

石油产品应用知识丛书

液压和液力传动油、液

冯明星 范毓菊 周立贤 李文哲 编



中国石化出版社

内 容 提 要

随着液压技术向高性能化方向发展,液压油、液的品种也逐步趋向系列化。为了帮助油品使用、供销人员学习油品应用知识,达到合理用油、节约用油的目的,本书在《液压油》1979年版的基础上大量更新内容,修订再版,书名改为《液压和液力传动油、液》。

书中着重介绍了工业液压系统用的矿物油型液压油和抗燃液压油的性质和选用,也介绍了液力传动系统用的液力传动油的性质。并结合国内情况对国外的液压油、液和液力传动油也作了一些介绍。本书可供液压系统用油单位、炼油厂和供销部门的有关工人、技术人员阅读。

石油产品应用知识丛书

液压和液力传动油、液

冯明星 范毓菊 周立贤 李文哲 编

*

中国石化出版社出版

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码:100029)

海丰印刷厂排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米32开本5¹/₂印张119千字 印1—1900

1991年4月北京第1版 1991年4月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-140-1/TE·016 定价:3.00元

前 言

液压油、液是液压系统传递动力的介质,它是随着液压技术的问世而出现和发展的。液压系统运转的可靠性、准确性和灵活性,除了依赖于液压系统及其元件的设计、材料和性能外,还依赖于所用液压油、液是否合适。特别是在液压系统及其组件已定型的情况下,液压油、液的作用就尤为突出。从液压技术的发展史可以看出,液压技术每前进一步,都对液压油、液提出了新的要求,促进了液压油、液的发展;而液压油、液性能、质量的提高,又反作用于液压技术,使液压技术达到更加完善、更加先进的水平。所以,液压油、液同液压技术一样,自上个世纪末开始应用于一些机械和机床至现在,已有了很大的发展,这主要表现在品种增多、质量提高和应用范围扩大等方面。早期是用水作为液压系统的传递介质。后来,因水的润滑性不好,且使液压系统生锈,所以改用了动植物油、矿物油。现在,已研制成了多种专用的液压油、液,建立了液压油、液系列。并在数量、质量和种类上都有了较大的发展。在应用方面也是这样,除了在机床上普遍应用外,在矿山工程机械、农业机械、铸锻机械和交通运输机械,以至航空、宇宙航行等尖端技术方面都得到广泛的应用。

为了合理的使用、选择液压油、液,使它满足液压系统的需要,提高液压系统的可靠性和效率,延长其寿命,促进液压技术的发展,1979年原一机部、石油部和商业部等所属有关

单位，共同组织编写了《液压油》一书，书中的资料基本是1977年以前的。近十年来，液压技术和液压油、液发展很快，特别是后者，已从研制、定型鉴定到推广使用。本书这次再版是在原书基础之上，收集了最新资料，补充、修改、编写而成，仍以科普为主，适于炼油、机械、销售部门的技术人员阅读。这次由石油化工总公司和机械工业委员会共同组织再版，力求做到通俗易懂，深入浅出，其中若有不当之处，请读者批评指正。

本书经邱堤均高级工程师、汪德涛高级工程师审阅，在此，表示感谢。

目 录

第一章 液压和液力传动概述·····	1
一、液压传动的原理·····	1
二、液压系统的组成及优缺点·····	3
三、液力传动的原理及优缺点·····	8
第二章 液压和液力传动的应用·····	11
一、机床·····	11
二、冶金机械·····	12
三、工程机械·····	13
四、矿山机械·····	14
五、农业机械·····	14
六、汽车及飞机·····	14
七、船舶·····	15
八、其它·····	16
第三章 液压和液力系统对工作介质的要求·····	17
一、液压系统对液压油的要求·····	17
二、液力传动系统对液力传动油的要求·····	22
第四章 液压油、液的性质·····	25
第五章 液压油、液·····	35
一、矿物油型液压油·····	37
二、抗燃液压液·····	54
三、其他液压油·····	78
第六章 液力传动油·····	89

