

高等专科学校教材

冷冲压模具设计指导

主编 王 芳

参编 莫亚武 段宏伟 陈锡栋

齐卫东 杜继涛

主审 张崇德



机械工业出版社

前 言

近年来，由于模具技术的迅速发展，模具设计与制造已成为一个行业越来越引起人们的重视。为此，我们根据高等专科学校广大模具专业师生的愿望，结合模具设计人员的实际需要，编写了这本《冷冲压模具设计指导》。

本书第二～五章分别介绍了几类主要的冲压工艺及结构设计方法、设计计算公式和常用数据。第一、八章介绍了设计冲压模具应注意的问题及常用的标准和规范。而在第六、七章中编制了设计实例及典型模具结构图。

本书由沈阳工业学院专科学校王芳编写第一、四、五、六章，湖南邵阳高等专科学校莫亚武编写第二章，哈尔滨工业高等专科学校段宏伟编写第三章，天津理工学院陈锡栋、齐卫东编写第七章，上海机械高等专科学校杜继涛编写第八章。全书由王芳担任主编，沈阳工业学院专科学校张崇德担任主审，并协助主编在统编全稿的过程中做了很多工作。

本书在编写过程中得到编写、审稿单位领导的帮助与支持，特在此表示感谢。

由于水平所限，缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

目 录

前言

第一章 冷冲压模具设计概述 1

一、冷冲压模具设计的目的 1

二、冷冲压模具设计的内容及步骤 1

(一) 冷冲压模具设计的内容 1

(二) 冷冲压模具设计步骤 1

三、冷冲压模具设计应注意的问题 2

(一) 合理选择模具结构 2

(二) 采用标准零部件 2

(三) 其它 3

四、冷冲压模具的成本分析 3

五、模具装配图设计 4

(一) 图纸幅面要求 4

(二) 总图 4

第二章 冲裁模工艺与结构设计 6

一、冲裁件工艺分析 6

二、确定工艺方案 7

(一) 单工序模 8

(二) 复合模 8

(三) 级进模 10

三、冲裁工艺计算 13

(一) 凸、凹模间隙值的确定 13

(二) 凸、凹模刃口尺寸的确定 15

(三) 排样设计 17

(四) 冲裁工艺力的计算 21

(五) 模具压力中心的确定 23

(六) 冲模的闭合高度 24

四、冲裁模主要零部件的结构设计 24

(一) 凸模的结构设计 24

(二) 凹模的结构设计 28

(三) 凸凹模 30

(四) 定位零件的设计与标准 31

(五) 卸料与推件零件的设计 37

(六) 导向零件设计与标准 41

(七) 模柄的选用 44

(八) 凸模固定板与垫板 49

(九) 冲模模架的型号与选择 51

第三章 弯曲工艺及弯曲模设计 74

一、概述 74

二、弯曲工艺 74

(一) 回弹值的确定 74

(二) 最小弯曲半径 77

(三) 弯曲件毛坯尺寸计算 77

(四) 弯曲力的计算 81

(五) 弯曲凸、凹模的间隙 83

三、弯曲模设计要点 83

(一) 弯曲模工作部分尺寸计算 83

(二) 弯曲模结构设计注意事项 84

(三) 单工序弯曲模设计要点 84

(四) 多工序级进弯曲模设计要点 86

第四章 拉深工艺及拉深模设计 94

一、概述 94

二、工艺计算 94

(一) 圆筒形件的不变薄拉深 94

(二) 特殊形状零件的拉深 107

(三) 盒形件的拉深 110

(四) 拉深力和压边力的计算 115

三、拉深模结构设计要点 122

(一) 拉深模工作部分尺寸的设计 122

(二) 拉深模的结构选择 126

(三) 拉深模设计特点 127

四、带料连续拉深 127

(一) 分类及应用范围 127

(二) 料宽和进距计算 127

(三) 带料连续拉深的工艺计算 127

(四) 带料连续拉深的工序计算程序 132

(五) 带料连续拉深模的设计要点 134

第五章 其它成形工艺及模具设计要

点 135

一、平板毛坯的局部胀形 135

二、翻边 136

(一) 孔的翻边 136

(二) 变薄翻边 139

(三) 外缘翻边 140

三、校形	142
(一) 校平	142
(二) 整形	143
第六章 冷冲压模具设计实例和编写说明书	145
一、典型模具设计与计算实例	145
(一) 冲裁模	145
(二) 弯曲模	152
(三) 拉深模及翻边模	156
二、编写设计计算说明书和答辩应考虑的问题	166
(一) 设计计算说明书的内容与要求	166
(二) 设计总结与答辩	166
第七章 典型模具结构图	167
一、弹性卸料落料模	167
二、冲侧孔模	168
三、冲孔模	169
四、一模多件套筒式冲模	170
五、斜楔式侧孔冲模	172
六、转动轴弯曲模	174
七、落料、拉深、冲孔复合模	175
八、冲孔、翻边复合模	176
九、落料、拉深复合模	177
十、二次拉深模	178
十一、落料、冲孔、翻边复合模	179
十二、六角帽拉深级进模	180
十三、冲孔、落料级进模	182
十四、手柄落料、冲孔级进模	184
十五、弯板落料、冲孔、切斜面、弯曲级进模	186
十六、落料、冲孔、弯曲级进模	188
十七、电位器、动接触片多工位级进模	190

十八、电位器、支架多工位级进模	194
十九、电位器接线片多工位级进模	198
二十、焊片少废料级进模	202
第八章 模具设计中的常用标准和规范	203
一、冲压工艺基础资料	203
(一) 材料的力学性能	203
(二) 常用材料及工艺参数	206
(三) 压力机主要技术规格	210
二、模具设计中常用的公差配合、形位公差与表面粗糙度	213
(一) 常用公差及其偏差	213
(二) 冲压件公差等级及偏差	213
(三) 冲压常用的形位公差	218
(四) 表面粗糙度	220
三、常用零件标准	220
(一) 螺钉的主要结构尺寸	220
(二) 螺栓的主要结构尺寸	229
(三) 销尺寸	231
(四) 螺母的尺寸	231
(五) 螺栓和螺钉通孔及沉孔尺寸	231
四、模具制造工艺资料	234
(一) 模具零件的主要加工方法	234
(二) 模具制造工艺过程要点	236
五、弹簧、橡胶垫的选用	239
(一) 圆柱螺旋压缩弹簧	239
(二) 碟形弹簧	241
(三) 橡胶垫	243
(四) 聚氨酯橡胶	245
六、冲模的装配	246
参考文献	250

