

海河港口工人技术培训教材

液 压 与 液 力 传 动

湛江港务局 编

人 民 交 通 出 版 社

海河港口工人技术培训教材

液 压 与 液 力 传 动

Yeya Yu Yeli Chuandong

湛江港务局 编

人 民 交 通 出 版 社

海河港口工人技术培训教材

液压与液力传动

湛江港务局 编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 3.375 字数: 72 千

1984年2月 第1版

1984年2月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—6,900 册 定价: 0.37 元

内 容 提 要

为适应工人技术培训需要，交通部教育局组织上海、天津、青岛、湛江港务局和大连港装卸联合公司编写了这套海河港口工人技术培训教材，共计十三种，供装卸机械司机、机械修理工、电工、充电工等学习使用。

本书主要包括：液压与液力传动的基本知识；主要元件（油泵、油缸及常用控制阀）的构造与基本原理；基本液压回路；偶合器与变矩器的构造与基本原理；常用港口机械的液压系统及其常见故障的排除方法。

本书为海河港口机械一至三级技术工人培训教材，也可供有关专业技术工人学习参考。

本书由交通部湛江港务局苏华爵编写。

目 录

第一章 液压与液力传动的基本知识	1
第一节 液压与液力传动的工作原理	3
第二节 液压与液力传动的基本概念	5
第三节 液压传动在港口内燃机械上的应用概况	17
第二章 液压油泵的工作原理和构造	19
第一节 齿轮油泵	21
第二节 叶片油泵	24
第三节 柱塞油泵	29
第三章 液压油缸的构造和工作原理	32
第一节 单作用油缸	32
第二节 双作用油缸	35
第三节 液压缸的密封	38
第四章 几种常用阀的构造、作用及原理	42
第一节 方向控制阀	43
第二节 压力控制阀	47
第三节 流量控制阀	49
第五章 基本液压回路	52
第一节 换向回路	53
第二节 卸载回路	54
第三节 限压和调压回路	55
第六章 液压元件的职能符号	57
第七章 液力耦合器的结构与基本原理	64
第八章 液力变矩器的结构与基本原理	67

第九章	内燃流动机械的液压系统	72
第一节	载重汽车的液压系统	72
第二节	内燃叉式装卸车的液压系统	76
第三节	内燃流动起重机的液压系统	81
第四节	推土机、推耙机的液压系统	88
第十章	液压系统常见故障与排除方法	91
第一节	液压系统故障	93
第二节	油泵故障	95
第三节	附溢流阀组的多路换向阀故障	98
第四节	油缸故障	100
第五节	油路故障	101

第一章 液压与液力传动的 基本知识

液压传动是一门比较新的技术，由于它具有很多优点而获得了迅速的发展，并已愈来愈广泛地应用于工农业各个部门。

液压传动从实现一个简单的动作，直到实现复杂的自动控制都是很方便的，目前机械手的迅速发展就是一个典型的例子。

现有的机械传动对于大家来讲都比较熟悉，例如常见的汽车，其行走系统驱动轮的转动，是由发动机的曲轴通过齿轮减速装置来带动的。可是，自卸汽车卸货时，只要驾驶员扳动一下控制手柄，货箱的一侧就徐徐被顶起，货物很快地一卸而空，这是由于采用了液压传动装置，将货箱举倾而达到方便卸货的目的。叉式装卸车的转向也是采用了液压传动装置，才使之方向盘的操纵轻便灵活。

