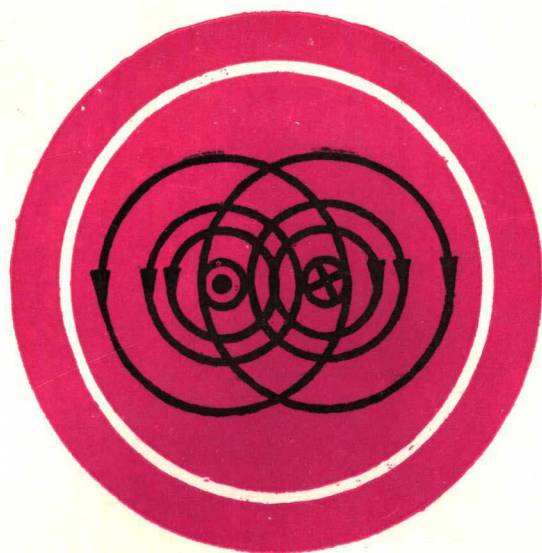




高级电工培训教材

液 压 传 动

劳动部培训司组织编写

中国劳动出版社

高级电工培训教材

液 压 传 动

劳动部培训司组织编写

中国劳动出版社

(京)新登字114号

内 容 提 要

本书是根据劳动部培训司审定颁发的《液压传动教学大纲》编写，供高级电工培训用的统编教材。
本书内容包括：液压传动基础知识，液压元件，基本回路，典型液压传动系统分析，液压传动系统调试及其常见故障分析等。

本书由蔡奇、徐直正编写，蔡奇主编，高启伦主审。

液 压 传 动

劳动部培训司组织编写

责任编辑 张建英

中国劳动出版社出版

(北京市和平里中街12号)

北京大兴包头营印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092毫米 16开本 5印张 123千字

1992年3月北京第1版 1992年3月北京第1次印刷

印数：6500册

ISBN 7-5045-0947-7/TH·058(课) 定价：1.75元

前 言

随着科技进步与经济发展,电气设备使用广泛,特别是自动控制技术的应用推广,一些新型复杂的机电设备日益增多。对这些设备的安装、调试与维修任务越来越大,需要合格的高级电工越来越多。为使培训高级电工的工作逐步规范化,我们会同有关部门和地方组织编写了这套高级电工培训教材。

这套教材的编写是从企业生产实际出发,主要依据《工人技术等级标准》,既考虑到工人的实际技术状况,又适当兼顾今后生产发展的需要,使其不仅满足目前各行业培训高级电工的需要,又为培训对象进一步掌握新知识、新技能奠定基础。本套教材具有工人培训教材的讲求实际、实用、实效的特点。在内容上,努力做到理论与实践紧密结合,操作技能方面以培养工人掌握复杂操作的技能技巧和增强分析、判断、排除各种复杂故障的能力为重点;理论知识方面力求突出针对性、实用性,与技能训练紧密配合。文字叙述尽量做到深入浅出、通俗易懂,可供培训高级电工使用,也可供工人自学使用。

此套教材计有:《电气管理知识》、《微机原理与应用》、《电工基础》、《电子技术》、《电气测量》、《电机原理与维修》、《工厂电气控制技术》、《液压传动》、《工厂变配电技术》、《电气安装技术》、《高级维修电工技能训练》、《高级电工技能训练》等共12种。

教材的编写得到了航空航天部、建设部、轻工部、天津市机械局、上海、江苏、湖南、辽宁、河南、山东省(市)劳动厅(局)的支持。

由于高级工人培训教材的编写,目前尚无成熟经验可循,教学思想、教学内容、教学方法的改革都在研究探讨之中,书中存在一些缺点和不足在所难免。恳切希望广大读者提出宝贵意见,以便在适当的时候进行修订,使之更加完善。

绪 论	(1)
第一章 液压传动基础知识	(3)
§ 1—1 流体力学基础	(3)
§ 1—2 液体流动中的压力和流量损失	(7)
§ 1—3 液压冲击和空穴现象	(7)
习题一	(8)
第二章 液压泵和液压缸	(11)
§ 2—1 液压泵	(11)
§ 2—2 液压缸	(16)
习题二	(23)
第三章 液压控制阀及系统辅助装置	(25)
§ 3—1 方向控制阀	(25)
§ 3—2 压力控制阀	(29)
§ 3—3 流量控制阀	(33)
§ 3—4 液压系统辅助装置简介	(35)
习题三	(36)
第四章 液压基本回路	(39)
§ 4—1 方向控制回路	(39)
§ 4—2 压力控制回路	(41)
§ 4—3 速度控制回路	(47)
§ 4—4 顺序动作回路	(51)
§ 4—5 同步控制回路	(55)
习题四	(57)
第五章 典型液压系统分析	(60)
§ 5—1 动力头滑台进给液压系统	(60)
§ 5—2 液压机液压系统	(62)
§ 5—3 磨床液压系统	(65)
习题五	(69)
第六章 液压系统调试和常见故障分析	(71)
§ 6—1 液压系统的调试	(71)
§ 6—2 液压系统常见故障分析	(72)
习题六	(74)
附 录 常用液压系统图图形符号	(75)

