

石油产品应用知识丛书

液 压 油

《液压油》编写小组 编



石油工业出版社

石油产品应用知识丛书

液 压 油

《液压油》编写小组编

石油工业出版社

内 容 提 要

为了帮助油品使用、供销人员学习石油产品应用知识，以达到合理用油、节约用油、普及用油知识的目的，《石油产品应用知识丛书》将分册陆续出版。

本分册着重介绍了工业液压系统用的矿物油型液压油、乳化型和合成型液压油的性质和选用。还介绍了液力传动系统(液力变矩器)用的液力传动油的性质，并简单叙述了液压油的贮运、管理和再生。

书中结合国内情况对国外液压油也作了一些介绍。可供液压油使用单位和炼油厂、供销部门有关工人、技术人员阅读。

石油产品应用知识丛书

液 压 油

《液压油》编写小组编

石油工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 8 字数 109 千字印数 1-15,900

1979 年 6 月北京第 1 版 1979 年 6 月北京第 1 次印刷

书号 15037·2054 定价 0.42 元

目 录

前言	1
第一章 液压和液力传动浅说	3
一、液压传动的原理	3
二、液压系统的组成及优缺点	5
三、液力传动的原理及优缺点	10
第二章 液压传动的应用	12
第三章 液压系统对液压油的要求	19
第四章 液压油的性质	24
一、液压油的物理化学性能	24
二、液压油的使用性能	29
第五章 液压油的分类	34
一、矿物油型液压油	35
二、乳化型液压油	58
三、合成型液压油	66
四、其他液压油	70
第六章 液力传动油	77
第七章 液压油的选择	88
一、选择液压油的原则	88
二、液压油品种的选择	89
三、液压油粘度的选择	96
第八章 液压油的使用及其更换	107
一、液压油的使用管理	107
二、液压油的更换	117

第九章 废液压油的再生	122
一、废液压油再生的意义	122
二、废液压油回收和再生工艺	123
三、再生油的质量和使用	131
第十章 液压油的贮运管理	133
一、液压油的质量管理	133
二、液压油的安全管理	137
三、液压油的简易识别	141
附录一、液压系统用国产密封材料的主要品种、 特点和用途	144
附录二、中、外液压油对照表	148

前 言

液压油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，除了依赖于液压元件的设计，材料和性能外，还依赖于所用液压油是否合适。特别是在液压元件已定型的情况下，液压油的作用就尤为突出。液压技术的发展史告诉我们，液压技术每前进一步，都对液压油提出了新的要求，促进了液压油向前发展；而液压油性能、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。开始时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液压油，建立了液压油系列，在数量、质量和种类上都有了较大发展。在应用方面也是这样，现在，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。

为了更加合理的使用、选择液压油，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，促进液压技术的更加发展，第一机械工业部、石油工业部和商业部，共同组织了编写小组，编写了这本书。

在本书的编写过程中，力求做到结合我国具体情况，写得通俗易懂。由于水平有限，本书难免会有不少缺点和错误，希望广大读者批评指正。

第一章 液压和液力传动浅说

液体传动，是用液体作为介质，利用液体的压力能和动能来传递能量。通常将利用液体压力能的液压系统使用的液压介质称液压油；利用液体动能的液力传动系统(变矩器)使用的介质称液力传动油。本书着重叙述液压系统用的液压油，也叙述了液力传动油。下面分成液压系统和液力传动系统两方面对液体传动的原理、系统组成及传动的优缺点作简单介绍。

一、液压传动的原理

液压传动又称容积式液压传动，这种形式在生活中遇到很多，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，将吸入小油缸中的油经管道、单向阀 5 压入大油缸的下腔(此时单向阀 4 不通)，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，小油缸的主要作用是通过不断地完成吸油和压油的动作，将人做的机械功转

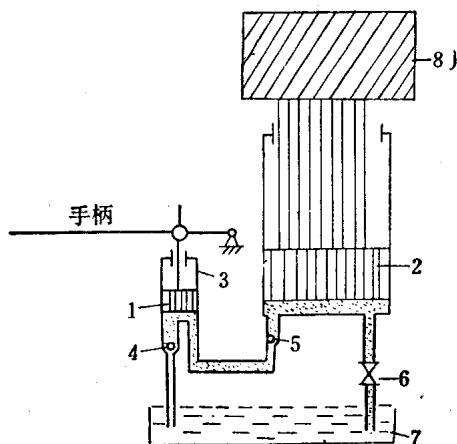


图 1-1 液压千斤顶原理

1,2—活塞；3—油缸；4,5—单向阀；6—放油螺塞；7—油箱；
8—重物

换为油液的能量，实际上是一个手动柱塞泵；而大油缸的作用在于将油液的能量转化为抬起重物的机械功，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，可拧开放油螺塞 6，此时，大油缸的油经管道进入油箱 7，大活塞 2 下移，重物亦下降。

