

王同海 编著

管材塑性

加工技术

机械工业出版社

管材塑性加工技术

王同海 编著



机械工业出版社

本书共分六章。第一至五章阐述了管材剪切、弯曲、胀形、缩口、扩口与翻边等基本工序的加工原理、加工方法,工装模具结构设计、工艺计算及工艺参数选择等一系列技术问题。第六章概括介绍了高能成形加工方法及其在管材塑性加工中的应用。

本书内容涉及面较广,文字叙述通俗易懂,所提供的图表、数据、公式实用性强。

本书可供工厂企业的工程技术人员及科研工作者使用,也可作为高等院校、中等专业学校锻压专业和模具专业的选修课教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

管材塑性加工技术/王同海编著. —北京:
机械工业出版社, 1998. 8

ISBN 7-111-06263-9

I. 管… II. ①王…②宋… III. 管材-冷冲压, 塑性 IV. TG386.4

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第05818号

出版人: 马九荣(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑: 邓海平 王海峰 版式设计: 霍永明 责任校对: 姚培新

封面设计: 创先河 责任印制: 王国光

机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998年7月第1版第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·14.25印张·345千字

0 001—3 000册

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

管材塑性加工是指对管材的二次加工，属于管材深加工技术的范畴。

现代工业生产中，管材除大量用于气体和液体管道工程外，在航空航天、机械、化工、轻工、交通运输等工业部门也被广泛使用，即经过塑性加工，把管材制成机器零件和工程结构件。管材塑性加工在现代工业生产中占有很重要的地位。

随着科学技术的不断进步和工业生产的迅速发展，对产品质量及功能提出了越来越高的要求。实际生产中，由于管材零件的形状、尺寸、技术条件及使用要求不同，所选用的塑性加工方法亦不相同。由于影响产品质量的因素繁多，工程设计工作有一定的难度。对于开始从事管材塑性加工的工程技术人员，尽快掌握管材塑性加工的基本内容、原则、方法及生产设计经验与技巧，是尤为重要的。为此，作者在广泛收集有关生产设计经验及国内外技术资料的基础上，结合多年来从事教学、研究及设计的工作实践与体会，编纂成《管材塑性加工技术》一书，以期对工程设计工作有所帮助。

本书共分六章。第一至五章分别阐述了管材塑性加工基本工序的加工原理、加工方法、工装模具结构设计、工艺计算及工艺参数选择等一系列技术问题，并尽量反映当代最新研究成果，注重知识新颖性。第六章简要介绍了高能成形的加工方法及其在管材塑性加工中的应用，以便开阔知识视野。本书力求文字简洁，通俗易懂，图表、数据、公式实用。

本书在编写过程中，较为广泛地参考了国内外学者、专家的有关文献，引用了部分资料，并得到有关工厂、院校、研究机构等单位及很多同行的热情帮助，在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误与不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

1997 年 12 月

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一章 管材剪切加工	3
------------------	---

一、管材切断	3
(一) 冲切法	3
(二) 双重冲切法	10
(三) 芯棒剪切法	12
(四) 芯棒双重剪切法	13
(五) 旋转辊剪切法	13
二、管材端口冲裁	14
(一) 端口圆弧冲裁	15
(二) 端口开槽冲裁	15
(三) 端口异形冲裁	16
(四) 端口倾斜圆弧冲裁	16
三、管壁冲孔	17
(一) 有凹模冲孔模	17
(二) 无凹模冲孔模	19
(三) 橡胶冲孔模	22
第二章 管材弯曲加工	27
一、弯曲加工原理	28
(一) 弯曲变形特点	28
(二) 横断面形状的变化	29
(三) 管壁厚度的变化	32
二、弯曲变形程度	35
三、弯曲管坯尺寸	38
(一) 计算方法	38
(二) 平面弯管件的展开计算	39
(三) 立体弯管件的展开计算	42
四、弯曲力矩	47
五、弯管填充料及润滑剂	50
(一) 填充料	50
(二) 润滑剂	51
六、绕弯	51
(一) 手工弯管	51
(二) 有芯弯管	52
(三) 无芯弯管	56
(四) 顶压弯管	57

