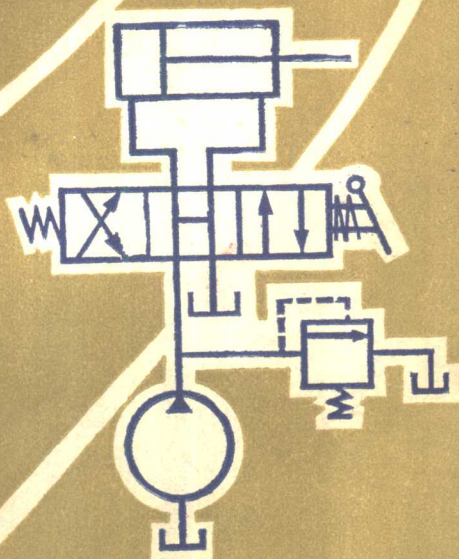


养路机械化丛书

液压技术基础知识

曹升明 编



人民铁道出版社

内 容 简 介

本书结合液压养路机械扼要介绍液压技术的基础理论和实用知识,包括液压传动的特点,液压油的性能和选用,液压传动的流体力学知识,主要元件(油泵、油缸、各种控制阀和辅助装置)的构造和工作原理,液压基本回路,液压机械的使用维护以及常见故障的排除方法。

本书主要供铁路工务部门工人、工程技术人员学习参考。

养路机械化丛书

液压技术基础知识

曹升明 编

人民铁道出版社出版

责任编辑 蒋传瀚

封面设计 赵数字

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 7 字数: 160 千

1979年5月第1版 1979年5月第1次印刷

印数: 0001—60,000册

统一书号: 15043·6169 定价: 0.57 元

目 录

第一章 概述	1
第一节 液体传动分类	1
第二节 液压传动原理	2
第三节 液压系统的图形符号	5
第四节 液压传动与其它传动的比较	17
第五节 液压传动的养路机械	21
第二章 液压油的性能和选用	31
第一节 对液压油的要求	31
第二节 液压油的分类和性能	32
第三节 液压油的选用	38
第四节 国产常用液压油的性能	40
第三章 液压传动的流体力学知识	45
第一节 液体的压力	45
第二节 流量	51
第三节 流动液体的基本规律	53
第四节 液体流动的两种状态	56
第五节 液体流动的压力损失	59
第六节 流经圆管、小孔及缝隙的液流	62
第七节 液压冲击和气蚀	68
第四章 油泵和油马达	72
第一节 油泵的分类和性能特点	72
第二节 齿轮油泵	78
第三节 叶片泵	83
第四节 油马达	89
第五章 油缸	95
第一节 油缸的作用和分类	95

第二节	油缸的结构、材料及技术条件	99
第三节	油缸的主要参数	107
第四节	油缸的设计与计算	110
第五节	液压养路机械的油缸	120
第六章	液压控制阀	125
第一节	阀的分类和作用	125
第二节	压力阀	127
第三节	方向阀	136
第四节	流量阀	146
第七章	辅助装置	150
第一节	滤油器	150
第二节	油箱	152
第三节	油管和管接头	154
第四节	密封装置	161
第五节	压力表及其开关	171
第八章	液压基本回路	173
第一节	液压回路应满足的条件	173
第二节	压力控制回路	173
第三节	速度控制回路	179
第四节	方向控制回路	182
第九章	液压机械的使用和维护	186
第一节	安装、使用注意事项	186
第二节	维护原则	194
第三节	保养和检修	205
第十章	常见故障及排除方法	213
第一节	液压系统故障	214
第二节	油泵故障	216
第三节	附溢流阀组的多路换向阀故障	219
第四节	油缸故障	221
第五节	油路故障	222

第一章 概 述

第一节 液体传动分类

液体传动装置，按其工作原理，可分为动力式和容积式两大类。

动力式液体传动是靠液体的运动能量（冲击力、离心力）来实现能量或动力传递，因此又称液力传动。例如，驱动离心泵带动液体旋转，从泵流出的高速液体，喷射到涡轮机的叶片上，从而推动涡轮机作功。动力式液体传动本书不作介绍。

容积式液体传动是依靠处在密闭容积内的液体压力来传递能量，因此又称液压传动。它们之间能量的转换，是通过容积变化来实现的，所以称为容积式液体传动。例如驱动油泵，将油箱中的油液吸入并提高压力，高压油经操纵阀进入油缸，从而推动活塞作功。

