

锻造冲压曲柄压力机

[苏] 科学技术博士教授 B. И 符拉索夫 主编

夏萼辉 刘世雄 杜忠权 译

上海科学技术文献出版社

Кривошипные кузнечно-прессовые машины

Под редакцией

д-ра техн. наук проф. В. И. 符拉索夫

Москва "Машиностроение" 1982

锻造冲压曲柄压力机

〔苏〕 科学技术博士教授 В. И. 符拉索夫 主编

夏萼辉 刘世雄 杜忠权 译

薛槃若 校

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号)

新华书店经销 昆山亭林印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 15.5 字数 374,000

1988年2月第1版 1988年2月第1次印刷

印数: 1—2,400

ISBN 7-80513-112-O/T·68

定 价, 3.45 元

《科技新书目》137-261

目 录

前言	i
第一章 曲柄压力机概论	1
1.1 基本参数	7
1.2 曲柄压力机的基本要求	8
1.3 曲柄压力机的结构简图	10
第二章 执行机构的运动特性和动力特性	14
2.1 运动和动力参数的关系	14
2.2 输出构件运动的典型规律	17
2.3 传动机构的结构简图	20
2.4 不考虑摩擦力的曲柄滑块机构分析	27
2.5 滑动支承的弹性变形情况	31
2.6 考虑摩擦力计算主轴上的扭矩和构件上的力	38
2.7 考虑摩擦力计算曲柄滑块机构	43
2.8 多连杆执行机构的计算	48
2.9 计算扭矩	64
第三章 曲柄压力机的运动静力学和动力学	68
3.1 绝对刚性构件传动装置的动力学	70
3.2 外部载荷的理论和实际特性	75
3.3 动力学计算简图	89
3.4 完成工艺工序时传动装置动载荷的计算特点	93
3.5 曲柄压力机传动装置的工作特点	95

第四章 主执行机构	99
4.1 保证锻件精度的条件.....	99
4.2 连杆、滑块和主轴的分类以及结构特点	105
4.3 主轴的设计和计算.....	115
4.4 滑块的设计和计算.....	134
4.5 连杆的设计和计算.....	152
第五章 主传动装置	155
5.1 飞轮—电动机系统的计算.....	160
5.2 三角皮带传动.....	173
5.3 齿轮传动.....	177
5.4 传动轴和中间轴的计算.....	191
第六章 压力机的离合系统	198
6.1 离合器和制动器的区别性特征.....	200
6.2 片式离合器和制动器的结构.....	202
6.3 带式 and 闸瓦式制动器的结构.....	208
6.4 摩擦材料的选择.....	211
6.5 片式离合器的动力计算.....	214
6.6 片式制动器的动力计算.....	221
6.7 带式 and 闸瓦式制动器的动力计算.....	225
6.8 工作能力计算.....	230
6.9 压缩空气控制系统的工作特性.....	238
6.10 压缩空气操纵系统的计算.....	248
第七章 辅助装置	260
7.1 扩大设备工艺用途的装置.....	261
7.2 机器和模具的简便调整装置.....	273
7.3 提高设备操纵可靠性和改善劳动条件的装置	
.....	281

第八章 润滑系统	288
第九章 曲柄压力机机身	295
9.1 装配和设计的特点	302
9.2 计算基础	313
第十章 曲柄压力机基础	328
10.1 压力机基础计算的一般原理	332
10.2 离合器接合时单个基础的稳定性计算	335
10.3 在工艺工序进行时单个基础的稳定性计算	345
10.4 组合基础的稳定性计算	346
第十一章 曲柄压力机设计中相似理论的应用	349
11.1 曲柄压力机基本独立参数	349
11.2 相似准数	351
11.3 参数分析	353
11.4 相似机器的参数和尺寸的决定	356
第十二章 板料冲压压力机	361
12.1 开式板料冲压压力机	363
12.2 通用的和专用的单动闭式板料冲压压力机	368
12.3 双动压力机	374
12.4 弯曲和校正压力机	382
12.5 特种压力机, 压力机-自动机	383
第十三章 热模锻压力机	392
13.1 热模锻曲柄压力机	394
13.2 水平锻造机(平锻机)	409
13.3 热模锻自动机	418
第十四章 冷锻压力机	428
14.1 单工位立式压力机	430
14.2 多工位压力机	436

14.4 自动机.....	440
第十五章 分离工序用压力机	452
15.1 利用模具的分离工序用压力机.....	455
15.2 剪切机(剪床).....	466
附录	474

第一章 曲柄压力机概论

通常，将具有下述运动学特点的锻压机器称作为曲柄压力机：在这种锻压机器上，其执行机构把传动装置的旋转运动转变为工作机构(滑块)所规定的运动(最常见的是往复直线运动)。采用曲柄轴、曲拐轴和偏心轴作为执行机构的输入构件。这些轴通过杠杆机构与滑块有着刚性的运动连接。曲柄压力机借助于从执行机构和工作台(机座)到床身的封闭力系作用使毛坯发生变形。

输入构件(主轴)和输出构件(滑块)之间刚性的运动连接是曲柄压力机的主要特点之一。曲柄压力机规定滑块相对于工作台面具有精确的极限位置。在立式压力机上，这就是滑块的上死点和下死点；在卧式压力机上，这就是滑块的前死点和后死点。滑块的行程分为向行程(也就是工作行程*)和回程。在向行程的末端，滑块使工件发生变形；在回程时，滑块回到原始位置。卧式压力机的向行程，滑块是从后死点到前死点。立式压力机的向行程，当滑块配置在上部时，滑块是从上死点到下死点；当滑块配置在下部时，滑块是从下死点到上死点。所以，一般情况下，滑块处于向行程结束和回程开始的位置，叫做滑块的极限工作位置；滑块处于回程结束和向行程开始的位置，叫做滑块的极限原始位置。

因为曲柄压力机工作行程的终点是由滑块的极限工作位置

* 从本书后面的内容来看，工作行程并不是整个向行程，向行程应包括空行程和工作行程。——译者注

所决定, 所以, 为了使压力机的锻压工序具有通用性和稳定性, 通常要调节滑块的极限工作位置。这种调节可以改变工作台面和滑块底面之间的距离, 使同一台压力机可以安装不同高度(或长度)的模具; 这种调节还可以补偿压力机零件的弹性变形对锻压工件精度和模具磨损所带来的影响。

由于力的作用, 传动装置和床身都要发生弹性变形, 即主轴弯曲, 连杆压缩, 工作台挠曲, 床身立柱伸长, 滑块支承和模具支承的接触面变形等等。机器在变形力的作用下抵抗产生弹性变形的能力叫做刚度^[20]。机器的刚度越好, 锻压出来的零件精度也越好。

压力机本身的刚度(刚度系数) c_n 和压力机—模具系统的刚度 $c_{n,n}$ 有区别, 即前者确定刚度只要考虑压力机零件的柔度; 后者除此以外, 还要考虑到模具的柔度。压力机上产生的振动过程取决于压力机本身及其传动装置的刚度。压力机—模具系统的刚度是表示曲柄压力机工艺载荷的特点和可能性。例如平板零件的最小厚度

$$\Delta_{\min} = P_n / c_{n,n},$$

式中 P_n 为压力机的公称压力。如果需要制造厚度更小的平板零件, 那就不应该采用曲柄压力机, 而应该采用具有所谓非刚性行程的机器(螺旋压力机、锤)。

采用飞轮传动也是曲柄压力机的一个特点。这是由于毛坯变形过程本身相应不超过曲柄轴全部转角的 $\frac{1}{10}$ 或 $\frac{1}{6}$, 在这期间, 飞轮的转速不应低于电动机转差率所允许的一定数值。曲柄压力机所采用的大部分异步电动机的允许转差率 $\leq 4\%$ (短路封闭式), 有部分电动机的允许转差率 $\leq 6 \sim 10\%$ (高转差率)。电动机根据一个循环内的平均功率来选择, 该功率比工作行程周

期内传动装置的瞬时功率小1~2数量级。由于曲轴减速至最低转速，使得滑块在任何瞬时的位移速度的变化只是取决于运动链，而实际上不取决于锻压零件的材料性能。在压力机上进行精压、挤压或冲裁时，虽然变形的条件(最大变形力、工作行程的初始速度及其时间)在原则上各不相同，但在毛坯的变形期间，滑块速度的变化特性实际上没有改变，仅仅取决于压力机的运动学。

在公称压力相同的曲柄压力机上，锻压零件的外形尺寸取决于最大的单位变形力 $p_{\max}$ ，它等于变形力与锻压零件垂直于滑块运动方向的面积之比。 $p_{\max}$ 的值在很大的范围内变动：冲裁时，它取决于材料的厚度，为15~40兆帕；热模锻结构钢时，为100~250兆帕；模锻钛合金时，为500~800兆帕；冷顶锻时，为1800~2300兆帕；冷挤压时，为2500~3200兆帕^[29, 46]。

在工作行程中，如果飞轮减速不多($\leq 12\%$)，就会使得曲柄压力机的传动装置只消耗飞轮所储存的一小部分动能。当模具的闭合高度(滑块极限工作位置)没有调节好或者锻压毛坯的尺寸增大时，传动装置中多余的能量和曲柄压力机良好的刚性都要消耗更多的动能，也就是要引起压力机传动零件和床身的大量超载，这在接近滑块的极限工作位置时特别危险。工艺过程愈不稳定(例如：毛坯加热温度的波动和毛坯材料性能的变化愈大，执行机构的轴承中工艺润滑剂的成分和摩擦情况愈不稳定以及润滑层愈不均匀)，引起压力机超载的可能性就愈大。所以，现代化的曲柄压力机都装有保险装置，保证压力机可靠地工作。

曲柄压力机容易引起超载是它的一个重要缺点。仅仅采用保险装置来防止超载往往不可靠。这个问题的解决要从工艺、结构和使用等方面采取综合的措施。要求用户和制造者，对压

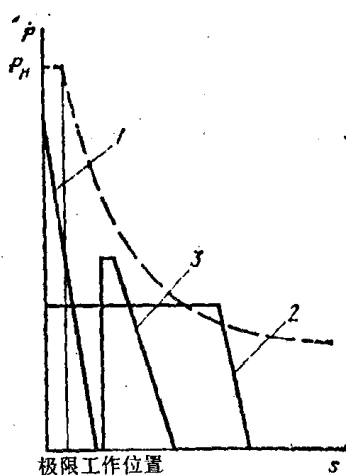


图 1.1 完成各种工序时变形力随滑块行程的变化
1—精压 2—挤压 3—冲裁
(---允许载荷曲线)

力机的特性有较透彻的了解。

在同样的变形力之下，曲柄压力机传动装置各个零件上的工作载荷随着滑块的行程 s (曲柄转角 α)而变化，因此，曲柄压力机不可能在全部行程内都施加公称压力。为了确定压力机可能应用的范围，采用了滑块上的允许载荷(最大变形力)随滑块位置而变化的曲线图(图1.1)。压力机的滑块可以施加公称压力的行程 s_H 叫做压力机的公称行程。通常，因为

$$s_H = 1 \sim 20 \text{ 毫米},$$

整个工作行程比较小，所以把压力机应用于具体的工艺工序是否

可行，必须进行校核。从图1.1可以看出：虽然挤压的变形力比较小，但传动装置的零件将发生超载。

曲柄锻压机器的一个重要特点是传动的不可逆性，亦即其主动构件——主轴在滑块全部行程内的运转是单向的。液压机、锤和螺旋压力机的特点是：回程时，断开和接通传动装置的换向器都有时间损失。但曲柄压力机没有这种损失。压力机公称行程次数的利用率高决定了其生产率也高。曲柄压力机在单位时间内的循环次数大大超过了所有其他的锻压机器。在自动机上达到每分钟几千次；单次操作时，达到每分钟80~120次。

当飞轮装在主轴上和主轴一起旋转时，曲柄压力机在一次行程内的整个工作循环是由飞轮在二次接通之间的空转、滑块直接向前行程和滑块回程所组成。在这种情况下，工作循环可

以分为以下几个主要阶段：接通，曲轴和滑块起动，模具和毛坯接触以前的滑块行程——靠近空行程，原始毛坯变形——滑块工作行程，滑块回程——返回空行程，制动，也就是滑块停止。当压力机以单次行程工作时，才有第一个和最后一个阶段。

根据不同的工艺用途，现代化曲柄压力机的工作行程具有各种不同的初始速度，热模锻时为了缩短工作行程的时间，其初始速度大到 0.8 米/秒；而冷挤压和复杂零件的板料拉深为了减少和毛坯的碰撞，其初始速度小到 0.05 米/秒。这时，对零件变形过程中速度的变化特性提出了各种不同的要求。为了满足这些要求，必须采用各种各样的多连杆机构，使曲柄压力机以最佳的性能适应于具体的工艺用途。

根据工艺用途，曲柄压力机可以分为下列基本类型：用于分离工序，用于板料冲压，用于热模锻和冷锻。每一类又可以分为一般用途的曲柄压力机、专门化的曲柄压力机和专用曲柄压力机或自动机。一般用途的，即所谓万能的曲柄压力机，适用于大量的零件品种和多种工艺工序，从生产一种零件转到另一种零件，不需要作很大的调整。专门化的曲柄压力机用于同一类型的工艺工序，并且其运动学适宜于获得所规定的工艺效果。专用曲柄压力机或自动机附装有各种机构和联动装置，并且只适合于生产一定种类的零件，当需要生产其他种类的零件时，压力机本身的结构也要改变。

曲柄压力机也可以根据主要部件和机构结构型式的特点来分类。按照床身型式，可以分为开式和闭式曲柄压力机(图 1.2)。在开式压力机上，可以从三个方向靠近锻压空间和模具 1。在闭式压力机上，可以从两个方向靠近锻压空间和模具 1。曲柄压力机根据其执行机构运动轴线的配置，可以分为立式、卧式和可倾式(图 1.3)。

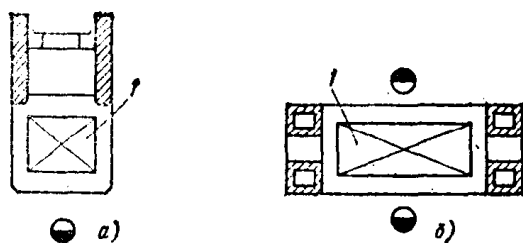


图 1.2 开式(a)和闭式(b)床身

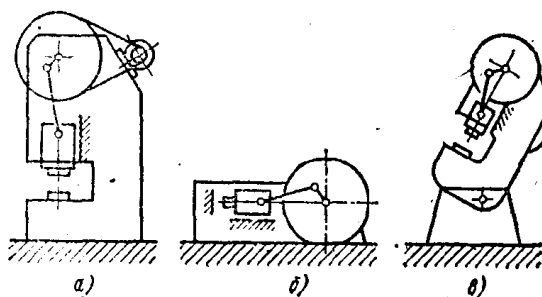


图 1.3 立式(a)、卧式(b)和可倾式(c)曲柄压力机

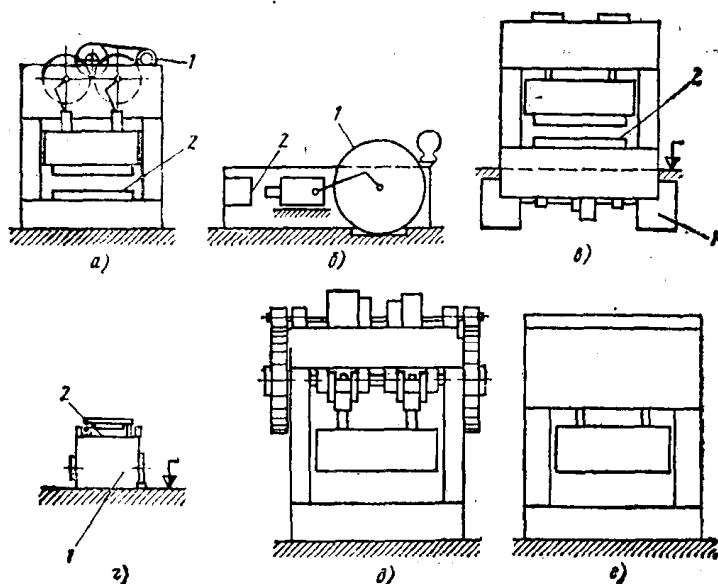


图 1.4 传动装置在曲柄压力机上的配置

1—传动装置 2—锻压平面

有时候, 传动装置相对于模具空间的位置成为曲柄压力机的分类依据。在一般常见的曲柄压力机结构型式中, 传动装置配置在锻压平面之上, 例如, 在立式压力机上(图 1.4a); 或者配置在锻压平面之后, 例如, 在卧式压力机上(图 1.4b); 在底传动的压力机上, 传动装置配置在锻压平面之下。在大吨位的底传动曲柄压力机上, 其传动装置安装在地面以下(图 1.4c), 这样可以降低压力机的高度; 在小吨位的曲柄压力机上, 传动装置常常配置在地面之上的床身下部(图 1.4d)。此外, 曲柄压力机的传动有开式和闭式之分。在开式传动中(图 1.4d), 齿轮传动装置安装在床身和横梁的外部, 再盖上保护罩壳。在闭式传动中(图 1.4e), 传动装置的减速箱配置在压力机上横梁的内部。

1.1 基本参数

曲柄压力机零部件的设计, 用于具体工艺工序的压力机的选择以及模具、装备和各种自动化手段的设计都要按照全苏国家标准(ГОСТ)所规定的曲柄压力机的技术特性参数和相配合的零部件的主要尺寸来进行。

对于专用的和专门化的压力机, 其基本参数是根据具体零件的制造工艺或同种零件的类别来确定。通用压力机的基本参数是在总结那些有各种模具和自动化手段的、锻压零件品种非常广泛的压力机的使用经验基础上来制订。总结性的典型工作负荷图是计算的依据。

曲柄压力机的基本参数有: 公称压力、公称行程、滑块全行程、滑块每分钟行程次数、滑块和压力机工作台的平面尺寸、滑块行程的调节量、锻压空间的尺寸、顶料器的行程和压力, 其中主要参数是公称压力。某些采用棒材作为毛坯的压力机(主要

是国外的压力机),有时规定用棒材的最大直径代替公称压力作为其主要参数。在这种情况下,公称压力由棒材的强度极限和锻件在垂直于变形力作用方向上的面积来计算。

1.2 曲柄压力机的基本要求

目前,曲柄压力机几乎应用于国民经济的所有部门。它的产量在上升,它在机床中所占的比重在增加。对曲柄压力机提出的主要要求是:制造出来的工件在形状和尺寸方面接近成品零件。金属压力加工的工艺方法所能达到的精度水平的数据^[49](与车削相比较)列于表 1.1。

