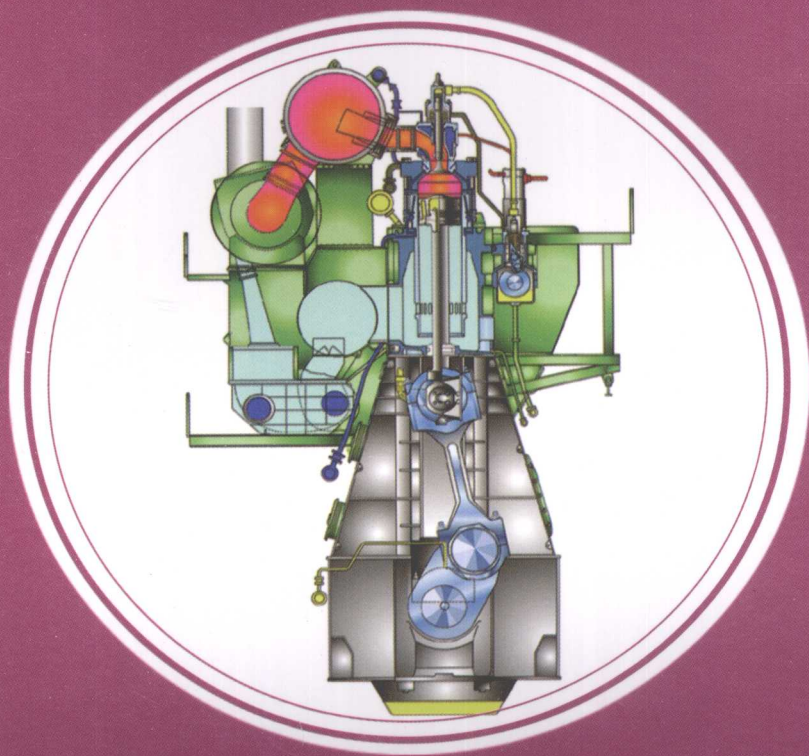


高等学校教材

轮机维护与修理

黄加亮 主编



大连海事大学出版社

高等学校教材

轮机维护与修理

黄加亮 主编

大连海事大学出版社

© 黄加亮 2010

图书在版编目(CIP)数据

轮机维护与修理 / 黄加亮主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2010.9
ISBN 978-7-5632-2476-0

I. ①轮… II. ①黄… III. ①轮机—维修 IV. ①U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 176007 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

大连滨城电脑印刷厂印装 大连海事大学出版社发行

2010年9月第1版 2010年9月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:20.25

字数:504千 印数:1~2000册

责任编辑:李雪芳 封面设计:王艳

ISBN 978-7-5632-2476-0 定价:39.00元

内容提要

“轮机维护与修理”是一门多科性的综合专业课程,具有很强的实践性,内容繁多,涉及面广。本书重点在于如何把知识点理论结合实船设备的特点,适当反映学科最新发展,使学生在今后的航行值班和维修工作中尽快适岗,以保证船舶机电设备安全、可靠、经济地运行。

本书系统地介绍了船舶动力装置的组成和基本概念,阐述了轮机管理各环节的技术成分,实现了现代科技与船舶安全管理的有机融合。全书共9章,内容包括:现代船舶维修;船机零件的摩擦与磨损;船机零件的腐蚀;船机零件的疲劳破坏;船机零件的缺陷检验和船机故障诊断技术;船机零件的修复工艺;船机维修过程;柴油机主要零件的检修;柴油机动力装置主要部件的检修。

本书是高等航海院校轮机工程专业本科生的专业教材,也可作为航海类轮机部高级船员适任证书考试统考的培训教材和船舶与海洋工程、海事机构以及船舶轮机员等有关专业人员的参考书。

前 言

轮机工程专业人才的培养目标是:培养适应 21 世纪航运国际化人才需求的、获工程师基本训练的、德智体全面发展的、符合国际和国家海船船员标准要求的、能胜任现代船舶机电管理的高级航海工程技术人才。目前,航运国际化进程的加快和世界修船业逐步向发展中国家转移,为我国海运业在国际海运领域发挥更大的作用提供了历史性机遇。随着经济全球化和科学技术不断发展,船舶维修体制、船舶维修理论和维修技术也将随着人们对船舶以及对整个社会的认识而不断趋于完善。现代维修从过去的注重使用阶段的维修转向船舶机械和设备的全寿命维修。因此“轮机维护与修理”课程是伴随着船舶维修技术的发展而不断发展起来的,是一门很有航海特色的轮机学科的主要课程,具有很强的实践性,内容繁多,涉及面广,是经 2010 年修正的 2012 年 1 月 1 日生效的 STCW 公约规则所划分的 7 项职能之一,也是轮机工程专业的考证科目。中国海事局有关轮机员“适任评估”的许多项目都包含于“轮机维护与修理”课程的教学内容中。

本书主要包含现代维修理论、船机零件的摩擦与磨损、船机零件的腐蚀、船机零件的疲劳破坏、船机零件的缺陷检验与船机故障诊断、船机零件的修复工艺、船机维修过程、柴油机主要零件的检修以及船舶柴油机动力装置主要部件的检修等内容。

本书特点是考虑到了将来有关船舶技术的发展,兼顾传统轮机维修和现代化船舶管理相结合原则,进一步拓展了专业知识层次,可以作为轮机工程专业本科生的教材,也可作为船舶管理人员、船厂修造人员等相关技术人员的参考资料。

第一、七、八章及第九章第三节由黄加亮编写,第二章由闫锦编写,第三、四章由戴乐阳编写,第五章及第九章第四节由范金宇编写,第六章由高占斌编写,第九章第一、二、五、六节由孙洲阳编写。全书由黄加亮主编并统稿。

在本书的编写过程中,参阅了许多相关的文献及资料,并得到了集美大学轮机工程学院领导和船舶主机教研室同事们的大力支持。本书的出版也得到大连海事大学出版社的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者的水平有限,书中的缺点和不妥之处在所难免,恳请各位读者不吝指正。

编 者
2010 年 8 月

目 录

第一章 现代船舶维修	1
第一节 维修科学	1
第二节 故障分布	20
第三节 船舶维修工作内容	24
复习思考题	35
第二章 船机零件的摩擦与磨损	36
第一节 摩擦	36
第二节 磨损	40
第三节 活塞环与气缸套的摩擦磨损	47
第四节 曲轴与轴承的摩擦磨损	53
复习思考题	54
第三章 船机零件的腐蚀	56
第一节 金属腐蚀	57
第二节 化学腐蚀	60
第三节 电化学腐蚀	62
第四节 穴蚀	69
复习思考题	74
第四章 船机零件的疲劳破坏	75
第一节 金属疲劳的概念	75
第二节 柴油机气缸盖的疲劳破坏	84
第三节 曲轴的疲劳破坏	88
复习思考题	92
第五章 船机零件的缺陷检验与船机故障诊断	93
第一节 船机零件缺陷的一般检验	93
第二节 船机零件的无损检验	95
第三节 船机故障诊断技术	105
复习思考题	115
第六章 船机零件的修复工艺	116
第一节 船机零件的修复原则	116
第二节 机械加工修复	119
第三节 电镀工艺	122
第四节 热喷涂工艺	127
第五节 焊补工艺	130

第六节 金属扣合工艺	134
第七节 粘接修复技术	140
第八节 研磨技术	144
第九节 表面强化工艺	149
复习思考题	153
第七章 船机维修过程	154
第一节 船机拆验	154
第二节 维修工作中的专用工具、量具和物料	159
第三节 清洗	165
第四节 船机装配	169
第五节 船舶坞修	171
第六节 交船试验	172
复习思考题	177
第八章 柴油机主要零件的检修	178
第一节 气缸盖的检修	178
第二节 气缸套的检修	182
第三节 活塞的检修	190
第四节 活塞环的检修	195
第五节 活塞销和十字头销的检修	202
第六节 活塞杆填料函的检修	204
第七节 曲轴的检修	206
第八节 轴承的检修	230
第九节 精密偶件的检修	237
第十节 气阀的检修	243
第十一节 重要螺栓的检修	244
复习思考题	248
第九章 柴油机动力装置主要部件的检修	249
第一节 柴油机活塞运动部件的平台检验	249
第二节 柴油机吊缸检修	252
第三节 废气涡轮增压器的检修	263
第四节 船舶轴系的检修	277
第五节 螺旋桨的检修	302
第六节 舵系的检修	309
复习思考题	314
附录1 轮机长检验报告(实例)	316
参考文献	317

第一章 现代船舶维修

船舶机械与设备无论设计和制造得多么完美,都会在长期的使用、保管或闲置过程中,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。

现代船舶维修工程是以船舶维修理论为基础的系统工程,是建立在故障理论、可靠性和可维修性理论基础上的综合性科学。在现代船舶维修理论中,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。通过对船机故障的研究,寻找船机故障机理,查明故障模式,探求减少发生故障的方法,提高机械设备的可靠程度和有效利用率。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管理人员的要求,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(Definition of Faults)

在船舶工程应用中,一般习惯用船舶机械与设备的状态来定义故障(Faults)。船舶机械与设备的基本状态通常被认为有三种:正常状态、异常状态和故障状态。所谓船机设备正常,是指其在执行规定动作时没有缺陷(Deficiency),或者虽有缺陷但也是在允许的限度范围之内。异常状态是介于正常与故障之间的状态。船机设备故障是指船舶系统、机械或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。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。在故障中,如某些零部件损坏、磨损超限、焊缝开裂、螺栓松动等均使工作能力丧失,属于不能完成规定功能的故障;柴油机起动困难、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、密封件损坏、灯泡损坏等均是不可修复的故障。

