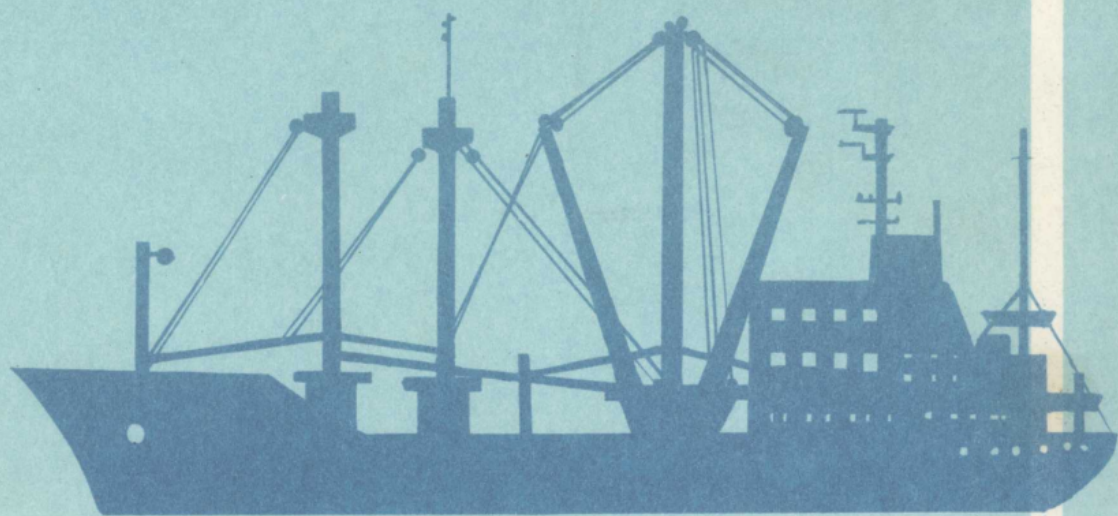


船机修造工艺概述

林剑江 张汉水 编
黄铁坚 朱维恒



大连海运学院出版社

责任编辑:赵兴贤
封面设计:安 生

ISBN 7-5632-0236-6/U · 32

定价:1.85 元

船 机 修 造 工 艺 概 述

林剑江 张汉水
黄铁坚 朱维恒
路希逵 审

编

大连海运学院出版社

内 容 提 要

本书作为上海海运学院和集美航海学院轮机管理专业的教材,可供有关院校选用,亦可供海船轮机管理人员、机务人员和船厂有关人员参考。

内容有:船机零件的损伤机理、缺陷检验方法和修理工艺,船用柴油机的拆验、装配、台架试验和船上安装,船舶轴系的拆装和校中,系泊试验和航行试验等。

船 机 修 造 工 艺 概 述

林 剑 江 张 汉 水 编

黄 铁 坚 朱 维 恒

路希遒 审

责任编辑:赵兴贤 封面设计:安 生

※

大连海运学院出版社出版

大连海运学院出版社发行

大连海运学院出版社印刷厂印装

※

开本: 787×1092 1/16 印张: 9 字数: 225千

1991年3月第1版 1991年3月第1次印刷

印数: 0001~3100 定价: 1.85 元

ISBN 7-5632-0236-6/U·32

登记证号: (辽) 第11号

前 言

本书所介绍的船机修造工艺，是为船舶轮机管理人员进行船机自修、监修和监造提供一些必要的工艺知识。

本书由上海海运学院、集美航海学院和上海船厂三家合编的。其中绪论和第三章由集美航海学院黄铁坚同志编写，第四、五、六、九章由集美航海学院张汉水同志编写，第七章由上海船厂朱维恒同志编写，第一、二、八、十章由上海海运学院林剑江同志编写。全书由林剑江同志主编，上海船厂路希遼同志主审。

书中的错误与不当之处，诚恳地希望广大读者批评指正。

编 者

1990年7月27日

目 录

绪 论.....	(1)
第一章 船机零件的损伤.....	(5)
第一节 磨损.....	(5)
第二节 机械损伤.....	(8)
第三节 腐蚀.....	(10)
第四节 各种损伤零件的修复方法.....	(19)
第二章 船机零件缺陷的检验.....	(21)
第一节 常规检验.....	(21)
第二节 磁力探伤.....	(21)
第三节 超声波探伤.....	(24)
第四节 射线探伤.....	(25)
第五节 液体渗透探伤.....	(27)
第六节 各种探伤法的比较与综合应用.....	(28)
第三章 船机零件的基本修理工艺.....	(29)
第一节 机械加工修复法.....	(29)
第二节 金属热喷涂.....	(31)
第三节 电镀修复法.....	(35)
第四节 粘结修复法.....	(43)
第五节 金属扣合法.....	(48)
第四章 船机拆验.....	(51)
第一节 船用柴油机拆验.....	(51)
第二节 零件与设备的清洗.....	(53)
第五章 柴油机主要件修理.....	(57)
第一节 气缸盖的修理.....	(57)
第二节 气缸套的修理.....	(60)
第三节 活塞、活塞环的修理.....	(62)
第四节 曲轴的修理.....	(66)
第五节 轴瓦的修理.....	(74)
第六节 高压油泵、喷油器的检修.....	(77)
第六章 柴油机装配与台架试验.....	(80)
第一节 柴油机装配.....	(80)
第二节 台架试验.....	(91)
第七章 废气涡轮增压器的检修.....	(97)

