http://www.kekaoxing.com

第 28卷 第 1期
2007年 3月

上 海 海 事 大 学 学 报
JOURNAL OF SHANGHAI MARITIME UNIVERSITY

Vol 28 No. 1
Mar. 2007

文章编号: 1672-9498(2007)01-0089-05

船舶及船用设备的可维修性

滕宪斌, 蔡振雄, 林少芬, 李寒林, 张志斌

(集美大学 航海学院,福建 厦门 361021)

摘 要:通过分析船舶及船用设备的可维修性概念、要求及影响因素,指出提高船舶及船用设备的可维修性,应在船舶及设备的设计与建造阶段,充分考虑部件的互换性、维修的可达性、简易方便性等;在管理方面重视人与环境因素对可维修性的影响. 最后,引入在线维修理论,对大型部件进行不拆卸现场维修,以缩短维修时间,保证船舶的安全营运生产.

关键词: 船舶; 轮机; 可靠性; 可维修性

中图分类号: U672. 7 **文献标志码**: A

Maintainability of ship and marine equipment

TENG Xianbin, CAI Zhenxiong, LIN Shaofen, LI Hanlin, ZHANG Zhibin

(Navigation Institute, Jimei Univ., Xiamen Fujian 361021, China)

Abstract: Based on analyzing conception, requirement and different factors having effect on maintainability of ship and marine equipment, it is proposed that attention should be paid to interchange of components, reachability and convenience of maintainability in stages of design and construction of the ship, and effect from individual and environment should be emphasized in maintenance of ship and marine equipment. Finally, the theory of online maintenance that large-scale components are repaired without disassembly is introduced to reduce maintenance time and ensure safe production.

Key words: ship; marine engineering; reliability; maintainability

0 引 言

近年来,随着航运市场繁荣,从海上运输到船舶制造,吸引了大量的民营资本投入,但由于技术力量不足,盲目地追求经济效益,导致新造船及运输船舶的可靠性、可维修性变差,特别是我国的浙江一带,低于标准船投入运营导致海损、机损事故的大量发生,严重影响船舶及船用设备的使用寿命. 虽然近年来经过中央的综合治理,这种状况已经大大得到改善,但付出的代价是巨大的,教训是非常深刻的. 本文从可维修性的角度,对影响船舶及船用设备可维修性的各种因素进行分析,力图寻找能够保证船舶可靠安全营运的有效途径.

1 船舶可维修性的基本概念

可靠性是设备或产品在规定的条件下和规定的时间内完成其规定功能的一种能力,是在设计时赋予的,制造中实现的,管理中保证的;而维修性则是指设备或产品在规定的条件下和规定的时间内,按规定的程序和方法进行维修时,保持或恢复其规定功能的能力,表示的是设备或产品维修的难易程度,是产品设计所赋予的一种固有质量属性. 船舶可以看成是一个综合的大系统,由许多各种各样的机器设备组成. 这些设备也可以看成是一个个小的系统,

收稿日期: 2007-01-05

作者简介:滕宪斌(1969-),男,山东梁山人,甲类一等轮机长,硕士研究生,研究方向为现代轮机工程管理,(E-mail) tengxbin@163.com

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

如主机、发电柴油机、锅炉等,又由许多部件组成.船舶作为一个系统,它的规定功能就是完成航次任务,保证航行安全和装卸货作业.可见,船舶的可维修性是各种船用设备可维修性的综合反映.各主要设备的可维修性直接影响船舶的整体维修性,这就要求在设计制造船舶时,综合考虑机械设备的可维修性,合理地选择船用设备,从维修性的角度优化布置所选用的各种设备,保证船舶在营运中一旦发生故障,能尽快地恢复其使用功能.[1-4]

表面看来,维修性与传统的维修方便的要求似乎有一定的近似性,但却与传统的维修要求有着本质的区别:现代意义上的维修性有明确的定义,如前所述;用维修度来定性地表示维修性是指在规定的条件和规定的时间内完成维修任务的概率.另外,维修性有具体的、明确的指标和要求,并且具有一套实现指标和要求的维修技术与方法.

2 船舶可维修性的基本要求

船舶航行于海洋上,远离陆地,其可靠性及可维修性对保证船舶及人员的安全是至关重要的.由于船上技术力量与条件的限制,这就要求船舶及船用设备的可靠性强,可维修性好,依靠船员自身的力量和船上现有的工具及设备,对船舶及设备出现的故障能及时地排除,保证船舶的适航性,提高船舶的营运天数,减少停泊修理的时间,最大限度地提高船舶的经济效益.要使设备具有良好的维修性,就必须在设计阶段提出维修性的要求,这些要求通常可分为定性要求和定量要求.