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 $S_{\text{小}}=22$ 毫米，则随着手柄每次上下往复，小油缸的密封容积亦重复地从 $0 \rightarrow S_{\text{小}} \times \pi d^2 / 4 = 2.49 \text{ 厘米}^3 = 2.49 \text{ 毫升} \rightarrow 0$ 的不断变化着。如果没有这一可变的密封容积，小油缸亦就无法吸油与压油。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 厘米^3 ，因此

大活塞每次上升的行程如下式：

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

从上面例子可以看到：

1. 液压传动是利用连通管原理（巴斯噶原理）来进行工作的。
2. 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

液压系统虽然多种多样，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(图 1-2)。

从图 1-2 可以看到液压系统的组成包括：

1. 动力元件——油泵。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)——包括单向阀、溢流阀、节流阀、换向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换为机械能，输出到工作机构上去。

4. 辅助元件——包括油箱、油管、管接头、蓄能器、冷却器、滤油器以及各种控制仪表。

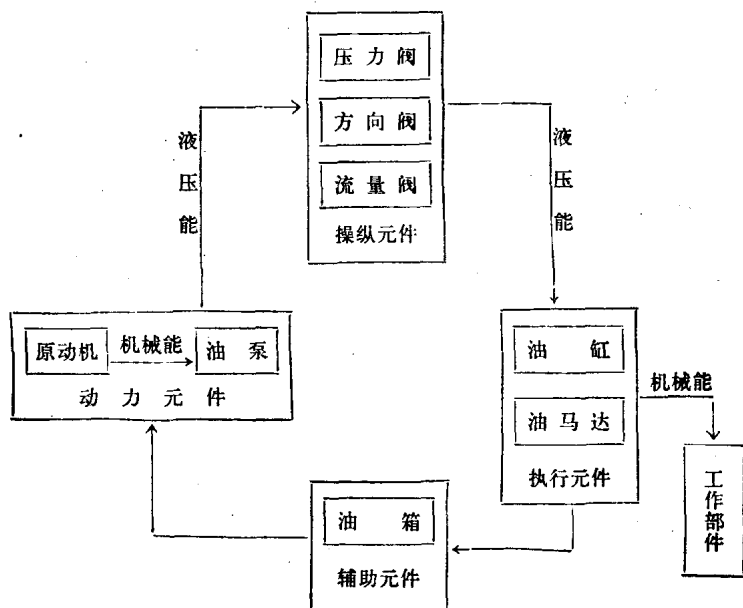


图 1-2 液压系统的组成

下面再举一个例子来说明各种元件的职能和作用(图 1-3)。

由原动机带动泵 1，油从油箱 4 经滤油器 5，把清洁油液输入管道去，推开单向阀 3，油液流经节流阀 7 和换向阀 8 进到油缸 2 做功。油缸活塞作往复运动是依靠换向阀的作用，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。节流阀 7 的作用是调节进入油缸的流量的大小。当开大节流阀的口，进入油缸的流量就增大，活塞速度加快。当关小节流阀的开口，进入油缸的流量就减少，进度就减慢，当全关闭节流阀时，油缸活塞就停止运动。当泵打出的流量为一定时，多余

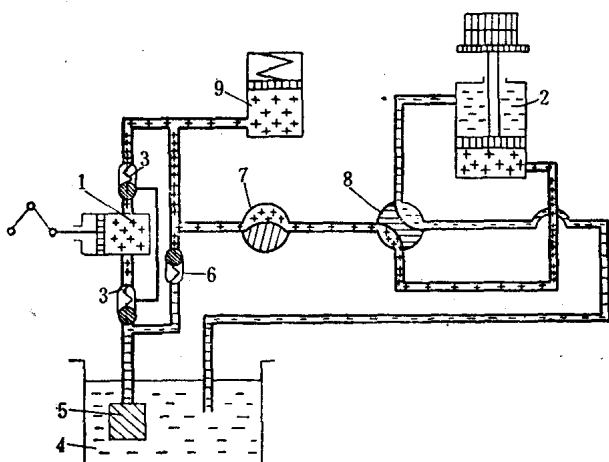


图 1-3 液压系统例

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

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。当节流阀关闭时，油全部从溢流阀回油箱。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末，以提高液压元件使用寿命。

传动形式很多，总括起来可分为四大类：1. 机械传动；2. 气压传动；3. 电传动；4. 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较困难，操作不方便，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、运动惯量小等优点，但是空气的可压缩性，使容积改变大，运动不均匀，容易产生撞击，而且随着压力变化，