第一节	增压器的拆装与校中	(97)
第二节	增压器易损件的修理与更换	(99)
第三节	增压器蜗壳的腐蚀及其修理	(101)
第四节	转子的动平衡试验	(102)
第五节	增压器的常见故障及其处理	(103)
第八章	轴系与螺旋桨的拆装及修理	(106)
第一节	直线校中	(106)
第二节	测力校中	(110)
第三节	合理校中	(111)
第四节	轴系校中的技术要求	(113)
第五节	轴系修理时的校中	(113)
第六节	尾轴的修理	(115)
第七节	尾轴管装置的修理	(117)
第八节	螺旋桨的修理	(120)
第九章	柴油主机在船上的定位与安装	(124)
第一节	主机定位的技术要求	(124)
第二节	主机底座的准备	(124)
第三节	主机定位	(126)
第四节	主机固定	(127)
第十章	系泊试验与航行试验	(129)
第一节	概述	(129)
第二节	系泊试验	(129)
第三节	航行试验	(133)

绪 论

一、课程介绍

船机修造工艺学是研究船舶机械损伤机理、探伤方法、修复措施与拆装技术等的一门工艺课程，是轮机管理专业必修的一门专业课。它着重介绍有关船舶机械修造的工艺基础知识与实用技术。主要内容有船机零件的损伤形式与机理分析。探伤方法、基本修复工艺、柴油机拆验与主要件修理、柴油机装配与座台试验、废气涡轮增压器检修、轴系检修与安装、柴油主机在船上安装以及系泊试验与航行试验等。通过这些内容的学习与实践，可使轮机管理专业学生比较全面地了解我国的修船制度和船机修造工艺技术水平，为将来从事船用机械设备的自修、监修和监造工作打下初步基础。

本课程的基本任务是使轮机管理专业学生掌握船机零件损伤的基本形式与损伤机理的分析方法；了解船机零件缺陷的探伤方法与基本修复工艺；掌握船用柴油机、轴系、主要件检修、船上安装和试验等工艺过程。

船机修造工艺学牵涉的知识面广、实践性强，在修造船过程中得到广泛的应用。

二、我国的修船制度

船舶修理是保证船舶正常营运的重要环节。修船的目的就是恢复或维持船舶的技术性能及强度，使船舶处在良好的技术状态下运行，符合船舶安全营运的条件，以取得船舶检验部门颁发的航行证书。

根据我国海洋船舶检修制度，船舶修理一般可分为预防性检修、定期的计划修理和航次修理。

1. 预防性检修

船舶的预防性检修是指在船务公司机务部门监督和本船船长领导下，根据船舶预防检修项目、要求和检修周期等有关规定，分别由大副和轮机长组织本部门船员利用航行或在港间隙时间，对船舶机械和设备所进行的日常预防性维修保养工作。

预防性检修的目的是保持船舶机械和设备的良好技术状态、及时发现和消除营运中产生的故障、保证计划修理间隔期、提高船舶营运率和降低营运成本。

2. 航次修理

航次修理是指利用船舶营运中的间隙时间(包括航行、移泊、装卸货、停泊等)，由航修站或修船厂负责，船员配合，对影响船舶正常营运或航行安全的机械损耗部位进行的修理工程。

航次修理范围包括因发生各种海损或机损事故所引起的事故修理工程。凡属于船舶检验范围的事故修理项目必须报请验船部门进行检验。

3. 定期的计划修理

定期的计划修理是根据船舶机电设备的运行时间和检修间隔期，结合中华人民共和国船舶检验局制订的《海上营运船舶检验规程》中关于“定期检验项目”的规定，而必须进行的厂修工程。计划修理范围包括坞修和检修。

1) 坞修

船舶要求定期进入船坞（或船排）进行坞内检验，检查水线以下船体外壳，清除船壳上的水草和贝类水生物，除锈并油漆船体，检查螺旋桨、尾轴及尾轴管装置、舵系以及通海阀系统等的使用情况。

坞修间隔期。对于客船一般为一年，对于货船及其他用途船舶一般不超过两年。如果船体水线以下部分刷涂高效防腐油漆或装有认可的有效防腐面装置，则上述坞修间隔期可以再延长半年。