2.1 维修性的定性要求

定性要求是由于某些维修性要求用定量的方法难以表述,是定量要求的一种补充,如维修简便、迅速、经济等要求的具体化,用定量的方法无法反映出来,而且对维修性而言又非常重要,只好定性描述,这也就构成船舶及其设备在设计过程中的维修性准则.[3]

2.1.1 维修可达性

维修可达性是指对部件进行修理、更换或保养时容易接近的程度.它在船舶及设备的设计阶段就应予以重视.从维修的角度分析,可达性是指在维修时能够迅速、方便地看到设备并进行维修操作,这就要求不仅设置便于维修操作的通道,还要有适当的维修操作的空间.比如对大发柴油机而言,6DL20型柴油机缸头部分的可达性就较差.它的喷油器有进、回油管和喷油器的冷却油管,由于考虑结构紧凑,这些油管的接头部位所留的空间非常狭窄.接头部位还要放两个非常小的紫铜垫床,如果操作人员手指头较粗,就很难把油管接上.根据计划保养体系或说明书的要求,通常又要求 1 000 h左右拆下喷油器清洁、泵压保养,给保养工作造成很大的不便,或者说它的可达性就比较差.对于同样型号的 5DK20型大发柴油机来讲,由于取消了冷却油管,结构上进一步简化,在可靠性方面得到很大的提高,其供油管道放在缸头体上,而且留足维护保养的空间,可达性相对较高.船舶机舱整体设备的布置也是这样,比如主机,其上部必须留足必要的空间,否则主机吊缸工作就无法进行.

总之,从可达性观点来看,最理想的情形是使机械设备的所有零部件都暴露无遗,它们的排列方式要能在修理、更换或保养时互不干扰.当然,实际上只有故障率较高而又经常需要维修的部件才要求具有较高的可达性.

2.1.2 互换性

标准化和互换性是一种设计特点,它将船舶及船用机电设备维修中所需要的大多数不同的零部件的种类尽可能减少到最少,也就是说两个部件在功能、形状、尺寸上相同,可用一个代替另一个,而不改变产品性能特性,实现零部件或设备的最佳互换性,从而就可以节省采购和仓储管理费用.这就要求机械设备的设计师在设计时应尽量选用标准化的零部件或设备,不管在制造还是维修中都便于互换.最大限度地实现标准化,无疑可以大大提高船舶机电设备的维修性,同时还可使设计简化,降低设计成本和周期,方便生产管理,利于备件供应和维修.可见,互换性和通用性将直接影响现场抢修.为了保证现场抢修质量可靠、迅速及时,设计时就必须尽量使故障率高、容易损坏的设备以及关键部件具有良好的互换性和必要的通用性.

2.1.3 防差错措施及识别标记

在设计和建造阶段就要充分考虑到对设备的操作和维修方便易行,不易出错,要具有完善的防差错措施及识别标记.例如船舶机舱中的各种阀门,在阀的手轮上要标注旋转的方向,便于操作人员识别阀的开关方向;船舶管路系统中的各种管子,要根据内部流动的不同流体刷涂成不同的颜色,如滑油管路通常漆成黄色,淡水管漆成蓝色,空气管漆成灰色等.这样工作人员在检修管路时就容易识别,不易造成不必要的污染和事故.

2.1.4 维修工作安全性

根据船舶维修性要求来分析船舶的安全性,就是要求不仅在船舶运行时保证安全,而且在保养维

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

http://www.kekaoxing.com

修时也应该是安全的.因此,安全性也是船舶设计的重要特征之一,也是维修性设计最重要的因素之一.要保证维修人员在执行维修任务时没有危险性,不能由于设计的疏忽,没有充分考虑安全性而造成维修安全事故的发生.

2.1.5　简单、准确、快速检测诊断

设备工作过程中要易于检测诊断,这就要求在设计时尽可能使用成熟的先进检测技术,准确及时地发现设备运转中出现的各种故障现象,并能够快速维修.如上所言,部件要标准化,可互换,同时检修时要易于操作.对船用设备和部件,也要尽可能地像枪械一样不借助或少借助工具对设备进行保养.如目前船上的许多滤器,基本上只要借助于一只榔头就可以拆下.如上面所讲的 5DK20型大发柴油机,在进行缸头附件操作时,拆卸非常方便.

