



冷冲压工艺与模具设计

◎ 主 编 孙 传
副主编 包亦平 范建锋 丁友生

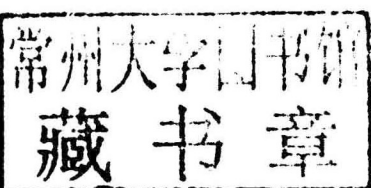


ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

冷冲压工艺与模具设计

主 编 孙 传

副主编 包亦平 范建锋 丁友生



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压工艺与模具设计 / 孙传主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2015.6
ISBN 978-7-308-14688-3

I. ①冷… II. ①孙… III. ①冷冲压—生产工艺—中等专业学校—教材②冲模—设计—中等专业学校—教材
IV. ①TG 38

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第097326号

内容简介

针对冲压成形原理复杂、类型多样的特点,本书按三个篇目、七章编写,力求内容实用、强弱分明、轻重得当、语言精细、案例典型、紧贴行业形势。第一章和第二章属于基础认知,粗略而系统地介绍了冲压加工及冲模的概貌,以及模具开发的过程;第三、四、五、六章属于冲压工艺,详细介绍了冲裁、弯曲、拉深、胀形、翻边等的成形原理和工艺规律,并介绍了相应的经典模具结构;第七章是项目实践,通过三个完整、典型的案例,具体展示了冲压工艺方案和冲模设计的步骤。

鉴于冲压成形过程的复杂性和阅读对象的定位,本书摒弃了一些复杂的不适合初学者学习的工艺理论内容,如塑性力学、盒形件的拉深等。

本书适合作作中职学校、技工院校模具专业的教材,也可作为有一定机械设计和制造知识基础的人员自学用书。

冷冲压工艺与模具设计

主 编 孙 传

副主编 包亦平 范建锋 丁友生

责任编辑 杜希武

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 德清县第二印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.75

字 数 393千

版 次 2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-14688-3

定 价 39.00元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: (0571) 88925591; <http://zjxcbs.tmall.com>

前 言

冲压工艺及模具设计课程以塑性变形理论为基础,综合了塑性力学、材料力学、机械原理与设计、机械制造工艺等多学科的应用,是一门理论性和应用性都很强的课程。围绕着冷冲模设计,前向有冲压工艺,后向有制造工艺,在数字化技术应用高度发展的今天,冷冲模开发的三个层面已经高度集成、紧密融合在一起。而随着社会、经济的快速发展,冲压行业仍方兴未艾,对各层次冲压技术人才的需求持续增长。因此,如何教、学好冲压工艺及模具设计这门课程,成为众多人士呕心沥血苦苦探索的课题,而一本合适的教材是学习冷冲模技术的重要向导。

学习冲压成形及模具的核心在于对工艺原理的领悟和在工程实践中把握,初学者对本书的所有公式、表格都无需关注,而应注重理论结合实际,首先对冲压成形做到定性理解,渐入佳境后再结合公式、表格对工艺规律进行分析、总结并掌握基础应用,最后才能系统把握和综合应用。

本书在结构编排上,融合了学科式教材与项目式教材的优点,兼顾了知识面的完整性、系统性和知识应用的综合性、灵活性,弥补了两种单一形式的教材在使用中的缺陷,非常有利于教师根据实际情况灵活组织教学和满足学生系统学习理论知识的要求。

在学习本课程之前,必须已修机械原理与设计、工程力学、机械制造工艺等课程。学习本课程时,建议理论与实践相结合,并从模具认知实践开始,冲压工艺内容的学习最好嵌入合适的工艺实验或冲压生产实践,最后进行模具设计的综合实践。

本书由孙传、包亦平、范建锋、丁友生、胡智土、刘力行、俞文斌、刘春龙等编写,其中孙传为本书主编,包亦平、范建锋、丁友生为副主编。本书适用于中职学校、技工院校“冷冲压工艺与模具设计”课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。限于编写时间和编者的水平,书中必然会存在需要进一步改进和提高的地方。我们十分期望读者及专业人士提出宝贵意见与建议,以便今后不断加以完善。我们的联系方式:sunchuan1@tom.com。

