

游艇系列



# 游艇推进装置

● 于志民 主编  
滕宪斌 主审

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

# 游艇推进装置

主编：于志民

主审：滕宪斌

## 内 容 简 介

本书是针对游艇维修技术专业的学生及游艇维修工程技术人员编写的专业技术书籍,主要涉及游艇推进装置原理结构与技术管理,艇机及其系统的维护,保养使用等方面内容。

本书适合作为游艇维修人员及工程技术人员的教材和学习参考之用。

## 图书在版编目(CIP)数据

游艇推进装置/于志民主编. —哈尔滨:  
哈尔滨工程大学出版社, 2014. 9  
ISBN 978 - 7 - 5661 - 0870 - 8

I. 游… II. ①于… III. 游艇 - 动力装置  
IV. ①U674. 910. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 219993 号

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451 - 82519328  
传 真 0451 - 82519699  
经 销 新华书店  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787mm × 1 092mm 1/16  
印 张 17. 25  
字 数 427 千字  
版 次 2014 年 9 月第 1 版  
印 次 2014 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 36. 00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

---

# 前 言

《游艇推进装置》是高职高专船舶术类“十二五”规划系列教材之一。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》是我国进入21世纪之后的第一个教育规划,是今后一个时期内指导全国教育改革和发展的纲领性文件。《规划纲要》中进一步明确要实施职业教育办学模式改革试点,以服务为宗旨,以就业为导向,推进教育教学改革;实行工学结合、校企合作、顶岗实习的人才培养模式,以切实提高职业教育教学质量为重点,满足经济社会对高素质技能型人才的需要。

游艇是一种水上娱乐用高级耐用消费品。它集航海、运动、娱乐、休闲等功能于一体,满足个人及家庭享受生活的需要。游艇是一种娱乐工具这一本质特征,使它区别于作为运输工具的高速船和旅游客船。随着社会的发展,未来游艇将会成为像汽车一样,进入更多家庭成为下一代耐用消费品。为适应游艇业对高素质、技能型专业人才的迫切需求,并且目前还没有游艇推进方面的教材,《游艇推进装置》是针对游艇维修技术专业的学生及游艇维修工程技术人员编写的专业技术书籍,可作为游艇维修技术专业职业技术课教材,主要涉及游艇推进装置的工作原理、结构与技术管理,艇机及其系统的维护、保养、使用等方面内容。

本教材遵循“工学结合”、“模块任务驱动”的教学改革思路编写,打破传统的章节式教材建设模式,基于学生对专业知识点的认知规律,设立了7个教学与训练模块、37个知识点。在教材内容的选编上,主要围绕游艇发展的方向,有针对性地对传统内容进行筛选,以够用为原则,以适用为标准,对游艇维修技术专业学生应知应会的重要知识与核心技能进行精心筛选,分别组合在7个模块中。

教材中每个模块的开端都提出“学习与训练总目标”,并以“学习与提示”引发学生对本学习模块的整体概括,激发学生的学习热情,继而将本课程的重要知识点逐一地精练讲解,突显专业职业技术课教学实现“教、学、做一体化”特征,既有利于学生掌握职业技术的核心知识,又提高了学生的动手能力和维修管理水平。

本书的编写采用了大量的图片、表格等,使游艇推进装置方面的抽象知识变得更具体、直观。由天津海运职业学院于志民担任主编,滕宪斌担任主审,参编人员有中华人民共和国海河海事局李冀,天津海运职业学院庞加茂,集美大学轮机工程学院郑国杰,天津市交航

信通游艇俱乐部郑磊。

本教材在编写过程中不仅得到天津海运职业学院轮机工程技术系大力支持、协调与帮助,而且得到了其他兄弟院校的协助,特别是天津海事局游艇管理中心对内容方面给予了精心指导,在此向他们表示最诚挚的谢意。本书编写过程中参考了大量网站资料和图书杂志,在书末以参考文献等形式列出。在此,对这些书籍与资料的作者表示衷心的感谢。

