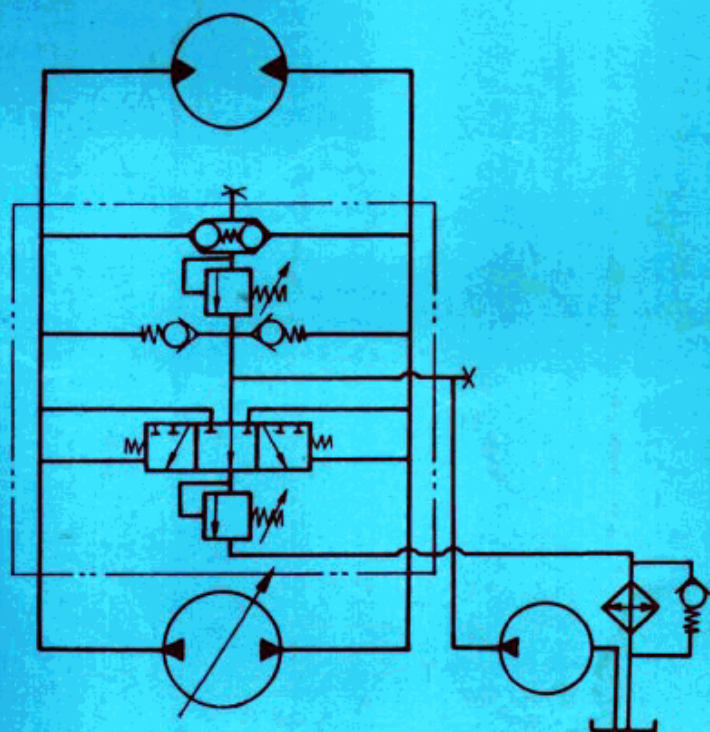


船舶液压机械

维护与故障分析

郑士君 宋新新 编著



国防工业出版社

四、油箱的选用	(21)
五、管道的选用与布置	(21)
第五节 液压系统的选用	(24)
一、确定液压系统主要参数	(24)
二、液压系统的选用	(25)
第六节 船舶机械常用液压系统	(26)
一、舵机液压系统	(26)
二、起货机液压系统	(28)
第三章 液压油	(31)
第一节 液压油的功用、性质和使用	(31)
一、液压油的功用	(31)
二、液压油的性质	(31)
三、液压油的选择及其应用	(34)
第二节 液压油污染的原因及对液压系统的影响	(37)
一、固体污染	(37)
二、空气污染	(38)
三、水污染	(39)
四、微生物污染	(39)
五、静电污染	(39)
六、腐蚀污染	(40)
七、磁性污染	(40)
八、热能污染	(40)
第三节 液压油的清洁度	(41)
一、污染水平的表述方法	(41)
二、油液污染度表示方法	(41)
三、各行业液压机械污染等级现状与要求	(44)
第四节 液压油污染监测技术	(47)
一、在线监测	(47)
二、简测法	(48)
第五节 控制液压油污染的措施	(48)
一、控制液压油的工作温度	(49)
二、合理选择过滤精度	(49)
三、加强现场管理	(50)
四、加强油料管理	(51)
五、改进或完善液压油的过滤系统	(52)
六、合理换油	(52)
第四章 液压系统的漏油与密封	(54)
第一节 液压系统漏油的危害	(54)
第二节 液压系统产生漏油的原因与解决方法	(54)
一、管接头和油塞的漏油及解决方法	(54)
二、元件接合面间漏油及解决方法	(55)

三、壳体漏油及解决方法	(55)
四、密封件和工作介质选用不合理而造成泄漏	(55)
五、灰尘和渣滓侵入液压系统内损坏密封造成泄漏	(57)
六、压力冲击使密封松动导致泄漏	(58)
第三节 液压系统的密封装置	(58)
一、密封装置的作用与分类	(58)
二、密封装置的一般要求	(59)
第四节 常用密封装置的使用安装要求	(59)
一、O 形密封圈的使用安装要求	(59)
二、Yx 形密封圈的使用安装要求	(63)
三、Y 形密封圈的使用安装要求	(65)
四、防尘圈的使用安装要求	(66)
五、油封的使用安装要求	(66)
第五章 液压系统的安装与调试	(67)
第一节 液压系统的安装	(67)
一、管路的安装与要求	(67)
二、配管时应注意的事项	(68)
三、液压元件的安装与要求	(68)
四、液压系统装船的要求	(70)
第二节 液压系统的清洗与试压	(71)
一、清洗液压系统时应达到的清洁度	(71)
二、第一次清洗	(72)
三、第二次清洗	(72)
四、液压系统的试压	(73)
第三节 液压系统的调试	(74)
一、液压系统调试前的准备	(74)
二、液压系统的调试	(74)
第六章 船舶液压系统的维护与保养	(76)
第一节 船舶液压系统的日常维护	(76)
一、液压系统的日常检查	(76)
二、液压机械维护保养的基本要求	(77)
三、检修液压系统的注意事项	(81)
第二节 液压油的维护与保养	(82)
一、防止杂质进入液压油中	(82)
二、防止气体进入油液中	(83)
三、防止水分进入油液中	(84)
四、防止油液温度过高	(84)
第三节 液压系统备品的管理	(85)
一、密封件的保管	(85)
二、液压元件的保管	(86)
三、橡胶管的保存	(86)
四、液压油的保存	(86)