绪 论

目前液压传动在机械制造、冶金、工程机械、农业机械、航空、船舶、塑料制品等工业部门均获得了广泛的应用。根据液体在工作过程中的特点，传动形式可分为两大类：液力传动和容积式液压传动。液力传动是将机械能转换为液体的动能，并依靠液体的动能来实现能量的传递，如离心泵——涡轮机组。容积式液压传动则是将机械能转换为液体的压力能，并依靠压力能来实现能量的传递。目前机床设备及大多数其它液压机械设备几乎都采用容积式液压传动。所以本课程着重讨论容积式液压传动。

一、液压传动原理及其系统组成

图0—1所示是用职能符号画出的液压系统图。所谓职能符号，是为了便于绘制液压原理图，对各种液压元件不考虑其具体结构形状，而由国家标准规定的图形符号。如图0—1中的3代表了一个电磁换向阀，这种图形符号表示了该元件的职能和连接通路情况。

由图0—1可知，工作时开动油泵2，通过滤油器1从油箱中吸油，油泵输出的压力油经管道和换向阀3的左位进入油缸4的左腔，推动活塞向右运动而做功。油缸4右腔中的油，则经流量控制阀5、换向阀3流回油箱。操纵换向阀3，使其右位接入工作，则由油泵输出的压力油可进入油缸4的右腔而推动活塞向左运动。

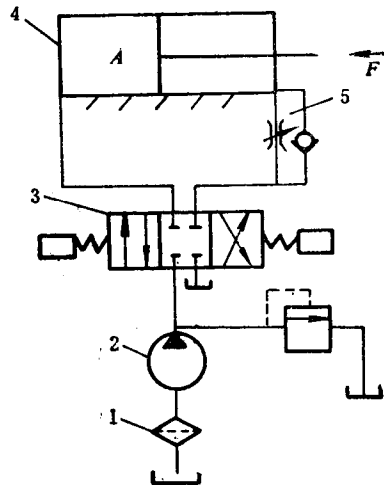


图 0—1 液压系统原理图

由此可见，液压传动原理的基本要点是：

1. 采用液体作为工作介质；
2. 必须在封闭的系统内进行；
3. 依靠液体的压力能来传递动力，依靠油缸容积的变化来传递运动。

液压传动中常用液压油作为工作介质。液压油的性能指标是粘度，粘度指的是液体受到外力作用而流动时，液体内部各层之间所呈现出的内摩擦阻力。根据运动粘度的大小，国产液压油有20号、30号、40号三种型号。影响液压油粘度最显著的因素是温度，粘度随温度的升高而降低。液压油的选择主要是粘度的选择，它取决于油泵结构、工作温度、压力及工作特性等。通常齿轮泵、叶片泵多采用20号或30号液压油。液压油的使用要正确。必须按设备说明书的规定选用合适的液压油，使用时要防止水、乳化液、尘埃及其它杂质的侵入。工作时油温不能过高并要及时更换新油。国产液压油的使用寿命一般都可达一年以上，使用一年后可视实际情况考虑是否更换新油。更换新油时，应将油箱和系统管道进行必要的清洗，新油

也应在过滤后才可注入油箱。

油的密度随压力的增高而增大，但当工作油压力在中压以下（ $25 \sim 80 \times 10^5 \text{Pa}$ ）时，一般可以近似地将油液看成是不可压缩的。

由图0—1可以看出，液压系统一般都包括四个组成部分。

1. 动力部分 指液压泵，其作用是将电动机或内燃机产生的机械能转换成液体的压力势能。

2. 控制部分 指系统中各类控制阀门，用以保证执行元件得到所要求的运动方向、速度和压力。

3. 执行部分 指液压缸，其作用是将液体的压力势能转换为机械能，输到工作机构上去。

4. 辅助部分 包括油箱、管路、管接头、蓄能器、滤油器和各种控制仪表等。

二、液压传动特点

与其它传动形式相比，液压传动有以下一些主要特点。

1. 由于液压元件可以在较高的压力下工作，因此液压传动较易获得很大的力或力矩。

2. 在相同输出功率的条件下，液压传动装置的重量和体积都比其它传动方式的更小和轻。由于重量轻，所以惯性小，动作灵敏，可以高速机动和快速换向。如起动中等功率电机大致要1~2秒，而起动液压马达只需0.1秒。

