

液压舵机与液压起货机

Yeya Duoji Yu Yeya Qihuoji

汪育才 刘连山 编著

人民交通出版社

本书由大连海运学院汪育才、刘连山编写。刘连山编第三章的主要内容和第四、五章的部分内容，汪育才编写其余章节并对全书主编定稿。该书承蒙陈崇铨、吴晓光协助描图，陈锡娟协助审图，在此一并表示感谢。

由于水平所限，书中不足之处敬请读者批评指正。

编著者

液压舵机与液压起货机

汪育才 刘连山 编著

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张：12.625 字数：289千

1984年12月 第1版

1984年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—3,530册 定价：3.40元

内 容 提 要

本书主要研究液压传动及其在甲板机械方面的应用。全书除绪论外，共分五章，即：液压传动的理论基础，油泵，控制阀，电液舵机，液压起货机(包括油马达)等。编者力图用系统的观点和模糊数学的处理方法，运用模拟、模糊、集成等概念，以便为研究液压技术提供一种新思路，并概括为《液压模糊图》与《液压知识结构图》，借此对书中的各种液压元件及装置的典型实例进行了具体的探讨。

本书文字通俗易懂，取材广泛新颖，论述深入浅出，注重实际运用。

该书主要供远洋、近海及内河轮机人员阅读(或作为短期液压培训教材)，同时可供船、港、厂等单位的液压技术人员阅读，亦可供有关院校师生、科研设计部门、生产制造单位、港务机务部门等方面的工程技术人员参考。

前 言

系统工程的观点已经被越来越多的人所接受，而模糊数学的发展，则更加开阔了研究液压技术的视野。今天，人们已经不再停留在用“非此即彼”这种静止的观点来考察某一事物的特性或功能，而是非常重视“亦此亦彼”这一动态过程的思想方法，许多边缘科学的崛起，就是例证。

在液压技术方面，小至一个元件，大至一整套设备，甚至全船的液化，都是如此。正如本书编后附录中的《液压模糊图》和《液压知识结构图》所阐述的那样，编者力图用系统工程的观点和模糊数学的处理方法，运用模拟、模糊、集成等概念，以便为研究液压技术提供一种新思路，并以此为指南，对于书中的各种液压元件及装置的典型实例进行具体的探讨。

例如：对于某一液压转舵机构的分析，我们可以从机械手或仿生学的角度来考察。就是一个单向阀，这也是一种多功能的液压元件，或者说可以促使其功能的变化。因为单向阀不仅具有方向控制功能，只要改变弹簧的刚度和采用相应的升程调节机构，则可发挥其压力与流量调节的功能。三位四通滑阀的图谱表明，既然可用改变阀芯轴向车削量等办法来满足不同机能的需要，当然三位四通转阀（如书中的图4-73）也可用改变阀面与油口的不同配合（对阀面进行不同形状、不同尺度的切削，使阀面具有对称或不对称的正余面、零余面或负余面）来实现元件功能的变化。由电子计算机控制的液压起货机上的风帆装置，为液压设备的多功能更加开拓了新的途径，这样，液压起货机不再只是一种装卸设备，而且成了一种风力与液压相结合的推进装置和有效的节能措施。显而易见，深入进行上述“新思路”的探索，对于促进液压技术的发展，无疑是一种有益的尝试。

目 录

绪论	1
第一节 液压传动的工作原理及其分类	1
第二节 液压传动的特点	7
第一章 液压传动的理论基础	13
第一节 液体的性质和液压油的选用	13
一、液体的物理性质	13
二、液体的化学性质	22
三、液压油的选择	23
第二节 静止液体的性质	25
一、静压力及其特性	25
二、水静力学基本方程	26
三、静压传递原理	28
第三节 流动液体的性质	29
一、理想液体和稳定流动	29
二、液流的连续性	30
三、伯努利定律	31
第四节 液体流动中的压力损失与电液类比法	34
一、沿程损失与局部损失	34
二、电液类比法	37
第五节 液体经缝隙及小孔的流动	38
一、缝隙流动	38
二、小孔流动	41
第六节 液压冲击和空穴现象	42
一、液压冲击	42
二、空穴现象	44

