

船舶动力装置 原理与设计

曹成钰 编



哈尔滨船舶工程学院出版社

00071
008

425567

中等专业学校统编教材

船舶动力装置原理与设计

曹成钰



哈尔滨船舶工程学院出版社

(黑)新登字第 9 号

内 容 简 介

本书是中等专业学校船舶动力装置专业统编教材，主要论述船舶动力装置原理、结构与设计等方面内容，包括：船舶动力装置概论；船舶轴系的原理与设计；船舶轴系的结构；传动机组及传动设备；船、机、桨工况配合特性；机舱规划与布置。

本书可作为中等专业学校、成人专科学校及厂办学校的专业教材，也可供从事船舶动力装置设计、工艺等技术工作的工程技术人员参考。

船舶动力装置原理与设计

曹成钰

哈尔滨船舶工程学院出版社出版
新华书店首都发行所发行
绥化县印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张12.625 字数289千字

1993年7月第1版 1993年7月第1次印刷

印数：1—1500册

ISBN 7-81007-279-X/U·28

定价：5.85元

2097/33

前 言

本书是根据1990年6月中国船舶工业总公司中专教材会议通过的“船舶动力装置原理与设计”大纲编写的。并列入了中国船舶工业总公司1990~1993年中等专业学校教材编审出版计划。

全书共分六章，系统介绍船舶动力装置的任务、组成、类型、传动方式、技术经济指标、船舶轴系、传动设备及船、机、桨工况配合特性、机舱规划与布置等内容。（因新通过的教学计划把船舶管系单独设置一门课程，所以未包括船舶管系内容）

根据现阶段我国造船的实际情况，全书以论述柴油机动力装置为主，适当兼顾一些其它型式的船舶动力装置；以民用船舶动力装置为主，适当兼顾军用船舶动力装置的特点；以动力装置的常规结构为主，适当介绍一些我国近年来在建造新型出口船舶的动力装置中出现的一些新型结构和新技术。

通过本书的学习，结合适当的专业实践，可以使学生对船舶动力装置的原理、结构以及基本设计等方面有一个基本的、比较全面的了解。

本书考虑中专学生的特点，尽量做到删繁求简，在内容取舍上做到：以讲述柴油机动力装置及轴系、附件的基本原理、结构及设备选型为主，设计内容尽量简化。在设计内容方面以讲述轴系本身的设计为主、轴系附件及传动设备只讲述结构原理及选型，不过多涉及这些设备的设计。

编者在编写过程中，曾多次深入工厂、科研设计单位和高等学校，广泛听取意见并参阅有关专业书籍和有关资料，力求使教材不脱离造船工业的实践。并结合生产中的实例对动力装置设计中的一些重要环节进行理论分析和计算，培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书在编写过程中曾得到江南造船厂、沪东造船厂、上海船舶设计院、渤海船校等单位的专业人员和老师的支持和帮助，特别是江南造船厂谢文荣、蒋成章二位高级工程师为本书提供了不少宝贵意见和多方帮助。本书由渤海船校屠文斌高级讲师和船舶总公司教材编审室李堃副编审主审。王传伟同志按出版要求审阅了全部书稿。江南造船厂设计所叶秀芳同志协助描绘大量插图，在此一并致以衷心的感谢。

由于编者的水平有限，收集资料不够全面，加之编写时间仓促，一定会存在不少缺点、错误和不当之处，热忱欢迎兄弟学校师生和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 船舶动力装置概论	1
§ 1-1 船舶动力装置的含义及组成	1
§ 1-2 船舶动力装置的类型及特点	2
§ 1-3 船舶柴油机推进装置的传动型式	8
§ 1-4 船舶动力装置的基本特性指标	11
§ 1-5 对船舶动力装置的要求	17
思考题	19
第二章 船舶轴系的原理与设计	20
§ 2-1 概 述	20
§ 2-2 轴系的布置	25
§ 2-3 传动轴的规范计算及强度校核	33
§ 2-4 轴系的合理校中设计	48
思考题	68
第三章 船舶轴系的结构	69
§ 3-1 传动轴的结构	69
§ 3-2 轴系附件的结构及选型	77
§ 3-3 艉轴管装置	92
思考题	114
第四章 传动机组及传动设备	115
§ 4-1 传动机组的含义及组成	115
§ 4-2 船用齿轮箱	115
§ 4-3 船用液力偶合器	125
§ 4-4 船用摩擦离合器	129
§ 4-5 船用弹性联轴节	136
§ 4-6 可调螺距螺旋桨	141
思考题	153
第五章 船、机、桨工况配合特性	155
§ 5-1 概 述	155
§ 5-2 船、机、桨的基本特性	157
§ 5-3 船、机、桨的配合性质	166
§ 5-4 典型推进装置的特性与配合	169
§ 5-5 船、机、桨变工况时配合	173
思考题	177