液压传动按液流循环方式的不同，又可分为开式和闭式两种。

在开式液压传动系统中，油泵从油箱吸油，供入液动机后，再排回油箱。由于其结构简单，散热良好，油液能在油箱中很好地冷却和沉淀杂质，因而应用较普遍。但油箱体积较大，油液在较大的油箱中与空气接触，加之回油管压力较低，因而空气易混入油液，导致工作机构动作不平稳和其它不良后果。开式系统一般用于小功率的系统或固定的机械上。XYD-1型、YD-2型、YD-3型液压捣固机采用的都是开式系统。

在闭式系统中，油泵的进油管直接与液动机的排油管相通，形成一个闭合循环，油液不流回油箱。由于回油管中有一定压力，空气与油液接触很少且不易渗入，因此工作比较平稳。但其结构较复杂，散热条件较差，油液温升较高，内泄漏较大，容积效率低，要求有较高的过滤精度，因此应用较少。一般用于大功率且换向频繁的系统，或移动的机械上。

第二节 液压传动原理

一、工作原理

如图 1—1 所示， A 和 B 为两个大小不同的油缸，底部用管道连通，缸内充满油液，假设 A 缸的活塞面积 $F_1 = 10$ 厘米²， B 缸的活塞面积 $F_2 = 100$ 厘米²，当我们在小活塞 F_1 上放 10 公斤重的东西时，则在大活塞 F_2 上必须放 100 公斤重的东西，才能使两油缸的活塞保持平衡。

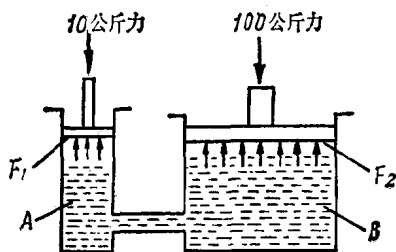


图 1—1 液压传动原理

此时， F_1 对油液单位面积上产生的压力强度简称压强或压力（以下同）为

$$\frac{10 \text{ 公斤力}}{10 \text{ 厘米}^2} = 1 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

F_2 对油液产生的压强为

$$\frac{100 \text{ 公斤力}}{100 \text{ 厘米}^2} = 1 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

由此可以看出，油液传递给大活塞 F_2 的压强和小活塞 F_1 下面油液的压强大小是相同的。即：在密闭的容器中加在静止液体的一部分上的压力，以相等的强度传递给液体的其它部分。这就是巴斯加定律。液压传动机械就是根据这一原理制成的。

为了说明这个问题，我们再以手提式液压起道机为例，分析其构造及工作原理。如图 1—2 所示，它的简单构造是：由柱塞泵、起道油缸、单向球阀、回油阀、油箱、管道、摇杆等组成。使用时，首先用摇杆 1 提起柱塞泵 2 的小活塞，此时单向球阀 3 打开，而单向球阀 4 关闭，油箱 8 的低压油经球阀 3 进入柱塞泵 2 内，当压下小活塞时，球阀 3 关闭，

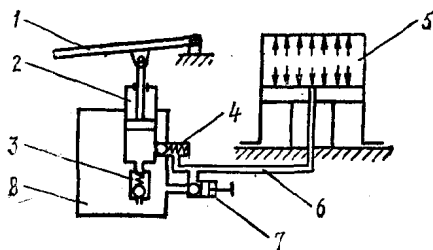


图 1—2 液压起道机工作原理

1 —— 操纵杆；2 —— 柱塞泵；3、4 —— 单向球阀；5 —— 起道油缸；6 —— 管道；7 —— 回油阀；8 —— 油箱。

球阀 4 打开，小活塞对油液的压力通过管道 6 被传递到起道油缸 5 内，由于活塞与底座固定，缸体将钢轨抬起。再用摇杆 1 提起小活塞时，球阀 3 打开，球阀 4 关闭，油箱中的油液又进入柱塞泵中，而起道油缸中的油液却回不到柱塞泵去，所以起道油缸就落不下来。小活塞上下不断运动时，起道油缸就不断升高，直到所需要的高度。起道结束后，将回油阀 7 松开，起道油缸中的油液挤回油箱，油缸体回复到原来的位置。拧紧回油阀 7 以备再用。

这里，我们可以发现两个基本现象：

1. 当柱塞泵的小活塞下降时，与油液相接触的活塞底部的单位面积上便产生压力（通常叫压强，简称压力）。根据巴斯加定律，此压力通过油液向四方传递，压在所有与油液相接触的容器表面上，其大小不变。也就是说，在起道油缸的大活塞下与油液相接触的单位面积上也受着同样大小的油液压力。由于大活塞的底部面积比小活塞的面积大，因此大活塞便能顶起较大的力量，将钢轨抬起。由此可见，外力经过液压传递后，能够改变其大小和方向。

