

现代冷冲模设计实例丛书

现代冷冲模设计应用实例

欧阳波仪 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书详细介绍按冲压工序组合方式分类的单工序模、复合模、普通级进模、多工位精密级进模和特种冲模的特点和设计方法,详细设计了20多套典型冲压模,所举实例具有很好的应用性和参考性。

本书以通俗的语言,简明而又丰富的实例和数据,深入浅出、循序渐进,将现代冲模设计知识系统地介绍给读者,使读者能举一反三,触类旁通。

本书适合作为职业技术学院、技工学校的模具设计与制造专业、材料成形专业的案例教学教材、课程设计指导书、毕业设计指导书,也可以作为高等院校相关专业的参考教材,还可以作为冷冲模开发企业的岗位技术培训教材、从业人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代冷冲模设计应用实例/欧阳波仪编著. —北京:
化学工业出版社, 2008. 4
(现代冷冲模设计实例丛书)
ISBN 978-7-122-02393-3
I. 现… II. 欧… III. 冷冲压-冲模-设计 IV. TG385.2
中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第037309号

责任编辑:高钰 陈丽
责任校对:宋玮

文字编辑:韩庆利
装帧设计:史利平

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:三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数447千字 2008年7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:38.00元

版权所有 违者必究

前 言

模具作为现代制造业的基本工艺装备之一，对产品的产量和质量有着非常重要的作用，其制造技术水平可以衡量一个国家的产品制造水平。近年来，在国民经济快速发展的拉动和国家产业政策的正确引导下，我国冷冲模设计、制造技术水平发展很快，但是大型、精密的冷冲模比例有待提高。本人结合现场设计经验，参考了大量的国内外技术资料编写了《现代冷冲模设计实例丛书》。

本套书由《现代冷冲模设计基础实例》、《现代冷冲模设计应用实例》、《现代冷冲模设计高级实例》组成，思路清晰、循序渐进。《现代冷冲模设计基础实例》为基础实例篇，兼顾理论基础和设计实例，所举实例简单、典型，适合教学与自学，可作为高职高专、高级技工、培训结构的冷冲模设计课程教材，也可作为模具设计人员自学教程。《现代冷冲模设计应用实例》为应用实例篇，按冲压工序组合方式分类，讲述了单工序模、复合模、级进模、多工位精密级进模、组合模的设计要点，分别列举了大量实例引导读者掌握冷冲模的结构设计，并提供实例的结构图下载，适合作为模具设计专业案例教学教材、冷冲模课程设计教程，也可作为自学人员结构设计参考资料。《现代冷冲模设计高级实例》为高级实例篇，所举实例均为“十一五”期间重点发展的冷冲模种类，如精密端子模、精密引线框模、复杂铁壳模、空调翅片模、电动机铁芯模等，涉及汽车、电子、仪表、电器、电机、轻工业等行业，每个实例都有工艺分析、工艺计算、结构设计、详细设计等详细内容；同时，介绍了现代模具企业冷冲模开发与管理内容；提供所举实例的结构图、零件图下载。

本书以模具工序组合方式分类设计了 23 个完整实例，与《现代冷冲模设计基础实例》达成了很好衔接。同时，针对每种模具详细介绍了设计方法，为读者以后从事设计工作提供了理论知识基础。全书结构安排如下。

第一章为冲模设计过程。主要介绍了冲模设计的程序、工艺方案的设计方法及实例、冲模设计的要点及图纸绘制的方法，为读者迅速掌握冲压模设计提供了很好的导向。

第二章为常用设计标准和规范。主要介绍了冲压材料的力学性能和工艺参数，压力机的技术参数、工艺标准以及常用的标准模架和标准零部件，供读者在设计中快速选用。

第三章为单工序模设计实例。以案例的方式列举了 7 个典型实例的设计过程与方法。

第四章为复合模设计实例。本章在详细介绍复合模特点及设计要点的基础上，列举常见几种复合模组合方式的实例，能很好达到以点辐射面的效果。

第五章为普通级进模设计实例。将 8 工位以下的级进模归类为普通级进模，在介绍设计方法的基础上引出实例，让读者具备设计结构不是很复杂、精度要求不是很高的冲压件的级进模的能力。

第六章为多工位精密级进模设计。多工位级进模堪称为冲压模的精髓，其设计和制造难度大。而随着经济的发展，该类模具应用越来越广泛，本章详细介绍了其排样设计方法、模具结构设计方法，并详细设计了 3 套典型模具。

第七章为特种冲模设计。介绍了锌基合金冲模、聚氨酯橡胶冲模、组合冲模的特点和 design 方法，并举出了两个实例。

本书在理论知识讲述中，对于重点、难点知识均安排实例演示；章后配有思考与练习题，均为技能训练实例题，有益于知识的巩固以及关键能力的培养。

本书是冷冲模设计的进级篇，全书采用模块式编写结构，案例设计思路遵循企业设计思路，符合理论联系实际的职业技术教育要求；每一章的内容相对独立，讲授、自学或课程设计时可以根据需要进行取舍；全书在内容上，在理论知识讲述中图文并茂、简明精练、通俗易懂，并针对重点、难点知识安排了实例演示，重点是结合实际编写了设计实例，加强了实用性，适合开展案例教学法，每章后配有适合技能提高的习题，有益于读者的关键能力的提高。

