

建筑机械基础知识丛书

建筑机械液压传动

张全根 恒 文

中国建筑工程出版社

建筑机械基础知识丛书

建筑机械液压传动

张全根 恒 文

中国建筑工程出版社

本书重点介绍当前广泛使用的国内外各类液压式建筑机械的液压传动基础知识、常用的液压元件、典型机械的液压系统及一般设计方法。书中还用较大篇幅介绍液压式建筑机械的故障检查、排除措施和使用维修知识。

本书可供具有初中以上文化水平的建筑机械工人、工程技术人员及有关管理干部学习参考。

建筑机械基础知识丛书

建筑机械液压传动

张全根 恒 文

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市怀柔县印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 7⁹/₁₆ 字数: 170千字

1983年11月第一版 1983年11月第一次印刷

印数: 1— 0,100册 定价: 0.61元

统一书号: 15040·4544

出 版 说 明

现代化建筑工程的施工，要求广泛采用各种类型建筑机械（包括机械化手工工具）。施工机械化水平直接影响到工程质量和施工速度，对克服公害、扩大施工范围、降低工程成本和减轻劳动强度也有重要作用。为此，国内外建筑部门都在不断提高机械装备率，加强建筑机械的使用与管理工作。

为了适应建筑部门广大职工学习建筑机械基础知识的需要，我们组织编写这套《建筑机械基础知识丛书》。主要读者对象是具有初中以上文化水平的建筑机械工人、工程技术人员及有关管理干部。

这套丛书以建筑机械中使用最广泛、结构较复杂的挖掘机械、建筑用起重机械、铲土运输机械等为重点，介绍其工作原理、结构特征和简要的设计计算方法。

丛书计划先出以下九册：

1. 建筑机械概论
2. 建筑机械设计
3. 建筑机械底盘
4. 建筑机械工作装置
5. 建筑机械液压传动
6. 建筑机械液力传动
7. 建筑机械动力装置
8. 建筑机械常用电气设备
9. 建筑机械的现代化

目 录

第一章 概 论	1
第一节 液压传动的优点	1
第二节 液压传动的基本原理	3
第三节 液压传动常用术语	7
第四节 液压油的选择	20
第五节 液压传动图形符号	23
第二章 液压泵和液压马达	32
第一节 齿轮泵和齿轮马达	32
第二节 叶片泵和叶片马达	45
第三节 轴向柱塞式液压泵和液压马达	48
第四节 径向柱塞式液压泵和液压马达	72
第三章 液 压 缸	92
第一节 液压缸的分类	92
第二节 液压缸的选用	107
第四章 控制阀	111
第一节 阀的分类	111
第二节 压力控制阀	113
第三节 流量控制阀	125
第四节 方向控制阀	129
第五章 液压辅助元件	142
第一节 油箱	142
第二节 冷却器	145
第三节 滤油器	147

第四节	蓄能器	152
第五节	密封件	155
第六节	油管和管接头	158
第六章	液压传动系统	169
第一节	基本回路	169
第二节	液压传动系统的基本类型	183
第三节	液压传动系统的设计计算	189
第四节	典型建筑机械的液压传动系统	193
第七章	液压式建筑机械的使用维修	211
第一节	概述	211
第二节	使用的一般知识	214
第三节	故障与排除	221

第一章 概 论

第一节 液压传动的优点

从本世纪六十年代起，液压传动技术就被广泛应用到建筑机械上，从而大大地加快了建筑机械行业的发展速度。液压传动与机械传动相比，具有如下一些优点：

1. 在相同功率机械的重量指标上，采用液压传动要比采用机械传动的轻30%左右。例如：一台 1米^3 的液压传动单斗挖掘机为23~25吨，而一台 1米^3 的机械传动单斗挖掘机则重量为38~40吨。

2. 液压传动能无级调速，调速范围大（最高和最低速度之比可达1000:1，从而可获得较大的力和扭矩；逆转容易（通过操纵控制阀，即可改变油液进出口方向）；最低稳定转数低，对于柱塞式液压马达，可达到1转/分。

3. 液压传动易于实现往复运动，直接推动工作机构。各液压元件之间可用管路连接，其输出端能随机器的需要而较自由地安装，不受限制，便于机器的总体布置。

4. 能容量大，用较小重量和尺寸的液压元件可传递较大的功率。例如，液压泵与同功率的电机相比，重量要轻5~6倍，外形尺寸也仅为电机的12~13%。

由于液压元件的结构紧凑，重量轻，而且液压油具有一定的吸振能力，因此液压系统的惯性小，启动快，工作平稳，易于实现快速而无冲击地变速与换向，从而减少变速时

的功率损失。

5. 液压系统易于实现安全保护。同时，液压传动比机械传动操纵简便、省力，一般为2~3公斤，甚至更小；而机械式的一般要8~10公斤，甚至更大。因此可提高劳动生产率和作业质量。

