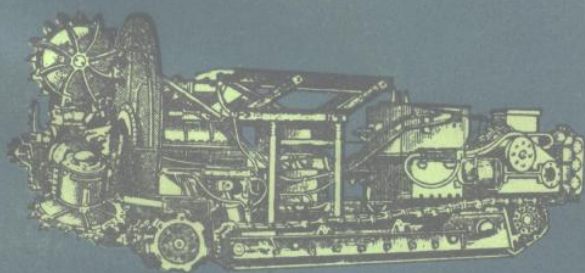


采掘设备的液压传动

计算和结构



燃料化学工业出版社

74.12
769

采掘设备的液压传动

计算和结构

〔苏联〕B. H. 霍林 著

李昌熙 周永昌 霍宏暄 赵浩川 译

孙 福 星 校

21.10/12

燃料化学工业出版社

毛主席语录

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

目 录

第一章 工作液体及液压管路水力学	1
§ 1. 矿山机械和机械化支架的容积式液压传动概述	1
§ 2. 容积式液压传动的工作液体	5
对工作液体的一般要求	5
工作液体的重度、密度及粘性	10
工作液体的压缩性	17
液体体积随温度而变的膨胀性	18
工作液体的导热性及比热	18
§ 3. 液压管道水力学	19
作为在液压管道中液体流动状态准则的雷诺数	19
液体在圆管中的层流 斯托克斯公式	21
管路中的压力损失	23
局部压力损失	28
§ 4. 狭缝中液体的层流、渗漏	38
平面狭缝	38
同心环形缝隙	43
偏心环形缝隙	44
压力对通过狭缝的液体流量的影响	46
估计压力及滑阀的几何尺寸对渗漏影响的图线	49
狭缝的堵塞	55
温度对密封缝隙的尺寸改变	55
第二章 定量泵	59
§ 1. 概述	59
§ 2. 矿山机械及金属支架的液压传动系统中的液压泵分类	62
§ 3. 齿轮泵	64
概述	64
齿轮泵流量的计算	66
齿根部的困油现象及其消除方法	71

液体的流量脉动	74
齿轮泵中功率损失	75
作用在齿轮泵的轴承上的力	79
齿轮的转速	80
§ 4. 矿山机械液压传动系统中应用的齿轮泵结构	82
“液压传动”工厂生产的 III 系列齿轮泵	
(根据分类 2 称 Г11-1 型泵)	82
润滑系统专用的齿轮泵	87
布琼尼工厂生产的 HII-16B, HII-40B 及 HII-60B 型齿轮泵	88
ДHII-75P 型齿轮式马达-泵	94
§ 5. 转子式叶片泵	100
双作用叶片泵的流量计算	102
叶连茨基机床液压附件工厂生产的 II 系列(Г12-11A-Г12-13)	
叶片泵的构造	103
§ 6. 活塞泵	107
偏心盘式阀门活塞泵的理论流量及液流的脉动	110
“液压传动”工厂的 H-4(Г17-2 及 Г17-3)系列阀门活塞泵	
的结构	114
专用单活塞泵	117
第三章 变量液压泵	122
§ 1. ГПЧ-2 型液压牵引部的叶片泵	122
液压泵流量计算	129
液压作用在转子上的横向作用力的计算	131
移动泵壳所需施加力的计算	132
§ 2. БК-2 型采煤康拜因的多柱塞式变量泵	134
§ 3. 轴向柱塞泵	137
柱塞的运动速度	139
II 系列轴向柱塞式变量泵的构造	144
II 系列液压泵的工作原理(第二类 №5~50)	145
II Д№20 液压泵的构造	148
II P 系列液压泵(第二类 №5~50)	157

II Д 系列和 II P 系列液压泵 (第一类 №0.5~2.5)	158
具有球面配流盘的 АНП-200 型轴向柱塞式液压泵	173
НП-61 型径向柱塞式液压泵	181
第四章 液压马达	188
§ 1. 齿轮式液压马达	190
§ 2. 叶片式液压马达	191
ГПЧ-2М 型牵引部液压传动的叶片式液压马达	191
БЛГ-400 型大转矩叶片式液压马达	194
§ 3. II М 型轴向柱塞式液压马达	203
§ 4. БК-2 型采煤康拜因牵引机构的大转矩径向 柱塞式液压马达	212
§ 5. БГД 型径向柱塞式液压马达	218
§ 6. ДП-502 型、ДП-503 型和 ДП-504 型大转矩径向 柱塞式液压马达	224
第五章 液压缸	232
§ 1. 液压缸基本参数的计算	233
§ 2. 矿山机械所用液压缸的构造	240
第六章 调整及分配装置	253
§ 1. 安全阀	254
球式及锥式安全阀的动作原理和基本关系	256
球式及锥式阀流道断面的计算	259
高压管路中大流量及改变流量的锥式阀门结构特点	261
滑阀式的安全阀	264
§ 2. 液压支柱用的安全阀	267
带有节流装置的安全阀	278
两级作用的安全阀	281
可动式阀座的安全阀	282
§ 3. 单向阀或吸入阀	286
§ 4. 溢流阀	287
§ 5. 液压锁	288

