

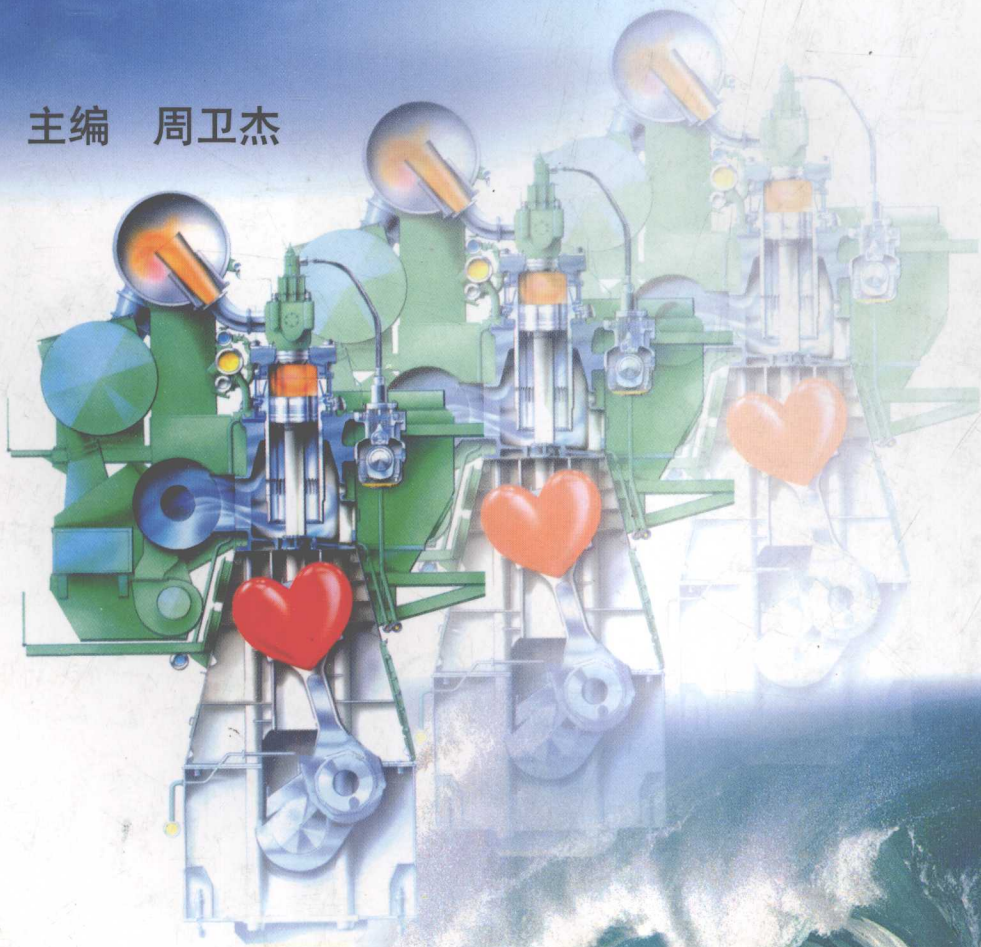


中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

轮机维护与修理

轮机管理专业

主编 周卫杰



人民交通出版社

内 容 提 要

本书是中等职业教育国家规划教材,是按照交通职业教育教学指导委员会航海类学科委员会制定的中等职业学校《轮机维护与修理教材编写大纲》的要求编写的。

书中着重介绍船舶主、副柴油机主要零件的损坏形式、损坏机理及检修工艺。内容包括:现代维修理论、磨损和腐蚀的损坏机理;船机零件缺陷检验和故障诊断、修理工艺;柴油机、增压器、轴系和舵系的主要零件的检修;轮机维修的组织与管理等。

本书符合《STCW78/95 公约》的要求,不仅适用于中等职业学校轮机管理专业《轮机维护与修理》科目的教学用书,也可作为海船轮机员的考证培训教材,同时可供航运部门和修船厂工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

轮机维护与修理/周卫杰主编. —北京:人民交通出版社, 2002.8

ISBN 7-114-04376-7

I. 轮... II. 周... III. ①船舶-轮机-维修②船舶-轮机-技术管理 IV. U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第048823号

中等职业教育国家规划教材

轮机维护与修理

(轮机管理专业)