第七节	液压系统的泄漏、温升和效率	45
一、	液压系统的泄漏	45
二、	液压系统的温升	46
三、	液压系统的效率	47
第二章	油泵	48
第一节	泵的性能参数	49
一、	压力 p	49
二、	流量 Q	50
三、	转速 n	50
四、	功率 N	51
五、	效率 η	51
第二节	齿轮泵	53
一、	齿轮泵的基本工作原理	54
二、	齿轮泵的排量	56
三、	齿轮泵的困油	57
四、	齿轮泵的典型结构	59
五、	齿轮泵的管理	66
第三节	叶片泵	69
一、	单级双作用叶片泵的结构和工作原理	70
二、	叶片泵的性能	72
三、	叶片泵的管理与检修	84
第四节	螺杆泵	85
一、	螺杆泵的基本工作原理	85
二、	螺杆泵的主要性能	89
三、	螺杆泵的管理	91
第五节	柱塞泵	93
一、	径向柱塞泵	94
二、	轴向柱塞泵	99
第三章	控制阀	109
第一节	概述	109

第二节	压力控制阀	110
一、	溢流阀	110
二、	顺序阀	124
三、	减压阀	130
四、	压力继电器	132
第三节	流量控制阀	133
一、	节流阀	133
二、	调速阀	138
三、	分流阀	141
第四节	方向控制阀	144
一、	单向阀	145
二、	换向阀	153
第五节	逻辑阀	172
第六节	比例阀	180
第四章	电液舵机	184
第一节	概述	184
第二节	电液舵机的组成和工作原理	191
一、	变向泵式电液舵机	191
二、	分配阀式电液舵机	195
第三节	操舵控制系统	197
一、	电磁阀式操舵控制系统	198
二、	伺服电动机式操舵控制系统	201
三、	AEG式操舵控制系统	205
四、	安修斯式操舵控制系统	211
五、	自整角机式操舵控制系统	213
六、	全液压式操舵控制系统	214
第四节	转舵油缸	218
一、	往复式转舵油缸	219
二、	回转式转舵油缸	225
第五节	舵机专用阀	229

一、安全止回阀箱	229
二、“风”字型分配阀箱	232
三、“唐肯”型集成阀箱	234
四、“川崎”型专用阀	235
五、“丰”字型柜式阀箱	240
六、“台勃”型专用阀	242
第六节 电液舵机实例	244
一、“海斯脱”型撞杆式电液舵机	244
二、DF65型撞杆式电液舵机	256
三、“大连船厂”型撞杆式电液舵机	262
四、“丹阳”型撞杆式电液舵机	264
五、“皮尔顿”型撞杆式电液舵机	273
六、“望亭”型撞杆式电液舵机	278
七、“厦门”型活塞摆缸式电液舵机	281
八、DQ416型活塞连杆式电液舵机	286
九、“航凌”型中绞摆缸式电液舵机	288
十、“江南704”型四缸共摆式电液舵机	289
十一、大功率摆缸式电液舵机	293
十二、“广渔”型摆缸式电液舵机	294
十三、“云松”型滚轮式电液舵机	297
十四、AEG型转叶式电液舵机	299
十五、“富利登波”型转叶式电液舵机	302
十六、“平安城”型转叶式电液舵机	306
十七、“金海”型转叶式电液舵机	308
十八、伺服转阀型转叶式电液舵机	310
第七节 液压舵机的管理	313
一、一般通则	314
二、系统的充油	314
三、使用前的准备	315
四、使用中的管理	316

五、停泊时的管理	317
六、常见故障及其排除	317
第五章 液压起货机	321
第一节 液压绞车的基本工作原理及其分类	321
一、变量泵系统	321
二、定量泵系统	324
第二节 油马达	328
一、齿轮式油马达	329
二、叶片式油马达	329
三、柱塞式油马达	336
四、连杆式油马达	340
五、静力平衡式油马达	343
第三节 专用阀	346
一、内曲线油马达的变速阀	347
二、叶片式油马达变速阀	347
三、JN型双向溢流阀集成块	351
四、平衡阀等的集成块	351
五、单柄式集成阀操纵机构	354
六、双向限速式集成阀组合	354
七、“列维士”型锁闭与泄压阀组	357
八、滤器型转阀	358
九、记忆阀	359
第四节 实例	360
一、IHI自动变速型液压绞车	360
二、上渔2.8tf·m绞车	364
三、10吨液压回转式起货机	367
四、双回转式起货机	371
五、“利布赫尔”回转式液压起货机	372
附录	386
1. 液压模糊图	386

