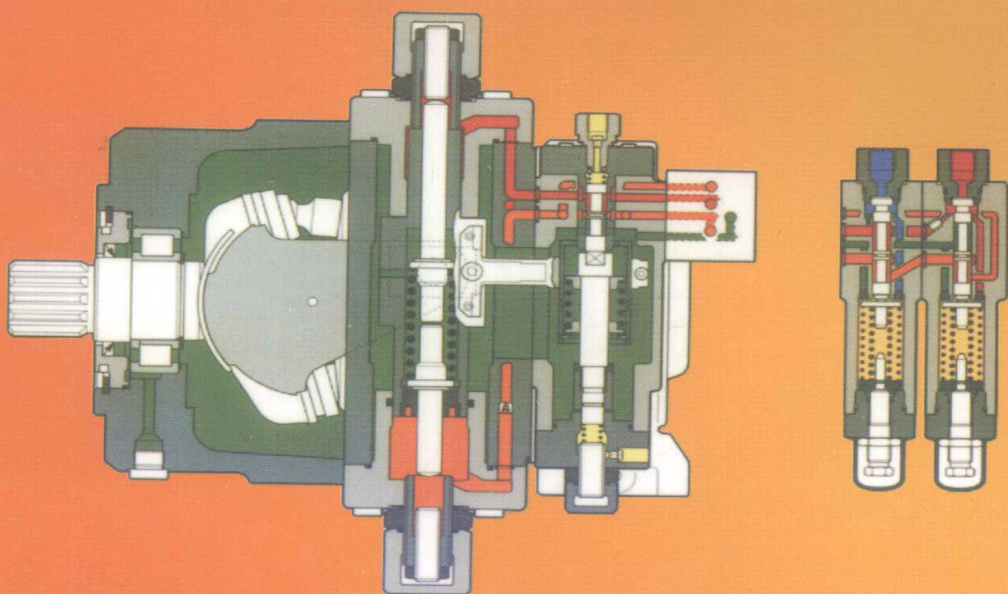


大型养路机械职工培训系列丛书

液压传动原理 与故障诊断

毛必显 孙宝青◎主编 江河◎主审



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

工程机械职工培训系列丛书

液压传动原理与故障诊断

毛必显 孙宝青 主编

江 河 主审

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

液压传动原理与故障诊断 / 毛必显, 孙宝青主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2007.10

(大型养路机械职工培训系列丛书)

ISBN 978-7-81104-770-7

I. 液… II. ①毛…②孙… III. 液压传动—技术培训—教材 IV. TN7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 162262 号

大型养路机械职工培训系列丛书

液压传动原理与故障诊断

毛必显 孙宝青 主编

*

责任编辑 王 旻

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川锦祝印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 18.125

字数: 451 千字 印数: 1—3 000 册

2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-770-7

定价: 27.90 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《大型养路机械职工培训系列丛书》

编写委员会

主任委员 许建明

副主任委员 董朝兴 胡跃进 王尊贤

编 委 于家和 马云昆 江 河 沈德明

张宝明 毛必显 任延军

前言

科学技术的迅猛发展和我国社会主义市场经济体制的建立与深入,整个工业生产对现代化设备的需求和依赖程度愈来愈高。实践表明,工业企业生产设备的技术状态对劳动生产率、产品质量、生产成本、安全和环保等,在一定意义上可以说有着决定性的作用,这也是现代科学技术和社会经济互相渗透、互相促进、互相结合的一种必然趋势。

铁路行业也不例外。自 1984 年从国外引入大型养路机械进行线路维修、大修以来,铁路工务系统的作业方式和维修体制已经发生了根本性的变革,线路养护修理的质量、效率得到极大提高,施工与运行的矛盾得到很大程度缓解,施工生产中的事故明显减少。特别是在铁路大提速工程中,大型养路机械更是发挥出了不可替代的作用,已成为确保线路质量、提高既有线路效能,保证高速、重载、大密度铁路运输必不可少的现代化装备。