主 编 周卫杰

责任主审 孙培延

审 稿 朱新河

钱耀鹏

版式设计:孙立宁 责任校对:戴瑞萍 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

三河市宝日文龙印务有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:354千

2002年7月第1版

2004年6月第1版第2次印刷

印数:1001—2000册 定价:17.70元

ISBN 7-114-04376-7

U · 03223

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1 号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从 2001 年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的“职业教育课程改革和教材建设规划”，教育部全面启动了中等职业教育国家规划教材建设工作。交通职业教育教学指导委员会航海类学科委员会组织全国交通职业学校(院)的教师，根据教育部最新颁布的船舶驾驶、轮机管理、船体建造与修理专业的主干课程教学基本要求，编写了中等职业教育船舶驾驶、轮机管理、船体建造与修理专业国家规划教材共 28 册，并通过了全国中等职业教育教材审定委员会的审定。

本套教材的编写以国际、国内和行业的法规、规则及标准为依据，以职业岗位的需求为出发点，始终围绕职业教育的特点，具有较强的针对性。新教材较好地贯彻了“以全面素质为基础，以能力为本位”的教育教学指导思想，结合对培养学生的创新精神、职业道德等方面的要求，提出教学目标并组织教学内容。新教材在内容的编写上以“必需和够用”为原则，紧扣大纲，深度、广度适中，体现了理论和实践的结合，强化了技能训练的力度。新教材在理论体系、组织结构、内容描述上与传统教材有明显的区别。

本套教材是针对四年制中等职业教育编写的，也适用于船员的考证培训和船厂职工的自学。

《轮机维护与修理》是中等职业教育轮机管理专业国家规划教材之一，内容包括：现代维修理论，零件的摩擦与磨损、零件的腐蚀及其防护、零件的疲劳破坏、零件的缺陷检验方法与船机故障诊断技术、船机零件的修理工艺、船机主要零件的检修、船机主要设备的检修和试验、船舶主柴油机在船上的安装、船机维修的组织与管理共 10 章。

参加本书编写工作的有：南京海运学校周卫杰(编写第一、七、十章)、山东省水运学校刘转照(编写第二、第三、第四、第五、第九章)、南京海运学校谢荣(编写第六、第八章)，全书由南京海运学校周卫杰担任主编，詹玉龙担任主审。

本书由大连海事大学孙培廷教授担任责任主审，朱新河、钱耀鹏教授审稿。他们对书稿提出了宝贵意见，在此，表示衷心感谢。

前 言

限于编者经历及水平,教材内容很难覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广国家规划教材的同时,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

交通职业教育教学指导委员会
航海类学科委员会
二〇〇二年五月

第一章 现代维修理论	1
第一节 故障概述.....	1
第二节 维修理论.....	6
第三节 船舶保养体系	11
第二章 零件的摩擦和磨损	16
第一节 摩擦	16
第二节 磨损	19
第三节 柴油机主要部件的摩擦和磨损	23
第三章 零件的腐蚀及其防护	26
第一节 化学腐蚀	26
第二节 电化学腐蚀	28
第三节 船机零件的穴蚀	31
第四章 零件的疲劳破坏	34
第一节 疲劳破坏概述	34
第二节 柴油机主要部件的疲劳破坏	38
第三节 防止疲劳破坏的有效途径	40
第五章 零件的缺陷检验方法与船机故障诊断技术	42
第一节 缺陷检验方法	42
第二节 故障诊断技术	49
第六章 船机零件的修理工艺	55
第一节 船机零件的清洗	55
第二节 钳工修配	58
第三节 机械加工修复	74
第四节 电镀工艺	76
第五节 金属扣合工艺	81
第六节 焊补修理	83
第七节 粘接修复	86
第八节 研磨技术	91
第七章 船机主要部件的检修	95
第一节 气缸盖的检修	95
第二节 气缸套的检修	98
第三节 活塞组件的检修	103