2.1.6　贵重部件可修复性

对于船舶设备中的贵重部件,理所当然要重视它的可修复性.对船舶柴油机而言,其贵重而且非常重要的部件如曲轴、活塞等,设计时就应充分考虑其维修性,从而提高整个船舶的营运效率.

2.1.7　符合维修人机工程

在进行船舶维修性设计时,除了应满足上述要求之外,还应该考虑到人的因素和环境因素对维修性的约束,创造一个良好的维修环境.[5]比如,在船舶的设计和建造阶段,应充分考虑到管理人员和机器的特点,根据不同的对象进行安排.欧洲人和亚洲人的身高不同,体格也不同,因此在设计时就要考虑到机器设备的高度和空间,以利于管理人员进行维修保养工作,当然也要充分考虑到专用工具的大小尺寸及施展空间余地,要便于拆卸、装复等操作.

2.2　维修性的定量要求

设备的维修性可以用一系列的参数来度量.维修性的定量要求是维修性参数的要求值[3,6],通常最常用的主要有以下几个参数.

2.2.1　平均修复时间 (MTTR)

排除一次故障所需修复时间的平均值.它表示在规定的条件和时间内,在产品的任一维修级别上,修复性维修总时间与该级别上被修复产品的总故障数之比.修复性维修是指产品发生故障后,使其恢复到规定状态所进行的全部活动,包括故障定位、故障隔离、分解、更换、再装、调试及检测等,相应地修复性维修时间包括故障检测、分解、更换、再装、调试及检测等所需的时间,而不是简单地更换备件的时间.如 KX轮船用主机为 MAN B&W 6S50MC型柴油机,1年内发生故障 3次,而从确认、排除故障到调试正常的时间分别是 2,4,6 h,那么 1年内其平均修复时间就是:

$$MTTR=\frac{2+4+6}{3}=4\ (h)$$

MTTR是当前最主要的定量维修性设计指标,当然是越少越好.

2.2.2　平均预防性维修时间 (MTPM)

设备每项或某个维修级别 1次预防性维修所需时间的平均值.例如"KX"轮船用主机为 MAN B&W 6S50MC型柴油机,1年内主机吊缸检查 6次,吊缸时间见表 1.

表 1　主机吊缸时间统计

吊缸次序	1	2	3	4	5	6
吊缸时间 /h	10	8	9	8	7	6

那么,

$$MTPM=\frac{10+8+9+8+7+6}{6}=8\ (h)$$

显然,MTPM也是可维修性的一个重要定量指标.它和维修人员的业务技能、熟练程度、设备维修的难易程度、空间位置等有着必然的联系,也是越少越好.

2.2.3　维修停机时间率 (MTUT)

单位工作时间所需维修停机时间的平均值.在船上,当机器运行一段时间后,正如前面所述需要停下来进行检修,比如,发电柴油机运行 1 000 h,喷油器需拆下清洁、泵压检查,如果停机的时间为 20 h,那么,

$$MTUT=\frac{20}{1000}=0.02\%$$

当然这个停机时间不仅仅是拆下喷油器的时间.

2.2.4　维修工时率 (MI)

单位工作时间所需的维修工时平均值.它表示在规定的条件和时间内,设备或产品的直接维修工时数与寿命单位总数之比.

3　船舶可维修性的影响因素

在船舶实际营运过程中,出现故障的因素很多,有操作问题、制造质量问题,但最重要的还是设计问题 (即先天问题).从维修的观点来看,设计不合理,往往会导致维修问题复杂化.所以,在船舶设计时就要充分考虑船舶维修性,并将其作为设计总方案的一个重要因素.针对维修性的各种基本要求,既然船舶及其设备的维修性与船用设备和整个船舶的设计、建造、营运管理等有关,那么研究影响其维修性

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的各种因素,就要在船舶及其设备的整个生命周期内综合考虑各方面的因素.

3.1 人的因素

据统计,船舶海损和机损 80%以上是由于人的因素造成的[7],这充分说明人的因素是非常重要的.维修是一种人的活动,人是维修的主体,除了设计人员、建造人员和管理人员的知识水平、业务能力对船舶的维修性有重大的影响之外,人的生理、兴趣等对维修性也有着重大的影响.人因工程理论对此有很恰当的描述.人因工程理论把人、机器和环境看成一个系统,研究三者相互影响的关系,合理地分配和充分发挥人和机器的功能,并根据人的生理、心理条件和特点来优化系统.人因工程在消除维修差错和减少维修工作量,保证船舶的安全航行和提高船舶的营运效率方面起着非常重要的作用.无论整个船舶还是船用的各种设备,从设计到制造、管理,无不打上了人的烙印.

3.2 环境因素

环境因素 (包括工作环境、生活环境和社会环境)会对维修者的生理和心理产生作用而影响其维修活动,如温度、湿度、照明与颜色、噪声等.由于具体的维修作业是体力劳动,根据大量的资料统计[4],最佳的工作环境温度夏天为 17～23 ℃,冬天为 15～20 ℃,最佳湿度为 30%～70%.

3.3 设备设计因素

尽管人们在设计制造时想要尽善尽美,但制造出来的机械仍然会存在着降低设备维修性的不利因素,有时可能过多地考虑设备的性能,忽略了维修性.在船舶的设计中,除了考虑船舶的整体稳性的要求外,还要充分考虑和论证机舱甲板机械的布置,高度重视设备的维修性.如上所述,设备可达性、安全性、标准化和互换性以及无差错识别、易于检测和更换等对设备的维修性影响都很大.

4 提高船舶可维修性的措施

船舶的可维修性对保证船舶安全航行,提高船舶营运效率是至关重要的,这就要求从船舶的设计、建造、管理上提高船舶及其设备的维修性.根据维修性的各项要求,提高船舶及其设备维修性的基本措施主要包括以下几个方面.

4.1 设计与建造方面

要提高船舶及其设备的可维修性,就要根据维修性的要求,在船用设备的研制和设计建造阶段就要予以重视,进行必要的维修性设计评估,为以后设备的维修保养工作提供方便.在船舶及设备的维修性设计过程中,还应该根据环保要求,确保消耗性备件不会污染环境,建立绿色设计维修的概念.利用计算机技术,对船舶及其设备进行虚拟设计.通过计算机虚拟现实技术,实现设计过程的可视化,并且对虚拟产品通过仿真试验,确认其性能要求,以便直观地发现维修性设计中存在的问题,并使其在设计的初期阶段得到修改和更正,从而提高船舶及其设备的维修性.可达性是在设计和建造中实现的,一旦船舶或设备成型,其可达性将直接影响到船用机电设备的维修性.在船舶设计及各船用设备的布置上,一定要充分考虑到可达性.对于船用设备,要尽可能地采用标准部件,统一标准,努力提高其互换性,另外还应使部件的拆装简单、方便,节约维修时间,减少停航天数,从而提高船舶营运效益.对于经常操作的部件和关键部位,要有防差错标记,防止由于误操作造成更大的事故.[8-13]

4.2 管理方面

在设备维修保养的管理方面,一方面对船用设备的修理划分不同的级别[7,14],如航修、小修和检修;另一方面体现在对设备的维修管理方式上,通常维修方式分为计划维修、视情维修、事后维修等.在管理船舶的具体过程中,对采取的维修方式要做具体的论证,根据具体的设备和部件情况确定合适的维修方式.目前我国最广泛采用的 CWBT计划保养体系、AMOSM&P系统以及近年来由中远集团和上海海事大学共同开发的 SMIS系统,都是计划维修系统 (PMS).计划维修尽管能够消除设备潜在的不足,但是却过多地浪费了备件和物料.比如,船上的主机吊缸,按照计划维修的理念,通常在运转 6 000～8 000 h进行吊缸,按照船上工作的通常做法,这时除进行必要的检查外,活塞环和许多的橡皮令等部件都要完全换新,有时这些部件的工作状况还可能很好,吊缸换新环后通常还要有一定时间的磨合期,加大气缸油量,造成部件和油料的消耗.根据在 KX轮主机的实验状况,定期在扫气箱内通过扫气口通活塞环的工作状况检查,主机在 12 000 h吊缸检查的情况来看,活塞环仍然良好,其搭口间隙、弹性、刃口等基本能够达到工作要求.很显然,如果在 6 000 h吊缸更换备件,造成巨大浪费.视情维修也叫状态监测维修,对设备预先不规定其维修期,而是根据设备的运转状况,以工况数据的趋向分析为基础,合理地选择维修时机.这种维修方式以先进的测试技术进行状态监测和故障诊断,通过检测、比较和分析来确定设备或部件的技术状况,从而确定是否

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

http://www.kekaoxing.com

需要维修.可见,这种维修方式能够发挥设备的最大潜能,从而取得最大的经济效益,可以有效地减少事故的发生,特别适用于以磨损故障为主的设备上.事后维修也称故障维修,是指等设备发生故障后才进行维修,或者更换其中部件.它的基本原则是不坏不修,除了使用过程中的一般检查和保养外不作任何的计划性修理,其基本特征是能修则修、不能修则换.这种维修方式适合于那些对安全影响不大的船舶及重要设备,或者是低值设备.

4.3　人员方面

设计人员、建造人员和管理人员要持续接受技术教育和培训,提高业务能力和水平,增强事业心,提高分析和解决问题的能力;工作时坚持按程序办事,对发生的故障,维修人员要按照说明书的要求进行操作;改善维修工作环境,保证操作人员的情绪处于良好状态;管理者要合理分配工作,根据人员的能力、生理、心理特征分派工作.

5　结束语

综上所述,船舶及船用设备的可维修性对船舶的安全航行是非常重要的.要提高船舶及其设备的可维修性,就要从船舶及设备的设计入手,进行综合评估,该评估结果在建造、管理中严格执行,对营运中的船舶提供必要的岸基支持,根据船上的实际情况,及时供应备件和维修所必需的工具,并总结建造、管理中的各种经验,反馈到设计部门,改进新设计船舶及船用设备的可维修性.

近年来,对于船上一些重量体积很大而又贵重的部件,由于其拆卸不便,一旦损坏后将增加其维修所需的时间和费用,为了提高其可维修性,各大厂商开发出一些无需吊运即可在船上进行维修的设备,如柴油机曲轴和缸套.MAN B&W 柴油机公司[15]开发出一套专用的工具,可以在现场加工修理曲柄销和气缸套,无需像以前那样只有吊运到车间才能进行修理,使修理工作变得非常容易,且大大缩短维修时间,确保船舶能迅速恢复营运,节约维修成本.此外,实时在线诊断、多源信息融合和网络化等故障诊断技术的发展也将为提高船舶及设备可维修性提供更大的发展空间.MAN B&W 公司 COCOS系统和 WARTSILA公司的 MAMA2i维护保养管理系统[16]都是非常有价值的软件,能记录整个保养和修理过程的历史,并能把各项数据纳入全船的集中控制系统或总部的办公系统.这样对设备所作的任何工作信息就能在任何时候拿来作为参考,为后面的轮机检修或检查项目顺利进行做好准备,从而大大提高船舶及设备的可维修性.这是今后提高船舶及设备可维修性的主要方向.

参考文献:

[1] 杨为民.可靠性、维修性、保障性总论[M].北京:国防工业出版社,1995.
[2] 高山.船舶维修性[J].中国修船,1998(5):43-44.
[3] 甘茂治,陈智勇.工程机械维修性浅议[J].工程机械与维修,2001(3):81-83.
[4] 高尚.可靠性与维修性指标综合权衡[J].系统工程与电子技术,1998(10):78-80.
[5] 王立群.人的因素在维修上的应用[J].航空标准化与质量,2001(3):34-37.
[6] 刘玉明.维修性的定量设计[J].舰船电子工程,2003(5):73-79.
[7] 刘万鹤.船舶管理[M].大连:大连海事大学出版社,2000.
[8] 罗肖健,郭瑜,李洁.船舶设备维修性评估方法概述[J].中国修船,2004(4):34-35.
[9] 徐绪森,朱小冬,刘忠鹏.绿色维修性设计的基本内容介绍[J].中国修船,2003(6):26-29.
[10] 张丽萍.柴油机的可维修性研究[J].南通职业大学学报,2002(6):33-35.
[11] 朱晓军,陈公昌,陈爱志,等.舰船虚拟维修训练系统开发初探[J].中国修船,2004(3):40-41.
[12] TARELKO W. Improvement of ship mechanical equipment maintainability through design[J]. Marine, Offshore and Technology, 1994: 91-98.
[13] 王金武,刘家福,许仲祥.履带式拖拉机可靠性与维修性分析[J].农业机械学报,2004(7):81-83.
[14] 胡涛,黎放.舰船装备维修中的维修级别分析[J].海军工程学院学报,1999(2):96-101.
[15] MAN B&W.现场加工使曲柄销变和气缸套修理变得容易[J].船舶推进与辅助机械,2005(8):83-86.
[16] CoCoS maintenance designed for maintenance excellence[EB/OL]. MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark 2005.

(编辑　李佩芬)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net