



普通高等教育“十五”国家级规划教材

船舶动力装置技术管理

许乐平 詹玉龙 主编

王家绛 主审



CHUANBO DONGLI ZHUANGZHI JISHU GUANLI



大连海事大学出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

船舶动力装置技术管理

许乐平 詹玉龙 主编
王家绂 主审

大连海事大学出版社

©许乐平,詹玉龙 2006

图书在版编目(CIP)数据

船舶动力装置技术管理 / 许乐平,詹玉龙主编. —大连:大连海事大学出版社, 2006. 11
ISBN 7-5632-1919-6

I. 船… II. ①许…②詹… III. 船舶—动力装置—技术管理 IV. U664.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 137349 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮政编码:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

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

大连天正华延彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2006年11月第1版 2006年11月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:18.75

字数:466千字 印数:1~2000册

责任编辑:张宏声 苏炳魁

封面设计:王艳 责任校对:阴洁

定价:30.00元

《船舶动力装置技术管理》教材修订说明

1992年、1999年大连海事大学吴恒教授曾两次主编了《船舶动力装置技术管理》教材,并且,1999年版本教材作为普通高校“九五”交通部重点教材。这两版教材已先后在全国各高校的轮机工程(或轮机管理)本专科教学中使用,培养人数近万人,受到广大读者欢迎,并获得交通部优秀教材奖。根据国际社会对船舶管理人员的知识结构的要求,特别是国际海事组织1995年新修订的《海员培训、发证、值班标准国际公约》(STCW78/95公约)的要求,以及我国海事局为履行国际公约所颁布的相关规定中对船舶轮机人员提出的相关标准,强调关于法规和船舶安全内容是船舶管理人员的知识结构中必不可少的内容。同时,在科学技术飞速发展的今天,最新科技在船舶动力装置中的应用十分广泛并且迅速发展,对船舶轮机工程技术人员提出了新的、更高层次的要求。因此,在交通部科教司的支持下,通过交通部航海类专业教学指导委员会各位专家的深入讨论,在“十五”期间,作为国家级规划教材出版。

本次修订的《船舶动力装置技术管理》教材是按照国际公约的要求和中华人民共和国海事局颁布的《中国海船船员考试和评估大纲》、依据交通部航海类专业教学指导委员会拟订的教学计划,以及面向21世纪航海类专业人才培养方案和教学内容体系改革研究和实践课题的指导性意见的要求,在1999年版大连海事大学吴恒教授主编的《船舶动力装置技术管理》教材基础上修订、编写的。本教材将与船舶轮机管理有关的国际、国内规范和保证船舶安全有关的最新科技成果有机地融入教材内容中,使之满足于21世纪最新形势要求和轮机工程学科教学改革的根本要求。本教材是轮机工程专业本科及专科学生学习时的教材或主要教学参考书。书中突出轮机管理的特点,其内容以船舶安全和防止海洋污染为宗旨,具体体现营运船舶在生产中的具体要求,以及中国海事局对船舶管理技术人员培养的要求,使学生了解科学管理方法,达到掌握船舶安全和效益两者辩证统一关系的目的。

新修订的教材主要以船舶轮机安全管理为主线,以国际社会提倡的“航运更安全、海洋更清洁、运输更便利”为主题思想,阐述轮机管理各环节的技术成分,有机地将现代科技与船舶安全管理融合。本教材充分介绍了人员的管理和轮机工程技术管理之间的联系,强调管理人员的法律意识,突出国际、国家有关海事法规在轮机工程技术管理中的指导作用,起到培养学生树立对船舶、人员安全和防止海域污染意识的重要作用。教材中将行政管理与技术管理两者关系对船舶、人员安全和防止海域污染所起到的重要作用作为本教材的重要内容之一。此外,书中还强调实践性,教材内容与实验和实践训练相结合,提高学生发现问题、分析问题、解决问题的综合能力和应变能力,并培养学生的创造性,保证轮机工程专业学生具备从事工作的基本管理知识,为培养合格的轮机管理人员打下坚实的基础。

本次修订在原来教材的基础上增加了“船舶轮机管理中相关国际公约”、“防止船舶造成海洋污染”和“船舶轮机人员管理”等内容,对原教材中部分内容进行筛选、更新与合并。全书共十二章。除船舶结构和稳性内容外,涵盖了STCW78/95公约中对轮机操作级和管理级船员的强制性标准要求。

本教材由许乐平、詹玉龙两位教授主持修订工作,其中第一章、第八章由许乐平教授编写;

第五章、第七章、第十章由詹玉龙教授编写;第二章、第三章、第十一章由蔡振雄教授编写;第九章、第十二章由陈宝忠教授编写;第四章、第六章由黄连中教授编写。第一章至第六章由许乐平教授统稿;詹玉龙教授负责第七章至第十二章的统稿工作。书中插图由曲宏飞高级实验师绘制。