本书由欧阳波仪编写，程美老师参与了本书的部分文字的录入和整理工作。特别感谢湖南科技大学机电工程学院伍先明教授为本书审阅，感谢株洲职业技术学院机械工程系的领导、同事的关心，感谢本书参考、引用资料的有关作者。

编 者
2008 年 2 月

目 录

第一章 冲模设计过程	1
第一节 冲模设计程序	1
第二节 冲压工艺方案设计	2
一、工艺方案设计基础	3
二、工艺方案设计流程	3
第三节 冲压工艺方案设计实例	13
一、手柄的冲压工艺规程的制定	13
二、托架的冲压工艺规程的制定	16
三、玻璃升降器外壳的冲压工艺规程的制定	19
第四节 冲模设计要点	27
一、模具设计	27
二、图纸绘制	29
思考与练习	35
第二章 常用设计标准和规范	37
第一节 冲压材料技术资料	37
一、常用冲压材料的力学性能	37
二、国内外常用冲压材料	40
三、常用冲压材料工艺参数	42
第二节 压力机主要技术规格	43
一、开式双柱可倾压力机	43
二、闭式单点压力机	44
三、单柱固定台压力机	45
四、开式双柱固定台压力机	45
第三节 模具设计中常用工艺标准	46
一、冲压件公差等级及偏差	46
二、模具制造工艺资料	47
第四节 标准模架技术规格	51
一、滑动导向模架标准	51
二、滚动导向模架标准	62
第五节 常用零件标准	66
一、常用螺钉、销钉的结构尺寸	66
二、导向零件的选用	71
三、模柄的选用	71
四、常用弹性元件的选用	78
第三章 单工序模设计实例	86

第一节 落料模设计	86
一、冲压工艺分析	86
二、排样设计	86
三、冲压力	86
四、压力中心	87
五、刃口尺寸	87
六、模具设计	87
七、冲压设备	88
第二节 弯曲模设计	88
一、工艺方案设计	88
二、工艺计算	88
三、模具总体设计	89
四、模具零件设计	89
五、绘制图纸	90
第三节 拉深模设计	92
一、工艺分析	92
二、工艺计算	92
三、工作零件计算	93
四、模具的总体设计	93
第四节 翻边模设计	94
一、工艺分析	94
二、工艺计算	94
三、模具结构设计	95
四、模具零件设计	95
第五节 精密冲裁模设计	96
一、工艺分析	96
二、精冲力的计算	99
三、凸、凹模刃口尺寸计算.....	100
四、齿圈设计.....	102
五、排样设计.....	103
六、模具结构设计.....	103
第六节 切边模设计.....	104
一、工艺分析.....	104
二、模具结构设计.....	105
三、模具详细设计.....	105
第七节 管件冲孔模设计.....	106
一、工艺分析.....	106
二、方案设计.....	106
三、模具结构设计.....	107
四、主要零件设计.....	108
思考与练习.....	108

第四章 复合模设计实例	110
第一节 复合模特点	110
一、复合模的优缺点	110
二、复合模的结构形式	110
三、常见复合模组合方式	111
第二节 复合条件及设计要点	111
一、典型件的复合冲压条件	111
二、模具设计要点	115
第三节 冲孔、落料复合模 I 设计	116
一、分析冲压工艺性	116
二、制定冲压工艺方案	117
三、排样方式的设计	117
四、计算冲压力	117
五、模具结构设计	118
六、模具工作零件设计	119
第四节 冲孔、落料复合模 II 设计	120
一、分析冲压工艺性	120
二、制定冲压工艺方案	121
三、计算冲压力，选用压力机	123
四、模具结构设计	123
五、模具工作零件设计	125
第五节 冲裁、弯曲复合模	127
一、冲压工艺性与工艺方案	127
二、工艺计算	128
三、选择冲压设备	129
四、模具结构设计	130
五、模具工作零件设计	130
第六节 冲裁、拉深复合模	131
一、冲压工艺性与工艺方案	131
二、主要工艺参数计算	132
三、工作零件尺寸计算	133
四、弹性元件的设计计算	134
五、模具结构设计	135
第七节 冲裁、翻孔复合模	136
一、工艺分析	136
二、工艺计算	136
三、主要零件尺寸计算	137
四、模具结构设计	139
思考与练习	140
第五章 普通级进模设计实例	142
第一节 概述	142

