

轮机概论

主编 ◆ 臧爱清



大连海事大学出版社
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS

轮机概论

主编 臧爱清

大连海事大学出版社

© 臧爱清 2017

图书在版编目(CIP)数据

轮机概论 / 臧爱清主编. — 大连: 大连海事大学出版社, 2017.8

ISBN 978-7-5632-3520-9

I. ①轮… II. ①臧… III. ①轮机—概论 IV.

①U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 192606 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

大连华伟印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2017年8月第1版

2017年8月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm

印张:9.25

字数:226千

印数:1~2000册

出版人:徐华东

责任编辑:杨 森

责任校对:王 琴

封面设计:解瑶瑶

版式设计:解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3520-9 定价:30.00元

前 言

随着我国贸易量的增加,海上交通运输已经受到广泛关注。与此同时,船舶设备正向智能化和自动化方向快速发展,这也对船舶从业人员提出了更高要求。而船员作为海上运输的主要力量,保持船舶安全有效的运营不仅需要他们熟悉本岗位要求的设备,还要对船舶其他设备有一定的了解。

《轮机概论》作为轮机设备的简要介绍,在此前已出版过,但近年来船员培训机构数量越来越多,尤其是电子电气员培训的设置,给船员培训也带来了更多的方向,但是,中、高职院校在学员培训期间,培训时间相对较短,学员缺少对船舶的整体认识和实践机会。由此《轮机概论》一书的意义更为重要。

本书主要针对中、高职航海技术专业 and 电子电气员专业学员对轮机知识的了解。在编写过程中,作者吸收了现有的轮机内容,让航海技术、电子电气员专业的学生更多地了解整个机舱的工作环境、设备和人员组成。删除部分特种船舶设备的内容,将更多篇幅用以说明船舶典型设备,并增加船舶安全用电方面和部分现代船舶的先进技术的内容,希望能借此提高学员对轮机设备的安全使用和未来发展的关注。

本书在编写过程中得到很多老师的帮助,在此,特别感谢大连航运职业技术学院牛成金船长、潘华轮机长给予的大力支持。大连科技学院的李德清老师参与编写了船舶液压与甲板设备一章,借此也对他表示感谢。

鉴于时间和篇幅等方面的因素,本书的编写还不够完善,缺点和不妥之处在所难免,希望同行不吝指正。同时也希望各位专家和同仁给予更多的支持和帮助。

编 者

2017.5 大连

目 录

第一章 轮机管理基础	1
第一节 轮机概述	1
第二节 轮机及电气人员组成及职责	4
第三节 船舶动力装置的主要性能指标	8
第二章 船舶动力装置与推进装置	11
第一节 柴油机工作原理与主要类型	11
第二节 柴油机工作系统	18
第三节 柴油机操纵系统	22
第四节 柴油机运行管理	28
第五节 船舶推进装置系统	32
第六节 侧推系统	40
第三章 船舶辅助设备	44
第一节 船用泵简介	44
第二节 齿轮泵	46
第三节 离心泵	48
第四节 活塞式空气压缩机	50
第五节 船舶海水淡化装置	54
第六节 船舶制冷与空调	59
第七节 船舶辅锅炉	64
第四章 船舶液压与甲板设备	69
第一节 液压元件	69
第二节 液压舵机系统	96
第三节 甲板机械.....	100
第五章 船舶通用系统	105
第一节 船用管系.....	105
第二节 舱底水系统.....	109
第三节 压载水系统.....	112
第四节 消防系统.....	115
第五节 日用海淡水系统.....	121

第六节 通风系统.....	123
第七节 船舶减摇系统.....	125
第六章 船舶电气与船舶安全管理	129
第一节 船舶电力系统.....	129
第二节 船舶电源装置.....	132
第三节 船舶配电装置.....	136
第四节 安全用电.....	137
参考文献	140

第一章 轮机管理基础

第一节 轮机概述

随着国际贸易的发展和船舶建造技术的提高,特别是船舶装备和配套设备的快速发展,现代海上运输船舶正向自动化、专业化和大型化的方向发展。传统的驾驶和轮机概念正逐步淡化,部门之间交叉工作越来越多,对船员的素质要求也越来越高。作为船舶驾驶人员和电子电气员以及未来的船长,只有充分了解船舶设备,才能更好地操纵和管理船舶。而轮机作为船舶的动力核心,有必要对其有一个全面的了解。

