

916603

高等学校试用教材

液 压 机

清华大学 俞新陆 杨津光 巢克念 编著

GAO DENG XUE
XIAO CAI

机械工业出版社

高等学校试用教材

液 压 机

清华大学 俞新陆 杨津光 巢克念 编著



机械工业出版社

内 容 简 介

全书共分五章，着重讲解了液压机的本体结构、设计计算、液压系统及液压机的动力学计算。介绍了各种工艺用途的液压机。

本书是高等工业学校锻压专业教材，也可供有关科技人员参考。

液 压 机

清华大学 俞新陆 杨津光 巢克念 编著

责任编辑：杨 燕 责任校对：贾立萍

责任印制：张俊民 版式设计：霍永明

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 $10^{1/4}$ · 字数250千字

1990年5月北京第一版·1990年5月北京第一次印刷

印数 0,001—2,800 · 定价：2.15元

ISBN 7-111-02065-0/TG · 527 (课)

前 言

本书是根据高等工业学校锻压专业教材分编委员会第四次扩大会议(1985年9月)的意见,重新编写的一本以中、小型液压机为主的《液压机》教材。本书是按照分编委员会委托西安交通大学锻压教研室组织召开的《液压机》大纲讨论会(1986年4月)上提出大纲讨论稿,并经分编委员会第五次扩大会议(1986年9月)修改审定后的《液压机》教学大纲编写的。

作者在编写本教材之前,广泛征求了各兄弟院校锻压教研室的意见,收到了许多宝贵的建议,并反映在本教材中。作者还参考了国外的锻压设备教材,其中包括:苏联А.Н.Банк-тов及Е.Н.Ланской主编的《锻压设备》(1982)、苏联Л.Н.Живов、А.Г.Овчинников编写的《锻压设备》(1981)、联邦德国汉诺威大学锻压研究所所长Doege教授的《锻压设备》讲义(1983)、联邦德国斯图加特大学锻压研究所所长Lange教授的《锻压设备》讲义(1983)、联邦德国达姆斯塔特大学锻压研究所所长Schmoedel教授的《锻压设备》讲义,以及Lange教授于1972年正式出版的《锻压技术教科书》第一卷。

本教材包括了“液压机”课程应讲授的主要内容,由于学生在学习“液压机”课程之前,已学习了“锻压机械液压传动”课程,由于在该课程教材中已编入有关的油压传动基本元件、回路、活塞式液压缸部件等内容,本书不再重复。

本书是高等工业学校锻压专业教材,也可供有关科技人员参考。

本书由清华大学俞新陆、杨津光、巢克念合编。其中第一章,第二章的第一、二节及第五章的第一、二、六节由俞新陆编写;第二章的第三、四、五节,第三章的第一、二、三、十节,第四章的第一、三、四、五、七节、第五章的第五节由杨津光编写;第三章的第四、五、六、七、八节、第四章的第二、六节、第五章的第三、四节由巢克念编写。第三章的第九节由林亨编写。

本书由西安交通大学谢关烜副教授主审。

由于水平所限,错误和欠妥之处,恳希指正。

目 录

第一章 概论	1	适用范围	62
§ 1-1 液压机的工作原理	1	一、两种传动型式的比较	63
一、泵直接传动	1	二、两种传动型式的选用原则	64
二、泵-蓄势器传动	3	三、两种传动型式的适用范围	65
§ 1-2 液压机的特点及分类	4	§ 3-4 常用泵的选择	65
§ 1-3 液压机的基本参数	6	一、吊用泵的结构特性	65
§ 1-4 液压机的发展概况	8	二、常用泵的选择	68
第二章 液压机的本体结构及 设计计算	11	§ 3-5 增压器	68
§ 2-1 液压机本体结构概述	11	§ 3-6 阀的结构、特性及选用	70
一、梁柱组合式	11	一、普通高压液压阀——滑阀	70
二、单臂式	11	二、球阀	70
三、框架式	11	二、插装阀	74
§ 2-2 液压缸部件	14	§ 3-7 几种典型工艺对液压系统 的要求	81
一、液压缸部件的结构	14	一、通用液压机	82
二、导套及密封	17	二、锻造液压机	82
三、液压缸部件的强度计算	18	三、薄板冲压液压机	82
四、液压缸的材料及工作液体压 力选择	33	四、粉末制品液压机	82
§ 2-3 四柱式组合机架的结构与 受力情况分析	34	§ 3-8 几种典型液压机的液压系统	82
一、立柱	34	一、四柱式通用液压机的液压系统	82
二、横梁	44	二、锻造液压机的液压系统	88
§ 2-4 整体框架式机身结构及其强度、 刚度计算	52	三、冲压液压机的液压系统	93
一、结构型式	52	四、粉末制品液压机的液压系统	95
二、强度计算	54	§ 3-9 液压机的计算机控制简介	97
三、刚度计算	56	一、微型计算机控制系统	98
四、附加水平力 P_h 和附加弯矩 M_h 的 计算	57	二、可编程序控制器(PC)控制系统	101
§ 2-5 单柱整体式机身结构及强度、 刚度计算	59	§ 3-10 大中型液压机的动力站	102
一、结构型式	59	一、动力站	102
二、强度和刚度计算	60	二、水位指示器	104
第三章 液压机的液压系统	62	第四章 液压机的动力学计算	109
§ 3-1 泵直接传动的特点及优点	62	§ 4-1 液压机动力学计算的基本方程	109
§ 3-2 泵-蓄势器传动的特点及优点	62	一、连续方程	109
§ 3-3 两种传动型式的选用原则及		二、伯努利方程	109

