

舰船柴油机动力装置

(修 订 本)

崔 朗 然 编著

国防工业出版社

再 版 前 言

本书是根据 1978~1980 年全国造船专业统编教材会议通过的、《舰船柴油机动力装置》的大纲编写的。本书第一版于 1980 年 12 月由国防工业出版社出版。

本书第一版曾经过有关院校 77 级至 82 级六届学员使用。之后,根据 1981 年 7 月高等院校船舶动力类专业教材编写小组的决议和安排,于 1982 年 2 月在广州召开了《舰船柴油机动力装置》教材讨论会,本版本即是按该会纪要的精神修订的。

在第一版教材中,为船舶空调制冷专业而专门编写的“舰船柴油机”一章和某些在其他课程已有论述的内容,修订时均已删掉,而适当补充了废热利用和节能方面的内容。对全书各章节的内容亦有修改和增补,对“引言”和“机舱规划与舰船柴油机动力装置设计”一章作了重新组编。现全书共分六章,即:对舰船柴油机动力装置的要求及其类型;推进装置的传动设备;推进装置的辅助系统;推进装置的工作特性和基本工况;舰船柴油机动力装置设计基础和舰船柴油机动力装置自动化。书中的自学和参考性内容均移入附录内。

本修订本全部使用了法定计量单位,但在有些场合,为了照顾读者使用习惯,旧单位和法定计量单位同时并列。

本书在修订过程中,编者认真学习研究了钱学森同志关于“教育工作的最终机理在于人脑的思维过程”的教导,遵循形象思维和抽象思维正确结合的原则,并接受了我国古代教育家荀况的“不闻不若闻之,闻之不若见之……”的遗训,从而确立起教育应以“闻见”为基础的指导思想。另外,近代心理学、生理学实验的结果也表明:纯视觉注意力的利用率远高于纯听觉注意力的利用率,而视听结合的记忆率比纯听觉、纯视觉都高。为此,在修订本教材的同时,另编写了音像教材剧本和组编了一套教学幻灯片。这样既丰富了书本教材的内容,也补救了实践教学环节(参观和航海实习)的不足。更重要的是它将促进学生的积极思维从而达到对其智能的培养。

在拍制过程中,导演、摄影、美工等人员努力将远洋、近海以及内河船舶动力装置中典型的、较新颖的机械、设备与各种系统的实际形象摄入镜头。因此,该套录像定能给读者提供较直观的观感。

录像片分概论、轴系、管系、工况、机舱和自动化六部分。每部分独立为一个短片。幻灯片包括本教材中全部插图以及一些补充内容。上述录像片与幻灯片均已由华南工学院电教中心拍制,并由华南工学院音像出版社出版,采用本教材时可一并采用。

在这次修订过程中,编者曾逐章与主审人——上海交通大学李铭慰教授进行了讨论,得到了他的热情指教。他在审稿时又多次提出许多具体的宝贵意见。武汉水运工程学院、海军工程学院和哈尔滨船舶工程学院以及我院的同志们也给予了极大的支持和帮助,在此一并表示感谢。张淑娟、黄爱琼、林佩贤、黄秀艳、林惠玉、梁二章、翁仪壁、江厚祥、张树元、黄启荣等同志帮助抄稿和描绘部分插图,编者谨此致谢。

限于编者水平,书中缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

内 容 简 介

本书是在一九八〇年第一版基础上修订再版的。书中从军舰和民船对动力装置的要求出发,介绍了柴油机动力装置的组成和分类。对于推进装置中的轴系、管系及其工作特性与基本工况分别详细地作了论述。有关舰船柴油机动力装置的设计基础和动力装置自动化等问题都设有专章进行了阐述。

本书可作为船舶内燃机专业的教科书,也可作为船舶动力专业、船舶机械专业与船舶燃气轮机等专业的教学参考书使用。本书还可供船舶工程其他专业的师生以及科技人员参考。

舰船柴油机动力装置

(修 订 本)

崔 朗 然 编著

责任编辑:方商

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张 21 1/2 499千字

1986年6月第一版 1986年6月第一次印刷 印数: 001—22610册

统一书号: 15034·2097 定价: 3.55元

目 录

引言	1
----------	---

第一章 对舰船柴油机动力装置的要求及其类型

§ 1-1 对舰船柴油机动力装置的主要要求	9
§ 1-2 舰船柴油机动力装置的类型	24

第二章 推进装置的传动设备

§ 2-1 概述	26
§ 2-2 传动轴的组成, 材料及设计计算	27
§ 2-3 传动轴的支撑设备	47
§ 2-4 传动轴的连接设备	61
§ 2-5 传动轴的离合设备	69
§ 2-6 传动轴的防漏与制动设备	92

第三章 推进装置的辅助系统

§ 3-1 概述	99
§ 3-2 管路的液力计算	100
§ 3-3 燃油系统	111
§ 3-4 滑油系统	124
§ 3-5 冷却系统	139
§ 3-6 压缩空气系统	150
§ 3-7 排气系统	155