6. 液压传动的工作介质本身就是润滑油，可使各液压元件自行润滑，因而简化了机械的维修保养，有利于延长元件的使用寿命。

7. 液压元件易于实现标准化、系列化和通用化，便于组织专业化大批量生产，有利于提高生产率，提高产品质量和降低成本。

8. 液压元件与电、气动元件配合，可设计出性能优良，自动化程度高的复合式传动和控制元件。

9. 在建筑机械上采用液压助力装置，可使操纵大为简化、轻便。目前有一些液压挖掘机等由于采用了液压助力装置，操纵手柄已减少为两个，而且可实现指操纵（即用一个手指的力量就能实现所需的动作），大大减轻了司机的劳动强度。

我国已能生产多种液压传动的建筑机械。如液压起重机、推土机、装载机、挖掘机、打桩机、铲运机、搅拌机、平地机、压路机和液压叉车等。

为了系统地掌握液压传动这一门技术，熟悉和使用液压传动的建筑机械，本书将就液压传动技术的基本知识，液压元件的工作原理、构造、性能，液压系统的设计和应用，以及液压传动建筑机械的使用与维修等方面作简要介绍。

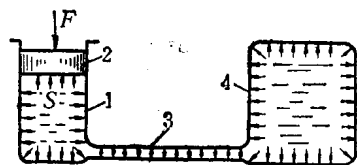
第二节 液压传动的基本原理

液压传动是指在密闭工作容积中，用液体作为工作介质来变换和传递能量的一种综合装置。因此，也称之为容积式液压传动或静液压传动，其传动原理如图1-1所示。

装有油液的容器1用活塞2封闭起来，使活塞表面积 S 与油液接触。当活塞上作用一个力 F 时，则压力 p 就为：

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

根据巴斯噺定理，作用在液体表面上的力将均匀地传递到各个方向，直至容器内液体所占据之各点，并且该力是等值传递的。



若容器1用管路与容器4相连通，那么第一个容器上 F 力所建立的压力 p 将传至第二个容器，使其四壁均受到力的作用。由此可见，在液压传动装置中，存在着沿管路长途传递载荷的情况。

图 1-1 在密闭容积中压力的分布
1、4—容器；2—活塞；3—管路

对于两个用活塞1、2封闭，并且用管路3相连的容器（图1-2），当力 F_1 作用在面积为 S_1 的活塞1上面时，其压力是：

$$p = \frac{F_1}{S_1}$$

为了与这个压力维持平衡，在第二个容器活塞2上必须作用一个 $F_2 = p \cdot S_2$ 的力。

因为压力 P 相等，故：

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

两个活塞上的作用力与其面积成正比，因而构成了力的放大效果。例如： S_1 的直径为 1 厘米， S_2 的直径为 100 厘米，如 F_1 为 50 公斤力，则 $F_2 = S_2 \cdot F_1 / S_1 = 500000$ 公斤力。可见，力的放大倍数是惊人的。

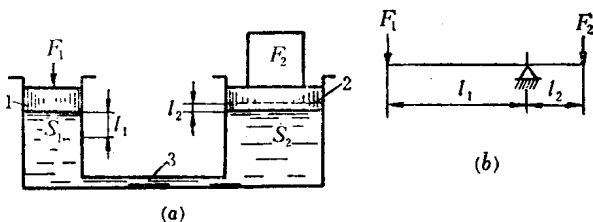


图 1-2 液体传力原理
(a) 液压传动装置；(b) 机械杠杆装置
1、2—活塞；3—管路

外力推动活塞 1，使其移动 L_1 的距离，这时流过的油液为：

$$V = S_1 \cdot L_1$$

该体积液体（如认为油液实际上不可压缩的话）就进入第二个容器中，并推动活塞 2 移动了 L_2 的距离。

$$L_2 = \frac{V}{S_2}$$

于是
$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

也即
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_2}{L_1} \text{ 或 } F_1 L_1 = F_2 L_2$$

图 1-2 (a) 实际上是一种“液压杠杆”，。它可以得到

比机械杠杆大得多的传动比。

液压千斤顶就是按照这个原理工作的（图1-3）。该千斤顶包括油箱1、先导液压缸（活塞）2、提升液压缸（活塞）3、换向阀4和5以及闭锁球阀6。

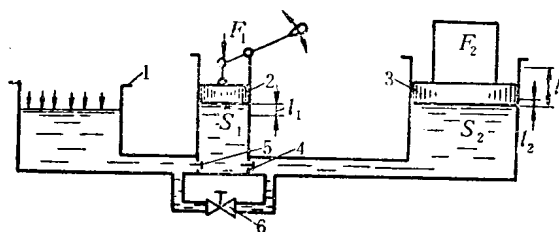


图 1-3 液压千斤顶工作原理

1—油箱； 2—先导液压缸； 3—提升液压缸； 4、5—换向阀； 6—闭锁球阀

为了通过活塞3（面积 S_2 ）推动重物 F_2 ，系统中须建立 $P=F_2/S_2$ 的压力。这个压力是靠作用在活塞2（面积 S_1 ）上的力 F_1 来建立的。