一、轮机的概念

船舶动力在其发展史上,经历了以人力、风力、蒸汽机、柴油机等作为推进手段的发展历程。其中1807年以蒸汽机作为推进动力机械的“克莱蒙特”号的建成,标志着船舶以机械作为推进动力的时代到来。那时船舶的推进是靠蒸汽机带动一个大部分露出水面的桨轮推进装置,人们称之为“明轮”,而把装有明轮的船称为“轮船”,把产生蒸汽的锅炉和驱动明轮转动的蒸汽机等成套设备称为“轮机”。所以当时的“轮机”仅是推进设备的总称。

随着科学技术的进步,当代船舶增设和完善了各种系统,如船舶电站、起货机械、冷藏和空调装置、淡水系统、压载和消防系统等。这使得“轮机”所包含的内容也愈加丰富。简而言之,轮机是为了满足船舶航行、各种作业、人员的生活、人员和财产安全等各种需要所设置的全部系统及其设备的总称。同时,在工程上称轮机为船舶动力装置。

二、轮机的组成

现代船舶实际上已成了海上移动的“现代化城市”,如图1-1所示。运营船舶除了要应对各种复杂多变的外部环境和自身可能产生危险,还要能完成各种特定的作业并满足人员居住和生活。而轮机的作用就是产生机械能、热能、电能和其他形式的能量以完成上述功能。机舱是船舶的心脏,也是这座“城市”能源和动力的源泉。

现代轮机工程是为满足船舶的各种功能,把设备或部件结合进各种系统的系统工程。故不能把轮机理解为在机舱中或甲板上机械设备的简单组合。由此,根据组成船舶轮机的各种系统、机械和设备所起作用的不同,可以将其分为以下几个部分:

(1) 主推进装置——推动船舶航行的系统,包括主机及附属系统、传动设备、轴系和推进器等。

(2) 辅助装置——产生各种能量供应船舶航行、作业和生活的需要。包括船舶各种泵、辅

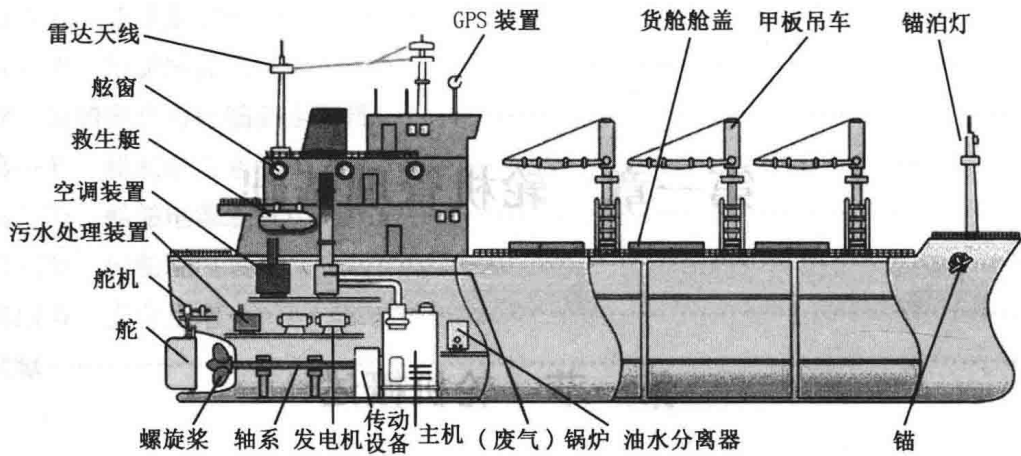


图 1-1 船舶装置示意图

锅炉、海水淡化装置、压缩空气系统等。

(3) 液压与甲板设备——确保船舶工作能力的设备,包括锚机、舵机、装卸货设备以及其他满足船舶各种专用功能的设备、这些设备能满足船舶正常的靠离港、装卸货物以及其他用途。

(4) 船舶通用系统——保证船舶生命力和船上人员正常生活的设备,包括舱底水系统、监视及灭火系统、通风系统、空调系统、制冷系统、生活水系统等。

(5) 防污染设备——能够有效、环保地处理船舶产生的各种垃圾的系统,包括油水分离系统、生活污水处理系统以及焚烧炉等。这些系统及设备能有效地处理船舶生活场所及工作场所产生的各种污染物,保证船舶不会对大气及海洋产生污染。