本教材疏漏和不足之处在所难免,敬请游艇管理界专家、轮机工程类专家、船舶类高职教育界同仁与广大读者不吝赐教,以便日后充实完善。

编 者

2013 年 12 月

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 模块一 游艇推进装置概述 .....        | 1  |
| 知识点一 游艇推进装置概述 .....       | 1  |
| 知识点二 国外知名品牌游艇发动机 .....    | 3  |
| 知识点三 电力推进装置 .....         | 4  |
| 知识点四 喷水推进装置 .....         | 8  |
| 知识点五 游艇推进装置的主要性能指标 .....  | 10 |
| 模块一 巩固练习 .....            | 13 |
| 参考答案 .....                | 15 |
| 模块二 游艇推进装置规范要求 .....      | 18 |
| 知识点一 游艇推进装置规范要求 .....     | 18 |
| 知识点二 发动机装置规范要求 .....      | 19 |
| 知识点三 油柜舱室规范要求 .....       | 20 |
| 知识点四 轴系与推进器规范要求 .....     | 20 |
| 知识点五 螺旋桨规范要求 .....        | 20 |
| 知识点六 动力系统规范要求 .....       | 21 |
| 模块二 巩固练习 .....            | 21 |
| 参考答案 .....                | 22 |
| 模块三 游艇发动机结构及原理 .....      | 24 |
| 知识点一 柴油发动机外观结构介绍 .....    | 24 |
| 知识点二 四冲程柴油机工作原理 .....     | 25 |
| 知识点三 柴油机主要部件 .....        | 26 |
| 知识点四 柴油机五大系统与调速系统 .....   | 31 |
| 知识点五 汽油机电喷技术 .....        | 35 |
| 知识点六 PT 燃油供给系统结构与原理 ..... | 39 |
| 模块三 巩固练习 .....            | 55 |
| 参考答案 .....                | 57 |
| 模块四 游艇传动装置 .....          | 61 |
| 知识点一 游艇推进装置的齿轮传动设备 .....  | 61 |
| 知识点二 联轴器 .....            | 66 |
| 知识点三 Z 型传动装置 .....        | 67 |
| 知识点四 船用离合器 .....          | 68 |
| 知识点五 液力耦合器 .....          | 69 |
| 知识点六 艉轴密封装置 .....         | 70 |
| 知识点七 螺旋桨 .....            | 76 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 模块四 巩固练习 .....                | 83  |
| 参考答案 .....                    | 84  |
| 模块五 推进装置船机桨配合 .....           | 86  |
| 知识点一 船、机、桨的相互作用 .....         | 86  |
| 知识点二 柴油机的匹配 .....             | 88  |
| 知识点三 典型推进装置的机桨配合特性 .....      | 98  |
| 模块五 巩固练习 .....                | 101 |
| 参考答案 .....                    | 102 |
| 模块六 典型游艇推进装置 .....            | 105 |
| 知识点一 沃尔沃高性能舷内推进系统 .....       | 105 |
| 知识点二 美国水星外挂机 .....            | 107 |
| 知识点三 道依茨高压共轨电控柴油发动机 .....     | 111 |
| 知识点四 混合动力推进系统 .....           | 122 |
| 模块六 巩固练习 .....                | 124 |
| 参考答案 .....                    | 125 |
| 模块七 游艇推进装置的管理 .....           | 127 |
| 知识点一 游艇发动机管理 .....            | 127 |
| 知识点二 柴油机应急处理 .....            | 128 |
| 知识点三 齿轮箱运行管理 .....            | 137 |
| 知识点四 弹性联轴器的管理 .....           | 138 |
| 知识点五 舷外机管理 .....              | 138 |
| 知识点六 调距桨推装置的管理 .....          | 141 |
| 模块七 巩固练习 .....                | 143 |
| 参考答案 .....                    | 144 |
| 附录一 博世和启明发动机常见故障代码及处理方法 ..... | 146 |
| 附录二 A4DC2 电控发动机装配调整技术规范 ..... | 163 |
| 附录三 游艇入级与建造规范(2012) .....     | 164 |
| 附录四 游艇规格书 .....               | 261 |
| 参考文献 .....                    | 268 |

