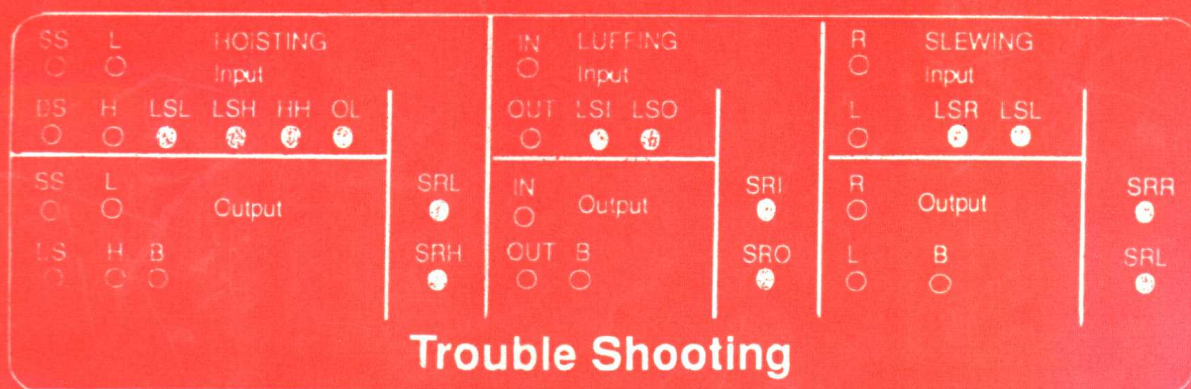


船舶液压系统 故障诊断与维修技术

郑士君 编著



人民交通出版社

船舶液压系统

Chuanbo yeya Xitong

故障诊断与维修技术

Guzhang zhenduan yu Weixiu Jishu

郑士君 编著

参编: 黄凤德 蒋国仁
吴秀兰 陈传明

人民交通出版社

(京) 新登字 091 号

内 容 提 要

本书由浅入深系统地论述了液压系统的故障诊断与维修技术。全书内容包括: 液压系统故障诊断所需的基础知识; 液压油的污染与控制; 液压系统的治漏技术; 液压系统的安装与冲洗技术; 液压系统的维护技术; 液压元件的失效机理、常见故障分析与维修技术; 液压系统的故障诊断技术与常见故障分析; 船舶典型液压系统; 电气控制系统分析与常见故障的排除。

本书可供从事液压传动与控制技术的工程技术人员阅读, 特别适用作船舶轮机管理人员与维修技术人员的工具书与培训教程, 也可作为航海院校轮机管理专业和其它院校相关专业的教程与教学参考书。

船舶液压系统故障诊断与维修技术

郑士君 编著

*

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

上海水产大学印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 印张: 13.4 插页: 2 字数: 336 千字

1996 年 3 月第 1 版

1996 年 3 月第 1 次印刷

印数: 0001-3100 册 定价: 19.60 元

ISBN 7-114-02402-9 / U · 01671

前 言

随着船舶工业和航运业的迅速发展, 液压技术在船舶上的应用日益广泛, 尤其是远洋船舶、特种工程船舶、渔船都大量采用液压传动和液压控制技术, 这对液压系统的可靠性提出了更高的要求。但在实际使用中, 使用不当和管理不善, 影响了液压系统的正常工作, 甚至影响到船舶的安全航行与正常运行。这已引起了船舶机务人员的重视。

为推广应用液压技术, 提高液压系统的使用可靠性, 提高从事液压机械管理与维修人员的专业技术素质, 近几年来, 作者先后为各大航运公司与中船总所属企业举办过多期船舶液压系统故障诊断技术研讨班, 还在轮机管理专业学生的选修课讲授。本书就是根据作者历次讲课所使用的教材与讲稿, 结合科研与实践编写而成的。本书全面系统地论述了液压系统故障诊断与维修所必需的基本知识, 针对液压系统的故障大约有 70% 是由于液压油遭受污染而引发, 本书用较大篇幅讨论了对液压油的污染成因、危害、液压元件的污染敏感性, 污染度的评定, 以及污染控制的措施。针对液压系统故障具有隐蔽性、多变性, 本书着重讨论了液压系统的故障诊断程序与方法, 并对液压元件、系统的失效机理, 失效模式与常见故障进行了讨论, 最后结合作者的实践对典型船用液压系统与电气控制系统进行了较为详细的分析。本书可作为船舶液压系统使用、管理与维修人员的工具书与培训教程使用, 也可供从事液压传动与控制技术的工程技术人员阅读。