我们谨向所有为本书提供大力支持的有关学校、企业和领导,以及在组织、撰写、研讨、修改、审定、打印、校对等工作中做出奉献的同志表示由衷的感谢。

最后,感谢浙江大学出版社为本书的出版所提供的机遇和帮助。

编 者

2014年8月

目 录

冲模基础篇

第一章 冲压概论.....	3
1.1 冲压的概念及冲压基本工序	3
1.1.1 冲压的概念及特点	3
1.1.2 冲压的基本工序	3
1.2 冲压材料及毛坯	6
1.3 冲压设备及冲模的安装	6
1.3.1 通用冲压设备简介	6
1.3.2 压力机的选用与冲模的安装	8
1.4 冲压技术的发展方向.....	11
1.4.1 冲压工艺方面.....	11
1.4.2 模具设计和制造方面.....	11
1.4.3 冲压自动化方面.....	12
第二章 冲模设计概论	13
2.1 冲模的一般结构及分类.....	13
2.1.1 冲模的零部件组成.....	13
2.1.2 冲模的分类.....	14
2.2 冲压工艺及模具设计过程.....	15
2.2.1 冲模开发流程.....	15
2.2.2 冲压工艺及模具设计的内容和步骤.....	15
2.3 冲模零件选材.....	19

冲压工艺篇

第三章 冲裁	23
3.1 冲裁变形分析	23
3.1.1 冲裁变形过程	23
3.1.2 冲裁断面	25
3.2 冲裁间隙	26
3.2.1 冲裁间隙的影响	26
3.2.2 合理间隙值的确定	28
3.3 凸、凹模刃口尺寸的确定	32
3.3.1 凸、凹模刃口尺寸的计算原则和公式	32
3.3.2 凸、凹模刃口尺寸的计算步骤	33
3.4 冲压力和压力中心的计算	39
3.4.1 冲压力的计算	39
3.4.2 降低冲裁力的工艺措施	40
3.4.3 压力中心的确定	42
3.5 冲裁工艺设计	43
4.5.1 冲裁件的工艺性	44
4.5.2 冲裁件的排样	46
4.5.3 冲裁工艺方案	52
3.6 冲裁模典型结构	54
3.6.1 单工序模	54
3.6.2 复合模	61
3.6.3 级进模	61
3.7 冲裁模主要零部件的结构设计与制造	67
3.7.1 工作零件	67
3.7.2 定位零件	81
3.7.3 卸料与出件装置	89
3.7.4 导向与支承零件	97
3.7.5 紧固件及其他零件	103



第四章 弯 曲	106
4.1 弯曲变形分析	106
4.1.1 弯曲变形过程	106
4.1.2 弯曲变形的特点	108
4.2 弯曲成形的要点	111
4.2.1 最小弯曲半径与防止工件弯裂	111
4.2.2 弯曲件的回弹及应对措施	114
4.2.3 坯料的偏移及应对措施	118
4.2.4 翘曲和剖面畸变	119
4.3 弯曲成形的工艺计算	120
4.3.1 弯曲件坯料尺寸计算	120
4.3.2 弯曲力计算	121
4.4 弯曲件的工艺设计	123
4.4.1 弯曲件的工艺性	123
4.4.2 弯曲件的工序安排	126
4.5 弯曲模	127
4.5.1 弯曲模典型结构	127
4.5.2 弯曲模工作零件的设计	138
第五章 拉 深	142
5.1 拉深变形分析	142
5.1.1 拉深变形的过程和原理	142
5.1.2 拉深变形时的应力应变状态	143
5.1.3 拉深变形的特点	145
5.2 拉深成形要点	146
5.2.1 变形区起皱	146
5.2.2 传力区开裂	149
5.2.3 起皱与开裂的关系	149
5.3 拉深件的工艺性	150
5.3.1 拉深件的结构与尺寸	150
5.3.2 拉深件的精度	151
5.3.3 拉深件的材料	152



5.4 旋转体零件的拉深	153
5.4.1 毛坯尺寸计算	153
5.4.2 无凸缘圆筒形件的拉深	157
5.4.3 带凸缘圆筒形件的拉深	162
5.4.4 阶梯圆筒形件的拉深	166
5.4.5 曲面回转体零件的拉深	166
5.5 压料力、拉深力与冲压设备选择	167
5.5.1 压料装置与压料力的确定	167
5.5.2 拉深力的确定	170
5.5.3 拉深压力机的选用	171
5.6 拉深模	171
5.6.1 拉深模工作零件结构和尺寸设计	171
5.6.2 拉深模典型结构	175
第六章 其他成形	179
6.1 胀形	179
6.1.1 胀形变形的原理与特点	179
6.1.2 平板坯料的局部胀形	180
6.1.3 圆柱空心坯料的胀形	182
6.1.4 胀形模设计要点及示例	186
6.2 翻边	187
6.2.1 内孔翻边	188
6.2.2 外缘翻边	192
6.2.3 翻边模设计要点及示例	194
6.3 缩口	196
6.3.1 缩口变形特点	196
6.3.2 缩口工艺计算	197
6.3.3 缩口模设计要点及示例	200
6.4 校平与整形	201
6.4.1 校平	201
6.4.2 整形	204
6.4.3 校平与整形力的计算	205



项目实践篇

第七章 冲压模具设计案例	209
7.1 落料模设计	209
7.1.1 任务要求	209
7.1.2 工艺性分析	209
7.1.3 冲压工艺及模具方案确定	209
7.1.4 工艺计算	210
7.1.5 压力机型号初定	212
7.1.6 模具结构尺寸设计	213
7.1.7 主要模具零件结构	214
7.2 弯曲模设计	217
7.2.1 项目要求	217
7.2.2 工艺性分析	217
7.2.3 冲压工艺方案	218
7.2.4 主要工艺计算	220
7.2.5 模具设计	223
7.2.6 总结	226
7.3 落料拉深复合模设计	228
7.3.1 冲压件要求	228
7.3.2 工艺性分析	228
7.3.3 工艺方案确定	228
7.3.4 落料拉深复合模设计	230
附 录	237
附录 1 常用冲压金属材料力学性能	237
附录 2 常用钢板规格	238
附录 3 常用压力机型号及参数	239
参考文献	241



冲模基础篇



第一章 冲压概论

冷冲模即冷冲压模具,亦称冲压模具或冲模,是冲压生产必不可少的工艺装备。本章主要介绍冲压生产和冲模应用的基础知识,以及冲压与冲模技术的发展方向。

1.1 冲压的概念及冲压基本工序

1.1.1 冲压的概念及特点

冲压是利用安装在冲压设备上的模具对材料施加压力,使其产生分离或塑性变形,从而获得所需零件(冲压件)的一种压力加工方法。由于通常是在常温下进行,故又称为冷冲压。冷冲压广泛应用于汽车、仪器仪表、电子电器、航空航天等工业领域以及日常生活用品的生产。

冷冲压与其他机械加工相比,具有以下特点:

(1)材料利用率高。冷冲压是一种少无切削加工方法,材料的一次利用率有时能达到100%,更突出的是,冲压加工几乎没有切削碎料产生,其废料一般均可再为利用,冲制其他零件,从而进一步提高材料利用率,降低材料成本。

(2)生产效率高。普通的冲压设备行程次数为每分钟几十次,高速冲压设备可达每分钟数百次甚至数千次,而每次冲压行程可加工一个或多个冲件。此外,冲压加工操作简单,便于实现自动化的流水作业,减少辅助生产时间。

(3)产品互换性好。这是因为冲压件的尺寸、形状精度均由模具保证,而呈现出“一模一样”的特征,而模具的寿命一般较长,因此冲压件的质量稳定,互换性好。

(4)加工范围广。利用冲压既可加工金属材料,也可以加工多种非金属材料;既可加工简单零件(如圆垫片),又可加工极其复杂的零件(如汽车覆盖件);既可加工极小尺寸的零件(如钟表指针等),又可加工超大尺寸零件(如飞机、汽车覆盖件)。

1.1.2 冲压的基本工序

根据冷冲压加工的不同形式,可将其分为分离工序和成形工序两大类。分离工序也称冲裁,是将本来一体的坯料按一定的轮廓线相互分开,从而获得一定的制件形状、尺寸和断面质量的工序;成形工序是使坯料在不破裂的前提下产生塑性变形而获得一定形状和尺寸的制件的工序。此外,还有以冷挤压为代表的立体冲压工序,本书不作讲述。

分离工序和成形工序中,又有很多具体的基本工序,表 1-1 和表 1-2 列出了部分冲压基本工序。

表 1-1 分离工序

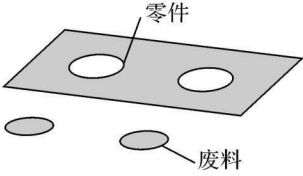
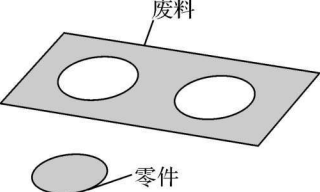
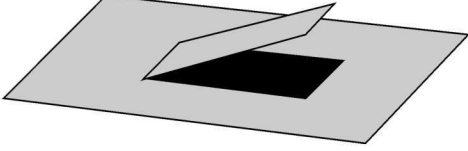
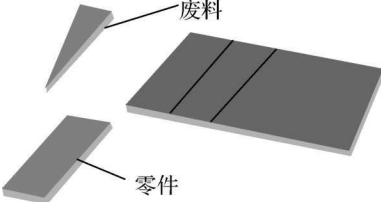
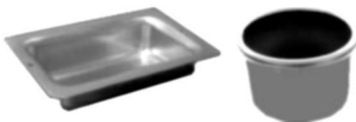
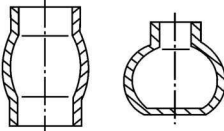
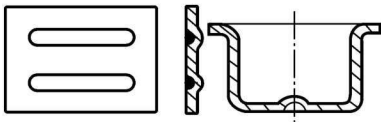
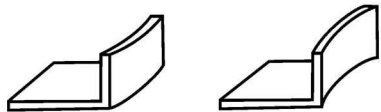
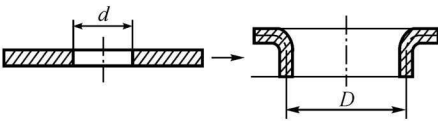
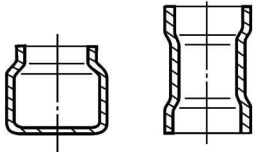
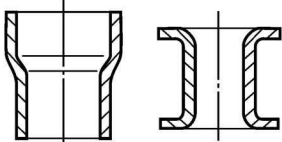
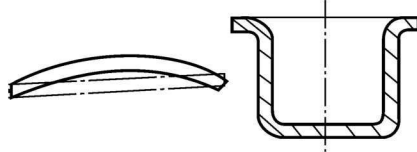
工序名称	工序件图	特点及应用
冲 孔		将废料沿封闭轮廓从材料或工序件上分离出去,在材料或工序件上获得需要的孔
落 料		将板料沿封闭轮廓分离,轮廓线内的材料为零件或工序件
切 口		在材料或工序件的边缘上切出槽口
切 舌		使材料沿敞开轮廓局部而非完全分离,并使相互分离的材料达到要求的空间位置
切 边		修切成形工序件的边缘,使满足形状、尺寸的要求
切 断		将材料沿敞开轮廓分离,得到所需要的零件或工序件

表 1-2 成形工序

工序名称	工序件图	特点及应用
弯 曲		使坯料沿确定的轴线,以一定曲率弯成一定角度。可加工多种形状复杂的弯曲件

续表

工序名称	工序件图	特点及应用
拉 深		使平板毛坯或工序件变形为开口空心件,或使开口空心件进一步改变形状和尺寸
胀 形		将空心工序件或管状零件沿径向往外扩张,使局部径向尺寸按要求增大
起 伏 成 形		通过局部材料的伸长变形,使工序件形成局部凹陷或凸起
外 缘 翻 边		沿外形曲线将外缘材料翻成侧立短边
内 缘 翻 边		将内孔边缘的材料沿封闭曲线翻成竖边
缩 口 缩 颈		使空心工序件或管状零件的口部或中部直径按要求缩小
扩 口		使空心工序件或管状零件的敞开处向外扩张,形成口部直径较大的零件
卷 缘		将空心件开口边缘处的材料沿封闭曲线卷成圆形
校 平 整 形		校平是将带拱弯或翘曲的平板形零件压平,以提高其平直度;整形是通过材料的局部变形来少量改变成形工序件的形状和尺寸,以保证工件的精度

1.2 冲压材料及毛坯

冲压材料、冲压设备和冲压工艺及模具是冲压加工的三个基本要素。冲压材料是冲压加工的对象;冲压设备是冲压生产的动力基础,一般为通用的标准化装备,可根据需要和条件选用;冲压工艺是冲压加工的核心,是冲模设计的理论依据,冲模则是冲压工艺的重要体现,是冲压加工的工具。

冲压材料的选用包括材料牌号及质量等级的选用和材料规格的选用。前者是冲压件设计的内容,后者是冲压工艺及模具设计的重要环节之一。它涉及冲压生产方式、材料的剪裁方案和利用率。冲压用材料有各种规格的板料和带料。较大尺寸规格的板料,一般用于大型零件的冲压,对于中小型零件,多数是将板料剪裁成条料后使用。带料(也称卷料)有各种规格的宽度,展开长度较大,适用于自动送料的冲压生产。附录2列出了轧制薄钢板的常用尺寸规格。

由于从原材料到冲压件往往需要多副模具的多次冲压,因此作为冲模冲压加工的对象,冲压坯料有两类,一类是平板毛坯,另一类是成形件毛坯。根据冲压件大小及特点还有单件坯料或多件坯料的形式,如图1-1所示。

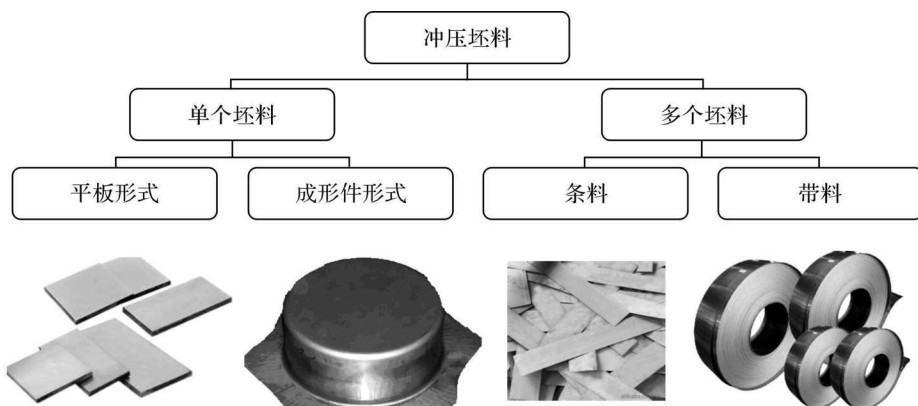


图 1-1 冲压坯料形式

1.3 冲压设备及冲模的安装

1.3.1 通用冲压设备简介

冲压设备作为模具工作的动力机构,是冲压生产的三要素之一,同时也是冲压工艺方案和模具设计的重要依据。

1. 压力机的分类

常规的冲压设备,在工程习惯上主要是指压力机。根据冲压设备驱动方式的不同,冲压设备可作如下分类。

(1)机械压力机

利用机械传动来传递运动和动力的一类冲压设备,有曲柄压力机、摩擦压力机等多种形式。机械压力机在冲压生产中应用广泛,其中又以曲柄压力机的应用最多。

(2)液压机

利用液压(油压或水压)传动来产生运动和压力的一种压力机械。液压机容易获得较大的压力和行程,并且可以在较大范围内实现对压力和速度的无级调节。但是由于采用液体工作介质,不可避免的泄露使能量损失较大,降低了生产效率。

通常还可按冲压设备的工艺用途对其进行分类。国内锻压机械的分类和代号见表 1-3。

表 1-3 锻压机械类别代号

类别	机械压力机	液压机	自动锻压机	锤	锻机	剪切机	弯曲校正机	其他
字母代号	J	Y	Z	C	D	Q	W	T

2. 曲柄压力机工作原理

曲柄压力机是通过传动系统把电动机的运动和能量传递给曲轴,使曲轴做旋转运动,并通过连杆使滑块产生往复运动,从而实现加工的运动及动力要求。

图 1-2 所示为一种曲柄压力机结构原理简图。曲柄压力机在冲压过程中,电动机通过小齿轮、大齿轮和离合器带动曲轴旋转,再通过连杆使滑块沿床身上的导轨作往复运动。将模具的上模固定 in 滑块上,下模固定在床身工作台上,压力机便能对置于上、下模之间的材料加压,依靠模具将其制成工件,实现压力加工。

大齿轮空套在曲轴上,可以自由转动,离合器壳体和曲轴则通过抽键刚性连接。通过抽键插入到大齿轮中的弧形键槽或从键槽中抽出来,实现传动的接通或断开。制动器与离合器密切配合,可在离合器脱开后将曲柄滑块机构停止在一定的位置上。大齿轮同时还起到飞轮的作用,使电动机的负荷均匀和能量有效利用。

根据其工作原理可以看出,曲柄压力机一般由以下几个部分组成:

(1)传动系统 一般由皮带轮、皮带、齿轮、传动轴组成,其作用是将电动机输出的能量和运动按照一定的要求传递给曲柄压力机的工作机构。

(2)工作机构 一般为曲柄滑块机构,由曲轴、连杆和滑块组成,其作用是将曲轴的旋转运动变为滑块的直线往复运动,以实现曲柄压力机的动作要求。

(3)操纵与控制系统 主要包括离合器、制动器、电器控制元件等。离合器和制动器协调

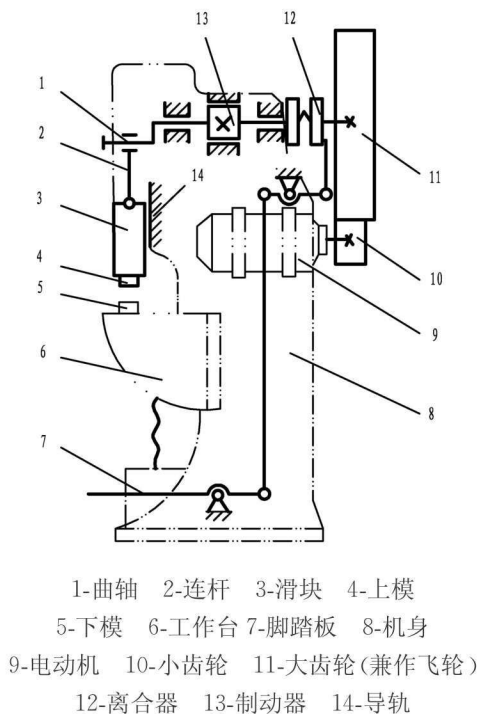


图 1-2 曲柄压力机结构原理简图

作用以控制曲柄压力机工作机构的启动与停止,电器元件用来控制包括主电动机在内的所有运动元件或机构的正常和顺序工作。

(4)能量系统 曲柄压力机的能量是由电动机供给的,但由于压力机在整个工作周期内进行工艺操作的时间很短,大部分时间为无负荷的空程,因此设置了飞轮将电动机空程运转时的能量储存起来,以有效地利用能量。

(5)机身 几乎所有的零部件都装在机身上联结成一个整体,工作时由机身承受工艺力和超载力,因此其强度与刚度对曲柄压力机的正常使用和加工件的精度有极大影响。

1.3.2 压力机的选用与冷冲模的安装

冲压模具是安装在压力机上并由其引导和驱动来进行工作的,模具的设计就必须与冲压设备的类型和主要规格相匹配。冲压设备的选择,不仅关系到冲压工艺方案的顺利实施及冲压件质量、冲压生产效率和设备资源的合理利用,还涉及生产安全、模具寿命等重大问题。

1. 压力机类型的选择

压力机类型的选择主要根据冲压件的生产批量、成型方法与性质以及冲压件的尺寸、形状与精度等要求来进行,见表 1-4、表 1-5。

表 1-4 根据冲压件大小选择设备类型

零件大小	设备类型	特点	适用工序
小型或中小型	开式机械压力机	可保证一定的精度和刚度;操作方便,价格低廉	浅深度工件的分离及成形
大中型	闭式机械压力机	精度与刚度更高,结构紧凑,工作平稳	大深度及复合工序件的分离及成形

表 1-5 根据生产批量选择设备类型

生产批量		设备类型	特点	适用工序
小批量	薄板	通用机械压力机	速度快,效率高,质量稳定	各种工序
	厚板	液压机	行程不固定,不会因超载而损坏设备	拉深、胀形、弯曲等
大中批量		高速压力机 多工位自动压力机	高效率 高效率,消除了半成品堆储问题	冲裁 各种工序

2. 压力机规格的选择

在压力机的类型选定之后,还必须确定设备的规格,这项工作是在模具设计时,根据工艺方案和工艺计算结果,协调模具尺寸与设备参数来确定的。选择冲压设备的规格主要依据以下技术参数。

(1)公称压力

压力机滑块在下行过程中能够产生的冲击力就是压力机的压力,机械压力机的压力大小随滑块下行的位置(对曲柄压力机来说,亦可视为曲柄旋转的角度)不同而不同,公称压力是指滑块滑动至下死点前某一特定距离,或曲柄旋转到离下死点前某一特定角度时,滑块能够承受的最大冲击力。这一特定的距离称为公称压力行程,所对应的曲柄转角为公称压力角。公称压力一般用 p 表示,其值反映了压力机本身能够承受的冲击力大小。