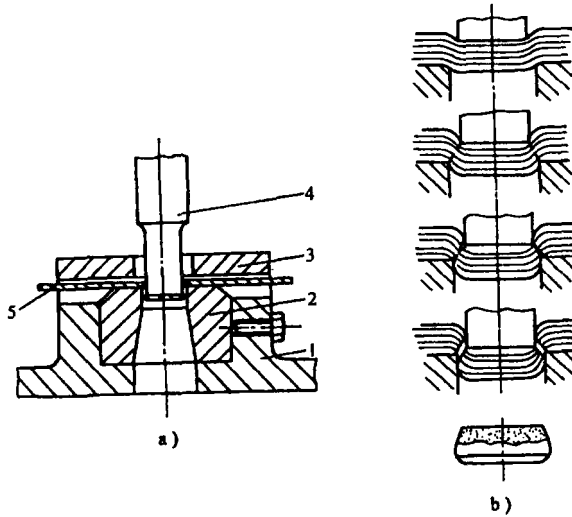


图 6-1-24 简单冲模及冲裁过程

a) 简单冲模; b) 冲裁过程

1—下模座; 2—凹模; 3—卸料板; 4—凸模; 5—板料



开动冲床时，滑块随即向下运动，带动凸模进行冲剪，并穿过板料进入凹模，使板料分离而完成冲裁，如图 6-1-24b 所示。卸料板的作用是将卡在凸模上的板料卸下。

## (二) 冲裁设备

冲裁是依靠压力机对模具施加外力来完成工作的，不同的冲压要求，应选用不同类型的压力机。压力机的类型很多，按传动方式分机械压力机和液压机两大类，其中机械压力机在生产中应用较广。常用的机械式压力机有曲柄压力机、摩擦压力机等，其中又以曲柄压力机为最常用。

曲柄压力机是通用性的压制设备，不但可用于冲裁，还可用于压弯、压延等成形加工。曲柄压力机按机架形式，分开式和闭式两种；按连杆数目分单点式、双点式和四点式等。

开式压力机的工作台结构有固定式、可倾式和升降台式三种，如图 6-1-25 所示；固定式压力机的刚性和抗振稳定性好，适用于较大吨位冲裁；可倾式压力机的工作台可倾斜  $30^\circ \sim 30^\circ$ ，冲裁后工件或废料可靠自重沿工作台滑下；升降台式压力机适用于模具高度变化的冲压工作。

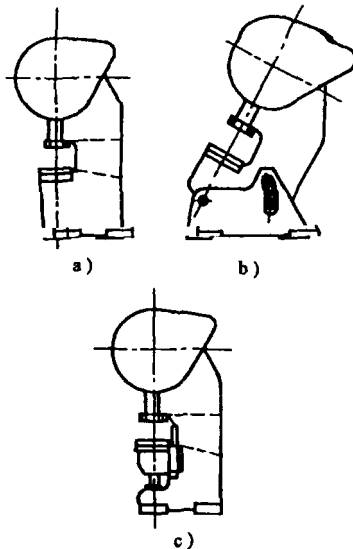


图 6-1-25 开式曲轴压力机

a) 固定式；b) 可倾式；c) 升降台式

图 6-1-26 所示为开式曲柄压力机简图。床身 1 呈 C 形，工作台三面敞开。电动机 2 经齿轮 3 和 4 减速后带动偏心轴 7 旋转，通过连杆 8 滑块 9 将