任何一部完整的机器都有动力部分和工作机构，能量从动力部分到工作机构的传递的型式，根据其工作介质的不同通常可分为机械传动、液体传动、气体传动及电力传动等。

液压传动与上述各种传动型式相比，具有下面的主要优点：

1) 工作平稳，即在液压传动装置中，其油液可看成是不可压缩的（由于压缩量非常微小，在通常压力下可认为不可压缩），可依靠连续流动的油液进行动力传递，且因油液有

吸振能力，在油路中还可设置液压缓冲装置，所以它广泛地应用在要求传动平稳的机械上。

2)易于大幅度减速，从而可获得较大的力和扭矩，并能实现较大范围的无级变速，使整个传动系统得到简化。

3)易于实现直线往复运动，以直接驱动工作装置；各液压元件间可用管路连接，安装位置自由度大，便于机械的总体布置。

4)能容量大，即较小重量和尺寸的液压件可传递较大的功率。例如，液压泵与同功率的电机相比，其外形尺寸为后者的12~13%，重量为后者的10~20%。

5)液压系统易于实现安全保护，提高机械工作的可靠性，同时液压传动比机械传动操作简便、省力，因而可提高机械生产率和作业质量。

6)容易实现无级调速，即液压传动可以在一定范围内，根据工作需要调节运动速度，并且也比较方便。

7)液压系统内全部机件都在油液内工作，能自行润滑，有利于延长机件的使用寿命。

8)液压元件易于实现标准化、系列化、通用化，便于组织专业生产，推广使用，降低生产成本。

9)便于实现自动化，即液压传动的压力、方向和流量很容易控制，再与电、气配合就能形成各种机械自动化。

尽管液压传动具有很多优点，但与其它传动型式相比，仍有以下一些缺点：

1)液压油在系统中的内、外泄漏难以避免，传动总效率低（一般为0.9左右），且不适用于要求定比传动的场合。

2)液压油的粘度随温度变化而变化，从而影响传动机构的工作性能，因此在低温及高温条件下，均不宜采用液压传动。

3) 液压元件的加工制造、使用和维修要求的技术水平较高，油液中渗入空气后，容易引起爬行、振动、噪音以及动作不平稳。

总之，液压传动的优点是主要的，且随着生产的发展有些缺点正在逐步加以改进和克服，因此它将得到广泛的应用，并有很大的发展前途。

第一节 液压与液力传动的工作原理

以液体作为工作介质来转换和传递机械能的传动方式，统称为液体传动，它包括液力传动（动力式液力传动）和液压传动（容积式液力传动）。

利用液体的动能来传递动力，叫做液力传动；利用密闭工作容积内液体的压力能来传递动力，叫做液压传动。

一、液压传动的工作原理

机械传动是我们常见的一种传动形式，传动中可通过齿轮、皮带轮、链轮、滑轮、卷筒等把原动机的能量传递到工作机构中去。

液压传动是以油液（矿物油）压力能来转换和传递机械能的液体传动，且机械能与液体压力能之间的转换是通过密闭容积的变化来实现的，故也称为容积式液力传动。

图 1-1 中 2 和 4 是两个液压缸，1 和 5 是

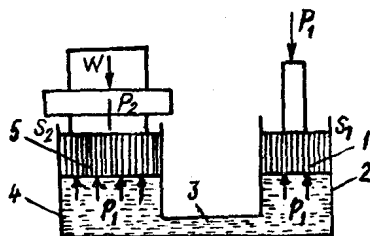


图 1-1 液压传动原理图

两个活塞，油管 3 将两液压缸联通，当活塞 1 在 P_1 力作用下向下移动时，缸 2 的体积减小，油液通过油管 3 被挤入缸 4，使活塞 5 向上运动，从而举起重物 W 。可见液压传动原理就是通过处于密闭容器内的受压液体来传递压力能，并通过执行机构把压力能转换成机械能而做功的传动方式。

二、液力传动工作原理

液力传动是另一种形式的液体传动，它是以油液（矿物油）的动能来转换并传递机械能的液体传动。因其传动构件之间采用的是动力连接，故也称为动力式液力传动。

图 1-2 所示为液力传动原理图。由发动机带动离心泵 1 旋转，离心泵从液槽吸入液体并带动液体旋转，液体在离心力作用下产生很大动能，经导管冲到涡轮机 2 的涡轮叶片上使涡轮转动，液体的动能变成涡轮机的机械能，从而完成能量的传递。

现代液力传动装置可以看成是由上述的离心泵与涡轮机组演化而来。

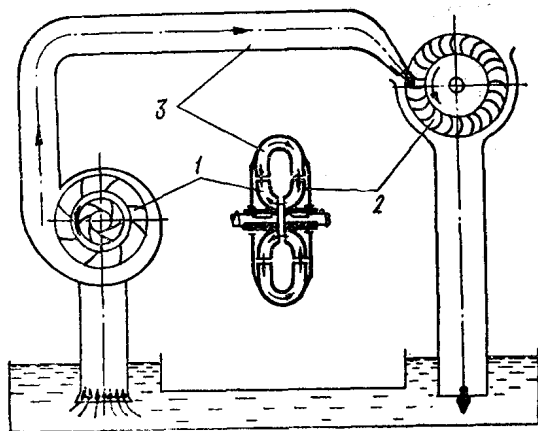


图1-2 液力传动原理图

在实际应用中，有时将离心泵轮与涡轮机（即泵轮与涡轮）之间的导管省去，将两者连成一体，便成了液力偶合器；若泵轮与涡轮之间，隔以固定的导向轮就成为液力变矩器。

液力传动的优点是调速性能好，能可靠地防止过载，起动平稳，操纵方便；缺点是结构复杂，传动效率低。

液力传动在港口装卸机械上的应用，目前已日趋广泛。如各种斗容量的单斗车、部分叉式装卸车、轮胎起重机、门座起重机、集装箱跨运车等已开始采用液力传动。

第二节 液压与液力传动的 基本概念

液压传动是用油液作为工作介质来传递能量的。液体有两个最重要的特性：（1）不可压缩；（2）压力向各方向作同样的传播。那么为什么油液可以用来传递动力和运动呢？又是怎样传递的呢？要知道这些问题，必须了解液压传动中的某些基本知识。

一、压 力

每单位面积上所受的作用力，称为压力强度，可以用下式表示：

$$p = \frac{P}{F}$$

式中： p ——压力（公斤力/厘米²）；

P ——作用力（公斤力）；

F ——作用面积（厘米²）。

压力强度^①的单位常用公斤力/厘米²表示。1公斤力/

① 压强的国际单位是帕（Pa）， $1\text{kgf/cm}^2 = 9.80665 \times 10^4\text{Pa}$ 。

厘米²的压强也称为一个工程大气压，而一个标准大气压相当于1.0333公斤力/厘米²。在工程应用上，可把一个标准大气压近似地看作等于一个工程大气压。在国外，压力的单位也有用磅/英寸²或用巴表示的，它们的换算关系如下：

$$1 \text{ 磅/英寸}^2 = 0.07 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

$$1000 \text{ 磅/英寸}^2 = 70 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

$$1 \text{ 巴} = 10^5 \text{ 牛/米}^2 = 1.02 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

因为地面上的大气压力接近于1公斤力/厘米²，而整个地面到处都受到大气压力的作用，因而在液压系统中，只考虑外力所引起的液体压力，而不考虑大气压。

如图1-3所示，油液被装在密封容器内，如果活塞上加任何重量，而且活塞和油液的重量也略去不计，这时压力表上指针指在0位，表明油液没有压力。如果在活塞上逐渐增加重量，可以看到压力表上指针的偏转角度也随着增大，这表明油液有了压力。这个压力是外加

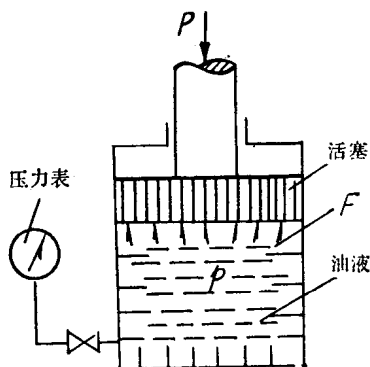


图1-3 液体压力产生原理图

重量作用的结果，且外力越大，压力也越大。

如果在活塞上加 $P = 1000$ 公斤力的重量，而活塞的面积 $S = 100$ 厘米²，这时单位面积上的油面所受的壓力为 $p = \frac{P}{S} = \frac{1000 \text{ 公斤力}}{100 \text{ 厘米}^2} = 10 \text{ 公斤力/厘米}^2$ 。由牛顿第三定律（作用力与反作用力定律）可知，活塞作用在油液上 10 公斤力/

厘米²的压力，油液也必将以同样大小的压力作用于活塞。

如上所述，外力通过活塞的作用使密封容器内的油液产生了压力，那么这个压力是否到处相等呢？根据液体的两个重要特性，显然，由活塞作用到与其接触的液面上的压力可均匀地传递到各个方向。不然的话，由于液体易于流动的特性，油液必然会发生从压力高处向压力低处的流动，而不再是平衡的静止状态。这就是液体传递原理，或称做帕斯卡原理，即密封容器里的液体，当一处受到压力作用时，这个压力将通过液体传到各个连通器内，并且其压力值到处相等。

液体传动原理是液压传动的基本原理，利用这个原理可以计算图 1-1 中力的比例关系。由于压力 p 以同样大小传到缸 4 中，故活塞 5 上产生的力 P_2 应为

$$P_2 = pS_2$$

或
$$p = \frac{P_1}{S_1} = \frac{P_2}{S_2}$$

即
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

式中： S_1 ——活塞 1 的面积（厘米²）；

S_2 ——活塞 2 的面积（厘米²）。

如果 S_2 很大， S_1 很小，则只需要很小的力 P_1 便能获得很大的力 P_2 推动重物 W ，这就是说，力得到了放大。万吨水压机和液压千斤顶就是利用这个原理进行工作的。

例：图 1-4 所示为液压千斤顶工作原理图，其中 T 是 人手掀动手柄的力、 N 是手柄施加在小活塞上的力，小活塞直径 $d = 12$ 毫米、大活塞直径 $D = 35$ 毫米，问当 $T = 32$ 公斤力时能顶起多重的重物？

解：（1）作用在小活塞上的力 N

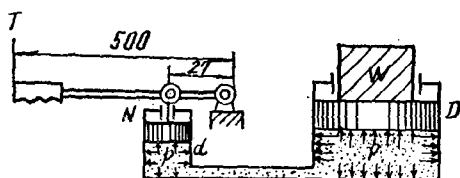


图1-4 液压千斤顶原理图

由于

$$T : N = 27 : 500$$

所以
$$N = \frac{500}{27} \times 32 \approx 592 \text{ 公斤力}$$

(2) 小液压缸内的压力 p_1

$$p_1 = \frac{N}{S_1} = \frac{N}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{590}{3.14 \times (1.2)^2 \times 4} \approx 523 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

(3) 大活塞向上的顶力 P

因为压力处处相等，则大液压缸内的压力 $p_2 = p_1 = 523 \text{ 公斤力/厘米}^2$ ，而大活塞顶力 P 为

$$\begin{aligned} P &= p_2 \times F_2 = p_2 \times \frac{\pi D^2}{4} \\ &= 523 \times \frac{3.14 \times 35^2}{4} \\ &\approx 5030 \text{ 公斤力} \end{aligned}$$