§ 6. 减压阀	290
§ 7. 限流器	291
§ 8. 阀式分配器	293
§ 9. 旋阀	296
§ 10. 滑阀式分配装置	303
§ 11. 定量给液器	323
§ 12. 配流装置	327
§ 13. 节流装置	328
第七章 密封装置、油管、滤油器和油箱	339
§ 1. 密封装置	339
§ 2. 油管	357
§ 3. 滤油器	376
§ 4. 油箱	388
第八章 采掘设备的液压传动装置	392
§ 1. 油泵-液压缸式液压传动	392
矿山机械用油泵-液压缸式标准液压传动系统图	394
§ 2. 机械化支架的液压传动装置	410
§ 3. 变量泵-液压马达式液压传动装置	437

第一章 工作液体及 液压管路水力学

§ 1. 矿山机械和机械化支架的 容积式液压传动概述

现在，在矿山机械和采煤工作面设备的传动装置中应用着电动机、气力发动机、内燃机和液动机(液压换能装置)。

在采矿工业中得到最广泛应用的是交流频率为 50 周波的、工作电压为 380 伏或 660 伏的鼠笼型感应电动机的电力传动。

气力传动的使用范围是有限制的，它主要用于根据保安规程禁止使用电能的非金属矿或主要靠风动钻机来钻眼的金属矿中。

最近以来在采矿及运输机械中出现了应用内燃机的趋势，这在很多情况下，在经济上较为有利，这类传动在金属采矿工业中将有某些推广。

水力传动(借水的压力来传递能量)主要在采煤过程水力机械化的水力化采煤矿井中有使用前途。无论所需外部能量的种类如何，所有的传动都可以用机械传动或容积式液压传动。

在 1950 年以前，几乎所有的矿山设备都是用机械传动的。但最近以来，除了机械传动以外，在矿山机械中，特别是机械化支架中，日益广泛地开始采用容积式液压传动。

容积式液力传动装置是指由起能量发生器作用的容积式

液压泵、液压管路及起能量接收器作用的容积式液动机所组成的液压装置，它靠压缩性低的液体来沿管路从液压泵向液动机传递能量。

液压传动是指用来驱动机构和机器的传动装置，它是由液力传动装置、操纵系统、辅助装置及管路所组成的。

使用经验表明，液压传动在矿山机械和机械化支架中具有广泛的工业应用前途，因为它有以下主要优点。

1. 液压传动能可靠地将传动链中所产生的载荷值限制在给定范围内，并使其与外力变化状况及发动机的转子飞轮力矩无关。

2. 液压传动的组合件(指所有各种液压装置——泵、液动机、阀……等的总称——译者)的主要尺寸及重量较小，而可以获得大的传动比。

在压力为 $200 \sim 100$ 公斤/厘米² 下工作的液压组合件的重量和尺寸为同样条件的电动机组的 $10 \sim 20\%$ 。

3. 无极调速的范围大，换向容易，换向时无需改变电动机的转动方向。

4. 在调整精确度高、效率高、作用力大和使用可靠性良好的情况下，能简而易举地将旋转运动转换成直线运动。

5. 可以比较简单地将能量输送到位于机器范围内及回采工作面范围内的各需用处。

6. 压力、速度、运动方向和位移量等容易控制，给出脉冲后的反应速度快，这将大大简化自动控制系统、程序控制系统和遥控系统的建立。

例如，液压操纵的分配阀的动作时间不超过 0.1 秒，而功率为 5 马力、轴的旋转速度为 2500 转/分的液压马达的换向及再起动而达到相反方向流速所需的时间为 0.02 秒。

