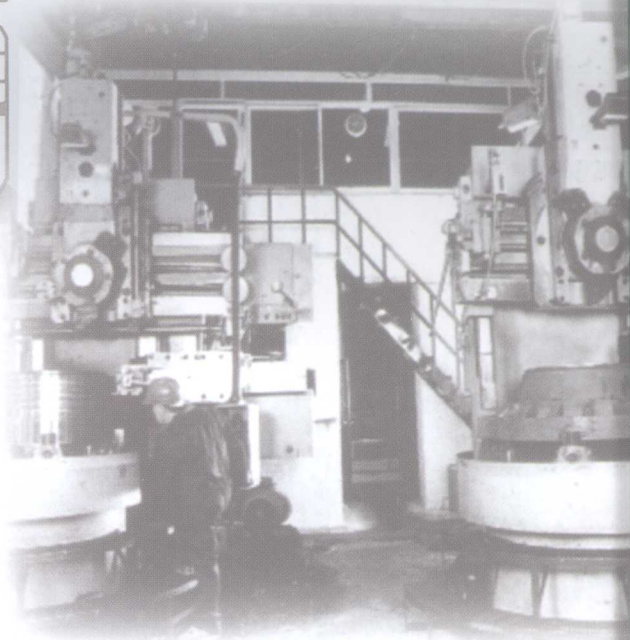
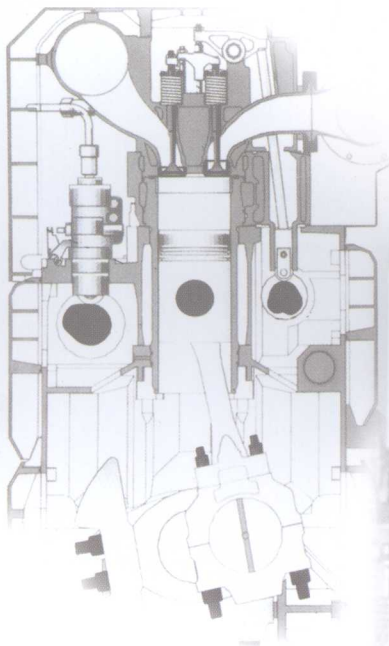


新版

全国海船船员适任考试培训教材

轮机维护与修理

 中国海事服务中心组织编审



大连海事大学出版社
Dalian Maritime University Press



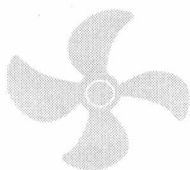
人民交通出版社
China Communications Press

新版

全国海船船员适任考试培训教材

轮机维护与修理

中国海事服务中心组织编审



大连海事大学出版社

人民交通出版社

© 魏海军,金国平 2008

图书在版编目(CIP)数据

轮机维护与修理 / 魏海军,金国平主编. —大连:大连海事大学出版社;北京:人民交通出版社, 2008. 4

全国海船船员适任考试培训教材

ISBN 978-7-5632-2163-9

I. 轮… II. ①魏…②金… III. 船舶—轮机—维修—技术培训—教材
IV. U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 048517 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连天正华延彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2008年4月第1版

2008年4月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:19.5

字数:496 千

印数:1~5000 册

责任编辑:姜建军

版式设计:晓江

封面设计:王艳

责任校对:沈荣欣

ISBN 978-7-5632-2163-9

定价:51.00 元

前言

《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》(简称 04 规则)已于 2004 年 8 月 1 日生效,新的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》也自 2006 年 2 月 1 日实施。为了更好地帮助、指导船员进行适任考前培训和进一步提高船员适任水平,在交通部海事局的领导下,中国海事服务中心组织全国有丰富教学、培训经验和航海实际经验的专家共同编写了与《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》相适应的培训教材。本教材的编写将改变长期以来船员适任培训使用本、专科教材的现状,消除由于教材版本众多所造成知识内容上存在的混淆和分歧,对今后的船员适任培训具有重要的指导意义。

本套教材知识点紧扣考试大纲,具有权威、准确、系统、实用的特点,重点突出船员适任考前培训和航海实践需掌握的知识,旨在培养船员在实践中应用知识的能力,并可作为工具书为船员上船工作使用。本套教材在着重于航海实践的同时,紧密结合现代船舶的特点,考虑到将来有关船舶技术的发展,教材内容涉及到最新的航海技术,与时俱进,进一步拓展船员的知识层次。

本套教材由航海学、船舶值班与避碰、航海气象与海洋学、船舶操纵、海上货物运输、船舶结构与设备、船舶管理(驾驶)、船长业务、航海英语、轮机英语、轮机长业务、轮机工程基础、主推进动力装置、船舶辅机、船舶电气、轮机自动化、轮机维护与修理、船舶管理(轮机)组成。