本书的编写得到了上海远洋运输公司、广州远洋运输公司、天津远洋运输公司、上海海运(集团)公司、南京绿州机器厂、武汉船用辅机厂、重庆液压件厂、中国船舶工业总公司船舶辅机专业网、交通部上海船员培训中心、上海交通大学等单位的帮助, 他们为本书编写提供了许多方便。南京绿州机器厂工程机械设计研究所所长周福祥高级工程师审阅了部分章节, 全书由上海交通大学严金坤教授主审。在此一并致以衷心感谢。

由于作者水平有限, 错误与不足之处, 恳请读者指正。

作者

1996.3.

目 录

第一章 绪论	1
第一节 液压传动在船舶机械中的应用	1
第二节 液压传动的工作原理与特性	1
一、液压传动的工作原理	1
二、液压传动装置基本组成	4
三、液压传动的特点	5
第三节 提高液压机械使用可靠性和维修水平的途径	6
一、熟悉使用管理过程与职责	6
二、建立合理的维护管理体系	6
三、加强预防性检查,防止液压机械的劣化	6
四、掌握预防液压机械故障演变规律	7
五、选择合理的维修方案	8
六、以可靠性为中心的维修	9
七、建立良好的维修后勤保障	10
第二章 液压元件、图形符号与系统	12
第一节 液压元件	12
一、动力元件	12
二、控制元件	13
三、执行元件	16
四、辅助元件	17
第二节 常用液压图形符号	22
一、液压图形符号使用规则	22
二、液压元件图形符号构成简介	23
第三节 阅读与分析液压系统图的方法	27
第四节 液压系统的类型	27
一、开式与闭式系统	27
二、独立式和组合式系统	29
三、单泵与多泵系统	31
四、节流调速系统与容积调速系统	31
第五节 常用液压系统	32
一、舵机液压系统	32
二、起货机液压系统	34
第三章 液压油污染与控制	38
第一节 液压油的功用、性质和使用	38
一、液压油功用	38
二、液压油的基本性质	38
三、液压油的类型	40
四、液压油的选择	44
第二节 液压油污染原因及对液压系统的影响	45
一、固体颗粒污染	45
二、空气污染	46

三、水污染	46
四、微生物污染	47
五、静电污染	47
六、腐蚀污染	47
七、磁性污染	48
八、热能污染	48
第三节 液压油的污染度	48
一、污染水平的表述方法	48
二、油液污染度等级标准	49
三、各行业液压污染等级现状与要求	51
第四节 液压油污染监测技术	52
一、油液的取样与检测项目	53
二、液压油污染度的测定	54
三、在线监测	54
四、简测法	55
第五节 液压元件的污染敏感性	56
一、污染物对液压元件造成的故障	56
二、污染磨损机理	57
三、动态间隙与临界颗粒尺寸	59
四、污染物特性对磨损的影响	60
第六节 液压油污染控制	60
一、液压油污染控制的因素	60
二、液压油的污染控制	62
三、合理选择过滤精度	64
四、合理更换液压油	65
第四章 液压系统的漏油与密封技术	67
第一节 液压系统漏油的危害	67
第二节 液压系统产生漏油的原因与解决方法	67
一、管接头和油塞的漏油及解决方法	67
二、元件结合面间漏油及解决方法	68
三、壳体漏油及解决方法	68
四、密封件和工作介质选用不合理而造成漏油	68
五、颗粒污染物侵入液压系统损坏密封造成漏油	70
六、密封圈表面损伤造成漏油	70
七、压力冲击使密封松动造成漏油	70
第三节 液压系统的密封装置	70
一、密封装置	70
二、常用密封装置的使用安装要求	72
第五章 液压系统的安装、冲洗与调试技术	77
第一节 液压系统的安装	77
一、管路的安装与要求	77
二、配管时应注意的事项	78
三、液压元件的安装与要求	78
第二节 液压系统的清洗与试压	80
一、第一次清洗	80
二、第二次清洗	80