2. 油液在一般条件下，可以认为是不能压缩的，如果不考虑容器的漏损，则在柱塞泵内，由于小活塞的下降而减少的液体容积，应等于起道油缸内由于缸体上升而增加的油液容积。因两个活塞的大小不同，起道油缸上升的距离和速度，就一定要小于小活塞下降的距离和速度。由此可见，运动速度经过液压传递以后，能够改变其大小和方向。

二、液压系统的组成

图 1—3 所示，为一简单的液压传动系统。其工作原理如下：

油泵 1 从带有过滤器 6 的油箱 5 中吸入工作液体，产生高压油液，通过管道 7 输入油缸 3 使活塞往复运动，为了改变油缸作用方向，换向阀 2 可用手柄操纵，有三个位置：中位时，泵打出油液经换向阀又返回油箱，泵空转，活塞不动，如图 1—3 (a) 所示；阀柄向右推，则通路按换向阀 2 左方框所示的方向，油缸 3 上腔进油，活塞向下移动，如图 1—3 (b) 所示；阀柄向左推，则通路按换向阀 2 右方框所示的方向，油缸下腔进油，活塞向上移动，如图 1—3 (c) 所示。系统采用溢流阀 4 控制系统压力。

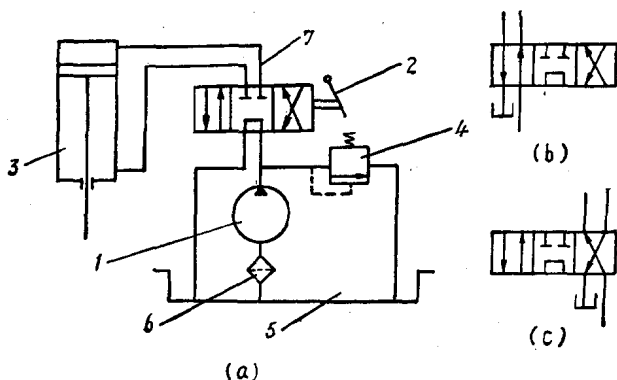


图 1—3 液压系统的组成

1 — 油泵； 2 — 换向阀； 3 — 油缸； 4 — 溢流阀； 5 — 油箱； 6 — 过滤器； 7 — 管道。

从上例可以看出，液压传动系统主要由四部分组成。
即：

1. 液压发生机构：油泵；
2. 液压控制调节机构：包括各种压力、流量及方向控制阀，用以控制和调节液流的压力、速度和方向，以满足机器的工作性能要求和实现各种不同的工作循环；
3. 液压执行机构：液动机（油缸、油马达）；
4. 辅助装置：管道、油箱、滤油器以及控制仪表等。

第三节 液压系统的图形符号

液压系统的图形符号各国的规定不一样。有的采用结构示意图，其优点是结构性强、直观，但图形繁琐，绘制麻烦。有的采用原理性的示意符号图，其优点是简单清晰，容易绘制。我国于1965年制订了液压系统图图形符号的国家标准GB786—65，是采用原理性示意图。对于GB786—65的规定，现作说明如下：

1. 标准中规定的图形符号,适用于绘制以液压油作工作介质的液压传动原理图和控制系统原理图。

2. 标准中仅规定系统图中各种液压元件的基本符号,以及一部分常用的有关其它装置的符号。

3. 符号只表示元件的职能,连接系统的通路,不表示元件的具体结构和参数,也不表示一个工作状态转到另一工作状态的过渡过程。

4. 符号不表示系统布置的具体位置或元件在机器中的实际安装位置。

5. 符号均以元件的静止位置或零位置表示,当系统的动作另有说明时,可作例外。

6. 符号在系统图中的布置,除有方向性的元件符号(如油箱、仪表等)外,根据具体情况可转 90° 、 180° 或 270° 绘制,但不得将可调性箭头向下倒置。

7. 元件的名称、型号和参数(如压力、流量、功率、管径、滤油精度等),一般在系统图的零件表中说明,必要时可以标注在元件符号旁边。

8. 标准中未规定的图形符号,可以根据该标准的原则和所列图例的规律性进行派生。当无法直接引用及派生时,或者有必要特别说明系统中某一重要元件的结构及动作原理时,均允许局部采用结构简图表示。

9. 符号的大小以清晰美观为原则,根据图纸幅面的大小酌情处理,但应适当保持图形本身的比例。

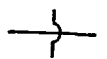
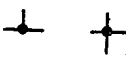
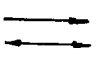
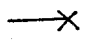
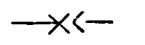
现将养路机械液压系统最常见的图形符号分类摘编如下。

