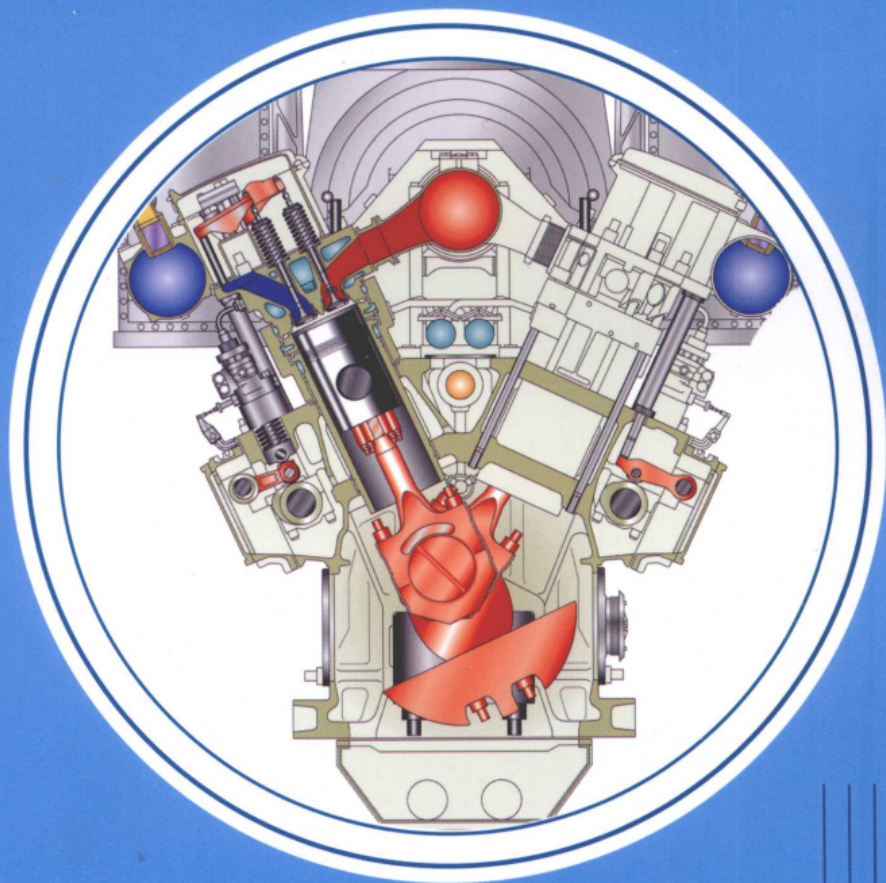


高等学校教材

# 船舶动力装置技术管理

黄加亮 陈丹 编著



大连海事大学出版社

高等学校教材

# 船舶动力装置技术管理

黄加亮 陈 丹 编著

大连海事大学出版社

© 黄加亮,陈 丹 2009

**图书在版编目(CIP)数据**

船舶动力装置技术管理 / 黄加亮,陈丹编著. —大连:大连海事大学出版社,  
2009.9

ISBN 978-7-5632-2352-7

I. 船… II. ①黄…②陈… III. 船舶—动力装置—技术管理 IV. U664.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 165577 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

大连华伟印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2009年9月第1版 2009年9月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:16.75

字数:413 千 印数:1~2000 册

责任编辑:李雪芳 封面设计:王 艳

ISBN 978-7-5632-2352-7 定价:28.00 元

# 内容提要

“船舶动力装置技术管理”是一门多科性的综合专业课程,具有很强的实践性,内容繁多,涉及面广。课程建设必须坚持理论知识与实践并重的教学理念,课堂讲授与实际密切联系,以培养出更多高素质的应用型航海人才。

本书系统地介绍了船舶动力装置的组成和基本概念,阐述了轮机管理各环节的技术成分,以期实现现代科技与船舶安全管理的有机融合。全书共9章,内容包括:船舶动力装置概论;船舶推进装置;船舶推进装置的工况配合特性;船舶管路系统;动力装置的可靠性;船舶营运经济管理和最佳航速;船舶能量装置热平衡与余热利用;油料的管理;机舱备件、物料和工具的管理。

本书是高等航海院校轮机工程专业本科生的专业教材,也可作为航海类轮机部高级船员适任证书考试统考的培训教材和船舶与海洋工程、海事机构以及船舶轮机员等有关专业人员的参考书。

# 前 言

在科学技术飞速发展的今天,最新科技在船舶动力装置中的应用十分广泛并且发展迅速,对船舶轮机工程技术人员提出了新的、更高层次的要求。“船舶动力装置技术管理”课程是航海类轮机工程专业的主干专业课,也是中华人民共和国海事局海船船员适任考试的重要内容。本书主要内容有:船舶动力装置概论;船舶推进装置;船舶推进装置的工况配合特性;船舶管路系统;动力装置的可靠性;船舶营运经济管理和最佳航速;船舶能量装置热平衡与余热利用;油料的管理;机舱备件、物料和工具的管理。

