

21

21世纪全国高职高专机电类规划教材

模具工程技术基础

MOJU GONGCHENG JISHU JICHU

赵世友 何晶 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电类规划教材

模具工程技术基础

主 编 赵世友 何 晶

副主编 张景双 高淑杰



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书为高职高专机电类规划教材,是根据应用型高职教育的特点,结合模具工业发展对技能型人才知识和技能的要求编写而成。本书内容丰富,语言简洁,在编写中注重知识的通俗性和实用性,包括冲压工艺及模具、塑料成型工艺及模具、压铸成型工艺及模具、模具零件制造、模具装配、模具 CAD/CAM 简介、现代模具制造技术简介和模具材料及热处理等内容。

本书适用于高职高专非模具、机电类专业 2、3 年学制学生使用(40~52 学时),也可作为从事模具设计与制造的专业技术人员的参考用书或是机械工人岗位培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

模具工程技术基础/赵世友,何晶主编. —北京:北京大学出版社,2008.9

(21 世纪全国高职高专机电类规划教材)

ISBN 978-7-301-13061-2

I. 模… II. ①赵…②何… III. 模具—高等学校:技术学校—教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 192177 号

书 名: 模具工程技术基础

著作责任者: 赵世友 何 晶 主编

责任编辑: 桂 春

标准书号: ISBN 978-7-301-13061-2/TH·0061

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn>

电 子 信 箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 14.5 印张 317 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 26.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024; 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

模具作为现代制造工业的基本工艺装备之一，有“效率放大器”之称，模具技术为产品开发、制造起到越来越重要的作用。随着模具应用得越来越多，未来直接或间接从事模具生产的人也会越来越多。为此，根据职业教育的特点，结合模具工业发展对技能人员的知识技能要求，编写一本通俗易懂、简单实用的模具技术基础知识教材，让初学者能快速入门并掌握模具技术中的一些基本知识和典型模具结构，是作者编写此书的目的。

本书作为高职高专机电类规划教材，根据应用型高职教育的特点与基本要求编写。本书适用于非模具、机电类专业2、3年学制学生使用（40~65学时），也可作为从事模具设计与制造的专业技术人员的参考用书或是机械工人岗位培训和自学用书。

本书所含内容丰富，文字表达通俗易懂，深入浅出，实用性强。在内容上，本书图文并茂、简明精练、通俗易懂；重点介绍了模具应用、模具制造的基本知识，包含了模具工程技术的主要内容。知识点以必需、够用为度，理论分析和计算量较少，从而降低了知识的理论深度，同时注重内容的通俗性和实用性。在广度上，本书覆盖了冷冲模具、塑料成型模具及压铸成型模具三大类，在通俗性和实用性上突出了模具的基础知识、模具的成型工艺、模具典型结构、模具制造、模具装配、模具材料，对模具CAD/CAM作了简介，同时还对目前正在发展的前沿制造技术作了介绍。每个章节后均配有习题，以培养学生的实践能力和应用能力。

本书由赵世友、何晶任主编，张景双、高淑杰任副主编，并由赵世友统稿。本书共9章，具体编写安排如下：沈阳职业技术学院赵世友编写第1章、第5章、第6章，黑龙江农业经济职业技术学院张景双编写第2章、第9章，辽宁机电职业技术学院何晶编写第3章、第4章，辽宁科技学院高淑杰编写第7章、第8章。

在本书的编写过程中，沈阳理工大学应用技术学院于丽君提供了大量资料，并对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。此外，本书还得到了有关工厂企业、高等院校的大力支持，在此一并表示衷心感谢。同时，书中参考和引用了部分有关资料，在此特向有关作者致谢。

