

机械化采煤技术丛书



采煤机械液压传动基础

山东矿业学院采机教研组编

煤炭工业出版社

机 械 化 采 煤 技 术 丛 书

采煤机械液压传动基础

山东矿业学院采机教研组编

煤 炭 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书以采煤机械中常用液压元件的结构、工作原理和使用与维修为主要内容,并对水力学的基础知识、液压传动的基本参数计算和液压系统分析等内容,配以例题用通俗易懂的方法加以介绍。全书共分七章:第一章液压传动的基本知识;第二章油泵;第三章油马达;第四章油缸;第五章阀;第六章辅助件;第七章液压系统。

机械化采煤技术丛书
采煤机械液压传动基础
山东矿业学院采机教研组编

煤炭工业出版社 出版
(北京安定门外和平北路16号)
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 $11^{1/2}$
字数 268 千字 印数 1—45,160
1978年12月第1版 1978年12月第1次印刷
书号15035·2205 定价1.25元



出 版 说 明

机械化采煤，是加速我国煤炭工业发展，大幅度提高劳动生产率，实现煤炭工业现代化的一项战略措施。我国广大煤矿职工在学大庆、赶开滦的群众运动中，大搞技术革新和技术革命，采煤机械化水平有了很大提高。特别是近几年来，根据毛主席“自力更生”和“洋为中用”的方针，综合机械化采煤有了一定的发展，并在积极地逐步推广。综合机械化采煤不仅产量大，效率高，成本低，而且大大减轻笨重体力劳动，改善作业环境，是煤炭工业的技术发展方向。

为了配合机械化采煤的迅速发展，满足煤炭战线广大职工管好用好现代化采煤设备的迫切要求，煤炭工业部生产司等部门组织有关院校和厂矿，编写了一套《机械化采煤技术丛书》。这套丛书包括：《采煤机械液压传动基础》、《MLQ₁-80型采煤机维修》、《双滚筒采煤机》、《液压支架》、《采区运输机械》、《采煤工作面电气设备》、《机械化采煤工艺》和《液压支架用乳化液》共八册。即将陆续出版。

本丛书力求做到深入浅出、通俗易懂，内容以综合机械化采煤为主，简要介绍了国内外机械化采煤设备的结构原理、特性以及使用维修等经验。这套书可以作为技工培训教材和“七·二一”工人大学的参考书，也可供具有初中以上文化程度的煤矿职工自学用。

本丛书在编写过程中，曾得到有关厂、矿、大专院校等单位的大力支持，在此谨致谢意。书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

《采煤机械液压传动基础》分册是由山东矿业学院叶俊之、李培信、白杰平、胡珂等四位同志执笔编写。

目 录

第一章 液压传动的基本知识	1
第一节 液压传动的基本概念	1
一、液压传动系统的工作原理	1
二、液压传动系统的组成	3
三、液压系统图图形符号	3
四、液压传动的优缺点	8
第二节 水力学的基础知识	9
一、液体的几个主要力学性质	9
二、静止液体的基本性质	13
三、流动液体的基本性质	20
第二章 油泵	28
第一节 概述.....	28
一、容积式油泵的工作原理	28
二、容积式油泵的特性	29
三、油泵的基本计算公式	30
四、空穴现象	32
五、容积式油泵的分类	33
第二节 齿轮泵	33
一、齿轮泵的工作原理	33
二、齿轮泵的结构	35
三、齿轮泵的优缺点	37
第三节 叶片泵	38
一、叶片泵的工作原理	38
二、手动变量单作用叶片泵的结构	39
三、双作用叶片泵	40
第四节 变量曲拐泵	40
第五节 径向柱塞泵	42
一、径向柱塞泵的工作原理	42
二、HII-61型变量径向柱塞泵	42
第六节 轴向柱塞泵	45
一、轴向柱塞泵的工作原理	45
二、轴向柱塞泵的流量计算	46
三、CY型轴向柱塞泵	47
四、ZB型轴向柱塞泵	54
五、通轴式轴向柱塞泵	55
六、斜轴式轴向柱塞泵	56