第四章 推进装置的工作特性和基本工况

§ 4-1 基本概念	163
§ 4-2 几种典型推进装置的工作特性	168
§ 4-3 推进装置的基本工况	180

第五章 舰船柴油机动力装置设计基础

§ 5-1 概述	195
§ 5-2 “装置”设计中应研究解决的主要问题	198
§ 5-3 机舱规划	230

第六章 舰船柴油机动力装置自动化

§ 6-1 概述	234
§ 6-2 舰船柴油机动力装置自动调节	237

§ 6-3 舰船柴油机动力装置的自动操纵	247
附录 I 我国有关规范计算方法	258
附录 II 《舰船建造规范》中, 对轴系的扭振许用应力的规定	263
附录 III 滑动式轴承的计算公式和计算步骤	265
附录 IV 气胎离合器各组件的结构	267
附录 V 部分常用的局部阻力系数 ξ 值	274
附录 VI 图表法液力计算实例	279
附录 VII 燃油的品种及性质	281
附录 VIII 滑油的品种与选用	285
附录 IX 装置总功率的计算	294
附录 X 机舱布置实例	299
附录 XI 调节作用规律	324
附录 XII 音像及幻灯目录	335
参考文献	336

引 言

一、本课程的研究对象及其内容

军舰是保卫国防的战斗工具，民船是运输和生产的交通工具，总之，它们是水面或水中能行动的工程建筑物，最主要的特点是：它们能在水面或水中动作来完成自己的使命。而能用以保证舰船正常动作的则是“动力装置”，它犹如舰船的**心脏**，没有它一切都失灵了。那时，舰船只能像僵尸的躯体横在水上。军舰不再是战斗工具，而成了水上的靶标；民船也不成其交通工具，客轮变成水上旅馆，货船就成水上仓库了。由此可见，不夸张的讲，“动力装置”给了舰船以“活力”。

舰船动力装置的原始概念是代替人力或风力而产生船舶推进力的一套机械、设备与系统，俗称“轮机”。而现代动力装置的含义，不仅在于保证舰船推进，并且提供船上一切能量消费的需要。所以舰船动力装置的确切含义是：舰船上实现能量转化和分配的全部机械、设备和系统的有机组合体。当然，动力装置保证推进力仍是它的主要使命。保证推进力的原动机在船上称为“主机”。在柴油机为主机的舰船上，保证供电的原动机称为“副机”。保证供汽的锅炉称为辅锅炉。而船上甲板机械和水力机械等统称为“辅机”。

根据产生推进力的能源及能量转换方式的不同，舰船动力装置可分为：

1. 舰船蒸汽动力装置

(1) 蒸汽机动力装置，

(2) 汽轮机动力装置。

2. 舰船燃气动力装置

(1) 柴油机动力装置，

(2) 燃气轮机动力装置，

(3) 煤气机动力装置，

(4) 汽油机动力装置。

3. 舰船联合装置

(1) 柴油机-蒸汽机联合动力装置，

(2) 燃气机-蒸汽轮机联合动力装置，

(3) 柴油机-燃气轮机联合动力装置。

4. 核动力装置

本书所要研究的是以柴油机为主机的动力装置，即“舰船柴油机动力装置”。在这个标题中，“舰船”和“柴油机”这两个词是动力装置的技术形容词，起着定语的作用。这样，顾名思义，便可更为明确的讲，我们所研究的对象是在以柴油机为主机的舰船上，实现能量转化和分配的全部机械、设备和系统的有机组合体。

所谓动力装置中的机械和设备，综合起来可分为七大类，而对系统可分为两大类。机械、设备包括：

1. 动力机械——主机和副机、发电机和电动机、锅炉等。
2. 工作机械——推进器、泵和压气机等。
3. 发动机和工作机之间的能量与工质的传递设备——传动轴、轴承、联轴节、离合器、电线和管道等。
4. 存放消耗物品的设备——燃油柜、滑油箱、空气瓶等。
5. 消耗物品的清滤设备——过滤器、分离机和沉淀器等。
6. 输送工质的设备——管路和阀件等。
7. 热交换器具——加热器和冷却器等。

系统包括:

1. 动力系统——为动力机械服务的诸系统, 亦称辅助系统, 如燃油、滑油、冷却水、压缩空气以及排气系统等。
2. 船舶系统——为全船用的诸系统, 按其用途又可分为三种:
 - ① 保证舰船生命力和安全的系统, 用于防火、防水、防毒、防事故和修理等。
 - ② 保证船员正常生活的系统, 用于通风、取暖、卫生、照明、空调、制冷和制淡等。
 - ③ 保证船上专门用途的系统, 用于液压系统和高压空气系统以及传声管等。

各种机械、设备和系统组成一个专门用途的“装置”。如推进装置、发电装置、制冷装置等等。推进装置以外的其他装置在动力装置中称为辅助装置。动力装置的全部内容如下表所示:

动力装置	推进装置	① 主机一发出推进动力的原动机以及为它服务的辅助设备与系统。
		② 推进器——产生船推力的工作机, 如螺旋桨等。
		③ 主机至推进器间的传动设备——传动轴、离合器等。
	辅助装置	④ 发电副机组——供航行作业和生活设备等全船电能的需要 (推进用电能除外)。
		⑤ 辅助锅炉装置——供取暖等非推进用的蒸气需要。
		⑥ 船舶设备——锚机、舵机、货机和吊艇以及军用特种设备。
		⑦ 船舶系统——包括保证舰船生命力和安全的, 保证船员正常生活和保证舰上专门用途的诸系统。

从动力装置的内容来看, 它所涉及的面很广, 其全部内容的详尽研究, 对海军建设、造船工业和水运事业的发展将起着重要的作用。而本课程将以推进装置为主进行介绍, 其中包括轴系、管系、工况和机舱。此外还有对动力装置的要求及其类型以及动力装置自动化等总共六部分内容, 书中分别列为六章来研究。

二、本课程的目的和要求以及与其他课程的关系

对船舶内燃机专业来讲, 本课程应主要讨论推进装置中围绕主机的有关问题: 譬如主机如何将发出的马力传至螺旋桨; 保证主机正常工作所需的动力系统以及在各种航行情况下主机、螺旋桨、船体三者如何配合工作等等。在从事船舶动力方面实际工作的人员中, 动力装置的基本常识是必不可少的。作为船舶内燃机专业必修的专业课程之一, 本课程的学习目的是在于了解动力装置的基本概念以便读者将来从事船舶柴油机方面的

工作时,有能力主动地从舰船动力装置的要求出发进行和完成自己的工作,以增强设计、制造发动机的船用观点。此外,当从事动力装置方面的工作时,不至于束手无策。

本课程的内容涉及到多种领域的机电基础知识和许多专业课程,特别是对船舶构造与原理,内燃机原理与设计、螺旋桨、船舶辅机等的专业知识关系密切。由此可见,它是一门综合性的课程。要获得动力装置的概念,必须掌握主机,也要知道辅机,对船舶阻力与推进,螺旋桨的工作原理等也得有一定的了解。此外,与专业基础课也密切相关。正确理解发动机各种工况下的工作,需要热工学的知识;正确理解蓄电池组与推进电机的工作,需要电工学的知识;轴系计算要有材料力学的知识;管系的计算要有水力学的知识……。

由于该课程所具有的综合性,学习它将有助于读者今后有效使用其他专业知识,对发现科研方向也有着重要的启发作用。

三、本课程的教学实施方法

本课程的特点是:(1)知识面广;(2)概念原则多;(3)与生产实际联系密切。学习时,必须正确全面理解问题,善于掌握原则,能够联系实际。为此,通过讲课或自阅教材建立概念,时间允许时,应进行必要的习题演算和问题讨论以巩固概念,掌握原则;进行航海实习以求联系实际。

在有限的学时内要系统、完整地介绍动力装置,则必须有所取舍和侧重。对船舶内燃机专业来讲,应以介绍柴油机为主机的推进装置为重点,对推进装置中的轴系、管系及其工作特性和基本工况也分别详细加以论述,即本教材以第二、三、四章的内容为重点,而对第一、五、六章的内容只作了一般性介绍。为了使读者懂得本学科的去脉,书中除介绍上述主要内容以外,另加了一章引言。引言的目的是阐明学的是什么?为什么学?怎样学?以及简述本学科的去脉、现在和未来。

各章的内容是按有机的联系组织的。为了便于记忆和理解,出于仿生的考虑,将装置视为有机的整体:第一章“要求与类型”是总论,犹如“精神”和骨架;第二章“轴系”为脊椎骨贯穿首尾,实现传动;第三章“管系”似经络,如同血脉和气管,完成新陈代谢;第四章“特性与工况”是介绍其固有的性格以及在各种条件下的表现和作为;第五章“机舱与设计”是阐明五脏六腑(全部机械设备与系统)的合理布置以及相互关系。作设计时则应使其动作协调,有效地实现能量的转化与分配;第六章“自动化”是有机体的神经中枢,是监视与控制的中心部位。

各章讲授学时的建议:

内 容	讲授学时数	内 容	讲授学时数
引 言	2	第四章	12
第一章	4	第五章	8
第二章	16	第六章	6
第三章	12		60学时

四、舰船动力装置的发展简史,现代概况和未来动向

舰船动力从人力到风力,最后用机器动力,经历了人类与自然斗争的漫长岁月。

这段历史跨越了原始社会、奴隶社会和封建社会。

从第一次世界上成功使用机器动力的蒸汽机船到今天，已有一百八十多年了。在这段岁月中，从用 18 匹马力^① (13.3 kW) 左右的蒸汽机船、航速仅为 5Kn (9.26 km/h)^② 的十九世纪初到使用几十万匹马力 (几十万千瓦) 的核动力船 [如航空母舰《CYAN65》型为 320000 匹马力 (235520 kW)]^[47]、航速高达 200 多节的今天 [如滑翔艇《蓝鸟》号水上航速达 445 km/h]^[48]，人类尝试了各种动力在舰船上的应用。可列表如下：

