

GAOZHI GAOZHUAN JIXIE
XILIE JIAOCAI

高职高专机械系列教材

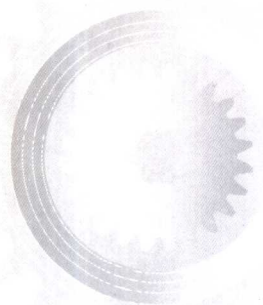
JIXIE

冷冲压工艺及模具设计

Lengchongya Gongyi ji Muju Sheji

◎主 编 冯小明 梁熠葆

◎副主编 周 珏 庞祖高



重庆大学出版社

冷冲压工艺及模具设计

主 编 冯小明 梁熠葆
副主编 周 珏 庞祖高

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书主要叙述了各种冷冲压工艺基本工序的成形原理、冷冲压工艺及模具的基本设计方法。并用具体实例介绍了冷冲压工艺及模具设计的方法和步骤。同时,对冷冲压模具 CAD/CAM 进行了简要介绍。

本书适合作为机械类高职高专教材,亦可供从事冷冲压工作的技术人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压工艺及模具设计/冯小明,梁熠葆主编. —重庆:
重庆大学出版社,2004. 8
(高职高专机械系列教材)
ISBN 7-5624-3129-9

I. 冷... II. ①冯... ②梁... III. 冷冲模—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(2004)第 039812 号

冷冲压工艺及模具设计

主 编 冯小明 梁熠葆
副主编 周 珏 庞祖高
责任编辑:谭 敏 版式设计:谭 敏
责任校对:何建云 责任印制:张立全

*

重庆大学出版社出版发行
出版人:张鸽盛
社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内
邮编:400030
电话:(023) 65102378 65105781
传真:(023) 65103686 65105565
网址:<http://www.cqup.com.cn>
邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)
全国新华书店经销
万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:318 千
2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷
印数:1—5 000
ISBN 7-5624-3129-9/TH·106 定价:17.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

本书是以教育部关于“高职高专人才培养的基本要求”为指导思想,根据 2003 年重庆大学出版社机械类高职高专教材编审会确立的《冷冲压工艺及模具设计》教学基本要求和教材编写大纲组织编写的。

在本书的编写过程中,我们力求体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写原则。理论以“必须、够用”为度,着眼于解决实际问题,突出实用性;积极吸收新的技术,体现教材的先进性;将冲压成形原理、冷冲压成形工艺及模具设计和制造等相关内容有机地结合起来,用通俗易懂的文字和丰富的图表,系统地分析、介绍各种冷冲压成形工艺及模具的设计方法。

全书分为 8 章,主要介绍冷冲压工艺基本工序的成形原理、冷冲压工艺及模具的基本设计方法,并用具体实例介绍冷冲压工艺及模具设计的方法和步骤。同时,对冷冲压模具 CAD/CAM 进行了简要地介绍。为便于自学和深入钻研,每章均附有练习题。

本书适合作为机电类、模具设计及制造等相关专业的高职高专教材,也可供从事冷冲压工艺的技术人员和管理人员参考。

本书由陕西理工学院冯小明和陕西工业职业技术学院梁熠葆担任主编,冯小明负责全书的统稿并撰写前言、第 1 章;梁熠葆撰写第 2 章、第 3 章;陕西理工学院周珏和广西大学庞祖高担任副主编,周珏撰写第 4 章、第 8 章;庞祖高撰写第 6 章、第 7 章;广西机电职业技术学院黄尚猛撰写第 5 章。

在本教材编写的过程中,得到了兄弟院校同仁们的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 4 月

目 录

第1章 冷冲压成形工艺基础	1
1.1 冷冲压成形工艺概述	1
1.2 冷冲压模具	4
1.3 冲压设备及其选用	10
1.4 冲压成形理论基础	14
1.5 冲压用材料	20
1.6 冲压技术的现状及发展方向	23
习题	24
第2章 冲裁工艺及模具设计	25
2.1 冲裁变形原理及概念	25
2.2 冲裁间隙	27
2.3 凸凹模刃口尺寸的计算	32
2.4 冲裁力及压力中心	36
2.5 冲裁排样设计	41
2.6 冲裁件的工艺性	46
2.7 冲裁模基本类型及典型结构	47
2.8 冲裁模的零部件设计	56
习题	67
第3章 弯曲工艺及模具设计	68
3.1 弯曲变形分析	69
3.2 弯曲件的质量分析	71
3.3 弯曲件展开尺寸计算	78
3.4 弯曲力的计算和设备选择	80
3.5 弯曲件的工序安排	82
3.6 弯曲模工作部分设计	86
3.7 弯曲模结构设计	89
习题	99
第4章 拉深工艺及模具设计	100
4.1 圆筒件拉深的变形过程	101
4.2 圆筒件拉深工艺计算及模具设计	108

