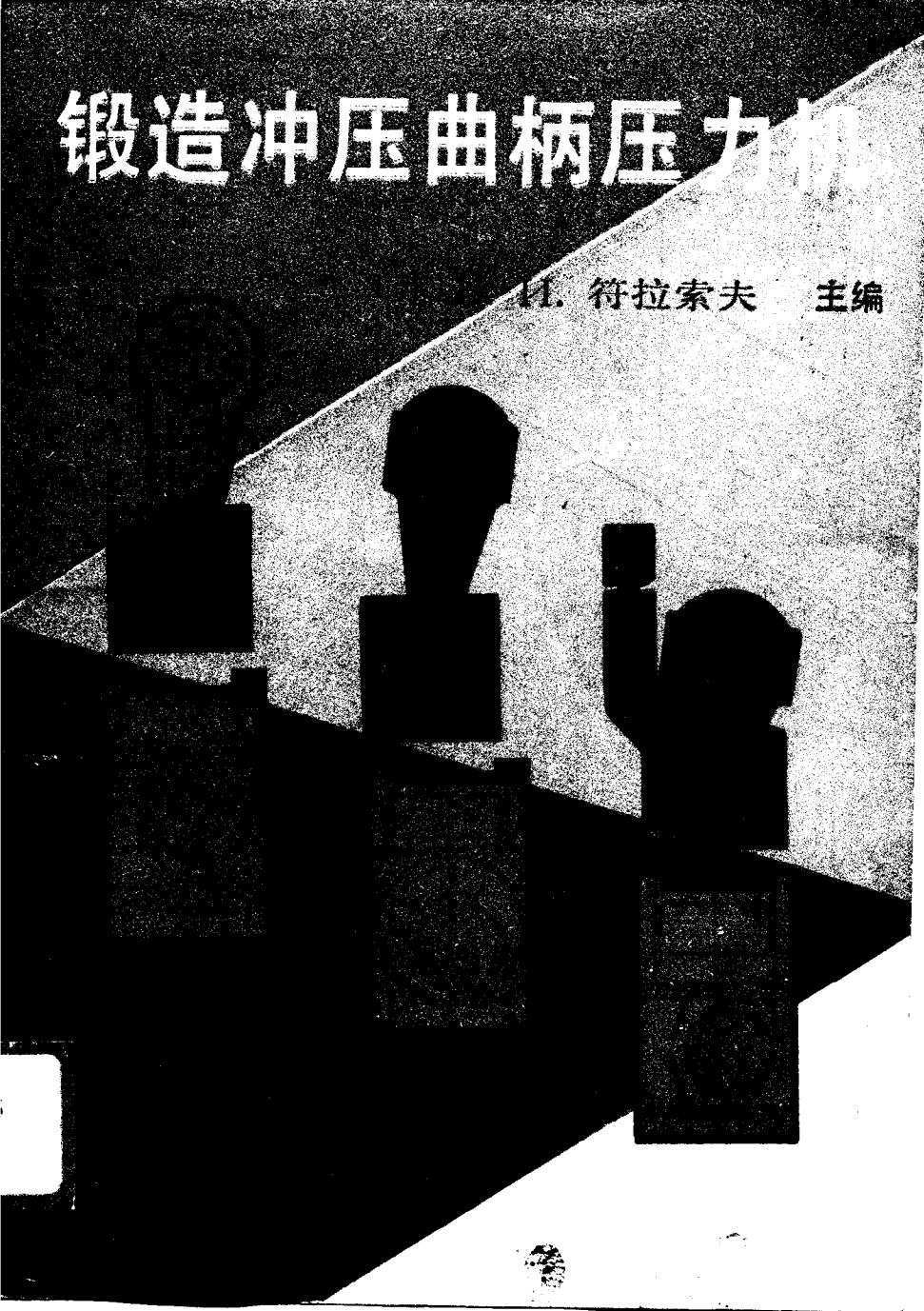


# 鍛造冲压曲柄压力机

Л. 符拉索夫 主编



TG315.5

8

3

# 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

薛槃若 校

by 01/01



上海科学技术文献出版社

---

**Кривошипные кузнечн-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

## 译 序

本书由苏联许多锻压机械方面的著名学者，如 В. И. Вла-  
зов, А. Я. Борзиков, И. К. Букин-Батырев 等集体编著。本书  
总结归纳了苏联和国际上曲柄压力机的最新结构及计算方法，  
内容丰富。有许多可供借鉴之处。

