

第一节 船舶动力装置的组成、类型和发展

一、船舶动力装置的组成

现在的船舶动力装置主要由推进装置、辅助装置、管路系统、甲板机械、防污染设备和自动化设备等六部分组成。

1. 推进装置

推进装置是指发出一定功率、经传动设备和轴系带动螺旋桨，推动船舶并保证一定航速航行的设备。它是船舶动力装置中最重要的组成部分，包括：

(1) 主机。主机是指提供推动船舶航行动力的机械。如柴油机、汽轮机、燃气轮机等。

(2) 传动设备。传动设备的功用是隔开或接通主机传递给传动轴和推进器的功率；同时还可使后者达到减速、反向或减振的目的。其设备包括离合器、减速齿轮箱和联轴器等。

(3) 轴系。轴系是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。推进器是能量转换设备，它是将主机发出的能量转换成船舶推力的设备。它包括螺旋桨、喷水推进器、电磁推进器等。

2. 辅助装置

辅助装置是指提供除推进船舶运动所需能量以外，用以保证船舶航行和生活需要的其他各种能量的设备。主要包括：

(1) 船舶电站。

(2) 辅锅炉装置。

(3) 压缩空气系统。

3. 管路系统

管路系统是用来连接各种机械设备，并输送相关流体的管系。由各种阀件、管路、泵、过滤器、热交换器等组成，它包括：

(1) 动力系统。为推进装置和辅助装置服务的管路系统。主要包括燃油系统、滑油系统、海淡水冷却系统、蒸汽系统和压缩空气系统等。

(2) 辅助系统。为船舶平衡、稳性、人员生活和安全服务的管路系统。主要包括压载系统、舱底水系统、消防系统、日用海/淡水系统、通风系统、空调系统和冷藏系统等。

4. 甲板机械

为保证船舶航向、停泊、装卸货物所设置的机械设备。它主要包括：舵机、锚机、绞缆机、起货机、开/管舱盖机械、吊艇机及舷梯升降机等。

5. 防污染设备

用来处理船上的含油污水、生活污水、油泥及各种垃圾的设备。它包括油水分离装置（附设有排油监控设备）、生活污水处理装置及焚烧炉等。

6. 自动化设备

为改善船员工作条件、减轻劳动强度和维护工作量、提高工作效率以及减少人为操作失误所设置的设备。主要包括：遥控、自动调节、监控、报警和参数自动打印等设备。

二、船舶动力装置的类型

1. 蒸汽动力装置

根据运动方式的不同，蒸汽动力装置有往复式蒸汽机和汽轮机两种。

汽轮机推进装置的优点：

(1) 由于汽轮机工作过程的连续性有利于采用高速工质和高转速的工作轮，因此单机功率比活塞式发动机大。

(2) 汽轮机叶轮转速稳定，无周期性扰动力，因此机组振动小、噪声低。

(3) 磨损部件少，工作可靠性大。

(4) 可使用劣质燃油，滑油消耗率也很低。

汽轮机推进装置的缺点：

(1) 装置的总重量、尺寸大。

(2) 燃油消耗大，装置效率较低，额定经济性仅为柴油机装置的 $1/2-2/3$ ；在相同的燃油储备的情况下续航力降低。

(3) 机动性差，备车时间长。

2. 燃气动力装置

在燃气动力装置中，根据发动机运动方式的不同，有柴油机动力装置和燃气轮机动力装置两种。

1) 柴油机动力装置

柴油机动力装置具有如下优点：

- (1) 具有较高的经济性。
- (2) 重量轻。
- (3) 具有良好的机动性，操作简单、启动方便、正倒车迅速。

柴油机动力装置也存在如下缺点：

- (1) 由于柴油机的尺寸和重量按功率比例增长快，因此单机组功率受到限制。
- (2) 工作时噪声和振动较大。
- (3) 中、高速柴油机的运转部件磨损较严重。
- (4) 传统的柴油机在低速时稳定性差，因此不能有较低的最低稳定转速，影响船舶的低速航行性能。另外，柴油机的过载能力也较差。

