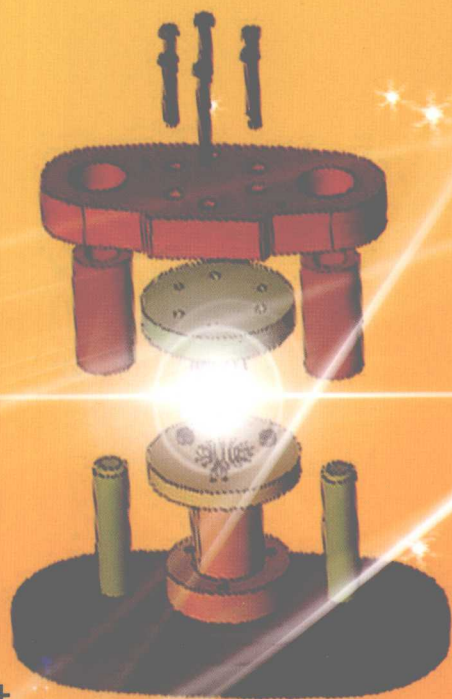


冲裁模设计与 制造与维修

王新华 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



冲裁模是冲压模具中使用最多、最有代表性的一类模具。

本书作者长期在工厂里从事冲模的设计与制造工作,他以较小的篇幅、通俗易懂的图文,较全面、系统地介绍了冲裁模设计、制造与维修的基本内容和实用方法。

全书共7章,内容包括:冲模概述、冲裁工艺基础、冲裁模设计、冲裁模典型结构、冲裁模制造工艺要点、冲裁模的试冲与调整、冲裁模的维护与修理等。书后还附有常用压力机、冲压材料和冲模标准件等技术资料。

本书主要供从事冲模设计、制造、维修人员使用,亦可供从事模具生产、科研人员以及大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

冲裁模设计制造与维修/王新华编著. —北京:机械工业出版社, 2009. 10
ISBN 978-7-111-28028-6

I. 冲… II. 王… III. ①冲裁模-设计②冲裁模-制造
③冲裁模-维修 IV. TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 142808 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:刘彩英 责任编辑:李建秀

版式设计:张世琴 责任校对:姚培新

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京京丰印刷厂印刷

2009 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·12.25 印张·240 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28028-6

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着现代工业的迅速发展，冲压技术得到了越来越广泛的应用，尤其在汽车、电器、电机、仪表和日用品工业中，冲压生产占有极其重要的地位。

冲模是冲压生产不可缺少的重要工艺装备，是直接影响产品质量、生产效率、生产成本和产品更新换代快慢的重要因素。随着冲压技术的不断进步和发展，冲模的需求量大大增加，对冲模的功能、质量、成本、寿命和生产周期等，也提出了更高的要求，以适应生产发展的需要。

因此，掌握冲模的设计、制造与维修技术，是从事这个专业工作的广大同仁的共同愿望。尤其对于新从事这个专业工作的年轻人，这个愿望更为强烈和迫切。

然而，由于冲模的种类繁多，涉及冲模设计、制造与维修技术的专业知识也比较广、比较深，要想尽快掌握这门技术，往往感到不知从何入手是好。

笔者从事冲模设计和制造工作几十年，根据自己学习和工作的体会，以及跟许多新进入这个专业的年轻朋友的交往中，探索出一条学习和掌握这门专业技术的捷径——先学习和掌握一种最常用的、也是最有代表性的冲模——冲裁模，然后再逐步扩大和深入。这样比较容易入门，而且也是符合人类对客观事物的认识规律的。

