

# 声 明

本电子书由中国农业出版社数字出版，相关权利归中国农业出版社拥有。读者、著作权人和（或）依法可以行使著作权的权利人如有疑问，请与中国农业出版社联系：

地址：北京市朝阳区麦子店街 18 号楼

邮编：100026

电话：010-64194921 010-65005894

E-mail:lishanzhao@sina.com

中国农业出版社

全国中等农业学校教材

# 冲压工艺及模具

辽宁省农业工程学校 主编

农业机械制造专业用

农业出版社

全国中等农业学校教材

# 冲压工艺及模具

辽宁省农业工程学校主编

农业机械制造专业用

农业出版社

## 内 容 简 介

本书内容为冲压工艺概述、冲裁、弯曲、拉深、成形等冲压工艺及中小型冲模设计，并对冲压新工艺及模具、冲压技术发展动向作了简要介绍。书末附有部分冲压设计资料，可供教学和课程设计使用。

本书从中等专业学校教学要求出发，加强了实践性、应用性内容。采用了冲模标准术语。每章配有课堂讨论题、思考题及习题。

本书为中等专业学校农业机械制造专业教材，也可作为机械制造专业的选修教材和职业技术培训教材。亦可供有关工程技术人员参考。

## 前 言

本教材是根据农业部〔1986〕农（教中）字第134号《关于制定教学大纲和编写教材的指导思想、原则和基本要求》及农业部1987年制定的《冲压工艺及模具教学大纲》编写的中等专业学校教材。

根据中等专业学校培养目标，本教材加强了能力培养和实践性、应用性内容。增加了冲模设计要点、冲模结构简图绘制、冲压件质量分析等内容，每章配有课堂讨论题、思考题及习题。编写中注意了教材内容的更新和主次的安排，力求深浅适度、深入浅出、便于讲授和自学。本教材教学时数为60学时。

本书第一、二章由四川省农业机械化学校讲师王力行编写；第四章及附录由北京市八一农业机械化学校高级讲师王德超编写；第五章由河北省沧州农业机械化学校工程师杨勤祥编写；绪论、第三、六、七章由辽宁省农业工程学校高级讲师程代鸿编写；第八章由王力行、程代鸿合编。全书由程代鸿统稿和定稿。

本书由北京农业工程大学殷光复副教授主审，参加审稿的还有大连第五仪表厂高级工程师杨友志、四川省内江工业学校高级讲师彭志新、辽宁省农业工程学校高级讲师董有章等同志。

在编写过程中，机械电子工业部北京机电研究所和有关工厂提供了资料，辽宁省农业工程学校许环璞、四川省农业机械化学校黄明光等同志为本书图稿的绘制做了大量工作。在此，对上述有关单位和个人表示衷心感谢。

限于编者水平，书中难免存在缺点和错误，诚望广大教师和读者批评指正。

编 者

1989年9月

**主编** 程代鸿 (辽宁省农业工程学校)

**编者** 王力行 (四川省农业机械化学校)

王德超 (北京市八一农业机械化学校)

杨勤祥 (河北省沧州农业机械化学校)

# 目 录

绪论	1
第一章 冲压工艺概述	3
第一节 冲压的基本工序	3
第二节 冲模的基本构造	5
第三节 冲压用材料	7
第四节 冲压设备	10
第二章 冲裁	21
第一节 冲裁变形过程分析	21
第二节 冲裁间隙	23
第三节 凸、凹模刃口尺寸的计算	27
第四节 冲裁力的计算及降低冲裁力的方法	32
第五节 排样	35
第三章 冲裁模结构与设计	44
第一节 冲裁模的结构分析	44
第二节 冲裁模的零部件	50
第三节 冲裁模设计	74
第四章 弯曲	83
第一节 弯曲变形过程分析	83
第二节 弯曲卸载后的回弹	84
第三节 最小相对弯曲半径	89
第四节 弯曲件毛坯尺寸计算	90
第五节 弯曲力的计算	93
第六节 弯曲模结构分析	95
第七节 弯曲模凸模和凹模主要尺寸的确定	102
第五章 拉深	108
第一节 拉深变形过程分析	108
第二节 拉深时的起皱与破裂	110
第三节 旋转体拉深件毛坯尺寸计算	112
第四节 圆筒形件拉深	119
第五节 带凸缘圆筒形件的拉深	129
第六节 矩形件拉深	136
第七节 压边力、拉深力的计算	142
第八节 拉深模	145
第六章 成形	152
第一节 起伏成形	152
第二节 翻边	154

第三节	校平和整形 .....	160
第四节	旋压和强力旋压 .....	162
第七章	冲压工艺规程的编制 .....	166
第一节	冲压件的结构工艺性 .....	166
第二节	冲压工艺方案的编制 .....	169
第三节	编制冲压工艺规程的实例 .....	174
第八章	其它冲压工艺简介 .....	182
第一节	精密冲裁 .....	182
第二节	聚氨酯橡胶冲裁 .....	186
第三节	锌基合金冲裁 .....	189
第四节	非金属材料冲裁 .....	191
第五节	冲压技术发展动向 .....	193
附录 I	冲压常用材料的规格和性能 .....	195
附录 II	常用冲压设备的技术参数 .....	201
附录 III	冲模常用材料 .....	204
附录 IV	部分冲模标准件 .....	206
主要参考文献	.....	229

## 绪 论

冲压是使板料经分离或成形而得到制件的加工方法，即利用冲模安装在压力机上，对毛坯（板料或板料制件、型材或型材制件）施加压力，使其产生塑性变形或分离，从而获得冲压件的一种压力加工方法。

冲模是制造冲压件的工艺装备。如果没有好的冲模，就不会有优质、美观的冲压制品，如果没有冲压技术，我们生活中使用的钟表、饭盒、装钉器、罐头起子、自行车等就不会象现在这样便宜。没有冲模，许多产品也就无法生产。例如，汽车上覆盖发动机、底盘，构成驾驶室的空间曲面薄壁件，用其它工艺方法是难以加工制造的。

在机械制造工艺方法中，冲压工艺与铸造、焊接、切削加工等工艺方法比较，具有以下主要特点：生产效率高、操作简便，生产过程易于实现机械化与自动化（用普通压力机进行冲压加工，一台压力机每分钟可加工几十件；用高速压力机进行冲压加工，每分钟可加工几百件或上千件）；可以加工出壁薄、重量轻、刚性好、形状复杂的零件；冲压件的质量由模具保证，具有“一模一样”的特征，所以，制件尺寸稳定；冲压是一种无切削加工方法，材料利用率高，一般可达70—85%；在批量生产条件下，冲压件制造成本低。

由于冲压工艺具有上述突出的特点，所以它的应用范围十分广泛。在汽车、农业机械、电机电器、仪器仪表、电子及轻工产品中广泛采用，在上述行业中，有50%以上的零件是由冲模加工的。例如，在谷物联合收获机上，冲压件占70%以上，在日用金属制品中，冲压件占95%左右。解放牌汽车更换为141型汽车就需要模具4000套，一个汽车玩具也需要模具90套。由此可见，冲压工艺及模具是机械制造的重要加工方法，冲模已成为工业生产不可缺少的工艺装备。冲模直接影响到许多行业产品的质量、数量、成本和生产周期，也影响到产品的更新和开发。模具技术已成为衡量机械制造水平的重要标志之一，对国民经济的发展有重要意义。

世界各工业国家的模具工业都很发达，如美国、日本的模具（包括冷冲模及塑料模、压铸模等）总产值已超过机床总产值，由于产品更新换代加快，模具工业的发展速度也远远超过了汽车、机床、电子等工业。