(6) 船舶电气设备——保证船舶电力有效运行的设备。包括供电系统、配电系统、照明系统、通导系统等。

(7) 特种设备——为某些特种船舶而设计、装备的系统,如油船的原油/海水洗舱系统、浮式储油船的端点系泊系统、惰性气体系统,挖泥船的泥浆抽吸系统,集装箱船的侧推器系统,大型客轮减摇装置等。

三、船舶推进装置分类

在轮机管理中通常把为船舶行进提供动力的设备称为“主推进动力装置”。船舶主推进动力装置无论从重要程度还是制造成本来看,都处于最显著的地位。因此,船舶动力装置一般按主机的类型进行分类,具体如下:

(1) 蒸汽机船——以往复式蒸汽机作为主机的船舶。目前只有少数的大型油船或化学品船及军用船舶采用汽轮机作为主推进装置。

(2) 柴油机船——以柴油机作为主机的船舶。柴油机经济性好、安全可靠,目前绝大多数商用船舶采用这种动力装置。

(3) 燃气轮机船——以燃气轮机作为主机的船舶。只在少数商船上得以应用,但在军用舰艇上应用较广。

(4) 特种动力推进船——以特种动力装置为主机的船舶。特种动力装置是指在特种用途船舶上应用或正在研究发展的动力装置,如高速船上的喷水推进装置、正在研究的燃料电池推

进装置等。

(5)核动力船——利用核燃料在反应堆中发生裂变反应放出的巨大热能,加热水产生蒸汽供汽轮机驱动螺旋桨工作的船舶。因此在商船上应用甚少,主要用于军用舰艇上。

(6)联合动力装置——将上述几种动力装置联合加以使用,作为船舶的推进装置称为联合动力装置。联合动力装置的型式有蒸燃联合、柴燃联合、燃燃联合等。但这几种联合动力装置在商船上应用极少。

在主推进动力装置定型后,船舶的推进就是靠推进器来完成,按照推进器的形式船舶可以分为:

(1)螺旋桨船——以螺旋桨为推进器的船舶。作为现代船舶常用的推进器型式,常见的有定距桨船和调距桨船两种。

(2)平旋推进器船——以平旋轮为推进器(又称为直翼推进器)的船舶。其特点是:主机不需反转,操纵性能特别好,但推力小、推进效率低、结构复杂。仅用在特种船舶和操纵性能特别高的船上。

(3)明轮船——以安装在船舶两舷或船尾的明轮为推进器的船舶。现代船舶使用比较少。

(4)喷水推进船——利用船内水泵自船底吸水,将水流从喷管向后喷出,从而获得动力来推进的船舶。

(5)喷气推进船——将航空用的喷气式发动机装在船上以供推进动力用的船舶。

四、对船舶动力装置的要求

各种船舶动力装置虽存在着类型、传动方式及航区等条件的不同,但对一些基本性能却有着共同的要求。对于船舶动力装置的要求主要表现在可靠性、经济性、机动性、重量和尺寸等方面。另外,船舶的续航力和生命力也是营运船舶需要考虑的主要因素。

生命力是指船舶在船机发生故障的情况下最大限度地维持工作的能力。续航力是指船舶不需要补充任何物资(燃油、滑油、淡水等)所能航行的最远距离和最长时间。它是根据船舶用途和航区确定的。为了满足船舶续航力的要求,船上必须设有足够的油、水舱柜和其他设备。

除了以上的要求外,还要求动力装置寿命长,便于维护管理,有一定的自动化程度,振动轻、噪声小,同时能满足国家和国际相关海事机构制定的规则和规范。

五、船舶机舱自动化等级和主机遥控

1. 船舶机舱自动化等级

随着造船工业的发展,船舶机舱的自动化程度越来越高,为了表示船舶机舱自动化程度,中国船级社(CCS)给不同自动化等级的机舱设立了附加标示:

AUT-0——推进装置由驾驶室控制站遥控,机器处所包括机舱集中控制室(站)周期无人值班;

MCC——机舱集中控制室(站)有人值班对机电设备进行监控;