2. 液压甲板机械“知识结构图”388
3. 单位符号中英对照表391

绪 论

液压技术从本世纪三十年代以来，已经有了很大的发展，特别是近十年来发展更快。众所周知，随着机械设备自动化、集成化程度的不断提高，并向大型化、多功能和高精度方面发展，现在液压技术无论在工矿企业、建筑施工、交通运输以及空间技术等方面都占有其重要的地位。事实表明，在各类船舶以及在船舶的不同方面，液压技术都正在获得越来越多的应用，并展现其十分广阔的发展前景。

现代船舶，特别是远洋船舶，除舵机已普遍采用液压传动外，其它各种机械设备采用液压传动者亦日渐增多。例如：阀门的远距离控制系统；水密门的开关装置；舱盖启闭装置；船舶减摇鳍装置；液压可调螺距螺旋桨；船首侧推装置；液压起锚机；液压起货机以及自动系缆绞车等等，至于其它各类船舶（如：工程船、渔业船等），为了降低劳动强度，改善劳动条件，改进设备性能和提高自动化程度，对于船舶机械的液动化，亦都一直为造船界所注目。

船舶甲板机械的液压传动，是船舶机械液动化的重要内容，为了突出重点，反映共性，有利于加强对液压传动的规律性认识，以便深入理解各种液压系统的实质，把实际系统中的各种问题提高到理论上来进行分析。因此，以下将从液压传动的基本原理开始来对船舶液压甲板机械中最有代表性的两部分内容（液压舵机与液压起货机）分章加以讨论。

第一节 液压传动的工作原理及其分类

液压传动的工作原理可如图 1 所示。图中，设有两个被活塞

所封闭、并以导管相连的筒状容器 I 和 II，令容器 I 表示油泵，容器 II 表示油缸。当活塞 a_1 受力 P_1 作用而向下运动时，其底部的液体即受到压力，并经导管传到活塞 a_2 的底部，顶推 a_2 向上移动。在容器 I 和 II 完全密封，而液体又可视为不可压缩的情况下，若活塞 a_1 向下移动 h_1 ，那么活塞 a_2 亦将向上移动一相应的距离 h_2 ，其表达式为：

$$h_2 = \frac{F_1}{F_2} \cdot h_1$$

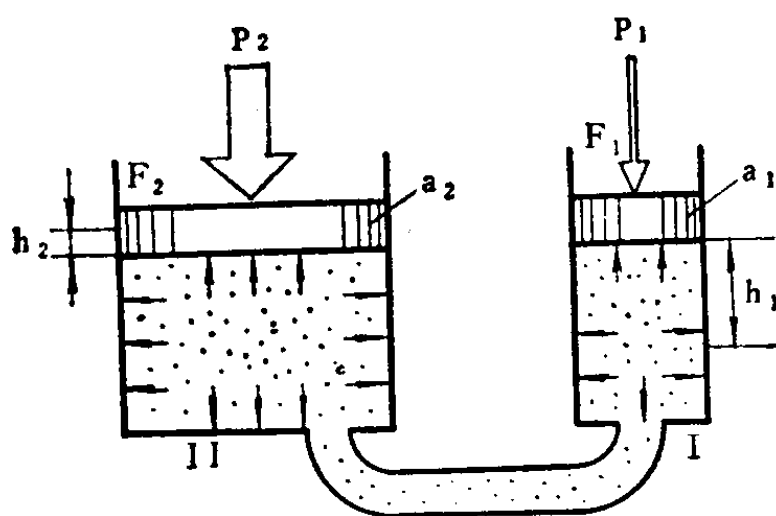


图 1 液压传动工作原理图

式中： F_1 ——活塞 a_1 的承压面积， cm^2 ；

F_2 ——活塞 a_2 的承压面积， cm^2 。

这是因为液体虽然没有固定的几何形状，但却有着几乎不变的容积。因此，当它被封闭于一定的几何形体中时，就可传递压力，而当一定压力的液体在几何形体中被迫移动时，就可传递机械能。在图 1 中，油泵 I 将机械能传给液体以转换成液体能，然后经过管道的输送，使油缸 II 接受液体能并转换成机械能，从而实现能量的传递。

