

交通职业教育教学指导委员会推荐教材

轮机维护与修理

主编 胡强生

主审 沈苏海

LUNJI WEIHU YU XIULI



大连海事大学出版社

交通职业教育教学指导委员会推荐教材

轮机维护与修理

主编 胡强生

主审 沈苏海

大连海事大学出版社

©胡强生 2007

图书在版编目(CIP)数据

轮机维护与修理 / 胡强生主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2007. 8
(交通职业教育教学指导委员会推荐教材)

ISBN 978-7-5632-2088-5

I. 轮… II. 胡… III. 船舶—轮机—维修—教材 IV. U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 134651 号

大连海事大学出版社出版

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

<http://www.dmupress.com> E-mail:cbs@dmupress.com

大连金华光彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:15

字数:370千 印数:1~3000册

责任编辑:黎为 版式设计:书严

封面设计:王艳 责任校对:严谨

ISBN 978-7-5632-2088-5 定价:25.00元

内容简介

本书着重介绍了轮机维护和修理方面的基本理论与实际工艺。全书共八章,主要内容有:现代船舶维修;船机零件的磨损、腐蚀与疲劳;船机零件缺陷的检验与故障诊断;船机零件的修理工艺;柴油机主要零部件的检修;船舶动力装置主要部件的检修等。教材内容符合国家海事局 2006 年颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》对本科目的要求。

本书不仅适用于航海类高等职业技术学院学生的教学用书,也可作为海船船员“轮机维护与修理”科目的培训教材,同时可供修船厂和航运部门工程技术人员参考。

前 言

高职高专航海类专业“十一五”规划教材(下称“系列教材”)是交通部科教司为了使高职航海类专业人才培养进一步符合《STCW78/95 公约》和我国海事局颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》要求而组织编写的。首批系列教材共 22 种(航海技术专业 11 种,轮机工程专业 11 种)。编审人员是由交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会在全国航海高职院校范围内组织遴选并聘请的专业教师。参加编审的人员普遍具有较丰富的航海高职教学经验与生产实践经历,其中主编和主审均具有副教授以上专业技术职务。

本系列教材依据 2006 年 3 月新版《高职高专院校海洋船舶驾驶(航海技术)专业教学指导方案》和《高职高专院校轮机工程技术教学指导方案》中相应课程大纲编写,适用于三年制高职高专航海技术和轮机工程专业学生使用,也可作为上述专业中等职业教育和船员培训教材或教学参考书。

本系列教材具有如下特点:

1. 较好地体现了《STCW78/95 公约》和《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》,强调知识更新、突出技能,有利于培养适应现代化船舶的航海技术应用性人才。

2. 紧密结合航海类专业人才培养目标和岗位任职条件,及时充实了新颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》(海船员[2005]412 号)内容,有利于增强高职航海类专业毕业生岗位就业能力。

3. 按照《高职高专院校海洋船舶驾驶(航海技术)专业教学指导方案》、《高职高专院校轮机工程技术教学指导方案》设计,使教材理论教学体系与实践教学体系在知识内容与职业技能之间做到相互交融。

4. 把培养合格海员所需的品格素质、知识素质、能力素质和身心素质贯彻教材当中,强化了高职航海类专业学生素质教育力度。

在本系列教材编写、统稿和审校过程中业经多方把关,力求做得更好。时逢教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材遴选,本系列教材中《船舶操纵》等 12 种教材入选其中。衷心感谢为本系列教材付梓而辛劳的海事局、行业协会、港航企业、航海院校各位专家的帮助和支持。

热切期待教材使用者对本系列教材存在的问题给予指正,欢迎大家积极建言献策,以利交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会适时组织人员对本系列教材内容进行修改、调整和充实。