正是由于大型养路机械设备为铁路建设事业的发展作出的巨大贡献,所以,大型养路机械事业正以飞跃的速度向前发展。全路大型养路机械设备的品种和装备数量快速增加,大型养路机械使用人员的队伍正不断壮大。由此,在管理、安全、生产、使用等各方面又带来许多问题。大型养路机械是资金密集、技术密集的现代化设备,具有结构复杂、生产率高、价格昂贵等特点,并且,大型养路机械使用集运行、施工、检修于一身,所以,如何用好、管好、修好这些设备,不仅关系到设备本身的寿命,而且直接关系到大型养路机械施工企业的生产计划、施工质量、市场信誉、经济效益,甚至关系到企业的兴衰成败。要用好、管好、修好大型机械设备,人的因素是最关键的,这在铁道部、铁路局、机械化段都有着同样的共识和紧迫感。要得到与大型养路机械运用相适应的高素质的职工队伍,就需要对职工队伍进行不断的培养和教育,对各种培训的需求也就与日俱增,培训的要求也越来越高。面对文化程度相对较低、专业知识匮乏、基本素质参差不齐的人员队伍,不仅要开展一时一项、短期的各种培训,诸如新进人员的岗前培训、工班长的提高培训、技术人员的专业培训、检修人员的技术培训、管理人员的业务培训,更应该进行长期的、系统的、全面的基础培训和技能培训,以提高从业人员的综合素质和技术水平,发挥大型机械设备的最佳效能。

然而,迄今还没有一套系统、全面、完整的培训教材,无疑,给各种培训工作的开展带来一定的困难。为此,昆明中铁大型养路机械集团有限公司、铁路大型养路机械培训中心根据大型养路机械发展的需要,结合大型养路机械设备的技术及使用人员的基本情况,组织技术人员陆续编写出一套大型养路机械职工培训丛书,以填补这方面的空白,从而为推动大型养路机械事业的向前发展作出贡献。

本书由铁路大型养路机械培训中心毛必显高级工程师、北京铁路局工务处孙宝青主编,昆明中铁大型养路机械集团有限公司江河副总经理主审。在编写过程中得到了铁路大型养路机械培训中心邵维工程师以及许多同仁的支持和帮助,在此表示感谢。

限于我们的知识水平和实践能力,书中难免有纰漏和错误,恳请专家与读者批评指正。

编者

2007 年 8 月

目 录

第一章 液压传动基础	1
第一节 液压传动的工作原理及其组成.....	1
第二节 液压传动的基础知识.....	3
第三节 液压传动的特点.....	9
第四节 液压传动系统及图形符号.....	10
第二章 液压泵与液压马达	18
第一节 液压泵与液压马达概述.....	18
第二节 齿轮泵与齿轮马达.....	23
第三节 叶片泵与叶片马达.....	29
第四节 柱塞泵与柱塞马达.....	39
第五节 螺杆泵与螺杆马达.....	47
第六节 液压泵与液压马达的选用与故障排除.....	48
第三章 液压缸	53
第一节 液压缸的类型及其特点.....	53
第二节 液压缸的典型结构和组成.....	58
第三节 液压缸常见故障诊断与排除.....	64
第四章 液压控制阀	66
第一节 液压阀的分类及基本要求.....	66
第二节 方向控制阀.....	68
第三节 压力控制阀.....	88
第四节 流量控制阀.....	103
第五节 伺服阀、比例阀与插装阀.....	108
第五章 液压辅助元件	121
第一节 蓄能器.....	121
第二节 过滤器.....	124
第三节 油管和管接头.....	132

第四节	密封装置	136
第五节	油箱及其附件	140
第六节	热交换器	142
第七节	压力表与压力表开关	144
第六章	液压油	146
第一节	液压油的特性	146
第二节	液压油的种类与选用	149
第三节	液压油的污染与控制	152
第七章	液压基本回路	157
第一节	压力控制回路	157
第二节	速度控制回路	167
第三节	方向控制回路	179
第四节	多缸工作控制回路	182
第五节	液压马达回路	186
第六节	液压回路故障的诊断与排除	188
第八章	典型液压传动系统分析	207
第九章	液压系统的安装调试与使用维护	221
第一节	液压系统的安装	221
第二节	液压系统的清洗	235
第三节	液压系统的调试	238
第四节	液压系统的使用与维护	242
第十章	液压系统的故障诊断与排除	247
第一节	液压系统故障的特点	247
第二节	液压系统的故障诊断	250
第三节	液压系统的故障排除与修理	258
参考文献		282