一、工件变形抗力曲线·····	111
二、动梁工作行程数学模型的建立·····	112
三、动梁运动方程式·····	113
四、充液行程及回程·····	114
五、工作循环·····	115
六、计算举例·····	115
§ 4-3 泵-蓄势器传动液压机的运动学·····	116
一、液压机活动横梁上的作用力及运动学的基本方程·····	116
二、各行程阶段的运动学分析·····	117
三、活动横梁运动速度的分析·····	121
四、工作循环时间·····	123
§ 4-4 液压机的传动功率及效率·····	124
一、泵直接传动·····	124
二、泵-蓄势器传动·····	127
三、液压机的节能·····	127
§ 4-5 液压冲击及冲击压力的计算和缓冲装置·····	128
一、液压冲击·····	128
二、冲击压力的计算·····	128
三、缓冲装置·····	129
§ 4-6 液压机的突然失载、能量释放、振动及减振措施·····	130
一、液压机的突然失载及能量释放·····	130
二、液压机的振动及减振措施·····	132
§ 4-7 气蚀·····	134
一、气蚀的特征·····	134
二、气蚀形成的原因·····	134
三、改善措施·····	134

第五章 各种工艺用途的液压机·····	135
§ 5-1 锻造液压机·····	135
一、结构特点·····	135
二、锻造液压机的快速性能·····	136
三、锻件尺寸自动量测及压机与操作机联动·····	137
§ 5-2 模锻液压机·····	138
一、有色金属模锻液压机·····	138
二、多向模锻液压机·····	139
三、中小型模锻液压机·····	142
§ 5-3 板料冲压液压机·····	145
§ 5-4 挤压液压机·····	146
一、挤压液压机的组成·····	146
二、挤压工艺过程·····	146
三、挤压机的技术参数·····	146
四、挤压机的结构特点·····	147
五、挤压机的速度控制·····	148
§ 5-5 液压板料折弯机·····	148
一、概述·····	148
二、本体结构·····	149
三、液压系统及滑块运动的同步控制·····	150
四、挠度补偿机构·····	154
五、折弯力的计算·····	154
六、三点弯曲板料折弯机·····	156
七、液压板料折弯机的计算机控制·····	156
§ 5-6 液压机设计程序·····	157
一、设计任务书·····	157
二、初步方案设计·····	157
三、施工图设计·····	157
参考文献·····	158

第一章 概 论

§1-1 液压机的工作原理

液压机是一种利用液体压力能来传递能量，以实现各种压力加工工艺的机器。

液压机根据帕斯卡原理制成，其工作原理如图1-1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 时，液体的压力为 $p = \frac{F_1}{A_1}$ ， A_1 为柱塞1的工作面积。根据帕斯卡原理：在密闭的容器中，液体压力在各个方向上是相等的，则压力 p 将传递到容腔的每一点，因此，在大柱塞2上将产生向上的作用力 F_2 ，迫使工件3变形，且

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} \quad (1-1)$$

式中 A_2 ——大柱塞2的工作面积。

液压机一般由本体（主机）及液压系统两部分组成。最常见的液压机本体结构简图如图1-2所示。它由上横梁1、下横梁3、四个立柱2和十六个内外螺母组成一个封闭框架，框架承受全部工作载荷。工作缸9固定在上横梁1上，工作缸内装有工作柱塞8，它与活动横梁7相连接。活动横梁以四根立柱为向导，在上、下横梁之间往复运动。在活动横梁的下表面上，一般固定有上模（上砧），而下模（下砧）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，并推动柱塞、活动横梁及上模向下运动，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。

