

CHONGYA
MUJU

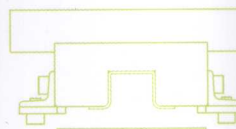
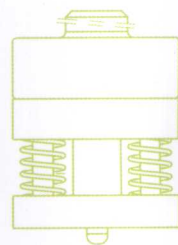
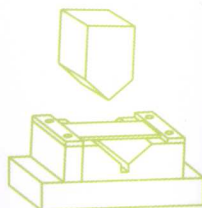
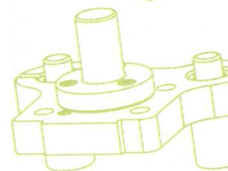
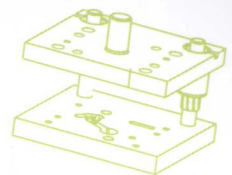
SHEJI YU ZHIZAO JISHU ZHINAN

冲压模具 设计与制造 技术指南

李名望 主编



化学工业出版社



CHONGYA
MUJU

SHEJI YU ZHIZAO JISHU ZHINAN

冲压模具 设计与制造技术指南

李名望 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

元 00.35 份 宝

本书从实用的角度出发,以培养学生从事冲压模具设计与制造的能力为核心,系统地介绍了冲压工艺和模具设计与制造的基本知识,及冲压模具的设计方法。全书共分10章,主要内容包括冲压工艺的分析,冲裁、弯曲、拉深、成形等基本工艺及其模具设计与制造技术,选编了冲压模具常用典型组合及标准零件,并结合实例,对冲压件模具结构的设计和模具零件加工工艺规程的编制进行指导。附录收集了有关的设计资料和技术数据。

本书可作为高职高专院校模具设计与制造专业的实训指导和设计用书,也可供有关工程技术人员参考和培训使用。

冲压模具设计

冲压模具设计

图书在版编目(CIP)数据

冲压模具设计与制造技术指南/李名望主编. —北京:
化学工业出版社, 2008. 6
ISBN 978-7-122-02950-8

I. 冲… II. 李… III. ①冲模-设计-指南②冲模-
制模工艺-指南 IV. TG385.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第073666号

责任编辑:邢涛
责任校对:顾淑云

文字编辑:冯国庆
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张15 1/4 字数408千字 2008年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

前 言

根据模具行业对人才能力的培养要求,让学生在动手的实践中,掌握技能,学习专业知识,我们基于行动导向的教学方法,编写出理论实践一体化的特色教材,以适应职业教育课程体系的改革。

本书以强化应用为重点,突出工程实践能力的培养,是我们结合多年从事冲压工艺与模具制造教学和科研经验的基础上,参考相关文献编写而成的。本书以就业为导向,以培养高技能人才为目标,体现了教学内容的先进性和前瞻性。

本书分别介绍了冲压工艺分析、冲压模具设计与制造工艺、冲压模具典型组合以及冲压模具零件标准选编等;以典型实例对冲压模具设计与制造进行指导,列举了各种典型模具零件的加工工艺;并将生产实际中典型零件作为设计课题,提供了典型零件及模具结构的三维立体图形,直观形象。本书最后以附录的形式,摘录了相关的设计资料和必要的技术数据。

本书由湖南铁道职业技术学院李名望副教授任主编,湖南财经高等专科学校薛娟任副主编,湖南长城信息产业公司李旭勇等共同编写,并由湘潭大学彭炎荣教授任主审。全书由李名望统稿与定稿。

由于编者水平有限,书中难免不妥之处,敬请有关专家和读者不吝赐教。

李名望

2008年4月

目 录

第1章 概述	1
1.1 模具及模具制造技术概念	1
1.2 模具在工业生产中的作用	1
1.3 工业生产对模具的基本要求	1
1.3.1 模具精度	2
1.3.2 模具寿命	2
1.3.3 模具结构	2
1.3.4 模具制造周期	2
1.4 模具设计与制造技术的发展	2
第2章 冲压模具设计要求	4
2.1 冲压模具设计课程的目的	4
2.2 冲压模具设计的内容	4
2.3 冲压模具设计的步骤	4
2.4 冲压模具设计应注意的问题	11
2.5 冲压模具设计图纸	11
2.5.1 图纸幅面及格式	11
2.5.2 模具装配图的绘制	14
2.5.3 模具零件图的绘制	16
第3章 冲压工艺与工艺计算	21
3.1 冲裁	21
3.1.1 冲裁件工艺分析	21
3.1.2 冲裁间隙	24
3.1.3 冲裁凸模、凹模刃口尺寸的确定	26
3.1.4 冲裁件排样设计	28
3.1.5 冲压力的计算	32
3.1.6 模具压力中心位置的确定	35
3.1.7 冲模的闭合高度	38
3.2 弯曲	39
3.2.1 弯曲变形的特点及应力应变状态	39
3.2.2 最小弯曲半径	39
3.2.3 弯曲件展开尺寸的计算	40
3.2.4 弯曲力的计算	42
3.2.5 弯曲卸载后的回弹	44
3.2.6 弯曲件的工艺性	49
3.2.7 弯曲件的工序安排	52
3.3 拉深	53