本书特点是考虑到将来有关船舶技术的发展,兼顾传统船舶管理和现代化船舶管理,进一步拓展专业知识层次。可以作为轮机工程专业本科生的教材,也可作为船舶管理人员、船厂修造人员等相关技术人员的参考资料。

本书第一、五、六章由黄加亮编写,第二、三章由陈丹编写,第四、九章由林开进编写,第七、八章由黄建华编写。全书由黄加亮统稿,陈景锋教授/轮机长、李品芳副教授/轮机长担任本书的主审,提出了许多宝贵意见和建议。

在本书的编写过程中,参阅了许多相关文献及资料,并得到了集美大学轮机工程学院领导和船舶主机教研室同事们的大力支持。本书的出版也得到了大连海事大学出版社的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者的水平有限,书中的缺点和不妥之处在所难免,恳请各位读者不吝指正。

编著者

2009年8月

## 目 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>第一章 船舶动力装置概论</b> .....       | 1   |
| 第一节 船舶动力装置的组成和类型.....           | 1   |
| 第二节 船舶动力装置的基本要求和性能指标.....       | 7   |
| 第三节 机舱布局及布置原则 .....             | 12  |
| 第四节 主要设备的选型 .....               | 14  |
| 复习思考题 .....                     | 23  |
| <b>第二章 船舶推进装置</b> .....         | 25  |
| 第一节 船舶推进装置的传动方式 .....           | 25  |
| 第二节 传动轴系 .....                  | 30  |
| 第三节 推进系统的传递设备 .....             | 44  |
| 第四节 螺旋桨 .....                   | 57  |
| 第五节 侧推器和减摇装置的管理 .....           | 73  |
| 第六节 船舶推进装置的管理 .....             | 82  |
| 复习思考题 .....                     | 84  |
| <b>第三章 船舶推进装置的工况配合特性</b> .....  | 86  |
| 第一节 船、机、桨的相互作用和螺旋桨的选配 .....     | 86  |
| 第二节 各种航行条件下推进装置工况配合特性 .....     | 99  |
| 复习思考题.....                      | 110 |
| <b>第四章 船舶管路系统</b> .....         | 111 |
| 第一节 管路与附件.....                  | 111 |
| 第二节 船舶系统的管理.....                | 122 |
| 第三节 特殊船舶系统的管理.....              | 138 |
| 复习思考题.....                      | 155 |
| <b>第五章 船舶动力装置的可靠性</b> .....     | 156 |
| 第一节 船舶动力装置的可靠性.....             | 156 |
| 第二节 提高船舶动力装置可靠性的措施.....         | 167 |
| 复习思考题.....                      | 176 |
| <b>第六章 船舶的营运经济管理和最佳航速</b> ..... | 177 |
| 第一节 船舶的营运经济管理.....              | 177 |
| 第二节 船舶最佳航速.....                 | 183 |
| 第三节 节能措施的经济标准.....              | 188 |
| 第四节 提高船舶动力装置经济性的主要措施.....       | 190 |
| 复习思考题.....                      | 192 |

---

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>第七章 船舶能量装置热平衡与余热利用</b> ..... | 193 |
| 第一节 船舶动力装置热平衡的组成.....           | 193 |
| 第二节 船舶动力装置效率的计算.....            | 195 |
| 第三节 船舶余热利用的概况.....              | 197 |
| 第四节 热油锅炉在船舶上的应用.....            | 207 |
| 复习思考题.....                      | 212 |
| <b>第八章 油料的管理</b> .....          | 213 |
| 第一节 油料的加装、储存与驳运 .....           | 213 |
| 第二节 油料的预处理和使用.....              | 220 |
| 第三节 离心式分油机.....                 | 227 |
| 复习思考题.....                      | 243 |
| <b>第九章 机舱备件、物料和工具的管理</b> .....  | 245 |
| 第一节 备件的管理.....                  | 245 |
| 第二节 物料的管理.....                  | 252 |
| 第三节 工具的使用与管理.....               | 256 |
| 复习思考题.....                      | 258 |
| <b>参考文献</b> .....               | 259 |

