

项目三 液 压 机

预期目标 >>>

- 理解液压机的工作原理及特点
- 掌握最简单的液压系统的工作循环
- 理解液压机的结构
- 掌握液压机的主要技术参数

任务一 液压机的工作原理及特点

(一) 任务描述

液压机是成型生产中应用最广的设备之一。它可以用于金属板料的成型加工、金属挤压和粉末冶金制品的压制等，也可以用于热固性塑料压缩成型和传递变形。自 19 世纪问世以来发展很快，已成为工业生产中必不可少的设备之一。20 世纪 80 年代以来，随着微电子技术、液压技术等的发展和应用，液压机有了更进一步的发展，已达数十种，且有继续增多的趋势。

液压机的种类很多，图 3-1 所示为塑料液压机的其中一种类型——直角式液

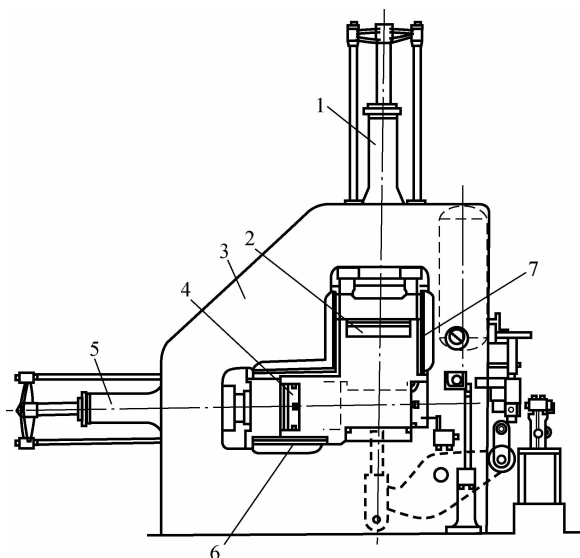


图 3-1 直角式液压机

1—上压缸；2—上活动板；3—机架；4—下活动板；5—旁压缸；6—下导轨；7—上导轨

压机。通过学习，我们需了解：

- (1) 这种液压机是怎样工作的？
- (2) 这种液压机主要应用在什么场合？
- (3) 还有哪些其他类型的塑料液压机？

(二) 任务分析

上面的问题将从以下几个方面进行分析：

1. 液压机工作原理

液压机是根据静态下密闭容器中液体压力等值传递的帕斯卡原理制成的，是一种利用液体的压力来传递能量以完成各种压力加工工艺的机器。

2. 液压机的工作循环

液压机的工作循环一般包括：空程向下（充液行程）、工作行程、保压、回程、停止、顶出缸顶出、顶出缸回程等。

3. 液压机的特点

容易获得很大的工作压力和较大的工作空间，容易获得大的工作行程，压力调节方便，调速方便，工作平稳，操作方便，制造容易。

4. 液压机的类型

按照国家专业标准 JB/T 9965—1999，将液压机归类于锻压机械。按用途不同，液压机可分为 10 组：

- (1) 锻造液压机。
- (2) 冲压液压机。
- (3) 一般用途液压机。
- (4) 校正压装液压机。
- (5) 层压液压机。
- (6) 挤压液压机。
- (7) 压制液压机。
- (8) 打包、压块液压机。
- (9) 各种专用液压机。
- (10) 手动液压机。

(三) 知识准备

液压机是一种以液体为工作介质，用来传递能量以实现各种工艺的机器。液

压机是成型生产中应用最广的设备之一，自 19 世纪问世以来发展很快，已成为工业生产中必不可少的设备之一。液压机被广泛应用于机械工业的许多领域，例如在锻压（塑料加工）领域中，液压机被广泛用于自由锻造、模锻、冲压（板料成型）、挤压、剪切、拉拔成型及塑性成型等成型工艺中；而在机械工业的其他领域，液压机更被应用于粉末制品、塑料制品、磨料制品、金刚石成型、校正压装、打包、压砖、橡胶注塑成型、海绵钛加工、人造板热压，乃至炸药模压等十分广泛的不同工业领域。

1. 液压机的工作原理

液压机根据帕斯卡（Pascal）原理制成，其工作原理如图 3-2 所示。两个充满工作液体的具有柱塞（或活塞）的容腔，由管道相连接。当小柱塞 1 上的作用力为 F_1 ，并且其工作面积为 A_1 时，液体的压力为 $p = \frac{F_1}{A_1}$ 。根据帕斯卡原理，在密闭的容器中，对于静止匀质的液体，一点的压力会大小不变地迅速传递到液体各点，即此容器中液体的压力在各点各个方向上都是相等的。因此，在大柱塞 2 上将产生向上的作用力 F_2 ，迫使工件 3 受力变形：

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} = pA_2 \tag{3-1}$$

式中， A_2 ——大柱塞 2 的工作面积。

由于 $A_2 \gg A_1$ ，显然， $F_2 \gg F_1$ 。这就是说，液压机能利用小柱塞上较小的作用力 F_1 在大柱塞上产生很大的作用力 F_2 ，由式（3-1）还可以看出，液压机能产生的总压力取决于工作柱塞面积和液体压力的大小。因此，要想获得较大的总压力，只需增大工作柱塞面积或者提高液体压力即可。

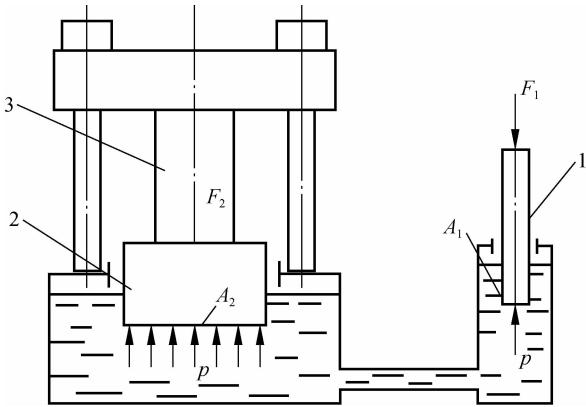


图 3-2 液压机的工作原理

1—小柱塞；2—大柱塞；3—制件

此处，假设液体是不可压缩的，而容器及管道也假设为绝对刚性，不发生弹性变形。这些假设在宏观上分析问题是可行的。

2. 液压机的基本组成

液压机一般由本体（主机）、动力系统及液压系统三部分组成。

最常见的液压机本体结构简图如图 3-3 所示。

它由上横梁 1、下横梁 3、4 个立柱 2 所组成，每根立柱都用立柱螺母分别于上、下横梁紧固地连接在一起组成一个封闭框架，该框架叫做机身。工作时，框架承受全部工作载荷。工作缸 9 固定在上横梁 1 的缸孔中，工作缸内装有工作柱塞 8，它与活动横梁 7 相连接。活动横梁以 4 根立柱 2 为导向，在上、下横梁之间作往复运动。在活动横梁的下表面上，一般固定有上贴（上模），而下贴（下模）则固定于下横梁上的工作台上。当高压液体进入工作缸后，在工作柱塞上产生很大的压力，并推动工作柱塞、活动横梁及上贴向下运动，使工件 5 在上、下模之间产生塑性变形。回程缸 4 固定在下横梁上，其中有回程柱塞 6，它与活动横梁相连接。回程时，工作缸通低压，高压液体进入回程缸，推动回程柱塞 6 向上运动，带动活动横梁回到原始位置，完成一个工作循环。

动力系统主要提供液压机本体工作时所需要的高压液体，并接受回程排回的低压液体。此外，对工作液体进行检测、过滤及冷却，以保证工作液体处于最佳工作状态。动力系统分为泵直接传动和泵蓄势器传动两种类型。