3. 液压传动能在较大的范围内实现无级调速。

4. 由于以液体作为工作介质，油液本身有吸振能力，所以液压传动运动平稳，这对运动均匀性要求很高的设备具有重要的意义。

5. 操纵简单，与电气传动相配合易于实现远距离操纵和自动控制。

6. 液压元件能自行润滑，也易于标准化、系列化，便于设计制造。

7. 液压传动由于以液体作为工作介质，不可避免地有泄漏，同时在高压下液体具有可压缩性，管路发生弹性变形，因此它不适用于传动比要求严格的场合。

8. 为防止泄漏，液压元件制造精度高。

9. 油液参入空气会产生噪声、振动和爬行。

10. 液压系统故障分析排除较困难。使用维护的技术水平要求较高。

第一章 液压传动基础知识

§ 1—1 流体力学基础

一、系统中压力的建立和传递

1. 压力 p : 液体的压力是指液体在单位面积上所受的作用力。

设液体的面积为 A , 其上受的作用力为 F 则液体的压力 p 为:

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-1)$$

式中: p ——压力, Pa(帕), 或 N/m^2 (牛/米²);

F ——外力, N(牛);

A ——液体承受作用力的面积, m^2 (米²).

由于液体不能抵抗切力, 所以液体的压力是与受压表面垂直的。这个压力在液压系统中就是用压力表测出的压力。

由式(1—1)可知, 压力油作用在平面上的力 F 就等于油的压力 p 与承压面积 A 的乘积。

$$F = pA$$

在工程计算中以前常用 kgf/cm^2 (公斤力/厘米²) 作为压力的单位。它们间的换算关系是:

$$1kgf/cm^2 \approx 10^5 Pa$$

由于在液压系统管路中, 液体所在位置的高度对于压力的影响很小, 所以一般都忽略不计。

液压系统和液压元件的压力分级见表1-1。

表 1-1

液压系统压力分级($1 \times 10^5 Pa$)

压力分级	低 压	中 压	中 高 压	高 压	超 高 压
压力范围	0~25	>25~80	>80~160	>160~320	>320

厂家生产的液压元件都是按公称压力标准系列设计制造的。公称压力表示的是液压系统和液压元件在额定工作条件下的名义压力。液压元件铭牌上标出的压力与公称压力系列相吻合。铭牌上标出的压力又称为额定压力。

2. 帕斯卡原理: 在一个充满液体的密闭容器的面积为 A 的塞子上, 加一外力 F (不计液体重力), 如图1—1所示, 则液体受到力 F 的挤压产生压力, 其值为 $p = \frac{F}{A}$, 该压力 p 能大小不变地传到容器内的各点上。即在容器为1、2、3、4、5、6、7各点上压力均相同, 这就是帕斯卡原理。

帕斯卡原理可以叙述为: 一压力加于密闭容器中的一部分, 则压力以完全一样的大小向

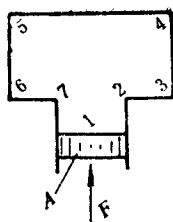


图 1-1 压力传递

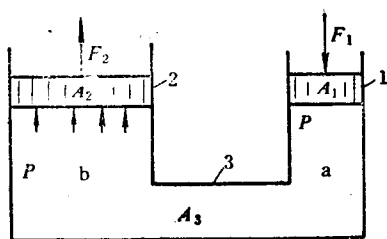


图 1-2 千斤顶原理图

容器中所有各点传递。这也是液压系统中压力传递的基本原理。因此，它又称为静压传递原理。

帕斯卡原理在工程中获得了广泛的应用。图1-2所示是液压千斤顶的工作原理图。在连通器的a、b两腔中分别置以面积为 A_1 、 A_2 的活塞 1、2。若在活塞 1 上加一外力 F_1 ，则由此而引起的压力为 $\frac{F_1}{A_1}$ ，根据帕斯卡原理，在活塞 2 的底面也将作用有一个同样大小的压力，所以在b腔中作用于活塞 2 平面上的力 F_2 应为：

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} \times A_2$$

F_2 即为能够从活塞 2 上输出的力，可见面积 A_2 越大，输出的力就越大。换句话说，只要两活塞的面积差较大，就可以从活塞 1 处输入一个较小的力而从活塞 2 处输出一个较大的力。容积式液压传动就是建立在这个静力学原理基础上的。

3. 液压系统中压力的形成：见图0-1所示的液压系统。开动油泵2，当把方向控制阀的左位接入系统工作时，压力油则进入油缸 4 的左腔，将推动活塞向右运动。活塞要向右运动就必须克服活塞杆上由工作载荷和相对运动表面摩擦力组成的外界总阻力，于是在油泵不断输油过程中，油缸左腔中的油液越来越多，在活塞没有运动情况下，油缸左腔容积保持不变。容积不变，油液增多必然造成左腔中油液受的挤压加剧，压力升高，直到压力升高到产生的总推力足以克服外界阻力时，活塞向右运动。若外界的总阻力为 F ，油缸左腔活塞有效