一、材料送进的定位方式.....	142
二、冲裁级进模.....	149
三、弯曲级进模.....	152
四、拉深级进模.....	155
第二节 冲孔、落料级进模设计.....	157
一、分析冲压工艺性.....	157
二、制定冲压工艺方案.....	158
三、主要工艺计算.....	158
四、模具结构设计.....	159
第三节 冲裁、整形级进模设计.....	161
一、工艺分析.....	161
二、工艺计算.....	162
三、模具结构设计.....	164
第四节 冲裁、弯曲级进模 I 设计.....	164
一、工艺分析.....	164
二、排样设计.....	164
三、模具结构设计.....	165
四、主要工艺计算.....	166
五、主要零部件设计.....	166
第五节 冲裁、弯曲级进模 II 设计.....	169
一、工艺分析.....	169
二、条料排样图设计.....	170
三、模具结构与总装设计.....	172
第六节 冲裁、翻孔级进模设计.....	174
一、工艺分析.....	174
二、排样设计.....	175
三、工艺计算.....	175
四、模具结构设计.....	177
五、主要零、部件设计.....	177
第七节 冲裁、弯曲、胀形级进模设计.....	178
一、工艺分析.....	178
二、排样图的设计.....	178
三、模具总体结构设计.....	179
四、主要计算.....	181
五、主要零部件设计.....	182
思考与练习.....	183
第六章 多工位精密级进模设计.....	185
第一节 概述.....	185
一、多工位精密级进模特点.....	185
二、自动送料装置.....	185
第二节 多工位精密级进模排样设计.....	195

一、排样类型.....	195
二、排样设计方法.....	198
第三节 多工位精密级进模设计方法.....	202
一、设计原则及步骤.....	202
二、设计关键技术.....	205
第四节 多工位精密级进模零件设计.....	209
一、模架设计.....	209
二、工作零件设计.....	210
三、定位装置设计.....	214
四、卸料装置.....	217
第五节 多工位精密级进模设计实例.....	219
一、定子、转子片多工位精密级进模设计.....	219
二、IC引线框架多工位精密级进模设计.....	225
三、电连接器接线片多工位精密级进模设计.....	230
思考与练习.....	236
第七章 特种冲模设计.....	239
第一节 锌基合金冲模.....	239
一、锌基合金冲模基础.....	239
二、锌基合金冲裁.....	240
三、锌基合金成形模.....	242
第二节 聚氨酯橡胶冲模.....	244
一、聚氨酯橡胶冲模基础.....	244
二、聚氨酯橡胶冲裁模.....	244
三、聚氨酯橡胶成形模.....	247
第三节 组合冲模.....	250
一、组合冲模的种类.....	250
二、组合冲模的冲压工艺设计.....	253
三、组合冲模的设计.....	257
第四节 聚氨酯橡胶冲模设计实例.....	259
一、分析冲压工艺性.....	260
二、冲裁力计算.....	260
三、带孔垫片模具设计.....	260
第五节 组合冲模设计实例.....	263
一、冲压工艺性分析.....	263
二、工艺方案的制定.....	264
三、模具设计.....	264
四、模具工艺特点.....	265
思考与练习.....	265
参考文献.....	266

第一章 冲模设计过程

第一节 冲模设计程序

冲模的功能是具有制造出一定数量的冲压产品的能力，且加工还有高效率、高精度、互换性好及节约原材料等功效。所以，通常把制造出所需的冲压产品视为对冲模的一级功能要求，如图 1-1 所示，被加工材料送至固定在压力机上的冲模中，经过压力加工，获得所需形状、尺寸和性能的产品。在实现冲模的一级功能要求过程中，还需要有正确的导向、定位以及方便的卸料和出件功能。

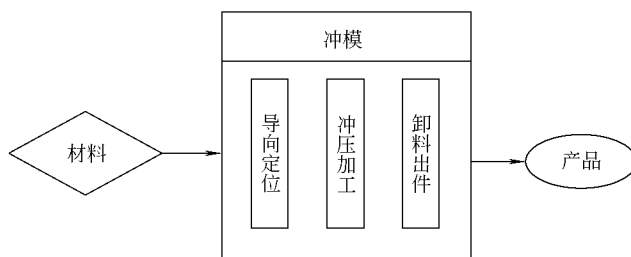


图 1-1 冲模的一级功能要求

除一级功能外，冲模设计还需要考虑生产安全、操作方便、绿色环保等要求，即需要满足图 1-2 所示的二级功能。二级功能是冲模一级功能要求的完善、强化和补充，但是二级功能要求越完善，则模具结构越复杂，成本也越高。由此，现代冲模设计有两大要求：可行性与经济性。