液压控制系统主要将动力系统提供的高压液体在准确的时间和地点输送到所需要的工作缸处，并将各缸排回的低压液体输送回动力系统。液压控制系统主要由各种阀、阀箱、连接管道及控制阀正确动作的控制部分组成。最简单的控制系统由手通过操纵杆来完成，十分费力，目前只用于小型简单的液压机。一般液压机则通过电磁铁或随动接力装置来比较轻松地操纵阀的动作。近年来，增加了计算机控制，极大地提高了控制的精确度和自动化程度。

3. 液压机的工作循环

液压机的工作循环一般包括：空程向下（充液行程）、工作行程、保压、回程、停止、顶出缸顶出、顶出缸回程等。上述各个行程动作都是由液压控制系统

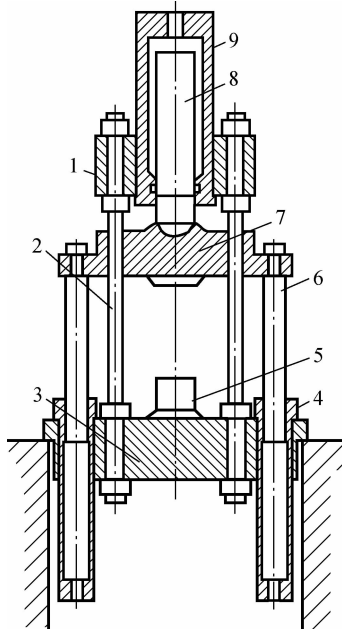


图 3-3 液压机本体结构简图

1—上横梁；2—立柱；3—下横梁；
4—回程缸；5—工件；6—回程柱塞；
7—横梁；8—工作柱塞；9—工作缸

中各种阀的正确动作来实现的。最简单的系统如图 3-4 所示。

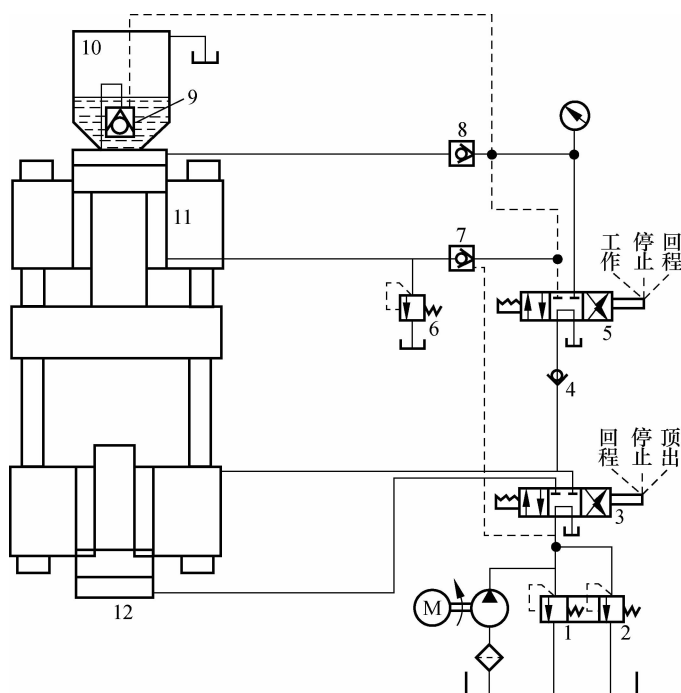


图 3-4 最简单的液压系统

1, 2, 6—溢流阀；3, 5—换向阀；4—单向阀；7, 8—液控单向阀；9—充液阀；10—充液罐；11—工作缸

（1）空程向下（充液行程）。换向阀 3 置于“回程”位置，换向阀 5 置于“工作”位置。这时工作缸 11 下腔的油液通过开启的液控单向阀 7 和换向阀 5 排入油箱，活动横梁靠自重从初始位置快速下行，液压泵输出的油液通过阀 3、4、5、8 进入工作缸 11 的上腔，不足的油液由充液罐 10 内的油液通过充液阀 9 补入，直到上模接触工件。

（2）工作行程。阀 3、5 的位置不变，当上模接触到工件后，由于下行阻力增大，充液阀自动关闭，这时液压泵输出的液体压力随阻力增大而升高，此时油液进入工作缸 11 的上腔推动活塞下行对工件进行加工。工作缸下腔的油液继续经阀 7 和阀 5 排回油箱。

（3）保压。若工艺有保压要求，则将换向阀 5 的手柄置于“停止”位置，阀 3 的位置不变，液压泵通过阀 5 卸荷，工作缸内的油液被液控单向阀 8 封闭在内而进行保压。

（4）回程。换向阀 5 置于“回程”位置，阀 3 的位置仍不变，液压泵输出的油液通过阀 3、4、5、7 进入工作缸的下腔，同时，打开液控单向阀 8，使工作缸上腔卸压，然后打开充液阀 9，这样在工作缸下腔高压液体的作用下，活塞带动活动横梁上行，工作缸上腔的油液排入充液罐 10 中。

(5) 停止。将换向阀 3 和 5 的手柄置于“停止”位置, 液压泵通过换向阀 3 卸荷, 工作缸 11 下腔的油液被液控单向阀 7 封闭于缸内, 使活塞及活动横梁稳定地停止在任意所需位置。

(6) 顶出缸顶出。换向阀 5 置于停止位置, 将换向阀 3 置于“顶出”位置, 液压泵输出的压力通过阀 3 进入顶出缸的下腔, 同时, 顶出缸上腔的油液经阀 3 流入油箱, 在下腔压力油的作用下顶出活塞上升顶出工件。

(7) 顶出缸回程。换向阀 5 的位置不变, 换向阀 3 置于“回程”位置, 顶出缸下腔的油液可经阀 3 流入油箱, 液压泵输出的油液经阀 3 进入顶出缸上腔, 使顶出缸活塞下行。

这样就完成了一个工作循环。

(四) 任务实施

1. 直角式液压机

如图 3-1 所示, 直角式液压机的主要零件用机架 3 固定, 上压缸 1 和旁压缸 5 相互垂直。垂直工作油缸(机器上部工作油缸)供压制塑料用, 而水平工作油缸(设在机器的旁侧)作启、闭模具用。油缸的柱塞与活动板相连, 活动板可沿固定在机架上的导轨移动。液压机的下部一般还设有顶出油缸。

2. 直角式液压机的应用

直角式液压机具有侧凹的塑料制件, 用整体式模具是无法取出的, 因此必须将模具做成横向可拆的形式, 但这种模具在普通液压机上成型带侧凹的大制件时, 用手工拆开模具取出制件的劳动很繁重, 且难以用手工分开。这种液压机用以压制复杂的制品, 更适合压制大型或具有侧凹的制品。

3. 其他类型的塑料液压机

塑料液压机的类型以液压机工作缸位置分类法应用较为普遍, 分为: 上压式, 下压式, 上、下压式和直角式。

下压式液压机因操作不便, 很少用于压塑成型, 仅用于压制层压板、层压塑料齿轮坯、硬聚氯乙烯板等。若在这种液压机的上、下横梁之间增设活动横梁, 则可供固定式压注模成型塑料制品用。上、下压式液压机主要用于固定式压注模生产塑料制件。

(五) 归纳总结

经过以上对液压机工作原理及工作过程的分析可知, 液压机是静压作用的机器, 靠液体静压使工件变形, 这是与其他锻压设备(如曲柄压力机、锻锤、螺旋

压力机)的基本不同点。

根据液压机的工作原理,液压机具有以下优点:

(1) 容易获得很大的工作压力和较大的工作空间。这是液压机最突出的优点。设备吨位越大,液压机的优点就越突出,而靠机械机构传递能量的压力机,压力的增大受到构件强度限制。

(2) 容易获得大的工作行程。液压机容易获得大的工作行程,并在行程的任意位置上产生额定最大压力和长时间持续保压。这对长行程的压制工艺特别有利。

(3) 压力调节方便,并能可靠地防止过载。液压机利用工作液体的压力传递能量,可以用简单的方法(各种压力控制阀)在一个工作循环中进行调压或限压,因而能可靠地防止过载,有利于保护模具和设备。