面积为 A ，此时油缸左腔中的压力 p 应为 $\frac{F}{A}$ 。

活塞开始运动后，虽然油泵仍在不断输油，但由于此时油缸左腔容积也在相应增大，左腔中的油液受的挤压并未加剧，压力因此也不再上升。

可见系统中的压力是由外界负载引起的，外界负载越大，系统压力也就越高。

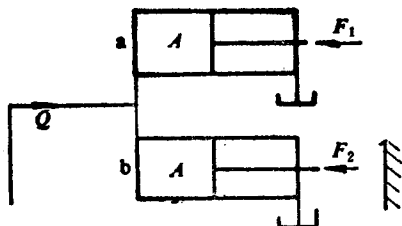


图 1-3

如图1-3所示，系统中并联了两个油缸a和b。设两缸活塞有效面积相同，均为 A ，而两缸活塞杆上的负载分别为 F_1 、 F_2 ，且 $F_1 > F_2$ 。开动油泵，油液分别进入a、b缸左腔，在两

缸活塞均未运动时,缸中油液随挤压加剧压力升高,当b缸中油压达到 $\frac{F_2}{A}$ 时,b缸活塞向右运动,此时由于a缸所需要的压力大,活塞1尚未运动,虽然油泵继续输油,但因b缸左腔容积增大,压力不能上升,此时两缸中的压力均为 $\frac{F_2}{A}$ 。当活塞2运动到顶住挡块不能再右移时,随着油泵不断供油,由于容积不再扩大而压力再次上升,压力升高到其值为 $\frac{F_1}{A}$ 时,a缸活塞运动,压力又不再上升,此时两缸左腔中的压力均为 $\frac{F_1}{A}$ 。

可见,当系统中并联有几个负载时,则系统压力取决于克服负载的各个压力值中的最小值。

二、液流的连续性

1. 流量 Q : 单位时间内流过管路某一截面的液体体积称为流量。

设管路某一截面的面积为 A ,油液在其中流动的速度为 v ,则通过该截面的流量 Q 为:

$$Q = vA \quad (1-2)$$

式中: Q ——流量, m^3/s (米³/秒);

v ——流速, m/s (米/秒);

A ——截面积, m^2 (米²)。

流量的单位也常用升/分来表示,它们之间的换算关系是:

$$1\text{m}^3/\text{s} = 6 \times 10^4 \text{升/分}$$

由式(1-2)可知,当流量不变时,通过管内不同截面的液流速度与其截面积的大小成反比。即管子细的地方流速大,管子粗的地方流速小。液压系统中活塞的运动速度就是缸内油液的流速。液压系统一旦制造好,油缸的有效作用面积就已固定不变,此时可通过调节输入油缸中的流量来调节活塞的运动速度。

液压元件都是按公称流量的标准系列设计制造的。公称流量表示液压元件在额定工作条件下的名义流量。液压元件铭牌上标出的流量与公称流量系列相吻合,它又称额定流量。

2. 液流的连续性: 液体在管中流动时,

若不计泄漏,根据物质不灭定律,液体在管内既不能增多,也不会减少又不能压缩,所以单位时间内流过管子每一个横截面的液体体积一定是相等的。即管内每个截面上的流量是个常数。如图1-4所示。设截面1-1, 2-2处的截

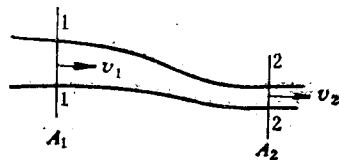


图 1-4 液流连续性简图

面积各为 A_1 , A_2 ;在这两个截面中油液的流速分别为 v_1 , v_2 ,根据液流连续性的原理可知,

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 = \text{常数}$$

这就是液流连续性原理。

例1-1 如图1-2所示液压千斤顶,设活塞1的有效面积 $A_1 = 1.13 \times 10^{-4} \text{m}^2$,活塞2的面积 $A_2 = 9.62 \times 10^{-4} \text{m}^2$,中间底部连通管3的面积 $A_3 = 0.13 \times 10^{-4} \text{m}^2$,若活塞1下压的速度为 0.2m/s ,试求活塞2上升的速度 v_2 和底部连通管3内油液的流速 v_3 ?