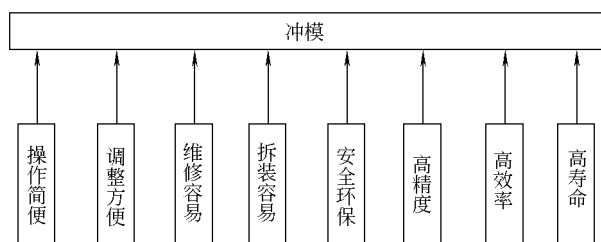


图 1-2 冲模的二级功能要求

基于冲模的上述要求，在设计时必须遵循一定的设计程序，综合考虑各种因素。常用的程序如图 1-3 所示。

1. 工艺性、可行性分析

工艺性、可行性分析时往往需要考虑经济性的问题，在满足使用要求的前提下，尽量使结构简单，以简化模具，保证制件质量，提高模具寿命，降低成本，提高精度。

2. 工艺方案设计

工艺方案的合理与否对于模具设计至关重要，必须考虑满足生产批量要求、工序顺序安排合理、模具强度足够、模具加工简单、冲压操作方便等问题。

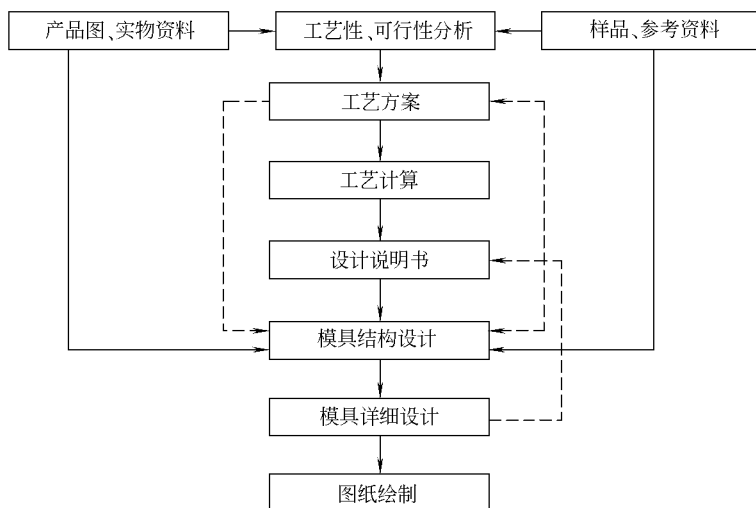


图 1-3 模具设计程序

3. 工艺计算

根据设计的方案，进行必要的计算，得出后续设计必要的参考结果，例如后续的结构设计必须依靠排样尺寸方能确定模具尺寸大小；详细的工作零件设计必须有刃口尺寸、弯曲回弹角度、各次拉深系数等参数。工艺计算务必保证准确、详尽，并且作为备案资料保存，以便模具设计、制造、调试、变更等步骤查询。

4. 设计说明书

设计说明书是设计者简单阐述设计思想的文件，一些简单的模具仅需要记录关键的设计参考即可，而复杂的模具必须将每个装置设计的依据、想法及理由详细记录，一方面方便工程研讨，另外也是跟踪该模具全周期的唯一资料。

5. 模具结构设计

冷冲模的结构设计是设计者体现创新设计思想的关键环节，往往结构设计错误，将导致模具变更工作量大，甚至导致报废。主要包括模架及支撑零件的整体尺寸设计、工作零件的结构形式及固定方法的选择、定位装置的结构设计、退料装置的设计、紧固方法的选择、安全装置的设计，以及模具生命周期中故障的预测以及预防等。

6. 模具详细设计

详细设计主要是指精确的尺寸设计，例如工作零件的工作部分和固定部分形状与尺寸，在详细设计时必须结合前面工艺计算的刃口尺寸、弯曲回弹角度、拉深系数等参数，同时要考虑模具的整体安装空间，特别需要注意的是加工的可行性及强度的可靠性；定位零件中导正销的尺寸大小、精度、强度及安装方法等。

7. 图纸绘制

现代冲模设计中的图纸绘制完全脱离了手工绘制，主要依靠一些二维绘图软件，如 AutoCAD、CAXA 等，遵循 GB、ISO 等标准绘制。并且，很多企业推行无纸化操作，通过电子文档传输，此时必须考虑文档的安全性，建议采用的是不可更改格式，例如 PDF 格式，而需要 NC 加工的则保存为 IGS 格式，否则必须将图纸保存为只读属性。

第二节 冲压工艺方案设计

冲压工艺方案的设计包括原材料的准备，获得工件所需的基本冲压工序和其他辅助工序

(如退火、退磁、电镀等)的安排。设计冲压工艺方案就是针对具体的冲压件恰当选择各工序的性质,正确确定坯料尺寸、工序数目、工序件尺寸,合理安排冲压工序的先后顺序和工序的组合形式。

一、工艺方案设计基础

冲压工艺方案的设计应在收集、调查研究并掌握有关设计的原始资料基础上进行,冲压工艺的原始资料主要包括如下内容。

1. 冲压件或产品图

冲压件产品图是设计冲压工艺方案的主要依据,依据产品图的形状、尺寸、技术要求进行全面分析,以便准确设计合理的工艺方案。

在有些情况下客户提供的是冲压件,此时就需要进行测绘。一些简单的制件可以依靠简单的量具进行测量,再绘制其图形,保证制件特征表达完整;尺寸标注合理;根据制件的结构特点、用途,合理分析其技术要求。测绘图纸必须经客户讨论、认可之后,方可实施工艺方案的设计,在条件允许的情况下,应加工手扳件(首制件),既能检验制品测绘的准确性,更能为模具设计提供可靠的参数。复杂制件常用三坐标测量仪或扫描仪进行精密测量,依据测量数据创建三维模型,再通过快速成形加工手扳件与原制件进行比较分析。

2. 制件材料信息

制件材料信息主要包括材料的性能(力学性能和工艺性能)、供应状况(供应的尺寸规格、价格情况等)、坯料形式与下料方式等。

3. 产品的生产批量

产品的生产批量是工艺方案设计重点考虑的内容之一,它直接影响到工艺组合方法的确定和模具类型的选择。

4. 冲压设备条件

理论上,模具设计过程中是选用设备,实际上是模具配用企业现有的冲压设备。所以充分了解企业的冲压设备类型、规格、先进与否是确定工序组合程度、选择各工序压力机型号、确定模具类型的主要依据。