七、轴向柱塞泵的主要技术要求及其故障处理	58
第三章 油马达	62
第一节 概述	62
一、油马达的功用及分类	62
二、能量转换及效率	62
第二节 齿轮式油马达	64
第三节 叶片式油马达	64
一、叶片式油马达的工作原理	65
二、双作用叶片式油马达的构造	65
三、叶片式油马达的扭矩计算	65
第四节 轴向柱塞式油马达	67
一、轴向柱塞式油马达工作原理	67
二、斜轴式轴向柱塞油马达	68
三、通轴式轴向柱塞油马达	69
四、轴向柱塞式油马达输出扭矩计算	69
第五节 径向柱塞式低速大扭矩油马达	71
一、内曲线径向柱塞式油马达	71
二、单作用径向柱塞式油马达	85
第四章 油缸	91
第一节 油缸的类型	91
一、按构造分类	91
二、按支承形式分类	93
第二节 几种油缸的构造	94
一、单作用油缸	94
二、双作用油缸	96
三、摆动油缸	97
第三节 油缸的设计和主要零件结构	98
一、设计中应注意的几个问题	98
二、油缸设计的原始资料	98
三、油缸设计简介	98
第四节 油缸的使用与维修	105
一、油缸的使用	105
二、油缸常见的故障、原因与排除方法	106
第五章 阀	107
第一节 阀的作用及分类	107
一、阀的分类	107
二、对阀的基本要求	107
第二节 压力控制阀	107
一、溢流阀	107
二、顺序阀	111
三、减压阀	112

第三节 流量控制阀	113
一、概述	113
二、简式节流阀	114
三、定量阀	116
四、节流阀的故障、原因与排除方法	117
第四节 方向控制阀	117
一、单向阀	117
二、液控单向阀	118
三、双路油压自锁阀(液压锁)	119
四、换向阀	120
五、转阀	127
第六章 辅助件	128
第一节 油管 and 管接头	128
一、油管	128
二、管接头	129
三、管路压力损失计算	131
第二节 油箱	136
一、油箱的容量	136
二、油箱结构应注意的几个问题	136
第三节 冷却器和加热装置	137
第四节 滤油器	138
一、对滤油器的要求	138
二、滤油器的类型	138
三、滤油器在系统中的安装位置	141
第五节 蓄能器	143
一、蓄能器的工作原理及用途	143
二、蓄能器容量计算	144
第六节 密封装置	148
一、间隙密封	148
二、O形密封圈	148
三、Y形密封圈	149
四、V形密封圈	149
五、回转轴的密封装置	150
第七章 液压系统	151
第一节 液压系统的型式	151
第二节 液压基本系统	153
一、速度控制系统	153
二、压力控制系统	158
三、方向控制系统	160
四、其它保护系统	161
五、液压随动系统	163

第三节 采煤机牵引部液压系统实例分析.....	165
一、DY _A -100型采煤机牵引部液压系统.....	165
二、MZS-150型采煤机牵引部液压系统.....	166
三、MD型采煤机牵引部液压系统	169
第四节 采煤机主要液压元件的简易试验系统	170
一、油泵试验系统	170
二、油马达试验系统	172
三、油缸试验系统	174
四、压力阀试验系统	175
第五节 采煤机械液压系统常见故障与排除方法	175

第一章 液压传动的基本知识

第一节 液压传动的基本概念

一、液压传动系统的工作原理

为了对液压传动系统有一般的了解，我们先以油压千斤顶和采煤机滚筒液压调高系统的工作原理为实例进行分析。

1. 油压千斤顶如图1-1所示

油压千斤顶主要由柱塞泵1、油缸2以及在油缸壁内的储油腔3等组成。

千斤顶的工作原理如下：扳动柱塞泵手把，当油泵柱塞向上运动时，泵的吸油阀4自动被吸开，而排油阀5自动关闭，油就从储油腔3中吸入泵内；当油泵柱塞向下运动时，油就通过排油阀5进入油缸2，吸油阀此时自动关闭，大活塞就缓缓升起顶起重物。