3.3.1	拉深件的类型	53
3.3.2	拉深件的变形与受力分析	53
3.3.3	拉深件坯料尺寸的计算	57
3.3.4	无凸缘圆筒形件的拉深	61
3.3.5	有凸缘圆筒形件的拉深	65
3.3.6	拉深力与压边力	71
3.3.7	特殊形状零件的拉深	74
3.3.8	盒形件的拉深	76
3.3.9	大型覆盖零件的成形	80
3.4	成形	85
3.4.1	翻边	85
3.4.2	缩口	90
3.4.3	胀形	92
3.4.4	整形	93
第4章	冲压模具零件与结构设计	95
4.1	冲压模及零件分类	95
4.1.1	冲压模分类	95
4.1.2	冲压模具零件分类	96
4.1.3	模具的标准化	96
4.2	工作零件	97
4.2.1	冲裁模工作零件	97
4.2.2	弯曲模工作零件	109
4.2.3	拉深模工作零件	113
4.3	定位装置	118
4.3.1	挡料销	118
4.3.2	定位板或定位销	119
4.3.3	导正销	120
4.3.4	定距侧刃	122
4.3.5	侧压	123
4.4	卸料及顶件装置	123
4.4.1	卸料及顶件装置的形式	123
4.4.2	卸料板(顶件器)与凸模之间的间隙	123
4.4.3	卸料装置中有关尺寸的计算	126
4.4.4	连续模中挡料销位置的确定	127
4.4.5	排除工件或废料的漏料孔和排出槽	128
4.5	冲压模具零件的材料	129
第5章	冲压模具典型组合	130
5.1	典型组合	130
5.1.1	有导向的固定卸料纵向送料典型组合	130
5.1.2	有导向的固定卸料横向送料典型组合	132
5.1.3	有导向的弹压卸料纵向送料典型组合	134

5.1.4	有导向的弹压卸料横向送料典型组合	136
5.1.5	有导向的复合模矩形厚凹模典型组合	138
5.1.6	有导向的复合模矩形薄凹模典型组合	140
5.1.7	有导向的复合模圆形厚凹模典型组合	142
5.1.8	有导向的复合模圆形薄凹模典型组合	144
5.2	冷冲模典型组合技术条件	145
第6章	冲压模具零部件标准选编	147
6.1	冲压模具零部件主要技术条件	147
6.1.1	冲压模具零件技术要求	147
6.1.2	模架技术要求	148
6.2	冲压模具主要零部件	150
6.2.1	工作零件	150
6.2.2	定位零件	152
6.2.3	卸料、压料和顶、推零件	157
第7章	冲压模具零件制造技术	160
7.1	模具制造工艺设计的基本内容	160
7.1.1	设计目的	160
7.1.2	设计内容	160
7.1.3	设计说明书的编写	161
7.2	机械加工工艺规程	161
7.2.1	概述	161
7.2.2	零件的工艺分析	165
7.2.3	毛坯的选择	165
7.2.4	定位基准的选择	165
7.2.5	工艺路线的拟订	166
7.2.6	加工余量的确定	169
7.2.7	工序尺寸及其公差确定	169
7.2.8	切削用量的合理选择	170
7.3	冲裁模零件制造工艺设计	174
7.3.1	冲裁模工作零件的工艺设计	174
7.3.2	固定板零件的工艺设计	179
7.3.3	导向零件的工艺设计	180
7.3.4	定位零件的工艺设计	181
7.3.5	支撑零件的工艺设计	182
7.4	弯曲模制造工艺设计	183
7.4.1	成形零件制造工艺设计	183
7.4.2	支撑零件制造工艺设计	185
第8章	冲压模具装配与调试	190
8.1	概述	190
8.1.1	装配精度	190
8.1.2	装配方法	191

8.1.3	装配工艺过程	193
8.2	冲压模具的装配	193
8.2.1	冲裁模装配的主要技术要求	193
8.2.2	凸、凹模间隙的控制方法	193
8.2.3	模具零件的固定方法	194
8.3	冲压模具的调试	195
8.3.1	总装	196
8.3.2	试冲	197
第9章	冲压模具设计与制造实例	199
9.1	冲裁模设计实例	199
9.2	弯曲模设计实例	207
9.3	拉深模设计实例	211
第10章	冲压模具设计与制造实训课题	220
10.1	冲裁件	220
10.2	弯曲件	223
10.3	拉深件	224
附录		228
附录一	冲压常用金属材料的力学性能	228
附录二	冲模零件的材料及热处理要求	230
附录三	冲压设备的技术参数	231
附录四	标准公差值 (GB 1800—79)	233
附录五	冲压模具标准模架	234
参考文献		242