解: 由于活塞1下移而排出的流量 Q_1 根据式(1-2)得:

$$Q_1 = v_1 A_1$$

$$= 1.13 \times 10^{-4} \times 0.2 = 0.226 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

根据液流连续性原理可知, 通过截面 A_1 、 A_3 、 A_2 处的流量是相等的, 所以活塞 2 处进入的流量 $Q_2 = Q_1$

$\therefore$

$$Q_2 = v_2 A_2$$

$\therefore$

$$v_2 = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{0.226 \times 10^{-4}}{9.62 \times 10^{-4}} = 0.0235 \text{ m/s}$$

同理, 通过底部连通管截面 A_3 处的流量 $Q_3 = Q_1$ 。

$\therefore$

$$Q_3 = v_3 A_3$$

$\therefore$

$$v_3 = \frac{Q_3}{A_3} = \frac{0.226 \times 10^{-4}}{0.13 \times 10^{-4}} = 1.74 \text{ m/s}$$

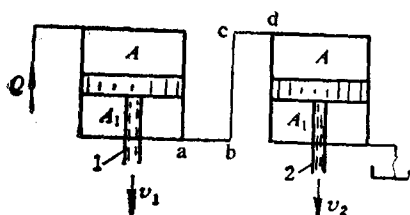


图 1—5

可以看出, 由于 A_3 处面积最小, 所以液体流经该处时, 流速最快。

例 1—2 见图 1—5 所示液压装置, 设左、右两缸活塞 1、2 的有效面积相同、缸上腔的面积为 A , 下腔的面积为 A_1 , 若对 1 缸上腔输入流量为 Q 的油液, 问通过管路 $abcd$ 进入 2 缸上腔的流量 Q' 是多少?

解: 根据式 (1—2) 可知活塞 1 下移的速度为 v_1 是,

$$v_1 = \frac{Q}{A}$$

进入 2 缸上腔的油液是被活塞 1 的下移运动排出来的, 根据液流连续性原理, 从 1 缸下腔排出来的流量和通过管道 $abcd$ 而进入 2 缸上腔的流量相等, 就是 Q' , 其大小等于活塞 1 的下移速度和活塞 1 在下腔的有效面积之积, 即,

$$\begin{aligned} Q' &= v_1 A_1 \\ &= \frac{Q}{A} A_1 \end{aligned}$$

很明显 $Q' \neq Q$ 。因为 1 缸上腔和下腔被活塞 1 隔开了, 只有从 1 缸下腔起, 经过管路 $abcd$ 至 2 缸上腔这一区间才符合液流连续性原理。

例 1—3 如将图 1—5 所示液压装置中的左、右两缸都改为双杆活塞缸, 如图 1—6 所示, 此时两缸上、下腔的有效作用面积都是 A_1 。问 1 缸上腔输入流量为 Q 的油液, 那么进入 2 缸上腔的流量 Q' 是多少呢?

解: $\therefore$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1}$$

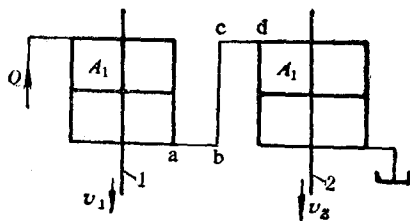


图 1—6

此时由于活塞上、下两腔有效面积相同都是 A_1 ，所以从1缸下腔排出的最终进入2缸上腔的流量 Q' 为：

$$\begin{aligned} Q' &= v_1 A_1 \\ &= \frac{Q}{A_1} A_1 = Q \end{aligned}$$

此时虽然输入1缸上腔的流量 Q 和进入2缸上腔的流量 Q' 相等，但仍然是只有在从1缸下腔起，经管路abcd至2缸上腔这个区间是符合液流连续性原理的。

§ 1—2 液体流动中的压力和流量损失

一、压力损失

由于液体具有粘性，在管路中流动时又不可避免地存在着摩擦力，所以液体在流动中必然要损耗一部分能量。这部分能量的损耗主要表现为压力损失。

压力损失有沿程损失和局部损失两种。沿程损失是当液体在直径不变的直管中流过一段距离时，因摩擦而产生的压力损失。局部损失是由于管子截面形状突然变化、液流方向改变或其它形式的液流阻力而引起的压力损失。总的压力损失等于沿程损失与局部损失之和。

由于零件结构的不同、尺寸的偏差与表面粗糙度的不同，要准确地计算出总的压力损失的数值是困难的。但压力损失又是液压传动中一个必须考虑的因素，它关系到确定系统所需的供油压力和系统工作时的温升。生产实践中也希望压力损失尽可能小些。

由于压力损失的必然存在，所以泵的额定压力要略大于系统工作时所需的最大压力。一般可将系统工作所需的最大压力乘以一个1.3~1.5的系数来估算。

二、流量损失

在液压系统中，各液压元件都有相对运动的表面，如油缸内表面和活塞外表面，因为要有相对运动，所以它们之间都有一定的间隙，如果间隙的一边为高压油，另一边为低压油，则高压油就会经间隙流向低压区而造成泄漏。同时由于液压元件密封不完善，一部分油液也会向外部泄漏。这种泄漏造成实际流量有所减少，这就是我们所说的流量损失。