需要卸载时，打开卸载阀6，油缸中的油液流回储油腔，油压消失，大活塞向下降落。

千斤顶柱塞泵的吸、排油阀是单向阀，吸油阀只能吸油，排油阀只能排油。当油泵停止向油缸供油时，排油阀的油液闭锁在油缸内，此时大活塞也就不升不降。

2. 采煤机滚筒液压调高系统

采煤机滚筒调高系统如图1-2所示，其工作原理与油压千斤顶相同，它是由过滤器1、油泵2、安全阀3、液力锁5、油缸6和油管、油箱等组成。

当电动机通过齿轮传动带动采煤机的偏心轴旋转时，柱塞泵的柱塞就作往复运动，因此

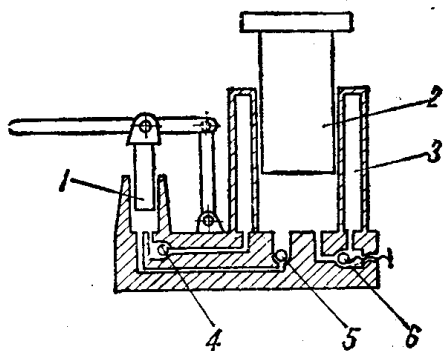


图 1-1 油压千斤顶

1—柱塞泵；2—油缸；3—储油腔；4—吸油阀；5—排油阀；6—卸载阀

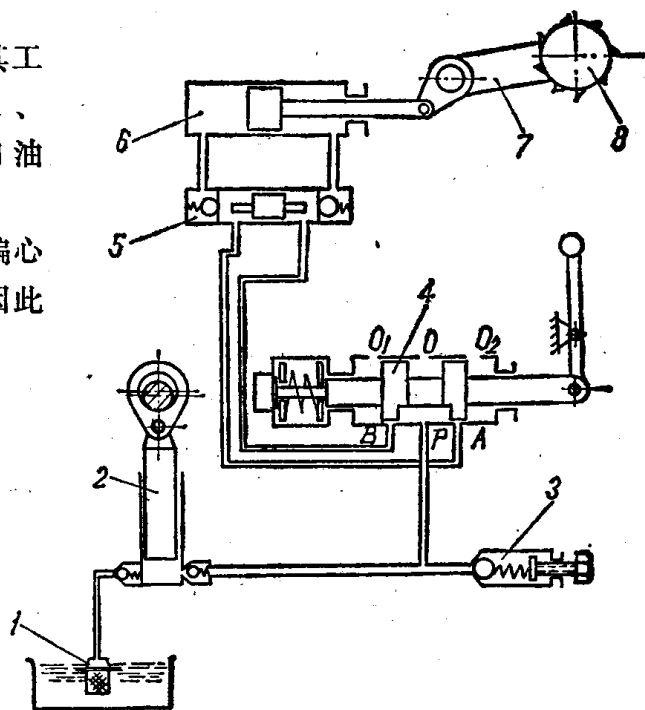


图 1-2 采煤机滚筒液压调高系统

1—过滤器；2—油泵；3—安全阀；4—操纵阀；5—液力锁；6—油缸；7—摇臂；8—滚筒

油液就经过过滤器与泵上的吸油阀吸入泵内，并通过泵上的排油阀压至操纵阀的进油孔P。

当操纵阀在弹簧的作用下保持在图上所示的中间位置时，这时从油泵过来的油经操纵

阀上的中间孔 O 流回油箱。

当向里推操纵阀的手把时，阀体就向外拉，操纵阀中间的排油孔 O 就被堵死，而进油孔 P 与孔 A 相通，孔 B 与左边的排油孔 O_1 相通。这时从油泵出来的高压油就经 A 孔流到液力锁上的 a 孔，高压油进入液力锁的左腔后，一方面将左边的阀门打开，同时又推动液力锁内的小活塞向右移动顶开右边的阀门，这样从 a 孔进来的高压油就顺着油路流进油缸的左腔；而油缸右腔的油经液力锁从 b 孔流出，再经操纵阀的 B 孔与 O_1 孔流回油箱。由于高压油的作用，油缸内的活塞就向右移动，通过活塞杆推动摇臂向上摆动，从而使滚筒向上升起。

当松开操纵阀手把时，阀体在弹簧的作用下自动恢复到原来的中间位置上，从操纵阀进油口 P 进入的油，又由中间孔 O 排回油箱，而 A 孔与 B 孔重新被堵死。这样液力锁两端的阀门在各自弹簧的作用下关闭，此时油缸左右腔的油被封死，从而使摇臂固定在已经调好的位置上，滚筒也就固定在调好的高度上了。

要使截煤滚筒降落，就要向外拉操纵阀的手把，这时油的流动路线为：

油箱→过滤器→柱塞泵→操纵阀进油孔 P → B 孔→液力锁 b 孔→右边阀门→油缸右腔；

而油缸左腔的存油→液力锁左边阀门→ a 孔→操纵阀 A 孔→右边排油孔 O_2 →油箱。

这样油缸内活塞就向左移动，摇臂向下摆动，从而使滚筒下降。

液压系统中的过滤器2起滤清油液杂质的作用。安全阀3起安全保护作用：当油泵向油缸供油时，外载荷（截煤滚筒产生的阻力）使油泵产生的压力超过安全阀3调整的压力，安全阀即被打开，油泵的油就从安全阀泄出，油的压力也就不再升高；只有当外载荷减少到使油泵产生的压力低于安全阀调整的压力时，安全阀则关闭，滚筒才可调升降，因此避免了油泵超载，使系统在正常工作条件下安全运转。

由上述液压系统的工作原理，不难看出以下几点：

1) 电动机输入油泵的机械能（即油泵柱塞往复运动所做的功）转变为油液的液压能（一定流量的压力油），通过管路输送到油缸（或液动机），再转变为机械能（即油缸活塞的运动），使滚筒升降。这种传递力和运动的方式是以油液为介质，利用密封容积的变化和油液的静压来实现的，而且可以认为油液的压力（压强）在各点和各方向都是相同的，所以这种传动称为容积式液压传动或静压传动，简称为液压传动。

2) 油泵输出油液压力的多少，决定于滚筒作用于活塞的阻力大小（即外载荷的大小）。只有当油泵产生的压力能克服活塞运动的阻力时，滚筒才能升降；而升降速度的快慢与流入油缸中油液的流量多少有关。

3) 在两个支路（或多个支路）的液压系统中，油泵的工作压力决定于阻力较小的支路。在图1-2中，油泵、安全阀和油箱构成一个支路；油泵、操纵阀、液力锁、油缸和油箱又构成另一个支路。在两支路中，如果外载荷在油缸中产生的压力超过安全阀所整定的压力，则油泵产生的最高压力等于安全阀整定的压力，这时安全阀开始溢流，系统的压力也就不会继续上升，压力油也就不能推动活塞运动。

4) 在上述液压系统中，油泵的工作特点是作用力小，而运动速度大；油缸则相反，对外的作用力大，而运动速度小。这说明液压传动系统也是一种变力、变速的传动机构。

5) 液压传动中，压力与流量的大小，说明传递能量的大小。因此，液压传动中最重

要的工作参数是压力与流量。

二、液压传动系统的组成

液压传动系统中的油泵、油缸、油箱和阀等都简称为液压元件。这些元件的相互关系如图1-3所示。

一般的液压系统由下列各部分组成：

油泵：它是将原动机的机械能转换成液体介质压力能的元件，是液压传动中的动力部分；

液动机（油缸、油马达）：它是将液体介质压力能转换成机械能的元件，是液压传动中的执行部分。油缸是作直线运动的液动机，油马达是作回转运动的液动机；

控制元件：包括压力阀、流量阀、方向阀等各种不同的阀，可借以控制和调节油液的压力、流量、速度和方向实现所要求的运动。它是液压传动中的控制部分；

辅助件：系统中的其它元件，如压力表、滤油器、蓄能器、管件及油箱等统称为辅助件，它是液压传动中的辅助部分；

工作介质：即各种液压油或乳化液。

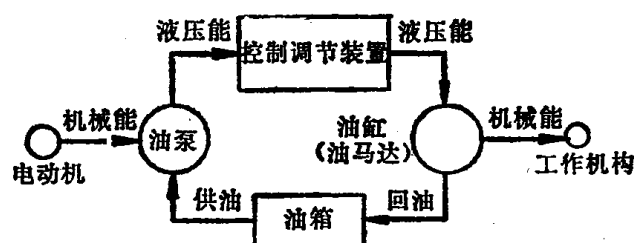


图 1-3 液压传动系统中液压元件之间的关系

三、液压系统图图形符号

常见的液压系统图有两种表示方法：一种是以元件结构原理图表示的称为结构原理图；另一种是以元件职能作用的符号图形表示的称为职能符号系统图。

结构原理图各元件的图形基本上表示了它的结构原理，这种原理图直观性强，容易理解，便于分析和检查液压元件可能发生的故障；但由于表达不出元件的职能作用，常常需要配合结构分析才能了解其工作情况，同时，图形又比较复杂，所以一般都不采用这种方