第七章 液压元件的故障分析与排除方法	(88)
第一节 液压泵的故障分析与排除方法	(88)
第二节 液压马达的故障分析与排除方法	(91)
第三节 液压缸的故障分析与排除方法	(93)
第四节 液压控制阀的故障分析与排除方法	(95)
第五节 滤油器与密封件的故障分析与排除方法	(101)
一、滤油器的故障分析	(101)
二、密封件的故障分析	(101)
第八章 液压机械故障诊断与分析	(103)
第一节 液压机械的故障诊断步骤与方法	(103)
一、故障诊断步骤	(103)
二、故障诊断方法	(104)
三、查定故障部位	(105)
四、建立故障档案	(107)
第二节 液压机械故障诊断仪器和装置	(107)
一、基本故障参数的检测仪器	(107)
二、专用故障检测装置	(108)
第三节 液压系统常见故障分析	(108)
一、液压系统供液不正常	(108)
二、液压系统工作压力不足	(109)
三、执行元件爬行	(110)
四、液压元件磨损严重	(111)
五、液压油温度过高	(111)
六、液压系统噪声与振动过大	(111)
七、液压冲击	(112)
八、空穴现象	(116)
第九章 典型船舶液压机械的故障分析	(117)
第一节 液压舵机	(117)
一、舵机液压系统工作原理	(117)
二、液压舵机的日常管理	(119)
三、液压舵机的常见故障与排除方法	(123)
第二节 江南型双吊杆式液压起货机	(125)
一、液压系统的工作原理	(125)
二、常见故障分析	(127)
第三节 赫格隆型回转式液压起货机	(128)
一、8 t 回转式起货机液压系统工作原理	(128)
二、25 t 回转式起货机液压系统原理图	(130)
三、维护保养	(136)
四、常见故障的分析	(141)
第四节 利勃海尔型回转式液压起货机	(144)
一、25 t 回转式起货机液压系统工作原理	(144)

第五节	IHI 型回转式液压起货机.....	(149)
一、	IHI 型起货机液压系统工作原理	(149)
二、	维护保养	(151)
三、	常见故障的分析与排除	(155)
第六节	滚装船液压设备.....	(158)
一、	尾跳板、尾门液压系统	(158)
二、	维护保养	(160)
三、	常见故障与应急操纵	(165)
参考文献		(168)

表1-1 液压传动在各类船舶上的应用

船 类	设备类别	操船装置			系泊装置			启闭装置			专 用 设 备						起吊装置			附 注																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		舵机	可变螺距	侧向推进器	防摇装置	锚机	系缆机	绞缆机	舱口盖	尾门机构	跳板机构	升降甲板	货油泵	阀门控制	挖泥工具	专用绞车	和设备	泥门	提升设备		海浪补偿器	定位桩	动力滑车	声纳装置	雷达天线	稳定装置	起货机	绞车	吊杆式重吊	甲板起重机	特种起重机																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
运 输 船	杂货船	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	包括干货船及矿砂船																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	集装箱船	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	滚装船	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	油 船	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	冷藏船	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
船 舶	化学品船	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	客 船	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	包括渡 轮																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	多用途船	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	包括二用拖轮																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	拖泥船	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

“○”基本使用 “-”部分使用

度后, 停止手摇泵的供油, 排油阀就关闭, 液压缸工作腔的液体被封死, 液压缸 2 就不再运动。此时旁通阀 4 处于关闭状态。开启旁通阀 4, 液压缸工作腔中的液体经管道回油箱而使活塞回到原始位置。

从上述分析可看到, 力从手摇泵 1 的活塞传递到液压缸 2 中的活塞是通过液体进行的, 因此, 活塞与液体间有力的作用, 通常将作用在单位面积上力就称为该液压装置的工作压力。如果以 P_2 表示液压缸工作腔中的压力, F_2 表示液压缸 2 的负载, A_2 表示液压缸 2 中活塞的面积; P_1 表示手摇泵 1 工作腔的压力, F_1 表示手摇泵 1 的输入力, A_1 表示手摇泵 1 活塞的面积; 则液压缸 2 与手摇泵 1 的力平衡方程式分别为:

$$F_2 = P_2 A_2$$

$$F_1 = P_1 A_1$$

若不计管道的阻力损失, 手摇泵 1 工作腔中压力 P_1 与液压缸中的压力 P_2 之间的关系为:

$$P_1 = P_2$$

为此即有: $F_2 = P_2 A_2 = P_1 A_1$

上式即为液压装置的力传递基本方程式, 由该式可得出以下两点结论:

(1) 液压泵的工作压力 P_1 决定于液压缸的工作压力 P_2 , 而 P_2 的大小取决于作用在液压缸 2 上的负载, 从而得出压力取决于负载的结论。

(2) 当负载 F_2 已知时, 按液压机械的要求在选定一个适当的工作压力 P_2 后, 就可以计算出液压缸的承压面积 A_2 。

第二, 运动速度的传递靠液体“容积变化相等”的原则进行。

当不考虑装置的泄漏和液体可压缩性时, 手摇泵 1 向下运动时扫过的容积应该等于液压缸 2 向上运动所扫过的容积, 即容积变化相等:

$$A_1 S_1 = A_2 S_2$$

式中 S_1 、 S_2 为活塞 1 和 2 的行程。

将上式两端同除以时间段 t , 经整理得:

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{Q_1}{A_2}$$

上述即为液压装置的运动速度传递的基本方程式。由该式可得出以下三点结论:

(1) 只要能连续改变液压泵的流量 Q_1 , 就可以获得连续变化的液压缸的速度 v_2 。液压传动之所以能实现无级调速, 正是基于这个原理。另外, 采用节流原理也可以实现无级调速。

(2) 若所需的运动速度 v_2 已知时, 就可确定液压泵的供油量。

(3) 选定液压泵的许用速度 v_1 之后, 即可确定泵的每次排量。

第三, 自锁性由“密封”来保证。

由特征 2 可知, 当手摇泵适时停止向液压缸供油, 液压缸 2 的活塞就能停留在所需位置上。前题是液压缸 2、阀 4 与管路要有良好的密封性。在液压传动装置中常利用这一特征, 实现对工作机械液压制动。

根据上述三特征的讨论可看出, 若忽略各种损失, 液压传动所传递的力与速度无关, 因此, 液压传动既可用于实现与负载无关的任意运动规律, 也可借助于各控制机构

用来实现与负载有关的各种运动规律。此外,液压传动借助各种液压控制元件,易于实现对液体压力、流量和流动方向的控制,从而易于实现工作机械对力、速度、位置和运动方向的严格要求。所以,液压传动不仅能作为“传动”之用,而且还能作为“控制”之用。

二、液压传动系统的组成

从上面的例子可以看出,液压传动系统由以下四个主要部分组成:

1. 动力元件部分。其功用是将原动机的机械能转换成液体的压力能,如各类液压泵。

2. 执行元件部分。包括各类液压缸和液压马达,其功用是将油液的压力能转换为机械能以带动工作部件运动。

3. 控制元件部分。包括各种压力阀、流量阀和换向阀。其功用是调节与控制液压系统中液流的压力、流量和流动方向,以满足工作部件所需力(力矩)、速度(转速)和运动方向(运动循环)的要求。

4. 辅助元件部分。上述三项组成部分之外的其它元件都称辅助元件。包括油箱、油管、管接头、滤油器、蓄能器、压力表、热交换器等。它们对于保证液压系统工作的可靠性和稳定性具有重要作用。

此外,还有传递介质即液压油。

三、液压系统图的图形符号

图 1-2(a)、(b)所示为同一液压装置的原理图,其中图(a)为结构式原理图,这种原理图直观性强,对初学者来说比较容易理解,但绘制起来很费事,特别是当液压系统中元件较多时,绘制更不方便。为了简化液压原理图的绘制,另有一种职能符号式液压原理图,如图(b)所示,在此图中,各液压元件都用职能符号表示,符号取自国家制定的液压系统图图形符号标准(GB786—76)。职能符号图绘制方便、图面清晰、简洁,对于具有一定液压技术知识的人来说,比起结构式图更便于了解和分析液压系统。

在使用职能符号图形时应注意以下几点:

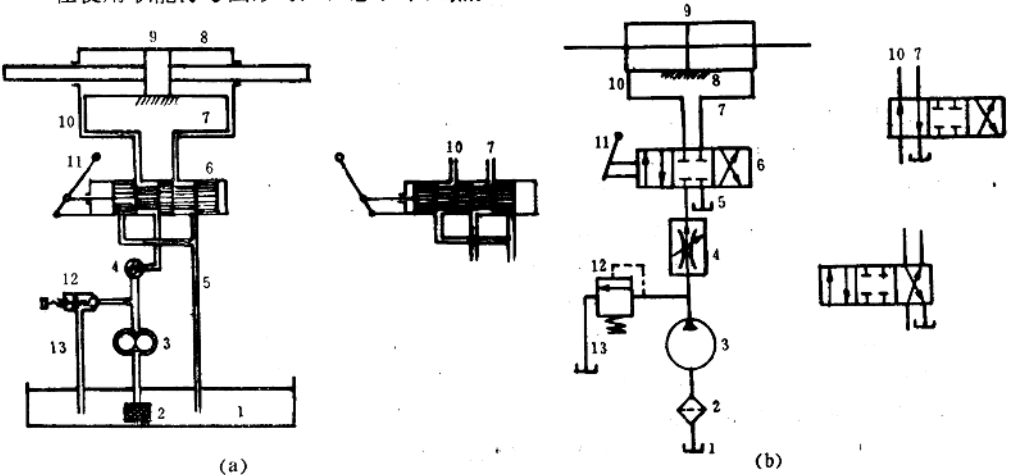


图 1-2 液压装置系统原理图

符号只表示元件的职能，不表示其具体结构和参数，若要注明该元件的参数可在该元件的符号旁加以说明。

符号只表示各元件间的连接关系，不表示它们的具体安装位置。

符号都以元件的静止位置或零位位置表示。

所用符号要符合国标规定，只有在无标准符号情况下才可用结构图代替。

四、液压传动的特点

液压传动与其它类型的传动相比主要有如下特点：

1. 液压传动装置的重量轻、结构紧凑，例如，其外形尺寸仅为电气传动的 12%~13%，重量为 10%~20%，符合船舶对设备要求重量轻、体积小特点。

2. 液压传动装置输出力大，能满足船舶各种机械需要。

3. 液压传动装置惯性小，油液可视为无压缩性，故系统动作灵敏、响应快、换向迅速，换向频率高与启动时间不超过 0.1s，适应船舶机械工况变化大的要求。

4. 液压传动以油和特殊的水基混合液为工作介质，油液及乳化液本身具有一定吸振能力，故运动平稳，能在低速下稳定工作。

5. 液压传动能在较大范围内方便实现无级调速，其调速比可达 1000 以上，最低稳定角速度可小到 0.1rad/s，启动机械效率高，内曲线液压马达可达 98%。

6. 液压传动具有各种型式（直线、旋转、摆动）执行元件，可直接与工作机械相联接，完成各种复杂动作，机构简单，与电气组成电液复合系统，更有利于实现自动化、省力与远距离操纵。

7. 液压传动装置的元件之间可以根据需要任意安排，不受什么限制，而在机械传动中轴线同心的要求是很严格的。

8. 液压传动装置防过载容易，只要在系统中设置安全阀即可，当动力源发生故障时，蓄能器可作应急之用，起安全保护作用，液压元件的运动表面可实现自润滑，使用安全可靠。

9. 液压元件的标准化程度高，通用性强，可实现更换维修法，这对远离大陆的船舶来说是最为方便的。

10. 液压传动装置各执行机构动作和力（力矩）是靠工作介质来传递的，所以工作介质的质量和清洁度将关系到液压机械的运行状态，因此，对工作介质的质量与清洁度有较高要求。

11. 液压传动装置中的工作介质容易泄漏，造成对环境的污染，在船舶上有时还会造成对货物的污染。为防止泄漏，要特别注意液压元件密封性能和元件的制造精度。

12. 液压系统的故障具有一定隐蔽性和可变性，因此故障原因的判断较其它传动方式要困难的多，所以液压机械的安装、使用和维护的技术水平要求较高。

第三节 液压机械使用管理和维修目的

船舶液压机械在航行中起着非常重要的作用，它直接影响到船舶的航行安全与航运

经济性。随着液压机械在船舶中的广泛使用，人们对它的要求也不断提高，总希望液压机械在使用过程中故障少，寿命长，工作稳定及充分发挥效益，达到良好的使用效果，而这与设计、制造、安装、运输、保存、使用管理、维修以及操作者的技术水平和经验等方面有着直接的关系，据统计资料表明，液压机械所产生的故障80%以上是由于使用管理和维修不善所致，因此液压机械使用管理的意义就在于使液压机械始终处于最佳工作状态，保持机械使用性能完好，以发挥液压机械的最佳经济效益。为实现上述目的，必须掌握液压机械的使用管理原则和液压传动的基础知识，完善使用管理维修体系。

第四节 提高液压机械使用管理和维修水平的途径

一、熟悉使用管理过程与职责

使用与管理液压机械同一事物一样都应首先掌握它的自身规律，充分认识和掌握液压机械从投入运行到严重磨损的整个发展过程，是使用管理好该设备的前提。该过程可分为三个阶段，即使用初期、安全使用期和磨损故障期。日常的使用管理就是根据这三个时期的不同特点和存在的问题，采用相应的对策，以使设备处于长期完好状态。