(4) 调速方便。可调节液压系统实现各种行程速度,这种调速是无级的,操作方便。

(5) 液压机结构简单,能够适应多品种生产。

(6) 工作平稳,撞击、振动和噪声较小,对工人健康、厂房基础、周围环境及设备本身都有很大好处。

(7) 操作方便,便于制造,标准化、系列化、通用化程度较高。

但液压机也存在着以下缺点:

(1) 液压机在快速性方面不如机械压力机。这是由于工作缸内液体的升、降压都需要一定的时间,阀的换向动作也需要一定的时间,加上液压机的空程程度不够高,故其生产率不够高。

(2) 由于液体的可压缩性,在快速卸载时容易在本体或液压系统中产生振动,故液压机不太适合于冲裁、剪切等切断类工艺。

(3) 液压机的调整、维修较机械压力机困难,且工作液体有一定的使用寿命,到一定的时间就需更换。

(六) 拓展提高

液压机在锻压机械标准中属于第二类,代号为“Y”。故设备型号以字母Y开头。液压机按用途分为10个组别。

(1) 锻造液压机。用于自由锻造、钢锭开坯及黑色金属模锻。

(2) 冲压液压机。用于各种板料冲压,其中有单动、双动及橡皮模冲压等。

(3) 一般用途液压机。用于各种工艺,通常称为万能或通用液压机。

(4) 校正压装液压机。用于零件校形及装配。

(5) 层压液压机。用于胶合板、刨花板、玻璃纤维增强材料等的压制。

(6) 挤压液压机。用于挤压各种金属线材、管材棒材、型材及工件的拉伸、穿孔等工艺。

(7) 压制液压机。用于压制各种粉末制品,如粉末冶金、人造金刚石、热固

性塑料及橡胶制品的压制等。

(8) 打包、压块液压机。用于将金属切屑及废料压块与打包、非金属材料的打包等。

(9) 各种专用液压机。如模具研配、电缆包覆、轮轴压装等各种专用工序的液压机。

(10) 手动液压机。为小型液压机，用于试压、压装等要求力量不大的手工工序。

液压机的工作介质主要有两种。采用乳化水液作为工作介质的称为水压机，其标称压力一般在 10 000 kN 以上。用油作为工作介质的称为油压机，其标称压力一般小于 10 000 kN。

任务二 液压机的结构及主要技术参数

(一) 任务描述

框架式结构是液压机机身结构中常见的一种结构形式，可分为组合框架式和整体框架式（如图 3-5）。

(二) 任务分析

(1) 组合框架式与整体框架式的机身结构有何不同？

(2) 框架式液压机的优缺点是什么？

(3) 在实际中，框架式液压机主要应用在什么场合？

(三) 知识准备

由于液压机的工艺适应性强，能在液压机上操作的工艺很多，不同的工艺对设备结构常常有不同的要求，为满足这些要求，液压机的本体结构也有所不同，但是它们的主要零部件却是基本相同的。下面主要分机身结构和液压缸部件两大部分进行介绍。

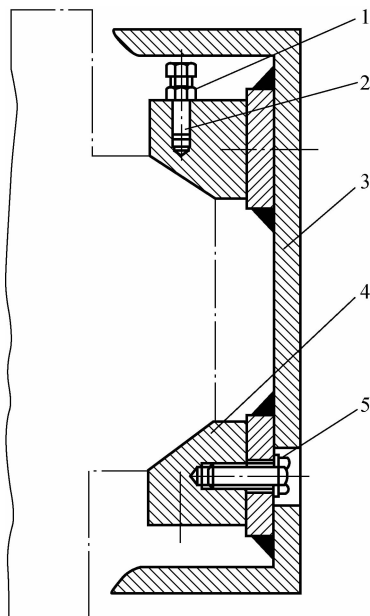


图 3-5 整体框架式液压机的机身结构

1—紧固螺母；2—调节螺栓；3—墙板；
4—导轨；5—固定螺栓

1. 液压机的主要技术参数及其选用

技术参数是液压机的主要技术数据，它反映了液压机的工艺性能和特点、可

加工零件的尺寸范围等指标，也反映了液压机的外形轮廓尺寸、本体质量等内容，是选用或选购液压机的主要依据。在选用时，必须使所选设备能满足工艺所需的各种要求，并尽可能避免“大马拉小车”的现象，以免造成能量浪费和设备的不合理使用。在选购时，则应以在该设备上进行的主要工艺为依据，结合使用条件、投资情况及制造厂的情况，并参考国内外现有的同类设备的参数及使用效果来决定。

不同工艺用途的液压机，其技术参数指标往往有较大的不同，但主要技术参数内容基本一致。液压机主要有以下技术参数。

1) 标称压力 (kN)

液压机的标称压力（也叫标称吨位）是指液压机名义上能产生的最大力量，在数值上等于工作液体压力和工作柱塞工作面积的乘积。它反映了液压机的主要工作能力，是液压机的主参数。其他技术参数叫基本技术参数。

在选用时，必须保证工艺所需的最大压力小于液压机的标称压力，并留出一定的安全余量（15%~30%），如果要利用液压机进行冲裁类工艺且设备上未装备缓冲装置，则应注意最大冲裁力不得超过液压机标称压力的 60%，且加工尽量在靠近死点处进行，以防止材料被冲断时产生强烈的振动损坏设备或模具。

2) 最大净空距 H (mm)

最大净空距也叫开口高度，是指活动横梁停止在上限位置时，从工作台表面到活动横梁下表面的距离，最大净空距反映了液压机高度方向上工作空间的大小。

选用时必须注意应能保证成型后可顺利取出工件，并能满足其他有关的工艺要求。由于此参数对液压机的总高度、造价、厂房高度等因素都有直接影响，在选购或订购时应在满足工艺要求的前提下尽量选用小值。

3) 最大行程 S (mm)

最大行程是指活动横梁位于上限位置时，活动横梁的立柱导套下端面到立柱限程套上平面的距离，也即活动横梁能够移动的最大距离。它反映了液压机能加工零件的最大高度。

在选用时要考虑使毛坯或工件易于放入和取出（对弯曲、拉伸及挤压等工艺，最大行程 S 应大于工件高度的 2 倍以上）。由于液压机没有固定的下止点，大多数的液压机上都没有控制活动横梁行程终点的行程开关，使用时可通过调节行程开关的动作位置来设定其行程终点，严禁将活动横梁超程使用。

4) 工作台尺寸 (长×宽, mm×mm)

工作台尺寸是指工作台上可利用的有效尺寸，一般以 $B \times T$ 表示。液压机的工作台一般安装在下横梁上，它反映了液压机工作空间的平面尺寸，也反映了液压机的平面轮廓尺寸。

工作台尺寸的大小直接影响所能安装的模具的平面尺寸和所能压制工件的最大平面尺寸，一般应使模具平面尺寸小于工作台尺寸，并留有安装、固定的余

地,以确保可靠地固紧模具,但若模具平面尺寸较工作台尺寸小得太多,对工作台的受力也是不利的,应尽量避免。

5) 活动横梁运动速度 (mm/s)

活动横梁的运动速度视其工作阶段的不同可分为空行程(充液行程)速度、工作速度(也叫压制速度)和回程速度。

为提高生产率,减少辅助时间,液压机的空程速度和回程速度均较高,其工作速度则取决于液压机的工作用途和种类,即由工艺要求来确定。如一般通用液压机的工作速度多在 $10\sim 15\text{ mm/s}$,塑料制品及粉末冶金制品液压机的工作速度为 $1\sim 10\text{ mm/s}$,而锻造液压机的工作速度则高达 $50\sim 150\text{ mm/s}$ 。

