

高等学校试用教材

民用船舶动力装置

Minyong Chuanbo Dongli Zhuangzhi

(船舶动力装置专业用)

武汉水运工程学院 张乐天 主编

人民交通出版社

前 言

祖国漫长的海岸线和纵横交织、密如蛛网的江河湖泊，为水运提供了优越的自然条件。水运具有投资省、运力大、成本低和能耗少等突出优点，因此在加速四化建设、促进工农业生产，发展国内、外贸易与物质文化交流等方面，都起着极其重要的作用。

船舶的合理技术装备、技术性能与科学的管理方法，对运输能力的发挥、港口吞吐量的提高以及营运经济效果的改善等，都有重大的影响，而这些在很大程度上又是与船舶动力装置的组成方法、装备情况及其技术状态密切相关的。本书的宗旨，是介绍船舶的心脏——动力装置的有关结构、原理与设计方面的知识，以便本专业的学生及有关人员，通过学习本课程后，能对船舶动力装置有一个概括的了解，掌握一些设计、维修、管理及其性能改善的基本方法。

本书第一章船舶动力装置总论由郭子成编写，其中有关动力装置设计的内容与程序一节由中国造船公司711所邹鸿钧执笔；第二章船舶轴系的结构设计及第六章船舶推进装置的特性与配合由张乐天编写；第三章推进装置的传动方式与设备和第五章辅助能量装置及废热利用由陈献瑜编写；第四章船舶管路系统和第七章机舱中机、电设备的布置与规划由姜凤梅和景冬岭编写。全书由上海船舶设计院荣次仙高级工程师主审。

本书在编写过程得到上海船舶设计研究院、上海交通大学、中国造船总公司708所、711所、704所以及长江航运管理局等单位的大力支持与热情帮助，在此表示衷心感谢。

由于缺乏经验、水平有限，本书内容难免有不妥或错误之处，敬希读者批评指正。

编 者

1985年3月

高等学校试用教材

民用船舶动力装置

(船舶动力装置专业用)

武汉水运工程学院 张乐天 主编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092_{1/32} 印张: 24.75 字数: 590 千

1985年6月 第1版

1985年6月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,800册 定价: 4.85 元

内 容 提 要

本书共分七章，主要包括：船舶动力装置总论；船舶轴系的结构设计；推进装置的传动方式与设备；船舶管路系统；辅助能量装置及废热利用；船舶推进装置的特性与配合；机舱机、电设备的布置与规划等内容。本书主要作为交通部系统高等院校船舶动力装置(设计)专业教材，也可供船舶设计单位、修造船厂以及航运部门有关工程技术人员学习和工作参考。

目 录

第一章 船舶动力装置总论	1
§ 1-1 民用船舶动力装置的含义及组成	1
§ 1-2 船舶动力装置的类型	2
§ 1-3 船舶柴油机推进装置的主要型式	7
§ 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
§ 1-6 船舶动力装置设计的内容与程序	19
第二章 船舶轴系的结构设计	23
§ 2-1 概述	23
§ 2-2 轴系的布置设计	30
§ 2-3 传动轴的结构设计	38
§ 2-4 中间轴承与推力轴承的结构选型	63
§ 2-5 隔舱填料函与制动器	75
§ 2-6 尾管装置的结构与选型	80
§ 2-7 轴系的合理校中设计	100
§ 2-8 轴系的总体结构尺寸	122
第三章 推进装置的传动方式与设备	128
§ 3-1 传动方式及其选择	128
§ 3-2 船用齿轮箱	135
§ 3-3 船用摩擦离合器	144
§ 3-4 船用液力偶合器	157
§ 3-5 船用联轴器	168
§ 3-6 可调螺距螺旋桨装置	180
第四章 船舶管路系统	190
§ 4-1 概述	190
§ 4-2 燃油管路	191
§ 4-3 滑油管路	208
§ 4-4 冷却管路	217
§ 4-5 压缩空气管路	228
§ 4-6 排气管路	232
§ 4-7 舱底水系统	237
§ 4-8 压载水系统	242
§ 4-9 消防系统	248
§ 4-10 供水系统	259

§ 4-11	机舱通风管路	265
§ 4-12	船舶空调系统	270
§ 4-13	管子附件的选型和管路布置	279
第五章	辅助能量装置及废热利用	288
§ 5-1	辅助锅炉装置	288
§ 5-2	船舶电站	297
§ 5-3	船舶能量平衡及废热利用途径	302
§ 5-4	发动机的排气废热及其利用	309
§ 5-5	废气锅炉的结构型式及其设计计算	315
§ 5-6	发动机冷却水的热损失及其利用	322
第六章	船舶推进装置的特性与配合	328
§ 6-1	概述	328
§ 6-2	船、机、桨的基本特性	330
§ 6-3	船、机、桨的能量转换及其配合性质	338
§ 6-4	典型推进装置的特性与配合	347
§ 6-5	船、机、桨在变工况时的配合	357
第七章	机舱中机、电设备的布置与规划	368
§ 7-1	机舱的位置及尺寸	368
§ 7-2	机舱布置的原则及要求	371
§ 7-3	机舱布置的方法与步骤	374
§ 7-4	机舱布置实例	378

第一章 船舶动力装置总论

§1-1 民用船舶动力装置的含义及组成

“船舶动力装置”这一名词，实际上来源于“轮机”一词。当船舶由风帆推进发展到使用往复式蒸汽机，带动一个有桨叶的大转轮（明轮）推进时，人们就把这一套用来推进船舶航行的动力机械称为“轮机”。后来随着社会生产的发展和技术的进步，同时也为了能适应船舶营运的需要，机动船舶的动力机械，在轮机的基础上，又增添了一些其他的机械设备。例如：给动力机械和照明设备供电的电站；给船员和旅客供水、供蒸汽的设备等。所以近几十年来，人们为了适应新的形势和扩大的内容，又把船舶中的机器、机械、设备和系统等，统称为“船舶动力装置”。这一术语，目前已在我国广泛流传。尽管“轮机”和“动力装置”两词，从其每个词的本身及其使用习惯，会有不完全相同的解释和体会，但它们的基本含义却是相同的，理解时应根据具体情况正确对待。