# 第一章 船舶动力装置概论

## 第一节 船舶动力装置的组成和类型

### 一、船舶动力装置的含义

现代船舶是船旗国浮动的领土,可认为是一座可在水上游动的现代化城市。船舶历史悠久,在以前相当长的岁月里,船舶都是以人力、风力为航行的动力。最早使用的推进工具是木制的桨、橹或竹制的篙。远在公元前 4000 年就出现了帆船,15 世纪到 19 世纪中叶为帆船的鼎盛时期,直到 19 世纪 70 年代以后逐渐被蒸汽机船所取代。蒸汽机船包括往复式蒸汽机船和回转式汽轮机船两种类型。1807 年,世界上第一艘往复式蒸汽机船舶(“克莱蒙特”号)在美国建成并试航成功,才开始了船舶以机械作为推动力的新纪元。当时是由蒸汽机带动一个桨轮推进器,这种推进器的大部分露在水面,人们称之为“明轮”,把装有明轮的船舶称为“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”(Marine Engineering),所以当时的“轮机”仅是推进设备的总称。明轮式推进器使用时间不长,从 1861 年前后开始至今,几乎所有的船舶推进器均采用螺旋桨。1894 年~1896 年世界上第一艘回转式蒸汽轮机船建成。20 世纪 50 年代,往复式蒸汽机船逐渐被淘汰。20 世纪初,柴油机开始应用于船舶。40 年代末,柴油机船的吨位就已超过蒸汽机船,目前世界船队中柴油机船占绝对优势。随着科学技术的发展,为适应船上的各种作业、人员生活、财产和人员安全的需要,不仅推进设备逐步完善,而且还增设了诸如船舶电站、起货机械、冷藏和空调装置、海水淡化装置,以及饮水、蒸汽、压缩空气、压载、舱底、消防等系统,扩大了“轮机”一词所包含的范围,丰富了“轮机”的内容。“船舶动力装置”是一个复杂的工程系统,它包含着数量众多的机械和系统,它们之间有着密切的联系和相互影响,其含义和“轮机”基本相同,是为了满足船舶航行、各种作业、人员的生活、财产和人员的安全需要所设置的全部机械、设备和系统的总称。

船舶动力装置首要的任务是供给船舶以推进力,因此推进装置——船舶主机、轴系和螺旋桨是船舶动力装置中最重要的组成部分。构成船舶动力装置的还有锅炉、发电机组和服务于主机、锅炉和其他船舶设备的辅机,以及把它们连接起来的管路系统和杆件等。当前,船舶动力装置主要分为内燃机、(蒸)汽轮机、燃气轮机、核动力和联合动力装置等几种。从国内外实际使用情况来看,民用船舶以内燃机动力装置为主。但国外随着超级油船和大型集装箱船的出现,在 22 050 kW(30 000 HP)以上的船舶中,(蒸)汽轮机动力装置日益增多;而国内在民用船舶上,汽轮机动力装置至今仍用得较少;国内外大中型舰艇多以汽轮机动力装置为主。

## 二、船舶动力装置的组成

根据组成船舶动力装置(Ship Power-plant)的各种机械、设备和系统的作用不同,将整个动力装置分为以下几个部分。

### 1. 推进装置(Propulsion Unit)

推进装置是推动船舶航行的装置,它包括主机、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,克服船舶阻力并以某一航速航行。

### 2. 辅助装置(Auxiliary Equipment)

在动力装置产生能量的诸装置中,除了直接产生船舶推进动力的装置以外,将产生其他各种能量的装置称为辅助装置。辅助装置包括船舶电站、辅锅炉、液压泵站和压缩空气系统,它们分别产生电能、蒸汽热能、液压能和压缩空气,供全船使用。

### 3. 管路系统(Pipeline System)

管路系统是用以输送流体的管系。管路系统由各种阀件、管路、泵、滤器、热交换器及其附件组成。按用途不同,管路系统又分为两类:

(1)动力系统,是为推进装置和辅助装置服务的管路系统。它包括燃油系统、滑油系统、海(淡)水冷却系统、蒸汽系统、排气系统和压缩空气系统等。

(2)辅助系统,是为船舶平衡、稳性、人员生活和安全服务的管路系统,也称为船舶系统。船舶系统包括压载、舱底水、消防、日用海淡水、通风、空调、冷藏及其他特殊用途管路系统。

### 4. 甲板机械(Deck Machinery)

甲板机械是为保证船舶航向、停泊、装卸货物及起落重物所设置的机械设备。它包括舵机、锚机、绞缆机、起货机、尾门尾跳系统、吊艇机及舷梯升降机等。

### 5. 防污染设备(Anti-pollute Equipment)

防污染设备是用来处理船上污水、油泥、生活污水、各种垃圾和减少动力装置有害气体排放的设备。其中有油水分离装置、焚烧处理装置、生活污水处理装置、排气处理装置等。

### 6. 自动化设备(Automatic Device)

自动化设备是为改善船员工作条件、减轻劳动强度、提高工作效率以及减少人为操作错误等目的而设置的设备。它主要由遥控、自动调节、监视、报警和打印等设备组成。

船舶动力装置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,组成情况将会有所变化。如油船就没有起货机械,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就更各具特色。

## 三、船舶动力装置的基本类型和特点

在船舶动力装置组成部分中,无论从重要程度、制造成本看,还是从营运费用、日常维护管理所投入的工作量看,推进装置都处于主导地位。因此,船舶动力装置往往以推进装置的类型进行分类。