故障通常是指可以排除的障碍,即可以修复的失效。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,或机械设备上的某个零部件。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;但在多台(组)发电机的船舶,就不能认为某一

台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,用船舶的航次和里程,用齿轮承受载荷的循环次数等。

(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。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(Category of Faults)

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,有助于轮机员分析故障、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。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。

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	导致完全丧失功能的故障
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
规律性故障	故障的发生有一定规律

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有规定: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、尾轴或中间轴折断、螺旋桨损坏和船舶搁浅、船体破损等。

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(二次故障)。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。此外,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)故障发生前的征兆(Symptom of Faults)

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,以防患于未然。

(四)故障模式(Mode of Faults)

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,是一般能观察到的故障现象。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。船舶机械常见的故障模式如表 1-2 所示。

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。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。

表 1-2 船舶机械常见的故障模式

序号	名称	故障模式	
1	滚动轴承	剥落、裂纹、压痕、磨损、烧伤、锈蚀、污斑、蠕变、腐蚀等	
2	齿轮	疲劳断裂、点蚀剥落、熔融烧伤、磨损、塑性变形等	
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	活塞连杆机构	疲劳、损耗、冲击、变形、裂纹和折断等	
6	机架、机座	振动、松动、缺损、脱落等	

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。如在产品设计中,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。

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,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变化,还与产品的设计、材料、制造等因素密切相关。

在生产实践中,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。在船舶维修管理工作中,可依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(Rule of Faults)

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”(Bath-tub curve)关系,称故障率规律曲线,如图 1-1-1 所示。

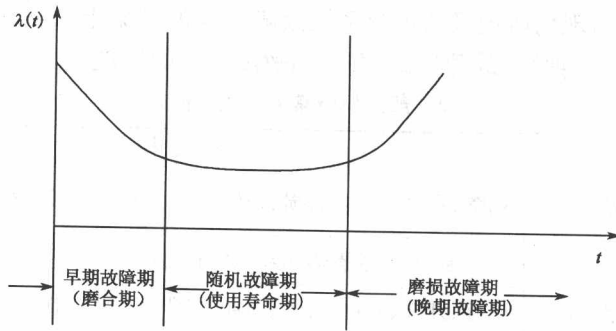


图 1-1-1 故障率规律曲线(浴盆曲线)

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。

1. 早期故障期(磨合期)

早期故障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(使用寿命期)

随机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(晚期故障期)

磨损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 1-1-2 所示的六种故障率曲线关系。

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。

(六)故障的影响因素

船机设备在设计、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。

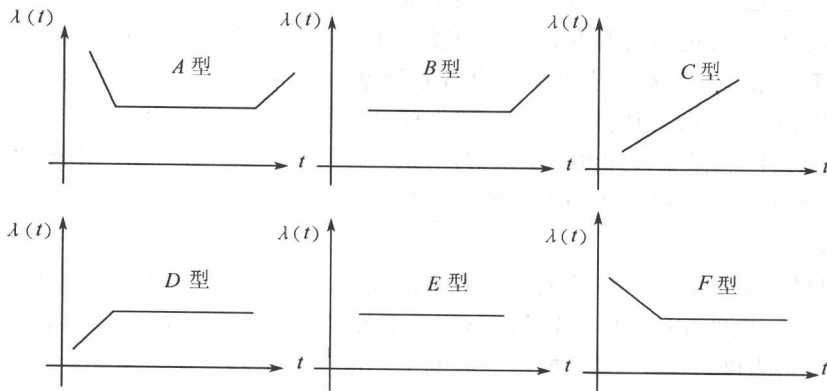


图 1-1-2 各种故障率规律曲线

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,当零件超负荷超速工作时,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腐蚀介质的存在,会造成腐蚀和腐蚀磨损;空气中含尘量过多,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,船舶营运将会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。目前船舶设备先进,自动化程度高,出现了全自动化无人机舱等现代化的船舶,船舶动力装置的可靠度大大提高,但船机故障仍是不断,每年因海损和机损事故仍造成重大损失。

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。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影响列为重要的审议问题,制定出了《国际安全管理规则》(ISM Code),修订了《海员培训、发证和值班标准国际公约》(STCW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。IMO STCW公约缔约国外交大会于2010年6月21日至25日在菲律宾首都马尼拉召开。本次外交大会确定了经2010年修正的STCW公约和STCW规则将于2012年1月1日生效,同时确定了为期5年的过渡期。因此,船舶工作人员加强学习,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、维修科学概念