什么是船舶动力装置呢？所谓船舶动力装置就是指：保证船舶正常航行、作业、停泊以及船员、旅客正常工作和生活所必需的机械设备综合体。它具体由下面几个方面的内容组成。

一、推进装置

推进装置是保证船舶以一定速率航行的设备，它是船舶动力装置中最主要的部分，包括：

- 1) 主机 是推进船舶航行的动力机，有蒸汽机、汽轮机和内燃机等。
- 2) 传动设备 它的功用是隔开或接通主机传递给传动轴和推进器的功率，同时还可以使后者达到减速、反向和减振的目的。其设备包括离合器、减速齿轮箱和联轴器等。
- 3) 船舶轴系 用来将主机的功率传递给推进器。它包括传动轴、轴承和密封件等。
- 4) 推进器 它是将船舶主机发出的能量转换成船舶推力的设备。如螺旋桨和喷水推进器等。

图 1-1-1 为船舶推进装置的示意图。图中示出主机、传动设备、轴系及螺旋桨的连接情况。起动主机 2，即可驱动传动设备 3 和轴系 4，使螺旋桨 5 旋转。当螺旋桨在水中旋转时，能使船舶前进或后退。图中驾驶员从驾驶室 1 通过车钟与机舱中的值班轮机员取得联系

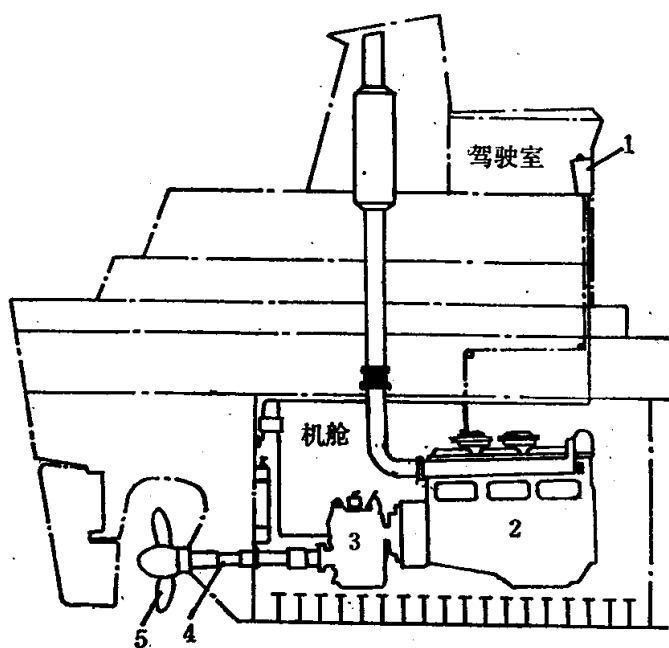


图1-1-1 船舶推进装置示意图
1-遥控操纵台；2-主机；3-传动设备（包括离合器和减速齿轮箱）；4-轴系；5-推进器（螺旋桨）

(或直接遥控机器)，改变主机的转速和轴系的转动方向，从而控制船舶航行的快、慢速和进、退。

二、辅助装置

除供给推进船舶的能量之外，用以产生船上所需要的其他各种能量的设备，即称为辅助装置。它包括：

1) 船舶电站 它的作用是供给辅助机械及全船所需要的电能。它由发电机组、配电板及其他电气设备组成。

2) 辅助锅炉装置 民用船舶一般用它产生低压蒸汽，以满足加热、取暖及其他生活需要。它由辅助锅炉及为它服务的燃油、给水、鼓风、送汽设备及管路、阀件等所组成。

三、船舶管路系统

船舶管路系统，用来连接各种机械设备，并传送有关工质。它包括：

1) 动力管路 主要用来为主机和辅机服务的管路。计有燃油、滑油、冷却水、压缩空气、排气及废热利用等。

2) 船舶系统 为保证船舶的抗沉性（生命力），及船员和旅客的正常生活所需的系统。计有舱底、压载、消防、生活供水、施救、冷藏、空调、通风及取暖等。

四、船舶甲板机械

为保证船舶航向、停泊及装卸货物所需要的机械设备。计有：

1) 锚泊机械设备 包括锚机、绞盘等。

2) 操舵机械设备 包括舵机及操纵机械、执行机构等。

3) 起重机械设备 如起货机、吊艇机及吊杆等设备。

五、机舱机械设备的遥控及自动化

它包括对主、辅机和有关机械设备等的远距离控制、调节、检测和警报系统等。

在上述船舶动力装置的五个组成部分中，推进装置是一个最重要的部分。它影响到整个船舶动力装置的性能，其工作的好坏，又直接涉及到船舶的正常航行和安全，故在进行设计选型和建造工作中要特别注意。然而推进装置在船上所以能发挥重要的作用，又必须依赖于动力装置其他各个组成部分的配合，故对其他部分也不能忽视，这样才能保证整个船舶动力装置正常工作。

§1-2 船舶动力装置的类型

船舶动力装置中的主机和辅机都可以具有不同的型式。但主机的功率比辅机的功率通常要大得多，而且它产生推进船舶的动力。因此，船舶动力装置的类型，一般是以主机的结构型式来定名的。船舶主机的作用在于把燃料燃烧所产生的热能转化为机械功，用以推动船舶运动。根据主机使用的燃料，船舶动力装置可分为常规动力和核动力两大类。常规动力装置又根据工作方式分为外燃式（包括蒸汽机，汽轮机）和内燃式（包括汽油机，柴油机，燃气轮机）两种。核动力动力装置现在只有外燃一种型式。下面，我们分别对各种类型的动力装

置进行介绍。

一、外燃式（蒸汽）动力装置

蒸汽动力装置是由锅炉、活塞式蒸汽机或回转式汽轮机、冷凝器、轴系、管系及其他有关机械设备所组成。在这种装置中，燃料的燃烧是在发动机的外部，即在锅炉中进行的。蒸汽动力装置的基本工作原理，如图 1-2-1 所示。

图中燃料在锅炉 1 的炉膛中燃烧，放出热量，水在汽鼓中吸热，汽化成为饱和蒸汽；饱和蒸汽在蒸汽过热器 2 中吸热成为过热蒸汽；过热蒸汽进入高压汽轮机 4 和低压汽轮机 5 膨胀做功，使汽轮机叶轮旋转，再通过齿轮减速装置 6 带动螺旋桨工作。作过功的乏汽在冷凝器 8 中将热量传给冷却水，同时本身凝结成水，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 中的水鼓内，从而形成一个工作循环。冷凝器的冷却水用循环泵 9 由舷外打入，吸热后又排至舷外。