三、清洗液压系统时应达到的清洁度	81
四、液压系统的试压	82
第三节 液压系统的调试	83
第六章 液压系统的管理与维修技术	84
第一节 船舶液压系统的日常维护	84
一、液压系统的日常检查	84
二、液压机械维护保养的基本要求	85
三、点检与定检	89
第二节 液压系统备品的管理	90
一、密封件的保管	90
二、液压元件的保管	90
三、橡胶软管的保管	91
四、液压油的保管	91
第三节 液压系统的维修技术	92
一、检修液压系统的注意事项	92
二、液压元件的修理	93
三、液压元件修理测试的主要内容	95
第七章 液压元件失效分析与常见故障排除	98
第一节 液压元件的失效分析	98
一、失效的定义与判据	98
二、失效的分类与等级划分	100
三、失效模式与失效机理	101
第二节 常用液压元件故障分析与排除方法	103
一、液压泵的故障分析与排除方法	103
二、液压马达的故障分析与排除方法	105
三、液压缸的故障分析与排除方法	107
四、液压控制阀的故障分析与排除方法	109
五、滤油器与密封件的故障分析与排除方法	113
第八章 液压系统故障诊断技术与常见故障分析	115
第一节 液压系统的故障诊断程序与方法	115
一、引言	115
二、逻辑诊断程序	116
三、故障诊断方法	121
四、液压系统故障部位查定	122
五、故障树分析法	124
六、建立故障档案	125
第二节 液压机械故障诊断仪器和装置	126
一、基本故障参数的检测仪器	126
二、专用故障检测装置	127
第三节 液压系统常见故障分析	127
一、液压系统供液不正常	127
二、液压系统工作压力不足	128
三、执行元件爬行	129
四、液压元件磨损严重	130
五、液压油温度过高	131
六、液压系统噪声与振动过大	131

七、液压冲洗	133
八、空穴现象	133
第九章 液压舵机	135
第一节 对舵机液压系统的基本要求	135
第二节 典型舵机液压系统	136
一、上海船厂型液压舵机	136
二、川崎型液压舵机	138
三、转叶式液压舵机	140
四、Hatlapa 型液压舵机	144
第三节 液压舵机的维修保养与常见故障分析	144
一、维修保养技术	144
二、液压舵机的常见故障分析与排除方法	146
第十章 液压起货机	148
第一节 桅杆式液压起货机	148
一、液压系统的工作原理	148
二、常见故障分析	149
第二节 赫格隆型回转式液压起货机	150
一、D 型回转式起货机液压系统	152
二、TE 型回转式起货机液压系统	153
三、H 型回转式起货机液压系统	159
四、L 型回转式起货机液压系统	161
五、L 型回转式起货机电气控制系统	167
六、比例放大器(PC 板)	176
七、维护保养	178
八、常见故障分析	179
第三节 利勃赫尔型液压起货机	182
一、B5 型回转式起货机液压系统工作原理	182
二、B5 型回转式起货机常见故障分析	185
三、36t 回转式液压起货机	187
第四节 IHI 型回转式液压起货机	189
一、IHI 型回转式起货机液压系统	189
二、维护保养	192
三、常见故障分析与排除	193
第十一章 系泊设备、调距桨与减摇装置	195
第一节 系泊设备	195
一、叶片型锚机液压系统	195
二、叶片型液压锚机早期故障分析与探讨	196
三、自动绞缆机液压系统	197
第二节 调距桨	198
一、主推进器调距桨液压系统	199
二、侧推器调距桨液压系统	200
三、调距桨液压系统故障模式和效应分析	202
第三节 减摇装置液压系统	202
一、减摇鳍泵控式液压系统	204
二、减摇鳍阀控式液压系统	205
参考文献	207

第一章 绪 论

第一节 液压传动在船舶机械中的应用

液压传动是根据 17 世纪 Pascal 指出的流体静压力传递原理而发展起来的一门新兴技术。通常将以液体作为工作介质,以液体的压力能来进行能量与信息传递的传动称为液压传动,采用液压传动的机械简称液压机械。

液压传动在船舶机械中的应用,最初(1804 年)是由英国人以水作为工作介质的一台液压锚机安装于实船上,1906 年英国“西弗吉尼亚”(West Virginia)号战舰上 300mm 口径火炮俯仰机构采用了液压传动,1916 年新墨西哥(New Mexico)号战舰上使用了液压舵机。到了 50 年代,随着液压工业本身不断完善和对甲板机械性能要求的提高,液压传动广泛用于甲板机械,如锚机、舵机、起货机、舱口盖启闭装置,还用于管路阀门的远距离控制,柴油机的控制和离合器的操纵机构,以利于减轻船员劳动强度与便于实现自动化。此外,近年来还进一步发展了用于船舶自动操舵、船舶减摇和可调螺距桨推进器调整机构的电液系统,在船舶节能方面采用主机恒速轴带发电机中的液压-机械分流传动获得了显著的节能效果,在大型滚装船上几乎所有的舱内外运输作业所需的设备全部采用了液压传动,工程船舶上工作机械大多实现了液压化。舰船上的液压机械的应用范围亦愈来愈广。采用液压传动显示了其独特的优越性。表 1-1 列出了各类船舶应用液压机械的基本状况。

液压传动在我国船舶上的应用较晚。1953 年江南造船厂制造了我国第一台转舵力矩为 $90\text{KN}\cdot\text{m}$ (柱塞式液压缸,十字头转向机构)液压舵机,液压泵为 Hele Shaw 型径向柱塞式,工作压力为 8MPa ,安装于“民众”号客船上,揭开了我国船舶工业首次制造液压甲板机械历史。1958 年又制造了转舵力矩为 $750\text{KN}\cdot\text{m}$ 的液压舵机,装于第一艘国产万吨级远洋货船“东风”号上。1970 年后,我国制造的“天津”号,“安源”号,“长风”号等万吨级远洋货船均相继采用了双吊杆式液压起货机;“辽阳”号和“信阳”号货船上安装了我国制造的转舵力矩为 $650\text{KN}\cdot\text{m}$ 转叶式舵机。自 80 年代以后我国相继引进了德国 Liebherr,瑞典 Hagglund,日本 IHI 公司(包括系泊设备)船用液压起货机的生产技术;同时也引进了日本 Kawasaki,挪威 Frydenbo(转叶式),德国 Hatlapa(包括系泊设备)液压舵机的生产技术,使我国液压甲板机械的生产得到了迅速的发展,推动了液压机械在我国船舶上的应用。

第二节 液压传动的工作原理与特性

一、液压传动的工作原理

本节以液压千斤顶为例说明液压传动的工作原理。图 1-1 为千斤顶结构简图。千斤顶由液压缸,手动活塞泵,控制阀等组成。当手动活塞泵中的小活塞 3 向上移动时,泵工作腔容积增大,形成局部真空,单向阀 4 打开,通过吸油管 5 从油箱中吸油;当小活塞下移时,工作腔容积变小,液体受挤压压力增高,单向阀 4 关闭,单向阀 7 开启,工作腔内

表 1-1 液压传动在各类船舶上的应用

船舶类型	设备类别	操船装置				系泊装置				通道设备				专用设备								起吊装置			附注							
		舵机	可调螺距桨	侧向推进器	减摇装置	锚机	系缆机	绞盘	绞缆机	舱口盖	尾门机构	跳板机构	升降甲板	水密门	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	甲板起货机
运输船舶	杂货船	○				-	-			-			○														-	-			包括干货船及矿砂船	
	集装箱船	○	○	○		-	-			○	○	○	○	○							○							○				
	滚装船	○	○	○		-	-			○	○	○	○	○																		
	油船	○				-	-							○																		
	冷藏船	○	○			-	-			○				○															○			
工程船舶	化学产品船	○	○	○		-	-			○			○	○															○			包括渡船
	客船	○	○	○		-	-			○			○	○															○			
	多用途船	○				-	-			○				○																		包括两用拖船
	拖船	○	○	○		-	-			○				○														○				各类挖泥船
	挖泥船	○				-	-							○															-			
海洋开发船舶	打桩船	○				-	-							○																		
	起重船	○				-	-							○														○				各类油船
	渔船	○	○			-	-							○														○				各类军舰
	军舰	○	○	○		-	-							○																		
	自升工作平台					-	-							○																		
海洋开发船舶	钻井船					-	-							○																		
	铺管船					-	-							○																		
	调查船	○	○	○		-	-							○														○				各类水文、海洋、气候及地质调查船
	深潜母船	○	○	○		-	-							○																		

“○”基本使用 “-”部分使用

的油经管道 6 输送至液压缸 9 工作腔内, 使大活塞 8 向上移动, 顶起重物 13 (负载)。只要使手动活塞泵不断向液压缸提供油液, 就可将重物上移至所需高度。单向阀 7 可以防止液压缸中油液倒流, 从而保证了重物不会自行下降, 只有打开截止阀 11 时, 液压缸工作腔的油经截止阀 11 返回油箱, 重物才会下降。

图 1-2 为液压千斤顶的简化模型, 据此可分析两活塞之间的力比关系, 运动关系和功率关系。

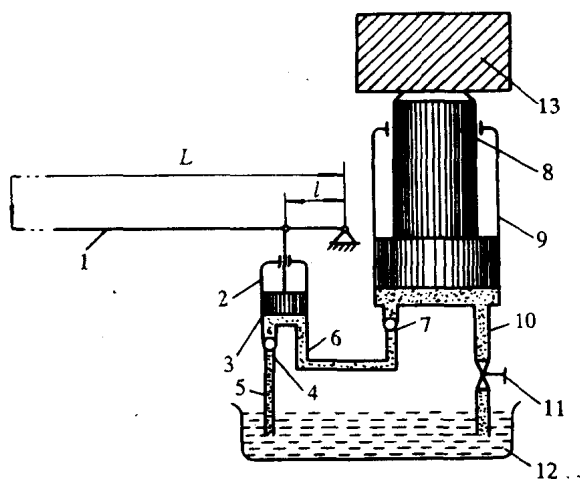


图 1-1 液压升斤顶原理图

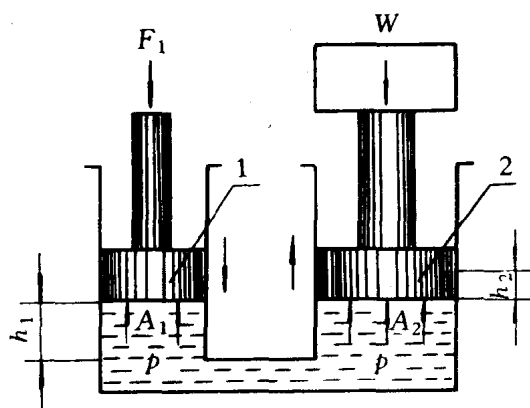


图 1-2 液压千斤顶简图

1. 力比关系

当在小活塞上施加作用力 F_1 时, 小活塞下腔的油液就产生了压力 p , $p = F_1 / A_1$ 。根据帕斯卡原理“施加在密闭容器内平衡液体中某一点的压力能等值地传递到全部液体”, 在大活塞下端的油腔中也存在着相同的压力 p , 当 $p \cdot A_2 = W$ 时, 就能使大活塞举起重物。故

$$p = F_1 / A_1 = W / A_2 \quad (1-1)$$

或

$$W / F_1 = A_2 / A_1$$

式中: A_2 、 A_1 —— 分别为小活塞和大活塞的作用面积。

式(1-1)是液压传动中力传递的基本公式, 由于 $p = W / A_2$, 所以液体压力是随负载 W 的大小而变化的, 如果负载 W 很小, 压手柄 1 并不费力, 说明液体压力很小; 如果负载 W 很大, 压手柄 1 就很费力, 说明液体压力 p 很大。由此我们必须建立一个很重要的基本概念, 即液压缸中的压力决定于负载, 而与流入液体的多少无关。另外从式 (1-1) 可看出, 小小的液压千斤顶之所以能举起很重的物体, 是由于有着很大的面积比 A_2 / A_1 的缘故。

2. 运动关系

如果不计液体的可压缩性、漏损和缸体、油管的变形, 则从图 (1-2) 可以看出, 被小活塞压出油液的体积必然等于大活塞向上升起后缸扩大的体积。即

$$A_1 \cdot h_1 = A_2 \cdot h_2 \quad (1-2a)$$

或

$$h_2 / h_1 = A_1 / A_2 \quad (1-2b)$$

式中: h_1 、 h_2 ——分别为小活塞和大活塞的位移。

从式(1-2)可知, 两活塞的位移与两活塞的面积成反比。将式(1-2a)两端除以活塞移动的时间 t 得

$$A_1 \frac{h_1}{t} = A_2 \frac{h_2}{t}$$

即

$$v_2 / v_1 = A_1 / A_2 \quad (1-3)$$

式中: v_1 、 v_2 ——分别为小活塞和大活塞的移动速度。

从式(1-3)可以看出, 活塞的移动速度 v 和活塞的作用面积成反比。

$A \cdot h/t$ 的物理意义是单位时间内, 液体流过截面积为 A 的某一截面积的体积, 称为流量 Q 。

$$Q = A \cdot v \quad (1-4a)$$

因此

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = Q$$

如果已知进入液压缸的流量 Q , 则活塞的运动速度为

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1-4b)$$

调节进入液压缸的流量 Q 即可调节活塞的运动速度 v , 这就是液压传动实现无级变速的基本方法之一。从式(1-4b)可得到另一个重要的基本概念, 即活塞的运动速度 v 决定于进入液压缸中的流量 Q , 与压力 p 的大小无关。

同样从式(1-1a)还可得到一个重要基本概念, 即活塞能推动的负载 W 决定于液压缸中的压力 p , 与流量 Q 的大小无关。

3. 功率关系

将式(1-1a)和式(1-3)相乘可得

$$F_1 \cdot v_1 = W \cdot v_2 \quad (1-5)$$

上式左端为输入功率, 右端为输出功率。这说明了在不计损失的情况下输入功率等于输出功率。由式(1-5)还可得出

$$P = p A_1 \cdot v_1 = p A_2 \cdot v_2 = p Q \quad (1-6)$$

从式(1-6)可看出, 液压传动中功率 P , 可以用压力和流量的乘积来表示。压力 p 和流量 Q 是液压传动中最基本、最重要的两个参数, 它们相当于力和速度, 它们的乘积即为功率。

二、液压传动装置的基本组成

从液压千斤顶的工作原理可知, 一个能完成能量传递的液压装置由四部分组成:

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。它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。它包括各种压力阀、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，以满足工作机械所需力（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。除上述三项组成部分之外，组成液压系统所需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，还有传递能量的工作介质，通常是矿物油，又称液压油。

三、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. 液压传动装置的输出力大，能满足各种船舶机械的需要。

3. 液压传动装置惯性小，油液可视为无压缩性，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作为工作介质，它们本身具有一定吸震能力，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 ，启动转矩高，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连接，完成各种复杂动作，机构简单。与电气组成电液复合系统，省力，更有利于实现自动化，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，属柔性传动，不受任何限制，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的动作和力（力矩）是靠工作介质来传递的，所以工作介质的品质和清洁度将关系到液压机械的运行状态，因此，对工作介质的品质与清洁度有较高要求。