4.3	带法兰筒形件拉深的工艺计算	119
4.4	阶梯圆筒件的拉深	121
4.5	锥形零件的拉深	122
4.6	球面零件的拉深	123
4.7	抛物面件的拉深	126
4.8	盒形件的拉深	128
4.9	变薄拉深	131
4.10	其他拉深方法	133
	习题	136
第5章	其他冷冲压成形工艺与模具设计	137
5.1	胀形	137
5.2	翻边	144
5.3	缩口	154
5.4	校平与整形	158
5.5	旋压	161
	习题	166
第6章	冲压工艺设计步骤及实例	167
6.1	编制冲压过程的主要内容	167
6.2	冲压件工艺过程方案编制实例分析	174
	习题	178
第7章	冲模设计步骤及实例	181
7.1	冲模设计的步骤和内容	181
7.2	典型冲压模设计实例分析	181
	习题	187
第8章	模具 CAD/CAM 简介	188
8.1	CAD/CAM 的基本概念	188
8.2	模具 CAD/CAM 系统的特点及应用状况	190
8.3	目前国内国外流行的 CAD/CAM 商品化软件	192
8.4	模具的 CAD/CAM 的发展趋势	197
	参考文献	198

第 1 章

冷冲压成形工艺基础

1.1 冷冲压成形工艺概述

1.1.1 冷冲压成形工艺的概念

冲压是建立在金属塑性变形的基礎上,利用安装在冲压設備上的模具對材料施加壓力,使其產生塑性變形或分離,從而獲得所需零件(沖壓件)的一種壓力加工方法。沖壓通常是在常溫下對材料進行冷變形加工,且主要採用板料來加工成所需零件,所以也叫冷沖壓或板料沖壓。

沖壓成形屬質量不變過程,材料的狀態為固態(板料),主要的基本過程為機械過程——塑性變形,能量類型可為機械能、電能,能量傳遞介質一般為剛性介質——沖壓模具,形狀信息由沖壓模具(含有一定的形狀信息)和加工材料與沖壓模具的相對運動共同產生。因此,沖壓工藝與模具、沖壓設備和沖壓材料構成沖壓加工的三要素。

冷沖壓是一種先進的金屬加工方法,與機械加工及塑性加工的其他方法相比較,它有以下特點:

1)生產效率高,且操作方便,易於實現機械化和自動化。沖壓一次一般可以得到一個零件,用普通沖床進行沖壓加工,每分鐘可達幾十件;用高速沖壓機生產每分鐘可達數百件或千件以上。

2)產品尺寸精度穩定,互換性好。沖壓時由模具保證了沖壓件的尺寸和形狀精度,且一般不破壞沖壓材料的表面質量,制得的零件一般不進一步加工,可直接用來裝配,而且有一定的精度,互換性好。

3)適應性廣。沖壓可加工出尺寸範圍大,形狀複雜的零件,而這些零件,用其他的方法是 impossible 或者很難得到的,如汽車駕駛室的车門、頂蓋和翼子板等具有流線型的零件。

4)材料利用率高,一般為 70% ~ 85%。且沖壓一般沒有切削碎料生成,材料的消耗較少。

5)在大批量生產條件下,產品成本低。

冷沖壓的缺點是模具要求高,製造複雜,周期長,製造費昂貴,因而在小批量生產中受到限

制。此外,冲压件的精度决定于模具精度,如零件的精度要求过高,用冷冲压生产就难以达到要求。

综上所述,冷冲压具有生产率高,加工成本低,材料利用率高,产品尺寸精度稳定,操作简单,易于实现机械化和自动化等一系列优点,因而在批量生产中得到了广泛的应用,在现代化工业生产中占有十分重要的地位,是国防工业及民用工业生产中必不可少的加工方法。在电子产品中,冲压件约占 80% ~ 85%,在汽车、农业机械产品中,冲压件约占 75% ~ 80%,在轻工业产品中,冲压件约占 90% 以上。此外,在航空及航天工业生产中,冲压件也占有很大的比例。