维修作业是人类一项历史悠久的生产活动。对船舶来说,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。

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,进厂修理主要针对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,需要用新的、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)维修科学的内容

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。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。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。维修设计专业学科主要包括可靠性设计、可维修性设计、综合技术保障设计和费效分析等;维修技术学科主要包括无损检测技术、状态监测技术、故障诊断技术、修理工艺和技术、计算机应用技术等;维修管理学科主要包括维修计划管理、维修技术管理、维修经济管理、维修信息管理、维修质量管理和维修设备管理等。

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维修。要做好设备维修工作,需要三个条件,又称为维修三要素,即:机械设备的检修性;维修人员的素质和技术;维修的保养系统,包括人力、技术、测试装置、工具、各种材料供应等。

所以,人们逐步认识到现代维修已不是简单、狭隘的维修技艺,而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)现代船舶维修的特征

维修是生产力,设备管理应该是全寿命系统的管理和全寿命维修。随着维修科学的建立与不断发展,维修理论在船舶维修活动中的应用将使船舶维修发生显著的变化,与传统维修相比具有以下特征:

(1)使分散维修转向综合维修

使设备维修由仅限于设备的使用阶段转变为设备的全寿命,即在设备的技术设计的同时进行可靠性和可维修性设计、维修保障设计和费用设计,使设计、制造、使用和维修各部门共同参与维修活动。从设备全寿命和总体上来研究维修,获取最大的维修效能,改变传统维修中分散、单件、小批的使用阶段修修补补的落后面貌。

(2)由经验维修转向理论维修

理论维修是在维修理论指导下进行维修工作,开展主动的现代预防维修。在维修方式上采用视情维修和定时维修;用统计方法对设备的故障、维修及其有效性进行分析,从而改革修船方法与维修制度,完善设备的结构设计、材料的选用和制造工艺。改变过去维修工作中的盲目、被动和孤立维修的状态。

(3)由单件维修转向工业化维修

船舶维修中由于维修对象和时间都是随机的,一直是单件或小批量的生产,使维修质量和效率低,成本高,时间长。在维修理论指导下使之走向工业化维修,即实行机械化和批量生产,要求相同船型、机型的一批维修对象,采用船舶机械和设备的定型化,船型、机型的系列化,零部件的标准化和通用化,从而提高维修质量,缩短维修周期和降低维修成本,实现船舶机械和设备的工业化维修。同时,广泛采用先进的修船工艺和技术进行现代化维修。

三、以可靠性为中心的预防维修

(一) 可靠性与维修性概念

1. 可靠性概念

可靠性理论是研究设备故障的宏观与微观规律、提高设备可靠性的学科,是现代维修科学的重要基础理论。可靠性理论为设计出不易发生或较少发生故障的机械和设备奠定了基础,机械和设备的可靠寿命为确定维修中的最佳维修间隔期、备件数量等提供了可靠的依据,故障机理和故障分析技术为修复故障做了充分的准备。

(1) 可靠性定义

可靠性是反映产品耐用和可靠程度的一种性能。产品的可靠性是指产品在规定的时间内、规定的条件下完成规定的功能的能力。可靠性是产品固有的特性之一,是产品的功能随时间的延长保持稳定的程度。产品是指船舶机械、设备、系统和零部件等。

定义中规定的时间是指产品的使用期和贮存期;规定的条件是指产品的环境条件、使用条件、维修条件和工作方式等;规定的功能是指产品设计时所赋予的工作性能。能力是“三个规定”的综合体现和度量可靠性的总体指标。可靠性的指标可用数学形式表达,以便定量分析产品的可靠性。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中由于材料、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) 可靠性研究的内容

对可靠性的研究是从理论、技术和管理三方面进行的,具体内容包括:

①可靠性理论。主要研究可靠性指标的定量化、可靠性分析方法、可靠性准则及提高可靠性的方法等。

②可靠性技术。主要包括可靠性设计、可靠性制造与工艺、可靠性试验、评估与标准等,重点研究故障的机理、形式及进行危害性分析,确定寿命和试验方法等。

③可靠性管理。主要包括制订有关可靠性计划、制度、规范及进行情报资料、信息、数据的搜集和处理等。

(3) 研究可靠性的意义

研究船舶机械、设备和系统的可靠性具有重要的意义。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。

研究可靠性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的条件等决定了船舶可靠性越高,越能保证船舶安全可靠地营运。

(4) 可靠性指标

利用数学的方法对可靠性各个方面的特征进行定量计算,以便了解设备的可靠性,预测设备的故障。衡量设备可靠性的指标主要有可靠度 $R(t)$ 、不可靠度 $F(t)$ 、故障密度 $f(t)$ 、故障