年 代	船 名	国 号	技 术 情 况
1807年	“克勒蒙”号 (Clermont) 〔世界上第一艘蒸汽机船〕	美国罗伯特·富尔顿 (Robert Fulton)	$N_e = 18$ 马力 (13.3 kW)；在美国赫德逊河上试航时，采用明轮式推进器，航速 $v \approx 5$ kn (9.26 km/h)
1896年	“透平尼亚”号 (Turbina) 〔世界上第一艘汽轮机船〕	英国、查理·帕尔逊斯 (Charles Parsons)	在英国泰晤士河试航结果，航速达 32 kn (59.3 km/h) 1902年应用到军舰上
1903年	“万达尔”号 (Вандал) 〔世界上第一艘内燃机船〕	俄国	该船为装有三台 120 马力 (88.8 kW) 柴油机的运油轮。采用电传动的方式，亦是世界上第一艘电力推进的船
1947年	第一批、作为主要动力的燃气轮机船，1951年开始建造	德国、法国	1947~1957年为实验研究阶段，1958~1963年为实际应用阶段
1952年	“雪利欧斯” (Sirius) 级扫雷艇〔世界上第一艘自由活塞发气机-燃气轮机联合装置的船〕	法国	用两台 GS-34，2 台可倒转涡轮，2 个螺旋桨。总功率为 2000 匹马力 (1472 kW) 1954 年装在商船“康顿纳克斯” (Cantenax) 和“玛丽纳克斯” (Merignax) 上
1955年	“诺提拉斯” (Nautilus) 潜艇〔世界上第一艘核动力船〕	美国	排水量 2500/3180 t，航速 35/20 kn，1954 年下水，1955 年服役，1959 年、1960 年核动力巡洋舰、航空母舰先后下水

历史事实表明：蒸汽机 (1734 年瓦特) 出现后，约 20 年才应用在船上；汽轮机 (1884 年帕尔逊) 用到船上经历了 12 年；而柴油机 (1897 年狄塞尔) 成功后仅 6 年便应用到船上了。特别是它一经使用便迅速占据了船舶动力的显著地位。至今，世界上万吨以下的船只，约 95% 为柴油机船。在 1 万吨至 2 万吨船只中，柴油机船约占 80% 这个事实说明，由于柴油机本身的特点，而逐步成为某些舰船唯一和主要的动力。

燃气轮机船“自由活塞发气机-燃气涡轮”联合装置的船与核动力船的出现，表明了战后生产力的发展，同时这些新型动力装置的应用多是为了军事目的而首先在军舰上出现的。

20 世纪初期，正是帝国主义侵略扩张的年代，所以各种军舰的动力装置也是相继在美、英、德、法、俄等国出现。

我们伟大的祖国在造船方面有着悠久的历史。在史册中有许多记载：远在五万年前，我们的祖先就与海洋发生关系，那还是文明开始的旧石器时代。在公元前三、四千年的

● 1 公制马力等于 0.736 kW —— 编者。● 1 kn = 1.852 km/h —— 编者。

新石器时代,我国人民就已开辟了山东和辽东半岛,以及大陆与台湾之间的海上交通。商朝的甲骨文中就有“舟”字,可见我们祖先对船的认识已经历史悠久,但鸦片战争以来,中国人民就处在帝国主义与反动派的双重压迫之下,造船事业也从此一蹶不振。

应该提及的是我国第一艘自己建造的机动船——“黄鹄”号,它是一艘蒸汽机船,在1862~1865年间由徐寿、华衡芳、吴家康及龚云棠等人集体设计制造。船长50余尺(16.67m),航速20余里/时(10km/h),排水量约25吨(t)的木壳船。此外,1886年8月间,江南制造局造成了第一艘炮舰——“惠吉”号。1919年间曾造了一批船用内燃机和内燃机船。总的来讲,解放前,我国的船舶动力工业其发展规模是很可怜的,仅有的一点造船企业也多带有半殖民地的色彩。解放后,在党的领导和人民的努力下,造船工业蒸蒸日上,到1952年就接近了解放前造船的最高水平。并迅速建立了自己的科研院所、设计院、造船厂、形成了自力更生的独立体系。各有关院校的成立,为培养造船技术队伍也作了一定的努力。总之,建国以来,虽然在各种干扰下曾走过一些弯路,但毕竟迈开了可喜的一步。

国内、外舰船动力装置的发展简史告诉我们:

1. 舰船动力装置的发展与动力机械的发展密切相关;
2. 舰船动力装置的发展是社会生产力发展的反映;
3. 舰船动力装置的发展受社会生产关系的制约。

了解它的过去,更要看它的现在,进而展望它的未来。

下面我们就简述舰船动力现代发展概况及其发展动向。

至今,世界各国都还同时存有人力、风力和机器动力的船舶,这是因为船有着广泛的用途。大海中航船,池塘里撑船,江河中行舟,公园里划船,运动会上还有赛船……,所以船舶动力的问题要各取所需,不可一概而论。