七、推弯	58
------------	----

(一) 型模式冷推弯管	58
(二) 芯棒式热推弯管	59

八、压弯	64
------------	----

(一) 热压弯头	64
(二) 冷压弯头	71
(三) 管坯形状与尺寸	76
(四) 压制力	76
(五) 压制弯头的质量特征	77

九、中频加热弯管和火焰加热弯管	78
-----------------------	----

(一) 中频弯管	78
(二) 火焰弯管	80

十、折皱弯管	81
--------------	----

十一、弯管机简介	84
----------------	----

(一) 冷弯管机	84
(二) 中频感应电热弯管机	89

第三章 管材胀形加工	91
------------------	----

一、胀形加工原理	92
----------------	----

(一) 胀形变形特点	92
(二) 胀形区壁厚的变化	94

二、胀形变形程度	95
----------------	----

三、胀形管坯尺寸	97
----------------	----

(一) 管坯直径	97
(二) 自然胀形的管坯长度	97
(三) 轴向压缩胀形的管坯长度	98

四、胀形力	98
-------------	----

(一) 液压胀形力	98
(二) 橡胶胀形力	99
(三) 刚性模胀形力	100

五、刚性模胀形	101
---------------	-----

六、橡胶胀形	102
--------------	-----

(一) 胀形加工优点	102
(二) 聚氨酯橡胶	103
(三) 模具结构	103
(四) 模具主要零件的设计与计算	105
(五) 波纹管橡胶胀形	113

七、液压胀形	116	(二) 局部加热镦粗模具	173
(一) 直接加压液压胀形	117	(三) 局部加热缩口工序	176
(二) 橡皮囊液压胀形	117	第五章 管材扩口与翻边加工	177
(三) 波纹管液压胀形	118	一、扩口加工	177
八、轴向压缩胀形	119	(一) 扩口变形特点	177
(一) 轴向压缩下刚性模胀形	119	(二) 扩口变形程度	179
(二) 轴向压缩下橡胶胀形	120	(三) 扩口管坯尺寸	180
(三) 轴向压缩下液压胀形	130	(四) 扩口力	180
(四) 轴向压缩下石蜡胀形	133	(五) 扩口方法	181
九、复合胀形工艺	135	二、翻边加工	187
(一) 等径三通管复合胀形工艺	135	(一) 翻边变形特点	188
(二) 不等径凸筋管接头复合成形		(二) 翻边变形程度	189
工艺	142	(三) 翻边工艺设计	190
第四章 管材缩口加工	146	(四) 翻边模具设计	191
一、缩口加工原理	146	第六章 高能成形加工简介	194
(一) 缩口变形特点	146	一、概述	194
(二) 缩口区壁厚变化	149	二、爆炸成形	196
二、缩口变形程度	150	(一) 爆炸成形原理	196
三、缩口管坯尺寸	153	(二) 爆炸成形装置	196
四、缩口力	155	(三) 工艺参数选择	199
五、冲压缩口	160	(四) 爆炸胀形	202
(一) 典型模具结构	160	(五) 爆炸冲孔	206
(二) 凹模尺寸参数	162	三、电液成形	207
六、旋压缩口	164	(一) 电液成形原理	207
(一) 旋压模缩口	164	(二) 电液成形装置	209
(二) 旋轮缩口	164	(三) 工艺参数选择	210
(三) 摩擦工具缩口	166	(四) 电液成形设备	211
七、冲击缩口	168	四、电磁成形	211
八、加热带口	169	(一) 电磁成形原理	212
(一) 火焰加热旋压缩口	169	(二) 典型加工工艺	213
(二) 工频加热带口	170	(三) 工艺设计要点	215
九、缩口—扩口复合工艺	171	(四) 模具设计要点	217
十、局部镦粗缩口工艺	172	(五) 电磁成形设备	217
(一) 局部加热镦粗方法	173	参考文献	220

绪 论

随着科学技术和工业生产的不断发展,在航空器制造、工程机械、动力机械、农牧机械、石油化工、轻工及交通运输等工业部门中,已广泛采用管材制造零件。因此,管材塑性加工在当代工业生产中占有十分重要的地位。

管材塑性加工是以管材作毛坯,通过各种塑性加工手段,制造管材零件的加工技术。实际上,管材塑性加工是指对管材的二次加工,故属于管材深加工技术的范畴。

根据管材零件的技术条件及不同使用要求,应选用相应的塑性加工方法。实际生产中,尽管管件的形状、尺寸及使用场合各不相同,但其基本加工工序是相同的,主要有切断、冲孔、弯曲、胀形、缩口(径)、扩口、翻边、卷边等。每一加工工序又可通过不同的塑性加工方法来实现。例如管材的弯曲加工,可分为绕弯、压弯、推弯、滚弯等方法。若按弯曲时加热与否,又可分为冷弯和热弯两类。再如胀形加工,按使用模具的结构特征,可分为刚性模与软模胀形两类,而软模胀形则根据传压介质的不同,又可分为橡胶胀形、PVC塑料胀形、石蜡胀形、液压胀形及气压胀形等方式。又如缩口加工,可分为冲压缩口、旋压缩口、冲击缩口及加热缩口等,而管壁冲孔又可分为有凹模冲孔、无凹模冲孔、橡胶模冲孔等。

管材的塑性加工与板材塑性加工相比,虽然从变形性质、变形特点等方面看,有许多相似之处,但在工艺方法、需要解决的工艺难点、工装结构设计、工艺参数选择以及为防止产品产生质量缺陷而采取的工艺措施等方面,都存在很大的不同。管材的空心截面是引起这些不同的原因。

管材的塑性加工,往往易产生下述质量缺陷,特别是在管材的弯曲加工时尤为明显。

(1) 壁厚变薄、破裂

如弯曲变形区外侧壁及胀形变形区管壁,扩口及翻边变形区的管壁,均会产生壁厚变薄。变薄量最大的部位在最大变形处,变薄过度时导致破裂。从变形力学的角度看,这是由于拉伸应力的作用而使变形区丧失了承载能力,因此属塑性拉伸失稳问题。该类质量缺陷均发生在伸长类成形工序中。

(2) 壁厚增厚、起皱

如弯曲变形区内侧壁及缩口(径)变形区管壁,壁厚均有增加。若变形程度过大,则管壁丧失稳定,引起皱折。因此,失稳不只是在拉应力作用下才会出现,在压应力作用下,同样存在塑性失稳问题。此类质量缺陷均发生在压缩类成形工序中。

(3) 横断面形状畸变

在管材的弯曲加工中,若不采取必要的措施(如在管内填充料或放置芯棒支撑等),弯曲后的横断面或大或小地都将发生畸变(近似为椭圆形)。又如利用模具对管材切断时,由于切刀对管壁的压力作用,也会使切断面产生压塌现象,变为非圆形。因此,为防止上述质量缺陷的产生,选用合理的工艺方法及采取必要的工艺措施,是十分重要的。生产实践表明,消除或最大限度地减少质量缺陷,以满足管件的使用要求,是管材塑性加工的工艺关键。

用于塑性加工的管材,按材质的不同可分为钢管和有色金属管两类。有色金属管包括铜

和铜合金管、铝和铝合金管、镍和镍合金管等。生产中除常用钢、铜、铝管外，也较广泛地使用各种合金和其它金属管。根据管材的断面形状，可分为圆形管和异形管。圆形管的规格一般用外径×壁厚表示。异形管有椭圆形、三角形、梯形、矩形、正方、六方等各种复杂形状，其规格表示方法也各不相同。根据管材生产方法，可分为热轧管、冷轧管、冷拔管、挤压管等。根据壁厚不同可分为厚壁管、薄壁管（壁厚小于 2mm）以及外径不大于 5mm 的毛细管。

钢管分无缝钢管与有缝钢管两种。除大量用于气体和液体的输送管路外，又广泛用于制造机器零件和工程结构件。无缝钢管由整块金属轧制而成，断面上无接缝。其材质多种多样几乎涉及到了所有的钢种。有缝钢管又称焊接钢管，用钢带卷焊而成，有镀锌管（俗称白铁管）和不镀锌管（俗称黑铁管）两种。镀锌管常用作水管，可以防止生锈。不镀锌管用于普通低压或无压力的管道系统中。

管材塑性加工质量，不仅与选用的加工方法及工艺参数等因素有关，而且受管材质量的直接影响。管材的化学成分和力学性能既要满足使用要求，还应使管材具有良好的加工工艺性。管材的工艺性能由工艺试验判定，如弯曲试验、扩口试验、卷边试验、压扁试验等，这些工艺试验必须按标准中规定的方法进行。