2) 燃气轮机动力装置

燃气轮机动力装置有如下优点：

- (1) 单位功率的重量尺寸较小，机组功率也较大。
- (2) 良好的机动性，从冷态起动至全负荷时间仅需几分钟的时间。

燃气轮机动力装置也有如下缺点：

- (1) 燃气轮机自身不能反转，如果作为主机，倒车时必须设置专门的变向设备。

(2) 必须借助于电机或其他起动机械起动。

(3) 由于燃气的高温作用，使叶片工作可靠性较差，寿命短。

(4) 由于燃气轮机工作时空气流量大，因此进、排气管道尺寸较大，舱内布置困难，甲班上有较大的管道通过切口，影响船体强度。

(5) 燃油消耗率较高。

3. 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能量，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。

核动力装置有如下优点：

(1) 核动力装置以少量的核燃料能释放出巨大的能量，这就可以保证船舶以较高的航速航行很远的距离。

(2) 核动力装置在限定的舱室空间内所能供给的能量，比一般其他型式的动力装置要大很多。

(3) 核动力装置的最大特点是不消耗空气而获得能量，这就不需要进、排气装置。

核动力装置的缺点：

(1) 核动力装置的重量、尺寸较大。

(2) 核动力装置的操纵管理、检查系统比较复杂。

(3) 核动力装置的造价昂贵。

三、柴油机动力装置发展趋势及管理重心的变化

1. 船舶动力装置发展的趋势

1) 柴油机动力装置继续占主导地位，并在不断发展

(1) 大型低速机向两极发展，即开发多缸、大缸径和少缸、小缸径的机型，以适应大型、超大型船舶和小型船舶。

(2) 大功率中速柴油机仍然是大型客船、滚装客船、滚装船的推进动力装置的首选。

(3) 船舶柴油机的控制技术向电子化、智能化方向发展。

(4) 双燃料发动机用于特种船舶推进装置的前景可观。

LNG船的动力装置基本上是蒸汽轮机，蒸汽轮机输出功率大、排出废气少、维护量少、可靠性高，但是蒸汽轮机的热效率低、燃油消耗率高。近年来，各种替代方案应运而生，例如天然气—燃油的双燃料二冲程和四冲程发动机的诞生等。与常规动力装置相比，双燃料发动机最大限度地利用了气体燃料，大大降低了燃油消耗（节约燃料 20%~30%），同时，双燃料发动机的 NO_x 排放量只相当于普通柴油机的 1/10， CO_2 的排放也相当低。双燃料发动机是 LNG 船主机的首选。目前主要机型有瓦锡兰公司生产的 Wartsila 的 DF 系列双燃料发动机、MAN B&W 司生产的 ME-GI 及四冲程双燃料发动机。随着人们对不污染海洋环境和大气“绿色船舶”的期望，世界上众多的科研部门正在努力，以期减少柴油机动力装置的排放污染。

2) 大型豪华旅游船的建造促进了电力推进系统的发展。

电力推进系统是通过电子变频技术，采用简单的交流电动机带动定螺距螺旋桨，根据需要从零到满负荷自由选择转速，以满足机动性和操纵性的要求。

电力推进系统的优点：

- ①可省去中间轴及轴承，机舱布置灵活。
- ②可选用中高速柴油机，可使螺旋桨的转速得到均匀、大范围的调节。
- ③倒车功率大，操纵容易，倒航迅速，船舶机动性提高。
- ④主电机对外界负荷变化适应性好，甚至可短时堵转。

3) 高速船的发展为燃气轮机动力装置带来了生机。

由于燃气机在单位功率重量和尺寸方面的优势，加上其优良的加速性能、可靠性、振动小和低的 NO_x 排放量等优点，被高速客船等采用。与柴油机相比，燃气轮机的不足之处主要是其较低的经济性。因此在作为推进动力时经常配备柴油机，而利用燃气轮机具有良好的起动性能用于加速工况，配上柴油机组成联合动力装置克服低工况油耗高的缺点，是高速船较合适的动力装置。实践表明燃气轮机机组可靠性达 99.5%，热效率已达 39%，加上其特有的 NO_x 排放量低的优势，因此特别适合渡轮的使用要求。

