

普通高等院校“十二五”立项教材

液压传动与 采掘机械

YE YA CHUAN DONG YU CAI JUE JI XIE

主编◎杨天兴 齐庆国



吉林大学出版社

普通高等院校“十二五”立项教材

液压传动与采掘机械

主 编 杨天兴 齐庆国
主 审 韩天判



吉林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压传动与采掘机械 / 杨天兴, 齐庆国主编. — 长

春: 吉林大学出版社, 2014.9

ISBN 978-7-5677-2383-2

I. ①液… II. ①杨… ②齐… III. ①液压传动②采
掘机 IV. ①TH137②TD420.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 232771 号

齐庆国 杨天兴 主编
齐庆国 杨天兴 主审

书 名: 液压传动与采掘机械
作 者: 杨天兴 齐庆国 主编

责任编辑: 李伟华 责任校对: 甄志忠

吉林大学出版社出版、发行

开本: 787×1092 毫米 1/16

印张: 18.5 字数: 460 千字

ISBN 978-7-5677-2383-2

封面设计: 可可工作室

北京明兴印务有限公司 印刷

2014 年 9 月 第 1 版

2014 年 9 月 第 1 次印刷

定价: 38.00 元

版权所有 翻印必究

社址: 长春市明德路 501 号 邮编: 130021

发行部电话: 0431-89580028/29

网址: <http://www.jlup.com.cn>

E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

前 言

本书是根据教育部专业设置和课程整合的教改要求而编写的。为了在减少课堂教学学时的同时拓宽学生知识面,本书将相关流体力学内容、液压传动与气压传动、采煤机械、支护设备、掘进机械的教学内容根据需要进行整合,使学生掌握液压与气压传动、采掘设备相关的基础知识为后续的课程学习、设计训练和工作奠定基础。

在编写的过程中从教学改革的需要出发,强调知识的应用与能力培养,在内容的选取和安排上,使液压与气压传动和采掘机械设备相关知识有机地融会贯通、相互交叉,处理好理论与实际应用的关系,重点介绍理论知识,强调基本训练,增强分析、解决实际问题的能力 & 工程应用素质的培养,少而精,系统性强。

本书由长期在第一线从事教学工作、富有经验的教师以科学性、先进性、系统性和实用性为目标,并总结同类教材的编写经验,汲取本课程领域内最新的教学和科研成果,精心组织编写而成,能够满足不同类型和层次的教学需要。教材以液压传动技术为主线,阐明了液压与气压传动技术的基本原理,介绍液压传动在采掘机械中的应用、日常维护等相关知识,着重培养学生分析问题、解决问题的能力。

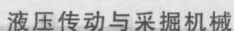
本书由杨天兴、齐庆国任主编。参加编写的有:兰州城市学院杨天兴(第一至六章),甘肃煤炭工业学校齐庆国(第八至十章),甘肃煤炭工业学校刘晓玲(第七章、附录)。本书借鉴了大量优秀参考书籍,在此谨向前辈和同仁表示敬意。本书由甘肃畜牧工程职业技术学院韩天判副教授主审,审稿过程中提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢!由于我们编写水平有限,书中难免有疏漏和不当之处,敬请使用本书的广大读者及同仁多提宝贵意见,以求改进。

编 者
2014 年 8 月

第一节	柱塞泵	(59)
第二节	叶片泵	(60)
第三节	齿轮泵	(61)
第四节	液压泵的选用	(62)
第四章	液压执行元件	(68)
第一节	液压缸	(68)
第二节	液压马达	(71)
第五章	液压控制元件	(85)
第一节	概述	(85)
第二节	方向控制阀	(87)
第三节	压力控制阀	(100)
第四节	流量控制阀	(110)