第1章 概述

1.1 模具及模具制造技术概念

模具是由机械零件构成，在与相应的压力成形机械（如曲柄压力机、塑料注射机、压铸机等）相配合时，可直接改变金属或非金属材料的形状、尺寸、相对位置和性质，使之成形为合格制件或半成品的成形工具。

模具的种类很多，按材料在模具内成形的特点，模具可分为冷冲模和型腔模两大类型。冲压所使用的模具称为冲压模具，简称冲模。冲模是将材料（金属或非金属）批量加工成所需冲件的专用工具。冲模是冲压加工所用的工艺装备，先进的冲压工艺必须依靠相应的冲模来实现。型腔模主要用于立体形状工件的成形。

模具制造是指在相应的制造装备和制造工艺的条件下，直接对模具零件用材料进行加工，以改变其形状、尺寸、相对位置和性质，使之成为符合要求的零件，再将这些零件经配合、定位、连接并固定装配成为模具的过程。这一过程是通过按照各种专业工艺、工艺过程管理以及工艺顺序进行加工和装配来实现的。

模具制造技术就是运用各类生产工艺装备和加工技术，生产出各种特定形状和加工作用的模具，并使其应用于实际生产中的系列工程应用技术。它包括：产品零件的分析技术，模具的设计、制造技术，模具的质量检测技术，模具的装配、调试技术，以及模具的使用、维护技术等。

1.2 模具在工业生产中的作用

模具在工业生产中的使用极为广泛，采用模具生产零部件，具有优质、高效、节材、成本低等特点，是当代工业生产的重要手段和工艺发展方向。

在工业生产中，产品的更新换代少不了模具，试制新产品少不了模具。如果模具供应不及时，很可能造成停产；如果模具精度不高，产品质量就得不到保证；模具结构及生产工业落后，产品质量就难以提高，现代工业生产的技术水平，直接影响到工业产品的发展。汽车、电器、电机、仪器仪表等行业，有60%~90%的零部件需用模具加工。螺钉、螺母、垫圈等标准件，没有模具就无法大批量生产。并且，推广工程塑料、粉末冶金、橡胶、合金压铸、玻璃成形等工艺也全部需要模具来完成批量生产。因此，模具是发展和实现切削技术不可缺少的工具，也是工业生产中应用极为广泛的重要工艺装备。

1.3 工业生产对模具的基本要求

模具是一种高精度、高效率的工艺装备，是生产制件的专用工具，模具的精度直接影响制件的质量。对于模具的基本要求是使模具在足够的寿命期内，能够稳定地生产出质量合格的制件。因此，对模具的基本要求是：精度高、质量好、寿命长、成本低、结构简单、安全可靠。

1.3.1 模具精度

模具精度主要是指模具成形零件的工作尺寸及精度和成形表面的表面质量。模具精度可分为模具本身的精度和发挥模具效能所需的精度。例如凸模、凹模、凸凹模等零件的尺寸精度、形状精度和位置精度是属于模具零件本身的精度，各零件装配后，面与面或面与线之间的平行度、垂直度，定位及导向配合等精度，都是为了发挥模具效能所需的精度。但通常所讲的模具精度主要是指模具工作零件或成形零件的精度及相互位置精度。

模具的精度越高，则成形的制件精度也越高。但过高的模具精度会受到加工技术手段的制约。故模具精度的确定一般要与所成形的制件精度相协调，同时，还要考虑现有模具的生产条件。

1.3.2 模具寿命

模具的寿命是指模具能够生产合格制品的耐用程度，是模具因为磨损或其他形式失效终至不可修复而报废之前所成形的制件总数。

模具在报废之前所完成的工作循环次数或所产生制件数量称为模具的总寿命。除此以外，还应考虑模具在两次修理之间的寿命，如冲裁模和刃磨寿命。

在设计和制造模具时，用户都会提出关于模具寿命的要求，这种要求称为模具的期望寿命。确定模具的期望寿命应综合考虑技术上的可能性和经济上的合理性。一般而言，制件生产量较小时，模具寿命只需满足制件生产量的要求就足够了。此时，在保证模具寿命的前提下，应尽量降低模具成本；当制件为大批量生产时，即使需要很高的模具成本，也应尽可能提高模具的使用寿命和使用效率。

1.3.3 模具结构

在工业生产中，模具的用途广泛，种类繁多，模具的结构也多种多样。模具结构对模具受力状态的影响很大，合理的模具结构能使模具工作时受力均匀，应力集中小，也不易偏载，更能提高模具寿命。

模具结构设计时，在保证产品质量的前提下，应考虑零件制造工艺，降低加工难度，合理选择模具材料，减少模具成本，尽量使模具结构简单，工人操作方便，确保人身安全，防止设备事故。

1.3.4 模具制造周期

模具制造一般都是单件生产，其生产周期较长。模具生产周期（ $T_{\text{生产}}$ ）大致可按式表达。

$$T_{\text{生产}} = T_{\text{准备(开始)}} + T_{\text{设计}} + T_{\text{准备(生产)}} + T_{\text{零件制造}} + T_{\text{装配}} + T_{\text{验收}} + T_{\text{终结}}$$

