

■ 王志江 著

煤矿

MEIKUANG YEYA KONGZHI JISHU

液压控制技术

煤炭工业出版社

煤矿液压控制技术

王志江 著

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿液压控制技术/王志江著. —北京: 煤炭工业出版社, 2009. 6

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3533 - 4

I. 煤… II. 王… III. 煤矿开采-液压控制 IV. TD4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 038379 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

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 $787\text{mm} \times 960\text{mm}^{\frac{1}{16}}$ 印张 18 插页 1
字数 234 千字 印数 1—3,000
2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷
社内编号 6343 定价 30.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

一本推进平民教育的书

一本侧重实践应用的书

目 次

第一章 液压控制的基本理论	1
——兼谈它们在实际中的意义	
第一节 液压与液力	3
第二节 压力与压强	8
第三节 帕斯卡原理与伯努利方程	11
第四节 密度与重度	15
第五节 黏性与黏度	18
第六节 压力与流量	21
第七节 乳化油与乳化液	28
第八节 气穴与气蚀	34
第二章 液压泵	37
——兼谈压缩设备的共同原理和特征	
第一节 液压泵的工作原理	39
第二节 不同类型泵的容积变化特点	41
第三节 卧式柱塞泵	46
第四节 卧式喷雾泵	69
第五节 泵站	72
第六节 空压机	75
第七节 压缩设备的共同特征	83
第三章 液压阀	87
——兼谈阀的使用特点和使用经验	
第一节 基本结构	90

第二节 控制原理	92
第三节 安全阀	95
第四节 先导阀	98
第五节 顺序阀	103
第六节 单向锁	105
第七节 双向锁	109
第八节 换向阀	112
第九节 差动阀	124
第十节 喷水阀	126
第十一节 三用阀	128
第十二节 电磁阀	131
第四章 液压缸与液压马达	135
——兼谈液压能转化为机械能的规律	
第一节 液压缸	137
第二节 液压马达	143
第五章 液压辅助件	157
——兼谈辅助件在液压系统中的使用方法	
第一节 密封	159
第二节 管件	163
第三节 过滤	168
第四节 冷却	172
第五节 润滑	173
第六章 支架液路控制	177
——兼与电控回路的对比	
第一节 基本液路	179

第二节	阻尼液路	187
第三节	差动液路	188
第四节	限压液路	193
第五节	自保液路	196
第六节	连锁液路	198
第七节	先导液路	201
第八节	双压液路	204
第九节	背压液路	206
第十节	自动液路	208
第七章	采煤机液控技术	213
	——兼谈控制的艺术魅力	
第一节	采煤机液压系统的组成	215
第二节	采煤机主要液控回路及液控艺术	218
第三节	采煤机电气控制简介	237
第八章	掘进机及其他机械液控技术	245
	——兼谈液压机械的故障处理原则	
第一节	综掘机	247
第二节	主提升机	255
第三节	液压千斤顶	264
第四节	液压试验台	267
第五节	液压机械常见故障原因及处理原则	272
技术·艺术 (后记)		276

第 一 章

液压控制的基本理论

——兼谈它们在实际中的意义

第一节 液压与液力

一、液体的主要特性

1. 可流动性

液体是一种有固定的体积，但无固定的形状，且可以流动的物质。可流动性是它的一个非常重要的特点。这个特点的实践意义如下：

(1) 液体获得的能量靠“挤压”获得，但传递能量主要靠流动传递。凡是靠液压工作的设备都有自己的流动路线，这个路线根据实际需要，有的是开式的，如单体液压支柱、安全阀等；有的是闭式的，如支架、采煤机、掘进机等。

(2) 只要有流动，流动点的前、后就一定有压力差。这一点对于在实践中理解节流孔的作用、先导式溢流阀的工作原理等具有特别重要的意义，用最直观的话来说就是“水往低处流”。水为什么往低处流呢？压力差、能量差是根本原因。