11. 由于液压油的粘度随油温而变，易引起液压执行机构的运行特性的变化，因而液压传动不适用于要求定比传动的场合。

12. 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的密封性能和制造精度。

13. 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得多，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 提高液压机械使用可靠性和维修水平的途径

一、熟悉使用管理过程与职责

使用与管理液压机械同一切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失效的整个发展过程，是使用管理好该设备的前题。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，采取相应的对策，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，提高使用可靠性。

二、建立合理的维护管理体系

液压机械是一种技术含量高的设备，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维护管理体系。若将液压机械的维护管理看成是一项工程的话，其维护管理体系如图 1-3 所示。

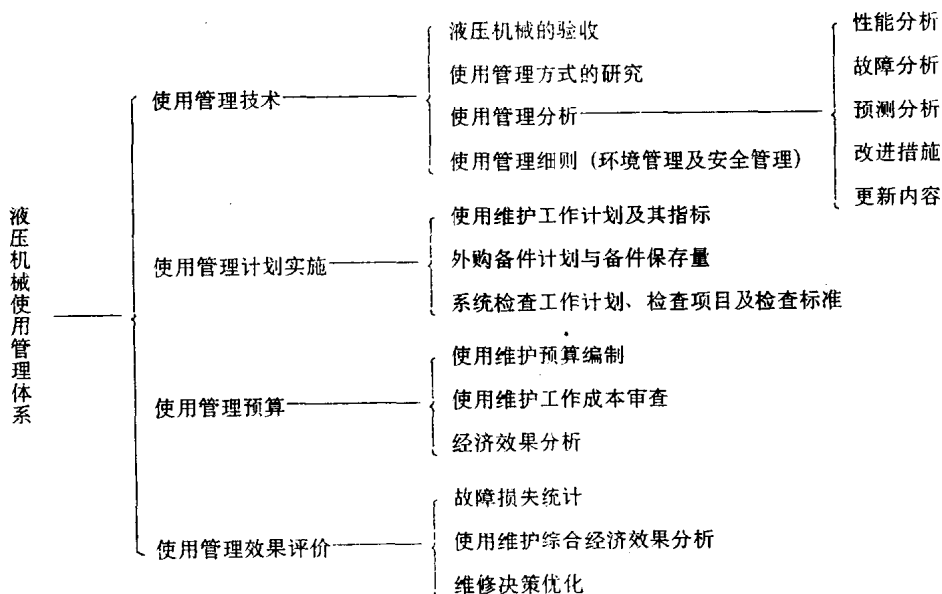


图 1-3 液压机械维护管理体系

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。例如：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、减振措施、防止过载、防止变形和腐蚀
	运转环境	疲劳、磨损、液压油污染、冲击、灰尘和水分等侵入	采取防锈、防腐蚀措施、防止杂质侵入、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、变形或老化		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：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。

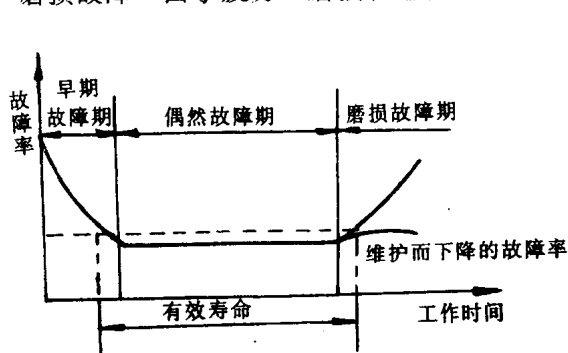


图 1-4 故障演变过程曲线(浴盆曲线)

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，例如：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定使用管理计划，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

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率较高，要通过耐心、细致的调试与机械的“磨合”使其达到设计要求。