BRC——推进装置由驾驶室控制站遥控,机器处所有人值班。

需要强调的是,所有具有自动化等级附加标示的入级船舶的安全性,应与机电设备有人直

接看管的船舶相同,并应有措施保证当自动化系统失效时,能在机旁对机电设备进行有效的人工操作。

由于现代控制系统的完善和控制设备的可靠工作,机舱可以在较长时间内无须有人值班。这种在一定时间内无人值班的机舱,称为无人机舱。中国船级社(CCS)无人机舱的附加标志为AUT-0;英国劳氏船级社(LR)无人机舱的附加标志为UMS(Unattended Machinery Space)。目前新造的远洋船舶基本都采用了无人机舱,为了在机舱设备无人照看期间确保机舱设备和船舶的安全,无人机舱的船舶必须具备以下基本功能:

- (1)能在驾驶室和集控室对主机进行遥控;
- (2)辅助机械设备能在集控室进行遥控,其中有些设备还要能进行自动切换;
- (3)机械设备的运行参数能够自动控制;
- (4)对主机和辅助机械运行参数进行集中监测、记录、报警及故障保护;
- (5)能够提供应急电力,包括自动启动备用发电机,自动实现同步并车、负载转移及解列,自动启动应急发电机向基本设备供电和提供应急照明等;
- (6)能够进行机舱及全船火警探测和自动灭火。

在具有上述全部功能或主要功能的基础上,根据设备的可靠程度,可以实行8 h、16 h或24 h无人机舱。在实行无人机舱的船舶上,轮机长房间和轮机员房间都设有对主要运行参数进行故障报警和故障显示的装置。轮机员除了定期到机舱巡视检查外,不需要到机舱值班。只要把转换开关转到值班轮机员房间,值班轮机员在房间内就可以监视机舱内各种主要机械设备的运行情况。如果发生故障或出现不正常现象,由值班轮机员下机舱进行必要的处理。

2. 主机遥控

主机遥控是指离开机旁在驾驶台或集中控制室对主机进行远距离操纵的一种方式。按照所遥控利用的能源,主机遥控系统可以分为全气动方式、全电气方式以及气—电混合式三种。

全气动方式遥控系统的控制元件结构简单,动作可靠,便于维护管理,并具有较强的输出功率。但对气源的要求较高,否则气动元件可能由于脏堵、锈蚀、卡阻等原因产生误动作。此外,因为空气的可压缩性和流动阻力,气动元件的响应速度较慢,当气压信号传递距离较远时,会出现较大的滞后现象。

全电气方式遥控系统信号的远距离传递迅速、元件体积小、结构紧凑、保养工作量大、能实现较复杂的逻辑控制功能,特别是便于采用单片机或微型计算机控制,以实现更加完善的控制功能。但是这种系统的工作性能可能会受温度和电气干扰,同时要求管理人员具有较高的电气管理水平。

气—电混合式遥控系统综合了前两种控制系统的优点,比较受欢迎,是目前应用较多的控制方式。

第二节 轮机及电气人员组成及职责

一、船舶人员组织机构

远洋货轮一般都在万吨以上,全船人员一般定员19~24人。船员组织结构分为甲板部

(包括事务部)、轮机部。每个部门内部都有明确的岗位分工。

(1)甲板部——主要负责船舶航海、船体保养和船舶营运中的货物积载、装卸设备、航行中的货物照管;主管驾驶设备包括导航仪器、信号设备、航海图书资料和通信设备;负责救生、消防、堵漏器材的管理;主管舱、锚、系缆和装卸设备的一般保养;负责货舱系统和舱外淡水,压载水和污水系统的使用和处理。