1.1.2 冷冲压工序分类

冷冲压工艺大致可区分为分离工序与成形工序两大类。分离工序是指坯料在模具刃口作用下,沿一定的轮廓线分离而获得冲压件的加工方法。分离工序主要有落料、冲孔和切割等,如表 1.1 所示。成形工序是指坯料在模具压力作用下,使坯料产生塑料变形,但不产生分离而获得具有一定形状和尺寸的冲压件的加工方法。成形工序可分为弯曲、拉深、翻孔、翻边、胀形、扩口、缩口和旋压等,如表 1.2 所示。根据产品零件的形状、尺寸精度和其他技术要求,可分别采用各种工序或复合工序对板料毛坯进行加工,以获得所需要的零件。

表 1.1 分离工序

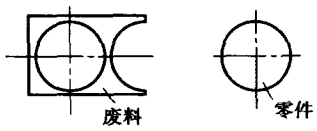
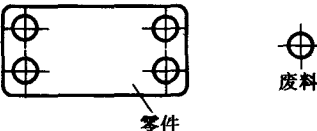
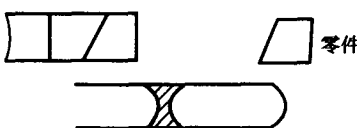
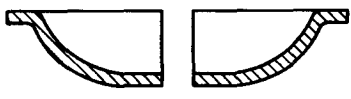
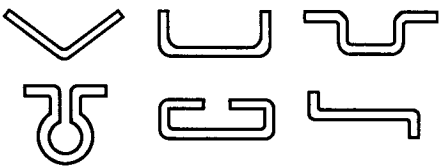
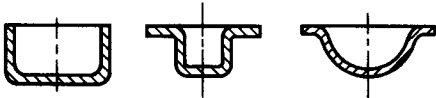
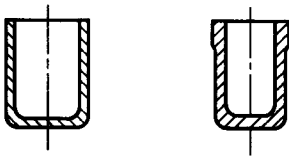
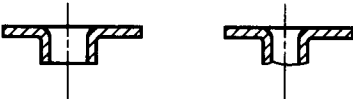
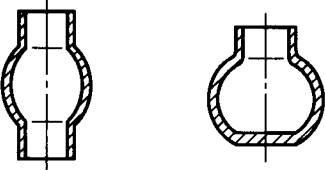
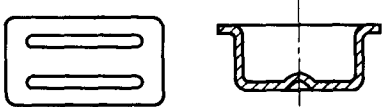
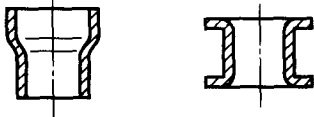
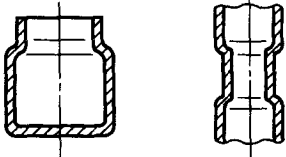
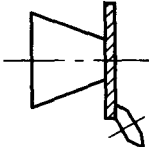
工序名称	简 图	特点及应用范围
落 料		用冲模沿封闭轮廓曲线冲切,冲下部分是零件。用于制造各种形状的平板零件
冲 孔		用冲模按封闭轮廓曲线冲切,冲下部分是废料
切 断		用剪刀或冲模沿不封闭曲线切断,多用于加工形状简单的平板零件
切 边		将成形零件的边缘修切整齐或切成一定形状
剖 切		把冲压加工成的半成品切开成为两个或数个零件,多用于不对称零件的成双或成组冲压成形之后

表 1.2 成形工序

工序名称	简 图	特点及应用范围
弯 曲		把板料沿直线弯成各种形状, 可以加工形状极为复杂的零件
卷 圆		把板料端部卷成接近封闭的圆头, 用以加工类似铰链的零件
扭 曲		把冲裁后的半成品扭转成一定的角度
拉 深		把板料毛坯成形制成各种空心的零件
变薄拉深		把拉深加工后的空心半成品进一步加工成为底部厚度大于侧壁厚度的零件
翻 孔		在预先冲孔的板料半成品上, 或未经冲孔的板料上, 冲制成竖立的边缘
翻 边		把板料半成品的边缘按曲线或圆弧形成竖立的边缘
拉 弯		在拉力与弯矩共同作用下实现弯曲变形, 可得精度较好的零件
胀 形		在双向拉应力作用下实现的变形, 将空心件或管状件沿径向向外扩张, 形成局部直径较大的零件