第四节	曲轴的检修	115
第五节	轴承的检修	127
第六节	喷油设备的检修	135
第七节	气阀的检修	140
第八节	重要螺栓的检修	143
第九节	船机常见零件的检修	146
第八章	船舶主要设备的检修和试验	162
第一节	增压器的检修	162
第二节	轴系的检修	169
第三节	舵系的检修	189
第九章	船舶主柴油机在船上的安装	194
第一节	机座的安装	194
第二节	机架、气缸体和贯穿螺栓的安装	195
第三节	固定件相互位置的校中	197
第四节	活塞运动部件在船上的校中	199
第十章	船机维修的组织管理	205
第一节	船舶修理的类别和要求	205
第二节	修船的组织工作	207
第三节	轮机坞修工程	210
第四节	试验与试航	215
参考文献		221

第一章 现代维修理论

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之上的综合性科学。船舶机械、设备在长期的运转使用过程中,由于受到内部因素(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,使船机零件的尺寸精度、几何形状逐渐发生变化,或者产生腐蚀、裂纹等破坏,使机械的技术状态和使用性能不断下降,船机零件产生失效和船机设备产生故障。轮机员在船工作期间,除了进行日常的和定期的维护管理工作之外,还必须进行失效零件的更换、设备故障的排除等检修工作以及必要的船厂修理。因此,增强对故障与维修的认识以及不断地提高船机维护和修理的技术水平,是进行现代轮机管理的基础。

第一节 故障概述

船舶系统、设备、机械或零部件凡不能完成其规定的功能、或其性能指标恶化至规定标准以外的一切现象均称作故障。对不能修复的产品则称作失效。船机设备“规定的功能”只能在设备运行中才能显示出来,如果设备已经丧失规定的功能而设备未开动,则故障就不能显现。有时,设备尚未丧失功能,我们根据某些物理状态、工作参数、仪器仪表检测等,可以判断即将发生故障。因此,在故障发生之前必须进行有效的维护和修理。这种根据某些物理状态、工作参数而事先鉴别出设备即将发生的故障,称为潜在故障。通过有效手段诊断潜在故障并及时予以排除,是现代维修技术中要解决的一个重要课题。故障是可靠性与可维修性的研究对象,是维修科学研究的内容。

一、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,船机设备的故障模式有磨损、腐蚀和疲劳破坏等;电器的故障模式有短路、漏电、断路等。

产品的故障模式可能是单一的,也可能是综合的。此外,产品的故障模式也不可能是一成不变的,它会随着工作环境、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,便可以评价与鉴定产品的可靠性。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。

二、故障分类

船机故障是复杂多样的,按故障的性质、原因、影响和特点等情况将其分类,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、制造和维修提供可靠的信息资料。

1. 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。目前,在船机故障中人为因素占 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。

2. 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合适等原因导致的故障。例如,柴油机气缸套上部凸缘根部在设计上受力不当和制造工艺不良而引起凸缘根部产生裂纹,甚至导致缸套断裂。

2) 工艺性故障

由于制造、安装工艺的问题或者质量的控制、检测不严等引起的故障。例如,由于轴系的安装、校中质量不良而引起轴系振动、轴承发热和过度磨损等。

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,由于过度磨损使活塞与气缸之间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,由于滑油长期不化验,不分离和不更换,变质滑油引起轴瓦合金熔化的故障。

3. 按故障对船舶影响的程度分类

1) 局部性故障

由于船机设备产生局部故障导致设备的功能部分丧失,此类故障不需停航修理,可在航行中进行故障处理。例如,主机某缸喷油泵发生故障时,可进行单缸停油处理。

2) 重大性故障

由于船机设备的严重故障导致设备的功能完全丧失,必须停航,争取短时间内通过船员自修或采取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,修理后继续航行。这种情况下的停航时间,货船不超过 6h,客船不超过 2h。

3) 全局性故障

当船机设备出现异常严重的故障导致设备的功能丧失,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。

4. 按故障的发生和发展过程的特点分类

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。例如,柴油机气缸套与活塞环的磨损和曲轴与轴承的磨损以及管子腐蚀穿孔等故障。

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,螺旋桨桨叶的折断。

3)波及性故障(或称二次故障)

由于船机设备的某种故障引发出更大的、更危险的故障。例如,发电柴油机连杆螺栓的断裂或脱落而引起的连杆、活塞、气缸套和气缸盖甚至机体的破坏。

4)断续性故障

船机设备在某一段时间呈现故障状态,而在另一段时间又自行恢复功能的故障。例如,设备的仪表指示灯时亮时灭等故障。

此外,还可按船机设备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)。

三、故障征兆

除突发故障以外,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。故障的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、蓝烟和白烟等。

