

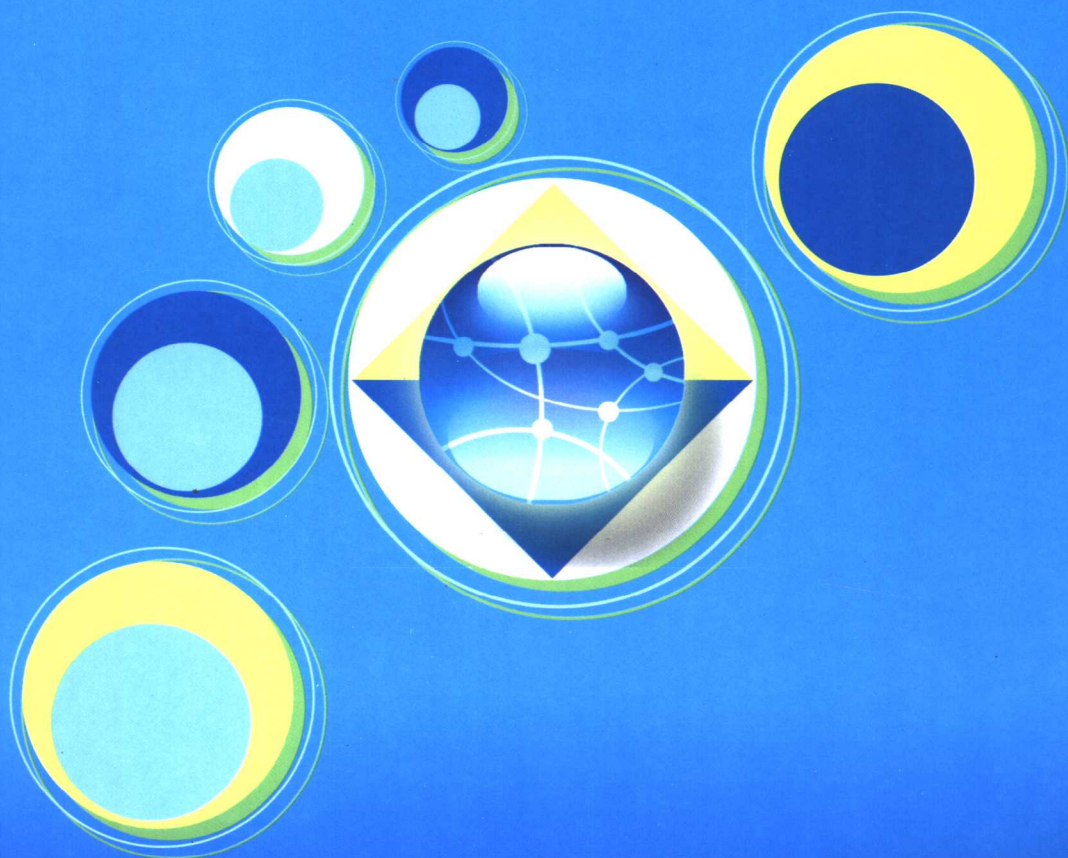


21st CENTURY
规划教材

全国高职高专数控模具规划教材

冷冲模具设计

熊南峰 石其年 主编



科学出版社

www.sciencep.com



全国高职高专数控模具规划教材

冷冲模具设计

熊南峰 石其年 主 编

柳松柱 邓德清 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从满足高职高专院校课堂教学与课程设计的角度出发,根据冲压工艺与模具设计的需要,分7章系统地讲述了几类主要的冷冲压工艺和模具的设计与计算,并对冲压基本理论、工件和模具材料、常用设备等做了适当讲述。附录中列出了与模具设计有关的常用数据表和典型模具结构图。全书文字简明,图表数据翔实,主要章节编制了设计实例来阐明模具设计的一般原则及设计程序。为强化学习效果,各章都精心选编了练习题。

本书可作为高职高专院校模具专业的教材、冷冲模具专业的培训教材或课程设计指导书,也可供从事模具设计的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲模具设计/熊南峰,石其年主编.—北京:科学出版社,2005

(全国高职高专数控模具规划教材)

ISBN 7-03-015782-6

I.冷… II.①熊…②石… III.冲模—设计—高等学校:—技术学校—教材 IV.TG385.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第068121号

责任编辑:李昱颀 马琳/责任校对:刘彦妮

责任印制:吕春珉/封面设计:高雪征

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>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005年8月第一次印刷 印张:17

印数:1-3 000 字数:377 000

定价:23.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换《路通》)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138978-8208 (VT04)

全国高职高专数控模具规划教材

编 委 会

主 任 李振格

副主任 (按姓氏笔画排序)

王贤涛 余小燕 张红英 陈志雄 柳舟通

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁晚景 王利荣 王希华 邓德清 刘美玲

李年芬 李昱颀 李雪早 何 伟 余冬蓉

陆全龙 周金元 徐江林 黄卫红 龚洪浪

程燕军 雷才洪 廖建刚 熊南峰

本书编写人员

主 编 熊南峰 石其年

副主编 柳松柱 邓德清

撰稿人（按姓氏笔画排序）

邓德清 石其年 柳松柱 熊南峰

出版说明

进入 21 世纪,国际竞争日趋激烈,竞争的焦点是人才的竞争,是全民素质的竞争。人力资源在国家综合国力的增强方面发挥着越来越重要的作用,而人力资源的状况归根结底取决于教育发展的整体水平。

教育部在《2003~2007 年教育振兴行动计划》中明确了今后 5 年将进行六大重点工程建设:一是“新世纪素质教育工程”,以进一步全面推进素质教育;二是“就业为导向的职业教育与培训工程”,以增强学生的就业、创业能力;三是“高等学校教学质量与教学改革工程”,以进一步深化高等学校的教学改革;四是“教育信息化建设工程”,以加快教育信息化基础设施、教育信息资源建设和人才培养;五是“高校毕业生就业工程”,以建立更加完善的高校毕业生就业信息网络和指导、服务体系;六是“高素质教师和管理队伍建设工程”,以完善教师教育和终身学习体系,进一步深化人事制度改革。

职业教育事业在改革中加速发展,使我国的经济建设和社会发展服务能力显著增强。各地和各级职业院校坚持以服务为宗旨、以就业为导向,正大力实施“制造业与现代服务业技能型紧缺人才培养培训计划”和“农村劳动力转移培训计划”,并密切与企业、人才、劳务市场的合作,进一步优化资源配置和布局结构,深化管理体制和办学体制改革,使这一事业发展势头良好。

为配合教育部职业教育与成人教育司 2004~2007 年推荐教材的出版计划,科学出版社本着“高水平、高质量、高层次”的“三高”精神和“严肃、严密、严格”的“三严”作风,集中相关行业专家、各职业院校双优型教师,编写了高职高专层次的基础课、公共课教材,各类紧缺专业、热门专业教材,实训教材,以及引进的特色教材,其中包括如下三个部分:

1. 高职高专基础课、公共课教材系列

(1) 基础课教材系列

(2) 公共课教材系列

2. 高职高专专业课教材系列,又分

(1) 紧缺专业

——软件类专业系列教材

——数控技术类专业系列教材

——护理类专业系列教材

(2) 热门专业教材

——电子信息类专业系列教材

——交通运输类专业系列教材

- 财经类专业系列教材
- 旅游类专业系列教材
- 生物技术类专业系列教材
- 食品类专业系列教材
- 精细化工类专业系列教材
- 艺术设计类专业系列教材
- 建筑专业系列教材

3. 高职高专特色教材系列, 又分

(1) 高职高专实训教材系列教材

(2) 国外职业教育优秀系列教材

本套教材建设的宗旨是以学校的选择为依据, 以方便教师授课为标准, 以理论知识为主体, 以应用型职业岗位需求为中心, 以素质教育、创新教育为基础, 以学生能力培养为本位, 力求突出以下特色:

1. 理念创新: 秉承“教学改革与学科创新引路, 科技进步与教材创新同步”的理念, 根据新时代对高等职业教育人才的需求, 出版一系列体现教学改革最新理念、内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

2. 方法创新: 摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法, 专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位所需求的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上, 引进国外先进的教材, 以确保符合职业教育的特色。

3. 特色创新: 加大实训教材的开发力度, 填补空白, 突出热点, 积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材, 提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持, 以方便教师教学与学生学习。对于部分专业, 组织编写“双证教材”, 注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

4. 内容创新: 在教材的编写过程中, 力求反映知识更新和科技发展的最新动态, 新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中, 体现了高职教育专业紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

欢迎广大教师、学生在使用本系列教材时提出宝贵意见, 以便我们进一步做好修订工作, 出版更多的精品教材。

科学出版社

前 言

模具是现代加工制造业的基本工艺装备。模具技术水平已成为衡量一个国家制造业水平的重要指标。现代工业需要先进的模具设备,更需要大批掌握模具技术的专业人才。由于具有生产效率高、生产成本低、尺寸精度好、易于实现机械化和自动化等优点,板料冲压加工在制造行业中占有十分重要的地位。

我国非常重视冲压技术人才的培养,国内已经出版了若干冷冲压工艺与模具设计方面的教材和书籍,但它们各自的定位和侧重点不同,读者群不同。本书参考多种同类书籍,切实考虑教与学的方便性,旨在通俗、易懂、实用、够用。本书可作为高职高专模具专业的教材、冷冲模具专业的培训教材,也可以作为课程设计指导用书和供从事模具设计的技术人员参考。

本书教学为 90 学时左右,其中理论教学为 60 学时,课程设计一周(30 学时)。全书共分 7 章。第 1 章介绍冷冲压基本知识;第 2~4 章的主要内容分别是冲裁、弯曲、拉深的工艺和模具设计;第 5 章介绍其他冷冲压工艺及模具;第 6 章介绍冷挤压;第 7 章介绍模具的装配、寿命及冲压安全知识。为满足教学和课程设计的需要,我们选编了设计计算所必要的技术数据表格和一些典型模具结构。考虑读者对知识的系统掌握和强化巩固学习效果,每章都有思考与练习,主要章节有设计实例。本书着重于应用,对理论的推导和分析未作展开,在讲述冲压理论方面侧重于概念的建立和公式的应用。在编排上尽量做到图文并茂、形象直观,同时考虑模具技术的发展,也编入了部分模具新工艺和新技术。

由于编者水平有限,加之时间仓促,本书难免有疏漏和不当之处,恳切希望广大读者批评指正。

目 录

绪论	1
0.1 冷冲压及模具的概念	1
0.2 冲压及模具在工业生产中的地位	1
0.3 冷冲压及模具的发展	2
第1章 冷冲压的基本知识	3
1.1 冷冲压基本工序的分类	3
1.2 金属塑性变形基本概念	5
1.2.1 金属的塑性变形与力学特征	5
1.2.2 影响金属塑性和变形抗力的主要因素	9
1.2.3 冲压成形方法的分类	10
1.2.4 冲压成形中的变形趋向及控制	11
1.3 冷冲压用材料	12
1.3.1 板料的冲压性能	12
1.3.2 冷冲压工件所用材料及要求	13
1.3.3 冷冲压模具所用材料及要求	15
1.4 冷冲压设备	15
1.4.1 常用压力机	15
1.4.2 压力机的选用	18
1.5 冲模的组成和分类	20
1.5.1 冲模的组成	20
1.5.2 冲模的分类	22
思考与练习	23
第2章 冲裁工艺及冲裁模设计	24
2.1 普通冲裁的基本原理	24
2.1.1 板料的分离过程	24
2.1.2 普通冲裁件的断面情况	25
2.2 冲裁间隙	26
2.2.1 冲裁间隙对冲裁工序的影响	26
2.2.2 合理冲裁间隙值的确定	28
2.3 冲裁模刃口尺寸的计算	30
2.3.1 尺寸计算的原则	31
2.3.2 刃口尺寸的计算方法	31

2.4 冲裁件的排样	37
2.4.1 材料的利用率	37
2.4.2 排样方法	38
2.4.3 搭边	40
2.4.4 条料宽度的确定	40
2.4.5 裁板	42
2.5 冲压工艺力	42
2.5.1 冲裁力的计算	42
2.5.2 降低冲裁力的方法	43
2.5.3 卸料力、顶件力、推件力的计算	44
2.5.4 冲压工艺力的计算	45
2.6 压力中心的计算	47
2.7 冲裁件的工艺性	49
2.7.1 冲裁件的结构和尺寸要求	49
2.7.2 冲裁件的尺寸精度和表面粗糙度	51
2.8 冲裁模的基本形式与特点	51
2.8.1 单工序冲裁模(简单冲裁模)	51
2.8.2 连续冲裁模(级进模、跳步模)	54
2.8.3 复合冲裁模(级进模、跳步模)	55
2.9 冲裁模主要零、部件结构和设计	56
2.9.1 凸模(工作零件)	56
2.9.2 凹模(工作零件)	61
2.9.3 定位零件	66
2.9.4 卸料与推件零件	73
2.9.5 导向零件	77
2.9.6 固定、连接零件	79
2.10 冷冲模的设计程序	83
2.10.1 冷冲模设计应具备的技术资料及设计方法和步骤	83
2.10.2 冷冲模的设计步骤	84
2.10.3 冷冲模设计应注意的问题	85
2.11 冲裁模设计实例	86
2.12 精密冲裁方法简介	93
思考与练习	95
第3章 弯曲工艺及弯曲模设计	97
3.1 弯曲的基本原理	98
3.1.1 弯曲变形过程	98
3.1.2 弯曲变形的规律	99

3.1.3 弯曲变形的应力与应变	100
3.2 弯曲件的质量分析	101
3.2.1 弯曲件的回弹	101
3.2.2 弯曲件的滑移	106
3.2.3 弯裂	108
3.3 弯曲件的毛坯尺寸计算	108
3.3.1 弯曲件中性层位置的确定	108
3.3.2 弯曲毛坯尺寸计算	109
3.4 弯曲件的工艺性及工序安排	112
3.4.1 弯曲件的结构工艺性	112
3.4.2 弯曲件的工序安排	117
3.5 弯曲力的计算	118
3.5.1 弯曲力的计算	119
3.5.2 顶件力和压料力的计算	121
3.5.3 弯曲时压力机吨位的确定	121
3.6 弯曲模的结构形式	121
3.6.1 弯曲模结构设计要点	121
3.6.2 常见弯曲模结构	121
3.7 弯曲模工作部分的设计	128
3.7.1 弯曲模凸、凹模间隙的确定	128
3.7.2 弯曲模凸、凹模圆角半径的确定	129
3.7.3 凹模工作深度的确定	130
3.7.4 U形弯曲件凸、凹模的宽度尺寸	131
3.7.5 模具设计中的定位问题	132
3.8 弯曲模设计实例	133
3.9 其他弯曲加工简介	138
3.9.1 滚弯	138
3.9.2 拉弯	140
思考与练习	140
第4章 拉深模	142
4.1 拉深变形特征	142
4.1.1 拉深过程	142
4.1.2 拉深变形过程的起皱现象	143
4.1.3 拉深件的壁厚变化	143
4.2 筒形件拉深	144
4.2.1 拉深件毛坯尺寸的确定	144
4.2.2 无法兰筒形件的拉深	146
4.2.3 带法兰筒形件的拉深	149

4.3 复杂旋转体件拉深	151
4.3.1 阶梯形件的拉深	151
4.3.2 锥形件的拉深	152
4.3.3 球形和抛物线形件的拉深	153
4.4 矩形件拉深	154
4.4.1 无法兰矩形件的拉深工艺	155
4.4.2 带法兰矩形件的拉深工艺	157
4.5 工作部分结构参数	158
4.5.1 圆角半径	158
4.5.2 模具间隙	159
4.5.3 工作部分尺寸计算	160
4.6 压料	161
4.6.1 压料的应用范围	161
4.6.2 压料力	161
4.6.3 压料限位装置	161
4.6.4 锥形压料圈	162
4.7 拉深力与拉深功	163
4.7.1 拉深力	163
4.7.2 拉深功	164
4.8 其他拉深	164
4.8.1 椭圆形件的拉深	164
4.8.2 反拉深	166
4.8.3 带料连续拉深	167
4.8.4 变薄拉深	170
4.9 典型结构	173
4.9.1 正装拉深模	173
4.9.2 倒装拉深模	173
4.9.3 锥面压料拉深模	174
4.9.4 落料、拉深复合模	174
4.9.5 再次拉深模	175
4.9.6 两次正拉深模	176
4.9.7 落料、正、反拉深复合模	176
4.9.8 球形件拉深模	176
4.9.9 椭圆形件落料、拉深复合模	177
4.9.10 拖板式凹模中间工序拉深模	178
4.9.11 变薄拉深模	178
4.9.12 落料、拉深、冲孔、翻边复合拉深模	179

思考与练习	180
第5章 其他冲压成形	182
5.1 胀形	182
5.1.1 胀形的变形特点	182
5.1.2 平板坯料的起伏成形	182
5.1.3 空心坯料的胀形	184
5.2 翻孔与翻边	187
5.2.1 翻孔	187
5.2.2 翻边	191
5.2.3 变薄翻孔	194
5.2.4 翻孔翻边模结构	195
5.3 缩口	196
5.3.1 缩口变形特点及变形程度	196
5.3.2 缩口工艺计算	197
5.3.3 缩口模结构	199
思考与练习	199
第6章 冷挤压	200
6.1 概述	200
6.1.1 冷挤压的分类	200
6.1.2 冷挤压的特点及应用	203
6.1.3 当前应用冷挤压技术应解决的主要问题	205
6.2 冷挤压时金属的变形	205
6.2.1 正挤压的金属变形	205
6.2.2 反挤压的金属变形	207
6.2.3 复合挤压的金属变形	208
6.2.4 冷挤压的变形程度	208
6.3 冷挤压的材料与坯料准备	211
6.3.1 冷挤压用原材料	211
6.3.2 冷挤压坯料形状和尺寸的确定	211
6.3.3 冷挤压坯料的加工和处理	213
6.4 冷挤压力的确定	214
6.4.1 冷挤压力曲线	214
6.4.2 挤压力及其影响因素	215
6.4.3 挤压力的确定	216
6.4.4 冷挤压力机的选用	220
6.5 冷挤压件的工艺性	220
6.5.1 冷挤压件的结构工艺性	220

6.5.2 冷挤压件的尺寸公差与表面粗糙度	222
6.6 冷挤压工艺过程设计	223
6.6.1 冷挤压工艺方案的确定	223
6.6.2 冷挤压件图的设计	227
6.6.3 冷挤压的典型实例	227
6.7 冷挤压模具	230
6.7.1 冷挤压模具结构	230
6.7.2 冷挤压凸模与凹模的设计	232
6.7.3 预应力组合凹模的设计	236
6.8 温热挤压简介	239
思考与练习	240
第7章 模具的装配、寿命及冲压安全知识	241
7.1 模具的装配特点与基本要求	241
7.2 模具装配的一般程序	242
7.3 调整间隙的方法	244
7.4 模具的寿命	245
7.5 冲压安全常识	246
思考与练习	248
附录	249
表1 部分金属材料的机械性能	249
表2 部分非金属材料不同温度条件下的抗剪强度	250
表3 冷冲模主要零件的材料选用	250
表4 工件为非圆时、冲裁凸、凹模的制造公差	251
表5 部分开式压力机的主要技术参数(长度:单位 mm)	252
表6 部分闭式压力机的主要技术参数(长度:单位 mm)	253
表7 常用四柱万能液压机的性能参数(长度:单位 mm)	254
表8 轧制钢板规格(mm)	254
主要参考文献	255

绪 论

0.1 冷冲压及模具的概念

冷冲压是先进的金属加工方法之一，也是塑性加工的基本方法之一。它主要是在室温下（对金属系指再结晶温度以下）加工金属板料，故又称为板料冲压或冷冲压。

冷冲压是借助压力机，通过模具在室温下对材料施加压力使其产生塑性变形或分离，从而获得零件所需要的形状、尺寸的一种的压力加工方法。用冲压方法加工的工件称为冲压件。

在冷冲压加工中，使被加工零件成形的一种特殊工具称为冷冲压模具（简称冷冲模）。模具工作部分的成形尺寸与被加工零件尺寸一致，所以，零件表现出“一模一样”的特征。在实现冷冲压的加工过程中，冷冲模是一种必需的工艺装备，没有先进的模具技术，先进的冲压工艺就无法实现。

0.2 冲压及模具在工业生产中的地位

和其他加工方法相比，冲压加工有如下特点：

① 可以冲压出其他加工工艺难以加工或无法加工的形状复杂的零件，例如体积小、质量高的仪器仪表零件，汽车覆盖件，纵梁等。

② 产品具有足够的形状、尺寸精度，互换性能好，表面质量好，尺寸稳定。尺寸精度一般可达 IT10-14 级，精冲最高可达 IT6 级。

③ 材料利用率高。冷冲压是少、无切屑加工，材料耗损少，材料利用率一般可达 70%~85%。

④ 操作简单，生产过程便于实现机械化与自动化，生产效率高，特别适合大批量生产。高速冲裁小型制件，每分钟可达上千件，零件成本低。

⑤ 冲压加工的缺点是模具制造周期长，成本高，且冲压过程中噪声很大，所以不适合单件或小批量生产。另外，由于压力机滑块往复运动快，手工操作容易发生事故，故应该特别重视安全生产。

由于冲压加工具备上述特点，冲压加工的应用范围十分广泛，它可以冲压黑色金属和有色金属，也可以冲压非金属材料。据统计，在汽车制造、机电和仪器、仪表生产中有 60%~70% 的零件是采用冲压加工制成的；在电子产品中，冲压件数量占零件总数的 85% 以上。

模具是生产各种工业产品的重要工艺装备，是衡量一个国家工业发展水平的重要指标，模具工业在整个国民经济发展中的作用愈来愈显著。据近年来的统计表明，美、日

等国的模具工业年产值已经超过机床工业年产值的 6%~12%；我国 2003 年模具工业总产值也已达 450 亿元左右，其中，冷冲压模具因其用途广、技术成熟而在模具中占比例最大。可以预见，高速发展的经济将对模具提出更为大量、更为迫切的需要和挑战。研究和发展冲压生产技术，对发展国民经济和加速工业现代化建设，具有十分重要的意义。

0.3 冷冲压及模具的发展

随着近代工业的发展和产品更新换代周期的加快，模具的需求量日益增长，对冲压加工提出了越来越高的要求，其设计、制造水平也在不断提高。近年来，模具的计算机辅助设计辅助制造技术（模具 CAD/CAM）、板料成形模拟仿真技术（冲压 CAE）、快速成形（RPM）与各种常规的铸造、粉末烧结工艺相结合而发展起来的快速模具制造技术等新技术的应用以及精密冲裁、液压成形、超塑性成形等新工艺的应用，使冲压技术上了一个新台阶。

当前，模具设计和制造技术的发展主要趋势是：

- ① 模具的设计与结构要与成形工艺的高速、自动、精密化相适应，冲压模具正向高效率、高精度、高寿命、高自动化方向发展。
- ② 要发展开发简易模具和简易模具的新材料，适应单件和小批量零件的生产。
- ③ 发展高强度、高寿命的模具新材料和新的模具表面处理工艺。
- ④ 提高加工自动化程度，发展电加工技术，发展数控设备。
- ⑤ 采用先进的计算机辅助设计手段和研究更先进的冲压加工工艺。
- ⑥ 不断研究和开发性能良好的冲压设备。目前，我国积极发展高速压力机和多工位自动压力机，开发数控压力机、冲压柔性系统（FMS）及各种专用压力机。
- ⑦ 研究冲压变形的基本规律，为指导冲压生产和解决实际问题提供理论依据。
- ⑧ 积极开展标准化工作，扩大标准件范围，推行模具典型组合结构等。

第1章 冷冲压的基本知识

1.1 冷冲压基本工序的分类

不同类型的冲压零件其所使用的模具、坯料形状、塑性变形情况会有区别。冷冲压基本工序按其材料的变形性质可分为分离工序和变形工序两大类。

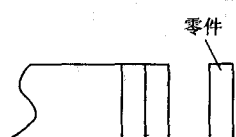
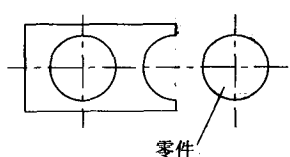
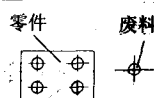
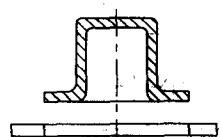
分离工序指板料受力后其变形部分的应力达到剪切强度极限 τ 的数值，致使材料按一定的轮廓线断裂而分离，如剪裁、落料、冲孔、修边等工序。

变形工序指板料受力后其变形部分的应力超过屈服极限 δ_s 的数值（但未达到强度极限 δ_b ）而发生塑性变形，从而改变材料原有的形状和尺寸，转变成产品所要求的形状和尺寸，如弯曲、拉深、翻边、胀形等工序。

此外，为了提高劳动生产率，常将两个以上的基本工序合并成一个工序，如落料拉深、切断弯曲、冲孔翻边等，这称为复合工序。

常用冲压工序的分类及特征见表 1.1。

表 1.1 冷冲压基本工序

工序名称		工序简图	特点及应用	
分离 工序	切断		用剪刀或冲模按不封闭的轮廓线切断板材，用于加工形状简单的平板零件	
	冲裁	落料		用冲模按封闭的轮廓，从坯料中分离出零件或毛坯，冲下部分是零件
		冲孔		用冲模按封闭轮廓，在坯料上冲出孔，冲下部分是废料
	切边		将成形零件的边缘部分切掉，修整齐	
	剖切		将已成形的半成品分离为两个或多个零件	