

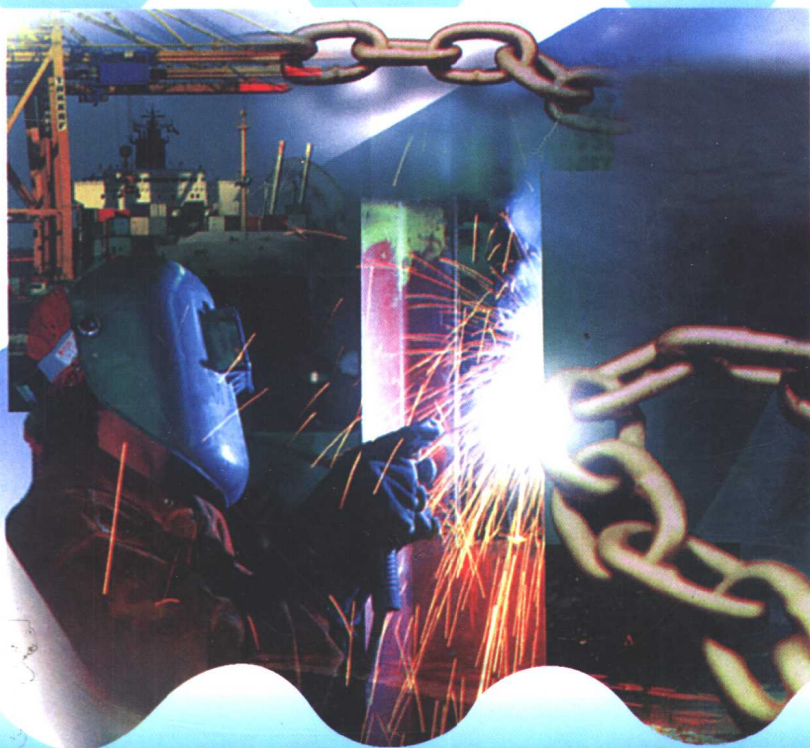
海船船员适任考试培训用书



中国航海学会船舶机电专业委员会组织编写

# 轮机维护与修理

满一新 主编



大连海事大学出版社

海船船员适任考试培训用书

中国航海学会船舶机电专业委员会组织编写

# 轮机维护与修理

满一新 主编

大连海事大学出版社

## 内 容 提 要

《轮机维护与修理》一书是依据中华人民共和国港务监督局1998年2月公布的《海船船员适任考试和评估大纲》编写的,为海船轮机长和轮机员适任证书考试培训用书之一。

本书着重介绍船舶主、副柴油机主要零件的损坏形式、损坏机理及其检修工艺。内容包括:船机故障与维修、磨损和腐蚀等的损坏机理;船机零件缺陷检验和船机故障诊断技术、修复工艺;柴油机、增压器、轴系和舵系的主要零件的检修等。

《轮机维护与修理》一书作为贯彻《STCW 78/95 公约》而新增设的考试科目“轮机维护与修理”用书,除供轮机长和轮机员考证培训外,还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/满一新主编. —大连:大连海事大学出版社,2000.3

海船船员适任考试培训用书

ISBN 7-5632-1371-6

I. 船… II. 满… III. ①船舶机械-保养 ②船舶机械-船舶修理 IV. V672

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 11010 号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116026 电话 4728394 传真 4727996)

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

大连理工大学印刷厂印装

大连海事大学出版社发行

2000年5月第1版

2000年5月第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:17

字数:424千字

印数:0001—5000册

责任编辑:程策群

封面设计:王 艳

定价:30.60元

# 序

在世纪之交,中国航海学会船舶机电专业委员会又一次不失时机地积极倡导、精心组织轮机界的学者和专家推出这套《海船船员适任考试培训用书》,将它奉献给 21 世纪以及日夜奋战在海洋运输战线上的广大船员,这是一件令人称道的大好事。

《海船船员适任考试培训用书》符合经 1995 年修正案修正的《1978 年海员培训、发证和值班标准国际公约》(STCW78/95 公约),满足中华人民共和国海事局于 1998 年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》(简称“新大纲”)的要求,由具有丰富教学经验和实践经验的教授、专家所撰写。应该说,这套系列丛书已是第三版了,它的前两版《高级船员适任证书考试用轮机培训教材》,分别在 1989 年和 1993 年出版,先后数十次在轮机员培训中使用,深受广大船员及考试、发证单位的欢迎和赞许,许多分册一经问世即被购置一空,以致多次重印。几年中,各分册先后印刷 1.3 万册至 2.6 万多册,平均每分册印刷 2 万余册,全书总印量约 18 万册之巨。