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,增压器的喘振声。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、故障规律

船机设备及零部件自投入使用到损坏不能运转的全部使用过程中,在不同时期的故障概率不同。使用经验与试验表明,简单机械设备的故障率与时间呈“浴盆曲线”关系,即故障率规律曲线,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 $\lambda(t)$ 是指某完好设备在某时刻 t 后的单位时间内发生故障的概率。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

又称磨合期,是船机投入使用的初期。这个时期故障的特点是故障率较高,但随着使用时间的延长而迅速下降。早期故障主要是由于设计、制造和安装上的缺陷,或者是使用环境不合适等造成的。在设备进行大修或改造后,再次使用也会出现这种情况。通过调试、磨合、修理和更换有缺陷的零件等措施使故障率很快降低,运转趋于稳定。

2. 随机故障期

又称偶然故障期,是在早期故障期之后磨损故障期之前的一段时间,是设备的有效寿命期。其特点是:

- 1) 运转稳定,故障率低。
- 2) 出现的故障为偶然因素引起的随机故障,是难以预料的,主要是由于设计、制造中的潜在缺陷,操作不当、维护不当和环境因素等原因所引起。随机故障不能通过调试或延长磨合期来消除,也不能用定期更换零件来预防。

- 3) 随机故障期较长,是船舶机械的主要使用期。

3. 磨损故障期

又称晚期故障期,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,它是由于设备零件的磨损、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零件,则可延长随机故障期,推迟磨损故障期。

并非所有的机械、设备等产品都具有以上三个故障期并呈现浴盆曲线规律。一些设备只有其中一个或两个,如有些无早期故障期,有些则达不到磨损故障期。统计分析表明,产品可以出现如图 1-2 所示的六种故障率曲线。

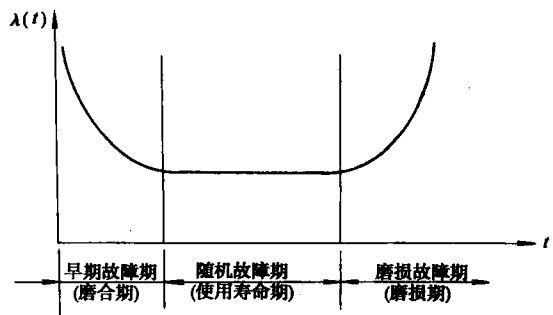


图 1-1 故障率规律曲线(浴盆曲线)

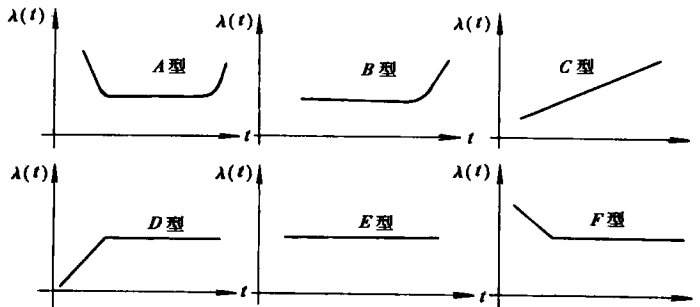


图 1-2 各种故障率曲线

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、齿轮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,故障率随时间延长而缓慢增加。飞机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。

五、故障的影响因素

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,使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,船舶设备先进,自动化程度高,出现了无人机舱等现代化的先进船舶,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而造成重大损失。

据统计,在 20 世纪 70 年代的 10 年中,每年平均每 1000 艘船舶有 6 艘沉没,其原因主要是由于碰撞、搁浅、火灾及主机、尾轴、螺旋桨、舵、发电机等的故障引起的。80 年代以来,船舶海难事故也不断发生。伦敦保赔协会公布的 1987~1991 年世界全损船舶统计(表 1-1)表明:全世界全损船舶的艘数和吨位各年间虽有变化,但总的来看呈增长趋势,尤其是 1991 年,达到近些年来全损率的最高点。

1987 年 ~ 1991 年世界全损船舶统计

表 1-1

年份	全损艘数	全损总吨位	占世界船舶总吨位的百分比
1987	139	1 178 973	0.3
1988	147	775 856	0.2
1989	156	1 078 077	0.37
1990	139	1 221 125	0.3
1991	182	1 708 464	0.4