人的一切活动都是有目的的,不能脱离政治的。十九世纪初,世界机动船的出现是资本主义国家为了推销商品,掠夺海外资源,进行殖民地扩张所需要的。十九世纪末和本世纪初,汽轮机船和柴油机船的相继出现,特别是二次大战后,燃气轮机船、联合装置船以及核动力船的出现都显示出扩军备战的背景。当代是海洋资源被勘察开发的年代,而占世界1/4人口的中华民族要振兴,要“四化”,这一切因素都必将促进世界和我国船舶动力的新发展。只有从社会发展着眼,从政治经济出发才能正确理解舰船动力发展的现状。我们所讨论的舰船动力是指那些有军事意义和经济价值的军舰和商船的动力而言。

目前在舰船上起着重要作用的动力是蒸汽动力和内燃动力,两者处于竞争的阶段。究竟哪种形式的装置更有利?这是个争论的问题。它只有根据各国动力机械的制造水平,燃料供应情况以及各种舰船的不同用途,经权衡后才能作出正确决定。

欧洲各国赋有制造大型柴油机的经验,又曾多年从事燃气轮机的研究,故多采用内燃装置;而美国缺乏这方面的经验,所以便向蒸汽装置方面侧重。燃料是产生动力的源泉,使用燃料的情况在一定程度上能说明动力装置的发展。当前世界上,绝大部分的船只是利用不同的石油产品作燃料的。战时,由于石油紧张,一度发展了煤气装置;能源危机的今天,人们又探索应用代用燃料和劣质燃料,动力装置也必定有相应的发展。

各种型式的动力装置设计都向节省燃料和使用廉价燃料以提高其经济性,增强其工

作可靠性，减低重量和外型尺寸的方向发展。而各种装置的使用范围不仅取决于营运费，也要与建造费，航程和航速等一起来考虑。

从海船动力装置的变化情况来看，十年前对它的认识和今天的认识就有较大的出入。目前大功率中速机越来越多地被舰船所采用，现在按台数计的年产量已超过低速机和汽轮机，按功率计约占总量的20%以上，单缸功率已超过一千马力(736 kW)，单机功率近2万马力(14700 kW)。无论低速机或中速柴油机，随着技术的发展，其单缸功率都有显著提高。因而，它们也就在更大功率动力装置的行列中加强了和其它机种竞争的能力。在七十年代初各国建造的海船中，七万吨以下的船舶多用柴油机，七万吨以上的，用汽轮机的则占优势。十万吨以上的船，大多是用汽轮机的。但近年来，卅万吨级的船也用柴油机取代了汽轮机。如油轮 Mobilhawk (285000 t)，建成后两年便将36000 马力(26500 kW)的汽轮机拆掉，改装为中速柴油机12缸 PC₄V 型机两台，每台18000 马力(13250 kW) (400 r/min)。类似的例子还不少，这些就是当前发展的特点。

目前，在世界商船队的构成中，各种动力机型所占的比例如下：

按主机台数 柴油机占 86.3%；
 汽轮机占 13.5%；
 燃气轮机占 0.2%；
 按主机功率 柴油机占 64.4%；
 汽轮机占 34.7%；
 燃气轮机占 0.9%。

世界商船动力的发展现状表明，柴油机在船舶动力方面居有十分重要的地位。

仅就1982年世界上建造的二千载重吨以上的船舶推进主机的统计情况来看，柴油机占绝对优势。

机 种	装 船 数	主机生产数	马力 (kW)	%
低速柴油机	684	690	7979973 (5873260)	74.45
中速、高速柴油机	425	685	2671074 (1965910)	24.95
汽轮机	2	2	64000 (47104)	0.6
燃气轮机	0	0	0	0
总计	1111	1377	(7878934) 10795047	

注：本表数据摘自英刊《机动船》1983.2号。

今后20年内，鉴于各类船舶单位载重吨所需推进功率的发展总趋势是稳定的，可得趋势图如下：

根据推算，到2000年，全世界船舶动力装置的总功率约为 16×10^6 kW，其中70%为柴油机，20%为汽轮机，其余是燃气轮机。在船舶动力市场上，柴油机居垄断地位，特别是中小功率机种，更为明显，其原因可用各种装置的年运行费用与耗油率的比较图