第一篇 液压传动

• 1 •



第二篇 采掘机械



绪 论

《液压传动与采掘机械》是采矿工程专业的一门重要专业基础课,是从事采矿工程生产技术和组织管理的工程技术人员必须了解和掌握的专业知识。

液压传动是用液体作为工作介质来传递能量和进行控制的传动方式。液压传动和气压传动称为流体传动,是根据 17 世纪帕斯卡提出的液体静压力传动原理而发展起来的一门新兴技术,是工农业生产中广为应用的一门技术。如今,流体传动技术水平的高低已成为一个国家工业发展水平的重要标志。液压传动的基本原理是液压系统利用液压泵将原动机的机械能转换为液体的压力能,通过液体压力能的变化来传递能量,经过各种控制阀和管路的传递,借助于液压执行元件(液压缸或马达)把液体压力能转换为机械能,从而驱动工作机构,实现直线往复运动和回转运动。其中的液体称为工作介质,一般为矿物油,它的作用和机械传动中的皮带、链条和齿轮等传动元件相类似。

液压传动有许多突出的优点,因此它的应用非常广泛,如一般工业用的塑料加工机械、压力机械、机床等;行走机械中的工程机械、建筑机械、农业机械、汽车等;钢铁工业用的冶金机械、提升装置、轧辊调整装置等;土木水利工程用的防洪闸门及堤坝装置、河床升降装置、桥梁操纵机构等;发电厂涡轮机调速装置、核发电厂等等;船舶用的甲板起重机械(绞车)、船头门、舱壁阀、船尾推进器等;特殊技术用的巨型天线控制装置、测量浮标、升降旋转舞台等;军事工业用的火炮操纵装置、船舶减摇装置、飞行器仿真、飞机起落架的收放装置和方向舵控制装置等。

液压传动在采掘机械中得到了广泛应用,显示出其强大的生命力和广阔的发展前景。采掘设备装机容量大,运行速度低,载荷变化剧烈,通常要求在工作过程中调速。一般机械减速和调速装置难以满足这些要求。例如采煤机牵引部的速比甚大,一般都在 200 以上。20 世纪 50 年代的采煤机曾采用间歇运动的调速机构,并利用摩擦离合器实现过载保护。这类机构结构复杂、传动路线长、传递功率小、故障多,已被淘汰。1964 年我国第一台 MLQ-64 型浅截式采煤机采用了液压传动的牵引部,利用变量泵一定量马达组成的容积调速系统,实现了无级调速,并在系统中设置了用于过载保护的安全阀,简单可靠。而现代采煤机装机容量达数百千瓦(电动机功率一般为 100~300kW,最大可达 1000kW),牵引力大(300~500kW),控制、调节及自动化的要求很高,一般都采用液压传动和控制来满足这些要求。液压支架是一种液压泵-液压缸工作方式液压系统,用高压液体驱动立柱升降,千斤顶推移,防滑、防倒和调架等;利用液体的不可压缩性,使支柱内的工作液体在顶板压力作用下迅速增压而支承顶板。不论从其运动形式或是承载能力和特性,其他传动都不能满足要求;惟有液压传动,才使自移式液压支架实现应用。刮板输送机虽无调速要求,但满载工况下的频繁起动,使任何类型的原动机和减速装置都难以承受,唯有采用液力耦合器和液力变矩器,才能保证其平稳起动和正常运转。此外,在掘进机、钻机、提升机以及其他矿山机械中,也广泛地应用液压传动,并且出现了一些全液压传动的矿山机械设备。



第一篇 液压传动



第一章 液压流体力学基础

流体力学是研究平衡和运动规律的一门学科。本章主要阐述与液压传动技术有关的流体力学的基本内容,为本课程的后续学习打下必要的理论基础。

第一节 工作介质

液压传动中的工作介质起着重要的作用,是能量传递的中间媒介,同时应具备润滑、冷却、去污和防锈的功能。因此了解液体的基本力学性质,掌握液体在平衡和运动状态下的力学规律,有助于正确理解液压传动原理,也是合理地设计和使用液压系统的理论基础,有助于后续章节的学习和深入研究。

工作介质的种类,其化学、物理性质和力学特性一直是被研究的课题,伴随着液压传动技术发展的全过程。

一、液压传动介质

液压传动及控制所用的工作介质为液压油液或其他合成液体,其应具备的功能如下:

- 1) 传动 把由液压泵所赋予的能量传递给执行元件;
- 2) 润滑 润滑液压泵、液压阀、液压执行元件等运动件;
- 3) 冷却 吸收并带出液压装置所产生的热量;
- 4) 去污 带走工作中产生的磨粒和来自外界的污染物;
- 5) 防锈 防止液压元件所用各种金属的锈蚀。