第一章 液压传动基础

液压系统是以液体为工作介质传递机械能，实现各种机械传动和自动控制的机械组成部分。大型养路机械的液压系统包括两部分，一部分是利用液体的压力能来进行能量传递和控制的传动方式，称为液压传动；另一部分是利用液体的动能来进行能量传递的传动方式，称为液力传动，它们都是利用各种元件组成所需功能的基本回路，再由若干基本回路有机组合成不同的传动和控制系统，从而实现能量的转换、传递和控制。所以，要学习和掌握大型养路机械液压系统，必须先了解组成系统各类元件的结构、工作原理、工作性能，以及由这些元件所组成的各类控制回路的性能和特点，并在此基础上形成对液压、液力传动及控制系统的分析技能。结合所学原理，在熟悉具体设备结构并进行实践的过程中，不断掌握大型养路机械液压系统的安装、调试、维护、修理及使用知识，最终达到能熟练地操纵和运用各种大型养路机械设备的目的。

由于液压传动与液力传动在原理上有根本的区别，而且各种大型养路机械上均采用液压传动，部分大型养路机械采用液压与液力传动，故本课程主要分析液压传动系统的组成、液压元件的故障与处理、液压基本控制回路、液压系统的安装调试、维护使用及常见故障的诊断和处理。

第一节 液压传动的工作原理及其组成

一、液压传动的工作原理

液压传动是利用密闭系统中的受压液体来传递运动和动力的一种传动方式。对于不同的液压装置和设备，它们的液压传动系统虽然不同，但液压传动的基本工作原理是相同的。为了了解液压传动的基本工作原理，可以通过液压千斤顶的做功过程来加以说明。

图 1.1 所示为液压千斤顶的工作原理图，它由手动柱塞泵和举升缸两部分构成。手动柱塞泵由手动杠杆 1、小活塞 2、泵体 3、进油单向阀 4 和排油单向阀 5 组成，举升缸由液压缸 6 和大活塞 7 组成。大活塞 7 和小活塞 2 可以分别在液压缸 6 和泵体 3 内上下移动。因活塞与缸体或泵体内壁间有良好的密封，所以形成容积可变的密封空间。

当手动杠杆 1 摆动时，小活塞 2 作往复运动。小活塞 2 上移，泵体 3 下腔内的容积扩大而形成真空，排油单向阀 5 关闭，油箱 9 中的油液则在大气压力的作用下，推开进油单向阀

4 的阀芯进入并充满泵体 3 的下腔;小活塞 2 下移, 泵体 3 下腔的容积减小, 其内压力升高, 使进油单向阀 4 关闭, 排油单向阀 5 开启, 油液进入液压缸 6 的下腔推动大活塞 7 向上移动。反复提压手动杠杆 1, 就可以使油箱中的油液不断被泵吸入并送到举升缸中, 使大活塞推举重物不断上升。将放油阀 8 转动 90°, 液压缸 6 下腔与油箱连通, 油液在重力的作用下流回油箱, 大活塞即可复位。这就是简单液压传动装置的工作原理。

从液压千斤顶的工作过程可以看出, 液压传动有以下特点:

- ① 液压传动以液体（液压油）作为传递运动和动力的工作介质, 而且传动中必须经过两次能量转换, 先是通过动力装置（液压泵等）把机械能转换成液体的压力能, 然后再通过液动机（液压马达、液压缸等）把液体的压力能转换成机械能。
- ② 油液必须在密闭容器或密闭系统内传送, 而且必须有密闭容积的变化。如果容器（或系统）不密封, 就不能形成必要的压力; 如果密闭容积不变化, 就不能实现吸油和压油, 也就不可能利用受压液体传递运动和动力。

二、液压系统的组成

从图 1.1 看出, 液压系统是由具有各种功能的液压元件有机地组合而成的。无论是最简单的液压系统, 还是很复杂的液压系统, 若要正常工作, 必须由以下五部分元件组成, 如图 1.2 所示。