一、粘度·····	99
二、氧化安定性·····	100
三、密封适应性·····	104
四、起泡性能·····	105
五、摩擦特性·····	106
六、抗磨性·····	112
第七章 液压油、液的选择·····	120
一、选择液压油、液的原则·····	120
二、液压液品种的选择·····	121
三、液压油粘度的选择·····	130
第八章 液压油、液的使用及更换·····	139
一、液压油、液的污染·····	139
二、水分的影响·····	147
三、空气的影响·····	147
四、液压油、液的使用温度和压力·····	148
五、注意防火·····	149
六、液压油、液的更换和管理·····	151
附录一、国产密封材料的品种、特点和用途	
附录二、液压油、液对照表	

第一章 液压和液力传动概述

液体传动是用液体作为工作介质传递能量和进行控制的传动装置。液体传动又分为两种类型：借助于处在密闭容积内的液体压力能的传动称为液压传动；借助于液体动能的传动称为液力传动。二者所使用的工作介质分别称为液压油（液）和液力传动油。

由于液压传动和液力传动的传动方式、工作原理、组成、零部件的结构形式和工作特性等有所不同，对工作介质的性能要求各有侧重。本章着重概述液压传动和液力传动的原理、系统组成及优缺点。

一、液压传动的原理

液压传动又称容积式液压传动，这种传动应用较广泛，现用大家熟悉的液压千斤顶这个例子来谈容积式液压传动的原理。

如图 1-1 所示液压千斤顶有大小两个油缸 3，其动作原理为：将手柄向上扳，使小活塞向上移动，形成真空，油从油箱 7 经管道、单向阀 4 吸入小油缸的下腔；按下手柄，小活塞 1 下移，此时单向阀 4 不通，吸入小油缸中的油经管道、单向阀 5 压入大油缸的下腔，迫使大活塞 2 上升，顶起重物。这样将手柄不断上下往复扳动，就能不断将油压入大油缸下腔，使大活塞顶着重物缓慢上升。单向阀 5 是保证进入大油缸的油不能倒流出来，从而利用油所具有的不可压缩

性使重物保持在上升位置。从上述分析可知，小油缸的主要

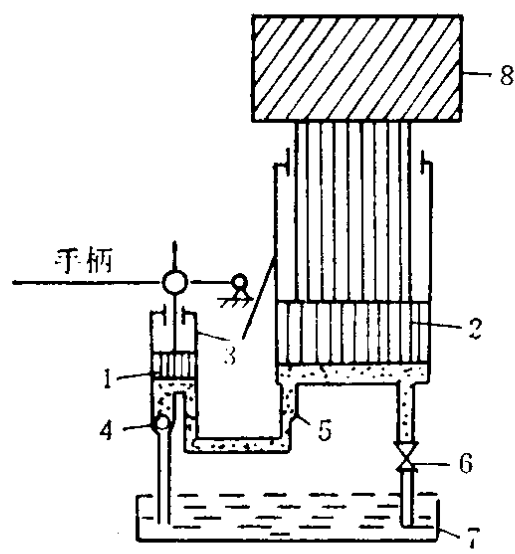


图 1-1 液压千斤顶工作原理
1,2—活塞；3—油缸；4,5—单向阀；
6—放油活塞；7—油箱；8—重物

作用是通过不断地完成吸油和压油的动作，将人手动的机械功转换为油液的压力能，实际上是一个手动柱塞泵；而大油缸的作用在于将油液的压力能转化为顶起重物的机械功，相当于一只柱塞油缸。单向阀4、5等的作用则是控制油液的流动方向。若要降下重物，可打开放油活塞6，此时，大油缸的油经管道进入油箱7，大活塞2下移，重物下降。