因此，笔者编写了这本书，希望它对新从事这个专业工作的朋友早日掌握冲模设计、制造与维修技术能有所帮助。

本书在编写过程中，得到了许多朋友的支持和帮助，并参考和吸收了不少参考文献中的内容，在此对这些朋友和参考文献的作者，表示衷心的感谢！

由于笔者水平有限，错误和不足之处，欢迎批评指正。

编著者

目 录

前言

第1章 概述 1

- 1.1 冲模——冲压生产的重要工艺装备 1
- 1.2 冲模的分类 1
- 1.3 冲裁模的特点 5
- 1.4 设计和制造冲裁模的基本要求 5

第2章 冲裁工艺基础 6

- 2.1 金属板料冲裁过程 6
- 2.2 冲裁工艺力 7
- 2.3 冲裁间隙 10
- 2.4 冲裁的排样与搭边 15
- 2.5 冲裁件的精度及提高冲裁件精度的方法 19
- 2.6 冲裁件的工艺性 28
- 2.7 冲压工艺设计中的几个问题 29
- 2.8 非金属材料冲裁 31

第3章 冲裁模设计 34

- 3.1 冲模设计的内容、步骤和图面要求 34
- 3.2 冲裁模结构设计 36
- 3.3 无间隙冲裁模设计要点 42
- 3.4 冲裁模压力中心的求法 43
- 3.5 凸模、凹模刃口尺寸 45
- 3.6 冲模结构尺寸计算 47
- 3.7 冲模零件的强度 50
- 3.8 冲模零件的配合公差 60
- 3.9 冲模材料及热处理 66
- 3.10 冲模设计要素点滴 72

第4章 冲裁模典型结构 78

- 4.1 典型零部件 78

- 4.2 典型冲裁模 98

第5章 冲裁模制造工艺

要点 126

- 5.1 冲模生产的特性 126
- 5.2 冲模生产的基本流程和组织形式 126
- 5.3 凸模、凹模制造工艺要点 128
- 5.4 模具钢的锻造与热处理 129
- 5.5 冲裁模装配过程中凸、凹模间隙的控制 134

第6章 冲裁模的试冲与

调整 138

- 6.1 试冲、调整的目的和要求 138
- 6.2 冲裁模的安装 139
- 6.3 冲裁模的试冲 141
- 6.4 冲裁模的调整 142
- 6.5 试验决定毛坯尺寸 144

第7章 冲裁模的维护与

修理 146

- 7.1 造成冲模修理的原因 146
- 7.2 冲模修理的时机 146
- 7.3 冲模使用中的维护 147
- 7.4 冲模的修理 148

附录 153

附录 A 压力机技术参数 153

- A-1 开式曲柄压力机 153
- A-2 闭式单点曲柄压力机 154
- A-3 闭式宽台面曲柄压力机 155

附录 B 冲压常用材料的化学成分和力学性能 155

- B-1 冲压常用钢材的化学成分

和力学性能	155	C-5 圆柱螺旋压缩弹簧	177
B-2 冲压常用有色金属的力学性能	160	C-6 强力弹簧	179
B-3 非金属材料的抗剪强度	161	C-7 聚氨酯弹簧	181
附录 C 冲模常用标准件	162	C-8 卸料螺钉	181
C-1 滑动导向后侧导柱模架	162	C-9 内六角螺钉	183
C-2 滑动导向中间导柱模架	166	C-10 六角螺栓	184
C-3 模柄	172	C-11 沉头螺钉	184
C-4 冲头	176	C-12 圆柱销	185
		参考文献	187

第 1 章 概 述

1.1 冲模——冲压生产的重要工艺装备

冲压工艺由于具有生产效率高、操作简单、质量稳定、可生产复杂和精密零件等特点，因此得到了越来越广泛的应用。

然而，冲压的三大要素——压力机、冲模、原材料中，压力机和原材料通常都是有标准可选择的，而冲模却要根据每个冲压件不同的形状、尺寸、精度等具体情况来进行设计和制造。另外，冲模的设计和制造质量，是直接影响产品质量、生产效率、生产成本和产品更新换代快慢的重要因素。因此，冲模是冲压生产不可缺少的重要工艺装备。