为了控制好模具制造周期，按时完成生产任务，在模具生产过程中，应做好以下几项工作。

- ① 模具设计时，须采用标准零部件，并力求采用标准坯料。
- ② 采用高效生产工艺和装备，力求最大限度地缩短模具和零件的制造工艺过程。
- ③ 制定严格的时间控制规则，保证计划进度。

1.4 模具设计与制造技术的发展

随着近代工业的发展和产品更新换代周期的加快，模具的需求量日益增长，对冲压加工提

出了越来越高的要求,模具设计与制造水平也在不断提高。近年来,模具计算机辅助设计/辅助制造技术(CAD/CAM)、板料成形模拟仿真技术(冲压CAE)、快速成形(RPM)与各种常规的铸造、粉末烧结工艺相结合而发展起来的快速模具制造技术等新技术的应用以及精密冲裁、液压成形、超塑性成形等新工艺的应用,使冲压技术上了一个新的台阶。

当前,模具设计与制造技术的发展趋势如下。

① 模具的设计与结构要与成形工艺的高速、自动、精密化相适应, 冲压模具正向高效率、高精度、高寿命、高自动化方向发展。

② 要发展开发简易模具和简易模具的新材料, 适应单件和小批量零件的生产。

③ 发展高强度、高寿命的模具新材料和新的模具表面处理工艺。

④ 提高加工自动化程度, 发展电加工技术, 发展数控设备。

⑤ 采用先进的计算机辅助设计手段和研究更先进的冲压加工工艺。

⑥ 不断研究和开发性能良好的冲压设备。目前,我国正积极发展高速压力机和多工位自动压力机,开发数控压力机、冲压柔性系统(FMS)及各种专用压力机。

⑦ 研究冲压变形的基本规律, 为指导冲压生产和解决实际问题提供理论依据。

⑧ 积极开展标准化工作, 扩大标准件范围, 推行模具典型组合结构等。

第2章 冲压模具设计要求

2.1 冲压模具设计课程的目的

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、技术基础课的基础上,所设置的一个重要的专业课程,通过这个教学环节,其目的是:

- ① 具体运用和巩固冲压模具设计课程及相关课程的理论知识,掌握冲压模具设计的方法和步骤;
- ② 掌握冲压模具设计的基本技能,查阅有关技术资料 and 手册,熟悉标准和规范等;
- ③ 综合运用所学课程的理论和生产实际知识,进行一次冲压模具设计工作的实际训练,具有初步设计模具的能力;
- ④ 树立正确的设计思想,培养严肃的工作态度,为今后的工作奠定良好的基础。

2.2 冲压模具设计的内容

冲压模具设计分课程设计和毕业设计两种形式。课程设计一般在学完冲压模具设计课程后进行,时间为1~2周,主要设计稍微复杂、具有典型结构的中小型模具。要求学生独立完成模具装配图、工作零件图和设计计算说明书。

毕业设计是在学生学完全部课程后进行的,时间一般为8~10周,设计中等复杂程度以上的大、中型模具。要求学生独立完成冲压件工艺设计,冲压模具结构设计与计算、典型零件制造工艺规程的编制等工作,并完成1~2套不同类型的模具总装配图、部件装配图和全部零件图,完成设计计算说明书。毕业设计完成后要进行毕业答辩。

2.3 冲压模具设计的步骤

冲压模具设计一般按以下步骤进行。

(1) 冲压件的工艺分析

工艺分析包括技术和经济两方面的内容。在技术方面,根据产品图纸,主要分析该冲压件的形状特点、尺寸大小、精度要求和材料性能等因素是否符合冲压工艺要求;在经济方面,主要根据冲压件的生产批量,分析产品成本,阐明采用冲压生产可以取得的经济效益。因此,冲压件的工艺分析,主要讨论在不影响零件使用的前提下,能否以最简单、最经济的方法冲压出来。

影响冲压件工艺性的因素很多,从技术和经济方面考虑,主要因素如下。

- ① 冲压件形状和尺寸 不同形状和尺寸的冲压件,有不同的工艺要求。对于冲裁件,要求外形简单对称,最好是由圆弧和直线组成,应该避免冲裁件上过长的悬臂和狭槽,其宽度要大于料厚的两倍,即 $b > 2t$,如图 2-1 (a) 所示。一般情况下,冲裁件外形不能有尖角,应采用 $r > 0.5t$ 的圆角 (r 为圆角半径),这有利于模具制造和提高模具寿命。冲裁时,为了防止凸

模折断和压弯,冲孔尺寸不能太小。冲裁件孔与孔或孔与孔边缘的间距 b 、 b_1 ,与模具强度和寿命以及冲裁件的质量有关,其值不宜过小,一般取 $b \geq 1.5t$, $b_1 \geq t$,如图 2-1 (b)、(c) 所示。