第六章 机舱规划与布置	179
§ 6-1 机舱外部的总体规划	179
§ 6-2 机器设备在机舱内的布置	182
§ 6-3 机舱布置实例	188
思考题	194
参考文献	195

第一章 船舶动力装置概论

§ 1-1 船舶动力装置的含义及组成

一艘现代化的大型船舶，实际上是一座庞大而复杂的水上建筑物，它由船体、舾装件、推进装置、系统、船舶电气设备、船舶通讯导航设备以及自动化仪器仪表等组成。而船舶动力装置则是船舶的重要组成部份，它为全船提供各种能量，给船舶带来生命和活力。

所谓船舶动力装置是指为保证船舶的正常航行、停泊、作业和作战以及船员旅客正常工作和生活所需的各种机械、设备和系统的综合体。从另外一个意义来讲它也是各种能量的产生、传递、消耗的全部机械、设备和系统的有机组合体。

船舶动力装置由下列几个部份组成。

一、推进装置

推进装置是指保证船舶克服各种阻力，以一定航速航行的一整套设备。它是动力装置中主要的组成部份。它包括：

1. 主机——发出推进动力的动力机。如柴油机、汽轮机、燃气轮机等。
2. 传动设备及轴系——它的功用是将主机发出的动力传给螺旋桨，同时将水对螺旋桨的推力传给船体，使船航行。有的传动设备还起到减速、反向、离合的作用。因此它还包括减速、正倒车换向等机构。
3. 推进器——它是能量转换器。它将主机发出的能量转换成船舶推力的设备。如螺旋桨、明轮、平旋轮、Z型推进装置、喷气喷水、推进装置等。

二、辅助装置

除供给推进船舶能量之外，用以产生船上所需要其它能量的设备，称辅助装置。它包括：

1. 发电机组——它的作用是供给辅助机械及全船电能。它由柴油发电机组或汽轮发电机组、配电板及装置组成。
2. 辅助锅炉——它产生蒸汽供全船加热、取暖所需。主要有辅助锅炉、废气锅炉以及有关管系及设备组成。

三、船舶管路系统及相应设备

船舶管路系统用来连接各种机械设备，并输送有关工质（如气、油、水等）。它主要由二大部份组成。

1. 动力系统——主要是为动力装置服务的系统。如：燃油、滑油、压缩空气、冷却水及进排气系统。
2. 全船系统——也称船舶系统。是为保证船舶正常航行、维持船舶的生命力及船员旅客的正常生活所需的系统。如舱底、压载、消防、生活供水、空调、通风、冷藏等

系统。

四、船舶甲板机械

船舶甲板机械是为保证船舶的正常航行、停泊及装卸货物所需的机械设 备。如 锚机、绞盘、操舵装置、起货机、吊艇机等。

五、机舱机械设备的遥控及自动化设备

为保证实现动力装置的远距离操纵和集中控制，改善工作条件，提高效率的远距离控制、调节、检测和报警系统等。

§ 1-2 船舶动力装置的类型及特点

在船舶动力装置上述五大组成部分中，推进装置是一个最重要的部分，它对全船起到举足轻重的作用。因此船舶动力装置的分类是以推进装置的类型，特别是主机的类型进行分类的。可分为：柴油机动力装置、汽轮机动力装置、燃气轮机动力装置、联合动力装置和核动力装置五大类别。下面分别叙述。

一、柴油机动力装置

在现代船舶中柴油机动力装置使用最广，不论是货船、油船、客船、渔船、工程船或各种军用船舶中都得到广泛的使用。

据 1978 年到 1981 年每年完成的民用船舶造船情况统计：柴油机船舶占造船总数的 98%。柴油机船的总功率也占造船总功率 90% 以上，由此可以明显地看出在民用船舶中柴油机动力装置所占的地位。在军用船舶方面，尽管出现了汽轮机动力装置、燃气轮机动力装置、核动力装置、联合动力装置，但在中小型舰船中仍以柴油机动力装置为主。

为什么柴油机动力装置得到广泛使用呢？主要有如下几方面的特点：

1. 具有较高的经济性

柴油机动力装置的耗油率是所有动力装置中最低的。由于石油价格的暴涨。燃料费用在整个船舶营运费用中占的比重愈来愈大。世界各国都从节能的观点来研究和设计动力装置，千方百计降低动力装置的耗油率。而柴油机技术的迅速发展充分满足了客户的要求。如 RTA 系列的低速重型柴油机的最低耗油率为： $166\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，L-MC 系列的低速重型柴油机的耗油率下降到： $160\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 左右。而中速柴油机的耗油率也已低于 $179\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ($132\text{g}/\text{ps}\cdot\text{h}$)。