流量损失影响运动速度，而泄漏又难以绝对避免，所以在液压系统中泵的额定流量要略大于系统工作时所需的最大流量。通常也可以用系统工作所需的最大流量乘以一个1.1~1.3的系数来估算。

§ 1—3 液压冲击和空穴现象

一、液压冲击

在液压系统中，当油路突然关闭时，会产生急剧的压力升高，这种现象称为液压冲击。

造成液压冲击的主要原因是液压速度的急剧变化、高速运动工作部件的惯性力和某些液压元件反应动作不够灵敏。

当导管内的油液以某一速度运动时，若在某一瞬间迅速截断油液流动的通道（如关闭阀门），则油液的流速将从某一数值在某一瞬间突然降至零，此时油液流动的动能将转化为油液的挤压能，从而使压力急剧升高，造成液压冲击。高速运动的工作部件的惯性力也会引起

系统中的压力冲击,例如油缸部件要换向时,换向阀迅速关闭油缸原来的排油管路,这时油液不再排出,但活塞由于惯性作用仍在运动而引起压力急剧上升造成压力冲击。液压系统中由于某些液压元件动作不灵敏,例如不能及时地开启油路,也会引起压力的迅速升高形成冲击。

产生液压冲击时,系统中的压力瞬间就要比正常压力大好几倍,特别是在压力高、流量大的情况下,极易引起系统的振动、噪音甚至导管或某些液压元件的损坏,既影响系统的工作质量又会缩短其使用寿命。还要注意的是由于压力冲击产生的高压可能使某些液压元件(如压力继电器)产生误动作,而损坏设备。

避免液压冲击的主要办法是避免液流速度的急剧变化。延缓速度变化的时间能有效地防止液压冲击,如将液动换向阀和电磁换向阀联用可减少液压冲击,因为液动换向阀能把换向时间控制得慢一些。

二、空穴现象

在液流中当某点压力低于液体的饱和蒸气压时,液体就汽化形成气泡,同时原来溶于液体中的气体也会分离出来产生气泡,从而使液流呈不连续状态,这就叫空穴现象。

如果液压系统中发生了空穴现象,液体中的气泡随着液流运动到压力较高的区域时,气泡在较高压力作用下将迅速破裂。从而引起局部液压冲击,造成噪音和振动。另一方面,由于气泡破坏了液流的连续性,降低了油管的通油能力,造成流量和压力的波动,使液压元件承受冲击载荷,影响其使用寿命。同时气泡中的氧也会腐蚀金属元件的表面,我们把这种因发生空穴现象而造成的腐蚀叫汽蚀。

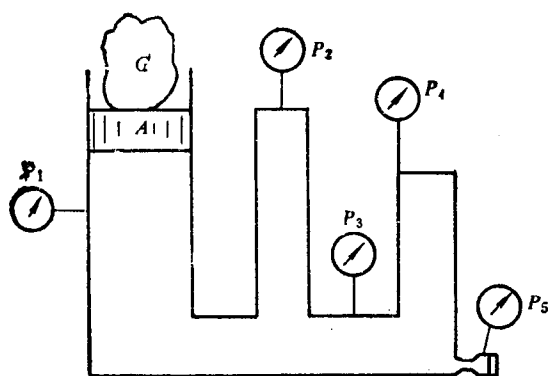
在液压传动装置中,汽蚀现象可能发生在油泵、管路以及其它具有节流装置的地方,特别是油泵装置,这种现象最为常见。

为了减少汽蚀现象,应使液压系统内所有各点的压力均高于液压油的空气分解压力。例如应注意油泵的吸油高度不能太高;吸油管径不能太小(因为管径过小就会使流速过快而造成压力降得很低);油泵的转速不要太高;管路应密封良好;回油管出口应没入油面以下等。总之,应避免流速的剧烈变化和外界空气的混入。

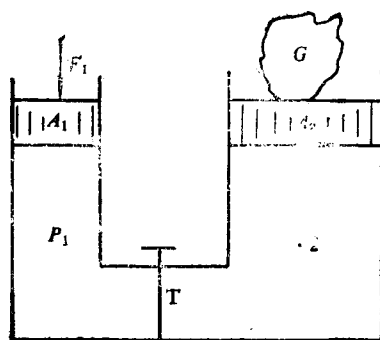
汽蚀现象是液压系统产生各种故障的原因之一,特别在高速、高压的液压设备中更应注意。

习 题 一

- 1—1 试述液压传动原理的基本要点。
- 1—2 液压油的性能指标是什么?并说明其含义。
- 1—3 液压系统通常都由哪些部分组成?各部分的主要作用是什么?
- 1—4 液压系统中压力的含义是什么?压力的单位是什么?
- 1—5 试述帕斯卡原理。
- 1—6 液压系统中压力是怎样形成的?压力的大小取决于什么?
- 1—7 如题图1—1所示,已知活塞面积 $A=10\times 10^{-3}\text{m}^2$,包括活塞自重在内的总负重 $G=10000\text{N}$,问从压力表上读出的压力 P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 是多少?
- 1—8 如题图1—2所示连通器,中间有一活动隔板T,已知活塞面积 $A_1=1\times 10^{-3}\text{m}^2$, $A_2=5\times 10^{-3}\text{m}^2$, $F_1=100\text{N}$, $G=1000\text{N}$,活塞自重不计,问:1)当中间用隔板T隔断时,连通