作为第三版的《海船船员适任考试培训用书》正是在前两版的基础上,以原作者为主体编写而成。它由十个分册组成,分别是:《轮机长业务》、《船舶主推进动力装置(船舶柴油机)》、《船舶辅机》、《船舶电气》、《轮机自动化》、《轮机维护与修理》、《船舶管理》、《轮机工程基础》、《轮机英语》和《机工业务》。与前两版比较,在丛书的组成上做了这些变更:将原先的《轮机管理》一书分成两册:《轮机长业务》和《船舶管理》,借以增强轮机长所需知识的广度的深度;新增了《轮机维护与修理》和《机工业务》两本书;删去了《造船大意》一书。

调整改编后的这套培训用书,充分保持了前两版教材的较好的针对性、适用性和系统性,篇幅适中,简明易懂,以及理论与实际密切结合的特点,并根据近年来轮机技术和轮机管理的发展变化,以往教学中发现的问题和不足,对全书的内容进行精选、调整、充实和更新,对文章结构进行推敲和雕琢,做到了有一定的深度而不艰涩,有必要的广度而不琐乱,主次分明,详略得宜。使得这套培训用书,在整体上更好地体现了“新大纲”的要求,在知识体系上更具针对性,在内容上更具适用性和先进性,因而也就更具科学性、实用性和易读性。它无论是对海船轮机人员的考试培训,还是对考试、发证单位的命题,以及对船员的业务学习和提高都是大有裨益的。

在本书出版之际,我作为该书前两版的编委会主任委员,对此额手称庆,相信它一定会像前两版一样,受到广大船员和读者的关心、爱护和支持,并期望成为大家的良师益友。

钱耀鹏

1999 年 8 月

# 海船船员适任考试培训用书编委会

(按姓氏笔画为序)

主任委员 吕登有

副主任委员 刘德洪 刘福生 孙培廷 林建清  
袁林新 殷佩海

委 员 毛道彬 史际昌 刘建军 刘宗德  
许乐平 朱 峰 陆卫东 芦庆丰  
李玉平 李 凯 李忠华 李明昌  
李成玉 吴树雄 吴 恒 杜荣铭  
时培育 陈景杰 金以铨 郑为民  
郑凤阁 徐正兴 钱耀鹏 钱 闵  
郭祖平 顾宣炎 费 千 黄海波  
韩秀廷 谢群威 满一新 詹玉龙  
蔡振雄

## 前 言

为适应经 1995 年修正案修正的《1978 年海员培训、发证和值班公约》(STCW 78/95 公约)及中华人民共和国海事局 1998 年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》的实施和要求,中国航海学会船舶机电专业委员会组建了海船船员适任考试培训用书编写委员会,选聘有丰富教学经验和实践经验的教授、专家为各本书的主编。编委会对各本书的编写大纲进行了审定。

这套船员考试培训用书有较强的针对性、适用性、先进性,符合船员考试和评估大纲要求,篇幅适中,取材切题,联系实际,简明扼要,适用于海船轮机人员适任考试培训用,对船员的业务学习也有参考价值。

这套系列丛书共分十册:轮机长业务、船舶主推进动力装置(船舶柴油机)、轮机工程基础、船舶辅机、船舶电气、轮机自动化、轮机维护与修理、船舶管理、机工业务、轮机英语。

本套系列丛书在编审、出版和征订工作中得到中华人民共和国海事局、各航运企业、大连海事大学出版社等单位的关心和大力支持,特致谢意。

海船船员适任考试培训用书编写委员会

## 编 者 的 话

《轮机维护与修理》一书是应中国航海学会船舶机电专业委员会之邀,在交通部高等海运院校轮机管理专业的统编教材《船机维修技术》的基础上编写的。不仅符合《海船船员适任考试和评估大纲》的要求,而且与高等海运教育联系密切,并融入了编者多年的教学成果与经验。本书内容丰富,具有实践性、针对性和指导性,深入浅出、文字流畅、配图清晰,便于自学。