第一章 冷冲压模具设计概述

一、冷冲压模具设计的目的

冷冲压模具设计是为模具设计与制造专业学生在学完基础理论课、技术基础课和专业课的基础上,所设置的一个重要的实践性教学环节。其目的是:

- 1) 综合运用本专业所学课程的理论和生产实际知识,进行一次冷冲压模具设计工作的实际训练,从而培养和提高学生独立工作的能力。
- 2) 巩固与扩充“冷冲压模具设计”等课程所学的内容,掌握冷冲压模具设计的方法和步骤。
- 3) 掌握冷冲压模具设计的基本技能,如计算、绘图、查阅设计资料和手册,熟悉标准和规范等。

二、冷冲压模具设计的内容及步骤

(一) 冷冲压模具设计的内容

冷冲压模具设计分课程设计和毕业设计两种形式。课程设计通常在学完冷冲压模具设计课程后进行,时间为1~2周,一般以设计较为简单的、具有典型结构的中小型模具为主,要求学生独立完成模具装配图一张,工作零件图3~5张,设计计算说明书一份。毕业设计是在学生学完全部课程后进行的,时间一般为7~9周。以设计中等复杂程度以上的大、中型模具为主,要求每个学生独立完成冲压件工艺设计,冲模结构设计及计算,典型零件制造工艺规程制定等工作,并完成一至两套不同类型的模具总装配图及部件装配图和全部零件图,完成设计计算说明书一份。毕业设计完成后要进行答辩。

(二) 冷冲压模具设计步骤

1. 分析冲压件的工艺性

根据设计题目的要求,分析冲压件成形的结构工艺性,分析冲压件的形状特点、尺寸大小、精度要求及所用材料是否符合冲压工艺要求。如果发现冲压件工艺性差,则需要对冲压件产品提出修改意见,经产品设计者同意后方可修改。

2. 制定冲压件工艺方案

在分析了冲压件的工艺性之后,通常可以列出几种不同的冲压工艺方案(包括工序性质、工序数目、工序顺序及组合方式),从产品质量、生产效率、设备占用情况、模具制造的难易程度和模具寿命高低、工艺成本、操作方便和安全程度等方面,进行综合分析、比较,然后确定适合于工厂具体生产条件的最经济合理的工艺方案。

3. 确定毛坯形状、尺寸和下料方式

在最经济的原则下,决定毛坯的形状、尺寸和下料方式,并确定材料的消耗量。

4. 确定冲模类型及结构型式

根据所确定的工艺方案和冲压件的形状特点、精度要求、生产批量、模具制造条件、操

作方便及安全的要求, 以及利用现有通用机械化、自动化装置的可能, 选定冲模类型及结构型式, 绘制模具结构草图。

5. 进行必要的工艺计算

- 1) 计算毛坯尺寸, 以便在最经济的原则下进行排样和合理使用材料。
- 2) 计算冲压力 (包括冲裁力、弯曲力、拉深力、卸料力、推件力、压边力等), 以便选择压力机。
- 3) 计算模具压力中心, 防止模具因受偏心负荷作用影响模具精度和寿命。
- 4) 计算或估算模具各主要零件 (凹模、凸模固定板、垫板、凸模) 的外形尺寸, 以及卸料橡胶或弹簧的自由高度等。
- 5) 确定凸、凹模的间隙, 计算凸、凹模工作部分尺寸。
- 6) 对于拉深模, 需要计算是否采用压边圈, 计算拉深次数、半成品的尺寸和各中间工序模具的尺寸分配等。

6. 选择压力机

压力机的选择是模具设计的一项重要内容, 设计模具时, 必须把所选用的压力机的类型、型号、规格确定下来。

压力机型号的确定主要取决于冲压工艺的要求和冲模结构情况。选用曲柄压力机时, 必须满足以下要求:

- 1) 压力机的公称压力 F_g 必须大于冲压计算的总压力 F 。即 $F_g > F$ 。
- 2) 压力机的装模高度必须符合模具闭合高度的要求, 即

$$H_{\max} - 5\text{mm} \geq H_m \geq H_{\min} + 10\text{mm} \quad (1-1)$$

式中 $H_{\max}$ 、 $H_{\min}$ ——分别为压力机的最大、最小装模高度 (mm);

H_m ——模具闭合高度 (mm)。

当多副模具联合安装到一台压力机上时, 多副模具应有同一个闭合高度。

- 3) 压力机的滑块行程必须满足冲压件的成形要求。对于拉深工艺, 为了便于放料和取料, 其行程必须大于拉深件高度的 2~2.5 倍。

- 4) 为了便于安装模具, 压力机的工作台面尺寸应大于模具尺寸, 一般每边大 50~70mm。台面上的孔应保证冲压件或废料能漏下。

7. 绘制模具总图和非标准零件图

根据上述分析、计算及方案论证后, 绘制模具总装配图及零件图。

8. 编写设计计算说明书。

9. 设计总结及答辩。

三、冷冲压模具设计应注意的问题

冷冲压模具设计的整个过程是从分析总体方案开始到完成全部技术设计, 这期间要经过计算、绘图、修改等步骤。在设计过程中应注意以下问题。

(一) 合理选择模具结构

根据零件图样及技术要求, 结合生产实际情况, 提出模具结构方案, 分析、比较, 选择最佳结构。

(二) 采用标准零部件

应尽量选用国家标准件及工厂冲模标准件。使模具设计典型化及制造简单化，缩短设计制造周期，降低成本。

（三）其它

1. 定位销的用法

冲模中的定位销常选用圆柱销，其直径与螺钉直径相近，不能太细，每个模具上只须两个销钉，其长度勿太长，其进入模体长度是直径的 $2 \sim 2.5$ 倍。

2. 螺钉用法

固定螺钉拧入模体的深度勿太深。如拧入铸铁件，深度是螺钉直径的 $2 \sim 2.5$ 倍，拧入一般钢件深度是螺钉直径的 $1.5 \sim 2$ 倍。

3. 打标记

铸件模板要设计出加工、定位及打印编号的凸台。

4. 对导柱、导套的要求

模具完全对称时两导柱的导向直径不易设计得相等，避免合模时误装方向而损坏模具刃口。导套长度的选取应保证开始工作时导柱进入导套 $10 \sim 15\text{mm}$ 。