许多中小型液压机采用活塞式工作缸，如图1-3所示，当活塞缸的上腔与下腔交替通入高压液体时，可以相继实现向下的工作行程与向上的回程动作，从而不需要单独设置回程缸。

液压机的工作循环一般包括停止、充液行程、工作行程及回程。上述的不同行程由操纵系统控制液压系统中各种阀的动作来实现。

液压机的液压系统包括各种高、低压泵，各种高低压容器（油箱、充液罐等），各种阀及相应的连接管道。其传动方式可分为泵直接传动和泵-蓄热器传动两种。

一、泵直接传动

泵直接传动是由泵将高压液体直接供给液压机的工作缸及其他辅助装置，其最简单的液压系统如图1-3所示。它通过两个手动三位四通滑阀来实现各种行程。

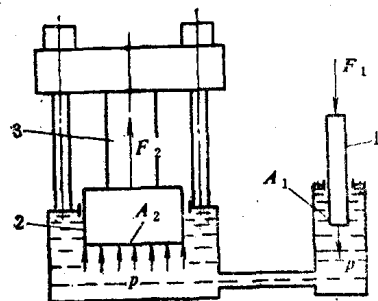


图1-1 液压机工作原理图

1—小柱塞 2—大柱塞 3—工件

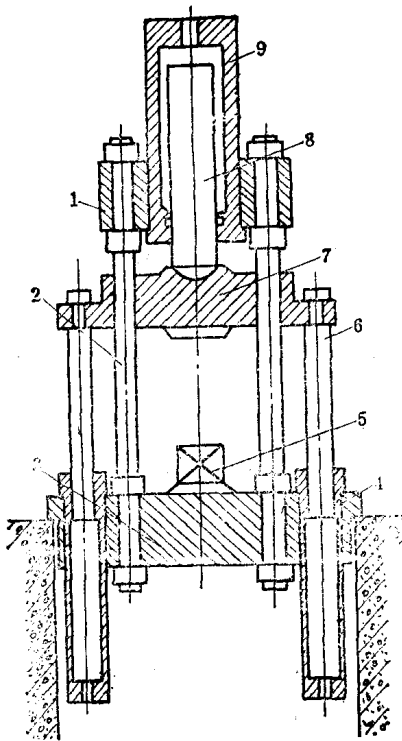


图1-2 液压机本体结构简图

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

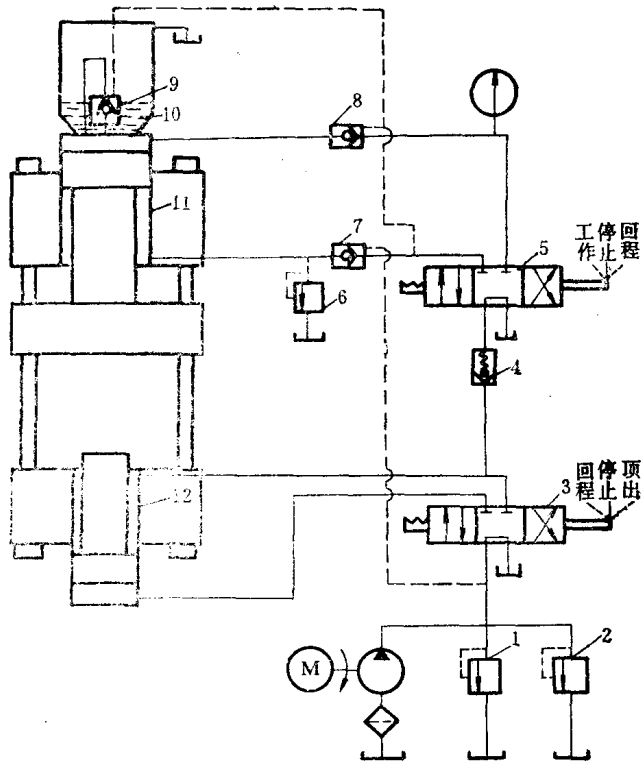


图1-3 活塞式液压缸

1、2、6—溢流阀 3、5—手动滑阀 4—单向阀 7、8—液控单向阀 9—充液阀 10—充液罐 11—工作缸 12—顶出器活塞缸

1. 充液行程

滑阀5处于交叉相通的“工作”位置，控制顶出器活塞缸的滑阀3处于交叉相通的“回程”位置。工作缸11的下腔通过开启的液控单向阀7及滑阀5通低压油箱，活动横梁从上停止位置靠自重下降，油泵输出的低压油液通入11的上腔，充填活塞下行中空出的容腔，不足的油液由充液阀9补入，直到上砧接触工件为止。

2. 工作行程

滑阀5仍处于交叉相通位置，当上砧接触工件后，阻力增大，油泵出口压力随之增高，高压油液进入11的上腔，推动活塞下行，对工件进行压力加工。充液阀自动关闭，工作缸11下腔的油液继续排回油箱。

3. 回程

滑阀5处于直通的“回程”位置，3仍处于“回程”位置，泵将高压油液输入11的下腔，同时打开液控单向阀8，使工作缸11的上腔卸压，然后打开充液阀9，活塞带动活动横梁上行，上腔的油排入充液罐10。

4. 停止

滑阀5及3均放在停止位置。油泵通过阀3卸荷，11下腔的油液被液控单向阀7封闭于缸内，支持活塞及运动部分停于任意所需的位置，完成一个工作循环。

二、泵-蓄势器传动

泵-蓄势器传动则在液压系统中增加了蓄势器。蓄势器的作用在于贮存高压液体，平衡泵的负荷。一般利用高压气体来保持液体的压力。在液压机不需要大量高压液体时，如回程或停止时，泵输出的高压液体可部分或全部贮存于蓄势器中，而当液压机需要大量高压液体时，则由泵及蓄势器同时供应。图1-4为这种传动的液压系统简图，它由摇杆式四阀分配器来实现各个行程。