本教材在编写过程中得到了大连海事大学主机教研室、上海海事大学主机教研室的大力支持。另王家绂教授对本教材的编写提出了宝贵的意见和建议。在此向关心、帮助本教材出版的老师们表示衷心的感谢。

由于编者学识水平有限,书中难免有不当之处,恳请各位读者批评指正。

编 者

2006年9月28日

目 录

第一章 船舶动力装置概论	(1)
第一节 船舶动力装置的组成和类型	(1)
第二节 船舶动力装置的基本要求和性能指标	(4)
第三节 机舱布局及布置原则	(8)
思考题	(12)
第二章 船舶推进装置	(13)
第一节 船舶推进装置的传动方式	(13)
第二节 传动轴系	(16)
第三节 动力传递设备	(27)
第四节 螺旋桨	(37)
第五节 可调螺距螺旋桨	(42)
第六节 侧推器及其管理	(47)
第七节 船舶推进装置的管理	(51)
思考题	(53)
第三章 推进装置的工况配合特性	(54)
第一节 船、机、桨的相互作用和螺旋桨的选配	(54)
第二节 各种航行条件下推进装置工况配合特性	(63)
思考题	(75)
第四章 船舶管路系统及其管理	(76)
第一节 船舶管路与附件	(76)
第二节 船舶动力管路系统及其管理	(85)
第三节 船舶压载水系统及其管理	(91)
第四节 船舶舱底水系统及其管理	(93)
第五节 船舶消防系统及其管理	(97)
第六节 船舶其他管路系统及其管理	(100)
思考题	(101)
第五章 船舶动力装置的可靠性与故障诊断方法	(103)
第一节 船舶动力装置的可靠性	(103)
第二节 提高船舶动力装置可靠性的措施	(114)
第三节 船舶动力装置故障诊断的基本方法	(122)
思考题	(126)
第六章 船舶营运的经济性及节能措施	(127)
第一节 船舶营运经济性概述	(127)
第二节 船舶最佳航速	(132)

第三节	提高船舶经济性的主要措施	(137)
思考题		(148)
第七章	轮机部油料、备件、物料管理	(149)
第一节	油料的加装与使用	(149)
第二节	重质燃料使用要求及操作管理	(159)
第三节	机舱备件管理	(169)
第四节	机舱物料与工具管理	(175)
思考题		(177)
第八章	船舶轮机管理中相关的国际公约	(178)
第一节	《国际海上人命安全公约》(SOLAS 公约)	(178)
第二节	《海员培训、发证和值班标准国际公约》(STCW 公约)	(181)
第三节	国际劳工组织(ILO)有关公约的相关条款	(183)
第四节	《国际载重线公约》及《国际船舶吨位丈量公约》	(185)
第五节	船舶安全管理体系和船舶安全检查	(187)
思考题		(198)
第九章	防止船舶造成海洋污染	(199)
第一节	MARPOL 73/78 公约的主要内容及有关规定	(199)
第二节	《中华人民共和国海洋环境保护法》和《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》	(209)
第三节	防止船舶污染海域的措施	(213)
第四节	船舶污染海域事故处理	(223)
思考题		(226)
第十章	船舶技术状态监督与维护	(227)
第一节	船舶检验与船舶证书	(227)
第二节	船舶维修保养体系	(233)
第三节	修船管理	(241)
第四节	船舶监造与监修	(246)
思考题		(253)
第十一章	船舶安全运行与应急处理	(255)
第一节	大风浪中及冰区航行的安全措施	(255)
第二节	机动用车及主、辅机故障时的安全措施	(257)
第三节	船舶搁浅、碰撞后的应急安全措施	(260)
第四节	机舱消防安全措施	(263)
第五节	机舱作业安全注意事项	(265)
第六节	机舱与驾驶部门联系制度	(269)
第七节	船舶应急措施	(271)
思考题		(274)
第十二章	船舶轮机部人员管理	(275)
第一节	国际公约对海船轮机人员的要求	(275)

第二节	海船船员管理相关法规	(276)
第三节	我国航运企业关于轮机部人员管理规定	(284)
思考题		(291)
参考文献		(292)

第一章 船舶动力装置概论

内容提要:介绍船舶动力装置的基本概念和船舶动力装置的组成,阐述有关的基本概念、定义和指标体系,介绍机舱的基本布局和设备布置的基本原则。

第一节 船舶动力装置的组成和类型

一、船舶动力装置的含义

现代船舶是船旗国浮动的领土,可认为是一座可在水上游动的现代化城市。船舶历史悠久,在以前相当长的岁月里,船舶都是以人力、风力为航行的动力。直到1807年“克莱蒙特”号(以蒸汽机为推进动力源)船舶建成,才开始了船舶以机械作为推动力的新纪元。当时是由蒸汽机带动一个桨轮推进器,这种推进器的大部分露在水面,人们称之为“明轮”,而把装有明轮的船舶称为“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。随着科学技术的发展,为适应船上的各种作业、人员生活、财产和人员安全的需要,不仅推进设备逐步完善,而且还增设了诸如船舶电站、起货机械、冷藏和空调装置、海水淡化装置,以及饮水、蒸汽、压缩空气、压载、舱底、消防等系统,扩大了“轮机”一词所包含内容的范围,丰富了“轮机”的内容。“船舶动力装置”的含义和“轮机”基本相同,是为了满足船舶航行、各种作业、人员的生活、财产和人员的安全需要所设置的全部机械、设备和系统的总称。它是现代船舶的心脏。船舶动力装置技术管理也就是轮机技术管理,在船公司机务部门指导下由船上轮机部具体负责。因为船舶动力装置的复杂性、船舶航行条件的多变性、发生事故后果的严重性,所以要求从事船舶动力装置管理的人员,必须具有高度的责任心、广博的理论知识、丰富的实践经验、独立发现问题和解决问题的能力。

二、船舶动力装置的组成

根据组成船舶动力装置的各种机械、设备和系统的作用不同,将整个动力装置分为以下几个部分。

1. 推进装置

推动船舶航行的装置。它包括主机、传动设备、轴系和推进器。主机发出动力,通过传动设备及轴系驱动推进器产生推力,克服船舶阻力以某一航速航行。

2. 辅助装置

在动力装置产生能量的诸装置中,除了直接产生船舶推动力的装置以外,将产生其他使用能量的装置称为辅助装置。辅助装置包括船舶电站、辅锅炉、液压泵站和压缩空气系统,它们分别产生电能、蒸汽热能、液压能和压缩空气供全船使用。

3. 管路系统

用以输送流体的管系。管路系统由各种阀件、管路、泵、滤器、热交换器及其附件组成。按用途不同,管路系统又分为两类:

(1) 动力系统。为推进装置和辅助装置服务的管路系统。它包括燃油系统、滑油系统、海淡水冷却系统、蒸汽系统、排气系统和压缩空气系统等。

(2) 辅助系统。为船舶平衡、稳性、人员生活和安全服务的管路系统,也称为船舶系统。船舶系统包括压载、舱底水、消防、日用海淡水系统;通风、空调、冷藏系统及其服务的系统等;其他特殊用途管路系统。

4. 甲板机械

为保证船舶航向、停泊、装卸货物及起落重物所设置的机械设备。该设备包括舵机、锚机、绞缆机、起货机、尾门尾跳系统、吊艇机及舷梯升降机等。

5. 防污染设备

用来处理船上污水、油泥、生活污水、各种垃圾和减少动力装置有害气体排放的设备。其中有油水分离装置、焚烧处理装置、生活污水处理装置、排气处理装置等。

6. 自动化设备

为改善船员工作条件、减轻劳动强度、提高工作效率以及减少人为操作错误等缘故所设置的设备。主要由遥控、自动调节、监视、报警和打印等设备组成。

船舶动力装置的组成情况大体如上所述,但不能一概而论。随着船舶的大小、种类、用途、航线等情况不同将会有所变化。如油船就没有起货机械,而必须有货油泵和惰性气体系统;经常靠离码头的船舶往往设有侧推器;大型客船通常设有减摇装置;工程船根据任务不同就更各具特色。

三、船舶动力装置的类型

在船舶动力装置各组成部分中,无论从重要程度、制造成本看,还是从营运费用、日常维护管理所投入的工作量看,推进装置都处于主导地位。因此,船舶动力装置往往以推进装置的类型进行分类。

1. 蒸汽动力装置

根据运动方式的不同,蒸汽动力装置中驱动机械有往复式蒸汽机和回转式汽轮机两种。往复式蒸汽机最早应用于海船,由于它具有结构简单、运转可靠、管理方便及噪声小等优点,在过去很长的一段时间内占据着主导地位。但由于其经济性差、体积和重量大,现在已经基本上被其他船用发动机所代替。回转式汽轮机自装船使用以来,由于受到柴油机的挑战,发展受到一定的限制。主汽轮机虽然单机功率大,运转平稳,摩擦、磨损少,振动轻、噪声小,但其装置的热效率低,还要配置重量尺寸较大的锅炉、冷凝器、减速齿轮装置以及其他辅助机械,因此装置的总重量和体积均较大,这就限制了它在中小船舶中的使用。然而近几十年来,由于汽轮机和锅炉效率的提高,制造上的系列化、通用化和简单化,降低了装置的造价;采用多级加热、中间再热和废热回收利用系统,大幅度降低了装置燃油消耗率;采用低螺旋桨转速等措施,使它的应用范围有所扩大。不少资料表明,在功率超过 22 000 kW 和船速超过 20 kn 时,汽轮机动力装置的优越性更为突出。

2. 燃气动力装置

在燃气动力装置中,根据发动机运动方式不同,有柴油机动力装置和燃气轮机动力装置两种。

(1) 柴油机动力装置。柴油机不仅是热效率最高的一种热机,而且还具有起动迅速、部分负荷运转性能好、安全可靠、装置的单位重量较轻、功率范围大(从几千瓦至数万千瓦)等一系

列优点,因此,现在船舶主机及发电原动机中多采用这种发动机。在中、大型商船上所使用的柴油机有大型低速机和大功率中速机两大类。这两种柴油机在激烈竞争的同时又互相促进,都在迅速发展。

大型低速柴油机动力装置自 20 世纪 60 年代起发展特别迅速,一方面是由于当时的船舶向大型化、高速化发展,需要大功率的发动机;另一方面是由于废气涡轮增压技术的进步,为大型低速机的单机功率提高提供了前提条件。20 世纪 70 年代两次能源危机,抑制了船舶向大型化和高速化方向发展的趋势,从节能需要出发,除专业化运输船舶外,一般货船的航速也降至 14 kn 左右。为了适应这种形势,也为适应船舶节能需要,大型低速柴油机采用低速长冲程、高增压直流扫气、提高柴油机工作参数、组织更有效的缸内燃烧等技术,减小气缸直径、增大单缸功率是普遍发展趋势,大部分机器缸径减小到 1 000 mm 以内。近年来由于海运集装箱运输的蓬勃发展,航运市场出现对集装箱量超过 10 000 个 TEU(标准箱位)超大型集装箱船的需求,其总载重量达 130 000 t,航速达 25.5 kn,主机功率超过 80 000 kW,现有 980 mm 缸径柴油机已不能满足要求,出现了缸径 1 080 mm、12~14 缸的 K108ME-C 超大型柴油机,可以提供 85 700~10 300 kW 的功率,以满足 12 000 TEU 以上集装箱船舶的需要。

大功率中速柴油机动力装置的重量尺寸较小,是低速机的有力竞争者。在中速机装置中,可通过合理选配减速比,使桨转速最佳,从而提高推进装置效率。单缸功率的提高和单机功率的增大,以及可用多台(2~4 台)发动机通过减速器驱动一个螺旋桨,都给中速机的发展创造了有利条件。特别是在机舱尺度要求严格的滚装船和客船上,中速机的应用就更为广泛。目前中速机的耗油率虽然有显著下降,但仍然略高于低速机,运转中噪声也比较大,维护管理也不如低速机方便。

综观船舶市场,柴油机动力装置占绝对优势的状况已存在多年,在今后一个相当长的时期内还将继续下去。柴油机本身的热效率现在已提高到 50% 以上,进一步提高的步伐已经有所放慢。但优化配套整个动力装置、加大废热利用的广度和深度,以进一步提高整个动力装置经济性的研究将会加强。提高柴油机装置的可靠性和加强可维修性研究,已经越来越引起人们的重视。随着人们对不污染水域和大气的“绿色船舶”的期望,减少排放污染也是对柴油机动力装置提出的严峻挑战。

(2) 燃气轮机动力装置。20 世纪 30 年代燃气轮机制造业开始兴盛起来,第一批作为商船主机的是在 20 世纪 50 年代。它的优点是单位重量轻、尺寸小,单机功率大,机动性好,操纵管理简便,便于实现自动化;但它的经济性差,进排气管道大,机舱布置困难,低负荷运转性能差,不能直接倒车(需加离合器),叶片及燃气发生器均在高温高压下工作,寿命较短。由于以上原因,这种动力装置在商船上应用极少。近年来由于海上休闲旅游业的快速发展,对总吨位超过 100 000 总吨超大型豪华旅游船的需求量不断增长,当航速达 30 kn 时,需要的总功率超过 100 000 kW。燃气轮机-吊仓式推进器的电力传动装置以功率大、重量轻、操纵性能好、旅客舒适度高等优势,广泛应用在超大型豪华旅游船上。

3. 核动力装置

核动力装置的优点是所用燃料的重量极轻,船舶续航力很大。核燃料燃烧不用空气助燃,不用设置进排气系统。但由于造价高,核分裂反应释放出大量放射性物质需要严加防护,操纵、管理、检查系统复杂,因此在商船上应用甚少。随着液体燃料资源的日趋枯竭,核动力装置的竞争能力有可能加强。

第二节 船舶动力装置的基本要求和性能指标

一、船舶动力装置的基本要求

1. 可靠性

可靠性对船舶动力装置来说具有特别重要的意义。船舶航行中长期离开陆地,在发生故障时很难及时得到陆地人员的支援。若影响航行的重要部件发生故障,在复杂航行环境和严峻的气象条件下,有可能导致海损事故和严重的海洋污染。可靠性不足会额外增加排除故障的开支,增加维修工作量,延长停航修理时间,降低营运效益。因此,船舶动力装置的可靠性一直受到人们的重视。应该说可靠性是保证船舶安全运行、防止船舶污染海洋环境的重要前提。

2. 经济性

船舶在营运中,用于动力装置的费用占船舶总费用的比例很大,现在已超过 50%,为了提高船舶的营运效益,必须尽量提高动力装置的经济性。长期以来,由于石油价格上涨的因素,动力装置的设计、制造和使用部门,都在努力提高动力装置的经济性。对于动力装置的经济性,不能只从主机消耗费用一项指标去衡量,要对整个动力装置进行综合分析,特别是对经济性影响较大的燃油费、滑油费、折旧费及维护费,更是重点考虑的因素。

3. 机动性

船舶机动性指的是改变船舶运动状态的灵活性,它是船舶安全航行的重要保证。船舶起航、变速、倒航和回转性能是船舶机动性的主要体现,而船舶的机动性取决于动力装置的机动性,动力装置的机动性主要还由以下几项指标来说明。

(1) 起航时间。从接到起航指令开始,经过暖机、备车和冲试车,使发动机达到随时可用状态所需要的时间。这段时间越短机动性越好。这段时间的长短主要取决于为主机服务的各油水系统温度上升速度,这就要求辅锅炉有合适的蒸发量和蒸汽压力,以保证暖机时提供足够的蒸汽。许多船上主、副淡水系统互相连接,停泊时发电柴油机的冷却水流经主机气缸冷却空间,这既节约了能源又简化了暖机工作。一般来说,主机滑油循环柜贮油较多,它又处在易散热的双层底位置,在暖机时滑油油温上升比较缓慢。若船舶停航时间较短,完车后不停滑油分油机,也是缩短起航时间的一项有效措施。

对货船来说,开船时间往往知道得较早,所以对起航时间不必要求太短。大、中型船舶的主机在冬季暖机时间一般都在 2 h 以上。但对一些需要执行紧急任务的船舶,如消防、救生、缉私船等就需要具有很短的起航时间。

(2) 发动机由起动开始至达到全功率所需的时间。这是动力装置加速性能指标,它的长短直接影响到船舶加速的快慢,希望它短一些。这段时间的长短主要取决于发动机的类型,影响发动机加速的因素是它的运动部件的质量惯性和受热部件的热惯性,热惯性影响更为突出,在这方面,中速机优于低速机。船舶本身的阻力大小对发动机的加速性能也有很大影响,由于调距桨对外界条件有很好的适应性,它的加速性能明显优于定距桨。

(3) 发动机换向所需的时间和可能的起动次数。发动机换向所需的时间是指主机在最低稳定转速时,由发出换向指令到主机以相反方向开始工作的时间。换向时间越短机动性越好。柴油机起动和换向都很迅速,明显优于其他形式发动机。按规范规定,主机换向时间不得大于 15 s。起动次数取决于空气瓶的容积和主机起动性能,连续起动次数越多越好。规范规定:供

主机起动用的空气瓶至少应有两个,其容量在不补充空气的情况下,对每台可换向的主机能在冷机条件下连续起动不少于12次,试验时应正倒车交替进行。对每台不能换向的主机在冷机条件下连续起动不少于6次。

(4)船舶由全速前进变为倒航所需的时间(或滑行的距离)。这是体现主机紧急倒车性能的指标。由于船舶惯性大,由全速前进变为后退所需的时间,总是大大超过发动机换向所需要的时间。船舶开始倒航前滑行的距离主要取决于船舶的载重量、航速、主机的起动换向性能、空气瓶空气压力和主机倒车功率。滑行距离不能太大,对于货船一般要求不得大于船体长度的6倍,而客船不得超过4倍。

(5)发动机的最低稳定转速和转速限制区域。发动机的最低稳定转速直接影响船舶微速航行性能。船舶在进出港口操纵时往往需要很低的速度,主机最低稳定转速低可得到较低的船速,因此主机的最低稳定转速应尽量低些。一般低速柴油机的最低稳定转速不高于标定转速的30%,中速机不高于40%,高速机不高于45%。近年来,采用电子控制喷油和排气阀的共轨式低速柴油机,其最低稳定转速可低达标定转速的10%。在主机使用转速范围内如存在引起船体或轴系共振的临界转速,则应规定为转速禁区,并以红色在主机转速表上标明。在主机使用转速范围内,转速禁区越少、越窄就越好。

4. 重量和尺度

为了提高船舶的经济效益,应力求减少动力装置的重量和尺度。但装置重量和尺度的减少往往和延长发动机的寿命相矛盾,如图1-1所示。图中表示出主机为废气涡轮增压、低速、二冲程柴油机动力装置的重量、寿命、经济性与转速间的大致关系。采用轴带发电机,可减少柴油发电机的数量,有利于整个动力装置重量的减少。采用新型结构材料和新工艺有可能减少机械设备零部件的重量,但这需要考虑能否满足经济性和可靠性。

发动机的长度和安装位置可决定机舱的长度和位置,从而可影响货舱的总容积。机舱宽度一般仅取决于船舶宽度,与发动机宽度无关。一些水平装货的船舶如滚装船和渡船,对机舱高度有一定要求,采用低速机往往难以满足,一般采用中速机。

5. 续航力

续航力是指船舶不需要补充任何物资(燃油、滑油、淡水等)所能航行的最大距离或最长时间。它是根据船舶的用途和航区确定的。续航力不但和动力装置的经济性、物资储备量有关,也和航速有很大关系。为了满足船舶续航力的要求,船上必须设有足够大小的油、水舱柜。

除了以上要求外,还要求动力装置便于维护管理,有一定的生命力,有一定的自动化程度,振动要轻,噪声要小,并能满足造船和验船规范。

二、基本性能指标

1. 船舶有效功率

船舶有效功率指的是船舶航行时,克服水、风对船体阻力所消耗的功率。船体阻力和船舶

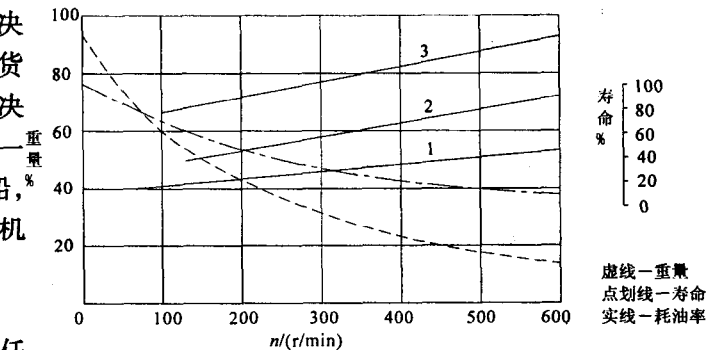


图1-1 柴油机的重量、寿命、经济性与转速的关系

1—直接传动;2—减速齿轮传动;3—电力传动

线型、吃水、尺度、航速、海面状况及航道状况有关。动力装置的作功能力是按船舶的最大航速并考虑一定的储备后确定的。若船舶航行速度为 v_s (m/s), 此航速下的运动阻力为 R (N), 则船舶有效功率 P_R 为

$$P_R = R \cdot v_s \times 10^{-3} \quad (1-1)$$

在新船设计时, 船舶有效功率 P_R 可用“海军常数法”估算

$$P_R = \frac{D^{2/3} \cdot v^3}{C_B} \quad (1-2)$$

式中: D ——排水量, t;

v ——航速, kn;

C_B ——海军常数, 由已知母型船决定, 即

$$C_B = \frac{D_0^{2/3} v_0^3}{P_{R_0}}$$

式中: D_0 、 v_0 、 P_{R_0} ——母型船的排水量、航速和船舶有效功率, 都是已知值。

由于在主机发出的有效功率变为船舶有效功率的过程中, 存在着能量转换和传递损失, 因此船舶有效功率仅是主机有效功率 P_e 的一部分, 两者之间可用推进系数 c 来表示:

推进系数的数值范围一般为

$$c = \frac{P_R}{P_e} \quad (1-3)$$

单桨船为 0.70 ~ 0.80; 双桨船为 0.60 ~ 0.70。

在进行动力装置方案的设计时, 用上述方法就可初步估算出主机应该发出的有效功率, 为主机选型提供一定的依据。

2. 单位重量

(1) 主机的单位重量 g_m 是指主机单位有效功率的重量, 即

$$g_m = \frac{G_m}{P_e} \quad (1-4)$$

式中: G_m ——主机总重量, kg;

P_e ——主机的有效功率, kW。

用 g_m 可比较不同类型主机间重量的差别, 一般转速越高 g_m 越小。

(2) 装置的单位重量 g_z 是指主机单位有效功率的动力装置重量, 即

$$g_z = \frac{G_z}{P_e} \quad (1-5)$$

式中: G_z ——动力装置的总重量, kg。

3. 相对重量

(1) 主机的相对重量 α_m 是指主机重量与船舶满载排水量之比, 即

$$\alpha_m = \frac{G_m}{D} \quad (1-6)$$

式中: D ——满载排水量, t。

(2) 装置的相对重量 α_z 是指动力装置的总重量与船舶满载排水量之比, 即

$$\alpha_z = \frac{G_z}{D} \quad (1-7)$$

4. 机舱饱和度

它是表征机舱的面积和容积利用率的指标,并分别由面积饱和度和容积饱和度来表示。

(1) 面积饱和度 K_s 是指每平方米机舱面积所分配的主机有效功率,即

$$K_s = \frac{P_e}{S} \quad (1-8)$$

式中: S ——机舱所占的面积, m^2 。

(2) 容积饱和度 K_v 是指每立方米容积所分配的主机有效功率,即

$$K_v = \frac{P_e}{V} \quad (1-9)$$

式中: V ——机舱所占的容积, m^3 。

K_s 和 K_v 大,表示机舱内机械设备布置得紧凑,利用程度高,但机舱的通风、散热差,轮机人员管理维修往往不方便。因此,应在保证动力装置正常工作及维修方便的条件下选取较大的 K_s 和 K_v 值。

5. 动力装置燃料消耗率 b_s

指的是动力装置每小时燃油总消耗量与螺旋桨推力功率之比,即

$$b_s = \frac{B}{P_T} \quad (1-10)$$

式中: B ——整个动力装置每小时的燃油消耗量,包括主机、柴油发电机和辅锅炉所消耗的燃油, kg/h ;

P_T ——螺旋桨推力功率, kW 。

6. 动力装置有效热效率 η_s

指的是每小时螺旋桨推力功的相当热量与同样时间内动力装置消耗的燃油所放出的总热量之比,即

$$\eta_s = \frac{3600P_T}{BH_u} \quad (1-11)$$

式中: H_u ——燃油的低发热值,一般燃油 $H_u = 42707 \text{ kJ/kg}$ 。

将式(1-10)代入上式,可得出 b_s 与 η_s 间的关系为

$$\eta_s = \frac{3600}{b_s H_u}$$

b_s 与 η_s 都是针对动力装置本身的经济性而言的,没有考虑船舶的航行特性。

7. 每海里燃油消耗量 G_n

指船舶每航行 1 n mile 时动力装置所消耗的燃油总量,即

$$G_n = \frac{B}{v} \quad (1-12)$$

考虑到船舶在稳定航行时,主机有效功率 $P_e = Av^3$ (A 为和航行条件有关的系数),代入上式则有

$$G_n = \frac{B_m + B_g + B_b}{v} = \frac{B_m}{P_e} Av^2 + \frac{B_g + B_b}{v} = Ab_m v^2 + \frac{B_g + B_b}{v} \quad (1-13)$$

式中: B_m, B_g, B_b ——主机、发电柴油机和锅炉的每小时燃油消耗量, kg/h ;

b_m ——主机的燃油消耗率, $kg/kW \cdot h$ 。

G_n 是带有综合性质的指标,它既考虑了动力装置本身的性能,也考虑了船舶的航行性能。船舶航行时 B_g 和 B_b 基本上不变,与航速无关,在设有废气锅炉时 $B_b = 0$ 。由式(1-13)可知, G_n 是 b_m 和 v 的函数,而 b_m 也随 v 变化。在低速航行时,虽然 b_m 增大了,但 G_n 有可能降低,这就是船舶在航次任务不紧(如要等泊位)时往往航行的速度较低以便节约燃油的道理。

8. 船舶日耗油量 G_D

船舶在航行时每天都要计算实际燃油消耗量以上报公司或租家。船舶日耗油量指每 24 h 全船所消耗的燃油总量,可用下式表示

$$G_D = G_{Dm} + G_{Dg} + G_{Db} \quad (1-14)$$

式中: G_{Dm} , G_{Dg} , G_{Db} ——主机、发电柴油机、锅炉的日耗油量, t/d。

若船上其他地方也燃用燃油(如厨房),也应计算在内。

第三节 机舱布局及布置原则

机舱是船舶的心脏部分,主要包括:船舶推进系统、电力系统、蒸汽系统、压缩空气系统、船舶安全系统的主要部分、船舶防污系统以及保证人员生活的各种设备和系统。机舱的位置和尺度、机舱中机械设备的布置直接影响设备可靠运行和船舶安全营运,同时对船舶的实用性也有较大的影响。

一、机舱的位置和尺寸

在确定机舱位置时,既要考虑船舶舱室规划和船舶平衡的要求,也要考虑船舶动力装置运行特点和维护要求。对普通商船而言,通常将机舱设置在船舶尾部或中后部。

机舱靠近船舶中部的优点主要有:设备重量集中在船舶中部,无论船舶满载或空载时容易保持船舶前后平衡;机舱内宽敞平坦,机械设备容易布置;船舶抗沉性较好。其缺点是:船舶推进轴系长,必须加装轴隧;船舶后部舱容减少,同时由于舱底不平,不便于装卸货;增加了动力装置的尺寸和重量,功率传递效率降低;轴系长,容易产生振动,增加不安全因素;增加人员对轴系维护管理的工作量。尾机舱的优缺点刚好相反,现代船舶更多采用尾机舱。尤其对液货船,采用尾机舱更为有利,它便于铺设装卸液货的管系,而且,可减少空隔舱数目,增加载货舱容,同时也有利于防漏和安全。

商船每船一个机舱,机舱长度一般由主机机组长度加上通道以及留出的维修余量确定。机舱宽度就是机舱位于船舶位置的宽度。机舱的高度主要取决于主机高度和维修所需高度,一般情况在主甲板以下安装机械设备,主甲板以上机舱空间主要用于主机吊缸和通风。由于机舱设备较多,通常在机舱中设置一定数量平台,用来安装设备。有时根据船舶尾部宽度情况,对尾机舱适当加长,用以安装相关设备。

二、机舱设备布置原则

1. 保证船舶动力装置整体可靠运行

船舶航行时不可避免要发生倾斜和纵横摇摆,要求整个动力装置在船舶横倾 15° 、横摇 22.5° 和纵倾 5° 、纵摇 7.5° 时能可靠地正常工作。因此,对一些机械设备的位置应妥善安排。一般来说,海水泵(包括:主、辅海水泵,消防泵,压载泵,制冷系统海水泵等)布置在最小吃水线以下一定距离,以保证有足够的吸入压头。海底阀在左右舷布置,并且有高低位之分,确保海水吸入不会中断。各种卧式机械按船舶纵向布置,以减少船舶横摇影响。应急电站布置在

机舱以外的上层甲板,保证机舱应急状态时投入运行。如有条件船舶发电设备布置在机舱底层以上,保证机舱进水时有一定的供电时间。

2. 保证船舶的平衡和稳性

机舱是设备集中的位置,其重量对船舶的平衡和重心高度有很大的影响。设备在机舱中应尽量保持左右重量均匀分布,设备布置重心尽可能低。在机舱布置设计完毕后,可根据机械设备重量和安装位置进行校核计算。取横中剖面以后重量对横中剖面力矩为“+”,以前为“-”;纵中剖面左侧重量对纵中剖面力矩为“+”,右侧为“-”;主水线以下重量对主水线平面力矩为“+”,水线以上为“-”。用以下公式校核

$$L_1 = \Sigma M_1 / \Sigma G \quad L_2 = \Sigma M_2 / \Sigma G \quad L_3 = \Sigma M_3 / \Sigma G$$

式中: L_1, L_2, L_3 ——动力装置重心至横中剖面、纵中剖面和主水线平面距离;

$\Sigma M_1, \Sigma M_2, \Sigma M_3$ ——动力装置中各设备对横中剖面、纵中剖面和主水线平面力矩的代数和;

ΣG ——动力装置的总重量。

计算中要求: L_1 必须是正值; L_2 尽量接近零; L_3 尽可能大一些。这样船舶的平衡和稳性都可得到保证。

3. 便于维护和管理

船舶轮机设备布置合理,可方便轮机管理人员对其有效使用、维护、管理和排除故障,使动力装置安全可靠运行。从管理的角度,可以用轮机管理人员完成操作过程所经过的路线长短、所需时间多少、工作难易程度和所耗力大小来评判布置的合理性。在布置中要考虑尽量使轮机人员在备车、巡回检查和完车操作所经过的路线短,通道畅通;需要经常操作的设备与阀件易于接近和便于操作;留有设备拆检空间;仪表应能准确观察,各种标识清晰;系统相关设备尽量接近,避免管路重叠;噪声大、振动强的设备应考虑远离控制室和操纵台。

4. 有利于防火和排水

为满足消防要求,在机舱布置时,应考虑可能经常需要明火操作场所、高温设备等远离油舱、油柜、油管路和易燃易爆物品。锅炉、排烟管、配电盘上方不能有油管通过。容易产生大量油气处所必须通风良好,并设置排风设备。在机舱以外必须设置油柜速闭阀、风机等应急关闭开关。管路布置要考虑在机舱进水时,一些排量较大的水泵,如主海水泵、压载泵、消防水泵可以同时排出机舱积水,保证船舶的抗沉能力。应急舱底水阀应标识醒目、操作简便、标明开关方向。尾轴隧水密门应在两面可开关。

机舱布置设计从船舶总体设计时就开始了,但实际布置贯穿建造全过程,基本是最终结束。建造规范对机舱布置有相应的规定,但在轮机管理人员监造过程中必须严格把关,而且,还要从使用和管理方面提出布置要求和建议。

三、实例

图 1-2 ~ 图 1-5 为某集装箱船舶机舱布置图。机舱主要围绕主要动力设备(主机、发电机组、辅助锅炉)考虑布置。该机舱位于船舶后部。由于船舶较大,在船尾收缩部分,仍然安排有货舱。因此,本船在尾部货舱下方,为轴系安排了一个轴隧。主机长度大约占机舱长度的二分之一,机舱高度为主机高度加上吊缸高度,机舱宽度为船舶在机舱位置宽度。

本船采用单主机,主机轴线应位于船舶纵中剖面,并与龙骨平行,主机轴线高度取决于螺旋桨中心位置。为减少尾轴长度,主机尽可能靠后安置。船舶发电机组安置在三层甲板(机