5. 模具制造水平

模具制造水平状况与企业的模具制造设备及人力资源状况密切相关,它决定着企业模具生产能力,从而影响工序组合程度、模具结构及加工精度的确定。工艺方案设计时需要充分考虑该因素,例如级进模制造对设备精度或操作工人技术水平的要求相对较高,而现有条件无法满足时,就需要修正工艺方案。

二、工艺方案设计流程

具备了工艺方案设计条件后,设计冲压工艺方案的一般流程如下。

(一) 冲压件工艺性分析

冲件工艺性分析包括两个方面:可行性分析与经济性分析。

1. 可行性分析

根据产品图,了解冲压件的形状、尺寸、精度要求、材料性能进行分析,判断是否符合冲压工艺要求,裁定该冲压件加工的难易程度,确定是否需要采取特殊的工艺措施。经过分析,发现冲压工艺性较差的(如零件形状过于复杂,尺寸精度和表面质量要求太高,尺寸标注及基准选择不合理以及材料选择不当等),可会同产品设计人员,在保证使用性能的前提下,对冲压件的形状、尺寸、精度要求及原材料作必要的修改。如图 1-4 所示零件左端 R3mm 在料厚 4mm 的条件下很难冲压出来,经修改后的零件就比较容易冲压加工。图 1-5

所示的汽车消声器后盖，在满足使用要求的前提下，经过修改，形状简单、工艺性好，冲压工序由 8 次减为 2 次，材料消耗也减少一半。图 1-6 所示的汽车大灯外壳，修改前需要 5 次拉深，酸洗，2 次退火；修改后的灯壳，一次拉深成形，既保证使用要求又节省材料，减少了工序，降低了成本。

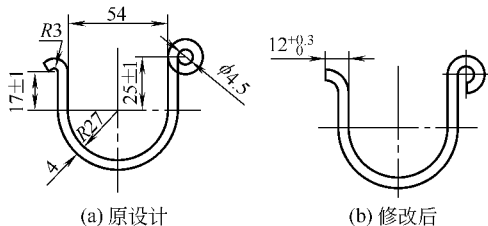


图 1-4 冲压零件图

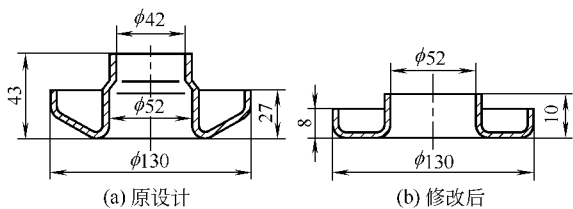


图 1-5 汽车消声器后盖

另外，冲压件工艺性与生产批量有一定关系，例如图 1-7(a) 所示零件，原设计为两个弯曲件焊接而成，在小批量生产时可以加工，但是在大批量生产中就将导致效率降低、成本提高，如果将零件变更为图 1-7(b) 所示一个整体零件，从而减少一个零件，工艺过程变简单了，效率明显提高，也节约了材料，降低了成本。

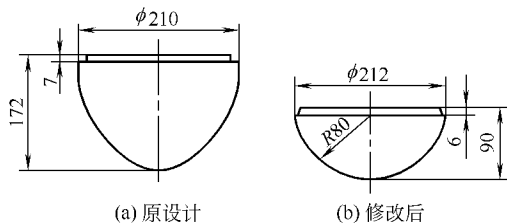


图 1-6 汽车前大灯外壳

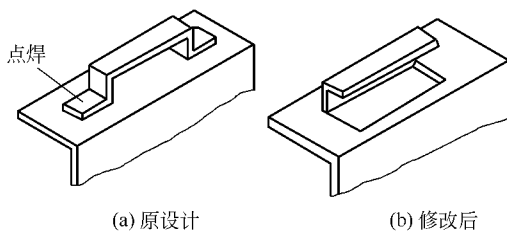


图 1-7 零件图

2. 经济性分析

冲压加工的经济性是建立在可行性的前提下，尽量降低材料和模具成本，提高经济效益。在冲压工艺方案设计中主要考虑的问题是如何降低成本。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、管理费等）有关，而且与模具费密切相关。所以必须采取有效措施降低制造成本。

(1) 小批量生产的成本问题 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，必须采用高价的复杂模具外，一般采用工序分散的工艺方案。选择结构简单、制造快且成本低的手扳模。

(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，大批量或结构尺寸小的零件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，既能提高生产效率，又能安全生产。

根据实践经验，集中到复合模中工序数量不宜过多，以防模具结构过于复杂，而降低模具的可加工性和可维护性。

(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。具备套冲条件的（如电机定子和转子），应当首先考虑一模多件的加工工艺。

(4) 冲压过程的自动化和高速化 从安全和降低成本两方面看，自动化生产将成为冲压

加工的发展方向,今后不仅大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量生产时要低。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亟待研究。

(5) 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制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。

降低材料费可以从在允许的条件下降低材料厚度、降低材料单价、改进毛坯形状、合理排样、较少搭边、采用无废或少废排样、组合排样、利用废料等方面着手。

(6) 节约模具成本 模具费在工件制造成本中占较大比例,对于小批量生产,采用简易模,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。