2) 检修

根据船舶检验局有关“船舶入级和保持入级的特别检验”的要求，应定期对船体、机械、锅炉、电气等设备进行全面检查，了解机械设备各部分磨损、腐蚀、损坏程度及其使用情况，及时进行较大工程项目的修理、更换，以保证船舶安全航行。

特别检验间隔期一般均为四年（自船舶建造入级或前一次特别检验完毕之日算起）。对于实行循环检验制的船舶，其特别检验间隔期可为五年。

三、船舶维修工程的发展

现代的船舶维修工程是以船舶维修理论为基础的系统工程，国外称为船舶可靠性和可维修性工程学。船舶维修理论是应用概率论和数理统计方法研究船舶系统和设备的故障规律、可靠性和可维修性等。

可靠性是反映产品可靠和耐用程度的一种性能。船舶可靠性是指船舶系统和设备在规定的使用条件下和规定的时间内，保持和恢复其良好技术状态的能力。

可维修性是船舶设计时赋予船舶设备的一种固有属性。船舶可维修性是指在海洋环境条件下使用的船舶设备，在维修等级和维修种类所规定的维修时间内，按照规定的维修程序和维修方法进行维修时，保持和恢复船舶所能完成规定功能的能力。

船舶维修理论研究了船舶系统和设备的故障规律，提出了船舶维修的三种基本形式，即定时维修、视情维修和事后维修。

定时维修是按照预先规定的检修间隔期和检修范围而进行的计划性维修。由于定时维修方式所进行的拆卸、检查、修理或更换只能做到间歇性、阶段性的监控，难于捕捉故障出现的征兆和时机。因此，定时维修方式对于预防突发性的随机故障往往是无效的。复杂系统和设备的某些故障是随机的，维护与修理的对策是：在设计上采用裕度设计、防护装置、损伤容限等方法加以解决；在管理中采用工况监测技术，及时诊断故障的征兆，防止功能性故障的发生。

视情维修的含义是：对于一个具体维修项目不预先规定固定的检修间隔期，而是根据对项目的技术状态监测和诊断潜在故障等视情资料的分析，确定该项目的最佳检修期（即决定何时进行维修最为合适）。视情维修发挥设备的最大效益，做到“需要维修时才进行维修”，有效地减少维修过失。维修理论认为：有些磨损性故障在临近发生功能性故障之前，其潜在故障状态是可以检测的。视情维修方式就是通过对故障发展状态的不断监测，在出现潜在故障时予以修理或更换，以防止功能性故障的发生。视情维修方式适用于具有缓慢进展的磨损性故障项目。实现视情维修的先决条件是：必须进行视情设计。如在设备上设置检查孔，平时可不拆卸机器进行内部检查，给定机器设备正常运行状态的各种性能参数指标，以及标准图谱和临界参数等；采用先进可靠的故障诊断与工况监测技术。

事后维修是指在系统或设备中发生某些故障后才进行该项目的维修、更换的修理方式。

事后维修方式只能适用于故障后果不直接危及整个系统或设备的安全性、使用性的那些非重要项目。

船舶维修理论在修船生产中的应用,促进了我国修船体制的改革和修船事业的发展。现代船舶维修工程的发展趋向主要反映在以下几个方面。

1. 由传统的经验维修逐渐转向现代的科学维修

传统的船舶维修活动仅局限于船舶使用阶段的使用、维修、再使用、再维修,直至报废。采用单一的定时维修方式,不论设备或机件的具体技术状态如何,都必须按规定的检修间隔期对机器设备进行全面的拆卸、检查、修理或换新,以预防故障发生。长期实践表明:这种单一的定时维修方式容易造成维修过失。例如:当机器设备仍处于较好工作期而按定时维修间隔期规定又必须进行不适当的全面换修时,由于维修引起的早期故障和人为因素差错等,不但不能恢复设备良好的技术状态,反而有可能造成机件过失损坏或降低设备的使用性能。而现代的科学维修,则是从船舶寿命全过程的观点出发,研究船舶系统和设备的故障规律,进行维修论证、可靠性和可维修性设计、可维修性检验、维护与修理、淘汰处理等过程组成的全寿命船舶维修活动。在定期计划维修的基础上进行设备的故障诊断与工况监测,开展视情维修,作到需要维修时才进行修理,提高机器可靠性和使用寿命。

改革修船制度,确定了“养、修并重,预防为主”的修船方针,采用航次修理和计划修理的两级修船制,并开展了循环检修和循环检验的试点工作。

循环检修是根据船舶的技术状态,按机器设备的磨损程度,趁船舶在港装卸货时间,要求船厂检修几个项目,下次进港时再轮换检修其他几个项目。如此循环进行检修,通常就不需停航修理,使船舶经常处于良好的技术状态,提高了船舶营运经济效益。