### 1. 蒸汽动力装置(Steam Power-plant)

根据运动方式的不同,蒸汽动力装置有往复式蒸汽机和回转式汽轮机两种。

往复式蒸汽机最早应用于海船,由于它具有结构简单、运转可靠、管理方便及噪声小等优

点,在过去很长的一段时间内占据着主导地位。但由于其经济性差、体积和重量大,现在已经基本上被其他船用发动机所代替。

回转式汽轮机的工作原理是以锅炉产生的蒸汽作为工质推动汽轮机做功,并通过齿轮减速机组传递功率给螺旋桨。这种装置型式也有用来发电的,这就是蒸汽轮机发电装置。船舶蒸汽轮机推进装置的工作原理图如图 1-1-1 所示,它由蒸汽锅炉、蒸汽轮机、凝汽器、预热器和泵等组成。

燃料在锅炉 1 的炉膛中燃烧,放出的热量使周围管内的水汽化成为饱和蒸汽,将饱和蒸汽引至过热器 2 中吸热后成为过热蒸汽。此过热蒸汽进入高压汽轮机 4 和低压汽轮机 5,分别膨胀做功,使汽轮机转动并通过齿轮减速箱 6 和轴系驱动螺旋桨 7。作过功的废汽在凝汽器(或冷凝器)8 中将热量传给冷却水,使废汽冷凝成水,由凝水泵 10 驳出送至给水预热器 12,经给水泵 11 打入锅炉的汽包中,从而形成一个工作循环。凝汽器中的冷却水由水泵 9 从舷外泵入,吸热后排出舷外。蒸汽轮机装置的主要特点是:

(1) 单机功率大。目前船用蒸汽轮机机组功率已经达到  $25 \times 10^4$  kW,陆用机组达到  $60 \times 10^4 \sim 10 \times 10^5$  kW。

(2) 磨损部件少,运转平稳可靠,振动噪声小,寿命可达  $1 \times 10^5$  h 以上。

(3) 可使用劣质燃料。但总体来说,热效率较低、油耗高、热经济性低,在全速时要比柴油机装置的油耗高 1.5 ~ 2 倍,部分工况下要高 2.5 ~ 3 倍。

(4) 设备多。配置重量尺寸较大的锅炉、冷凝器、减速齿轮装置以及其他辅助机械,因此装置的总重量和体积均较大,这就限制了它在中小船舶中的使用。

(5) 机动性较差。锅炉从点火到产生蒸汽一般需要 30 ~ 35 min,一般要比柴油机装置启动时间长 2 ~ 3 倍。

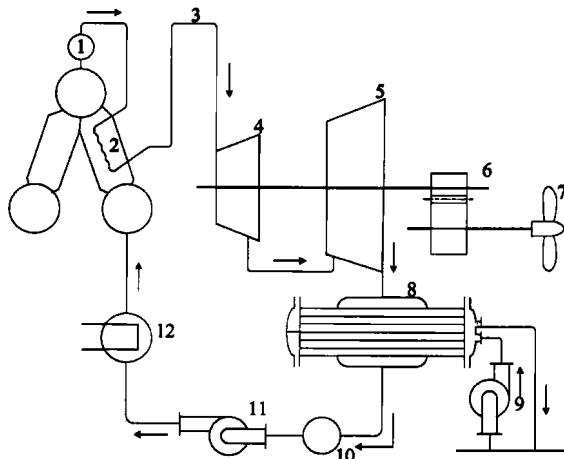


图 1-1-1 汽轮机动力装置工作原理图

1—锅炉;2—蒸汽过热器;3—主蒸汽管路;4—高压汽轮机;5—  
低压汽轮机;6—减速齿轮箱;7—螺旋桨;8—主冷凝器;9—冷却  
水泵;10—凝水泵;11—给水泵;12—给水预热器

然而近几十年来,由于汽轮机和锅炉效率的提高,制造上的系列化、通用化和简单化,降低了装置的造价,采用多级加热、中间再热和废热回收利用系统,大幅度降低了装置的燃油消耗

率,采用低螺旋桨转速等措施,使它的应用范围有所扩大。不少资料表明,在功率超过 22 000 kW 和船速超过 20 kn 时,汽轮机动力装置的优越性更为突出。

## 2. 燃气动力装置(Gas Power-plant)

在燃气动力装置中,根据发动机运动方式不同,分为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(Diesel Power-plant)

柴油机不仅是热效率最高的一种热机,而且还具有起动迅速、部分负荷运转性能好、安全可靠、装置的单位重量较轻、功率范围大(从几千瓦至数万千瓦)等一系列优点,因此,现在船舶主机及发电原动机中多采用这种发动机。在中、大型商船上所使用的柴油机,有大型低速机和大功率中速机两大类。这两种柴油机在激烈竞争的同时又互相促进,都在迅速发展。