管材塑性加工工艺与板材塑性加工工艺一样，为满足产品越来越高的使用要求，近年来无论在理论及试验研究方面，还是在新工艺研制等方面，都取得了较大进展。如“等径三通管复合胀形”、“管材局部减厚缩口”等工艺，都是在生产实践中发展起来的新工艺方法，具有良好的技术经济效益。高能成形是金属塑性加工中的特殊成形方法，能完成管材的胀形、缩口（径）、扩口、冲孔等加工工序，在某些生产条件下具有独特的优越性。显然，任何一种工艺方法，都有其自身的加工特点，因而其应用范围也都有一定的局限性，这就需要具体分析，灵活运用。

圆形管材在工业生产中的应用最为广泛，本书主要介绍圆管材的各种塑性加工技术。

第一章 管材剪切加工

管材剪切是制造管材零件的基本工序,包括管材切断、端口形样冲裁、冲孔及切口等。管材剪切属冲压加工分离工序,它与板材剪切相比,由于自身的形状(空心截面)特点,剪切时为防止管壁被压扁,采取的工艺措施比较复杂,同时对模具设计及制造也提出了更高要求。管材剪切与机加工切断相比,由于加工速度快,生产效率高,适合大批量生产,因而有广泛的应用前景。但由于管材剪切加工本身较复杂,而且在技术上也有不够成熟之处,所以在生产中的应用还不够广泛。本章主要介绍管材剪切的各种工艺方法及适用范围。

一、管材切断

在管材零件的制造中,首先需对管材进行切断,以获得管件所需长度的管坯。管材切断主要用机械加工和冲压加工两种方法。机械加工包括锯床切断、车床切断、砂轮切断等,优点是切断面质量稳定,但因其生产率低,故难以满足大批量生产的要求。冲压加工生产率高,但切断时管壁易被压扁,导致切断面畸变、歪斜。如果采用剪切棒料的方法剪切管材,管材必然被压扁而不能使用。因此,采取特殊的工艺措施,防止剪切时管材被压扁,以保证切断面质量满足管件的使用要求,是十分重要的。下面介绍几种已在生产中应用的特殊的管材切断方法。

(一) 冲切法

冲切法是冲压剪切法的简称,即在压力机上利用模具对管材实施切断。该方法适用于管材相对厚度 $t/D < 0.1$ 的薄壁管 (D ——管材外径, t ——管材壁厚)。

1. 冲切过程

管材冲切过程如图 1-1 所示。当压力机滑块下行时,切刀刃尖与管壁接触,使管壁产生弹性变形。随着切刀继续下行,压力逐渐增加,压力达到一定值时,刃尖与管壁接触处的材料发生塑性变形,同时刃尖开始压入材料。随着刃尖压入程度的增加,出现了应力应变的高度集中,导致材料瞬间脆裂,刃尖随之进入管腔。然后切刀侧刃与凹模侧刃开始剪切管壁,直至完全切断管材为止。

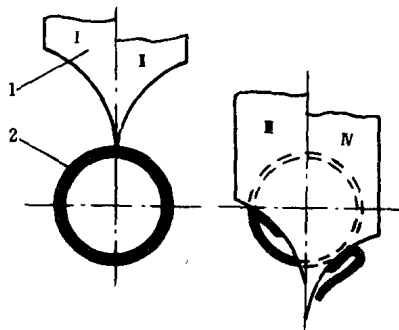


图 1-1 冲切过程示意图

1—切刀 2—管材

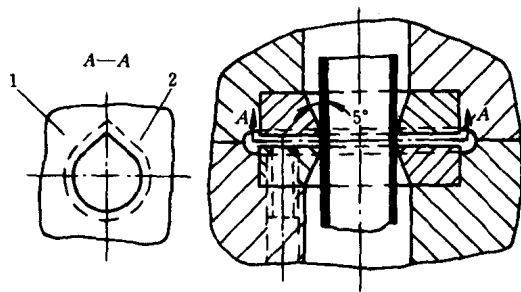


图 1-2 凹模

1—左半凹模 2—右半凹模

为了减小管材被压扁的现象,通常将凹模(见图1-2)做成少许的桃形,以便冲切前先使管材在左、右半凹模的强力夹持下产生一定量的反变形(使管壁上部突出),然后再由切刀冲切,即可减少管材被切刀压扁的缺陷。

分析管材冲切过程可知,开始切管时,切屑是向内形成的,此时凹模不起剪切作用,管材压扁现象也就在此时产生,因而应尽量缩短这一过程,为此,切刀曲线形状必须做得细而长,但强度差易折断。若做出的刀刃形状宽而短,则切刀强度好,但切屑易向内形成,使压扁现象严重,不利于冲切过程进行。因此,合理确定切刀曲线形状及尺寸,是冲切法成败的关键。

2. 切刀形状及尺寸

切刀型式如图1-3所示,切刀刃尖做成宽度为 b 并呈 30° 的尖劈,尖劈后面做成带一定形状的曲线,设计该曲线形状时必须考虑以下因素:切屑力求向外形成以减小压扁现象;切刀应有足够的强度;曲线形状应易于磨削加工。目前生产中采用的切刀曲线多为圆弧形,这不但易于磨削加工,而且也能较好地满足冲切要求,收到了良好的效果。实践证明,双圆弧切刀要比单圆弧的好,这是由于双圆弧切刀冲切时,管材上部约 $1/4$ 的废料先被切断并掉入管腔内,因此有利于后续的冲切工作。下面分别介绍单、双圆弧切刀尺寸参数的确定方法。

(1) 单圆弧切刀

为了合理确定切刀的圆弧半径,首先对图1-4进行分析讨论。在图1-4中,设管材的内半径为 R ,壁厚为 t , O 点为管材截面的圆心,取 OO' 分别为 R (图a)、 $2.5R$ (图b)、 $4R$ (图c),然后过 O' 点做 OO' 的垂线,并等分之。过每一个等分点分别以 $r=R$ 、 $r=2.5R$ 、 $r=4R$ 的半径做弧线,与圆 O 相交,然后分别连接各等分点与相应的交点。分析图1-4a、b、c可知:

当 $r=R$ 时,等分点与交点的连线在第一象限几乎全部相交,且切割圆 O 。因连线切割圆,内孔受力点的法线全部交错,使切刀在剪切过程中引起较大力矩,此力矩使管壁脱离凹模侧壁,导致管壁的弯曲变形,从而使管壁产生压扁畸变缺陷。