由于编者水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编 者

2008年5月

目 录

第1章 绪论.....	1
1.1 模具及成形特点.....	1
1.2 模具的作用与地位.....	1
1.3 模具成形方法与模具种类.....	2
1.4 模具技术的发展趋势.....	3
1.5 学习本课程的性质、任务和学习方法.....	4
1.6 思考与练习.....	4
第2章 冲压工艺及模具.....	5
2.1 冷冲压概述.....	5
2.1.1 冲压工艺分类.....	5
2.1.2 冲压工艺特点.....	7
2.1.3 冲裁模结构的组成.....	7
2.1.4 冲压设备.....	9
2.1.5 常用冲压材料.....	11
2.2 冲裁.....	12
2.2.1 冲裁工艺.....	13
2.2.2 冲裁模.....	17
2.3 弯曲.....	22
2.3.1 弯曲工艺.....	23
2.3.2 弯曲模.....	26
2.4 拉深.....	28
2.4.1 拉深工艺.....	29
2.4.2 拉深模.....	34
2.5 成形.....	36
2.5.1 成形工艺.....	37
2.5.2 成形模.....	39
2.6 汽车覆盖件.....	41
2.6.1 覆盖件的成形工艺.....	42
2.6.2 覆盖件成形模具.....	45

2.7	思考与练习.....	48
第3章	塑料成型工艺及模具.....	50
3.1	概述.....	50
3.1.1	塑料.....	50
3.1.2	塑料成型工艺.....	51
3.1.3	塑料成型设备.....	51
3.2	注射成型.....	52
3.2.1	注射成型工艺.....	52
3.2.2	注射模具.....	56
3.3	压缩成型.....	60
3.3.1	压缩成型工艺.....	60
3.3.2	压缩模具.....	63
3.4	挤出成型.....	65
3.4.1	挤出成型工艺.....	65
3.4.2	挤塑模具.....	67
3.5	吹塑成型.....	70
3.5.1	吹塑成型工艺.....	70
3.5.2	吹塑成型模具.....	73
3.6	思考与练习.....	75
第4章	压铸成型工艺及模具.....	76
4.1	概述.....	76
4.1.1	压铸合金.....	76
4.1.2	压铸成型工艺.....	77
4.1.3	压铸机.....	77
4.2	压铸工艺.....	79
4.2.1	压铸工艺参数的设定.....	79
4.2.2	压铸件的结构工艺性.....	81
4.3	压铸模具.....	81
4.3.1	压铸模的分类.....	81
4.3.2	压铸模的组成.....	82
4.4	思考与练习.....	86
第5章	模具零件制造.....	87
5.1	概述.....	87
5.1.1	模具零件制造的工艺特点.....	87
5.1.2	制定模具工艺规程的步骤.....	88

5.1.3	模具制造过程所用的主要设备	88
5.1.4	模具零件的主要加工方法	89
5.2	模具零件的机械加工	91
5.2.1	模架组成零件的机械加工	91
5.2.2	模具工作型面的机械加工	94
5.3	模具零件的电加工	107
5.3.1	电火花加工	107
5.3.2	电火花凹模型孔的加工工艺	110
5.3.3	电火花凹模型腔的加工工艺	114
5.3.4	电火花线切割加工	119
5.3.5	电火花线切割加工工艺	122
5.4	模具工作零件的加工工艺路线	126
5.4.1	工艺路线拟定的主要内容	126
5.4.2	冲裁模凸凹模零件的加工工艺	130
5.4.3	落料凹模零件的加工工艺	132
5.4.4	塑料模型腔零件加工的工艺	134
5.5	思考与练习	138
第6章	模具装配	139
6.1	概述	139
6.1.1	模具装配的组织形式	139
6.1.2	模具装配的内容	139
6.1.3	模具装配的方法	140
6.1.4	模具的装配尺寸链	141
6.2	冲压模具的装配与试模	144
6.2.1	冲裁模具装配与试模	145
6.2.2	弯曲模的装配与试模	158
6.2.3	拉深模的装配与试模	159
6.3	塑料模具的装配与试模	160
6.3.1	成形零件的装配	161
6.3.2	浇口套和顶出机构的装配	164
6.3.3	滑块抽芯机构的装配	166
6.3.4	塑料模具的总装	168
6.3.5	塑料模具的装模与试模	171
6.4	压铸模具的装配与试模	173
6.4.1	压铸模装配技术要求	173

6.4.2	压铸模装配方法	174
6.4.3	压铸模具的试模	174
6.5	思考与练习	175
第7章	模具 CAD/CAM 简介	176
7.1	概述	176
7.1.1	模具 CAD/CAM 基本概念	176
7.1.2	模具 CAD/CAM 系统的工作过程及系统组成	177
7.1.3	模具 CAD/CAM 系统的硬件及软件	178
7.2	模具 CAD/CAM 常用软件	179
7.2.1	各种流行的模具 CAD/CAM 软件	179
7.2.2	冲压模具及塑料注射模具 CAD/CAM 系统	181
7.3	模具 CAE	186
7.3.1	模具 CAE 的一般功能	186
7.3.2	通用有限元软件	187
7.4	思考与练习	188
第8章	现代模具制造技术简介	189
8.1	现代先进制造技术	189
8.1.1	现代模具制造技术的特点	189
8.1.2	先进制造技术的特征	190
8.1.3	模具先进技术的应用	190
8.2	模具快速成型加工	192
8.2.1	快速成型加工的基本原理	192
8.2.2	快速成型加工的方法	193
8.2.3	典型快速成型加工方法的比较与选用	196
8.2.4	快速成型在模具制造中的应用	197
8.3	逆向工程制造	198
8.3.1	实物逆向工程研究内容	199
8.3.2	逆向工程的应用	200
8.3.3	逆向工程技术的发展趋势	200
8.3.4	后处理及逆向工程技术在模具制造中的应用	201
8.4	模具制造并行工程	201
8.4.1	并行工程的运行模式	201
8.4.2	并行工程的核心内容	203
8.4.3	模具制造并行工程的实施	203
8.5	思考与练习	206

第9章 模具材料及热处理.....	207
9.1 模具材料及性能.....	207
9.1.1 模具材料.....	207
9.1.2 模具材料的性能要求.....	208
9.1.3 模具材料选用的原则.....	209
9.2 常用模具材料.....	209
9.2.1 冷作模具材料.....	209
9.2.2 热作模具材料.....	211
9.2.3 塑料成型模具材料.....	212
9.3 模具材料的热处理.....	215
9.3.1 普通热处理.....	216
9.3.2 表面热处理.....	217
9.3.3 采用新的热处理.....	218
9.4 模具材料的检测及措施.....	219
9.5 思考与练习.....	219
参考文献.....	220

第 1 章 绪 论

模具工业是国民经济发展的重要基础工业之一，模具上下产业链的迅速发展，使模具技术在生产中发挥着越来越重要的作用。利用模具将金属或非金属材料压制成形制造产品的方法，已被广泛应用。通过本章的学习可以对模具技术有初步的了解。

1.1 模具及成形特点

模具是成形加工的基础，在现代机械制造工业及日用品、电子产品、轻工产品等生产中，用各种压力机和装在压力机上的专用工具通过压力把金属或非金属材料制成所需形状的零件或制品，这种专用工具统称为模具。

模具成形的方法与其他加工方法相比具有以下特点。

(1) 模具成形方法是少切屑、无切屑的先进成形方法，它具有节省能源、降低材料消耗的优点，制造的零件成本较低。

(2) 模具可成形形状复杂的零件，用模具制造的产品精度高、表面质量好、尺寸稳定。

(3) 用模具制造的成形件是在压力作用下成形的，制件的组织致密、强度和刚度都较高。

(4) 模具成形加工是在压力机或注塑机等成形设备驱动下进行的，其操作简便、生产效率高、易实现机械化与自动化。

现在的模具工，不像以前纯粹靠手工制模，更多地体现在模具设计和模具制造上，其质量与精度一般靠先进机床保证；在计算机和 Internet 信息技术的推动下，以 CAD/CAM 为基础，数字化无纸生产，虚拟产品开发，异地协同设计与制造，逆向工程技术制模等代表的现代制造技术和现代制造业迅猛发展。

1.2 模具的作用与地位

模具是生产中使用非常广泛的工艺装备。用模具成形零件，具有生产率高、优质、低成本等特点。无论是在机械制造、汽车、石油化工、仪器仪表，还是在家用电器、轻工日用品及航空航天等工业部门都是不可缺少的。在现代生产中，模具制造成为一切制造之首。

模具不是批量生产的产品，它具有单件生产和对特定用户的依赖特性，多数工业发达的国家都将生产的模具化作为工艺发展的方向之一，从而对模具给予了高度重视。如汽车、电器、电机、仪表等行业，有 60%~90% 的产品零件需用模具加工。螺钉、螺母等标准紧固件，没有模具就无法大批量生产，工程塑料、粉末冶金、橡胶、压铸、玻璃成形等工艺则全部需要模具。据预测，到 21 世纪，机械产品零件中 75% 的粗加工和 50% 的精加工件，将用精密模具直接生产，以取代常规的机械加工。所以，模具技术发展状况及水平的高低，直接影响到工业产品的发展，也是衡量一个国家工艺水平的重要标志之一。

目前，人们普遍认识到，研究和开发模具技术，对促进国民经济的发展具有特别重要的意义。我国的模具已经成为工业生产的重要基础工艺装备，是国民经济建设中不可缺少的一个部分。

1.3 模具成形方法与模具种类

目前在模具技术中，使用的模具成形方法主要有冲压成形、塑料成型、压铸成型、模锻成形、橡胶成形、玻璃和陶瓷成形等，与之相应的模具类型有冲模、塑料模、压铸模、锻模、粉末冶金模、橡胶模、玻璃模、陶瓷模和其他各类模具。模具成形方法可分为两大类：即冲压模模具（冲模），型腔模模具。而每一大类又可细分为若干种，详见图 1-1。

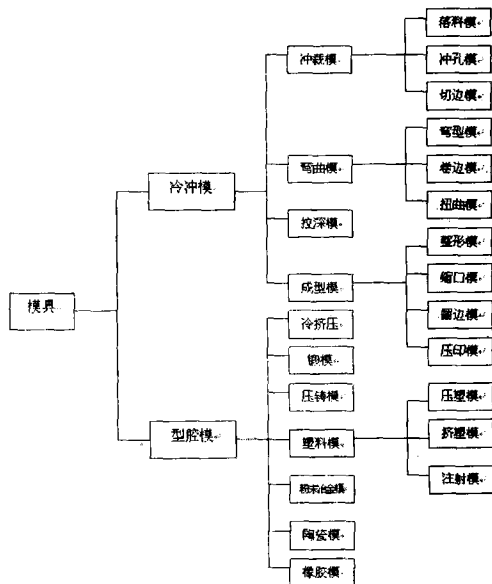


图 1-1 模具的分类

本书重点介绍冲压成形、塑料成型、压铸成型及其模具。

冲压成形是在常温下,利用模具在压力机上对材料施加压力,使材料产生塑性变形或分离,从而获得一定形状和尺寸精度制件的加工方法。其使用的模具为冲压模具。

塑料成型是以树脂为主要成分的高分子有机化合物(即塑料),利用塑料成型机在一定的温度和压力下将熔融状的塑料注入模具型腔冷却成形的加工方法。其使用的模具有注射模具、压缩模具、压注模具、吹塑模具。

压铸成型是在普通铸造工艺的基础上发展起来的一种先进的加工方法,它是将熔融的金属液在压铸机的高压作用下,以较高的速度通过模具的浇注系统充满模腔,并在压力下冷却凝固成压铸件。其使用的模具为压铸模具。

1.4 模具技术的发展趋势

工业产品的品种增多、市场的激烈竞争,对模具工业提出了更高的要求。缩短模具设计和制造周期、提高模具制造精度、降低模具制造成本、开发模具成形新技术和新型模具结构,将是近一段时间模具行业努力的方向。

模具制造的模具钢材材料硬度高,要求模具加工设备具有热稳定性、高可靠性。对复杂型腔和多功能复合模具,随着制件形状的复杂化,必须要提高模具的设计制造水平。多种沟槽、多种材质在一套模具中成形或组装成组件的多功能复合模具,就要求加工编程程序量大,具有高深孔腔综合切削能力和高稳定性,提高了加工难度。

模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具设计与制造的发展方向。随着计算机软、硬件的发展和数控机床的应用普及,模具计算机工程分析、设计与制造一体化将成为必然。它不仅能提高模具设计、制造的效率,而且还能缩短模具制造周期,减少设计和制造人员的重复劳动,提高模具质量。

高动态精度。机床生产企业介绍的静态性能(如重复定位精度、直线进给速度)在模具三维型面加工时,不能反映实际加工情况。模具的三维曲面高精度加工,提出了高动态精度性能的要求,高速高精度还要在机床的高刚性、热稳定性、高可靠性以及高品质的控制系统相配合才可能实现。

模具加工难度增大。模具成型零件的日渐大型化和零件的高生产率,要求一模多腔,致使模具日趋大型化,大吨位的大型模具可达 100 吨,一模几百腔、上千腔,要求模具加工设备大工作台、加大 Y 轴 Z 轴行程、大承重、高刚性,高一致性。超精加工技术、电化学技术、超声技术和激光加工技术在今后的模具制造中将得到进一步的应用。优质模具材料和新型材料将得到应用和推广。模具标准化程度将不断提高。

总之,先进制造技术的出现正急剧改变着制造业的产品结构和生产过程,对模具行业

也是如此。质量、成本（价格）和时间（工期）已成为现代工程设计和产品开发的核心因素，现代企业大都以高质量、低价格、短周期为宗旨来参与市场竞争。模具行业必须在设计技术、制造工艺和生产模式等方面加以调整以适应这种要求。模具制造现代化正成为国内外模具业发展的一种趋势。

1.5 学习本课程的性质、任务和学习方法

本课程为机电类非模具专业的主要课程之一，通过本课程的学习使学生掌握模具技术基础知识，了解先进模具制造技术，具有分析模具结构、从事模具制造技术工作和组织模具生产管理的能力。本课程介绍了模具成形、模具结构、模具制造、模具装配及模具材料等基础知识，为进一步学习其他专业和职业技能打下基础。

本课程实用性、实践性较强，涉及的知识面较广。因此，在学习时应特别注意实践环节，可通过参观、现场教学及实习等手段，增加感性认识，提高综合实训能力。

1.6 思考与练习

1. 模具的作用是什么？它在生产中的地位如何？
2. 试述模具主要成形的方法。
3. 学习本课程应注意哪些方面的问题？
4. 什么是冲压成形、塑料成型、压铸成型？

第 2 章 冲压工艺及模具

在模具成形加工中有许多成形方法，涉及许多内容。本章主要介绍模具成形加工中所涉及的冷冲压工艺、冲压材料、冲压设备冲压模具等。

2.1 冷冲压概述

冷冲压加工，是在常温下利用压力机和冷冲压模具对金属板料或型材施加压力，使其产生塑性变形或断裂分离，从而得到零件所需的形状和尺寸，这样一种加工工艺方法称为冷冲压加工，简称冲压。又因其加工对象多为金属板料也称板料冲压。冲压所使用的成形工具为冷冲压模具，简称冲模。

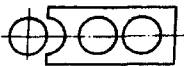
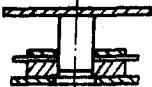
2.1.1 冲压工艺分类

冲压加工的零件种类繁多，对零件的形状、尺寸、精度的要求也各有不同，从而冲压成形的的方法也是多种多样的。但是根据材料的变形特点，冲压工艺大致可分为分离工序和成形工序两大类；按冲压工序的内容又可分为冲裁、弯曲、拉深、翻边成形等工序；按完成冲压工艺过程可分为单工序、级进工序、复合工序。


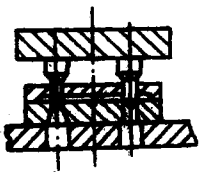
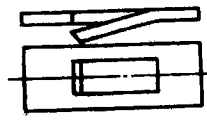
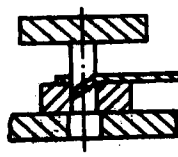
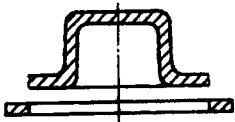
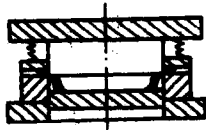
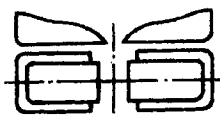
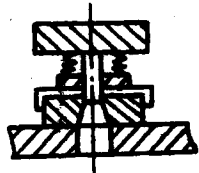
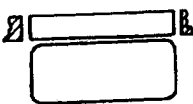
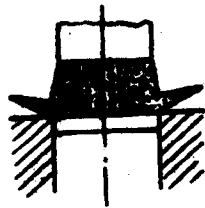
分离工序是在冲压过程中，使冲压件与坯料沿一定的轮廓线相互分离，同时冲压件分离断面的质量也要满足一定的要求。例如：切断、落料、冲孔等。

成形工序是使冲压坯料在不破坏的条件下发生塑性变形，转化成所要求的成品形状，同时也满足尺寸公差等方面的要求。如弯曲、拉深、翻边成形等。表 2-1 为常用冲压工序分类及应用模具。

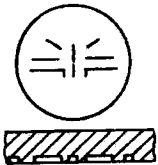
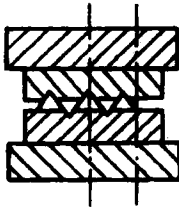

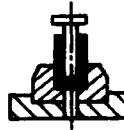
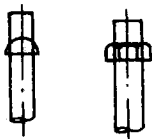
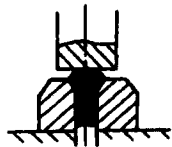
表 2-1 常用冲压工序分类及应用模具

类别	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
分离 工序	落料		用落料模沿封闭轮廓冲载板料或条料冲掉部分是制件	

(续表)

类别	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
分离工序	冲孔		用冲孔模沿封闭轮廓冲载工件或毛坯, 冲掉部分是废料	
	切口		用切口模将部分材料切开, 但并不使它完全分离, 切开部分材料发出弯曲	
	切边		用切边模将坯件边缘的多余材料冲切下来	
	剖切		用剖切模将坯件弯曲件或拉深件剖成两部分或几部分	
	整修		用整修模去掉坯件外缘或内孔的余量, 以得到光滑的断面和精确的尺寸	

(续表)

类别	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
立体成形工具	压印		用压印模使材料局部转移, 以得到凸、凹的浮雕花纹和标记	
	冷挤压		用冷挤模使金属沿凸凹间隙流动, 从而使厚毛坯转变为薄壁空心件或横截面小的制品	
	顶镦		用顶镦模使金属体积重新分布及转移, 以得到头部比(坯件)杆部粗大的制件	

2.1.2 冲压工艺特点

冷冲压是一种少无切削的加工工艺, 材料利用率很高。冲压产品的尺寸精度是由模具保证的, 质量稳定, 一般不需再经机械加工即可使用; 在冲压过程中材料表面不受破坏。它是集表面质量好、重量轻、操作简便、生产率高、成本低、易于实现机械化与自动化于一身的加工方法。因此, 在现代工业生产中得到广泛应用。

冷冲压模具是冲压工艺中必不可少的工艺装备, 一般一个冲压零件需要用几副模具才能加工成形。产品的形状、尺寸、精度都是靠模具来保证的, 产品的更新必须以模具的更新为基础, 因此模具制造是机械加工工业中的一个重要组成部分。

2.1.3 冲裁模结构的组成

按模具零件的不同作用, 可将冲裁模结构分为工艺零件和结构零件两大类。工艺零件是在完成工序时, 与材料或制件直接发生接触的零件; 结构零件是在模具制造和使用中起装配、安装作用的零件, 以及制造和使用中起导向作用的零件。冲裁模结构的组成及其零件的作用见表 2-2。

表 2-2 冲裁模结构的组成及其零件的作用

零件种类		零件名称	零件作用	
模具基本结构	工艺零件	工作零件	凸模	完成板料的分离成形
			凹模	
			凸凹模	
			刃口镶块	
	工艺零件	定位零件	定位销(板)	确定条料(坯件)在冲模中的正确位置
			挡料销(板)	
			导正销	
			导料板	
			定位侧刃	
			侧压器	
	工艺零件	压料、卸料及出料零件	压边圈	使零件从条料分离后, 将零件从冲模中卸下来。而拉伸模的压边圈起防止失稳起皱作用
			卸料板	
			顶出器	
			顶销	
			推杆	
			推板	
			废料刀	
	结构零件	导向零件	导柱	正确保证上、下模的正确位置, 以保证冲压精度
			导套	
			导板	
导块				
支承及支持零件		上、下模板	连接固定工作零件, 使之成为完整的模具结构	
		模柄		
		固定板		
		垫板		
		限位器		
紧固零件		螺钉	紧固、连接各类零件, 圆柱销起稳固定位作用	