续表

工序名称	简 图	特点及应用范围
起 伏		在板料毛坯或零件的表面上用局部成形的方法制成各种形状的突起与凹陷
扩 口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上,使其径向尺寸扩大的变形方法
缩 口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上,使其径向尺寸减小的变形方法
旋 压		在旋转状态下用辊轮使毛坯逐步成形的方法
校 形		为了提高成形零件的尺寸精度或获得小的圆角半径而采用的成形方法

1.2 冷冲压模具

冷冲压模具是实现冷冲压生产的主要工艺装备。冲压件的表面质量、尺寸精度、生产率以及生产成本等与模具类型及其结构设计有直接的关系。冲压模具的结构性能直接反映了冲压技术水平的高低。因此,了解模具结构,研究和提高模具的各项技术指标,对于模具设计和发

展冲压技术是十分必要的。冲压生产对模具结构的基本要求是:在保证冲出合格零件的前提下,应具有结构简单,操作方便、安全,使用寿命长,易于制造、维修,成本低廉等特点。

1.2.1 冷冲压模具分类

冷冲压模具的形式很多,可以根据以下特征进行分类。

(1) 根据冲压工序性质分类

1) 冲裁模 沿封闭或敞开的轮廓线使材料产生分离的模具。如落料模、冲孔模、切断模、切边模、剖切模。

2) 弯曲模 使平板坯料沿着直线产生弯曲变形,从而获得一定角度和形状的零件的模具。

3) 拉深模 把平板坯料制成开口空心件,或使空心件进一步改变形状和尺寸的模具。

4) 成形模 将坯料或工序件按凸、凹模的形状直接复制成形,而材料本身仅产生局部塑性变形的模具。如胀形模、缩口模、扩口模、起伏模、翻边模、整形模等。

(2) 根据工序组合程序分类

1) 单工序模 一般只有一对凸、凹模,在压力机的一次行程中只完成一道冲压工序的模具。

2) 复合模 压力机一次行程中,在模具的一个工位上,同时完成几道不同工序的模具,称为复合模。它属于多工序模。

3) 连续模 连续模又称级进模,它是在压力机一次行程中依一定顺序在同一模具的不同工位上完成两道以上工序的模具。连续模也属于多工序模。

(3) 按模具的结构形式分类

根据上、下模的导向方式,分为有无导向模和导板模,导柱模、滚动导柱模;

根据卸料装置,可分为带固定卸料板和弹性卸料板冲模;根据挡料形式,可分为固定挡料钉、活动挡料销、导正销和侧刃定距冲模。

(4) 按模具材料分类

有金属冲模、硬质合金冲模、非金属冲模(如橡胶冲模和聚氨脂冲模等)。

此外,还有按模具轮廓尺寸大小分为大型和中小型模具等。

1.2.2 冷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是不一样的,但不论何种类型的冲模,都可以看成是由上模和下模两部分组成,上模被紧固在压力机滑块上,可随滑块做上、下往复运动,是冲模的活动部分;下模被固定在压力机工作台或垫板上,是冲模的固定部分。工作时,坯料在下模面上通过定位零件定位,压力机滑块带动上模下压,在模具工作零件(凸模、凹模)的作用下坯料便产生分离或塑性变形,从而获得所需形状与尺寸的冲压件。上模回升时,模具的卸料与出件装置将冲压件或废料从凸、凹模上卸下或推、顶出来,以便进行下一次冲压循环。几种常见冷冲压模具的结构简图如图 1.1 所示。其基本结构由以下几部分组成:

(1) 工作部分

直接对坯料、板料进行冲压加工的冲模零件。如凸模 1 和凹模 5。

(2) 定位部分

确定坯料或条料在冲模中正确位置的零件。如定位板 3 和挡料销 4。

(3) 卸料及压料部分

将冲切后的零件或废料从模具中卸下来的零件。如卸料板 2、推件杆 6 和压料板(顶件板)7。

(4) 导向部分

用以确定上下模的相对位置,保证运动导向精度的零件。如导柱、导套等。

(5) 连接固定部分

把模具上所有零件固定和连接成为一完整整体的零件。如凸模固定板、上模板等。

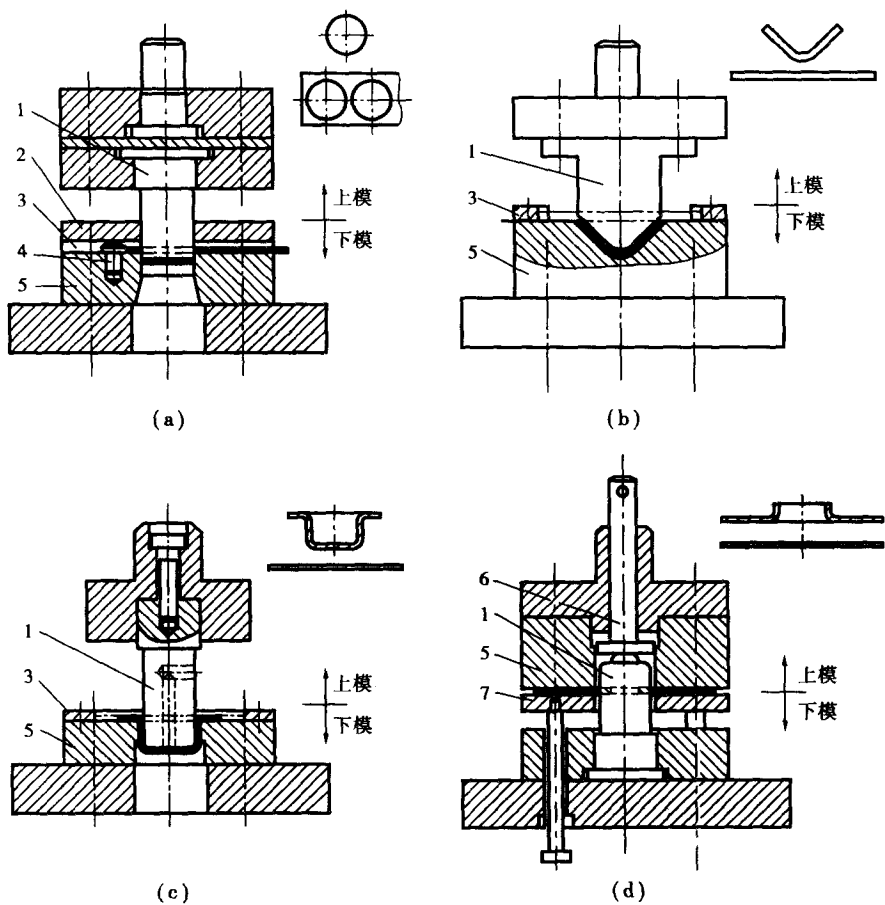


图 1.1 几种常见冲模的结构简图

(a)冲裁模 (b)弯曲模 (c)拉深模 (d)成形模

1—凸模 2—卸料板 3—定位板 4—挡料销 5—凹模 6—推件杆 7—压料板

1.2.3 常用冷冲压模具的类型

常用冷冲压模具的类型有简单冷冲压模、连续冷冲压模和复合冷冲压模。几种简单冷冲压模如图 1.1 所示,表 1.3 为连续冷冲压模的结构类型,表 1.4 为复合冷冲压模的结构类型。