本套教材在编写、出版工作中得到中华人民共和国海事局、各航海院校、海员培训机构、航运企业、人民交通出版社、大连海事大学出版社等单位的关心和大力支持,特致谢意。

中国海事服务中心

2008 年 2 月

编者的话

《轮机维护与修理》一书是依据中华人民共和国海事局 2005 年公布的《海船船员适任考试和评估大纲》编写的,为海船轮机员适任证书考试培训教材之一。《轮机维护与修理》一书作为《STCW 公约》而新增的考试科目“轮机维护与修理”用书,除供轮机员考证培训之外,还可供航运部门和修船厂工程技术人员参考。

本书着重介绍船舶主、副柴油机的主要零件的损坏形式、损坏机理及其检修工艺。内容包括:船机故障与维修、磨损、腐蚀和疲劳破坏等的损坏机理;船机零件缺陷检验和船机故障诊断技术、修复工艺;柴油机、增压器、轴系和舵系等的主要零部件的检修;船舶主柴油机在船上的安装等。

本书由大连海事大学魏海军教授、上海海事大学金国平副教授主编(排名不分先后),共 9 章,第一、六、七、八、九章由魏海军编写;第二、三、四、五章由金国平编写。全书由魏海军统稿。中国海事服务中心考试中心申益群、集美大学轮机工程学院黄加亮参与了主要审定工作。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者
2008 年 2 月

目 录

第一章 现代船舶维修	1
第一节 维修科学	1
第二节 船舶维修工作内容	19
第二章 船机零件的摩擦与磨损	29
第一节 摩擦	29
第二节 磨损	34
第三节 活塞环与气缸套的摩擦磨损	41
第四节 曲轴和轴承的摩擦磨损	46
第三章 船机零件的腐蚀	48
第一节 化学腐蚀	48
第二节 电化学腐蚀	49
第三节 穴蚀	53
第四章 船机零件的疲劳破坏	57
第一节 疲劳破坏	57
第二节 气缸盖和曲轴的疲劳破坏	64
第五章 船机零件的缺陷检验与船机故障诊断	67
第一节 船机零件缺陷的一般检验	67
第二节 船机零件的无损检验	68
第三节 船机故障诊断技术	75
第六章 船机零件的修复工艺	82
第一节 船机零件修复原则	82
第二节 机械加工修复	86
第三节 电镀工艺	91
第四节 热喷涂工艺	96
第五节 焊补修理	99
第六节 金属扣合工艺	101
第七节 零件塑性变形(压力加工)修复法	104
第八节 粘接修复技术	107
第九节 研磨技术	111
第七章 船机维修过程	117
第一节 船舶机械的拆验	118
第二节 维修工作中的专用工具、量具和物科	122
第三节 清洗	128
第四节 船机装配	132
第五节 交船试验	134
第八章 柴油机主要零部件的检修	139
第一节 气缸盖的检修	139
第二节 气缸套的检修	143

第三节	活塞的检修	150
第四节	活塞环的检修	155
第五节	活塞销和十字头销的检修	161
第六节	活塞杆填料函的检修	163
第七节	曲轴的检修	164
第八节	轴承的检修	181
第九节	精密偶件的检修	189
第十节	气阀的检修	193
第十一节	重要螺栓的检修	195
第九章	柴油机动力装置主要部件的检修	199
第一节	活塞运动部件的平台检验	199
第二节	柴油机的吊缸检修	202
第三节	废气涡轮增压器的检修	212
第四节	船舶轴系的检修	225
第五节	螺旋桨的检修	247
第六节	舵系的检修	254
练习题		260
参考文献		304



第一章 现代船舶维修

船舶机械和设备在长期的运转使用过程中,承受着力、摩擦、磨损等多种作用。由于受其内在因素,如设计、材料、制造和安装工艺等和外部工作条件,如负荷、维护管理、环境等的影响,使机械零部件的尺寸精度、几何形状和相互位置精度、配合精度及表面质量逐渐发生变化,或者产生腐蚀、裂纹等破坏,机械的技术状态和使用性能不断下降,甚至发生故障,使船舶机械的功能部分或全部丧失,以致造成船舶停航。

轮机员在船上工作时,经常会遇到船机零件失效和各种船机设备的这样或那样的故障。轮机员除了日常的和定期的维护管理工作外,还需进行失效零件更换、故障排除等检修工作及不可避免的进厂修理。因此,提高对船机故障与维修的认识及维修水平是现代船舶对轮机员的要求,也是做好现代船舶轮机管理的基础。

第一节 维修科学

一、船机故障

(一)故障定义

根据国家标准《可靠性基本名词术语及定义》(GB3187-82)的定义:“失效是产品丧失规定的功能,对可修复的产品通常也称故障。”因此,故障是指整机或零部件在规定的时间和使用条件下不能完成规定的功能,或各项技术经济指标偏离了它的正常状况,但在某种情况下尚能维持一段时间工作,若不能得到妥善处理将导致事故。例如,某些零部件损坏、磨损超限、焊缝开裂、螺栓松动等,使工作能力丧失;柴油机功率下降;传动系统失去平衡和噪声增大;工作机构的能力下降;燃料和润滑油的消耗量增加等;当其超出了规定的指标时,即发生了故障。

机械产品中,很多是可修复的产品,当构成它的任何一个零部件损坏而不能工作时,最终均可通过更换一个新零部件或通过修复而使其恢复工作,故对这类产品而言,这都是故障。但对某一零件或总成而言,它可能是不可修复的。在故障中,如零件损坏、磨损超限、焊缝开裂、油漆剥落、螺栓松动等均属于不能完成规定功能的故障;起动困难、功率下降、油耗上升、提升缓慢等超过规定值的现象,均属于性能指标恶化的故障;齿轮断齿、传动胶带断裂、灯泡损坏等均是不可修复的故障,它们则称为失效。

船机设备及零部件在有形老化的影响下,往往会出现明显的机械故障。船机故障是指船舶系统、设备、机械或其零部件规定功能的丧失。它是一个广义的丧失功能或功能障碍的状态,即故障是不合格的状态。故障是可靠性与维修性研究的对象,是维修科学研究的内容。

机械设备维修中,研究故障的目的是要查明故障模式,寻找故障机理,探求减少故障发生的方法,提高机械设备的可靠性程度和有效利用率。

故障通常是指可以排除的障碍,即指可以修复的失效。对于故障应明确以下几点:

(1)规定的对象。它是指一台单机,或由某些单机组成的系统,或机械设备上某个零部件。不同的对象在同一时间将有不同的故障状况。例如,只有一台发电机的船舶,发电机的故



障足以造成全船失电而导致船舶功能的丧失;但在装有多台组发电机的船舶,就不能认为某一发电机的故障与全船失电的故障相同。

(2)规定的时间。发生故障的可能性随时间的延长而增大。时间除了直接用年、月、日、时等作单位外,还可用机械设备的运转次数、里程、周期作单位。例如,船舶的航次和里程;齿轮用它承受载荷的循环次数作单位等。

(3)规定的条件。这是指机械设备运转时的使用维护条件、人员操作水平、环境条件等。不同的条件将导致不同的故障。

(4)规定的功能。它是针对具体问题而言的。例如,同一状态的车床,进给丝杠的损坏对加工螺纹而言是发生了故障,但对加工端面来说却不算发生故障,因为这两种情况所需车床的功能项目不同。

(5)一定的故障程度,即应从定量的角度来估计功能丧失的严重性。

在生产实践中,为概括所有可能发生的事件,给故障下了一个广义的定义,即“故障是不合格的状态”。

(二)故障分类

船机故障复杂多样,研究时从不同角度将其分类,可以清晰地显示出故障的原因、性质和对船舶营运的影响,有助于轮机员分析、认识故障和排除故障,也便于进行故障统计,为改进船舶机械的设计、制造和进行良好的维修提供重要的信息资料。

对故障进行分类的目的是为了明确故障的物理概念,估计故障的影响程度,以便分门别类地找出解决机械故障的决策。

机械设备的故障可从不同的角度进行分类,按其性质、原因、影响程度、故障发生的时间等进行分类,如表 1-1 所示。

在实际工作中,采用何种故障分类,主要取决于所要解决问题的不同角度。例如,从明确故障的责任出发,应当按故障产生的原因进行分类;从运行管理和维修角度考虑,故障发生的时间更为重要,而且这也是正确划清故障责任的基础。下面从不同的角度对船机故障分类进行详细阐述。

1. 按故障对船舶营运的影响分类

(1)船舶不停航的局部故障。因局部故障导致船机设备的功能部分丧失,不需停航修理,可在航行中进行故障处理。例如,更换主机某缸的喷油泵。在应急情况下,对于船舶而言,除主推进动力装置以外的任何船机设备发生故障,均属于此类故障。

(2)船舶短时间停航的重大故障。由于严重的故障使船机设备的功能丧失,必须停航,争取短时间内通过船员自修或采用更换备件等措施排除故障。例如,主机某缸发生严重的拉缸故障,停机检修或实施封缸措施,修后继续航行。

有的国家对停航时间规定:货船不超过 6 h,客船不超过 2 h。

(3)船舶长时间停航的全局性故障。异常严重的故障导致船机设备的功能丧失,造成船舶丧失航行能力,需要进厂进行长时间的修理。例如,主机曲轴折断、艉轴或中间轴折断、螺旋桨损坏和船舶搁浅、船体破损等。



表 1-1 故障的分类及定义

故障类别	故障定义
间断性故障	短期内丧失某些功能,稍加修理调试就能恢复,不需更换零件
永久性故障	某些零件已损坏,需要更换或修理才能恢复
早发性故障	产品由于设计、制造、装配、调试缺陷而引起的故障
突发性故障	通过事前测试或监控不能预测到的故障,其特点是具有偶然性和突发性
渐进性故障	通过事前测试或监控可以预测到的故障
复合型故障	包括早发性、突发性、渐进性故障的特征,故障发生的时间不确定
功能性故障	产品不能继续完成自己功能的故障,可直接感受或测定
潜在性故障	故障逐渐发展,但尚未在功能方面表现出来,却又接近萌芽,能够鉴别
人为故障	由于设计、制造、安装、修理、使用、运输、管理等方面存在问题,使机械丧失功能的故障
错用性故障	不按规定的条件使用机械而导致的故障
先天性故障	机械本身因设计、制造、选用材料不当等造成某些薄弱环节而引发的故障
自然性故障	机械由于受内部自然因素影响引起磨损、老化、疲劳等导致的故障
致命故障	可能导致人身伤亡,引起机械报废或造成重大经济损失的故障
严重故障	严重影响机械正常使用,较短的有效期内无法排除的故障
一般故障	轻度影响机械正常使用,能在日常保养中用随机工具轻易排除的故障
完全性故障	导致完全丧失功能故障(广义而言,随使用情况而定)
部分故障	导致某些功能丧失的故障
随机故障	故障发生的时间是随机的
有规则故障	故障的发生有一定规律

2. 按故障发生和演变过程的特点分类

(1) 渐进性故障。船机设备长时间运转,配合件的损耗(如磨损、腐蚀、疲劳和材料老化等)累积使其性能逐渐变坏而发生的故障。这类故障通过连续的状态监测可有效地防止故障发生。柴油机活塞环-气缸套的磨损和曲轴-轴承的磨损以及管子腐蚀穿孔等均属此类故障。

(2) 突发性故障。因外界随机因素或材料内部的潜在缺陷引起的故障,且无故障先兆,难以预测。例如,主机自动停车、螺旋桨桨叶折断等。

(3) 波及性故障。亦称二次故障,是由于船机的某种故障引发的更大的故障,无法预测和防止。例如,发电柴油机连杆螺栓脱落或断裂引起连杆、活塞、气缸套和气缸盖甚至机体的破坏,俗称连杆伸腿。又如,柴油机排气阀阀盘断裂或缺损,导致增压器涡轮损坏。

(4) 断续性故障。设备在某一时间呈故障状态,而在另一时间功能又自行恢复的故障,即故障反复发生。

3. 按故障的原因分类

(1) 结构性故障。船机设备因结构设计上的缺陷、计算上的错误或选材不当等导致的故障。如柴油机气缸套上部凸缘根部因设计上受力不当和制造工艺不良引起的凸缘根部多发性裂纹,甚至缸套断裂。



(2) 工艺性故障。由于制造、安装质量不佳或质量检验不严等引发的故障。例如,轴系校中安装质量不良引起的轴系振动、轴承发热或过度磨损等。

(3) 磨损性故障。在正常工作条件下长期运转产生的故障。由于长期运转,船机零件磨损使其性能参数逐渐达到极限值,船机性能变坏而发生故障。例如,由于过度磨损,活塞-气缸间隙过大而产生敲缸、窜气等故障。

(4) 管理性故障。由于维护保养不良或违章操作等造成的故障。例如,滑油长期不化验、不更换,变质滑油引起轴瓦合金熔化的故障。

4. 按故障的性质分类

(1) 人为故障。由于操作人员管理不良或行为过失引起的故障。这是不容忽视的故障,目前在船上它已占 80% 以上,成为故障的主要原因。而安装不良也属于此类故障。

(2) 自然故障。由于船舶机械工作环境变坏,使用条件恶劣,结构和材料缺陷,制造不良等造成的故障。例如,上述各类故障。

除此之外,还可按船舶机械在使用过程中故障发生的时间分为早期故障、使用期故障(随机故障)和晚期故障(老化期故障)。

(三) 故障先兆

除突发故障外,任何一种故障在发生前均会有不同形式的信息显示,即故障先兆,它是故障初期的表现形式。在机舱的管理工作中,轮机员注意观察并及时采取措施可以防止故障的发生。故障先兆主要有下列表现:

1. 船机性能方面

(1) 功能异常。表现为起动困难,功率不足,转速不稳,自动停车,剧烈振动等。

(2) 温度异常。表现为油、水温度过高或过低,排烟温度过高,轴承发热等。

(3) 压力异常。表现为燃油、滑油、冷却水压力失常,扫气压力、压缩压力和爆发压力不正常等。

(4) 示功图异常。柴油机作功不正常,测试出的示功图图形异常,计算出的气缸功率不符合要求。

2. 船机外观显示方面

(1) 外观反常。船机运转中油、水、气等有跑、冒、滴、漏等现象。排烟异常,如冒黑烟、蓝烟或白烟等。

(2) 消耗反常。运转中燃油、滑油和冷却水的消耗量过多,或不但不消耗反而增加。例如,曲柄箱油位增高。

(3) 气味反常。在机舱内嗅到橡胶、绝缘材料的“烧焦味”,变质滑油的刺激性气味等。

(4) 声音异常。在机舱听到异常的敲击声。如柴油机的敲缸声、拉缸声,增压器喘振声。此外还有螺旋桨鸣音及各种工作不正常的声音等。

以上各种故障先兆是提供给轮机人员的故障信息,帮助轮机人员及早发现事故苗子,以便防患于未然。

(四) 故障模式

故障模式是指妨碍产品完成规定任务的某种可能方式,即产品的故障或失效的表现形式。例如,船舶机械的故障模式有磨损、腐蚀、疲劳破坏等;电器的故障模式有短路、漏电、电路不通等。

常见的故障模式可按以下几个方面进行归纳:



- (1)属于机械零部件材料性能方面的故障,包括疲劳、断裂、裂纹、蠕变、过度变形、材质劣化等。
 - (2)属于化学、物理状况异常方面的故障,包括腐蚀、油质劣化、绝缘绝热劣化、导电导热劣化、熔融、蒸发等。
 - (3)属于机械设备运动状态方面的故障,包括振动、渗漏、堵塞、异常噪声等。
 - (4)多种原因的综合表现,如磨损等。
- 此外,还有配合件的间隙增大或过盈丧失、固定和紧固装置松动与失效等。故障模式列举见表 1-2 所示。

表 1-2 故障模式列举

序号	名称		故障模式
1	轴承		弯曲、咬合、堵塞、开裂、压痕、卡住、润滑作用下降、凹痕、刻痕、擦伤、黏附、振动、磨损等
2	齿轮		咬合、破碎、移位、卡住、噪声、折断、磨损等
3	密封装置		破碎、开裂、老化、变形、损坏、漏泄、破裂、磨损等
4	液压系统	液压缸	爬行、外泄漏、内泄漏、声响与噪声、冲击、推力不足、运转不稳、速度下降等
		油泵	无压力、压力流量均提不高、噪声大、发热严重、旋转不灵活、振动、冲击等
		电磁换向阀	滑阀不能移动、电磁铁线圈烧坏、电磁铁线圈漏电、不换向等
5	机械系统		(1)系统不能起动或在运行中停止运转 (2)系统失速或空转 (3)系统失去负载能力或负载乏力 (4)系统控制失灵 (5)系统泄漏严重 (6)系统振动剧烈、噪声异常 (7)某些零部件断裂、烧损、过量变形 (8)其他

在分析产品故障时,一般是从产品故障的现象入手,通过故障现象(故障模式)找出原因和故障机理。对机械产品而言,故障模式的识别是进行故障分析的基础之一。

故障模式一般按发生故障时的现象来描述。由于受现场条件的限制,观察到或测量到的故障现象可能是系统的,如发动机不能起动;也可能是某一部件,如传动箱有异常声响;也可能就是某一具体的零件,如履带断裂、油管破裂等。因此,针对产品结构的不同层次,其故障模式有互为因果的关系。如“发动机损坏”这一故障模式是它上一层次故障模式“汽车不能开动”的原因,又是它下一层次故障模式“连杆疲劳断裂”的结果,表 1-3 反映出故障模式的层次。

表 1-3 故障模式的层次表

故障现象(故障模式)	故障产生的原因和机理
汽车不能开动	发动机损坏
发动机损坏	曲轴断裂
曲轴断裂	疲劳
曲轴断裂	硬度不合格、热处理温度偏低、测温仪表故障、管理等

由于故障分析的目的是采取措施、纠正故障,因此在进行故障分析时,需要在调查、了解产品发生故障现场所记录的可分系统故障模式的基础上,通过分析、试验逐步追查到组件、部件



或零件(如曲轴)的故障模式,并找出故障产生的机理。

故障模式不仅是故障原因分析的依据,也是产品研制过程中进行可靠性设计的基础。如在设计中,要对组成系统的各部、组件潜在的各种故障模式对系统功能的影响及产生后果的严重程度进行故障模式、影响及危害性分析,以确定各故障模式的严重度等级和危害度,提出可能采取的预防改进措施。因此将故障的现象用规范的词句进行描述是故障分析工作中不可缺少的基础工作。

为了便于分析和统计故障模式,一般将故障模式进行分类,对船机设备而言,将船机设备常见故障模式分成6类:

- (1) 损坏型故障模式。如断裂、碎裂、开裂、点蚀、烧蚀、击穿、变形、拉伤、龟裂、压痕等。
- (2) 退化型故障模式。如老化、变质、剥落、异常磨损等。
- (3) 松脱型故障模式。如松动、脱落等。
- (4) 失调型故障模式。如压力过高或过低、行程失调、间隙过大或过小、干涉等。
- (5) 堵塞与渗漏型故障模式。如堵塞、气阻、漏水、漏气、渗油等。
- (6) 性能衰退或功能失效型故障模式。如功能失效、性能衰退、异响、过热等。

产品的故障模式可能是单一的,也可能是综合的。并且产品的故障模式也并非固定不变,它随工作环境、使用条件、运转时间以及产品的内在因素等的变化而异,还与产品的设计、材料、制造等因素密切相关。

在实际生产中,通过对产品故障模式的调查、统计和计算分析,便可评价和鉴定产品的可靠性。在维修管理工作中,可依产品(如船机设备)的各种故障模式发生时间来确定早期故障期和故障率的变化规律,从而可以采取预防措施,减少或防止故障的发生。关于船机故障模式(磨损、腐蚀和疲劳破坏)的机理将在以下各章分别介绍。

(五) 故障规律

船舶机械及其零部件自投入使用到损坏不能运转的全部使用过程中,不同时期的故障几率不同。实践和实验表明,故障率与时间呈“浴盆曲线”关系,称故障率规律曲线,如图1-1所示。

图中横坐标表示时间 t ,纵坐标表示故障率 $\lambda(t)$ 。故障率 $\lambda(t)$ 是反映系统、设备、机械或零部件在给定工作时间内由完好状态转向故障状态的概率。故障率规律曲线按故障发生的时间分为三个阶段。

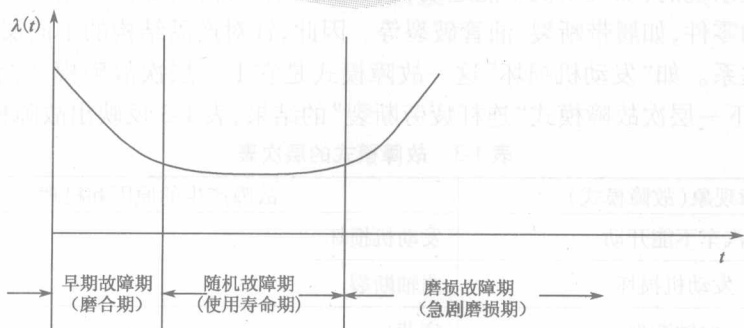


图1-1 故障率规律曲线(浴盆曲线)

1. 早期故障期

又称磨合期,是船机投入使用的初期。特点是故障率较高,但随使用时间的延长而迅速下



降。主要是由于设计、制造的缺陷及操作不熟练、不准确和使用条件不适等造成的。通过调试、磨合、修理和更换有缺陷的零件等使故障率很快降低,运转趋向稳定。

2. 随机故障期

或称偶然故障期,是指早期故障期之后磨损故障期之前的一段时间。特点是:

(1) 运转稳定,故障率低,近于恒定,与使用时间关系不大。

(2) 出现的故障为偶然因素引起的随机故障,主要是设计、制造中的潜在缺陷、操作差错、维护不良和环境因素等引起的故障。不能通过调试消除,也不能用定期更换零部件来预防,所以随机故障是难以预料的。

(3) 随机故障期较长,是船舶机械的主要使用期,也是进行可靠性评估的时期。

3. 磨损故障期

或称晚期故障期,在船舶机械寿命的后期出现。特点是故障率随时间的延长而迅速升高,是由于磨损、腐蚀、疲劳和老化造成的。如果在磨损故障期开始前进行修理或更换备件,则可延长随机故障期,推迟磨损故障期。

统计分析表明,并非所有的机械、设备等产品的故障率规律都是呈浴盆曲线关系,有些产品呈如图 1-2 所示的 6 种故障率曲线。

曲线 A、B 有明显的磨损故障期,通常显示机械设备发生磨损、疲劳和材料老化等故障,可采用定时维修方式延长使用寿命期。往复式发动机的气缸、轴承,船体和飞机机体等大量单体部件具有此种故障规律。

曲线 C 无明显的磨损故障期,故障率随时间延长缓慢增加。航空涡轮发动机等机械设备具有此种故障率规律,可依设备的技术状态确定检修时间。

曲线 D、E、F 显示产品在整个寿命期中故障率为常数,无需进行定时维修。复杂的电子设备等具有这类故障率规律。

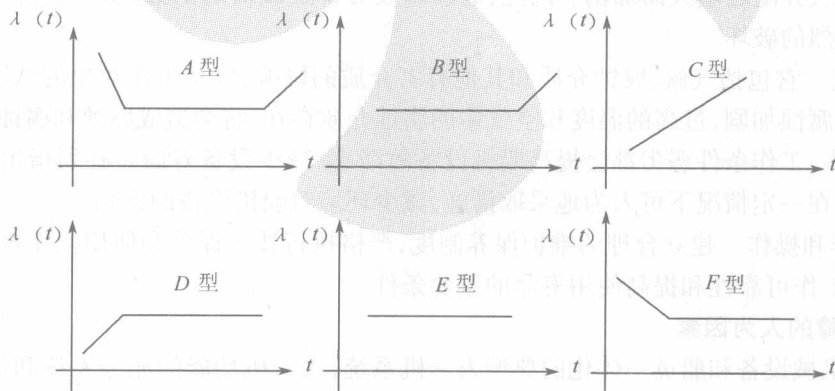


图 1-2 各种故障率规律曲线

(六) 故障的影响因素

船舶设备在设计、使用及维修中,影响零部件参数值变化速率的因素有以下几个方面:

1. 设计

设计中,应对船机设备未来的工作条件有正确估计,对可能出现的变异有充分考虑。设计方案不完善、设计图样和技术文件的审查不严是产生故障的重要原因。



2. 选材

在设计、制造和维修中,都要根据零件工作的性质和特点正确选用材料。材料选用不当或材料不符合规定,或选用了不适当的代用品是产生磨损、腐蚀、疲劳和老化等现象的主要原因。此外,在制造和维修过程中,很多材料要经过锻造、铸造、焊接和热处理等加工工艺,在工艺过程中材料的金相组织、力学物理性能等均发生变化,其中加热和冷却的影响尤为明显。

3. 制造质量

制造工艺的每道工序都存在误差,其工艺条件和材质的离散性必然使零件在铸造、锻造、焊接、热处理和切削加工过程中积累了应力集中、局部和微观的金相组织缺陷、微观裂纹等,这些缺陷是造成机械寿命不长的重要原因。

4. 装配质量

船舶机械零部件间有适当的配合要求,配合间隙的极限值,包括装配后经过磨合的初始间隙过大或过小,都可造成有效寿命缩短。装配中各零部件之间的相互位置精度也很重要,若达不到要求,会引起附加应力、偏磨等后果,加速失效。

5. 合理维修

根据工艺合理、经济合算、生产可行的原则,合理进行维修,保证维修质量。这里最重要、最关键的是要合理选择和运用修理工艺,注意修复前的准备,修复过程中按规程进行操作,修复后正确处理。

6. 正确使用

在正常使用条件下,机械设备有其自身的故障规律,若使用条件变化,故障规律也随之变化。

(1) 载荷。船机设备发生耗损性故障的主要原因是零件的磨损与疲劳破坏。在规定条件下,零件的磨损在单位时间内是与载荷的大小成直线关系;而零件的疲劳破坏只是在一定的高速载荷下发生,并随之增大而加剧。因此,磨损和疲劳都是载荷的函数,当超负荷和超速工作时,会引起剧烈的破坏。

(2) 环境。它包括气候、腐蚀介质和其他有害介质的影响,以及工作对象的状况等。温度升高,磨损和腐蚀加剧,过高的温度和空气中的腐蚀介质存在,将会造成腐蚀和腐蚀磨损;空气中含有尘量过多,工作条件恶劣都会提高船机设备故障率,减少设备寿命。必须指出,环境是一个客观因素,在一定情况下可人为地采取措施,减少环境对船机设备的影响。

(3) 保养和操作。建立合理的维护保养制度,严格执行技术保养和使用操作规程,是保证船机设备的工作可靠性和提高使用寿命的重要条件。

(七) 故障的人为因素

船舶是机械设备和船员一体化的典型人-机系统,人-机功能的充分发挥和彼此良好的配合将会使船舶安全可靠地航行,船舶营运获得更大的经济效益和延长船舶的使用寿命。因此,船舶的综合可靠度取决于船体、船机固有的可靠度和船员的工作可靠度。目前船舶动力装置的可靠度大大提高,出现了自动化无人机舱等现代化的船舶,但船机故障仍是不断,每年因海损和机损事故造成的损失重大。

统计资料表明,船舶海损、机损等事故的原因,约 80% 是人为因素造成的。船员素质低,不具备适任资格或操作错误等致使船舶机械和设备维护、保养不良而发生故障。20 世纪 80 年代以来频繁发生的海难事故及其严重损失引起国际上的空前关注,国际海事组织(IMO)把海上事故中人为因素的作用列为重要的审议问题,制订出《国际安全管理规则》(ISM Code)、



修订了 STCW 公约(《海员培训、发证和值班标准国际公约》),以公约的形式强制实施,以减少和防止海上事故的发生。因此,船员加强学习,提高专业知识和技术水平,取得适任资格是做好轮机管理工作的基本条件。

二、维修科学的概念

维修是对船舶机械和设备维护与修理的统称。维护或称技术保养,是为了保持船舶机械和设备的技术性能正常发挥所采取的技术措施;船舶修理或称修船,是当船舶机械和设备的性能下降、状态不良或发生故障而失效时,为了保持或恢复其原有的技术性能所采取的技术措施。所以,船舶维修是船舶正常航行重要的技术保障工作。

长期以来,维修从属于制造,是一个落后的行业。维修停留在机械设备的使用阶段,对使用中发生的损坏进行修修补补,采取使用——维修——再使用——再维修,直至淘汰的对策。船上的维修也只是对船舶机械设备的日常维护、定期检修和排除故障的自修,进厂修理那些危及安全航行的机械设备或船舶检验机构要求的项目。

随着科学技术的发展,船舶机械设备日趋先进、复杂,船舶电气化、自动化程度日益提高,对维修技术和维修质量要求也相应提高。落后的维修思想和修修补补的维修方式已不适应现代船舶的维修要求。新的、科学的现代维修理论以其先进的维修思想和维修方式来满足现代的船舶维修。