温度显著变化，破坏元件的工作。电传动也具有容易实现无级调速和自动化等优点，但要耗用有色金属，价格较贵，且易受环境影响，可靠性较差，惯性大，灵敏性也不好。

液压传动与其他传动形式比较，有如下的优点：

1. 元件体积小，重量轻，结构紧凑。据统计证明，油泵转数为 2500~3000 转/分，如压力为 200~250 公斤/厘米²，每 1 千瓦功率只有 0.15~0.20 公斤（指 50 千瓦以上），而直流发电机则为 1.5~2.0 公斤。这个比较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。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，因此液压传动就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，各种系统亦都有其共性，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，设计方便，减少制造工作量，维护更换也方便。

看到液压传动的优点，也要看到它的缺点，主要缺点是：

1. 传递旋转运动时效率较低。

2. 要求加工、使用、维修的水平较高。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 $7\sim 20$ 微米，椭圆度及锥度在 $3\sim 5$ 微米，光洁度在 $\nabla 9\sim \nabla 10$ 。

3. 受液压油性质的影响。一种液压油适用一定的温度范围和环境，必须选用合适的液压油。

4. 目前国内液压元件寿命较短，液压系统漏油。如果因密封元件结构或材料不好引起外泄漏严重，会降低运动速度和传动效率，还会影响运动的平稳性。

液压系统的优缺点是互相联系的，不是一成不变的。我们了解了液压系统的缺点，创造一定条件可使其转化，如泄漏，可以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；也可以通过设计系统时，减少泄漏对性能的影响。又如油的质量，一方面提高液压油性能和加强维护管理，做到合理使用液压油；另一方面设计出带温度补偿的节流阀以及采用温度控制装置和冷却器，合理设计液压系统限制油温升高，减少温度对油的影响，以延长油的使用寿命。

三、液力传动的原理及优缺点

液力传动又称动力式液力传动，是以液体为工作介质借助于液体的运动能量来实现传递动力的。

动力式液力传动，实际上就是一组离心泵-涡轮机系统（图 1-4）。

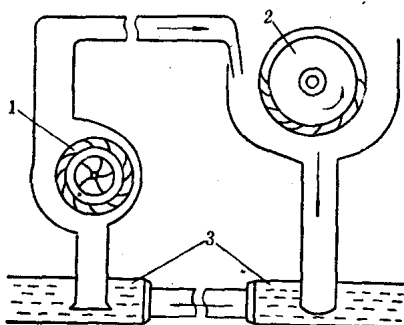


图 1-4 动力式液力传动示意图

1—离心泵；2—涡轮机；3—液体槽

离心泵 1 作为主动部件带动液体旋转，从泵流出来的高速液体推动涡轮机 2 旋转，将液体能转换为机械能，从而实现能量的传递，基本上是靠运动液体的冲力来工作。液体耦合器及液力变矩器就是根据这种原理设计而成的。一般应用在起重机、钻探机、矿山机械、工程机械，运输车辆等方面。

液力传动具有下列优点：

1. 液力传动中的液力变矩器对外负荷的变化具有自动变速与变矩的适应性。因此可根据外负荷的特性，实现调速自动化的操纵系统。

2. 由于液力变矩器限定了发动机的工作区域，可合理选择共同工作区，使发动机使用更合理和经济。

3. 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与振动负荷。

4. 能使工作机械平稳起动，减少工作机构起动时的旋转惯性对原动机的冲击。

而液力传动的缺点是效率低，因为无论如何都存在一个转速差（滑差）的问题。

第二章 液压传动的应用

液压传动的应用比起机械传动要晚得多,虽然从第一台水压机到现在已有 180 多年历史,但广泛应用还是近几十年的事。由于液压传动所特有的优点,液压传动的发展直线上升,大大超过机械工业总的发展速度。

目前液压传动已经成为机械工业重要组成部分,各个工业部门均已采用这项先进技术,下面简单介绍在各种机械设备上应用的情况。

一、机 床

液压传动在机床工业应用最早,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、组合机床中均有应用,不少机床液压化后取得很好的效果,如 G 3263 机械传动的六角车床,改为液压传动的 GB 3463 六角车床后,实现了半自动循环,结构简化,重量及基本零件减少 $1/2$ (液压件除外), 体积减少 $1/3$ 。前者零件种数为 624 种, 零件件数 1035 件; 而后者零件种数是 327 种, 零件件数 434 件。

机床液压传动应用多种多样,主要有以下几个方面:

- (1) 进给机构的调速。
- (2) 定量(周期)进给。
- (3) 高速往复运动。
- (4) 主轴传动。