交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会

2006 年 12 月

编者的话

“轮机维护与修理”是轮机人员从事轮机管理工作必备的专业知识,是轮机员做好日常检修工作的基础,也是在船厂进行船舶监修和监造的不可缺少的技术基础。为了适应国家海事局 2006 年新颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》,同时把最新的维修基础理论知识和现代船舶维修科学及时充实到教材中,使教材能反映轮机维护管理与修理技术发展的最新动态,对原有的教材进行重新编写。本书是按照交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会制订的“轮机维护与修理教学大纲”而编写的,同时兼顾了国家海事局新的考试大纲要求。因此本书不仅适用于高等职业技术学院学生的教学用书,也可作为海船船员“轮机维护与修理”科目的培训教材。

全书共八章,由浙江交通职业技术学院胡强生、姚建树、薛召和浙江国际海运职业技术学院倪科鸿编写。其中胡强生编写第一章的第四节、第六~八章,姚建树编写第一章的第一~三节,倪科鸿编写第二、五章,薛召编写第三、四章。全书由胡强生统编定稿,由南通航运职业技术学院沈苏海主审。本书编写工作中得到浙江交通职业技术学院有关领导和同事的大力支持和帮助,在此深表感谢。

由于编者水平有限,书中难免出现疏漏及不足之处,敬请读者批评指正。

编者
2007 年 5 月

目 录

第一章 现代船舶维修	(1)
第一节 故障概述	(1)
第二节 以可靠性为中心的预防维修	(6)
第三节 船舶维修工作	(12)
第四节 船舶维修保养体系和计划保养体系	(18)
第二章 船机零件的摩擦与磨损	(23)
第一节 摩擦	(23)
第二节 磨损	(29)
第三节 活塞环与气缸套的摩擦磨损	(35)
第四节 曲轴与轴承的摩擦磨损	(38)
第三章 船机零件的腐蚀及其防护	(40)
第一节 腐蚀的概述	(40)
第二节 化学腐蚀及其防护	(42)
第三节 电化学腐蚀及其防护	(44)
第四节 船机零件的穴蚀	(49)
第四章 船机零件的疲劳破坏	(53)
第一节 疲劳破坏	(53)
第二节 气缸盖的疲劳破坏	(60)
第三节 曲轴的疲劳破坏	(61)
第五章 船机零件的缺陷检验与故障诊断	(65)
第一节 缺陷检验方法	(65)
第二节 故障诊断技术	(76)
第六章 船机零件的修理工艺	(85)
第一节 船机拆验	(86)
第二节 钳工修配	(93)
第三节 船机零件的清洗	(98)
第四节 机械加工修复	(101)
第五节 焊补工艺	(102)
第六节 黏结修复	(107)
第七节 研磨技术	(111)
第八节 电镀工艺	(115)
第九节 金属扣合工艺	(122)
第十节 热喷涂工艺	(127)

第七章 柴油机主要零部件的检修	(132)
第一节 气缸盖的检修	(132)
第二节 气缸套的检修	(137)
第三节 活塞的检修	(142)
第四节 活塞环的检修	(146)
第五节 活塞销、十字头销检修	(152)
第六节 活塞杆与活塞杆填料箱的检修	(154)
第七节 曲轴的检修	(156)
第八节 轴承的检修	(171)
第九节 精密偶件的检修	(178)
第十节 气阀的检修	(183)
第十一节 重要螺栓的检修	(184)
第八章 船舶动力装置主要部件的检修	(188)
第一节 柴油机活塞运动部件的平台检验	(188)
第二节 柴油机吊缸检修	(191)
第三节 增压器的检修	(199)
第四节 轴系的检修	(208)
第五节 螺旋桨的检修	(221)
第六节 舵系的检修	(226)
参考文献	(230)

第一章 现代船舶维修

船舶机械、设备在长期的运转使用过程中,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。为确保船舶正常运行,就需要对船舶实施维修。

第一节 故障概述

故障(Fault)是指船舶系统、设备、机械或其零部件原有功能的丧失。它是一个广义的丧失功能或功能障碍的状态。

一、故障的分类(Classification of Fault)

船机故障复杂多样,研究时可从不同角度将其分类:

1. 按故障的影响分类

1) 局部故障

因局部故障导致船机设备的功能部分丧失,但船舶不需要停航仍可以继续航行,故障可在航行中进行处理。例如主机喷油设备、阀壳式气阀的严重损坏等。

2) 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、断环等故障,可通过短时间停机检修或实施封缸措施,修后可继续航行。这类故障停航时间规定一般是:货船不超过6 h,客船不超过2 h。

3) 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、尾轴或中间轴折断、螺旋桨损坏和船舶搁浅、船体破损等,船舶需长时间停航检修。

2. 按故障发生和演变过程的特点分类

1) 渐进性故障(Gradual failure)

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。这类故障发展较缓慢,可以通过连续的状态监测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(Sudden failure)

因外界随机因素或材料内部的潜在缺陷引起的故障,事先无法预知,没有明显的征兆,往往会导致整机功能丧失,甚至危及人身、设备安全。例如,主机突然自动停车、螺旋桨桨叶折断等。

3)波及性故障

或称二次故障,是由于船机的某种故障引发的故障,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。

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。

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,制造和安装不良等造成的故障。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)。

二、故障征兆(Failure Symptom)

除突发故障外,任何一种故障在发生前都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

柴油机做功不正常,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,以防患于未然。

三、故障模式 (Failure Mode)

故障模式是故障的表现形式,或故障结果的显现形态。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。

产品的故障模式可能是单一的,也可能是综合的。此外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,并与产品的设计、材料、制造等因素有关。

在实际生产中,通过对产品的故障模式的调查、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,可根据产品的各种故障模式发生的时间来确定早期故障和故障率的变化规律,从而可以采取相应的预防措施,减少或防止故障的发生。

四、故障规律 (Fault Rules)

产品可能由各种原因而导致故障,故障的出现往往是随机的。不过随机故障的出现又总是服从一定的规律。大量产品的故障率随时间的变化规律,如图 1-1 所示。

此曲线称故障率曲线。图中纵坐标为故障率 $\lambda(t)$,横坐标为时间 t ,它是以产品制造完成的时间作为坐标的零点。由于此曲线的形状像个浴盆,也称为浴盆曲线。

由图可见,根据 $\lambda(t)$ 随时间变化的特点,可将产品从投入运行至耗损老化而报废的整个寿命期分为早期故障期(又称磨合期)、偶然故障期(又称使用寿命期)和耗损故障期(又称晚期故障期)。因此把故障分为早期故障、偶然故障和耗损故障。

早期故障是在使用开始后的早期内,因设计、制造上的缺陷或者由于使用中磨合不合适而产生的故障。偶然故障是在通过早期故障期后,到达耗损故障期前的时间内偶然发生的故障,而耗损故障是由于疲劳、磨损和老化现象等原因,使故障率明显增高的时期内发生的故障。