(3) 流动的连续性是实践中的一个最基本的要求，如果液体中混入气体，就会破坏流动的连续性，形成脉动和振动现象，最终导致液压系统不能稳定、均匀地运行。

2. 不可压缩性

任何物质都是由分子组成的，分子与分子之间均有一定的间距，对同一种物质而言，固体的分子间距最小，气体的分子间距最大，液体的分子间距介于二者之间。

分子与分子之间之所以保持一定的间距，是因为它们之间既有吸引力——不能离得太远；又有排斥力——不能靠得太近。这个特点的

实践意义如下：

(1) 它是理解实践中“静压力”的基础。为什么液体受到挤压后，能产生很大的力量呢？主要是因为液体受到挤压时，因其分子间距很难被缩小，缩小一点，便会产生很大的“反抗力”，这个力便是静压力。用直观的话来说，就是“有压迫就会有反抗”。

(2) 它是理解液压泵与空压机压力差异的基础，液体很难被压缩，受到挤压时能产生很高的压力；气体容易被压缩（因其分子间距大），受到挤压时，压力却不易升得很高。这好像压弹簧，很硬的弹簧很难压缩，但压缩时弹力很大；较软的弹簧容易压缩，但弹力较小。

3. 可转化性

可转化性是指固体、液体、气体在一定条件下能够转化（图 1-1）。

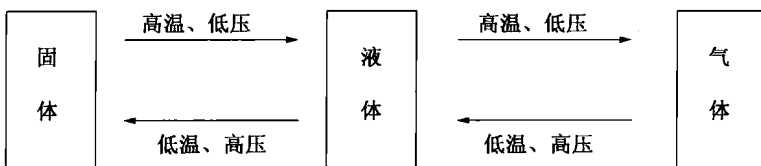


图 1-1 固体、液体、气体之间的相互转化

低温、高压条件下，气体能变成液体，液体也能变成固体。

高温、低压条件下，固体能变成液体，液体也能变成气体。

怎样理解这个转化呢？

分子在高温作用下，相当于吸收了能量，变得活跃起来，活跃到一定程度，便摆脱了分子之间原有的吸引力，分子之间的间距便增加了；在低压作用下，“压迫”分子的力量小了，故分子的间距也易增加。

分子之间的间距大了，固体就会变成液体，液体便可转变为气体。

同理，在高压、低温作用下，分子间的间距会变小，为气体变液体、液体变固体提供了条件。

这个特点的实践意义如下：

(1) 它是在实践中理解气穴现象，避免气穴现象的基础。气穴（即气泡）的产生会影响液压传动的稳定性。

(2) 空压机的运行，为什么在储气罐内产生水？也会从这里找到答案。

(3) 大多数液体变成固体的时候，体积要缩小，但水在 $-4 \sim 0^{\circ}\text{C}$ 时是例外，在这个温度界限，水变成冰，体积会膨胀，故液压管路在低温情况下要做好防冻工作，以防胀破管道。

二、液压

在实践中，我们常说的液压主要是液体的静压，为什么这样说呢？可以举个例子加以说明：

如某液压系统中，静压是 30MPa （可以从压力表读出），泵站比工作面高 30m ，液体的流动速度是 8m/s （一般达不到这个速度）。根据这些条件可得出：

$$p_{\text{动压}} = 1/2 \rho v^2 = 1/2 \times 1000 \times 8^2 \text{Pa} = 32000 \text{Pa} = 0.032 \text{MPa}$$

$$p_{\text{位压}} = \gamma z = 9.8 \times 1000 \times 30 \text{Pa} = 294000 \text{Pa} = 0.294 \text{MPa}$$

式中 ρ ——液体的密度，乳化液的主要成分是水，故可认为在常温常压下的密度为 1000kg/m^3 ；

γ ——液体的重度，取 9800N/m^3 ；

v ——液体的流速， m/s ；

z ——液体的高度， m 。

有关单位的换算关系见后述。

对比可知：

动压 0.032MPa，位压 0.294MPa，仅是静压 30MPa 的 1‰和 1%，因此，尽管一种液体的压力是静压、动压、位压 3 种压力之和，但动压、位压均可忽略不计，液体做功主要靠静压。