7. 液压传动组合件各轴中心在空间布置上彼此无关, 这使机器的总配置大为方便, 减小了机器的主要尺寸, 并不必采用复杂的齿轮传动(圆锥齿轮、蜗轮等等)。

8. 液压组合件的各工作表面间有可靠的强迫润滑。

9. 大大减少了防爆电气设备, 特别是在多电动机传动的矿山机械中。液压传动的缺点有:

(1) 使用液压传动元件的要求较高, 特别是要求液压系统的工作液体在使用过程中保持洁净;

(2) 工作液体在工作过程中可能产生很大热量, 故在个别情况下要求有专门的冷却装置, 由于工作液体的易燃性, 还要装过热保护装置;

(3) 提高了对液压组合件的制造精度、热处理和个别配合零件表面光洁度的要求, 增加了成本。

(4) 液压组合件修理复杂; 在矿井条件下仅允许更换个别部件及组合件, 而且由于安装比较复杂和繁重, 故更换工作亦较更换电气元件复杂和繁重。

尽管有以上缺点, 但液压传动的优点是主要的, 而且它对改进矿山机械的使用性能有决定意义, 因而目前对液压传动在矿山机械制造业中的广泛采用不应当有任何怀疑。特别是液压传动为实现自动化的程序控制或遥控的矿山机械及带机械化支架的机组开辟了很大可能性。这种设备可以使回采工作面过渡到无人采煤。

可以毫不夸张地说, 现在如果不采用某种液压传动系统, 就不可想象能创造出满足使用要求的、具有相当技术水平的矿山机械和机械化支架来。

带容积式液力传动装置的液压传动系统的原理图如图 1 所示。

液压泵 H 经吸入阀 BK 将工作液体由油箱 MB 吸入, 经单向阀 OK 及分配装置 PY 压到液动机 ΓD 中, 液动机可以是液压缸、旋转式液压马达或摆动式液压马达。用过的液体由液动机沿管道经分配装置 PY 回到储油箱。

安全阀 ΠK 是为了限制液压系统中工作液体的极限压力值的, 压力表 M 用来检视压力大小。

根据所采用的液动机的型式, 液压传动分为两种:

由液压泵及液压缸组成的液力传动装置;

由液压泵及液压马达组成的液力传动装置。

第一种液压传动可以用简单和可靠的方法将传动液压泵的原动机的旋转运动转换成直线往复运动, 且保证传递大的作用力和远距离操纵每一能量接受器。这种液压传动广泛地用在矿山机械中, 首先是用于康拜因可以各向移动的工作机构, 用于保证机器工作稳定性或运动方向的元件, 以及用以移动各种辅助装置(运输机、转载机、挡板等)中。

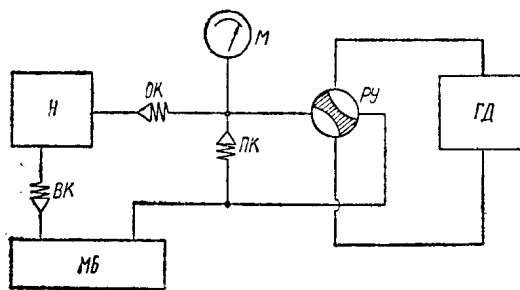


图 1 容积式液压传动原理图

这种液压传动对于机械化支架特别重要。因为这里, 支

撑顶板及移动支架的每一部分都是靠液压缸来实现的。现在已经非常明显，不采用这种液压传动，实际上就不可能创制成机械化支架。

第二种由液压泵及液压马达组成的液压传动，首先在行走机构中有使用前途，但也可以用来传动需要在大范围内无极调节转速及使液压马达反向运转的矿山机械的工作机构和装载机构。液压马达的紧凑性及其较小的重量对机器的总体配置有很大意义。

在一系列的矿山机械中，根据对各种机构、部件和零件的传动装置的要求，上述的各种液压传动，既可以单独使用，也可以一起复合联用。在复合的液压传动系统中，很多液压元件（液压泵、操纵箱、油箱等）是通用的，以简化整个液压传动系统。

§ 2. 容积式液压传动的工作液体

对工作液体的一般要求

容积式液压传动中的工作液体是传递能量的介质，同时又可靠地起着润滑液压传动的工作机件的作用，使其不产生腐蚀。

液压传动中的工作液体承受着变化范围很大的压力、流速及温度的作用。例如在机械化支架的液压传动中，其工作液体经受的压力值达到 800 公斤/厘米²。

在个别液压元件中，工作液体的流速达到 50~80 米/秒，而在支架的安全阀中达 1260 米/秒。矿山机械的液压传动通常工作的温度范围在 +10°C 到 +80°C 之间。