从上面还可看到，如果小油缸直径 $d=12$ 毫米，大油缸直径 $D=35$ 毫米，小活塞1的往复最大行程 $S_{小}=22$ 毫米，则随着手柄每次上下往复，小油缸的密封容积也重复地从 $0 \rightarrow S_{小} \times \pi d^2 / 4 = 2.49 \text{厘米}^3 = 2.49 \text{毫升} \rightarrow 0$ 的不断变化。如果没有这一可变的密封容积，小油缸也就无法吸油与压油。同样大油缸之所以能不断地将重物抬高，也是由于小油缸随着手柄每次往复，不断地将2.49毫升油压入大油缸的密封容积，使这一容积不断变化，每次增加2.49毫升，因此大活塞每次上升的行程如下式：

$$S_{大} = \frac{2.49 \text{厘米}^3}{\frac{\pi D^2}{4}} = 2.35 \text{毫米}$$

从上面例子可以看到：
(a) 液压传动是利用连通管的原理（巴斯噶原理）来

进行工作的。

(b) 液压传动是依靠液压系统中容积变化来传递运动的。

二、液压系统的组成及优缺点

随着液压技术的不断发展，液压传动的应用越来越广泛，液压设备多种多样，但从能量转换的角度来看，它们的工作原理和组成基本相同（见图 1-2）。

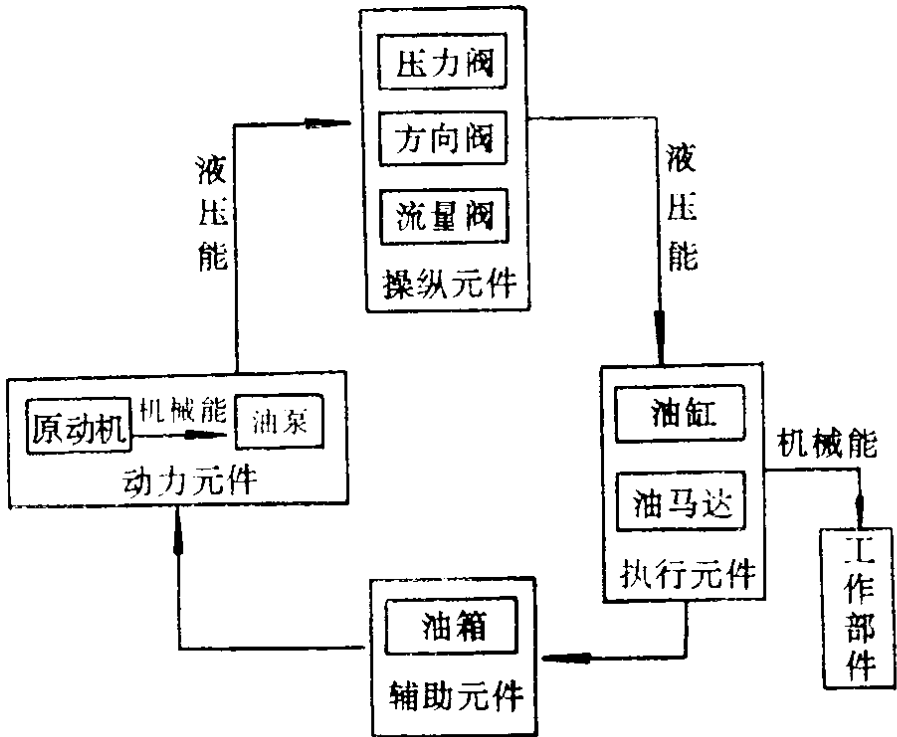


图 1-2 液压系统的组成

液压系统的组成包括：

(1) 动力元件

油泵可喻为液压系统的“心脏”，油泵的种类按结构分为齿轮泵、叶片泵、柱塞泵等；按排量变化分为定量油泵和变量油泵；按运动方式又可分为旋转式油泵和往复式油泵。油泵的作用是将原动机的机械能传给液体，转变为液体的压力

能。

(2) 操纵元件 (又称控制、调节装置)

包括流量阀、溢流阀、方向阀、比例阀及随动阀等各种不同的阀类。通过它们来控制 and 调节液流的压力、流量及方向, 以满足机器工作性能的要求, 并实现各种不同的工作循环。

(3) 执行元件 (又称液动机)