表 1-1 油泵及油马达的图形符号

名 称	符 号 (GB786-65)	名 称	符 号 (GB786-65)
单 向 定 量 泵		单向定量油马达	
单 向 变 量 泵		单向变量油马达	
双 向 变 量 泵		双向变量油马达	
双 联 定 量 泵		双 级 定 量 泵	

法,而是采用职能符号。在职能符号表示的液压系统图中,符号表示元件的职能、连接系统通路,不表示元件的具体结构、安装部位和参数;有必要时也允许局部的采用结构简图表示,从而使液压系统图大为简化。

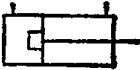
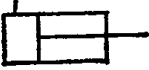
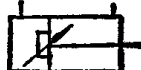
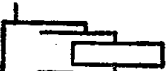
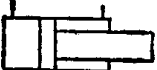
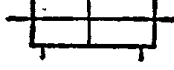
按标准规定的职能符号,包括有油泵、油马达、工作缸、控制元件、辅助元件、控制方式及连接管路等,现将液压系统中常用的符号分类摘编如下:

1. 油泵、油马达、工作缸

油泵及油马达都用带黑三角形的圆圈表示,三角形尖头朝外的表示油泵,朝里的表示油马达,一个黑三角形的表示单向,两个的表示双向,通过圆圈中心有一斜向大箭头,表示流量可调。油泵及油马达的图形符号见表1-1。

工作缸的图形符号见表1-2。

表 1-2 工作缸的图形符号

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

2. 方向控制阀、压力控制阀、流量控制阀

在方向控制阀中,以滑阀应用最广。滑阀有两位、三位和多位滑阀,其基本符号是方框,有几个方框就有几位,如图1-4所示,其中以“0”位表示阀的静止位置,调节位置按1、2、3……数字顺序调节。

阀的通路标志如下:

压力腔: P 、 P_1 、 P_2 、……

回油腔: O 、 O_1 、 O_2 、……

工作腔: A 、 B 、 C 、……

控制腔: K 、 K_1 、 K_2 、……

泄漏腔: L 、 L_1 、 L_2 、……

阀的通路用箭头连接,不相通的用横短线截断,以三位四通M型滑阀为例(见图1-5),“0”位时阀的内部通路使 P 、 O 相通, A 、 B 则不相通;“1”位时 P 、 A 及 O 、 B 分别相通;“2”位时 P 、 B 及 O 、 A 分别相通。读图时,用方框移动的方法,分别将“1”位,“2”位的内部通路移至“0”位,以判定通路的连通情况。在系统图上通常并不标注通路标志。

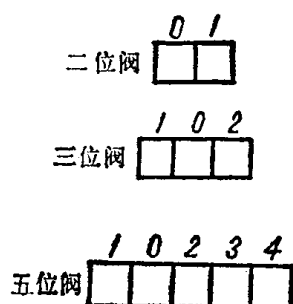


图 1-4 滑阀位置图

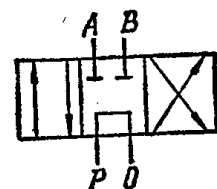
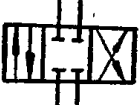
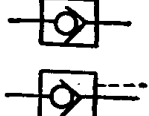