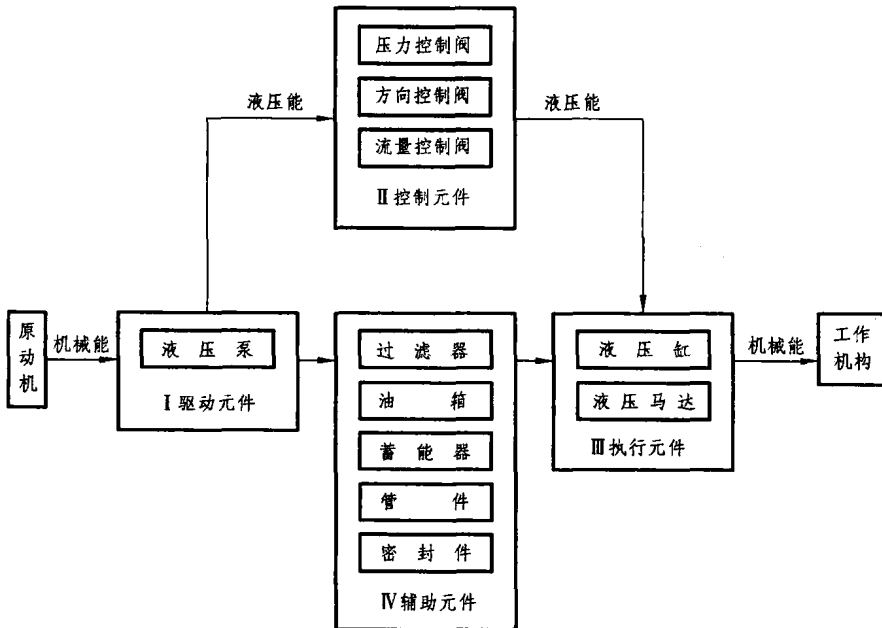


图 1.2 液压系统的组成

1. 驱动元件

驱动元件的作用是将原动机输入的机械能转变成液体的压力能，为液压系统提供动力。常见的驱动元件是液压泵。

2. 执行元件

执行元件的作用是将油液的压力能转换成机械能对外做功，以带动负载进行直线运动或回转运动。常见的执行元件有液压缸和液压马达。

3. 控制元件

控制元件的作用是控制和调节液压系统中油液的流量、压力和流动方向，以保证执行元件达到所要求的输出力（或力矩）、运动速度和运动方向。这类元件主要包括各种压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀。

4. 辅助元件

辅助元件是指对工作介质起到容纳、净化、润滑、消声和实现元件间联接等作用的装置，如油箱、过滤器、油管、管接头等，它们对保证液压系统可靠和稳定持久地工作是不可缺少的。

5. 工作介质

工作介质在液压传动及控制中起传递运动、动力和信号的作用。工作介质为液压油或其他合成液体。

第二节 液压传动的基础知识

一、液压传动的的基本参数

1. 液体的压力

(1) 压力的含义

液体的压力指的是液体在相对静止状态下，单位面积上所受到的作用力。从严格意义上说，液体的压力实质是指压力强度，即物理意义上的压强，但在液压传动中，人们习惯上都把这个压强叫做压力。

压力通常用 p 表示：

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

式中 F ——作用力 (N)；

A ——作用面积 (mm^2)。

压力的单位是帕斯卡, 简称帕, 符号为 Pa , $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ 。由于 Pa 单位太小, 工程上使用不便, 因而常采用它的倍数单位兆帕或千帕表示, 符号为 MPa 或 kPa 。

$$1 \text{ MPa} = 10^3 \text{ kPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

过去常用的压力单位还有 bar (巴)、 kgf/cm^2 等, 常用废弃单位及换算因数见表 1.1。

表 1.1 常用废弃单位及换算因数

帕 (Pa)	巴 (bar)	公斤力/厘米 ² (kgf/cm ²)	工程大气压 (at)	标准大气压 (atm)	毫米水柱 (mm H ₂ O)	毫米水银柱 (mm Hg)
1×10^5	1	1.019 72	1.019 72	$9.869\ 23 \times 10^{-1}$	$1.019\ 72 \times 10^4$	$7.500\ 62 \times 10^2$

(2) 压力表示法

在地球表面上, 一切物体都受到大气压力的作用, 所以, 液体压力也有绝对压力和相对压力两种表示方法。以绝对真空为基准测量的压力, 称为绝对压力; 而以大气压力作为基准测量的压力, 称为相对压力。因为绝大多数测压仪表都受大气压作用, 仪表指示的压力是相对压力, 所以相对压力又称表压力。显然, 绝对压力与表压力的关系为:

$$\text{绝对压力} = \text{相对压力} + \text{大气压力}$$

如果液体中某点处的绝对压力小于大气压力, 这时在这个点上的绝对压力比大气压小的那部分压力值叫做真空度。即:

$$\text{真空度} = \text{大气压力} - \text{绝对压力}$$

由此可知, 当以大气压为基准计算压力时, 基准以上的正值是表压力, 基准以下的负值就是真空度。绝对压力、相对压力和真空度的相互关系如图 1.3 所示。

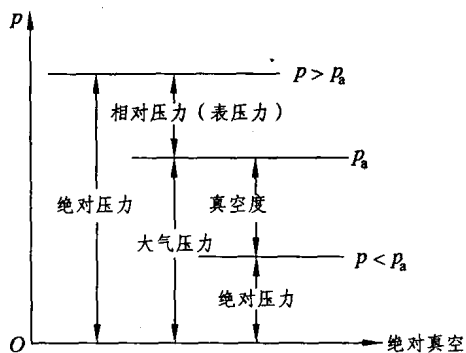


图 1.3 绝对压力、相对压力和真空度之间的关系

(3) 液压系统中工作压力的分级

液压设备的用途不同, 其液压系统所需要的工作压力也不同。为了便于液压元件的设计、生产和使用, 常将工作压力分成几个等级, 见表 1.2。

表 1.2 压力等级

压力等级	低 压	中 压	中高压	高 压	超高压
压力 (MPa)	≤ 2.5	$>2.5 \sim 8$	$>8 \sim 16$	$>16 \sim 31.5$	>31.5

2. 流 量

液体在管道中流动时, 与液体质点的流速方向相垂直的截面称过流断面或通流截面。如图 1.4 中的截面 A 、截面 B 即为过流断面。

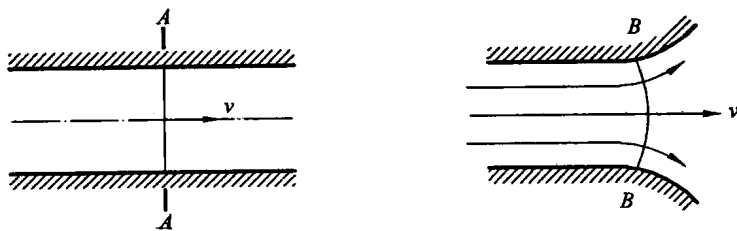


图 1.4 液体流动时的过流断面

液流在单位时间内流过某一过流断面的液体体积，称为该液流的流量，用 Q 表示。

$$Q = V / t$$

式中 V ——液体体积 (m^3)；

t ——时间 (s)。

流量的单位为 m^3/s ，但这个单位太大，工程上常用的单位是 L/min ，二者的换算关系为：

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

我们再以图 1.5 为例来建立液体流量与液体平均流速的关系。设液体是不可压缩的，单位时间内流入液压缸的液体体积为 Q ，经过时间 t 后，流入液压缸的液体总体积为 Qt ，活塞在液体压力作用下移动的距离为 l ，活塞的承压面积为 A ，根据流入液压缸的液体与活塞排开的空间体积相等的原则可知：

$$Qt = Al$$

$$Q = Al/t = Av$$

式中 v ——活塞移动的速度 (m/s)；

A ——活塞承压面积 (m^2)。

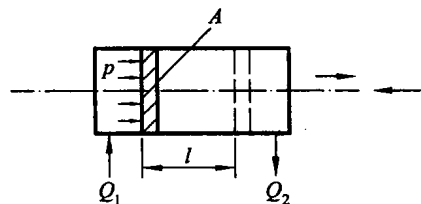


图 1.5 液压功及功率的计算

液压缸工作时，活塞运动的速度就等于缸内液体的平均流速。根据上式可以建立起活塞运动速度与液压缸有效面积和流量之间的关系，即在流量一定的条件下，液压缸有效面积大，活塞运动速度低；液压缸有效面积小，则活塞运动速度高。这一关系适用于液流中的任一过流断面，这就是说：在流量一定的条件下，过流面积大，则液流速度就小；反之过流面积小，则液流速度就大。