全书由满一新教授编写,吴恒教授主审,王宏志、孙建波、吴大中等参加了工作,全书插图由吴大东工程师描绘。

书中不妥之处诚盼指正。

编 者

1999.12

# 目 录

	轮机长		二、三	
	大管轮	管轮	A	B
<b>第一章 船机故障与维修</b> .....	1	✓	✓	✓
<b>第一节 船机故障</b> .....	1	✓	✓	✓
一、故障分类.....	1	✓	✓	✓
二、故障发生前的征兆.....	2	✓	✓	✓
三、故障模式.....	3	✓	✓	✓
四、故障规律.....	3	✓	✓	✓
五、故障的人为因素.....	4	✓	✓	✓
<b>第二节 现代船舶维修</b> .....	5	✓	✓	✓
一、维修科学.....	5	✓	✓	
二、现代预防维修.....	6	✓	✓	
三、可靠性与可维修性概念.....	7	✓	✓	✓
<b>第三节 船舶维修工作</b> .....	9	✓	✓	
一、船舶维修工作内容.....	9	✓	✓	
二、船舶修理.....	10	✓	✓	
<b>第四节 船舶维修保养体系</b> .....	13	✓	✓	
一、CWBT 的理论基础与维修方针.....	14	✓	✓	
二、CWBT 的主要内容.....	15	✓	✓	
三、CWBT 的操作.....	16	✓	✓	
<b>第二章 船机零件的摩擦与磨损</b> .....	17	✓	✓	✓
<b>第一节 摩擦</b> .....	17	✓	✓	✓
一、摩擦表面.....	17	✓	✓	✓
二、摩擦.....	19	✓	✓	✓
<b>第二节 磨损</b> .....	21	✓	✓	✓
一、磨损概念.....	21	✓	✓	✓
二、磨损机理.....	24	✓	✓	✓
<b>第三节 活塞环与气缸套的摩擦磨损</b> .....	26	✓	✓	
一、摩擦形式.....	26	✓	✓	
二、气缸套的正常磨损.....	26	✓	✓	
三、气缸套的异常磨损.....	27	✓	✓	
四、活塞环与气缸套的磨合.....	28	✓	✓	
五、减少气缸套磨损的途径.....	31	✓	✓	
<b>第四节 曲轴和轴承的摩擦磨损</b> .....	31	✓	✓	
一、曲轴与轴承的摩擦.....	31	✓	✓	
二、曲轴和轴承的磨损.....	32	✓	✓	



		A	B	A	B
<b>第三章 船机零件的腐蚀</b> .....	33	✓	✓	✓	✓
<b>第一节 化学腐蚀</b> .....	33	✓	✓		
一、化学腐蚀 .....	33	✓	✓		
二、柴油机零件的化学腐蚀 .....	34	✓	✓		
三、防止化学腐蚀的措施 .....	34	✓	✓		
<b>第二节 电化学腐蚀</b> .....	34	✓	✓		
一、电化学腐蚀原理 .....	35	✓	✓		
二、船上常见的电化学腐蚀 .....	36	✓	✓		
三、防止电化学腐蚀的措施 .....	36	✓	✓		
<b>第三节 穴蚀</b> .....	37			✓	✓
一、柴油机气缸套的穴蚀 .....	37			✓	✓
二、燃油系统零件的穴蚀 .....	39			✓	✓
三、轴瓦与螺旋桨的穴蚀 .....	40			✓	✓
<b>第四章 船机零件的疲劳破坏</b> .....	41	✓	✓	✓	✓
<b>第一节 疲劳破坏</b> .....	41	✓	✓	✓	✓
一、疲劳破坏的种类 .....	41	✓	✓	✓	✓
二、疲劳破坏的机理 .....	42	✓	✓	✓	✓
三、高温疲劳和热疲劳 .....	44	✓	✓		
<b>第二节 气缸盖和曲轴的疲劳破坏</b> .....	46	✓	✓		✓
一、气缸盖的疲劳破坏 .....	46	✓	✓		✓
二、曲轴的疲劳破坏 .....	47	✓	✓		
三、防止或减少疲劳破坏的措施 .....	48	✓	✓	✓	✓
<b>第五章 船机零件的缺陷检验与船机故障诊断</b> .....	50	✓	✓	✓	✓
<b>第一节 船机零件的缺陷检验</b> .....	50	✓	✓	✓	✓
一、船机零件缺陷的一般检验 .....	50			✓	✓
二、船机零件的无损检验 .....	51	✓	✓	✓	
<b>第二节 船机故障诊断</b> .....	60	✓	✓	✓	✓
一、概述 .....	60	✓	✓	✓	✓
二、故障诊断技术 .....	62	✓	✓	✓	✓
<b>第六章 船机零件的修复工艺</b> .....	69	✓	✓	✓	✓
<b>第一节 船机零件修复原则</b> .....	69	✓	✓	✓	✓
一、零件修复的意义与原则 .....	69	✓	✓	✓	✓
二、磨损零件的修复原则和磨损极限标准 .....	70	✓	✓	✓	✓
三、修复工艺的选择 .....	70	✓	✓		
<b>第二节 机械加工修复</b> .....	72			✓	✓
<b>第三节 电镀工艺</b> .....	73	✓	✓		
一、电镀 .....	73	✓	✓		