在早期故障期内故障率比较高,但它随时间的推移而减少。在偶然故障期内,故障率高低基本上不变化,故障率比较稳定。故障是否发生也无法预测。故障产生的原因多是由于工作

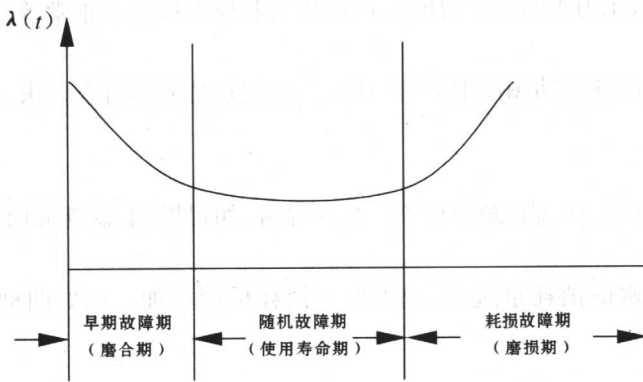


图 1-1 故障率浴盆曲线

环境和 使用管理中的偶然因素造成的。此时期继续一定时间后,故障率则开始急剧增加,于是进入耗损故障期。

很多产品故障率曲线的形状是类似的,但不同产品的故障率数值和各时期的长短却有一定差异,它取决于设计、制造的质量和维修制度。早期故障期可通过制造时的质量控制和使用初期的良好磨合而缩短,但每艘船舶的磨合时期长短不一,一般约为半年左右,在制造技术和维护管理技术落后于船舶设备的技术发展时,甚至能延长 1~2 年。偶然故障期是产品的最佳状态期,可通过合理的维修,更换易发生故障的零部件而延长,从而使产品的有效寿命(也称使用寿命)增加。磨损故障期是产品使用到晚期时,随时间延长,故障率急剧增大。必须进行“适时维修”。

统计分析表明,并非所有的机械、设备等产品的故障规律都是呈浴盆曲线关系,有些产品呈,如图 1-2 所示的五种故障率曲线。

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。

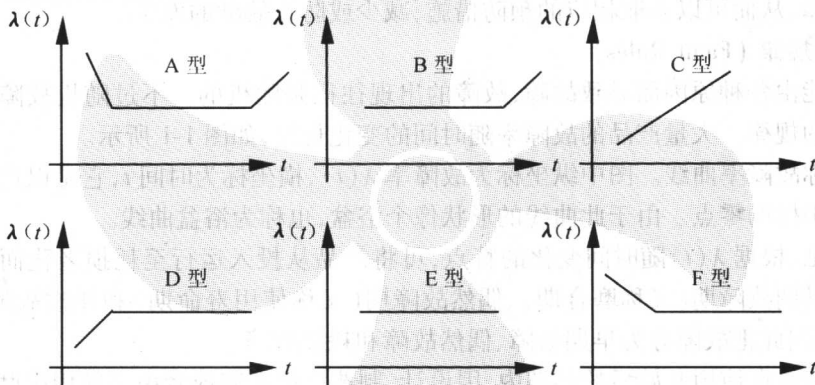


图 1-2 各种故障率曲线

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。

五、故障的人为因素

船舶是典型的人机系统,船舶的综合可靠度取决于两方面:船舶机械本身的固有可靠度和人的工作可靠度。

1. 船机的故障情况

在世界四大柴油机制造公司统计资料中,动力装置中各种机械发生故障的比例,如表 1-1 所示。表 1-2 给出了主机发生故障的各种原因的比例。这些数据表明,在柴油机船上,主机故障占总故障数 7 521 次的 38%,即 2 858 次。主机是动力装置中最重要的,但也是可靠最薄弱的环节。在主机发出故障的原因中,材料质量不良和机件污染约占全部原因的一半,前者是制造阶段的原因,后者是使用阶段的原因。

表 1-1 各种机械发生故障的比例

机械种类	主机	柴油发电机	机舱辅机	甲板辅机	各管路阀	电动机	其他	说明
人×小时(%)	36.6	19.3	17.9	12.3	5.1	2.5	6.3	故障总次数为 7521
故障次数(%)	38	15.7	10.9	13.7	8.1	3.9	9.7	

表 1-2 按主机故障原因分类的发生故障的比例(%)

设计问题	材料问题	安装问题	操作问题	自然磨损	腐蚀	污损	振动	管理问题
1.9	24.3	7.4	9.5	10.5	10.4	24.7	10.0	1.3

表 1-3 给出了柴油机部件发生故障的统计数据,而日本对船舶主机故障统计表明,气缸活塞组件为 47.8%,曲轴组件为 42.5%,增压器为 4.7%,凸轮轴为 3.1%。由这些统计资料可以看出:在低速柴油机中发生故障最多的部件是活塞、气缸套和十字头轴承。在中速机(包括柴油发电机)中曲轴及其轴承的故障比较突出。这些部件应作为可靠性技术中的重点问题给予研究。

表 1-3 柴油机部件发生故障的比例(%)