那么，又怎样理解静压做功呢？

液体在分子被“压”的情况下流动，它“憋”不动管道，只有到一个可以“膨胀”的空间，如柱子的上、下腔，马达的腔内，才有分子间距变大、释放能量的机会，释放能量的过程就是液体做功的过程，如柱子上升、马达旋转等，能量释放完毕，分子的间距就变得正常，“高压分子”就变成“低压分子”了。

利用液压做功的设备在井下应用十分广泛，如千斤顶、立柱、油缸、马达、支架等。

三、液力

利用液体传递能量，除液压外，还有液力，如果说液压传递是一种静压传递，那么液力传递则为一种动力传递。井下应用十分广泛的液力耦合器（俗称油葫芦），就是利用液力工作的一种典型设备，现通过其工作原理来理解液力。

液力耦合器的基本结构是两个盘的外壳连接在一起，其具体构造如图 1-2 所示。

(1) A 盘的叶片和外壳固定在一起，可以称之为“死盘”或主动盘，电动机轴和 a 点相连。

(2) B 盘和外壳不相连，是能够独立活动的，可以称之为“活盘”或从动盘。这个盘上有花键套，变速箱的一轴花键就套在其中（如 B 盘的 b 点）。

(3) 电动机轴转动起来后，它带动整个“油葫芦”旋转，A 盘先转动起来，使里面的液体旋转起来（注意油葫芦内的液体不能添满，否则液体无法甩动起来），旋转起来的动力就把活盘 B 也带动了

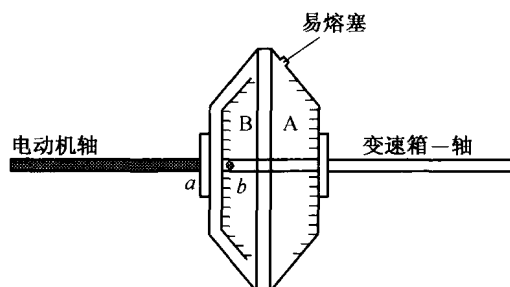


图 1-2 液力偶合器结构示意图

起来，B 盘旋转带动了一轴旋转，带式输送机或刮板输送机便运转了起来。

从以上的启动过程可知：A 盘不是马上把 B 盘带动了起来，B 盘是随着液力从小到大逐渐转起来的，故可称之为“软启动”，这有利于减小电动机的启动电流。

当负载较大时，液体可通过辅助室减少旋转液体，从而减轻电动机负载，当负载过大时，“油葫芦”内的液体摩擦力急剧增加，热量增加，温度升高，液体便会冲开外壳上的易熔塞或爆破片，来到壳外，这样壳内的液体量急剧下降，这相当于没有了工作介质，自然，A 盘就“挂”不住 B 盘了，A 盘空载运行，从而有效地保护了电动机。这也是“液力偶合”这 4 个字的基本道理。

第二节 压力与压强

一、压力的物理意义

1. 压力

压力本来表示一种力的大小，是指垂直压在物体表面上的力，一般用 F 表示。如一张桌子上压了 10kg 的重物，我们就说桌子受到的压力是 98N 。

2. 压强

物体单位面积上所受的力，称为压强，一般用 p 表示。如一张桌子上压了 10kg 的重物，重物和桌子的垂直作用面积（接触面积）是 10m^2 ，那么我们说桌子受到的压强为 $p = 98\text{N}/10\text{m}^2 = 9.8\text{N}/\text{m}^2 = 9.8\text{Pa}$ 。如果桌子上的重物还是 10kg ，但作用面积只有 1m^2 ，则

(1) 桌子承受的压力不变。

(2) 桌子承受的压强变大， $p = 98\text{N}/\text{m}^2 = 98\text{Pa}$ 。

3. 压力与压强的关系

$$F = pS$$

这个关系式在实践中的意义如下：

(1) 因为井下所用的支柱、支架等设备面积基本固定，根据公式可知，在作用面积 S 一定的情况下，压力与压强成正比，故为了提高支柱的支撑力，就需要在液压强度上想办法。

