

中等专业学校教材

# 冲压机械化 与自动化

成虹主编

江苏科学技术出版社  
电子工业出版社

中等专业学校教材

# 冲压机械化与自动化

成虹 主编

江苏科学技术出版社  
电子工业出版社





# 前 言

本教材由机电工业部中专电子机械类专业教材编审委员会工模具设计与制造专业编审小组审定,并推荐出版。

本教材由成都无线电机械学校成虹担任主编,上海电子技术学校洪志刚担任主审。

本课程的教学参考时数为40学时。全书共分八章,第一章主要概述了冲压机械化与自动化的主要组成单元及一些基本概念;第二章介绍机械化与自动化常用机构及各种机构的特性、用途;第三章介绍了各种冲压机械化与自动化装置,并着重介绍了这些装置的动作原理和设计计算方法;第四章论述了如何在自动冲压过程中,对设备和各种装置实现自动保护、监视和检测;第五章对冲压机械手作了适当的介绍;第六章介绍了一些典型的自动冲模;第七章简单地介绍了各种自动冲压设备;第八章主要介绍了冲压自动化生产线的组成。

本教材由成虹编写第一章至第四章、第六章、第七章的一至三节、第八章。娄琪红完成了第五章和第七章的第四节初稿。成都航空工业学校李学锋为本教材提供了宝贵资料并对文稿提出了不少修改意见,林柏清为本书绘制全部插图,在这里表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

1990年4月

# 目 录

<b>第一章 概 述</b> .....	1
第一节 机械化与自动化程度的确定.....	1
第二节 冲压机械化与自动化的组成单元.....	3
第三节 如何选择机械化与自动化的组成单元.....	6
<b>第二章 冲压机械化与自动化常用机构</b> .....	8
第一节 平面连杆机构.....	8
第二节 凸轮机构.....	11
第三节 棘轮机构.....	16
第四节 超越离合器.....	19
第五节 其它机构.....	21
<b>第三章 冲压机械化与自动化装置</b> .....	23
第一节 一次加工供料和送料装置.....	23
第二节 二次加工的供料和送料装置.....	57
第三节 其它机构和装置.....	76
第四节 多工位送料装置.....	81
<b>第四章 自动保护和检测装置</b> .....	86
第一节 自动保护装置.....	86
第二节 自动检测装置.....	89
第三节 检测装置在自动冲压中的应用.....	94
第四节 微型计算机监视冲压加工.....	102
<b>第五章 冲压机械手</b> .....	105
第一节 概述.....	105
第二节 机械手的自由度和坐标形式.....	107
第三节 手爪的结构分析及其选用原则.....	111
第四节 手腕的选用及手臂设计要点.....	118
第五节 冲压机械手举例.....	123

<b>第六章 自动冲模</b> .....	126
第一节 附有一次送料机构的自动冲模.....	126
第二节 附有二次送料装置的自动冲模.....	133
<b>第七章 自动冲压设备</b> .....	141
第一节 普通压力机的自动化改装.....	141
第二节 在普通压力机上实现多工位冲压.....	144
第三节 高速冲压设备.....	151
第四节 数字程序控制压力机简介.....	158
<b>第八章 冲压加工的自动化系统</b> .....	174
第一节 单机冲压自动化.....	174
第二节 冲压自动生产线.....	175

# 第一章 概 述

冲压工艺是一种具有一系列经济技术优点的先进而又有发展前途的加工工艺。但目前这种加工工艺多数还处在手工送料、手工取件等笨重的操作方式,生产效率还很低。这种手工生产方式已经满足不了高速发展的电子、仪表、精密机械、农用机械、汽车、国防和家用电器等工业的需要。因此,目前十分关注实现冲压生产的机械化和自动化,实现机械代替手工,通过机械传动或电气控制等形式,按一定的规律自行完成人们所要求的一系列动作,这样不但能改善劳动条件、减轻劳动强度,确保操作安全、提高劳动生产率和产品质量,而且还能降低原材料消耗、节省设备投资、降低产品成本。