当 $r=2.5R$ 时,在第一象限的 $3/5$ 范围内,等分点与交点的连线相交且切割圆 O ;而在 $2/5$ 范围内,既不相交,也不切割圆 O 。此说明在第一象限的 $3/5$ 范围内,有力矩,易变形(畸变)。在 $2/5$ 范围内法线不相交,即剪切力将管壁压向凹模侧壁,管壁不易畸变。

当 $r=4R$ 时,内孔受力点的法线不交叉,即剪切力始终把管壁压向凹模侧壁,大大减少了管壁畸变。

由上述分析可知,为减少冲切过程中管壁的压扁、畸变现象,应使切刀的圆弧半径 $r \geq 4R$ 。当然,圆弧半径 r 也不能无限制地增大,因为 r 过大时,切刀刃形状细而长,不仅强度不足易折断,而且要求压力机的行程大。因此,只要满足 $r=4R$ 这个必要条件即可。

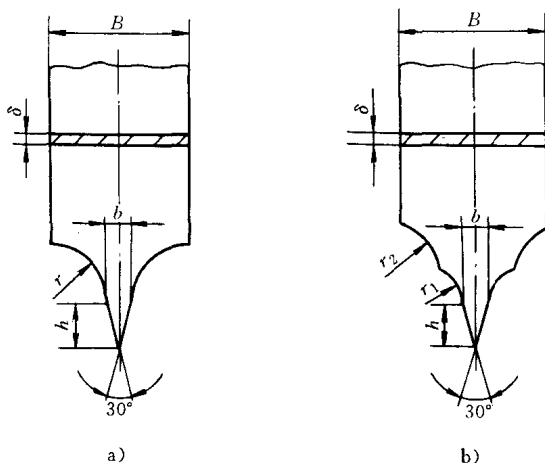
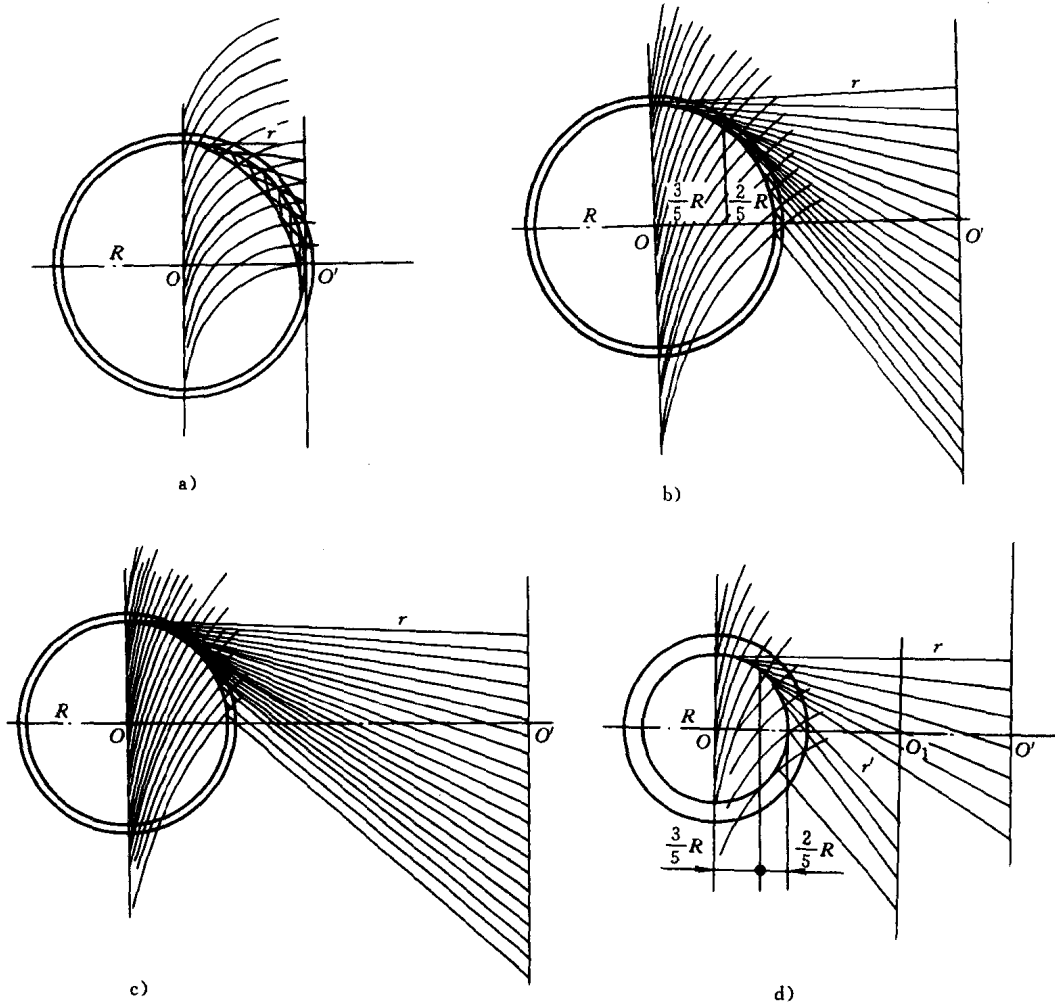


图1-3 切刀型式
a) 单圆弧切刀 b) 双圆弧切刀

图 1-4 切刀圆弧半径 r 的确定a) $r=R$ b) $r=2.5R$ c) $r=4R$ d) $r=4R$ 、 $r'=2.5R$

若按 $r=4R$ 设计切刀, 当压力机行程不够时, 则不能完成管材的分离, 因此必须对 $r=4R$ 进行修正: 如图 1-4d 所示, 在相对管材半径的 $3/5$ 范围内取圆弧半径 $r=4R$, 而在余下的 $2/5$ 范围内取 $r'=2.5R$, 这样既可保证管壁呈被剪切状态, 又可以有效地缩短切刀高度, 解决了压力机行程不够的问题。