提高曲柄压力机的精度指标可以采用以下几种方法:研制

表 1.1 制造工件的方法对其精度的影响

制造工件的方法	精度等级(精度级别)											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
分离工序:												
剪切												
精密剪切												
精密冲裁												
板料冲压:												
深拉深												
变薄拉深												
体积模锻:												
热模锻												
挤压												
冷锻												
旋转锻造												
车削												

新型的曲柄压力机,改进现有的曲柄压力机,并对影响精度的主要因素进行理论和实验研究。

对曲柄压力机提出的重要要求是:在最好的模具寿命的情况下提高生产率。许多工艺工序的模具寿命取决于压力机的速度特性。例如:拉深、弯曲、冷挤压都要求限制滑块的速度。相反,热模锻工序则要求提高滑块的速度。提高滑块的公称行程次数和行程次数的利用率、减少调整和更换模具的时间损失,都可以提高曲柄压力机的生产率。为此,曲柄压力机装备了更完善的机械化和自动化工具;改变压力机的某些参数(例如:研制带有直流电动机的同步型自动化成套设备,在自动机和通用压力机上扩大额定旋转频率的调节范围,研制专用的锻压压力机);当改用程序控制方法时,采用更为完善的更换和调整模具的系统(例如:专用的冲裁和弯曲压力机);使曲柄压力机进一步专门化,也就是不加大滑块行程和模具空间尺寸,不需要过多的调整等等。

在提高曲柄压力机生产率的情况下(压力 200~300 千牛、行程次数每分钟 2000 次的自动机已经成功地在使用),提高曲柄压力机的可靠性及其部件的耐久性的要求具有特殊的现实意义。现代化的曲柄压力机都装备有动作可靠的力和扭矩的保险装置、补偿装置、平衡装置和润滑油供给指示器等等。越来越广泛地采用了有效监督和检查压力机工作的各种仪器。例如,力和转速的指示器、热电偶、噪声计。压力机进一步专门化也促使其可靠性提高,并导致需要科学地有理论根据地选择压力机的基本参数。因此,在现代情况下,压力机动力学研究、参数的分析等等都得到了日益广泛的实际应用。

对现代化的曲柄压力机所提出的必要要求是符合安全技术和工业美学的要求。曲柄压力机作为滑块在高速移动下产生巨

大作用力的设备来说,是一种危险性很大的机器,也就是说,不正确操作曲柄压力机,就会使操作人员发生重大的工伤事故。所以,在每一个工业发达的国家,都汇编了专门的安全技术规程,这对于曲柄压力机的设计师来说是必须遵守的。工业美学的要求所涉及的问题是表示压力机及其各个部件外形的完美程度,表示便于操作和维修的人体工程学条件的遵守情况。应当指出,设计时要同时实现所有这些要求是不可能的,因其中某些要求对压力机的参数有着相反的影响。所以,只能力求达到为具体工艺过程和生产形式所确定的一定效果。

从上述情况可以看出:仅仅根据个别的优点来判断一台曲柄压力机,就不可能正确评价整个这台压力机的完美程度。因此,要成功地设计生产率高的曲柄压力机,就必须全面地研究它的使用特性。这种研究正在逐年发展。设计新的曲柄压力机时,采用摹拟理论和相似理论来“再现”这些特性是重要的。这一点也日益得到了重视。

1.3 曲柄压力机的结构简图

曲柄压力机上的所有机构和部件彼此之间有机地结合在一起(图 1.5)。

执行机构 曲柄压力机的执行机构用来驱动(多半是借助于杠杆机构)压力机的工作机构——滑块,使滑块具有克服毛坯变形抗力所必需的作用力和速度。

执行机构分为主执行机构和辅助执行机构。前者直接完成变形过程,后者协助形成所规定的应力状态图,例如:拉深时压紧板料(图 1.6),顶镦时夹紧毛坯(图 1.7)等等。

主执行机构大多数只有一个滑块,有时有几个滑块。辅助