大型低速柴油机动力装置自 20 世纪 60 年代起发展特别迅速,一方面是由于当时的船舶向大型化、高速化发展,需要大功率的发动机;另一方面是由于废气涡轮增压技术的进步,为大型低速机的单机功率提高提供了前提条件。20 世纪 70 年代两次能源危机,抑制了船舶向大型化和高速化方向发展的趋势,从节能需要出发,除专业化运输船舶外,一般货船的航速也降至 14 kn 左右。为了适应这种形势,也为适应船舶节能需要,大型低速柴油机采用低速长冲程、高增压直流扫气、提高柴油机工作参数、组织更有效的缸内燃烧等技术,减小气缸直径、增大单缸功率是普遍发展趋势,大部分机器缸径减小到 1 000 mm 以内。近年来由于海运集装箱运输的蓬勃发展,航运市场出现对集装箱量超过 10 000 TEU(标准箱位)超大型集装箱船的需求,其总载重量达 130 000 t,航速达 25.5 kn,主机功率超过 80 000 kW,现有的 980 mm 缸径柴油机已不能满足要求,出现了缸径 1 080 mm、12~14 缸的 K108ME-C 超大型柴油机,可以提供 10 300~85 700 kW 的功率,以满足 12 000 TEU 以上集装箱船舶的需要。

大功率中速柴油机动力装置的重量尺寸较小,是低速机的有力竞争者。在中速机装置中,可通过合理选配减速比,使桨转速最佳,从而提高推进装置效率。单缸功率的提高和单机功率的增大,以及可用多台(2~4 台)发动机通过减速器驱动一个螺旋桨,都给中速机的发展创造了有利条件。特别是在机舱尺度要求严格的滚装船和客船上,中速机的应用就更为广泛。目前中速机的耗油率虽然有显著下降,但仍然略高于低速机,运转中噪声也比较大,维护管理也不如低速机方便。

综观船舶市场,柴油机动力装置占绝对优势的状况已存在多年,在今后一个相当长的时期内还将继续下去。柴油机本身的热效率现在已提高到 50% 以上,进一步提高的步伐已经有所放慢。但优化配置整个动力装置、加大废热利用的广度和深度,以进一步提高整个动力装置经济性的研究将会加强。提高柴油机动力装置的可靠性和加强可维修性研究已经越来越引起人们的重视。随着人们对不污染水域和大气的“绿色船舶”的期望,减少排放污染也是对柴油机动力装置提出的严峻挑战。

### (2) 燃气轮机动力装置(Gas-turbine Power-plant)

20 世纪 30 年代燃气轮机制造业开始兴盛起来,第一批以燃气轮机作为商船主机是在 20 世纪 50 年代。船用燃气轮机机组包括高、低压气机,高、低压燃气透平,燃烧室,中间冷却器,回热器等,其基本工作原理与汽轮机大致相似,只是作功的工质及其产生过程有所不同。汽轮机中使用的燃料在锅炉内燃烧,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,所产生的燃气直接推动叶轮作功。

如图 1-1-2 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  $100^{\circ}\text{C}$  左右,然后再送到燃烧室 4(燃气发生器);与此同时,燃料通过喷油器喷入燃烧室,与高温高压的空气混合后经点火及燃烧,这时温度可高达  $2\,000^{\circ}\text{C}$  左右。一般采用压入压缩空气即二次进风的方法降低燃气温度至  $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 。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,驱动压气机 3,随后通过减速齿轮装置 2 带动螺旋桨 1 工作。装置的起动机是利用电动机 7 进行的,电动机通过联轴器 6 与燃气轮机连接。

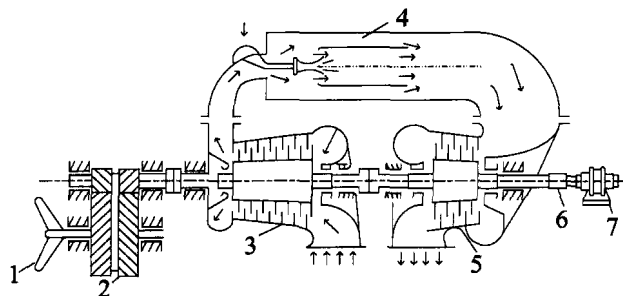


图 1-1-2 燃气轮机装置工作原理图

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

燃气轮机装置优点:

- ①单位重量轻,尺寸小,单机功率大,装设中间冷却、中间加热和回热利用装置的机组功率可达  $6 \times 10^4 \text{ kW}$ ;
- ②良好的机动性,从冷态起动至全负荷运行所需时间一般在  $5 \text{ min}$  以内;
- ③操纵管理简便,便于实现自动化。

燃气轮机装置缺点:

- ①燃料消耗率比柴油机高,一般为  $0.2\sim 0.39 \text{ kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ,低负荷时经济性的恶化比蒸汽轮机影响为小;
- ②工作时空气流量很大,一般为  $16 \text{ kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ (柴油机约为  $5 \text{ kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ),因而进排气管道庞大,布置困难;
- ③主机没有倒车性能,必须设置专门的倒车装置;
- ④叶片及燃气发生器均在高温高压下工作,工作可靠性较差,寿命短,如燃气初温在  $750^{\circ}\text{C}$  以上的燃气轮机,寿命仅有  $500\sim 1\,000 \text{ h}$ 。