世界全损船舶按船型统计,近年来在全损船舶中散货船所占吨位的比例比较高。统计还表明,在造成全损的各种原因中,由于船员素质低,不具备适任资格或操作错误等致使机械和设备维护、保养不良而发生故障,大约 80% 是人为因素造成的。全损船舶中 90% 以上船龄超过 15 年。

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 1-2 所示。表 1-3 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 7521 次的 38%,即 2858 次。主机是动力装置中最重要的,但也是可靠性最薄弱的环节。在主机发生故障的原因中,材料质量不良和机件污损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。所以从设计者到使用者,对主机的可靠性都要给予足够的重视。

各种机械发生故障的比例

表 1-2

种类	主机	发电柴油机	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	

按主机故障原因分类的发生故障的比例 (%)

表 1-3

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
1.9	24.3	7.4	9.5	10.5	10.4	24.7	10.0	1.3

日本对船舶主机故障的统计表明,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%。有关统计资料表明: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(包括发电柴油机)中曲轴及其轴承的故障比例突出。这些部件在设计和使用中应加倍注意。由于不少故障是因轮机员的检查不及时、维修不良、管理不当等引起的。只要不断提高轮机员的技术素质,掌握轮机维护与修理方面的知识,大量的故障是可以避免的。

第二节 维修理论

维修是对船舶机械和设备维护与修理的统称。维护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受到内部因素如设计、材料、制造和安装工艺等或外部环境的影响,使其技术性能下降、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。

船舶上的维修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,进厂修理乃是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及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。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。船舶维修分为预防维修和故障维修两种。预防维修是预防机械设备发生故障或失效而进行的维修;故障维修是在故障发生后进行的维修。维修与故障是矛盾的两个方面。故障使船舶丧失功能,而维修使船舶保持或恢复功能。对于故障与维修的研究形成了维修科学。可靠性理论和可维修性理论是维修科学的重要理论基础。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。

维修科学是一门独立的综合性的通用科学,它具有独立性、综合性和通用性。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、预防维修方式

预防维修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维修工作,确保设备正常运行。

1. 两种维修思想

维修思想的建立是维修管理的首要问题。有了正确的维修思想指导,才能确立正确的维修方针、政策和进行维修的方法,以及建立高效率的维修体制和维修保障体系。在 20 世纪 30 年代之前,对设备维修没有明确的维修指导思想,而是采取坏了就修,不坏不修,听其自然的态度。维修工作缺乏科学预见,往往导致严重的停机事故,不仅影响使用,还危及安全和造成较

大的经济损失。为了防患于未然,产生了“定期预防维修”的指导思想并建立了一整套预防维修制度。近年来由于对可靠性和可维修性理论的深入研究,又形成了“以可靠性为中心”的现代预防维修思想。

1)定期预防维修

从20世纪30年代开始人们注意到设备的安全使用,设备经过一段时间的使用后就会有磨损,而耗损到一定程度就会发生故障或事故,危及安全生产。于是产生了预防维修的思想,提出了预防为主方针,在设备耗损到出现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,又认为设备的耗损只是时间的函数,就规定按期限进行拆卸检修,从而形成了所谓“定期预防维修”的方式。

定期预防维修的特点:

(1)按船舶的实际航行情况,有计划地、定期对船舶及设备进行轮流修理、检查。

(2)每次计划修理的部件或设备应保证设备工作到下一个计划修理期。

(3)根据各类统一安排修理间隔期,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。

因此,定期预防维修对防止设备事故、恢复设备功能、保证设备安全运转等方面有积极的促进作用。

定期预防维修的出发点是:认为故障只是时间的函数,故障的发生和发展均与时间有关,而任何故障的发生又都可能直接影响安全使用。于是通过定期检修来预防故障,以确保安全使用。显然,这种维修思想对与时间有关的故障是行之有效的。如船体、管系的腐蚀,机械磨损,电缆老化等。

事实上,影响设备故障的因素很多。许多随机因素,而且许多故障并不是时间所造成的,并且船舶设备复杂,很难统一在一个规定的间隔期来进行维修。因此,按规定的时间统一进行维修,不仅浪费人力、备件和一部分设备使用寿命,而且在修理中的拆解、测量和安装又会给设备增加人为耗损和误差,增加了设备的早期故障,甚至缩短了设备寿命。

2)以可靠性为中心的维修(RCM)理论

以可靠性为中心进行维修就是从设备的实际可靠情况出发,以可靠性和可维修性理论作指导,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,耗损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能用定期预防维修的时间来限定,复杂设备和电子设备出现故障的时间是不固定的,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。

综上所述,既然故障的产生并不与时间有必然的联系,设备的故障大多是偶然的,有些故障又不能通过定期预防维修完全消除,因此定期维修就不是最恰当的惟一维修方式。只有采用状态监控的手段来预防故障的发生,用视情维修作为预防性维修方式则可克服定期预防维修的缺欠。所以,以可靠性为中心的维修思想仍然是“预防为主”,但将定期预防改为“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,通过逻辑分析决判来控制维修内容,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。对于船舶维修而言,预防为主仍然

是维修的指导思想。由于船体的经常性损耗占有相当比例(经常性损耗如腐蚀和磨损等),因此定期维修方式仍然普遍使用。另一方面,视情维修是一种较为科学的维修方式。应当结合维修理论的研究进行设备可靠性和可维修性的论证、设计、控制和分析,逐步变定期维修为视情维修,使船舶维修采取定期维修和视情维修相结合。

2. 维修方式

现代维修方式可分为三种:

1) 定时维修方式

定时维修是以工作时数为维修周期,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。它通常以磨损作为维修的依据,取平均的管理水平,从大部分机件能坚持工作而不发生故障为出发点,将意外损坏的概率限制在一个较小的范围内。以时间为衡量标准的定时维修,掌握维修时机较明确,便于组织和计划管理。但针对性和准确性不高,维修工作量大,费用高。这是由于预先规定的检修时间不一定符合设备的实际情况,在机械设备运转尚良好,距离产生耗损故障期的出现甚远时进行定时维修有可能破坏了设备的良好技术状态,有时还会因为检修过失而导致设备的精度及可靠性反而低于检修前的情况。

2) 视情维修方式

视情维修是指不确定机械、设备的维修期,而是通过不断地监控设备的运转状况和定量分析其状态,按照实际情况来确定维修时间,从而避免故障的发生。

采用视情维修应具备的条件是:必须进行视情设计,为开展视情维修提供先决条件;有能够反映设备技术状态的参数,标准图谱、临界参数、检查孔等;以现代监控手段,配置各种先进的无损检测仪器及与电子计算机相连的终端显示装置等,以进行保护和预警,防止故障发生。

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,维修工作的针对性强。同时该种维修方式由于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

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。这种维修方式的缺点是停机时间长,停机造成的损失大。但是修理费用低,对管理的要求也低。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。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。

对船舶中的重要机械和设备一般应选用视情维修或定时维修方式,对故障不危及使用安全的设备或只发生偶然性故障的设备采用事后维修方式。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采用定时维修方式,而大多数设备和零部件逐步采用视情维修和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的维修方式;同一项目也可以采用一种或多种维修方式。

三、可靠性和可维修性的概念

1. 可靠性概念

可靠性理论是研究设备故障规律,提高设备可靠性的学科,是现代维修科学的重要基础理论。可靠性理论指导设备的设计,使设备不易发生或较少发生故障。机械设备的可靠寿命为确定维修中的最佳间隔期、备件数量等提供可靠的依据。

1) 可靠性的定义

可靠性是反映船舶设备或系统耐用和可靠程度的一种性能。设备的可靠性是指“设备在规定条件下和规定时间内,完成规定功能的能力”。可靠性是船舶设备或系统固有的特性之一,是设备的功能随时间的延长保持稳定的程度。

定义中规定条件是指设备的环境条件、使用工况、使用方法以及维修条件等;规定时间是指设备的工作期限,它可用时间的累积值表示,也可用距离、次数表示;规定功能是指设备设计时赋予的工作性能,在工作参数处于规定范围内完成的给定工作。设备处于不同条件,其可靠性是不同的。设备对上述各种条件的适应性愈强,则其可靠性愈高。设备的可靠性可以分为固有可靠性,使用可靠性和环境适应性。固有可靠性是指设备在设计、制造之后所具有的可靠性。使用可靠性是设备在使用和维修过程中表现出来的可靠性。环境适应性是设备在周围环境下所具有的可靠性。在设计时所赋予的内在可靠性是固有可靠性,固有可靠性是设备所能达到的可靠性的最高水平。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,则具有实际可靠性,即使用可靠性。使用可靠性难于达到固有可靠性,所以应不断提高使用可靠性。

