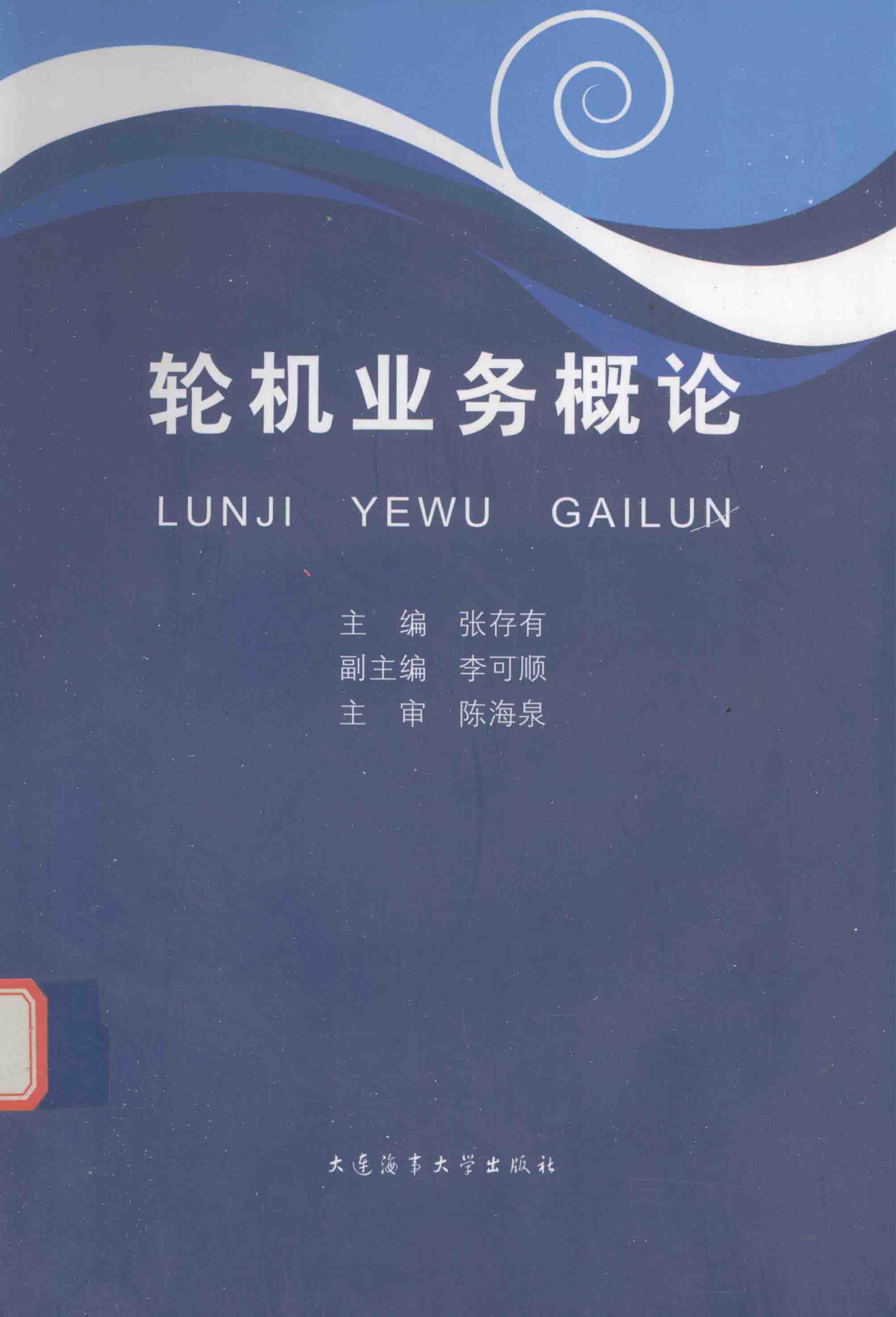




轮机业务概论

LUNJI YEWU GAILUN

主 编 张存有
副主编 李可顺
主 审 陈海泉



大连海事大学出版社

轮机业务概论

主 编 张存有

副主编 李可顺

主 审 陈海泉

大连海事大学出版社

© 张存有 2011

图书在版编目 (CIP) 数据

轮机业务概论 / 张存有主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2011.6

ISBN 978-7-5632-2580-4

I. ①轮… II. ①张… III. ①船舶—轮机—高等学校—教材 IV. ①U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 110867 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

大连美跃彩色印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2011 年 6 月第 1 版

2011 年 6 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm

印张: 15.5

字数: 402 千

印数: 1~500 册

责任编辑: 沈荣欣

封面设计: 王 艳

ISBN 978-7-5632-2580-4

定价: 26.00 元

内 容 提 要

本书是根据海事管理专业本科培养计划指定的“轮机管理”（海船轮机业务）课程教学大纲而编写的。

全书共分八章，分别讲述船舶轮机概论；船舶柴油机动力装置；船舶辅助设备与系统；船舶防污染设备；船舶消防设备与系统；船舶通用系统；船舶设备评估与检验、检查；轮机人员、文件与备件管理。

本书结合船舶轮机最新技术、最新规范发展介绍与航行有关的设备基本原理与管理方法。同时也注重安全与防污染设备管理与检查要点，并适当介绍轮机设备的技术状态评估和船舶检验与 PSC 检查等相关内容。

本书为航海院校本科教材，也可作为与船舶轮机相关专业的选修教材和参考书。

前 言

船舶海洋运输在我国交通运输中占有相当重要的地位。目前我国已跻身世界航运大国和海上贸易大国。改革开放 30 多年来,我国的水运行业取得了长足进步。目前沿海矿、煤、油、箱、粮五大运输系统已基本建立,内河国际高等级航道网发展格局基本形成。目前我国港口集装箱吞吐量已经突破亿箱,亿吨大港达到 14 个,全国港口货物年总吞吐量达 70 亿吨以上。随着世界航运的发展,由此产生的船舶安全与海洋污染问题也更加严重。因此,从船舶建造、使用管理、各种检验、检查都加强立法和国际合作。安全管理体系运行即是针对船舶安全和防污染所采取的措施,而对船舶的船旗国检查和港口国检查更加有力确保船舶的安全得到连续监督。而所有这些工作的开展,都要求检查、监督人员应具有轮机设备、船舶系统、船舶防污染和应急设备及船舶检验、船舶检查等相关知识。

海事管理专业培养目标即是为船舶安全管理及检查培养合格人才,而对船舶的管理熟悉有关轮机业务是必不可少的,因而编写适合培养目标教材是亟待解决的问题。本书编者积累了多年教学和船舶实际工作经验,参考大量公约、法规及相关教材和港口国监督检查官培训讲义,从实用出发组织编写本教材。在本书的编写过程中,编者立足船舶安全管理领域,尽力做到硬件、软件兼顾。

本书由张存有主编,陈海泉主审。其中第一章船舶轮机概述,第三章船舶辅助设备与系统,第七章船舶轮机设备评估与检验、检查由张存有、尹峰编写;第二章船舶柴油机动力装置,第四章船舶防污染设备及应急设备,第五章船舶消防系统与应急设备由李可顺、江欣编写;第八章轮机人员、文件与备件管理由张存有、孙德平编写。本书在编写过程中得到有关领导和专家的支持与帮助,在此一并表示感谢!

由于本书编写工作时间紧,加之编者水平所限,在具体选材、编写细节方面疏漏之处在所难免,恳请同行专家和读者批评指正,以便再版时得到完善。

编者

2011 年 5 月

目 录

第一章 船舶轮机概论	1
第一节 轮机设备分类及作用.....	1
第二节 热工基础知识.....	6
第二章 船舶柴油机动力装置	11
第一节 柴油机工作原理.....	11
第二节 柴油机的结构及主要部件.....	20
第三节 柴油机工作系统.....	28
第四节 柴油机启动装置和操纵系统.....	34
第五节 柴油机特性.....	38
第六节 柴油机运行管理.....	43
第三章 船舶辅助设备与系统	47
第一节 船用泵.....	47
第二节 活塞式空气压缩机.....	57
第三节 液压甲板机械.....	64
第四节 船舶辅助锅炉.....	84
第五节 船舶制冷与空气调节装置.....	104
第六节 船舶电气概述.....	115
第四章 船舶防污染设备及应急设备	128
第一节 船舶对海洋环境的污染.....	128
第二节 船舶防污染相关公约及国内相关法律、法规.....	129
第三节 船用油水分离器.....	131
第四节 船舶生活污水处理装置.....	137
第五节 船用焚烧炉.....	142
第五章 船舶消防系统与应急设备	151
第一节 船舶消防系统.....	151
第二节 应急设备的使用和管理.....	158
第六章 船舶通用管系	165
第一节 船舶管路系统综述.....	165

第二节	压载水系统	170
第三节	舱底水系统	171
第四节	机舱供水系统.....	173
第五节	压缩空气系统.....	176
第七章	船舶设备评估与检验、检查.....	179
第一节	船舶检验及船舶证书.....	179
第二节	港口国监督和船旗国监督概述.....	186
第三节	船舶设备评估.....	206
第八章	轮机人员、文件与备件管理.....	216
第一节	轮机人员管理.....	216
第二节	轮机文件管理.....	223
第三节	机舱备件、物料和工具的管理.....	228
参考文献		235

第一章 船舶轮机概论

第一节 轮机设备分类及作用

一、轮机的含义

船舶动力的发展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 1807 年“克赖蒙特”号这艘以蒸汽机作为推进动力机械的船舶的建成，才开始了船舶以机械作为推进动力的新纪元。当时的蒸汽船的推进装置，是由蒸汽机带动一个桨轮推进装置，这种推进器的大部分露在水面，人们称之为“明轮”，而把装有明轮的船称之为“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。

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，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，随着世界海洋运输、海上工程、公务的发展需要以及国际公约对船舶安全、环保的不断更新的要求，船用轮机设备和系统将越来越复杂，功能也越来越完善。轮机是为了满足船舶航行、各种作业、人员的生活、人员和财产安全及环境保护等各种需要所设置的全部系统及其设备的总称。轮机在工程上被称之为船舶动力装置，二者的意义是一样的。

轮机设备绝大部分安装于机舱。图 1-1 示出了机舱在全船的位置，图 1-2 和图 1-3 分别示出了机舱纵剖面图和底层布置图，一般来说，机舱布置在船舶的中、后部，上下分别布置主、辅机械。轮机技术管理是在船公司机务部门指导下由船上轮机部具体负责。因为船舶航行条件的多变性、发生事故后果的严重性、船舶动力装置的复杂性，对船舶动力装置的管理要求极高，所以要求从事船舶动力装置的管理人员，必须具有高度的责任心、独立发现问题和解决问题的能力。同时，对于从事船舶安全管理和检查的相关人员必须对船舶轮机设备基本工作原理、基本维修方法、设备检验和安全评估有较为详细的了解。

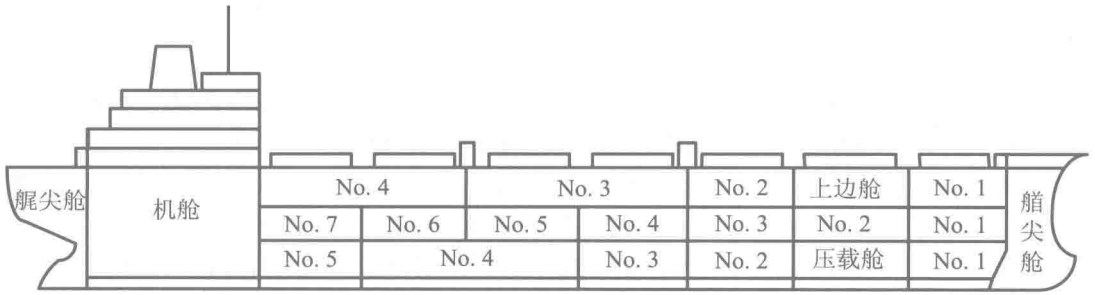


图 1-1 机舱位置示意图

二、轮机的组成及分类

一艘现代船舶就是一个现代化工业技术成就的集合，船舶需配备很多独立系统，以完成船舶自身各种需求。而轮机用来正是产生机械能、热能、电能和其他形式的能以满足船舶设备与

人员的需要。

轮机是一个动力机械类性质的系统工程，不能把轮机理解成在机舱中或甲板上机械设备的简单组合。轮机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。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

主推进动力装置（推动船舶航行的设备和系统）包括主机及附属系统、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，使船舶克服阻力以某一航速航行。

按照惯例，通常把推进船舶的机械称为“主机”，相应地把其他的一些机械设备定义为“辅机”。船舶主机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形式进行分类：

（1）蒸汽动力装置

利用锅炉所产生的蒸汽来工作的机器叫蒸汽机。蒸汽机分为往复式蒸汽机和回转式蒸汽轮机两种。往复式蒸汽机最早应用于海船，后来由于其他发动机的挑战，因其经济性差、体积和重量大而被取代。汽轮机自装船使用以来，由于受柴油机的挑战，一直发展比较慢，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。当然柴油机只是根据最初所使用的燃料（柴油）而命名的，现代柴油机由于技术水平不断提高，均可燃烧中间燃料油或渣油（统称重油），有些柴油机已经可以使用液体燃料或气体燃料，称为双燃料发动机。

（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、叶片和燃气发生器均在高温和高压下工作，使用寿命较短等原因，目前在商船应用极少，但在军用舰艇上应用较广。

（4）联合动力装置

为满足军用舰艇的需要，将上述三种动力装置联合加以采用，作为船舶的推进装置称为联合动力装置。联合动力装置的形式有蒸燃联合、柴燃联合、蒸柴联合等。这几种联合动力装置在商船上应用极少。此外还有另外一种联合动力装置形式——电力推进装置，即采用电动机械带动螺旋桨来推进船舶运动的装置。这种装置是主机驱动发电机，而电动机拖动螺旋桨。电力推进主要应用在舰艇上，但由于其噪声小、机动性好等因素，在大型邮船等商用船舶上也获得了应用，并且应用前景广阔。

（5）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，因此这种推进装置主要用于军用舰艇

上。

(6) 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。

2. 辅助装置

产生各种能量供应船舶航行、作业和生活设施的需要。包括供全船使用的船舶电站、辅锅炉、液压泵站和压缩空气系统以及为船员和旅客生活服务的设备及系统。

(1) 为主动力装置服务的设备与系统，例如为主机服务的滑油、燃油、冷却水、压缩空气等设备与系统，这些设备和系统可确保主机安全可靠运行。

(2) 确保船舶营运和操纵性能的设备与系统，例如锚机、系缆机、舵机、起货机等设备与系统，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。

(3) 为船员和旅客生活服务的设备与系统，例如船舶伙食冷藏装置、船舶空气调节装置、通风系统、照明系统及日用海、淡水系统等。

(4) 船舶应急安全设备及系统，例如火灾报警系统、应急配电、全船水消防系统、机舱CO₂灭火系统、水喷淋灭火系统、舱底水系统等。

(5) 船舶防止污染设备与系统，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。

船舶轮机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。如油船就没有起货装置，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其设备配置又与其他营运船舶有很大不同。

三、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。

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。船舶重要的设备有些必须采用冗余设计，即具有备用设备和相应系统。

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。所以，在船舶设计及设备选型过程中，始终注意低能耗、低运行成本，不断优化系统设计。

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。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。现代运输船舶，大多以柴油机作为船舶主机，随着柴油机技术

的飞跃发展，柴油机强化程度的不断提高，使其单位做功能力的重量和尺度不断缩小。

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的油、水舱柜。

6. 环保性能

国际公约在环保方面对船舶动力装置的要求越来越高，主要包括减少对海域和大气的污染，因而要求船舶设备、系统配置均能有效减少硫氧化物、氮氧化物及油类排放，并持有相关有效证书。

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，同时必须能满足国家和国际相关海事机构制定的规则和规范。

四、轮机人员的职责与分工

轮机人员的职责分工在各船舶公司虽不尽相同，但大体上是一致的。基本上分为远洋和近海两类，其区别仅在于某些机械设备的主管检修分工有所不同。

1. 轮机长

(1) 轮机长负责机舱各种相关机器和设备能够处于安全、有效运行。

(2) 制订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。

(3) 负责组织轮机员、电子员、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。

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

(5) 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。

(6) 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。

(7) 培训和考核轮机人员。

(8) 当进出港口备车航行、过狭水道和其他机动航行或当班轮机员有需要时，轮机长必须在集控室指挥和监督。

(9) 在发生紧急事故时指挥机舱人员进行抢修和抢救工作。定期组织轮机部人员对应急设备进行保养和试验。

(10) 监督和签署轮机员、电子员、冷藏员的调任交接工作。

2. 大管轮

(1) 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。在无人值班船舶，与二管轮、三管轮轮值安全班；有人值班船舶航行时当值 0400—0800 和 1600—2000。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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、冷藏机, 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。

(5) 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。

(6) 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。

(7) 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、物料的申领单交轮机长核定。

(8) 负责保管本人使用过的技术文件、仪器、工具等。

(9) 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。

(10) 监督轮机部一般船员的交接工作。

3. 二管轮

(1) 在轮机长和大管轮的领导下进行工作, 负责管理发电原动机及为它服务的机械设备、机舱内部分辅机和轮机长指定由他负责的其他设备。在无人值班船舶, 与大管轮、三管轮轮值安全班; 有人值班船舶航行时当值 0000—0400 和 1200—1600。

(2) 负责制订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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 负责加装燃油(驳油), 进行燃油的测量、统计和记录工作。

(6) 负责保管拨交本人使用的技术文件、仪器、工具和备件等。

(7) 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

(1) 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、副锅炉及其附属设备和轮机长指定的其他辅机和设备。在无人值班船舶, 与大管轮、二管轮轮值安全班; 有人值班船舶航行时当值 0800—1200 和 2000—2400。

(2) 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。在未配有电子员的船舶, 负责管理全船电气设备并领导电工的工作。

(3) 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。

(4) 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。

(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, 并与大管轮、二管轮留船值班。

5. 电子员

电子员是 STCW 公约马尼拉修正案新设岗位, 公约将电子员定位为操作级, 其职责主要有三大方面:

(1) 电气、电子和控制工程：对电气、电子和控制系统的监控；推进装置和辅助机械自动控制系统的监控；发电机的操作；船上计算机及其网络系统的操作；使用手动工具、电气和电子测量设备进行故障检查、维护和修理作业等。

(2) 维护和修理：维护和修理主推进装置和辅助机械的自动和控制系统；维护和修理驾驶室航行设备和船舶通信系统；维护和修理甲板机械和装卸货设备的电气、电子和控制系统；维护和修理生活设备的控制和安全系统等。

(3) 船舶操纵和人员管理：保证遵守防污染要求；船上防火、控制火灾和灭火；操作救生设备；在船上应用医疗急救；领导力和团队工作技能的运用等。

6. 冷藏专员

(1) 在轮机长和大管轮领导下领导冷藏机工进行工作。

(2) 按照轮机长的指示，参加并组织领导冷藏机工或由大管轮派给的人员轮流值班和进行检修工作。

(3) 负责检查并按时记录冷藏库内的温度、湿度，使其经常处于规定的变化幅度之内；经常检查并保持冷藏库系和设备的完整可靠，冷藏设备发生故障时，应立即报告轮机长，并及时进行检修。

(4) 应贯彻执行冷藏设备的操作规程，防止泄漏，杜绝事故发生，延长使用寿命，保证冷冻物品的质量，不断研究改进管理办法，报经轮机长批准后执行。

(5) 负责保持冷藏机室、修理间、材料库、冷藏机及管系和有关设备的清洁整齐。

(6) 制订预防检修计划，报经轮机长批准执行。

(7) 编制计划修理和航次修理的修理单，提交轮机长审批。

(8) 负责冷冻设备所需工具、备件、物料的申领、验收、统计和报销，监督物料和备件的合理使用。

(9) 负责管理冷藏日志，按时提交轮机长审签。

(10) 保管冷藏设备的有关技术文件。

第二节 热工基础知识

轮机在工程上被称为船舶动力装置，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，必须具有一定的热工基础知识。热能动力装置中将热能转化为机械能的各种流动介质，称为“工质”。例如，燃气是内燃机做功的工质，水蒸气是蒸气机做功的工质。在热能动力装置中，把热能转化为机械能是通过工质受热膨胀做功来实现的，因此作为工质的物质必须具有良好的膨胀性和流动性。

一、热力状态参数

在对热能动力装置进行热力学分析时，通常要在相互作用的各种热力设备中划分出一个（或几个）作为研究对象，这种被划分出来的研究对象称为热力系统。要对热力系统进行分析，首先需要对系统的热力状态进行描述。在热力学中，用来描述系统宏观特性的物理量称为系统的热力状态参数，简称状态参数。常用的状态参数有压力、温度、容积、内能、焓和熵等六个参数，而压力、温度、容积三个状态参数，可直接通过仪表来测量，因此工程上称它们为基本

状态参数。状态参数的数值仅由系统的状态来确定，当系统状态变化时，状态参数的变化量，只与系统的初、终状态有关，而与变化过程或途径无关。

1. 压力

在工程热力学中，把工质垂直作用在单位容积壁面或分界面上的力称为压力。气体的压力是气体分子撞击壁面的宏观结果，因此气体作用在器壁上的压力与单位容积内的分子数和分子的平均移动动能成正比。

压力的单位分为国际单位（SI）制、工程单位制和英制单位。在国际单位中的力的单位为 N/m^2 ，称为“帕”，以符号 Pa 表示，实际多用 10^6 Pa ，称为“兆帕”，以符号 MPa 表示。各单位之间的换算关系如表 1-1 所示。

表 1-1 压力单位换算表

帕斯卡 (Pa) N/m^2	巴 (bar) 10^5 N/m^2	工程气压 (at) kgf/cm^2	标准气压 (atm) 760 mmHg	磅力/英寸 ² (psi) lbf/in^2	毫米汞柱 (Torr) mmHg	米水柱 mH_2O
1	10^{-5}	1.0197×10^{-5}	0.9869×10^{-5}	1.45×10^{-4}	7.5×10^{-3}	1.021×10^{-4}

（注：根据我国计量法，应采用国际单位制计量单位，非国家法定计量单位应当废除。然而在生产实践中，包括上述的非国家法定计量单位仍有大量的使用，因此在这里作为常识性介绍。）

(1) 大气压力

大气压力是由地面上几百公里高的空气层的重量所引起的，以 p_b 表示，其中下标 b 表示 barometric（大气压力）；有时下标也用 a，表示 atmospheric pressure（大气压力）。其大小随纬度、高度、空气温度和水蒸气含量而变化。物理学中把纬度 45° 平均海平面上常年大气压的平均值定义为标准大气压，以符号 atm 表示。现已规定 $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101\,325 \text{ Pa} = 0.101\,325 \text{ MPa}$ 。

(2) 绝对压力

工质作用在器壁上的实际压力称为“绝对压力”，以 p 表示。

(3) 表压力

用压力表测得的压力数值称为“表压力”，以 p_g 表示，其中下标 g 表示 gauge（测量仪表）。压力表测定的压力是以大气压力作为测量基准，其数值不是绝对压力，而是绝对压力与当地大气压力的差值，即

$$p_g = p - p_b$$

(4) 真空度

当容器内的绝对压力比大气压低时，用压力表测得的压力为负值，取其绝对值，称为“真空度”，以 p_v 表示，其中下标 v 表示 vacuum（真空）。真空度也是表压，其数值是当地大气压与绝对压力的差值，即

$$p_v = p_b - p$$

表压力和真空度是以当地大气压为基准的相对压力，表压力表示比大气压力高出的压力值，真空度表示比大气压力低的压力值，它们之间的关系如图 1-4 所示。

在工程计算中，当 $p_g \gg p_b$ 时，可近似取 $p_b = 0.1 \text{ MPa}$ ，则绝对压力

$$p = p_g + 0.1 \text{ MPa}$$

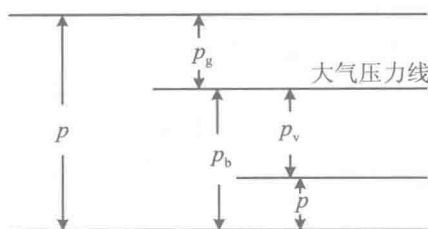


图 1-4 表压力、真空度和绝对压力的关系

2. 温度

温度是表明工质冷热程度的状态参数，以 t 表示。温度的数值表示方法叫做温标。常用的温标有以下三种：

(1) 华氏温标。在标准大气压下，将纯水的冰点标定在 32 度，沸点为 212 度，在这两点之间均为 180 等份，取其中的 1 份称为华氏 1 度，记做 1°F ；用符号 $t(^{\circ}\text{F})$ 表示。

(2) 摄氏温标。在标准大气压下，将纯水的冰点标定在 0 度，沸点为 100 度，在这两点之间均为 100 等份，取其中的 1 份称为摄氏 1 度，记做 1°C ；用符号 $t(^{\circ}\text{C})$ 表示。

(3) 开尔文温标。又称绝对温标或热力学温标，以摄氏零下 273.15 度为零度，每度的间隔和摄氏温标相同。1 度记做 1 K，用符号 $T(\text{K})$ 表示。三种温标之间的换算关系是：

$$t(^{\circ}\text{F}) = (9/5 \times t + 32)^{\circ}\text{C}$$

$$t(^{\circ}\text{C}) = 5/9(t - 32)^{\circ}\text{F}$$

$$T(\text{K}) = (t + 273.15)^{\circ}\text{C}$$

3. 比容和密度

质量为 1 kg 的工质所占的容积称为比容，用符号 v 表示，单位为 m^3/kg 。设质量为 m kg 的工质所占容积为 $V \text{ m}^3$ ，则其比容 v 为

$$v = V/m$$

容积为 1 m^3 工质具有的质量称为密度，用符号 ρ 表示，单位为 kg/m^3 。设容积为 $V \text{ m}^3$ 工质的质量为 m kg，则密度为

$$\rho = m/V$$

由以上两式可知，比容 v 和密度 ρ 互为倒数，即

$$\rho = 1/v \quad v = 1/\rho$$

二、热与功

1. 热量

在热力学中，把系统和外界由于温差而通过边界传递的能量称为热量，用符号 Q 表示。外界给系统加热； Q 取正值，反之，系统对外界放热， Q 取负值。

热量单位在 SI 制中为 kJ (千焦耳)，工程单位为 kcal (千卡或大卡)。1 kcal 即在标准大气压下将质量为 1 kg 液态水的温度升高 1°C 所吸收的热量。对质量为 1 kg 工质的加热量 (或放热量) 称为单位质量热量，用符号 q 表示，其单位为 kJ/kg 或 kcal/kg 。

2. 功

在热力学中，功的定义为“当封闭系统 (与外界没有物质交换的热力学系统) 通过边界和外界之间发生相互作用时，如外界的唯一作用是升起重物，则系统对外界做了功；反之，如外

界的唯一效果是降低重物，则外界对系统做了功”。

如图 1-5 所示，取气缸中有一定质量的高压气体作为封闭系统，活塞、曲柄连杆机构和重物为外界。则当系统膨胀时，系统通过边界，对外界做功使重物升起；相反，如重物受外界力的作用下降，则外界通过边界对系统做功，使系统压缩。

功的单位，在工程制中为 $\text{kgf}\cdot\text{m}$ ，在 SI 制中为 $\text{N}\cdot\text{m}$ ，即焦耳。二者之间的换算关系为

$$1 \text{ kgf}\cdot\text{m} = 9.8 \text{ N}\cdot\text{m} = 9.8 \text{ J}$$

工程中称单位时间内所做的功为“功率”，其单位为“马力”，或“千瓦”。它们之间的关系为

$$1 \text{ PS} = 75 \text{ kgf}\cdot\text{m/s} = 0.735 \text{ kW}$$



图 1-5 封闭系统做功

功和热量均为系统与外界之间能量传递的方式，两者都是传递过程中出现的能量，单纯说某个系统具有多少功或热量是没有意义的。但是两者有着本质的区别，热量是不规则热运动的能量传递方式，功则是规则运动的能量传递方式。功可以完全地转化为热，热却只能部分地转化为功，而且只能通过工质的热膨胀来实现。这就是我们日常生活、生产中发现的运转的设备会逐渐发热，即部分功自发的变成热量；而热量却不能自发的转换为功，必须通过热机实现，且热效率均有限。

三、传热的三种基本方式

热传递过程相当复杂，为了便于分析，按照热传递过程中物质运动的特点，热传递可分为三种基本方式：导热、对流换热、辐射换热。

1. 导热

当物体各部分温度不同时，热量就会自发的从温度较高的部分传递到温度较低的部分。这种不依赖于物体各部分的相对位移而在物体内部进行的热量传递称为导热。

2. 对流换热

运动着的流体与固体表面接触时的换热过程称为对流换热。

3. 辐射换热

辐射换热是靠电磁波中的可见光线和红外线来传递热量。它不需要冷、热物体直接接触，只要有温差存在，就能进行辐射换热。

任何温度高于 0 K 的物体，每时每刻都在以热辐射的方式向外辐射热量，与此同时，物体又在每时每刻接收其他物体以热辐射的方式向它辐射的能量。物体表面温度越高，辐射的热量越多。当辐射的热量 Q 投射到一个物体时，部分能量 Q_A 被吸收，部分 Q_R 被反射，其余能量 Q_D 透过物体。

4. 传热过程

传热过程是以上三种传热方式的复合过程，例如，锅炉中高温燃气与水的传热过程，就同时具有导热、对流换热和辐射换热三种基本方式。高温燃气对炉胆壁面的传热以辐射和对流两种方式换热，炉胆下壁面向炉胆上壁面的传热是以导热方式进行，而炉胆上壁面向水的传热过程是对流换热方式。传热过程基本规律是传热温差越大，传热量越多；传热面积越大，传热量也越多。

在轮机工程中，很多设备的运行都与热量的传递、功与热的转换有关。例如，锅炉是将燃料的化学能转变为热能，传递给炉水使之产生蒸汽用来加热燃油和淡水等；柴油机是将燃料的化学能转变为热能加热燃气，使燃气压力提高用来推动活塞做功驱动发电机或螺旋桨；船舶空调冷藏装置也是完成热量传递与转移的设备。