## 第一节 机械化与自动化程度的确定

冲压生产实现机械化与自动化的程度,应根据生产形式、规模和应用机械化与自动化的经济合理性而定。一般说来,对于单一形式零件大量生产,可以在所有生产过程的环节应用全套的自动化与机械化生产形式,即可采用自动冲压机或形成自动流水线生产。对于大批量生产的零件,一般采用卷料和条料的自动送料。而中批量生产的情况下,不宜采用机械

表 1-1 自动化冲压加工产品的尺寸和工艺范围

自动冲压生产名称		加工制品的尺寸范围			主要适用的产品生产工艺范围
		小尺寸	中尺寸	大尺寸	
自动 冲压 操作	落料	////	////	////	任何冲裁件形状
	级进加工	////			各种冲压成形工艺和复杂冲裁件
	单工序自动冲压	////	////	I	各种冲压成形工艺
	二次多工位加工		////		各种成形工艺、深引伸
	一次多工位加工		////		各种成形工艺、深引伸
冲压 自动 生产 线	传送带输送线		////		各种冲压成形工艺
	夹持连续自动线		////		引伸、弯曲成形
	单工序自动生产线	////	////		各种成形工艺、冷挤
	大型板料冲压自动生产线			////	引伸、弯曲成形

化、自动化程度较高的模具。在生产批量很小的情况下,采用自动化程度较高的生产形式很不经济。表 1-1 是自动化冲压加工产品的尺寸和工艺范围。要实现自动化冲压,可从以下几方面考虑:

## 一、改造现有旧设备

当前在大多数工厂中,老式压力机的数量占有很大的比例,要把这些设备更换成新型的自动压力机很不现实,只有通过技术改造,使其尽量地实现机械化与自动化生产,发挥老设备的潜力,这种方法是花钱少、效率高的一种措施。压力机的改造有这样四个方面。

### 1. 单机生产自动化

它是在通用压力机上,使条料或坯件采用自动送料、卸料的模具或者采用自动送料、卸料装置进行冲压生产。利用这些装置后,既能提高生产效率,又可以保证人身安全,这是压力机改造最简便的途径之一。

### 2. 冲压自动线

冲压自动线是将各种冲压设备通过各种传送装置,使某一冲压件生产的若干道工序以平行或顺序方式联系起来,自动完成整个加工过程。建立冲压自动线是零件大批量生产时提高生产率的主要方向,特别是对复杂形状的零件在大批量生产时实现冲压自动线的优越性就更显得突出。

### 3. 变单工位压力机为多工位压力机

可将单工位压力机的原滑块加大,在大滑块上装上若干小滑块以提高劳动生产率和压力机的利用率。

## 二、采用和发展多工位冲压的新工艺

多工位冲压工艺可在多工位冲床上实现,也可在单工位压力机上借助于多工位连续模加以实现。采用多工位冲压的优越性主要在于可将一个冲压件的若干道工序合并在一台压力机上一次冲压完成。也就是说,每冲压一次,就可以完成一个需要多次冲压才能完成的工件。特别是要指出的是:发展多工位连续模实现多工位冲压比发展多工位压力机实现多工位冲压,具有投资少、上马快等优点。

## 三、采用冲压机械手

在冲压生产中,发展冲压机械手以代替人工的繁重体力劳动,也是实现机械化、自动化的方向之一。采用机械手进行冲压,具有比较灵活的优点,还可降低产品成本,提高生产率,防止工伤事故的发生。

## 四、发展自控技术

要实现冲压生产的机械化与自动化,还应着重发展自动控制的新技术,采用气动、液动、数控等先进技术,将为冲压生产的机械化与自动化开辟了新的途径。

### 第二节 冲压机械化与自动化的组成单元

由于冲压加工本身的工艺种类较多,因此冲压机械化与自动化的种类也非常多,然而就一种加工工艺来说,因考虑的方法不同,自动化的方式也有区别。

进行冲压自动化生产,应根据冲压产品的尺寸、形状和产量的大小因素,来决定使用冲压自动化的程度以及构成一个怎样的系统,这个系统需要附带一些什么样的机械化与自动化的机构和装置来达到所要求的自动化的目标。