1. 充液行程

工作循环开始时，回程缸排水阀 2 打开，活动横梁从上停止位置靠自重下行，回程缸中的液体排回低压水箱或充液罐。工作缸内的液体压力下降，由于充液罐上部充有 $(4\sim6) \times 10^5 \text{Pa}$ 的压缩空气，在工作缸和充液罐中的液体压力差作用下，充液阀被顶开，充液罐内的液体在低压压缩空气或重力的作用下，大量流入工作缸内，实现活动横梁空程向下的充液行程，直到上砧接触工件时，活动横梁运动停止，工作缸和充液罐中的液体压力差消失，充液阀在弹簧作用下自动关闭，为使充液行程平稳，在接近充液行程终点时，应降低回程缸排水阀的开启高度，使活动横梁减速，以减少撞击与振动。

2. 工作行程

充液行程结束后，充液阀应完全关闭，回程缸仍通低压。当工作缸进水阀 3 打开时，从高压泵或蓄势器来的高压液体，经充液阀腔进入工作缸，并作用于柱塞上，通过活动横梁对工件进行压力加工。此时，回程缸排水阀 2 继续打开排液。

3. 回程

工作行程结束后，工作缸进水阀 3 先关闭，然后工作缸排水阀 4 打开，卸掉工作缸和管道中高压液体的压力，接着回程缸排水阀 2 关闭，回程缸进水阀 1 打开，使回程缸和充液阀接力器通高压液体，强迫打开充液阀。活动横梁在回程缸高压液体作用下向上运动，迫使工作缸中的大量液体排入充液罐。

4. 停止（悬空）

当活动横梁上行到上停止位置时，回程缸进水阀 1 关闭，此时回程缸排水阀 2 也关闭，而工作缸排水阀 4 继续打开，工作缸通低压，活动横梁由封闭在回程缸内的液体所支撑，可以停在行程中的任意位置。由此可见，液压机动梁的上停止位置不是固定不变的，而是可以在每一工作循环中根据工艺操作的需要任意改变。

有时为了供给液压机更高压力的工作液体，在工作缸及相应的阀之间增设增压器。增压器的工作原理如图1-5所示，它由低压缸和高压缸组成。低压缸 1 由泵或泵-蓄势器供给一定压力的工作液体，经高压缸增压后，供给液压机工作缸使用，增压比为大小柱塞工作面积之比。

液压机的工作介质主要有两种，采用乳化液的一般称为水压机，采用油的称为油压机，两者统称为液压机。

乳化液由质量分数为2%的乳化油和质分数为98%的软水搅拌而成，它应具有较好的防腐蚀和防锈性能，并有一定的润滑作用。乳化液价格便宜，不燃烧，不易污染场地，故耗液量大的以及热加工用的液压机，多采用乳化液作为工作介质。

油压机中应用最广的是机械油，有时也采用透平油或其他类型液压油。油在防腐蚀、防锈和润滑性能方面都比乳化液好，油的粘度比较大，容易密封，因此，近年来，采用油为工作介质的越来越多。但是油易燃，成本高，易污染场地。

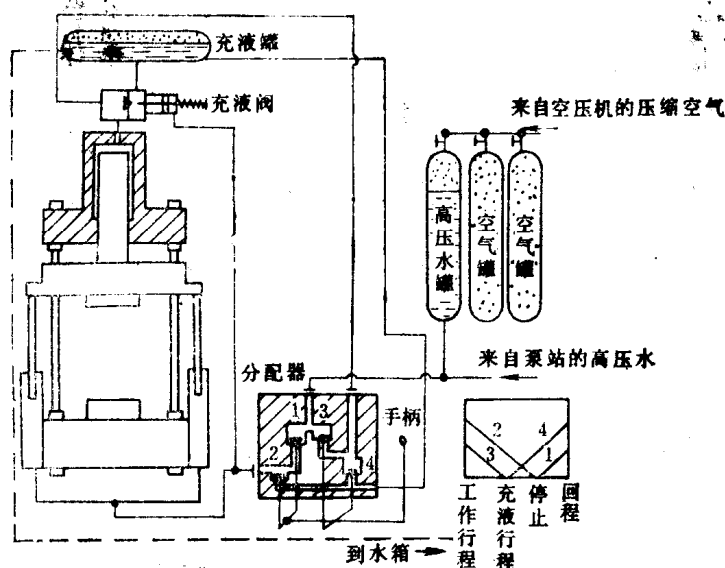


图1-4 泵-蓄压器传动的液压系统简图

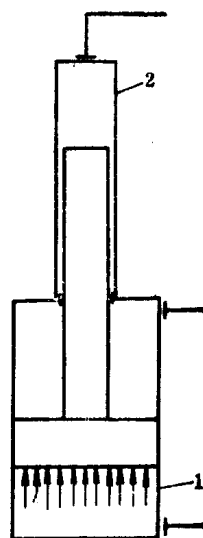


图1-5 增压器工作原理图
1—低压缸 2—高压缸

§1-2 液压机的特点及分类

液压机与其他锻压设备相比具有以下特点：

(1) 基于液压传动的原理，执行元件（缸及柱塞或活塞）结构简单，结构上易于实现很大的工作压力、较大的工作空间和较长的工作行程，因此适应性强，便于压制大型工件或较长较高的工件。

