

高等学校通用教材

冷冲压模具 设计与制造

王秀凤 万良辉 主编



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书在编者多年教学和生产实践经验积累的基础上,系统、全面地介绍了冷冲压模具设计与制造的基础知识。本书内容大致分为模具设计和模具制造两部分。模具设计部分的内容占70%,以最具代表性的冲裁模为主线,详细讲述了模具设计过程、结构类型选择、设计步骤和主要工艺计算;还针对弯曲模、拉深模、翻边模等其他类型模具的特点,作了补充讲解。模具制造部分,系统介绍了模具制造的基本要求、工艺特点、试压、验收等全部程序;并着重介绍了工作零件(凸凹模)特种加工工艺以及典型的装配技术。此外,为了方便学生课程设计以及工程人员参考使用,本书还收录了冷冲压模具设计中常用的数据和标准件,以便查阅。

本书是为模具专业已经学过“板料冷压原理”的本科学生编写的教材,参考学时为30学时;也可供从事冷冲压模具设计与制造的相关教学、科研单位的技术人员参考。本书配有精心制作的多媒体CAI课件,可以起到很好的辅助教学作用,需要的教师可以直接与出版社联系,免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压模具设计与制造/王秀凤等编著. — 北京:北京航空航天大学出版社, 2005.4
ISBN 7-81077-505-7

I. 冷… II. 王… III. ①冷冲模—设计②冷冲模—制模工艺 IV. TG385.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第051424号

冷冲压模具设计与制造

王秀凤 万良辉 主编
责任编辑 蔡 喆

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026
<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpres@263.net

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:25.75 字数:577千字
2005年4月第1版 2005年4月第1次印刷 印数:3000册
ISBN 7-81077-505-7 定价:36.00元

前言

随着模具工业的迅猛发展,模具设计与制造已成为一个行业,越来越引起人们的重视。为了使学生在有限的学时内,了解并掌握模具设计的基本知识,具备冷冲压模具设计的基本能力,编者在生产实践和多年教学的基础上,编写了这本《冷冲压模具设计与制造》教材。

本书是为学过“板料冷压原理”的冷冲压模具专业或相关机械类专业学生精心策划、编写的实用教材。参考学时为 30 学时,后续课程应配合安排冷冲压模具课程设计。本教材可配套使用根据本书制作的多媒体 CAI 课件辅助教学。

本书共 9 章,主要分为冷冲压模具设计和冷冲压模具制造两大部分。其中以冷冲压模具设计为重点,约占全书篇幅 70%。以最具代表性的冲裁模为切入点,对模具设计过程、结构类型选择、设计步骤和主要工艺计算等内容进行了详细的讲解。之后,还针对弯曲模、拉深模、翻边模等其他类型模具的特点,进行了补充讲解。此外,为了方便学生课程设计以及工程人员参考使用,本书还收录了冷冲压模具设计中常用的数据和标准件,以便查阅。在模具制造部分,编者系统介绍了模具制造的基本要求、工艺特点、试压、验收等全部过程,着重介绍了工作零件(凸凹模)特种加工工艺以及典型的装配技术。为了反映模具目前生产发展的现状,本书最后还侧重介绍了冷冲压模具的 CAD/CAM 系统,以拓宽学生的知识面,提高学生对将来工作的适应性。

本书可作为高等学校冷冲压模具专业及相关机械类专业学生教材,也可供从事相关专业工作的技术人员以及有关教学、科研单位的专业人员参考使用。

第 1~8 章由王秀凤编写,第 9 章由万良辉编写;全书的插图由王增强、王鹏、刘娟、赵艳丽、王强、石鑫、佟振宇完成;课件制作:蔡□、郭黎勇、李卫东、王鹏、王东昭。本书在编写过程中参考了相关教材及资料,对本书的编写起了重要的参考作用,在此谨对编著者表示衷心感谢。

限于编者水平,书中不当之处,望读者批评指正。

编者

2004 年 6 月于北京

目 录

第 1 章 绪 论

1.1 冷冲压模具在工业生产中的地位	1
1.2 冷冲压模具的历史发展与现状	1
1.3 冷冲压模具的分类	3
习 题	4

第 2 章 冲裁模设计

2.1 冲裁模的设计基础	5
2.1.1 冲裁件的工艺性	5
2.1.2 冲裁过程的分析	9
2.1.3 冲裁件的工艺计算	11
2.1.4 冲裁模设计中的有关计算	19
2.2 冲裁模的典型结构	30
2.2.1 冲裁模的基本形式与构造	30
2.2.2 冲裁模主要部件与零件的构造	41
2.2.3 复杂的冲裁模	76
2.3 精密冲裁模	81
2.3.1 精密冲裁的工作原理及特点	81
2.3.2 精密冲裁模的设计参数	81
2.3.3 典型的精密冲裁模	86
习 题	88