1.2 冲模的分类

冲模按冲压工艺性质的分类说明见表 1-1，分类见图 1-1。

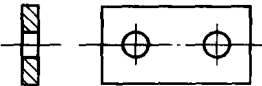
按模具的导向方式分，有导柱模、导板模、导筒模和无导向模等。

按机械化程度分，有手工操作模、半自动模、自动模等。

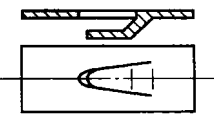
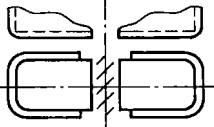
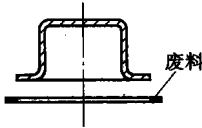
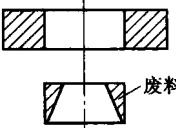
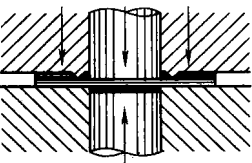
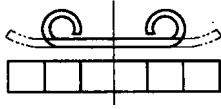
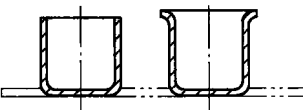
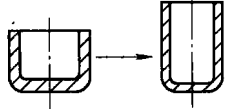
按冲模材料分，有钢模、硬质合金模、铸铁模、低熔点合金模、聚氨酯橡胶模等。

按模具的大小分，有小型冲模、中型冲模和大型冲模。

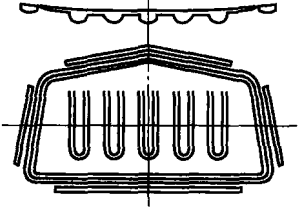
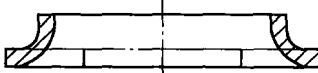
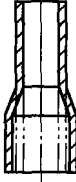
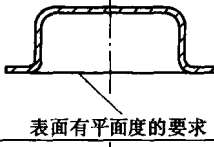
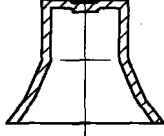
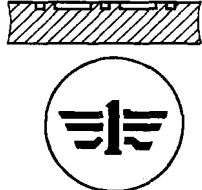
表 1-1 冲模按冲压工艺性质的分类说明

类别	工序名称	工 序 简 图	工 作 性 质	冲模名称
冲裁	切断		将材料以敞开的轮廓分离开，得到平的零件	切断模
	落料		将材料以封闭的轮廓分离开，得到平的零件	落料模
	冲孔		将零件内的材料以封闭的轮廓分离开，使零件得到孔	冲孔模

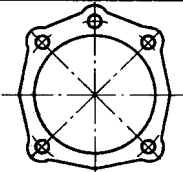
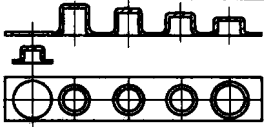
(续)

类别	工序名称	工序简图	工作性质	冲模名称
冲裁	切口		将材料以敞开的轮廓部分地分离开, 而不将两部分完全分离	切口模
	剖截		将平的、弯的或空心的毛坯料分成两部分或几部分	剖截模
	修边		将平件、空心件或立体实心件多余的边修掉	修边模
	整修		将平件边缘预留的加工余量去掉, 求得准确的尺寸、尖的边缘和光滑垂直的剪切面	整修模
	精冲		将板料压紧, 使处于三向压应力状态下进行冲裁, 以获得光滑、垂直的剪切断面和准确尺寸的零件	精冲模
弯曲	压弯		将平的毛坯料压成弯曲件	压弯模
	卷边		将毛坯料的边根据一定半径弯成平顺的圆弧形	卷边模
	扭弯		将平的毛坯料的一部分与另一部分相对地转个角度, 变成曲线形的零件	扭弯模
拉深	拉深		将平毛坯得到任意形状的空心零件, 或将其形状及尺寸作进一步的改变, 而不引起料厚的改变	拉深模
	变薄拉深		减小直径及壁厚而改变空心毛坯的尺寸	拉深模