# 模块一 游艇推进装置概述

## ◆ 学习与训练总目标

- 了解游艇分类的基本概念
- 掌握游艇推进装置组成
- 了解游艇发动机常见机型
- 掌握推进器的形式和种类

## ◆ 学习与提示

1. 何谓游艇推进装置？游艇推进装置类型有哪些？
2. 何谓推进器？推进器形式有哪些？
3. 何谓游艇发动机？常见游艇发动机的型号有哪些？
4. 游艇电力推进的特点和优缺点有哪些？
5. 喷射水推进的特点和优缺点有哪些？

## 知识点一 游艇推进装置概述

游艇推进装置是指能发出一定功率、经传动设备和轴系带动螺旋桨旋转,进而推动游艇并保证其以一定航速航行的设备,它是游艇动力装置中最重要的组成部分。游艇推进装置主要组成包括游艇发动机、传动设备、轴系和推进器等。游艇发动机是指提供推动游艇航行动力的机械,如柴油机、汽油机和燃气轮机等。传动设备的功用是直接或间接通过游艇发动机传递功率给传动轴和推进器;同时还可使后者达到减速、反向和减振的目的。其设备可包括离合器、减速齿轮箱和联轴器等。轴系用来将游艇发动机的功率传递给推进器,它包括传动轴、轴承和密封件等。推进器是能量转换设备,它是将游艇发动机发出的能量转换成游艇推力的设备,包括螺旋桨、喷水推进器等。

发动机如同游艇的“心脏”,发动机品质的优劣主要是看动力性能和经济性,也就是说,发动机要具有较高的功率、良好的加速性和较低的燃料消耗量。影响发动机功率和燃料消耗量的因素有很多,其中影响最大的因素有排量、压缩比和配气机构。不能单凭速度等几项指标来评定游艇上发动机的性能,游艇性能指标还要考虑舒适性、稳定性、操控性、安全性和节省燃料等。

### 一、游艇发动机根据安装位置分类

#### 1. 艙内机游艇

其发动机安装在船体内部,大中型游艇广泛使用。

## 2. 舷外机游艇

其发动机安装在船体外侧,推进器安装在船体外侧,未永久固定装置于船上,需随时拆卸移置于岸上,由于体积小、功率大、转速高而广泛应用于小型高速艇。

## 二、按推进动力分类

### 1. 柴动游艇

以桨作为主要推进动力的游艇。

### 2. 帆动游艇

以帆作为主要推进动力的游艇。

### 3. 发动机游艇

以发动机作为主要推进动力的游艇。

### 4. 帆动及发动机游艇

可使用帆及发动机作为推进动力的游艇。

### 5. 电力推进游艇

利用发电机发出电能,通过电机马达及其他装置配合作为推进动力的游艇。

## 三、按使用燃料分类

### 1. 柴油发动机

通过燃烧柴油获取能量的发动机,与汽油机相比,柴油机的优点是柴油价格便宜、经济性好、故障较少。从马力角度说,柴油机马力比汽油机相对大,在游艇上的应用更为广泛。柴油机的使用寿命相对较长且维护费用较少,柴油燃点低、热效率高、热效能转化为动能的行程长,虽动能发挥及加速反应较慢,但动能转化和加大扭力的能力强,比较适合推动大型游艇。

### 2. 汽油发动机

通过燃烧汽油来获取能量的发动机,和柴油机比,汽油机发动机体积小、质量轻、噪音低、易检修、启动相对比较容易。因为汽油的燃点高、热效率低、热效能转化为动能的行程短,动能转化为速度容易发挥,加速敏捷也易于操控,适合推动小型游艇。