第 3 章 弯曲模设计

3.1 弯曲模的设计基础	90
3.1.1 弯曲件的工艺性	90
3.1.2 弯曲过程及变形分析	95
3.1.3 弯曲件的工艺计算	96
3.1.4 弯曲模设计中的有关计算	102

3.2 弯曲模的典型结构	105
习 题	113
第 4 章 拉深模设计	
4.1 拉深模的设计基础	115
4.1.1 拉深件的工艺性	115
4.1.2 拉深过程及变形分析	117
4.1.3 拉深件的工艺计算	118
4.1.4 拉深模设计中的有关计算	151
4.2 拉深模的典型结构	155
习 题	161
第 5 章 翻边模设计	
5.1 翻边模设计基础	164
5.1.1 翻边件的工艺性	164
5.1.2 翻边过程及变形分析	166
5.1.3 翻边件的工艺计算	166
5.1.4 翻边模设计中的有关计算	174
5.2 翻边模的典型结构	177
习 题	180
第 6 章 冷冲压模具设计过程	
6.1 冷冲压模具设计的一般步骤	181
6.2 冷冲压模具设计实例	188
6.2.1 冲裁模	188
6.2.2 弯曲模	211
6.2.3 拉深模	218
6.2.4 翻边模	234
6.3 典型冷冲压模具结构图	236
第 7 章 冷冲压模具设计中的常用标准和规范	
第 8 章 冷冲压模具制造	
8.1 冷冲压模具制造的基本要求、特点及过程	321

8.2 冷冲压模具零件的主要加工方法	323
8.2.1 标准模架制造	323
8.2.2 冷冲压模具工作零部件的机械加工	330
8.2.3 冷冲压模具工作零件的特种加工	337
8.3 冷冲压模具的装配技术	351
8.3.1 冷冲压模具装配的组织形式及方法	351
8.3.2 冷冲压模具的装配	354
8.3.3 其他冷冲压模具装配特点	364
第9章 冷冲压模具 CAD/CAM	
9.1 概 述	370
9.1.1 冷冲压模具 CAD/CAM 的发展概况	371
9.1.2 计算机在冷冲压模具设计过程中的作用	375
9.1.3 建立冷冲压模具 CAD/CAM 系统的步骤	376
9.2 冲压件几何构型	378
9.2.1 二维冲裁件的节点模型	378
9.2.2 冲压件的特征模型	378
9.3 计算机辅助冲压工艺设计	381
9.3.1 冲裁工艺性判断	381
9.3.2 毛坯排样的优化设计	382
9.3.3 工艺方案选择的判据	386
9.3.4 基于单元特征模型的毛坯展开	386
9.4 标准件和典型结构建库方法	388
9.4.1 冷冲压模具标准件特点及信息组成	389
9.4.2 冷冲压模具标准件的描述及其建库方法	389
9.4.3 冷冲压模具典型结构的描述及建库方法	391
9.4.4 冷冲压模具标准件及典型结构建库工具的组成	391
9.5 冷冲压模具 CAD/CAM 系统设计	392
9.5.1 自顶向下的冷冲压模具结构及零件设计方法	392
9.5.2 复合模 CAD/CAM 系统设计	394
9.5.3 连续模 CAD/CAM 系统设计	398

第 1 章 绪 论

冲压是使板料经分离或成形而得到制件的加工方法。冲压利用冲压模具对板料进行加工。常温下进行的板料冲压加工称为冷冲压。

1.1 冷冲压模具在工业生产中的地位

模具是大批生产同形产品的工具,是工业生产的主要工艺装备。模具工业是国民经济的基础工业。

模具可保证冲压产品的尺寸精度,使产品质量稳定,而且在加工中不破坏产品表面。用模具生产零部件可以采用冶金厂大量生产的廉价的轧制钢板或钢带为坯料,且在生产中不需加热,具有生产效率高、质量好、重量*轻、成本低且节约能源和原材料等一系列优点,是其他加工方法所不能比拟的。使用模具已成为当代工业生产的重要手段和工艺发展方向。现代制造工业的发展和技术水平的提高,很大程度上取决于模具工业的发展。