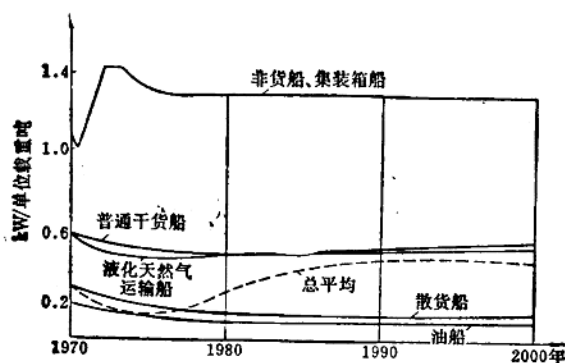
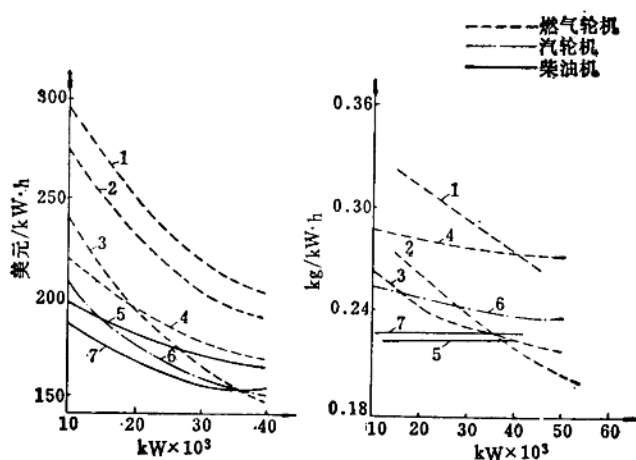


图0-1 各类船舶单位载重吨所需功率的趋势

图0-2 各种动力装置的年运行费用与耗油率的比较图
(到2000年推进装置的技术-经济估计)

1—飞行器用燃气轮机；2—航空燃气轮机；3—重型燃气轮机；4—回热式重型燃气轮机；5—中速柴油机；6—中间自热式汽轮机；7—低速柴油机。

来说明。

由于动力装置的选择要涉及造价、重量、所占据空间、燃料舱容积、燃料费用、人员需求及可靠性等因素，但据分析计算，燃料费用是最主要的经济因素，也是考虑未来装置的决定因素。未来柴油机的需求情况可参考下表：

功率范围 年度	4~9×10³马力 (3~6.5×10³ kW)		9~15×10³马力 (6.75~11.25×10³ kW)		15~20×10³马力 (11.25~15×10³ kW)		20~25×10³马力 (15~18.75×10³ kW)		>25×10³马力 (>18.75×10³ kW)		总计
	%	10⁶(kW)	%	10⁶(kW)	%	10⁶(kW)	%	10⁶(kW)	%	10⁶(kW)	
1985	25	2	40	3.3	12	0.99	11	0.92	12	0.99	8.2
1990	23	2.1	34	3.05	16	1.45	14	1.25	13	1.15	9.0
1995	22	2.2	30	3.0	20	2.0	14	1.4	14	1.4	10
2000	20	2.25	28	3.15	22	2.5	15	1.65	15	1.65	11.2

在动力装置中推进装置最重要，所以推进装置的发展在很大程度上决定了动力装置的发展，并以下列几个方面作为标志：

1. 发动机的发展；
2. 使用燃料种类的发展；
3. 传动方式的发展；
4. 推进器的发展。

应该指出：随着电子技术的发展和电子计算机在舰船动力装置设计、制造和使用中的广泛应用，舰船动力装置的综合自动化是一个总的趋势。不难预料，动力机械+自动化，将会促成另一次技术革命的到来。

第一章 对舰船柴油机动力装置的要求及其类型

§ 1-1 对舰船柴油机动力装置的主要要求

为了保证舰船的一定性能和满足舰船所定指标，相应地对动力装置便提出要求。为此，我们首先要了解舰船的主要性能和指标。

一、舰船的主要战术-技术性能与建造营运技术-经济指标

舰船作为工程建筑物，其主要性能有：使用技术性能，使用经济性能，生产技术性能和生产经济性能。上述四方面的性能综合起来，对军舰来说称战术-技术性能，民船则叫建造营运的技术-经济指标。军舰着眼战术，民船侧重经济。它们的性能和指标虽有所差别，但它们的主要性能是统一的。现分述如下：

1. 排水量 (Δ) 舰船的基本重量量度，即船的重量。它由两部分重量组成：空船重量 (LW) 和载重量 (DW)。

空船重量是指一切舾装品、机电设备、导航仪器等均已安装完毕，船舶处于完工状态时的总重量。它包括：

- (1) 船体及其设备的重量 (船体钢料、木作舾装、固体压载等)；
- (2) 动力装置的重量 (全部机电设备、包括主副机以及连接管路中的油和水)；
- (3) 装甲武器 (火炮、鱼雷、水雷等) 和导航仪器。

载重量包括：

- (1) 载运的货物、旅客及行李的重量；
- (2) 各种消耗和储备物质 (燃油、滑油、淡水、粮食和弹药等) 的重量；
- (3) 船员及其行李的重量。

空船重量视为不变重量，而载重量是可变重量。因此，排水量是一个变化的量，也就是说它和船的吃水一样，在谈到排水量时必须说明什么情况下的排水量。

对于军舰，有下列几种排水量：

(1) 轻载排水量——空船排水量。空船重量情况下的排水量。

(2) 标准排水量——是由 1922 年的华盛顿海军会议制定的、作为军舰排水量的统一度量标准。在完工的舰上，有全部工作人员及其所需的粮食和淡水，各种舰上的储备品，全部武装和弹药，以及海上作战时舰上所必须具有的其他物质，但没有燃料、滑油和锅炉给水的储备。