4) 推进装置一改以往单一供货方式而成套供货方式发展。

5) 环境保护要求更安全、更低排放的船舶动力装置。

(1) 安全要求动力装置的冗余配置。

除将化学品船、液化气体船、油船等设计成双壳船体，还应采用冗余配置推进装置及舵系，或设置应急动力装置，可保证主推进一旦失效，船舶仍能在恶劣海况下以 6kn 航速前进。最常见的方式是轴带发电机，当需要时主机与齿轮箱脱开，轴带发电机转为电动机，以发电机的电力带动螺旋桨实现船舶应急推进。更进一步的发展，是双套主推进系统。

(2) 低排放的船舶动力装置

人类对保护环境质量要求的日益严格，使船用柴油机废气排放对大气污染的影响亦受到了密切的关注。根据《MARPOL73/78公约》附则VI对功率大于 130KW的柴油机 NO_x 的排放的规定，现今的智能柴油机通过控制燃烧，能够满足低排放和经济性的要求，此外，燃烧良好还可减少颗粒物排放。在低排放方面，电力推进及燃气轮机更具有优势。

2. 轮机管理重心的变化

由于船舶自动化程度大幅度提高，计算机技术迅速发展，与 20 世纪的船舶相比较，轮机管理工作的重心发生了根本性的改变，因此，对轮机管理人员提出了更高的要求，其重点体现在以下几个方面：

(1) 对轮机设备的检修方面。由于对船舶设备的工况检测仪器、仪表、故障诊断方法的日益完善，设备的维护、检修将从定时、定期模式向视情模式发展。

(2) 对船机设备的使用方面。由于船机设备的自动控制、自动故障监测的广泛使用，设备的使用管理已由传统的“管机为主”、“管电为辅”向“机电综合管理”方向发展。

(3) 对轮机人员的业务要求方面。要求轮机人员不但有精湛的船机方面的知识，还要加强掌握船电方面专业知识和自动化方面的知识，这对于在现代化船舶上担任轮机管理工作的轮机人员显得尤为重要。

(4) 对轮机人员的业务培训方面。要加强轮机人员的业务培训工作，使轮机人员尽快掌握和更新机电一体化方面的新技术和相关知识。

(5) 对机电设备故障远程诊断方面。要加强专家故障诊断系统的建设和完善。

(6) 对机舱的资源更要加强管理。包括人力资源和设备等，使得机舱的资源能够充分发挥各自应有的作用。

第二节 船舶动力装置的要求及性能指标

一、对动力装置的要求

对船舶动力装置的要求，主要包括可靠性、经济性、机动性、重量和尺度、续航力、生命力等相关指标。

1. 可靠性

影响可靠性的因素主要有三个方面：设计制造（包括修复）的质量、安装工艺的水平、使用管理技术能力。使用管理技术能力对可靠性的影响表现在：严格按照造船规范建造是取得可靠性的先决条件；备件的数量和保管是提高可靠性的有力保障；管理人员的业务能力是影响可靠性的重要因素。

2. 经济性

船舶在营运中，船舶动力装置的维护费用占船舶总费用的比例很大，现在已超过 50%。为了提高船舶的营运效益，必须尽量提高动力装置的经济性。

3. 机动性

速、倒航和回转性能是船舶机动性能的主要体现，而机动性取决于动力装置的机动性，动力装置的机动性由以下几个指标来体现。

(1) 起航时间

从接到起航命令开始，经过暖机、备车和冲试车，使发动机达到随时可用状态的时间。这段时间越短的船舶其机动性越好。

(2) 发动机由起动开始至达到全功率的时间

这是加速性能的指标，这段时间的长短主要取决于发动机的型式、船体形状、螺旋桨形式、吃水及外界阻力大小等因素。影响发动机加速的因素是它的运动部件的质量惯性和受热部件的热惯性，热惯性更为突出，中速机优于低速机。船舶本身的阻力大小对发动机的加速性能也有很大的影响，由于调距桨对外界条件有很好的适应性，它的加速性能明显好于定距桨。