为使液压系统长期保持正常的工作性能,对其工作介质提出的要求是:

- 1) 可压缩性 可压缩性尽可能小,响应性好;
- 2) 黏性 温度及压力对黏度影响小,具有适当的黏度,黏温特性好;
- 3) 润滑性 通用性对液压元件滑动部位充分润滑;
- 4) 安定性 不因热、氧化或水解而变质,剪切稳定性好,使用寿命长;
- 5) 防锈和抗腐蚀性 对铁及非铁金属的锈蚀性小;
- 6) 抗泡沫性 介质中的气泡容易逸出并消除;
- 7) 抗乳化性 除含水液压液外的油液,油水分离要容易;
- 8) 洁净性 质地要纯净,尽可能不含污染物,当污染物从外部侵入时能迅速分离;
- 9) 相容性 对金属、密封件、橡胶软管、涂料等有良好的相容性;



- 10)阻燃性 燃点高,挥发性小,最好具有阻燃性;
- 11)其他 对工作介质的其他要求还有:无毒性和臭味;比热容和热导率要大;膨胀系数要小等。

其实,能够同时满足上述各项要求的理想的工作介质是不存在的。液压系统中使用的工作介质按国际标准组织(ISO)的分类(我国国家标准 GB/T7631. 2-1987 与此等效)如表 1-1 所示。

表 1-1 液压传动工作介质的种类

工 作 介 质	类 别		组成与特性			代 号	
	石油基液压油		无添加剂的石油基液压油			L - HH	
			HH+ 抗氧化剂、防锈剂			L - HL	
			HL+ 抗磨剂			L - HM	
			HL+ 增粘剂			L - HR	
			HM+ 增粘剂			L - HV	
			HM+ 防爬剂			L - HG	
			无特定难燃性的合成液（特殊性能）			L - HS	
	难 燃 液 压 液	含 水 液 压 液	高含水 液 压 液	水包油 乳化液	含水大于 80%（体积分数）	L - HFA	L - HFAE
				水的化 学溶液			L - HFAS
			油包水乳化液		含水小于 80%（体积分数）	L - HFB	
			水 - 乙二醇液			L - HFC	
		合 成 液 压 液	磷酸酯无水合成液			L - HFD	L - HFDR
			氯化烃无水合成液				L - HFDS
			HFDR 和 HFDS 液混合的无水合成液				L - HFDT
其他成分的无水合成液			L - HFDU				

目前,90%以上的液压设备采用石油基液压油液。基油为精制的石油润滑油馏分。为了改善液压油液的性能,以满足液压设备的不同要求,往往在基油中加入各种添加剂。添加剂有两类:一类是改善油液化学性能的,如抗氧化剂、防腐剂、防锈剂等;另一类是改善油液物理性能的,如增粘剂、抗磨剂、防爬剂等。

为了军事目的,近年来在某些舰船液压系统中,也有以海水或淡水为工作介质的。而且正在逐渐向水下作业、河道工程、海洋开发等领域延伸。

二、物理性质

工作介质的基本性质有多项,现择其与液压传动性能密切相关的三项做详细介绍。

(一)密度

单位体积液体所具有的质量称为该液体的密度。即:

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1-1}$$



式中 ρ ——液体的密度;

V ——液体的体积;

m ——液体的质量。

常用液压传动工作介质的密度值见表 1-2。

表 1-2 常用液压传动工作介质的密度(20℃)

工作介质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	工作介质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
抗磨液 L-HM32	0.8×10^3	水-乙二醇液 L-HFC	1.06×10^3
抗磨液 L-HM46	0.8875×10^3	通用磷酸酯液 L-HFDR	1.15×10^3
油包水乳化液 L-HFB	0.932×10^3	飞机用磷酸酯液 L-HFDR	1.05×10^3
水包油乳化液 L-HFAE	0.9977×10^3	10 号航空液压油	0.85×10^3

液体的密度随着压力或温度的变化而发生变化,但其变化量一般很小,在工程计算中可以忽略不计。

液压油一般为均质的,对于矿物油,其密度一般取 $\rho = (850 \sim 960) \text{kg/m}^3$,对于机床、船舶液压系统中常用的液压油(矿物油),在 15℃ 时,其密度取 $\rho = 900 \text{kg/m}^3$ 。