(3) 正常排水量——标准排水量加上 $1/2$ 的满载排水量时各种消耗物质的储备。

(4) 满载排水量——标准排水量加上保证给定续航力 (用全航速和经济航速运行时) 所需的燃料、滑油和锅炉给水的储备。

(5) 最大排水量——标准排水量加上军舰在弹药舱或水雷轨道处可能附加的弹药和充满舱室时的燃料、滑油和给水的储备量，即所有消耗储备物质在舰上装载已达到可能的最大数量。

对民船，最常用的是轻载排水量和满载排水量。轻载排水量通常是指准备出海的状态，即有船员和行李以及所有船上供应品，但无货物和各种消耗物质储备。满载排水量是指满载货物，燃料以及船上其他物质储备。

排水量及其组成重量以吨作为度量单位。国外有些用英制吨（长吨）和美制吨（短吨）。1公吨=0.9842长吨=1.1023短吨。

货船常用净载重量表示量度。所谓净载重量就是指船所能载运的货物重量和旅客、行李的重量，也就是载重量中扣除燃料、水及其它船上消耗物质后的重量。

载重量与满载排水量之比称为载重量系数（ η ），也叫排水量的利用系数（ $\eta = DW/\Delta$ ），这个系数是现代货船的技术经济指标，标志着船上一定排水量情况下所能达到的最大载重量。

η 的约略范围见下表：

表 1-1

中、小型货船：0.70~0.57	大型货船：0.73~0.64	驳船：0.80~0.70
中、小型客船：0.50~0.30	大型客船：0.55~0.40	渔船：0.40~0.30
中、小型油船：0.65~0.50	大型油船：0.80~0.65	拖船：0.15~0.05

2. 容积（ ∇ ）排水体积是与排水量有直接关系的容积量度。它是船的水下部分的体积，也就是船的浮力的度量。也称作容积排水量。可见，在淡水中用吨表示的重量排水量和以立方米表示的容积排水量在数字上是一样的。

在许多情况下还有必要知道船的其他容积，如船体内的全部容积，货舱容积和燃料舱容积等。

在船的建造中，我们用立方米作为船的容积度量单位。但在民船的营运中，各国采用一种通用的度量单位，称为登记吨位（1登记吨位=100（ft³）=2.83（m³））。

民船所以采用这个单位，因为只有排水量和载重量是不能很好表明船的大小的。我们可用一个例子来说明。一只货船与一只客船的载重量均为10400（t），但两者的大小差别很大。

表 1-2

项 目	货 船（A）	客 船（B）	比 值（B/A）
载重量（t）	10400	10400	1
长度（m）	136	233	1.71
排水量（t）	15000	34000	2.27
（长度） ³ （m ³ ）	2.51×10 ⁶	12.7×10 ⁶	5.05
总容积〔总登记吨〕	6735	30700	4.56

总登记吨位并不完全计及船体内部和上层建筑内的全部容积。根据船舶的丈量规章，某些不能装货物、燃料，旅客和船员的舱室可不计算在内。现在各国都有自己的丈量规章（我国船舶检验局于1959年也公布了船舶吨位丈量规范），各国规定的丈量方法都相仿，丈量结果所得吨位，一般相差不超过3%。

除总登记吨位外，从营运观点还常丈量计算净容积或净登记吨位。~~净登记吨位~~净登记吨位仅包括那些可容货物和旅客的舱室容积，也就是从总登记吨位中除去那些不直接获利的舱室容积，如机舱、锅炉舱、海图室、船员舱室等。

港务各单位都是根据船的登记吨位来征收码头费、领港费、入坞费，通过运河的费用等。登记吨位记载在专门的船舶丈量证书（吨位证书）中。

3. 航速（ v ） 舰船在水面或水下，在满载或空载情况下行进的速度。航速的单位是节（kn），一节即每小时行一海里（1海里=1.852（km），即 1n mile=1852m）。航速是军舰的主要战术性能，在很大程度上决定着军舰的战斗能力。航速也是民船的主要使用技术指标之一。在民船中，通常有最大航速、常用航速和最小航速；在某些特种船上，可能有结合特殊用途的特用航速。对军舰来讲航速又可分为：

1）全速 主机长时间内用全转速工作时而达到的。对轻型快艇有所谓最高航速，即全部主机于短时间内以最高转速来达到的。此时，主机强载，工作不利，连续工作不可超过一小时。

2）经济航速 相当于主机这样一个转速，即在这个航速上航行时，每海里航程的燃料消耗量为最少，在巡逻时使用。

3）低速 是军舰在烟雾、风暴、靠码头等情况下所需要的。相当于发动机所能发出的极限低转速。航速能够愈小，则航速变化范围便愈大，因此，它的机动性好。

4）倒车航速 海上机动，停靠码头及舰体首端损坏时所需要的。可以长时间工作，但仅相当于正车全速的 30~40%，借助可逆转的发动机，可回行的离合器或可调螺距螺旋桨来达到。潜艇借助电动机。