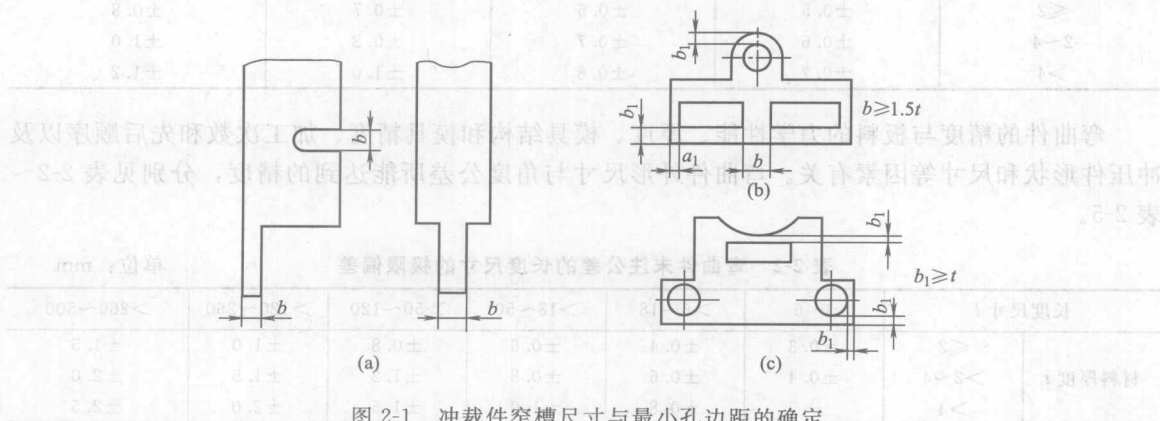


图 2-1 冲裁件窄槽尺寸与最小孔边距的确定

对于弯曲件,其边长度 L 、 L_1 不宜过小,一般其值应大于 $2t$ (图 2-2),弯曲处的圆角半径,不能小于最小弯曲半径。弯曲时应防止孔的变形,要求孔壁与弯曲处有适当距离 L (图 2-3),在材料厚度 $t < 2\text{mm}$ 时,取 $L \geq t$; $t \geq 2\text{mm}$ 时,取 $L \geq 2t$ 。若 L 值不能满足上述规定,则应先压弯后再冲孔。弯曲件形状应尽量对称,以避免压弯时的毛坯偏移,如果形状不对称或弯曲时毛坯容易发生移动,则应考虑增加工艺孔定位,如图 2-4 所示。多次弯曲的冲压件,为防止材料移动,更需要考虑在冲压件上设计出定位工艺孔。

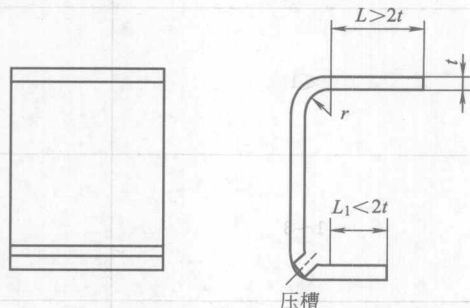


图 2-2 弯曲件最小直边高度的确定

对于拉深件,圆角半径不能过小。底部与壁部之间的圆角半径,一般取材料厚度的 3~5 倍;壁部与凸缘间的圆角半径,取材料厚度的 5~10 倍。当圆角半径小于上述规定时,需增加整形工序。拉深件形状应尽可能对称,避免急剧转角或凸台,拉深高度应尽可能小,以减少拉深次数,提高冲压件质量。

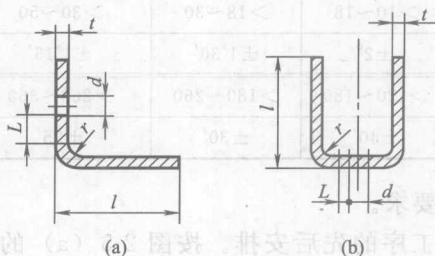


图 2-3 弯曲件最小孔边距的确定

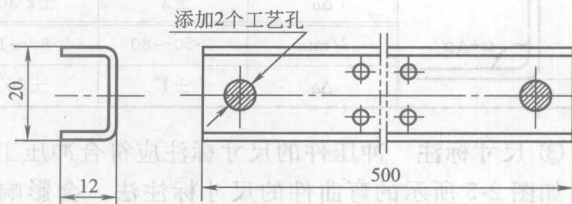


图 2-4 弯曲件的工艺孔

② 冲压件精度 冲压件精度与模具结构形式及其制造精度等因素有关。一般冲裁件内、外形所能达到的经济精度、两孔之间的孔距公差、孔与边距的尺寸公差、冲裁件的角度偏差以及剪断面的近似粗糙度值可查相关表格。如孔中心与边缘距离尺寸公差见表 2-1。

表 2-1 孔中心与边缘距离尺寸公差 单位：mm

材料厚度 t	孔中心与边缘距离尺寸			
	≤ 50	50~120	120~220	220~360
≤ 2	± 0.5	± 0.6	± 0.7	± 0.8
2~4	± 0.6	± 0.7	± 0.8	± 1.0
> 4	± 0.7	± 0.8	± 1.0	± 1.2