		A	B	A	B
二、电刷镀 .....	76	✓	✓		
第四节 热喷涂工艺 .....	78	✓	✓		
一、热喷涂工艺的种类和特点 .....	78	✓	✓		
二、粉末火焰喷涂 .....	79	✓	✓		
三、粉末火焰喷熔 .....	80	✓	✓		
第五节 焊补修理 .....	81			✓	✓
一、焊接 .....	81			✓	✓
二、堆焊 .....	81			✓	✓
三、铸铁零件的焊补 .....	82			✓	✓
四、翻修 .....	82	✓	✓		
第六节 金属扣合工艺 .....	83	✓	✓		
一、金属扣合工艺的种类 .....	83	✓	✓		
二、金属扣合工艺的特点 .....	85	✓	✓		
三、塑性变形修复法 .....	85	✓	✓		
第七节 粘接修复技术 .....	87			✓	✓
一、有机粘接修复技术 .....	88			✓	✓
二、有机胶粘剂在船机上的应用 .....	89			✓	✓
三、无机粘接修复技术 .....	91			✓	✓
第八节 研磨技术 .....	92			✓	✓
一、概述 .....	92			✓	✓
二、船机零件的研磨修复 .....	96			✓	✓
<b>第七章 船机维修过程</b> .....	100	✓	✓	✓	✓
第一节 船舶机械的拆验 .....	100			✓	✓
一、船机拆卸 .....	100			✓	✓
二、拆卸中的检测 .....	103			✓	✓
第二节 维修工作中的专用工具、量具和物料 .....	104	✓	✓	✓	✓
一、主要专用工具 .....	104	✓	✓		
二、主要专用量具 .....	107	✓	✓		
三、检修物料 .....	108	✓	✓		
第三节 清洗 .....	110			✓	✓
一、零件的清洗 .....	110			✓	✓
二、管系的清洗 .....	112			✓	✓
第四节 船舶坞修 .....	114	✓			
一、船坞 .....	114	✓			
二、坞修工程 .....	115	✓			
第五节 船机装配 .....	116			✓	✓
一、装配要求 .....	116			✓	✓

		A	B	A	B
二、装配方法 .....	116			✓	✓
三、装配工作的主要内容 .....	116			✓	✓
四、装配工作中的注意事项 .....	117			✓	✓
第六节 交船试验 .....	117	✓	✓		
一、交验项目 .....	117	✓	✓		
二、系泊试验和航行试验 .....	117	✓	✓		
三、船舶主柴油机的系泊试验和航行试验 .....	119	✓	✓		
<b>第八章 柴油机主要零件的检修</b> .....	123	✓	✓	✓	✓
第一节 气缸盖的检修 .....	123	✓	✓	✓	✓
一、气缸盖裂纹的检修 .....	123	✓	✓	✓	✓
二、气缸盖气阀座面的检修 .....	126	✓	✓	✓	✓
第二节 气缸套的检修 .....	126	✓	✓	✓	✓
一、气缸套磨损检修 .....	127	✓	✓	✓	✓
二、气缸套裂纹的检修 .....	129	✓	✓	✓	✓
三、拉缸 .....	131	✓	✓	✓	✓
第三节 活塞的检修 .....	133	✓	✓	✓	✓
一、活塞的损坏与检修 .....	133	✓	✓	✓	✓
二、活塞的验收 .....	137	✓	✓		
第四节 活塞环的检修 .....	138	✓	✓	✓	✓
一、扫气口检查 .....	138	✓	✓	✓	✓
二、活塞环的损坏与检修 .....	138	✓	✓	✓	✓
三、轮机员配换活塞环工艺 .....	143	✓	✓	✓	✓
四、验收活塞环 .....	144	✓	✓		
第五节 活塞销与十字头销的检修 .....	144	✓	✓	✓	
一、活塞销的检修 .....	144			✓	✓
二、十字头销的检修 .....	145	✓			
第六节 活塞杆填料函的检修 .....	146	✓	✓		
一、活塞杆填料函的结构 .....	146	✓	✓		
二、活塞杆填料函检修 .....	147	✓	✓		
第七节 曲轴的检修 .....	147	✓	✓	✓	✓
一、曲轴损伤的检修 .....	148	✓	✓	✓	✓
二、曲轴臂距差 .....	152	✓	✓	✓	✓
三、主轴承高度的判断 .....	159	✓	✓		
四、曲轴的验收 .....	163	✓	✓		
第八节 轴承的检修 .....	164	✓	✓	✓	✓
一、轴承的损坏形式 .....	165	✓	✓	✓	✓
二、轴承的检测 .....	166	✓	✓	✓	✓

		A	B	A	B
三、轴瓦的修理 .....	169	✓	✓	✓	✓
四、轴承下瓦的更换 .....	169	✓	✓		
第九节 精密偶件的检修 .....	171			✓	✓
一、精密偶件的主要损坏形式 .....	171			✓	✓
二、精密偶件的检验 .....	173			✓	✓
三、精密偶件的修理 .....	175			✓	✓
第十节 气阀的检修 .....	175	✓	✓		
一、气阀的损伤 .....	175	✓	✓		
二、气阀磨损检修 .....	176	✓	✓		
第十一节 重要螺栓的检修 .....	177	✓	✓		
一、连杆螺栓的检修 .....	177	✓	✓		
二、贯穿螺栓的检修 .....	178	✓	✓		
三、底脚螺栓的检修 .....	179	✓	✓		
第十二节 船舶管系的维修 .....	180			✓	✓
一、船舶管系的构成 .....	180			✓	✓
二、船舶管系的维修 .....	184			✓	✓
第九章 增压器和船舶轴系的检修 .....	187	✓	✓		
第一节 废气涡轮增压器主要件的检修 .....	187	✓	✓		
一、涡轮壳体腐蚀的检修 .....	187	✓	✓		
二、轴承的检修 .....	189	✓	✓		
三、叶片与气封装置的检修 .....	190	✓	✓		
四、增压器振动检修 .....	192	✓	✓		
五、增压器的拆装与校中 .....	193	✓	✓		
六、航行中增压器损坏后的应急措施 .....	199	✓	✓		
第二节 船舶轴系 .....	200	✓	✓		
一、船舶轴系的种类 .....	200	✓	✓		
二、轴系理论中心线的确定 .....	202	✓	✓		
三、轴系工作条件及故障 .....	204	✓	✓		
第三节 轴系状态的检验 .....	204	✓	✓		
一、轴系修理前的检查 .....	204	✓	✓		
二、轴系校中状态的检查 .....	204		✓		
三、轴系状态的调整 .....	209	✓	✓		
第四节 船轴的检修 .....	210	✓			
一、船轴 .....	210	✓			
二、船轴的检修 .....	211	✓			
第五节 尾轴管装置的检修 .....	213	✓			
一、尾轴管装置 .....	213	✓			

	A	B	A	B
二、水润滑尾轴管装置的检修 .....	216	✓		
三、油润滑尾轴管装置的检修 .....	219	✓		
第六节 中间轴承和推力轴承的检修 .....	222	✓		
一、中间轴承的检修 .....	222	✓		
二、推力轴承的检修 .....	222	✓		
第七节 螺旋桨的检修 .....	224	✓		
一、螺旋桨 .....	224	✓		
二、螺旋桨的检修 .....	227	✓		
三、螺旋桨修后的检验 .....	229	✓		
第八节 舵系的检修 .....	232	✓	✓	
一、舵系结构和舵的种类 .....	232	✓	✓	
二、舵系故障及检修 .....	233	✓	✓	
三、舵系校中 .....	235	✓	✓	
第十章 船舶主柴油机在船上的安装 .....	237	✓		
第一节 机座的安装 .....	237	✓		
一、机座定位的技术要求 .....	237	✓		
二、装机座的准备工作 .....	238	✓		
三、机座的校中工艺 .....	241	✓		
四、机座的固定 .....	244	✓		
第二节 机架、气缸体和贯穿螺栓的安装 .....	245	✓		
一、机架的安装 .....	245	✓		
二、气缸体的安装 .....	245	✓		
三、贯穿螺栓的安装 .....	246	✓		
第三节 固定件相互位置的校中 .....	246	✓		
一、固定件相互位置的技术要求 .....	246	✓		
二、拉线法校中工艺 .....	246	✓		
第四节 活塞运动部件的平台检验 .....	249	✓		
一、活塞运动部件相对位置的技术要求 .....	249	✓		
二、活塞运动部件的平台检验 .....	249	✓		
第五节 活塞运动部件在船上的校中 .....	252	✓		
一、活塞运动部件校中技术要求 .....	252	✓		
二、活塞运动部件校中 .....	252	✓		
三、活塞运动部件的失中 .....	256	✓		
主要参考资料 .....	259			

# 第一章 船机故障与维修

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。

轮机员在船上工作时,经常会遇到船机零件失效和各种船机设备的这样或那样的故障。轮机员除了日常的和定期的维护管理工作外,还需进行失效零件更换、故障排除等检修工作及不可避免的进厂修理。因此,提高对故障与维修的认识及维修水平是现代船舶对轮机员的要求,也是做好现代船舶轮机管理的基础。

## 第一节 船机故障

故障是指船舶系统、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。故障是可靠性与可维修性研究的对象,是维修科学研究的内容。

### 一、故障分类

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、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、制造和良好的维修提供重要的信息资料。

#### 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。

(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规定:货船不超过6h,客船不超过2h。

(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 或称二次故障,是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。

(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、故障发生前的征兆

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,防患于未然。

### 三、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。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异,还与产品的设计、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,便可评价和鉴定产品的可靠性。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。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。

### 四、故障规律

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”关系,称故障率规律曲线,如图 1-1 所示。

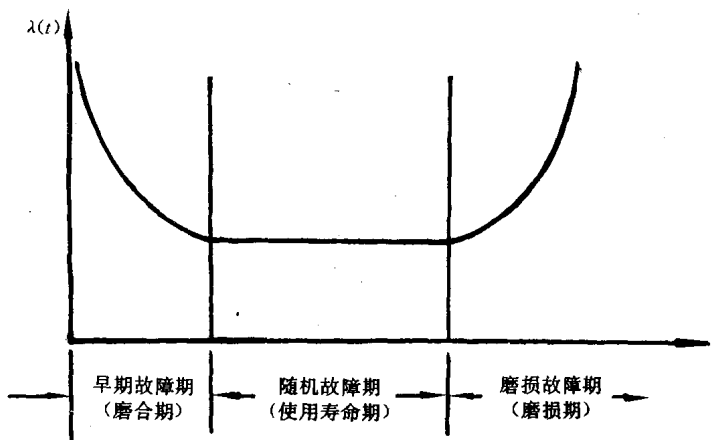


图 1-1 故障率规律曲线(浴盆曲线)

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

又称磨合期,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

或称偶然故障期,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

或称晚期故障期,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,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 1-2 所示的五种故障率曲线。

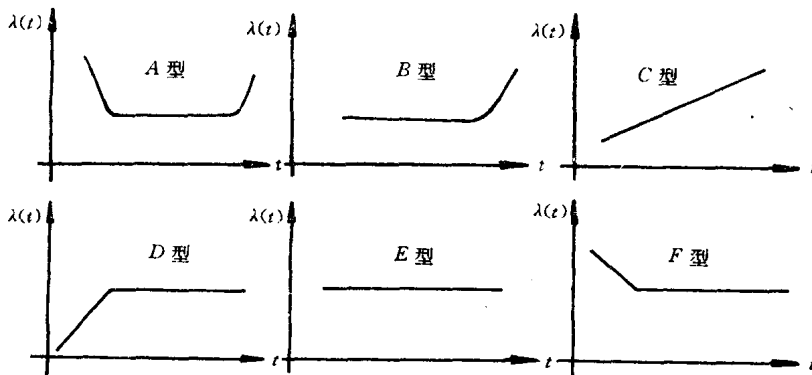


图 1-2 各种故障率规律曲线

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。

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。

## 五、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。目前船舶动力装置的可靠度大大提高,出现了自动化无人机舱等现代化的船舶,但船机故障仍是不断,每年因海损和机损事故造成重大损失。

统计资料表明,船舶海损、机损等事故的原因,约 80% 是人为因素造成的。船员素质低,不