(续)

类别	工序名称	工序简图	工作性质	冲模名称
拉深	双动拉深		将平毛坯在双动压力机上进行拉深, 得到曲线形的空心件。 例如汽车覆盖件等	拉深模
成形	起伏成形		用使材料局部拉伸的方法, 形成局部凸起和凹进	成形模
	翻边		将工件上的孔或外缘翻成竖立的边缘	翻边模
	胀形		将空心件或管状毛坯料从里面向径向拉伸的方法加以扩张	胀形模
	缩口		将空心件或管状毛坯料的端部, 使材料由外向内压缩, 以缩小口径	缩口模
	校平		将零件或毛坯不平的表面压平	校平模
	整形		将原先压弯的或拉深的零件压成正确的形状	整形模
	压印		用将金属局部挤走的方法, 在零件表面上形成浅的凹进字样、花纹、图案及符号等	压印模

(续)

类别	工序名称	工序简图	工作性质	冲模名称
组合 冲压	落料冲孔 复合		在压力机一个行程、毛坯一次送料中,同时完成两个或几个不同的工序	落料冲孔 (复合)模
	连续冲压		冲模中的各个凸模在压力机的几次行程中,连续完成几个工序(工步)、毛坯依次在各工序间通过,每次行程都可得到一件成品	连续模