(3) 发动机换向时间和可能的换向次数

发动机换向所需的时间是指主机在最低稳定转速时，由发出换向指令到主机以相反方向开始工作所需的时间。换向时间越短，发动机的机动性越好。主机换向时间不得大于 15s。

(4) 船舶由全速前进变为倒航所需时间（滑行距离）

这是体现主机紧急倒车性能的指标。由于船舶惯性大，由全速前进变为后退所需的时间，总是大大超过发动机换向所需的时间。船舶开始倒航前滑行的距离主要取决于船舶的装载量、航速、主机的起动换向性能、空气瓶空气压力和主机倒车功率。

5) 发动机的最低稳定转速和转速禁区

在多缸柴油机中，由于各缸喷油泵柱塞偶件、喷油器针阀偶件的间隙和喷孔孔径间的差别，以及一般油量调节杆安装间隙的不同，使得船用主柴油机在低转速（低负荷）运转时，各缸供油量显着不均。严重时个别缸不能发火而使转速不稳，甚至自动停车。因而船用主柴油机都有一个使各缸都能够均匀发火的最低转速，称最低（工作）稳定转速。

船用主柴油机（尤其是直接驱动螺旋桨的主柴油机）的最低稳定转速直接影响船舶低速航行性能。一般低速柴油机的最低稳定转速不高于标定转速的 30%，中速机不高于 40%，高速机不高于 45%。在主机使用转速范围内如果存在引起船舶或轴系共振的临界转速，则应规定为转速禁区，并以红色在主机转速表上标示。在主机使用转速范围内，转速禁区越窄越好。

4. 重量和尺度

5. 续航力

续航力是指船舶在加足航行所需物资（燃油、滑油、淡水等，主要指燃油）后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。续航力不但和动力装置的经济性、物资储备量有关，也和航速有很大关系。

6. 生命力

生命力是指船舶在船机发生故障的情况下最大限度地维持工作的能力。

二、船舶动力装置的基本性能指标

进行选型、设计和判断性能优劣的重要依据。

1. 船舶动力装置的技术指标

技术指标指标识动装置的技术性能和结构特性的参数。它主要指下列几个指标：

1) 功率指标

功率指标表示船舶做功的能力。为了保证船舶具有一定的航速，就要求推进装置提供足够的功率。动力装置的功率是按船舶的最大航速确定的。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线型、尺寸、航行速度，以及风浪大小和航道深浅等。