下面再讨论切刀的有效工作高度, 如图 1-5 所示, $\overline{MN}$ 为切刀的有效工作高度。

当 $r=4R$ (见图 1-5a)

$$\overline{MN} = \sqrt{(4R)^2 - (3R-t)^2} = \sqrt{7R^2 + 6Rt - t^2}$$

由于有效工作高度是供选择压力机工作行程用的, 不必很精确, 故可用近似方法估算, 则

$$\overline{MN} = 2.7R + t \quad (1-1)$$

式中 R ——管材内半径 (mm);

t ——管材壁厚 (mm)。

因压力机工作行程 H 应等于 2 倍的切刀有效工作高度, 则

$$H = 2 \overline{MN} = 5.4R + 2t \approx 6R \quad (1-2)$$

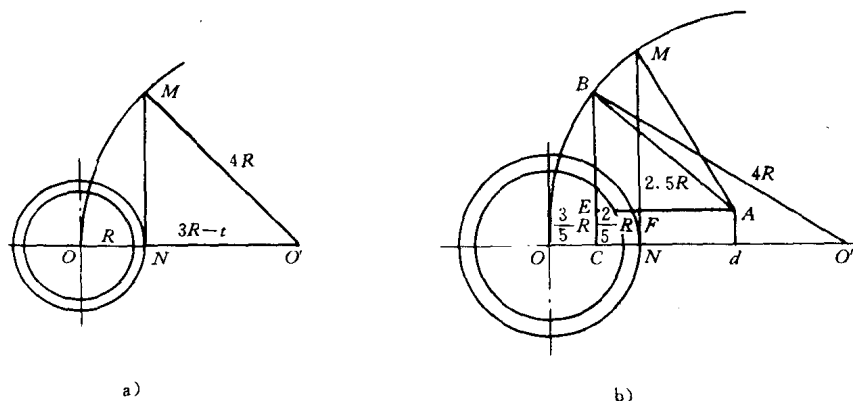


图 1-5 切刀有效工作高度的确定

a) $r=4R$ b) $r=4R, r'=2.5R$

当按 $r=4R$ 设计切刀而压力机工作行程不够时, 必须对切刀形状进行修正, 即在相对管材半径的 $3/5$ 范围内取 $r=4R$, 在余下的 $2/5$ 范围内取 $r'=2.5R$, 如图 1-5b 所示。

由于

$$\overline{MF} = \sqrt{(\overline{MA})^2 - (\overline{FA})^2} = \sqrt{(2.5R)^2 - (1.5R - t)^2} = \sqrt{4R^2 + 3Rt - t^2}$$

$$\overline{BC} = \sqrt{(\overline{BO'})^2 - (\overline{CO'})^2} = \sqrt{(4R)^2 - (4R - 3R/5)^2} = \sqrt{111/25}R$$

$$\overline{BE} = \sqrt{(\overline{BA})^2 - (\overline{EA})^2} = \sqrt{(2.5R)^2 - (2.5R - 3R/5)^2} = \sqrt{66/25}R$$

而

$$\overline{FN} = \overline{EC} = \overline{BC} - \overline{BE} = (\sqrt{111/25} - \sqrt{66/25})R = 0.483R$$

故

$$\overline{MN} = \overline{MF} + \overline{FN} = \sqrt{4R^2 + 3Rt - t^2} + 0.483R$$

其估算公式为

$$\overline{MN} = 2.47R + t \quad (1-3)$$

则压力机工作行程 (H) 为

$$H = 2\overline{MN} = 4.94R + 2t \approx 5.5R \quad (1-4)$$

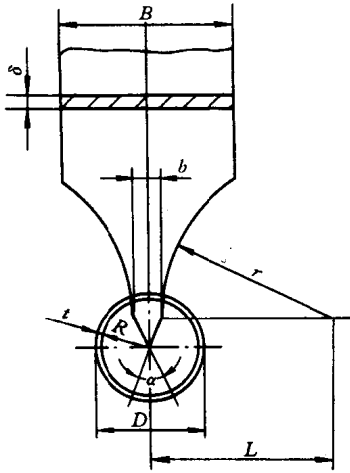
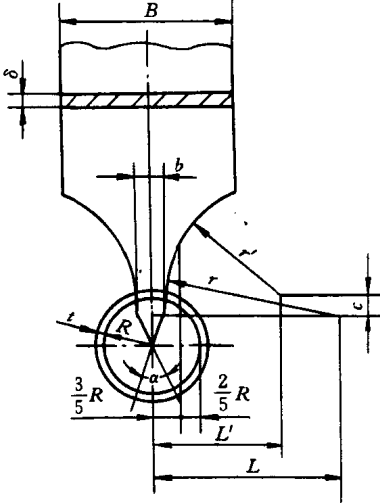
通过上述分析计算, 现将单圆弧切刀的尺寸参数归纳在表 1-1 中, 以便设计时参考。

(2) 双圆弧切刀

双圆弧切刀曲线可用作图法求出, 如图 1-6 所示。首先按选定的比例绘出管材的横截面图, 在管材中线上任一点作法线, 又过该点作另一线与法线的交角为 θ 。取若干点 (点越多越精确) 作这样的线, 这些线的包络便是刀刃的理论曲线形状。 θ 越大切屑越向内形成, 但作出的刀刃形状宽而短, 强度好; θ 越小甚至是负值 (β 角) 则切屑向外形成, 此时刀刃形状细而长, 但强度差易折断。按该法求出刀刃的理论包络曲线后, 分别选用 r_1 和 r_2 圆弧半径光滑连接包络线, 即得双圆弧切刀的形状, 而 r_1 和 r_2 分别是双圆弧半径。双圆弧切刀的其它尺寸参数, 如刀刃尖劈宽度、顶角及切刀厚度和宽度, 则可按表 1-1 确定。

表 1-1 单圆弧切刀尺寸参数

(mm)

示意图	 	
	尺寸参数	
	a)	(1) $r=4R$ 切刀
	b)	(2) $r=4R$; $r'=2.5R$ 切刀
圆弧半径 r, r'	$r=4R$	$r=4R$; $r'=2.5R$
圆弧半径中心至切刀中心的距离 L, L'	$L=4R$	$L=4R$; $L'=2.5R$
圆弧半径 r 与 r' 中心距 C		$C=0.483R$
刀刃尖劈宽度 b	$b=(0.5\sim 2)t$ 薄壁取大值, 厚壁取小值	
刀刃顶角 α	$\alpha=30^\circ$	
切刀厚度 δ	$\delta=(1\sim 3)t$ ($\delta\geq 0.5\text{mm}$) 薄壁取大值, 厚壁取小值	
切刀宽度 B	$B\geq 1.5D$	
压力机工作行程 H	$H\geq 6R$	$H\geq 5.5R$

冲切法适用于薄壁管。采用该法切断管材时，管壁易被压扁（如前分析），而使管材切断面的圆度降低。管壁被压扁的程度与切刀刀刃顶角有关。图 1-7 为刀刃顶角与管材切断面圆度的相关曲线，由图易见，刀刃顶角越小则圆度越高。虽然顶角越小圆度越高，但如果管壁偏厚时，刀刃产生崩刃的危险就增大。生产中常用的刀刃顶角为 30° 。

3. 模具结构

图 1-8 是一副带有双斜楔的管材切断模，供切断一定直径而长度不同的管坯。该模具采用单圆弧切刀，凹模由左右两半组成，在斜楔作用下两半凹模可左右移动，以便送进或夹紧管材。模具工作原理如下：先将管材穿过侧导板 13、14 的定位孔，送至定位块 12，当压力机滑块下行时，两斜楔 6 推动两半凹模 8 夹紧管材，使管壁上部突出（形成桃形），随着压力机滑块继续下行，切刀 5 开始切入管壁，直至管材被完全切断为止。切下的管坯掉在下模座上的

两角铁 11 之间, 随第二次管材送进时将它推出去。定位块 12 在角铁 11 上可前后调整, 以适应切断不同长度的管坯。

图 1-9 是管材切断模的另一典型结构。在该模具中, 凹模由左右两半组成, 左半凹模为固定凹模 3, 右半凹模为活动凹模 4, 活动凹模在斜楔 2 与滚轮 5 作用下, 可在导轨 7 上左右移动, 达到夹紧或松开管材的目的。

图 1-10 所示的管材切断模, 采用双圆弧切刀 16 和左右组合凹模 23 切断管材 (20 号钢, 无缝钢管, 外径 $\phi 19\text{mm}$, 壁厚 1mm)。右半凹模由螺钉 18 紧固在固定板 17 上, 左半凹模紧固在滑块 8 上, 滑块能在下模板上左右滑动, 靠两导板 27 导向。平时滑块在弹簧 6 作用下使凹模张开少许 (由套筒限位) 便于管材送进。切刀 16 由螺钉 24、压板 25 紧固在固定板 11 上。该模具的工作原理如下: 先将管材送进并穿过凹模孔, 由可调挡料板 29 定位。上模下行, 斜楔 9 将滑块 8 向右推进, 两半凹模将管材夹紧。上模继续下行, 切刀 16 便将管材逐渐切割, 直至完全切断为止, 废料则从孔中漏下。

用于该模具的凹模如图 1-11 所示, 切刀如图 1-12 所示。

图 1-13 所示的切断模, 用于直径 5mm 以上的管状铆钉的管坯下料工作。该模具采用 V 形切刀 5, 切刀厚度为 $1\sim 1.5\text{mm}$ 。凹模 3 由上、下两半组成。模具工作时, 将管材送入凹模中, 由定位装置 13 定长度, 长度可按需要调整。压力机滑块下行, 压轴 11 在弹簧 10 的作用下使上半凹模先压紧管料, 然后切刀刀尖再接触管壁。切刀刀尖刺穿管壁后继续深入, 管料受力方向在改变, 开始时向心, 继而转向离心方向, 直至冲切过程结束。当模柄随滑块回程时, 上半凹模在弹簧 17 的作用下与下半凹模分离, 便于切下的管坯滑出和下次送料。

综上所述, 冲切法适用于管材相对厚度 $t/D < 0.1$ 的薄壁管, 更常见于壁厚在 3mm 以下、直径在 50mm 以下的场合。由于冲切法是利用模具切断管材, 因而生产

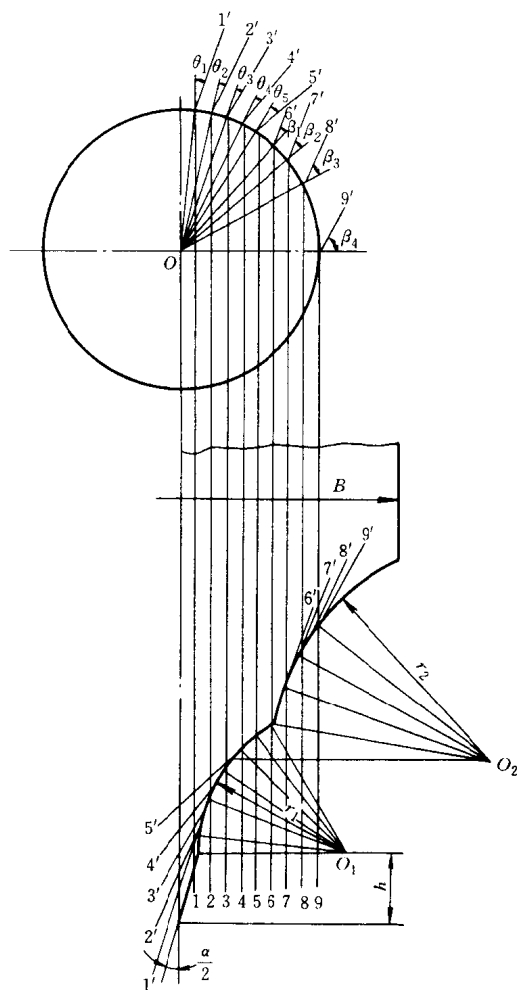


图 1-6 双圆弧切刀曲线作图法

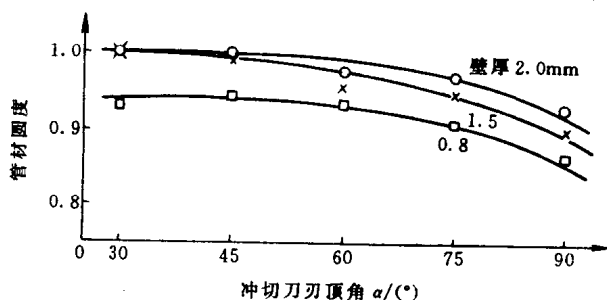


图 1-7 刀刃顶角与管材切断面圆度的关系
(管材为黄铜硬质材料, 外径 $\phi 15\text{mm}$)