柴油机动力装置的耗油率低主要是因为它的有效功率较高。据有关方面统计：

柴油机动力装置的有效功率为：36~46%

汽轮机动力装置的有效功率为：24~35%

燃气轮机动力装置的有效功率为：20~30%

柴油机动力装置的经济性还在于它已成功地解决了低质重油的燃烧问题。现在不仅低速机而在一些中速机也能燃用低质重油，使所耗油价大幅度下降。

2. 机型多、功率范围大

随着航运事业的发展，船舶的类型愈来愈多。就排水量而言，小到几十吨，大到几十万吨。航速要求也各不相同。而柴油机动力装置的功率可以从几十 kW 一直到几万 kW，充分满足了各类船舶装机功率要求。

3. 高速轻型柴油机的单位重量轻、尺寸小

船舶动力装置主要技术指标之一是较小的重量和尺寸，以减少动力装置所占的排水量，这样可以装置船舶的净装载重量。提高舰船的快速性和续航力，这对高速快艇尤为重要。所以当今各国的高速轻型快艇多数采用柴油机动力装置。

4. 具有良好的机动性

现代柴油机操作简便、启动迅速，正倒车迅速简便，从准备到启动约10分钟左右。从冷态启动到全负荷也不大于10分钟。应急时不超过3~4分钟。主机倒车仅几秒钟即可完成。

动力装置的机动性是船舶的技术性能指标之一。尤其对军用舰艇更为重要，它直接影响军用舰艇的战术技术性能的发挥。在现代导弹武器发展的今天，缩短备战时间，迅速投入战斗，迅速脱离危险区域更有重要意义。它直接影响舰艇综合快速反应能力。

5. 低速柴油机可直接驱动螺旋桨

较低的螺旋桨转速可避免螺旋桨空泡现象，因而可提高螺旋桨效率。现代民用船舶的螺旋桨转速一般都控制在100~200转/分。只有低速柴油机可以满足这一低转速要求，因此主机可以直接驱动螺旋桨，而不需要减速。这一特点不仅提高了传动效率，而且节省了减速装置，简化了传动设备，节约了造船投资和维修费用。

由上所述，可以说明柴油机动力装置得到广泛使用和在各种船舶中占重要地位的原因。但柴油机动力装置绝不是完美无缺的，它也存在一定的缺点。

1. 随着柴油机动力装置功率的增大，使柴油机的体积和重量按一定比例增大。这使设计制造更大功率的柴油机遇到一定困难，对零部件加工、装配和起重运输提出了更高要求，增加了难度，材料的机械负荷和热负荷也会遇到一定困难。

2. 由于柴油机作往复运动，而不是旋转运动，所以它的振动、噪音、摩擦、磨耗较大。

二、汽轮机动力装置

汽轮机俗称透平机。汽轮机动力装置由锅炉、蒸汽轮机、冷凝器、给水泵、给水预热器、海水泵、轴泵、减速齿轮等组成。它的基本工作原理如图1-1所示。

燃料在锅炉1的炉膛内燃烧，放出热量加热水。水吸热后在锅炉的汽包中汽化为饱和

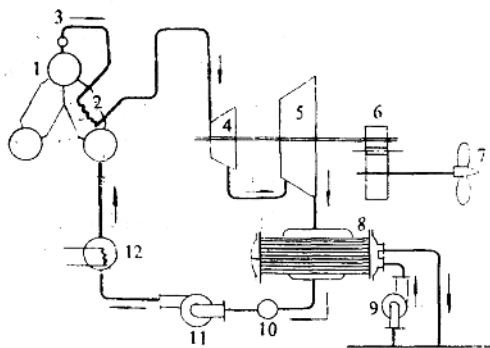


图 1-1 汽轮机动力装置原理图

- 1—锅炉；2—过热器；3—主蒸汽管路；4—高压汽轮机；5—低压汽轮机；
6—减速齿轮；7—螺旋桨；8—冷凝器；9—冷却水循环泵；10—海水泵；
11—给水泵；12—给水预热器

蒸汽。饱和蒸汽在过热器2中再次吸热后成为过热蒸汽。过热蒸汽经主蒸汽管路3进入高压汽轮机4和低压汽轮机5。蒸汽膨胀做功，推动汽轮机叶轮使之旋转，再通过齿轮减速装置6和轴系带动螺旋桨7工作。

作过功的乏汽在冷凝器8中被冷却水冷却，凝结成水。然后由凝水泵10抽出，并经给水泵11通过给水预热器12打入锅炉1的水包中，从而形成一个工作循环。冷凝器8中的冷却水由冷却水循环泵9由舷外吸入，吸热后又排出舷外。

汽轮机动力装置具有如下特点：

1. 具有较大的单机功率

目前50万吨级以上的油轮、24万吨级以上货轮、25节以上航速的集装箱船以及航空母舰、巡洋舰等大型水面舰艇必须配备22000~37000kW(30000~50000ps)以上单机功率的机组。而目前汽轮机的单机功率已达55200kW(75000ps)甚至更高，能充分满足上述军民船舶的大功率需要。

2. 较高的可靠性和较长的使用寿命

汽轮机操纵、维修、保养简便，具有较高的可靠性和较长的使用寿命。其使用期可达10万小时以上。据有关方面的统计，在全世界商船队中因主机发生故障而造成每年停航事故平均时间为：

汽轮机船每年平均为：1~2小时

柴油机船每年平均为：10~15小时

3. 振动、摩擦、噪音较小

由于汽轮机作的是旋转运动。它的振动、摩擦、噪音较小。可为船员旅客提供一个安静舒适的环境。在当前旅游业兴起的年代。可用汽轮机动力装置来装备游船。

4. 可使用劣质燃油

汽轮机能燃用劣质燃油以提高它的经济性。在柴油机尚未解决燃用重油的年代里，更显示出它经济上的优越性。

5. 大功率汽轮机的单位重量较轻

汽轮机动力装置需要锅炉、冷凝器、各种泵和管路等一整套为它服务的辅助装置，因此一般来说单位重量较重。但这不是绝对的，从图1-2可以看到功率愈大汽轮机在重量指标方面愈优越。一般功率在11040kW(15000ps)以上船舶选用汽轮机动力装置是合适的。功率小于11040kW(15000ps)的船舶汽轮机动力装置的单位重量指标就不如中速柴油机。

汽轮机动力装置也存在下列缺点：

1. 能量转换过程复杂，经济性较差

从图1-1我们可以看到，在整个热量的传递转换过程中，热量在锅炉、管路、阀件、泵等处都要损失。尤其在冷凝器中热量损失最大。据统计燃烧燃料所得的热量只有38%的热量转变

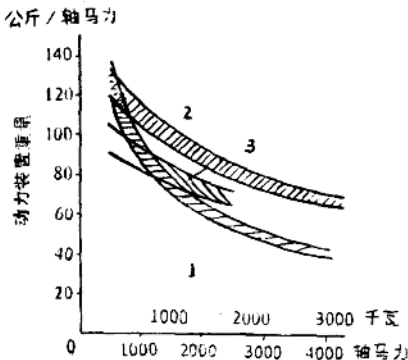


图 1-2 汽轮机动力装置与柴油机动力装置单位重量对比曲线

- 1曲线——汽轮机动力装置单位重量
- 2曲线——低速重质柴油机动力装置单位重量
- 3曲线——中速柴油机动力装置单位重量

为有用功。54%的热量在冷凝器中被冷却水带走，6%的热量在空气中散发掉。所以热效率较差。耗油率高达 $285\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ($210\text{g}/(\text{ps}\cdot\text{h})$)。

2. 需配置一套既能承受大负荷，又有较大减速比、体积重量又尽量小的减速装置。

长期来汽轮机动力装置在世界大功率船舶中占有优势，特别是在大型水面舰艇方面。我国的汽轮机制造起步较晚，汽轮机动力装置的船只还为数不多，但随着我国海军事业的发展和远洋航运船舶向巨型化、高速化的发展。汽轮机动力装置在我国造船工业中必将得到迅速发展。

三、燃气轮机动力装置

燃气轮机动力装置是50年代后期发展起来的一种新型装置。它的工作原理与汽轮机动力装置相似。所不同的是使用工质不同。前者使用蒸汽后者使用燃气。

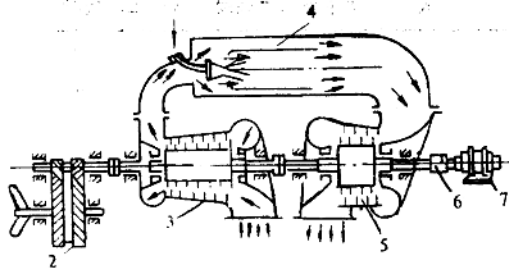


图 1-3 燃气轮机动力装置原理图

1—螺旋桨；2—减速齿轮；3—压气机；4—燃烧室；5—燃气轮机；
6—联轴节；7—起动机

从图1-3可以看到燃烧需要的空气首先经过进气口进入压气机3，空气经过压缩后，温度升高至 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ 左右。然后送到燃烧室(燃气发生器)4中去。高温高压的空气与燃油混合后经点火即开始燃烧。这时产生的气体即谓燃气，温度高达 2000°C 左右。一般用掺入压缩空气的方法降温至 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 左右。燃气进入动力涡轮5，并冲动涡轮叶片使之旋转，随后涡轮轴经过齿轮2减速后带动螺旋桨1工作。在装置起动时，因动力涡轮5尚未开始工作，压气机3也没有旋转，无法对新鲜空气进行压缩。必须利用起动机7使轴旋转并带动压气机3工作。电动机7用特殊的联轴节6与压气机3连接。当起动完成后，与电动机7连接的联轴节即自动脱开。

燃气轮机动力装置的特点是：

1. 重量轻、体积小

目前所有的船舶动力装置中，燃气轮机动力装置是属于重量轻、体积最小的一种。它本身重量仅为 $0.68\sim 1.36\text{kg}/\text{kW}$ ($0.5\sim 1\text{kg}/\text{ps}$)。整个装置的重量也仅 $41\text{kg}/\text{kW}$ ($30\text{kg}/\text{ps}$)左右。所以它目前不仅适合高速轻型快艇，也用于护卫舰、驱逐舰等中型舰船。

2. 启动迅速、变工况容易

燃气轮机动力装置只要 $2\sim 3$ 分钟即可冷态启动，几分钟之后即可达到全负荷，这对军用舰船可有效缩短备战时间。一旦发现敌情，可作出快速反应，迅速投入战斗，提高作战的机动能力，具有重要意义。

3. 耗油率高

燃气轮机动力装置热量损失较大，热效率较差，耗油率高达 $270 \text{ g/kW}\cdot\text{h}$ ($200 \text{ g/ps}\cdot\text{h}$)。这对民用船舶是很不经济的，所以很少使用。

4. 寿命短

由于燃气轮机的动力涡轮的叶片和燃气发生器均在高温高压下连续工作。同时燃气轮机吸入的海面空气含有盐分，使燃气轮机的工作叶片和喷嘴在钠、钒的作用下，很快腐蚀。尽管采用优质合金材料，燃气轮机的工作寿命仍很短。

四、联合动力装置

联合动力装置是由二种不同型式的动力装置联合组成。一般用于大中型水面舰艇。其目的是解决舰艇要求大功率、高航速与高油耗、短寿命而影响续航力之间的矛盾。看表1-1。

表1-1 大中型水面舰艇的航行工况概况

航速(节)	装置功率(kW) (%全功率)	航行时间(t) (%总航行时间)
<20	<25	80
20—28	25—80	17
>28	80—100	3

从表1-1可以看到军舰绝大多数时间是处于巡航(低速)工况下航行的。这时装置的功率仅是全部功率的25%。可以选用一台功率较小、使用寿命较长、耗油率较低的巡航机组(如柴油机)工作。在发生战斗或进行实战演习时(它的机会很少，它的航行时间仅占全部航行时间3%左右)，可使用另一台功率更大、耗油率也大的加速机组(如燃气轮机)工作。或者将巡航机组和加速机组一起工作，以便发出更大功率，满足高航速要求。

联合动力装置的型式很多，一般可以归纳为三类：

1. 蒸汽-燃气联合动力装置，用专用术语符号COSAG表示。
2. 燃气-燃气联合动力装置，它有二种型式：
燃气-燃气联合使用，用 COG_1AG_2 表示；
燃气-燃气交替使用，用 COG_1OG_2 表示。
3. 柴-燃联合动力装置它也有二种型式：
柴-燃气联合使用，用CODAG表示；
柴-燃气交替使用，用CODOG表示。

专用术语符号意义如下：

- CO——联合
- D——柴油机
- S——汽轮机
- G——燃气轮机
- G_1 ——巡航燃气轮机

G_2 ——加速燃气轮机

A——联合使用（可共同使用）

O——交替使用（不可共同使用）

巡航燃气轮机是指单位重量较大、功率较小、耗油率也较小寿命较长的大陆型燃气轮机。加速机组是功率大、油耗大、寿命较短的航空型机组。

联合动力装置有下列几个特点：

1. 因为采用了重量很轻的燃气轮机组提供最大部分的功率，因而装置的单位重量和绝对重量显著下降。

2. 由于采用了寿命较长、耗油率较低的巡航机组，可以大大增大舰船的续航力。

3. 由于采用了二个彼此独立的机组，提高了装置的可靠性。任何一个装置发生故障不会完全破坏动力装置工作。给舰艇的生命力带来好处。

4. 由于采用了燃气轮机动力装置，提高了舰艇的机动性，使启动、加速过程加快。

五、核动力装置

核动力装置是以原子核的裂变反应所释放出来的巨大能量，通过工质（蒸汽）推动汽轮机工作的一种装置。现有的核动力舰船几乎全部采用压水型反应堆。

什么叫压水型反应堆？在一个大气压下，水的沸点是 100°C ，而反应堆内部的温度高达几千度，如不采取措施，作为反应堆中载热剂的水就会完全汽化。采用加压的方法（一般压力高达100个大气压）来防止载热剂的汽化，这种反应堆称为压水型反应堆。

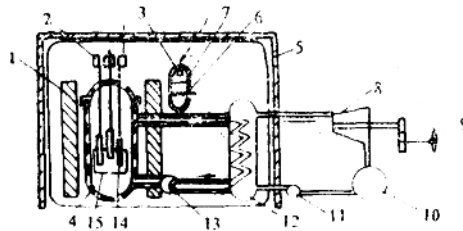


图 1-4 核动力装置原理图

1—一次屏蔽物；2—控制棒驱动装置；3—喷嘴；4—密封外壳(压力壳)；

5—二次屏蔽物；6—加压器；7—电加热器；8—汽轮机；9—螺旋桨；10—冷凝器；

11—二回路泵；12—热交换器；13—一回路泵；14—控制棒；15—活性区

从图 1-4 可以看到，核动力装置一般有二个回路。在一回路系统中，通过压力壳（反应堆）形成密闭循环的水，用压力壳活性区15中核裂变反应所放出的巨大热量进行加热。一回路被加热的水通过热交换器12使二回路的水加热并变成蒸汽供汽轮机8使用。汽轮机旋转后通过轴系带动螺旋桨9工作。这种间接加热的方法，使具有放射性的一回路，在万一发生事故时也能安全密闭。一回路中加压器6的作用是防止一回路水的汽化。反应堆用极为耐用的密封外壳4（压力壳）包住。

为了防止射线对人体的伤害，设有一次屏蔽物1和二次屏蔽物5。一次屏蔽物是对反应堆起屏蔽作用，而二次屏蔽物对整个一回路起屏蔽作用。铅元素能阻止射线通过，所以屏蔽物一般用铅块组成。为了减轻重量，也有用聚乙烯、石墨和铅块组合而成。

一般使用铀235及铀钚合金（控制棒14材料）作为反应堆活性区（核反应的地方）的。

核燃料。在舰用反应堆中，通常使用高浓度的核燃料，浓度在20~40%以上。这样可以缩小反应堆尺寸。使整个装置也可以小一点轻一点。但是高浓度的核燃料价格昂贵。对于民用船舶来说经济性是一项重要的指标。因而往往采用浓度较低价格较便宜的核燃料，浓度在5%以下。

核动力装置的特点是：

1. 消耗极微量的核燃料而获得巨大能量

采用核动力装置的舰船可以较高的航速航行极远的距离。如果单从燃料角度来考虑，核动力舰船的续航力可以说是无限的。如一座 11040kW(15000ps) 的核动力装置工作一昼夜仅消耗核燃料15~18g。美国第一艘核动力潜艇“鹦鹉螺”号可在不补充燃料的情况下，在水下环球航行一周。原苏联核动力破冰船“列宁”号可航行一年不加燃料。

2. 不消耗空气

核反应不需空气。这个特点是其它任何型式的动力装置都无法比拟的。特别是对潜艇更具有重大意义。可以大大提高潜艇的战斗力，使潜艇能长期隐蔽在深水，不易被敌方发现。必要时可在水下实施突然袭击或用导弹攻击水上或陆上目标。世界上第一座船用核动力装置首先用于潜艇而不是用于其它舰船，其道理也在于此。

核动力装置不消耗空气的特点对水面舰船也带来一定好处。因动力装置不需进排气口，也没有烟囱，减少了目标，增加了隐蔽性。在核战争中也减少了从烟囱及进气口中进入放射性杂质的危险，易于核防护。

3. 重量尺寸较大

由于核反应放出大量放射性物质，对人体有严重危害。对水域、海洋、码头也有一定污染。要设置重量达数百吨甚至上千吨的铅屏蔽物，以阻止截留放射性物质的外逸。这样使整个装置重量尺寸较大，特别是民用船舶，船舶总排水量很大一部分被白白占用了，很不经济。

4. 核动力装置造价昂贵，操纵管理技术复杂

由于以上原因，核动力装置主要用于大型军舰，特别是潜艇。民用船舶只有少数几艘采用核动力装置，而且从现在造船的形势来看也没有迅速发展的趋势。

以上我们简单介绍了几种不同类型动力装置的原理和工作特点。由于我国目前建造的船舶，不管民用船舶还是军用舰艇均以柴油机动力装置为主。故本课程将着重研究柴油机动力装置的有关内容。

§ 1-3 船舶柴油机推进装置的传动型式

由于船舶种类、任务的不同，柴油机推进装置的传动型式也不相同，也就是说可将各种类型的柴油机、传动设备、轴系和推进器，组合成不同的推进装置型式。如图 1-5 所示

一、直接传动推进装置

直接传动推进装置是一种最常见的推进装置。主机通过轴系直接与螺旋桨相连接。中间没有其它传动设备。在任何工况下，螺旋桨具有与主机相同的转速和转向。由于螺

螺旋桨在低转速时才有较高推进效率，因此它只适用于低速柴油机。

图1-5(a)是一种单机单桨直接传动型式。它的优点是轴系结构简单、造价较低、使用寿命长、燃料费用低、维修保养方便、传动损失小、推进效率高。其缺点是：重量尺寸大、倒车性能差（通过主机换向实现倒车）。在非设计工况下运转时经济性差，低速和微速受到柴油机最低稳定转速的限制。这种推进装置特别适用于工况变化较少，航程较大的大型货船、油船、军用辅助船等船舶。所以在远洋运输船舶、沿海运输船舶中得到广泛应用。近年来我国为世界各国建造的出口船舶绝大多数采用这种传动型式。

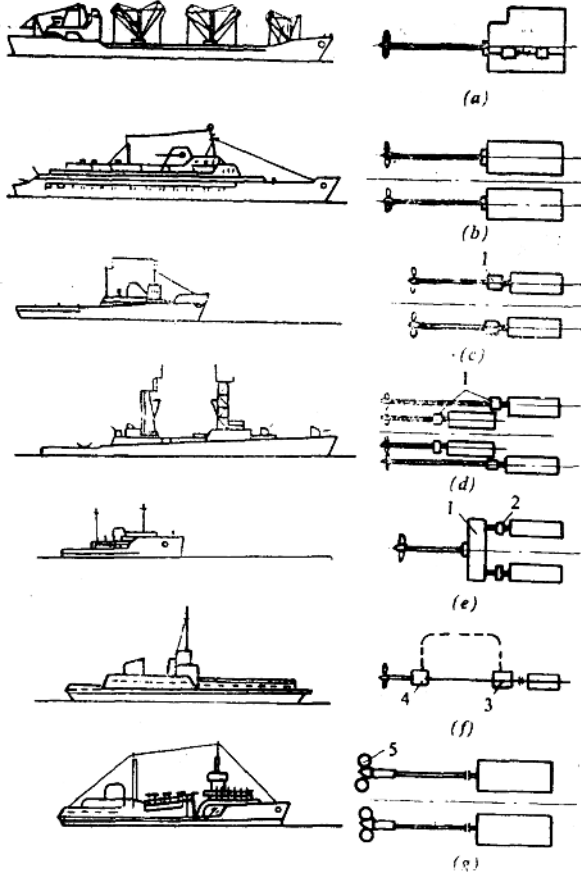


图 1-5 柴油机推进装置传动型式简图

1—减速齿轮箱；2—高弹性联轴节；3—发电机；4—电动机；5—可调螺旋桨

图1-5(b)是双机双桨直接传动推进装置。它除了上述直接传动推进装置的特点之外，还具有功率大（满足较高、航速或较大拖曳力要求）、机动性好、生命力强的特点，以满足客船、拖船等船舶需要。

二、齿轮减速传动推进装置

众所周知，大直径低转速螺旋桨能有效地提高推进效率。一般货轮油轮的螺旋桨转速为100r/min左右。客轮的螺旋桨转速也不超过200r/min。

但中速柴油机转速在400~1000r/min范围内,而高速柴油机的转速高达2500r/min。由此可见采用高中速柴油机作为船舶主机时,存在一个机、桨转速不匹配的问题,必须通过齿轮减速,使主机转速降低至螺旋桨最佳转速,以提高推进效率。

近年来,由于中速柴油机的功率不断增大,并成功地解决了燃烧重油问题。耗油率也有较大幅度下降,有效地降低了营运成本;机器运转的可靠性和使用寿命也大为改善。此外,中速柴油机重量轻、体积小。特别是它的高度比低速柴油机小得多,有利于机仓布置。所以在世界新造船舶中不仅中小型船舶,连大型货船、油船、客轮、轻型舰艇上选用中速柴油机为主机的数量也在逐年增加。

推进装置配置了齿轮减速装置之后,可以采用单机单桨传动、双机双桨传动多机多桨传动(图1-5(c)、(d)所示)。而且可以多机并车驱动一个螺旋桨(图1-5(e)所示)。这样便提高了推进装置功率使用范围,从而简化了机型,有利于生产、管理、使用和维修。

通过减速,推进装置还可以同时驱动发电机、各种泵和压缩机,可以节省辅机燃用的优质燃油,开辟了节能的新途径。

三、电力传动推进装置

从图1-5(f)我们可以看到,电力传动推进装置是由主机驱动发电机3,再由电动机4驱动螺旋桨的一种传动型式。主机和螺旋桨之间除了导线之外,没有任何机械联系。不设传动轴系。主机和螺旋桨转速可以分别独立选取。主机在任何情况下始终作恒速定向旋转运动。

这种电力传动推进装置有如下特点:

1. 装置的布置比较灵活、方便。布置在不适合装货的部位。中间不设轴系,可增加装载货物或其它使用容积。
2. 改变电流方向即可实现螺旋桨的反转。便于遥控。操纵性较好。
3. 螺旋桨的变速通过电动机实现,与主机无关。主机的转速不受任何限制。主机转速可以取得高一点,并始终在恒速下工作,使主机工作始终处于最佳工作状态。主机可以不设正倒车装置,简化了柴油机结构。

四、可调螺距螺旋桨传动推进装置(图1-5g)

可调螺距螺旋桨简称可调桨或调距桨。它和普通螺旋桨的根本差别在于它的桨叶和桨壳之间可以相对位移。通过这种相对位移可以改变螺旋桨螺距的大小。使螺旋桨适应负荷变化和倒航的需要。通过螺旋桨螺距的变化,可使船舶获得从最大正航速度到最大倒航速度中任何一种航速。如果把螺旋桨螺距调到零位,即使螺旋桨仍在旋转,船舶可保持原地不动。见图1-6所示。

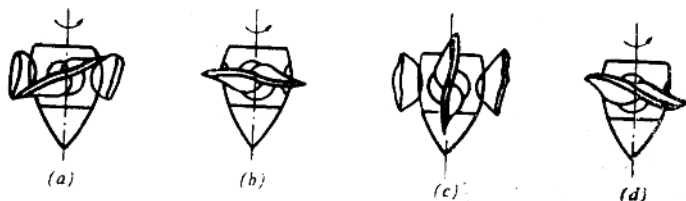


图 1-6 可调螺距螺旋桨

a—前进; b—停止; c—顺流; d—后退

可调螺距螺旋桨有下列特点:

1. 船舶在各种工况下, 可调螺距螺旋桨均能发挥主机全部功率。普通螺旋桨的设计往往只考虑一种工况下使船舶的阻力与主机的功率相适应。而当工况变化时(如重载、轻载、顺风 and 逆风、工作船舶的作业和空航)。就会使主机的功率与船舶的阻力不相适应, 导致主机功率发不足或过剩而影响效率和航速。采用可调螺旋桨之后, 则可根据船舶工况的变化随时调节螺距, 从而使船舶阻力与主机功率相适应。

2. 采用可调螺旋桨之后, 提高了船舶的机动性。因为通过改变螺距, 可使船舶最简便地获得任意一种航速。燃气轮机无法倒转的困难, 在采用可调螺距螺旋桨之后也迎刃而解了。一些工程船舶及扫雷艇等常需要微速航行, 因受主机最低稳定转速的限制, 往往无法实现。采用可调螺距螺旋桨则是解决这个问题的最好途径。

3. 可调螺距螺旋桨可通过操纵机构调节螺距到负值, 从而产生的负推力, 这比普通螺旋桨用改变转向的方法产生负推力来得快, 因而大大缩短了船舶在紧急停车后因船舶惯性造成的滑行距离。这对停靠码头、航行窄狭航道、紧急避碰具有重要意义。

4. 可调螺距螺旋桨结构复杂、密封要求很高, 成本较高、制造安装技术要求较高。

可调螺距螺旋桨不仅适用于工程船舶、拖船、扫雷艇等工况多变、操纵性要求高的船舶。不少大型客货轮也已逐步采用。

§ 1-4 船舶动力装置的基本特性指标

船舶动力装置类别很多, 传动方式也各不相同。但某些基本特性都是相同的。为了便于分析、研究和比较, 常用一些特定的指标来表征其特性。所谓“指标”就是评定动力装置特性的数值。

动力装置基本特性指标通常有三个方面: 即技术指标、经济指标和性能指标。这些指标是我们对船舶动力装置进行设计、选型和判断性能好坏的重要依据。但是不同类型的船舶, 因其任务不同, 对三个方面的指标要求也不相同。各有它的侧重面。例如, 一般货船, 比较重视经济指标, 千方百计降低油耗, 以保证降低船舶营运成本; 而军舰则必须首先保证足够的功率、航速及机动性等技术指标, 以保证满足战术技术性能的实现。

一、技术指标

技术指标是标志动力装置的技术性能和结构特征参数。它主要有功率指标、重量指标和尺寸指标。

1. 功率指标

它表示动力装置做功能力。是动力装置最基本的指标。为了保证船舶具有一定的航行速度, 要求动力装置提供足够的功率。动力装置的功率按船舶的最大航速来确定。并要考虑一定的功率储备, 因随着船舶营运时间的延长, 从新船变成旧船。一方面动力装置功率有所下降, 另一方面船体水线以下的附生物增多, 使船体阻力增加。

根据船舶原理可知; 船舶的功率有如下几种: 即阻功率 P_R 、推功率 P_T 、桨功率 P_P 、主机输出功率 P_n 。各种功率之间的关系如下:

(1) 阻功率 P_R