题图 1—1



题图 1—2

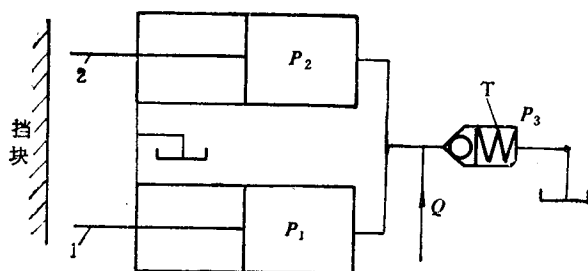
器两腔压力 P_1 , P_2 是多少? 2) 当把中间隔板抽去, 使连通器连通时, 两腔压力 P_1 , P_2 是多少? 力 F_1 能否举起重物 G ?

1—9 如题图1—2所示连通器, 当抽去中间隔板 T 后若要使两活塞保持平衡, F_1 应是多少?

1—10 如题图1—2所示连通器, 若 $G=0$, 其它已知条件都同题1—8, 在抽去隔板 T 后, 两腔压力 P_1 , P_2 是多少?

1—11 液压系统当某处有几个负载并联时, 其系统压力取决于什么?

1—12 如题图1—3所示液压系统, 已知使活塞1、2向左运动所需的压力分别为 P_1 、 P_2 , 阀门 T 的开启压力为 P_3 , 且 $P_1 < P_2 < P_3$ 。问: 1) 哪个活塞先动? 此时系统中的压力为多少? 2) 另一个活塞何时才能动? 这个活塞动时系统中压力是多少? 3) 阀门 T 何时才会开启? 此时系统压力又是多少?



题图 1—3

1—13 题1—12中若 $P_1 < P_2 < P_3$, 此时两个活塞能否运动? 为什么?

1—14 什么是流量? 什么是液流连续性原理?

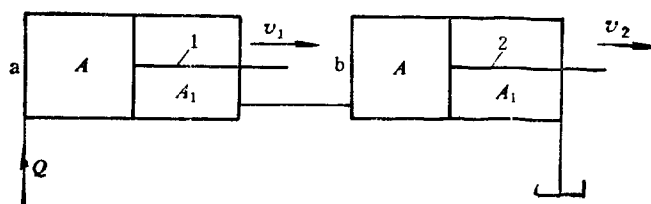
1—15 如题图1—4所示液压系统, a 、 b 两缸无杆腔的有效面积均为 A , 有杆腔的有效面积均为 A_1 , 若由 a 缸输入流量 Q , 问活塞1、2的运动速度 v_1 、 v_2 各是多少?

1—16 为什么液压系统油泵的供油压力和输出流量要略大于系统最大工作压力和系统

所需最大流量？

1—17 什么是液压冲击？它发生的原因是什么？

1—18 什么是空穴现象？它有哪些危害？应怎样避免？



题图 1—4

第二章 液压泵和液压缸

§ 2—1 液 压 泵

一、泵的工作原理、作用和分类

图2—1所示为液压泵的工作原理图。活塞3装在泵体4内并可作上下滑动，在弹簧5的作用下，活塞杆紧压在偏心轮2的外圆表面上。当电机1带动偏心轮旋转时，偏心轮则推动活塞上下运动。当偏心轮转到图示位置时，弹簧5使活塞向下运动，此时泵体上腔的密封容积迅速扩大，形成部分真空，油箱8中的油液在大气压力作用下，推开阀门6中的钢球进入泵体4内，此时阀门7中的钢球在弹簧作用下堵住管口9，系统中的油不会回流。可见当泵体内的密封容积扩大时完成吸油。当偏心轮继续旋转180°时，偏心轮将顶着活塞向上运动，此时泵体密封容积缩小，将油压出，压力油推开阀门7中的小钢球经管道10流入系统中。此时阀门6中的小钢球则堵住管口11，压出的油不会回流进油箱从而完成排油。可见当泵体内密封容积迅速缩小时完成压油。这样就将机械能转换成液压能。