(1) 船舶有效功率 P_R

船舶有效功率 P_R 指推进船舶航行所需功率。运行阻力 $R(N)$ ，船舶的航行速度 v_s (m/s)，则有效功率

$$P_R = R \times v_s \times 1/1000 \text{ KW}$$

P_R 常称为拖曳功率，可以从船模或实船的静水试验中得出。阻力 R ，相当于速度 v_s 拖动船模（或实船）时绳索上的拖曳力。

(2) 主机的输出功率

主机的输出功率即主机的制动功率或主机的有效功率。如果考虑了推进轴系的传动损失，主机的供给功率实际上就是主机的额定功率。

P_R 可用“海军常数法”进行估算。

(3) 相对功率

相对功率就是对应于船舶每吨排水量所需的主机有效功率。

$$P_r = P_e / D \quad \text{kW/t} \quad D \quad \text{—船舶排水量, t}$$

2) 重量指标

(1) 主机的单位重量 g_m

主机的单位重量 g_m 是指主机单位有效功率的重量, 即

$$g_m = G_m / P_e \quad \text{kg/kW}$$

式中, G_m —主机重量, kg; P_e —主机有效功率, kW

(2) 动力装置的单位重量 g_z

动力装置的单位重量 g_z 是指主机单位有效功率所需动力装置的重量, 即

$$g_z = G_z / P_e \quad \text{kg/kW}$$

式中, G_z —主机重量, kg; P_e —主机有效功率, kW

(3) 主机的相对重量 a_m

主机的相对重量 a_m 是指主机重量 G_m 与船舶排水量 D 之比, 即

$$a_m = G_m / D \quad \text{kg/t}$$

G_m —主机重量, kg; D —船舶满载排水量, t

(4) 动力装置的相对重量 a_z

动力装置的相对重量 a_z 是指动力装置重量 G_z 与船舶满载排水量 D 之比, 即

$$a_z = G_z / D \text{ kg/t}$$

式中, G_z —主机重量, kg; D —船舶满载排水量, t

3) 尺寸指标

对于不同船舶, 机舱尺寸要求也不统一, 为了表征机舱的面积和容积利用率, 特引用面积饱和度和容积饱和度两个指标。

(1) 面积饱和度 K_s :

面积饱和度是指每平方米机舱面积所分配的主机有效功率, 即

$$K_s = P_e / S \text{ kW/m}^2$$

式中, P_e —主机有效功率, kW S —机舱所占的面积, m^2

(2) 容积饱和度 K_v :

容积饱和度是指每立方米机舱容积所分配的主机有效功率, 即

$$K_v = P_e / V \text{ kW/m}^3$$

式中, P_e —主机有效功率, kW V —机舱所占的容积, m^3

· 船舶动力装置的经济性指标

船舶动力装置的经济指标常用六个指标表示。

1) 动力装置的总效率

动力装置的总效率主要由推进装置的热效率、柴油发电机组的热效率和燃油锅炉的热效率组成。

(1) 推进装置的热效率

推进装置的热效率是指推进装置所产生的有效功的热当量与主机所消耗热量之比。

(2) 柴油发电机组的热效率

柴油发电机组的热效率是指柴油发电机组电功率的热当量与其所消耗热量之比。

(3) 燃油辅助锅炉的热效率

燃油辅助锅炉的热效率是指燃油辅助功率有效利用的热量与其所消耗热量之比。

2) 柴油机的燃油消耗率 g_e

柴油机的燃油消耗率是指在单位时间内柴油机额定功率所消耗的燃油量，即

$$g_e = G_e / P_e \quad \text{kg/(kW.h)}$$

式中， G_e ——柴油机每小时燃油消耗量，kg/h； P_e ——主机有效功率，kW

3) 船舶主机日耗油量 G_e

船舶主机日耗油量是指主机在 24h 内的燃油消耗量

4) 船舶日耗油量 G_D

船舶日耗油量是指每 24h 全船主机、辅机、辅助锅炉的所消耗的燃油总量。

5) 船舶每海里燃油消耗率 g_n

船舶每海里燃油消耗量指船舶航行每海里所消耗的燃油总量，即

$$g_n = G_T / v_s = G_e + G_{Tg} + G_{Tb} + G_{To} / v_s \quad \text{t/n mile}$$

G_T ——船舶每小时燃油消耗量，t/h； v_s ——航速； G_e 、 G_{Tg} 、 G_{Tb} 、 G_{To} ——分别表示主机、发电柴油机、燃油辅助锅炉及焚烧炉等其他耗油设备每小时的耗油量 Kg/h

一般情况下 G_{Tg} 、 G_{Tb} 、 G_{To} 与航速无关。

$$\text{主机每海里燃油消耗 } g_{Tc} = P_e \cdot g_c / v_s \quad \text{kg/n mile}$$

g_{Tc} 既与 g_c 有关又与 v_s 有关。这项经济指标与船舶营运管理水平和轮机管理水平密切相关。图 1-2 为主机燃料消耗率和每海里航程船舶燃料消耗量随船速变化的关系图。当船舶处于慢速航行时，虽然主机燃油消耗率 g_c 较高，但船舶每海里燃油消耗率 g_n 较低；随着船速的增加，虽然 g_c 有所降低，但 g_n 却明显增加。图中 g_n 的最小值所对应的航速称为节能航速。

图 1-2 燃料消耗随航速变化关系图

g_c ——燃油消耗率（红线）； g_n ——每海里燃油消耗率（蓝线）

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/206153005044010142>