图 1-5 三位四通M型滑阀

方向控制阀的图形符号见表1-3。

表 1-3 方向控制阀的图形符号

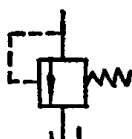
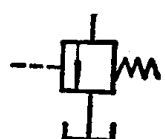
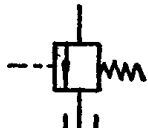
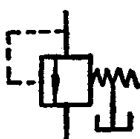
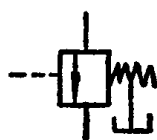
名 称	符 号 (GB786-65)	名 称	符 号 (GB786-65)
二位二通换向阀 (常闭式)		三位四通换向阀 (C型)	
二位二通换向阀 (常开式)		(J型)	
二位三通换向阀		(N型)	
二位四通换向阀		(X型)	
二位五通换向阀		(YX型)	
三位四通换向阀 (O型)		(Y型)	
(M型)		单向阀液控单向阀	
(H型)		手 控 截 止 阀	

续表

名 称	符 号 (GB786-65)	名 称	符 号 (GB786-65)
(K型)		二 位 二 通 转 阀	
(P型)		三 位 四 通 转 阀	

压力及流量控制阀的图形符号见表1-4。

表 1-4 压力及流量控制阀的图形符号

名 称	符 号 (GB786-65)	名 称	符 号 (GB786-65)
直 控 溢 流 阀		卸 荷 阀	
远 控 溢 流 阀		固 定 节 流 阀	
定 压 减 压 阀		可 调 节 流 阀	
直 控 顺 序 阀		串 式 调 速 阀	
远 控 顺 序 阀		分 式 调 速 阀	

3. 管路及其连接、辅助元件、控制方式的图形符号分别见表1-5、表1-6和表1-7。

表 1-5 管路及其连接件的图形符号

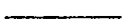
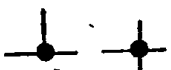
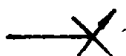
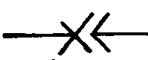
名 称	符 号 (GB786-65)	名 称	符 号 (GB786-65)
工 作 管 路		油 液 方 向	
控 制 管 路		放 气 装 置 (放气口必须朝上)	
泄 漏 管 路		回油管在油面上	
连 接 管 路		回油管在油面下	
交 错 管 路		堵 头	
软 管		压 力 接 头	

表 1-6 辅助元件图形符号

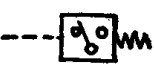
名 称	符 号 (GB786-65)	名 称	符 号 (GB786-65)
油 箱 (开式)		粗 滤 油 器	
弹 簧 蓄 能 器		精 滤 油 器	
重 锤 蓄 能 器		压 力 继 电 器	
非隔离式蓄能器		交 流 电 机	
隔 离 式 蓄 能 器		直 流 电 机	
增 压 器		压 力 表	

表 1-7 控制方式图形符号

名 称	符 号 (GB786-65)	名 称	符 号 (GB786-65)
手 动 杠 杆 控 制		电 磁 控 制	
按 钮 控 制		电 液 控 制	
脚 踏 控 制		定 位 机 构 (缺口二定位数)	
弹 簧 控 制		气 动 控 制	
机 械 控 制		单 向 交 流 电 机 控 制	
液 压 控 制		双 向 直 流 电 机 控 制	

