

船舶与港口机械系列教材

船舶机械

郑雄胜◎主 编

CHUANBO JIXIE



船舶机械

郑雄胜 主 编

海洋出版社

2017 年 · 北京

内 容 简 介

本书根据船舶机械技术发展和船舶工程技术人员实际需求编写,主要介绍船舶通用机械的工作原理、基本结构、性能特点、典型实例等,注重理论和应用相结合,突出应用性和针对性。

主要内容:全书共分7章,主要讲述船舶动力装置、热工学基本知识、液压传动基本知识、船用柴油机基本知识、传动形式与推进设备、船舶舱内机械和船舶甲板机械等内容。

本书特色:①内容安排以“必需”和“够用”为度,侧重于与实际工程密切相关的实用技术,以提高本书的实用性和教学效率。②结构严谨,层次分明,概念叙述准确,内容通俗易懂,并配以一定的图例和表格,使之便于教学。

适用范围:本书可作为涉海院校机械工程、轮机工程、船舶与海洋工程等专业的教材,也可供船舶轮机员及在船舶机务部门、船检、船监、船厂等部门的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶机械/郑雄胜主编. —北京:海洋出版社,2017.4

ISBN 978-7-5027-9737-9

I. ①船… II. ①郑… III. ①船舶机械 IV. ①U664

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第046911号

责任编辑:郑跟娣

责任印制:赵麟苏

出版发行:海洋出版社

网 址:www.oceanpress.com.cn

地 址:北京市海淀区大慧寺路8号

邮 编:100081

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:330千字

发 行 部:010-62132549 010-68038093

总 编 室:010-62114335

编 辑 室:010-62100961

承 印:北京朝阳印刷厂有限责任公司

版 次:2017年5月第1版

印 次:2017年5月第1次印刷

印 张:16.25

定 价:48.00元

本书如有印、装质量问题可与本社发行部联系调换

本社教材出版中心诚征教材选题及优秀作者,邮件发至 hyjccb@sina.com

浙江海洋大学特色教材编委会

主 任：吴常文

副主任：虞聪达

编 委：（按姓氏笔画排序）

王 颖	方志华	邓一兵
邓尚贵	全永波	李 强
吴伟志	宋秋前	竺柏康
俞存根	唐志波	黄永良
黄品全	韩伟表	程继红
楼然苗	蔡慧萍	

前 言

“工欲善其事，必先利其器”，无论是海洋渔业、海洋交通运输业、海洋油气开发业、滨海旅游业，还是海洋工程建筑业，都离不开船舶和各类海洋工程装备。随着海洋世纪的到来，人类生存越来越依赖海洋，向海洋进军，探索海洋奥秘，使造船这个古老而又现代的行业必将持续保持蓬勃生机，船舶工业大有可为。

浙江海洋大学作为我国涉海院校之一，多年来为我国船舶工业培养了大量专业人才。该校机械工程类专业（船舶修造方向）主要以培养符合涉海机械行业标准的卓越工程人才为目标，近年来对课程体系进行了改革与重组，使得课程设置和教学内容具有鲜明的涉海特色。“船舶机械”是为机械工程类专业（船舶修造方向）学生开设的重要的涉海专业方向性课程，本课程是一门包括多种设备及相关技术的综合性课程，其涉及的内容分属不同学科，具有较强的理论性和实践性。本教材即是配合学校推进的教学课程改革而编写的。

船舶机械有许多属于通用机械，在陆地上也有广泛使用，但船舶设备比陆用设备更追求体积紧凑、可靠耐用、维护方便，且自动化程度要求高。船舶机械品种、型号繁多，更新换代快。世界知名企业、品牌竞争激烈，占主流的是其中的佼佼者，但也很难一枝独秀，往往有多种机械品牌为实船所采用。本教材的使用对象是将来主要在船舶建造第一线工作的船舶修造技术人员，这类技术人员是船舶修造企业主要负责船舶建造和修理过程的质量控制人员，他们除了要熟悉船舶规范、船舶修造工艺和有关的技术标准外，要解决工作中遇到的许多实际问题，还必须具备一定的专业理论知识，熟悉船舶上的各种机械设备，如主柴油机、舱内辅助机械、甲板机械、救生装置、船舶专用系统等。因此，本教材的编写既遵循学校课程教学标准要求，又兼顾船舶修造行业工作实际，尽量做到适用性和实用性相统一。