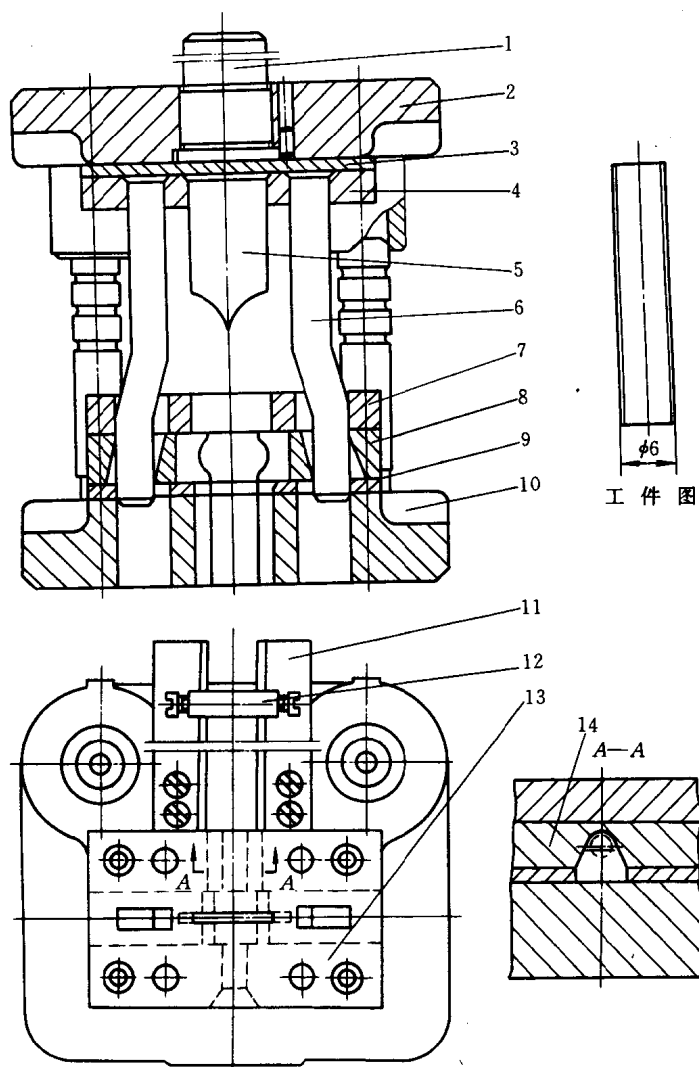


图 1-8 管材切断模 (典型结构之一)

1—模柄 2—上模座 3、9—垫板 4—切刀固定板 5—切刀 6—斜楔 7—卸料板
8—凹模 10—下模座 11—角铁 12—定位块 13、14—侧导轨

率高,适合于大批量的管坯下料工作。考虑到切刀具有一定的厚度,每次冲切都有材料消耗,因此最适用于剪切长度较大的下料工作。冲切法的最大缺点是切断面欠佳,即切刀开始冲切时,管壁易被压扁、畸变,导致管材切断面圆度降低。为此,设计模具时应特别注意以下技术要点:

1) 合理确定切刀的形状及尺寸,如圆弧半径,刀刃尖劈宽度及顶角,切刀厚度等。

2) 合理设计组合凹模,凹模孔最好做成少许桃形,以便使管材在左、右凹模的侧向力作用下产生向上突起的反变形,从而补偿因切刀冲切管壁形成的压扁缺陷,以提高管材切断面的圆度。

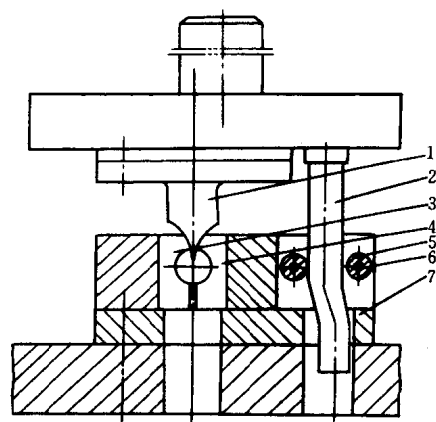


图 1-9 管材切断模 (典型结构之二)