表 1.3 常用连续冷冲压模的结构类型

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	

续表

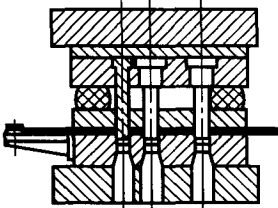
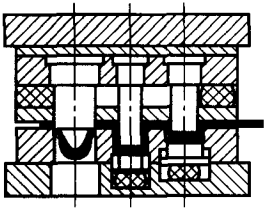
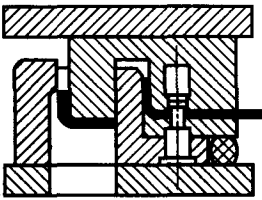
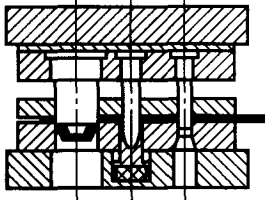
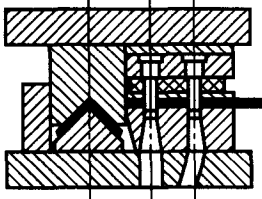
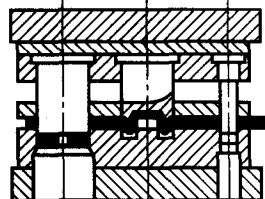
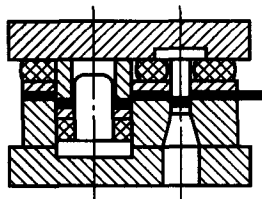
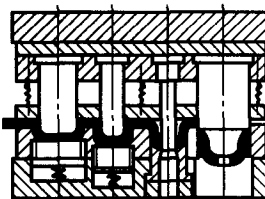
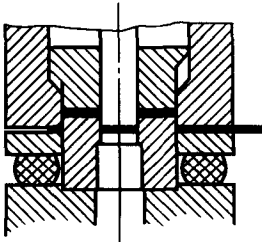
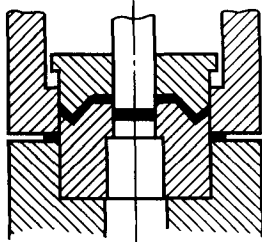
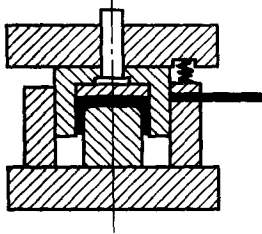
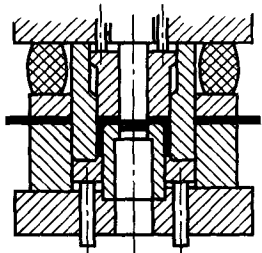
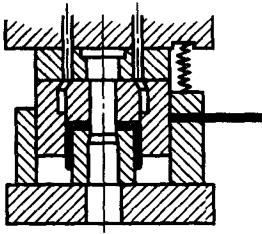
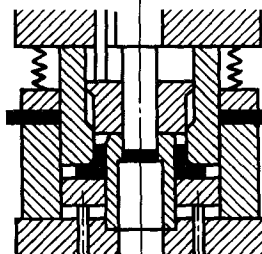
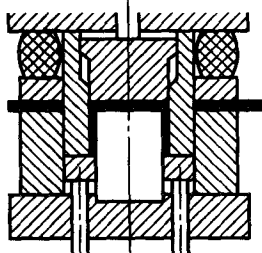
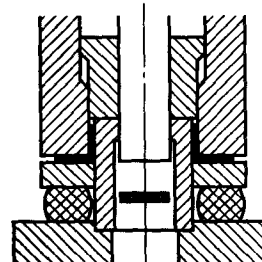
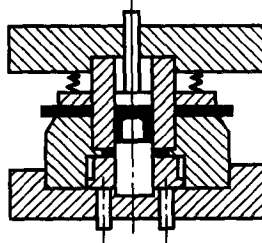
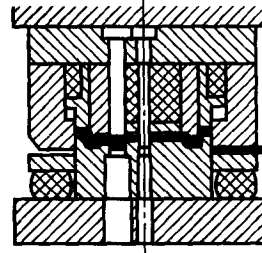
工序组合方式	模具结构简图	工序组合方式	模具结构简图
冲孔、切断		连续拉深、落料	
冲孔、弯曲、切断		冲孔、翻边、落料	
冲孔、切断、弯曲		冲孔、压印、落料	
冲孔、翻边、落料		连续拉深、冲孔、落料	

表 1.4 常用复合冷冲压模的结构类型

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	

续表

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

1.2.4 模具材料

冲模材料,尤其是凸、凹模材料,与模具寿命的关系很大,因此,合理选用材料是模具设计的一项十分重要的工作。选用凸、凹模材料时,应考虑模具的工作特性、受力情况,冲压件材料性能、冲压件精度以及生产批量等因素。一般来说,对于形状简单、冲压件尺寸不大的模具,采用高碳工具钢制造,形状较复杂、冲压件尺寸较大的模具,选用合金钢或高速钢制造,而冲压件