因为
$$F_1 = F_2 \cdot S_1 / S_2$$

而活塞底面积
$$S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} \quad S_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$$

故
$$F_1 = F_2 \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

式中 d_1 、 d_2 ——相应的活塞直径。

在液压千斤顶及任何一种液压系统中，压力是靠油液的运动来建立的（先导液压缸或液压泵），压力的大小取决于外载荷。

活塞2沿 L_1 移动时，换向阀5闭锁，部分油液 $V=S_1 \cdot L_1$ 经换向阀4进入提升液压缸。此时，活塞3和重物 F_2 被提

升的高度是:

$$L_2 = \frac{V}{S_2} = \frac{S_1}{S_2} \cdot L_1$$

活塞 2 向上移动时, 换向阀 4 闭锁, 活塞 2 下部的压力下降(形成真空), 油液在大气压推动下, 从油箱 1 经换向阀 5 进入先导缸。

活塞 2 每两次行程后(上和下), 活塞 3 的上升高度为 L_2 。如需将重物提至高度 L , 则活塞 2 应当完成 n 次双行程。

$$n = \frac{L}{L_2} = \frac{L}{L_1} \cdot \frac{S_2}{S_1}$$

为了放下活塞 3, 必须打开闭锁球阀 6, 并将油液通往与油箱连通的提升液压缸腔。

由上面液压千斤顶的例子可知, 用来完成压力能传递的液压传动元件可分为四类:

1. 液压动力元件

动力元件主要指液压泵, 其功能是将机械能转换为液体的液压能。液压千斤顶中的活塞 2 就起到液压泵的作用。

2. 液压执行元件

液压执行元件指的是液压缸、液压马达等, 其功能是将液体的压力能转换为机械能。上述液压千斤顶中的活塞 3 和容器所组成的液压缸便是。在建筑机械中, 液压缸用来完成往复运动, 液压马达用来完成旋转运动。

3. 液压控制元件

液压控制元件系指各类阀, 其功能是控制液压传动系统中液体的压力、流量和方向, 从而使工作装置完成预期的动作。上述液压千斤顶中的换向阀 4、5 起到控制液体方向的作用, 而阀 6 则用来控制重物的下降速度。

4. 液压辅助元件

液压辅助元件包括油箱、滤油器、油管、接头、密封件、冷却器和蓄能器等，其功能是在液压传动中协助和完善能量传递，保证系统正常工作。

第三节 液压传动常用术语

一、压力

液体因受外力和自重作用而在单位面积上产生的推动力称为压力。

假设在液体中垂直地放置一个无底柱体，其底面积为 S ，上面作用着大气压 p_a （图1-4）。柱体内的液体重 $W = \gamma SH$ （ γ —液体重度； H —液柱高度）。因为液体在静止时是平衡的，所以必然有一个大小相等、方向相反的 F 力与柱体内的液重平衡。设在柱体底部的液压力为 p ，则：

$$F = p \cdot S$$

由于 $F = W = \gamma SH$

故 $p = \gamma H$

上式说明液体任一点的静压力等于该点液体高度乘以液体重度。

若将柱形容器密闭起来，对液体表面施加压力 p_0 ，则容器底面任一点的液体静压力变为：

$$p = p_0 + \gamma H + p_a$$

由于大气压对任何物体自成平衡，故不予考虑。液体重

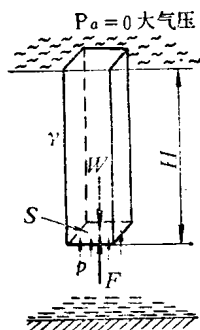


图 1-4 液柱的高度和压力

量和外力相比又要小得多，可以忽略不计，因此实际上以 $p=p_0$ 来进行计算。

压力的单位常用公斤力/厘米²来表示，称为一个工程大气压。由于一个标准大气压等于1.0333公斤力/厘米²，因此习惯上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“巴”表示的，其换算关系如下：

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

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

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

根据部标准（JB824—66）的规定，压力范围可分 1-1 所列五个等级。

压 力 分 级 表 1-1

压力分级	低 压	中 压	中高压	高 压	超高压
压力范围 (公斤力/厘米 ²)	0 ~ 25	>25 ~ 80	>80 ~ 160	>160 ~ 320	>320