6) 顶出器标称压力和行程

许多液压机都装有顶出缸供顶出工件或拉伸时使用,顶出力的大小往往随液压机种类的不同而不同,且可根据工艺要求方便地进行调节。

在选用时应确保顶出力和顶出行程足够大以满足工艺要求。若利用顶出缸进行浮动压边,则可根据工艺要求通过调节顶出缸远程调压阀来调节其压边力的大小,且拉伸行程不得大于顶出器行程。

7) 其他

液压机除了上述的基本参数外,还有许多其他技术参数,如液压系统的额定工作压力(MPa)、设备总质量(kg)、电动机总功率(kW)、地面以上高度及地下深度等。这些参数虽与设备的选用关系不大,但却是选购液压机时必须要考虑的因素,因为这些参数直接影响着液压机的造价,厂房及基础的施工难易和费用,工厂的供电能力及以后的维护、维修工作,在选购时均应充分考虑,此处不再一一介绍。

2. 液压机的机身

液压机机身也叫做机架,是液压机的一个重要基本部件,工作时要承受全部的工作载荷,液压机的其他零部件也都安装在机架上形成一个整体。同时,活动横梁的运动也以机架导向。机身的强度、刚度及其制造水平和安装精度的高低,不仅影响着设备本身的工作性能和使用寿命,还直接影响着安装在设备上的各种成型模具的寿命,甚至影响到生产能否顺利完成。因此,机身必须有足够的强度、刚度和精度,并应便于安装、调整、使用和维修。另一方面,为满足各种工艺的不同要求,液压机本体结构的变化在很大程度上是由机身的结构组成和安装方式来体现的。

梁柱式、框架式、单臂式是目前应用较为普遍的有三种形式,除此之外还有钢丝缠绕式、板框式等。在此主要介绍梁柱式机身结构。

梁柱式机身是液压机传统的结构形式,广泛应用于各种工艺用途的液压机中,又分为单柱、双柱和四柱等形式。

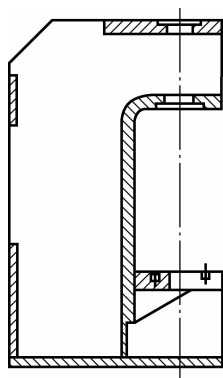


图 3-6 单柱式机身结构

1) 单柱式

单柱式机身结构如图 3-6 所示，它可以是整体铸钢结构，也可以是钢板焊接结构。它的特点是结构简单、紧凑。由于工作台三面敞开，操作方便，适合于塑料制品的压制、机械零部件的压装及板材的冲压加工等。这种结构机身的最大缺点是刚度差，承载后主缸中心与工作台面的垂直度误差变大，导致模具间隙偏向一侧，影响制件质量，降低模具寿命。

2) 双柱式

双柱式机身结构一般用于小型液压机。其结构比较简单，操作方便，但机器的稳定性较差。近年来，下压柱式液压机多采用双柱式。

3) 三梁四柱式

三梁四柱式是梁柱式结构中最常见的一种结构形式，它广泛应用于各种用途的液压机中。它由 4 根立柱通过立柱螺母将上、下横梁紧固地连接在一起组成一个刚性的封闭框架，以承受液压机的工作载荷，并对活动横梁的运动起导向作用。

如图 3-7 所示为普通的三梁四柱式双动拉深压力机。压边动梁 6 由压边缸 4

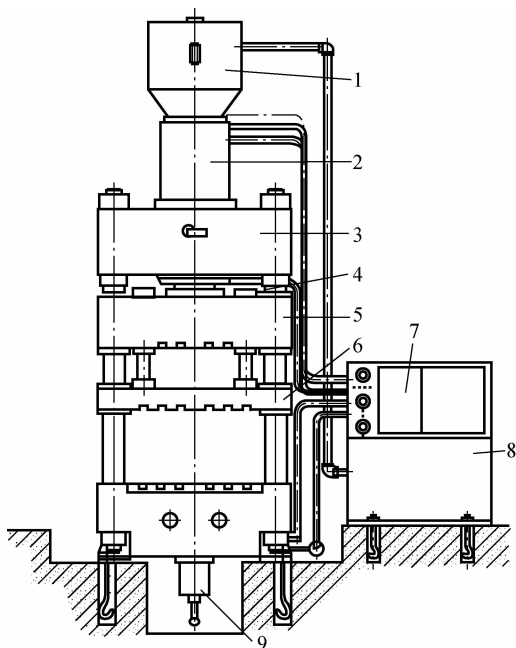


图 3-7 三梁四柱式双动拉深压力机外形简图

1—充液罐；2—主缸；3—上横梁；4—压力缸；5—拉深动梁；6—压力边动梁；
7—操纵机构；8—液压装置；9—顶出缸

驱动用来压边。压边缸固定在拉深动梁 5 上，随拉深动梁一起运动，也有固定在下横梁上单独运动的。拉深动梁和压边动梁靠 4 个立柱分别导向。拉深凸模部分固定在拉深动梁 6 上，穿过压边动梁和模具压边圈中部的孔进行拉深。

(1) 横梁

包括上横梁、下横梁和活动横梁，上横梁位于机身上部，用于安装工作缸，承受工作缸的反作用力。下横梁一般称作工作台，工作台中安装顶出油缸及其他辅助装置，台面可固定模具，工作台承受其本身的重量及全部载荷。活动横梁位于上横梁与工作台之间。活动横梁的主要作用是和工作油缸的活塞杆连接传递液压机的压力给模具；并通过导向套沿立柱（框架式结构为导轨）导向面做上下往复运动，安装固定模具等。固定模具、活动横梁及工作台工作表面均有 T 形槽。T 形槽分布形式和尺寸大小因机器规格而异。从上述知，横梁要求有足够的强度和刚度，活动横梁还需要较高的导向精度。

(2) 立柱

立柱是梁柱式液压机的重要支撑件和主要受力件，又是活动横梁的导向件，因此，对立柱有较高的强度、刚度和精度要求。立柱所用材料、结构尺寸、制造质量及其与横梁之间的连接方式、预紧程度等因素，都对液压机的工作性能甚至使用寿命有很大的影响。

立柱常用如下材料制成：35 钢、45 钢、40Cr、20MnV、20MnSiMo 等。中小型液压机（2.5 万 kN 以下）的立柱多做成实心的，两端钻出预紧用的加热孔，大型液压机（30 000 kN 以上）的立柱可做成空心的。立柱螺纹刀导向部分应圆滑过渡，导向部分的表面粗糙度应在 $Ra0.8\ \mu\text{m}$ 以下，并有足够的几何形状精度和表面硬度。

立柱与上横梁、工作台的连接方式表明了结构的主要特征。图 3-8 所示为立柱的结构形式，图 3-8（a）为两梁都用立柱台肩支撑，用锁紧螺母上下加以锁紧的形式。这种方式上横梁与工作台之间的距离是由立柱的台肩之间的尺寸保证的，结构简单，装配方便，但装配后不能进行调整，预紧也比较困难。一般在精度要求不高的小型简易液压机上使用这种结构。

图 3-8（b）为两梁都用调节螺母支撑，用锁紧螺母上下加以锁紧的形式，它的精度保持性较好。这种方式可以对立柱的轴向尺寸进行调整，预紧也比较容易，对立柱的轴向尺寸加工要求不严，主要应用于精度要求较高的液压机中。但是这种结构对立柱螺纹及调节螺母的精度要求较高，机器的精度调整相对比较复杂。

图 3-8（c）为上横梁用立柱台肩支撑，调节螺母安装于工作台上，两端用锁紧螺母锁紧的形式。而图 3-8（d）为上横梁用调节螺母支撑，立柱台肩支撑在工作台面上，两端用锁紧螺母锁紧。图 3-8（c）与图 3-8（d）的方式基本相同，精度调整和加工也不复杂，安装维修都比较方便，在小型液压机中应用较为普遍。