资料来源 \ 故障部位	劳氏船级社		中国远洋运输总公司	
	低速	中速	主机	柴油发电机
气缸盖	14.6	4.9	13.7	13.15
气缸套	6.1	4.8	1.92	1.31
活塞	11.8	10.4	19.2	6.57
气缸体	4.3	1.9		
气阀	2.6	8.5	3.84	2.63
十字头轴承	18.7	0.2	7.69	
连杆大端轴承	8.1	11.1		11.84
曲轴、主轴承	3.8	13.4	11.52	34.2
燃油泵	1.1	2.3	7.69	3.94
泵传动装置	0	0.7		
传动齿轮	2.3	5.7	7.69	6.57
增压器	12.6	11.7	5.76	3.94
凸轮轴	1.8	4.4	1.92	
机座	0.2	7.4		

续表 1-3

资料来源 故障部位	劳氏船级社		中国远洋运输总公司	
	低速	中速	主机	柴油发电机
曲轴箱	0.1	0.9	5.76	
机架	2.1	0.9		1.31
调速器	0.2	2.1		3.94
基座	1.2	1.8		
扫气通道	1.0	0.2		
贯穿螺栓			3.84	
操纵系统			1.92	
连杆螺栓				6.57
其他	7.4	6.7	7.55	4.03

2. 故障原因分析

大量的海上事故分析表明,由于设计、选材、制造、装配等内部因素造成的故障,所占比重逐渐降低;而与轮机员的检查、管理、维修等人为因素有关的原因占 80% 以上。

因此,国际海事组织把海上事故中人为因素的作用列为重要审议的问题,制订出国际安全管理规则,并以公约的形式强制实施,以减少和防止海上事故的发生。

第二节 以可靠性为中心的预防维修

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。

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、可靠性与可维修性设计、可维修性检验、维护与修理、淘汰处理等部分组成的。

一、现代维修科学的基本理论

1. 维修科学概念

维修科学是研究与故障作斗争的科学,以可靠性理论与可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;可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维修。

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。

2. 维修科学的内容

维修科学是指导船舶进行现代维修的理论,是一门新兴科学,其理论与实践都在不断地发展而日臻充实与完善。维修科学的基础理论包括共同基础理论、技术基础理论和维修基础理论;维修科学的专业学科包括维修设计、维修技术与维修管理。

3. 两种维修思想

正确的维修思想是维修客观规律的反映,它又反过来指导维修实践。有了正确的维修思想指导,才能确立正确的维修方针、政策和进行维修立法,以及建立高效率的维修体制和维修保障体系。因此,维修思想的建立是维修管理首先要解决的问题。

1) 定期预防维修思想

从20世纪30年代开始人们已经注意到设备的安全使用,认识到设备一经使用就会有耗损,而耗损到一定程度就会发生故障和事故,危及安全生产。于是产生了预防维修的思想,提出了积极预防和预防为主方针,主张在设备耗损到导致故障之前对设备进行预防性维修。由于当时缺乏先进的检测手段,又单纯地认为设备耗损只是时间函数,就规定按期限进行拆卸检修,形成了“定期预防维修”。

定期预防维修的特点是:

- (1) 从满足船舶正常在航率的需要出发,有计划地、定期地对船舶及设备进行轮换修理;
- (2) 每次计划修理所完成的工程量应保证设备工作到下一个计划修理期;
- (3) 根据各类修理安排了统一的修理间隔期,在间隔期内又安排各种维护保养工作作为预防性维护措施。

2) 以可靠性为中心的维修思想

以可靠性为中心进行维修就是从设备的实际可靠状况出发,以可靠性和可维修性理论做指导,研究和解决维修中的各种问题。也就是说在进行维修决策和开展维修工作时必须以设备的实际可靠性状况作为出发点。

从可靠性的研究知道,损耗性故障是与时间因素有关的,而随机故障则与时间无关。因此,并不是所有设备的可靠性都和定期预防维修的时间限制发生直接关系。在可靠性的设计中采取了裕度技术、部分设备和结构损伤容限设计。在此情况下一个机件或一项设备故障已经不能影响使用安全。从实际维修看,早期故障、随机故障以及一些具有隐蔽特征的机件故障,凭借定期预防维修也不能完全排除,因此定期维修就不是最恰当的惟一维修方式。主张采用视情维修作为预防性维修方式。所以,以可靠性为中心的维修思想仍然是“预防为主”,不过将定期预防改为“有针对性”的预防。整个维修过程以设备的可靠性分析为基础,以维持设备固有可靠性为目标,按设备的实际可靠性指标来控制维修时机,通过逻辑分析决断法来控制维修内容,选择视情维修方式以控制设备的使用可靠性。

两种维修思想的主要区别决定了采取何种维修方式。

二、现代预防维修

预防维修(Preventive Maintenance)是指为了防止机械设备发生故障,在故障发生前有计划地进行一系列的维修工作,采用以下三种维修方式。

1. 定时维修方式(Time-based Maintenance)

定时维修是按照规定的时限(或期限)对机械、设备进行拆卸、检验和维修,以防止故障的发生。定时(或定期)维修的机械设备应具备以下条件:

(1) 故障率曲线有明显的耗损故障期,如图 1-2 中的 A、B 型故障率曲线,不适于发生偶然性故障的设备。

(2) 设备的无故障工作期要足够大,即可以正常使用的期限较长,否则就无维修的必要。

(3) 采用其他维修方式不适宜的设备。

定时维修对防止某些机械、设备或零部件的故障发生有着重要的作用,是现代预防维修中不可缺少的维修方式。但是定时维修的缺点也不容忽视,如:针对性和准确性不高,有时不仅无效,甚至有害,可靠性不很高和维修工作量大、费用高。由于所规定的检修时间不一定符合设备的实际情况,当机械设备运转良好、距磨损故障期的出现甚远时进行定期维修不仅无益反而有害,这是因为它破坏了设备的良好技术状态,检修后的设备精度可能低于检修前以致易于发生故障。从对设备状态监控的角度来看,定时维修对设备的监控是阶段性的和不连续的。

2. 视情维修方式(Condition - based Maintenance)

视情维修或称按状态维修,是指对机械、设备不确定维修期,而是通过不断地监控设备的运转状况和定量分析其状态资料,按照实际情况来确定维修时间,从而避免故障发生。采取视情维修的设备应具备以下条件:

(1) 设备的故障率曲线上应具有进展缓慢的耗损故障期,即从发现故障的征兆起到故障真正出现之间的时间足够长,以便在监测到故障信息后来得及采取修理和排除故障的措施。

(2) 具有准确而有效的监测方法和技术,可以测试到并判断出故障的存在。这就要求具有视情设计的设备,为进行视情维修提供必要条件。例如,设备上具备安装传感器的孔、口等。

(3) 视情维修是以现代化的监控手段和先进的故障诊断技术为基础,因此需具备先进的原位无损检测装置及电子计算机相连的终端显示装置等,还需具有能够反映设备技术状态的参数、参数标准或标准图谱等,以便准确诊断出设备的故障。

视情维修对设备不确定维修期,而是根据实际情况确定最佳维修时间,因此维修的针对性强。又由于是在设备功能性故障发生前采取措施,因而可有效地预防故障和充分地利用设备的工作寿命。此外,维修工作量和费用均少。所以视情维修是理想的预防维修方式。

3. 事后维修方式(Break - down Maintenance)

事后维修是在设备发生故障后才进行的维修。某些复杂设备虽有故障,但其许多零部件仍保持良好的基本功能以致无法预测故障的发生;某些复杂设备缺乏适用的检测手段、参数和临界参数;某些设备不具备实施检测的条件,所以只能在故障发生后再进行维修。

然而事后维修也绝非等待故障的发生,而是在设备故障发生前后均连续不断地进行状态监控,搜集和分析设备的使用、维修的资料,以便评定和改进设备的可靠性和安全性。事后维修是一种非预防性的维修方式,但仍进行经常性的检查和保养工作。