建筑机械采用中高压和高压为多。

液压系统的工作压力通常是指液压泵的额定工作压力，在此压力下可连续工作并能保证使用寿命。但并不是说，在液压泵整个工作过程中，不管外载荷变化与否，其出口压力永远是额定工作压力。当外载荷增加时，泵的压力增高；外载荷减小时，泵的压力也降低。故泵在液压系统中工作时，其压力将随外载荷的变化而变化。

一般规定的液压泵最大工作压力系指其在短时间内超载的极限压力，可由液压系统中的安全阀所限制，起超载保护

作用。安全阀可调整到液压泵的最大工作压力。

二、流量

流量系单位时间内流过某一断面的液体体积。一般以 Q 表示,单位是升/分。

设有一个流量为 Q 、压力为 p 的液体从左面进入液压缸,这时面积为 S 的活塞将受到一个向右的力 F 的作用,从而获得了速度 v (图1-5)。这个力 F 可用下式表示:

$$F = p \cdot S$$

流量和活塞速度之间的关系是:

在某一时间 t 内, 流入液压缸的油的体积为 Qt , 此时活塞右移了一段距离为 L_1 , 所移动的那段体积为 Sl_1

由于 $Sl_1 = Qt$ 即 $\frac{l_1}{t} = \frac{Q}{S}$

又因为 $\frac{l_1}{t}$ 等于活塞移动速度 v

故 $v = \frac{Q}{S}$

当液压缸尺寸一定时, 活塞的移动速度完全取决于流量, 这是一个重要的概念。

三、密度和重度

密度系指液压油单位体积内所含的质量, 通常以符号 ρ 表示:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 m ——液体质量 (公斤·秒²/米),

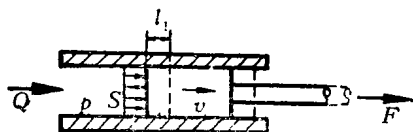


图 1-5 液体的流量和速度

V ——液体体积（米³）。

故密度 ρ 的单位为公斤·秒²/米⁴。

重度则指的是单位体积中油液的重量，通常以符号 γ 来表示：

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

式中 G ——液体重量（公斤）；

V ——液体体积（米³）。

故重度 γ 的单位为公斤/米³。

由于重量等于质量 m 乘以重力加速度 g ，即

$$G = mg \quad (g = 9.81 \text{ 米/秒}^2)$$

所以 $\gamma = \rho g$

建筑机械常用矿物油的密度和重度值为：

$$\rho = 90 \sim 93 \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}^4$$

$$\gamma = 890 \sim 910 \text{ 公斤/米}^3$$

在实际应用中，我们经常碰到“排量”这一概念。排量是指液压泵每转一周所排出液体的数量，常用 q 来表示，其单位为毫升/转。流量实际上指的是平均流量，可以根据排量求得。

四、液体的压缩性和膨胀性

液体在不变压力的作用下，体积缩小、密度变大的特性称为液体的压缩性。

液体在不变压力的作用下，温度升高后体积增大、密度减小的特性称为液体的膨胀性。

衡量液体压缩性和膨胀性的数值均可通过公式计算。但由于这两种数值很小，一般均忽略不计。实际上也就认为液体是不可压缩的和无热膨胀的。

五、粘性和粘度

液体受到外力作用而发生相对运动时，其内部产生摩擦力或切应力的性质称为液体的粘性，即液体流动时所表现出的稠和稀的特性。粘性所起的作用是阻止液体内部的相互滑动。

表征粘性大小的程度叫粘度。粘度是液体最重要的特性之一，是流动液体最基本的物理性质，是液压系统中选择液压油的主要指标。粘度大小直接影响到系统的正常工作、效率和灵敏性。

表示粘度值的单位有动力粘度、运动粘度和相对粘度等三种。动力粘度和运动粘度又称为绝对粘度。

1. 动力粘度

动力粘度用符号 μ 表示。其值相当于：面积各为1厘米²和相距为1厘米的两层液体，当其中的一层液体以1厘米/秒的速度与另一层液体相对运动时所产生的摩擦力的大小。

动力粘度 μ 的单位是达因·秒/厘米²，一般称为泊，泊的百分之一称为厘泊。在工程单位制中的单位是公斤力·秒/米²。其换算关系如下：

$$1 \text{ 公斤} \cdot \text{秒} / \text{米}^2 = 98.1 \text{ 泊} \doteq 100 \text{ 泊} = 10^4 \text{ 厘泊}$$

2. 运动粘度

动力粘度 μ 与密度 ρ 的比值称为运动粘度，常以符号 ν 表示：

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

在流体力学中，使用运动粘度的场合较多。运动粘度的单位为厘米²/秒，一般称为斯，斯的百分之一称为厘斯，工程单位制中以米²/秒来表示。其换算关系为：