本书对曲柄压力机的运动静力学和动力学，对多连杆机构  
的运动特性和动力特性进行了深入的理论分析和公式推导。特  
别是列出了用电子计算机计算多连杆机构和曲柄滑块机构参数  
的算法。介绍了曲柄滑块机构、传动系统、离合器、制动器、控制  
系统和机身等最新结构，例如湿式离合器。对各种结构进行了  
详细的分析比较，提供了对设计者、使用者都很有价值的许多实  
验和经验数据、曲线和图表、计算公式。介绍了曲柄压力机基础  
的稳定性计算及减震措施。并将相似理论应用于曲柄压力机设  
计，确定相似机器的参数和尺寸。还介绍了各种专用压力机，如  
板料冲压压力机、热模锻压力机、弯曲机、多工位自动机、剪床等  
最新结构，例如 12000 吨热模锻压力机等。

本书可供从事锻压机械设计和操作使用的工程技术人员及  
锻压专业师生参考。

本书第1~5章由上海市机械制造工艺研究所刘世雄工程师  
译，第6~10章由上海交通大学夏萼辉教授译，前言和第11~  
15章由南昌航空工业学院杜忠权高级工程师译，全书由上海市  
机械制造工艺研究所薛槃若高级工程师审校。

由于我们的水平有限,在翻译上难免有不妥之处,请读者批评指正。

译 者

1986. 12.

# 前 言

在苏共 26 届代表大会上通过的《1981~1985 年和 1990 年以前的阶段里苏联经济和社会发展总方向》文件中规定: 机器制造和金属加工产品产量增长不少于 40%, 劳动生产率增加 31~35%, 超过了锻压设备产量增加的速度, 因此便决定了必须“从根本上改善机器制造业中的金属加工设备构成, 其途径是增产高效率的专用机床和组合机床、先进的锻压设备、自动线和自动机”。

如果不增加经济而又效率高的设备(金属切削机床、铸造机械、焊接机械和锻压机械)的产量, 要想解决面临的任务是不可思议的。由于在国民经济的各个领域里广泛使用锻压机械, 因而对这种机械的结构和技术参数具有特定的要求。例如, 在小批量生产中使用的曲柄压力机要有多种调节的可能性, 安装模具的空间要比较大, 通用性要比较强。这是因为在这种压力机上需要生产的零件的尺寸和形状比较大批量生产的情况下更加多样化的原故。在大量生产条件下使用的压力机, 其专门化程度更高, 而且首先要保证零件的精确性, 容易实现自动化并有很高的生产率等等。

现在, 锻压机械在整个金属加工设备产量中占 18~30%, 金额占 20~40%。1980 年苏联生产了五万七千一百台锻压机械, 其中二万八千五百五十台是曲柄压机、自动机和剪切机。苏联制造了世界上最大的模锻液压机(650 和 700 兆牛)、最大的无砧座模锻锤(2 兆牛·米)、最大的热模锻曲柄压力机(80 兆牛)

和其它专用锻压机械。

大量的理论和实验研究工作促进了锻压机械生产的发展。在苏联，锻压机械计算理论和设计学派的形成是和 М. В. Сто-рожев、В. И. Залеский、А. И. Зимин、Г. А. Навроцкий、А. Ф. Нистратов 等学者的名字紧密联系在一起。近年来，В. И. Власов、Л. Н. Живов、Е. Н. Ланской、А. Г. Овчинников 等学者及其学生们也作出了贡献。苏联高等学校的金属压力加工教研室里的科研集体以及在压力机制造厂、设计局和设计及科学研究所中工作的专家们也在创立曲柄压力机和其它锻压机械的理论计算基础领域内做了大量的工作。最近几年的使用经验、理论和实验研究工作以及在实践中提出来的新要求说明了某些原来的论点需要进一步阐明，同时为了保证机器能可靠地进行工作，还需要进行补充的计算和验证。本书对这些和另外一系列问题作出了解答。本书是由一大批专家写成的，他们根据最新的资料企图指出曲柄锻压机械在设计、计算和主要部件设计方面的特点。

