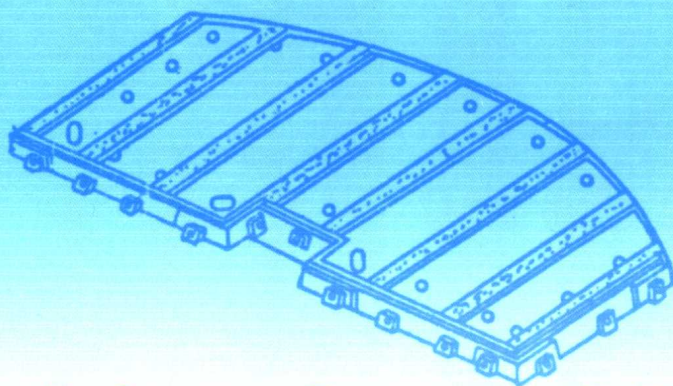
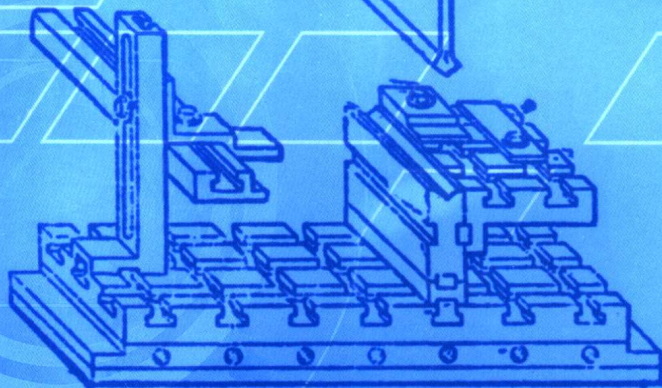
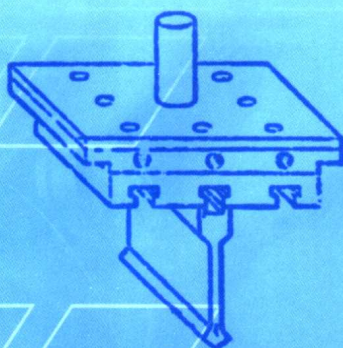




经济冲压模具 及其应用

赵振铎 徐洪民 赵 博 编著



5.2



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

经济冲压模具及其应用

赵振铎 徐洪民 赵 博 编著

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

经济冲压模具及其应用/赵振铎, 徐洪民, 赵博编著.
北京: 化学工业出版社, 2003. 7
ISBN 7-5025-4639-1

I. 经… II. ①赵…②徐…③赵… III. 冲模-基本
知识 IV. TG385. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 058083 号

经济冲压模具及其应用

赵振铎 徐洪民 赵 博 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 潘 峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 11 字数 269 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4639-1/TH·127

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

经济冲压模具是在冲压加工生产中广泛采用的且技术-经济效益较好的一种先进模具。它包括特种的模具结构形式、模具材料以及特殊的制模方法。

在实际生产中,各种冲压件的质量要求是不同的,各种冲压件的生产批量也是不同的。为了取得最大的技术-经济效益,有时就必须为满足某些方面的要求,而舍弃其他方面的要求。例如,为提高产品的质量而采用高精度、结构复杂的模具,这就提高了模具的成本并延长了生产准备周期,从而放弃了降低模具成本的要求。而在产品的试制或需求量不大,对产品的质量要求不高时,就应该放弃对产品的高质量的要求,为尽量缩短生产周期、降低制模成本,这时就应采用各种简单的经济模具结构形式。本书是作者在广泛搜集生产实践资料的基础上,结合多年的教学和科研成果,进行了分析、整理。在简要地介绍各种经济模具的使用特点、板料零件的变形机理的基础上,重点介绍了各种经济模具的结构形式、模具材料、设计与制造的注意事项。本书可直接供生产实践所用,同时也可作为大、中专院校相关专业师生的教学用书。

参加本书编写的还有栾新华、陈毓勋、林磊、王丽君、张召铎、邵明志。

由于作者水平有限,书中难免有错误与不当之处,恳请读者批评指正。

编著者

2003.4

内 容 提 要

本书是作者在广泛搜集生产实践资料的基础上,结合多年的教学和科研成果进行整理。在简要地介绍各种经济模具的使用特点、板料零件变形机理的基础上,重点介绍了各种经济模具(钢带冲模、聚氨酯橡胶冲裁模、板模、低熔点合金成形模、锌基合金冲模等)的结构形式、模具材料、设计与制造中的注意事项以及目前生产中的应用实例。

本书可直接供金属制品工矿企业的技术人员应用于生产实践,同时也可作为大、中专院校相关专业师生的教学用书。

目 录

第 1 章 按件选模	1
1.1 冲压件技术-经济效益分析	1
1.2 降低冲压件成本的措施	2
1.3 各种经济模具的结构特点及其使用范围	4
第 2 章 冲裁间隙与合理大间隙冲裁模	7
2.1 按件定隙及其应用	7
2.2 冲裁间隙与模具磨损	9
2.3 合理大间隙应用	12
第 3 章 聚氨酯橡胶冲裁模	18
3.1 聚氨酯橡胶及其在冲压加工中的应用	18
3.2 聚氨酯橡胶冲裁模设计	20
3.3 典型聚氨酯橡胶冲裁模应用实例	29
第 4 章 聚氨酯橡胶成形模	38
4.1 聚氨酯橡胶弯曲模	38
4.2 聚氨酯橡胶拉伸模	46
4.3 其他聚氨酯橡胶成形模	50
第 5 章 钢带冲模	53
5.1 钢带冲模的应用特点	53
5.2 钢带冲模的设计与制造	55
5.3 钢带冲模的冲压力计算	66
5.4 压力中心测定仪	69
5.5 模具元件的设计与制造	71
第 6 章 板模	79
6.1 板模的应用特点	79
6.2 夹板模	80
6.3 薄片模的设计与制造	82
6.4 薄板模与厚板模	90
第 7 章 铋锡低熔点合金成形模	95
7.1 低熔点合金及其在冲压工艺中的应用	95
7.2 低熔点合金元素与配方选择	98
7.3 低熔点合金成形模应用实例	104
7.4 低熔点合金模设计	110
7.5 低熔点合金成型技术在汽车车身快速试制中的应用简介	126
第 8 章 锌基合金模	129
8.1 锌基合金冲模的特点、合金配方及熔炼工艺简介	129

8.2 锌基合金冲裁模	133
8.3 叠层锌基合金冲裁模	143
8.4 锌基合金成形模	145
第9章 通用冲模与组合冲模	152
9.1 逐次冲压法与通用冲模	152
9.2 逐次冲压工艺规程的编制	156
9.3 通用冲模的设计及典型结构	158
9.4 组合冲模	163
参考文献	168

第1章 按件选模

在冲压加工工艺中，不同的产品与技术条件，对冲压件的质量要求则不同。例如，仪器仪表上的传动零件的断面质量和尺寸精度要求比较高，而汽车、拖拉机上的一般冲压件的质量要求就比较低。再加上对各种冲压件的需求批量不同，所以，在进行冲压件的工艺分析、制定工艺规程、选择模具的结构类型时，就不能采用统一的标准模式。为了降低工件成本，提高产品质量，以便获得最好的技术-经济效益，就必须根据各种冲压件的具体技术要求与所需批量的大小，选择各种不同的模具结构、模具材料以及制模方法，即必须按件选模。

1.1 冲压件技术-经济效益分析

对每一种有一定技术要求的冲压件，可选用各种不同的加工方案，如不同的模具结构形式和不同的模具材料与制模方法。方案不同，工件的成本则不一样。作为生产厂家，总希望工件的生产成本最低，以获得最高的经济效益。所以，在评价一个技术方案是否先进、是否合理时，除要考查该方案的可行性外，还应该考虑该方案的经济效益情况，即应该进行技术-经济效益分析。

冲压件的制造成本 C 应为

$$C = C_c + C_g + C_m$$

式中 C_c —— 工件材料费用；

C_g —— 工件加工费用（包括工人工资、设备折旧、企业管理费用等）；

C_m —— 模具制造费用（包括模具材料费、模具加工费）。

冲压件的制造成本，受该件产量的影响很大。产量的增减变化，将会引起冲压件成本中某些费用较大的变化，从而使冲压件的制造成本发生波动。

通常冲压件的材料费、工时费、设备折旧费和企业管理经营费用等，都随冲压件产量的变化而变化。产量越大，则这几项费用几乎是成正比的增加，故此类费用称为可变费用 C_v 。模具制造费用则不同，一旦模具加工完毕，其费用基本上就保持不变了（维修费、保管费等占比例很小，可列入可变费用 C_v ，亦可忽略不计）。模具加工费称为不变费用 C_a 。故冲压件的制造成本又可表示为

$$C = C_a + QC_v$$

式中 Q —— 冲压件产量。

要降低冲压件的制造成本，必须从降低 C_a 和 C_v 两方面考虑。冲压件的不变成本、可变成本和总成本的关系，以及产量、工厂利润之间的关系，可参考图 1-1 进行分析。

图中 A 点为某冲压件的不变成本，即模具费用； $\tan\alpha$ 为该冲压件的单件可变成本，即工时费、材料费、设备折旧费等； AB 线为该冲压件的成本曲线； OM 线为该件的销售曲线； $\tan\beta$ 为该冲压件的出厂价； AB 与 OM 线交点 Q_0 称为盈亏平衡点。显然如生产、销售冲压件在 Q_0 点的左边，则表示企业亏损，而在 Q_0 点的右边则表示企业盈利。

显然降低不变成本和降低可变成本都可以降低生产成本，从而增加企业的盈利，但这两种生产成本往往是互相矛盾的。生产中为降低冲压件的可变成本，即减少工时费、设备折旧

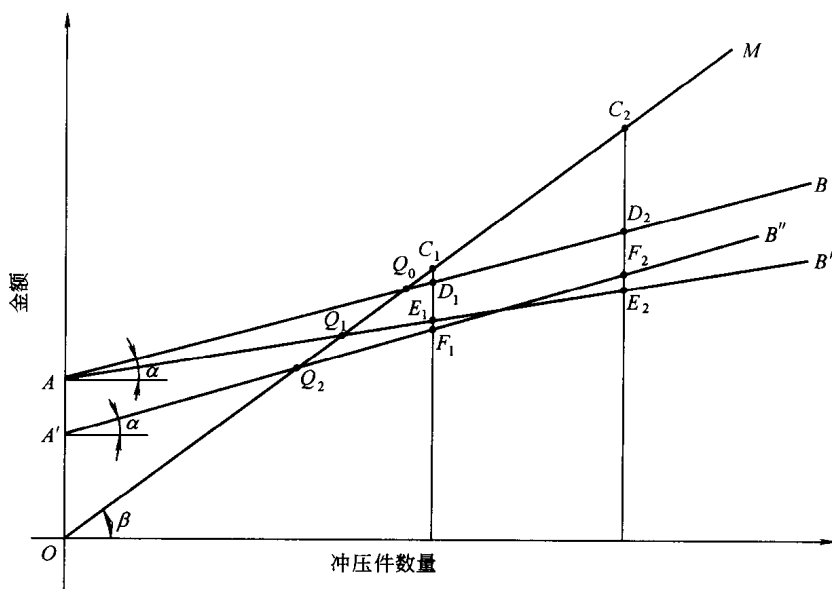


图 1-1 产品成本分析

费时，必然要采用生产效率高的复合模、连续模，甚至多工位自动级进模。但是这类模具的费用是较高的，即为了降低可变成本而不得不提高了不变成本。同样为降低冲压件的不变成本，采用各种制造成本较低的简单模具时，又必然会降低生产效率，从而提高了可变成本。在此为分析问题方便，在降低冲压件的不变成本时，忽略该措施可引起的可变成本的变化；同样在分析降低冲压件可变成本时，也假定此时冲压件的不变成本近似不变。

降低冲压件的不变成本或可变成本的两种措施，对企业的总盈利情况的影响是不同的，尤其与产品的批量关系很大。如图 1-1 所示， AB' 线为降低冲压件可变成本后的成本曲线， $A'B''$ 线则为降低冲压件的不变成本后的成本曲线。由图 1-1 明显可见，降低可变成本使平衡点从 Q_0 移动到 Q_1 点，降低不变成本使平衡点从 Q_0 移动到 Q_2 点，即降低不变成本或可变成本，均可使盈亏平衡点左移，从而均可增加企业的盈利；但是降低不变成本的效果大于降低可变成本的效果。另一方面当生产批量为 C_1 时，降低成本前企业的盈利为 C_1D_1 ，降低可变成本后企业的盈利为 C_1E_1 ；而降低不变成本后企业的盈利为 C_1F_1 ，显然在此生产批量时，降低不变成本的效果比较好。但是当生产批量达到 C_2 时，降低生产成本前，企业的与盈利为 C_2D_2 ，降低可变成本使企业的盈利达到 C_2E_2 ，而降低不变成本可使企业的盈利达到 C_2F_2 ，此时降低可变成本的效果就大于降低不变成本的效果了。从上述分析可见：小批量生产时，降低冲压件的不变成本效果明显；而在大批量生产时，则降低可变成本可以取得更佳的效果。

1.2 降低冲压件成本的措施

为获得最好的技术-经济效益，应针对具体冲压件的实际情况和工厂的实际生产能力，即设备情况、工人素质、管理水平等诸多生产因素，制定切实可行的生产方案，即模具结构、模具类型、模具材料等，亦即应该“按件选模”。

1.2.1 冲压件的设计要合理

严格地讲，冲压件的设计工作是设计人员的工作，但冲压工艺人员对此也是有责任和义

务的。因为冲压件产品的设计人员不可能，也不应该要求他们具有冲压工艺人员那样丰富的冲压工艺知识。设计人员往往只根据冲压件的使用情况，确定冲压件的形状和尺寸，而这样设计的形状和尺寸可能会给冲压工艺造成很大的困难，甚至使冲压工艺无法完成。而当对其设计进行稍加改进时，可能就会使冲压工艺很容易进行，可减少 1~2 套模具，或使模具结构大大简化。如弯曲件的弯曲半径，带凸缘拉延件的圆角半径等，此类半径稍大一点，就可以省去整形工序和整形模，从而大幅度降低成本。所以一个冲压工艺人员在制定冲压工艺方案时，应该认真地按冲压工艺性能进行工艺审查，必要时向设计人员提出自己的合理化建议。当然任何改进都要首先保证冲压件的使用要求。

1.2.2 制定合理的冲压工艺方案

冲压件制造工艺方案与工厂的设备情况、制模能力，以及原材料供应状况有关。如果上述生产因素发生变化，则应对原有工艺方案进行重新分析和制定。

如图 1-2 所示的抛物线形灯壳，如果采用普通拉延成形工艺，需用 7~8 道工序，由于变形程度大，工序中间尚要增加中间退火工序。但是设备条件允许时，采用图 1-3 所示的液体拉延工艺，一次即可拉延成功。这种拉延新工艺，使模具数量和成形工序数量大大减少，工件的质量亦能提高，从而降低了冲压件的成本。如果该产品在试制阶段，可以采用旋压成形方法，则模具结构更为简单，成本更低。但旋压工艺生产效率很低，产量大时可变成本（工时费用等）提高，又将使冲压成本上升。

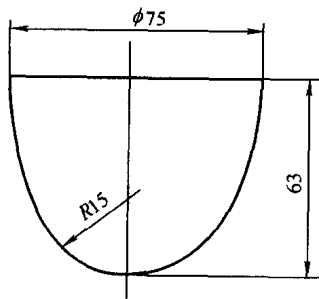


图 1-2 抛物线形灯壳

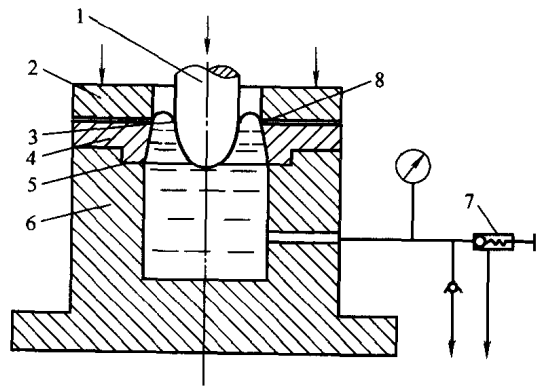


图 1-3 液压拉延示意

1—凸模；2—压边圈；3—毛坯；4—凹模；5—密封胶圈；
6—凹模体；7—控制阀；8—密封胶圈

综上所述，合理的工艺方案可以提高产品的质量，减少模具数量、成形工序数量以及材料消耗率，降低生产成本，获得较大的技术-经济效益。

1.2.3 提高冲压件材料利用率，降低材料费用

在冲压生产中，通常原材料费用约占制造成本的 60% 左右。所以，节约原材料，利用废料，具有十分重要的意义。

通常采用的措施是在保证工件使用要求的前提下，改变工件的形状和尺寸，改变排样图，合理选用搭边值，利用废料等。但是在这种情况下，通常生产效率比较低，产品的工时费用高。

1.2.4 节约模具制造费用

降低模具费用，首先是在保证模具性能的前提下，模具结构要简单，模具元件要少；其

次是模具材料采用可回收、再利用的低熔点合金、聚氨酯橡胶等；再次是对模具元件的加工精度、表面粗糙度等不要提出过高的要求；并采用先进的机械加工、电化学加工、电加工、化学腐蚀等方法，代替或减少钳工加工工作量，以减少制模工时和对制模工人的技术水平要求。

1.2.5 小批量生产时所用模具

小批量冲压件，其模具费用是决定冲压件成本的关键因素。降低制模成本、缩短制模周期、利用可回收利用的模具材料，可以获得良好的技术-经济效益，如可以采用各种简易模、低熔点合金模、锌基合金模、组合冲模等经济模具。

1.2.6 大批量生产时所用模具

大批量生产时，生产效率（即工时费用）、材料利用率等可变成本以及模具使用寿命是决定冲压件成本的关键因素。因此，可以采用高生产效率的复合模及多工位级进模以及高寿命的硬质合金模具等。此时，为降低可变成本，不得不提高了不变成本（即模具制造费用），但由于批量大，冲压件单件成本还是降低了，可以获得很好的技术-经济效益。

总之，评价一种工艺方案的技术-经济效益是十分复杂的，它涉及工件的质量要求、批量大小、生产能力、生产设备以及制模能力等多方面的因素。只有在熟悉各种常规的冲压技术、冲压模具的基础上，再研究各种特殊的冲压模具与技术，并结合本单位的实际生产能力，才能制定出合理的工艺方案，获得最佳的技术-经济效益。

1.3 各种经济模具的结构特点及其使用范围

按上述冲压件的成本分析，对不同的质量要求、不同批量的工件以及各生产厂家的实际情况，只有“按件选模”才能最大限度地降低冲压件的生产成本，使企业获得更大的利润。评价一个方案的优劣、一个模具的先进性，必须针对具体的工件和生产条件。适用于大批量生产的工艺方案、模具结构、模具材料，对小批量生产时就可能不适用、不先进；对这个工厂是一种先进的工艺方案、模具结构形式，而对另一家工厂也可能就是落后的或不适用的了。所以不应该笼统地说简单模就落后，而复合模、连续模就先进。只是它们各有各的使用场合。使用场合合理，能降低生产成本，获得效益就是先进的方案、先进的模具，否则就不先进。

在国内外冲压界科技人员多年的努力下，针对各种不同的生产条件，发展了多种不同的模具结构、模具材料，在生产中获得了良好的经济效益。因为本书主要介绍各种经济模具的结构及其应用特点，所以在表 1-1 仅列出这些经济模具的特点及使用范围的比较情况，供参考。

表 1-1 各种经济模具的特点与使用范围

模具名称	模具结构要点	使用范围	技术-经济效益
大间隙冲裁模	(1) 按件定隙 (2) 一坯两件范围较大 (3) 模具采用浮动模柄 (4) 模具采用防止落料件回升措施	质量要求不高的大批量工件	提高模具使用寿命 3~5 倍

续表

模具名称		模具结构要点	使用范围	技术-经济效益
聚氨酯	冲裁模	(1) 半模结构 (2) 聚氨酯橡胶的硬度要求在 95A 以上 (3) 聚氨酯橡胶模垫的高度为 12~15mm (4) 橡胶容框与凸凹模的单边间隙为 0.5~1.5mm (5) 卸料板与顶杆带有斜角 (6) 模具的行程必须严格控制	厚度 $t < 0.3\text{mm}$ 的金属薄板与非金属薄板	(1) 零件无毛刺 (2) 不需要修配凸、凹模的间隙 (3) 降低对模具加工的精度要求
	弯曲模	(1) 橡胶凹模在很大的一个范围内可以通用 (2) V 形零件采用敞开成形 (3) U 形零件采用封闭成形 (4) 橡胶模垫采用硬度 70~80A 较软的聚氨酯橡胶	(1) 较薄的各种金属薄板工件 (2) 中、小批量生产	(1) 可以减少各种弯曲件的回弹量 (2) 对于有色金属件的回弹量可以减少到零 (3) 橡胶容框通用可以降低模具的制造成本
	胀形模	(1) 通常采用较软的聚氨酯橡胶作胀形的凸模 (2) 模具结构简单 (3) 在零件成形的后期可进行压印或冲孔		制模周期短, 模具成本低
橡胶模具	拉延模	(1) 可以采用橡胶作成形用的凸模或凹模 (2) 对于一定范围内的薄板厚度可以通用 (3) 在零件成形的后期可进行压印或冲孔 (4) 模具结构简单		(1) 橡胶容框以及凹、凸模的通用范围比较大 (2) 制模周期短, 模具成本低
钢带冲模	常规式钢带冲模	(1) 凹、凸模具刃口都采用钢带制造 (2) 采用桦木板或酚醛树脂板固定钢带刃口 (3) 封闭式模架, 模架的闭合高度低 (4) 采用低熔点合金充填紧固螺栓孔 (5) 采用聚氨酯橡胶块进行顶件和卸料	(1) 适用于冲裁轮廓尺寸大于 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的冲裁件 (2) 适用于中小批量生产	(1) 节约模具钢 90%~95% (2) 节约加工工时 80% (3) 节约制模成本 80% 左右 (4) 由于冲裁件处于上出件形式, 生产效率比较低
	样板式钢带冲模	(1) 凹模刃口采用钢带, 与常规式钢带冲模相同 (2) 凸模厚度通常为 20mm 的整体式结构	(1) 适用于冲裁细长件或带孔边距较小的落料件 (2) 适用于中小批量生产	(1) 节约模具钢 (2) 减少制模工时 (3) 由于冲裁件处于上出件形式, 生产效率比较低
	切刀式钢带冲模	(1) 半模结构 (2) 采用聚氯乙烯塑料板或者废铝板作凹模模板 (3) 钢带刃口最佳的角度为 45° (4) 采用聚氨酯橡胶块(70~80A)进行顶件和卸料	(1) 用于冲裁厚度 $t < 1.2\text{mm}$ 的有色金属冲压 (2) 适用于小批量生产	(1) 模具结构简单, 制模周期短, 模具成本低 (2) 生产效率低
板模	夹板模	采用弹簧钢板制造的夹板固定冲裁用的凸模、凹模、凹凸模	(1) 冲裁有色金属厚度 $t < 3\text{mm}$ 的薄板 (2) 冲裁 2mm 以下的碳钢板 (3) 适用于小批量生产	(1) 模具的结构非常简单 (2) 制模周期短, 模具成本很低 (3) 冲裁件的质量低, 一般用于为下道工序制坯 (4) 小批量生产

续表

模具名称		模具结构要点	使用范围	技术-经济效益
板模	薄片模	(1) 通常采用封闭的,带浮动模柄的标准模架 (2) 凹模板的厚度为 0.5~0.8mm,通常由凸模冲制凹模的形腔	(1) 冲裁厚度 $t < 2\text{mm}$ 的金属薄板 (2) 冲裁件的尺寸比较小 (3) 小批量生产	(1) 专用模具零件少 (2) 制模周期短,模具成本低 (3) 模具的标准化程度高
	薄板模	(1) 采用标准化的模架和模芯零件 (2) 凹、凸模的厚度为 5~6mm,采用弹簧销钉夹紧 (3) 凸模与凸模固定板铆接	(1) 大、中型的有色金属薄板 (2) 产品试制与小批量生产	(1) 大、中型工件冲裁代替有色金属薄板的铣切加工,改善了加工环境,提高了工件的质量 (2) 制模周期短,生产成本低
	厚板模	(1) 采用标准化的模架和模芯零件 (2) 凹、凸模的厚度约为 15mm,采用斜楔装置夹紧	与常规钢模基本相同	(1) 制模周期短 (2) 工件生产成本低
铋-锡 低熔点合金弯曲模、成形模		(1) 采用铋-锡二元合金(Bi : Sn = 58 : 42)制造成形用凹、凸模 (2) 平凸缘件采用钢制压边圈和平的凹模表面,曲凸缘件的压边圈亦采用铋-锡合金铸造制模 (3) 可以采用电热管、煤气炉加热融化合金 (4) 采用副熔室和气压装置控制主熔室合金的液面高度和制模的时间 (5) 样件是制模形状的依据	(1) 主要用于各种弯曲件、覆盖件的成形冲压 (2) 主要适用于中、小批量的生产	(1) 模具的专用零件极少,可以节省大量的模具材料 (2) 制模周期很短,一般一副中型覆盖件成形模具铸造工时为 4~6h,冷却修模 6~8h,模具即可投入使用 (3) 成形的零件精度不高,模具的使用寿命不高
锌基合金冲裁模		(1) 通常采用锌-铝-铜-镁四元合金 (2) 经常采用锌基合金制造落料件的凹模,使用普通的模具材料制造凸模 (3) 对于小批量的薄料冲压件,也可以采用锌基合金制造凸模和凹模	通常适用于冲裁小批量的薄料工件	(1) 模具制造简便,成本低 (2) 锌基合金凹模具有自动调整冲裁间隙的功能,便于保证冲裁薄料时,凸模与凹模具有均匀的冲裁间隙 (3) 锌基合金熔点低,可以重复使用 (4) 模具的使用寿命比较低,冲裁工件精度不高
锌基合金成形模		(1) 由于锌基合金的熔点低,可以采用浇注的方法制造各种成形用模具 (2) 通常采用有色金属铸造的方法制造模具成形部件的型面形状	适用于各种金属材料的弯曲、拉延、局部成形加工工艺	(1) 采用铸造的方法制造模具,可以降低模具的制造成本,缩短模具的制造周期 (2) 锌基合金可以重复使用 (3) 由于锌基合金具有冷缩性,模具的型面成形精度不高,但是修模比较方便

第 2 章 冲裁间隙与合理大间隙冲裁模

2.1 按件定隙及其应用

冲裁间隙是冲裁模设计中的一个重要工艺参数。冲裁间隙的大小,直接影响冲裁件的尺寸精度、毛刺高度、光亮带、塌角、垂直度及平整度、冲裁力以及模具的使用寿命。一般来说,模具的冲裁间隙小,则工件精度高,光亮带大,不易去毛刺低;但是冲裁力大,模具磨损快。当间隙取大值时,工件精度差,但冲裁力小,模具磨损慢。如相对间隙 Z/t (Z 为凸模与凹模刃口尺寸之差, t 为被冲材料厚度) 取 15%~25% 时,模具磨损速度可以降低 20%~30%。

对于冲裁间隙,自 20 世纪 50 年代,中国沿用前苏联的标准,相对间隙取得比较小,约为 4%~10%。到 20 世纪 70 年代末,掀起了“大间隙热”,相对间隙有的取到 25%~52%。国际上也经历了这样一个放大间隙的过程。美国在 1958 年论文汇编上提出 25% 的相对间隙,可提高模具寿命 4~5 倍,称此为最佳间隙值。日本学者在对冲裁间隙与冲裁件尺寸精度、断面形状、冲裁力和模具寿命、模具磨损形式的关系进行综合研究之后,于 1977 年由日本塑性加工学会推荐使用 20%~25% 的相对间隙。经过多年的研究,20 世纪 80~90 年代中国学者根据生产实践和各行各业对冲裁件质量的不同要求,提出“按行业分类定间隙”的分类标准。即对尺寸精度与断面质量等要求较高的电机、机器、仪表行业,选用小间隙,以保证冲裁件的质量要求。对汽车、拖拉机等以及无配合关系的冲裁件,则可放大冲裁间隙,以提高模具的使用寿命,获得更好的技术-经济效益。这种间隙分类方法至今在大多数的冲压设计资料中一直采用。实际上在生产实践中这种按行业分类选取冲裁间隙也是不科学的,因同一行业,如仪器仪表行业,大部分冲裁件要求质量高,当然应选用小间隙,但也有些零件,如垫圈、端盖以及为后续成形、弯曲等工序做准备的冲裁件,其精度要求是很低的,所以科学的提法是应根据具体冲裁件的质量指标“按件定隙”。

冲裁件质量主要包括尺寸精度、冲裁件断面质量(如毛刺高度、光厚比、塌角、垂直度、平整度等)。

2.1.1 冲裁件的尺寸精度

图 2-1 所示为低碳钢 08F 落料件的尺寸精度 δ_1 和冲孔件的尺寸精度 δ_2 与相对间隙 Z/t 的关系曲线。其中, $\delta_1 = D_{ao} - D_1$, $\delta_2 = d_1 - d_k$, D_1 为落料件的尺寸, d_k 为冲孔件的尺寸, D_{ao} 为落料凹模刃口尺寸, d_1 为冲孔凸模尺寸。

从图 2-1 中曲线可见,落料件尺寸等于凹模型腔尺寸的相对间隙为 5% 左右。相对间隙小于 5%,落料件尺寸大于凹模型腔尺寸,在出件时必然加大凹模的磨损,减少凹模的使用寿命。相对间隙大于 5% 时则相反。对于冲孔件,冲孔尺寸等于凸模尺寸的相对间隙为 22% 左右,当间隙值小于 22% 时,冲孔尺寸

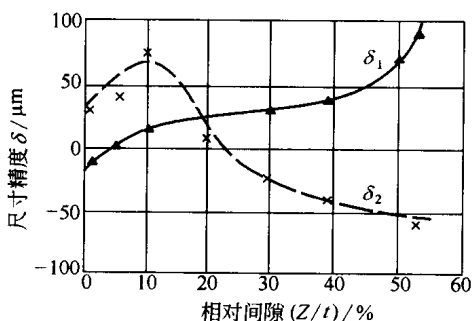


图 2-1 尺寸精度与相对间隙关系曲线
(材料为低碳钢 08F, 厚度 2mm)

小于凸模尺寸，卸料时必然加大凸模的磨损，减少凸模的使用寿命。使 δ_1 为零和 δ_2 为零的相对间隙值不同，主要是因为冲裁时板料上下表面受弯矩 M 作用，产生了不同的变形，而引起不同的回弹所致。曲线说明，设计落料模时，间隙值取小一些，可提高工件精度。对于冲孔模间隙应相对取大些，才能保证孔的精度。两条曲线不同，说明凸模刃口比凹模刃口磨损快，这也和生产实践中所出现的情况是一致的。

总之，由该曲线可得出结论，间隙小时，精度高，但模具寿命低，间隙大时则相反。

2.1.2 冲裁件剪切断面质量类型

图 2-2 所示为落料件、冲孔件在不同的相对间隙值冲裁时所得的剪切断面类型。图中 f 为塌角高度； Δ_1 为第一光亮带高度； Δ_2 为第二光亮带高度； S 为断裂带高度； h 为毛刺高度。

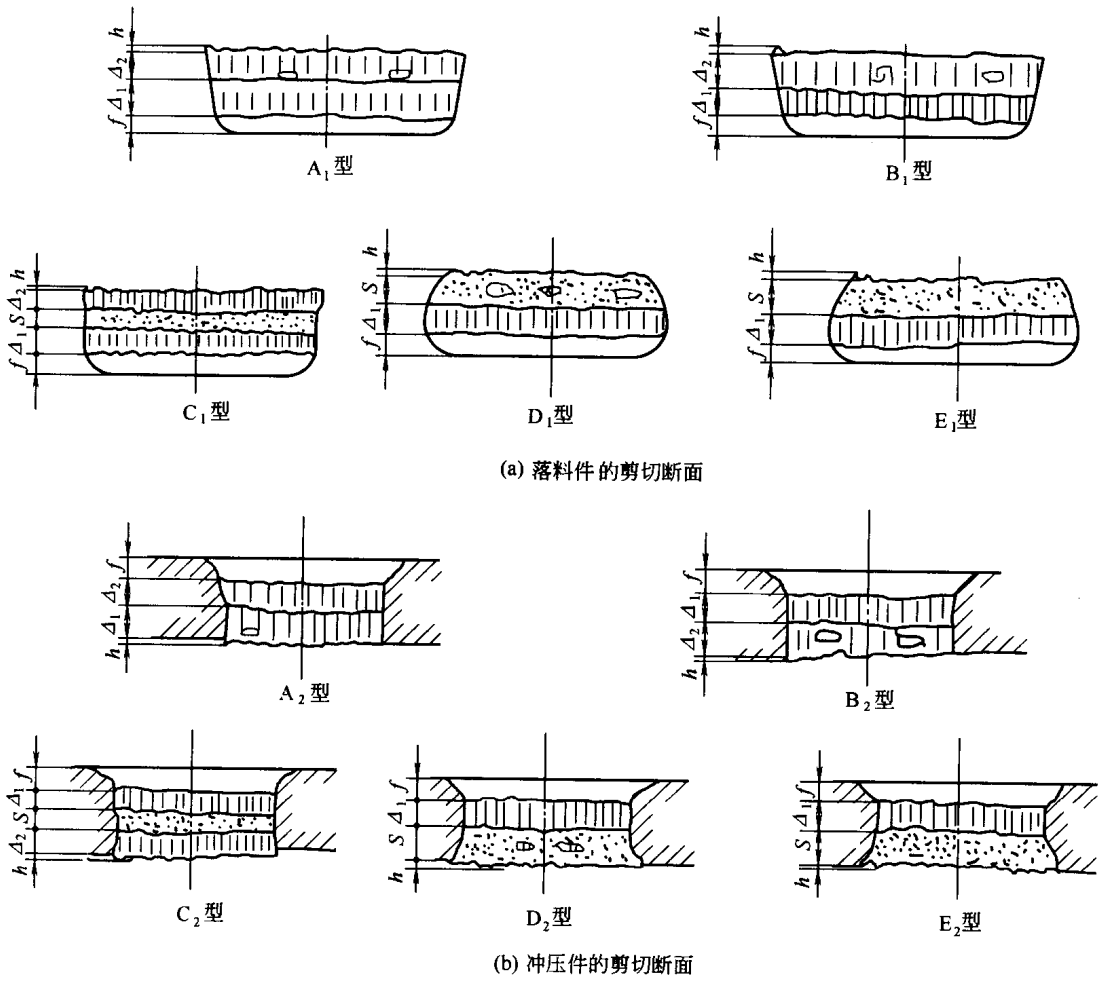


图 2-2 冲裁件的剪切断面类型

第一光亮带是板料在模具的压力下，进行塑性变形时产生的，第二光亮带则是位于上、下两裂纹之间的板料在凸模将落料件从废料和凹模型腔中推出时，又产生第二次剪切和挤压时形成的。严格说第二光亮带是一种夹层组织，在某些使用场合是不利的。图 2-2 中 A、B 型断面是在相对间隙小于 5% 时产生的。此种断面出现负垂直度现象。这主要是上、下两裂纹之间的材料，在第二次剪切和挤压时，加大了落料件径向尺寸的压缩变形，故卸载回弹变大所致。这种现象的存在，加剧了模具的磨损，减少了模具的使用寿命。图 2-2 中 C 型多在

相对间隙 5%~10% 的范围内发生。在相对间隙大于 10% 后依次出现 D 种和 E 种的剪切断面形状。

2.1.3 毛刺高度

图 2-3 所示为低碳钢 08F 落料件的毛刺高度 h 与相对间隙 Z/t 的关系曲线。从图中可见，在相对间隙 5%~25% 的范围内毛刺高度变化不大，在大于 30% 后毛刺高度剧烈上升。这种毛刺由于板料的裂纹不产生在模具刃口处，毛刺与基体连接牢固，称为不易去毛刺。在极小的间隙值 ($Z/t < 5\%$)，冲塑性好的材料时，在断面上也有很大的毛刺，那种毛刺是由于两裂纹中间的板料第二次剪切和挤压时，被挤到上表面上加大了不易去毛刺所致。这种毛刺与基体结合力小，往往在酸洗、搬运过程中可去掉，称为易去毛刺。生产中控制毛刺高度主要指不易去毛刺。

还应指出，对于不同的材料，其毛刺高度的变化趋势也不完全相同，如锡青铜、铅黄铜等冲裁件毛刺的高度几乎不随间隙的大小而改变。

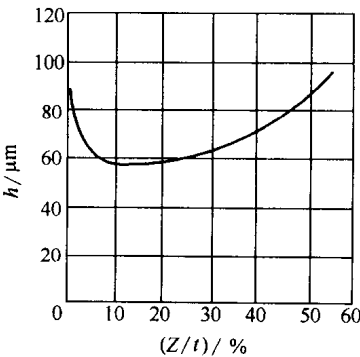


图 2-3 毛刺高度与相对间隙关系曲线
(材料为低碳钢 08F，厚度 2mm)

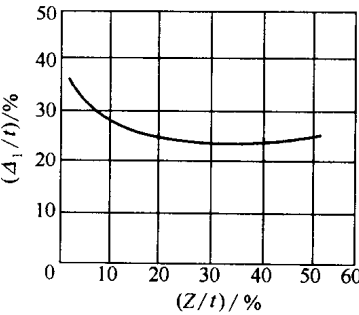


图 2-4 光厚比与相对间隙关系曲线
(材料为低碳钢 08F，厚度 2mm)

2.1.4 光厚比

光亮带的大小也是生产中衡量优质冲裁件质量的一个重要指标。光亮带与材料厚度的比值称为光厚比。图 2-4 所示为低碳钢 08F 的第一光亮带 Δ_1 与材料厚度 t 的比值和相对间隙 Z/t 的关系曲线。从图中可见：在小间隙范围内，光厚比随相对间隙的增大而剧烈下降，但到相对间隙超过 11% 以后，下降缓慢。对优质冲裁件要求光厚比一律为 30% 也是不科学的，因为有些材料（如纯铝）很容易达到要求，而另一些却很难达到要求，有些材料即使采用小间隙也达不到要求，所以必须因材料不同而提出不同的光厚比要求。

以上简要讨论了冲裁间隙对冲裁件的尺寸精度及剪切断面主要质量指标的影响，其目的是为工程技术人员根据本单位产品的具体质量要求，选取不同的冲裁模间隙时，既要保证产品质量，又要保证模具高寿命，从而得到最大的技术-经济效益，提供理论根据参考。

2.2 冲裁间隙与模具磨损

众所周知，冲裁模的使用寿命，在很大程度上取决于毛刺的高低，一副新的、刃口锋利的冲模，当刚投入使用时，初始毛刺的高度是比较小的，随着冲裁件数量的增加，毛刺的高度亦随之增高，当毛刺的高度超过冲裁件允许的高度值时，这副模具就需要进行刃磨，重新获得锋利的刃口后再继续使用。这期间，能冲裁的合格冲裁件的数量，就称为此冲裁模的一次刃磨寿命。

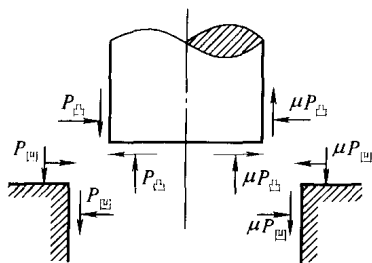


图 2-5 凸、凹模受力状态

由于冲裁模在板料的塑性变形阶段，板料给予凸、凹模的反作用力如图 2-5 所示，这时凸、凹模受力最大，且与板料紧密接触，与板料呈相对运动，因而，此时的磨损最严重。按现代金属物理学的观点，塑料变形实质是位错运动，屈服应力即是开始位错，使之运动的临界应力值。位错运动过程中，产生位错增殖、位错堆积现象，从而使驱动位错进一步运动的应力值必须增大，此即冷作硬化现象。当位错密度达到某一程度时，在位错堆积处必然产生微裂纹，乃至裂

缝，此时金属材料不再具有塑性变形的能力，而进入了断裂阶段。理论分析和采用放大 10 万倍的电子扫描显微镜拍摄的冲裁瞬间照片都显示：在冲裁塑性变形后期，首先在凹模刃口附近的板料下表面产生首条微裂纹，随塑性变形过程的进行，先后产生第二条、第三条微裂纹，在微裂纹的根部则汇合而成裂缝。在凸模刃口附近的板料上表面，亦发生此种过程，只是较下表面稍晚，如图 2-6 所示。裂缝的起点不在刃口处的板料表面上，这是因为刃口通常带有小圆角和模具与板料之间存在摩擦力所致。这也是常规冲裁加工中毛刺不可避免的原因之所在。

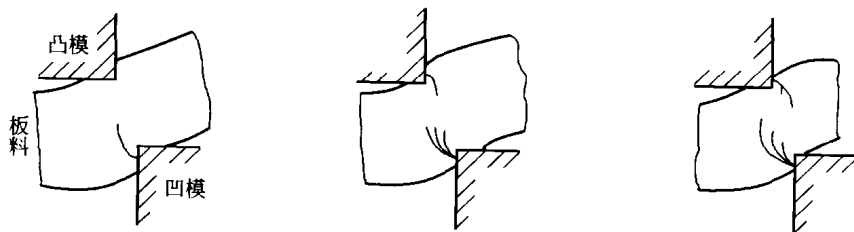


图 2-6 板料裂纹的产生与发展

上、下裂纹向板料内扩展，若间隙合理，则上、下裂纹重合，间隙过大或过小时，均在两裂纹之间产生第三条裂纹。裂纹贯穿板料上、下表面，从而完成了板料的分离过程。图 2-7 所示为冲裁间隙值过小、合理、过大时裂纹产生的位置示意。

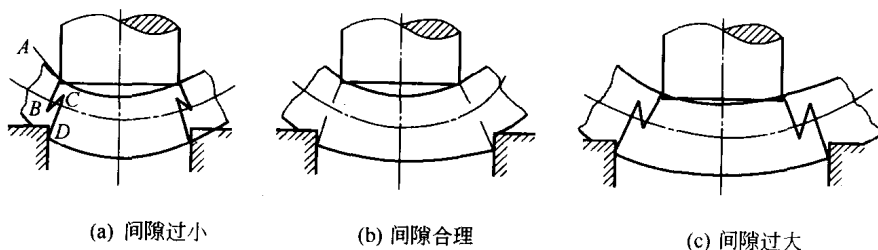


图 2-7 冲裁间隙与裂纹示意

图 2-7(a) 所示的小间隙冲裁过程，在落料件与板料的进一步分离时，属于落料件的 ABC 部分材料，必然还将与属于冲孔部分的 BCD 部分材料发生第二次相互之间的剪切和挤压变形。一部分材料挤到工件的剪切断面上，形成第二光亮带或光亮点，如图 2-2 中的 A 型、B 型剪切断面所示。当间隙很小时 ($Z/t < 4\%$)，还会将部分材料挤压到冲裁件端面上方，从而加大了毛刺的高度，形成了根部结合力差，几乎直立的“易去毛刺”，如图 2-8