(二)可压缩性

液体因所受压力增高而发生体积缩小的性质称为可压缩性。若压力为 p_0 时液体的体积为 V_0 ,当压力增加 Δp ,液体的体积减小 ΔV ,则液体在单位压力变化下的体积相对变化量为:

$$\kappa = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V_0} \quad (1-2)$$

式中, κ 称为液体的压缩率。由于压力增加时液体的体积减小,两者变化方向相反,为使 κ 成为正值,在上式右边须加一负号。

液体压缩率 κ 的倒数,称为液体体积模量,即

$$K = \frac{1}{\kappa} = -\frac{\Delta p}{\Delta V} V_0 \quad (1-3)$$

表 1-3 所示为各种工作介质的体积模量。由表中石油基液压油体积模量的数量可知,它的可压缩性是钢的 100~170 倍(钢的弹性模量为 $2.1 \times 10^5 \text{MPa}$)。

表 1-3 各种工作介质的体积模量(20℃,大气压)

工作介质	体积模量 K / MPa	工作介质	体积模量 K / MPa
石油基液压油	$(1.4 \sim 2) \times 10^3$	水-乙二醇液	3.45×10^3
水包油乳化液	1.95×10^3	磷酸酯液	2.65×10^3
油包水乳化液	2.3×10^3		

一般情况下,作介质的可压缩性对液压系统性能影响不大,但在高压下或研究系统动态性能及计算远距离操纵的液压机构时,则必须予以考虑。

石油基液压油的体积模量与温度、压力有关:温度升高时, K 值减小,在液压油正常工作温度范围内, K 值会有 5%~25% 的变化;压力增加时, K 值增大,但这种变化不呈线性关系,当 $p \geq 3 \text{MPa}$ 时, K 值基本上不再增加。

由于空气的可压缩性很大,因此当工作介质中有游离气泡时, K 值将大大减小,且起始

压力的影响明显增大。但是在液体内游离气泡不可能完全避免,因此,一般建议石油基液压油 K 的取值为 $(0.7 \sim 1.4) \times 10^3 \text{ MPa}$,且应采取措施尽量减少液压系统工作介质中的游离空气的含量。

(三)液体的黏性

(1)液体黏性的表现

液体在外力作用下流动时,由于液体分子间内聚力(也称内摩擦力)的作用而产生阻止液层间的相对滑动,液体的这种性质称为黏性。黏性的大小用黏度来表示。液体在静止状态时不呈现黏性。

现以图 1-1 说明液体的黏性。若距离为 h 的两平行平板间充满液体,下平板固定,而上平板以速度 u_0 向右平动由于液体和固体壁面间的附着力及液体的黏性,会使流动液体内部各液层的速度大小不等:紧靠着下平板的液层速度为零,紧靠着上平板的液层速度为 u_0 ,而中间各层液体的速度当层间距离 h 较小时,从上到下近似呈线性递减规律分布。其中速度快的液层带动速度慢的;而速度慢的液层对速度快的起阻滞作用。

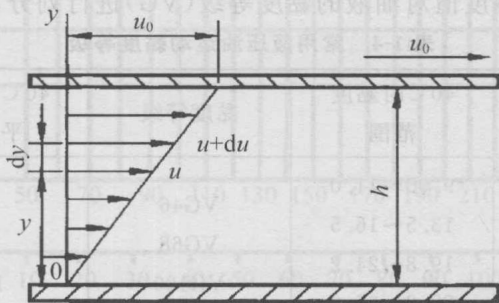


图 1-1 液体黏性示意图

实验测定表明,液体流动时相邻液层之间的内摩擦力 F 与液层间的接触面积 A 和液层间的相对速度 du 成正比,而与液层间的距离 dy 成反比,即

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (1-4)$$

式中 μ ——比例常数,称为黏性系数或动力黏度。

$\frac{du}{dy}$ ——速度梯度。

若以 τ 表示液层间的切应力,即单位面上的内摩擦力,则上式可表示为:

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-5)$$

这就是牛顿液体内摩擦定律。

由此可知,在静止液体中,速度梯度 $du/dy = 0$,故其内摩擦力为零,因此静止液体不呈现黏性,液体只在流动时才显示其黏性。

(2)黏性的度量

度量黏性大小的物理量称为黏度。常用的黏度有三种,即动力黏度、运动黏度、相对黏度。

①动力黏度 μ 由式(1-5)可知,动力黏度 μ 是表征流动液体内摩擦力大小的黏性系数。其量值等于液体在以单位速度梯度流动时,单位面积上的内摩擦力,即:



$$\mu = \tau \frac{dy}{du} \quad (1-6)$$

在我国法定计量单位制及 SI 制中,动力黏度 μ 的单位是 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒)或用 $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ (牛·秒/米²)表示。

如果动力黏度只与液体种类有关而与速度梯度无关,这种液体称为牛顿液体,否则为非牛顿液体。石油基液压油一般为牛顿液体。

②运动黏度 ν 液体动力黏度与其密度之比称为该液体的运动黏度 ν ,即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-7)$$

在我国法定计量单位制及 SI 制中,运动黏度 ν 的单位是 m^2/s (米²/秒)。因其中只有长度和时间的量纲,故得名为运动黏度。按国标 GB/T3141-94 所规定,液压油产品的牌号用黏度的等级表示,即用该液压油在 40℃ 时的运动黏度中心值表示。例如, L-HL32 普通液压油在 40℃ 时的运动黏度的平均值为 $32\text{mm}^2/\text{s}$ 。

国际标准 ISO 按运动黏度值对油液的黏度等级(VG)进行划分,见表 1-4。

表 1-4 常用液压油运动黏度等级

黏度等级	40℃ 时黏度 平均值	40℃ 时黏度 范围	黏度等级	40℃ 时黏度 平均值	40℃ 时黏度 范围
VG10	10	9.00~11.0	VG46	46	41.4~50.6
VG15	15	13.5~16.5	VG68	68	61.2~74.8
VG22	22	19.8~24.2	VG100	100	90.0~110
VG32	32	28.8~35.2			

③相对黏度 相对黏度是根据特定测量条件制定的,故又称条件黏度。测量条件不同,采用的相对黏度单位也不同。如恩氏黏度^{°E}(欧洲一些国家)、通用塞氏秒 SUS(美国、英国)、商用雷氏秒 R1S(英、美等国)和巴氏度^{°B}(法国)等。

国际标准化组织 ISO 已规定统一采用运动黏度来表示油的黏度。

(3) 温度对黏度的影响

温度变化使液体内聚力发生变化,因此液体的黏度对温度的变化十分敏感:温度升高,黏度下降(见图 1-2 所示)。这一特性称为液体的黏-温特性。黏-温特性常用黏度指数 VI 来度量。VI 表示该液体的黏度随温度变化的程度与标准液的黏度变化程度之比。通常在各种工作介质的质量指标中都给出黏度指数。黏度指数高,说明黏度随温度变化小,其黏-温特性好。

一般要求工作介质的黏度指数应在 90 以上,优异在 100 以上。当液压系统的工作温度范围较大时,应选用黏度指数高的介质。几种典型工作介质的黏度指数列于表 1-5。