由于以上原因,这种动力装置在商船上应用极少。近年来由于海上休闲旅游业的快速发展,对总吨位超过  $100\,000$  总吨超大型豪华旅游船的需求量不断增长,当航速达  $30 \text{ kn}$  时,需要的总功率超过  $10\,000 \text{ kW}$ 。燃气轮机-吊仓式推进器的电力传动装置以功率大、重量轻、操纵性能好、旅客舒适度高等优势,广泛应用在超大型豪华旅游船上。

表 1-1 反映了商船的各类推进装置性能参数及优缺点。

表 1-1 商船的各类推进装置性能参数

| 种类      |    | 经济性(油耗率)<br>(kg/(kW·h)) | 可靠性<br>(寿命)(h)                     | 机动性<br>(min)          | 噪声振动                 | 单位重量<br>(kg/kW) | 功率范围<br>(kW)  |
|---------|----|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|---|
| 柴油<br>机 | 低速 | 0.160~0.176             | $6 \times 10^4$                    | 倒车 10<br>加速 10        | 噪声低, 振动<br>较大        | 20~30           | $8 \times 10^4$ 以下, 常用<br>$1.2 \times 10^4 \sim$<br>$2.0 \times 10^4$ |
|         | 中速 | 0.166~0.190             | $1.2 \times 10^4$                  | 倒车 5<br>加速 5~10       | 噪声较高, 振<br>动较大       | 6~10            | $2 \times 10^4$ 以下  |
|         | 高速 | 0.200~0.245             | $5 \times 10^3$                    | 倒车 2<br>加速 3          | 噪声在 95 dB<br>以上, 振动大 | 1.5~2           | $8 \times 10^3$ 以下  |
| 蒸汽轮机    |    | 0.245~0.470<br>油质要求最低   | $1.0 \times 10^5$                  | 倒车 15~30<br>加速 15     | 噪声振动均<br>小           | 12~16           | $2.0 \times 10^4 \sim$<br>$7.5 \times 10^4$                           |
| 燃气轮机    |    | 0.270~0.470<br>油质要求特殊   | $5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$ | 离合器倒车 1~2<br>加速 0.5~1 | 噪声振动均<br>小           | 0.65~4          | $0.8 \times 10^4$<br>$\sim 6 \times 10^4$                             |

### 3. 联合动力装置 (Combined Power-plant)

对大中型舰艇, 在增大功率的同时希望减少装置所占排水量, 提高续航力, 而在全速时所要求主机的功率在舰艇总航行时间中仅占 2% 左右, 却要占去相当一部分排水量; 而所需功率仅为全功率 1/4 左右的巡航工况, 其巡航时间要占总航行时间的 80% 以上, 要求有良好的经济性和高的续航力。为了解决全航速时的大功率和巡航时的经济性及续航能力高这一突出矛盾, 国外从 20 世纪 50 年代开始发展了联合动力装置, 基本上解决了上述难题, 一般装置重量可降低 20%, 续航力可提高 25%。联合动力装置目前有三种方式, 即蒸汽轮机 + 燃气轮机, 柴油机 + 燃气轮机, 全燃气轮机联合。

联合动力装置优点:

- (1) 重量、尺寸小, 相同排水量下可提高航速或增加配置功率;
- (2) 操纵方便, 备车迅速, 紧急情况下可将燃气轮机立即起动, 用调距桨或倒顺车离合器实现倒车;
- (3) 自巡航到全速工况迅速, 可立即发出全功率;
- (4) 两个机组共同使用一个减速器, 具有多机组并车的可靠性;
- (5) 管理与检修费较低。

联合动力装置缺点:

- (1) 无论何种形式, 必须配置使用不同机种的燃料及相应的管路和储存设备, 不同燃料的储存比例会影响舰艇战术性能;
- (2) 共同使用一个主减速器, 小齿轮数量多, 结构复杂;
- (3) 在减速器周围布置两种不同类型机组有一定难度。

### 4. 核动力装置 (Nuclear Power-plant)

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 1-1-3 为压力水型反应堆核动力装置工作原理图。核反应堆 1 里有反应堆芯 2, 存放核燃料(如浓缩铀), 控制箱 3 可控制核裂变速度及释放出的能量, 使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循环泵 4, 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, 一路进入高压汽轮机 6 和低压汽轮机 7 膨胀作功, 通过减速器 12 驱动螺旋桨 13 推进船舶。另一路蒸汽进入辅汽轮机 8 膨胀作功, 驱动发电机向全船供电。作完功的废汽分别经冷凝器 9 和 10 凝结成水, 冷凝水由主给水泵 11 送入蒸汽发生器 5, 完成又一个工作循环, 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 的作用是保持供入蒸汽发生器的压力水有足够的压力。