目前,工业生产中普遍采用模具成形工艺方法,以提高产品的生产率和质量。一般压力机加工,一台普通压力机设备每分钟可生产零件几件到几十件,高速压力机的生产率已达到每分钟数百件甚至上千件。据不完全统计,飞机、汽车、拖拉机、电机、电器、仪器、仪表等产品,有 60%左右的零件是用模具加工出来的;而自行车、手表、洗衣机、电冰箱及电风扇等轻工产品,有 90%左右的零件是用模具加工出来的;至于日用五金、餐具等物品的大批量生产基本上完全靠模具来进行。显而易见,模具作为一种专用的工艺装备,在生产中的决定性作用和重要地位逐渐为人们所共识。

1.2 冷冲压模具的历史发展与现状

模具的出现可以追溯到几千年前的陶器烧制和青铜器铸造,但其大规模应用却是随着现代工业的崛起而发展起来的。19 世纪,随着军火工业、钟表工业、无线电工业的发展,模具开始得到广泛使用。第二次世界大战后,随着世界经济的飞速发展,它又成了大量生产家用电器、汽车、电子仪器、照相机、钟表等零件的最佳方式。从世界范围看,当时美国的冲压技术走在最前列,而瑞士的精冲、德国的冷挤压技术,苏联对塑性加工的研究也处于世界先进行列。

* 本书中“重量”指质量。

20 世纪 50 年代中期以前,模具设计多凭经验,参考已有图纸和感性认识,根据用户的要求,制作能满足产品要求的模具,但对所设计模具零件的机械性能缺乏了解。从 1955 年到 1965 年,人们通过对模具主要零件的机械性能和受力状况进行数学分析,对金属塑性加工工艺及原理进行深入探讨,使得冲压技术得到迅猛发展。在此期间归纳出的模具设计原则,使得压力机械、冲压材料、加工方法、模具结构、模具材料、模具制造方法、自动化装置等领域面貌一新,并向实用化的方向推进。进入 20 世纪 70 年代,不断涌现出各种高效率、高精度、高寿命的多功能自动模具。其代表是五十多个工位的级进模和十几个工位的多工位传递模。在此期间,日本以“模具加工精度进入微米级”而站到了世界工业的最前列。从 20 世纪 70 年代中期至今,计算机逐渐进入模具生产的设计、制造、管理等各个领域;辅助进行零件图形输入、毛坯展开、条料排样、确定模座尺寸和标准、绘制装配图和零件图、输出 NC 程序(用于数控加工中心和线切割编程)等工作,使得模具设计、加工精度与复杂性不断提高,模具制造周期不断缩短。当前国际上计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)的发展趋势是:继续发展几何图形系统,以满足复杂零件和模具的要求;在 CAD 和 CAM 的基础上建立生产集成系统(CIMS);开展塑性成形模拟技术(包括物理模拟和数学模拟)的研究,以提高工艺分析和模具 CAD 的理论水平和实用性;开发智能数据库和分布式数据库,发展专家系统和智能 CAD 等。

我国模具工业是 19 世纪末 20 世纪初随着军火和钟表业引进的压力机发展起来的。从那时到 20 世纪 50 年代初,模具多采用作坊式生产,凭工人经验,用简单的加工手段进行制造。在以后的几十年中,随着国民经济的大规模发展,模具业进步很快。当时我国大量引进苏联的图纸、设备和先进经验,其水平不低于当时工业发达的国家。此后直到 20 世纪 70 年代末,由于错过了世界经济的大浪潮,我国的模具业没有跟上世界发展的步伐。20 世纪 80 年代末,伴随家电、轻工、汽车生产线模具的大量进口和模具国产化的呼声日益高涨,我国先后引进了一批现代化的模具加工机床。在此基础上,参照已有的进口模具,我国成功地复制了一批替代品,如汽车覆盖件模具等。模具的国产化虽然使我国模具制造水平逐渐赶上了国际先进水平,但计算机应用方面仍然存在很大差距。

我国模具 CAD/CAM 技术从 20 世纪 80 年代起步,长期处于低水平重复开发阶段,所用软件多为进口的图形软件、数据库软件、NC 软件等,自主开发的软件缺乏通用性,商品化价值不高,对许多引进的 CAD/CAM 系统缺乏二次开发,经济效益不显著。针对上述情况,国家有关部门制定了相关政策和措施。在国家产业政策和与之配套的一系列经济政策的支持和引导下,“九五”期间我国模具工业发展迅速,模具行业产业结构有了较大改善,模具商业化水平提高了近 10%,中高档模具占模具总量的比例有了明显提高,模具进出口比例也逐步趋向合理。