弯曲件的精度与板料的力学性能、厚度、模具结构和模具精度、加工次数和先后顺序以及冲压件形状和尺寸等因素有关。弯曲件外形尺寸与角度公差所能达到的精度，分别见表 2-2~表 2-5。

表 2-2 弯曲件未注公差的长度尺寸的极限偏差 单位：mm

长度尺寸 l		3~6	$> 6 \sim 18$	$> 18 \sim 50$	$> 50 \sim 120$	$> 120 \sim 260$	$> 260 \sim 500$
材料厚度 t	≤ 2	± 0.3	± 0.4	± 0.6	± 0.8	± 1.0	± 1.5
	$> 2 \sim 4$	± 0.4	± 0.6	± 0.8	± 1.2	± 1.5	± 2.0
	> 4	—	± 0.8	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 2.5

表 2-3 弯曲件直边尺寸的公差等级

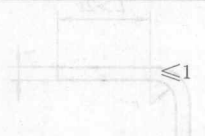
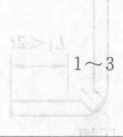
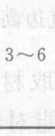
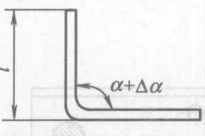
材料厚度/mm	压弯件直边尺寸/mm	公差等级
 ≤ 1	≤ 100	IT12~IT13
	100~200	IT14
	200~400	IT14
	400~700	IT15
 1~3	≤ 100	IT14
	100~200	IT14
	200~400	IT15
	400~700	IT15
 3~6	≤ 100	IT15
	100~200	IT15
	200~400	IT16
	400~700	IT16

表 2-4 弯曲件角度的自由公差

	l/mm	≤ 6	$> 6 \sim 10$	$> 10 \sim 18$	$> 18 \sim 30$	$> 30 \sim 50$
	$\Delta\alpha$	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ 30'$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$
	l/mm	$> 50 \sim 80$	$> 80 \sim 120$	$> 120 \sim 180$	$> 180 \sim 260$	$> 260 \sim 360$
	$\Delta\alpha$	$\pm 1^\circ$	$\pm 50'$	$\pm 40'$	$\pm 30'$	$\pm 25'$

③ 尺寸标注 冲压件的尺寸标注应符合冲压工艺的要求。

如图 2-5 所示的弯曲件的尺寸标注法，会影响冲压工序的先后安排。按图 2-5（a）的注法，可以先落料、冲孔，然后压弯成形，工艺比较简单、合理。而按图 2-5（b）的尺寸标注，冲孔应安排在压弯后进行，增加了工序。

拉伸件的径向尺寸，应注明是保证内壁尺寸，还是保证外壁尺寸，内、外壁尺寸不能同时标注。带台阶的拉伸件，其高度方向的尺寸标注，一般应以底部为基准，若以上部为基准，高度尺寸不易保证，如图 2-6 所示。

表 2-5 弯曲件角度公差

角短边 长度/mm	非配合的角度偏差	最小的角度偏差	角短边 长度/mm	非配合的角度偏差	最小的角度偏差
<1	±7°/0.25	±4°/0.14	80~120	±1°/2.79~4.18	±25′/1.60~1.74
1~3	±6°/0.21~0.14	±3°/0.11~0.32	120~180	±50′/3.49~5.24	±20′/1.40~2.10
3~6	±5°/0.53~1.05	±2°/0.21~0.42	180~260	±40′/4.19~6.05	±18′/1.89~2.72
6~10	±4°/0.84~1.40	±1°45′/0.32~0.61	260~360	±30′/4.53~6.28	±15′/2.72~3.15
10~18	±3°/1.05~1.89	±1°30′/0.52~0.94	360~500	±25′/5.23~7.27	±12′/2.52~3.50
18~30	±2°30′/1.57~2.62	±1°/0.63~1.00	500~630	±22′/6.40~8.06	±10′/2.91~3.67
30~50	±2°/2.09~3.49	±45′/0.79~1.31	630~800	±20′/7.33~9.31	±9′/3.30~4.20
50~80	±1°30′/2.62~4.19	±30′/0.88~1.40	800~1000	±20′/9.31~11.6	±8′/3.72~4.65