在进行自动化设计时,除了对产品零件的形状、尺寸、精度、材料和生产量这些基本条件进行分析外,还需讨论以下几方面的问题。

- (1) 材料的形状,如卷材、带材、毛坯(半成品)、板材和线材;
- (2) 加工的方法和工序数,如单工序、多工序以及级进加工和复合加工;
- (3) 冲压设备的台数;
- (4) 工序的顺序。

自动化冲压加工的系统,可由图 1-1 所示的框图表示。

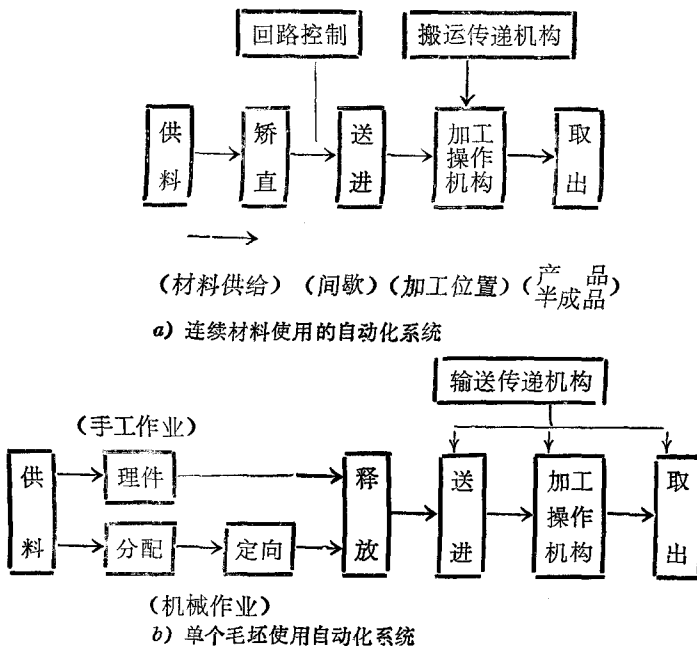


图 1-1 冲压自动化系统框图

图示框图是一般的冲压自动化系统的构成。随着冲床滑块的周期运动,各机构作周期性的、单纯重复的动作。在一定的时间和确定的位置上,机构供料给冲床,完成产品零件的加工和零件的取出。整个过程中的送料、取件、供料等动作要求完全同步。在未冲压前,还需对被加工材料或半成品坯件进行矫直或整理、定向等。要构成一个自动冲压系统,就是对完成这些动作的机构进行有选择的组合。

## 一、冲压机械化与自动化组成单元

目前较为成熟的机械化与自动化系统,大致可分为这样三个组成单元:加工单元、附属单元、信息单元。下面分别就这三部分加以说明。

### 1. 加工单元

这是自动冲压系统的核心,一般来说由以下几部分组成:

#### (1) 供料装置

在自动化冲压系统进行自动冲压时,通过这套装置,实现对原材料、半成品毛坯的供给、校直、整理、定向和导向等功能。

#### (2) 送料机构

送料机构是将供料装置中供出的原材料或半成品,以一定的速度,按一定的工作节拍,逐个地被送到加工工作位置,通过工作设备完成零件的冲压,完成这一工作过程的机构称为送料机构,送料机构根据取材的不同而变化,具体区分为卷料、条料和半成品送料机构。前者为一次性加工送料机构,后者为二次送料机构。

#### (3) 加工工作装置

对材料和半成品进行冲压成形,由冲床和模具共同完成,而且它们应和前后装置相互联系,同步进行工作。加工工作装置的主体是模具,它要有保证送料尺寸和完成一次送料后的暂时制动性能;还能在各工序完成之后进行卸件和退料的性能。因此,在模具中往往设置有推料、顶料、退料、导向、定尺寸等装置,以及制动、清除废料、卸件的机构,至于设置那些,应根据具体模具来决定。

#### (4) 输送传递机构

多工位冲床或多工位模具,在生产时需要在每一个工位进行输送传递。另外,在多机生产线中,冲床与冲床间的生产联系也需要进行输送传递。完成这个输送传递过程的机构称为输送传递机构,在多工位生产和多机生产线中,它是必不可少的连接环节。

#### (5) 动作控制装置

这种装置的作用是使整个系统的机构传动一体化,使得在生产过程中的供料、送进、冲压过程、产品零件和废料的退出等动作同步、协调。这种装置目前有采用一些简单的机构来实现控制,如凸轮、连杆、棘轮等机构;也可采用气动、液动、射流控制;使用电子技术来处理信息的反馈,以至实现对整个过程的控制,是目前的发展方向。

#### (6) 检测保护装置

设置检测装置的目的是对生产系统中出现的异常情况自动报警,直至停机。如系统中各种机构的动作不协调,不正确;被加工原材料和已加工的零件它们的位置、方向不正确,检

测装置都能及时地检测到并自动保护。同时,在生产过程中,产品的尺寸和形状通过这种装置也能起到抽检作用。近几年来,随着传感元件的发展和计算机的引入,这一装置正出现一种较大的发展趋势。

以上这六个组成部分在使用时相互联系,与整个冲压过程直接有关。除此之外,在自动冲压系统中,还设置有废料处理、润滑等机构。

## 2. 附属单元

在整个冲压机械化与自动化系统中,要实现从模具、材料的选择和安装到产品收集入库全过程的自动化,需增设一些附属机构。这些附属机构可作为自动冲压系统的一部分来处理。这一单元主要考虑以下三方面。

### (1) 模具的交换装置和附带机构

模具被保管在模具库,在模具库和工作车间设有模具自动交换、安装机构。根据冲压加工的产品,从模具库中取出冲压模具运到生产车间。在生产车间利用模具自动交换安装机械,把模具安装在冲床上,然后进行试冲。产品生产完后,模具被取下送入模具库。这一系列过程使用的模具自动传送安装装置,称为 ADC 装置。

### (2) 材料自动更换装置

这种装置考虑方法和模具交换系统的构成原理相似,根据产品的要求可利用自动更换装置在库房中选择材料的种类。生产结束后,利用这种装置还可自动地收集产品和余料。

### (3) 工作协调装置

它是对模具的选择、装卸,材料的选择和装卸,冲压作业的始末这一系列动作的调整、协调的装置。采用电子技术,利用这一装置可对从模具的选择到产品零件入库,这一冲压作业的全过程进行全自动控制。

以上这三方面,是构成冲压全自动生产的分系统,是自动冲压系统的组成部分。在其当中还应有许多新技术等待着去开发和完善。

## 3. 信息单元

目前在较先进的冲压工厂和车间中,针对生产性质的变化,生产管理的方式也发生了变化,冲压加工已经引入了 GT 和 FMS 等先进的技术。

随着计算机技术的发展,采用计算机对冲压生产过程的信息进行分析、处理,直接控制冲压生产,是冲压生产的发展方向。使用计算机进行模具的辅助设计和制造,以及模具库的管理都得到了开发,并在进一步地向高层次发展。在日本、美国等发达国家已经将这些各方面的自动化合为一体,向无人系统发展。在自动冲压系统中,系统的信息处理往往主要考虑下面一些因素。

### (1) 简单生产线的信息

这个信息是自动化生产过程中操作加工指令、操作监测仪表和机构的自动控制指令的组合。机器在实际的运行过程中,资料的检索和信息的反馈通过这个系统,得到生产管理的信源。

### (2) 保证质量的信息

在生产过程中,由于是自动化生产,所以检测工序也应该是自动化的,检测自动化和生产自动化同等重要。通过检测能及时地发现异常情况,命令生产线停止工作。掌握了这些异常情况的信息,对于探索它们的原因、采取办法消除,保证产品的合格率和生产线的正常运行非常重要。

### (3) 保护设备的信息

保护设备的信息是指提供给生产线设备的保护、维修信息,它关系到产品质量和产量。通过这个信息系统,可以诊断出设备维修的部位,选择最佳的维修方案,以最短的时间保质地完成修理情况。

### (4) 工厂的信息集中化

接受订货-工厂生产-产品销售构成了工厂的信息系统的总体,集管理、控制、操作、设计为一体,通过信息指令来控制、管理生产。各种各样的信息全部集中到中央控制室,然后通过整理、分类、分析、决策并作处理。

以上这些构成了现代冲压生产的信息系统,也是现代化冲压生产不可缺少的部分。

## 第三节 如何选择机械化与自动化的组成单元

### 一、自动化组成单元的选择

在进行自动化冲压设计时,有一个选择组成单元的问题。作为选择的三个重要要素是生产的产品、产量和被加工材料,根据这样的三个要素,可以确定采用什么样的送料方式;送料方式一经确定,自动化的形式也就大体确定了。送料装置,是机构学的具体运用,它们的种类非常多,一般来说有如下一些选择:

(1) 卷料、条料和板料往往选用一次加工用的送料装置。依靠这种送料装置将原材料送到模具的工作部位,在一个模具当中经过连续数道工序的冲裁、成形,最终获得产品。它包括有辊式、夹持式和钩式送料装置以及一些附带矫直机构等。

(2) 根据前工序冲裁获得的半成品坯件,通过后续加工来完成其余的工序,被称为二次加工。二次加工的送料一般采用料盘和料斗,在一定的时间间隔内,按照一定的工作节拍,把坯料送入模具的工作位置。在送入模具前,还需要理件、定向等附加机构来进行前置处理。

(3) 在加工结束后,冲压制品和废料必须从模具中清除,为下一个产品的加工提供位置。因此,应设置去件、退料装置。要完成这些动作可利用零件自身的重力、机械反冲装置、气体或液体压缩装置和机械手来实现。

### 二、冲压机械化与自动化的方式

#### 1. 级进加工法

级进加工,是在通用压力机中安装上自动送料装置,在级进模具的工位中作冲孔、剪切、

引伸、弯曲、整修、挤压成形等工序,这种加工方法所能得到的形状,原则上没有限制,所用的材料是卷料和条料。在加工过程中,必须使材料不离开加工中心,以一定的步距平滑级进到模具的加工位置。产品和原材料的分离是在最后一步进行,目的是在级进冲压过程中,零件受到约束。这种加工方法中,制品的大小受到模具尺寸的限制。

## **2. 传送加工法**

传送加工法与级进加工法不同。传送加工法是在第一工序中,半成品和材料分离。半成品通过传送机构或夹持器,一个个地将半成品连续移动到下一工位进行加工。这种加工法,通常用于多工位冲床和数台通用压床连接的生产线上的生产,它又被称为连续自动冲压。它对制品的形状、尺寸没有特殊的要求,模具的设计和制造比较容易。二者比较,前者模具的结构复杂,制造精度要求高,保证能得到复杂形状高精度的零件。二种方式的选择应根据制品的要求,现有的设备情况和模具的制造水平来进行。

## 第二章 冲压机械化与自动化常用机构

冲压机械化与自动化装置,都是由一定数量的典型机构所组成,在很多情况下需要机器或执行部件作周期性间歇的单向运动,组成执行部件的各种机构有机配合、协调动作,使各部分按预期的规律运动,从而完成冲压、换位、分度、进给、送料、卸件、计数、检测等工艺规范的操作。因此,有必要先集中介绍冲压机械化和自动化中的常用机构。

### 第一节 平面连杆机构

机器是由各种典型的机构所组成,组成机构的基本元件称为构件。两构件直接接触的活动联接被称为运动副,作相对转动的联接被称为转动副,作相对移动的联接被称为移动副。由若干刚性构件用运动副连接而成,并能完成确定运动的组合体,称为连杆机构。若所有构件的运动都在同一平面内,或者在相互平行的平面内,这种连杆机构就叫平面连杆机构。平面连杆机构在冲压设备和机械化与自动化装置中被广泛采用,特别是具有四个构件的四杆机构。