使用管理者的主要职责是：遵守各类液压机械操作规程，采取各种必要的管理措施，找出工作状态劣化的根源，掌握劣化随时间变化的规律。根据不同工况与外界环境的特点，预防故障发生，一旦出现劣化现象要及时分析原因，判断出故障的所在处，视情采取合理措施，从而保持液压机械工作状态的完好性，提高可靠性。

二、建立合理使用的维护体系

液压机械是一项高技术的成果。在使用管理中当然需要采用相关技术，建立起一个适合液压机械自身的管理体系。若将液压机械的使用管理看成是一项工程的话，其使用管理体系如图1-3所示。

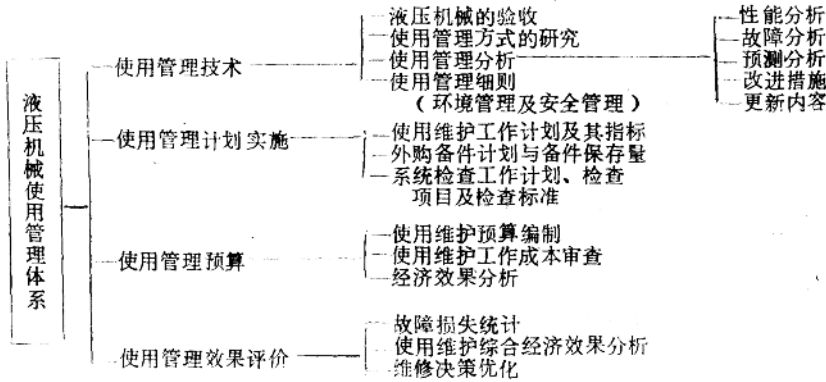


图 1-3 液压机械使用管理体系

三、加强预防性检查，防止液压机械的劣化

液压机械预防性检查是使用管理人员的日常工作，也是使用管理的基础，任何一种

机械在使用期间内，日常检查与定期检查是必不可少的，预防性检查可使故障杜绝在萌发状态，避免重大事故的发生。例：对液压舵机、系泊设备应做好开航前的检查工作，起货机应做好到港前与班前检查工作，以及当值期间的巡回检查等。预防性检查和维护记录的分析可作为判断设备完好性和制订维修计划的依据，同时也可以防止液压机械的劣化。液压机械的劣化会使其性能下降，精度降低及寿命缩短，造成机械劣化的主要原因是由磨损、腐蚀、冲击、疲劳以及工作介质的污染所引起，劣化的形式有使用劣化、自然劣化、偶然劣化三种。劣化原因与预防措施见表1-2所述。

表 1-2 液压机械劣化原因与预防措施

劣化形式	劣 化 原 因		预 防 措 施
使用劣化	运转条件	温度、压力、振动、腐蚀、过载、疲劳等	控制温度，选用耐热材料，采取耐压、减震措施，防止过载，提防变形和腐蚀
	运转环境	疲劳、磨损，液压油污染、冲击、灰尘和水分等	采取防锈、防腐蚀措施，提防杂质侵入，增设缓冲装置
	操作方法	操作失误或控制失灵	培训操作者，增加安全连锁措施
自然劣化	长期放置造成的锈蚀、变化或老化		加强库存保管
偶然劣化	机械损伤、转向错误等		加强安全保护措施

四、掌握液压机械故障演变规律

液压机械的故障率通常定义为该机械或部件在一定时间内无故障工作后，单位时间内连续发生故障的比例。

液压机械的故障有三种类型：

初期故障：在使用开始后因设计、加工、装配上的缺陷或者由于使用环境的不合适而发生的故障。

偶然故障：在通过初期故障期后，到达磨损故障期以前的时间内偶然发生的故障。

磨损故障：由于疲劳、磨损和老化现象等原因，造成故障率增高时的故障。

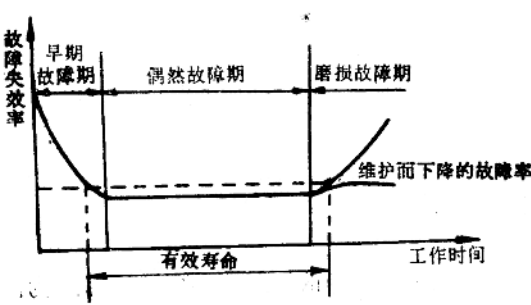


图 1-4 故障演变过程曲线（浴盆曲线）

偶然故障期也称安全使用期，故障率较小，而且不致随时间而发生大的变化，是故

液压机械所有的故障均可分成这三种，图 1-4 的故障曲线说明了故障的演变过程。

在使用初期发生的故障大多数是由于设计、加工、安装、储运过程中的粗心大意等因素而造成，在这期间内机械的故障较大，要通过耐心、细致的调试与机械的“跑合”使其达到设计要求。