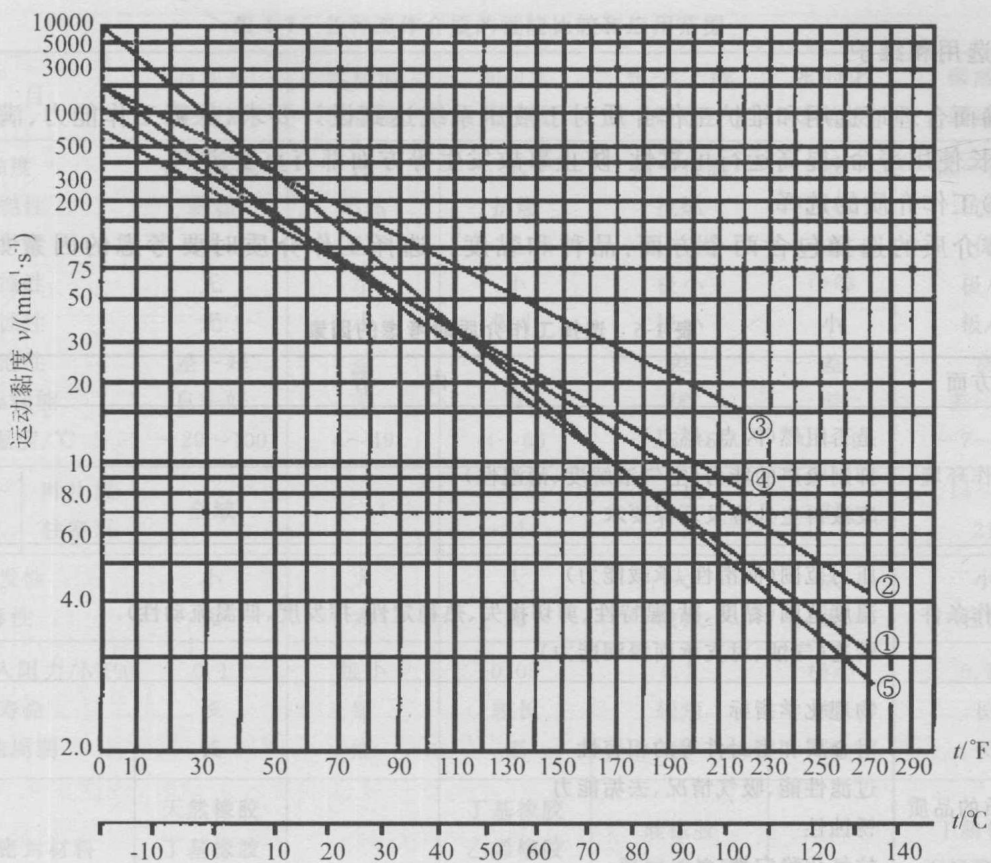


图 1-2 几种典型液压油的黏温特性曲线

①-石油型普通液压油；②-石油型高黏度指数液压油；③-水包油乳化液；④-水-乙二醇液磷酸酯液

表 1-5 典型工作介质的黏度指数 VI

介质种类	黏度指数 VI	介质种类	黏度指数 VI
石油基液压油 L-HM	≥95	油包水乳化液 L-HFB	130~170
石油基液压油 L-HR	≥160	水-乙二醇液 L-HFC	140~170
石油基液压油 L-HG	≥90	磷酸酯液 L-HFDR	—31~170

(4) 压力对黏度的影响

压力增大时，液体分子间距离缩小，内聚力增加，黏度也会有所变大。但是这种影响在低压时并不明显，可以忽略不计；当压力大于 50MPa 时，其影响才趋于显著。压力对黏度的影响可用下式计算：

$$v_p = v_a e^{cp} \approx v_a (1 + cp)$$

式中 p ——液体的压力，单位为 MPa；

v_p ——压力为 p 时液体的运动黏度，单位为 m^2/s ；

v_a ——大气压力下液体的运动黏度，单位为 m^2/s ；

e ——自然对数的底；

c ——系数，对于石油基液压油， $c = 0.015 \sim 0.035 MPa^{-1}$ 。



三、选用和维护

正确而合理地选用和维护工作介质对于液压系统达到设计要求、保障工作能力、满足环境条件、延长使用寿命、提高运行可靠性、防止事故发生等方面都有重要影响。

(一)工作介质的选择

工作介质的选择包含两个方面:品种和黏度。选择工作介质时要考虑的因素如表 1-6 所示。

表 1-6 选择工作介质时考虑的因素

考虑方面	内 容
系统工作环境	是否阻燃(闪点、燃点) 抑制噪声的能力(空气溶解度、消泡性) 废液再生处理及环保要求
系统工作条件	压力范围(润滑性、承载能力) 温度范围(黏度、黏-温特性、剪切损失、热稳定性、挥发度、低温流动性) 转速(气蚀、对支承面浸润能力)
工作介质的品质	物理化学指标 对金属和密封件等的相容性 过滤性能、吸气情况、去垢能力 腐蚀性 抗氧化稳定性 剪切稳定性
经济性	价格及使用寿命 货源情况 维护、更换的难易程度