## 四、推进器

推进器是推动游艇运动的系统的总称。推进器的种类很多,目前游艇应用最多的是螺旋桨。目前使用的螺旋桨大多是固定螺距螺旋桨 FPP。当螺旋桨正车旋转时,从艇尾往艇首看,螺旋桨做顺时针旋转,倒车时做逆时针旋转,该螺旋桨称为右旋式桨;反之,则称为左旋式桨。目前大多数游艇采用右旋式桨。有些艇装有两只螺旋桨,左右各一个,称为双桨艇。按螺旋桨旋转方向划分,双桨艇可分为外旋式和内旋式两种。所谓外旋式螺旋桨,是指进车时,左舷螺旋桨左转,右舷螺旋桨右转;反之,称为内旋式。一般双桨艇大多采用外旋式。现代化游艇采用可调节螺距螺旋桨(CPP),CPP 是通过调节桨叶的螺距角来进行停车、正车或倒车操纵,不需要改变螺旋桨的旋转方向和转速就可达到换向或改变推力大小的目的,其停艇性能良好。游艇大多装有一只螺旋桨,称为单桨艇,而 CPP 双桨艇则多采用内旋式。除了上述两种外还有喷水推进器,它是将水吸入引擎,加速向后方喷射以获得动力,不需要舵,只要改变喷射方向即可改变船只的行进方向。

## 知识点二 国外知名品牌游艇发动机

发动机品牌的选择主要是看该发动机厂家是否在中国地区有良好的服务网络,因为再好的发动机也离不开售后服务。目前选择比较多的发动机是瑞典沃尔沃发动机 Volvo Penta。MAN 发动机、卡特比勒发动机等主要应用在大中型游艇;小型游艇的发动机也可以选择美国康明斯发动机(Cummins)、水星发动机 Mercury 等。下面介绍几种国外发动机。

### 一、瑞典沃尔沃发动机(Volvo Penta)

瑞典沃尔沃发动机具有总体性能及燃油效率优良,动力系统完整,设计轻巧、低噪音和振动小等优点。每一个纯正的 Volvo Penta 零件都是与整机一启经设计和开发而成的,易于安装维护。Volvo 柴油机具有以下特点:

1. 直列多缸、水冷、废气涡轮增压、四冲程,进气为水对空气中冷式(TWD 型)或进气为空气对空气中冷式(TAD 型),直喷式燃油系统使其能运行平稳,具有高热效率。
2. 低惯量增压器和直列式柱塞喷油泵,一体式的机械式调速器或 GAC 电子调速器,多孔式喷油器所组成的反应迅速的喷油系统,使发动机具备了在很短的恢复时间内有高的承受载荷能力。
3. 湿式可更换缸套与带阻燃台肩可使汽缸头抗高温。铸铁缸体优化力的分布,无多余质量,整机特别轻。氮-碳共渗处理的曲轴及传动齿轮适合重载运行,曲轴上有多个轴承以降低主轴承的负荷。
4. 在进气管中的电加热器可使发动机在冬季低温时启动快捷、可靠,并可降低废气排放。

### 二、德国 MAN 发动机

德国 MAN 发动机运用德国最新技术,通过多孔喷嘴进行高功率喷油。通过增压和空气中冷,两者与高压压力一启确保低污染燃烧过程。MAN 柴油机设计轻巧、功率强大、持久耐用、耗能量低,可以持续处于工作就绪状态。

### 三、美国卡特比勒发动机(Caterpillar)

美国卡特比勒发动机配合先进的推进装置,使转速可在负荷较小或无负荷时实现自动控制,自动降低发动机转速,减少油耗。噪音低、振动小、废气排放量大、环保高效、性能稳定可靠、水冷式,采用直接喷射式燃烧系统,各种机型之间零部件有广泛的通用性。其结构具有以下特点:

1. 机体为龙门式深裙部结构,采用高强度灰铸铁制造,机体上部无缸套肩台,而采用一种特殊的钢垫板结构。
2. 汽缸套离心浇铸合金铸铁,内表面淬硬,可延长使用寿命,缸套肩台经强化处理,提高可靠性。
3. 缸盖用合金铸铁制造,与进气歧管合为一体,是整体式结构,进气道是无涡流式,每缸二个气门。
4. 气门用合金钢制造,排气门用堆焊耐磨合金。进、排气门均有旋转结构。曲轴用合

金钢整体模锻带平衡块,轴颈淬硬,轴承为钢背铝合金薄壁结构。活塞为铝合金铸件,销孔中心向主推力侧略有偏移,采用三道活塞环,活塞上第一、二道环槽均镶有耐磨铸铁,在机体上设有冷却活塞的喷嘴。

#### 四、美国康明斯发动机(Cummins)

美国康明斯发动机具有省油、耐用、可靠、质量轻和结构紧凑等优点,缸体采用高强度合金铸铁制造,刚性好、振动小、噪声低,缸盖上是四气门设计,优化空气/燃油混合比,有效改善燃烧和排放;两缸一盖,维修方便;大直径凸轮轴可承受更高负荷,全新设计可精确控制气门和喷油正时,优化的凸轮型线可减小冲击力,提高可靠性和耐久性;高强度锻钢制造的整体式曲轴,圆角及轴颈的感应淬火工艺可保证曲轴疲劳强度更高;活塞采用最新铝合金铸造技术, $\omega$ 型头部和桶型裙部设计能补偿热胀冷缩,确保良好配合;所有运动部件均为强制润滑;大容量齿轮泵提供压力润滑油对轴承进行润滑并冷却活塞;机油冷却器、复合式滤清器维持良好机油状态;康明斯专利技术的PT燃油系统,优化燃烧,STC分布正时系统保证全工况燃烧更好;采用低压供油系统,配置燃油单向回路,安全可靠;采用离心水泵强制水冷,大流量水道设计,冷却效果好;旋装式水滤器及专用DCA添加剂可有效防止锈蚀和穴蚀,控制冷却液酸度并去除杂质;高效的Holset废气增压器进一步改善燃烧;压力式脉冲排气管可充分利用废气能量,提高发动机效率;空空中冷技术保证燃油经济性及排放更好。

#### 五、美国水星发动机(Mercury)

美国水星发动机爆发性较好,油耗低,具有独特的橡胶避振安装系统,广泛应用于游艇外挂机。

### 知识点三 电力推进装置

游艇内燃机及机械推进系统存在噪音大、调速范围小和灵活性差等难以解决的问题。与机械推进系统相比,采用电动机直接驱动螺旋桨的游艇电力推进系统则具有调速范围广、驱动力矩大、易于正反转、体积小布局灵活、安装方便、便于维修、振动和噪音小等优点。特别是近年来,随着电力电子器件、变频技术、传动控制系统以及新能源和新材料等高新技术的飞速发展,使游艇电力推进系统正在经历着巨大变革。游艇电力推进系统中大功率电力传动控制系统的使用占有重要的地位,如图1-3-1所示电力推进示意图。

#### 一、不同驱动模式游艇电力推进系统分类

1. 变速电动机拖动定距螺旋桨(FPP)驱动模式,根据电动机转速的变化实现航速变化。
2. 定速电动机拖动变距螺旋桨(CPP)驱动模式,根据游艇驱动所需的功率可选择一台电动机单独拖动或多台电动机联合拖动的方案。
3. 多台电动机联合拖动方式又可分为串联驱动模式或并联驱动模式。其结构简图如图1-3-2所示。

