

面向21世纪

高职高专系列教材

冷冲压工艺与 模具设计

◎陈剑鹤 主编

◎胡光耀 审



机械工业出版社
China Machine Press

面向 21 世纪高职高专系列教材

冷冲压工艺与模具设计

陈剑鹤 主编

胡光耀 审



机械工业出版社

本书对中、小型零件的冷冲压工艺及模具设计做了系统叙述。全书共6章,包括金属冲压成形的基本理论、冲裁、弯曲、拉深、成形、冷挤等工艺及模具设计。

本书从内容上兼顾理论基础和设计实践两个方面,以案例的形式进行编写,用较大篇幅介绍了各种模具的设计示例,每个示例中都有工艺分析、主要设计方法和步骤、模具结构分析和主要零、部件设计等方面的详细内容,实用性强,便于自学。

本书可以作为高职高专机电专业的专业课教材,也可以作为中等专业学校、技工学校相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压工艺与模具设计/陈剑鹤主编. —北京:机械工业出版社, 2001.9

面向21世纪高职高专系列教材

ISBN 7-111-08291-5

I. 冷… II. 陈… III. ①冷冲压—高等学校:技术学校—教材②冲压—冲模—设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TG38

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第061928号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王虹

版式设计:冉晓华

责任校对:张佳

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002年1月第1版·第1次印刷

1000mm×1400mm B5·7.125印张·1插页·328千字

0 001 - 5 000册

定价:21.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

面向 21 世纪高职高专 机电专业系列教材编委会成员名单

顾问	王文斌 陈瑞藻 李 奇 冯炳尧
主任委员	吴家礼
副主任委员	朱家健 任建伟 孙希羚 梁 栋 张 华 帕尔哈提 朱建风
委员	刘靖华 韩满林 丛晓霞 朱旭平 陈永专 吕 汀 刘靖岩 刘桂荣 杨新友 陈剑鹤 张 伟 何彦廷 陶若冰 陈志刚
秘书长	胡毓坚
副秘书长	郝秀凯

出版说明

积极发展高职高专教育，完善职业教育体系，是我国职业教育改革和发展的一项重要任务。为了深化职业教育的改革，推进高职高专教育的发展，培养 21 世纪与我国现代化建设要求相适应的，并在生产、管理、服务第一线从事技术应用、经营管理、高新技术设备运作的高级职业技术应用型人才，尽快组织一批适应高职高专教学特色的教材，已成为各高职高专院校的迫切要求。为此，机械工业出版社与高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会联合组织了全国 40 多所院校的骨干教师，共同研究开发了一批计算机专业、电子技术专业和机电专业的高职高专系列教材。

各编委会确立了“根据高职高专学生的培养目标，强化实践能力和创新意识的培养，反映现代职业教育思想、教育方法和教育手段，造就技术实用型人才为立足点”的编写原则。力求使教材体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。

本套系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业、机电专业教材编委会分别会同各院校第一线专业教师针对高职高专计算机、电子技术和机电各专业的教学现状和教材存在的问题开展研讨，尤其针对目前高职高专教学改革的新情况，分别拟定各专业的课程设置计划和教材选题计划。在教材的编制中，将教学改革力度比较大、内容新颖、有创新精神、比较适合教学、需要修编的教材以及院校急需、适合社会经济发展的新选题优先列入选题规划。在广泛征集意见及充分讨论的基础上，由各编委会确定每个选题的编写大纲和编审人员，实行主编负责制，编委会通过责任编委和主审对教材进行质量监控。

担任本套教材编写的老师们都是来自各高职高专院校教育第一线的教师，他们以高度的责任感和使命感，经过近一年的努力，终于将本套教材呈现在广大读者面前。由于高职高专教育还处于起步阶段，加上我们的水平和经验有限，在教材的选题和编审中可能出现这样那样的问题，希望使用这套教材的教师和学生提出宝贵的意见和建议，以利我们今后不断改进，为我国的高职高专教育事业的繁荣而共同努力。

高职高专系列教材编委会
机械工业出版社

前 言

根据全国高等职业技术教育机电教材编委会的要求，为培养高级应用性专业人材的需要，特编写了面向 21 世纪高职高专系列教材《冷冲压工艺与模具设计》。

本课程的参考学时为 100 学时，其主要内容为金属冲压成形的基本理论和冲裁、弯曲、拉深、成形、冷挤等工艺及模具设计。在讲述冲压成形基本理论的基础上，结合典型案例讲述冷冲压工艺与模具设计，同时选编了较多的实例分析，供读者参考。

本书由常州信息职业技术学院陈剑鹤主编，贵州电子信息职业技术学院胡光耀审稿。陈剑鹤编写绪论、第 2 章第 9 节、第 3 章第 5 节、第 4 章第 7 节第 5 段、第 5 章；天津第二轻工业学校王振云编写第 1 章、第 2 章；天津电子信息职业技术学院刘洪贤编写第 3 章、第 6 章；常州信息职业技术学院吴振明编写第 4 章。在编写过程中，得到兄弟院校有关老师、工厂技术人员的大力支持和帮助，在此表示诚挚的感谢。由于编者水平所限，不当之处在所难免，望读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明	3.3 弯曲时的回弹	97
前言	3.4 弯曲模设计综合运用案例.....	100
绪论.....	3.5 弯曲模设计实例	112
第 1 章 冷冲压概论	第 4 章 拉深工艺与模具设计	125
1.1 冷冲压基本工序及模具	4.1 拉深变形过程分析	125
1.2 冲压模具的基本结构组成	4.2 一般旋转体件的拉深	130
1.3 常用冲压模具的类型	4.3 其它旋转体件的拉深	149
1.4 冷冲压成形的基本理论	4.4 盒形件拉深	151
1.5 冲压材料	4.5 其它拉深方法	154
1.6 冲压设备	4.6 拉深中的辅助工序	157
第 2 章 冲裁工艺与冲裁模具的	4.7 拉深模设计实例	158
设计	第 5 章 成形工艺与模具设计	169
2.1 冲裁变形过程分析	5.1 胀形	169
2.2 冲裁间隙	5.2 翻边	176
2.3 冲裁模刃口尺寸计算	5.3 缩口	183
2.4 冲压力及压力中心计算	5.4 校平与整形	186
2.5 冲裁件的工艺性	5.5 成形模设计综合实例	188
2.6 排样	第 6 章 冷挤压工艺与模具设计	194
2.7 精密冲裁	6.1 概述	194
2.8 模具设计	6.2 冷挤压金属流动分析	196
2.9 冲裁模的设计步骤及实例	6.3 冷挤压设计实例	199
第 3 章 弯曲工艺与模具设计	附录	209
3.1 概述	参考文献	221
3.2 弯曲变形过程分析		

绪 论

冷冲压 (cold pressing) 是建立在金属塑性变形的基础上, 在常温下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, 从而获得一定形状、尺寸和性能的零件的一种压力加工方法。

在冷冲压加工中, 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, 称为冷冲压模具 (俗称冷冲模)。冷冲模在实现冷冲压加工中是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. 冷冲压加工的特点

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, 都有许多独特的优点, 其主要特点有:

(1) 节省材料 冷冲压是少、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, 制成其它形态的零件, 使之不至造成浪费。如图 0-1 所示是冲制钳形电流表互感器钳口冲片的排样图。这种排样除冲制钳口冲片外, 剩余的余料 3 还可以冲制微型电机转子片 2, 这样可以充分利用材料, 提高了材料的利用率。

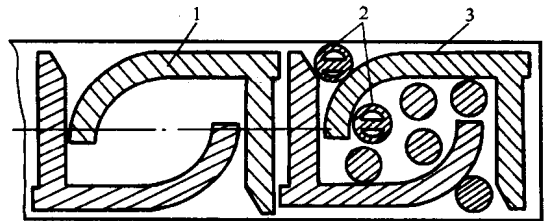


图 0-1 钳口冲片排样图

1—钳口冲片 2—转子片 3—余料

又如图 0-2b 所示的汽车发动机气门顶杆零件, 若采用冷挤压工艺生产, 材料只需用如图 0-2a 所示的长 21mm、 $\phi 25$ mm 的钢棒即可, 与采用切削加工工艺相比, 材料可节省 2/3 左右。

(2) 制品有较好的互换性 冷冲压件的尺寸公差由模具保证, 具有“一模一样”的特征, 且一般无需做进一步机械加工, 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) 冷冲压可以加工壁薄、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千件以上, 适用于较大批量零

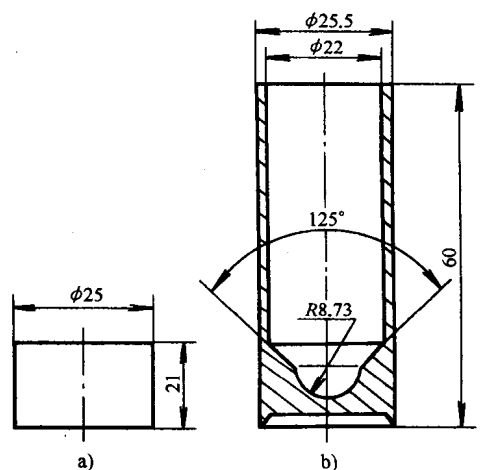


图 0-2 气门顶杆

a) 毛坯 b) 工件

件的生产。

(5) 操作简单 冷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) 由于冷冲压生产效率高、材料利用率高,故生产的制品成本较低。

2. 冲压加工和模具在生产中的地位

由于冷冲压加工具有上述突出的优点,因此在批量生产中得到广泛应用,在汽车、拖拉机、电机、电器、仪表和日用品生产中,已占据十分重要的地位。特别是在电子工业产品生产中,已成为不可缺少的主要加工方法之一。

冷冲模在实现冷冲压加工中是必不可少的工艺设备,没有先进的模具技术,先进的冲压工艺就无法实现。众所周知,产品要具有竞争能力,除了应具有先进技术水平、稳定的使用性能、结构新颖、更新换代快等特点外,还必须具有价格竞争优势。这就需要采用先进、高效的生产手段,不断降低成本。要达到上述目的,途径是多方面的,模具就是其中的重要因素之一,它的重要性早已为国内外所重视,并为工业发达国家的发展过程所证实,在美、日等工业发达国家,模具工业年产值,早已超过机床工业。在模具工业中冲模占的比例很大,由此可以看出冷冲压与冲模在国内外生产中的重要地位。

3. 冲压技术和冲模的发展

随着科学技术的不断进步和工业生产的迅速发展,冲压及模具技术也在不断革新与发展,主要表现在以下几个方面:

(1) 工艺分析计算方法现代化。近几年来,国外开始采用有限变形的弹塑性有限元法,对复杂成形件(如汽车覆盖件)的成形过程进行应力应变分析的计算机模拟,以预测某一工艺方案对零件成形的可能性和会发生的问题,将结果显示在图形终端上,供设计人员进行修改和选择。这样,不但可节省模具试制费用,缩短新产品的试制周期,而且可以逐步建立一套能结合生产实际的先进设计方法,既促进了冲压工艺的发展,也将使塑性成形理论逐步达到对生产实际的指导作用。这一工作国内也已开始研究、应用。

(2) 模具设计制造技术现代化。为了加快产品的更新换代,缩短模具设计、制造周期,工业发达国家正在大力开展模具计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)的研究,并已在生产中应用。采用这一技术,一般可提高模具设计制造效率2~3倍。发展这一技术,最终是实现模具CAD/CAM一体化。当前国内部分企业对引进的软件经过二次开发,已逐步应用到模具生产中。应用这一技术,不仅可以缩短模具制造周期,还可提高模具质量,减少设计和制造人员的重复劳动,使设计者有可能把精力用在创新开发上。

(3) 冲压生产机械化与自动化。为了满足大量生产的需要,冲压设备由低速压力机发展到高速自动压力机。国外还加强了由计算机控制的现代化全自动冲压加工系统的研究与应用,使冲压生产达到高度自动化,从而减轻劳动强度和提高了生产效率。

(4) 为了满足产品更新换代快和小批量生产的需要,发展了一些新的成形工艺(如高能成形等)、简易模具(如软模和低熔点合金模等)、数控冲压设备和冲压柔性制造技

术（FMS）等。这样，就使冲压生产既适合大量生产，也适合小批生产。

（5）不断改进板料的冲压性能。目前世界各先进工业国不断研制出冲压性能良好的板料，以提高冲压成形能力和使用效果。

《冷冲压工艺与模具设计》是模具专业的主干课之一，是一门实用性很强的课程。要求学生把已学的基础知识和实习中获得的感性认识具体应用到本课程的学习中去。通过本课程的学习和设计练习，能掌握分析、制订冲压工艺方案和设计冲模的方法，具有设计较为复杂的冲压工艺及模具的能力。

第 1 章 冷冲压概论

1.1 冷冲压基本工序及模具

一个冲压件往往需要经过多道冲压工序才能完成。由于冲压件的形状、尺寸、精度、生产批量、原材料等的不同，其冲压工序也是多样的，但大致可分为分离工序和塑性成形工序两大类。

分离工序是冲压过程中，使冲压件与板料沿一定的轮廓线相互分离的工序。例如：切断、落料、冲孔等。

塑性成形工序是材料在不破裂的条件下产生塑性变形，从而获得一定形状、尺寸和精度要求的零件。例如弯曲、拉深、成形、冷挤压等。


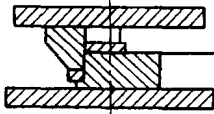
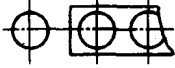
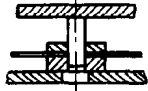
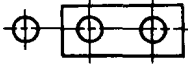
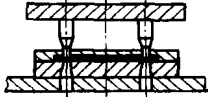
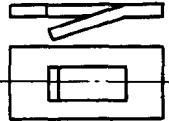
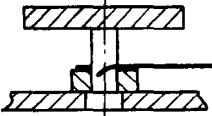
在冲压的一次行程过程中，只能完成一个冲压工序的模具，称为单工序模。

在冲压的一次行程过程中，在不同的工位上同时完成两道或两道以上冲压工序的模具，称为连续模（级进模）。

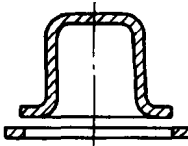
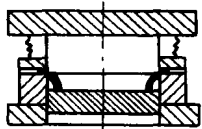
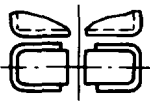
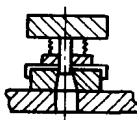
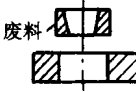
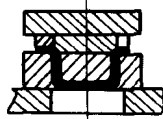
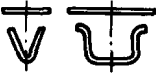
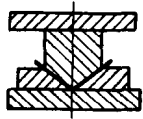



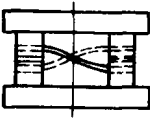
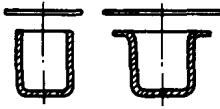
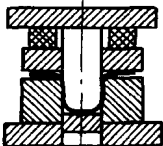
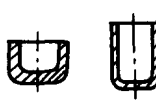
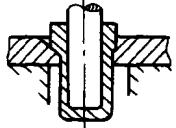
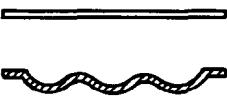
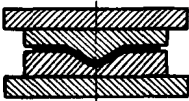

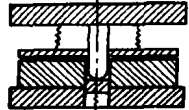
在冲压的一次行程过程中，在同一工位上完成两道或两道以上冲压工序的模具，称为复合模。

主要冲压工序名称、特征、工序简图及相应模具见表 1-1。

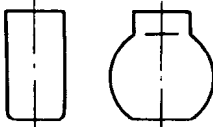
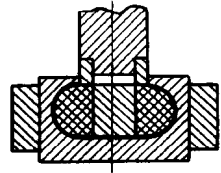
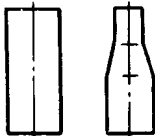
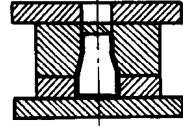
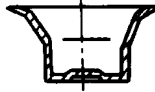
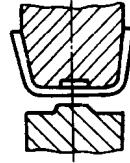
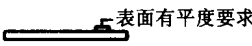
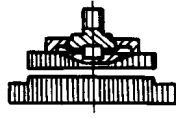

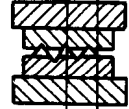
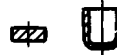

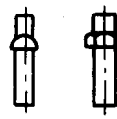
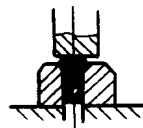
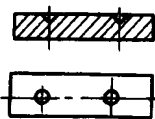
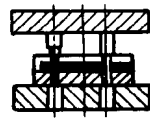
表 1-1 常用冲压工序分类及相应模具

类别	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图	
分离 工 序	切断		用剪刀或模具切断板料或条料的部分周边，并使其分离		
	冲	落料		用落料模沿封闭轮廓冲裁板料或条料，冲掉部分是制件	
		冲孔		用冲孔模沿封闭轮廓冲裁工件或毛坯，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，切开部分材料发生弯曲		

(续)

类别	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
分离 工序	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	
弯曲	压弯		用弯曲模将平板毛坯(或丝料、杆件毛坯)压弯成一定尺寸和角度, 或将已弯件作进一步弯曲	
	卷边		用卷边模将条料端部按一定半径卷成圆形	
	扭弯		用扭曲模将平板毛坯的一部分相对另一部分扭转成一定的角度	
塑性 变形 工序	拉深		用拉深模将平板毛坯压延成空心件, 或使空心毛坯作进一步变形	
	变薄拉深		用变薄拉深模减小空心毛坯的直径与壁厚, 以得到底厚大于壁厚的空心制件	
成形	起伏成形		用成形模使平板毛坯或制件产生局部拉深变形, 以得到起伏不平的制件	
	翻边		用翻边模在有孔或无孔的板件或空心件上翻出直径更大而成一定角度的直壁	

(续)

类别	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图	
塑性 变形 工序	成形	胀形		从空心件内部施加径向压力使局部直径胀大	
		缩口		在空心件外部施加压力, 使局部直径缩小	
		整形 (立体)		用整形模将弯件或拉深件不准确的地方压成准确形状	
		整形 (校平)		校平模将有拱弯、翘曲的平板制件压平	
	压印		用压印模使材料局部变形流动, 以得到凹凸不平的浮雕花纹或标记		
	冷挤压		用冷挤模使金属沿凸、凹模间隙流动, 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		
	冲眼		用锥形凸模在零件表面上冲出中心眼(不冲穿), 为以后钻孔定心用		

1.2 冲压模具的基本结构组成

不同的冲压零件、不同的冲压工序所使用的模具也不一样，但模具的基本结构组成，按其功用大致由以下 6 部分组成。以典型的导柱导套冲裁模为例，其基本结构组成如图 1-1 所示。

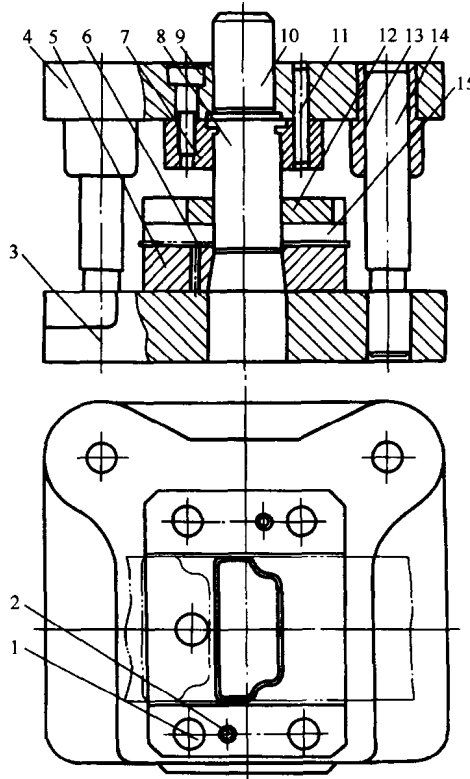


图 1-1 导套、导柱冲裁模

1、9—螺钉 2、11—销钉 3—下模座 4—上模座 5—凹模 6—挡料销 7—凸模固定板 8—凸模
10—模柄 12—卸料板 13—导套 14—导柱 15—导料板

- 1) 工作零件——直接对坯料、板料进行冲压加工的冲模零件。如凸模 8、凹模 5。
- 2) 定位零件——确定条料或坯料在冲模中正确位置的零件。如挡料销 6、导料板 15。
- 3) 卸料及压料零件——将冲切后的零件或废料从模具中卸下来的零件。如卸料板 12。
- 4) 导向零件——用以确定上下模的相对位置，保证运动导向精度的零件。如导套 13、导柱 14 等。

5) 支撑零件——将凸模、凹模固定于上、下模上，以及将上下模固定在压力机上的零件。如上模座 4、下模座 3、凸模固定板 7、模柄 10 等。

6) 连接零件——把模具上所有零件连接成一个整体的零件，如螺钉 1 和 9、销钉 2 和 11 等。

另外，模具分上模部分和下模部分，上模部分由模柄与压力机连接，下模部分用压

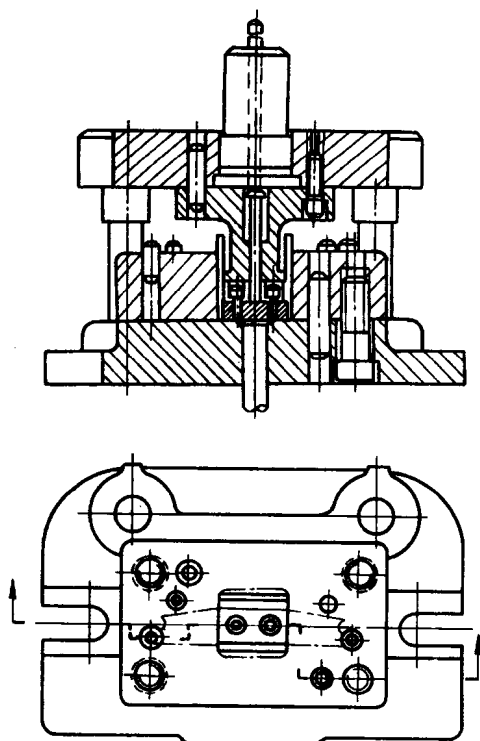


图 1-3 弯曲模

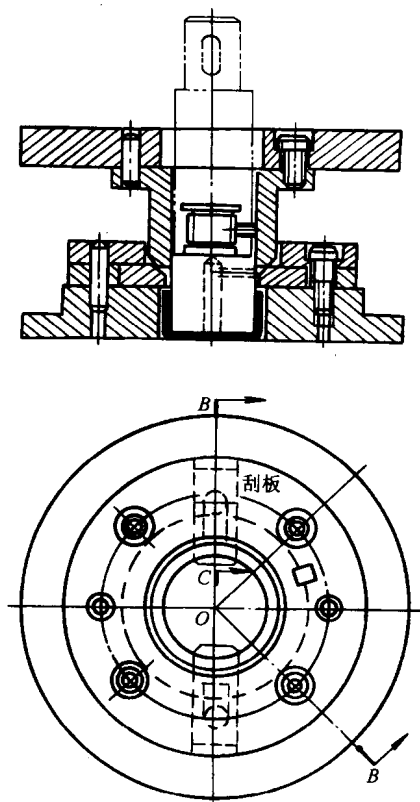


图 1-4 拉深模

表 1-2 常用连续模的结构类型

工序组合方式	模具结构简图	工序组合方式	模具结构简图
冲孔、落料		冲孔、切断	
冲孔、切断		连续拉深、落料	

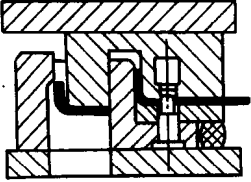
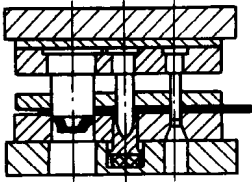
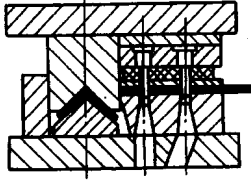
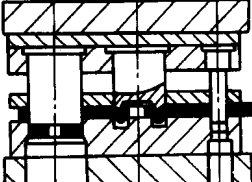
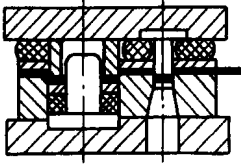
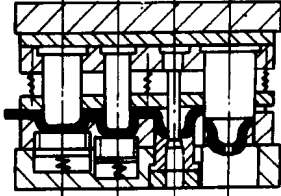
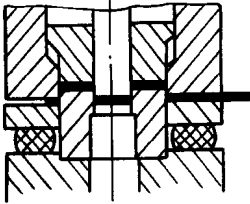
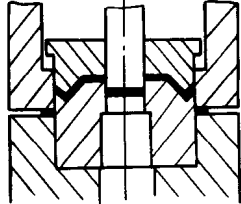
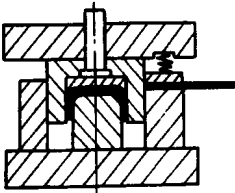
工序组合方式	模具结构简图	工序组合方式	模具结构简图
冲孔、弯曲、切断		冲孔、翻边、落料	
冲孔、切断、弯曲		冲孔、压印、落料	
冲孔、翻边、落料		连续拉深、冲孔、落料	

表 1-3 常用复合模的结构类型

工序组合方式	模具结构简图	工序组合方式	模具结构简图
落料、冲孔		冲孔、切边	
切断、弯曲		落料、拉深、冲孔	