工作介质的选择通常要经历下述四个基本步骤:

- (1)列出液压系统对工作介质以下性能变化范围的要求:黏度、密度、体积模量、饱和蒸气压、空气溶解度、温度界限、压力界限、阻燃性、润滑性、相容性、污染性等;
- (2)查阅产品说明书,选出符合或基本符合上述各项要求的工作介质品种;
- (3)进行综合权衡,调整各方面的要求和参数;
- (4)与供货厂商联系,最终决定所采用的合适工作介质。

表 1-7 给出各种工作介质的性能比较和应用范围,可供选择工作介质的品种时参考。



表 1-7 各种工作介质的性能比较和应用范围

项 目		石油基 液压液	水包油 乳化液	油包水 乳化液	水-乙二醇 液压液	水的化 学溶液	磷酸酯 液压液
黏度		低~很高	低	低	低~很高	低	低~很高
抗燃性		易燃	不然	抗燃	抗燃	不燃	抗燃
润滑性		优	差	良	良~优	差	优
腐蚀性		无	小	小	极小	中等	极小
锈蚀性		无	小	极小	极小	小	极小
抗泡性		差~好	差	差	差	差	良
粘温性能		良~好	差	良	优	差	差~良
适用温度/℃		-29~100	4~49	4~66	-18~66	0~49	-7~130
常用压 力/MPa	叶片泵	全域	<14	<7	<14	21	14~21
	柱塞泵			<14	<21		21
蒸发性的		小	大	大	大	大	小
毒性		无	无	无	极微	无	轻微
过滤器吸入阻力/MPa		0.1	极小	0.09	0.2	极小	0.15
泵寿命		长	短	较长	较短	短	长
换油周期		长	短	短	长	长	长
不相容密封材料		天然橡胶 丁基橡胶 乙烯橡胶	——	丁基橡胶 乙烯橡胶 聚尿烷橡胶	硅橡胶 聚尿烷橡胶	——	丁腈橡胶 丙烯酸酯橡胶
维护保养		易	难	难	较易	较易	较易
相对价格		100	10~15	150	300~400	10~30	500~800

在液压系统所有元件中,液压泵的工作条件最为严峻,不但压力高、转速高和温度高,而且工作介质在被液压泵吸入和由液压泵压出时要受到剪切作用,所以一般根据液压泵的要求来确定介质的黏度。表 1-8 给出了各种液压泵用油的黏度范围及推荐牌号。

表 1-8 各种液压泵用油的黏度范围及推荐牌号

名 称	运动黏度/(mm ² /s)		工作压力 /MPa	工作温度/℃	推荐用油
	允许	最佳			
叶片泵 1200r/min	16~220	26~54	7	5~40	L-HH32,L-HH46
				40~80	L-HH46,L-HH68
叶片泵 1800r/min	20~220	25~54	>14	5~40	L-HL32,L-HL46
				40~80	L-HL46,L-HL68



名 称	运动黏度/(mm ² /s)		工作压力 /MPa	工作温度/℃	推荐用油
	允许	最佳			
齿 轮 泵	4~220	25~54	<12.5	5~40	L-HL32, L-HL46
				40~80	L-HL46, L-HL68
			10~20	5~40	L-HL46, L-HL68
				40~80	L-HM46, L-HM68
			16~32	5~40	L-HM32, L-HM68
				40~80	L-HM46, L-HM68
径向柱塞泵 轴向柱塞泵	10~65	16~48	14~35	5~40	L-HM32, L-HM46
				40~80	L-HM46, L-HM68
	4~76	16~47	>35	5~40	L-HM32, L-HM68
				40~80	L-HM68, L-HM100
螺 杆 泵	19~49		>10.5	5~40	L-HL32, L-HL46
				40~80	L-HL46, L-HL68

此外,选择工作介质的黏度时,还应考虑环境温度、系统工作压力、执行元件运动类型和速度以及泄漏等因素:当环境温度高、压力高,往复运动速度低或旋转运动时,或泄漏量大,而运动速度不高时宜有用黏度较高的工作介质,以减少系统泄漏;当环境温度低、压力低,往复运动或旋转运动速度高时,宜采用黏度低的工作介质,以减少液流功率损失。