在大批量生产中,应尽量采用高效率、长寿命的硬质合金模、级进模。

对于中批量生产,首先应考虑冲模的标准化,大力应用冲模标准件和典型结构,最大限度缩短模具设计与制造周期。

(二) 总体工艺方案的确定

工艺方案确定是在对冲压件的工艺性分析后进行的重要环节。确定工艺方案主要包括冲压加工的工序性质、工序数量、工序顺序、工序的组合方式等。冲压工艺方案的确定要考虑多方面因素,有时还要进行必要的工艺计算,因此实际中通常提出几种可能的方案,进行分析比较后确定最佳方案。

1. 冲压工序性质的确定

生产中有不少冲压件,可以根据其形状特征,直观地判断出所需的工序性质。例如图1-8(a)所示为平板零件,所需的基本工序有落料、冲孔;图1-8(b)所示为弯曲件,所需的基本工序有切断、弯曲;图1-8(c)所示为拉深零件,所需的基本工序有落料、拉深、切边。

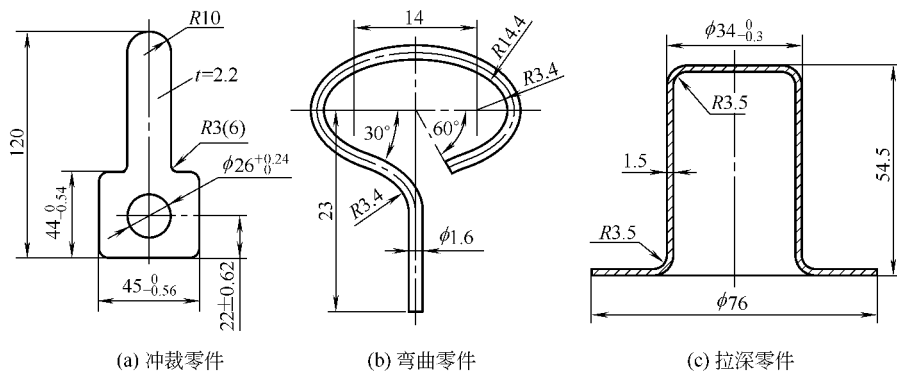


图 1-8 冲压零件

有些零件必须结合工艺计算及变形趋向性的分析,才能正确确定所需的冲压基本工序。如图1-9所示分别为油封内夹圈和油封外夹圈,都是翻孔件,两个零件的材料均为08钢,料厚1.5mm。两个制件形状相同,但尺寸不同。直观可初步判断它们均需要落料、冲孔、翻孔三道基本工序。校核翻孔极限系数时,图1-9(a)内夹圈的翻孔系数为 $k=d/D=76/92=0.826$,大于极限翻孔系数 $k_{\min}=0.68$,所以上述三道基本工序可行。图1-9(b)外夹圈按平板预冲孔后翻孔,则其翻孔系数为 $k=d/D=65/90=0.62$,小于极限翻孔系数,不能满足平板预冲孔后翻孔的要求,所以上述三道基本工序不能满足该零件的成形需要。宜改为在拉

深件底部冲孔后再翻孔的工艺方法来保证零件的直壁高度，因此油封外夹圈的冲压工艺过程应为图 1-9(b) 所示：落料、拉深、冲孔、翻孔，比内夹圈多了一道拉深工序。这时翻孔系数 $k=d/D=80/90=0.89$ ，拉深系数 $k=d/D=90/117=0.78$ ，均符合极限成形要求。

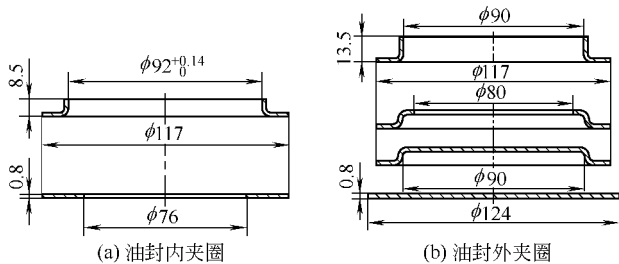


图 1-9 油封内夹圈、外夹圈的冲压工艺过程

对于非对称零件，如图 1-10(a) 所示，小批量生产可 V 形弯曲冲压，但是大批量生产时为便于冲压成形和定位，常采用成对冲压的方法，成形后增加一道切断分离工序。

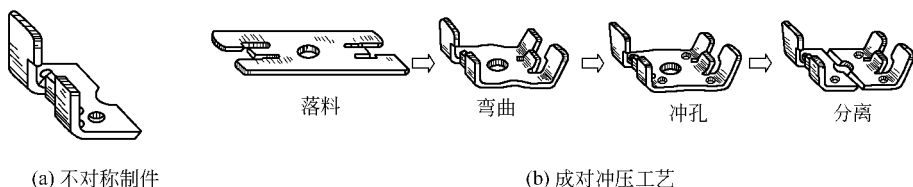


图 1-10 成对冲压工艺过程

2. 冲压工序数量的确定

工序数量是指同一性质的工序重复进行的次数。工序数量的确定主要取决于零件几何形状复杂程度、尺寸精度要求，即材料性能、模具强度等。并与工序性质相关。

冲裁件的冲裁次数主要与零件的几何复杂程度、孔间距、孔的数量有关。简单形状零件，采用一次落料和冲孔工序；形状复杂零件，常将内、外轮廓分成几个部分，用几副模具或用级进模分段冲裁，因而工序数量由孔间距、孔的位置和孔的数量多少决定。