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。

故障率的“浴盆曲线”（见图 1-4）告诉我们，元件的早期故障属不合格产品，应在产品的研制阶段设法加以排除，而元件的老化、耗损失效，是属于“超期服役”，增大了不可靠因素，也不宜在系统的可靠性设计中加以采用；真正有用的应该是元件的有效寿命期，即此时只存在随机故障或偶然故障，其故障率为一常数，不随时间而变，寿命分布服从指数规律。这样，我们只要给出该元件在有效寿命的故障率，则其可靠度 $R = e^{-\lambda t}$ ，平均无故障工作时间 $\theta = 1/\lambda$ ，以及其他可靠性指标都一目了然了。

常用液压元件的基本故障率 λ_0 如表 1-3 所示。

表 1-3 常用液压元件的基本故障率 λ_0

名称	故障率 λ_0	$\times 10^{-6} / \text{h}$		
		上 限	平 均	下 限
电动液压泵		27.40	13.50	2.900
液 压 缸		0.12	0.008	0.005
油 箱		2.52	1.50	0.480
蓄 能 器		19.80	7.20	0.400
溢 流 阀		14.10	5.70	3.270
顺 序 阀		8.10	4.60	2.100
减 压 阀		5.54	2.14	0.700
流量控制阀		19.80	8.50	1.640
单 向 阀		3.10	5.00	2.200
伺 服 阀		56.10	30.00	16.800
高 压 软 管		5.22	3.94	0.157
管 接 头		2.01	0.03	0.012
固定阻尼孔		2.11	0.15	0.100
可变阻尼孔		3.71	0.55	0.045
四 通 阀		7.41	4.60	1.870
滤 油 器		0.80	0.30	0.045

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行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。

常见的维修可作如图 1-5 的分类和注释：

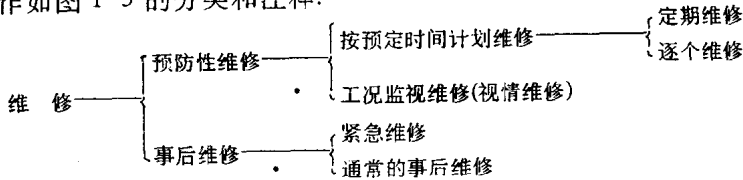


图 1-5 维修方式

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作紧急维修。

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 1-6)逐项分析后确定，应采用“既适用又有效”的维修方式。

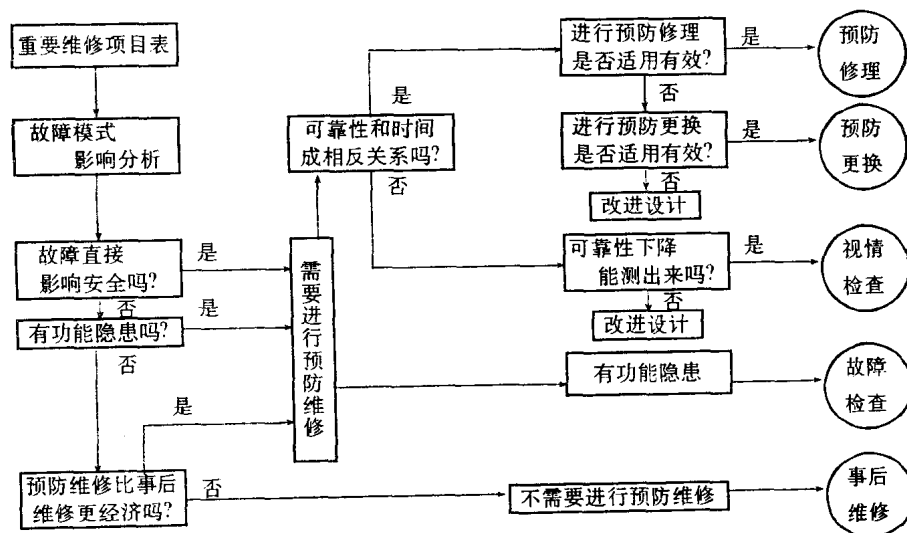


图 1-6 维修方式逻辑判断图

六、以可靠性为中心的维修

以可靠性为中心的维修(Reliability-Centered Maintenance)的定义是：制定设备预防维修大纲的一种逻辑规则，它能以最低的维护费用实现复杂装置的固有可靠性水平。是从