通过以上讨论，可得出下面两点结论：（1）液压传动是以“油液”为工质，并通过“压力能”的形式来实现能量或动力传递的；（2）液压传动的构件之间必须构成一密封腔室。或者说，它的能量转换过程是通过相应空间的容积变化来实现的。所以这

样的装置又称容积式液力传动，或称油压传动。

图2为甲板机械中各种常见的传动略图。图2a)是将图1中两个油缸的顶部加以封闭，并引伸出活塞杆和连上相应的导管而成，它可以输入回转运动，而输出往复运动，或者相反，舵机的液压远操机构就基本如此。图2b)表示一种不仅能拖动卷筒a连续工作，而且能够正反转的装置。在图2c)中，I表示一台排量可无级调节而且吸排方向也可变换的高压油泵，虽然在该图上有有关控制元件皆已略去，但大致表明了往复式转舵油缸II的动作原理。图2d)中的II为一具有六个工作腔室的转叶油缸，这是一种转叶式舵机的传动略图。

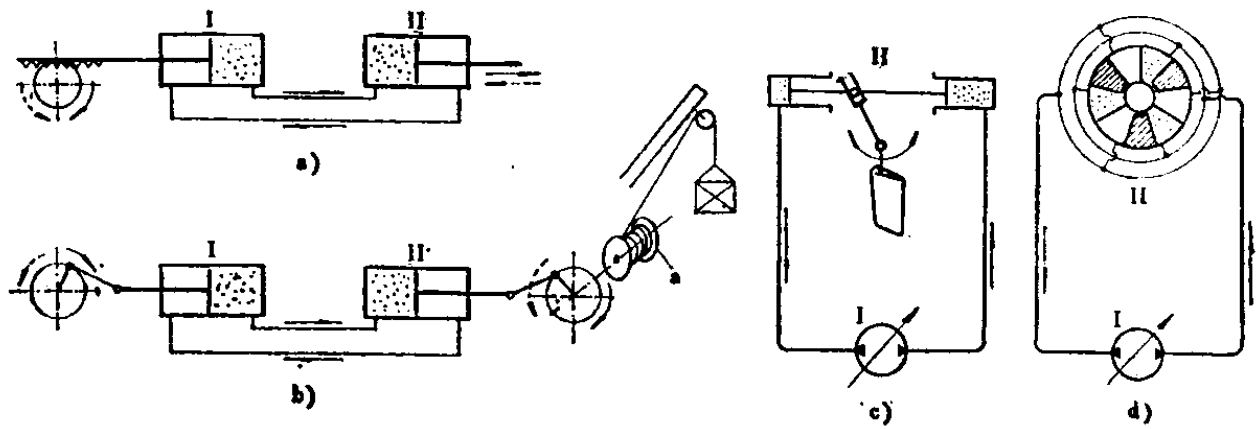


图2 甲板机械传动略图

为了引出液压传动系统的完整概念，尚需将以上所述的传动略图加以必要的丰富、补充和概括，现以一个最简单的液压传动装置——油压千斤顶为例，讨论如下：

图3a)表示油压千斤顶的工作原理图；图3b)是用图形符号来表示的所谓“机能图”。如图所示，手压泵1经吸入阀7从油箱4中吸油，并经排出阀8进入油缸2，鉴于油液的不可压缩性，油缸2中的柱塞，将随手柄H的压动作功而把重物 W_2 升举。如果手柄停止压动，则油缸2由于单向阀8的止逆作用而锁闭，从而将重物 W_2 顶在空中某一位置。一旦将泄油阀3打开，油缸2中的油液，在重物的作用下排回油箱4，于是重物下降。