2) 可靠性研究的内容

(1)在可靠性理论方面:利用数学、物理、化学等基础理论对故障现象和故障率进行分析、控制、测量、预测和综合,主要研究可靠性指标量化、可靠性分析法、可靠性准则及提高可靠性的方法等。

(2)在可靠性技术方面:主要有可靠性设计、可靠性制造与工艺、可靠性试验、可靠性评估和可靠性标准等。主要研究发生故障的机理、形式及危害性分析、寿命的确定与试验方法等。

(3)在可靠性管理方面:包括制定有关可靠性的计划、制度、规范及信息资料、数据搜集与处理等。

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量,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和经济性之间的矛盾。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

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、不可靠度、故障密度、故障率、平均寿命等。

(1)可靠度和不可靠度

可靠度:设备在规定条件下和规定时间内,完成规定功能的概率。可靠度最大为 1,即 100%可靠;最小值为 0,即完全不可靠。设备的可靠度总是随时间的增加而降低。

不可靠度:设备在规定条件下和规定时间内,完不成规定功能的概率。它直接反映故障的情况和故障与时间的关系。

(2)故障密度和故障率

故障密度:设备在工作期间某时刻故障的变化速率。

故障率“设备在单位时间内由完好状态转向故障状态的概率。

(3)平均寿命

设备的寿命通常是指其使用寿命,即从设备投入使用时的完好状态开始,一直使用至发生故障或失效为止所使用的时间。平均寿命是指设备工作到发生故障的时间的平均值。对于可以修复的设备或整机的平均寿命是指相邻两次故障之间的平均运转时间,用 MTBF(Mean Time Between Failure)表示。对于不可修复的设备(如电子元件等)的平均寿命是指从开始工作到发生故障的平均工作时间,用 MTTF(Mean Time To Failure)表示。船舶设备大多数都是可维修的,其平均寿命也称平均无故障工作时间。

2.可维修性概念

可维修性理论是研究维修的宏观和微观规律,为设计出容易维修保养的机械和设备提供科学依据,是现代维修科学的重要理论基础。

1)可维修性定义

可维修性是指已发生故障的机械和设备,在规定的时间内通过维修使之保持或恢复到规定的使用条件下完成规定功能的能力。可维修性是船舶机械和设备的一种固有特性,是由设计、制造等决定的。

定义中规定的时间是指限定的维修时间;规定的条件和规定功能均指设备原有的使用条件和技术性能。良好的可维修性可使船舶机械和设备便于维修、容易维修,对维修工艺和维修人员的技术水平要求不高,且所需的维修时间短,维修费用低。

船舶机械和设备的可维修性在日常检修和维护保养工作中便可判断。例如,损坏的零件是否容易拆卸和更换;是否便于检测和调整;日常的维护保养工作是否容易进行等。所以,良好的可维修性可以获得高的维修质量和维修效果。否则,不仅会增加维修时间和维修费用,而且还会影响船舶机械和设备的使用寿命。

2)研究可维修性的意义

船舶维修的目的是迅速而又经济地保持和恢复船舶机械和设备的可靠性。也就是说在机械和设备发生故障之后,要求以最佳的维修质量、最低的维修费用和最短的维修时间来恢复其规定的功能。研究船舶可维修性的意义还有:船舶良好的可维修性更是船舶海上安全航行的重要保障,海上设备发生故障后,船员能够及时修复,保证船舶继续航行;船舶可维修性还是船舶可靠性的必要补充,设备随着科技水平的提高,其可靠性也不断提高,但机械和设备的可靠性的提高是有限的,况且随着机械和设备更加复杂,其可靠性有下降的趋势,在航行中使设备发生故障后能及时有效地修复,将大大地弥补设备可靠性的不足;船舶机械和设备具有较高的可维修性是实现工业化修船的必要条件,由于修船是单件、小批量生产,造成生产率低、修船周期长、成本高和维修质量差等缺点。工业化修船实现机械化和自动化,取消单件、小批量生产和手工操作。船舶设备的定型化、标准化、通用化和可维修性设计,是实现维修生产工业化的