蒸汽动力装置按其主机的结构和工作方式，又可分为活塞式蒸汽机及回转式汽轮机两种。

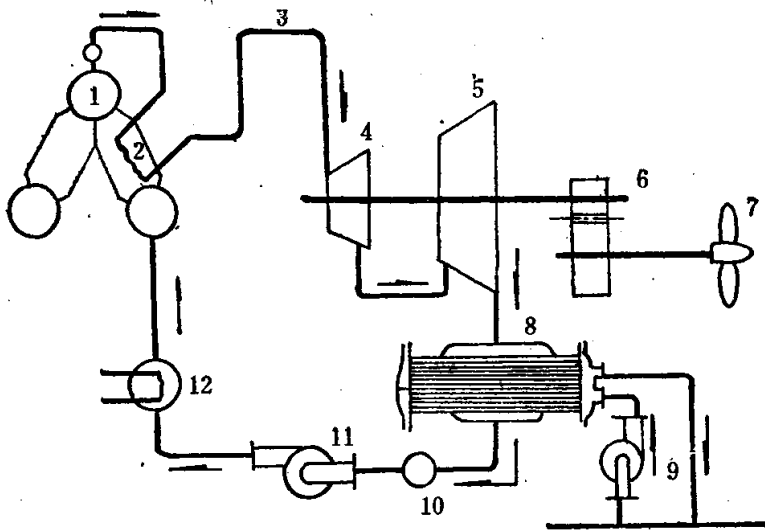


图1-2-1 汽轮机动力装置原理图

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-凝水泵；11-给水泵；12-给水预热器

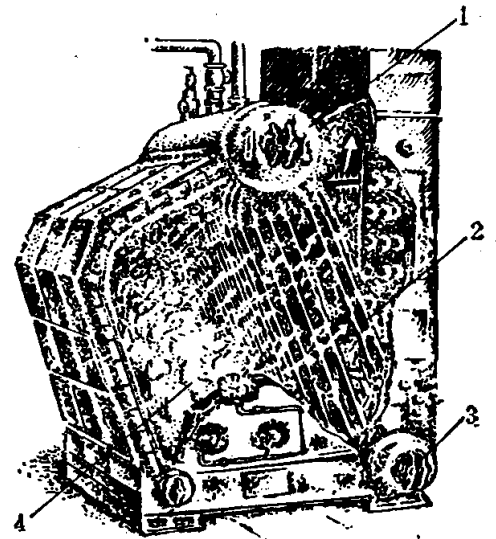


图1-2-2 船用燃油水管锅炉

1-汽水鼓；2-水管束；3-水鼓；4-炉膛

活塞式蒸汽机，是应用到船上最早的一种机型。它虽有结构简单、运转可靠、管理方便等优点，但由于它的工作热效率甚低，加之转速也低，机件庞大，结构笨重，又要专设锅炉为其服务，所占的舱容也较大，因此，现已处于被淘汰之列，这里对它就不作详细介绍了。下面只介绍锅炉和汽轮机的基本结构和工作原理。

（一）锅炉

锅炉是利用燃料燃烧所产生的热量，使水加热并蒸发成具有一定温度和压力的蒸汽的一种设备。图 1-2-2 为一台水管锅炉的简图。

蒸汽锅炉的结构型式很多，但总的可分为两大类，即烟管锅炉和水管锅炉。烟管锅炉又称为火管锅炉。它是由燃烧室（炉膛）出来的烟气流经烟管处，而水包围在烟管外边以吸收热量。但水管锅炉则恰好相反，是烟气包围水管，并供给热量，烟气扫过水管的管束 2 后，经烟道、烟囱排出。

烟管锅炉与水管锅炉相比，存在着许多缺点，首先烟管锅炉盛水量多，蒸发效率低，从

锅炉升火到产生蒸汽可供主机使用，一般需要12小时以上。而水管锅炉则由于盛水量少，循环好，蒸发效率高，从生火到供应蒸汽的时间可大为缩短。其次，在烟管锅炉上，水和蒸汽的压力是作用在烟道的外侧和锅炉的壳体上，这种结构不适于承受高压，一般最高压力不超过2.0~3.0MPa，而水管锅炉的压力作用于圆筒形的汽包和水管内，这种结构是适合承受高压的。再有，烟管锅炉比较笨重，每平方米的受热面积重达350kg之多，而水管锅炉约为每平方米200kg。由于烟管锅炉存在着一些严重缺点，所以在新建的民用船舶蒸汽动力装置中，供主机蒸汽的主锅炉，普遍采用水管锅炉。目前烟管锅炉已趋于淘汰，一般只作为辅助锅炉在船上使用。

为了提高效率，现代锅炉是朝着高温、高压、轻型、大蒸发量的新型水管锅炉方向发展。

(二) 汽轮机

汽轮机的基本工作原理，如图1-2-3所示。来自锅炉的高压蒸汽，进入一个或若干个固定的喷管5内，并在其中进行膨胀，膨胀时由于压力降低而增加了蒸汽的流速。具有高速度的气流从喷管内流出，冲向安装在转轮2的叶片3上，从而推动转轴1旋转。

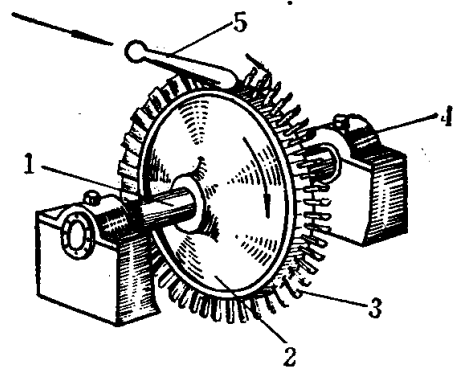


图1-2-3 汽轮机基本工作原理图
1-汽轮机轴；2-转轮；3-叶片；4-轴承；5-喷管

从这里我们可以看到，汽轮机中具有两次能量转换过程，即第一次在喷管中，蒸汽的位能（高温高压）变成了动能（高速）；第二次在汽轮机的叶片和转轴中，蒸汽的动能又直接转变为汽轮机转轴的机械功。

汽轮机按其工作特性，可分为冲动式和反动式两种。如果蒸汽的膨胀仅在喷管中发生，而汽轮机转轴的回转全靠高速度气流对叶片的冲击，这种汽轮机称为冲动式汽轮机；如果蒸汽的膨胀不仅发生在固定的导向叶片中（即起喷管作用），而且发生在工作叶片内，利用蒸汽膨胀时对叶片的反作用力，使叶片加速旋转，这种汽轮机称为反动式汽轮机。