包括传递旋转运动的油马达和传递往复运动的油缸。它们把液体的压力能转变为机械能, 从而带动工作机构运动。

(4) 辅助元件

包括油箱、油管、管接头、蓄能器、冷却器、滤油器、密封件以及各种控制仪表。

下面举一个例子来说明各种元件的职能和作用 (见图 1-3)。

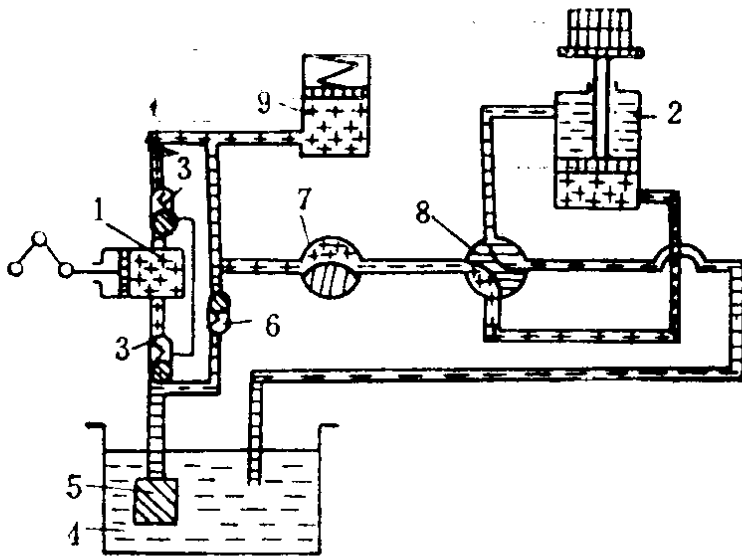


图 1-3 液压系统例

1—泵; 2—油缸; 3—单向阀; 4—油箱; 5—滤油器;
6—溢流阀; 7—节流阀; 8—换向阀; 9—蓄能器

由原动机带动泵 1，油从油箱 4 经滤油器 5 流入管道，推开单向阀 3，流经节流阀 7 和换向阀 8 进到油缸 2 作功。由于换向阀的作用，使油缸活塞作往复运动。如图中位置，活塞向上运动，上腔油液回油箱。换向阀转到相反位置，活塞向下运动，下腔油液回油箱。而节流阀 7 的作用则是调节进入油缸油液的流量，当开大节流阀口时，进入油缸的油流量增大，活塞速度加快；反之，关小节流阀，流量减小，活塞速度减慢；全关节流阀时，油缸活塞就停止运动。当泵打出的油、液的流量为一定时，多余的流量从溢流阀 6 返回油箱。溢流阀 6 限制系统的工作油压，保护系统不致过载。当节流阀 7 关闭时，油全部从溢流阀 6 回油箱。蓄能器 9 是为了提高系统流量的均匀性，降低由于泵流量不均匀所造成的油缸活塞运动速度波动的程度，以及减少系统的压力脉动。过滤器 5 是滤出油中杂质和磨损的金属细屑，以提高液压元件的使用寿命。

传动的形式很多，总括起来可分为四大类：(a) 机械传动；(b) 气压传动；(c) 电传动；(d) 液压传动。其中机械传动是最古老、最简单的也是比较可靠的传动形式。它的优点是传动效率高；缺点是实现无级调速和远距离传动或操作较困难，结构复杂，体积较大，运动惯性大等。气压传动具有反应快、结构简单、容易实现无级调速、运动惯量小等优点；但是空气的可压缩性大，使容积改变大，运动不稳定、不均匀，容易产生撞击，而且随着压力变化，温度显著变化，则容积变化更大，会破坏元件的正常工作。电传动也具有容易实现无级调速，操纵力小，易于控制和自动化等优点；但要耗用较多有色金属，价格较贵，体积庞大，结构不紧凑，而且受环境影响，可靠性较差，惯性大。

液压传动与其他传动方式比较，有如下优点：

(1) 元件体积小，重量轻，结构紧凑 据统计证明，油泵转数为1500~3000转每分，如压力为20~25兆帕（约200~250公斤·力/厘米²），每1千瓦功率只有0.15~0.20千克（指50千瓦以上）；而直流发电机则为1.5~2.0千克。这说明油泵的重量只是同功率电机的10~20%，而尺寸约为13~21%，这在飞机上显得特别重要。