我国模具工业起步晚、基础差,就总量来看,大型、精密、复杂、长寿命模具产需矛盾仍然十分突出。为了进一步振兴模具工业,国家有关部门进一步部署:全面分析我国模具工业的现状和差距,提出发展思路和建议以及政策措施。相信在政府的大力支持下,通过本行业和相关行业企业以及广大模具工作者的共同努力,我国模具工业水平必将大大提高,为国家经济建设作

出更大的贡献。

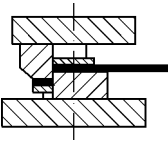
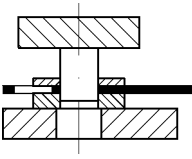
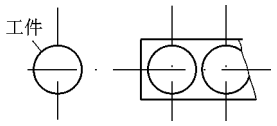
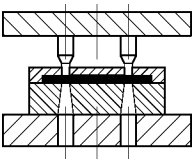
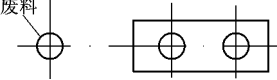
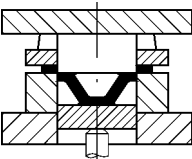
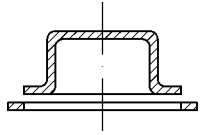
1.3 冷冲压模具的分类

冷冲压模具主要用于金属及非金属板料的压力加工,其加工方式可分为分离和成形两大类。

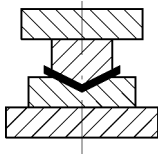
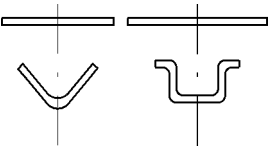
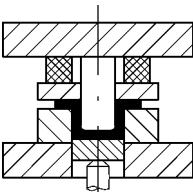
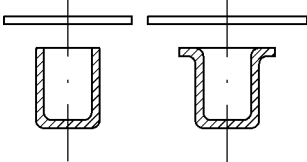
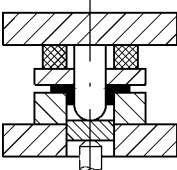
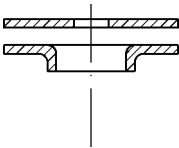
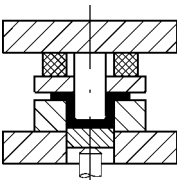
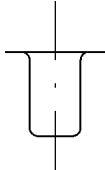
- 分离:按一定轮廓线将工件与板料分开。
- 成形:在不破坏板料的条件下,通过塑性变形获得所要求的形状和尺寸精度。

典型的模具见表 1.1。

表 1.1 典型的模具

类 型	模具名称		模具简图	模具工作特征
分 离 模	切断模			切断板料,切断线不封闭
	冲 裁 模	落料模		沿封闭线冲切板料,冲下部分为工件。 
		冲孔模		沿封闭线冲切板料,冲下部分为废料。 
	切边模			将工件边缘多余的材料冲切下来。 

续表 1.1

类 型	模具名称	模具简图	模具工作特征
成形	弯曲模		使板料弯成一定角度或一定形状。 
	拉深模		将板料压成任意形状的空心件。 
	翻边模		将板料上的孔或外缘翻成直壁。 
	整形模		将工件不平的表面压平; 将原先弯曲或拉深件压成最终正确形状。 

习 题

- 1.1 冷冲压模具在现代工业生产中起什么作用？
- 1.2 当代冷冲压模具技术发展现状及我国的差距与对策？
- 1.3 冷冲压模具都包括那些类型？

第 2 章 冲裁模设计

冲裁模是从条料、带料或半成品上沿规定轮廓分离板料所使用的模具,通常指落料模和冲孔模。简单冲裁模,如图 2.1 所示。

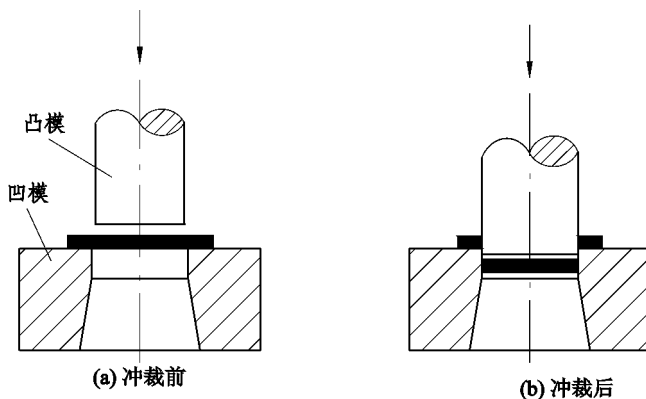


图 2.1 简单冲裁模

根据冲制零件尺寸、精度要求的不同,冲裁模分为普通冲裁模和精密冲裁模。

2.1 冲裁模的设计基础

2.1.1 冲裁件的工艺性

冲裁件的工艺性是指工件对冲压加工工艺的适合性,它是从冲压加工角度对产品设计提出的工艺要求。良好的工艺性体现在材料消耗少,工序数目少,模具结构简单而寿命长,产品质量稳定,操作简单等方面。

一、冲裁件的结构工艺性

用普通冲裁模冲制的零件,其断面与零件表面并不垂直,并有明显区域性特征。采用合理使用间隙冲裁模冲制的零件,光亮区域约占断面厚度的 30%;凹模侧有明显的塌角,凸模侧有高度不小于 0.05 mm 的毛刺;外形有一定程度的拱曲。冲裁件的这种特点是普通冲裁加工条件决定的,选用冲裁工艺时必须考虑零件的这些特征,注意以下问题。

- (1) 冲裁件的形状应力求简单、规则,使排样时废料最少。
- (2) 零件内、外形转角处避免尖角,如无特殊要求,应用 $R > 0.25t$ 的圆角过渡。
- (3) 零件外形需避免有过长或过窄的悬臂和凹槽。软钢、黄铜等材料,应使其宽度 $b \geq 1.5t$,高碳钢或合金钢等硬质材料应取 $b \geq 2t$,如图 2.2 所示。
- (4) 冲裁件上孔与孔之间,孔与零件边缘之间的距离不能过小,以免影响凹模强度和冲裁质量,其距离主要与孔的形状和料厚有关,通常取 $c \geq 1.5t$, $c' \geq t$,如图 2.2 所示;弯曲件或拉深件上确定孔的位置时,应使孔壁位于两交接面圆角区之外的部位,以防冲孔时凸模因受不对称的侧压力作用而啃伤刃口或使小凸模折断;通常取孔壁至零件直壁间的距离 $l \geq R + 0.5t$,如图 2.3 所示。

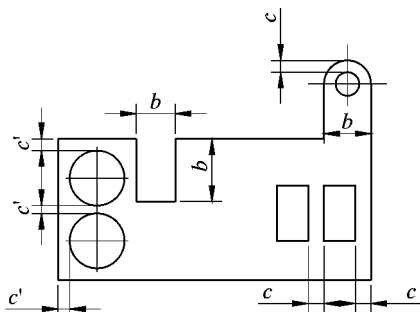


图 2.2 冲裁件的结构工艺性

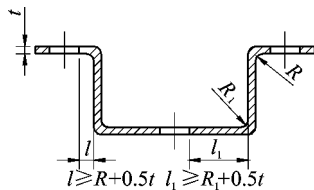


图 2.3 弯曲件的冲孔位置

- (5) 零件上冲孔的尺寸不宜过小,否则极易损坏冲孔凸模,冲孔的最小尺寸与孔的形状、材料种类和厚度、冲孔凸模工作时是否有导向装置有关,无导向凸模的最小冲孔尺寸如表 2.1 所列;有导向装置的凸模,因可提高凸模工作的稳定性,最小冲孔尺寸较前者小,如表 2.2 所列。

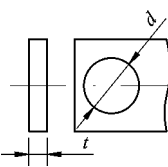
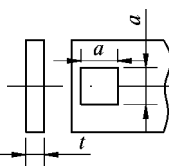
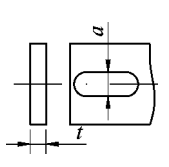
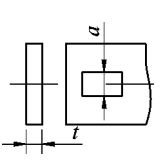
二、冲裁件的尺寸精度与断面粗糙度

凡产品图纸上未注公差的尺寸,均属于未注公差尺寸。在计算凸模与凹模尺寸时,冲压件未注公差尺寸的极限偏差数值通常按 GB1800-79 IT14 级。一般冲裁件内、外形所能达到的经济精度、两孔中心距离公差、孔中心与边缘距离尺寸公差、冲裁件的角度偏差值以及剪切断面的近似表面粗糙度值,分别如表 2.3~2.7 所列。

三、冲裁件的尺寸标注

冲裁件的尺寸标注应符合冲压工艺要求。

表 2.1 无导向凸模冲孔的最小尺寸

材 料				
铜 $\sigma_b > 700 \text{ MPa}$	$d \geq 1.5t$	$a \geq 1.35t$	$a \geq 1.1t$	$a \geq 1.2t$
铜 $\sigma_b = 400 \sim 700 \text{ MPa}$	$d \geq 1.3t$	$a \geq 1.2t$	$a \geq 0.9t$	$a \geq 1.0t$
铜 $\sigma_b < 400 \text{ MPa}$	$d \geq 1.0t$	$a \geq 0.9t$	$a \geq 0.7t$	$a \geq 0.8t$
黄铜、铜	$d \geq 0.9t$	$a \geq 0.8t$	$a \geq 0.6t$	$a \geq 0.7t$
铝、锌	$d \geq 0.8t$	$a \geq 0.7t$	$a \geq 0.5t$	$a \geq 0.6t$
纸胶板、布胶板	$d \geq 0.7t$	$a \geq 0.6t$	$a \geq 0.4t$	$a \geq 0.5t$
硬纸、纸	$d \geq 0.6t$	$a \geq 0.5t$	$a \geq 0.3t$	$a \geq 0.4t$

注：一般要求 $d \geq 0.3 \text{ mm}$ 。

表 2.2 带护套凸模冲孔的最小尺寸

材 料	硬 钢	软钢及黄铜	铝及锌	纸胶板、布胶板
圆形孔 d	$\geq 0.5t$	$\geq 0.35t$	$\geq 0.3t$	$\geq 0.3t$
矩形孔短边 a	$\geq 0.4t$	$\geq 0.3t$	$\geq 0.28t$	$\geq 0.25t$

注：一般要求 $d \geq 0.3 \text{ mm}$ 。

表 2.3 冲裁件内、外形所能达到的经济精度

材料厚度 t/mm	基本尺寸 $/\text{mm}$				
	≤ 3	3~6	6~10	10~18	18~500
≤ 1	IT12~IT13			IT11	
$>1 \sim 2$	IT14	IT12~IT13			IT11
$>2 \sim 3$	IT14			IT12~IT13	
$>3 \sim 5$	—	IT14			IT12~IT13

表 2.4 两孔中心距离公差

mm

材料厚度 t	孔距基本尺寸					
	一般精度(模具)			较高精度(模具)		
	≤ 50	50~150	150~300	≤ 50	50~150	150~300
≤ 1	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.03	± 0.05	± 0.08
$>1\sim 2$	± 0.12	± 0.2	± 0.3	± 0.04	± 0.06	± 0.1
$>2\sim 4$	± 0.15	± 0.25	± 0.35	± 0.06	± 0.08	± 0.12
$>4\sim 5$	± 0.2	± 0.3	± 0.40	± 0.08	± 0.10	± 0.15

注：1. 表中所列孔距公差,适用于两孔同时冲出的情况；
2. 一般精度指模具工作部分达 IT8,凹模后角为 $15'\sim 30'$ 的情况；较高精度指模具工作部分达 IT7 以上,凹模后角不超过 $15'$ 。

表 2.5 孔中心与边缘距离尺寸公差

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
$>2\sim 4$	± 0.6	± 0.7	± 0.8	± 1.0
>4	± 0.7	± 0.8	± 1.0	± 1.2

注：本表适用于先落料再进行冲孔的情况。

表 2.6 冲裁件的角度偏差值

精度等级	短边长度/mm												
	$>1\sim 3$	$>3\sim 6$	$>6\sim 10$	$>10\sim 18$	$>18\sim 30$	$>30\sim 50$	$>50\sim 80$	$>80\sim 120$	$>120\sim 180$	$>180\sim 260$	$>260\sim 360$	$>360\sim 500$	>500
较高精度	$\pm 2^\circ 30'$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 50'$	$\pm 40'$	$\pm 30'$	$\pm 25'$	$\pm 20'$	$\pm 15'$	$\pm 12'$	$\pm 10'$
一般精度	$\pm 4^\circ$	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ 30'$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 50'$	$\pm 40'$	$\pm 30'$	$\pm 25'$	$\pm 20'$	$\pm 15'$

表 2.7 一般剪切断面表面粗糙度

材料厚度 t/mm	≤ 1	$>1\sim 2$	$>2\sim 3$	$>3\sim 4$	$>4\sim 5$
剪切断面表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	3.2	6.3	12.5	25	50

注：如果冲压件剪切断面表面粗糙度要求高于本表所列,则需要另加整修工序。各种材料通过整修后的表面粗糙度 R_a ：黄铜 $0.4\ \mu\text{m}$,软钢 $0.4\sim 0.8\ \mu\text{m}$,硬钢 $0.8\sim 1.6\ \mu\text{m}$ 。

例如图 2.4 所示的冲裁件,其中图 2.4(a)的尺寸标注方法就不合理,这样标注,两孔的中心距会随着模具磨损而增大,若改为图 2.4(b)的标注方法,则两孔的中心距与模具磨损无关,其公差值也可减少。

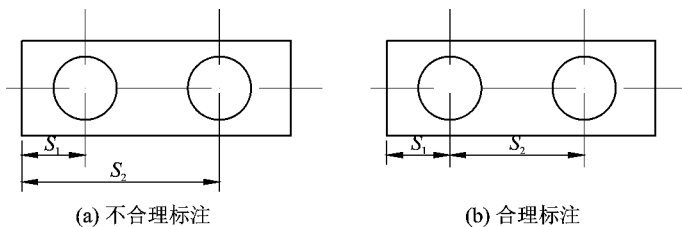


图 2.4 冲裁件的尺寸标注

2.1.2 冲裁过程的分析

一、冲裁时板料的受力分析

在无压边装置的冲裁过程中,板料所受外力如图 2.5 所示。

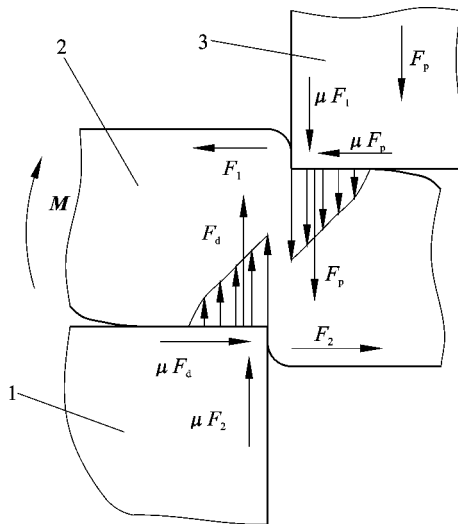
其中: F_p 、 F_d ——凸、凹模对板料的垂直用力;

F_1 、 F_2 ——凸、凹模对板料的侧压力;

μF_p 、 μF_d ——凸、凹模端面与板料间的摩擦力,其方向与间隙大小有关,但一般指向模具刃口(μ 是摩擦系数,下同);

μF_1 、 μF_2 ——凸、凹模侧面与板料间的摩擦力。

从此图中可看到,板料由于受到模具表面的力偶作用而弯曲,并从模具表面上翘起,使模具表面和板料的接触面仅局限在刃口附近的狭小区域,宽度约为板厚的 0.2~0.4 倍。接触面间相互作用的垂直压力分布并不均匀,而是随着模具刃口的逼近而急剧增大。



1—凹模;2—板料;3—凸模

图 2.5 冲裁时作用于板料上的力

二、冲裁过程

图 2.6 是常用金属板料的冲裁过程。当冲裁间隙正常时,这个过程大致可以分成三个阶段。

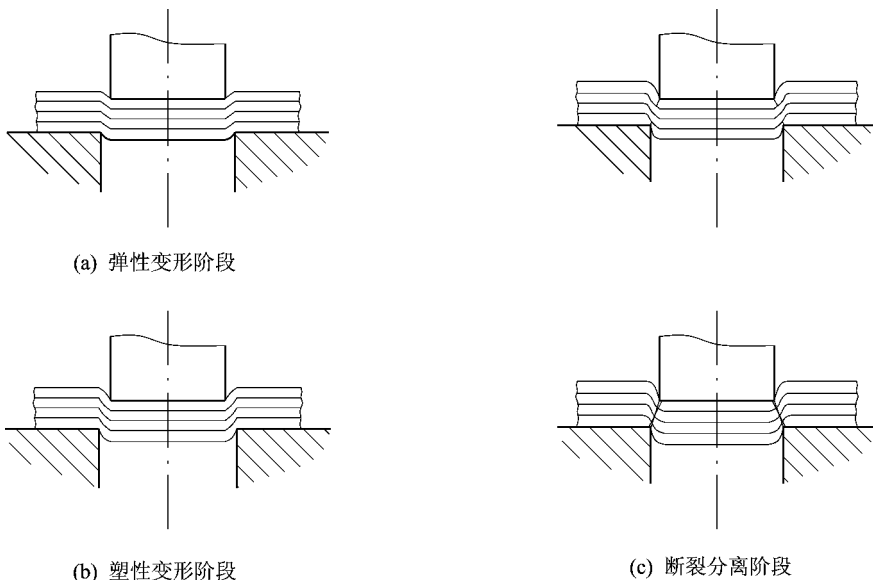


图 2.6 冲裁过程

1. 弹性变形阶段

冲头接触板料后,开始压缩材料,并使材料产生弹性压缩、拉伸与弯曲等变形。这时冲头略挤入材料,材料的另一侧也略挤入凹模洞口。随着冲头继续压入,材料内的应力达到弹性极限。此时,凸模下的材料略有弯曲,凹模上的材料则向上翘。间隙越大,弯曲和上翘越严重。

2. 塑性变形阶段

当冲头继续压入,压力增加,材料内的应力达屈服极限时便开始进入第二阶段,即塑性变形阶段。这时冲头挤入材料的深度逐渐增大,即塑性变形程度逐渐增大。此时材料内部的拉应力和弯矩都增大,变形区材料硬化加剧,冲裁变形力不断增大,直到刃口附近的材料由于拉应力的作用出现微裂纹时说明材料开始破坏,冲裁变形力达到最大值,塑性变形阶段告终。由于存在冲模间隙,这个阶段中除了剪切变形外,冲裁区还产生弯曲和拉伸,显然,间隙越大,弯曲和拉伸也越大。

3. 断裂分离阶段

冲头仍然不断地继续压入,已形成的上、下微裂纹逐渐扩大并向材料内延伸,楔形发展,当上、下两裂纹相遇重合时,材料便被剪断分离。

冲裁过程的变形是很复杂的,除了剪切变形外,还存在拉伸、弯曲、横向挤压等变形。所以,冲裁件及废料的平面不平整,常有翘曲现象。

三、冲裁件的断面

冲裁件的断面可明显地分为圆角带 a、光亮带 b、剪裂带 c 和毛刺带 d,如图 2.7(a)所示。板料在冲裁时的应力应变如图 2.7(b)所示。

圆角带 a——当凸模压入板料时,刃口附近的板料被牵连拉入变形。

光亮带 b——凸模挤压切入所形成的表面,表面光滑,断面质量最佳。

剪裂带 c——板料在剪断分离时所形成的断裂带,表面粗糙并略带斜度。

毛刺带 d——冲裁毛刺是在出现微裂纹时形成的,微裂纹产生的位置在离刃口不远的侧面上。当凸模继续下行,使已形成的毛刺拉长,并残留在冲裁件上。因此,从冲裁的原理上说,冲裁件必然有一定的毛刺存在。当冲裁间隙合适时,毛刺的高度较小。

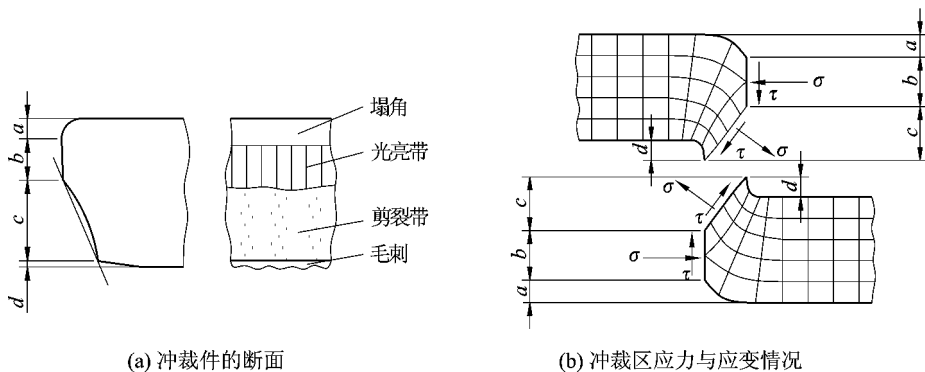


图 2.7 冲裁件的断面情况

2.1.3 冲裁件的工艺计算

一、排样、搭边、条料宽度

1. 排样

排样是指冲裁件在条料、带料或板料上的布置方法。合理的排样和选择适当的搭边值,是降低成本、保证工件质量及延长模具寿命的有效措施。

(1) 排样的方式

排样的方式有多种多样,图 2.8 给出了几种常见的排样方式。其中图 2.8(a)、(b)、(c)、(d)为有废料排样,模具沿工件全部外形进行冲裁,工件周边都留有搭边。这种排样能保证冲