(一) 维修科学

维修科学是以现代科学技术为基础,由多门学科综合而成的维修理论,适用于各行业机械设备维修的通用科学。现代维修是对机械设备或零部件进行全寿命维修。机械设备和零件的全寿命包括:论证、设计、制造、使用和淘汰五个阶段。前三个阶段为研制过程,后两个阶段为使用过程。维修贯穿于全寿命的各个阶段。所以,全寿命维修是由维修论证、可靠性与维修性设计、维修性检验、维护与修理、淘汰处理等部分组成的。维修科学始于 20 世纪 40 年代,经历了萌芽、创建、发展和成熟阶段,到 70 年代才形成完整的学科体系。

船舶机械的故障与维修是船舶维修中对立与统一的矛盾,是船舶维修理论与实践发展的基础,并且决定着船舶维修事业发展进程。对于故障与维修的研究形成了维修科学,即与故障作斗争的科学。

维修科学是以可靠性理论与维修性理论作为重要的理论基础。可靠性理论是研究故障规律的理论;维修性理论是研究如何易于发现和排除故障的理论。这两种理论分别从不同的侧面研究故障。

系统工程理论在维修工作中的应用丰富了维修科学的理论。系统的观点、系统的分析方法和系统工程技术为研究维修提供了科学的手段,尤其是数学方法使许多维修问题得以量化,从而使维修科学更加完善。

维修科学是一门独立的综合性的通用科学。独立性表现在它具有独特的研究对象和独特的理论基础;综合性表现在它吸收了相关的科学知识和技术并应用到维修工作中;通用性则在于它的基本理论能为各个行业的各类设备服务,并结合其专业知识与维修特征开展维修工作。维修科学应用于船舶维修,并结合船舶机械和设备的专业知识和维修特征而形成了船舶维修科学。

(二) 维修思想

维修思想是指导维修实践的理论,又称维修理论、维修原理、维修观念、维修哲学等。维修



思想是人们对维修的客观规律的正确反映,是对维修工作总体认识,其正确与否直接影响维修工作的全局。维修思想的确立取决于当时的生产水平、维修对象、维修人员的素质、维修手段和条件等客观基础。

1. “事后维修为主”的维修思想

事后维修属于非计划维修,它以机械设备出现功能性故障为基础,有了故障才去修理,往往处于被动地位,准备工作不可能充分,难以取得完善的维修效果。在产业革命初期维修都以此为指导思想。

2. “以预防为主”的维修思想

这是一种以定期全面检修为主的维修思想。它以机件的磨损规律为基础,以磨损曲线中的第三阶段起点作为维修的时间界限,其实质是根据量变到质变的发展规律,把故障消灭在萌芽状态,防患于未然。通过对故障的预防,把维修工作做在故障发生之前,使机械设备经常处于良好的技术状态。定期维修方式成为预防维修的基本方式;拆卸分解成为预防维修的主要方法。

预防性维修思想对很多故障的认识无能为力,使维修工作存在着很大的盲目性,日益显得保守。随着科学技术的不断深入发展,需要更合理、更科学、更经济、更符合客观实际的新的维修思想。

3. “以可靠性为中心”的维修思想

它是建立在“以预防为主”的实践基础上,但又改变了传统的维修思想观念。

(1) 产生的主要原因

①很多故障不可能通过缩短维修周期或扩大维修范围解决;相反,会因频繁的拆装而出现更多的故障,增加维修工作量和费用。不合理的维修,甚至维修“一刀切”,反而会使可靠性下降。并不是维修工作做得越多越好,应当不做那些不必要的维修工作。

②可靠性取决于两个因素,一是设计制造水平;二是使用维修水平以及工作环境。前者是内在的、固有的因素,起决定性作用,称固有可靠性;后者通过前一因素起作用,称使用可靠性。有效地进行维修只能保持和恢复固有可靠性,而不可能通过维修把固有可靠性差的转变为好的。

③复杂的机械设备只有少数机件有磨损故障期,一般机件只有早期故障期和随机故障期,可靠性与时间无关。

④定期维修方式采取分解检查,它不能在机械设备运行时来鉴定其内部零件可靠性下降的程度,不能客观地确定何时会出现故障。

⑤复杂机械设备的故障大多数是随机的,因而是不可避免的。预防维修对随机故障是无效的,只有对磨损性故障才是有效的。

(2) 基本要点

“以可靠性为中心”的维修思想的形成是以视情维修方式的扩大使用,以逻辑分析决断方法的诞生为标志,以最低的费用实现机械设备固有可靠性水平。

①提高可靠性必须从机械设备研制开始。维修的责任是控制影响机械设备可靠性下降的各种因素,保持和恢复其固有可靠性。

②频繁的维修或维修不当会导致可靠性下降,要科学分析、有针对性地预防故障。

③根据实践中取得的大量数据进行可靠性的定量分析,并按故障后果等确定不同的维修方式,分析和了解使用、维修、管理水平,发现问题,有针对性地采取各项技术和管理措施。