(2) 易进行无级调速和获得大功率 电传动和机械传动（纯机械传动和机械-液力传动）虽然都可以实现无级调速，但没有液压传动结构简单，特别是对于直线运动和大功率的传递，尤其显得简单。

(3) 转动惯量小，反应灵敏 如电动机的惯性力矩大到为其驱动力矩的50%，而油马达则只有5%；起动一个中等功率的电动机需要几秒，而油马达只要0.1秒。因此液压传动特别适用于高速往复运动及速度变换频繁的场所。

(4) 安装方便，易于布局，操纵灵活且省力 液压传动的执行机构及控制机构能在空间上任意安排，因此易于统一操纵及合理布局，只要对液压阀合理设计，进行压力平衡或采用先导控制则操纵液压阀所需的力往往很小。

(5) 易于实现操作的自动化及过载保护 在液压系统中，可通过一些结构简单的控制阀，控制液流的压力、方向、流量、从而控制执行机构的力或力矩、换向速度，还可方便地实现动作的顺序要求。只要用压力阀控制压力在某个限度，就可以达到防止过载，避免事故。从压力表即可观测到系统各部位工作情况及负载大小。

(6) 容易实现标准化、系列化、通用化 液压系统可根据其工作原理分成各个基本环节，各种系统也都有其共

性，因而可对液压元件实现标准化、系列化、组织成批大量生产，制造厂可使用高效专用设备，降低制造成本。使用厂根据标准选用元件，设计方便，减少制造工作量，维护更换也方便。

(7) 无间隙传动，动作传递平稳均匀 液压系统的管道及液压元件都充满了液体，不存在机械传动中不可避免的传动间隙，故可免除由于传动间隙所造成的冲击、震动等毛病。液体的弹性远大于固体，故有吸震作用，加之液动机的运动惯性小，使液压传动能平稳、均匀地传递运动。

(8) 自动润滑，保护内部元件不致腐蚀，元件寿命长 液压系统所使用的液压油具有润滑、抗磨和防腐蚀等性能，元件的表面以及摩擦副两接触面，由于液压油的润滑受到保护，因而元件不易氧化、腐蚀，磨损也减少，这样可延长使用寿命。

液压传动的主要缺点是：

(1) 传递旋转运动时传动效率较低。

(2) 要求加工、使用、维修水平较高。为减少泄漏及零件运动副之间的摩擦，零件配合部分间隙要小，几何精度要高。一般阀的间隙在7~20微米，椭圆度及锥度在3~5微米，表面粗糙度为0.2~0.1微米。

(3) 受液压油粘温性能的影响，也须按液压油适用的温度范围和工况，选用合适的液压油。

(4) 由于液压元件寿命较短，密封元件结构或材料不好等原因引起的泄漏，会影响液压系统工作性能，增加能量损失，还会降低运动速度和传动效率，影响运动的平稳性。

(5) 鉴于液压系统的各种元件和工作液体都是在封闭的油路内工作，不象机械传动那样一目了然，也不象电器系

统那样易于检测，因而系统的故障原因一般较难查找。

液压系统的优缺点是互相联系的，对于液压系统的缺点，可以采取相应有效的措施，消除或减少其影响。如泄漏，可通过设计合理的密封元件结构和采用适宜的密封材料来克服；也可以通过合理设计液压系统，减少泄漏对性能的影响。又如对于工作介质，一方面要提高液压油性能和加强维护管理，合理地、科学地选油、用油；另一方面还可合理设计液压系统减少油温升高，或是采用温度控制装置和冷却器，减少温度对油的影响，延长油的使用寿命，

三、 液力传动的原理及优缺点

液力传动是一种以液体为工作介质的能量转换装置，它有两种型式：耦合器和变矩器。

液力传动实际上就是一组离心泵-涡轮机系统(图1-4)，发动机带动离心泵1旋转，离心泵从液体槽吸入液体并带动液体旋转，最后将高速液流排入导管，这样将发动机的机械能

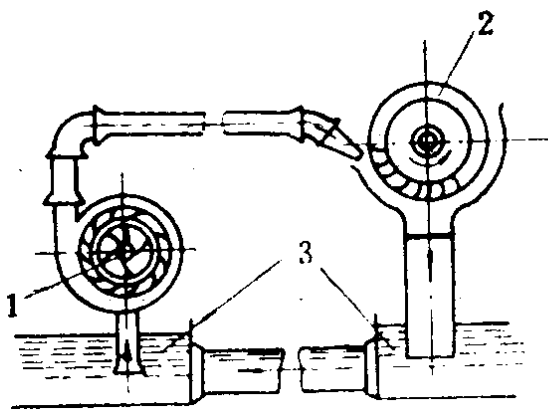


图 1-4 液力传动示意图

1—离心泵； 2—涡轮机； 3—液体槽

变成了液体的动能。此高速液流喷到涡轮机叶片上，推动涡轮机2旋转，将其动能转变为旋转的机械能，再由涡轮机轴输出，实现能量的转换和传递。这实际是靠运动液体的冲力来工作的。液力耦合器和液力变矩器就是根据这种原理设计制成的。

液力传动系统的组成包括：

(1)能量的输入元件 一般称泵轮，它接受发动机传来

的机械能，并将其转换为液体的动能。

(2) 能量的输出元件 一般称涡轮，它将液体的动能转为机械能并输出。

(3) 导流元件 一般称导轮，它可装在泵轮的出口处或入口处。没有导轮的液力传动装置称为液力偶合器；有导轮的液力传动装置称为液力变矩器。

(4) 辅助元件 如液力变矩器的补偿和冷却系统。

液力偶合器和变矩器还可以这样说明：在稳定的条件下，如果忽略液力偶合器外壳的空气阻力和轴承摩擦力，则作用在泵轮（主动轮）上的力矩就近似是主动轴上的力矩，它应等于作用于涡轮（从动轮）上的力矩，故称为液力偶合器。在液力变矩器中，由于固定导轮的作用，使主动轮（泵轮）和从动轮（涡轮）上的力矩不相等，两者之差等于导轮作用于液体上的力矩值，故称液力变矩器。

液力传动具有以下优点：

(a) 液力传动中的液力变矩器对外负荷（如车辆行驶阻力的变化）具有自动变速和变矩的适应性。因此可根据外负荷的特性，实现调速自动化的操纵，提高车辆动力性能。

(b) 由于液力变矩器限定了发动机的工作区域，可合理选择共同区，使发动机的使用更合理和经济。

(c) 液力传动能起过载保护作用，并能消除和减少来自原动机和工作机构的冲击和振动负荷。

(d) 能使行走机械平稳起动，减少工作机构起动时的旋转惯性对原动机的冲击，变速时无振动。

液力传动的缺点是效率低，与一般机械传动相比，成本较高。

由于在液力传动中，液体将能量从泵轮传递给涡轮的关

键,在于液体作螺旋运动,在轴截面上表示,即是液体的环流运动。如果没有环流运动,就没有能量的传动。产生环流的条件就是涡轮与泵轮之间存在着转速差。这也恰好是液力传动效率低的原因。

第二章 液压和液力传动的应用

液压和液力传动的应用比机械传动要晚得多,虽然从第一台水压机到现在已有190多年的历史,但普遍应用还是近几十年的事。由于液体传动具有一系列独特的优点,因此应用日益广泛。目前,液压行业已经成为机械工业重要组成部分,各行各业都采用这项先进技术,并在实践中不断发展。下面简单介绍在各种机械设备上应用的情况。

一、机 床

液压传动在机床中应用最早,也最广泛,液压机床的构成比逐渐增长。液压传动在车、钻、镗、磨、齿轮加工、铣、刨、拉、组合机床、数控机床中均有应用,不少机床液压化后取得很好的效果。

机床液压传动的应用主要有以下几个方面:

- (a) 进给机构的调速。
- (b) 定量(周期)进给。
- (c) 高速往复运动。
- (d) 主轴传动。
- (e) 仿型装置。
- (f) 辅助运动。
- (g) 数字控制及动力伺服控制。
- (h) 静压支承。

随着机床产品向性能好、精度与自动化程度高的方向发