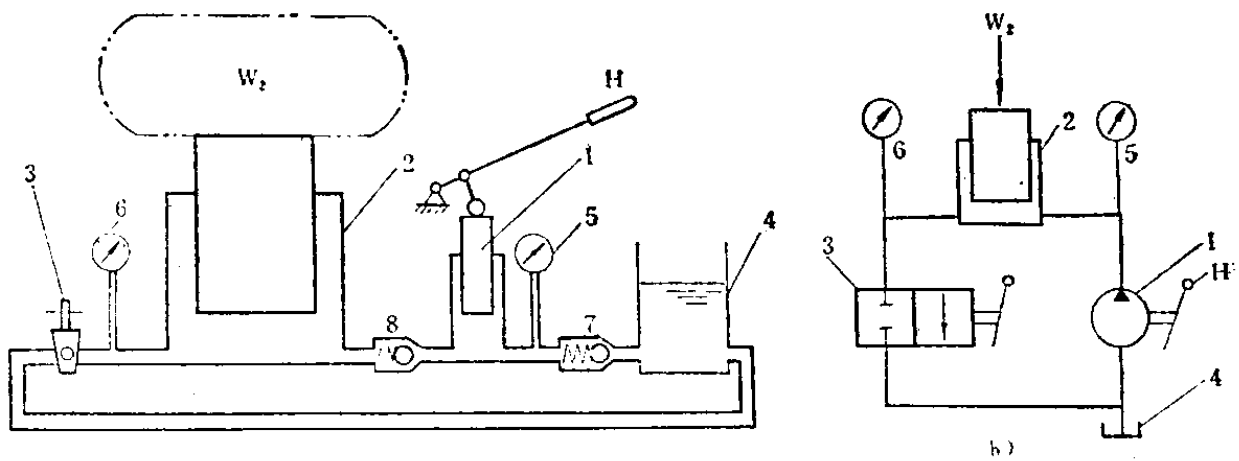


图3 油压千斤顶的工作原理图和机能图

1-油泵柱塞；2-油缸；3-泄油阀；4-油箱；5、6-压力表；7-吸入(单向)阀；
8-排出(单向)阀

诚然，各种电液舵机或液压起货机等实际装置远较一个油压千斤顶要复杂，但是，质而言之，一个完整的液压系统它都必须由以下各基本部分所组成：

1. 动力元件——是将原动机的机械能转换成液体介质压力能的元件，即油泵或称液压泵。在图3中即由泵缸部分1和吸入阀7、排出阀8、手柄H等所构成。

2. 执行元件——是将液体介质的压力能转换成机械能的元件，即油马达或油缸，或称液压马达、液压缸。如图3中的2所示。

3. 控制元件——是用来控制系统中液体介质的流量、压力和流动方向（或者说是执行元件的运动方向）的元件，包括各种压力阀、流量阀和方向阀等液压元件。如图3中的二位三通式泄油阀3。