弯曲件的弯曲次数一般根据弯曲件结构形状的复杂程度、弯曲角的数量、弯曲的相对弯曲半径及弯曲方向确定。

拉深件的拉深次数主要根据零件的形状、尺寸及极限变形程度经过拉深工艺计算确定。

其他成形件，主要根据具体形状和尺寸以及极限变形程度决定。

保证冲压稳定性也是确定工序数量不可忽视的问题，工艺稳定性比较差时，冲压加工废品率增高，而且对原材料、设备性能、模具精度、操作水平的要求也会严格一些。为此，在保证冲压工艺合理的前提下，应适当增加成形工序的次数（如增加修边工序、预冲工艺孔等），降低变形程度，提高冲压工艺稳定性。

确定冲压工序的数量还应考虑生产批量的大小、零件的精度要求、工厂现有的模具制造条件和冲压设备情况。综合考虑上述要求后，确定出既经济又合理的工序数量。

3. 工序顺序的安排

冲压工序顺序的安排，主要根据其冲压变形性质、零件质量要求等确定。如果工序顺序的变更不影响零件质量，则应根据操作、定位及模具结构等因素确定。

① 对于带孔的或有缺口的冲裁件，如果选用单工序模冲裁，一般先落料、再冲孔或切口；使用级进模时，则应先冲孔或切口，再落料。若工件上同时存在直径不等的大小两个

孔，且距离又较近，则应先冲大孔再冲小孔。

② 对于带孔的弯曲件，孔位于弯曲变形区以外，可以先冲孔再弯曲；孔位于弯曲变形区附近或以内，必须先弯曲再冲孔；孔间距受弯曲回弹的影响时，也应先弯曲再冲孔。

如图 1-11 所示的弯曲制件，孔距离弯曲曲线较远，弯曲变形不会扩展到孔的边缘，因而零件上的孔弯曲前冲出。而如图 1-12 所示的弯曲件， $\phi 10^{+0.03}_0$ 孔位于弯曲变形区之外，因而在弯曲工序之前冲出。而 4 个 $\phi 5^{+0.03}_0$ 的孔及其孔心距 36mm 会受到弯曲工序变形的影响，不宜在弯曲前冲出，而应在弯曲工序之后冲出。

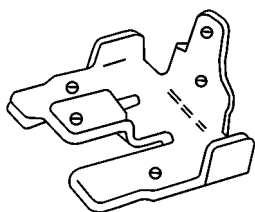


图 1-11 弯曲制件

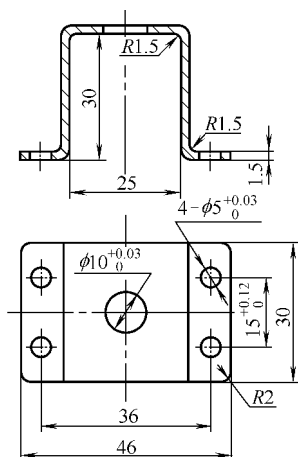
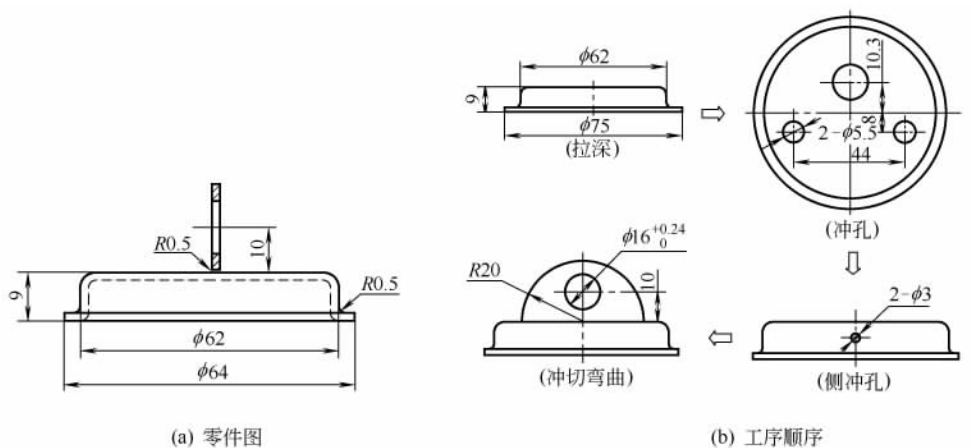


图 1-12 弯曲制件

③ 对于带孔的拉深件，一般先拉深，再冲孔；但当孔的位置在工件的底部时，且其孔径尺寸精度要求不高时，也可先冲孔再拉深。

如图 1-13(a) 所示的拉深零件，其侧壁有 2 个 $\phi 3\text{mm}$ 的孔（未绘出）、顶部有 2 个 $\phi 5.5\text{mm}$ 孔（未绘出）和带 $\phi 16^{+0.24}_0$ 孔的切舌。该零件上所有孔如果在拉深之前冲出，则在拉深时孔的尺寸和位置都会受到拉深工序的影响，所以应在拉深工序后冲出，如图 1-13(b) 所示。由于对决定 $\phi 16^{+0.24}_0$ 孔位置的中心高 10mm 无公差要求，所以可以把它安排在切舌工序之前，与 2 个 $\phi 5.5\text{mm}$ 的孔同时进行。如果对孔的中心高 10mm 有公差要求，则需要在切舌之后进行。