(2) 在行程的任何位置均可产生压力机额定的最大压力。可以在下转换点长时间保压，这对许多工艺来说，都是十分需要的。

(3) 可以用简单的办法（各种阀）在一个工作循环中调压或限压，不易超载，容易保护各种模具。

(4) 滑块的总行程可以在一定范围内任意地无级地改变，滑块行程的下转换点可以根据压力或行程位置来控制或改变。

(5) 滑块速度可以在一定范围内在相当大的程度上进行调节，从而可以适应工艺过程对滑块速度的不同要求。用泵直接传动时，滑块速度的调节可以与压力及行程无关。

(6) 与锻锤相比，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。

液压机的缺点是：

(1) 用泵直接传动时，安装功率比相应的机械压力机大。

(2) 由于工作缸内升压及降压都需要一定时间，阀的换向也需要一定时间，而且空程速度不够高，因此在快速性方面不如机械压力机。

(3) 由于液体有可压缩性，在快速卸载时，可能会引起压机本体或液压系统的振动，因此不太适合于冲裁、剪切等工艺。

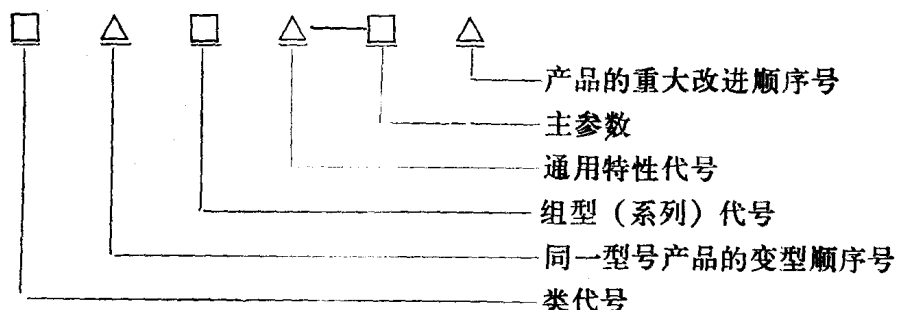
(4) 工作液体有一定使用寿命，到一定时间应更换。

锻压机械共分为八类，类别代号用汉语拼音字母表示，液压机的类别代号为正体大写“Y”。

液压机又按其用途分为十个组别：

- (1) 锻造液压机：用于自由锻造、钢锭开坯以及有色与黑色金属模锻；
- (2) 冲压液压机：用于各种薄板及厚板冲压，其中有单动、双动及橡皮模冲压等；
- (3) 一般用途液压机：各种万能式通用液压机；
- (4) 校正、压装用液压机：用于零件校形及装配；
- (5) 层压液压机：用于胶合板、刨花板、纤维板及绝缘材料板的压制；
- (6) 挤压、拉伸、穿孔液压机：分别用于挤压各种有色金属及黑色金属的线材、管材、棒材及型材，工件的拉伸及穿孔等工艺；
- (7) 压制液压机：分别用于各种粉末制品的压制成形，如粉末冶金、人造金刚石、耐火砖及碳板的压制成形，塑料及硫化橡胶制品的压制等；
- (8) 打包、压块液压机：用于将金属切屑及废料压块与打包，非金属料的打包等；
- (9) 各种专用液压机：分别用于轮轴压装、电缆包覆、模膛反印等各种专用工序；
- (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。

锻压机械型号的表示方法如下：



其中通用特性代号为：

通用特性	自 动	半自动	数 控	液 压	缠绕结构	高 速	精 密	长行程或长杆	冷挤压	温热挤压
字母代号	Z	B	K	Y	R	G	M	C	L	W

液压机的主参数多采用公称压力。

主要液压机的组型代号举例如下：

组 型	名 称	组 型	名 称
Y12	下拉式锻造液压机	Y28	双动薄板冲压液压机
Y13	正装式锻造液压机	Y31	双柱液压机（一般用途）
Y16	模锻液压机	Y32	四柱液压机（一般用途）
Y27	单动薄板冲压液压机	Y61	金属挤压液压机

示例：3150kN (315t) 四柱式万能液压机的型号之一为YA32-315，其中32为四柱万能液压机的组型代号，A表示变型顺序，315为主参数（公称压力）。

§1-3 液压机的基本参数

基本参数是液压机的基本技术数据, 是根据液压机的工艺用途及结构类型来确定的, 它反映了液压机的工作能力及特点, 也基本上定下了液压机的轮廓尺寸及本体总重。另外, 基本参数也是用户选购时的主要依据。

为了使产品系列化、通用化和标准化, 以尽可能少的规格和尺寸来充分满足多种多样的工艺要求, 从而大大简化设计及制造工艺, 有利于组织专业化生产、降低成本、提高质量和便于修配, 应尽可能制订出各种液压机基本参数的标准系列。

现以三梁四柱式液压机为例, 介绍液压机的基本参数:

1. 公称压力 (公称吨位) 及其分级

公称压力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总工作面积的乘积 (取整数), 它反映了液压机的主要工作能力。

为了充分利用设备, 节约高压液体并满足工艺要求, 一般大中型液压机将公称压力分为两级或三级。泵直接传动的液压机不需要从结构上进行压力分级。

2. 最大净空距 (开口高度) H

最大净空距 H 是指活动横梁停在上限位置时, 从工作台上表面到活动横梁下表面的距离, 见图1-6。

最大净空距反映了液压机在高度方向上工作空间的大小, 它应根据模具 (工具) 及相应垫板的高度、工作行程大小以及放入坯料、取出工件所需空间大小等工艺因素来确定。最大净空距对液压机的总高、立柱长度、液压机本体稳定性以及安装厂房高度等都有很大影响。因此既要尽可能满足工艺要求, 又要尽量减小压机的高度, 以降低其造价。

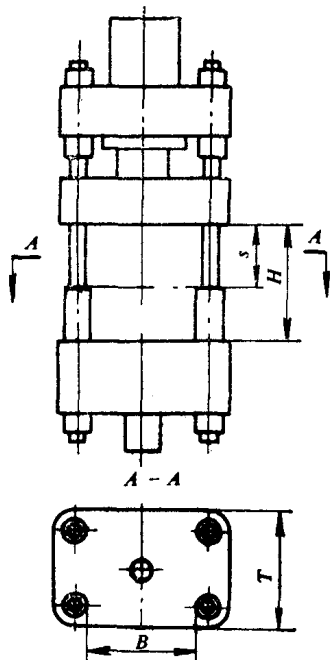


图1-6 基本参数示意图

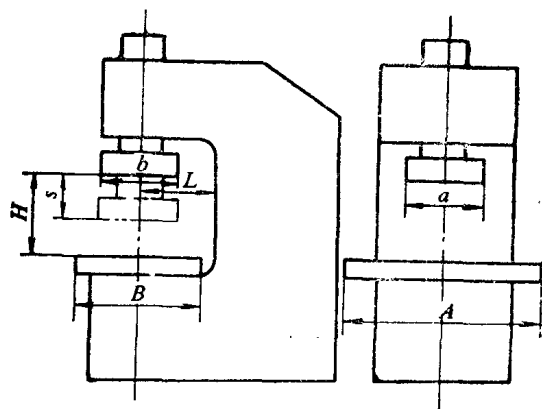


图1-7 单臂液压机的基本参数

单臂式液压机的最大净空距为压头下平面到工作台上表面的距离, 如图1-7所示。

3. 最大行程 s

最大行程 s 指活动横梁位于上限位置时, 活动横梁的立柱导套下平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。

最大行程应根据工件成形过程中所要求的最大工作行程来确定, 它直接影响工作缸和回程缸及其柱塞的长度以及整个机架的高度。

4. 工作台尺寸 (长 $\times$ 宽)

工作台一般安装在下横梁上, 其上安放模具或工具, 工作台尺寸指工作台上可以利用的有效尺寸, 如图1-6中的 B 与 T (以 $B \times T$ 表示), 或图1-7中的 A 与 B (以 $A \times B$ 表示)。工作台尺寸取决于模具 (工具) 的平面尺寸及工艺过程的安排。

大中型锻造或厚板冲压液压机, 往往设置移动工作台。移动工作台的行程则和更换模具及工艺操作方式有关。

除了工作台尺寸外, 在有些四柱式或双柱式液压机中, 反映液压机平面尺寸上工作空间大小的参数, 还有立柱中心距 (宽边及窄边)。它们应根据工艺过程操作上的要求来确定。

单臂式液压机在平面上三面敞开, 影响平面尺寸上工作空间大小的参数是喉深, 喉深为单臂液压机压头中心到机架内侧表面 (机壁) 的距离, 如图1-7中的尺寸 L 。

5. 回程力

计算回程所需的力量时, 要考虑活动部分的重量、回程时工艺上所需的力量 (如拔模力、提升剃刀等)、工作缸排液阻力、各缸密封处的摩擦力以及活动横梁导向处的摩擦力等。回程力由活塞缸下腔工作面积或单独设置的回程缸来实现。

6. 活动横梁运动速度 (滑块速度)

可分为工作行程速度、空行程 (充液行程) 速度及回程速度。

工作行程速度应根据不同的工艺要求来确定, 它的变化范围很大, 并直接影响工件质量和对泵的功率需求。锻造液压机要求工作速度较高, 可达 $50 \sim 150 \text{ mm/s}$, 四柱万能及切边液压机的工作速度则在 $10 \sim 15 \text{ mm/s}$ 左右, 而电极挤压液压机的挤压速度仅为 3 mm/s 。

泵直接传动的液压机的功率正比于工作行程速度。

空行程及回程速度一般可以高一些, 以提高生产率。但如速度太快, 会在停止或换向时引起冲击及振动。

7. 允许最大偏心距

在液压机上进行的许多工艺操作中, 往往要承受偏心载荷。偏心载荷在液压机的宽边与窄边都会发生。允许最大偏心距是指工件变形阻力接近公称压力时所能允许的最大偏心值。在结构设计计算时, 应考虑此偏心值。