对于潜艇还有：

5）使用“水下进排气装置”时的航速 此刻由于进气真空度大，排气背压高，柴油机工作恶化，其功率与转速降低，此外“水下进排气装置”有附加阻力，使船的总阻力增大。再者，受通气管强度和刚度所限及沉降操纵影响，其航速较低，一般不超过 9~11(kn)。

6）水下全速 是潜艇性能最重要的战术要素。它的大小取决于水下电动机功率和水下阻力。按战斗活动性质现时海战的需要，最好是 20~25(kn)。但目前由蓄电池供电、用电动机推进的潜艇仅可达 13~15(kn)，这是因为蓄电池的容量局限所致。采用银锌蓄电池和水滴形状舰型后，航速稍有提高。

7）水下经济航速 在这种航速下，每海里航程所消耗蓄电池组电能为最少，通常与最低航速一致。由于在最低航速下舰体阻力小，此时蓄电池作小电流放电，相应便增长了蓄电池的放电时间。通常是用专门经济航速电动机的工作来实现。

8）水下低速 是主推进电机用极限低转速在部分工况下工作或用经济航速电动机的工作来达到。可获 10(kn) 或更低，但不能低于 2(kn)。因为航速过小会妨碍潜艇水平舵的操纵。

4. 续航力（ S ） 舰船在耗尽全部燃料储量，以恒速所航行过的距离叫做续航力。以海里计，通常所指续航力是指经济航速时的续航力，即民船的最大航程。对军舰，为了全面表示舰艇的特点，也往往要给出全航速及其它中间航速情况下的续航力，其表达式为

$$S = G_{\text{总}} / G_{\text{海里}} = \frac{G_{\text{总}}}{G_{\text{时}} / v_s} \quad (\text{n mile})$$

式中 $G_{\text{总}}$ ——全部燃料储量 (t);
 $G_{\text{海里}}$ ——每海里航程燃料耗量 (t);
 $G_{\text{时}}$ ——每小时消耗的燃油量 (t);
 v_s ——航速 (节)。

对于军舰, 为了完成战役计划, 还有一个战役活动半径的概念, 即为完成战斗任务, 军舰在保证可以往返自己基地条件下, 能够攻击到的那一最大距离叫战役活动半径 (R), 它小于续航力, 其表达式为

$$R = m \cdot S \quad (\text{n mile})$$

式中 m ——小于 0.5 的系数。它与舰型和战役性质有关。通常 $m = 0.2 \sim 0.4$ 。

对于潜艇还有水下续航力这一术语, 即在充满电的蓄电池组完全放完电的时间内, 潜艇在水下用推进电动机所航行过的距离称水下续航力, 其表达式为

$$S_{\text{水下}} = C_{\text{蓄}} / C_{\text{海里}} \quad (\text{n mile})$$

式中 $C_{\text{蓄}}$ ——蓄电池的容量 (A-h);
 $C_{\text{海里}}$ ——每海里航程蓄电池容量的消耗量。

5. 自给力 (T) 舰船在海上航行, 中途不添加任何储备品所能持续活动的时间叫自给力, 以昼夜计。它取决于储备品 (燃料、滑油、淡水、粮食、弹药和备件等), 储备量的多少和消耗的快慢。多半是受燃料和淡水所限。为保证最大自给力, 船上存放的储备品之数量应保证均匀地消耗掉。对军舰来讲, 人员的战斗力状况及疲劳程度对自给力的大小亦有影响。

6. 生命力 舰船能抵御战斗破坏或失事破损并保持其战斗力 (或运载能力) 的性能叫舰船生命力。主要由船体生命力 (不沉性和防火性), 技术设备生命力和人员战斗力所决定。

不沉性由船体相应结构, 水密舱壁, 专门排水器材和倾斜平衡器材等来保证。防火性由灭火设备来保证。此外, 还有些组织措施来保证。

技术设备生命力同样由技术和组织措施来保证。

人员战斗力应由相应的损害管制训练, 组织纪律性和政治觉悟来保证。

7. 机动性 舰船改变航速和运动方向的能力。对于潜艇还包括水上水下过渡的能力。它由下列诸因素来评定:

- 1) 舰船备航的时间;
- 2) 舰船突然加速时, 加速所需的时间和急停航时舰船停住所需的时间;
- 3) 舰船从全速前进到全速倒航的时间;
- 4) 舰船回旋时的回旋时间和回旋半径的大小;

对潜艇还有下列因素评定:

- 5) 急潜及潜到规定深度的时间;
- 6) 从水下浮到阵地位置及从阵地到水上所需的时间;
- 7) 下潜、上浮改变深度所需的时间;
- 8) 从用推进电动机工作的水下位置过渡到使用“水下进排气装置”工作所需的