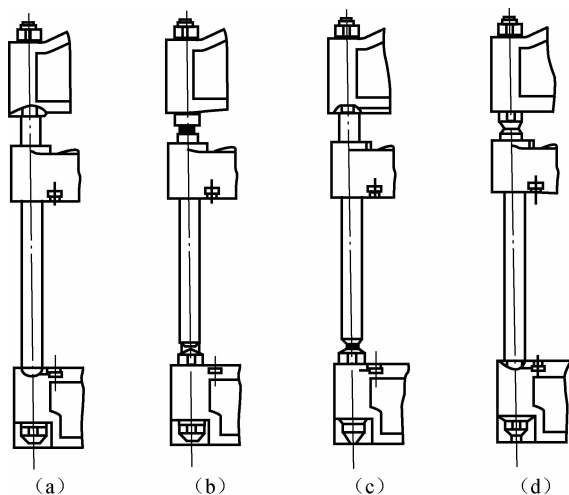


图 3-8 立柱的结构形式

(a) 两梁都用立柱台肩支撑；(b) 两梁都用调节螺母支撑；(c) 混合；(d) 混合

3. 液压缸部件

液压缸是液压机的主要部件之一，其作用是将液体的压力能转换成机械功，即在高压液体的作用下，推动活塞（或柱塞）使活动横梁下行，并将液体压力经活动横梁传到工件上，使工件产生所需的变形。

液压机上所用的液压缸基本上都是高压缸。按其结构的不同可以分为柱塞式、活塞式和双头柱塞式（如图 3-9 所示）。实际使用中采用何种结构要根据液压机的总体结构、缸的总压力及行程大小、液压机的工作条件及生产厂的制造能力等因素综合确定。

1) 柱塞式液压缸

柱塞式液压缸的基本结构如图 3-9 (a) 所示。这是一种单作用液压缸，只能从一个方向加压，当高压液体从进油口输入时，在液体压力作用下柱塞被向外推出进行工作，此时柱塞 2 在导套 3 内运动，导套起导向作用。4 为密封，用以保持液体压力，防止高压液体的泄漏，密封下有压套 5、法兰 6 及螺栓螺母 8、9 等组成的压盖，它们主要起支撑密封的作用，在压盖外面一般还有一道防尘圈，以防止灰尘进入缸内。此结构广泛用于工作缸、回程缸、工作台移动缸及平衡缸等，它结构简单，制造容易，但只能单方向作用，反向运动需要回程缸来实现。

2) 活塞式液压缸

活塞式液压缸的基本结构如图 3-9 (b) 所示，它由缸体 1、活塞 10、活塞环 11、导套 3 等组成，在活塞头和缸口处都有密封装置，活塞式液压缸可以在两个方向上作用，既能完成工作行程，又可实现回程，简化了液压机的结构，但缸的内壁在全长上均需精加工，以满足密封和导向的要求，提高了加工难度和制造成

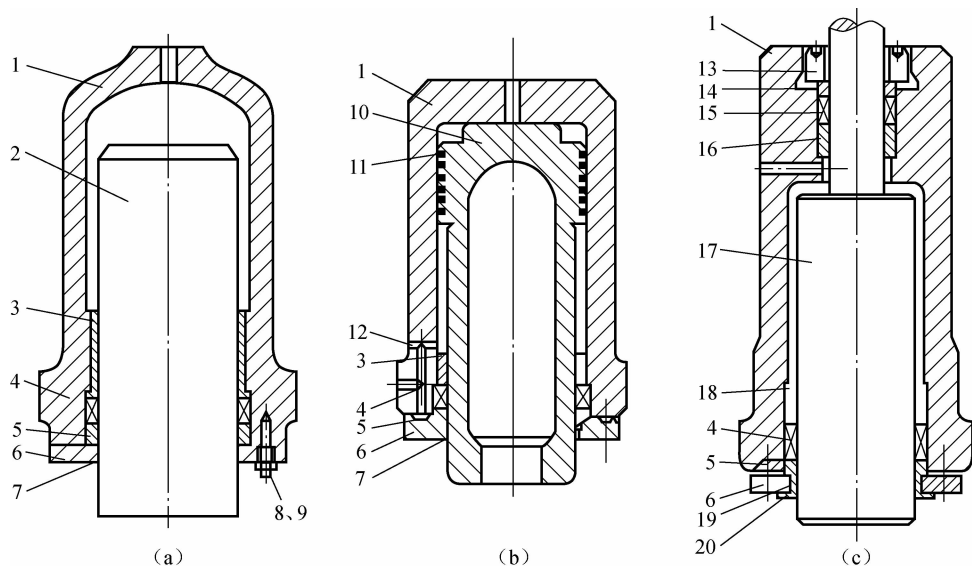


图 3-9 液压缸的结构

(a) 柱塞式液压缸；(b) 活塞式液压缸；(c) 双头柱塞式液压缸

1—缸体；2—柱塞；3, 16, 18—导套；4, 15—密封；6—法兰；7, 19—防尘圈；8—螺栓；9—螺母；10—活塞；11—活塞环；12—堵头；13—压盖；14—封闭圈；17—双头柱塞；20—盖

本，这种结构在中小型液压机上应用广泛。

3) 双头柱塞式液压缸

这种结构实际上是柱塞式液压缸的一种变型，如图 3-9 (c) 所示。与柱塞式结构相比，由于缸底处多了一处导向套，增加了导向长度，提高了承受偏心载荷的能力和导向性能，且可利用柱塞上端伸出的细杆使柱塞回程；简化了活动横梁的连接，但增加了一处密封，使缸的结构复杂了。这种缸多用于液压机的回程缸。

4. 液压机的液压系统

液压机的液压系统的作用是通过各种液压元件来控制液压机及其辅助机构完成各种行程和动作。液压系统（包括所用液压元件）的设计、制造水平和质量，其使用、调整及维护的好坏，对液压机能否正常工作有着重要的影响。正确地理解液压系统的工作原理对于了解液压机的工作性能，充分发挥其应有作用是十分必要的，同时也为正确使用液压机来完成各种成型工艺提供了基础。

液压机的液压系统既要全面、准确地满足压制工件的各种工艺要求，又必须尽可能地节约能量，提高能量利用率。现以成型生产中常用的一般通用液压机为例，对其动作原理和特点进行介绍。

一般通用液压机的工艺用途广泛，适用于金属板料的冲压工艺（弯曲、翻边、拉伸、成型、冷挤压等）和金属与非金属粉末制品的压制成型工艺（如粉末冶金、塑料、玻璃钢、绝缘材料、磨料等制品的压制成型），并可用于校正和压

- 装等工艺。由于需满足多种工艺的要求，因此一般通用液压机具有如下特点：
- (1) 工作台面较大，滑块行程较长，以满足多种工艺的要求，主工作缸一般采用活塞式，供压制和回程用。
 - (2) 设有能浮动的顶出缸，供顶出工件、反向拉伸、液压压边和起液压垫作用。
 - (3) 一般设有充液系统，可实现空程快速运动，以减少辅助时间。
 - (4) 设有保压延时系统，具有保压、延时和自动回程功能，并能进行定压成型和定程成型工作，有利于金属和非金属粉末的压制。
 - (5) 具有点动、手动、半自动等工作方式，操作方便，其工作压力、压制速度及行程范围均可任意调节，灵活性强。
 - (6) 结构简单，维护容易。

由于一般液压机具有以上特点，因此特别适用于中小型工厂产品类较多而生产批量又不大的情况。

现以 Y32-315 型一般通用液压机的液压系统（如图 3-10 所示）为例介绍其

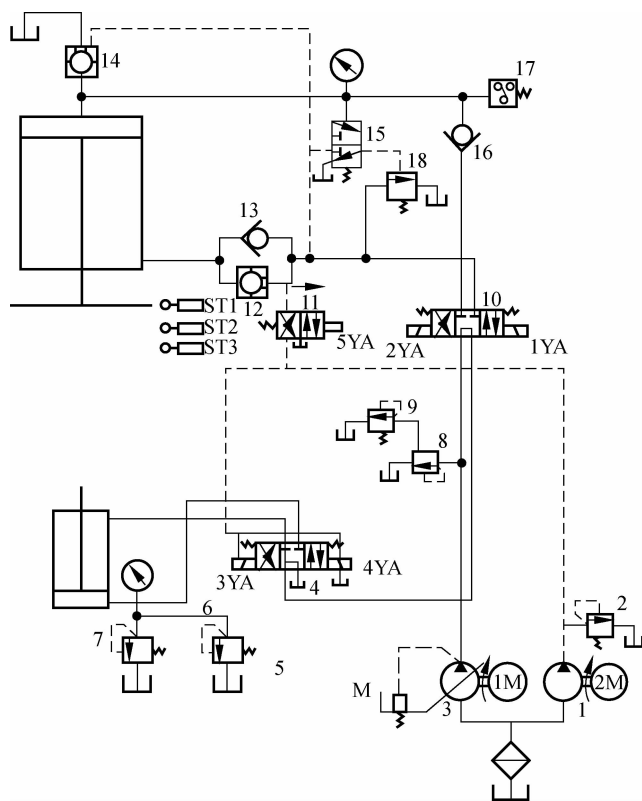


图 3-10 Y32-315 型一般通用液压机液压原理图

1—控制液压泵；3—主液压泵；4、10—电液换向阀；2、5、7、8—溢流阀；6—节流阀；
9—远程调压阀；11—电磁换向阀；12—液控单向阀；13—背压阀；14—充液阀；15—液动滑阀；
16—单向阀；17—压力继电器；18—顺序阀

系统工作原理，该液压系统的电磁铁动作顺序见表 3-1。

表 3-1 电磁铁动作顺序

油 缸	动 作	电磁铁				
		1YA	2YA	3YA	4YA	5YA
主缸	空程快速下降	+				+
	慢速下降及加压	+				
	保压					
	卸压和回程		+			
	停止					
顶出缸	顶出			+		
	顶出活塞退回				+	
	停止					

1) 电动机启动

液压泵电动机 1M、2M 启动后驱动液压泵向系统供油，此时全部电磁铁均处于断电状态，主液压泵 3 输出的油经三位四通电液换向阀 10 和阀 4 流回油箱，使其处于卸荷状态，控制液压泵 1 输出的油液经溢流阀 2 排回油箱，其油压保持恒定不变。

2) 活动横梁快速下降

电磁铁 1YA、5YA 通电，使阀 10 和阀 11 换至右位，控制液压泵 1 输出的压力油经阀 11 至液控单向阀 12 的控制仓将其打开，这样主缸下腔的油液经阀 12、阀 10 和阀 4 排入油箱，由于失去了活塞下腔的支撑，活动横梁在重力作用下迅速下行，在主缸上腔形成负压，使充液阀 14 打开，充液罐中的油液经充液阀大量补充到主缸上腔中。同时，液压泵 3 输出的油液也经阀 10 和阀 16 进入主缸上腔。

3) 活动横梁减速下行

当活动横梁下降到接近工件时，触动行程开关 ST2，使 5YA 断电，阀 11 复位，液控单向阀 12 关闭，主缸下腔的油液须经背压阀 13 才能排入油箱，在主缸下腔产生一背压，主缸上腔负压消失，充液阀 14 关闭，此时活动横梁必须靠液压泵输入的压力油推动活塞下行，使活动横梁速度减慢，以防止上、下模之间产生撞击，这时的活动横梁速度取决于泵输出的油量，可以通过条件泵的供油量来改变活动横梁的下行速度。

4) 加压

此时各电磁铁和阀的状态同前。当上下模下行到接触工件后，即开始对工件加压，使主缸上腔压力升高，当压力升高到一定值时，在液体压力的作用下，推动液动滑阀 15 换位（为以后的卸压动作作准备）。

5) 保压

若工艺要求进行保压，则使 1YA 断电，这时主液压泵 3 输出的油液经阀 10

和阀 4 排回油箱，利用单向阀 16 及充液阀 14 的密封锥面将主缸上腔的油液封闭，靠缸内油液及机架的弹性进行保压，保压压力由压力继电器 17 控制，油压低于一定值时，压力继电器发信号，使 1YA 通电，泵向主缸上腔补油升压，当压力高于一定值时，压力继电器再发信号，1YA 断电，液压泵停止向主缸上腔补油。

6) 卸压回程

2YA 通电，阀 10 换向，主泵输出的压力油经阀 10 进入液压阀 14 的控制腔并打开其中的卸荷阀（在主缸上腔的压力作用下，充液阀不能打开），使主缸压力下降，由于在加压时使阀 15 处于上位的动作状态，压力油还可经阀 15 进入顺序阀 18 的控制口将其打开，这样泵输出的压力油均经阀 10 和阀 18 排回油箱，当主缸上腔的压力降低至一定值后，阀 15 在弹簧作用下复位，阀 18 关闭，充液阀 14 完全打开，泵输出的压力油经油阀 10 并顶开阀 12 进入主缸下腔使活动横梁回程，主缸上腔的油液经充液阀 14 排入充液罐中。

7) 顶出缸顶出

3YA 通电，使阀换至左位，压力油经阀 10 和阀 4 进入顶出缸下腔，顶出缸上腔经阀 4 排回油箱，顶出活塞退回。

8) 顶出缸退回

4YA 通电，使阀 4 换至右位，压力油经阀 10 和阀 4 进入顶出缸上腔，其下腔油经阀 4 排回油箱，顶出活塞退回。

9) 浮动压边

若工艺需用顶出缸进行浮动压边，可在活动横向下行之之前，先给 3YA 通电，使顶出缸上行到上止点位置后，3YA 断电。当活动横梁下行压住下模上的压力圈时，迫使顶出缸活塞与之同步下行，顶出缸下腔的油液经节流阀 6 和溢流阀 5 排回油箱，调节溢流阀 5 的溢流压力即可改变压边力的大小。顶出缸上腔可通过阀 4 从油箱中吸油。

10) 停止

全部电磁铁断电，泵输出的油经阀 10 和阀 4 排入油箱，泵卸荷。主缸下腔油液被单向阀 12 和背压阀 13 的锥面密封，使活动横梁悬空。

（四）任务实施

1. 框架式液压机的结构

组合框架式机身是由上横梁、下横梁和两个立柱所组成的，这几部分靠拉紧螺栓（一般是 4 根）连接和紧固，在横梁和立柱的结合面上用销或键定位，活动横梁靠安装在立柱内侧的导向装置进行导向，其横梁或立柱可以是铸钢件，也可以是钢板焊接件。

如图 3-5 所示,整体框架式机身则是将上、下横梁及两立柱做成一个整体(铸造或焊接),为减轻质量,其截面一般做成空心箱型结构,这样可以保持较高的抗弯强度,立柱部分多做成矩形截面,以便于安装导向装置。

2. 框架式液压机的优缺点

与梁柱式机身的液压机相比,框架式液压机具有以下的特点:

(1) 机身刚度好。组合框架式液压机由于机身采用了预应力结构,当承受工作载荷时,机身所产生的变形量较小;另一方面,当活动横梁受到偏心载荷时,活动横梁偏转所引起的侧向推力均由立柱来承受,拉杆不受弯矩作用。由于立柱的横向尺寸较大,且多为箱形结构,其抗弯强度很高,故横向推力不会使立柱产生大的弯曲变形。

对整体框架式液压机,由于将上、下横梁与立柱直接铸造或焊接为一个整体,取消了螺纹连接,彻底避免了长期载荷作用下螺母松动的缺陷,同时在设计时一般均选用较小的许用应力,以限制机身的变形,保证了机架具有较高的刚度。

(2) 导向精度高。在框架式液压机中,活动横梁的运动是靠安装在机身上的平面可调导向装置进行导向,且间隙可以精确调整,大大提高了抗侧推力的能力,导向精度较高,同时框架式液压机的立柱抗弯能力大,受侧推力作用时的弯曲变形小,也有利于保持较高的导向精度。

(3) 立柱抗疲劳能力大大增强。在组合框架结构中,将原来的立柱改为由高强度材料制成的拉紧螺栓来承受拉力和由空心立柱来承受弯矩及轴向压力,大大改善了立柱的受力状况。对拉紧螺栓而言,虽然未承载时和承载状况下均有较高的应力,但应力波动小,且其截面形状无急剧变化,不会产生大的应力集中。对柱套而言,主要承受压力和弯矩,抗弯强度较大,且二者均处于平均应力较高但应力波动小的非对称应力循环状态,因此大大提高了机身的抗疲劳性能。

但框架式液压机也存在着制造成本较梁柱式高,使用操作不如梁柱式方便等缺点。

3. 框架式液压机主要应用的场合

框架式液压机在薄板冲压、塑料制品、粉末冶金及金属挤压液压机中获得了广泛的应用。

整体框架式的制造、运输、安装都存在一定的难度(尤其对大中型液压机),因此使用范围受到了一定的限制。

(五) 归纳总结

本次任务主要介绍了液压机的主要技术参数及其选用、液压机的结构,并掌

握常用液压机的结构。

(六) 拓展提高

为适应不同生产及工艺需用，充分发挥设备的最大效能，便有了专门用途的液压机。现在简单介绍几种常见类型的专用液压机。

1. 塑料液压机

塑料制品液压机主要用于热固性塑料制品的压制成型，广泛应用于机器制造、电器仪表、轻工、家电及玩具行业。

塑料液压机在执行压紧及传递成型工作过程中需完成闭模、排气、开模及顶件动作，以及提供成型所需压力。塑料液压机的基本结构主要是由机身（包括上、下横梁及立柱等）、活动横梁、工作油缸、顶出机构、液压控制系统和电器控制系统等部分组成。

2. 铸压液压机

铸压液压机由一对工作液压缸组成，上部液压缸做启闭模具用，下部液压缸为铸压用。虽然一般上压式无顶出液压缸的液压机上也可进行铸压工艺，但由于受到原设备条件的限制，工艺不够理想。做铸压用的液压机的主要特点是：铸压速度比较快并可调节，在动作过程中无需放气，铸压液压缸的总压力为合模液压缸总吨位的 $1/5 \sim 1/4$ 。

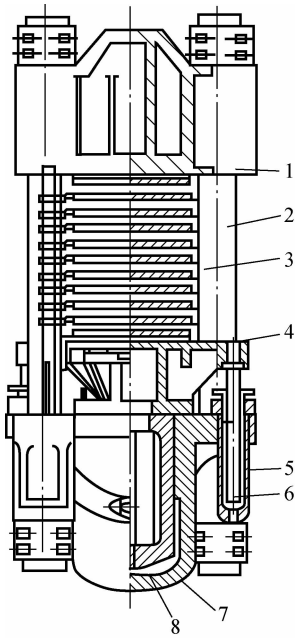


图 3-11 下压式层压机

- 1—上横梁；2—立柱；3—层压板；
- 4—工作台；5—侧工作缸；6—柱塞；
- 7—主工作缸；8—柱塞

3. 层压机

层压机的主要特点是液压机的上、下横梁之间设有多层活动平板，一次可生产多层塑料板。层压机主要用来加工塑料板材、层压板、纤维板等。

层压机有上压式和下压式两种。根据层压机的用途和吨位大的特点，采用下压式比较合适（如图 3-11 所示），而且多采用柱塞式工作缸。主工作缸的柱塞 8 和下工作台 4 相连，下工作台的两侧还与辅助工作缸 5 的柱塞 6 相连，该油缸体积小，可以将工作台很快地举起，而其节省工作液。此时工作缸充入低压油液，当至闭合位置时，即向主工作缸抽入高压油液。

压制时，先将坯片放于两层压板之间，然后

加热到压制温度，并在此温度下保压一定时间，然后进行冷却，最后得到制品。

层压机的压板需要加热。通常，加热方式有蒸汽加热和电加热两种，蒸汽加热需有蒸汽源，加热装置较为复杂，而电加热装置结构简单。蒸汽加热装置是在压板上钻孔，并将孔道连接成循环通道。电加热装置是在压板孔道内插入电热棒。加热装置设计得是否合理，对制件的质量影响很大。若设计不当，会使制件因受热或冷却不均匀而引起翘曲、开裂、表面发花等缺陷。

大型层压机一般在机台的左右两侧各设有一部升降台，升降台配置有推拉架，由推拉架将坯料推入压板间，或将压制好的层板拉出。这样，操作方便，缩短了生产周期，使机台得到充分利用。

4. 板料冲压液压机

板料冲压液压机是进行板料冲压加工的重要设备之一。它可用于板料拉伸、弯曲和成型等工艺。在航空、汽车等工业生产中得到广泛的应用。冲压液压机的种类较多。按照加工板材的厚度分为薄板冲压液压机和厚板冲压液压机；按照施力方式分为单动和双动冲压液压机；按照液压机机身结构分为梁式和框架式液压机。这里简单介绍单动薄板冲压液压机。

单动薄板冲压液压机如图 3-12 所示。上梁内装有主工作缸。带动活动横梁上下运动，完成各种冲压工作。下横梁下部装有顶出缸，可将冲压完的制件从模具内顶出。顶出缸还可起液压垫作用，供拉伸时压边用。有的单动薄板冲压液压机的下梁内由液压电动机驱动，通过齿轮、齿条传动可将工作台移动，便于更换模具，改善了劳动条件，提高了生产效率。

5. 液压板料折弯机

板料折弯机是塑料变形工艺的一种，它广泛应用于钣金加工业。在板料折弯机上使用简单模具可对冷态金属板进行各种角度的直线弯曲，操作简单，生产效率高。

板料折弯机的基本结构是由机身、滑块、托料机构、定位装置和控制系统组成。机身采用整体焊接结构，具有足够的强度和刚度。液压折弯机一般采用两个竖直油缸推动滑块运动。

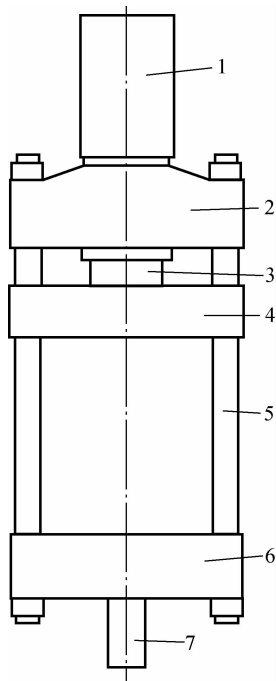


图 3-12 单动薄板冲压液压机

1—充液罐；2—上梁；3—主缸及活塞；4—动梁；5—立柱；6—下梁；7—顶出缸

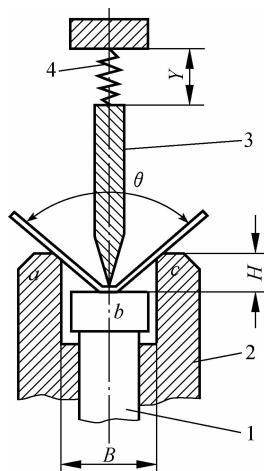


图 3-13 三点弯曲折弯原理

- 1—顶杆；2—凹模；
3—凸模；4—液压机

为了提高折弯件精度，近年来出现了三点弯曲板料折弯机，其工作原理如图 3-13 所示。

在三点弯曲过程中，弯曲角 θ 由特殊凹模 2 及在其中的顶杆 1 来确定。凹模的开口 B 是不变的，而凹模槽深 H 则可由调节顶杆 1 来改变。凸模 3 和凹模槽顶两侧的圆角及顶杆 1 来改变。凸模 3 和凹模槽顶两侧的圆角及顶杆 1 的表面形成 3 个点 a 、 b 、 c ，这 3 点精确地决定了弯曲角 θ 。在弯曲过程中，为了保证沿工具全长上板料均与 a 、 b 、 c 点接触，进而保证全长上的板料弯曲精度，必须补偿滑块及工作台的挠度。为此在上模及滑块之间有液压垫 4，它能使沿着整个弯曲长度上的压力均匀分布，液压机 4 上的力应根据板料种类及厚度来设定。凹模中的顶杆，可借助一套气缸滑块机构来调节其高度。