所以32公斤的力经过杠杆放大和大小活塞的液压增力，最后可顶起5030公斤力的重物。

二、流 量

液压传动是依靠有压力的油液的运动来传递能量的，因此流量是液体流动时的重要概念与主要参数。

油液在单位时间内进出液压缸或通过管道某一截面的液体的体积称为流量，常用单位是厘米³/秒或升/分（1升=1000厘米³或1000cc），其符号为 Q 。

油液在管道中流动时的平均流速 $v_{\text{管}}$ ，可由通过管道的流量 Q 除以管道横截面积 $F_{\text{管}}$ 求得：

$$v_{\text{管}} = \frac{Q}{F_{\text{管}}}$$

式中 $v_{\text{管}}$ 的常用单位为米/秒。

由上式可以得到液压传动中又一个重要概念：液压缸（或活塞）的运动速度决定于进入液压缸的流量。

三、液 压 功 率

从物理学中知道，功率是指单位时间内所做的功。液压功率是指液压传动系统中压力液体在单位时间内所做的功。其符号为 N ，单位为千瓦或马力。

功率通常可用物体所受作用力与其运动速度的乘积来表示，则液压缸输出的功率就应该是液压缸所能克服的负载阻力 P 乘以液压缸（或活塞）运动速度 v 即

$$N = P v$$

式中： N ——功率；

P ——负载；

v ——运动速度。

由于 $P = p \cdot S$ ， $v = \frac{Q}{S}$ ，所以功率也可用液压缸的工作压力 p 乘以液压缸的流量来表示，即

$$N = p \cdot Q$$

因为功率的常用单位是千瓦或马力，1千瓦=102公斤

力·米/秒，1 马力 = 75 公斤力·米/秒，而压力的单位是公斤力/厘米²，流量的单位是升/分，所以经过单位换算后可以得到下面的计算功率公式：

$$N = \frac{pQ}{612} \text{ (千瓦)}$$

$$N = \frac{pQ}{450} \text{ (马力)}$$

式中：N——功率（千瓦或马力）；
p——工作压力（公斤力/厘米²）；
Q——流量（升/分）。

四、液压传动效率

液压传动工作过程中，由于压力油液在管道中流动有压力损失和泄漏而造成了一定能量损失，也就是说，液压泵输出的机械能并不能完全地输送到液压缸或液马达等执行元件，而必需乘以一个系数，这个系数就是效率。效率用符号 η 表示。所以液压泵输出的功率应该比液压缸输出的功率大，即

$$N_{\text{泵}} = \frac{N}{\eta_{\text{系}}}$$

式中：N_泵——液压泵输出的功率；
N——液压缸的功率；
 $\eta_{\text{系}}$ ——管路系统的效率。

同样道理，拖动液压泵工作的电动机功率应该比液压泵输出功率大，即

$$N_{\text{电动机}} = \frac{N_{\text{泵}}}{\eta_{\text{泵}}}$$

式中：N_{电动机}——电动机功率；

$N_{\text{泵}}$ ——液压泵功率；

$\eta_{\text{泵}}$ ——液压泵的效率。

计算时，一般齿轮泵的 $\eta_{\text{泵}}$ 取0.8，叶片泵的 $\eta_{\text{泵}}$ 取0.85，柱塞泵的 $\eta_{\text{泵}}$ 取0.9。

例：某装载机液压系统采用的液压泵额定工作压力为25公斤力/厘米²，额定工作流量为20升/分，液压泵的效率为0.8，问拖动该液压泵的电动机功率应为多少？

解：

$$N_{\text{电动机}} = \frac{N_{\text{泵}}}{\eta_{\text{泵}}} = \frac{pQ}{612\eta_{\text{泵}}} = \frac{25 \times 20}{612 \times 0.8} \\ = 1.02 \text{ (千瓦)}$$

按照电动机的规格，可选择电动机功率为1.1千瓦，转速为1450转/分。

五、液压传动系的组成

图1-5 所示，为一简单液压传动系统，其工作原理如下：

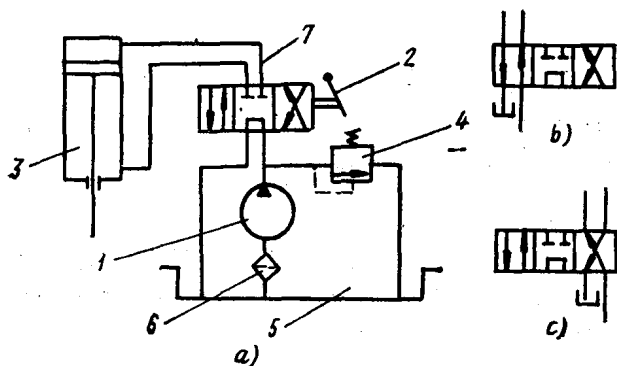


图1-5 液压传动系统的组成

1-油泵；2-换向阀；3-油缸；4-溢流阀；5-油箱；6-过滤器；7-管路

油泵1从带有过滤器6的油箱5中吸入工作液体，产生