我国的模具工业在新中国成立后，得到了迅速发展，尤其在党的十一届三中全会后，在坚持以经济建设为中心，坚持四项基本原则，坚持改革开放方针指引下，模具工业取得更加迅速的发展。在模具通用化、系列化、标准化方面，在模具专业化、标准化生产方面，在掌握精密、复杂、大型、长寿命制模技术方面，在发展精密模具加工设备方面，在技术改造、加强管理方面，在模具计算机辅助设计和辅助制造（CAD/CAM）的研究开发方面，在研制模具新结构、新材料方面，在培养模具技术人才方面，都取得了很大的成

绩。随着工业生产的发展和科学技术的进步，冲压工艺及模具对满足人民生活不断增长的需求，对我国的现代化建设，将会发挥更大作用。

本课程是农机制造专业的专业课之一，主要研究中小型冲压件制造的工艺方法、工艺措施、工艺过程以及冲模的结构与设计。课程内容主要包括：冲压工艺概述，冲裁、弯曲、拉深、成形的工艺方法及冲模设计，冲压工艺规程的编制等。

本课程的任务是通过冲压工艺及模具的教学，使学生掌握冲压工艺的基本原理，具有编制一般冲压件的工艺规程和设计中等复杂程度冲模的能力，具有分析解决冲压件常见质量问题的初步能力。

在学习本门课程时，应注意以下几点：

1. 本课程的实践性强，在学习中应认真学习理论知识，密切结合生产实际，充分利用实习、参观等教学形式，掌握实践知识，做到理论与实际相结合。

2. 本课程的应用性强，应当把冲压知识的学习与基本技能训练结合起来，加强应用知识、实践技能的学习和训练，以利于专业技术能力的形成。

3. 为培养分析问题、解决问题能力，应积极参加课堂讨论，认真完成作业，学会使用冲压设计资料和手册。




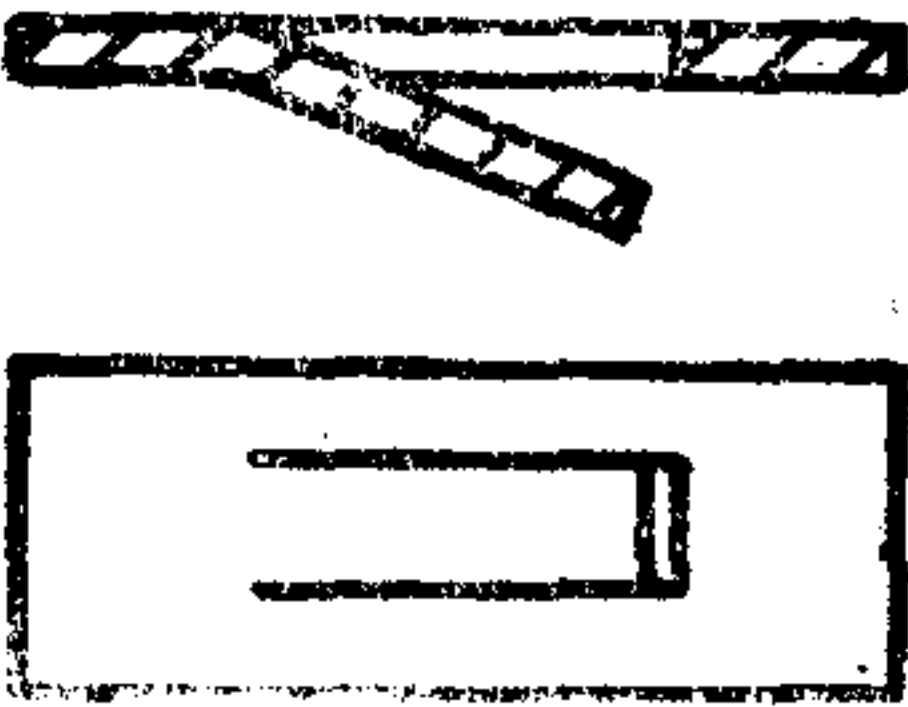

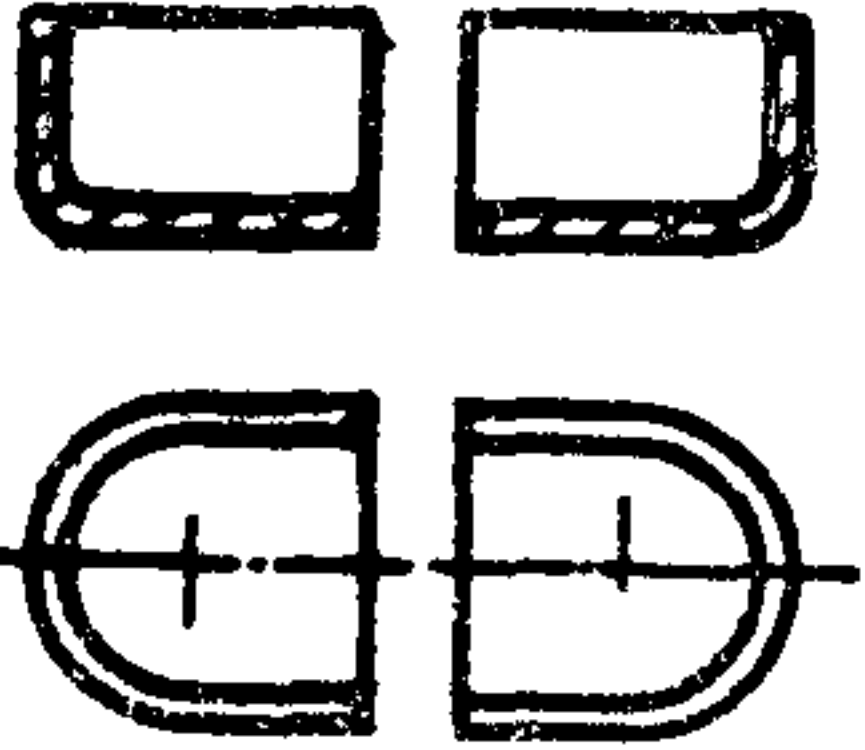
# 第一章 冲压工艺概述

## 第一节 冲压的基本工序

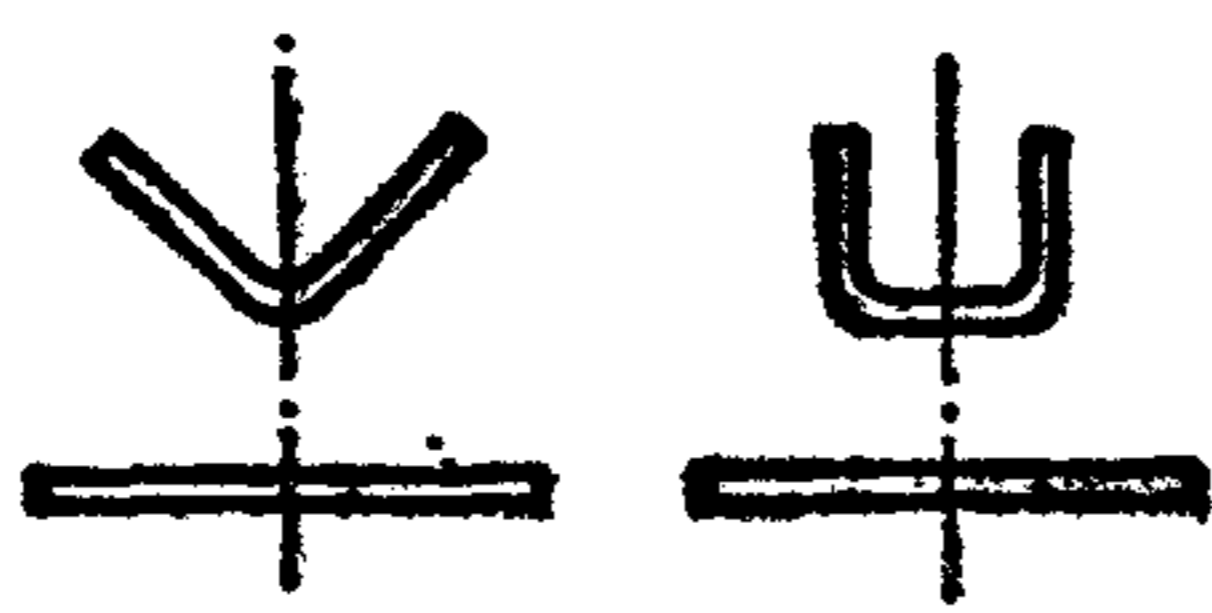
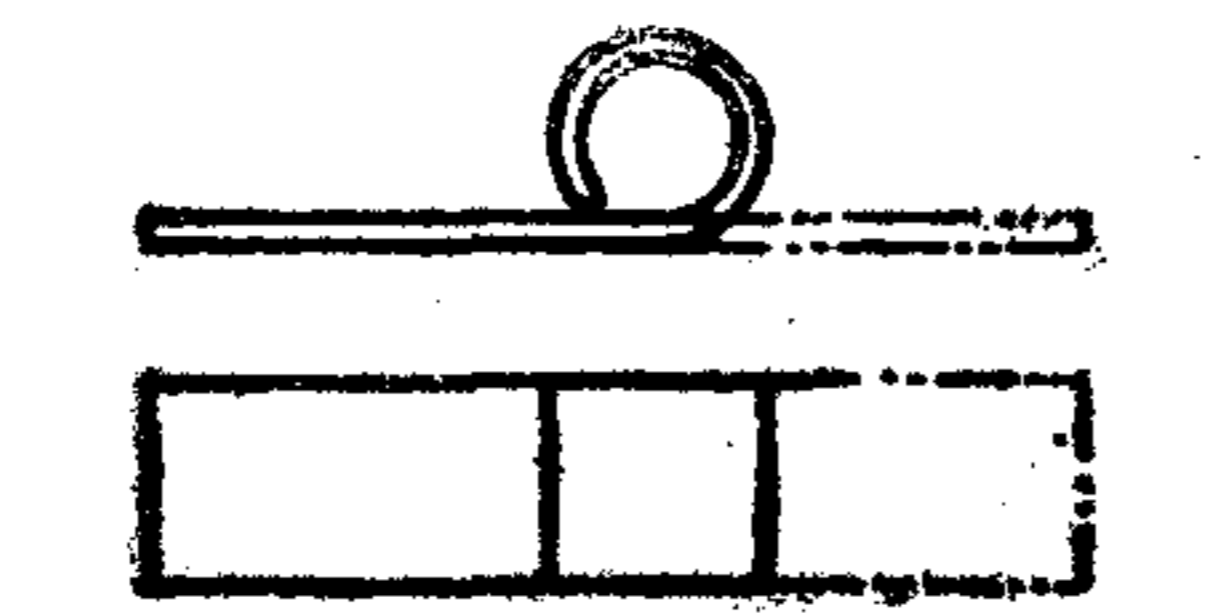
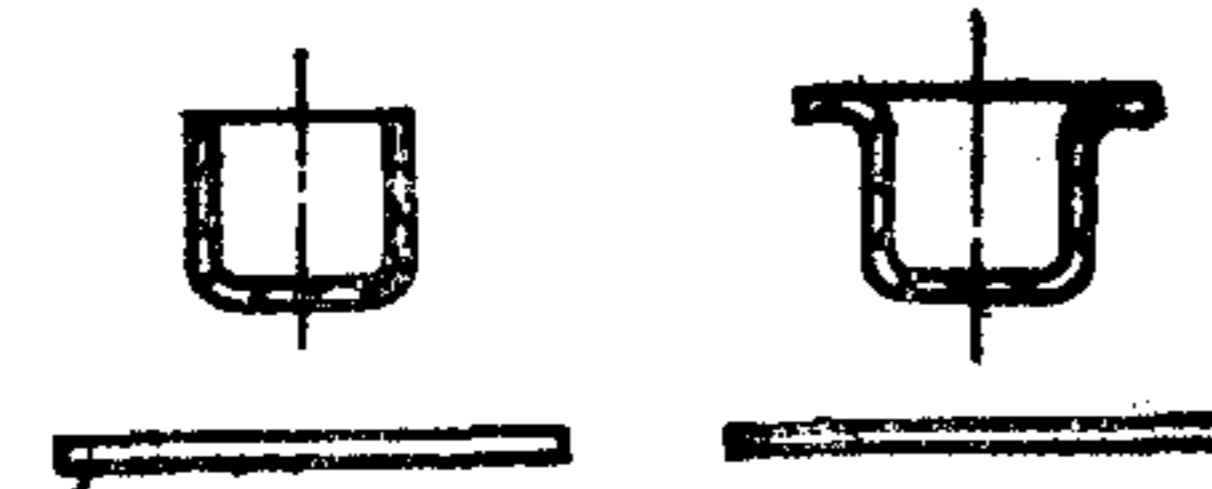
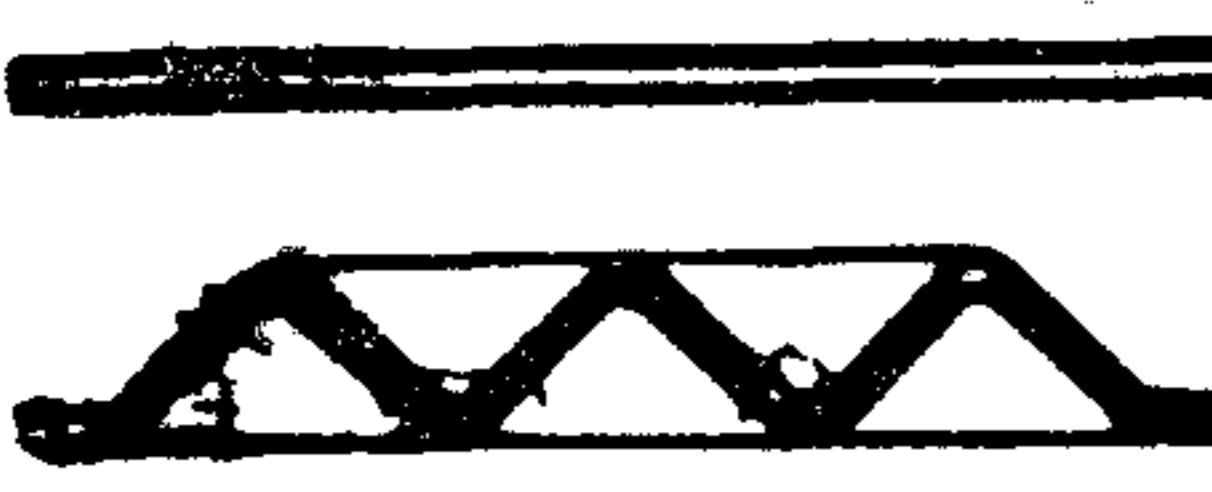
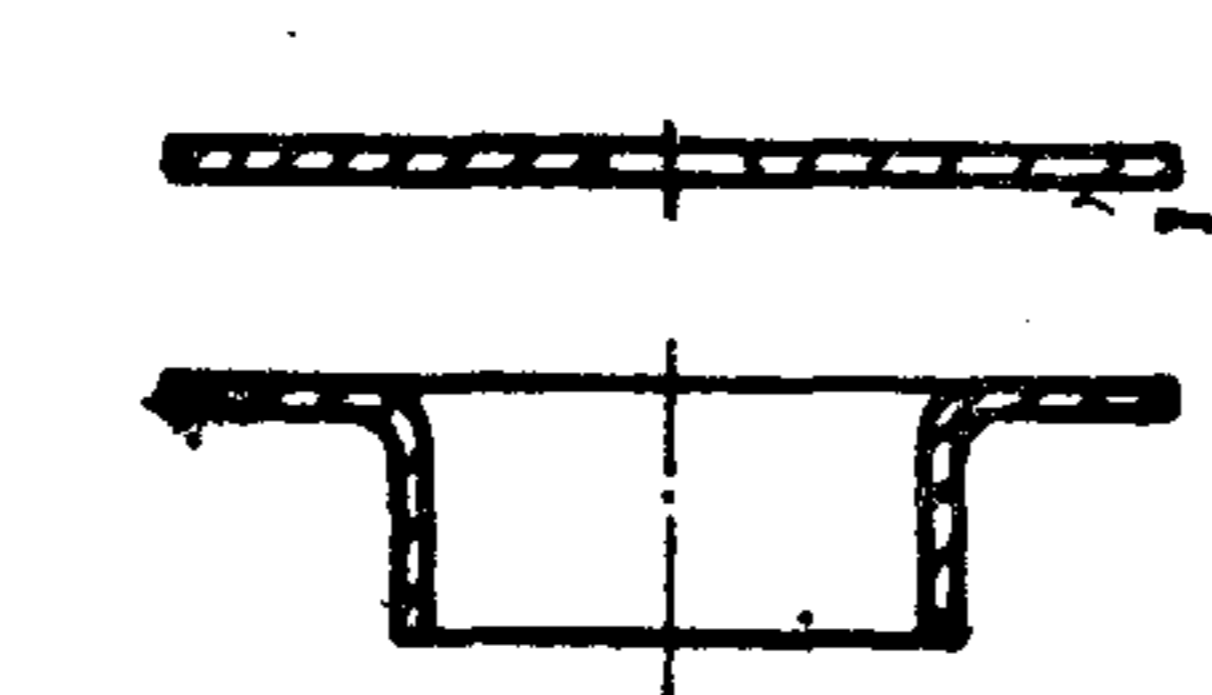
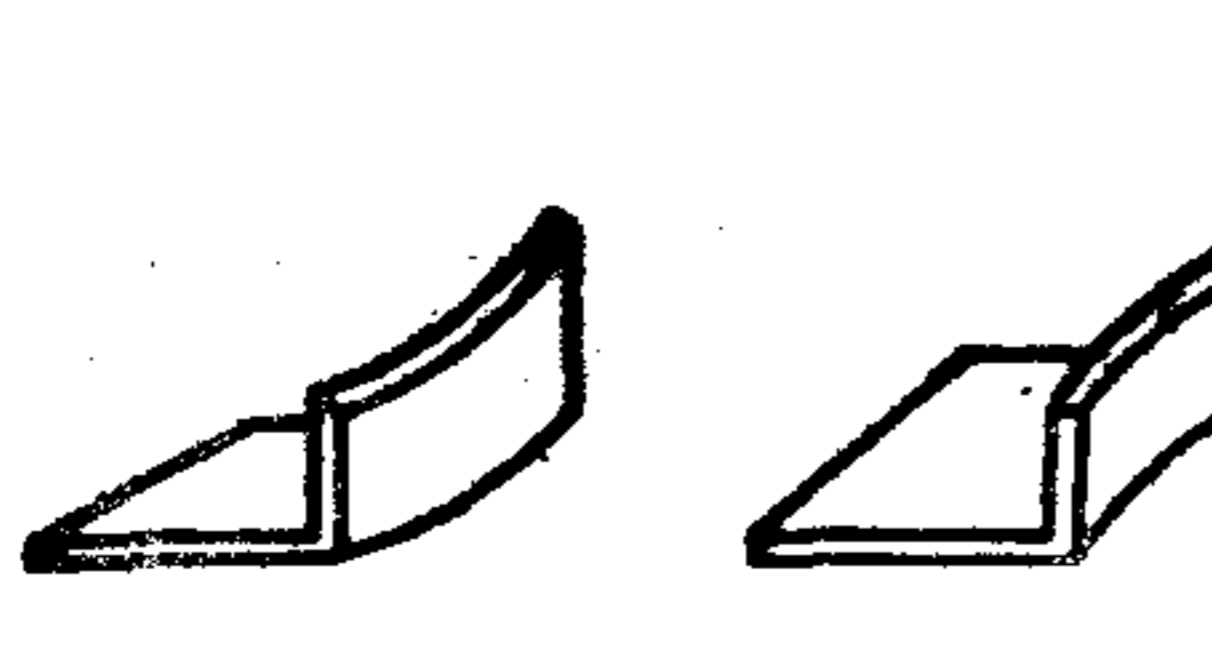
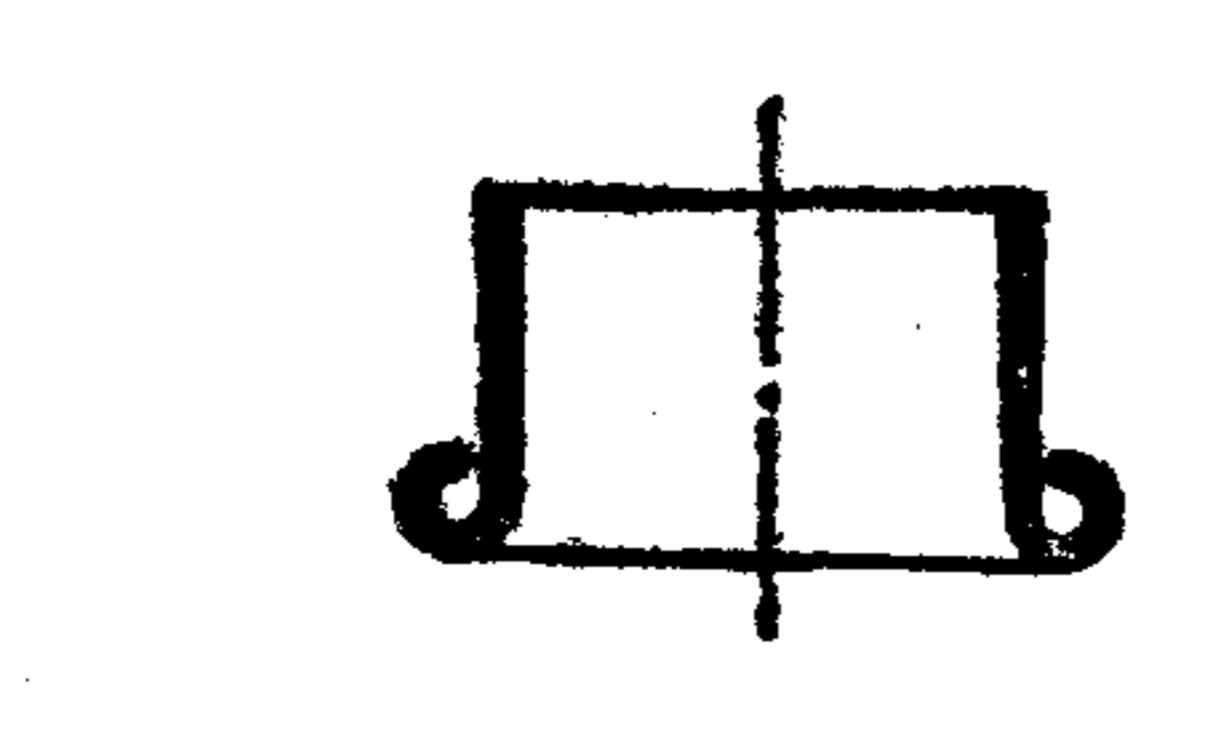
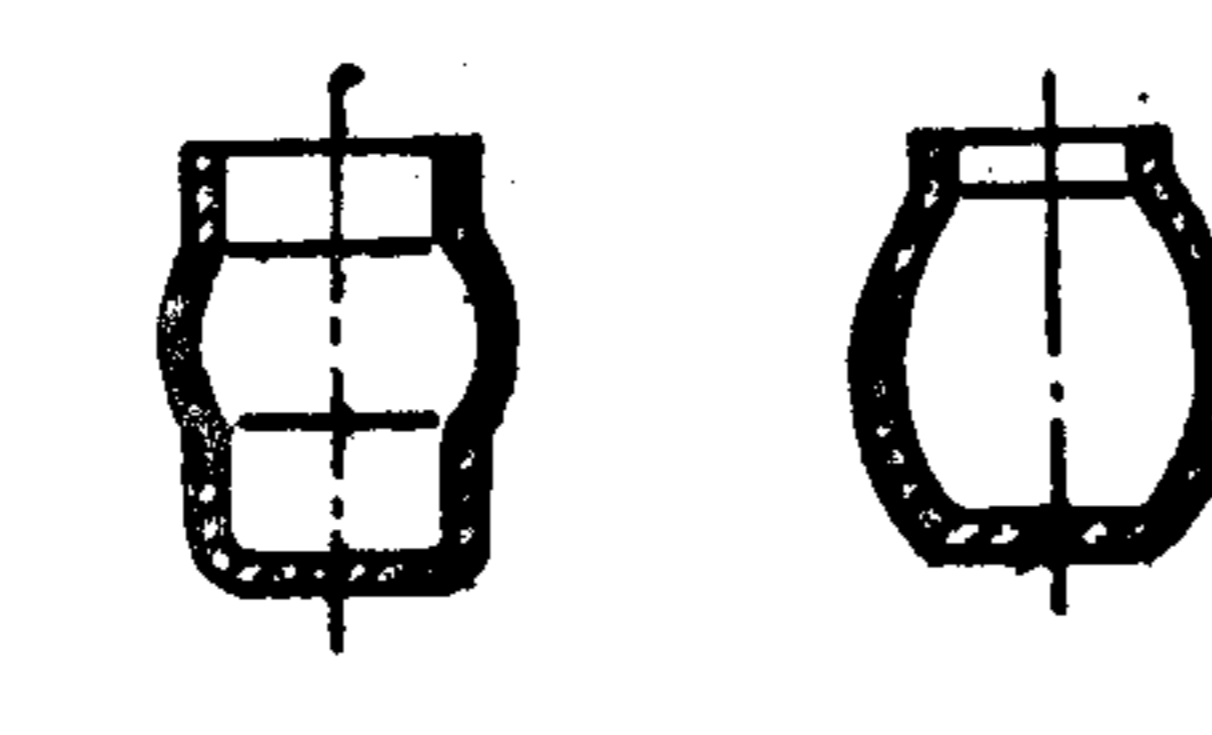
按冲压时材料的变形性质，冲压基本工序分为分离工序和成形工序两类。分离工序是材料在外力作用下，冲压毛坯沿一定轮廓切断分离；成形工序是冲压毛坯在外力作用下发生塑性变形，成为所需形状及尺寸的制件。

上述两类冲压工序又包括很多不同的工序。生产中常用的基本冲压工序见表 1—1。

表 1—1 冷冲压的部分工序

类别	工序名称	工序简图	工序说明
分离 工 序	切断		将板料沿不封闭的轮廓分离
	落料		沿封闭轮廓将制件或毛坯与板料分离
	冲孔		在毛坯或板料上，沿封闭轮廓分离出废料得到带孔制件
	切舌		沿不封闭轮廓将部分板料切开并使其下弯
	切边		切去成形制件多余的边缘材料
	剖切		沿不封闭轮廓将半成品制件切离为两个或数个制件

(续)

类别	工序名称	工序简图	工序说明
成形工序	弯曲		将毛坯或半成品制件弯成一定角度和形状
	卷边		把板料端部弯曲成接近封闭圆筒
	拉深		把毛坯拉压成各种形状的开口空心体
	起伏		在板料或毛坯上压出局部的凹陷或凸起
	翻孔		在预先制好孔的半成品上或未经制孔的板料上冲制出竖立孔边缘
	翻边		把毛坯的边缘沿一定曲线翻起竖立直边
	卷缘		将空心件上口边缘卷成接近封闭圆形
	胀形		将空心件沿径向往外扩张, 取得凸肚形的制件

(续)

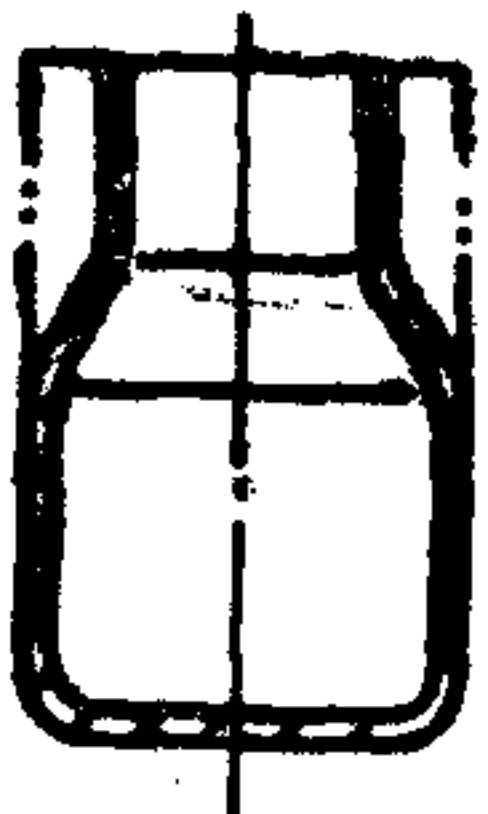

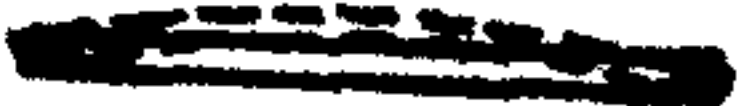

类别	工序名称	工序简图	工序说明
成形	缩口		使空心件的口部径向尺寸缩小
	整形		校正制件成准确的形状和尺寸
工序	校平		把制件不平的面压平
	压印		局部排挤材料，在制件表面上压出花纹、图案、文字或符号

表 1—1 是按照变形时的外形特点将成形工序分为弯曲、拉深、成形（包括起伏、翻边、缩口、胀形、整形、校平等）、体积冲压（包括压印、冷挤压等）等，如果根据工件主要变形区的应力状态和变形特点来分，则可以将成形工序分为伸长类成形、压缩类成形和兼有伸长、压缩的复合成形三种。当工件变形区的平均应力为正值，并且拉应力的绝对值最大时，称这种冲压成形为伸长类成形（如胀形、起伏、翻孔等），这类成形，变形区材料厚度变薄，表面积增加，破坏形式为破裂；工件变形区的平均应力为负值，并且压应力的绝对值最大时，称为压缩类成形（如直壁零件的拉深、外凸型外缘翻边、缩口等），这类成形变形区材料变厚，表面积减小，破坏形式为失稳起皱；兼有伸长、压缩的复合成形是变形区存在一个分界面，一面是压缩变形，另一面是伸长变形（如弯曲、卷边等）。

## 第二节 冲模的基本构造

图 1—1 所示为一副落料冲裁模。一般冲模分上、下模两部分。该冲模的上模由模柄 5、上模座 2、导套 8、凸模 4、垫板 1、凸模固定板 10 和螺钉 3、圆柱销 6、7 等零件组成；下模由下模座 14、导柱 9、凹模 13、导料板 12（兼作卸料板）、挡料销 16 和螺钉

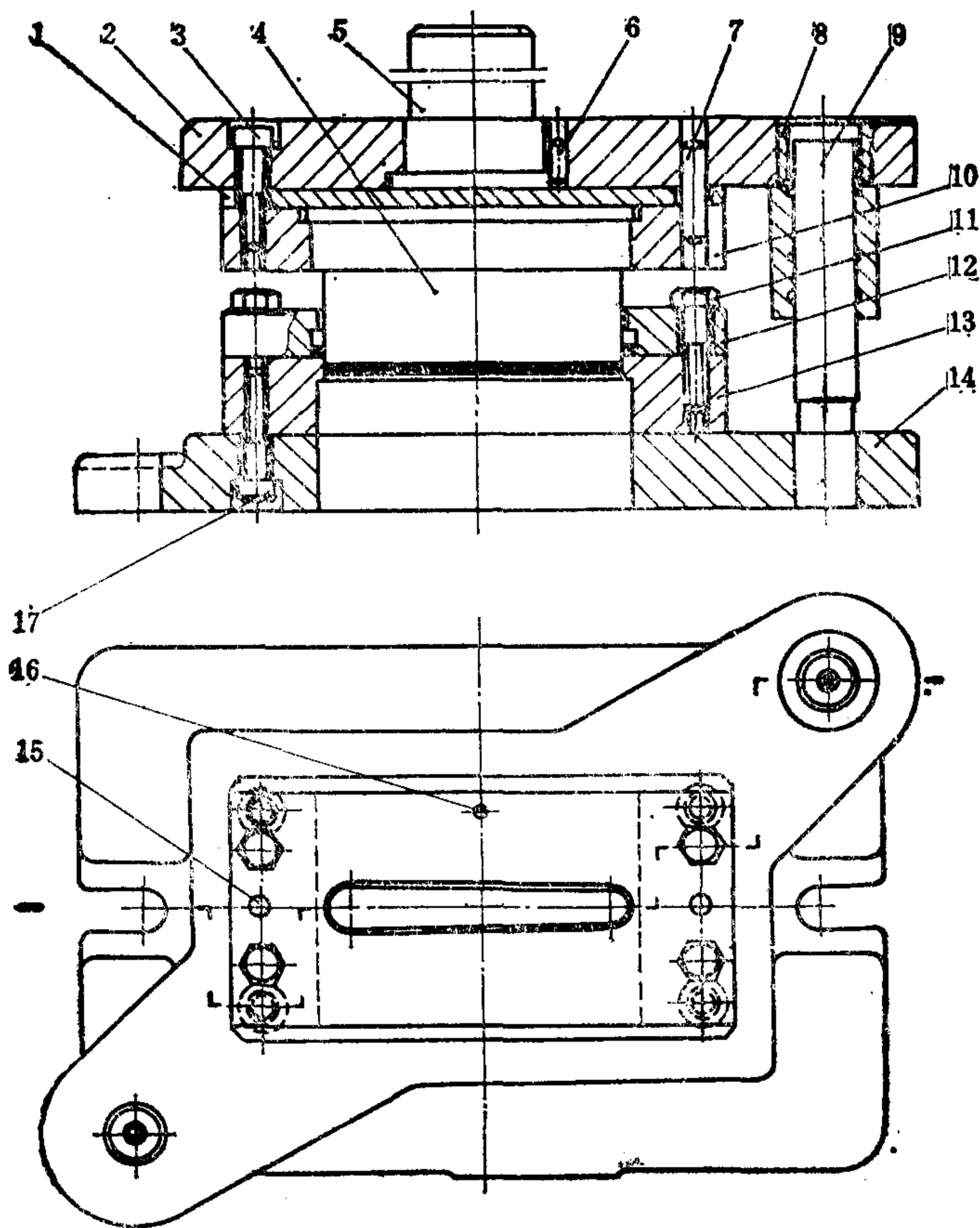


图 1—1 落料模

1. 垫板 2. 上模座 3、17. 内六角螺钉 4. 凸模 5. 模柄 6、7、15. 圆柱销 8. 导套 9. 导柱 10. 凸模固定板 11. 螺钉 12. 导料板 13. 凹模 14. 下模座 16. 挡料销

11、17、圆柱销 15 等零件组成。上模通过模柄 5 安装在压力机滑块的孔内，随滑块上下运动；下模通过下模座 14 固定在压力机工作台或垫板上。工作时，将条料沿导料板 12 送至挡料销 16 处定位，开动压力机，上模随滑块向下运动，凸模 4 与凹模 13 的刃口配合冲切条料，使落料件与条料分离，落料件从凹模刃口中落下；上模向上运动时，箍在凸模 4 上的条料由卸料板 12 卸下。

其中，凸模、凹模为工作零件，是直接对毛坯或板料进行冲压加工的冲模零件。挡料销、导料板为定位零件，用来确定条料或毛坯在冲模中的正确位置。卸料板为卸料零件，用于卸掉卡箍在凸模上的制件或废料。导柱、导套为导向零件，导柱与导套相配合，用以确定上、下模的相对位置，保证运动导向精度。上、下模座、凸模固定板、垫板及模柄等为固定零件，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。

冲模结构，有的简单，有的复杂，是由于冲模类型和使用要求不同。同时，各种冲模零件型式也是多种多样的，将在各章节逐步阐述。

### 第三节 冲压用材料

冲压用的材料与冲压工艺有密切关系。材料质量好坏，将直接影响冲压工艺过程设计和冲压件质量。合理地选用材料，是保证冲压生产过程顺利进行的条件，对保证冲压件质量，减少材料消耗，降低生产成本均起重要的作用。

**一、冲压件常用材料** 冲压用的材料大部分是厚度在6mm以下的板料。常用材料有黑色金属、有色金属以及非金属材料。

1. 黑色金属 普通碳素钢板，碳素结构钢板，低合金钢板，镀锌钢板，不锈钢板，电工硅钢板等。

对于优质碳素结构钢板和合金结构钢板，按其表面质量分为四组（GB710-65）：I——特别高级精整表面；II——高级精整表面；III——较高级精整表面；IV——普通精整表面。每一组再按拉深性能分为三级：Z——最深拉深级，其钢板牌号有05、08F、10F、15F及20等；S——深拉深级，其钢板牌号有08、10F、15F、20、25、30及35等；P——普通拉深级，其它牌号的普通拉深钢板都属于P级。

2. 有色金属 铝及铝合金板，紫铜板，黄铜板，铝青铜板，锡青铜板等。

3. 非金属材料 纸板、各种胶合板，塑料板、橡胶板、皮革、纤维板、毛毡及有机玻璃板等。

普通碳素钢板主要用于平板类制件或变形量小的简单制件。碳素结构钢板，主要用于复杂的弯曲件、拉深件和成形件。普通低合金钢板多用受力复杂的制件。铜及铜合金板、铝及铝合金板，主要用于电器、航空、仪表、日用品冲压制件中。

轧制薄钢板的规格，可由GB708-65中查得，常用冲压材料的机械性能、规格见附录。

**二、冲压工艺对材料的要求** 冲压用的材料不仅要满足冲压件的使用要求，而且应满足冲压工艺和冲压后其它加工的工艺要求。冲压工艺对材料的基本要求是：

1. 具有良好的冲压性能 材料的冲压性能是指材料对各种冲压加工方法的适应能力。冲压性能好的材料，容易得到质量合格的制件，不易出废品，可减少成形工序次数，有利于提高生产效率和延长冲模寿命。例如，成形工序要求材料具有良好的塑性，塑性好的材料允许的变形程度大，使制件易于成形，同时，可减少冲压次数，降低成本。

2. 具有良好的表面质量 板料表面应光洁、平整，无裂纹、无锈、无刮伤等缺陷。若板料表面有刮伤、划痕，则在冲压时，缺陷部位产生应力集中而容易开裂；表面不平整易引起局部起皱；表面有锈会擦伤模具。

3. 材料厚度公差应符合国家标准 由于冲模的凸模、凹模的间隙与板厚有关，若板料厚度超差会影响制件质量；在一些冲压工序中，板料厚度正偏差过大，还可能引起冲模和冲床的损坏。所以，材料厚度公差必须符合标准。我国对轧制薄钢板厚度的允许偏差（GB708-65）规定有高级（A）、较高级（B）和普通级（C）三种。

**三、板料的冲压性能** 研究板料冲压性能的目的是确定板料对某种冲压工艺的适应性，合理选取材料的种类和牌号，分析生产中出现的与材料性能有关的质量问题，为研制新材料提供方向和鉴定方法。

板料的冲压性能可以通过试验来鉴定。试验方法分为两类：一类是基本性能试验，如拉伸试验、硬度试验、金相试验等，利用这些试验结果，可以间接反映出板料的各种冲压性能；另一类是特定工艺性能试验，如弯曲试验、拉深试验、胀形试验等，这类试验是模拟冲压变形的特定工艺试验，能较为可靠地鉴定某一种成形性能，但没有全面反映材料的各种性能。

板料的拉伸试验是基本性能试验中一种重要试验，它从很多方面反映板料的冲压性能。通过该试验可得到板料的强度（屈服强度 $\sigma_s$ ，抗拉强度 $\sigma_b$ ，细颈点应力 $\sigma_j$ 等）、刚度（弹性模数 $E$ ，加工硬化指数 $n$ 等）、塑性（延伸率 $\delta$ ，断面收缩率 $\psi$ ，均匀延伸率 $\delta_j$ 等）、塑性应变比 $\gamma$ 和凸耳参数 $\Delta\gamma$ 等冲压性能指标。

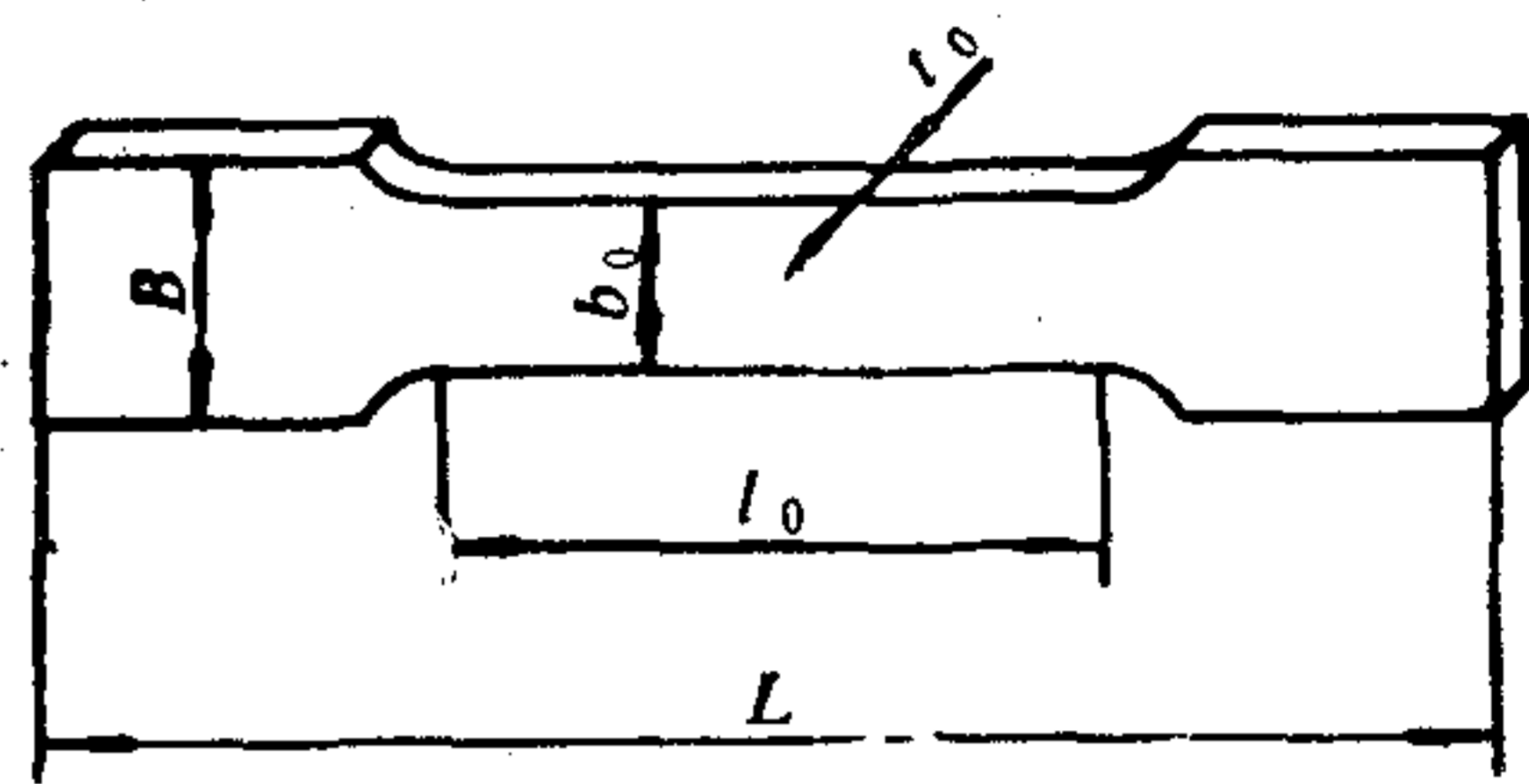


图 1—2 拉伸试验用的标准试件

板料的拉伸试验，用图 1—2 所示形状的标准试件，在万能材料试验机上进行。

图 1—3 所示是拉伸试验曲线，曲线上有三个特征点，即屈服点  $C$ 、细颈点  $D$  和破坏点  $K$ 。屈服点是均匀塑性变形的开始点（对应的应力为屈服强度  $\sigma_s$ ）。细颈点（对应的应力为抗拉强度  $\sigma_b$ ）是均匀塑性变形和局部集中塑性变形阶段的分界点，是控制材料成形极限（材料的最大变形限度）的一个重要因素，过了细颈点后，变形集中在某一局部进行，产生局部变薄而影响制件质量。破坏点是塑性变形的终止点。

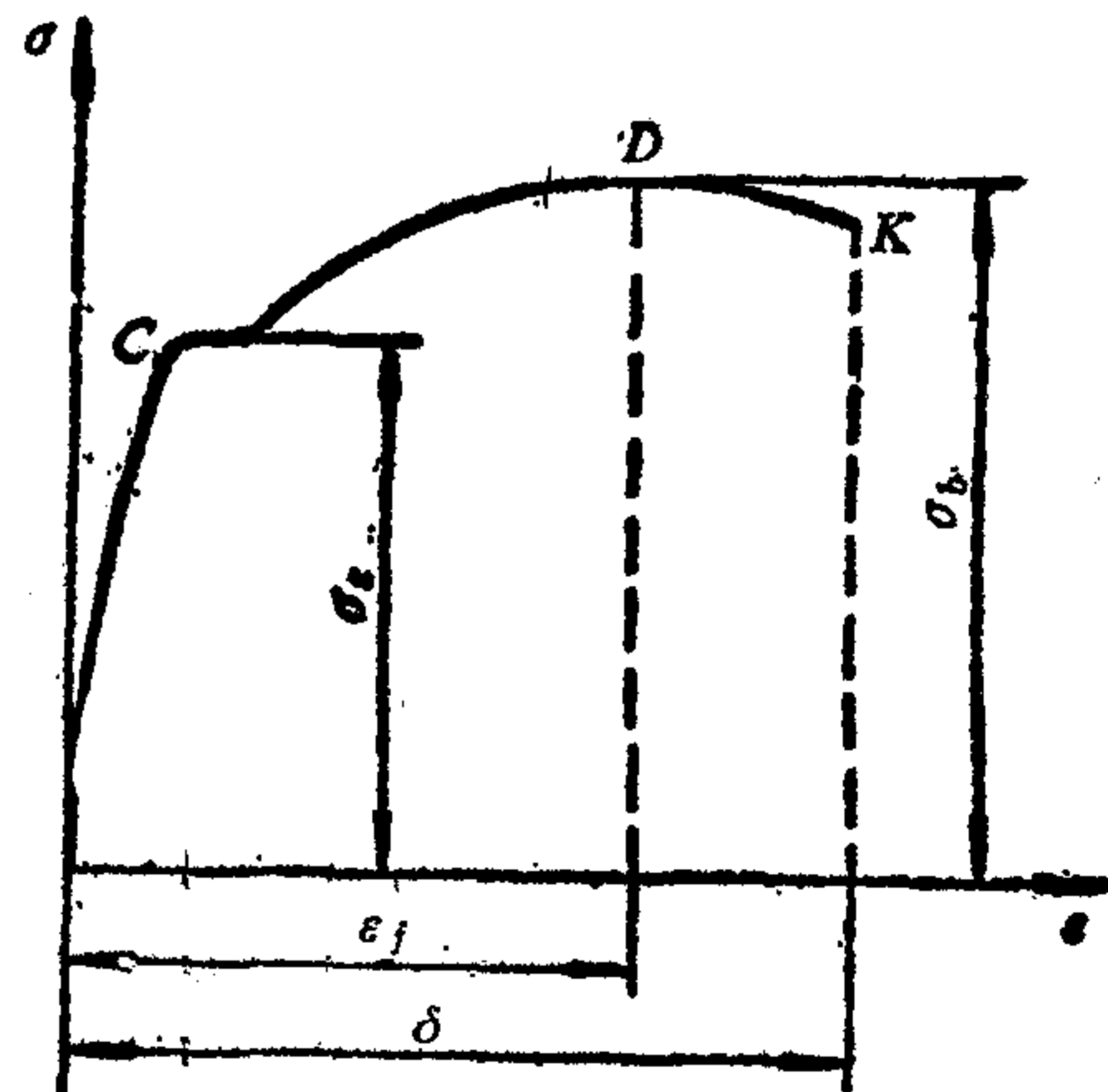


图 1—3 拉伸曲线

通过拉伸试验得到的机械性能参数与板料的冲压性能有紧密关系，可定性分析出板料的冲压性能。现将其中几项说明如下：

1. 均匀延伸率  $\delta_j$  它是在拉伸试验中试件开始出现局部细颈时的延伸率，

$$\delta_j = \frac{l_j - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中  $l_j$ ——试件出现细颈时的长度；

$l_0$ ——试件工作部分原始长度；

$\delta_j$ ——板材产生均匀变形或稳定塑性变形的能力。

一般情况下，冲压成形都在板材的均匀变形范围内进行，所以， $\delta_f$  决定了板料在伸长类变形中的冲压性能，可以用  $\delta_f$  间接地表示伸长类变形的极限变形程度。 $\delta_f$  值愈大，则允许的极限变形程度愈大。

2. 屈服比  $\sigma_s/\sigma_b$  材料的屈服强度  $\sigma_s$  与抗拉强度  $\sigma_b$  的比值称为屈服比。屈服比愈小，材料的塑性变形区间愈大，成形过程的稳定性愈好，材料断裂的可能性愈小，有利于提高极限变形程度。因此，无论是伸长类或压缩类变形，屈服比愈小，则成形极限愈高，冲压性能愈好。

3. 加工硬化指数  $n$  在塑性变形过程中，金属的硬度和强度 (HB、 $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$ ) 增加，塑性 ( $\delta$ 、 $\psi$ ) 降低以及继续变形的抗力增加的现象称为加工硬化。加工硬化指数  $n$  表示在塑性变形中材料的硬化强度，它取决于材料的种类和性能，可用拉伸试验求得： $n = \ln(1 + \delta_f)$ 。在细颈点， $n = \delta_f$ ，即加工硬化指数  $n$  等于细颈点的应变  $\delta_f$ 。

$n$  值大的材料，材料在变形中的抗力随变形的增加而迅速地增大。因此， $n$  值大的材料，其塑性变形稳定性好，不易出现局部集中变形和破坏，使材料的承载能力和均匀变形能力提高，减少材料的局部变薄和增大伸长类变形的成形极限。但加工硬化效应不利于进一步冲压加工，如多次拉深时需要增加退火工序。常用材料的  $n$  值可从有关资料中查得。

4. 塑性应变比  $\gamma$  塑性应变比  $\gamma$  又叫做板厚方向性系数。它是板料试件在拉伸试验中，宽度应变  $e_b$  与厚度应变  $e_t$  的比值，即：

$$\gamma = \frac{e_b}{e_t} = \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{\ln \frac{t}{t_0}} \quad (1-1)$$

式中  $b_0$ 、 $b$ ——变形前后试件的宽度；

$t_0$ 、 $t$ ——变形前后试件的厚度。

塑性应变比  $\gamma$  表示板平面方向与厚度方向变形的难易程度。冲压成形时，一般都希望变形发生在板平面方向，不希望厚度发生过大变化。当  $\gamma > 1$  时，则板平面方向上的变形比厚度方向上的变形容容易。所以， $\gamma$  值愈大，愈利于板平面方向上的拉、压变形，板料不易变薄、不易增厚、不易起皱，成形极限愈高，有利于提高冲压件质量。

5. 板平面方向性 (凸耳参数)  $\Delta\gamma$  通过试验发现，轧制板材在板平面各方向上的机械性能和物理性能不同。这说明在板材平面内的机械性能与方向有关，但在表示板材机械性能的各项指标中，板厚方向性系数对冲压性能的影响比较明显，所以，在冲压生产中用板厚方向性系数  $\gamma$  在轧制方向、与轧制方向垂直和  $45^\circ$  方向上的平均差别来衡量，一般规定为：

$$\Delta\gamma = \frac{\gamma_0 + \gamma_{90} - 2\gamma_{45}}{2} \quad (1-2)$$

$\Delta\gamma$  愈大，则板料变形愈不均匀。例如，板平面方向性使拉深件口部不齐 (凸耳现象)，板平面方向性愈大，则凸耳高度愈大，必须增大切边余量，增加材料消耗。