矿山机械的液压传动系统中的工作液体处于灰尘及潮湿

的矿井大气中。

根据用途及液压传动的型式不同，对工作液体的粘度也提出了不同的要求。例如在机械化支架中，由于液压管道的长度较大及过水截面的尺寸有限，要求低粘度的工作液体，以减少液流通过液压管道时的沿程损失。

相反，在叶片式液压马达中，为了减小渗漏及提高容积效率，希望采用粘度大的工作液体。

有些机械化支架，当支柱在矿山压力作用而下沉的过程中，采用了工作液体放到采空区底板的液压传动系统。这时，需要主要考虑的是工作液体的成本及对回采工作面工人的安全。

工作液体应当满足的基本要求是：

(1) 在极限工作温度($+80^{\circ}\text{C}$)下，不应从液体中分解出蒸气及产生焦油。

(2) 在高湿度的矿井大气下，工作液体应当具有化学稳定性、良好的润滑性及不致使液压传动的配合零件产生腐蚀。

(3) 工作液体中应当没有机械混合物，以防堵塞或引起液压传动元件的损坏。

(4) 工作液体不应产生气泡。在有些情况下，液体应当是不能燃烧的。

(5) 工作液体应具有该液压传动型式所要求的粘度。在工作温度范围为 $+10^{\circ}\sim+80^{\circ}$ 时工作液体粘度的变化应该是很小的。

在大多数情况下，都是利用石油产品来作液压传动的工作液体，它们的主要特征列于表1。

容积式液压传动中用的质量最好的油是ГОСТ1642-50

用于矿山机械及机械化支架的容积式液压传动中的石油产品 表1

名 称	牌 号	ГОСТ	50°C 时 粘 度		密 度	温 度 (°C)	
			运 动 粘 度 (厘沲)	恩氏粘度 (°E)		闪 点 (不低于)	凝 点 (不高于)
机械油①	20	1707-51	17~23	2.60~3.31	0.88~0.90	170	-20
机 械 油	30	1707-51	27~33	3.81~4.59	0.89~0.92	180	-15
机 械 油	45	1707-51	38~52	5.24~7.07	0.89~0.93	190	-10
机 械 油	50	1707-51	42~58	5.76~7.86	0.89~0.93	200	-20
锭子油	AV	1642-50	12~14	2.05~2.26	0.89~0.90	163	-45
透平油	22	32-53	20~23	2.90~3.30	0.90	180	-15
透平油	30	32-53	28~32	3.90~4.40	0.90	180	-10
透平油	46	32-53	44~48	6.00~6.50	0.92	195	-10
透平油	57	32-53	55~59	7.50~7.90	0.93	195	-10

① 原文直译应为工业油，我国称为机械油，下同——译者

中规定的高度净化的、精制的专用锭子油 AV(相当我国 SYB 1206-56——译者)和 ГОСТ32-53 中规定的具有良好化学稳定性的耐酸精制透平油(相当我国 SYB1201-60——译者)。

质量较差的是 ГОСТ1707-51 中规定的蒸馏得的酸精制的机械油(相当我国 SYB1104-60——译者)。在液压传动中，这种油受温度及速度的影响而很快失去原有性能(触变性)，并且分离出焦油。在液压传动系统中采用这种油时必须经常更换。

在容积式液压传动中不允许采用碱精制的工业用油(ГОСТ2854-51)，因为它们不具备所必需的化学稳定性。

近来就采用水油乳状液主要作为机械化支架液压传动的

工作液体进行了试验，水油乳状液是水和占总量达 2% 的特殊添加剂的混合物。添加剂能使乳状液在高压（达 600 公斤/厘米²）及高温（达 80~90°C）时十分稳定（约达 7000 小时）。

这种添加剂使乳状液具有抗腐蚀性及抗胶合性。为了使原来打算用矿物油工作的液压传动的个别元件，不改变其原有结构就可以采用乳状液，上述性能是完全必要的。

机械化支架中应用的水油乳状液的主要优点是：

(1) 乳状液是不能燃烧的工作液体，因此，尽管支架的液压传动系统中工作液体的容积相当大，也能大大地减少发生火灾的危险。

(2) 主要成份是水（达 98~99%）的乳状液的成本便宜，因此可以按照新的方案来进行机械化支架的液压传动系统设计。这种系统的特点是：在矿山压力作用下支柱下沉时，由安全阀溢出的工作液体流到采空区底板上；可采用直径小的液压管道；不必要双腔液压支柱。这种方案可以大大简化支架的液压系统，并且在很多情况下取消了工作液体流回油箱的回油管路。