为了充分利用蒸汽热能，汽轮机往往做成多级式。图1-2-4为多级式汽轮机及齿轮传动装置简图。

如图所示，来自锅炉的新蒸汽，通过一组喷管以提高蒸汽的流速，使蒸汽冲击到叶轮的

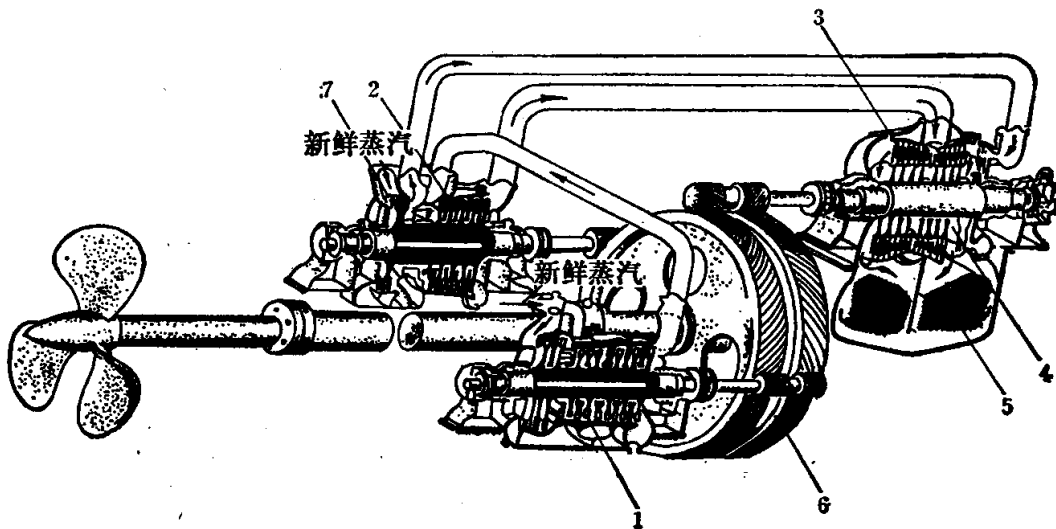


图1-2-4 多级式汽轮机及齿轮传动装置简图
1-高压汽轮机；2-中压汽轮机；3-低压汽轮机；4-低压倒车汽轮机；5-主冷凝器；6-齿轮减速器；7-高压倒车汽轮机

叶片上，蒸汽的力量就会使叶轮旋转，叶轮经减速齿轮装置减速后，带动传动轴及螺旋桨，从而推动船舶运动。汽轮机的特点是，由于各个运动部件都作旋转运动，而不同于柴油机所作的是往复运动，所以各运动部件达到较好的平衡，因而摩擦、磨损、振动和噪声都比较小，故它的转速可以提高。一般每分钟可达几千转，有的高达三万转以上。因此，需要配置一套既能承受大的负载，又有较大减速比，体积又尽量小的减速齿轮装置。

从图 1-2-1 中可知，汽轮机动力装置的能量转换过程比较复杂，热效率较低，耗油率较高，故经济性较差。只有 32% 左右的热能转换成有用功，而 58% 左右被冷凝器中冷却水带走，其中 10% 左右被排入大气及其它损失，所以它的燃油消耗率可达 232~313g/(kW·h)。为了提高汽轮机动力装置的热效率，利用汽轮机乏汽中的余热对锅炉给水预热，以减少锅炉产生蒸汽所需时间和热量，这种型式称为回热循环。采用回热循环后，燃油消耗率可降至 200~232g/(kW·h)。

由于汽轮机采用高温高压的蒸汽(现代船用汽轮机的蒸汽温度已高达 538℃；蒸汽压力高达 10MPa)，使得它在重量、体积方面，比活塞式蒸汽机优越得多。与柴油机动力装置相比，由于汽轮机动力装置配置了重量及尺寸较大的锅炉、冷凝器、减速齿轮装置，以及一整套为主机服务的辅助机械，因而总的装置重量及尺寸还是比较大的。有人作初步统计：某些在 11032.5kW(15000 马力)以上的船舶汽轮机动力装置重量小于同功率的柴油机动力装置重量，而功率小于 11032.5kW(15000 马力)的汽轮机动力装置反而比同功率的柴油机动力装置笨重一些。这就是在近代大功率高速的船舶推进装置中，部分大型船舶采用汽轮机动力装置的主要原因之一。

汽轮机是不能反转的旋转机械，因此用它作船舶主机时，必须另设专供反转的倒车汽轮机。如图 1-2-4 中的 4、7。

二、内燃动力装置

以内燃机为主机的推进装置称为内燃动力装置。内燃机的燃料，是直接在其气缸内燃烧的。根据内燃机的工作方式和特点，也可以分活塞式(往复式)柴油机和回转式燃气轮机两种。现在下面分别介绍。

(一) 活塞式船用柴油机

活塞式亦称往复式船用柴油机，它是内燃机的一种。由于它热效率高、耗油率低、功率范围较大，其单机功率可以从十几 kW 的小型柴油机到数万 kW 的重型柴油机。同时它不需配置像汽轮机动力装置那样的庞大锅炉及其他设备，因此装置重量较轻，是目前应用在民用船舶上最广泛的一种发动机。柴油机动力装置也存在一定的缺点，如发动机的功率增大，其体积和重量也相应地增加，使发动机功率的增长受到一定的限制，这就是某些高速大型民用船舶的主机，采用汽轮机动力装置或其他联合装置，而未采用柴油机动力装置的原因。又由于柴油机工作是往复运动的，所以它的振动、噪声及摩擦损耗都比较大。其重量与尺寸同燃气轮机相比，也比较笨重。柴油机动力装置的基本组成参见图 1-1-1。

(二) 回转式燃气轮机

亦称燃气透平。是近几十年发展起来的一种新型发动机。它的基本工作原理与汽轮机大致相似，只是在作功的工质方面有所不同。汽轮机是燃料在锅炉内燃烧，使锅炉中的水加热产生蒸汽，推动叶轮作功；而燃气轮机则利用燃料在燃烧室内燃烧，所产生的燃气推动叶轮作功。

图 1-2-5 是燃气轮机动力装置的基本工作原理图。一般由三部分组成：

- 1) 压气机 它用来压缩进入燃烧室的空气。
- 2) 燃烧室 燃料燃烧的场所。
- 3) 燃气轮机 它将燃料燃烧所产生的热能，转变为推动轴系和螺旋桨的机械功。

如图 1-2-5 所示，供燃料燃烧的空气首先进入压气机 3，经压缩后温度升高到 $100^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 左右，然后再送到燃烧室 4（即燃气发生器）中去。与此同时，燃料通过喷油嘴喷入燃烧室，与高温高压的空气混合后经点火即进行燃烧，这时温度可高达 2000°C 左右。一般用渗入压缩空气的方法，也即二次进风的方法降低燃气温度至 $600^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ 。燃气进入燃气轮机 5，在叶片槽道内膨胀，将其动能转换为机械功，使燃气轮机旋转，随后通过减速齿轮 2 带动螺旋桨 1 工作。装置的起动的利用电动机 7 进行的，电动机通过联轴器 6 与压气机联接。