循环检验。船舶的特别检验按规定每四年至五年进行一次,以往都将特别检验项目安排在进厂修船时一起进行而循环检验则是将特别检验的全部项目分散安排到不同时期内进行,如利用每年的航次修理检验一些项目,且保证每个项目每隔四年、五年循环检验一次。这就减少了因检验而造成的停航时间,有效地提高了船舶营运率。

2. 推广应用先进的故障诊断与工况监测技术

监测技术主要有:无损检测、性能趋向分析、振动分析和油液分析等技术。

1) 无损检测。早期的无损检测技术主要是采用磁力探伤、超声波探伤、射线探伤等手段检查机器零部件的损伤、缺陷。随着科学技术的进步,相继出现了一些无损探伤新技术,如光导纤维技术、声发射技术、激光全息摄影技术等检测新方法已进入实用阶段。

2) 性能趋向分析。通过检测机器设备的主要性能参数(如温度、压力、速度、功率、油耗率等主要性能参数)的变化趋向对设备的运行技术状态进行分析。具体的做法是利用传感器扫描各个检测点,将测出的参数与该参数的标准值相比较,用求出的实际偏差值进行分析。也可利用计算机系统综合处理各种输入数据,指出机器故障发生的部位以及继续使用的期限。性能趋向分析是目前船用柴油机故障诊断与监测的基本方法之一。

3) 振动监测。机器在运转时总要产生振动和噪声,不同技术状态下所发生的振动信号总是不同的,可以利用振动信号对机器设备的故障情况进行诊断和监测。例如,为了监测船用柴油机活塞缸套配合偶件的严重磨损或拉缸故障,需要判断活塞与缸套之间的配合间隙状态。从分析活塞撞击气缸套引起机身振动的振动信号传递特性和振动激励源分析的结果可知,工程上可利用柴油机机身振动信号来代表缸套的振动特征。当活塞与缸套的配合间隙变

化时，机身和缸套的振动加速度功率谱图特征将发生有规律的变化，该变化特征可以作为判断活塞与缸套间隙状态的指标，从而诊断出柴油机活塞与缸套的严重磨损或拉缸故障。

4) 油液分析。对于摩擦副采用油液润滑的机械，由于摩擦副磨损产生的磨粒都存在于润滑油中，而磨粒的性质、形状、尺寸和数量等因素又与机械设备的运行技术状态直接相关。因此，通过对润滑油中的磨粒进行定性与定量分析，可以判断出机械设备的工作状态和故障情况。目前应用较多的油液分析方法有光谱分析法、铁谱分析法和磁塞法。

3. 修船新工艺、新技术的应用

1) 发展水下维修技术、使船舶某些坞修工程项目不必进坞便可维修。如水下检验、清洗、除锈、油漆、拆卸、焊接等新工艺的应用，可使坞修间隔期延长到四、五年。

2) 发展船上就地维修技术，便于海上维修和海损抢修。例如，国外有些公司生产的某些维修专用设备，可在船上对柴油机的一些易损零件进行常规的维修加工，并可获得足够的加工精度。如镗缸机、磨阀机等。

3) 实现坞修作业机械化，提高坞修综合效益。坞修机械化主要包括涂装机械化和大型零件拆装及起吊机械化两个方面。如坞壁式脚手架、无支脚高空作业车、高压水清洗、喷砂除锈、高压无气喷漆等可实现机械化操作，使坞修时间大大缩短。

4) 形成全球性的专业化维修服务中心和备件供应网络，提高维修效益。世界各大港口都建成许多修船专业化服务公司和专业维修站，主要从事增压器、调速器、油泵油嘴、曲轴、螺旋桨、液压系统、导航设备、自动化控制设备等专业化修理及零配件供应。由于专业分工细、工人技术熟练、专用设备和专用工具配备齐全，则加快修船速度，提高修理质量，深得广大船东的支持和信任。

第一章 船机零件的损伤

因为船机零件工作条件不同，所以会发生各种不同形式的损伤。船机零件的损伤通常分为三类：磨损、机械损伤和腐蚀。研究这些损伤的机理了解损伤的情况，其目的是为了在使用和管理工作中，尽量避免和减少这些损伤；在检修船机的时候，通过分析零件损伤的原因，提出修复这些损伤零件的方法，以及防止这些零件再发生类似损伤所应该采取的措施。

第一节 磨 损

一、磨损的机理

看上去很光滑的零件表面，在高倍的电子显微镜下面会显现出凹凸不平的本质，那些微小的凸出部分称为微凸体。当两个零件表面接触时，有些摩擦学专家把它们形容为好比是一个刷子反过来放在另一个刷子上面，实际接触的面积很小。通常实际接触面积与名义接触面积之比只有 $10^{-2} \sim 10^{-5}$ 。因此，当两个接触着的零件表面承受法向载荷时，在接触点上的压强实际上是非常大的。当两个零件表面相对运动时，在接触点上的瞬时温度实际上比零件平均温度高得多。这就是我们研究磨损机理的基本出发点。