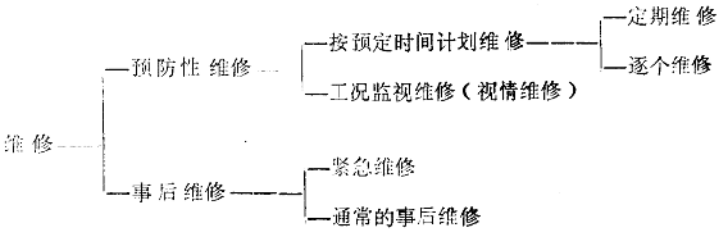
障隐发阶段。通常,只在固有故障概率范围内,液压机械使用管理的主要任务集中反映在这个时期,这时应力求通过合理使用和科学管理来延长系统的有效使用寿命。在此期间发生故障可能性较大的部位应加强管理,例:防止杂质入侵、液压油污染、滤油器堵塞、系统连接处的泄漏,以及各机构间的润滑。可根据有关技术文件要求与实际情况制订使用管理计划,加强日常检查、检测和维护,根据实际工况,提出防止发生故障的措施。

磨损故障期的特点是:由于机械磨损、化学腐蚀及物理性能发生变化而使故障率增加。原来处于隐发状态的故障此时也开始显露,造成机械效率、精度都随时间的增加而下降,此时应对液压机械进行全面检查和彻底维修。

五、选择合理的维修方案

通常将排除液压机械中的故障所进行的作业称为修理或补修。维修是指为保持可修理的系统、机械或部件的可靠性所进行的处理,即为了保持设备处于使用和运用的可能状态或者为排除故障缺陷等而采取的全部措施和作业。

常见的维修可作如下的分类和注释:



预防性维修也称事前维修,是指根据规定的程序所进行的检查、试验和再调整,以防止使用中发生故障而进行的维修,即为确保在产品使用中故障尚未发生之前即予以防止,保持产品处于使用可能状态而按计划进行的维修。

按预定时间计划维修是指基于预定时间计划(日程表)进行预防维修的总称。

工况监视维修是指基于工况监视(根据仪表和记录仪等的指示值的异常或报警)在出现故障之前进行的预防性维修。

属预防性维修的具体维修内容大致有:

- (1) 为了发现故障的征兆或未超过规定条件的部件是否正常工作而进行的试验和检查。
- (2) 进行加油、清扫和调整等。
- (3) 更换和修理未超过规定条件的零部件。
- (4) 处理定期更换的零部件。

事后维修是指在系统、机械或部件发生故障后进行的维修,即在故障发生后为使产品恢复到可运行状态而进行的维修。处理未经预防性维修产品的故障,通常称作事后维修;处理经预防性维修后出现的故障叫做紧急维修。

通过事后维修来维护设备和机械的方法,对有的设备和使用目的而言,具有其相应的优点。这种方法不需要预防维修时间。所以,即使不能说明可用度最大,一般也是相当高的。但是,有时系统发生故障会造成很大的经济损失和人身伤亡事故。如果平时就重视检修、维护、防患于未然,自然就保证了系统和设备处于最佳状态。尤其是对于那些安全性特别重要的运输工具以及一旦发生故障就会带来严重损失的成套设备来说,预防性维修是必不可少的。所以有必要健全这方面的规章制度,具体选用那种维修方式,可采用逻辑判断图(图1-5)逐项分析后确定,应采用“既适用又有效”的维修方式。

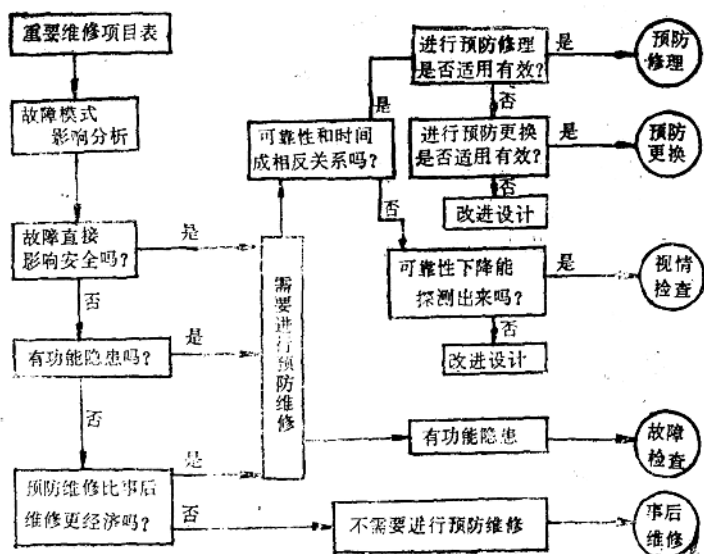


图 1-5 维修方式逻辑判断图

六、建立良好的维修后勤保障

良好的维修后勤保障是做好维修工作的前提。维修后勤保障的主要内容如下:

- (1) 维修人员及其培训;
- (2) 技术指导手册;
- (3) 测试设备及支援设备;
- (4) 备品备件的准备;
- (5) 保障实现上述(1)~(4)所需的设施和设备。

维修人员的素质直接影响了系统或设备的可靠性。对系统故障时间长短也有很大影响。所以在一个新系统开始运行前,就必须指定和培训操作及维修人员是很重要的,并还应预先规定维修人员的水平及人数。维修人员的能力包括:

- (1) 维修人员的素质;
- (2) 普通技术知识和经验;
- (3) 有关专业的知识和经验;
- (4) 工作态度和工作精神。

同时也要提高维修人员的地位，维修不能认为是“背地里出力”的工作，应该看作为一个技术领域，维修人员应被称作设备技术人员或成套设备工程师。随着自动化技术的发展，维修人员的数量将比操作人员多，因此，应尽早确立维修人员的教育体系。

随着系统的复杂化，维修用的标准和手册也越来越重要。通常将系统和设备的使用说明书、维修人员所应执行的程序统称为技术指导手册。技术指导手册包括以下内容：

维修标准是指用户方面制定的标准，它规定了设备零件的规格，使用说明和维修方法，是维修和管理的基础。

指导手册是表示实际维修的程序。

使用说明书是指由生产厂编写的设备与零件的使用说明。

故障词典是指通过故障征兆发现故障点的词典。这对复杂的系统与设备，以及远离陆地的船舶来说是尤为重要。

维修后勤保障的内容涉及面很广，限于本书的篇幅，故不一一介绍。但针对一个液压机械使用维修人员，技能水平的高低是决定液压机械使用管理和维护水平的重要因素之一。因此，使用管理和维修人员必须具备一定的液压传动基本知识与实际使用管理和维修知识，熟悉液压机械的工况，掌握有关维护保养技能，提高故障分析与故障排除能力，这正是本书的宗旨。

值得指出的是, P 仅是系统的静态压力, 系统工作过程中还存在过渡过程中的动态压力, 其动态压力往往比静态压力要大得多。所以选取液压泵的额定压力应比系统工作压力 P 大 25%~60%, 使液压泵有一定的压力储备。若系统属于高压范围, 压力储备可取大值, 若最高压力出现时间较短, 压力储备可取小值, 反之, 压力储备可取大些。液压泵的额定流量应与系统所需最大流量相当。

四、确定驱动液压泵的功率

(1) 在工作循环中, 液压泵的压力和流量比较恒定时, 所需功率为:

$$N = \frac{10^3 PQ}{\eta} \quad (\text{kW})$$

式中 η ——液压泵总效率。

各种类型液压泵的总效率可参考表 2-1 大致地估计取值, 泵规格大时取大值, 规格小时取小值, 当液压泵的工作压力只有额定压力的 10%~15% 时, 液压泵的总效率将显著下降, 有时只达 50% 或更低, 因此设计计算与元件选用时必须注意。

表 2-1 液压泵的总效率

液压泵类型	齿轮泵	螺杆泵	叶片泵	柱塞泵
总效率 η	0.65~0.80	0.70~0.85	0.75~0.90	0.80~0.90

(2) 如果工作循环中, 液压泵的压力和流量变化较大时 (如变量泵系统、双泵系统、旁路节流调速系统以及工作循环中有卸荷状态的系统), 则需分别算出循环中各阶段所需的功率, 然后计算其平均功率。

若液压泵采用电动机拖动时, 则必须检验一下, 使每一阶段电机的超载量都在允许范围之内。一般规定电动机在短时间内可超载 30%。

第二节 液压马达的选用

液压马达的类型主要是根据扭矩、转速、安装尺寸和系统的最大工作压力来选择的, 如果采用液压马达调速时, 还应考虑其变量方式。

一、液压马达类型的选择

当负载 (扭矩) 较小, 要求的转速较高和压力小于 14MPa 时, 可选用齿轮液压马达或叶片液压马达, 压力超过 14MPa 时, 则选择轴向柱塞液压马达。

若负载 (扭矩) 较大而要求的转速又较低时, 可以直接采用低速大扭矩液压马达, 也可以根据实际需要采用高速液压马达加减速器组合使用。一般认为:

(1) 在相等功率条件下, 低速液压马达的重量比高速液压马达大。但是, 用高速液

压马达实现低速转动,高速液压马达加减速器的总重量和低速液压马达的重量一般相近。若使用一齿差高性能减速器时,则高速方案的总重比低速方案的重量轻一些。

(2) 低速液压马达的可靠性较高,工作寿命较长,同时低速液压马达的总效率比高速液压马达加减速器的总效率高。

(3) 直接采用低速液压马达的机构较简单,便于安装,易于维修,但输出轴扭矩大,如机构需使用附加制动器,则制动器的尺寸较大。

在实际使用中,必须根据以上的特点和具体情况灵活选择。应当指出,直接采用低速液压马达实现低速大扭矩运转的方案,在船舶机械和工程机械中具有现实的意义,目前它的应用也愈来愈普遍。