精度或寿命要求较高的高速冲压件或精密冲压模具,常选用硬质合金等材料制造。表 1.5 为凸、凹模常用材料及热处理要求,可供设计者选用时参考。

表 1.5 凸模与凹模零件的材料选用及热处理要求

类别	模具名称	使用条件	推荐使用钢号	代用钢号	工作硬度 HRC
冲裁模	轻载冲裁模 (料厚 $t < 2 \text{ mm}$)	$t < 0.3 \text{ mm}$ 软料箔带	T10A	T8A	56 ~ 60(凸模)
		硬料箔带	MnCrWV	CrWMn	37 ~ 40(凹模)
		小批量简单形状	T10A	Cr2	62 ~ 64(凹模)
		中小批量	MnCrWV	9Mn2V	48 ~ 52(凸模)
		复杂形状	Cr2	CrWMn	58 ~ 62
				9CrWMn	58 ~ 62
高精度要求		MnCrWV	CrWMn	(易碎断件 56 ~ 58)	
大批量生产			9CrWMn	58 ~ 62	
高硅钢片(小型)		Cr12MoV	Cr4W2MoV	58 ~ 62	
(中型)		Cr6WV		58 ~ 62	
各种易损小冲头	Cr12	Cr12MoV	59 ~ 61		
		Cr12MoV			
		W6Mo5Cr4V2	W18Cr4V		
	重载冲裁模	中厚钢板及高强度薄板 (易损小尺寸凸模)	Cr12MoV Cr4W2MoV W6Mo5Cr4V2	Cr6WV W18CrV	54 ~ 56(复杂) 56 ~ 58(简单) 58 ~ 61
	精密冲裁模		Cr12MoV Cr4W2MoV	Cr12 W6Mo5Cr4V2	61 ~ 63(凹模) 60 ~ 62(凹模)
拉深模	轻载拉深模	简单圆筒浅拉深	T10A	Cr2	60 ~ 62
		成形浅拉深	MnCrWV	9Mn2V	60 ~ 62
		大批量用落料拉深复合模 (普通材料薄板)	Cr12MoV	CrWMn Cr6WV	58 ~ 60
弯曲模	重载拉深模	大批量小型拉深模	SiMnMo	Cr12	60 ~ 62
		大批量大、中型拉深模	Ni-Cr 合金铸铁	球墨铸铁	45 ~ 50
		耐热钢、不锈钢拉深模	Cr12MoV(大型) CrW5(小型)	YE65	65 ~ 67(氮化) 64 ~ 66
成形模	弯曲、翻边模	轻型、简单	T10A		57 ~ 60
		简单易裂	T7A		54 ~ 56
		轻型复杂	MnCrWV	9CrWMn	57 ~ 60
大量生产用		Cr12MoV		57 ~ 60	
高强度钢板及奥氏体钢板		Cr12MoV	—	65 ~ 67(氮化)	

1.3 冲压设备及其选用

1.3.1 压力机的型号及技术参数

曲柄压力机是冲压加工中应用最广泛的一种冲压设备。能完成各种冲压工序,如冲裁、弯曲、拉深、成形等。本节以曲柄压力机为例来讨论冲压设备及其选用。

(1) 曲柄压力机的型号

曲柄压力机是以曲柄连杆机构作为主传动结构的机械式压力机。尽管种类繁多,但它一般都由工作机构、传动系统、操纵系统、支撑零件和辅助系统组成。图 1.2 是开式双柱可倾压力机的结构简图。

按照 JB/GQ2003—84 型谱,曲柄压力机的型号用汉语拼音字母、英文字母和数字表示。例如:

JA21—35 曲柄压力机的型号意义是:

J——机械压力机

A——参数与基本型号不同的第一种变型

2——第三列

1——第一组

35——公称压力为 350 kN

现将型号的表示方法叙述如下:

第一个字母为类的代号,“J”表示是机械压力机。

第二个字母代表同一型号产品的变形顺序号,凡主参数与基本型号相同,但其他某些次要参数与基本型号不同的称为变型。“A”表示第一种变型产品。

第三、四个数字为列、组代号,“2”代表开式双柱压力机,“1”代表固定台式。

横线后的数字代表主参数。一般用压力机的公称压力作为主参数。

有的压力机在数字后面还有一个字母,它代表产品的重大改进顺序号,凡型号经确定的锻压机械,若结构和性能上与原产品有显著的不同,称为改进型。如“A”代表第一次改进。

(2) 压力机的技术参数

压力机的技术参数反映了压力机的工艺能力,加工零件的尺寸范围及有关生产效率等指标。主要是:

1) 公称压力 公称压力是压力机的主参数,又叫额定压力或名义压力。公称压力是指滑块距下死点前某一特定距离 S_p (称为公称压力行程) 或曲柄旋转到距下死点前某一特定角度 α_p (公称压力角) 时,滑块所允许承受的最大作用力。例如 J31—315 型压力机的公称压力为 3150 kN,它是指滑块离下死点前 10.5 mm 或曲柄旋转到离下死点前 20° 时,滑块上所允许承受的最大作用力。