注：斜线左边数据为弯曲件角度的正负偏差，斜线右边数据表示角度正负偏差的最大值反映到角短边端点偏摆正负距离之和。

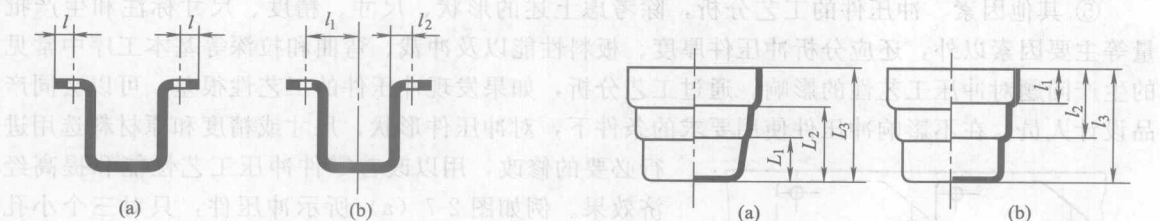


图 2-5 弯曲件的尺寸标注

图 2-6 带台阶拉深件的尺寸标注

拉深件的径向尺寸精度以及圆筒形拉深件和带法兰圆筒形拉深件所能达到的高度方向尺寸精度，分别见表 2-6~表 2-8。

表 2-6 圆筒形拉深件径向尺寸的偏差值

板料厚度 t/mm	拉 深 件 直 径/ mm		
	<50	50~100	>100~300
0.5	±0.12	—	—
0.6	±0.15	±0.20	—
0.8	±0.20	±0.25	±0.30
1.0	±0.25	±0.30	±0.40
1.2	±0.30	±0.35	±0.50
1.5	±0.35	±0.40	±0.60
2.0	±0.40	±0.50	±0.70
2.5	±0.45	±0.60	±0.80
3.0	±0.50	±0.70	±0.90
4.0	±0.60	±0.80	±1.00
5.0	±0.70	±0.90	±1.10
6.0	±0.80	±1.00	±1.20

表 2-7 圆筒形拉深件高度尺寸偏差值

板料厚度 t/mm	拉 深 件 高 度/ mm					
	<18	18~30	30~50	50~80	80~120	120~180
<1	±0.5	±0.6	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5
1~2	±0.6	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5	±1.8
2~4	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5	±1.8	±2.0
4~6	±1.0	±1.2	±1.5	±1.8	±2.0	±2.5

表 2-8 带法兰圆筒形拉深件高度尺寸偏差值

板料厚度 t/mm	拉 深 件 高 度/ mm					
	<18	$18\sim30$	$30\sim50$	$50\sim80$	$80\sim120$	$120\sim180$
<1	± 0.3	± 0.4	± 0.5	± 0.6	± 0.8	± 1.0
$1\sim2$	± 0.4	± 0.5	± 0.6	± 0.7	± 0.9	± 1.2
$2\sim4$	± 0.5	± 0.6	± 0.7	± 0.8	± 1.0	± 1.4
$4\sim6$	± 0.6	± 0.7	± 0.8	± 0.9	± 1.1	± 1.6

④ 生产批量 一般模具制造的费用很高，约占冲压件总成本的 10%~30%。因此，生产量小时，采用其他加工方法可能比冲压方法更为经济，只有在大批量生产条件下，冲压加工才能取得明显的经济效益。一般来说，大批量生产时，可选用连续模和高效冲压设备，以提高生产效率；中小批量生产时，常采用单工序简单模或复合模，以降低模具制造费用。

⑤ 其他因素 冲压件的工艺分析，除考虑上述的形状、尺寸、精度、尺寸标注和生产批量等主要因素以外，还应分析冲压件厚度、板料性能以及冲裁、弯曲和拉深等基本工序中常见的生产问题对冲压工艺性的影响。通过工艺分析，如果发现冲压件的工艺性很差，可以会同产品设计人员，在不影响冲压件使用要求的条件下，对冲压件形状、尺寸或精度和原材料选用进行必要的修改，用以改善零件冲压工艺性能和提高经济效益。

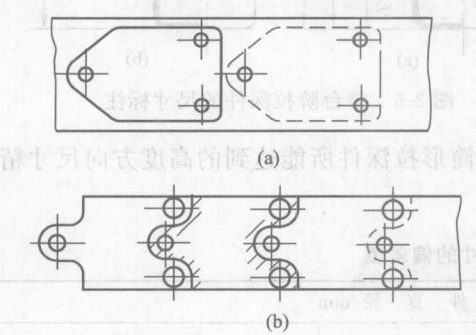


图 2-7 冲裁件的形状改进

例如如图 2-7 (a) 所示冲压件，只对三个小孔位置有尺寸要求，而外形是无关紧要的。在不改变三孔相对位置的前提下，将冲压件外形修改为如图 2-7 (b) 所示的形状，进行无废料冲压，材料利用率可提高 40%，生产率提高一倍。如图 2-8 所示形状的弯曲件，弯曲处材料容易撕裂，工艺性较差，若在弯曲前的毛坯上预先冲出工艺槽或工艺孔，弯曲处的缺陷就可以得到克服。如图 2-9 所示的消声器后盖拉深件，在不影响使用要求的前提下，几何形状和尺寸稍加修改后，冲压工序可由八道降为两道，材料节省 50%。由此可见，冲压件工艺分析时，要求考虑的问题是多方面的，目的是使冲压件易于加工和具有良好的经济效益。

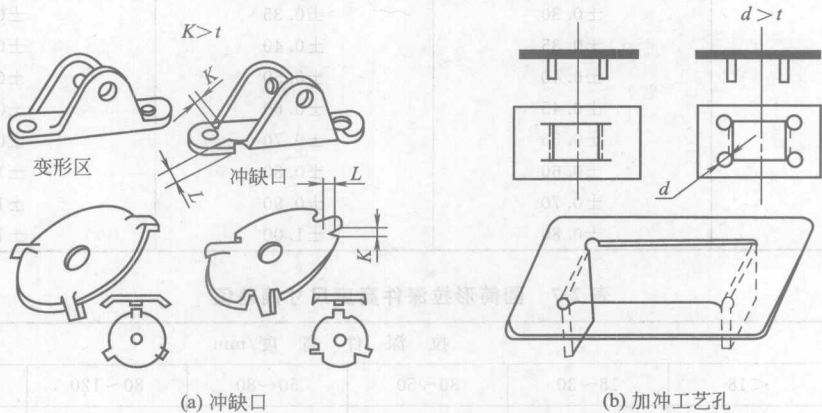


图 2-8 弯曲件的预冲缺口和工艺孔

(2) 确定冲压件的最佳工艺方案

冲压件经过工艺分析后，再根据产品图纸，在分析冲压性质、冲压次数、冲压顺序和工序

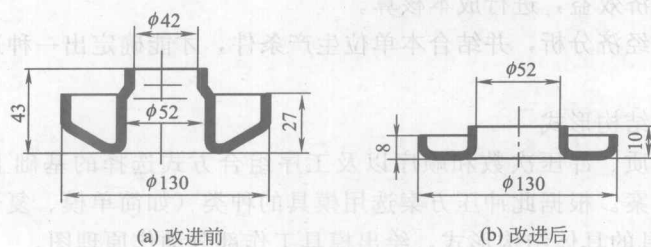


图 2-9 消声器后盖拉深件

组合方式的基础上,提出各种可能的冲压工艺方案。然后通过对产品质量、生产效率、设备条件、模具制造和寿命、操作和安全以及经济效益等方面的综合分析和比较,确定出一种适于本单位生产的最佳工艺方案。

确定冲压工艺方案时需要考虑的问题,其主要内容如下。

① 冲压性质 剪裁、落料、冲孔、切边、弯曲、拉深、翻边等是常见的冲压工艺,各冲压工序有其不同的性质、特点和用途。编制冲压工艺时,可以根据产品图纸和生产批量等要求,合理选择这些工序。

② 冲压次数和冲压顺序 冲压次数是指同一性质的工序重复进行的次数。对于拉深件,可根据它的形状和尺寸,以及板料许可的变形程度,计算出拉深次数。弯曲件或冲裁件的冲压次数也是根据具体形状和尺寸以及极限变形程度来决定。

冲压件各工序的先后顺序,主要根据工序的变形特点和质量要求等安排的,一般可按下列原则进行。

a. 对于带孔的或有缺口的冲裁件,如果选用简单模,一般先落料、再冲孔或切口。使用连续模时,则应先冲孔或切口,后落料。

b. 对于带孔的弯曲件,孔边与弯曲区的间距较大,可以先冲孔,后弯曲。如果孔边在弯曲区附近,必须在零件压弯后再冲孔。孔与基准面的间距有严格要求时,也应先压弯后冲孔。

c. 对于带孔的拉深件,一般来说,都是先拉深,后冲孔,但是孔的位置在零件底部,且孔径尺寸要求不高时,也可以先在毛坯上冲孔,后拉深。

d. 多角弯曲件,应从材料变形和弯曲时材料移动两方面安排弯曲的先后顺序。一般情况下,先弯外角,再弯内角。

e. 对于形状复杂的拉深件,为便于材料变形和流动,应先成形内部形状,再拉深外部形状。

f. 整形或校平工序,应在冲压件基本成形以后进行。

③ 工序的组合方式 工序的组合方式,主要取决于冲压件的生产批量、尺寸大小和精度等因素。生产批量大,冲压工序应尽可能地组合在一起,进行复合模或连续模冲压;小批量生产,常选用单工序简单模。但对于尺寸过小的冲压件,考虑到单工序模上料不方便和生产率低,也常选用复合模或连续模生产。一般来说,复合模的冲压精度比连续模高,但是,连续模的生产率较高,操作比较安全,若装有自动送料装置,可适用于小件的自动冲压。

④ 其他辅助工序 对于某些组合冲压件或有特殊要求的冲压件,在分析了上述冲压性质、冲压次数、顺序以及工序组合方式后,尚需考虑非冲压辅助工序,如钻孔、铰孔、车削等机械加工,焊接、铆合、热处理、表面处理、清理和去毛刺等工序。这些辅助工序可根据冲压件结构特点和使用要求选用,安排在各冲压工序之间进行,也可置于冲压工序前或后加工。

⑤ 经济核算 根据上述步骤所列出的各种冲压工艺方案,除技术上合理、可能以外,还