#### 一、铰链四杆机构

图 2-1 是铰链四杆机构的示意图。固定杆  $C$  称为机架,与机架不直接相连而作复杂平面运动的杆  $a$  称为连杆,杆  $r$ 、 $b$  都以转动副与机架相连,称为连架杆。其中  $r$  为曲柄作圆周运动,在一定角度内来回摆动的杆称为摇杆。

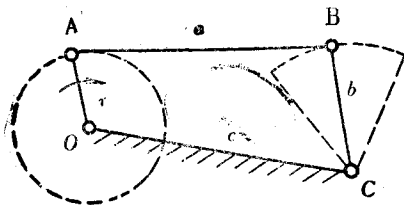


图 2-1 曲柄摇杆机构

铰链四杆机构的基本型式,完全取决于四杆机构中各构件的相对尺寸关系。

在四杆机构中,若连架杆要成为曲柄,需满足以下三个条件:

在四杆机构中,若连架杆要成为曲柄,需满足以下三个条件:

- (1) 连架杆能作整周回转;
- (2) 连架杆与固定杆二者应有一个是最短的;
- (3) 最短杆加最长杆之和应小于(或等于)另外两杆长度之和。

上述条件可用公式表示。设图 2-1 所示的机构以最短杆的相邻杆为机架,则第二个条件可写成:

$$r < a \quad r < b \quad r < c$$

第三个条件可写成：

$$r + c \leq a + b$$

若以最短杆为机架，则成为双曲柄机构，如图 2-2 所示。二、三个条件可改写为：

$$c < r \quad c < a \quad c < b$$

$$c + b \leq r + a$$

在双曲柄机构中，如果组成四边形的对边长度相等，就得到平行四边形机构，如图 2-3 所示。

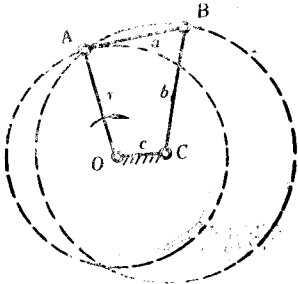


图 2-2 双曲柄机构

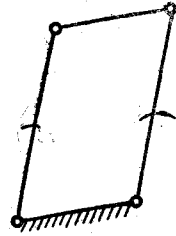


图 2-3 平行四边形机构

它的特点是双曲柄旋转方向相同，且角位移、角速度完全一样。

曲柄摇杆机构工作时(如图 2-4)，曲柄自  $A_1$  点转至  $A_2$  点(即转过  $180^\circ + \theta$ )，摇杆从  $B_1$  转到  $B_2$ ，这段行程称为工作行程。然后曲柄从  $A_2$  返回  $A_1$ (即转过  $180^\circ - \theta$ )，摇杆从  $B_2$  返回到  $B_1$  点，这段行程称为空行程。由于摇杆摆动角度  $\varphi$  相同，而曲柄转角不同，空回程时曲柄的转角小，需时少，因此角速度大，所以说它具有急回特性。在送料周期图中可看到这一点，如图 2-5 所示。

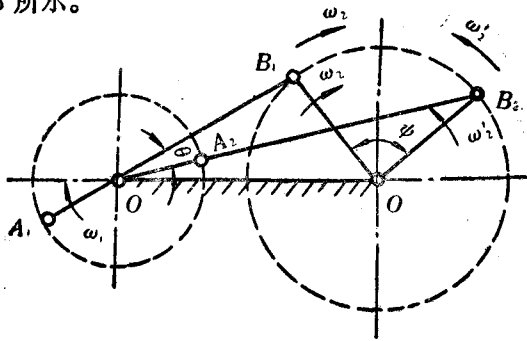


图 2-4 急回特性

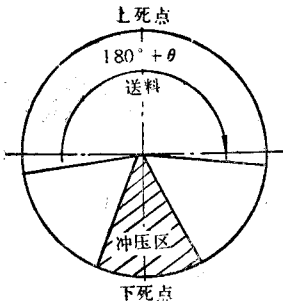


图 2-5 送料周期图

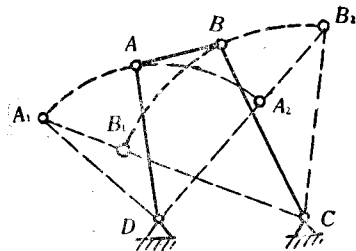


图 2-6 双摇杆机构

若以最短杆对边的杆为机架,则形成双摇杆机构,如图 2-6 所示。 $A$  的运动范围为  $A_1$  到  $A_2$ ,  $B$  的运动范围为  $B_1$  到  $B_2$ 。

曲柄摇杆机构常用来驱动棘轮机构的棘爪摆动,或者驱动超越离合器的外轮摆动。在生产实际中,送料机构的曲柄做成一个专用部件,它可以用螺钉固定在曲轴上,并且有月牙槽可以使送料角度  $180^\circ + \theta$  布置在曲轴上死点两侧,为送料角度的相位调节。曲柄的长度  $OA$  是可调节的,缩小  $OA$  值可使摆角减小,减小送料距;增大  $OA$  使摆角增大,增加送料距,借此可实现辊式送料机构送料距的调节。

平行四边形机构常用作双边辊式送料装置的联动机构,以保证推辊和拉辊的同步运行。有时为了增加拉辊的角位移,通过调节可以适当减少拉辊摇杆的长度,由于圆周上弧长相同,摇杆长度减少,转角势必增加,拉辊送料距就有微量的增加,使条料处于张紧状态。这时平行四边形机构就变成双曲柄机构。

## 二、含有移动副的四杆机构

图 2-7 是曲柄滑块机构的演化过程。 $a$  为曲柄摇杆机构; $b$  是过渡形式,用滑块、导轨代替  $BC$  杆。当无限地增大  $BC$  的长度,使转动副的中心移至无穷远处,则圆弧变成直线,转动副变成移动副。原机构就演化成偏移滑块的曲柄滑块机构,如图  $c$  所示, $E$  为偏心距,该机构用于下传动的压力机。当  $E=0$  时,则为常见的曲柄滑块机构(如图  $d$  图所示),它是机械压力机的主要机构。若增大其曲柄销  $A$  的尺寸,则机构演变成偏心齿轮机构,如图  $e$  所示。目前机械压力机小型的多用曲柄式,中、重型冲压设备则常用偏心齿轮机构。

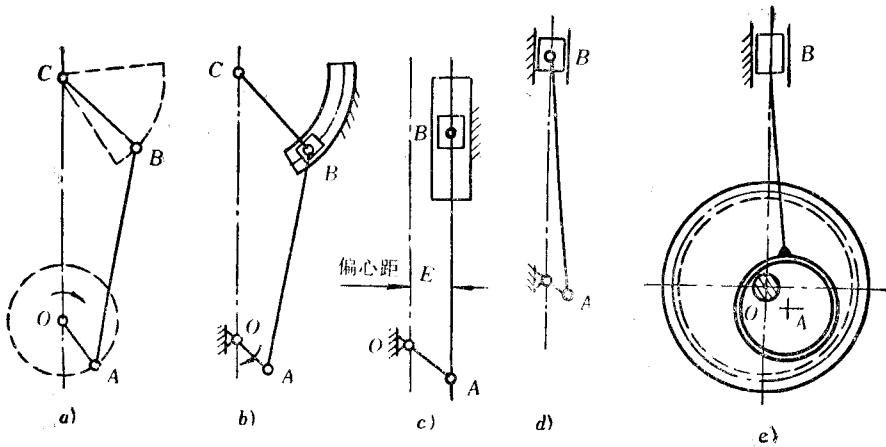


图 2-7 曲柄滑块机构的演化过程

将曲柄滑块机构中的连杆固定,作为机架,则构成图 2-8a) 所示的摇块机构。它可作为摆缸式机械,由压力机曲轴驱动这个气缸,成为吸飞工件的装置。图 2-8b) 为偏移式摇块机构,在实际应用中,摇块做成齿轮箱(内有齿轮),在机架上摆动,连杆改成齿条,推动齿轮在箱内转动。齿轮输出的扭矩可以驱动辊式送料装置的送料辊转动。