8. 顶出器公称压力 (公称吨位) 及行程

有些液压机 (如模锻和冲压液压机) 往往在下横梁中装有顶出器, 以顶出工件或拉延时使用。顶出器的力量及行程完全由工艺要求来确定。

以上所述为三梁四柱结构型式液压机的最常见的基本参数, 对于各种不同工艺用途及不同结构型式的液压机, 均有各自不同的基本参数。我国原机械工业部曾制定出各种不同工艺用途的液压机型式与基本参数的部颁标准, 如锻造液压机 (JB2591—79)、双动厚板冲压液压机 (JB2096—77)、单臂冲压液压机 (JB2098—77)、四柱式万能液压机 (JB1831—76)、切边液压机 (JB1881—77)、耐火砖液压机 (JB2475—79)、卧式轮轴压装机 (JB2448—79)。

表1-1及表1-2分别为四柱式万能液压机及单臂冲压液压机的基本参数，表中的符号分别对应于图1-6及图1-7。

表1-1 四柱式万能液压机的基本参数

公称压力/kN		630	1000	2000	3150	5000
滑块行程 s/mm		500	600	710	800	900
滑块下平面至工作台面的最大距离H/mm		800	900	1120	1250	1500
工作台尺寸	左右B	500	630	900	1120	1400
mm	前后T	500	630	900	1120	1400
下缸	压力/kN	160	250	400	630	1000
	行程/mm	160	200	250	300	355
滑块速度 (不小于)	空程下行	100				
	工 作	10				
mm·s ⁻¹	上 升	50				

表1-2 单臂冲压液压机的基本参数

垂直缸公称压力/kN	1600	3150	5000	8000	12500
回程缸公称压力/kN	200	400	630	1000	1600
垂直缸工作行程s/mm	600	800	1000	1200	1400
压头下平面至工作台面最大距离H/mm	1100	1500	1900	2300	2600
压头中心至机壁距离L/mm	1000	1300	1600	1800	2000
压头尺寸/mm (a×b)	850×600	1200×1000	1500×1200	1800×1800	2000×2200
工作台面尺寸/mm (A×B)	1200×1200	1800×1800	2300×2500	2800×3000	3200×3600
最大工作速度/mm·s ⁻¹	10	10	10	10	10
空程下降速度/mm·s ⁻¹	100	100	100	100	100
回程速度/mm·s ⁻¹	80	80	80	80	80
系统工作压力/Pa	200×10 ⁵	200×10 ⁵	200×15 ⁵	250×10 ⁵	250×10 ⁵

设计液压机时应遵循上述标准。

根据使用需要，单臂冲压液压机可配置水平缸，其基本参数应符合表1-3的规定。

表1-3 配置水平缸的基本参数

垂直缸公称压力/kN	1600	3150	5000	8000	12500
水平缸公称压力/kN	—	630	1000	1600	2500
水平缸工作行程/mm	—	700	800	900	1000

§1-4 液压机的发展概况

早在1662年，帕斯卡就发现了利用液体产生很大力量的可能性。1795年 英国人Bramah

取得了第一个手动液压机的专利。直到1859~1861年,维也纳铁路工场有了第一批用于金属加工的液压机,它们分别是7000kN、10000kN和12000kN。1884年在英国曼彻斯特首先使用了锻造钢锭用的锻造水压机,由于它与锻锤相比具有很多优点,因此发展很快,1893年建造了当时最大的120MN的锻造水压机。

随着航空工业的迅速发展,模锻液压机的公称压力不断提高。1934年德国制造了70MN的模锻水压机,第二次世界大战期间,德国又制造了一台300MN的模锻水压机。1955年左右,美国先后制造了二台315MN及二台450MN的大型模锻水压机,苏联则在50年代后期先后制造了几台300MN及两台750MN的大型模锻水压机。此外在英国、法国、联邦德国也都先后建造过200MN~300MN的各种大型模锻液压机,而在法国安装的由苏联设计与制造的650MN模锻液压机,则是西欧目前最大的一台。

由于液压机在工作中的广泛适应性,它还普遍应用于国民经济的各个部门,如板材成形、粉末冶金、管、线型材挤压、胶合板压制、打包、人造金刚石、耐火砖压制、电缆包覆、碳极压制成形、轮轴压装、校直等等。各种类型的中小型液压机发展十分迅速,有力地促进了各种工业的发展。

1949年以前,我国没有自己独立的工业体系,也根本没有液压机制造工业,只有一些修配用的小型液压机。1949年以后,我国迅速建立了独立自主的完整工业体系。我国已能自行设计和制造汽车、机车、发电设备、轧钢设备、飞机、火箭、人造卫星等产品,这些都促进各种液压机的发展。1957~1962年间,我国已开始自行设计、自行制造各种锻压设备,其中有近30台10000kN到31500kN的中型锻造水压机及二台120MN到125MN的大型锻造水压机,同时,也初步建立了一支设计和制造液压机的技术队伍。

60年代,我国先后成套设计并制造了一些大型液压机,其中有300MN有色金属模锻水压机、120MN有色金属挤压水压机、80MN黑色金属模锻水压机等。70年代以后,我国已向国外出口了多台各种吨位的锻造液压机,其中最大的一台为60MN,说明我国的液压机设计和制造已达到一定的先进水平。

80年代以来,液压机技术有了飞速发展,主要表现在以下几个方面:

(1) 迅速采用数控(NC)及计算机控制(CNC)技术,以实现工艺过程自动化及提高各运动部分的控制精度。例如中小型锻造液压机在逐步实现液压机及操作机联动的基础上,可以采取计算机程序控制,在锻件高度方向的尺寸公差,已可控制在 $\pm 1\text{mm}$ 左右,目前,中小型快锻液压机已有取代老式蒸汽-空气自由锻锤的趋势。在中小型模锻液压机方面,采用微机辅助的检测控制系统,可以根据压力大小来补偿工作台、机架、滑块及模具等环节受载变形带来的误差,从而使滑块停止位置精度小于 $\pm 0.1\text{mm}$ 。在液压板料折弯机中,采用计算机控制的自动弯曲补偿装置,可经常保持折弯机床身和上横梁之间的平行度,从而保证了3m

长的薄板弯曲件沿弯曲线的角度偏差在 $\pm \frac{1}{2}^\circ$ ^[9]。CNC自动弯管机可存贮一千多个程序段,

可以自动弯曲不同弧度的管子,送进、夹紧,折弯均自动化^[10]。可编程微处理机控制的全自动矫正液压机,其控制模块包括检测、计算和存贮,在考虑毛坯原始弯曲程度、材料硬度性能等原始条件下,经过计算机运算,可得出优化的矫正过程。从一种矫正工件换到另一种所需辅助时间仅为几分钟,矫正过程中出现的问题可随时在屏幕上显示出来,以便于修正^[11]。

(2) 出现了快速换模装置,它包括设立中间模具库、模具转台、横向换砧装置及快速

夹紧机构等，以适应多品种小批量的市场需求。例如在Hasenclever的20MN下拉式锻造液压机上，已能将换一副砧子的时间由15min减少到1min^{〔12〕}。又如瑞典制造的DP-200A-10型深拉伸液压机，模具初调在机外进行，安装完毕后进入压力机，新型夹紧装置使模具在液压机上的拆装时间不到1min，同时完成行程、压力的调整，再借助待加工板材进行生产调整，2min内即可投入生产^{〔13〕}。

(3) 采用各种先进的快速滑阀或插装阀，减少阀的换向时间，使阀的响应时间减少到10ms以下。

(4) 采用各种有效的缓冲装置，以减少冲裁时的振动及噪声，扩大液压机的应用范围。

(5) 逐步向柔性加工系统(FMS)发展，即把微电子技术、自动检测及反馈、工业机器人和自动仓库结合在一起，将多台不同功能的设备组成柔性加工系统或中心，以适应中小批量多品种工件的自动化合理加工。

第二章 液压机的本体结构及设计计算

§2-1 液压机本体结构概述

液压机本体一般由机架、液压缸部件、运动部分及其导向装置组成。

液压机本体结构的设计应考虑以下三个基本原则：

- (1) 尽可能地满足工艺要求，便于操作；
- (2) 具有合理的强度、刚度及运动部分的导向精度，使用可靠，不易损坏；
- (3) 具有很好的经济性，重量轻，制造维修方便。

其中，工艺要求是最主要的影响因素。由于在液压机上进行的工艺是多种多样的，因此液压机的本体结构型式也必然是多种多样的。从机架型式看，有立式与卧式；从机架组成方式看，有梁柱组合式、单臂式和框架式；从工作缸数量看，有单缸、三缸或多缸。

下面介绍几种典型的结构型式。

一、梁柱组合式

最常见的是三梁四柱式，如图1-6所示，它广泛应用于各种用途的液压机中。横梁为铸造结构，也有采用焊接结构的。上、下横梁与立柱组成一个刚性的封闭框架，以承受液压机的全部工作载荷。必须注意保证立柱与横梁的刚性联接，不应有任何松动。立柱在联接区附近往往会有应力集中。

梁柱组合式中又分四柱、双柱、三柱和多柱。一般小型液压机可用双柱，结构比较简单，操作方便，但压机稳定性较差。近年来，下拉式快速锻造液压机中多采用双柱式。三柱式常用于卧式挤压液压机中。对于工作台面要求很大或在大吨位液压机中，则采用多柱式结构，常见的有六柱或八柱的。

二、单臂式

单臂式机架可以是整体铸钢结构或钢板焊接结构。它的特点是结构比较简单，工作面大，可以从三个方向接近，操作方便，适用于厚板的弯曲、卷边、冲压等，小型锻造液压机也常采用单臂式。图2-1是一种柱塞不动而工作缸运动的小型锻造液压机。柱塞1固定在用四根拉杆3与单臂机架9连接的横梁2上，而工作缸6可以在单臂机架的导向装置8中作上下往复运动。两个回程缸7固定在机架上，回程柱塞5通过活动梁4与工作缸连接在一起。

单臂机架的刚性比较差，一般做成空心箱形结构，以提高其抗弯刚度并减轻重量。

三、框架式

框架分组合式框架与整体式框架两大类。

组合式框架由上横梁、下横梁及两个立柱用拉紧螺栓紧固而成，类似于一般闭式机械压力机的框架。横梁及立柱可以是铸钢或钢板焊接的，如30000kN汽车大梁冲压油压机的组合式机架即为钢板焊接的框架。

整体式框架则是将上横梁、下横梁及两侧立柱铸造或焊接成一个整体，如图2-2所示，其