事后维修适用于故障不直接危害使用安全且仍保持基本功能的设备,或采用预防维修不经济的耗损性设备。

船舶机械和设备一般应选用视情维修方式或定时维修方式,当其发生不危及安全的故障,即偶然性故障时采用事后维修方式。对于一些经过精确计算有规定使用寿命的零部件或设备仍然采用定时维修,而大多数设备和零部件逐步采用视情维修与定时维修相结合的方式预防故障。一个复杂设备中的不同项目,可依具体情况分别选用不同维修方式;同一项目可采用一种或多种维修方式。

三、可靠性与可维修性的概念

1. 可靠性

1) 可靠性定义

可靠性是指“产品在规定条件下和规定时间内,完成规定功能的能力”。这是可靠性的定性定义。这里所提到的“产品”是指可靠性研究的对象,定义为“单独研究和分别试验的任何元件、器件和系统”。“规定条件”是外界环境条件、使用工况、使用方法和维护条件等,这些因素都直接影响产品的可靠性,在研究可靠性时应给予严格限定。“规定时间”是指产品工作期限,它的长短随着产品的不同和使用目的不同而异,它可用时间的累积值表示,也可用距离、次数表示。“规定功能”是指产品在工作参数处于规定范围内完成的给定工作。

机器的可靠性分固有可靠性和使用可靠性两种。

固有可靠性是由设计和生产决定的可靠性,是机器、零件的潜在性能,与外部使用因素无关,也就是由机器或零件所采用的结构、材料质量和加工工艺所决定的,维持其特性的能力。机器、零件的固有可靠性是不能通过使用和日常的维修来改变的,只有在机器大修过程中,对机器或零件的结构作某些改善,或对零件表面进行强化,实行改造性修理才能改变它们的固有可靠性。

使用可靠性与机器的使用条件有关。可靠性的定义是在规定条件下的可靠性,因此在与机器设计时的规定条件不同的情况下工作时,机器的可靠性自然将改变。因此可以这样理解,机器在超出为它设计规定的工作条件下工作时,它的固有可靠性将降低到使用可靠性,依使用条件而定。这里的“使用”术语是广义的,它包括使用中的维修。

机器的可靠性高低与其组成单元的连接方式有关。一个系统,如其中某一组成单元失效就会导致整个系统失效,也即必须所有组成单元工作均正常系统才能正常工作,此种系统称为串联系统;一个系统,只要有一个组成单元工作正常,系统就能正常工作,也即只有所有组成单元均失效时系统才失效,此种称为并联系统;一个系统是由串联系统和并联系统构成的系统称为混联系统,其子系统或为串并联系统,或为并串联系统。显然,并联系统的可靠性要高于串联系统。

船舶机械、设备和系统的可靠性是一个综合性能,反映了设计、材料、制造和安装工艺等的质量。其中在设计时所赋予的内在可靠性是固有可靠性,而在制造和使用过程由于材料、工艺、环境、操作和维修方式等因素的影响,则具有实际的可靠性,即使用可靠性。使用可靠性难以达到固有可靠性,所以应不断提高使用可靠性。

2) 研究可靠性的意义

研究可靠性不仅是减少故障和维修工作,延长设备的使用寿命,而且可以很好地解决对设备可靠性要求高与现代化复杂设备的可靠性下降之间的矛盾。任何机械、设备越先进,其结构越复杂,所需的组成零部件也越多,这就必然导致机械、设备的可靠性下降。为了确保机械、设备的可靠性,就要求提高组成零部件的可靠性。通过研究可靠性可以使人们很好地掌握故障机理和故障规律,全寿命地提高设备的可靠性和经济效益,解决好设备的可靠性与经济性之间的矛盾。可靠性研究对于船舶的意义尤其重要,因为海船营运的特点和海洋运输条件等决定船舶可靠性越高,越能保证船舶安全可靠地营运。

3) 可靠性指标

可靠性的定义只是一个定性的概念,在研究可靠性问题时,还需有定量的指标。对于设备