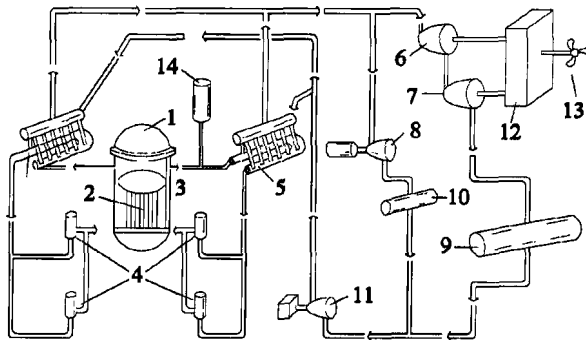


图 1-1-3 压力水型反应堆核动力装置工作原理图

1—核反应堆;2—反应堆芯;3—控制箱;4—冷却循环泵;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

核动力装置的优点是所用燃料的重量极轻, 船舶续航力很大。核燃料燃烧不用空气助燃, 不用设置进排气系统。但由于造价高, 核分裂反应释放出大量放射性物质, 需要严加防护, 操纵、管理、检查系统复杂, 所以在商船上应用甚少。随着液体燃料资源的日趋枯竭, 核动力装置的竞争能力有可能加强。

## 第二节 船舶动力装置的基本要求和性能指标

### 一、船舶动力装置的基本要求

#### 1. 可靠性 (Reliability)

可靠性对船舶动力装置来说具有特别重要的意义。船舶航行中长期离开陆地, 在发生故障时很难及时得到陆地人员的支援。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, 有可能导致海损事故和严重的海洋污染。可靠性不足会额外增加排除故障的开支, 增加维修工作量。延长停航修理时间, 降低营运效益。因此, 船舶动力装置的可靠性一直受到人们的重视。应该说可靠性是保证船舶安全运行、防止船舶污染海洋环境的重要

前提。

### 2. 经济性 (Economy)

船舶在营运中,用于动力装置的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。长期以来,由于石油价格上涨的因素,动力装置的设计、制造和使用部门,都在努力提高动力装置的经济性。对于动力装置的经济性,不能只从主机消耗费用一项指标去衡量,要对整个动力装置进行综合分析,特别是对经济性影响较大的燃油费、滑油费、折旧费及维护费,更要重点考虑。

### 3. 机动性 (Maneuverability)

船舶机动性指的是改变船舶运动状态的灵活性,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,而船舶的机动性取决于动力装置的机动性,动力装置的机动性主要包括如下指标:

(1) 起航时间。即从接到起航指令开始,经过暖机、备车和冲试车,使发动机达到随时可用状态所需要的时间。这段时间越短,机动性越好。而时间的长短主要取决于为主机服务的各油水系统温度的上升速度,这就要求辅锅炉有合适的蒸发量和蒸汽压力,以保证暖机时提供足够的蒸汽。许多船上主、副淡水系统互相连接,停泊时发电柴油机的冷却水流经主机气缸冷却空间,既节约了能源又简化了暖机工作。一般来说,主机滑油循环柜贮油较多,它又处在易散热的双层底位置,在暖机时滑油油温上升比较缓慢。若船舶停航时间较短,完车后不停滑油分油机,也是缩短起航时间的一项有效措施。

对货船来说,开船时间往往知道得较早,所以对起航时间不必要求太短。大、中型船舶的主机冬季的暖机时间一般都在 2 h 以上。但对一些需要执行紧急任务的船舶,如消防、救生、缉私船等,就需要具有很短的起航时间。

(2) 发动机由起动开始至达到全功率所需的时间。这是动力装置加速性能指标,它的长短直接影响到船舶加速的快慢,越短越好。这段时间的长短主要取决于发动机的类型,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,热惯性影响更为突出,在这方面,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,它的加速性能明显优于定距桨。

(3) 发动机换向所需的时间和可能的起动次数。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的时间。换向时间越短,机动性越好。柴油机起动和换向都很迅速,明显优于其他形式发动机。按规范规定,主机换向时间不得大于 15 s。起动次数取决于空气瓶的容积和主机起动性能,连续起动次数越多越好。规范规定:供主机起动用的空气瓶至少应有两个,其容量在不补充空气的情况下,对每台可换向的主机能在冷机条件下连续起动不少于 12 次,试验时应正倒车交替进行。对每台不能换向的主机在冷机条件下连续起动不少于 6 次。

(4) 船舶由全速前进变为倒航所需的时间(或滑行的距离)。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要的时间。船舶开始倒航前滑行的距离主要取决于船舶的载重量、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。滑行距离不能太大,对于货船一般要求不得大于船体长度的 6 倍,而客船不得超过 4 倍。

(5) 发动机的最低稳定转速和转速限制区域。发动机的最低稳定转速直接影响船舶的微

速航行性能。船舶在进出港机动操纵时往往需要很低的速度,主机最低稳定转速低就可得到较低的船速,因此主机的最低稳定转速应尽量低些。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%。近年来,采用电子控制喷油和排气阀的共轨式低速柴油机,其最低稳定转速可低达标定转速的10%。在主机使用转速范围内,如存在引起船体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明。在主机使用转速范围内,转速禁区越少、越窄就越好。