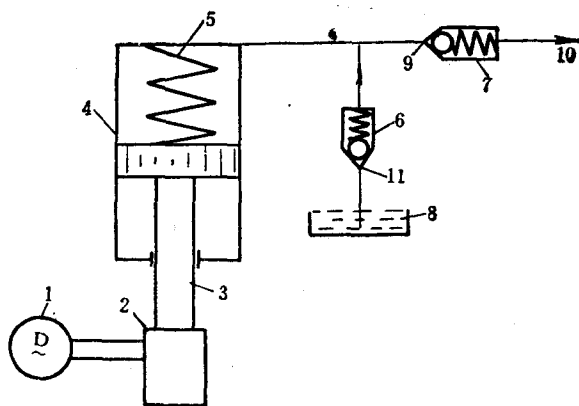


图 2—1 泵的工作原理图

显然，这种泵是依靠泵的密封工作腔的容积变化而实现吸油（容积由小变大）和压油（容积由大变小）的，因而称为容积式泵。

容积式泵的流量大小取决于密封工作腔容积变化的大小和次数。若不计泄漏，流量与压力无关。

在液压系统中，液压泵是将电机或其它发动机输入的机械能转变为液压能的一种能量转换装置。它是液压系统的压力油源。

液压泵的分类方式很多，它可以按压力的大小分为低压泵、中压泵和高压泵。也可按流量是否可以调节分为定量泵和变量泵。又可按泵的结构分为齿轮泵、叶片泵和柱塞泵，其中

齿轮泵和叶片泵多用于中、低压系统中，柱塞泵多用于高压系统中，它们都属于容积式泵，在机床设备中基本上都是采用这类泵。

二、常用液压泵

1. 齿轮泵 图2—2所示为齿轮泵的工作原理图。齿轮泵由装在泵体3内的一对齿轮1和2组成，齿轮的两端面靠两端盖密封。其密封的工作空间由泵体、端盖和齿轮的各个齿间槽形成。油泵运转时泵轴带动主动和从动齿轮一起回转（如图中箭头所示），在轮齿从啮合到脱开的一侧，（如图中水平中心线的下方），密封的工作空间容积逐渐增大，形成部分真空，油箱中的油液在大气压力的作用下经吸油管进入吸油腔，进入吸油腔的油液被转动的齿轮带到另一侧的压油腔（如图中水平中心线的上方），在这一侧轮齿逐渐进入啮合，密封工作空间容积逐渐缩小从而将齿间槽中的油液挤出。

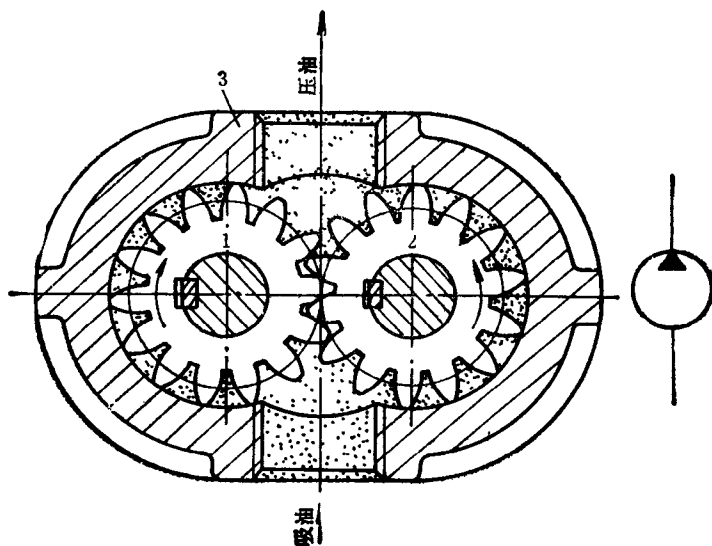


图 2—2 齿轮泵工作原理图

十分明显，齿轮泵工作时吸油腔与压油腔的压力差较大，吸油腔通常低于大气压力而压油腔则为工作压力。工作压力越高两侧径向压力不平衡的问题就越严重。为了改善这种状况，通常都采用缩小压油口的办法，使压力油作用于齿轮上的面积缩小，从而相应减小径向力。由此可知，齿轮泵一旦做好，进、出油口是不能互换的，泵体内齿轮的旋转方向也不能改变。

由于齿轮泵具有结构简单、制造容易、工作可靠、自吸性能好、转速范围大等优点，目前获得了广泛的应用。在中、低压液压系统中应用很普遍，特别是压力为 $25 \times 10^5 \text{Pa}$ 的齿轮泵应用较多。

齿轮泵是定量泵，即其流量不可调节。定量泵的职能图形符号见图2—2中右侧小图。

2. 叶片泵：叶片泵有两种结构型式：一种是单作用叶片泵，另一种是双作用叶片泵。

单作用叶片泵的工作原理如图2—3所示。叶片3布置在与转子2半径方向相同但具有一定角度的槽中，泵轴1与定子4之间有偏心。当泵轴带动转子转动时，叶片在离心力作用下，被甩出并紧贴于定子的圆柱形内表面上，此时，定子、转子、叶片和端盖间就形成了若干个密