一、管路连接

见表 1—1。

管路及其连接

表 1—1

名 称	符 号 (GB786—65)
工作管路	
控制管路	
泄漏管路	
软管	
交错管路	
连接管路	
油流方向	
放气装置 (放气口必须朝上)	
回油管在油面上	
回油管在油面下	
堵 头	
压力接头	

二、油泵、油马达及油缸

油泵及油马达都用圆圈表示，圆圈内有三角箭头，一个的表示单向，两个的表示双向。三角箭头朝外的表示油泵，三角箭头朝里的表示油马达。通过圆圈中心有一斜向大箭头的表示流量可调。油泵和油马达的符号见表 1—2。油缸的符号见表 1—3。

三、控制方式

控制方式的符号见表 1—4。

四、控制阀

1. 阀的基本符号和规则

(1) 主滑阀的基本符号是一个方框，有几个方框就是有“几位”。

(2) 每个方框外接几根主油管道就叫“几通”（不算控制管道及泄漏管道）。

(3) 阀的通路标志如下：

压力腔—— P 及 $P_1, P_2, \dots$

回油腔—— O 及 $O_1, O_2, \dots$

工作腔及二次压力腔—— $A, B, C, \dots$

油压控制腔—— K 及 $K_1, K_2, \dots$

泄漏油腔—— L 及 $L_1, L_2, \dots$

(4) 各位置互通的用箭头连接表示，不通的用短横线截断且不相连。

(5) 两位阀多以左方框为常态，三位阀则以中方框为常态。

(6) 主滑阀移动的控制方式有手动、脚踏、弹簧等，如表 1—4 所示。将控制方式的符号加在滑阀的两边，便成为一个完整的滑阀符号。如图 1—4 表示为三位四通 O 型手动换向阀（自动复位或弹簧复位式）。

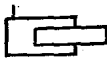
油泵和油马达

表 1—2

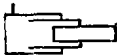
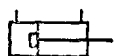
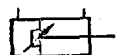
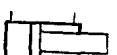
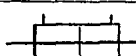
名 称	符 号 (GB786—65)
单向定量泵	
单向变量泵	
双向变量泵	
双联定量泵	
单向定量油马达	
单向变量油马达	
双向变量油马达	
双级定量泵	

油 缸

表 1—3

名 称	符 号 (GB786—65)
单作用柱塞油缸	
单作用活塞杆油缸	

续上表

名 称	符 号 (GB786—65)
单作用伸缩式套筒油缸	
双作用活塞式油缸	
双作用带不可调缓冲油缸	
双作用带可调缓冲油缸	
双作用差动油缸	
双作用双活塞杆油缸	

控 制 方 式

表 1—4

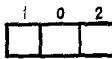
名 称	符 号 (GB786—65)
手动杠杆控制	
按钮控制	
脚踏控制	
弹簧控制	

续上表

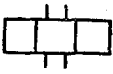
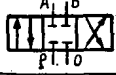
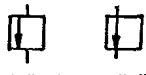
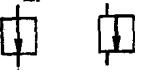
名 称	符 号 (GB786—65)
机械控制	
液压控制	
电磁控制	
电液控制	
定位机构 (缺口数 = 定位数)	
气压控制	
单向交流电机控制	
双向直流电机控制	

阀的基本符号和规则

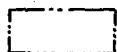
表 1—5

名 称	符 号 (GB786—65)
阀的基本记号	
三位置阀	

续上表

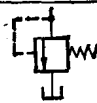
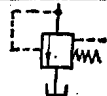
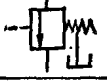
名 称	符 号 (GB730—65)
阀的位置及管路连接: 二通调节阀的连接	
二位三通阀的连接	
三位四通阀的连接	
阀的内部通道及流向: 常闭式二通调节阀	
阀内连通油路	
阀内封闭油路	
三位四通阀中间位置封闭	
直接控制顺序阀	
阀的调节位置: 二通常闭式调节阀	 (静止位置) (工作位置)
二通常开式调节阀	 (静止位置) (工作位置)
固定符号	

续上表

名 称	符 号 (GB786—65)
可调性符号	
组合件范围线	
多位置转阀基本符号; 二位置转阀	
三位置转阀	

压力控制阀

表 1—6

名 称	符 号 (GB786—65)
直控溢流阀	
远控溢流阀	
定压减压阀	
直控顺序阀	
远控顺序阀	
卸荷阀	