5. 取放制件方便

设计拉深模时，所选设备的行程应是拉深深度的（即拉深件高度）的 $2 \sim 2.5$ 倍。

四、冷冲压模具的成本分析

在冷冲压模具设计中，常常要提到模具成本问题，即经济性。所谓经济性，就是以最小的耗费取得最大的经济效果。在冲压生产中，既要保证产品质量，完成所需的产品数量，又要降低模具的制造费用，这样才能使整个冷冲压的成本得到降低。

在模具设计中主要考虑的问题是如何降低模具的制造成本。因为产品的成本不仅与材料费（包括原材料费、外购件费）、加工费（包括工人工资、能源消耗、设备折旧费、车间经费等）有关，而且与模具费有关。一副模具少则几万，多则上百万。所以必须采取有效措施降低制造成本。

1. 小批生产中的成本问题

试制和小批量冲压生产中，降低模具费是降低成本的有效措施。除制件质量要求严格，必须采用价高的正规模具外，一般采用工序分散的工艺方案。选择结构简单、制造快且价格低廉的简易模具，用焊接、机械加工及钣金等方法制成，这样可降低成本。

2. 工艺合理化

冲压生产中，工艺合理是降低成本的有力手段。由于工艺的合理化能降低模具费，节约加工工时，降低材料费，所以必然降低零件总成本。

在制定工艺时，工序的分散与集中是比较复杂的问题。它取决于零件的批量、结构（形状）、质量要求、工艺特点等。一般情况下，大批量生产时应尽量把工序集中起来，采用复合模或级进模进行冲压，很小的零件，采用复合或连续冲压加工，既能提高生产率，又能安全生产。而小批量生产时，则以采用单工序模分散冲压为宜。

根据实践经验，集中到一副模具上的工序数量不宜太多，对于复合模，一般为 $2 \sim 3$ 个工序，最多 4 个工序，对于级进模，集中的工序可以多些。

3. 多个工件同时成形

产量较大时,采用多件同时冲压,可使模具费、材料费和加工费降低,同时有利于成形表面所受拉力均匀化。

4. 冲压过程的自动化及高速化

从安全和降低成本两方面来看,自动化生产将成为冲压加工的发展方向,今后不仅大批量生产中采用自动化,在小批量生产中也可采用自动化。在大批量生产中采用自动化时,虽然模具费用较高,但生产率高,产量大,分摊到每个工件上的模具折旧费和加工费比单件小批生产时要低。从生产安全性考虑,在小批量多品种生产中采用自动化也是可取的,但自动化的经济性问题急待研究。

5. 提高材料利用率,降低材料费

在冲压生产中,工件的原材料费占制造成本的60%左右,所以节约原材料,利用废料具有非常重要的意义。提高材料利用率是降低冲压件制造成本的重要措施之一。特别是材料单价高的工件,此点尤为重要。

降低材料费的方法如下:

- 1) 在满足零件强度和使用要求的情况下,减少材料厚度。
- 2) 降低材料单价。
- 3) 改进毛坯形状,合理排样。
- 4) 减少搭边,采用少废料或无废料排样。
- 5) 由单列排样改为多列排样。
- 6) 多件同时成形,成形后再切开。
- 7) 组合排样。
- 8) 利用废料。

6. 节约模具费

模具费在工件制造成本中占有一定比例。对于小批量生产,采用简易模具,因其结构简单、制造快速、价廉,所以能降低模具费,从而降低工件制造成本。

在大批大量生产中,应尽量采用高效率、长寿命的级进冲模及发展硬质合金冲模。硬质合金冲模的刃磨寿命和总寿命比钢模具大得多。总寿命为钢模具的20~40倍,而模具制造费用仅为钢模具的2~4倍。

而对中批量生产,首先应尽量使冲模标准化,大力发展冲模标准件的品种,推广冲模典型结构,最大限度地缩短冲模设计与制造周期。

五、模具装配图设计

(一) 图纸幅面要求

图纸幅面尺寸按国家标准的有关规定选用,并按规定画出图框。最小图幅为A4。

(二) 总图

模具视图主要用来表达模具的主要结构形状、工作原理及零件的装配关系。视图的数量一般为主视图和俯视图两个,必要时可以加绘辅助视图;视图的表达方法以剖视为主,以表达清楚模具的内部组成和装配关系。主视图应画模具闭合时的工作状态,而不能将上模与下模分开来画。主视图的布置一般情况下应与模具的工作状态一致。

图面右下角是标题栏,标题栏上方绘出明细表。图面右上角画出用该套模具生产出来的

制件形状尺寸图，其下面画出制件排样方案图。

1. 标题栏

装配图的标题栏和明细表的格式按有关标准绘制。目前无统一规定，可采用图 1-1 所示的格式。其中图 a 为装配图的标题栏，图 b 为零件图的标题栏。

2. 明细表

明细表中的件号自下往上编，从 1 开始为下模板，接着按冲压标准件、非标准件的顺序编写序号。同类零件应排在一起。在备注栏中，标出材料热处理要求及其它要求。

3. 制件图及排样图

1) 制件图严格按比例画出，其方向应与冲压方向一致，复杂制件图不能按冲压方向画出时须用箭头注明。

2) 在制件图右下方注明制件名称、材料及料厚；若制件图比例与总图比例不一致时，应标出比例。

3) 排样图的布置应与送料方向一致，否则须用箭头注明；排样图中应标明料宽、搭边值和进距；简单工序可不画排样图。

4) 制件图或排样图上应注明制件在冲模中的位置（冲模和制件中心线一致时不注）。

4. 尺寸标注

主视图上标注如下尺寸：

- 1) 注明轮廓尺寸、安装尺寸及配合尺寸。
- 2) 注明封闭高度尺寸。
- 3) 带导柱的模具最好剖出导柱，固定螺钉、销钉等同类型零件至少剖出一个。
- 4) 带斜楔的模具应标出滑块行程尺寸。

俯视图上应标注的尺寸：

- 1) 在图上用双点划线画出条料宽度及用箭头表示出送料方向。
- 2) 与本模具有相配的附件时（如打料杆、推件器等），应标出装配位置尺寸。

序号	零件名称	数量	材料	备注
(图名)		比例	重量	第 张 (图号)
制图 (姓名) (日期)		(单位)		
校核 (姓名) (日期)		(单位)		

Dimensions: 15, 25, 20, 15, 15, 30, 140 (total width). Vertical dimension: 80x4(=32).

(零件名称)	比例	数量	材料	(图号)
制图 (姓名) (日期)	(单位)			
校核 (姓名) (日期)	(单位)			

b) (尺寸同上)

图 1-1 标题栏格式

第二章 冲裁模工艺与结构设计

一、冲裁件工艺分析

冲裁件的工艺性是指冲裁件对冲裁工艺的适应性。一般情况下,对冲裁件工艺性影响最大的是几何形状、尺寸和精度要求。良好的冲裁工艺性应能满足材料较省、工序较少、模具加工较易、寿命较高、操作方便及产品质量稳定等要求。

1. 冲裁件结构工艺性

(1) 最小圆角半径 冲裁件的最小圆角半径允许值见表 2-1。如果是少、无废料排样冲裁,或者采用镶拼模具时可不要求冲裁件有圆角。

表 2-1 冲裁件最小圆角半径

工 序	连接角度	黄铜、纯铜、铝	软钢	合金钢
落料	$\geq 90^\circ$	$0.18t$	$0.25t$	$0.35t$
	$< 90^\circ$	$0.35t$	$0.50t$	$0.70t$
冲孔	$\geq 90^\circ$	$0.20t$	$0.30t$	$0.45t$
	$< 90^\circ$	$0.40t$	$0.60t$	$0.90t$

注: t 为材料厚度,当 $t < 1\text{mm}$ 时,均以 $t = 1\text{mm}$ 计算。

(2) 冲裁件孔的最小尺寸 冲裁件上孔的尺寸受到凸模强度的限制,不能太小,冲孔的最小尺寸见表 2-2。

表 2-2 冲孔的最小尺寸

材 料	自由凸模冲孔		精密导向凸模冲孔	
	圆形	矩形	圆形	矩形
硬钢	$1.3t$	$1.0t$	$0.5t$	$0.4t$
软钢及黄铜	$1.0t$	$0.7t$	$0.35t$	$0.3t$
铝	$0.8t$	$0.5t$	$0.3t$	$0.28t$
酚醛层压布(纸)板	$0.4t$	$0.35t$	$0.3t$	$0.25t$

注: t 为材料厚度 (mm)。

(3) 最小孔距、孔边距 冲裁件的孔与孔之间,孔与边缘之间的距离 a (图 2-1) 不能太小,否则模具强度不够或使冲裁件变形,一般取 $a \geq 2t$ (t 为料厚),但不得小于 $3 \sim 4\text{mm}$ 。

(4) 冲裁件上的悬臂和凹槽部分尺寸 如图 2-2 所示的 b 值依冲裁材料不同而不同。冲裁件材料为高碳钢时, $b \geq 2t$; 冲裁件材料为黄铜、纯铜、铝、软钢时, $b \geq 1.5t$ (t 为料厚, $t < 1\text{mm}$ 时,按 $t = 1\text{mm}$ 计算)。

2. 冲裁件的精度和断面粗糙度

(1) 精度 冲裁件的经济精度一般不高于 IT11 级,最高可达 IT8~IT10 级,冲孔比落料的精度约高一级,冲裁件的尺寸公差、孔中心距的公差见表 2-3、表 2-4。

(2) 断面粗糙度 冲裁件的断面粗糙度一般为 $R_a 12.5 \sim 50\mu\text{m}$,最高可达 $R_a 6.3\mu\text{m}$,具体

数值见表 2-5。

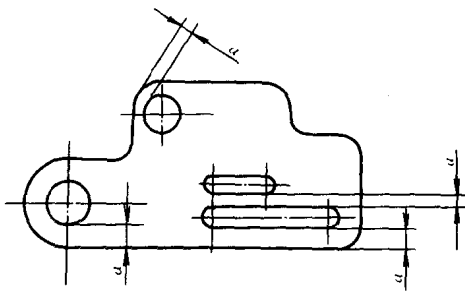


图 2-1 冲裁件的孔距及孔边距

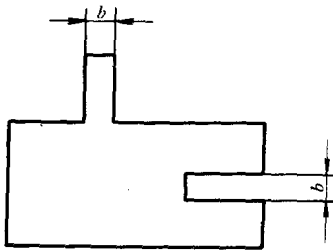


图 2-2 冲裁件的悬臂和凹槽部分尺寸

表 2-3 冲裁件内形与外形尺寸公差 (mm)

材料厚度 /mm	普通冲裁模				高级冲裁模			
	零件尺寸/mm							
	<10	10~50	50~150	150~300	<10	10~50	50~150	150~300
0.2~0.5	$\frac{0.08}{0.05}$	$\frac{0.10}{0.08}$	$\frac{0.14}{0.12}$	0.20	$\frac{0.025}{0.02}$	$\frac{0.03}{0.04}$	$\frac{0.05}{0.08}$	0.08
0.5~1	$\frac{0.12}{0.05}$	$\frac{0.16}{0.08}$	$\frac{0.22}{0.12}$	0.30	$\frac{0.03}{0.02}$	$\frac{0.04}{0.04}$	$\frac{0.06}{0.08}$	0.10
1~2	$\frac{0.18}{0.06}$	$\frac{0.22}{0.10}$	$\frac{0.30}{0.16}$	0.50	$\frac{0.04}{0.03}$	$\frac{0.05}{0.06}$	$\frac{0.08}{0.10}$	0.12
2~4	$\frac{0.24}{0.08}$	$\frac{0.28}{0.12}$	$\frac{0.40}{0.20}$	0.70	$\frac{0.06}{0.04}$	$\frac{0.08}{0.08}$	$\frac{0.10}{0.12}$	0.15
4~6	$\frac{0.30}{0.10}$	$\frac{0.35}{0.15}$	$\frac{0.50}{0.25}$	1.00	$\frac{0.10}{0.06}$	$\frac{0.12}{0.10}$	$\frac{0.15}{0.15}$	0.20

注：1. 表中分子为外形的公差值，分母为内孔的公差值。
2. 普通冲裁模系指模具工作部分、导向部分零件按 IT7~IT8 级制造，高级冲裁模按 IT5~IT6 级精度制造。

表 2-4 冲裁件孔中心距公差 (mm)

材料厚度 /mm	普通冲裁模			高级冲裁模		
	孔中心距基本尺寸/mm					
	<50	50~150	150~300	<50	50~150	150~300
<1	±0.10	±0.15	±0.20	±0.03	±0.05	±0.08
1~2	±0.12	±0.20	±0.30	±0.04	±0.06	±0.10
2~4	±0.15	±0.25	±0.35	±0.06	±0.08	±0.12
4~6	±0.20	±0.30	±0.40	±0.08	±0.10	±0.15

表 2-5 一般冲裁件断面的近似粗糙度

材料厚度/mm	≤1	1~2	2~3	3~4	4~5
粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	6.3	12.5	25	50	100

二、确定工艺方案

冲裁模的结构形式多种多样，如果按工序的组合分类，可分为单工序模、级进模（连续模或跳步模）、复合模等。各种冲裁模的构成大体相同，主要由工作零件、定位零件、卸料与

推料零件、导向零件、联接与固定零件等组成。

单工序模、复合模和级进模的比较见表 2-6。

表 2-6 单工序模、复合模和级进模的比较

比较项目	单工序模	复合模	级进模
冲压精度	较低	较高	一般
冲压生产率	低,压力机一次行程内只能完成一个工序	较高,压力机一次行程内可完成两个以上工序	高,压力机在一次行程内能完成多个工序
实现操作机械化、自动化的可能性	较易,尤其适合于在多工位压力机上实现自动化	难,制件和废料排除较复杂,可实现部分机械化	容易,尤其适应于单机上实现自动化
生产通用性	通用性好,适合于中小批量生产	通用性较差,仅适合于大批量生产	通用性较差,仅适合于中小型零件的大批量生产
冲模制造的复杂性和价格	结构简单、制造周期短,价格低	复杂性和价格较高	低于复合模

(一) 单工序模

单工序模是只完成一种工序的冲裁模。如落料、冲孔、切边、剖切等。单工序模可以同时有多个凸模,但其完成的工序类型相同。

设计单工序冲裁模需考虑下列问题:

- 1) 为何采用单工序模而不用复合模或级进模。
- 2) 模具结构与模具材料是否与冲裁件批量相适应。
- 3) 非标准模架或模具零件能否改用标准件。
- 4) 模架的平面尺寸,不仅应与模块平面尺寸相适应,还应与压力机台面或垫板开孔大小相适应。
- 5) 落料模的送料方向(横送、直送)要与选用的压力机相适应。
- 6) 在模具上安装闭合高度限位块,便于校模和存放。模具工作时限位块不应受压。
- 7) 对称工件的冲模模架应保证上、下模的正确装配。如采用直径不同的导柱。
- 8) 弯曲件的落料模,排样时应考虑材料辊纹方向。
- 9) 刃口尖角处宜用拼块,这样既便于加工,也可防止应力集中导致开裂。
- 10) 单面冲裁的模具,应在结构上采取措施使凸模和凹模的侧向力相互平衡,不宜让模架的导柱导套受侧向力。
- 11) 拼块不能依靠定位销承受侧向力,要用方键或将拼块嵌入模座沉孔内。
- 12) 卸料螺钉装配时,必须确保卸料板与有关模板保持平行。
- 13) 安装于模具内的弹簧,在结构上应能保证弹簧断裂时不致蹦出伤人。
- 14) 两侧无搭边的无废料、少废料冲裁工艺,只能推料进给而不能拉料进给,有较长一段料尾不能利用,如条料长度有限,则须仔细核算。
- 15) 冲孔模应考虑放入和取出冲件方便安全。
- 16) 多凸模冲孔,邻近大凸模的细小凸模,应比大凸模在长度上短一冲件料厚。若做成相同长度则容易折断。

(二) 复合模

1. 复合模的特点

复合模能在压力机一次行程内，完成落料、冲孔及拉深等数道工序。在完成这些工序的过程中，冲件材料无需进给移动。

复合模具有以下主要特点：

- 1) 冲件精度较高，不受送料误差影响，内外形相对位置一致性好。
- 2) 冲件表面较为平整。
- 3) 适宜冲薄料，也适宜冲脆性或软质材料。
- 4) 可从充分利用短料和边角余料。
- 5) 冲模面积较小。

复合模也存在一定的问题，如凸凹模内、外形间的壁厚，或内形与内形间的壁厚，都不能过薄，以免影响强度。另外，冲件不能漏下，需要解决出件问题。

2. 复合模的最小壁厚

冲孔落料复合模的凸凹模，其刃口平面与冲件尺寸相同，这就产生了复合模的“最小壁厚”问题。

为了增加凸凹模的强度和减少孔内废料的胀力，可以采用对凸凹模有效刃口以下增加壁厚和将废料反向顶出的办法，如图 2-3 所示。

3. 复合模正装和倒装的比较

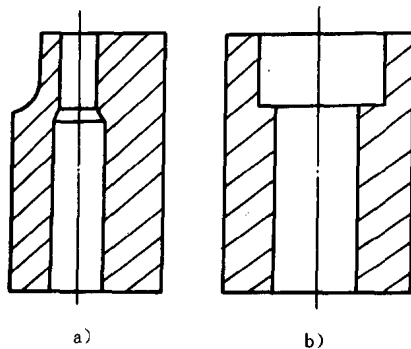


图 2-3 增加凸凹模强度的方法

a) 有效刃口以下增加壁厚 b) 废料反向顶出

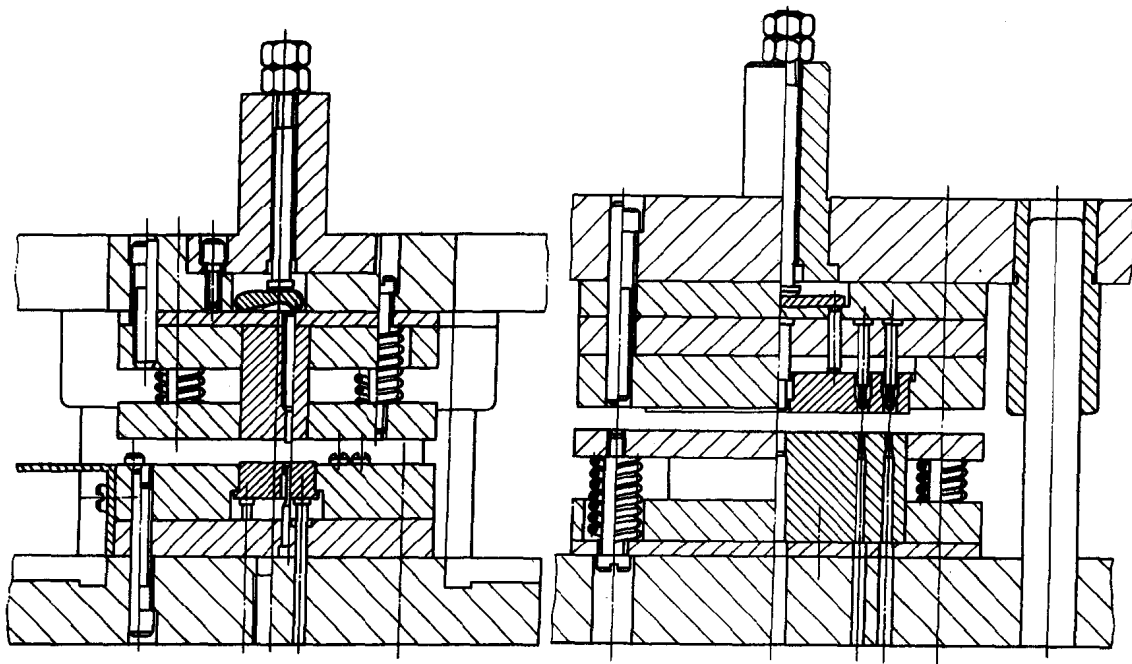


图 2-4 正装复合模

图 2-5 倒装复合模

常见的复合模结构有正装和倒装两种。图 2-4 所示为正装复合模结构。图 2-5 所示为倒装复合模结构。

复合模正装和倒装的优缺点比较见表 2-7。

表 2-7 复合模正装和倒装比较

序号	正 装	倒 装
1	对于薄冲件能达到平整要求	不能达到平整要求
2	操作不方便，不安全，孔的废料由打棒打出	操作方便，能装自动拨料装置，既能提高生产效率又能保证安全生产。孔的废料通过凸凹模的孔往下漏掉
3	废料不会在凸凹模孔内积聚，每次由打棒打出，可减少孔内废料的胀力，有利于凸凹模减小最小壁厚	废料在凸凹模孔内积聚，凸凹模要求有较大的壁厚以增加强度
4	装凹模的面积较大，有利于复杂冲件用拼块结构	如凸凹模较大，可直接将凸凹模固定在底座上省去固定板

4. 出件机构

出件机构的设计，有以下几点值得注意：

1) 顶杆应能使顶板有效地顶出冲件，但不能太长，以防止在行程下死点时受力(图 2-6)。合理的设计应保证有一定间隙 e 。

2) 顶出装置要有足够的位移量，可以容纳几个工件。这样，如果顶出装置失效，工件没有顶出时，操作者可以有足够的时间停车。

3) 压力机上的顶出装置，只在接近行程上死点时才起作用。为了使复合模在较高的冲次下工作，要适当延长卸件时间，也就是要提前完成顶出动作。为此，可把压力机上的顶出装置改成“斜楔式”，如图 2-7 所示。

4) 有气源的车间，应尽量利用压缩空气吹件。图 2-8 所示的吹件装置，喷嘴离工件较远，效果差。图 2-9 所示的喷嘴，接近工件。冲压时喷嘴被推入凹模内，回程时空气压力把喷嘴顶出，压缩空气从小孔逸出吹走工件。

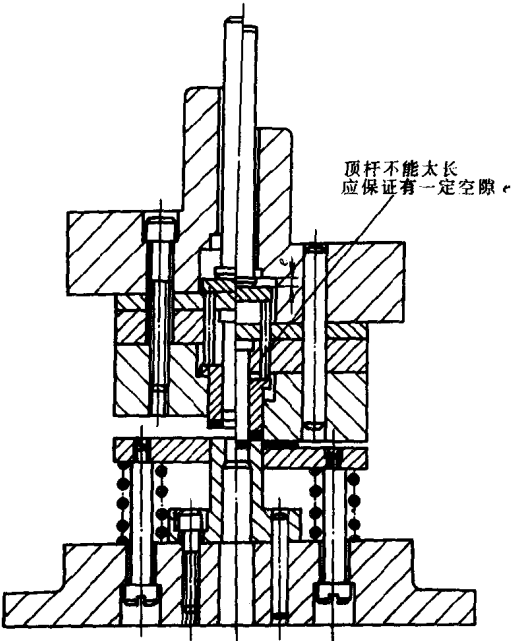


图 2-6 顶杆的长度要求

(三) 级进模

1. 级进模的特点

级进模是在压力机一次行程中完成多个工序的模具，它具有操作安全的显著特点，模具强度较高，寿命较长。使用级进模便于冲压生产自动化，可以采用高速压力机生产。级进模较难保证内、外形相对位置的一致性。材料的定位和送进是级进模设计中的关键问题。

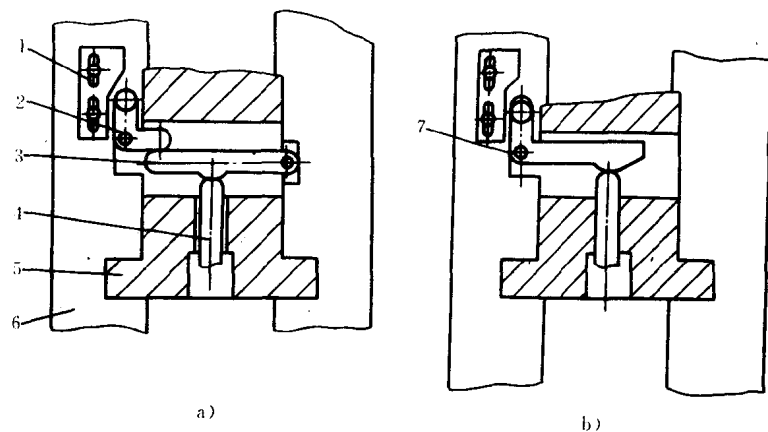


图 2-7 压力机顶出装置的改装

a) 可受较大卸件负荷 b) 用于较小卸件负荷

1—可调节斜楔 2、3—装在滑块上的杠杆 4—顶杆 5—滑块 6—压力机机身
7—装在滑块上的杠杆

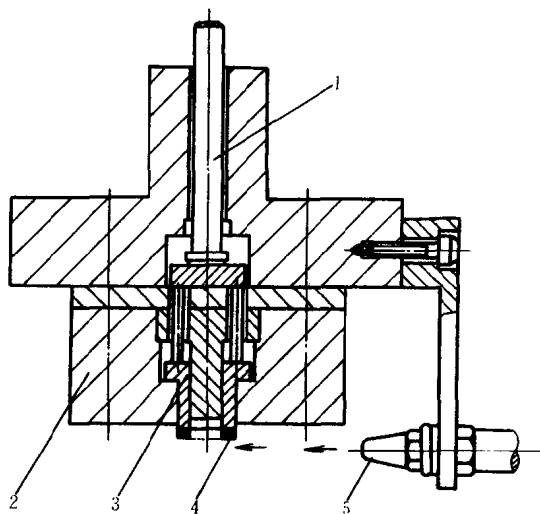


图 2-8 效果不好的吹件装置

1—顶杆 2—凹模 3—顶板 4—工件 5—喷嘴

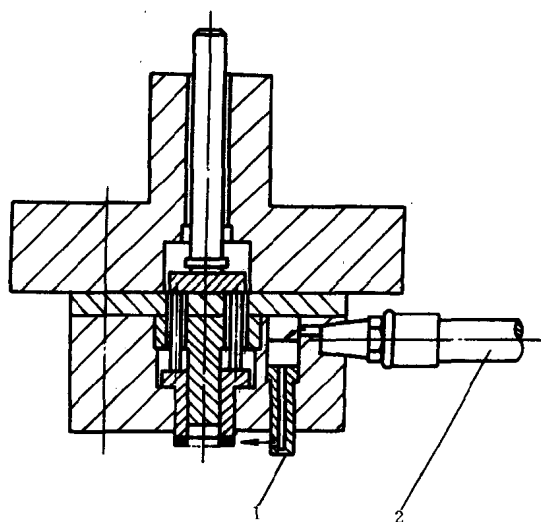


图 2-9 改进后的吹件装置

1—喷嘴 2—气管

2. 级进模设计要点

(1) 定距方式 级进模的送料步距直接影响冲件的尺寸精度。

1) 定位钉定距：如图 2-10 所示。借助冲件上的孔或条料上的工艺孔采用定位钉定距，每冲一次需把材料从定位钉上脱出后送至预定位置，操作不便，主要适用于较薄的冲件材料。

2) 导正销定距：如图 2-11 所示。利用固定挡料销（粗定位）和导正销（精定位）定距，

操作较方便, 冲裁材料厚度一般不小于 0.3mm。但固定挡料销易削弱凹模的强度。

3) 侧刃定距: 如图 2-12 所示。利用侧刃定距, 定距精度较高, 操作方便。但增加了条料

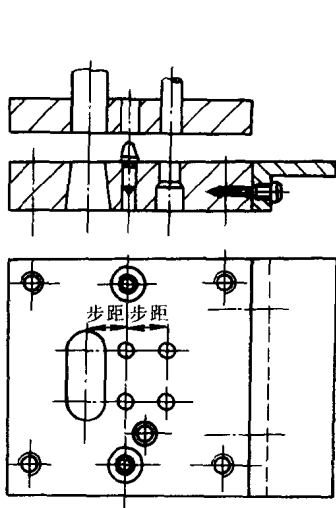


图 2-10 定位钉定距

的宽度, 降低了材料利用率; 凹模冲裁刃口增多, 制造困难。

另外, 导正销定距和侧刃定距也可组合使用, 侧刃又有单侧刃和双侧刃之分。

(2) 导正 尽量利用冲件上的孔兼作导正销孔。导正销应设置在与冲孔凸模邻近的下一个工步上, 以便提高导正精度。二个导正销之间的距离应尽量大。

(3) 工步安排 在级进模中, 冲件精度要求较高的部分应尽量安排在邻近工步内实现。为减小送进误差, 应尽量少用空步。

(4) 步距和侧刃数 在少、无废料级进模中, 冲裁间隙对步距的影响见图 2-13。采用侧刃定距时, 步距的公称尺寸应比侧刃的公称尺寸小 0.05~0.1mm。工步较少、步距较小时, 采用单侧刃定距, 反之用双侧刃定距。图 2-14 为侧刃定距, 其中 $s = A + 0.05 \sim 0.1\text{mm}$ (A 为步距的公称尺寸)。

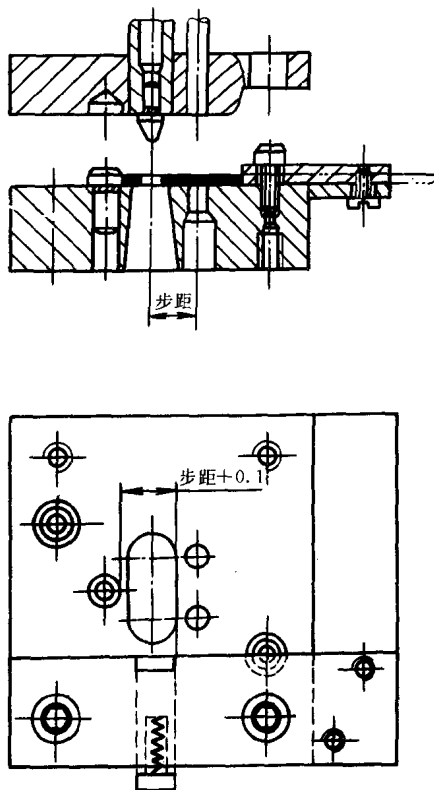


图 2-11 导正销定距

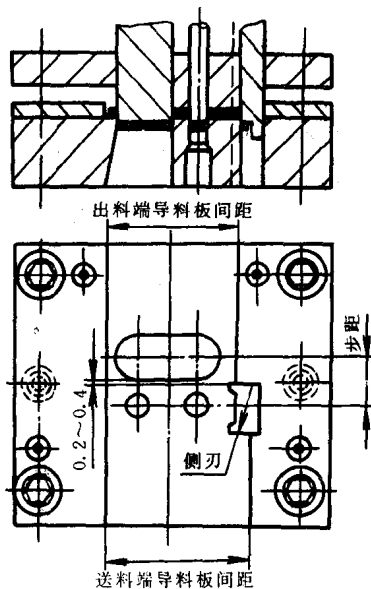


图 2-12 侧刃定距

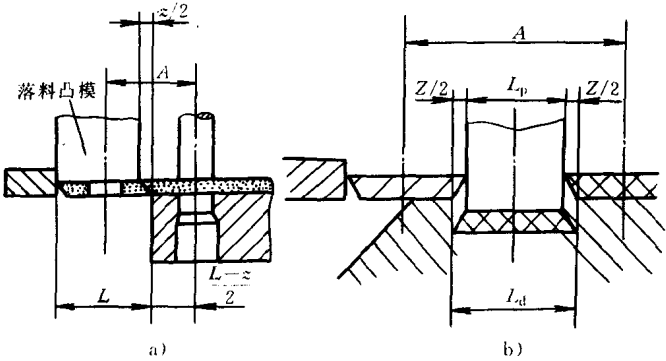


图 2-13 少、无废料级进模的步距计算

a) $A=L-\frac{z}{2}$ b) $A=2L_d-z$

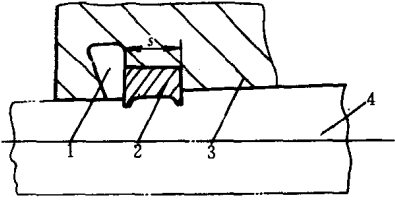


图 2-14 侧刃定距

1—挡块 2—侧刃 3—导板 4—条料

三、冲裁工艺计算

(一) 凸、凹模间隙值的确定

凸、凹模间隙对冲裁件断面质量、尺寸精度、模具寿命以及冲裁力、卸料力、推件力等有较大影响，所以必须选择合理的间隙。冲裁间隙数值主要按制件质量要求，根据经验数值来选用。电子、电器、仪表等行业对制件断面质量和尺寸精度要求较高，可选用较小间隙值，见表 2-8。汽车、拖拉机等行业，其制件尺寸公差较大，可采用较大间隙值，见表 2-9。

表 2-8 冲裁模初始双边间隙 z (mm)

材料厚度 mm	软 铝		纯铜、黄铜、软钢 ($w_C=0.08\%\sim0.2\%$)		杜拉铝、中等硬钢 ($w_C=0.3\%\sim0.4\%$)		硬 钢 ($w_C=0.5\%\sim0.6\%$)	
	z_{min}	z_{max}	z_{min}	z_{max}	z_{min}	z_{max}	z_{min}	z_{max}
0.2	0.008	0.012	0.010	0.014	0.012	0.016	0.014	0.018
0.3	0.012	0.018	0.015	0.021	0.018	0.024	0.021	0.027
0.4	0.016	0.024	0.020	0.028	0.024	0.032	0.028	0.036
0.5	0.020	0.030	0.025	0.035	0.030	0.040	0.035	0.045
0.6	0.024	0.036	0.030	0.042	0.036	0.048	0.042	0.054
0.7	0.028	0.042	0.035	0.049	0.042	0.056	0.049	0.063
0.8	0.032	0.048	0.040	0.056	0.048	0.064	0.056	0.072
0.9	0.036	0.054	0.045	0.063	0.054	0.072	0.063	0.081
1.0	0.040	0.060	0.050	0.070	0.060	0.080	0.070	0.090
1.2	0.050	0.084	0.072	0.096	0.084	0.108	0.096	0.120
1.5	0.075	0.105	0.090	0.120	0.105	0.135	0.120	0.150
1.8	0.090	0.126	0.108	0.144	0.126	0.162	0.144	0.180
2.0	0.100	0.140	0.120	0.160	0.140	0.180	0.160	0.200
2.2	0.132	0.176	0.154	0.198	0.176	0.220	0.198	0.242
2.5	0.150	0.200	0.175	0.225	0.200	0.250	0.225	0.275
2.8	0.168	0.224	0.196	0.252	0.224	0.280	0.252	0.308
3.0	0.180	0.240	0.210	0.270	0.240	0.300	0.270	0.330
3.5	0.245	0.315	0.280	0.350	0.315	0.385	0.350	0.420