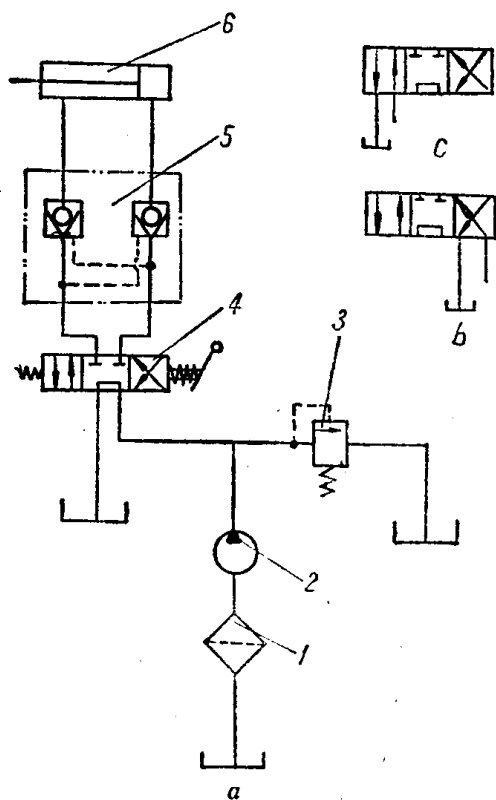


图 1-6 用职能符号表示滚筒调高系统图

液压系统中图形符号通常都表示元件的静止状态或中间零位状态，但是，复杂的系统也允许表示各种不同工作状态的油路连接情况。

若将图 1-2 采煤机滚筒液压调高系统图用职能符号表示时，如图 1-6 所示，操纵阀 4 处于中间位置，这时油缸 6 中的活塞不动；如将操纵阀手把向左拉时，油路连通情况如图 1-6 b 所示，这时油缸右腔充油左腔回油，活塞向左运动；反之，如图 1-6 c 所示位置，活塞向右运动，实现了换向。图中 3 表示安全阀，安全阀上的虚线表示控制油路，当控制油路中的压力超过弹簧力时，安全阀内的油路接通，油泵的油流回油箱。

四、液压传动的优缺点

液压传动在采煤机械中应用已较广泛，这是因为液压传动有如下优点：

1. 液压传动与机械电力等传动方式相比，体积小，且重量轻，故惯性小，动作灵敏；
2. 液压元件不受相对位置和距离的限制，可由同一能源（泵或泵站）集中使用油管传递动力；
3. 工作平稳，不象机械装置因加工和装配误差会引起振动和冲击，油液本身也有吸振能力；
4. 有较大的传动比，以及可在较大的范围内实现采煤机牵引无级调速；
5. 操纵方便，易于控制，可方便地改变油液的流动方向及流量大小，适于采煤机换

向牵引和自动调速，为实现自动化创造了条件；

6. 易于实现过载保护，液压传动中使用安全阀（溢流阀）比机械过载保护简单可靠；
7. 因采用油液为工作介质，相对运动表面间能自行润滑，故使用寿命较长；
8. 液压元件易于实现系列化、标准化、通用化，便于设计制造和推广使用。

缺点：

1. 以间隙密封的液压元件，常由于制造、安装或磨损的原因而产生泄漏，造成功率损失；
2. 因油液在管道中流动，能量损失较大，不适于远距离传动；
3. 液压元件的制造和装配精度要求较高、制造成本较贵、使用维修要求严格，尤其在井下使用要特别注意油液的清洁；
4. 温度变化时，油液粘度变化较大，对于工作机构的性能（如采煤机牵引速度）影响较大；
5. 发生故障时，不易检查和排除。

液压传动尽管还存在一些缺点，但随着生产技术的发展，有些缺点正在不断地得到克服，因此液压传动有着广阔的发展前景。

第二节 水力学的基础知识

水力学的基本知识是研究液压传动的基础，各种矿山机械所采用的液压传动和调节理论，都涉及到水力学的基本原理。

一、液体的几个主要力学性质

1. 液体的质量和重量、密度和重度

液体所具有的物质数量称为质量。地球对液体的吸引力称为重量。由于地球各处的引力不同，（即各处的重力加速度 g 不同）所以同一物体由于它所在的地方不同，其重量也是不相同的，而它的质量则是固定不变的，因为一定液体物质的数量决定它的分子数，在任何地方其分子数都是一常量。

质量与重量都是以公斤表示，如 1 公斤质量，或 1 公斤重量，它们的单位都是相同的，但它们是两种不同的单位制，即绝对单位制与工程单位制。在物理学中采用绝对单位制，在工程中采用工程单位制，这两种单位制的区别是在确定基本单位时，绝对单位制取质量、长度和时间三个基本单位；工程单位制取力、长度和时间三个基本单位，也就是在力与质量之间取哪一个为基本单位的问题。绝对单位制选质量为一个基本单位，则力的单位就可由牛顿第二定律 $F = ma$ 导出，称达因或牛顿（1 达因 = 1 克厘米/秒² = 10^{-5} 牛顿）。而工程制选力为基本单位，则质量即可由 $m = \frac{F}{a}$ 导出（公斤·秒²/米）。对于其它

的单位，则可根据这三个基本单位组合而成，如面积为长度的平方等。

由于采用的单位制的不同，计算时一定要采用同一种单位制，以免把质量与重量相互混淆，造成计算中的错误。

液体的密度：单位容积中液体的质量称为该液体的密度，若用 m 表示质量， V 表示体积，用 ρ 表示密度。

对于绝对单位制：