(a) 零件图

(b) 工序顺序

图 1-13 底板的冲压工序顺序

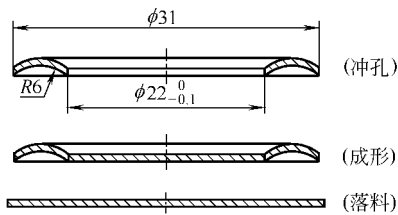


图 1-14 锁圈的冲压工艺顺序

④ 在冲压成形过程中，当零件有公差要求的特征，一般应在成形后冲出，否则无法得到稳定而准确的尺寸。

如图 1-14 所示的锁圈，材料为黄铜，厚度为 0.3mm，其内径 $\phi 22_{-0.1}^0$ mm 是配合尺寸。如果采用落料冲孔复合和成形两道工序，由于成形时整个坯料都是变形区，很难保证内孔公差要求，因而采用落料、成形、冲孔三道工序。

⑤ 需要经数道冲压工序成形的零件中，其形状是逐步形成的。每道工序都是坯料的一部分变成零件的一部分，最后把坯料冲压成为成品零件。为使每道工序都能顺利地达到预期的变形，就必须使该工序中应变形的部分处于相对的“弱区”，即遵循“弱区必先变形，变形区应为弱区”的基本规律。

图 1-15 是调温器外壳的冲压工艺过程。第一道工序成形的 $\phi 60$ mm 侧壁和锥形部分是零件的最终形状和尺寸。以后的工序被该部分划分为内、外两部分。冲孔和翻孔都在内部进行，翻孔直径 $\phi 34$ mm 和底孔 $\phi 20.6$ mm 之间的环形部分为弱区，在弱区变形时，锥形部分及翻孔直径 $\phi 34$ mm 以外部分为强区，不产生变形。 $R5$ 整形至 $R0.5$ 是在已成形部分的外部进行，此时翻孔直径 $\phi 68$ mm 的圆筒形是强区，不产生变形。如果将翻孔直径 $\phi 20.6$ mm 孔工序安排在拉深之前，势必造成变形区转移到应为强区的内部（即成为翻孔变形），或内、外都是变形区，这样就使变形达不到预期的目的。

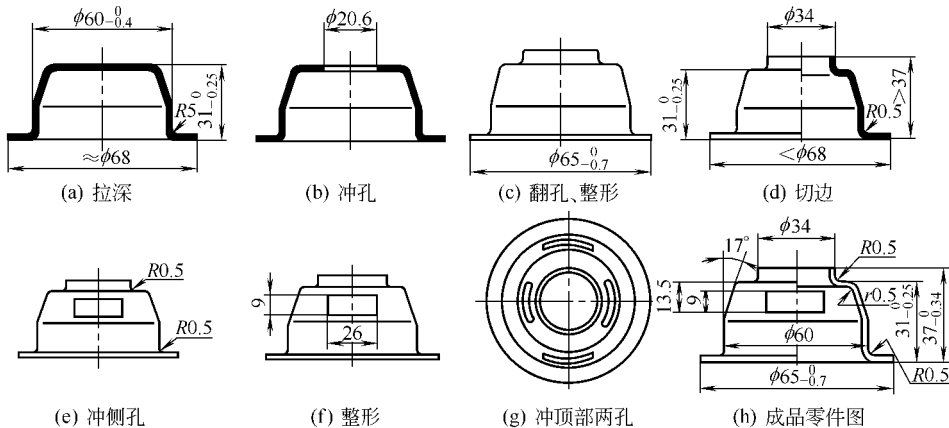


图 1-15 调温器外壳冲压工艺过程

4. 工序的组合

对于多工序加工的冲压件，制定工艺方案时，必须考虑是否采取组合工序，工序组合的程度如何，怎样组合，这些问题的解决取决于冲压件的生产批量、尺寸大小、精度等级以及设备能力等。一般而言，料厚、小批量、大尺寸、低精度的零件宜单工序生产，用单工序模；薄料、大批量、小尺寸、精度不高的零件宜将工序组合，采用级进模；精度高的零件，采用复合模；另外，对于尺寸过大或过小的零件在小批量生产的情况下，也宜将工序组合，采用复合模。

① 工序组合后应保证冲出的形状尺寸及精度均符合产品要求。如图 1-16 所示的拉深件，当上部孔径较大、孔边距离筒壁距离较大时，可将落料、拉深、冲孔组合为复合工序冲压。

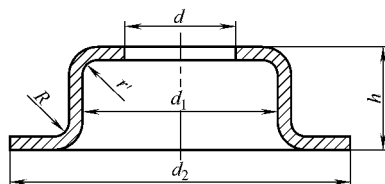


图 1-16 底部孔径较大的拉深件