(3) 乳状液的粘度低，因而减小了液压管道中的压力损失，使得在当其他条件相同时可采用通过截面较小的管路。

乳状液的上述主要优点，使其作为机械化支架、回采及切顶支柱的液压系统的工作液体很有前途。

全苏石油工业科学研究所对由水及 1~2% 特殊添加剂组成的乳状液进行了研究和工业性实验。这种添加剂称为 ВНИИИП-117。进行过的研究表明，带 ВНИИИП-117 添加剂的这种乳状液具有较 20 号机械油高得多的抗腐蚀、抗胶合及抗磨损性能，图 2 所列的试验数据可以说明这一点。

通过研究还弄清了带 ВНИИИП-117 添加剂的乳状液对

由塑料及耐油橡胶制成的密封材料的影响。

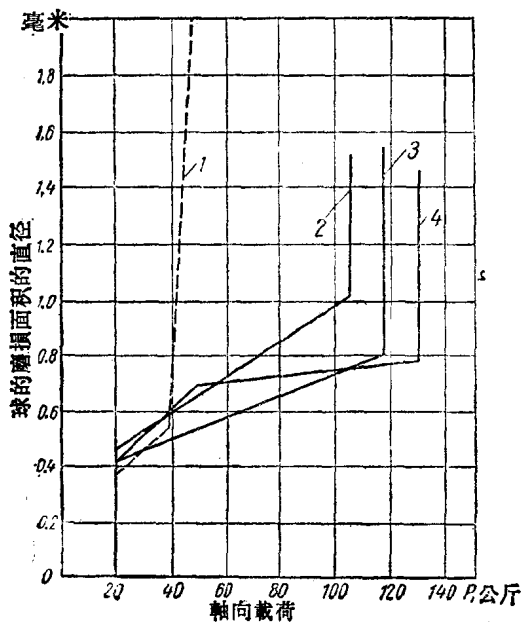


图 2 20 号机械油及含 0.1、0.5 及 1.5% ВНИИ НП-117 添加剂的乳状液在四球装置上进行抗磨损及抗胶合性能比较试验的结果

1—20 号机械油；2—带 0.1% ВНИИ НП-117 添加剂的乳状液；3—带 0.5% ВНИИ НП-117 添加剂的乳状液；4—带 1.5% ВНИИ НП-117 添加剂的乳状液

附注：试验在 $n = 1500$ 转/分， $d_{ш} = 19$ 毫米， $t = 20^\circ\text{C}$ 时进行的。

所进行的比较试验结果由以下数据说明：

**不同材料的密封试件在带 1.5%ВНИИ НП-117 添加剂
的乳状液中工作时的稳定性**

密封试件材料	试验前重量	重 量 变 化 (克)			
	(克)	5 昼 夜	10 昼 夜	20 昼 夜	36 昼 夜
氟塑料	3.8904	3.8905	3.8903	3.8904	3.8903
聚氯乙烯	5.1541	5.1454	5.1263	5.1284	—
YA-1 耐油橡胶	14.2819	14.3185	14.3052	14.3582	14.2868

**不同材料的密封试件在 ГОСТ1707-51 20 号机械油
中工作时的稳定性**

密封试件材料	试验前重量	重 量 变 化 (克)		
	(克)	5 昼 夜	10 昼 夜	20 昼 夜
氟塑料	5.0484	5.0486	5.0497	5.0489
聚氯乙烯	4.7985	4.7788	4.7680	4.7615
YA-1 耐油橡胶	15.4663	15.4252	15.4048	15.3904

比较以上数据可以看出,密封材料在含 1.5%ВНИИ НП-117 添加剂的乳状液中的稳定性甚至略高于 20 号机械油的稳定性。ВНИИ НП-117 添加剂以精制变压器油的提出物作基础,再加上抗腐、乳化、防锈及表面活性物质而组成的。这种乳状液在“莫斯巴斯”和 K-58K 型支架中的初步使用经验肯定了它的效果。

工作液体的重度、密度及粘性

液压计算中工作液体最重要的物理性质是单位体积的重量、密度及粘性。

单位体积液体的重量(重度)为