(二)工作介质的使用和维护

选择合适的工作介质仅是保障液压系统正常工作的先决条件,而要保持液压装置长期高效而可靠地运动,则必须对工作介质进行合理的使用和正确的维护。实际上,如果使用不当,还会使工作介质的性质发生变化。

工作介质的维护关键是控制污染。实践证明,工作介质被污染是系统发生故障的主要原因,它严重影响着液压系统的可靠性及元件的寿命。

(1)污染物种类及其危害 液压系统中的污染物,是指混入工作介质中的各种杂物,如固体颗粒、水、空气、化学物质、微生物和污染能量等。工作介质被污染后,将对系统及元件产生下述不良后果:

- ①固体颗粒会加速元件磨损,堵塞缝隙及过滤器,使液压泵和阀性能下降,产生噪声;
- ②水侵入液压油会加速油液的氧化,并与添加剂起作用产生黏性胶质,使滤芯堵塞;
- ③空气的混入会降低工作介质的体积模量,引起气蚀,降低润滑性;
- ④溶剂、表面活性化合物等化学物质使金属腐蚀;
- ⑤微生物的生成使工作介质变质,降低润滑性能,加速元件腐蚀,对高水基液压液的危险更大。

此外,不正常的热能、静电能、磁场能及放射能等也是一种对工作介质有危害的污染能量,它们之中,有的能使温度升高超过规定限度,导致工作介质黏度下降甚至变质;有的则可能导致



火灾。

(2)污染原因 工作介质遭受污染的原因是多方面的,污染物的来源如表 1-9 所示。表中液压装置组装时残留下来的污染物主要是指切屑、毛刺、型砂、磨粒、焊渣、铁锈等;从周围环境混入的污染物主要是指空气、尘埃、水滴等;在工作过程中产生的污染物主要是指金属微粒、锈斑、涂料和密封件的剥离片、水分、气泡以及工作介质变质后的胶状生成物等。

表 1-9 工作介质中的污染物

外界侵入的污染物			工作过程中产生的污染物	
工作介质运输过程中带来的污染物	液压装置组装时残留下来的污染物	从周围环境混入的污染物	液压装置中相对运动件磨损时产生的污染物	工作介质物理化学性能变化时产生的污染物

(3)污染度等级 工作介质的污染度是指单位体积工作介质中固体颗粒污染物的含量,即工作介质中所含固体颗粒的浓度。为了定量地描述和评定工作介质的污染程度,以便对它实施控制,有必要制定污染度的等级标准。

国际标准 ISO4406:1987 污染度等级见表 1-10。该等级采用两个数码表示工作介质中固体颗粒的污染度,前面的数码代表 1mL 工作介质中尺寸 $\geq 5\mu\text{m}$ 的颗粒数等级,后面的数码代表 1mL 工作介质中尺寸 $\geq 15\mu\text{m}$ 的颗粒数等级,在两个数码之间用一斜线分离。例如,污染等级为 20/17 的液压油,表示它在每毫升内 $\geq 5\mu\text{m}$ 的颗粒数在 5000~10000 之间, $\geq 15\mu\text{m}$ 的颗粒数在 640~1300 之间。

由表 1-10 可知,ISO4406:1987 规定的污染度根据颗粒浓度的大小共分为 26 个等级数码,颗粒浓度愈大,代表等级的数码愈大。

表 1-10 ISO4406:1987 污染度等级

每毫升颗粒数		等级数码	每毫升颗粒数		等级数码
大于	上限值		大于	上限值	
80000	160000	24	10	20	11
40000	80000	23	5	10	10
20000	40000	22	2.5	5	9
10000	20000	21	1.3	2.5	8
5000	10000	20	0.64	1.3	7
2500	5000	19	0.32	0.64	6
1300	2500	18	0.16	0.32	5
640	1300	17	0.08	0.16	4
320	640	16	0.04	0.08	3
160	320	15	0.02	0.04	2
80	160	14	0.01	0.02	1
40	80	13	0.005	0.01	0
20	40	12	0.0025	0.005	0.9

我国国家标准 GB/T 14039-1993《液压系统工作介质固体颗粒污染等级代号》与国际标准