2) 滑块行程 滑块行程指滑块从上死点到下死点所经过的距离,其大小随工艺用途和公称压力的不同而不同。它的大小反映了压力机的工作范围。

3) 滑块行程次数 指滑块每分钟从上死点到下死点,然后再回到上死点所往复的次数。

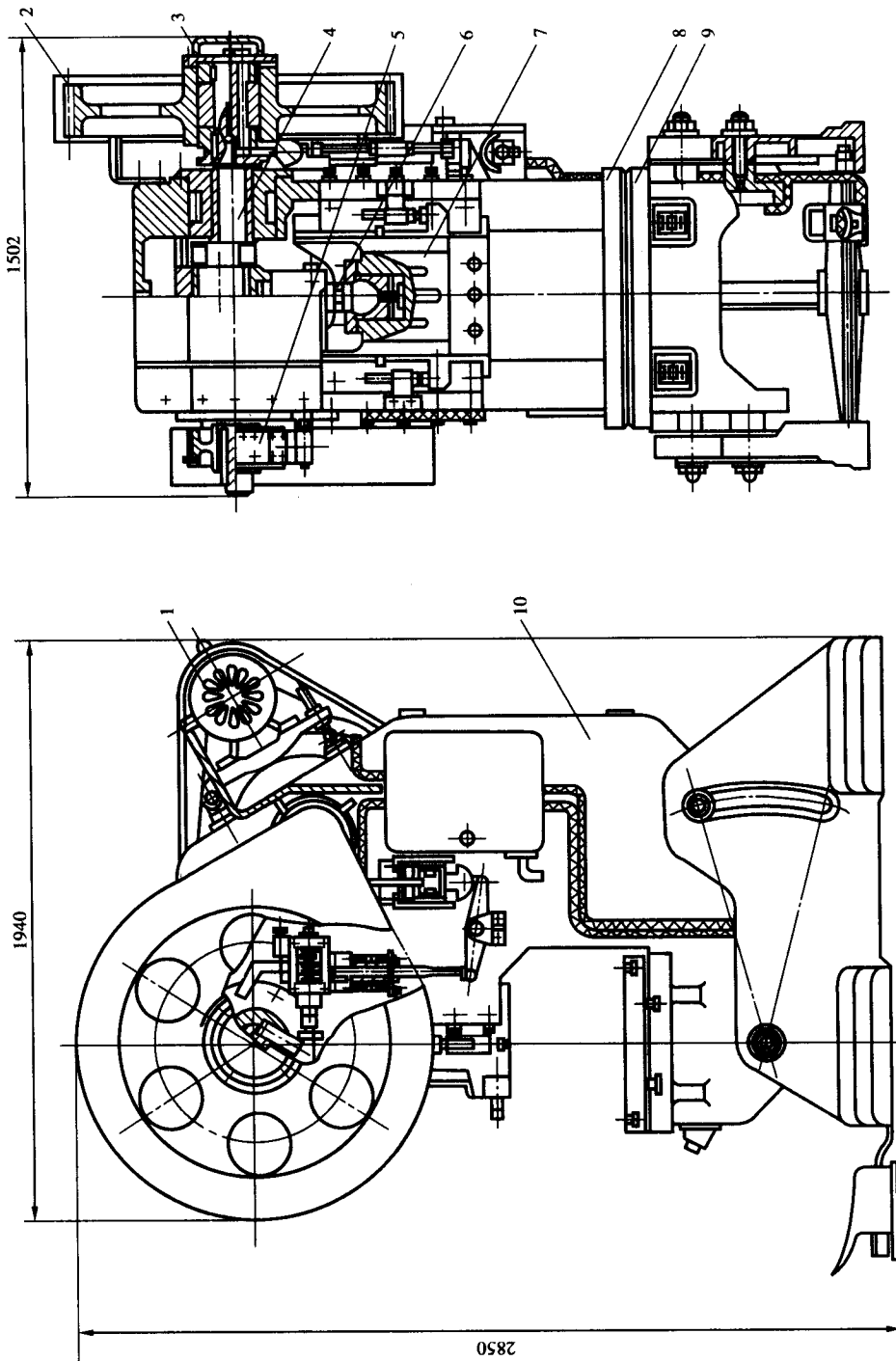


图 1.2 开式双柱可倾压力机结构图

- | | | | | |
|------|----------|-------|-------|-------|
| 1—电机 | 2—大 V 带轮 | 3—离合器 | 4—曲轴 | 5—制动器 |
| 6—连杆 | 7—滑块 | 8—垫板 | 9—工作台 | 10—床身 |