



面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材



# 模具设计

■ 主编 赵伟阁 主审 殷 钺



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

## 内 容 简 介

本书详细地介绍了各种常用模具的典型结构及其设计方法。全书共分两大部分：第一部分主要介绍冷冲压的基本知识，如冲裁、弯曲、拉深、成型工艺，各种典型冲压模具结构及主要零部件设计，冲压模具设计实例等；第二部分主要介绍塑料的种类及性能，塑料制件结构设计的工艺性，如注射模、压缩模和压注模工艺，各种典型塑料模具结构及主要零部件设计，其它塑料模具设计，塑料模具设计实例等。此外，还对 CAD 在模具方面的应用进行了介绍。附录部分给出了模具设计时常用的资料及有关标准。

本书设计实例详细，适合于高职高专院校机电类专业学生使用，也可供从事模具技术工作的工程技术人员参考。

★ 本书配有电子教案，有需要的老师可与出版社联系，免费提供。

### 图书在版编目(CIP)数据

模具设计/赵伟阁主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.8

面向 21 世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

ISBN 7-5606-1710-7

I. 模… II. 赵… III. 模具—设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077247 号

策 划 马晓娟

责任编辑 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: [xdupfxb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfxb@pub.xaonline.com)

经 销 新华书店

印刷单位 西安翔云印刷厂

版 次 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 25.125

字 数 593 千字

印 数 1~4000 册

定 价 30.00 元

ISBN 7-5606-1710-7/TG·0008

**XDUP 2002001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

# 面向 21 世纪

## 机电及电气类专业高职高专规划教材

---

### 编审专家委员会名单

主 任：李迈强

副主任：唐建生 李贵山

#### 机 电 组

组 长：唐建生（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王春林 | 王周让 | 王明哲 | 田 坤 | 宋文学 |
| 陈淑惠 | 张 勤 | 肖 珑 | 吴振亭 | 李 鲤 |
| 徐创文 | 殷 铖 | 傅维亚 | 巍公际 |     |

#### 电 气 组

组 长：李贵山（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 马应魁 | 卢庆林 | 冉 文 | 申凤琴 | 全卫强 |
| 张同怀 | 李益民 | 李 伟 | 杨柳春 | 汪宏武 |
| 柯志敏 | 赵虎利 | 戚新波 | 韩全立 | 解建军 |

项目策划：马乐惠

策 划：马武装 毛红兵 马晓娟

电子教案：马武装

## 前 言

随着我国改革开放的不断深入,作为少、无切屑加工的模具行业得到了飞速发展,社会上迫切需要各种模具设计师、模具技师等技术人才。

本书是由西安电子科技大学出版社组织编写的面向 21 世纪机电及电气类专业高职高专规划教材之一。编写中注重高等职业技术教育的特点,以能力培养为主线,把模具设计的理念、方法及步骤贯穿全书。书中全面、系统地讲述了几种典型的冷冲压模具和塑料模具的原理、工艺及其结构设计,并且通过具体的模具设计实例,详细说明了各种模具的设计步骤与方法,便于学习和掌握。

本书由漯河职业技术学院赵伟阁主编。全书共 11 章,其中第一章、第二章由陕西工业职业技术学院李云编写,第三章、第四章由河南职业技术学院彭伟编写,第五章、第六章由兰州工业高等专科学校张红岩编写,第八章、第九章由漯河职业技术学院赵伟阁编写,第七章、第十章由兰州工业高等专科学校刘彦国编写,第十一章及附录由兰州工业高等专科学校余华俐编写。

由于编者实践经验及理论水平有限,仓促成书,难免存在错误及不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 4 月于漯河

# 目 录

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>第一章 冷冲压的基本知识 .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 概述 .....               | 1         |
| 1.1.1 冷冲压的概念 .....         | 1         |
| 1.1.2 冷冲压的特点及应用 .....      | 1         |
| 1.1.3 冷冲压工序的分类 .....       | 2         |
| 1.1.4 冲模分类 .....           | 4         |
| 1.1.5 冷冲压的现状和发展方向 .....    | 4         |
| 1.2 冲压变形 .....             | 8         |
| 1.2.1 材料的冲压成型性能 .....      | 8         |
| 1.2.2 板料的冲压成型性能试验 .....    | 9         |
| 1.2.3 冲压常用材料及选用 .....      | 12        |
| 1.3 冲压设备 .....             | 15        |
| 1.3.1 压力机的分类与型号 .....      | 15        |
| 1.3.2 压力机的典型结构 .....       | 17        |
| 1.3.3 冲压设备的选择 .....        | 24        |
| 1.4 冲压模具材料 .....           | 26        |
| 习题 .....                   | 29        |
| <b>第二章 冲裁模具设计 .....</b>    | <b>30</b> |
| 2.1 冲裁工艺 .....             | 30        |
| 2.1.1 冲裁间隙 .....           | 30        |
| 2.1.2 凸、凹模刃口尺寸的计算 .....    | 34        |
| 2.1.3 冲压力的计算 .....         | 38        |
| 2.1.4 排样与搭边 .....          | 39        |
| 2.1.5 冲裁件的工艺性 .....        | 42        |
| 2.2 冲裁模的典型结构及主要零部件设计 ..... | 44        |
| 2.2.1 冲裁模的典型结构 .....       | 44        |
| 2.2.2 冲裁模主要零部件的设计与选用 ..... | 51        |
| 2.3 设计实例 .....             | 66        |
| 2.3.1 设计题目 .....           | 66        |
| 2.3.2 设计步骤 .....           | 66        |
| 习题 .....                   | 68        |
| <b>第三章 弯曲模具设计 .....</b>    | <b>70</b> |
| 3.1 弯曲工艺 .....             | 70        |
| 3.1.1 弯曲变形过程分析 .....       | 70        |
| 3.1.2 弯曲件的质量分析 .....       | 74        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 3.1.3 弯曲件的工艺性 .....       | 83  |
| 3.1.4 弯曲件毛坯展开尺寸的计算 .....  | 86  |
| 3.1.5 弯曲力的计算 .....        | 88  |
| 3.1.6 弯曲件的工序安排 .....      | 90  |
| 3.2 弯曲模典型结构及工作零件的设计 ..... | 91  |
| 3.2.1 弯曲模的分类与设计要点 .....   | 91  |
| 3.2.2 弯曲模的典型结构 .....      | 91  |
| 3.2.3 弯曲模工作零件的设计 .....    | 102 |
| 3.3 设计实例 .....            | 107 |
| 3.3.1 设计题目 .....          | 107 |
| 3.3.2 设计步骤 .....          | 107 |
| 习题 .....                  | 112 |

#### 第四章 拉深模具设计 .....

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 4.1 拉深工艺 .....            | 115 |
| 4.1.1 拉深变形过程分析 .....      | 115 |
| 4.1.2 拉深件的质量分析 .....      | 118 |
| 4.1.3 圆筒形件拉深的工艺计算 .....   | 120 |
| 4.1.4 拉深力与压边力的计算 .....    | 132 |
| 4.1.5 其它形状零件的拉深 .....     | 135 |
| 4.1.6 拉深工艺的辅助工序 .....     | 147 |
| 4.2 拉深模典型结构及工作零件的设计 ..... | 148 |
| 4.2.1 拉深模具的分类 .....       | 148 |
| 4.2.2 拉深模具的典型结构 .....     | 149 |
| 4.2.3 拉深模具工作零件的设计 .....   | 152 |
| 4.3 设计实例 .....            | 157 |
| 4.3.1 设计题目 .....          | 157 |
| 4.3.2 设计步骤 .....          | 157 |
| 习题 .....                  | 162 |

#### 第五章 其它冲压模具设计 .....

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 5.1 级进模 .....           | 164 |
| 5.1.1 概述 .....          | 164 |
| 5.1.2 多工位级进模的设计步骤 ..... | 166 |
| 5.1.3 多工位级进模的总体设计 ..... | 167 |
| 5.1.4 多工位级进模的结构设计 ..... | 175 |
| 5.2 成型模 .....           | 178 |
| 5.2.1 翻孔和翻边 .....       | 178 |
| 5.2.2 缩口 .....          | 180 |
| 5.2.3 胀形 .....          | 181 |
| 5.2.4 旋压 .....          | 183 |
| 5.2.5 校平与整形 .....       | 183 |
| 习题 .....                | 185 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| <b>第六章 塑料成型工艺</b>    | 186 |
| 6.1 塑料的种类            | 186 |
| 6.1.1 塑料及其类型         | 186 |
| 6.1.2 热塑性塑料的工艺特性     | 187 |
| 6.1.3 热固性塑料的工艺特性     | 188 |
| 6.2 塑料制件的结构工艺性       | 190 |
| 6.2.1 塑料制件的尺寸和精度     | 190 |
| 6.2.2 塑料制件的表面质量      | 191 |
| 6.2.3 形状             | 191 |
| 6.2.4 脱模斜度           | 191 |
| 6.2.5 壁厚             | 192 |
| 6.2.6 加强筋            | 192 |
| 6.2.7 支承面与凸台         | 193 |
| 6.2.8 圆角             | 193 |
| 6.2.9 孔的设计           | 193 |
| 6.2.10 嵌件设计          | 193 |
| 6.2.11 标记符号          | 194 |
| 6.2.12 表面彩饰          | 194 |
| 6.3 塑料成型设备           | 194 |
| 6.3.1 注射成型工艺         | 194 |
| 6.3.2 注射成型工艺参数的选择与控制 | 196 |
| 6.3.3 注射成型工艺参数与模具的关系 | 198 |
| 6.4 塑料模具材料           | 200 |
| 习题                   | 202 |
| <b>第七章 注射模设计</b>     | 203 |
| 7.1 注射成型原理及工艺过程      | 203 |
| 7.1.1 注射成型原理及工艺过程    | 203 |
| 7.1.2 注射模具的分类及组成     | 204 |
| 7.1.3 典型注射模具结构       | 206 |
| 7.2 注射成型模具各部分组成及设计   | 208 |
| 7.2.1 分型面            | 208 |
| 7.2.2 成型零件设计         | 210 |
| 7.2.3 浇注系统设计         | 217 |
| 7.2.4 合模导向机构         | 225 |
| 7.2.5 推出机构           | 226 |
| 7.2.6 侧向分型与抽芯机构设计    | 233 |
| 7.2.7 模具调温系统设计       | 239 |
| 7.3 设计实例             | 243 |
| 7.3.1 设计题目           | 243 |
| 7.3.2 设计步骤           | 243 |
| 习题                   | 250 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第八章 压缩模设计</b>          | 252 |
| 8.1 压缩模工艺                 | 252 |
| 8.1.1 压缩模分类及应用            | 252 |
| 8.1.2 压缩模用压机的选择           | 255 |
| 8.1.3 压缩模结构特征             | 261 |
| 8.2 压缩模结构组成及模具结构设计        | 265 |
| 8.2.1 压缩模结构组成             | 265 |
| 8.2.2 成型零件结构设计            | 268 |
| 8.2.3 导向机构设计              | 277 |
| 8.2.4 开模和推出机构设计           | 280 |
| 8.2.5 抽芯机构设计              | 284 |
| 8.3 设计实例                  | 285 |
| 8.3.1 设计题目                | 285 |
| 8.3.2 设计步骤                | 286 |
| 习题                        | 290 |
| <b>第九章 压注模设计</b>          | 291 |
| 9.1 压注模概述                 | 291 |
| 9.1.1 压注模特点               | 291 |
| 9.1.2 压注模分类               | 292 |
| 9.2 压注模结构组成及模具主要结构设计      | 295 |
| 9.2.1 压注模结构组成             | 295 |
| 9.2.2 压注模主要结构设计           | 296 |
| 9.3 设计实例                  | 310 |
| 9.3.1 设计题目                | 310 |
| 9.3.2 设计步骤                | 311 |
| 习题                        | 313 |
| <b>第十章 其它塑料工艺与模具设计</b>    | 314 |
| 10.1 中空吹塑工艺与模具设计          | 314 |
| 10.1.1 中空吹塑成型原理及分类        | 314 |
| 10.1.2 中空吹塑成型工艺参数         | 317 |
| 10.1.3 中空吹塑成型工艺设备         | 317 |
| 10.1.4 中空吹塑成型模具           | 318 |
| 10.2 低发泡注射成型模具设计          | 328 |
| 10.2.1 低发泡注射成型概述          | 328 |
| 10.2.2 低发泡注射成型模具结构        | 329 |
| 10.3 可发性聚苯乙烯泡沫塑料成型模       | 331 |
| 习题                        | 338 |
| <b>第十一章 CAD 在模具设计中的应用</b> | 339 |
| 11.1 模具 CAD 概述            | 339 |



|        |                                   |     |
|--------|-----------------------------------|-----|
| 11.1.1 | CAD 在模具设计中的发展.....                | 339 |
| 11.1.2 | 常用模具 CAD 软件简介 .....               | 340 |
| 11.2   | CAD 在模具设计中的应用.....                | 342 |
| 11.3   | Pro/Engineer 中文野火版塑件及模具设计实例 ..... | 343 |
| 11.3.1 | 盒体塑件设计 .....                      | 343 |
| 11.3.2 | 盒体注塑模设计 .....                     | 350 |
| 习题     | .....                             | 360 |
| 附录 A   | 常用冲压和注塑设备规格与参数 .....              | 361 |
| 附录 B   | 冷冲模主要零部件标准 .....                  | 365 |
| 附录 C   | 注射模主要零部件标准 .....                  | 380 |
| 参考文献   | .....                             | 390 |

# 第一章 冷冲压的基本知识

## 1.1 概 述

### 1.1.1 冷冲压的概念

冷冲压是在室温下,利用安装在冲压设备上的模具对材料施加压力,使其产生分离或塑性变形,从而获得所需零件的一种压力加工方法。

冷冲压所使用的模具称为冷冲压模具,简称冷冲模。冷冲模在冷冲压中至关重要,没有符合要求的冷冲模,冷冲压生产就难以进行;没有先进的冷冲模,先进的冷冲压加工就无法实现。冲压工艺与模具、冲压设备、冲压材料构成冷冲压加工的三要素,如图 1-1 所示。

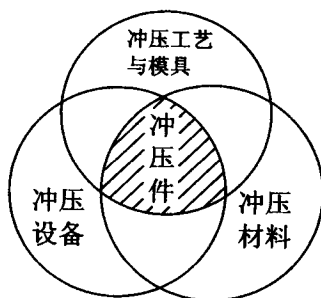


图 1-1 冷冲压加工的三要素

### 1.1.2 冷冲压的特点及应用

冷冲压加工与其它加工方法相比,无论在技术方面,还是在经济方面,都具有许多独特的优势,主要有:

(1) 冷冲压是由模具保证冲压件的尺寸公差与形状精度的,且所用的原材料多是表面质量好的板料或带料,所以产品尺寸稳定,互换性好。

(2) 冷冲压所获得的零件一般无需进行切削加工,因而是一种节省能源、节省原材料的少、无切削加工方法。

(3) 冷冲压产品壁薄、质量好、刚度好,可以加工尺寸范围较大、形状较复杂的零件,如小到钟表的秒针,大到汽车的覆盖件等。

(4) 冷冲压生产依靠冲模和冲压设备完成加工,其生产率高、操作方便,易于实现机

械化、自动化。对于普通压力机，每台每分钟可生产几件到几十件冲压件，而高速冲床每分钟可生产数百件甚至千件以上冲压件。

由于冷冲压生产具有上述优点，因此在批量生产中应用十分广泛。相当多的工业部门都越来越多地采用冷冲压加工产品零部件，如飞机、汽车、电子、仪表、国防以及日用品等行业。在这些工业部门中，冲压件所占的比重都相当大，不少过去用铸造、锻造、切削加工方法制造的零件，现在大多数被刚度好、质量轻的冲压件代替。如果在生产中不广泛采用冲压工艺，那么许多工业部门要提高生产率、提高产品质量、降低生产成本、进行产品更新换代是难以实现的。

不过冲压成型加工必须具备相应的冲模，而模具是技术密集型产品，其制造属单件小批量生产，具有难加工、精度高、技术要求高的特点，生产成本低，因而，只有在冲压零件大批量生产的情况下才能获得较高的经济效益。

1.1.3 冷冲压工序的分类

冷冲压加工的零件，由于其形状、尺寸、精度要求、生产批量、原材料等各不相同，因此生产中所采用的冷冲压工艺方法也是多种多样的。概括起来冷冲压工序可分为两大类，即分离工序和成型工序。分离工序是指使板料按一定的轮廓线分离而获得一定形状、尺寸和切断面质量的冲压件(俗称冲裁件)的工序，主要包括冲孔、落料、切断等；成型工序是指坯料在不破裂的条件下产生塑性变形而获得一定形状和尺寸的冲压件的工序，主要包括弯曲、拉深、翻边、胀形等。冲压工序的具体分类及特点见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 分离 工 序

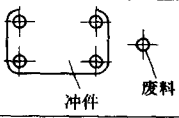
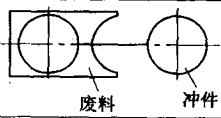
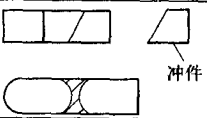
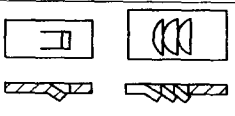
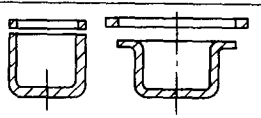
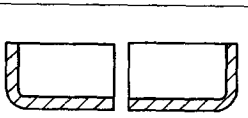
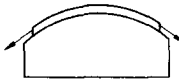
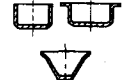
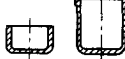
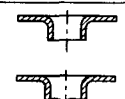
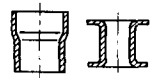
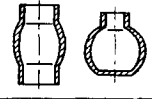
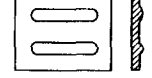
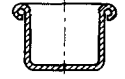
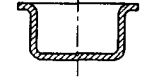
| 工序名称   |    | 工 序 简 图                                                                             | 特点及应用范围                 |
|--------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 冲<br>裁 | 冲孔 |  | 用冲模沿封闭轮廓冲切板料，冲下来的部分为废料  |
|        | 落料 |  | 用冲模沿封闭轮廓冲切板料，冲下来的部分为冲件  |
|        | 切断 |  | 用剪刀或冲模切断板材，切断线不封闭       |
|        | 切口 |  | 在坯料上沿不封闭轮廓冲出缺口，切口部分发生弯曲 |
|        | 切边 |  | 将工件的边缘部分切除              |
|        | 剖切 |  | 把工件切开出两个或多个零件           |

表 1-2 成型工序

| 工序名称 |      | 工序简图                                                                                | 特点及应用范围                      |
|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 弯曲   | 弯曲   |    | 将板料弯成一定的形状                   |
|      | 拉弯   |    | 在拉力和弯矩共同作用下实现弯曲变形            |
|      | 扭弯   |    | 把工件的一部分相对另一部分扭转成一定角度         |
| 拉深   | 拉深   |    | 把平板坯料制成空心件，壁厚基本不变            |
|      | 变薄拉深 |    | 把空心件进一步拉深成侧壁比底部薄的工件          |
| 成型   | 翻孔   |    | 把工件上的孔的边缘翻出竖立边缘              |
|      | 翻边   |    | 把工件的外缘翻成圆弧或曲线状的竖立边缘          |
|      | 扩口   |    | 把空心件的口部扩大                    |
|      | 缩口   |  | 把空心件的口部缩小                    |
|      | 胀形   |  | 使空心件或管状件沿径向往外扩张，形成局部直径较大的零件  |
|      | 起伏   |  | 依靠材料的伸长变形使工件形成局部凹陷或凸起        |
|      | 卷边   |  | 把空心件的口部卷成接近封闭的圆形             |
|      | 旋压   |  | 用滚轮使旋转状态下的坯料逐步成型为各种旋转体空心件    |
|      | 整形   |  | 依靠材料的局部变形，少量改变工件形状和尺寸，以提高其精度 |
|      | 校平   |  | 将有拱弯或翘曲的平板件压平，以提高其平面度        |

### 1.1.4 冲模分类

冲压模具是冲压生产的主要工艺装备。冲压质量、生产效率以及生产成本等，都与模具类型及其结构设计有直接关系。冲压生产对模具结构的基本要求是：在保证冲出合格冲件的前提下，不但应与生产批量相适应，而且还应具有结构简单，操作方便、安全，使用寿命长，易于制造、维修，成本低廉等特点。

冲压模具的形式很多，一般可按以下几个主要特征分类。

#### 1. 根据工艺性质分类

(1) 冲裁模：沿封闭或敞开的轮廓线使材料产生分离的模具。如落料模、冲孔模、切断模、切口模、切边模等。

(2) 弯曲模：使平板坯料沿着直线(或弯曲线)产生弯曲变形，从而获得一定角度和形状的工件的模具。

(3) 拉深模：把平板料制成开口空心件，或使空心件进一步改变形状和尺寸的模具。

(4) 成型模：把坯料或工序件按凸、凹模的形状直接复制成型，而材料本身仅产生局部塑性变形的模具。如胀形模、缩口模、扩口模、翻边模和整形模等。

#### 2. 根据工序组合程度分类

(1) 单工序模：一般只有一对凸、凹模，在压力机的一次行程中，只完成一道冲压工序的模具。

(2) 复合模：只有一个工位，在压力机的一次行程中，在同一工位上同时完成两道或两道以上工序的模具。

(3) 级进模：在毛坯的送进方向上，具有两个或更多的工位，在压力机的一次行程中，在不同的工位上逐次完成两道或两道以上工序的模具。

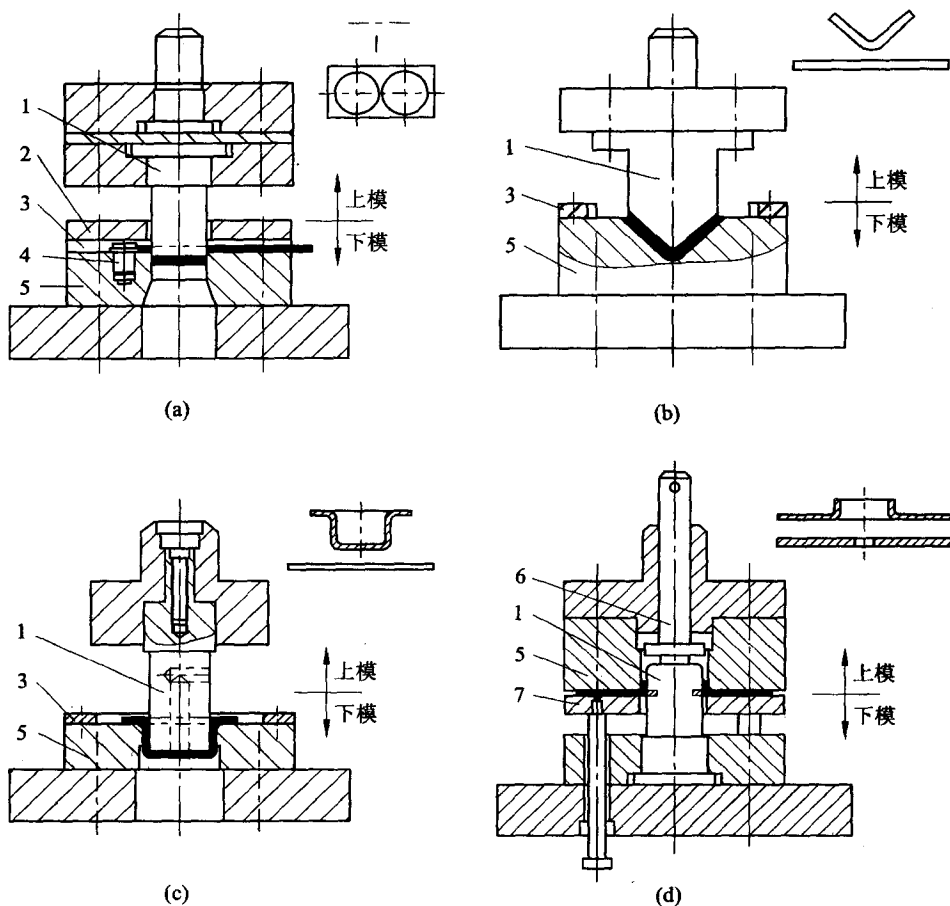
不论何种类型的冲模，都可看成是由上模和下模两部分组成。上模被紧固在压力机滑块上，可随滑块作上下往复运动，是冲模的活动部分；下模被固定在压力机工作台或垫板上，是冲模的固定部分。工作时，坯料在下模面上通过定位零件定位，压力机滑块带动上模下压，在模具工作零件(即凸模、凹模)的作用下坯料产生分离或塑性变形，从而获得所需形状和尺寸的冲件。上模回升时，模具的卸料与出件装置将冲件或废料从凸、凹模上卸下或推、顶出来，以便进行下一次冲压循环。图 1-2 所示为几种常见冲模的结构简图，其中凸模 1 和凹模 5 是工作零件，定位板 3 和挡料销 4 是定位零件，卸料板 2、推件杆 6、压料板(顶件板)7 等构成模具卸料与出件装置，其余是模具的支承与固定零件。

### 1.1.5 冷冲压的现状和发展方向

随着科学技术的不断进步和工业生产的迅速发展，许多新技术、新工艺、新设备、新材料不断涌现，因而促进了冷冲压技术的不断革新和发展。

#### 1. 冲压成型理论及冲压工艺

冲压成型理论的研究是提高冲压技术的基础。目前，国内外对冲压成型理论的研究非常重视，在材料冲压性能研究、冲压成型过程应力应变分析、板料变形规律研究及坯料与模具之间的相互作用研究等方面均取得了较大的发展。特别是随着计算机技术的飞跃发展



1—凸模 2—卸料板 3—定位板 4—挡料销 5—凹模 6—推件杆 7—压料板

图 1-2 几种常见冲模的结构简图

(a) 冲裁模; (b) 弯曲模; (c) 拉深模; (d) 成型模

和塑性变形理论的进一步完善,近年来国内外已开始应用塑性成型过程的计算机模拟技术,即利用有限元(FEM)等数值分析方法模拟金属的塑性成型过程,根据分析结果,设计人员可预测某一工艺方案成型的可行性及可能出现的质量问题,并通过在计算机上有选择地修改相关参数,实现工艺及模具的优化设计。这样既节省了昂贵的试模费用,也缩短了制模周期。

提高劳动生产率及产品质量,降低成本和扩大冲压工艺应用范围的各种冲压新工艺,是研究和推广的大方向。目前,国内外相继出现了精密冲压工艺、超塑性成型工艺、软模成型工艺、高速高能成型工艺及无模多点成型工艺等精密、高效、经济的冲压新工艺。其中,精密冲裁是提高冲裁件质量的有效方法,它扩大了冲压加工范围,目前精密冲裁加工零件的厚度可达 25 mm,精度可达 IT6~IT7 级;利用金属材料的超塑性进行超塑性成型,可以用一次成型代替多道普通的冲压成型工序;用液体、橡胶、聚氨脂等作柔软性凸模或凹模的软模成型工艺,能加工出用普通加工方法难以加工的材料和复杂零件,在特定生产

条件下具有明显的经济效果；采用爆炸等高能高效成型方法对于加工各种尺寸大、形状复杂、批量小、强度高和精度高的板料零件，具有重要的实用意义。无模多点成型工艺是用高度可调的凸模群体代替传统模具进行板料曲面成型的一种先进工艺技术，我国已自主设计制造了具有国际领先水平的无模多点成型设备，解决了多点压机成型法，从而可随意改变变形路径和受力状态，提高了材料的成型极限，同时利用反复成型技术可消除材料内残余应力，实现无回弹成型。

## 2. 冲模

冲模是实现冲压生产的基本条件。在冲模的设计与制造上，目前正朝着以下两方面发展。一方面，为了适应高速、自动、精密、安全等现代化需要，冲模正向高效率、高精度、高寿命、自动化及多工位方向发展。在我国，工位数达 50 甚至更多的级进模，寿命达亿次的硬质合金模，精度和自动化程度相当高的冲模都已经应用在生产中。同时，由于这样的冲模对加工、装配、调整、维修要求很高，因此各种高效、精密，数控、自动化的模具加工机床和检测设备也正在迅速发展。另一方面，为了产品更新换代和试制或小批量生产的需要，锌合金冲模、聚氨脂橡胶冲模、薄板冲模、钢带冲模、组合冲模等各种简易冲模及其制造工艺也得到了迅速发展。

模具材料及热处理与表面处理工艺对模具加工质量和寿命的影响很大，世界各主要工业国在此方面的研究取得了较大的进展，并开发了许多新的钢种，其硬度可达 HRC58~70，而变形只有普通钢的  $1/2 \sim 1/5$ 。如火焰淬火钢可局部硬化，且无脱碳；我国研制的 65Nb、LD 和 CD 等新钢种，具有热加工性能好、热处理变形小、抗冲击性能佳等特点。与此同时，还发展了一些新的热处理和表面处理工艺，主要有气体软氮化、离子氮化、渗硼、表面涂镀、化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、激光表面处理等。这些方法能提高模具工作表面的耐磨性、硬度和耐腐蚀性，使模具寿命大大延长。

模具的标准化和专业化生产，已得到模具行业的广泛重视。这是由于模具标准化是组织模具专业化生产的前提，而模具的专业化生产是提高模具质量、缩短模具制造周期、降低成本的关键。我国已颁布了冷冲压术语、冷冲模零部件的国家标准。冲模的专业化生产正处在积极组织 and 实施之中。但总的来说，我国冲模的标准化和专业化水平还是比较低的。

模具 CAD/CAE/CAM 技术是改造传统模具生产方式的关键技术，它以计算机软件的形式为用户提供一种有效的辅助工具，使工程技术人员能借助计算机对产品、模具结构、成型工艺、数控加工及成本等进行优化设计，从而显著缩短模具设计与制造周期，降低生产成本，提高产品质量。随着功能强大的专业软件和高效集成制造设备的出现，以三维造型为基础、基于并行工程的模具 CAD/CAE/CAM 技术正成为发展方向，它能实现制造和装配的设计、成型过程的模拟和数控加工过程的仿真，还可对模具可制造性进行评价，使模具设计与制造一体化、智能化。

## 3. 冲压设备和冲压生产自动化

性能良好的冲压设备是提高冲压生产技术水平的基本条件。高精度、高寿命、高效率的冲模需要高精度、高自动化的压力机与之相匹配。为了满足大批量高速生产的需要，目前冲压设备也由单工位、单功能、低速朝着多工位、多功能、高速和数控方面发展。加之机

械手乃至机器人的大量使用,使冲压生产效率得到了大幅度的提高。

冲压生产的自动化是提高劳动生产率和改善劳动条件的有效措施。由于冷冲压操作简单,坯料和工序件形状比较规则,一致性好,因此容易实现生产的自动化。冲压生产的自动化包括原材料的运输、冲压工艺过程及检测、冲模的更换与安装、废料处理等各个环节,但最基本的是压力机自动化和冲模自动化。除了上述自动压力机和数控压力机之外,适用于各种条件下自动操作的通用装置和检测装置,如带料、条料或工序件的自动送料装置,自动出件与理件装置,送料位置和加工检测装置,安全保护装置等,都是实现普通压力机和冲模自动化的基本装置。

#### 4. 冷冲压基本原理的研究

冷冲压工艺及冲模设计与制造方面的发展,均与冲压变形基本原理的研究取得进展是分不开的。例如,板料冲压工艺性能的研究,冲压成型过程应力应变分析和计算机模拟、板料变形规律的研究,从板料变形规律出发的坯料与冲模之间相互作用的研究,在冲压变形条件下的摩擦、润滑机理方面的研究等,为逐步建立起紧密结合生产实际的、先进的冲压工艺及冲模设计方法打下了基础。因此,可以说冲压成型基本理论的研究是提高冲压技术的基础。

#### 5. 模具先进制造工艺及设备

模具制造技术现代化是模具工业发展的基础。计算机技术、信息技术、自动化技术等先进技术正在不断与传统制造技术交叉、融合,形成先进制造技术。模具先进制造技术主要体现在如下方面:

(1) 高速铣削加工。普通铣削加工采用低的进给速度和大的切削参数,而高速铣削加工则采用高的进给速度和小的切削参数。

(2) 电火花铣削加工。电火花铣削加工是电火花加工技术的重大发展,这是一种替代传统,用成型电极加工模具型腔的新技术。像数控铣削加工一样,电火花铣削加工采用高速旋转的杆状电极对工件进行二维或三维轮廓加工,无需制造复杂电极。

(3) 慢走丝线切割技术。目前,数控慢走丝线切割技术发展水平已相当高,功能相当完善,自动化程度已达到无人看管运行的程度。最大切割速度已达  $300 \text{ mm}^2/\text{min}$ ,加工精度可达到  $\pm 1.5 \mu\text{m}$ ,加工表面粗糙度达  $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 。直径  $0.03 \sim 0.1 \text{ mm}$  细丝线切割技术的开发,可实现凸、凹模的一次切割完成,并可进行  $0.04 \text{ mm}$  的窄槽及半径  $0.02 \text{ mm}$  内圆角的切割加工;锥度切割技术已能进行  $30^\circ$  以上锥度的精密加工。

(4) 精密磨削及抛光技术。精密磨削及抛光加工由于精度高、表面质量好、表面粗糙度值小等特点,在精密模具加工中广泛应用。目前,精密模具制造已开始使用数控成型磨床、数控光学曲线磨床、数控连续轨迹坐标磨床及自动抛光机等先进设备和技术。

(5) 数控测量。伴随模具制造技术的进步,模具加工过程的检测手段也取得了很大发展。三坐标测量仪已开始在模具加工中使用,现代三坐标测量仪除了能高精度地测量复杂曲面的数据外,其良好的温度补偿装置、可靠的抗振保护能力、严密的除尘措施以及简便的操作步骤,使得现场自动化检测成为可能。

#### 6. 快速制模技术

为了适应工业生产中多品种、小批量生产的需要,加快模具的制造速度,降低模具生



产成本, 开发和应用快速经济制模技术越来越受到人们的重视。目前, 快速经济制模技术主要有低熔点合金制模技术、锌基合金制模技术、环氧树脂制模技术、喷涂成型制模技术等。以此项技术制造模具, 能简化模具制造工艺、缩短制造周期、降低模具生产成本, 在工业生产中取得显著的经济效益。

## 1.2 冲压变形

冲压生产中使用的材料相当广泛, 为了满足不同产品的需要, 必须选择合适的材料, 而从冲压工艺本身出发, 又对冲压材料提出冲压性能方面的要求。因此, 在冲压工艺及模具设计中, 懂得如何选用材料, 并进一步了解材料的冲压成型性能, 是非常必要的。

### 1.2.1 材料的冲压成型性能

材料对各种冲压成型方法的适应能力称为材料的冲压成型性能。材料冲压成型性能好, 就是指其便于冲压成型, 单个冲压工序的极限变形程度和总的极限变形程度大, 生产率高、成本低, 就容易得到高质量的冲压件, 模具寿命也长。由此可见, 冲压成型性能是一个综合性的概念, 它涉及的因素很多, 但就其主要内容来看, 有两个方面: 一是成型极限; 二是成型质量。

#### 1. 成型极限

成型极限是指材料在冲压成型过程中的最大变形程度。对于不同的冲压工序, 成型极限是采用不同的极限变形系数来表示的, 如弯曲时为最小相对弯曲半径, 拉深时为极限拉深系数, 翻孔时为极限翻孔系数等。由于冲压用材料主要是板料, 冲压成型大多都是在板厚方向上的应力值近似为零的平面应力状态下进行的, 因此不难分析: 在变形坯料的内部, 凡是受到过大拉应力作用的区域, 就会使坯料局部严重变薄甚至拉裂; 凡是受到过大压应力作用的区域, 若压应力超过了临界应力就会使坯料丧失稳定而起皱。因此, 为了提高成型极限, 从材料方面看, 必须提高材料的抗拉和抗压的能力。若材料已确定, 从冲压工艺参数的角度来看, 必须严格控制坯料的极限变形系数。

当作用于坯料变形区的拉应力的绝对值最大时, 在这个方向上的变形一定是伸长变形, 故称这种冲压变形为伸长类变形, 如胀形、扩口、翻孔等; 当作用于坯料变形区的压应力为绝对值最大应力时, 在这个方向上的变形一定是压缩变形, 故称这种变形为压缩变形, 如拉深、缩口等。伸长类变形的极限变形系数主要取决于材料的塑性; 压缩类变形的极限变形系数通常是受坯料传力区的承载能力的限制, 有时则受变形区或传力区的失稳起皱的限制。

#### 2. 成型质量

冲压件的成型质量是指材料经冲压成型以后所得到的冲压件能够达到的质量标准, 包括尺寸精度、厚度变化、表面质量及物理力学性能等。影响冲压件质量的因素很多, 不同冲压工序的情况又各不相同, 这里只对一些共性的问题作简略介绍。

材料在塑性变形的同时总伴随着弹性变形, 当载荷去除后, 由于材料的弹性回复, 造成冲压件的尺寸和形状偏离模具工作部分的尺寸与形状, 从而影响冲压件的尺寸和形状精