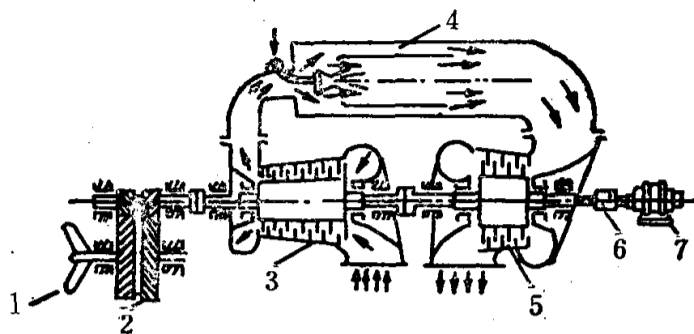


图1-2-5 燃气轮机动力装置原理图
1-螺旋桨；2-减速齿轮；3-压气机；4-燃烧室；5-燃气轮机；6-联轴器；7-起动电动机

目前所用的几种船舶动力装置中，燃气轮机是属于单机功率大、重量最轻、体积最小的一种。例如轻型燃气轮机，本身重量仅为 $0.1 \sim 0.435 \text{ kg/kW}$ ，整个装置重量也不过为 22 kg/kW 。更为突出的是，它起动迅速，而且在短时间内能发出最大功率，即在 $2 \sim 3 \text{ min}$ 内可由冷态起动达到全负荷工作状态。

燃气轮机的缺点是：对燃油品质要求高，耗油率较大，效率较低，故经济性差；同时由于燃气轮机的叶片及燃气发生器均在高温高压状态下工作，故其使用寿命亦较短。

目前燃气轮机装置主要用在军用舰艇上，近年来在气垫船上也得到应用。

三、核动力装置

核动力装置是以原子核的裂变反应所产生的巨大热能，通过工质（蒸汽或燃气）推动汽轮机或燃气轮机工作的一种装置。现有的核动力舰艇或民用船舶，几乎全部采用压力水型的反应堆。

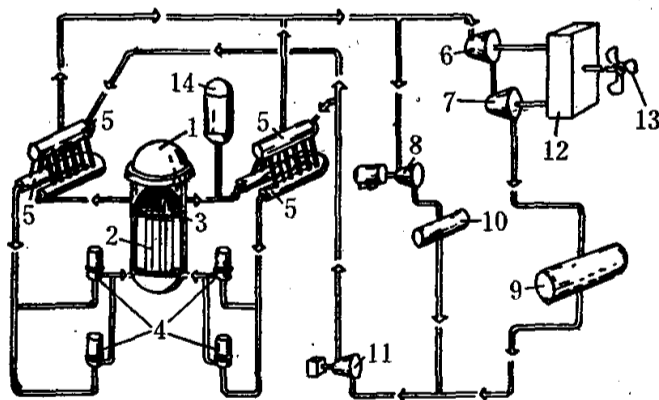


图1-2-6 压力水堆核动力装置示意图
1-核反应堆；2-反应堆芯；3-控制棒；4-冷却剂循环泵；5-蒸汽发生器；6-高压汽轮机；7-低压汽轮机；8-辅汽轮机；9-主冷凝器；10-辅冷凝器；11-主给水泵；12-减速器；13-螺旋桨；14-稳压筒

图 1-2-6 为压力水堆核动力装置的结构和工作原理图。核反应堆 1 里有反应堆芯 2 存放着核燃料如浓缩铀 U^{235} ，控制棒 3 可控制核裂变速度及释放出的能量，同时用控制棒起动和停堆。核裂变时释放出的热能被压力水带走，压力水由冷却剂循环泵 4 供给，压力水经过反应堆被加热后温度升高，然后经蒸汽发生器 5（热交换器）将热量传递给水，而本身温度下降。压力水放热后又进入冷却剂循环泵，重新被送入反应堆加热，因此，压力水形成一个闭合回路，称为第一回路。由蒸汽发生器产生的蒸汽，一路进入主高压汽轮机 6 和低压汽轮机 7 膨胀做功，通过减速器 12 驱动螺旋桨 13 推动船舶。另一路蒸汽进入辅汽轮机 8 膨胀作

功，驱动发电机供应全船电能。做过功的乏汽分别经主冷凝器 9 和辅冷凝器 10 凝结成水，凝水由主给水泵 11 送入蒸汽发生器 5，这样完成的一个工作循环，称为第二回路。第二回路的基本工作原理与一般汽轮机动力装置相同。第一回路中的稳压筒 14，其作用是保持供入蒸汽发生器的压力水有足够的压力。

图 1-2-7 为核动力装置在船舶机舱内的安装示意图。

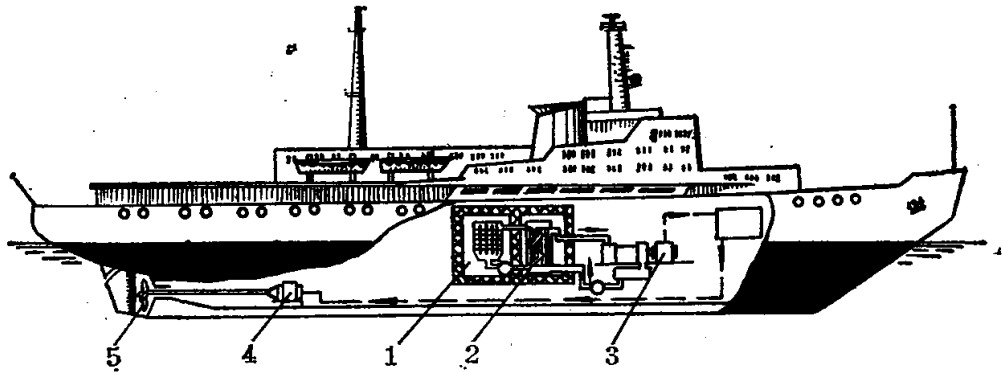


图1-2-7 核动力装置示意图

1-原子反应堆；2-热交换器；3-汽轮发电机组；4-推进电动机；5-螺旋桨

核动力装置的特点是。消耗极少量的核燃料就能发出大的功率，因此续航力强。同时不需要空气助燃，可免除吸排气系统。但由于核燃料裂变时会发出中子和射线，因此，在反应堆和第一回路中，带有放射性有害物质，对人体有杀伤作用，为此，须设置严密的防护层，以保护船员的健康。

目前，核动力装置主要用在军舰或破冰船上，在民用船舶上的应用进展不大。

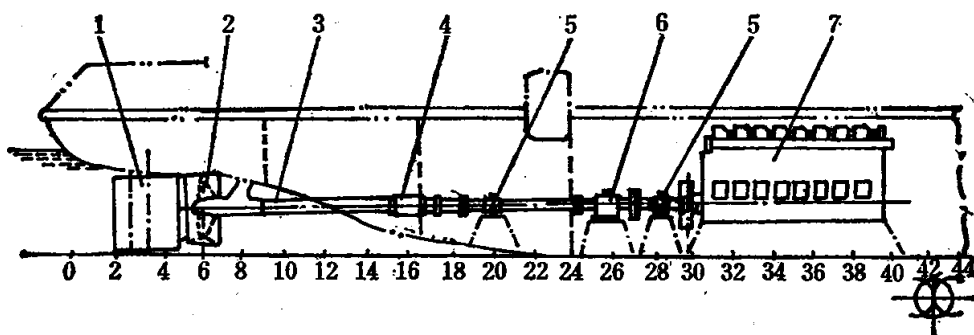
除以上几种动力装置外，还有由两种主机组成的联合装置（如燃汽轮机和蒸汽轮机组成的联合装置等），用以扬长避短。由于柴油机的热效率最高，而且装置比较简单，目前在民用船舶中的应用占有统治地位，故本课将着重研究船舶柴油机动力装置的有关内容。

§1-3 船舶柴油机推进装置的主要型式

为适应不同航区和不同船舶的要求，可将各种类型的船舶柴油主机、传动设备和螺旋桨，组合成不同的推进装置型式，下面对几种常见的型式分别加以介绍。

一、主机直接带动螺旋桨

图 1-3-1 是柴油机直接带桨的推进方式。这种推进方式没有设置中间传动设备，而是



§1-3-1 主机直接带桨的推进装置

1-舵；2-螺旋桨；3-尾管；4-尾管托架；5-中间轴承；6-推力轴承；7-主机

由轴系与主机的输出端直接相连，因此，主机与轴系、螺旋桨具有相同的转速和转向。

这种推进方式广泛应用于低速大型柴油机船舶上，它具有结构简单、工作可靠、传动损失小、推进效率高、振动噪声小以及耗油省等优点；缺点是重量尺寸较大，故一般用于远洋和沿海的船舶上。

一般对于客船和某些内河船舶，为了提高动力装置的推进效率，改善机动性和增强生命力，往往采用双机双桨的直接传动型式。

二、主机经传动设备带桨

指在主机与轴系之间加入了一套传动设备，即离合器和减速齿轮箱，如图 1-3-2 所示。

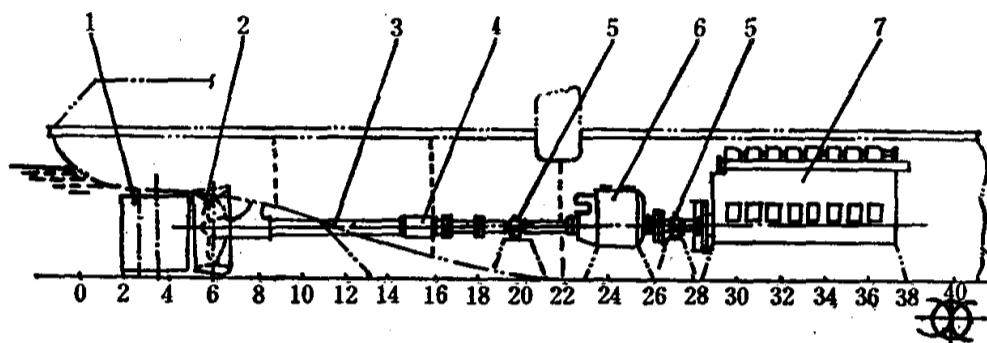


图1-3-2 主机经传动设备带桨的推进装置

1-舵；2-螺旋桨；3-尾管；4-尾管托架；5-中间轴承；6-减速齿轮箱；7-柴油主机

汽轮机、燃气轮机及高、中、速柴油机采用齿轮箱减速后，主机的转速可以不受螺旋桨低转速的限制，通过选定合适的减速比，降低螺旋桨的转速，以提高推进效率。采用间接传动，还可使主机曲轴与螺旋桨轴不必同心布置，使轴系与船舶基线的倾斜角减小，从而改善螺旋桨的工作条件。

离合器则主要用来脱开或接通主机传递给轴系和螺旋桨的功率，有时它还担负着完成倒顺车的任务。所以间接传动，既可使传动装置操纵灵活、敏捷，又可采用不可反转的柴油机，使柴油主机结构简单，管理方便。该型传动装置的缺点是传动效率较低、耗油率略高，装置也较复杂。

间接传动的布置型式较多，有单机单桨、多机多桨、双机并车及多机并车等。在减速齿轮方面，有一级减速、多级减速及带倒车离合器减速等。

间接传动在吃水浅的内河船舶及沿海中小型船舶上广泛采用。在大型中速柴油机及汽轮机为主机的沿海、远洋船舶上，也普遍采用间接传动，为了提高推进效益，甚至在低速柴油机上采用减速传动也日益增多。对于军用舰艇，由于广泛采用汽轮机、燃气轮机及高中速柴油机作推进主机，因此也普遍采用间接传动。

三、电力传动型式

电力传动如图 1-3-3 所示。它由主机 1 带动主发电机 2，供电给推进电动机 4，用以驱动螺旋桨 6 旋转。这种传动方式的装置被称为电力推进装置。

电力推进装置的特点是主机与螺旋桨之间没有机械联系，不设中间传动轴，故轴系短，主机布置也较为方便；主机始终作恒速运转，且转向不变，只需改变推进电动机的电流方

向，就可实现螺旋桨的正反转；操纵性能好，动作迅速，便于实现遥控；在船舶停航时，主机所发出的电力可供作其他用途。

由于这种传动装置有操纵性能好、装置布置方便等优点，所以在某些工程船舶和特种用途的船舶上用它，如拖船、渡船、挖泥船、渔船和破冰船等。

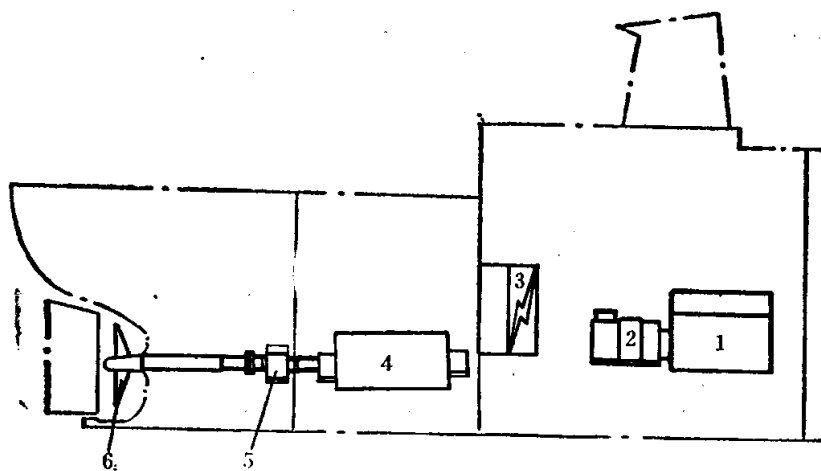


图1-3-3 电力传动装置示意图

1-主柴油机；2-主发电机；3-配电板；4-螺旋桨推进电动机；5-推力轴承；6-螺旋桨

四、Z型传动装置

图1-3-4为Z型传动装置结构原理图。图中主柴油机1的功率，经联轴器2、离合器3、带有万向节的传动轴4、上水平轴8、上部螺旋锥齿轮9、垂直轴12、下部螺旋锥齿轮14及下水平轴15、传递给螺旋桨13，从而推动船舶航行。

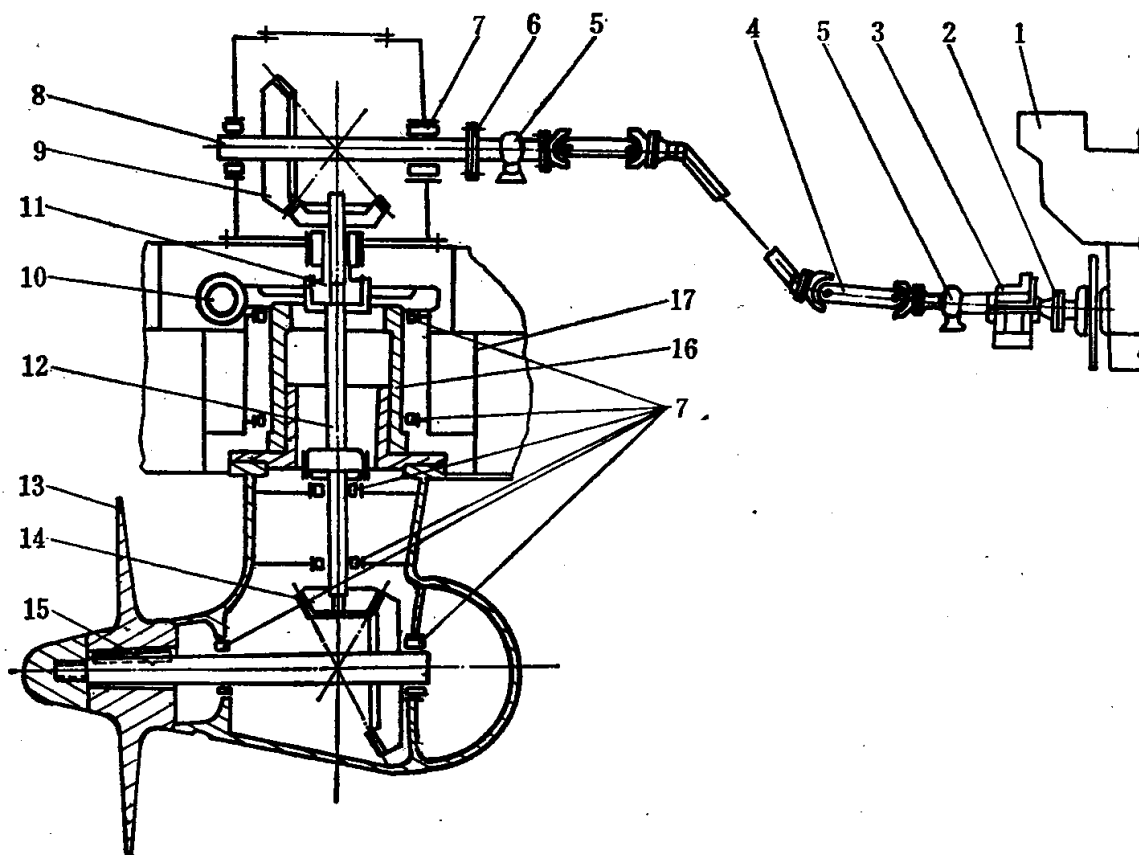


图1-3-4 Z型传动装置结构原理图

1-主柴油机；2-联轴器；3-离合器；4-带有万向节的传动轴；5-滑动轴承；6-弹性联轴器；7-滚动轴承；8-上水平轴；9-上部螺旋锥齿轮；10-蜗轮、蜗杆装置；11-齿式联轴器；12-垂直轴；13-螺旋桨；14-下部螺旋锥齿轮；15-下水平轴；16-旋转套筒；17-支架

如何控制螺旋桨作360°的回转呢？首先由电动机驱动蜗杆、蜗轮装置10，使旋转套筒16在支架17中回转，同时使螺旋桨13绕垂直轴12在360°范围内作平面旋转运动，用以控制船舶的转向。

这种传动装置的突出特点是：操纵性能好，螺旋桨可绕垂直轴作360°回转。特别是采用

两台主机，更能显示其优越性。它可以使船舶原地回转、紧急停止、急速转弯、快速进退、横向移动以及微速航行等。该装置所发出的倒车推力较大，其倒车推力约为正车推力的85~95%。这种装置还有一个特点就是安装和维修方便，主机、传动系统和Z型装置形成一个独立的联合整体，它们的主要零部件制造、安装、调试都可在车间里进行，因而简化了安装工艺。同时整个装置可与船体并行建造，缩短了船舶建造周期。整个Z型装置（包括螺旋桨）可以从船舶尾部甲板开口处吊装，检修时不必进坞或上船台，可大大缩短修船时间。

该推进装置由于具有以上特点，所以最适宜于港内作业船和航行于狭窄航道的小型运输船舶。

五、舷外挂机与挂桨装置

对于内河和沿海小型民间运输船舶或工作艇、救生艇等，为了便于装拆、操纵方便及一机多用，且不占或少占机舱，常装有挂机或挂桨装置，图1-3-5即为一种舷外挂机装置。它将发动机连同传动轴和螺旋桨直接挂在船的尾部舷外。

由于发动机、传动轴及螺旋桨等装置挂在舷外，就可省去像Z型传动装置上的水平传动轴及一对螺旋锥齿轮等。整机和螺旋桨可绕托架衬套的中线回转，并可起到舵的作用。扳起舵柄还能使螺旋桨上翘而露出水面，对桨起到保护作用。必要时，还可将整套挂机装置拆下检修或更换。至于挂桨装置，与挂机装置相似，所不同的是将柴油机放在船内，其动力是靠皮带或链条去驱动挂桨的。后者在民间运输的小型船舶上被广泛应用。

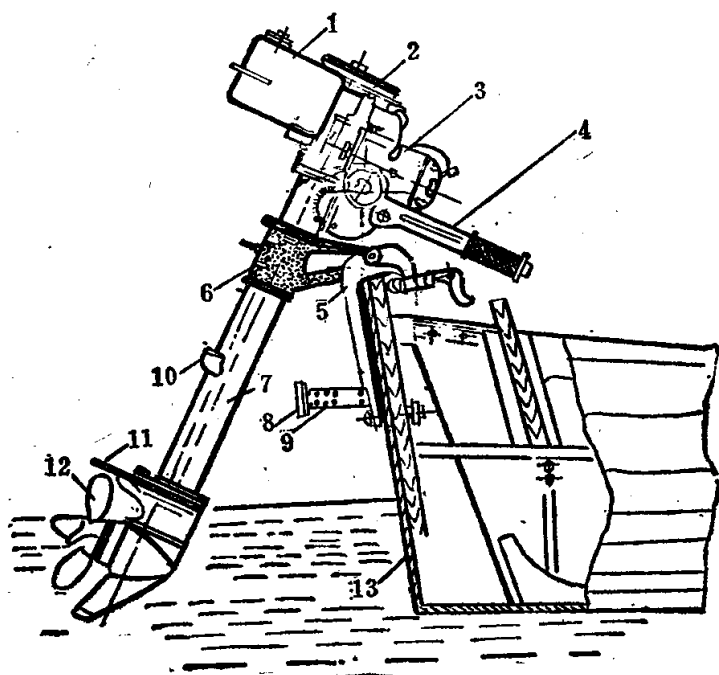


图1-3-5 舷外挂机装置

1-油箱；2-飞轮及起动盘；3-发动机；4-舵柄；5-托架支承；6-托架衬套；7-尾管；8-承推支承；9-承推支架；10-倒车挂钩；11-挡水板；12-螺旋桨；13-船体

六、喷水推进器传动

喷水推进器是一种特殊的传动型式。它是由布置在船内的水泵装置和吸水管、喷射管组成的一种水力反作用式推进器。喷射口的布置有水上、水下和半水下几种型式。

图1-3-6是装在某水翼船上的喷水推进装置。它结构简单、工作可靠，排除了螺旋桨推进器易遭水中浮物冲击损坏的危险；消除了由于螺旋桨的运动导致船尾部产生的振动和引起的机械噪声；同时使传动轴系的长度大为缩短。喷水推进还可使发动机的转速保持稳定，通过水泵或喷嘴出口面积的变化对船舶航行速度进行调节，

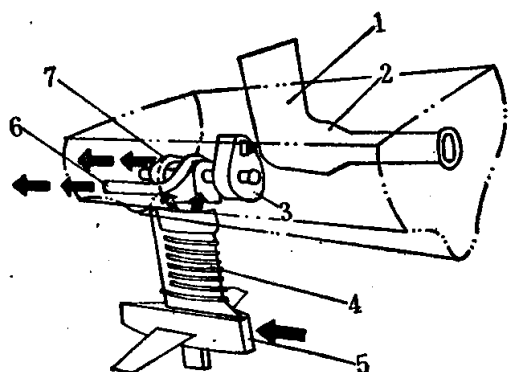


图1-3-6 喷水推进器简图

1-排气管；2-燃气轮机；3-齿轮箱；4-导管；5-进水口；6-喷嘴；7-泵

并可用改变喷水方向的办法使船舶回转或倒航。

近几年来,我国新建了双节轴流泵的喷水推进滑艇,时速达36节以上,并研制成功一种360°回转式喷水推进器。

喷水推进装置适用于小型内河或沿海船舶,同时可作大型顶推船或货船的首部助舵装置。

§1-4 船舶动力装置的基本特性指标

各种船舶的动力装置虽存在着类型、传动方式及航区等条件的不同,但对其某些基本特性指标却有着共同的要求。动力装置的基本特性指标是指技术指标、经济指标和性能指标。这些指标是我们对船舶进行选型、设计和判断性能好坏的重要依据。

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的参数。它主要指下列几个指标:

(一)功率指标

它表示船舶做功的能力。为了保证船舶具有一定的航行速度,就要求推进装置提供足够的功率。而动力装置的功率是按船舶的最大航速来确定的。随着船舶营运时间的延长,船体水线以下的附生物增多,使船舶附体阻力增加,因而航速降低。为了保持船舶的航速,所以动力装置的功率往往取大些(一般大10%)。在船舶以一定的航速前进时,螺旋桨产生的推力,必须克服船体对水和风的阻力,这些阻力取决于船舶的线型、尺度、航行速度,以及风浪大小和航道深浅等。

1)船舶有效功率 如已知船舶的航行速度为 v_s (m/s)时,其运动阻力为 R (N),则推进船舶所需的有效功率

$$P_R = 7350 \frac{R \cdot v_s}{75} = 9.8 R \cdot v \times 10^{-2} \text{ kW}$$

P_R 常称为拖曳功率,可以从船模或实船试验中得出。式中的阻力 R ,相当于以速度拖动船模(或实船)时绳索上的拖曳力。

2)主机的供给功率 如果考虑推进轴系的传动损失,那么主机供给的功率应为:

$$P_n = \frac{P_R}{\eta'_p \cdot \eta_{传}} = 7350 \frac{R \cdot v_s}{75 \eta'_p \eta_{传}} = 9.8 \frac{R \cdot v_s}{\eta'_p \cdot \eta_{传}} \times 10^{-2} \text{ kW}$$

式中: η'_p ——船后螺旋桨效率,取0.45~0.75;

$\eta_{传}$ ——轴系传动效率,取0.94~0.98。

在进行新船设计时,若要确定推进装置的功率 P_R 时,只要已知母型船的排水量、功率及航速等技术参数,一般可采用“海军系数法”作粗略地估算:

$$P_R = \frac{D^{\frac{2}{3}} \cdot v_s^3}{C_B} \text{ kW}$$

式中: D ——排水量, t;

v_s ——航速, kn;

C_B ——海军系数,它由母型船已知的 D_0 、 v_0 和 P_{R0} 来决定,即: