



“十二五”江苏省高等学校重点教材  
卓越工程师教育培养机械类创新系列规划教材

# 冲压工艺与模具设计

主编 陈 炜  
主审 武兵书



科学出版社

“十二五”江苏省高等学校重点教材  
卓越工程师教育培养机械类创新系列规划教材

# 冲压工艺与模具设计

主 编 陈 炜

副主编 秦永法 王江涛 郭玉琴

石凤健 岳陆游 查长礼

主 审 武兵书

科 学 出 版 社

北 京

版权所有 侵权必究

举报电话：010-64034315；010-64010630（传真）

## 内 容 简 介

本书介绍了冲压工艺与模具设计的基本概念、冲压成形原理和板料成形性能，结合工程实例讲解典型的冲压工艺和模具设计，并对新技术进行了介绍。

本书共 12 章：第 1 章是冲压加工的基本概述；第 2、3 章介绍冲压成形原理和板料成形性能；第 4~7 章介绍冲裁工艺与模具设计、弯曲工艺与模具设计、拉深工艺与模具设计和其他成形工艺与模具设计；第 8~10 章介绍大尺寸连续成形工艺与模具设计、冲压工艺过程设计和冲模结构设计；第 11 章介绍先进成形技术；第 12 章介绍冲模 CAD/CAE/CAM 一体化技术。每章附有练习题。本书附录中提供了冲压中常见术语的中英文对照。

本书可作为普通高等院校理工科相关专业的教材，也可作为从事冲压工艺和模具设计相关行业的工程技术人员和科研人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺与模具设计/陈炜主编. —北京：科学出版社，2015.12

“十二五”江苏省高等学校重点教材（编号：2014-2-052）·卓越工程师教育培养机械类创新系列规划教材

ISBN 978-7-03-044929-0

I. ①冲… II. ①陈… III. ①冲压—工艺—高等学校—教材 ②冲模—设计—高等学校—教材 IV. ①TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 128536 号

责任编辑：邓 静 张丽花 / 责任校对：桂伟利  
责任印制：霍 兵 / 封面设计：迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2015 年 12 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2015 年 12 月第一次印刷 印张：21 1/2

字数：509 000

定价：49.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

版权所有，违者必究！未经本社许可，数字图书馆不得使用

# 《卓越工程师教育培养机械类创新系列规划教材》

## 组织委员会

主任：芮延年 胡华强

委员：(以姓名首字母为序)

陈 炜 冯志华 郭兰中 花国然 匡 敏 刘春节 刘 忠  
秦永法 石怀荣 唐文献 王广勋 王树臣 谢志余 郁汉琪  
曾亿山 张秋菊 朱 伟 周 海 左晓明

## 编写委员会

顾问：闻邦椿(院士)

主任：芮延年 陈 炜 张秋菊

副主任：(以姓名首字母为序)

郭兰中 刘会霞 刘 忠 秦永法 唐文献 谢志余 曾亿山  
朱瑞富 左晓明

委员：(以姓名首字母为序)

戴立玲 封士彩 高征兵 龚俊杰 顾 锋 顾 荣 管图华  
何高清 侯永涛 华同曙 化春键 黄 娟 刘道标 刘 新  
刘征宇 马伟民 毛卫平 倪俊芳 平雪良 齐文春 钱 钧  
盛小明 宋昌才 孙 进 唐火红 田玉冬 王德山 王汉成  
王建胜 卫瑞元 吴朝阳 解乃军 薛云娜 杨 莉 姚辉学  
袁 浩 张 洪 张洪丽 张建梅 张兴国 仲高艳 周建华  
朱益民 竺志大

秘书：邓 静

# 总 序

“卓越工程师教育培养计划”是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》的重大改革项目，也是促进我国由工程教育大国迈向工程教育强国的重大举措。旨在培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才，为国家走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务，对促进高等教育面向社会需求培养人才，全面提高工程教育、人才培养质量具有十分重要的示范和引导作用。

科学出版社以教育部“卓越工程师教育培养计划”为准则，以面向工业、面向世界、面向未来，培养造就具有工程创新能力强、适应经济社会发展需要的卓越工程技术人才为培养目标，组织有关专家、学者、教授编写了本套《卓越工程师教育培养机械类创新系列规划教材》。

本系列教材力求体现的最大特点是，在每本教材的编写过程中，根据授课内容，引入许多相关工程实践案例，这些工程实践案例具有知识性、典型性、启发性、真实性等特点，它可以弥补传统教材森严乏味的局限性，充分调动学生学习的积极性和创造性，引导学生拓宽视野、重视工程实践、培养解决实际问题的能力。通过编者精心收集组织的实际工程案例让学生明白为什么学习、学成能做什么，从而激发学生学习的内在动力和热情，使学生感到学有所用。

本系列教材除了主教材之外，还配套有多媒体课件，以后还将逐步完善建设配套的学习指导书、教师参考书，最终形成立体化教学资源网，方便教师教学，同时有助于学生更好的学习。

我们相信《卓越工程师教育培养机械类创新系列规划教材》的出版，将对我国普通高等教育的发展起到创新探索的推动作用，对机械工程人才的培养以及机械工业的发展产生积极有效的促进作用。

中国科学院院士、东北大学教授 阚邦椿

2015年4月28日

# 本书序

冲压是一种利用安装在压力机上的模具对材料施加压力,使其产生分离或塑性变形,从而获得所需零件和制品的材料成形工艺方法,历史悠久,应用广泛。冲压加工具有生产率高、生产成本低、操作简单、适合大批量生产等优点,在汽车、航空、电子等各个领域得到广泛应用。进入21世纪,先进冲压技术吸收了机械、电子、信息、材料等方面的优秀成果,综合应用于冲压产品的设计、制造、检测等全过程,实现优质、高效、低耗、清洁生产。近年来随着计算机辅助分析技术、传感技术及伺服压机的发展,具有感知、分析、推理、决策、控制功能的智能冲压成形技术已成为现代制造技术的一个重要组成部分,对国民经济的发展起着越来越重要的作用。

本书是材料成形及控制工程专业和机械专业模具方向的一门核心专业课,也是机械类其他专业的一门选修课。本书根据板料冲压成形技术和模具技术发展,重构课程结构和知识序列,整合相应的知识和技能,重点阐述基本理论、基本方法,引进大型覆盖件成形、精密连续成形、液压成形、热冲压成形、激光拼焊板冲压成形、超塑性成形等先进成形技术。本书的编写理论联系实际,开拓学生视野,注重学生创新意识和实践能力的培养。该书符合我国卓越工程师教育培养计划的要求,对于提高工程教育人才培养质量、培养创新能力强、适应经济社会发展需要的工程技术人才可以起到积极的作用。

以陈炜教授为首的《冲压工艺与模具设计》的编写团队,20多年来一直致力于冲压工艺和模具设计的教学研究与实践,取得了一批教学研究成果。本书是该团队科学研究成果的体现、教学研究成果的总结、教学实践成果的结晶。我在第一时间阅读了书稿,感到该书对机械类专业本科生的专业知识学习非常有用。相信这本书的出版会对机械类专业的卓越工程师培养起到积极的推动作用,对于从事冲压工艺与模具设计的专业人才也有很好的帮助和借鉴。有鉴于此,应陈炜教授之邀,欣然命笔作序。

中国工程教育机械类专业认证委员会副主任

上海交通大学教授 陈关龙

2015年5月

# 前 言

冲压成形是一种应用广泛、历史悠久的产品制造工艺,是汽车、飞机、农机、机车、电子产品等的基本制造方法,几乎没有一种现代工业装备上不采用冲压成形零件。近年来,随着新材料的发展,新型冲压技术纷纷涌现,已经成为先进制造领域(净形制造)重要的技术前沿。因此,为材料成形及控制工程专业、机械专业模具方向的本科教学以及工程技术人员,提供一本理论全面、基础扎实、内容丰富、接触前沿、案例新颖的教材,就显得十分必要和迫切。

本书对冲压工艺与模具设计的基本理论、基本方法进行了系统介绍,在叙述传统经典冲压成形理论及工艺的同时,结合行业现状和发展趋势介绍前沿知识和先进技术。因此,本书除了可以作为普通高等教育本科教学使用的专业教材,还可以作为工程技术人员提高专业技能的学习资料,有利于读者开拓专业视野,增加对新技术的了解。

作者承担过多项科研课题和教改项目,本书是作者在科研和教改工作的成果积累和总结基础上,结合冲压成形技术人才的培养需要进行编写的。本书的主要特色在于:

(1)体现卓越工程师的教学理念。本书采用《卓越工程师教育培养机械类创新系列规划教材》的编写理念和模式,旨在弥补传统教材的局限性,充分激发学生学习的内在动机和热情,使学生感到学有所用,从而提高学生的实践能力和创新能力,培养具有竞争力的工程技术人员。

(2)注重理论知识和工程实践相结合。力求在阐述基本理论的同时,注重工程实践案例的介绍,将理论与实践紧密结合;在阐述基础知识的同时,紧随行业发展,介绍专业的前沿知识,开拓学生思维和眼界。做到结合行业现状,将理论应用于实践;紧随行业发展,保证教材的新颖性和时效性。

(3)加强基础理论知识的介绍。鉴于板料成形技术是一个材料非线性、工艺非线性、几何非线性的大变形工程力学问题,本书加强了金属塑性变形基础、塑性变形的力学基础、板料成形问题的分析方法、板料成形区域及失效形式等冲压成形原理,以及板料成形性能分类、板料成形性能试验、材料性能参数和工艺参数对成形的影响等板料成形性能的介绍。

(4)将科研成果与本科教学相结合。本书结合作者多年的研究和教学工作,将板料冲压工艺设计、典型模具结构设计、先进成形技术、冲模 CAD/CAE/CAM 一体化技术等方面取得的科研成果,作为本书的重要内容,体现了专业知识的价值和活学活用,为开展研究型教学、启发式教学创造了条件。

可为选用本书作为教材的任课教师提供电子教案,同时还将提供冲压工艺与模具设计相关拓展阅读材料的电子版。

本书共 12 章,第 1、2、3、11 章由江苏大学陈炜编写,第 4 章由江苏科技大学石凤健编写,第 5 章由江苏大学查长礼编写,第 6 章由江苏大学郭玉琴编写,第 7 章由江苏大学岳陆游编写,第 8、9 章由扬州大学秦永法编写,第 10、12 章由江苏理工学院王江涛编写,本书中第 8.2、12.3 节由江苏大学陈炜编写。本书由陈炜统稿。

中国模具工业协会副理事长兼秘书长武兵书研究员担任本书主审,上海交通大学陈关龙教授为本书作序,在此表示衷心感谢。同时感谢江苏大学模具技术研究所多位博士生和硕士生为教材绘制插图。

由于作者水平有限,本书难免存在疏漏,敬希各位读者批评指正。

作 者

2015 年 5 月

# 目 录

第1章 绪论.....	1	3.1.1 板料成形性能分类.....	51
1.1 冲压加工概述.....	2	3.1.2 板料成形性能研究的内容和 问题.....	53
1.1.1 冲压加工工序的分类.....	2	3.2 鉴定板料成形性能的指数与 试验.....	55
1.1.2 冲压加工的工艺特点.....	4	3.2.1 基本成形性能指数与试验.....	55
1.1.3 冲压的发展现状与趋势.....	4	3.2.2 模拟成形性能指数与试验.....	58
1.2 冲压加工设备.....	7	3.2.3 金属学的成形性能指数与 试验.....	64
1.2.1 曲柄压力机的组成及应用.....	7	3.2.4 特定成形性能指数与试验.....	65
1.2.2 曲柄压力机的主要类型.....	9	3.3 材料性能参数和工艺参数对 成形的影响.....	67
1.2.3 曲柄压力机的型号和技术参数.....	11	3.3.1 材料性能参数对成形的影响.....	67
1.2.4 其他冲压设备.....	13	3.3.2 工艺参数对成形的影响.....	68
练习题.....	19	练习题.....	69
第2章 冲压成形原理.....	20	第4章 冲裁工艺与模具设计.....	71
2.1 金属塑性变形.....	21	4.1 冲裁工艺设计基础.....	72
2.1.1 弹性变形与塑性变形.....	21	4.1.1 冲裁变形原理.....	72
2.1.2 塑性变形的两种基本形式.....	22	4.1.2 冲裁间隙.....	74
2.1.3 多晶体塑性变形.....	24	4.1.3 冲裁件的质量分析.....	79
2.1.4 塑性变形原理.....	25	4.2 冲裁工艺力的计算.....	81
2.2 塑性变形的力学基础.....	27	4.2.1 冲裁力的计算.....	81
2.2.1 一点的应力与应变状态.....	27	4.2.2 降低冲裁力的措施.....	82
2.2.2 应力和应变关系.....	32	4.2.3 卸料力、推件力和顶件力.....	84
2.2.3 屈服准则.....	35	4.2.4 冲裁工艺力的计算.....	84
2.3 板料成形问题的分析方法.....	36	4.3 冲裁模工作部分的设计计算.....	85
2.3.1 平面应力问题.....	36	4.3.1 计算原则.....	85
2.3.2 平面应变问题.....	39	4.3.2 刃口尺寸计算方法.....	86
2.3.3 板料冲压成形中的应力应变 状态.....	41	4.4 冲裁件的排样.....	92
2.3.4 简单加载条件下的成形极限 曲线.....	42	4.4.1 材料利用率.....	92
2.3.5 成形技术分析方法的介绍.....	43	4.4.2 排样方法及选择.....	94
2.4 板料成形区域及失效形式.....	45	4.4.3 搭边.....	95
2.4.1 吉田成形区域.....	45	4.4.4 进距、条料宽度与导料板间 距离的计算.....	97
2.4.2 冲压成形中的破坏.....	46	4.5 冲裁工艺设计.....	99
2.4.3 冲压成形中的起皱.....	47	4.5.1 冲裁件的工艺性.....	100
练习题.....	49	4.5.2 冲裁工艺方案确定.....	103
第3章 板料成形性能.....	50		
3.1 板料成形性能研究的重要性.....	51		



4.6	冲裁模具简介	105	6.3.2	毛坯尺寸计算与形状设计	165
4.6.1	无导向开式简单冲裁模	106	6.3.3	盒形件的拉深变形程度	167
4.6.2	导板导向式落料冲裁模	106	6.3.4	盒形件的多工序拉深方法及 工序尺寸确定	168
4.6.3	导柱导套式落料冲裁模	107	6.4	压边力、拉深力和拉深功的 计算	170
4.7	精密冲裁工艺与模具设计	108	6.4.1	压边装置与压边力的确定	170
4.7.1	带齿圈压板精冲	109	6.4.2	拉深力的确定	172
4.7.2	整修	113	6.4.3	压力机的选取	172
	练习题	116	6.5	拉深模设计	173
<b>第5章</b>	<b>弯曲工艺与模具设计</b>	117	6.5.1	拉深模分类及典型模具结构	173
5.1	弯曲变形分析	118	6.5.2	拉深模工作零件的设计	176
5.1.1	弯曲变形过程分析	118		练习题	180
5.1.2	弯曲质量分析	121	<b>第7章</b>	<b>其他成形工艺与模具设计</b>	182
5.2	弯曲力计算	127	7.1	翻边成形	183
5.3	弯曲件的毛坯尺寸计算	128	7.1.1	圆孔翻边	183
5.4	弯曲件的工艺设计	130	7.1.2	外缘翻边	187
5.4.1	弯曲件的工艺性	130	7.1.3	非圆孔翻边	189
5.4.2	弯曲件的工序安排	134	7.1.4	变薄翻边	189
5.5	提高弯曲件精度的工艺措施	135	7.1.5	翻边模结构	191
5.5.1	减少回弹的主要措施	135	7.2	缩口成形	192
5.5.2	防止弯裂的措施	137	7.2.1	缩口变形特点	192
5.5.3	克服偏移的措施	138	7.2.2	缩口工艺计算	193
5.6	弯曲模工作部分的设计	138	7.3	扩口成形	195
5.6.1	弯曲模工作部分的尺寸设计	138	7.3.1	扩口变形程度	196
5.6.2	弯曲模的典型结构	140	7.3.2	毛坯尺寸的计算	196
	练习题	142	7.3.3	扩口力的计算	197
<b>第6章</b>	<b>拉深工艺与模具设计</b>	143	7.3.4	扩口的主要方式	198
6.1	拉深变形过程的分析	144	7.4	整形工艺	199
6.1.1	拉深的变形过程	144	7.5	旋压工艺	199
6.1.2	拉深过程中板料的应力应变 状态	146		练习题	201
6.1.3	拉深过程中的力学分析	147	<b>第8章</b>	<b>大尺寸连续成形工艺与模具 设计</b>	202
6.1.4	拉深件的主要质量问题	149	8.1	大型覆盖件的成形	203
6.2	直壁旋转零件的拉深工艺计算	152	8.1.1	大型覆盖件的成形特点和 要求	203
6.2.1	毛坯尺寸计算	152	8.1.2	冲压综合工艺设计	204
6.2.2	无凸缘圆筒形件的拉深	156	8.1.3	覆盖件模具结构设计	214
6.2.3	带凸缘圆筒形件的拉深	159			
6.2.4	阶梯形零件的拉深	163			
6.3	盒形件的拉深	164			
6.3.1	矩形盒的成形特点	164			

8.2 多工位级进成形 .....	217	练习题 .....	281
8.2.1 排样设计及要点 .....	218	<b>第 11 章 先进成形技术</b> .....	282
8.2.2 工序的确定与排序 .....	220	11.1 液压成形 .....	283
8.2.3 设计实例 .....	220	11.1.1 内高压成形技术 .....	283
8.3 复合成形 .....	230	11.1.2 板料液压成形技术 .....	285
练习题 .....	232	11.2 热冲压成形 .....	287
<b>第 9 章 冲压工艺过程设计</b> .....	234	11.2.1 热冲压成形基本原理 .....	288
9.1 工艺设计的内容与步骤 .....	235	11.2.2 热冲压成形的特点 .....	289
9.1.1 设计程序 .....	235	11.2.3 热冲压成形钢板材料 .....	290
9.1.2 工艺方案的确定 .....	236	11.2.4 热冲压成形技术的应用 .....	290
9.2 典型冲压件工艺设计实例 .....	242	11.2.5 热冲压成形模具设计 .....	291
9.2.1 冲压件的工艺分析 .....	243	11.2.6 高强度钢板热冲压关键	
9.2.2 工艺方案的分析与确定 .....	244	装备 .....	293
9.2.3 编制工艺卡片 .....	245	11.3 拼焊板成形 .....	295
练习题 .....	247	11.3.1 拼焊板的概念 .....	295
<b>第 10 章 冲模结构设计</b> .....	249	11.3.2 激光拼焊板冲压成形基本	
10.1 冲模及冲模零件的分类 .....	250	原理 .....	296
10.1.1 冲模的分类 .....	250	11.3.3 激光拼焊板冲压成形的	
10.1.2 冲模零件的分类 .....	250	优势 .....	297
10.2 模具零件材料和制件材料及		11.3.4 激光拼焊板冲压件在车身中	
性能 .....	251	的应用 .....	297
10.2.1 模具零件材料 .....	251	11.3.5 激光拼焊板模具设计 .....	298
10.2.2 制件材料及性能 .....	253	11.3.6 应用实例 .....	299
10.3 冲模主要零件的设计 .....	255	11.4 超塑性成形 .....	300
10.3.1 工作零件 .....	255	11.4.1 超塑性的概念和种类 .....	300
10.3.2 定位零件 .....	260	11.4.2 超塑性成形的特点 .....	302
10.3.3 压料及卸料零件 .....	266	11.4.3 超塑性的成形方法 .....	303
10.3.4 导向零件 .....	268	练习题 .....	304
10.3.5 固定与紧固零件 .....	268	<b>第 12 章 冲模 CAD/CAE/CAM 一体化</b>	
10.3.6 冲模零件的材料选用 .....	270	技术 .....	305
10.4 冲模结构设计要点 .....	270	12.1 概述 .....	306
10.4.1 模具结构形式的确定 .....	270	12.2 冲模 CAD .....	308
10.4.2 压力中心的计算 .....	270	12.2.1 冲模 CAD 技术的介绍 .....	308
10.4.3 冲压设备的选用 .....	273	12.2.2 冲模 CAD 的建模技术 .....	309
10.4.4 冲模零部件的技术要求 .....	274	12.3 冲模 CAE .....	311
10.4.5 冲模设计中应采用的安全		12.3.1 冲压成形仿真分析的介绍 .....	311
措施 .....	274	12.3.2 冲模 CAE 在汽车覆盖件冲	
10.5 工程实践案例: 托板零件冲		压成形中的应用 .....	314
模结构设计 .....	275	12.4 冲模 CAM .....	316

12.4.1 冲模 CAM 的介绍 .....	316
12.4.2 凹模加工实例 .....	317
12.4.3 高速加工 .....	321
12.4.4 特种加工 .....	324

练习题 .....	328
附录 冲压中常见术语的中英文对照 .....	329
参考文献 .....	332

# 第1章 绪 论

冲压与人们的生活息息相关，你身边就会有許多冲压件所组成的产品：大到汽车飞机，小到手表相机。模具是工业生产的基础工艺装备，被称为“制造业之母”。75%的粗加工工业产品零件、50%的精加工零件均由模具成形，机电新产品的开发往往取决于模具的研发能力。模具又是“效益放大器”，用模具生产的最终产品的价值，往往是模具自身价值的几十倍、上百倍。一块普通的金属板料如何会在冲压之后成为一件形状复杂、外观漂亮、价值昂贵的产品呢？通过本章的学习，你将会找到答案。

## 本章知识要点 >>

- (1) 掌握冲裁、弯曲、拉深和其他成形的概念。
- (2) 掌握冲压加工工序的分类和冲压加工的工艺特点，了解冲压领域的前沿发展现状和趋势。
- (3) 掌握曲柄压力机的工作原理、使用方法、技术性能和工作参数的选用，了解其他冲压设备的工作原理。

## 兴趣实践 >>

找一把剪刀和一块金属薄板，试着用剪刀沿着某一轨迹将薄板剪成一定的形状，并对过程进行观察与分析，体会分离加工原理。

## 探索思考 >>

寻找日常生活中常用的几件冲压件用品，结合冲压加工的基本知识，尝试分析其冲压加工的工序是什么？冲压特点如何？

## 预习准备 >>

预习冲压加工的基础知识、冲压领域的发展现状和趋势，预习曲柄连杆机构的工作原理。

## 1.1 冲压加工概述

冲压是利用模具在压力机上对材料加压,使之分离或变形,以得到一定形状工件的一种加工方法。由于冲压加工经常在材料冷状态下进行,因此也称冷冲压。冲压常用材料为板料,故也称为板料冲压。用冲压方法加工的工件称为冲压件。


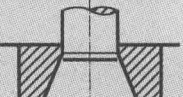

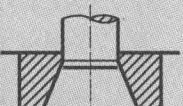


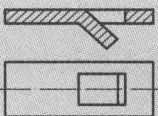

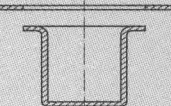
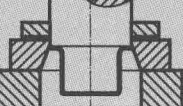
在冲压加工中,将材料(金属或非金属)加工成零件(或半成品)的一种特殊工艺装备,称为冲压模具(俗称冲模)。冲模是实现冲压加工必不可少的工艺装备,没有先进的模具技术,先进的冲压工艺就无法实现。

### 1.1.1 冲压加工工序的分类

由于冲压加工制件的形状、尺寸、精度、批量、原材料等各不相同,冲压方法也就多种多样。但总体来说,可分为分离工序和成形工序两大类。分离工序是将本来为一体的材料相互分开;而成形工序是指坯料在不破坏的条件下产生塑性变形而获得一定形状和尺寸的制件的工序。

对于分离工序和成形工序,按冲压加工方式的不同又可分为很多基本工序,见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 分离工序

序号	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
1	落料		用模具沿封闭线冲切板料,冲下的部分为制件	
2	冲孔		用模具沿封闭线冲切板料,冲下来的部分为废料	
3	切断		用剪刀或模具切断板料,切断线不是封闭的	
4	切口		用模具将板料局部切开而不完全分离,切口部分材料发生弯曲	
5	切边		用模具将工件边缘多余的材料冲切下来	

续表

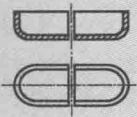
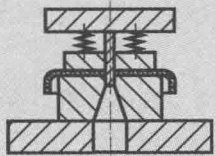
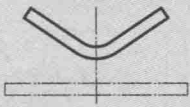
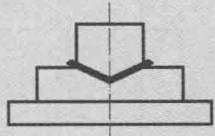
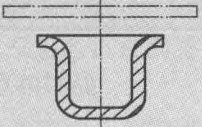
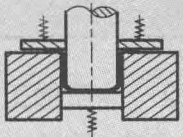

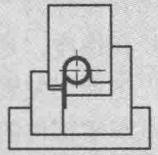

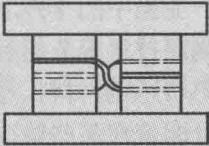
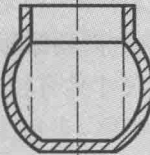
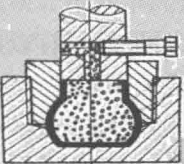
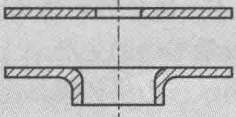
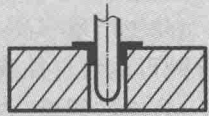
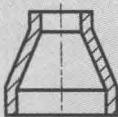
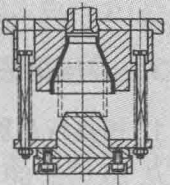
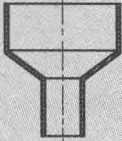
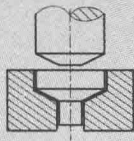
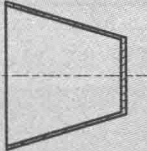
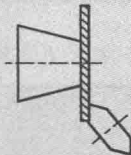
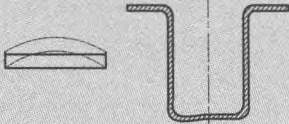
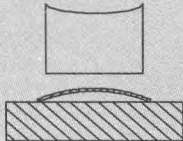
序号	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
6	剖切		沿不封闭的轮廓将半成品制件切离为两个或数个制件	

表 1-2 成形工序

序号	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
1	弯曲		用模具使板料弯成一定角度或一定形状	
2	拉深		用模具将板料压成任意形状空心件	
3	卷边		用模具把板料端部弯曲成接近封闭圆形	
4	扭曲		用模具将毛坯扭成一定角度的制件	
5	胀形		用模具对空心件加一定的径向力,使局部直径扩张	
6	翻边		把板料半成品的边缘按曲线和圆弧形成成垂直的边缘	
7	缩口		用模具对空心件口部施加由外向内的径向压力,使局部直径缩小	

续表

序号	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
8	扩口		将空心件或管状件口部向外扩张, 形成口部直径较大的零件	
9	旋压		用旋轮使旋转状态下的坯料逐步成形为各种旋转体空心件	
10	校形		将工件不平的表面压平; 将已弯曲或拉深的工件压成正确的形状	

### 1.1.2 冲压加工的工艺特点

模具被称为“工业之母”，其设计制造水平直接影响着产品的质量、质感、花色、品种和更新换代速度，是一个国家制造业发展水平的重要标志，也是制造业转型升级、提质增效的关键。工业要发展，模具须先行，没有高水平的模具就没有高水平的工业产品。

汽车零部件的 95%、家电零部件的 90% 由模具成形，IT 等消费电子、电器、包装品等诸多产业当中的 80% 的零部件都是由模具生产出来的。模具行业对我国经济发展、国防现代化和高端技术服务起到了十分重要的支撑作用。冲压加工的工艺特点如下。

(1) 节省材料。冲压是少、无切削加工方法之一。不仅能努力做到少废料和无废料生产，而且即使在某些情况下有边角余料，也可以充分利用，制成其他形态下的零件，使之不至于浪费。

(2) 冲压件有较好的互换性。冲压件的尺寸公差由模具保证，具有“一模一样”的特征，且一般无须做进一步机械加工，故同一产品的加工尺寸具有较高的精度和较好的一致性，因而具有较好的互换性。

(3) 冲压件质量好。冲压可以加工壁薄、重量轻、形状复杂、表面质量好、刚性好的零件。

(4) 生产效率高。用普通压力机进行冲压加工，每分钟可达几十件；用高速压力机生产，每分钟可达数百件或成千件以上，适用于较大批量零件的生产。

(5) 操作简单。冲压能用简单的生产技术，通过压力机和模具完成加工过程，其生产率高、操作简便，便于组织生产，易于实现机械化与自动化。

(6) 生产成本低。由于冲压生产效率高、材料利用率高，故生产的制品成本较低。

### 1.1.3 冲压的发展现状与趋势

#### 1. 模具行业现状

从 20 世纪 80 年代后期开始，中国模具工业发展十分迅速。我国冲压模具无论在数量上，还是在质量、技术和能力等方面都已经有了很大发展。目前，我国模具企业超过 2 万家、规

模以上 5000 家、重点骨干企业 133 家、上市公司 13 家。2014 年,我国模具工业实现销售总额 1635 亿元,同比增长 7.6%。海关数据显示,2014 年,我国模具进出口总额达到 75 亿美元,比 2013 年增长 5.73%,其中进口总额为 25.88 亿美元,比 2013 年下降 0.53%,出口总额为 49.19 亿美元,比 2013 年增长 9.35%。

改革开放以来,我国的模具工业经过多年发展,整体实力和综合竞争力显著增强,对汽车、家电等行业的服务能力大大提升。

(1)精密、大型模具发展良好,模具技术水平及其附加值不断提高。如模具精度可达  $0.1\mu\text{m}$ ;已能制造出与 C 级轿车配套的多数覆盖件模具、与 3000 次/min 高速冲床配套的精密多工位级进模、重达近 100t 的超大型塑料模具等。一些先进的模具设计制造技术已得到一定推广,如板料热成形技术、塑料模具中的热流道技术、快速变模温技术等。

(2)模具设计制造水平及生产方式进步巨大,CAD/CAM 应用得到普及,CAE 应用也得到普遍重视,CAPP、PLM、ERP 等数字化技术已有一部分企业开始采用,高速加工、并行工程、逆向工程、虚拟制造和标准生产已在一些重点企业实施。

(3)模具集聚区已经形成,形成了一大批颇具规模的模具城,产业聚集效应明显,模具集聚区主要集中在珠三角和长三角区,目前正在向全国范围扩展。

## 2. 模具工业面临的困境和挑战

近年来,模具行业结构调整和体制改革步伐加快,主要表现为:大型、精密、复杂、长寿命等中高档模具及模具标准件发展速度快于一般模具产品;我国模具年生产总量虽然已位居世界第一位,但设计制造水平在总体上与工业发达国家相比尚有不少差距,主要表现在以下几方面。

(1)我国模具工业与世界先进水平相比,仍存在一定差距。整个行业产品和产业结构同质化、低价竞争现象严重;同时,随着欧美制造业的重振回归、人民币的升值、原材料和劳动力成本的上升、国际贸易摩擦的加剧以及国内市场内需不振等,我国模具工业面临的困难和挑战越来越大。

(2)研发及自主创新能力较弱。总体上仍以“替代设计”为主,尚未采用先进科学的设计、分析、试验、验证规范,造成模具设计制造缺乏科学的指导和牵引,以跟踪替代应用为主,自主设计应用能力较弱。

(3)企业管理落后于技术的进步。由于模具行业的特殊性,其产品生产与其他制造业不同,大多属于定制化生产,而非批量生产,因此,许多模具企业的经营方式变化不大,虽然不少企业完成了从“作坊式”和承包方式生产向专业化、标准化现代生产方式的过渡,但沿用“作坊式”生产的中、小企业还有不少,导致管理水平低下,生产效率低。

(4)数字化信息化水平较低。多数企业数字化信息化大都停留在 CAD/CAM 的应用上,CAE、CAPP 尚未普及,企业软件应用水平普遍不高,既懂专业又熟悉 CAD/CAE/CAM 应用软件技术的复合型人才缺乏。同时,国内各模具生产厂家之间没有形成一致的设计、制造规范,标准件库也不完善,造成现有的模具 CAD/CAE/CAM 系统的集成化程度和智能化程度都较低。

(5)模具人才发展滞后于行业发展。人才发展的速度跟不上行业发展速度,尤其是行业领军人才与高端人才更加匮乏。



(6) 国产模具自给率近 88%，不足之处主要反映在以大型、精密、高性能为主的高技术含量模具，高水平模具仍然依赖进口。

(7) 随着美国“再工业化”，德国“工业 4.0”，法国“汽车产业振兴计划”等战略，加上国内“人口红利”消退，劳动力成本的提高，给我国模具企业发展提出了巨大挑战。

### 3. 技术发展重点

我国国民经济长期持续高速发展，机械行业在信息社会和经济全球化进程中也在不断发展，模具行业发展趋势是模具产品向着更大型、更精密、更复杂及更经济快速方向发展；向着信息化、数字化、无图化、精细化、自动化方向发展；向着技术集成化、设备精良化、产品品牌化、管理信息化、经营国际化方向发展。模具技术的发展趋势主要如下。

(1) CAD/CAE/CAM 的广泛应用及其软件的不断改进，CAD/CAE/CAM 技术的进一步集成化、一体化、智能化。

(2) PDM(产品数据管理)、CAPP(计算机辅助工艺设计管理)、KBE(基于知识工程)、ERP(企业资源管理)、MIS(模具制造管理信息系统)及 Internet 平台等信息网络技术的不断发展和应用。

(3) 智能成形技术、超高强钢板热成形、液压成形、激光拼焊板成形、不等厚板成形、模内多工艺集成、热流道技术、快速变模温技术等新技术的发展和應用。

(4) 高速、高精加工技术的发展与应用。

(5) 超精加工、复合加工、先进表面加工和处理技术的发展与应用。

(6) 快速成形与快速制模(RP/RT)技术的发展与应用。

(7) 精密测量及高速扫描技术、逆向工程及并行工程的发展与应用。

(8) 模具标准化及模具标准件的发展及进一步推广应用。

(9) 高性能模具材料的研制、系列化及其正确选用。

(10) 模具自动加工系统的研制与应用。

(11) 虚拟技术和纳米技术等逐步应用。

### 4. 产品开发重点

(1) 汽车覆盖件模：主要为汽车配套，也包括为农用车、工程机械和农机配套，它的冲压模具有很大的代表性，大都是大中型，结构复杂，技术要求高。尤其是为轿车配套的覆盖件模具，要求更高，代表冲压模的水平。

(2) 精密冲压模具：多工位级进模和精冲压模具代表了冲压模具的发展方向，精度要求和寿命要求高，主要为电子信息产业、汽车、仪器仪表、电机电器等配套。

(3) 大型精密注塑模：在汽车工业中，大中型内外饰件注塑模具有很大的需求量。发展科技含量高的大型精密汽车内外饰件注塑模是今后我国汽车模具的重要工作。

(4) 主要模具标准件：目前国内较大产量的模具标准件主要是模架、导向件、推杆推管、弹性元件等，但质量尚需提升，品种规模需要增加。

模具的生产过程集精密制造、计算机技术、智能控制和绿色制造为一体，既是高新技术载体，又是高新技术产品。没有高水平的模具，也就没有高水平的工业产品，因此模具技术成为衡量一个国家产品制造水平的重要标志之一。