#### 4. 重量和尺度(Weight and Dimensions)

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。但装置重量和尺度的减少往往和延长发动机的寿命相矛盾,如图1-2-1所示。图中表示出主机为废气涡轮增压、低速、二冲程柴油机动力装置的重量、寿命、经济性与转速间的大致关系。采用轴带发电机,可减少柴油发电机的数量,有利于整个动力装置重量的减少。采用新型结构材料和新工艺有可能减少机械设备零部件的重量,但这需要考虑能否满足经济性和可靠性。

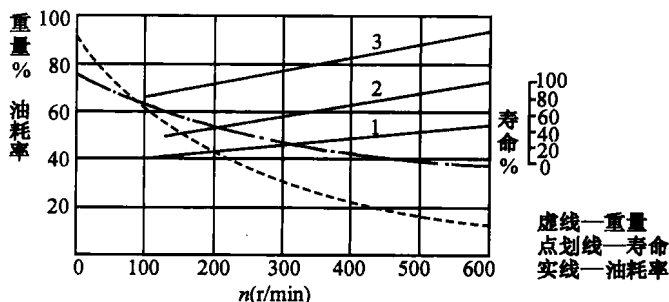


图 1-2-1 柴油机的重量、寿命、经济性与转速的关系

1—直接传动;2—减速齿轮传动;3—电力传动

发动机的长度和安装位置可决定机舱的长度和位置,从而可影响货舱的总容积。机舱宽度一般仅取决于船舶宽度,与发动机宽度无关。一些水平装货的船舶,如滚装船和渡船,对机舱高度有一定要求,采用低速机往往难以满足,一般采用中速机。

#### 5. 续航力(Endurance)

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。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。为了满足船舶续航力的要求,船上必须设有足够大小的油、水舱柜。

除了以上要求外,还要求动力装置便于维护管理,有一定的生命力和自动化程度,振动要轻,噪声要小,并能满足造船和验船规范。

## 二、基本性能指标

### 1. 船舶有效功率(Effective Power of a Ship)

船舶有效功率指的是船舶航行时,克服水、风对船体阻力所消耗的功率。船体阻力和船舶线型、吃水、尺度、航速、海面状况及航道状况有关。动力装置的作功能力是按船舶的最大航速并考虑一定的储备后确定的。若船舶航行速度为  $v_s$  (m/s),此航速下的运动阻力为  $R$  (N),则船舶有效功率  $P_R$  为:

$$P_R = R \cdot v_s \times 10^{-3} \quad (1-1)$$

在新船设计时,船舶有效功率  $P_R$  可用“海军常数法”估算:

$$P_R = \frac{D^{2/3} \cdot v^3}{C_B} \quad (1-2)$$

式中:  $D$ ——排水量, t;

$v$ ——航速, kn;

$C_B$ ——海军常数, 由已知母型船决定, 即:

$$C_B = \frac{D_0^{2/3} v_0^3}{P_{R_0}}$$

式中:  $D_0$ 、 $v_0$ 、 $P_{R_0}$ ——母型船的排水量、航速和船舶有效功率, 都是已知值。

由于在主机发出的有效功率变为船舶有效功率的过程中, 存在着能量转换和传递损失, 因此船舶有效功率仅是主机有效功率  $P_e$  的一部分, 两者之间可用推进系数  $c$  来表示。

推进系数的数值范围一般为:

$$c = \frac{P_R}{P_e} \quad (1-3)$$

推进系数的数值范围一般为: 单桨船 0.70 ~ 0.80; 双桨船 0.60 ~ 0.70。

在进行动力装置方案的设计时, 用上述方法就可初步估算出主机应该发出的有效功率, 为主机选型提供一定的依据。

## 2. 单位重量 (Unit Weight)

(1) 主机的单位重量  $g_m$  是指主机单位有效功率的重量, 即:

$$g_m = \frac{G_m}{P_e} \quad (1-4)$$

式中:  $G_m$ ——主机总重量, kg;

$P_e$ ——主机的有效功率, kW。

用  $g_m$  可比较不同类型主机间重量的差别, 一般转速越高  $g_m$  越小。

(2) 装置的单位重量  $g_z$  是指主机单位有效功率的动力装置重量, 即:

$$g_z = \frac{G_z}{P_e} \quad (1-5)$$

式中:  $G_z$ ——动力装置的总重量, kg。

## 3. 相对重量 (Relative Weight)

(1) 主机的相对重量  $\alpha_m$  是指主机重量与船舶满载排水量之比, 即:

$$\alpha_m = \frac{G_m}{D} \quad (1-6)$$

式中:  $D$ ——满载排水量, t。

(2) 装置的相对重量  $\alpha_z$  是指动力装置的总重量与船舶满载排水量之比, 即:

$$\alpha_z = \frac{G_z}{D} \quad (1-7)$$

## 4. 机舱饱和度 (Saturation of Engine Room)

它是表征机舱的面积和容积利用率的指标, 并分别由面积饱和度和容积饱和度来表示。

(1) 面积饱和度  $K_s$  是指每平方米机舱面积所分配的主机有效功率, 即: