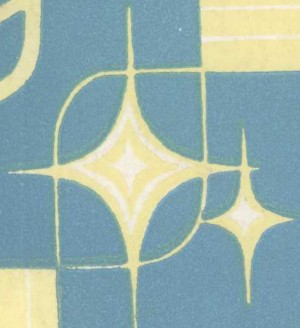




全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



机械制造工艺学

第一分册 冷冲压

(第三版)

中国农业出版社

● 北京农业工程大学 主编
● 农业机械化 机械设计及制造 机械电子工程专业用

全国高等农业院校教材

机械制造工艺学

第一分册 冷冲压

(第三版)

北京农业工程大学 主编

农业机械学
机械设计及制造
机械电子工程

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国农业出版社

第一版编审者

主 编	东北农学院	史伯鸿
副主编	华中农学院	李兴成
	北京农业机械化学院	束维钧
编 者	华中农学院	伍冬生 毕世熙
	北京农业机械化学院	殷光复
		赵淑芳
		陈继武
	福建农学院	张清华 王祖忠
		何聪慧 赖廷羨
	东北农学院	李亦榕
	云南农业大学	孙 贵
	华南农学院	柯兴斌
	湖南农学院	周仕梓
	广西农学院	伍家宣 孙嗣雍

第三版前言

此教材为《农业机械制造工艺学》的第二次修订本，是为了适应国家教委新近颁布的专业目录和对教材篇幅的有关规定而进行修订的。

在修订中，注意了要适当拓宽专业面和淡化专业的精神，在保证基本理论完整性的原则下，删去了一些次要的内容，突出了重点，有些宜于在工艺实习或课程设计中学习的内容，如各类零件的加工、夹具和模具设计的方法步骤等也予删除。

本书为高等农业院校农业机械化专业、机械设计及制造专业、机械电子工程专业的教材，也可作为其他专业的参考教材。本书一、二分册有独立的体系，可单独使用。

第一分册由郑智受同志修订，第二分册第一、三、五、六、八章由束维钧同志修订，第四、七章由侯书林同志修订，第二章由束维钧与侯书林同志共同修订。

本书在此次修订过程中得到兄弟院校和有关工厂的同行们的关心和支持，也得到了农业部教学指导委员会农业工程学科组的帮助和指导，特此表示衷心地感谢！由于编者水平所限，书中存在的缺点和错误，诚挚希望各位读者批评指正。

编者

第二版前言

本教材是1980年农业出版社出版的《农业机械制造工艺学》一书的修订本，是在总结各兄弟院校教学经验的基础上，根据农机类专业新的教学计划对本课程的要求而进行修订的。由于本书除了作为高等农业院校农机类专业的教材外，还可作为其他机械类专业的教学参考书，因此，这次《农业机械制造工艺学》修订本为适应不同院校、不同专业和有关工厂的需要，分成两个分册：第一分册为冷冲压，第二分册为机械加工。它们既是制造工艺学中不可缺少的两大部分，又各有相对独立性，而且也便于读者按需选购。

参加本教材修订大纲的讨论和对编写出的初稿进行审查讨论的，除各编写学校的教师和编者外，尚有西北农业大学、新疆八一农学院、河北农业大学、安徽农学院、华南农业大学、沈阳农业大学、山西农业大学、黑龙江八一农垦大学、莱阳农学院等院校的教师。

在制定修订大纲和编写过程中，对原书进行了一定的修改，主要是增加了近几年来新发展的一些技术与成果，如计算机辅助设计与辅助制造在机械制造中与模具设计中的应用；锌基合金在制模技术中的应用；用尺寸跟踪法计算工艺尺寸链，并较全面地介绍了尺寸链原理和应用等。修订时，在保留课程的基本系统与内容的基础上，对原书的篇幅进行了较大的压缩，删除了一些繁琐的内容，并改正了一些原书的错误。

本书在编写时，先由各编者根据会议通过的大纲分别编写有关章节的初稿，在审稿会上对初稿进行审查并提出修改意见，然后分篇进行统稿。第一分册由郑智受统稿，第二分册由李亦榕和毕世熙统稿，全书最后由束维钧修改并定稿，主编史伯鸿教授指导了全书的修订工作。

本书编者对帮助过我们的全国各兄弟院校、工厂和研究所表示衷心的感谢！并对在编写过程中为本书做了许多具体工作的同志表示衷心的感谢！书中还有哪些错误和缺点，热忱希望各位读者批评指正！

编 者

第二版修订者

主 编	史伯鸿	(东北农学院)
副主编	束维钧	(北京农业工程大学)
	毕世熙	(华中农业大学)
编写者	李亦榕	(东北农学院)
	郑智受	(北京农业工程大学)
	殷光复	(北京农业工程大学)
	孙 贵	(云南农业大学)
	王祖忠	(福建农学院)
	周仕梓	(湖南农学院)
	伍家宣	(广西农学院)
	黄时昭	(广西农学院)

第一版序言

农业的根本出路在于机械化。为了实现四个现代化，我国正在努力为加速实现农业机械化而奋斗。近十余年来，世界各农业先进国家在农业机械化和农业现代化方面的迅速发展，使农业劳动生产率得以大幅度地提高。每个农业劳动力每年所提供的农产品（包括畜产品）平均可供养 50 人以上的生活需要。这些国家的农业劳动生产率已超过工业的劳动生产率；农业不仅成为国民经济的基础，而且在技术上也成为十分先进的部门。

这些先进国家的农业生产技术大致出现了下列特点：

(1) 自古沿袭下来的农业生产中的繁重体力劳动，在各种作业机械的协助和代替下，已经彻底改变。现代化农业生产的各个环节，几乎完全为农业机器所取代。

(2) 农业机械本身也在不断地改进，以提高工效，减少保养和维修的时间，以利于操作。例如，田间作业机械化操作不仅提高了作业速度，也加快实现了多工序机械化的联合作业，减少了机器在田间往返的次数。播种机械也可同时进行松土、播种、施肥、施用除草剂和杀虫剂及覆土镇压等。各种类型的联合收获机——谷物、玉米、甘蔗和甜菜等也有类似的性能和特点。许多机械往往只需一人进行操作，拖拉机驾驶员可不开离驾驶座，就能进行机具或拖车的挂接或脱开，以及其他调整性操作，播种机的开沟器采用密封的滚动轴承，可以每两年加一次润滑油，平时，不需要保养，这既节省人力，又提高了工效。

(3) 农业机械自动化程度迅速提高，并向着最高目标无人驾驶操作发展。例如，谷物联合收割机能够对地面自动仿形，以保证适应一定的割茬高度，自动对垄（行）防止漏割和自动调节喂入量，在保证最高效率的同时，避免堵塞。精量播种机上装有自动计数装置，哪条垄排种发生故障，它会发出警告信号。有的机器驾驶室有空气调节、滤尘和隔音减震等设施，使驾驶员的工作条件得到改善，劳动强度大为降低。农业机械上广泛采用液压、气动及电子设备，使机构得以简化，为实现自动化或远距离控制创造了有利条件。目前，液压不仅用于调节各种工作部件的位置，也已用于驱动行走装置。

(4) 农业生产和自然条件，如气候、日照和降雨量等有密切的联系。但是，科学的发展使农业生产有可能尽量减少对自然环境的依赖。例如，用电子计算机控制的大面积温室，可使作物常年在最佳条件下生长，大田作业利用水泵排灌设施，可减少旱涝威胁；对谷物和牧草进行人工干燥，可避免淫雨给农牧业造成的灾害损失等。其它如用遥感、遥测技术对大面积农作物可预报产量等。所有这些先进的技术措施和农业机械化相结合，会给农业劳动生产率的提高起到难以想象的作用。

(5) 在农业生产中要综合考虑自然界的生态平衡以及最佳的经济效果。根据气候、地形、土质等不同，自然条件实现分区域专业化种植，推行少耕法或免耕法，以保存土壤肥力，减少水土流失或风沙的危害作用。为此，在农业上发展了相应的农用机械，例如：深松犁、暗沟埋管机、架空索道、大型水泵、喷灌机械、人工降雨机械、农用喷药飞机等。随

着畜牧业生产比重的增大，近年来畜牧机械包括：牧草从种到收，饲料的加工贮藏，饲养设备及畜牧产品加工等方面也发展得非常迅速。

总之，农业机械已发生很大的变化，不但门类、品种日益增多，对机器的性能、材料、工作速度、压力和加工精度等方面也提出了越来越高的要求，并促使农业机械制造工艺发生了相应的重大的变化。其特点如下：

大量采用新材料、新工艺。例如，用硬质合金制造挖土铲的铲齿和切碎茎秆的切割器刀片；以人造宝石（制造钟表轴承的材料）制造喷雾器的喷嘴和广泛采用各种工程塑料。在农业机械上采用不锈钢及只能用金刚石加工的难切削材料也日益增多，用各种少切削或无切削加工工艺更为普遍。

对加工精度要求越来越高。由于农业机械作业速度提高并提出更严格的动平衡、低噪音、密封性严、可靠性高和使用寿命长等要求，促使在农业机械制造过程中要保证更高的加工和装配精度。

生产组织更加专业化。我们知道采用自动化的生产设备，效率高，可以降低成本。但是，如果产量不大，往往不能采用这种先进的工艺方法。为此，应在生产中实行高度专业化，然后通过厂际协作装成整机。这样可以扩大生产批量。又如有的工厂只有专用的模具等工艺装备，可以和拥有自动化冲压或加工设备的工厂协作进行生产。在现代农业机械结构日益复杂的情况下，不可能也不必要由一个工厂自己生产所有的毛坯和零件，自己装配成整机，而是改由不同的专业工厂供应各种零件或部件，产品则由整机厂最后总装而成。国外农业机械一台机器上采用好几个国家的产品，也是十分常见的事。这种做法有利于提高工效、改进质量、降低成本，总之，是大大地提高了劳动生产率。

对结构工艺性进行深入细致地研究，使提高材料利用系数、降低加工及装配工时等方面也有很大进展。

根据当前农业机械工艺进展的趋势，结合我国农业机械的生产情况，本书在编写过程中注意适当加强有关工艺理论部分，并以冲模设计、夹具设计及工艺规程编制原理等为重点，以期在学完本课程后，使学生在这些方面能得到一定的知识技能和独立的工作能力。由于时间仓促，资料不足及水平所限，错误之处在所难免，希读者提出宝贵意见，以便再版时改正。

编 者

1978年12月

目 录

导言	1
第一章 冲裁工艺	3
第一节 冲裁过程分析	3
第二节 冲裁间隙值的确定	5
第三节 凸模与凹模刃口尺寸的确定	10
第四节 实用冲裁力的计算	14
第五节 制件排样和搭边的确定	19
第二章 弯曲工艺	22
第一节 弯曲的变形过程	22
第二节 弯曲件毛坯长度的计算	24
第三节 弯曲回弹和最小弯曲半径	30
第四节 实用弯曲力的计算	36
第五节 斜楔滑块的设计计算	37
第六节 弯曲模工作零件尺寸的确定	41
第三章 拉延—成形工艺	46
第一节 拉延变形过程分析	46
第二节 旋转体拉延件毛坯尺寸的计算	51
第三节 旋转体拉延件工序的计算	54
第四节 盒形件的拉延	68
第五节 压边力和拉延力的计算	79
第六节 拉延模工作零件的确定	82
第七节 成形工艺的特点和应用	87
第四章 冲压模具的结构与设计	96
第一节 模具的构造和分类	96
第二节 冲模零件的结构和设计	100
第三节 模具零件材料的选用	116
第五章 冲压件结构工艺性和工艺规程的编制	118
第一节 冲压件结构工艺性	118
第二节 冲压件工艺规程的编制	120
第六章 快速经济模具和冲模 CAD/CAM	127
第一节 快速成形模具的特点和类别	127
第二节 锌基合金模具的制造技术	127
第三节 超塑性成形模具	130
第四节 模具 CAD/CAM/CAE 技术概况	131
第五节 冲裁模 CAD/CAM 程序系统的实例简介	132
主要参考文献	138

导 言

利用安装在压力机上的模具，对板料进行压力加工，通过板料的分离或变形，以获得同形零件的加工方法，称为板料冲压，简称为冲压。由于加工过程通常在常温下进行，故又称为冷冲压。

冷冲压是塑性加工的基本方法之一，也是机械制造中先进的加工方法之一，是一种少，无切削加工工艺，冷冲压与其他金属加工方法相比，在经济上和技术上都有一些显著的特点。

1. 能冲压出其他加工方法难于制造的形状复杂的零件，尤其是薄壁覆盖零件，这种零件质量稳定，重量轻，刚度好，表面质量较高，互换性好，可以不经加工直接进入装配，如汽车车身零件。

2. 原材料利用率高，一般可达70%—90%，材料和能源消耗都大为降低。

3. 在大量生产中，生产率高，生产成本低，操作简单方便，且易于实现机械化与自动化。

4. 模具的制造精度要求高，特别是一些型腔复杂的模具，制造周期长，成本高，加工困难，这是冷冲压加工的缺点。故一般均用于大批量生产，在单件小批生产中其经济效益差。

冷冲压的主要工艺装备是模具，由于国民经济和科学技术的发展，需要提供更多类型的机电产品和日用品。市场经济为导向，要求冲压零件的种类和数量日益增多，其精度要求越来越高，与此相适应，模具的种类也日益增多，其精度也相应提高。在新产品的试制和老产品的改型，尤其是汽车工业发展都离不开模具，由此可见，模具工业是衡量一个国家工艺水平的标志之一，模具也是基础工业之一。不断提高模具的设计和制造的技术水平，就是一项重要的课题了。

不同类型的冲压零件使用不同的模具和坯料，其变形的情况各有区别，在冲压工艺中，就其板料的变形性质，可分为分离工序和变形工序两大类型。分离工序是指在该工序之后，材料变形部分的应力达到了破坏应力 σ_b 的数值，致使材料断裂而分离，如剪裁，冲裁，切边等工序。变形工序是指在该工序之后，材料变形部分的应力超过了屈服应力 σ_s 数值，但尚未达到破坏应力 σ_b 的数值，使材料发生塑性变形，改变了材料原有的形状和尺寸，如弯曲，拉延，成形等工序。

冲压模具一般分为三大类：简单模具、复合模具、级进模具。模具由五部分零件组成：

1. 工作零件 直接参加冲压工作部分，如凸模，凹模等。

2. 定位零件 在冲压时保证坯料的正确位置，如定位销，挡料销等。

3. 卸料零件 在工序完成后退出废料，如卸料板，顶件板等。

4. 导向零件 用于保证上、下模在运动过程中正确的相对位置，如导柱，导套等。

5. 紧固零件 用于固定模具各零件或将模具固定在压力机上，如模柄，镙钉，销钉等。

冲压用的材料主要是黑色金属和有色金属，如普通碳素钢 A3 等；优质碳素钢 08 等；铝板，铜板等；其次非金属材料，如纸板，橡胶板，塑料等。

冷冲压常用的主要设备有曲柄压力机，液压机，摩擦压力机等；其中曲柄压力机（俗称冲床）使用最为广泛。

第一章 冲裁工艺

冲裁是利用冲模使材料分离成两部分的冲压工序，它包括切断、落料、冲孔、修边、切口等各种工序。一般说来，材料被分离成两部分只需要其中的一部分，另一部分则为废料，如果需要带孔形的那个部分，称为冲孔工序；反之，如果需要冲落那个外形部分，称为落料工序。因而这种冲裁工序用途极为广泛，是冷冲压的基本工序，它既可以直接冲出成品零件，又可以为其他变形工序准备毛坯。目前根据分离机理不同，可将冲裁工艺分为普通冲裁和精密冲裁两类，通常所说冲裁工艺是泛指普通冲裁。 $\sigma > \sigma_b$ 。

第一节 冲裁过程分析

一、冲裁刃口应力场分析

冲裁时板料的受力分析如图 1-1 所示。

冲裁区应力与应变状态如图 1-2 所示。

冲裁时板料的应力分布曲线及凸、凹模载荷分布如图 1-3 所示，对厚度 4mm 纯铝冲裁时，凹模端面压力分布如图 1-4 所示。

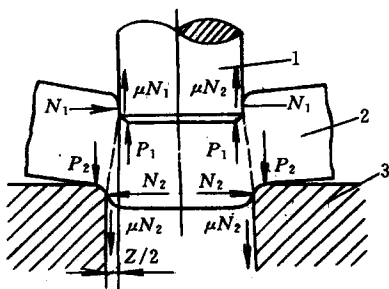


图 1-1 板料冲裁时之受力分析

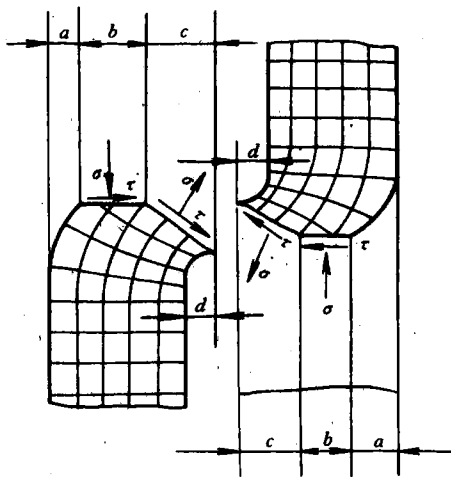


图 1-2 冲裁区的应力与应变状态

二、冲裁分离机理

冲裁时凸模持续向材料加载直至材料被分离成两个部分，整个变形过程可分为三个阶段（图 2-5）。

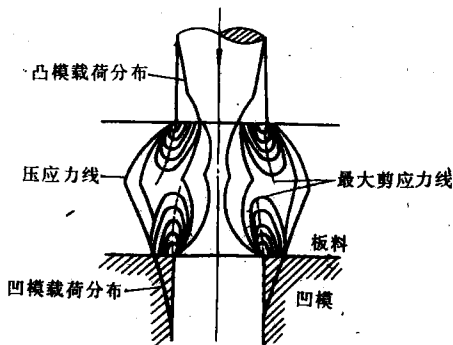


图 1-3 冲裁时板料应力与凸凹模载荷分布图

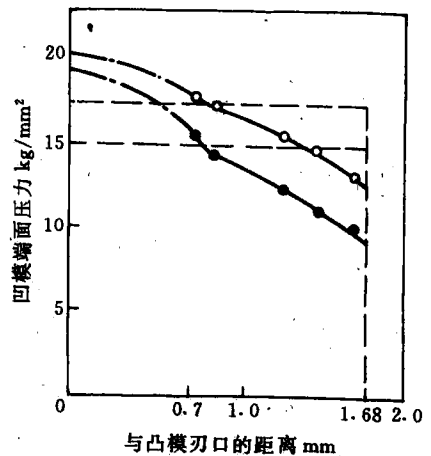


图 1-4 凹模端面压力分布

第一阶段是弹性变形阶段：材料在凸模压力作用下，产生弹性压缩、弯曲、拉伸等微量变形，这时凸模随之略微挤入板料，并迫使材料相对的另一侧也同时略微挤入凹模洞口，直至材料内应力达到弹性极限小于屈服极限，如图 1-5A—B 段。在这个阶段内，材料均为弹性变形，其变形特征是：材料被凸模和凹模挤入的部位形成圆角，凸模端面下的材料呈略微弯曲，凹模周边的材料沿刃口向上略微翘曲；这些变形现象，当外力去除时，均可弹性恢复。

第二阶段是弹塑性变形阶段：随着凸模压力增加，当刃口周围材料的

应力达到并超过材料的屈服极限，便进入第二阶段。这时塑性变形程度逐渐增大，材料的压缩、拉伸和弯矩都在相应增大，材料被凸模和凹模挤入的部分增大，并产生塑性挤切变形，在沿刃口周边形成了挤切亮带，这个阶段一直持续到材料的内应力达到材料强度极限之前，如图 1-5B—C 段。这个阶段终了时，材料在应力集中严重的刃口处，在拉应力作用下局部出现微裂纹，其变形特征是：材料被凸模和凹模挤入形成明显的挤切光亮带，材料的弯曲和翘曲都较严重，材料在刃口附近出现微裂纹；这些变形现象，当凸模卸载后，有明显的塑性残余变形存在。

第三阶段是断裂分离阶段：凸模继续下压，刃口周围已产生的裂纹开始向材料内部扩展，裂纹扩展的速度及方向取决于材料在刃口周围的应力场和凸、凹模之间的间隙。当存

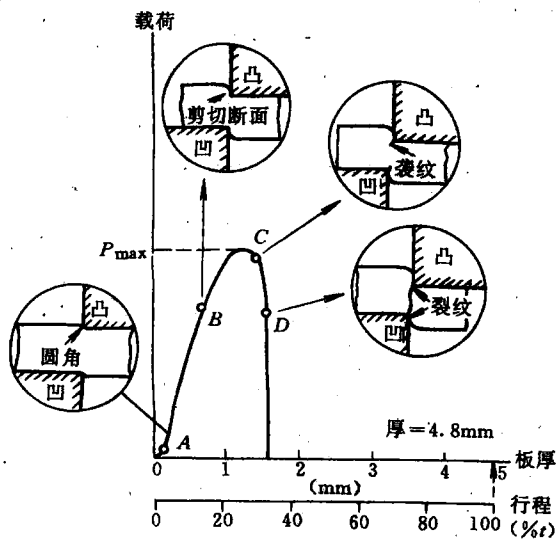


图 1-5 变形过程

在合理间隙时，由凸模方向扩展的裂纹和由凹模方向扩展的裂纹相迎，使材料被分离成两部分，如图 1-5C—D 段，其变形特征是：材料产生了由上、下裂纹相迎所形成的裂纹带；凸模卸载后，材料已被分离成两部分了。

我们将上述的分离机理统称为“二向裂纹扩展相迎”分离机理。在冲裁时要使上、下裂纹相迎：第一，凸模和凹模必须要具有合理的间隙；第二，凸、凹模的刃口必须锋利；第三，刃口需要具有相当硬度，以便维持刃口始终是锋利状态，从而保证在整批冲裁过程中都能实现“二向分离”机理。如果将材料首先出现裂纹的点称为断裂点，那么断裂点将随材料在刃口处应力场的不同而产生漂移，当刃口呈 $R=0$ 的锋利状态时，断裂点将在尖角处首先出现。当 $R \neq 0$ 时，断裂点将漂移，由于 R 不同，也就是刃口锋利程度不同，材料形成的应力场必然不同，裂纹向材料内部扩展的速度及传播的方向均不相同。在应用这种分离理论时，必须充分考虑这些特点。当然对锋利刃口可以采用磨削工艺来实现，对坚硬刃口可以采用热处理手段来保证，冲压设计人员主要是制定各项措施，保证合理均匀的间隙。

根据上述的分离机理，材料被分离后，在分离断面呈现三个明显的区域：圆角带，光亮带，剪裂带（图 1-6）。圆角带产生于第一阶段；光亮带产生于第二阶段，由塑性挤切而形成，与端面垂直，往往作为度量制件的尺寸基准；剪裂带产生于第三阶段，表面粗糙、呈现锥度。这三个区域在板厚方向的比例分布，取决于冲裁工艺参数，一般说来，厚板冲裁时，三个区域清晰可见。

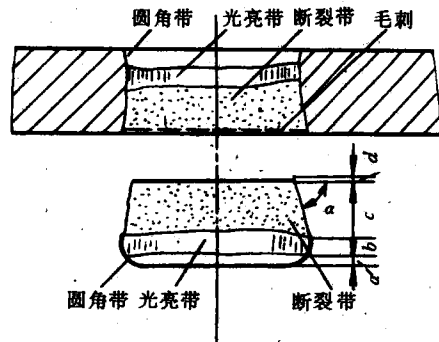


图 1-6 冲裁断面
a. 塌角 b. 光亮带 c. 剪裂带 d. 毛刺 e. 剪裂带斜角

第二节 冲裁间隙值的确定

凸模与凹模刃口工作部分的同位尺寸差称为冲裁间隙，也就是模具间隙，其数值可为正值也可为负值。间隙是设计、制造模具的一个重要工艺参数，它对工件质量、尺寸精度、冲裁力、模具寿命等都有较大的影响。目前模具制造的难点之一就是保证合理均匀的模具间隙，尤其是工件尺寸越小，材料越薄，这种矛盾表现越加突出。因此确定一种比较合理的间隙作为设计的依据，以保证制造中获得均为合理的间隙，是目前冲裁模具研究的主要课题之一。

在冲压生产中，由于受测试间隙技术的限制，往往采用间隙值在一定范围内均为合理间隙，只要在合理间隙内即能保证材料被分离时，二向裂纹相迎。最小合理间隙用于制造设计模具，最大合理间隙用于控制模具寿命。实际间隙是模具制造后或模具使用一阶段压的实际度量间隙。由此可见，模具设计、制造围绕的一个中心，就是获得最小合理间隙。

当间隙过小时，则上、下裂纹互不相迎，上、下裂纹中间的一部分材料随冲裁的进行将被第二次剪切，在断面上形成二次光亮带，造成台阶、夹层裂纹；由于间隙过小，凸模与凹模受到材料的挤压作用力增大，从而增大了材料与凸、凹模之间的摩擦力，结果不仅增大了冲裁力、推件力、卸料力，更主要是加剧了凸、凹模刃口的磨损，降低了模具的使用寿命；同时，挤压作用力增大使挤压产生的变形增大，冲裁完成后，弹性恢复的现象严重，对制件尺寸精度也有较大影响，落料后外形尺寸略微增大，冲孔后内形尺寸略微缩小。另一方面，当其他条件相同时，间隙过小，必然减小拉应力成分，增大挤压作用，提高材料塑性，裂纹的产生受抑制而推迟发生，因而光亮带增大（可为材料厚度的45%—60%），圆角、毛刺、斜度、拱弯、挠曲现象都有所减小，两端表面与断面近于垂直。由此可见，当要求工件表面与断面垂直时，也只好采用偏小的间隙。

当间隙过大时，上、下产生的裂纹也互不相迎，应力状态中的拉应力成分增加，材料产生裂纹变得容易，塑性变形阶段结束早，因而光亮带小，断裂带和圆角带大，毛刺、斜度、拱弯现象都趋严重，对于厚板圆角带增大尤其明显突出，而薄板材料被拉入凹模的可能性增加，形成拉长毛刺，毛刺高度也增大。另一方面由于间隙增大，拉应力成分增加，分离抗力减小，所以冲裁力减小，推件力、卸料力大大减小；但是制件尺寸仍然受弹性恢复的影响，并由于拉伸变形影响，落料后外形尺寸略小，冲孔后内形尺寸略大。

当间隙合理时，上、下裂纹相迎分离，冲裁力小，模具寿命高，制件平直度、毛刺、斜度等都不大，综合技术指标较为理想，一般情况下，光亮带约为材料厚度的1/3左右，断面粗糙度可达 $\sqrt[10]{2.5}$ ，毛刺高度在0.01—0.05mm之间，制件尺寸几乎与模具尺寸一致，板料冷作硬化的现象也不严重，有利于后续工序。

应当指出，间隙对上述各项指标的影响规律并非一致，而且尚未被人们完全掌握，生产中度量间隙数值多为局部测定或靠感觉评定其合理性，所以各个工厂所采用的间隙数值有一定差别，常常根据冲裁制件的具体要求，综合考虑上述各种影响因素，选择、决定一个合理间隙范围，目的在于保证冲制件质量的前提下，使模具受力状态最佳，模具寿命最高。这也是我们选择冲裁间隙的原则。

一、理论确定间隙的方法

根据“二向裂纹扩展相迎分离”的机理，以便获得良好的断面（图1-7）。从图中的三角形可求得间隙Z：

$$\begin{aligned}\frac{Z}{2} &= (t - h_0) \cdot \operatorname{tg} \beta \\ Z &= 2(t - h_0) \cdot \operatorname{tg} \beta \\ &= 2t \left(1 - \frac{h_0}{t} \right) \cdot \operatorname{tg} \beta\end{aligned}$$

式中： h_0 ——断裂时挤切深度

β ——刃口尖点连线与垂线之间的夹角

h_0 与 β 值均与材料性质有关。从上式可看出，材料越厚越硬时，则合理间隙值愈大， h_0/t 与 β 值可按表 1-1 选取。

从理论上计算求得的间隙值是最小合理间隙值，目前由于测试技术的限制，对冲压工艺所采用的材料的 h_0 与 β 之值尚未完全准确测定，而且理论计算方法在实际应用时也不方便，所以在生产中广泛采用经验公式确定最小合理间隙，有些工厂则采用查表方法确定最小合理间隙。

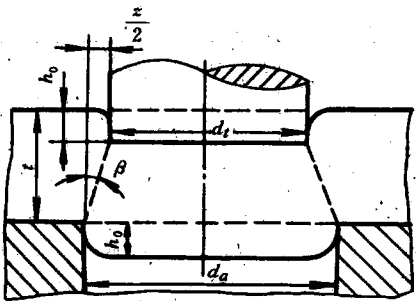


图 1-7 间隙的理论计算

表 1-1 h_0/t 与 β 值

材 料	h_0/t		β (°)	
	退 火	硬 化	退 火	硬 化
软钢、紫铜、软黄铜	0.5	0.35	6	5
中硬钢、硬黄铜	0.3	0.2	5	4
硬钢、硬青铜	0.2	0.1	4	4

二、经验确定间隙的方法

这种方法是根据冲裁件的具体要求，综合考虑制件的质量技术指标，选取较合理的数值，其计算公式如下：

$$Z = K \cdot t$$

式中： t —— 材料厚度

K —— 系数、与材料性质、厚度、制件尺寸精度等有关，如：

对于软钢、纯铁等 $K = 6\% - 9\%$

对于铜、铝合金等 $K = 6\% - 10\%$

对于硬钢等 $K = 8\% - 12\%$

应当指出，实际选用时，当材料较薄 ($t < 0.5\text{mm}$)、较软、制件质量要求高的应用偏小间隙；当材料较厚 ($t > 3\text{mm}$)、较硬、制件质量要求不高的应尽可能选用偏大间隙。尽可能兼顾冲模的制造条件及制件的生产批量。

我国有关工厂采用的合理间隙值见表 1-2 和表 1-3，供设计模具时参考。

表 1-2 冲裁模初始双面间隙

单位: mm

材 料 料 厚	08、10、35、09Mn1 A3、B3		16Mn		40、50		65Mn	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
<0.5	无 间 隙							
0.5	0.040	0.060	0.040	0.060	0.040	0.060	0.040	0.060
0.6	0.048	0.072	0.048	0.072	0.048	0.072	0.048	0.072
0.7	0.064	0.092	0.064	0.092	0.060	0.092	0.064	0.092
0.8	0.072	0.104	0.072	0.104	0.072	0.104	0.064	0.092
0.9	0.090	0.126	0.090	0.126	0.090	0.126	0.090	0.126
1.0	0.100	0.140	0.100	0.140	0.100	0.140	0.090	0.126
1.2	0.132	0.180	0.132	0.180	0.132	0.180		
1.5	0.170	0.240	0.170	0.240	0.172	0.240		
1.75	0.220	0.320	0.220	0.320	0.220	0.320		
2.0	0.240	0.360	0.260	0.380	0.260	0.380		
2.1	0.260	0.380	0.280	0.400	0.280	0.400		
2.5	0.360	0.500	0.380	0.540	0.380	0.540		
2.75	0.400	0.560	0.420	0.600	0.420	0.600		
3.0	0.460	0.640	0.480	0.660	0.480	0.660		
3.5	0.540	0.740	0.580	0.780	0.580	0.780		
4.0	0.640	0.880	0.680	0.920	0.680	0.920		
4.5	0.720	1.000	0.680	0.960	0.780	1.040		
5.5	0.940	1.280	0.780	1.100	0.980	1.320		
6.0	1.080	1.440	0.840	1.200	1.140	1.500		
6.5			0.920	1.300				
8.0			1.200	1.680				

注:

1. 冲裁皮革、石棉和纸板时, 间隙取 08 号钢的 25%
2. 此表适用于汽车、拖拉机行业