4. 辅助元件——是指系统中的其它一些元件，例如：压力表、滤油器、蓄压器、消声器、管件以及油箱等。

此外，尚有工作介质，即各种液压油或乳化油。

按照油液循环方式的不同，液压传动系统可以分为：

1. 开式循环系统；
2. 闭式循环系统。

图 3 即属于一种简单的开式系统。若从设备结构、工作性能和使用维护等方面的某些实际需要出发，并为便于比较起见，可参见图 4 和图 5。

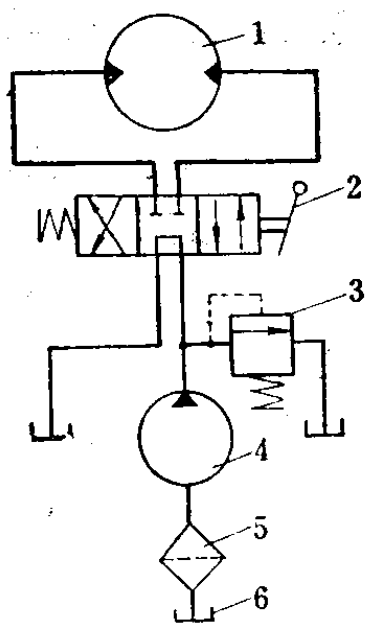


图 4 开式循环系统
1-油马达(执行机构); 2-换向阀;
3-溢流阀; 4-油泵; 5-滤器; 6-油箱

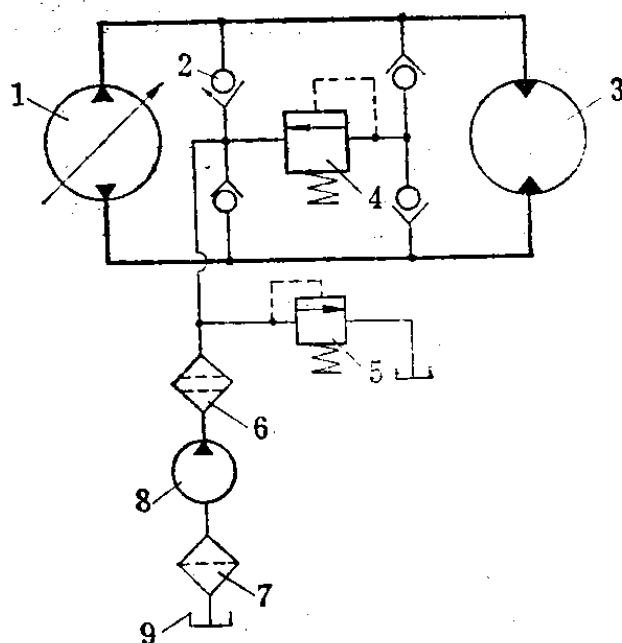


图 5 闭式循环系统
1-双向变量泵; 2-补油单向阀; 3-油
马达; 4-主系统安全阀; 5-辅助系统
溢流阀; 6-精滤器; 7-粗滤器; 8-辅
助油泵; 9-油箱

开式循环系统的特点是，油泵 4 自油箱 6 中吸油，经换向阀 2 导配入执行机构（油缸或油马达）1 之后，低压油即直接返回油箱。当换向阀 2 在图示位置时，油泵 4 则因其排油经阀 2 的内部油路直接流回油箱而卸载。若经过操纵手柄使换向阀离开图示中央位置而变换油路的沟通状况时，这一方面使油泵加载，同时亦规定了执行机构的运动方向，如果要将图中的左位（交叉接通）改为右位（平行接通）时，则在油泵供油方向不变的情况下，使换向阀后的油流方向变换，从而达到使油马达换向的目的。系统工作中的过载保护，由溢流阀 3 来完成。而执行机构的变速，则可借改变手柄的移动量（改变阀中的通流截面）来进行，多余油液经阀 3 溢流。

开式系统的优缺点：

(1) 系统比较简单；

(2) 系统中的工作油液直接返回油箱，所以散热条件较好；

(3) 由于油泵直接从油箱吸油，因此油箱所需容积较大；

(4) 空气容易渗入系统，以致造成管路的振动；

(5) 当系统中采用无自吸能力的油泵时，需要一个较大的辅助供油泵。

在船上，除油压千斤顶等一些小型液压工具外，其它如油船和干货船上的阀门集中遥控系统，舵机上的电液远操系统，液压舱盖系统和液压自动系泊绞车等也多采用开式系统，此外，在某些舵机和起货机的主油路系统中，亦有采用的。

图 5 所示的闭式系统，其特点是动力油泵 1 与执行机构 3 之间构成一封闭油路，即油马达 3 的排油口直接与动力油泵 1 的吸油口相接通，而不泄回油箱。

闭式系统的优缺点：

(1) 系统比较复杂；

(2) 由于闭式循环，与油箱中交换的油量仅为系统中泄漏的那一部分，因此系统的散热条件较差，设备容易发热。为了改善这种情况，可以采用流量较大的辅助泵，增加与油箱交换的油量，成为一种半闭式循环系统，此为液压起货机中所常见（图 5 中未示出）。

(3) 由于闭式系统中，一般多采用变量轴向柱塞泵来作为动力油源，而不是用换向阀来改变油马达的转向，从而可以减少换向时的液压冲击。

(4) 即使系统中的低压管段（油马达的回油侧）亦都保持有一定的油压，故能防止空气的进入，使运转比较平稳。

(5) 由于闭式循环，同时在辅泵的排出端加装精滤器，有利于防止系统的污染。

(6) 油箱体积小，比较紧凑。

因此，在船舶舵机与起货机的液压系统中，常见者多为闭式系统或半闭式系统，特别是在液压起货机中，采用闭式循环，当