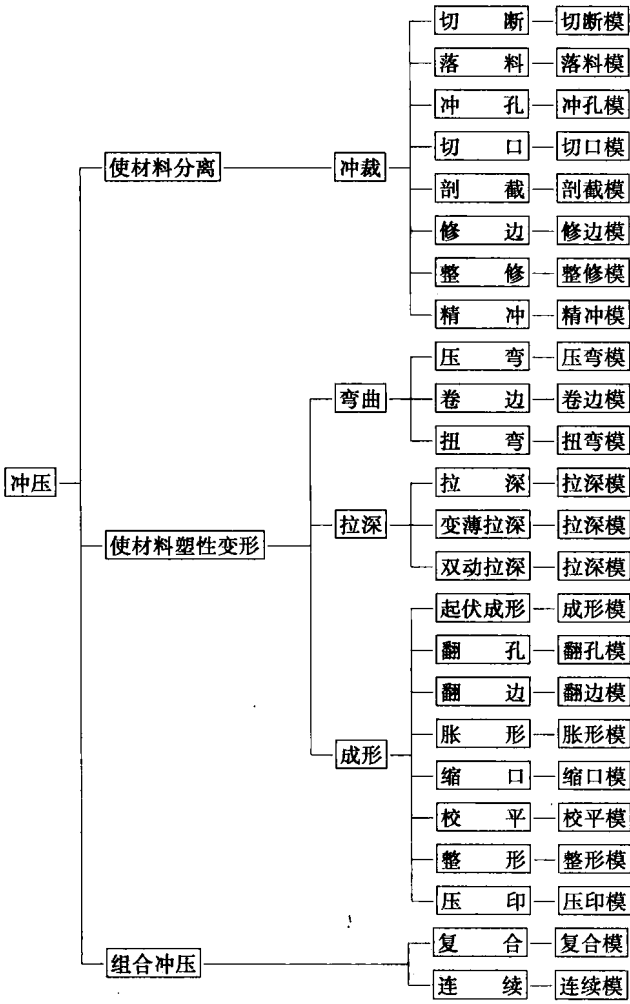


图 1-1 冲模按冲压工艺性质的分类

1.3 冲裁模的特点

冲裁模是将材料（原材料或半成品）分离成制件（冲压件）和废料的模具，主要特点有：

- 1) 凸模、凹模刃口锋利，并有足够的强度和硬度。
- 2) 凸模、凹模刃口之间的间隙，是影响制件（冲压件）冲裁断面质量的重要工艺参数。
- 3) 凡是对原材料进行冲裁的模具（例如落料模），都存在一个怎样提高原材料利用率的问题，因此要认真仔细地进行排样，并选取合理的搭边值。
- 4) 在冲裁过程中，冲裁力对模具和压力机是一种冲击载荷，它不仅影响工作环境（振动、噪声），而且对模具和压力机会产生不良影响，在选用设备和设计模具时应充分注意。
- 5) 冲裁模将原材料（或半成品）分离成制件和废料两部分，因此操作上存在放取工件和排除废料是否方便和安全等问题，要特别注意。

1.4 设计和制造冲裁模的基本要求

设计和制造冲裁模，应满足下列基本要求：

- 1) 冲裁模能稳定地冲出合格制件（冲压件）。不仅尺寸合格、断面质量好、毛刺小，而且能连续、稳定地投入生产使用。
- 2) 冲裁模能顺利地安装到指定的压力机上工作。模具的闭合高度、模板大小、模柄或安装螺钉槽尺寸、打杆长度、漏料孔等，都应与工艺上指定正常生产使用的压力机相适应。
- 3) 模具操作（送料、取件、排除废料等）必须安全、方便，毛坯定位必须稳定、可靠。
- 4) 保证一定的使用寿命。既要耐磨，又不能太脆，要能承受冲击载荷。
- 5) 便于制造和维修，成本低。
- 6) 设计和制造周期短。

第2章 冲裁工艺基础

2.1 金属板料冲裁过程

金属板料的冲裁过程如图 2-1 所示。板材置于凹模上面，当凸模在压力机的作用下以一定的压力下行时，不断切入材料，使材料发生变形：经由弹性变形（第一阶段）、塑性变形（第二阶段）和断裂分离（第三阶段），使材料分离成零件和废料。

第一阶段（弹性变形阶段）：这时板材（金属）在凸模作用下发生了弹性压缩及弯曲，并略有挤入凹模。这时金属的应力还没有超过弹性极限。

第二阶段（塑性变形阶段）：在这一阶段凸模挤入了金属（板材）内，并使金属挤入凹模洞内，使其纤维发生了很大的弯曲及拉伸。在这一阶段的末尾，靠近刃边的应力到达了最大值，相当于金属的抗剪强度。

第三阶段（断裂分离阶段）：在这一阶段内，在靠近凸模及凹模刃口的地方，首先发生了显微的、然后是宏观的裂纹，其方向顺着最大的切应变线（滑移面）。裂纹很快地向金属内层扩展，使工件或废料从板材中分离出来（去）。

冲裁所得制件的断面如图 2-2 所示，有三个区域：第一区域是塌角，相应于冲裁过程的第一阶段；第二区域是光亮带，相应于冲裁过程的第二阶段，与底面基本垂直；第三区域是剪裂带，相应于冲裁过程的第三阶段，表面粗糙无光亮，而且有斜度。

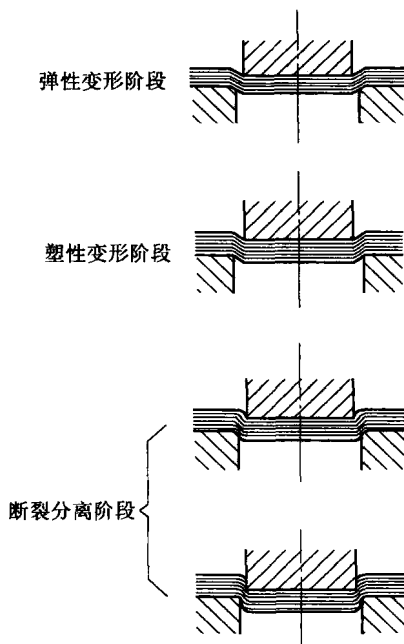


图 2-1 金属板料的冲裁过程

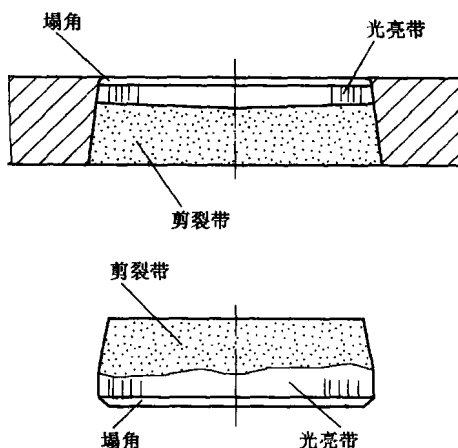


图 2-2 冲裁所得制件的断面

2.2 冲裁工艺力

2.2.1 冲裁力计算

冲裁工艺力包括冲裁力、卸料力、推件力和顶出力。

冲裁力是凸模和凹模相对运动使工件与板料分离所需要的力，它与材料厚度、工件周边长度、材料的力学性能等参数有关。冲裁力是设计模具、选用压力机的重要参数。计算冲裁力的目的是为了合理地选用冲压设备和设计模具。选用冲压设备的标称压力必须大于所计算的冲裁力，所设计的模具必须能传递和承受所计算的冲裁力，以适应冲裁的要求。

影响冲裁力的因素很多，主要的有材料力学性能、厚度、冲裁件周边长度、模具间隙大小及刃口锋利程度等。

一般平刃口模具冲裁时，其冲裁力 F_0 理论上按下公式计算，即

$$F_0 = A\tau = Lt\tau \approx 0.8 Lt\sigma_b$$

在生产使用中，考虑到刃口变钝、间隙不均和材料性能波动等因素，通常按下式计算：

$$F_0 = Lt\sigma_b$$

式中 A ——剪切断面面积 (mm^2)；

t ——材料厚度 (mm)；

L ——冲裁周长 (mm)；

τ ——材料的抗剪强度 (MPa)；

σ_b ——材料的抗拉强度 (MPa)。

2.2.2 降低冲裁力的方法

当冲裁力过大时,可用下述方法降低:

(1) 加热冲裁 将材料加热,抗剪强度 τ 可大大降低,从而降低冲裁力。但材料加热后产生氧化皮,此法一般只适合材料厚度大,表面质量和精度要求不高的零件。

(2) 阶梯凸模 在多凸模冲裁中,将凸模做成不同的高度,可使各凸模不同时接触材料,避免各凸模最大冲裁力同时出现,达到降低冲裁力的目的。阶梯结构凸模如图 2-3 所示。

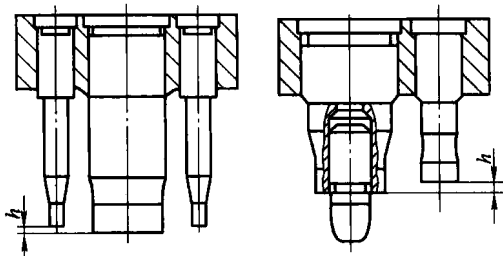


图 2-3 阶梯布置凸模

阶梯凸模不仅能够减小冲孔力,而且在多个直径相差悬殊,距

离又很近的凸模冲孔时,还能避免小直径凸模由于承受材料流动挤压力的作用而产生折断或倾斜的现象,因而减少磨损,提高了冲模寿命。所以一般将小直径凸模做成短的,在连续模中,将不带导正销的凸模做成短的。

凸模的高度差 h 根据料厚决定:当料厚 $t \leq 3$ 时, $h = t$; 当 $t > 3$ 时, $h = 0.5t$ 。

阶梯凸模的冲孔力 $F_{\text{阶梯}}$ 可以按下式近似计算:

$$F_{\text{阶梯}} = 1.3F$$

式中 F ——按其中一个阶梯(同一高度)凸模的冲孔力之和最大者选取。

设计这种冲裁模时应考虑:

- 1) 各阶梯凸模的分布应注意对称,使其合力接近压力中心。
- 2) 使带有导正销的凸模首先工作。
- 3) 使粗大的凸模最先工作,细小的凸模最后工作,避免细小凸模失稳或者受侧压折断。

(3) 波形刃口 冲裁时,材料是逐步分离的,可以减少冲裁力和冲裁时的振动和噪声。其结构应对称分布,避免偏移的侧向力,啃坏刃口。为了获得平整的工件,落料时,凸模应做成平刃口,凹模做成波刃(见图 2-4a、图 2-4b、图 2-4c)。冲孔时,凹模应做成平刃,凸模做成波刃(见图 2-4d、图 2-4e、图 2-4f)。这样冲出的孔件平整而废料弯曲。

波形刃口冲裁力 F_b 可按下式计算,减力程度与波峰高度 h 、波角 φ 有关,即

$$F_b = kF_0$$

式中 k ——减力系数,见表 2-1;

F_0 ——平刃口冲裁力(N)。

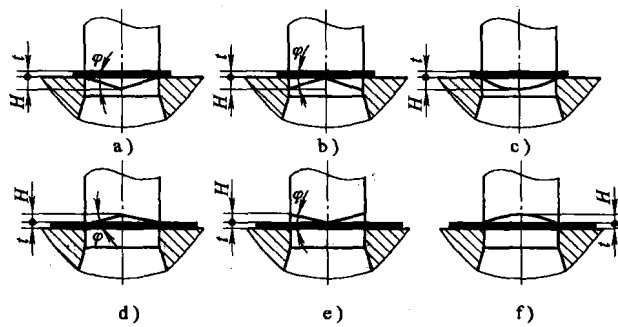


图 2-4 波刃结构

表 2-1 波刃参数

t/mm	H/mm	$\varphi/(\circ)$	k
<3	$2t$	<5	$0.5 \sim 0.3$
$3 \sim 10$	t	<8	$0.8 \sim 0.5$

虽然波形刃口冲裁模可以降低冲裁力，但却增加了模具制造和维修的难度，刃口也容易磨损，应慎用。一般仅用于大型工件厚板冲裁及现有压力机吨位不够时。

2.2.3 卸料力、推件力和顶出力的计算

冲裁结束后，将工件或废料从凸模上卸下来的力为卸料力 F_1 ；从凹模内将工件或废料顺冲裁方向推出的力为推件力 F_2 ；逆冲裁方向将工件或废料从凹模洞口顶出的力为顶出力 F_3 。 F_1 、 F_2 、 F_3 分别按以下公式计算：

$$F_1 = k_1 F_0$$

$$F_2 = n k_2 F_0$$

$$F_3 = k_3 F_0$$

$$n = \frac{h}{t}$$

式中 F_0 ——平刃口冲裁力 (N)；
 n ——同时卡在凹模内的工件或废料数；
 t ——料厚 (mm)；
 h ——凹模洞口直壁高度 (mm)；
 k_1 、 k_2 、 k_3 ——卸料力、推件力、顶出力系数，按表 2-2 选取。

表 2-2 卸料力、推件力和顶出力系数

材 料	料厚 t/mm	k_1	k_2	k_3
钢	≤ 0.1	0.065 ~ 0.075	0.1	0.14
	$> 0.1 \sim 0.5$	0.045 ~ 0.055	0.065	0.08
	$> 0.5 \sim 2.5$	0.04 ~ 0.05	0.055	0.06
	$> 2.5 \sim 6.5$	0.03 ~ 0.04	0.045	0.05
	> 6.5	0.02 ~ 0.03	0.025	0.03
铝、铝合金		0.025 ~ 0.08	0.03 ~ 0.07	0.03 ~ 0.07
纯铜、黄铜		0.02 ~ 0.06	0.03 ~ 0.09	0.03 ~ 0.09

2.3 冲裁间隙

冲裁间隙是指凸、凹模刃口间的缝隙。冲裁间隙是冲压工艺和模具设计中的重要参数，它直接影响冲裁件的质量、模具寿命和力能的消耗。设计冲模时，应根据实际情况和需要合理地选用冲裁间隙。

(1) 冲裁间隙分类 根据冲裁件尺寸精度、剪切面质量、模具寿命和力能消耗等主要因素，将金属材料冲裁间隙分成三种类型，即Ⅰ型（小间隙）、Ⅱ型（中等间隙）、Ⅲ型（大间隙），列于表 2-3 中。

(2) 冲裁间隙的选用 冲裁间隙的大小与被冲材料的性质及厚度有关，材料越硬、厚度越大，则间隙值就越大。

选用金属材料冲裁间隙时，应针对冲裁件技术要求、使用特点和特定的生产条件等因素，首先按表 2-3 确定拟采用的间隙类别，然后按表 2-4 相应选取该类间隙数值。

非金属材料的冲裁间隙选取按表 2-5。

另外，推荐工厂实际生产中使用的两个冲裁间隙表，其中表 2-6 所示为电机、电器行业采用的（较小的）间隙值，适用于电子、仪器、仪表、精密机械等对冲裁件尺寸精度要求较高的行业；表 2-7 所示为汽车行业用的（较大的）间隙值，适用于汽车、农机和一般机械行业。

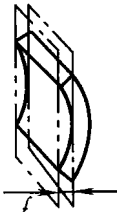
(3) 单边剪切时，刃口间隙的选取 在切断、切口等分离类工序中，凸模、凹模的刃口通常是单边（非封闭轮廓）剪切材料。在单边剪切的过程中，原材料、凸模和凹模都会产生一个侧向力（水平分力），这个侧向力会导致原材料窜动、刃口间隙增大、剪切面质量下降等不良影响。因此在设计冲模时，除了结构上要采取有效措施来防止侧向力带来的不良影响（例如凸模、凹模反侧压结构或装置），在选取刃口间隙时，对于单边剪切刃口的间隙，通常取正常间隙的 30% ~ 50%。

表 2-3 金属材料冲裁间隙分类

分类依据		类别		
		I	II	III
冲件断面质量	剪切面特征	毛刺一般 α小 光亮带大 塌角小	毛刺小 α中等 光亮带中等 塌角中等	毛刺一般 α大 光亮带小 塌角大
	塌角高度 R	$(4 \sim 7) \% t$	$(6 \sim 8) \% t$	$(8 \sim 10) \% t$
	光亮带高度 B	$(33 \sim 55) \% t$	$(25 \sim 40) \% t$	$(15 \sim 25) \% t$
	断裂带高度 F	小	中	大
	毛刺高度 h	一般	小	一般
	断裂角 α	$4^{\circ} \sim 7^{\circ}$	$> 7^{\circ} \sim 8^{\circ}$	$> 8^{\circ} \sim 11^{\circ}$

冲件断面质量

(续)

分类依据		类别		I	II	III
冲件精度	平面度		稍小	小	较大	
	尺寸精度		接近凹模尺寸	稍小于凹模尺寸	小于凹模尺寸	
	模具寿命		接近凸模尺寸	稍大于凸模尺寸	大于凸模尺寸	
	力能消耗		较低	较长	最长	
冲裁力		较大	小	最小		
卸、推料力		较大	最小	小		
冲裁功		较大	小	稍小		
适用场合		冲件断面质量、尺寸精度要求高时，采用小间隙。冲模寿命较短	冲件断面质量、尺寸精度一般要求时，采用中等间隙。因残余应力小，能减少破裂现象，适用于继续塑性变形的工件	冲件断面质量、尺寸精度要求不高时，应优先采用大间隙，以利于提高冲模寿命		