3. 液压功率

液压力所做的功及功率的计算公式可由图 1.5 所示液压缸的情况来导出。作用在活塞上的总压力 $F = pA$ ，当活塞移动距离为 l 时， F 力所做的功 $W = Fl = pAl = pQt$ ，而液压力的功率为单位时间内所做的功，故：

$$N = W/t = pQt/t = pQ$$

式中 p ——液体的液压力 (Pa)；

Q ——液体的流量 (m^3/s)；

N ——液压功率 (W)。

由上式可以看出,在液压传动系统中,压力和流量的乘积就是功率,此式可以用来计算各种情况下的液压功率。

4. 效 率

液压传动系统和其他机械设备一样,输出功率总小于输入功率,这是由于在液压系统中不可避免地存在着摩擦阻力、压力油液泄漏等所引起的功率损失,因此不论是对整个液压系统,还是个别液压元件,都存在一个效率问题。

在液压系统中,一般有三种损失,即机械损失、液压损失和容积损失,相应的有机械效率、液压效率和容积效率三种。液压损失主要发生在管路和各种阀中,机械损失和容积损失多发生在液压泵、液压马达和液压缸中。液压油在管道中流动或通过某个控制阀时所形成的液压损失有专门的计算方法,在其他液压元件中液压效率常和机械效率合并考虑。

液压系统中各元件输出功率与输入功率之比称为效率,用 η 表示:

$$\eta = N_o / N_i$$

式中 N_o ——元件的输出功率 (kW);

N_i ——元件的输入功率 (kW)。

若用 η_m 表示机械效率, η_v 表示容积效率,则:

$$\eta = \eta_m \eta_v$$

二、液体流动特性

1. 液流的连续性

液体的可压缩性很小,一般可忽略不计。因此液体在管内作稳定流动(流体中任一点的压力、速度和密度都不随时间而变地流动),则在单位时间内流经管中每一个横截面的液体质量一定是相等的,这就是液流的连续性原理。如图 1.6 所示,液体在不等横截面的管中流动,设过流断面 1 和 2 的直径各为 d_1 和 d_2 ,面积各为 A_1 和 A_2 ,平均流速分别为 v_1 和 v_2 ,两个过流断面处液体的密度都为 ρ ,根据液流的连续性原理,流经过流断面 1 和 2 的液体质量相等,即:

$$\rho v_1 A_1 = \rho v_2 A_2$$

由于过流断面 1、2 是任意取的,所以对管道中的任何过流断面,上式都成立,即:

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 = vA = Q = \text{常数}$$

这就是不可压缩液体作稳定流动时的连续性方程式,其物理意义是:在稳定流动的情况下,当不考虑液体的压缩性时,通过管道各过流断面的流量都相等。

2. 液流的能量守恒与转化

液压传动是借助于有压力的流动液体来传递能量的,液体能量的表现形式有三种,即压

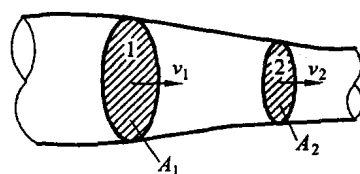


图 1.6 液流的连续性

力能、势能和动能，它们之间可以互相转化，而且液体在管道内任一处的三种能量之和为常数，这就是伯努利定律，它的方程式为：

$$\frac{p_1}{\rho} + gh_1 + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + gh_2 + \frac{v_2^2}{2}$$

即
$$\frac{p}{\rho} + gh + \frac{v^2}{2} = \text{常数}$$

式中 p —— 压力 (Pa);

v —— 流速 (m/s);

h —— 高度 (m);

ρ —— 密度 (kg/m³);

g —— 重力加速度 (m/s²)。

从伯努利方程式可以看出，当管道处于水平放置或位置高低相差甚少，其影响可以忽略不计时，有：

$$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \text{常数}$$

从上式可知，液体的流速越高，压力就越低。如在一粗细不等的管道中，过流断面小的部位，液体的流速较高，液体的压力就较低；反之，过流断面大的部位流速较低，而液体的压力较高。

3. 液体流动中的压力损失

① 液体在直径相同的直管中流动时的压力损失称为沿程损失，主要由液体流动时的摩擦所引起。

② 由于管道截面形状的突然变化（如突然扩大、收缩、分流、集流等）和液流方向突然改变引起的压力损失，称为局部损失。

三、液压传动的工作特性

液压传动系统工作时有两个重要特性，即“压力取决于负载”特性和“速度取决于流量”特性。

1. 压力取决于负载

在相对静止的液压系统中，压力的传递遵循静压传递原理，也即帕斯卡原理。在密闭的容器内，施加于静止液体上的压力将等值、同时地传递到液体内部所有各点，这就是静压传递原理。

在液压系统中，由液体自重引起的压力往往比外界施加于液体的压力小得多，因此常忽略不计，故在静止液体内部各点的压力也就处处相等，都等于外界所施加的压力。

我们以图 1.7 为例来说明液体的静压传递原理。图中，两个液压缸密闭并相互连通，液压缸中装有油液。在液压缸上部装有活塞，小活塞和大活塞的面积分别为 A_1 和 A_2 ，在大活

塞上放有重物 G 。如果在小活塞上加力 F_1 ，则在小液压缸中产生的油液压力为：

$$p = \frac{F_1}{A_1}$$

这一压力 p 将传到液体内所有各点，因此也传到大液压缸中去，故大活塞所受向上推力 F_2 为：

$$F_2 = pA_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$

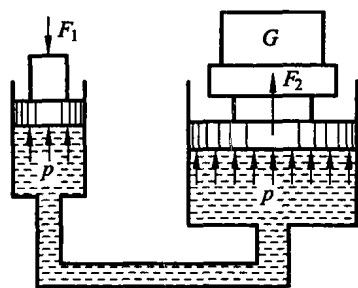


图 1.7 静压传递原理

如果 F_2 足以克服重物 G 所产生的外力，重物就将被顶起。由上式可知，只要 A_2 足够大， A_1 足够小，则比值 A_2/A_1 就会足够大，此时就是 F_1 很小，也会在大活塞上产生较大的推力 F_2 ，克服重物（负载）做功。由此可见，液压装置具有力的放大作用，液压压力机、液压千斤顶就是利用这一原理进行工作的。

由于克服外界载荷 G 的力 F_1 是由液体压力 p 传递的，而液体压力 $p = G/A_2$ ，因此，当外界负载 G 增大时，将其顶起来所需要的液体压力 p 也要随之增大，作用力 F_1 也就越大；反之，若外界负载 G 很小时，所需的液体压力 p 就很低，作用力 F_1 也就很小；如果负载 G 为零，则液体压力 p 和作用力 F_1 都为零。这说明了液压系统内工作压力的大小完全取决于外界负载的大小，与流入的流体多少（即流量）无关，负载大，系统压力大；负载小，系统压力小；外界负载为零，系统压力也为零。这是液压传动的一个重要特性，即压力 p 只是随着负载的变化而变化，与流量 Q 无关，可以简略地表述为“压力取决于负载”。

2. 速度取决于流量

还是以图 1.7 为例来分析液压传动时的运动特性。由于小活塞到大活塞之间为密封工作容积，小活塞向下压出油液的体积必然等于大活塞向上升起缸体内扩大的体积，即：

$$A_1 h_1 = A_2 h_2$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

式中， h_1 ， h_2 分别为小活塞和大活塞的位移。

从上式可知，两活塞的位移和两活塞的面积成反比。将 $A_1 h_1 = A_2 h_2$ 两端同除以活塞移动的时间 t 得：

$$A_1 h_1 / t = A_2 h_2 / t, \quad A_1 v_1 = A_2 v_2$$

式中， v_1 ， v_2 分别为小活塞和大活塞的运动速度。可以看出，活塞的运动速度和活塞的作用面积成反比。

由于活塞的面积 A_1 ， A_2 已确定，而 $A_1 v_1 = Q$ ，大活塞的移动速度 $v_2 = Q/A_2$ ，即取决于进入大液压缸的流量 Q ，这样，进入大液压缸的流量越多，大活塞的移动速度 v_2 也就越高，反之亦然。这就说明负载的运动速度只与输入的流量有关，而与压力无关。调节进入缸体的流量 Q ，即可调节活塞的运动速度 v ，这是液压传动能实现无级调速的基本原理。液压传动的这一特征，可以简略地表述为“速度取决于流量”。

这里需要着重指出，以上两个特征是独立存在的，互不影响。不管外加负载如何变化，只要供给的流量一定，活塞推动负载上升的运动速度就一定；同样，不管液压缸的活塞移动速度怎样，只要负载一定，推动负载所需的液体压力则确定不变。

此外，液压传动还具有自锁性的特点。理论上讲，不管输出端的负载如何变化，当输入端停止运动后，输出端就会立即停止运动。但实际上由于液压系统存在着内泄漏，自锁性就不可能长时间地保持。