如所周知，设计过程为了保证机器的特定要求和主要参数，有时要牺牲一些不太重要的指标。近代锻压机械中最好的样机正是以基本参数最优化及其平衡为特点。在这些条件下其计算理论的任务就是要帮助设计者选择最佳方案，并且通过计算提供评价部件的各个参数对整台机器的强度和使用性能发生影响的程度，因此，作者们十分注意对计算简图的论证和零部件工作时所观察到的物理性质。当同时有几种能保证相同计算精度的方法时，本书只介绍那些能说明发生过程原因的方法。除了那些为了确定公式中的基本参数和系数所需要的解析式和电子计算机算法外，本书还介绍了简化公式和根据机器典型简图平均值

得到的系数表,并且还介绍了模型化理论,后者定能帮助设计者在有了一个好模型或好方案的情况下大大加速新机器的诞生过程。



# 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<br>..... | 93 |
| 3.5 曲柄压力机传动装置的工作特点 .....         | 95 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>第四章 主执行机构</b> .....           | 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 |
| <b>第五章 主传动装置</b> .....           | 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 |
| <b>第六章 压力机的离合系统</b> .....        | 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 带式和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 |
| <b>第七章 辅助装置</b> .....            | 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<br>..... | 281 |

|             |                        |     |
|-------------|------------------------|-----|
| <b>第八章</b>  | <b>润滑系统</b>            | 288 |
| <b>第九章</b>  | <b>曲柄压力机机身</b>         | 295 |
| 9.1         | 装配和设计的特点               | 302 |
| 9.2         | 计算基础                   | 313 |
| <b>第十章</b>  | <b>曲柄压力机基础</b>         | 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 |
| <b>第十一章</b> | <b>曲柄压力机设计中相似理论的应用</b> | 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 |
| <b>第十二章</b> | <b>板料冲压压力机</b>         | 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 |
| <b>第十三章</b> | <b>热模锻压力机</b>          | 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 |
| <b>第十四章</b> | <b>冷锻压力机</b>           | 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。滑块的行程分为向前行程(也就是工作行程\*)和回程。在向前行程的末端，滑块使工件发生变形；在回程时，滑块回到原始位置。卧式压力机的向前行程，滑块是从后死点到前死点。立式压力机的向前行程，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，滑块处于向前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前行程开始的位置，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前行程，向前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<sup>[20]</sup>。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) $c_{\text{H}}$ 和压力机—模具系统的刚度 $c_{\text{H.н}}$ 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

$$\Delta_{\text{min}} = P_{\text{H}}/c_{\text{H.н}},$$

式中 $P_{\text{H}}$ 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；冷顶镦时，为1800~2300兆帕；冷挤压时，为2500~3200兆帕<sup>[29, 46]</sup>。

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

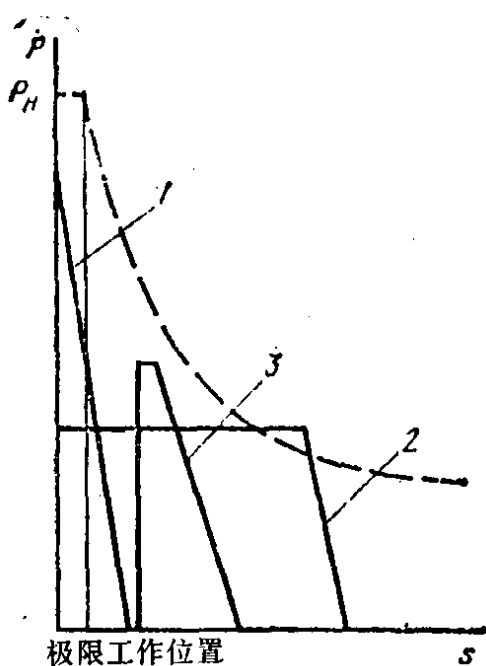


图 1.1 完成各种工序时变形力随滑块行程的变化  
 1—精压 2—挤压 3—冲裁  
 (- - -允许载荷曲线)

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  $\alpha$ ) 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)。