(2)轮机部——主要负责主机、锅炉、辅机及各类机电设备的管理、使用和维护保养;负责全船电力系统的管理和维护工作。

(3)事务部——主要负责全船人员的伙食,生活服务和财务工作。

二、轮机及电气人员组织机构及成员的基本职责

轮机部人员分为三个级别:管理级、操作级和支持级。其中,管理级岗位有轮机长、大管轮,操作级岗位有二管轮、三管轮、电子电气员,支持级岗位有值班技工、电子技工等。

1. 轮机长

轮机长是全船机械、动力、电气(无线电通信导航和甲板部使用的电子仪器除外)设备的技术总负责人,同时也是船舶的主要领导。

(1)负责制定本船各项机电设备的操作规程、保养检修计划、值班制度、贯彻执行各项规章制度,保证安全生产。

(2)负责组织轮机员、电机员、冷藏员制订修船计划、编制修理单和预防检修计划,组织、领导修船,进行修船工作的验收。

(3)负责燃油、润滑油、物料、备件的申领,造册保管和合理使用,节约能源,降低成本。

(4)负责保管轮机设备的证书、图纸资料、技术文件,及时报告船长申请检验。

(5)经常亲自检查机电设备的运行情况,调整不正常的运行参数。检查和签署轮机日志、电机日志。指导相关轮机员或自己填写油类记录簿。

(6)培训和考核轮机人员。

(7)在发生紧急事故时指挥机舱人员进行抢修和抢救工作。

(8)监督和签署轮机员、电机员的调任交接工作。

2. 大管轮

大管轮是轮机长的主要助手。在轮机长的领导下进行工作,轮机长不在时代理轮机长的职务。大管轮负责领导轮机部人员进行机电设备管理、操作、保养和检修工作,教育所属人员严格遵守工作制度、操作规程和劳动纪律。保证轮机部的各种规章制度正确执行,保证按时完成轮机部的航次计划和昼夜计划工作。

(1)负责维持机舱秩序。对机舱、工作间、材料间、备件工具及机电设备的整洁进行监督和检查。防止锈蚀、损坏和遗失,负责组织轮机部各舱室的油漆工作。

(2)负责保持轮机部有关安全的设备。如应急舱底阀、燃油应急开关、机舱水密门、安全阀、机舱灭火设备、起重设备、危险警告牌、重要的防护装置等经常处于可靠状态,定期进行必要的检查试验。并负责指导有关人员熟悉正确的管理和使用方法。

(3)负责管理主机、轴系及为主机直接服务的辅机。并负责管理舵机、冷藏设备,贯彻执行操作规程,并对操作管理方法随时提出改进意见,经轮机长批准执行。不设电机员的船舶,还应负责其管理设备的电气部分的维修和保养工作。