第三节 液压传动的特点

任何一台完整的机器都有动力部分和工作装置部分，能量从动力部分到工作装置的传递形式可概括为机械传动、电力传动、液压传动和气压传动四种形式。与其他传动形式相比，液压传动具有许多自身的特点。

一、液压传动的优点

① 液压传动易获得较大的力或力矩，可实现低速大吨位传动，这是其他传动方式所不能比的突出优点。

② 液压传动能在大范围内很方便地实现无级调速，调速比范围可达 2 000 : 1，且可在液压装置运行过程中进行调速。

③ 在输出同等功率的条件下，液压传动装置体积小、重量轻、结构紧凑。液压元件之间可采用管道联接，或采用集成式联接，其布局、安装有很大的灵活性，可以构成用其他传动方式难以组成的复杂系统。

④ 液压传动能使执行元件的运动十分均匀稳定，可使运动部件换向时无冲击，而且，由于其反应速度快，故可实现快速启动、制动和频繁换向。

⑤ 液压传动系统操作简单，调整控制方便，易于实现自动化，特别是与机、电、气联合使用，能方便地实现复杂的自动工作循环。

⑥ 液压传动系统便于实现过载保护，使用安全、可靠，不会因过载而造成元件损坏。并由于各液压元件中的运动件均在油液中工作，能自行润滑，故液压元件的使用寿命长。

⑦ 由于液压元件已实现标准化、系列化和通用化，有利于缩短机器的设计、制造周期和降低制造成本。

二、液压传动的缺点

液压传动由于本身的特性，也存在一些缺点：

① 工作介质的泄漏和液体的可压缩性会影响执行元件运动的准确性，故液压传动系统无法保证严格的传动比，不能用于有严格传动比要求的传动链中。

② 工作介质对温度的变化比较敏感，工作温度或环境温度的变化对系统工作的影响比

较大，故它不宜在很高或很低的温度下工作。

③ 液压传动系统对工作介质的污染比较敏感，必须有良好的防护和过滤措施。

④ 液压传动工作过程中的能量损失（泄漏损失、溢流损失、节流损失、摩擦损失）较大，传动效率较低，因而不适宜用于远距离传动。

⑤ 液压元件的制造和装配精度要求较高，一般情况下又要求有独立的能源（如液压泵站），从而使液压元件及液压设备的成本较高。

⑥ 液压系统工作过程中发生故障后不易诊断，分析故障的原因需要有较丰富的经验和一定的专业知识。

由于液压传动具有许多独特的优点，所以在机械设备中，液压传动是被广泛采用的传动方式之一。现代液压技术与微电子技术、计算机技术、传感技术的紧密结合已形成并发展成为一种包括传动、控制、检测在内的自动化技术。各种大型养路机械都采用了现代的液压传动技术，从而简化了机械结构，操纵机器轻巧灵便，并且提高了大型机械的作业效率和自动化程度。

第四节 液压传动系统及图形符号

一、液压传动系统

按液流在驱动元件和执行元件之间的循环方式不同，液压传动系统可分为开式系统和闭式系统两种基本形式。开式系统的液流循环路线是：驱动元件（液压泵）从油箱吸油，供给执行元件（液压马达或液压缸）做完功后，油液仍然排回油箱。开式系统结构简单，散热良好，油液能在油箱中很好地冷却与沉淀，但低压油路与空气接触机会多，空气易渗入管路造成振动。

闭式系统的液流循环路线是：驱动元件（液压泵）排出的油液直接进入执行元件（液压马达），使其旋转做功，而执行元件（液压马达）的回油不经油箱直接进入驱动元件（液压泵）的吸油口。

闭式系统结构紧凑，回油管有一定的压力，空气与油液接触很少，且不易渗入，故工作比较平稳，但闭式系统的油液冷却较差。为了补偿系统的漏损，通常设置有补油泵和一个小油箱，当系统有漏损时，补油泵就从油箱中吸入油液加以补充。

二、图形符号

要表示一个完整的液压系统，需要绘制液压传动系统图。图 1.1 所示的液压系统原理图是一种半结构式的工作原理图，这种图中各液压元件都用其结构简图画出，近视于实物的剖面，直观性强，容易理解，但图形比较复杂，特别当系统复杂、元件数量较多时，绘制非常不便。另外，这种半结构图反映不出元件的职能作用，要通过结构分析，才能了解其作用情况。