(2) 为了不使支柱“插入”底板，在顶板压力一定的情况下（你无法改变顶板的压力），就要在作用面积 S 上想办法，你不可能加粗柱子，但可以垫小板，加大柱子对底板的作用面积。

(3) 大致估算支架的初撑力。如果泵站显示的液压是 30MPa ，

那么工作面每个支架的初撑力是多少？这个问题尽管不确切，但可以大致估算如下：

每个支架有 4 根立柱支撑，若每根立柱的直径大约是 18cm，则每个支架的初撑力为

$$F = 4pS = 4 \times 30 \times 10^6 \times 3.14 \times (0.18/2)^2 \text{N} = 3052080 \text{N}$$

二、压力在液压系统中的特定含义

在液压系统中，压力特指压强，也就是说，当我们说一个地点的液体压力有多大时，实质上是指压强有多大。而压力本身常用“作用力”来替代，这一点尤应注意。

如我们常说泵的额定压力是 31.5MPa，一根单体柱的作用力是 $3 \times 10^5 \text{N}$ ，实质上是说泵的压强是 31.5MPa，柱子承受了 $3 \times 10^5 \text{N}$ 的压力。

以下提到的压力均指压强。

三、几个重要单位及其换算关系

1. 压力的常用单位

压力常用单位有帕（Pa）、千帕（kPa）、兆帕（MPa）。

$1 \text{Pa} = 1 \text{N/m}^2$ ，即每平方米上有 1 牛的压力就是 1 帕，这个单位很小，液压系统中常用兆帕：

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

另外，一些压力表上还有 $1 \text{kg} \cdot \text{f/cm}^2$ 的单位，它是一个工程大气压力的单位，即

$$1 \text{工程大气压力} = 1 \text{kg} \cdot \text{f/cm}^2$$

它和兆帕的关系为

$$1 \text{工程大气压力} = 1 \text{kg} \cdot \text{f/cm}^2 = 9.8/10^{-4} \text{Pa} = 9.8 \times 10^4 \text{Pa} \approx 0.1 \text{MPa}$$

压力的单位还很多，有毫米水柱（mmH₂O）、毫米汞柱（mmHg）、标准大气压（atm）等，它们与帕（Pa）之间的换算关系如下：

$$1\text{ mmHg} = 133.3\text{ Pa}$$

$$1\text{ mmH}_2\text{O} = 9.8\text{ Pa}$$

$$1\text{ atm} = 1 \times 10^5\text{ Pa}$$

液压系统中，压力的单位常用 MPa，流量的单位常用 L/min，压力与流量的乘积，与功率常用的单位 kW 是什么关系呢？

推算过程如下：

$$1\text{ MPa} \times 1\text{ L/min} = 10^6 \times \text{N/m}^2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/60\text{ s} = 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}/60\text{ s} = 10^3 \text{ J}/60\text{ s} = 10^3/60\text{ W} = 1/60\text{ kW} = 0.017\text{ kW}$$

注：1 L = 10^{-3} m^3 ，1 J = 1 N × 1 m，1 kW = 10^3 W

0.017 这个数据很重要，它是快速推算泵的功率和效率的一个基本数据，在实践中具有重要意义。

例如，泵的额定压力是 31.5 MPa，额定流量是 125 L/min，那么其额定功率计算如下：

$$31.5 \times 125 \times 0.017\text{ kW} \approx 67\text{ kW}$$

2. 作用力的常用单位

作用力常用的单位有牛（N）、公斤力（kg · f）等。

其换算关系为

$$1\text{ t} \cdot \text{f} = 1000\text{ kg} \cdot \text{f} = 9.8 \times 10^3\text{ N}$$

$$1\text{ kg} \cdot \text{f} = 9.8\text{ N}$$