(4)负责编制本人管理的机械设备的计划修理单、航次修理单和自修计划。审核和汇编其他轮机员的修理单和自修计划,并维护机舱的安全。

(5)负责综合轮机部的预防检修和自修计划,在轮机长批准后执行。

(6)负责贯彻执行轮机部备件和物料的定额制度。及时收集、综合并审查工具、备件、物料的申领单提交轮机长核定。

(7)负责保管本人使用过的技术文件、仪器、工具等。

(8)负责安排航行及停泊时的检修工作,组织领导检查、清洁、油漆工作。

(9)监督轮机部一般船员的交接工作。

3. 二管轮

在轮机长和大管轮的领导下进行工作,管理发电原动机及其机械设备、机舱内部分辅机和轮机长指定由他负责的其他设备。

(1)负责指定本人主管的机械设备的预防检修计划,进行检查、测量及修理,记载并保管修理记录簿。不设电机员的船舶,还应负责其管理设备的电气部分的维修和保养工作。

(2)负责编制本人主管的机械设备的计划修理单和航次修理单,提交大管轮审核,修理期间,协助监工,验收并参加自修工作。

(3)负责本人主管的机械设备的备件和专用物料的申领、验收和报销,妥善保管,防止锈蚀、损坏或遗失。

(4)负责加装燃油(驳油),进行燃油的测量、统计和记录工作(外派船一般由三管轮负责)。

(5)负责保管拨交本人使用的技术文件、仪器、工具和备件等。

(6)在航行时轮值航行班。停泊时,领导由大管轮指派的人员进行检修工作,并与大、三管轮轮流留船值班。

4. 三管轮

在轮机长和大管轮的领导下工作。负责管理甲板机械及泵、救生艇、应急救火泵、油水分离器、焚烧炉、空调机、辅锅炉及其附属设备和轮机长指定的其他辅机和设备。

(1)负责制订本人主管的机械和设备的预防检修计划,进行检查测量及修理,记载并保管修理记录簿。不设电机员的船舶,还应负责其管理设备的电气部分的维修和保养工作。

(2)负责编制本人主管的机械设备的修理计划、修理单和航次修理单,提交大管轮审核。

(3)负责本人主管的机械设备的备件和专用物料的申领、验收和报销,监督妥善保管,防止锈蚀、损坏或遗失。

(4)负责保管拨交本人使用的技术文件、仪器、工具和备件等。

(5)在航行时值航行班,停泊时领导由大管轮指派的人员进行检修工作,并与大、二管轮留船值班。

5. 电子电气员

电子电气员在轮机长的领导下,领导电子技工进行工作。负责船舶电力系统,电机、自动检测报警和控制装置、船舶通信设备、助航设备和全船其他电子电气设备的维护和保养。

(1)负责管理、维护和保养船舶发电机、电动机、电力系统及其自动化控制装置;负责维护和修理船舶主机遥控及安全保护系统;负责维护和修理船舶内部通信系统,火警系统和烟雾探测系统、电气仪表、船体外加电流阴极保护装置、海水防海生物装置,船舶避雷装置;负责维护

和修理空调系统及全船通风系统的电气部分,厨房生活及控制系统;负责管理和维护船舶正常和应急照明系统、岸电接入装置、24 V 直流系统。

(2) 负责导航、助航设备电气部分的检查、维护和修理;负责各种通信设备的维护和保养,配合船舶驾驶人员完成通信、导航设备的其他维护、保养和测试工作。

(3) 负责船上办公用计算机硬件系统和通用软件系统的检查和修理,负责船上计算机和网络控制系统的维护、故障排除和病毒防控等。

(4) 负责相关设备安全使用规则的制定,经轮机长批准后公布实施。

(5) 日常检查和记录船舶电力系统、电机及其他电子电气设备的运行情况,纠正不正常的工况参数,遇到疑难问题应及时报告轮机长;设备发生事故时,应立即采取有效措施防止事故扩大,及时报告轮机长并查明原因,落实防止事故重复发生的措施。

(6) 做好开航前、到港前的各项准备工作,特别是舵机、锚机、绞缆机、航行灯、无人机舱的遥控装置、各种报警装置等电机(气)设备的工作状态。

(7) 船舶进出港、移泊、抛(起)锚或在备车状态航行时,应在机舱值班。

(8) 拟订电机、电子、电气设备和线路的预防检修计划,经轮机长批准后,按照计划检查、测量和维修,负责记载并保管电机日志和测量修理记录簿。

(9) 拟订主管设备的修船计划,提出航行修理项目,送交轮机长审核;厂修期间,负责发电机、电站重要的电机和电气设备、通信导航设备的监修和验收;负责船舶临时用电的管理;做好自修工作;在重要设备安装或更新时,应亲自在场监督、验收。

(10) 负责保管本人主管设备的技术文件、图纸、说明书和其他技术资料;负责所属设备各类报表的填报、存档。

(11) 在应急情况下,履行应急程序所规定的职责。

6. 值班机工

在大管轮的领导下,负责机舱值班和清洁工作。熟练掌握各种机、电、锅炉,管系阀门管理和操作方法,具有基本的修理技能,能独立进行一般检修工作。

(1) 严格执行航行值班交接班制度及操作规程,确保各设备的正常运行。

(2) 航行中在值班轮机员领导下,进行循环检查,正确调整油位、水位压力温度,发现问题及时排除,并报告值班轮机员。

(3) 负责机电设备的润滑冷却,正确补给足够的燃润油、冷却水和压缩空气,严格执行船舶污水排放的有关规定。

(4) 交班前,必须认真做好机舱地面、管系及设备的清洁工作,认真填写值班日志,0080 - 1200 班替 1600 - 2000 班人员晚餐时值班。

(5) 停泊时,值好锚地或码头班,负责操纵管理发电机组,勤于机舱巡回检查,发现问题时做应急处理并及时报告。

(6) 按照大副的书面通知,正确注入/打出驳油和压载水,并记录起止时间。

(7) 在值班轮机员的指挥下,做好开航前的各项工作。

(8) 及时认真完成维修养护任务,并负责所属工具的保管和清洁工作。

(9) 熟悉机舱应急消防安全设备的使用及操作方法。

第三节 船舶动力装置的主要性能指标

常规的船舶动力装置均属于热能动力装置,如蒸汽动力装置、柴油机动力装置以及燃气轮机动力装置等,热能动力装置是将燃料燃烧产生的热能的一部分转化为机械能的装置。要想对热能动力装置有一个清晰的认识,必须对船舶动力装置的要求和性能指标有一定的了解。