学习小节

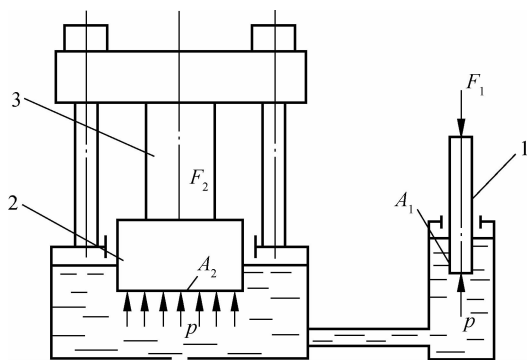
1. 液压机的的工作原理
2. 液压机的特点
3. 液压机的本体结构
4. 液压机的液压系统
5. 液压机的主要技术参数

自我评估

- (1) 简述液压机的工作原理。(10 分)
- (2) 简述液压机的基本组成。(15 分)
- (3) 简述液压机基本特点。(10 分)
- (4) 按照用途的不同，液压机可分为几组，各自的主要用途是什么？(10 分)
- (5) 简述液压机的本体结构组成。(15 分)
- (6) 简述液压机液压系统的工作原理。(10 分)
- (7) 简述液压机的基本参数。(10 分)
- (8) 简述常用的专用液压机的应用。(10 分)

评价标准

- (1) 简述液压机的工作原理。



液压机的工作原理

1—小柱塞；2—大柱塞；3—制件

液压机是根据静态下密闭容器中液体压力等值传递的帕斯卡原理制成的，是一种利用液体的压力来传递能量以完成各种压力加工工艺的机器。

(2) 液压机的基本组成。

液压机一般由本体（主机）、动力系统及液压系统三部分组成。

本体是液压机的主体结构。

动力系统主要提供液压机本体工作时所需要的高压液体，并接受回程排回的低压液体。此外，对工作液体进行检测、过滤及冷却，以保证工作液体处于最佳工作状态。

液压控制系统主要将动力系统提供的高压液体在准确的时间和地点输送到所需要的工作缸处，并将各缸排回的低压液体输送回动力系统。

(3) 简述液压机基本特点。

根据液压机的工作原理，液压机具有以下优点：

① 容易获得很大的工作压力和较大的工作空间。

② 容易获得大的工作行程。

③ 压力调节方便，并能可靠地防止过载。

④ 调速方便。

⑤ 液压机结构简单。

⑥ 工作平稳，撞击、振动和噪声较小，对工人健康、厂房基础、周围环境及设备本身都有很大好处。

⑦ 操作方便，便于制造，标准化、系列化、通用化程度较高。

液压机也存在着如下缺点：

① 液压机在快速性方面不如机械压力机。

② 液压机不太适合于冲裁、剪切等切断类工艺。

③ 液压机的调整、维修较机械压力机困难，且工作液体有一定的使用寿命，到一定的时间就需更换。

(4) 按照用途的不同, 液压机可分为几组, 各自的主要用途是什么?

液压机按用途分为十个组别。

① 锻造液压机。用于自由锻造、钢锭开坯及黑色金属模锻。

② 冲压液压机。用于各种板料冲压, 其中有单动、双动及橡皮模冲压等。

③ 一般用途液压机。用于各种工艺, 通常称为万能或通用液压机。

④ 校正压装液压机。用于零件校形及装配。

⑤ 层压液压机。用于胶合板、刨花板、玻璃纤维增强材料等的压制。

⑥ 挤压液压机。用于挤压各种金属线材、管材棒材、型材及工件的拉伸、穿孔等工艺。

⑦ 压制液压机。用于压制各种粉末制品, 如粉末冶金、人造金刚石、热固性塑料及橡胶制品的压制等。

⑧ 打包、压块液压机。用于将金属切屑及废料压块与打包、非金属材料的打包等。

⑨ 各种专用液压机。如模具研配、电缆包覆、轮轴压装等各种专用工序的液压机。

⑩ 手动液压机。为小型液压机, 用于试压、压装等要求力量不大的手工工序。

(5) 简述液压机的本体结构分类形式。

液压机机身也叫做机架, 是液压机的一个重要基本部件, 工作时承受全部的工作载荷, 液压机的其他零部件也都安装在机架上形成一个整体。梁柱式、框架式、单臂式是目前应用较为普遍的三种形式, 除此之外还有钢丝缠绕式、板框式等。梁柱式机身是液压机传统的结构形式, 广泛应用于各种工艺用途的液压机中, 又分为单柱、双柱和四柱等形式。

(6) 液压机的液压系统的工作原理。

液压缸是液压机的主要部件之一, 其作用是将液体的压力能转换成机械功, 即在高压液体的作用下, 推动活塞(或柱塞)使活动横梁下行, 并将液体压力经活动横梁传到工件上, 使工件产生所需的变形。

液压机上所用的液压缸基本上都是高压缸。按其结构的不同可以分为柱塞式、活塞式和双头柱塞式。

(7) 简述液压机的基本参数。

① 标称压力(kN)。液压机的标称压力(也叫标称吨位)是指液压机名义上能产生的最大力量, 在数值上等于工作液体压力和工作柱塞工作面积的乘积。

② 最大净空距 H (mm)。最大净空距也叫开口高度, 是指活动横梁停止在上限位置时, 从工作台表面到活动横梁下表面的距离, 最大净空距反映了液压机高度方向上工作空间的大小。

③ 最大行程 S (mm)。最大行程是指活动横梁位于上限位置时, 活动横梁

的立柱导套下端面到立柱限程套上平面的距离，也即活动横梁能够移动的最大距离。它反映了液压机能加工零件的最大高度。

④ 工作台尺寸（长 $\times$ 宽，mm $\times$ mm）。工作台尺寸是指工作台上可利用的有效尺寸，一般以 $B\times T$ 表示。液压机的工作台一般安装在下横梁上，它反映了液压机工作空间的平面尺寸，也反映了液压机的平面轮廓尺寸。

⑤ 活动横梁运动速度（mm/s）。活动横梁的运动速度视其工作阶段的不同可分为空行程（充液行程）速度、工作速度（也叫压制速度）和回程速度。

⑥ 顶出器标称压力和行程。许多液压机都装有顶出缸供顶出工件或拉伸时使用，顶出力的大小往往随液压机种类的不同而不同，且可根据工艺要求方便地进行调节。

⑦ 其他。液压机除了上述的基本参数外，还有许多其他技术参数，如液压系统的额定工作压力（MPa）、设备总质量（kg）、电动机总功率（kW）、地面以上高度及地下深度等。

（8）简单介绍常用的专用液压机的应用。

① 塑料液压机。塑料制品液压机主要用于热固性塑料制品的压制成型，广泛应用于机器制造、电器仪表、轻工、家电及玩具行业。

② 角式液压机。这种液压机用以压制复杂的制品，更适合压制大型或具有侧凹的制品。

③ 铸压液压机。铸压液压机由一对工作液压缸组成，上部液压缸做启闭模具用，下部液压缸为铸压用。

④ 层压机。层压机的主要特点是液压机的上、下横梁之间设有多层活动平板，一次可生产多层塑料板。层压机主要用来加工塑料板材、层压板、纤维板等。