

液压与液力传动

[home](#)[examination](#)[blog](#)[about](#)[contact](#)

液压传动

第一章 概述

第二章 液压流体力学基础

第三章 液压动力元件

第四章 液压执行元件

第五章 液压控制元件

第六章 液压系统的辅助元件

第七章 液压系统的基本回路

第八章 典型液压系统

液力传动

第九章 概述

第一章 概述

传动定义为：传递运动和动力的方式。常见传动方式有：

1. 机械传动，如通过齿轮、轴、曲轴等的传动形式；
2. 电力传动，如通过感应电动机，直线电动机等的传动；
3. 液体传动，如液压和液力传动；
4. 气体传动，如气压传动；
5. 复合传动，上述传动方式的组合。

其中的液体传动是本门课程的重点讲解内容，其定义是：用液体作为工作介质进行能量传递的传动方式。其又可以分为如下两种传动方式：

1. 液压传动：利用液体的压力能来传递能量，原理为帕斯卡原理；
2. 液力传动：利用液体的动能来传递能量，原理为动量矩定理。

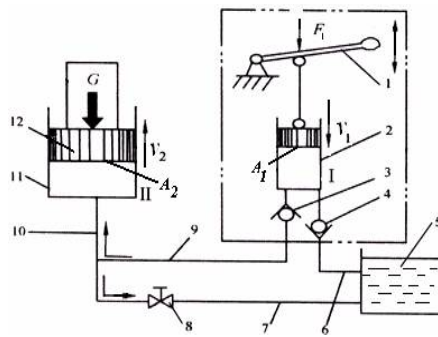
§1.1 液压传动的工作原理及工作特性

一、液压传动的工作原理

以液压千斤顶为例：



其工作原理图如下所示：



假设重物重量为 W ，手柄上作用力为 F ，大小活塞面积分别为 A_1 和 A_2 ，根据帕斯卡定理，有

$$p_1 = \frac{F}{A_1} = p_2 = \frac{W}{A_2}$$

1、力的传递

从液压千斤顶的工作原理可知，两个液压缸中的压力变化应该是相等的。从上式可知，在 A_1 和 A_2 一定时，负载 W 越大，工作压力 p 也越高，所需 F 也越大；当 W 等于0时， F 等于0，即工作压力 p 为0，这说明工作压力与外负载密切相关。

因此得出液压传动的工作特性一：系统的工作压力取决于负载，而与流入的液体多少无关。

2、运动的传递

设液体不可压缩，没有泄露，缸体和管路无变形，则流出小液压缸的体积等于进入大液压缸的体积，即：

$$h_1 A_1 = h_2 A_2$$

两侧同时除以运动时间，有：

$$\begin{aligned} \frac{h_1 A_1}{\Delta t} &= \frac{h_2 A_2}{\Delta t} \\ v_1 A_1 &= v_2 A_2 \\ q_1 &= q_2 \end{aligned}$$

调节进入大液压缸流量 q_2 就可调节大活塞的运动速度 v_2 。

从而可以得出液压传动的工作特性二：执行元件的运动速度由输入流量的大小决定，与外负载大小无关。

3、功率关系

不计损失,大小液压缸的功率分别为：

$$\begin{aligned} P &= F_1 v_1 = F_2 v_2 \\ p_1 v_1 A_1 &= p_2 v_2 A_2 \\ p_1 q_1 &= p_2 q_2 \end{aligned}$$

从上可知大小液压缸传递功率相等。并且，压力与流量是液压传动中最基本、最重要的两个参数。

二、液压传动的概念

液压传动是以液体为工作介质，基于帕斯卡原理，利用液体的压力能传递动力的一种传动形式。

液压传动是一个不同能量形式之间的转换过程，期间的转换过程是：机械能->压力能->机械能。

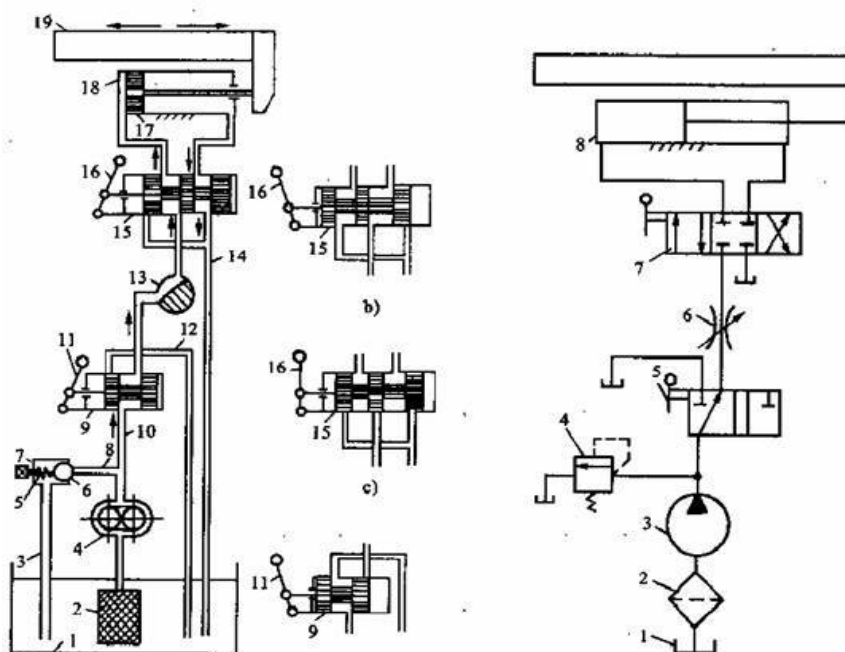
三、液压传动的工作特性

1. 压力决定于负载；
2. 速度决定于流量。

§1.2 液压传动系统的组成

一、机床液压传动系统运动过程及组成分析

以如下机床液压传动系统为例，其系统组成如图：



工作过程如下：

其系统各部件功能如下：

1. 压力油的提供：由液压泵经过滤器对整个系统供油。
2. 工作台运动方向的控制：由换向阀控制。
3. 最大推力控制：由溢流阀控制系统最大工作压力，从而控制液压缸最大推力。
4. 速度控制：由节流阀控制。

二、液压传动系统的组成

从机床工作台工作过程可以看出，一个完整的液压系统应由以下五个部分组成：

1. 动力元件：

它是把机械能转换成液压能，供给液压系统压力油的装置。最常见的形式是液压泵。也称动力装置、能源装置、动力部分或能源部分。

2. 执行元件：

它是把液压能转换成机械能以驱动工作机构的装置。其形式有作直线运动的液压缸，有作回转运动的液压马达。也称执行装置或执行部分。

3. 控制调节元件：

它是对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。如溢流阀、节流阀、换向阀和手动开关等。也称控制装置或控制部分。

4. 辅助元件：

上述三部分之外的其他装置，例如密封件、油箱，滤油器、油管等。它们对保证系统正常工作是必不可缺少的。也称辅助装置或辅助部分。

5. 工作介质：

传递能量的流体，即液压油等。

三、液压系统的表示方法

图示的液压系统是一种半结构式的工作原理图。它有直观性强、容易理解的优点，当液压系统发生故障时，根据原理图检查十分方便，但图形比较复杂，绘制比较麻烦。我国已经制定了一种用规定的图形符号来表示液压原理图中的各元件和连接管路的国家标准，即“液压系统图图形符号(GB/T786.1-1993)”。

§1.3 液压系统的优缺点

一、优点：

1. 功率密度大，在同等输出功率下，液压传动装置的体积小、重量轻、运动惯量小、动态性能好。
2. 可以在运行过程中实现大范围的无级调速，调速范围可达2000。
3. 易实现直线运动，传递运动平稳，易实现快速启动、制动和频繁换向。
4. 传递运动均匀平稳，负载变化时速度较稳定。
5. 空间布置灵活。
6. 很容易实现过载保护，同时能自行润滑，使用寿命长。
7. 操作省力、控制方便，易实现自动控制、中远程控制。
8. 液压元件都是标准化、系列化的产品，便于设计、制造和推广应用。

二、缺点：

1. 传动比不准确，液压油的可压缩性和泄漏等。
2. 效率低，机械摩擦,液体摩擦,泄漏损失。
3. 受环境影响大，油温的变化。
4. 为减少泄漏，零件制造精度高,成本高。
5. 要求有单独的能源。
6. 发生故障后，不易检查和排除。

§1.4 液压系统的应用

一、发展概况：

1. 17世纪中叶（1650），法国人帕斯卡提出静压传递原理；
2. 18世纪末，英国人约瑟夫·布拉默制成世界第一台水压机；
3. 1905年，美国人詹尼（Janney）设计了第一台轴向柱塞泵，并于1906年用于战舰炮塔的控制系统；
4. 19世纪广泛应用于军事领域（雷达、飞机、舰船、装甲车辆等）；
5. 第二次世界大战期间，液压传动技术得到了迅速发展，并在战后转为民用；
6. 当代液压技术，一方面向高速、高压、大功率方面发展，另一方面，与微电子、计算机技术结合，应用与控制领域...；

二、应用领域：

1. 工程机械：挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等；
2. 起重运输机械：汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等；
3. 矿山机械：凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等；
4. 建筑机械：打桩机、液压千斤顶、平地机等；
5. 农业机械：联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等；

6. 冶金机械：电炉炉顶及电极升降机等、轧钢机、压力机等；
7. 轻工机械：打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等；
8. 汽车工业：自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等；
9. 智能机械：折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等。

§1.5 液压系统的工作介质

一、工作介质的分类

液压工作介质有石油型液压油（简称液压油）、乳化型液压液（简称液液液）和合成型液液液三类。90% 液压设备采用液压油，故主要介绍液压油。

二、液压油的物理性质

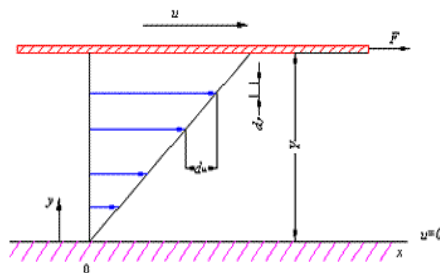
1、密度

单位体积液体的质量，单位 kg/m^3 我国采用 20°C 时液压油的密度作为标准密度。 20°C 时，常用液压油的密度为 $850\text{--}900\text{kg/m}^3$ 。

2、粘性

液体在外力作用下流动或有流动趋势时，分子间的内聚力会阻碍分子间的相对运动而产生的一种内摩擦力，液压油的这种性质成为粘性。常用的粘度表示方法有：动力粘度、运动粘度和相对粘度。

2.1 动力粘度



平板间的流体剪切应力与速度梯度

根据牛顿内摩擦定理，流体层间的内摩擦力与流体层的接触面积 A 及流体层的速度梯度 $\frac{du}{dy}$ 成正比，即

$$F_f = A\mu \frac{du}{dy}$$

式中： μ 为衡量流体粘性的比例系数，称为绝对粘度或动力粘度；单位 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。 $\frac{du}{dy}$ 表示流体层间速度差异的程度，称为速度梯度。

2.2 运动粘度

运动粘度定义为：

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

单位 m^2/s 工程常用 mm^2/s ，称 cSt （厘斯）。

$$1\text{m}^2/\text{s} = 10^6\text{mm}^2/\text{s}$$

在我国，运动粘度是划分液压油牌号的依据。国家标准 GB/T3141-1994 中规定，液压油的牌号就是用它在温度为 40°C 时的运动粘度平均值(单位 mm^2/s 来表示的。例如 YA-N32 号液压油，就是指这种油在 40°C 时的运动粘度平均值是 $32\text{mm}^2/\text{s}$ 。

2.3 相对粘度

相对粘度是以相对于蒸馏水的粘性的大小来表示该液体的粘性的。各国采用的相对粘度单位有所不同。有的用赛氏粘度（SSU，美国），有的用雷氏粘度（R，英国），我国采用恩氏粘度（°E，中国，德国）。



恩氏粘度的测定方法如下：在某特定温度 $t^{\circ}\text{C}$ 下，测定 200cm^3 被测液体在自重作用下流过直径 2.8mm 小孔所需的时间 t_1 ，然后测出同体积的蒸馏水在 20°C 时流过同一小孔所需时间 t_2 ， t_1 与 t_2 的比值即被测液体温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时的恩氏粘度，用符号 $^{\circ}\text{E}_t$ 表示。

$$^{\circ}\text{E}_t = \frac{t_1}{t_2}$$

一般以被测液体 20°C ， 40°C 及 100°C 作为测定其恩氏粘度的标准温度，由此而得到的恩氏粘度分别用 $^{\circ}\text{E}_{20}$ ， $^{\circ}\text{E}_{40}$ 和 $^{\circ}\text{E}_{100}$ 来表示。

恩氏粘度与运动粘度的换算关系为：

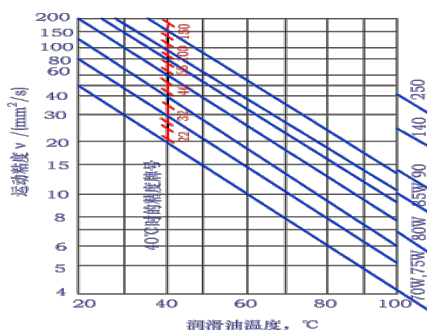
$$\nu = \left(7.31^{\circ}\text{E} - \frac{6.31}{^{\circ}\text{E}} \right) \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$$

2.4 温度对粘性的影响

液体粘度受温度的影响很大，它随温度的升高而显著减小。粘度的变化直接影响系统性能，造成泄漏增加，故希望粘度受温度的影响越小越好。液压油液的粘度随温度变化的性质为粘温特性。

（粘度指数VI表示液体的粘度随温度变化的程度与标准液的粘度变化程度之比。粘度指数高，粘温曲线平缓，表示粘度随温度变化小，粘温特性好。通常精制液液压油，粘度指数大于100。）

各种液压油的粘温特性可参考教材。一般液压系统要求工作介质的粘度指数应在90以上。



2.5 压力对粘性的影响

压力对油液的粘度影响较小。压力升高，粘度变大。油液粘度随压力的变化关系叫油液的粘压特性。一般系统压力不高或变化不大时，压力对粘度的影响可以忽略。而压力较高或变化大时，则要考虑压力对粘度的影响。

3、可压缩性

当液体受压力作用而体积减小密度增大的特性称为液体的可压缩性。液体压缩性的大小可用体积压缩

率 k 来表示。体积压缩率 k ，定义为增加单位压力时体积的相对缩小量，单位 Pa^{-1} 。

$$k = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V}$$

k 的倒数为液体的体积弹性模量用 K 表示，单位 Pa 。 K 值表示液体抵抗压缩能力的大小，液压油的可压缩性是钢的100-150倍。

4、其他特性

液压油液还有其他的一些物理化学性质，如抗燃性、抗氧化性、抗凝性、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性、润滑性、导热性和稳定性、对材料的不侵蚀等，这些性质影响液压系统的性能。具体查阅相关资料。

三、液压系统对液压油的要求

对液压油液的要求：

1. 合适的粘度，较好的粘温特性，即粘度随温度变化小。
2. 润滑性好。
3. 化学稳定性好，油液不易氧化和变质。
4. 成分纯净，杂质少。
5. 抗泡沫性好，抗乳化性好，对金属和密封件相容性好。
6. 流动点和凝固点低，闪点和燃点高。
7. 体积膨胀系数低，比热容和传热系数高。
8. 对人体无害，成本低。

四、液压油的选用

选择时首先考虑粘度，选择合适粘度的液压油，还要考虑：

1. 工作压力。压力高选粘度较大的液压油，以减少泄漏；压力小选粘度较小的液压油，以减小损失。
2. 环境温度。环境温度高，用粘度大的液压油。
3. 运动速度。速度高，用粘度小的液压油，以减小损失。
4. 液压泵的类型。

五、液压油的污染与防护

1. 液压油污染的原因：

液压系统内的型砂、切屑、磨料、焊渣、锈片、灰尘等污垢在系统使用前未被冲洗干净，导致使用时进入油液。

外界的灰尘、砂粒通过活塞杆等进入。检修时不注意也会使得灰尘、棉绒进入液压油。

液压系统本身也不断产生污垢，如金属和密封材料的磨损颗粒等，直接进入液压油里。

2. 防止污染的措施：

使液压油液在使用前保持清洁。

使得液压系统在装配后、运转前保持清洁。

使得液压系统在工作中保持清洁。

采用合适的滤油器。

定期更换液压油。

控制液压油液的温度，环境温度 $\pm 30^{\circ}\text{C}$ 以内。

© 地址：江西省赣州市红旗大道86号 邮编：341000 | 吴海燕设计，Email: whyfool@gmail.com