“船舶机械”课程根据教学计划规定，主要分为液压传动知识、船舶柴油机和船舶辅机三部分内容。由于本课程涉及的内容较多，如果简单按照三门课程分开来进行讲授，必然所占学时较多。受限于教学计划规定学时，本书编写采用“精简够用”的原则。在编写过程中，编者深感把三块内容融合编写成一本教材并非易事，编写时根据编者多年的理论和实践教学经验，以学生掌握各种船舶设备的基本知识、基本理论和基本技能为出发点，对各种设备进行了简明扼要的介绍。

全书共分7章，主要讲述船舶动力装置、热工学基本知识、液压传动基本知识、船用

柴油机基本知识、传动形式与推进设备、船舶舱内机械和船舶甲板机械等内容。

本书可作为涉海院校机械工程、轮机工程、船舶与海洋工程等专业的教材，也可供船舶轮机员及船舶机务部门、船检、船监、船厂等部门的技术人员参考。

本书第1章、第2章、第5章至第7章由郑雄胜编写，第3章由束建芳编写，第4章由陈胜编写。全书由郑雄胜统稿。

本书由浙江海洋大学教材出版基金资助出版，在编写过程中得到了浙江海洋大学教务处和船舶与机电工程学院的大力支持和帮助，谨在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有不妥和错漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2016年7月

目 录

第1章 船舶动力装置概述	(1)
1.1 船舶动力装置的含义	(1)
1.2 船舶动力装置的组成及基本要求	(2)
1.2.1 船舶动力装置的组成	(2)
1.2.2 船舶动力装置的分类	(3)
1.2.3 船舶动力装置的要求	(4)
1.3 船舶动力装置的发展	(5)
思考题	(5)
第2章 热工学基本知识	(6)
2.1 热力状态参数	(6)
2.1.1 工质	(6)
2.1.2 状态参数	(7)
2.1.3 理想气体状态方程	(9)
2.2 功与热量	(9)
2.2.1 功	(9)
2.2.2 热量	(10)
2.2.3 功和热量的关系	(11)
2.2.4 功热转换定律	(11)
2.2.5 热效率	(12)
2.3 水蒸气与湿空气	(13)
2.3.1 水蒸气的性质	(13)
2.3.2 湿空气	(13)
2.4 传热的三种基本方式	(13)
2.4.1 导热	(14)

2.4.2 对流换热	(14)
2.4.3 辐射换热	(14)
2.4.4 传热过程	(15)
思考题	(15)
第3章 液压传动基本知识	(17)
3.1 液压传动系统概述	(17)
3.1.1 液压传动系统的组成	(17)
3.1.2 液压传动系统的特点	(18)
3.2 液压油	(20)
3.2.1 对液压油的要求	(20)
3.2.2 液压油的类型	(20)
3.3 液压动力元件	(21)
3.3.1 齿轮泵	(21)
3.3.2 叶片泵	(26)
3.3.3 柱塞泵	(37)
3.4 液压执行元件	(46)
3.4.1 液压马达的工作原理及分类	(46)
3.4.2 液压马达的性能参数	(47)
3.4.3 低速大扭矩液压马达	(48)
3.5 液压控制元件	(52)
3.5.1 方向控制阀	(53)
3.5.2 压力控制阀	(60)
3.5.3 流量控制阀	(71)
3.5.4 插装阀	(77)
3.6 液压辅助元件	(83)
3.6.1 滤油器	(83)
3.6.2 蓄能器	(87)
3.6.3 油箱	(90)
思考题	(91)
第4章 船用柴油机基本知识	(93)
4.1 船用柴油机概述	(93)

4.1.1	热能机械	(93)
4.1.2	内燃机和外燃机	(93)
4.1.3	柴油机和汽油机	(94)
4.2	船用柴油机工作原理	(94)
4.2.1	船用四冲程柴油机工作原理	(94)
4.2.2	船用二冲程柴油机的工作原理	(98)
4.2.3	船用二冲程柴油机的换气	(100)
4.2.4	船用柴油机的增压	(102)
4.3	船用柴油机的主要类型	(105)
4.3.1	船用柴油机的主要类型	(105)
4.3.2	船用船舶柴油机的主要型号	(106)
4.3.3	柴油机在船舶上的应用和发展	(107)
4.4	船用柴油机的基本结构和部件	(108)
4.4.1	燃烧室部件	(108)
4.4.2	曲柄连杆机构	(111)
4.4.3	机架、机座和贯穿螺栓	(114)
4.4.4	喷油设备	(117)
4.4.5	换气机构	(118)
4.4.6	柴油机增压器	(120)
4.5	船用柴油机的工作系统	(122)
4.5.1	船用柴油机的冷却系统	(122)
4.5.2	船用柴油机的润滑系统	(125)
4.5.3	船用柴油机的燃油系统	(126)
	思考题	(128)
第5章	传动形式与推进设备	(129)
5.1	传动形式	(129)
5.1.1	直接传动	(129)
5.1.2	间接传动	(129)
5.1.3	Z型传动	(130)
5.1.4	电力传动	(131)
5.2	传动轴系	(132)

5.2.1 传动轴系的作用和分类	(133)
5.2.2 轴系的结构	(133)
5.3 螺旋桨及螺旋桨特性	(138)
5.3.1 螺旋桨	(138)
5.3.2 螺旋桨工作特性	(140)
5.3.3 影响螺旋桨特性的因素	(141)
5.3.4 各种航行条件下主机的工况	(143)
5.4 可调螺距螺旋桨	(146)
5.4.1 调距桨的动作原理	(146)
5.4.2 调距桨的工作特性	(147)
5.4.3 调距桨的优缺点	(149)
思考题	(152)
第6章 船舶舱内机械	(154)
6.1 船用泵	(154)
6.1.1 船用泵的用途	(154)
6.1.2 船用泵的分类	(155)
6.1.3 泵的性能参数	(155)
6.1.4 泵的结构、原理、性能特点	(157)
6.2 船舶海水淡化装置	(164)
6.2.1 海水淡化概述	(164)
6.2.2 海水淡化的方法	(165)
6.2.3 船用真空沸腾式海水淡化装置	(166)
6.3 船舶制冷与空调装置	(169)
6.3.1 蒸气压缩式船舶制冷装置的基本组成和工作原理	(169)
6.3.2 制冷剂	(169)
6.3.3 伙食冷库制冷装置	(171)
6.3.4 船舶制冷装置常见故障	(174)
6.3.5 对船舶空调的要求	(175)
6.3.6 船舶空调系统的分类	(176)
6.3.7 中央空调器	(177)
6.3.8 船舶空调装置的自动调节	(180)

6.4 活塞式空气压缩机	(181)
6.4.1 空压机的理想工作循环	(181)
6.4.2 空压机的实际工作循环	(182)
6.4.3 多级压缩与中间冷却	(184)
6.4.4 空压机的自动控制	(186)
6.5 船舶辅锅炉	(187)
6.5.1 锅炉在船舶动力装置中的作用	(187)
6.5.2 锅炉的主要性能指标	(187)
6.5.3 锅炉的结构及附件	(188)
6.5.4 锅炉的蒸汽、给水、凝水和排污系统	(191)
6.6 船舶管系	(193)
6.6.1 舱底水管系	(193)
6.6.2 压载水管系	(194)
6.6.3 空气管与测量管	(195)
6.6.4 甲板排水管系	(197)
6.6.5 通风管系	(197)
思考题.....	(201)
第7章 船舶甲板机械.....	(203)
7.1 船舶起货机	(203)
7.1.1 船舶起货机的主要类型	(204)
7.1.2 对船舶起货机的基本技术要求	(206)
7.1.3 起货机的液压系统	(207)
7.2 液压舵机	(218)
7.2.1 对舵机的基本要求	(218)
7.2.2 舵的作用原理	(220)
7.2.3 液压舵机的基本组成和工作原理	(223)
7.2.4 液压舵机的转舵机构	(224)
7.3 锚机和绞缆机	(227)
7.3.1 锚设备的功用和组成	(228)
7.3.2 电动锚机	(231)
7.3.3 液压锚机	(234)

7.3.4 绞缆机	(236)
7.4 船舶救生设备	(239)
7.4.1 救生艇	(239)
7.4.2 吊艇架	(241)
7.4.3 气胀救生筏	(243)
思考题	(246)
参考文献	(247)

第 1 章 船舶动力装置概述

[教学目标]

1. 掌握船舶动力装置的含义、分类方法、组成和基本要求。
2. 了解船舶动力装置的发展方向。

[内容提要]

本章主要介绍船舶动力装置的概念、组成、分类方法、基本要求及未来船舶动力装置的发展趋势。

1.1 船舶动力装置的含义

船舶动力在其发展史上，经历了以人力和风力等自然力作为推进手段的漫长岁月，直到 18 世纪人们发明了蒸汽机并成功地在船舶上应用之后，才揭开了船舶机械化的新篇章。因此，从某种意义上来说，“轮机”也可认为就是船舶机械的一种简称。轮机在工程上被称为船舶动力装置，二者的意义是一样的。然而，随着科学技术的进步以及船舶在功能上向着多样化、专业化和完善化的方向发展，今天一艘现代化的船舶实际上已成了一个现代工业技术成就的集合体，并涉及机械、电气、电子等一系列技术设备的综合运用。现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，扩大了“船舶动力装置”一词所包含的范围，丰富了“船舶动力装置”的内容。简而言之，船舶动力装置是为了满足船舶航行、各种作业、人员生活、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。

1.2 船舶动力装置的组成及基本要求

1.2.1 船舶动力装置的组成

船舶动力装置工程是为满足船舶的各种功能，把各种设备或部件结合进各种系统的系统工程，是一个动力机械类性质的系统工程，不能把船舶动力装置理解成在机舱中或甲板上机械设备的简单组合。按照在系统工程中所起作用的不同，船舶动力装置可以分为以下几个部分。

1) 推进装置

推进装置是提供船舶航行动力的整套设备，它是船舶动力装置中最主要的部分。推进装置包括主发动机及附属系统、传动设备、轴系和推进器。主发动机发出动力，通过传动设备及轴系驱动推进器产生推力，使船舶克服阻力以某一航速航行。

(1) 主发动机

主发动机简称“主机”，是指产生推进动力的原动机。机动船舶几乎全部采用柴油机作为主机。

(2) 轴系

轴系的作用是将主机的功率传递给推进器。它是由传动轴（推力轴、中间轴、尾轴和螺旋桨轴）、离合变速装置、轴承联轴器、密封件等组成。

(3) 推进器

推进器是将主机的功率转换为船舶推动力的装置。船舶推进器基本上都采用螺旋桨。

2) 辅助装置

除了推进装置之外，船上还需有供应其他各种能量的设备，如船舶电站、辅助锅炉装置、压缩空气站等，统称为辅助装置。

3) 管路系统

为了连接各种机械设备和输送油、水、气等有关工质，还必须有管路系统。其中为主机服务的燃油、滑油、冷却水、压缩空气、进排气及废热利用等系统，称为动力管路系统。此外还有为全船服务的船舶管路系统，如为保障安全方面所必需的舱底水、压载、消防等管路系统，为生活所需要的通风、取暖、空调、冷藏、供水、卫生及制淡等管路系统。

4) 甲板机械

甲板机械是为保证锚泊、装卸货物及收放救生艇等所设置的。锚泊机械有锚机、绞缆机和绞盘等。操舵机械有舵机及其操纵和执行机构等。供装卸货物用的有起货机、吊货杆等。装卸液货则使用泵和装卸管路，这些从属于管路系统。救生艇的收放则有吊艇架和吊艇机等。特种用途的船还有专用的甲板机械，如拖船的绞缆机和渔船的起网机等。

5) 机舱自动化设备

机舱自动化设备是为实现主机、辅机遥控和集控的设备，包括自动控制和调节系统，自动操纵和集中监测及报警系统。

上述五个部分中，推进装置最为重要，但必须依赖五个组成部分的有机配合。

1.2.2 船舶动力装置的分类

按主机的型式、能源提供方式，船舶动力装置可分为蒸汽动力装置、柴油机动力装置、燃气轮机动力装置、核动力装置及特种动力装置等。

1) 蒸汽动力装置

蒸汽动力装置是以蒸汽机或汽轮机作为主发动机的动力装置。燃料在主锅炉中燃烧，产生蒸汽，由蒸汽带动蒸汽机或汽轮机工作。这种动力装置重量大，占舱容多，现代船舶上已不采用。

2) 柴油机动力装置

利用燃料直接在机器内部燃烧所产生的燃气来工作的机器叫内燃机。根据所用燃料（如汽油、柴油等）的不同，内燃机分为汽油机、柴油机等。采用柴油机作为主机的动力装置称为柴油机动力装置。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) 燃气轮机动力装置

利用燃料燃烧所产生的燃气推动叶轮回转的机器称为燃气轮机。采用燃气轮机作为主机的动力装置称为燃气轮机动力装置。这种动力装置由于经济性差、低负荷运转性能差等原因，只在少数商船上得以应用，但在军用舰艇上应用较广。

4) 核动力装置

这类装置利用原子反应堆所发出的热来产生蒸汽，供给汽轮机工作。若按主机类型分，它也应属于汽轮机动力装置。但为了突出它是采用原子反应堆的装置，所以称之为原子能（核）动力装置。这种动力装置造价高，操纵、管理、检查系统复杂，因此在商船上应用甚少，主要用于军用舰艇上。

5) 特种动力装置

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。

1.2.3 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。

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，可能长期离开陆地，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，有可能导致海损和严重的海洋污染。可靠性不足还会降低营运效益。

2) 经济性

船舶在营运中，动力装置的运行及维护费用占船舶总费用的比例很大，现在已超过50%，为提高船舶的营运效益，使船东能获得最大的经济效益，必须尽量提高动力装置的经济性。

3) 机动性

船舶机动性指的是改变船舶运动状态的灵敏性，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。

4) 重量和尺度

动力装置的重量和尺度直接影响船舶载货量和货舱容积，因此为了提高船舶的经济效益，保证动力的前提下应力求减少动力装置的重量和尺度。

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。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,有一定的自动化程度,振动轻、噪声小,同时必须能满足船旗国和国际海事机构制定的相关规则和规范。

1.3 船舶动力装置的发展

船舶动力装置的发展经历了从人力到动力机械漫长的历史过程,近代动力机械的出现大大加速了船舶动力装置的发展。20世纪20—50年代,蒸汽机船处于优势地位,但现在由于更先进的船舶动力装置的飞速发展,使得此类蒸汽机动力装置已逐步被淘汰。

自1893年柴油机获得专利至今已有100多年的历史,各种类型的柴油机在这期间得到了巨大的发展。据最近的资料表明,柴油机发展现状具有下列特点。

- i. 电子系统相继在柴油机上应用,如电子控制喷油、调速、喷油提前角的自动调整。
- ii. 由于人们越来越重视环境污染问题,相应的柴油机排放废气控制的法规相继产生,如控制氮氧化物(NO_x)和硫化物的成分,近期做了大量的研究并取得了较大的成果。
- iii. 各个国家纷纷研制气体燃料发动机,同样也是为了改善发动机排放废气的污染程度。
- iv. 大多数柴油机制造厂继续致力于柴油机的可靠性、经济性及可维修性的研究。
- v. 集中科研技术力量发展新技术、新结构。

随着电子技术的发展和电子计算机在船舶动力装置设计、制造和使用中广泛地应用,船舶动力装置的综合自动化是一个总的趋势。可以预料,动力机械加自动化将会促进船舶动力技术革命的到来。

思考题

1. 简述船舶动力装置的内涵。
2. 船舶动力装置的基本要求有哪些?如何分类?