零件表面的磨损往往是由几个机理不同的磨损作用共同施加于零件表面所造成的结果。这些磨损作用之间还相互影响，在不同条件下相互促进或相互制约。这些磨损作用主要有：粘附磨损、磨粒磨损、疲劳磨损和腐蚀磨损。现分述如下。

1. 粘附磨损

当摩擦面之间发生相对运动时，各个实际接触点上的氧化膜将被压碎和切掉，发生纯净金属本体之间的接触，由于压强很大，两种金属原子之间的距离就可能达到金属内部原子之间的距离，于是两种金属就粘结在一起了，或者说是冷焊成一体了。当摩擦面继续相对运动时，粘结点就有一个长大的过程，周围的金属继续发生塑性变形和弹性变形。当粘结面积达到最大值以后，在粘结点上又开始了一个撕裂的过程，直到两者完全断开。

当粘结点断开的时候，如果粘结强度低于两种金属的拉伸强度，那么两种金属就互不粘附，也就是说从哪个面上粘结上去就从哪个面上断开。如果粘结强度高于其中一种软金属的拉伸强度，那么就会把软金属撕下来一块粘附在硬金属表面。有些学者用显微摄影技术直接观察磨屑的生成过程时发现，实际上两个摩擦面是互相粘附的，并且在运动过程中经过多次的互相粘附，使粘附物象滚雪球一样越滚越大。当直径增大到0.1mm左右时，就突然脱落下来而形成磨屑。

粘附磨损是一种剧烈的磨损，由于两摩擦面之间互相撕裂、剥落，所以磨损量很大。在实际工作中，千万要设法避免粘附磨损的发生。因为粘附磨损发生时就意味着严重损伤事故的出现，如咬缸、齿轮齿面或凸轮表面剥落等。

粘附磨损是否会发生以及粘附磨损量的大小主要决定于组成摩擦副的两种金属表面性质的配合，摩擦表面的温度以及周围介质的成分与性质等。表面性质的配合，主要是指它们的晶体组织、晶体取向以及表层理化性质的配合。粘附磨损量与两种金属之间的可溶性没有直接关系。

2. 磨粒磨损

当两个摩擦表面相对运动时，互相交错的微凸体之间将互相切断，或者是硬材料的微凸体在软材料表面上刨出一条槽，或者说犁出一条沟，这些微切削过程就称作磨粒磨损。磨粒磨损常发生于两个新零件的初生表面以及有磨粒参加摩擦的情况下。磨粒在零件表面移动，两个摩擦面相互作用，称作二体磨粒磨损。磨粒进入摩擦表面之间，形成三个摩擦体相互摩擦的形式，称作三体磨粒磨损。如图 1-1 所示。

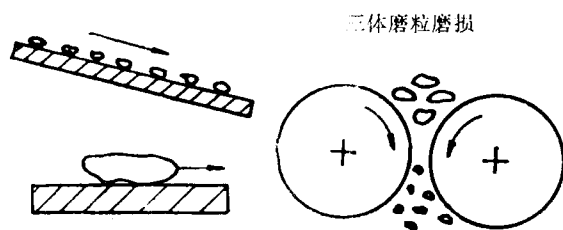


图1-1 磨粒磨损

三体磨粒磨损的磨损量通常比二体磨粒磨损更大。在实际工程中遇到的通常都是三体磨粒磨损，它是一种剧烈的磨损，严重时还会把零件表面划伤，必须严防。磨粒来自摩擦副本身的磨屑或者是由外面侵入的灰渣粒等杂质。

磨粒磨损量的大小主要决定于零件本身的硬度以及磨粒的数量和硬度等。当零件的硬度比磨粒的硬度高出 3 % 时，磨粒磨损量将显著减少。

3. 疲劳磨损

疲劳磨损是由交变载荷的作用而产生的。在滚动摩擦和滚动——滑动复合摩擦的零件表面上，最容易发生疲劳磨损。

在交变载荷的反复作用下，摩擦表面先发生晶格间的位错，位错的积累造成晶格的滑移，进一步产生微裂，（参看图 1-3）由于润滑油的挤压作用和电化学腐蚀作用等，微裂不断扩展，最后发生微粒的脱落，便形成了疲劳磨损。对疲劳磨屑进行测量的结果，发现了它的大小与该摩擦面上微凸体的实际间距相对应的，所以说，疲劳磨损是微凸体逐步疲劳脱落的结果。

疲劳磨损不是一种剧烈的磨损。疲劳磨损受环境污染和温度的影响很大，相同的摩擦副在不同工作条件下的疲劳磨损量可能相差 100 倍以上，可见电化学腐蚀在微裂的产生与裂纹的扩展中所起的作用是很重要的。

4. 腐蚀磨损

实际工作中的摩擦，通常都是在具有一定介质的条件下进行的。所以说，磨损的过程实际上也是一个化学反应的过程。目前人们掌握的摩擦表面上的化学反应有几百种。摩擦面上的氧化膜被挤碎和切掉以后，就暴露了零件的基体组织，于是基体组织中的金属或者其他合金成分立即与介质发生化学反应，很快地又形成了新的氧化膜，然后再挤碎、切掉、反应、

形成……周而复始，零件的基体组织就损耗了，这就是腐蚀磨损。

腐蚀磨损不是一种剧烈的磨损，在干摩擦的情况下，氧化膜还往往对摩擦面起一种隔离作用，防止了粘附磨损的发生，防止了零件剧烈的损伤，所以有人把摩擦表面上的化学反应称为腐蚀润滑，而不是腐蚀磨损。当机器跑合的时候，腐蚀磨损也往往表现为人们需要的有用的磨损，它可以更快地提高摩擦表面的光洁度，加速摩擦面之间形成良好的配合。但是，在低速强载的机械中，如果润滑剂中的减磨添加剂使用不当，就会造成磨损量较大的腐蚀磨损，这就是它有害的一面。

腐蚀磨损量的大小主要决定于摩擦表面的温度，零件材料和介质的理化性质等。

上面简单地介绍了几种磨损作用的机理。这里应该强调一下，就是摩擦表面的温度对这几类磨损作用都有很重要的影响。当温度变化时，金属表面的晶格排列会发生变化，硫、氯、氧等各种元素在表面的浓度也会发生变化，金属的表层结构也发生变化。这些变化对摩擦、磨损造成了非常复杂的影响。

试验的洲际导弹可以很准确地击中目标，这标志着力学的发展已经进入了一个比较成熟的阶段。但是摩擦学的发展还远远没有达到这个阶段，还不能准确预告未来。比如说，已知一个摩擦副的所有参数和条件：运动形式和速度、载荷的性质和大小、材料的成分和理化性质、表面形貌和表层结构、间隙的大小和形状、介质的成分和理化性质等。现在还不能用计算的办法得知它经过一定工作时间以后的磨损结果。这主要是由于在整个磨损过程中，影响的因素错综复杂，可能出现的变化也实在太多了。要想预知摩擦副工作一段时间以后的磨损结果，现在只能用模拟试验的办法去推测。在模拟条件中最重要的是摩擦状态的模拟。

二、磨损过程曲线

在正常工作条件下磨损的船机零件，其磨损量与工作时间的关系都符合图 1-2 所示的磨损过程曲线。

OA 段为磨合期，表示摩擦副的磨合过程。新造或修复后零件的初生表面上还留有高低不平的加工刀痕，实际接触面积很小，实际压强很大，摩擦表面的温度很高，不容易建立连续的润滑油膜，却容易发生粘附磨损和磨粒磨损等剧烈磨损的情况，所以单位工作时间的磨损量比较大。

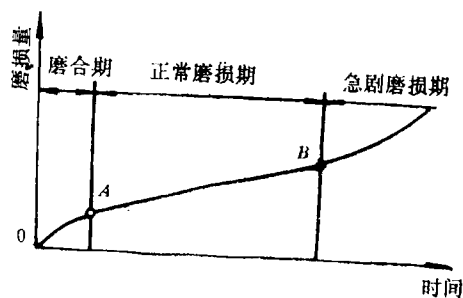


图1-2 磨损过程曲线

AB段为正常磨损期。经过磨合期以后，零件表面上的一些峰尖已被磨去，摩擦表面的光洁度有所提高，两摩擦表面之间有了较好的配合，实际接触面积增大，实际压强减小，有利于润滑油膜的建立。而且摩擦面上形成了一定的冷作硬化层和比较稳定的氧化膜，改善了表面的理化性质。因此，单位工作时间的磨损量进入了正常、稳定的阶段。

BC段为急剧磨损期。经过长期磨损以后，间隙增大，往往还带有一定的偏磨损，容易产生振动和冲击负荷，使润滑油膜遭到破坏，摩擦表面的温度增高，造成了磨损的加剧。

在机器跑合时，通常有下面的要求：

- 1) 跑合的时间尽可能短，这样可以节油、省工并获取更多的营运时间。
- 2) 零件的磨耗尽可能少，以提高零件的使用寿命。

3) 摩擦面的磨合质量尽可能高, 以保证机器的工作经济、可靠。

为了达到上述目的, 跑合时通常采取下列措施:

1) 轻载低速。可以减少实际接触面上压强, 降低摩擦面上的温度, 避免发生过于剧烈的磨损, 使摩擦面上逐步形成性能良好的冷作硬化层和稳定的氧化层。如果采用强载高速, 易使摩擦面遭到破坏性损伤。

2) 供应充足的滑油。它能充分冷却, 避免过热, 并带走磨屑。

3) 降低滑油的粘度, 并减少滑油中的减磨添加剂, 使油膜减薄, 促进轻微磨损, 加快磨合的进程。

4) 滑油中加入活性很强的添加剂。柴油机跑合时可以燃用高硫量 (1%) 的燃油, 促进腐蚀磨损, 以加速提高摩擦面的光洁度。

5) 在必要的场合可以加入磨合剂。例如磨阀。

三、提高零件耐磨性的一些措施

提高零件的加工精度和表面光洁度, 以及在零件面形成一层耐磨层或减磨层, 都可以在相同条件下工作的摩擦副的磨损量大为减少。现举例如下:

1) 提高零件加工的几何精度, 特别是提高表面光洁度, 减磨效果显著。柴油机的十字头销是一个很好的例证。

2) 在零件表面上镀铬, 提高零件表面的硬度来增强耐磨性, 并用松孔镀铬来改善它的润滑条件, 是一种传统的减磨措施, 在轴颈、活塞环、气缸套、凸轮等零件上经常采用。此外钼、铈、镍等镀层也有很好的耐磨性。

3) 用电刷镀在轴承表面镀一层很薄的钨, 可以大大改善轴承的表面性质, 减少轴承的磨损。

4) 用等离子喷涂在柴油机排气阀或活塞头上喷一层陶瓷或金属陶瓷, 可以有效地防止烧蚀并提高它的耐磨性。

5) 用渗碳、渗氮、渗硅、渗硼、等化学热处理方法, 可以在零件表面形成一层理化性能很好的表层, 有效地提高零件的耐磨、耐腐、耐疲劳的能力。

6) 用氧——乙炔喷涂在零件表面上喷一层钴镍合金, 可以大大提高零件的耐磨性和耐蚀性。不但能用在各类机器的轴颈上, 而且能用在挖泥船的铰刀和抓斗的爪子等磨损条件极端恶劣的零件上。

7) 在滑油中加入优质的减磨添加剂, 可以使零件的磨损量大幅度下降, 例如以聚四氟乙烯空心微粒为主要成分的《908-4》型减磨添加剂, 在船机润滑中取得了很好的减磨效果, 值得推广应用。

8) 采用新型的耐磨材料, 当然是提高零件耐磨性的一个主要途径。如目前推广的水润滑轴承材料赛龙, 用作舵承和尾轴承时, 都显示了优异的耐磨性。

第二节 机械损伤

船机零件主要由于机械作用而引起的损伤, 统称为机械损伤。主要有: 裂纹与断裂、弯曲、扭曲与红套滑移、脱皮、擦伤与凹槽等。

一、裂纹与断裂

船机零件工作时内部存在着各种应力,有机械负荷产生的机械应力、热负荷产生的热应力、制造加工时留下的残余的内应力、安装时产生的预应力等,这些应力叠加起来形成零件的总应力。当总应力大于零件的屈服极限时,零件就要变形,大于强度极限时零件就要破坏。如果总应力是随着时间而周期变化的交变应力,那么即使总应力值比较小,但是经过多次的循环作用以后,也会使零件产生疲劳裂纹,疲劳裂纹发展的结果就是疲劳断裂。

据统计,疲劳断裂约占断裂零件总数的80%以上。而且船机零件的疲劳断裂往往会扩大成为非常严重的机损事故。比如说,连杆疲劳断裂会使活塞、气缸盖、气缸套和曲轴同时受到牵连而损伤。尾轴的疲劳断裂会使螺旋桨掉入海底,使船舶丧失动力。因此我们防范的重点应该是疲劳断裂。

在交变载荷的作用下，零件表面晶体由于切应力的作用而发生晶格错位，错位的积累便形成晶格的滑移，在表面上形成了凸起与凹陷，如图 1-3 所示。凹陷再进一步扩张便产生了与表面成 45° 角的微小裂纹，裂纹又经过一段时间的发展，达到一定的深度。在交变载荷的继续作用下，裂纹沿着与最大应力垂直的方向扩展，于是零件的实际断面不断缩小，最后因承受不了外载而突然断开。最后的断面与零件表面也成 45° 角。裂纹的扩展往往需要较长的时间，有一个缓慢发展的过程。

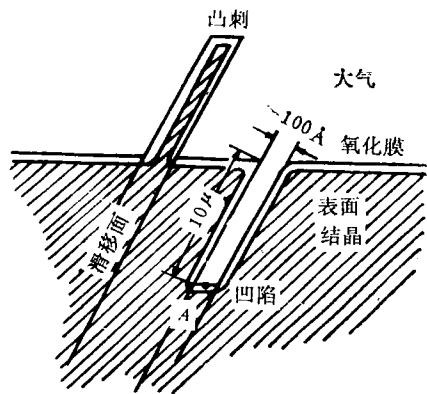


图1-3 凸刺与凹陷示意图

在零件的形状和断面发生变化的部位最容易形成应力集中，如曲轴曲拐的内圆角，尾轴键槽的前端等部位。有砂眼、气孔、夹渣等缺陷存在的部位，也要形成应力集中。微小的疲劳裂纹往往先从这些应力集中的部位产生，所以通常把这些首先产生疲劳微裂的部位称为“疲劳源”。

由此，我们知道了零件的疲劳断裂有这么两个特点：

- 1) 往往起源于“疲劳源”。
- 2) 有一个缓慢发展的过程。

我们掌握了疲劳断裂这样两个特点，就应该在检修机器零件的时候对各处可能成为“疲劳源”的部位进行仔细的检查或探伤，如发现微小疲劳裂纹，就要对零件进行更换或修复，有效地防止疲劳断裂事故的发生。

零件承受交变负荷的大小，与机器设备的振动情况往往有着密切的关系。零件承受的交变负荷过大，往往是由于机器发生某种共振而引起的。因此，如果发现某零件经常发生疲劳破坏，首先应从机器设备的振动方面去找原因，振动消除了，零件很可能就保住了。当然，用滚压和化学热处理等方法来提高零件本身的疲劳强度，也会产生一定的效果。

二、其他形式的机械损伤

1. 弯曲

船机零件在正常运转时是不容易变弯的。只有在事故中违反装卸、运输、安放和修理等

操作规程时才会使零件弯曲。如发生咬缸事故,会使曲轴撞弯;螺旋桨触礁,会把尾轴撞弯。曲轴在吊运过程中,各个曲拐必须用夹具紧固好,否则就会变弯。活塞杆和增压器转子备件在安放时,必须竖放并扎紧,否则也会变弯。轴类零件在焊接、热处理、热喷涂过程中,也必须慎防弯曲。

2. 扭曲与红套滑移

在咬缸与螺旋桨触礁等事故中,曲轴和尾轴不但会被撞弯,而且会在冲击性扭矩的作用下发生扭曲以及曲轴红套处发生滑移。如果红套技术不佳,没有形成足够的箍紧力,在正常运行中也会发生红套滑移。在扭转共振所产生的交变切应力的反复作用下,曲轴和尾轴有时也会被扭断。

3. 脱皮

零件表面的电镀层、喷涂层、化学渗透层等表层的理化性质与基体金属的理化性质总有差别的,再加上施工前表面预处理不好或工艺措施不当等原因,也会使表面层与基体的结合强度降低。在交变载荷与冲击性载荷的作用下,往往会使表面层脱落,脱落部分又形成磨粒,进一步使零件表面加剧磨损成擦伤。

4. 擦伤与凹槽

当硬质颗粒进入摩擦表面时,往往会在零件表面上造成擦伤。如断裂的活塞环在气缸套表面、磨粒在柱塞、套筒表面和轴颈、轴承表面所造成的擦伤。没有锁好的活塞销产生轴向移动时,会在缸套表面磨出一条凹槽,密封装置的橡皮圈往往在防蚀衬套上磨出凹槽等。

第三节 腐 蚀

据统计,全世界每年因腐蚀而损耗的金属在1亿吨以上,约占全世界金属年产量的10%,这个数字是相当惊人的。但是作为一个轮机员加强防腐措施的意义还远远不于此。因为对于船舶运输来说,腐蚀掉一些金属所造成的损失是很小的,由于零件腐蚀破坏而被迫停航所造成的损失则很大,由于容器或管道烂穿而发生中毒、触电、火灾和爆炸等重大事故时,损失就更大了。因此轮机员必须对各个易腐蚀部位勤加检查,被腐蚀的零件要及早更换或修复,避免上述的损失。

腐蚀通常是指金属零件与周围介质发生电化学反应而引起的破坏和变质。破坏是指零件的形状和尺寸的变化,如厚度减薄、腐蚀凹坑、孔穴、裂纹和烂穿等,变质是指晶体结构、理化性能和机械性能的变化。

一、腐蚀原理

1. 电化学反应

任何反应如能分为两个(或更多个)氧化和还原反应,就叫作电化学反应。如盐酸和锌的反应是:



这个反应实际上是由锌的氧化反应和氢的还原反应所构成的。



价数增高或产生电子的反应称为氧化反应或阳极反应,价数降低或消耗电子的反应称为