液压马达的类型选定以后,便可根据下式计算液压马达的每转理论排量 q_0 。

$$q_0 = \frac{M_{\max}}{10^3 P \eta_m} \quad (\text{L/r})$$

式中 $M_{\max}$ ——液压马达的最大外负载(N·m);

P ——拟定的系统工作压力(MPa);

η_m ——液压马达的机械效率。

根据拟定采用的液压马达类型和上式计算的理论排量,便可选择参数较为接近的液压马达。然后根据选定液压马达的排量,计算出它的实际需油量为整个系统的计算和选择液压泵提供参数。液压马达的实际流量 Q 可按下式求得:

$$Q = \frac{q_0 n_{\max}}{60 \eta_v \times 10^3} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

式中 q_0 ——选定的液压马达的理论排量(L/r);

$n_{\max}$ ——液压马达的最高转速(r/min)。

二、液压马达的性能要求

1. 保证启动摩擦力小

液压马达比液压泵要求更小的启动摩擦力,这是因为液压泵只有在启动以后才产生液体压力,即产生对支承面的载荷,而此时已形成油膜。对于液压马达,可能在负载扭矩最大时启动,因而启动时的摩擦力可能为最大值,所以在液压马达中最好将滑动摩擦组件换成滚动摩擦组件或保证滑动配合强制润滑。

2. 要求启动力矩大

液压泵一般是空载启动,而液压马达往往是有负载启动,如果没有足够大的启动力矩,液压马达是不能正常工作的,前面所述保证启动摩擦力减少,也就是增大启动力矩的一个方面,另一方面还必须从结构上采取增大启动力矩的措施,例如在叶片液压马达中采用弹簧预先将叶片和配油盘紧贴在定子和转子上等。

3. 要求低速稳定性好

液压泵常常希望能高速运转,这样可直接与高速原动机连接并缩小液压泵体积,而液压马达最好能与低速的工作机构直接连接,否则要采取减速措施,对于变速的液压马达也希望调速范围大,具有最低的稳定转速,齿轮液压马达漏油环节较多,采用间隙补偿提高容积效率的结构也较复杂,因此一般不适用于低速。其余叶片液压马达、柱塞液

压马达，为适应低速运转必须在设计时采取相应措施。

4. 能正反转

除了在变量泵和定量液压马达所组成的液压调速系统所采用的双向变量泵外，一般所用的液压泵都是流向不变的；但是液压马达随工作机构运动要求，需要正反转，当液压泵作液压马达使用时，结构上必须作局部变动，例如齿轮液压马达的进出口尺寸要相同，叶片液压马达的叶片要径向放置等。

三、液压马达主要参数的确定

对液压马达来说，其主要性能参数是输出扭矩 M ，输出转速 n 、排量 q 和效率 η 等，所有这些参数与液压泵所用的相同，只是输入和输出正好相反，参数之间的关系上也有一定的差别，另外液压泵把输入功率作为主要参数，而液压马达常常以输出扭矩为主要参数。

1. 输出扭矩

液压马达的输出扭矩是指马达轴上实际输出的扭矩。我们从能量守恒定律出发进行分析，输入的液压能经过液压马达的作用输出机械能，考虑液压马达的效率之后，输入的液压能（压力与流量）应等于输出的机械能（扭矩和转速）。

液压马达每一转输入的液压能：

$$E_1 = 10^3 P q \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

式中 P ——液压马达的工作压力(MPa)；

q ——液压马达每转排量(L/r)。

液压马达每一转输出的机械能：

$$E_2 = 2\pi M \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

式中 M ——液压马达输出的扭矩(N·m)；

2π ——液压马达每一转转过的角度(rad)。

根据能量守恒定律有：

$$E_1 \eta_m = E_2, \text{ 即 } 10^3 \cdot q \cdot \eta_m = 2\pi \cdot M$$

所以

$$M = \frac{10^3 P \cdot q}{2\pi} \cdot \eta_m$$

式中 η_m ——液压马达的机械效率($\eta_m < 1$)。

经整理液压马达的扭矩公式可改写成：

$$M = 159 P \cdot q \cdot \eta_m \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

式中 P ——液压马达的工作压力(MPa)；

q ——液压马达的每转排量(L/r)；

η_m ——液压马达的机械效率。

应当着重指出的是：

第一、这个公式是根据能量守恒定律推荐的，具有普遍应用的意义，不论什么结构形式的液压马达，其 M 、 P 、 q 三者之间的关系都遵循这一定律，都适用这个计算方式。

第二、这个公式所给定的参数都是平均值，实际的瞬时扭矩是变化的，随流量压力的