一、船舶动力装置的基本技术指标

基本技术指标是标识动力装置的基本技术性能和结构特性的参数。除了动力装置的重量、体积之外,它包括以下几个指标:

1. 功率指标

为了保证船舶具有一定的航速,要求推进装置提供足够的功率。动力装置的功率是按船舶的最大航速来确定的。随着船舶营运时间的延长,船体水线以下锈蚀或所附着生物的增多,船舶的船体阻力增加,航速下降。为了保持船舶的航速,船舶动力装置的功率应当有储备,要高于桨设计功率的5%~10%。

(1) 船舶有效功率 P_R

船舶有效功率是指推进船舶航行所需功率。如已知船舶的航行速度为 V_S (m/s)、其运行阻力为 R (N),则有效功率:

$$P_R = R \times V_S \times 10^{-3} \text{ kW}$$

P_R 常称为拖曳功率,可以从船模或实船的静水试验中得出。阻力 R ,相当于速度 V_S 拖动船模(或实船)时绳索上的拖曳力。

(2) 主机的输出功率

主机的输出功率即主机的制动功率或主机的有效功率。如果考虑了推进轴系的传动损失,主机的供给功率实际上就是指主机的额定功率:

$$P_e = \frac{P_R}{\eta_P \cdot \eta_S} = \frac{R \times V_S}{\eta_P \cdot \eta_S} \times 10^{-3} \text{ kW}$$

式中: P_e —— 主机额定功率, kW;

η_P —— 螺旋桨效率;

η_S —— 轴系传动效率。

二、重量指标

重量指标通常是相对于主机功率或船舶排水量而言,在一定的排水量下,为了保证船舶有足够的载重量,要求动力装置的重重量轻些为好。但对于排水量相同的船舶,由于彼此的航速不同,所需的总功率也不同,重量指标亦不同。重量指标主要包括以下几个:

1. 主机的单位重量 g_m

主机的单位重量 g_m 是指主机单位有效功率的重量,表达式为:

$$g_m = \frac{G_m}{P_e} \text{ kg/kW}$$

式中: G_m ——主机重量, kg;

P_e ——主机有效功率, kW。

2. 动力装置的单位重量 g_z

动力装置的单位重量 g_z 是指主机单位有效功率所需动力装置的重量, 表达式为:

$$g_z = \frac{G_e}{P_z} \text{ kg/kW} \cdot \text{h}$$

式中: G_e ——动力装置重量, kg;

P_z ——动力装置有效功率, kW。

三、船舶动力装置的经济性指标

1. 柴油机的燃油消耗率 g_e

柴油机的燃油消耗率是指在单位时间内柴油机额定功率所消耗的燃油量, 表达式为:

$$g_e = \frac{G_e}{P_e} \text{ kg/kW} \cdot \text{h}$$

式中: G_e ——柴油机每小时燃油消耗量, kg/h;

P_e ——主机有效功率, kW。

2. 船舶主机日耗油量 G_{De}

船舶主机日耗油量是指主机在 24 小时内的燃油消耗量, 表达式为:

$$G_{De} = P_{Ds} \cdot g_e \times 24 \times 10^{-3} \text{ t/d (吨/天)}$$

式中: P_{Ds} ——主机服务工况下常用功率, kW;

g_e ——主机相应的燃油消耗率, kg/kW · h。

3. 船舶日耗油量 G_D

船舶日耗油量是指每 24 小时全船主机、辅机、辅助锅炉所消耗的燃油总量, 有时也称为船舶日耗油率 (Daily Fuel Consumption), 表达式为:

$$G_D = G_{De} + G_{Dg} + G_{Db} \text{ t/d (吨/天)}$$

式中: G_{De} ——船舶主机日耗油量, t/d;

G_{Dg} ——船舶发电柴油机日耗油量, t/d;

G_{Db} ——船舶燃油辅助锅炉日耗油量, t/d。

4. 船舶每海里燃油消耗率 g_n

船舶每海里燃油消耗率是指船舶航行每海里所消耗的燃油总量, 表达式为:

$$g_n = \frac{G_T}{V_S} = \frac{G_{Te} + G_{Tg} + G_{Tb} + G_{To}}{V_S} \times 10^{-3} \text{ t/n mile}$$

式中: G_T ——船舶每小时燃油消耗量, t/h;

V_S ——航速, kn;

G_{Te} 、 G_{Tg} 、 G_{Tb} 、 G_{To} ——分别表示主机、发电柴油机、燃油辅助锅炉及焚烧炉等其他耗油设备每小时的耗油量, kg/h。

5. 船舶经济航速

经济航速是指船舶营运时能取得某种经济效果的航速, 常用的经济航速有以下几种: 节能航速、最低营运费用航速和最大盈利航速。

(1) 节能航速

节能航速是指每小时燃油消耗量最低时的静水航速,它常由主机按推进特性运行时能维持正常工作的最低稳定转速决定。营运船舶在实现减速航行时,主机所输出的功率大大减少,其每海里燃油消耗率大幅度降低。但航速降低后,营运时间被延长,运输的周转量也少了,故当船舶须实现减速航行时,还应综合考虑企业的货源、运力及完成运输周转量的情况后再次决策。

(2) 最低营运费用航速

船舶航行一天的费用,主要由其固定费用(折旧费、修理费、船员工资、港口驶费、管理费、利息、税金以及船舶停泊期间燃、润油费等)和船舶航行时燃、润油费用构成。最低营运费用航速是指船舶每航行1海里上述固定费用及航行费用最低时的航速,可供船舶及其动力装置的性能评价及选型用。在满足完成运输周转量的前提下,船舶按最低营运费用航速航行,其成本费用最省,但它并未考虑停港时间及营运收入的影响,故不够全面。

(3) 最大盈利航速

最大盈利航速是指每天(或船舶在营运期间)能获得最大利益的航速。此航速的大小,往往与每海里(或千米)运费收入、停港天数及船舶每天支付的固定费用有关。一般在运费收入低、停港时间长、运距短、油价高的情况下,其最大盈利航速相对较小。

第二章 船舶动力装置与推进装置

第一节 柴油机工作原理与主要类型

一、柴油机特点与工作原理

1. 柴油机的定义

机械设备通常可分为动力机械和工作机械两大类。把热能转换成机械能的动力机械称为热机。热机首先通过燃烧将燃料的化学能转化为热能,再通过工质膨胀将热能转化为机械能。如果两次能量转化过程是在同一机械设备的内部完成的,则称之为内燃机;如果两次能量转化过程分别在两个不同机械设备的内部完成,则称之为外燃机。

动力机械的运动机构基本上有两种运动形式,一种为往复式,一种为回转式。柴油机是以柴油或劣质燃料油为燃料、压缩发火的往复式内燃机。这种工作特点使柴油机在热机领域内具有最高的热效率,在船用发动机中,柴油机已经取得了绝对统治地位。

2. 柴油机的主要优缺点

柴油机具有以下突出优点:

(1)经济性好。柴油机有效热效率可达 50% 以上,在所有的热机中热效率是最高的,并能够使用廉价的重油,燃油费用低。

(2)功率范围广。目前使用的柴油机的最低单机功率约为 0.6 kW,最高功率已超过 80 000 kW,并具有生产约 100 000 kW 柴油机的能力。

(3)尺寸小,重量轻,有利于船舶机舱布置。

(4)机动性好。启动方便,加速性能好。有较宽的转速和负荷调节范围,可直接反转,能适应船舶航行的各种工况要求。

(5)可靠性高,寿命长,维修方便。

同时,柴油机也具有以下缺点:

(1)存在机身振动、轴系扭转振动和噪声。

(2)某些部件的工作条件恶劣,承受高温、高压并具有冲击性负荷。

3. 柴油机的基本工作过程

为了使柴油机燃料获得燃烧所需的空气,柴油机就必须具有进气过程。在柴油机中,燃油不是靠外界火源点燃的,而是在高温条件下自行发火燃烧的,所以燃油在进入气缸时空气必须达到足够高的温度,这是通过压缩过程实现的。在压缩终点,将雾化的燃油喷入高温、高压的空气中,就能发火燃烧。燃油燃烧后放出的大量热能,使燃气的温度和压力急剧升高,推动活