1—切刀 2—斜楔 3—固定凹模 4—活动凹模
5—滚轮 6—芯轴 7—导轨

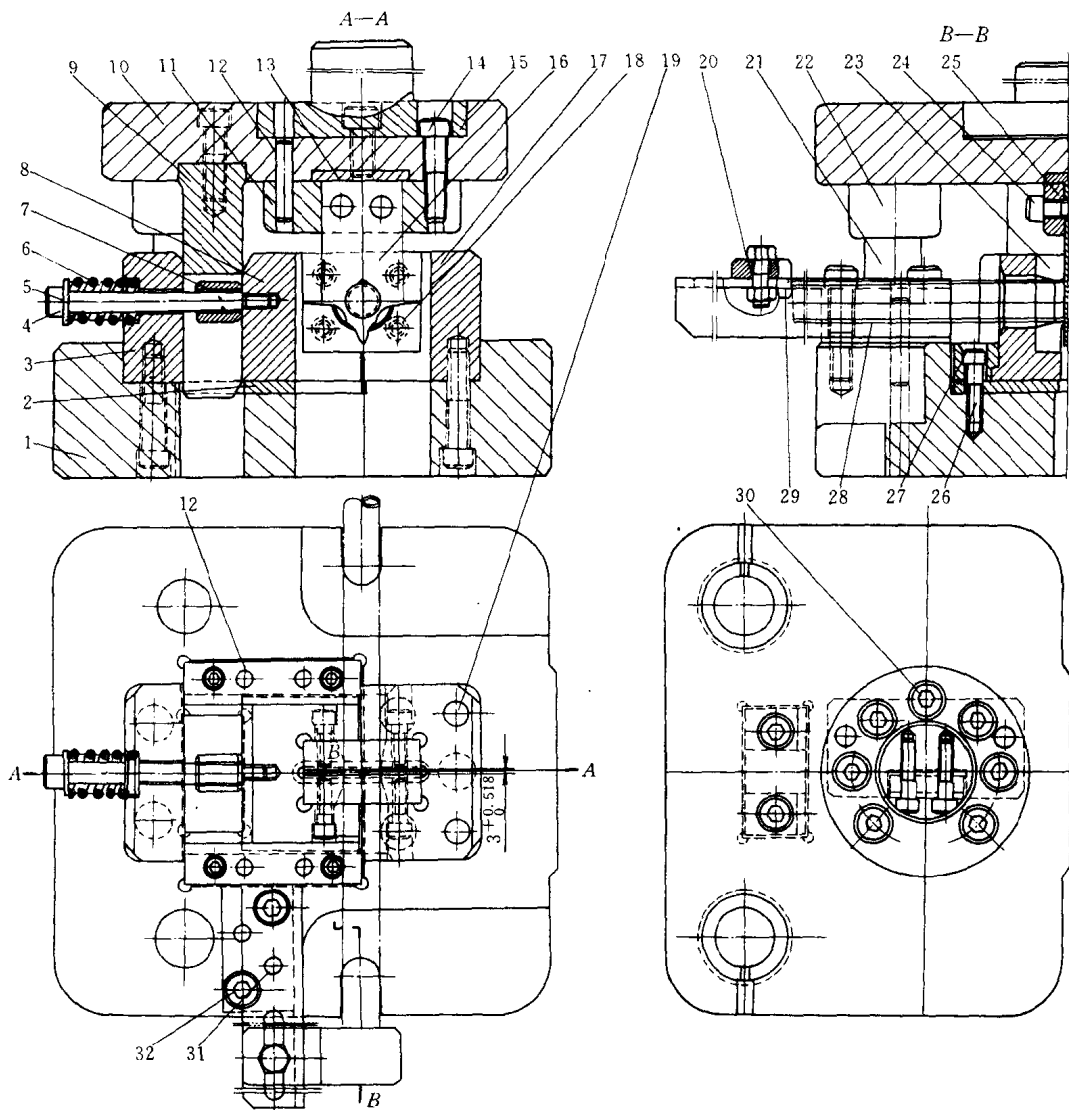


图 1-10 管材切断模 (典型结构之三)

- 1—下模板 2—下垫板 3—反侧压块 4—卸料螺钉 5—垫圈 6—弹簧 7—套筒 8—滑块
 9—斜楔 10—上模板 11—切刀固定板 12、19、31—圆柱销 13—上垫板 14、18、24、
 26、30、32—螺钉 15—模柄 16—切刀 17—凹模固定板 20—螺母 21—导柱
 22—导套 23—组合凹模 25—压板 27—导板 28—支架 29—挡料板

3) 合理设计斜楔机构, 要求有足够的刚度, 能提供足够的合模力, 即当切刀冲切管材时, 斜楔机构不允许有退让。

(二) 双重冲切法

由上述冲切法可知, 管材在开始冲切时易发生压扁, 导致切断面畸变, 是因为冲切时刀刃的作用力, 使材料被压向管的内侧, 而管的内侧又没有任何支承造成的。因此, 如果采用某种方法加上一一种力, 使材料从管内向外扩张, 再用组合模刃口从外侧支承, 就能防止管材被压扁。双重冲切法就是据此提出的, 如图 1-14 所示。

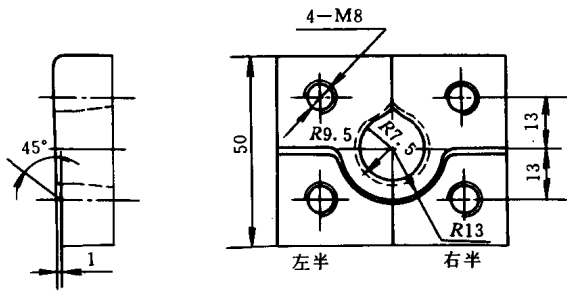


图 1-11 凹模

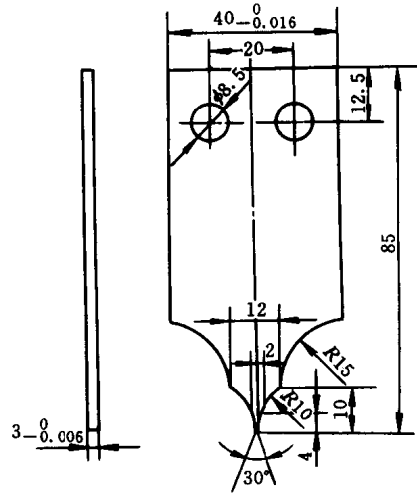


图 1-12 切刀

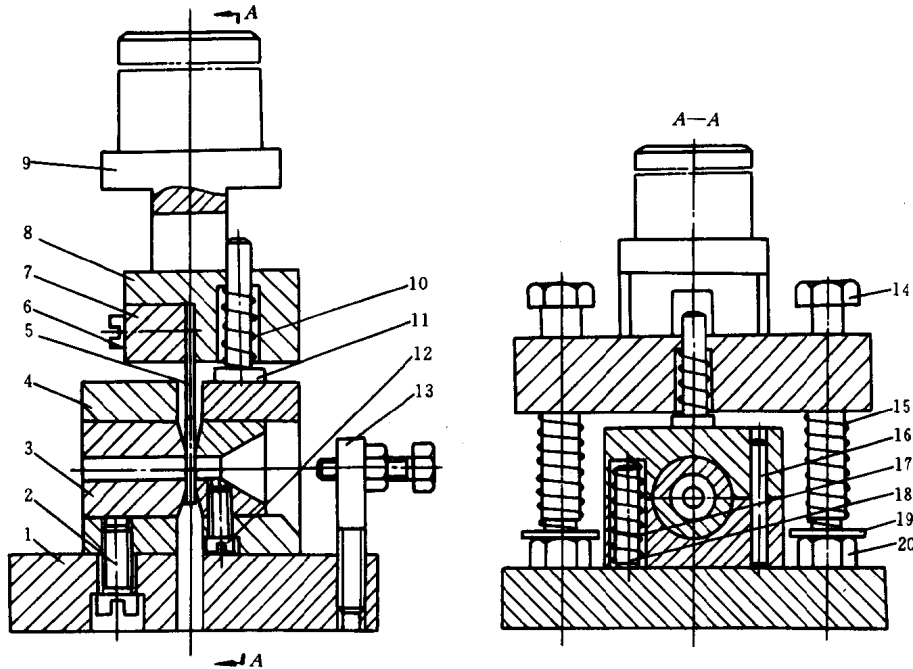


图 1-13 管材切断模 (典型结构之四)

- 1—下模板 2、6、12—螺钉 3—凹模 4—凹模座 5—切刀 7—压块 8—切刀固定板 9—模柄 10、15、17—弹簧 11—压轴 13—定位装置 14—轴钉 16—导柱 18—芯轴 19—垫圈 20—螺母

双重冲切法采用两道工序加工。首先在第一道工序中利用刨刀 1 在水平方向将管材刨出一切口，然后在第二道工序中利用锋利的可移动式薄片切刀 4 刀刃切入切口。这时切口的两侧由组合模牢固地夹紧，该组合模还兼起固定刀刃的作用。由于切刀冲切时切屑向管材两侧外部排出，从而避免了使管材产生压扁的作用力。双重冲切法的不足之处是刨切切口及底部冲切时会产生少量的毛刺和歪斜。另外，由于第一道工序的切口加工有限制，对管壁太厚