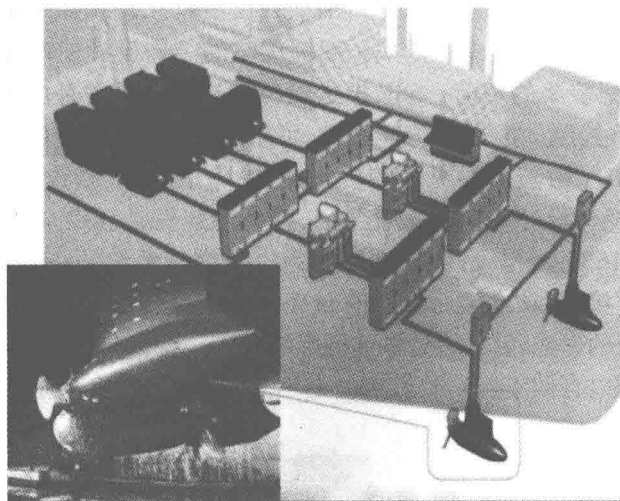


图 1-3-1 电力推动装置示意图

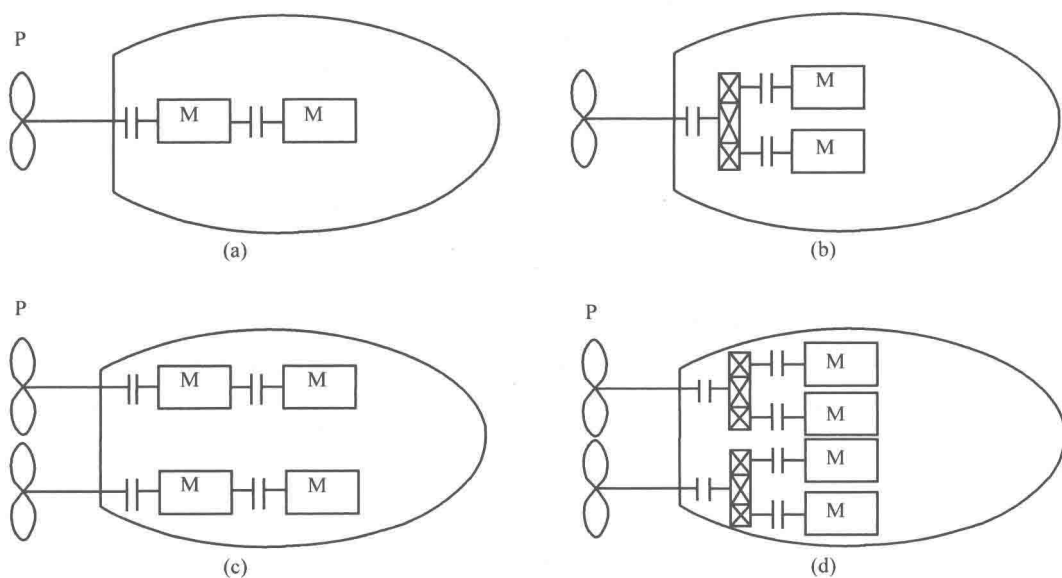


图 1-3-2 多台电动机联合拖动方式示意图

(a) 单桨双机串联驱动模式; (b) 单桨双机并联驱动模式;  
(c) 双桨双机串联驱动模式; (d) 双桨双机并联驱动模

## 二、电力推进配备

SSP 推进器组成如图 1-3-3 所示, SSP 吊舱式推进装置的最上面一层是安装在船舱内的推进操纵室, 里面配有电动液压操纵系统, 可以改变推进器的方向, 起到舵的作用; 中间一层是方位模块, 这个模块也安装在船舱内; 下面一层则是伸入水中的推进模块, 推进电机安装在推进模块推进轴的中部, 推进轴的前后两端装着两个转向相反的螺旋桨。整个推进装置的三个部分有通道和梯子连接, 人员可以上下通行进行必要的操作和维修焊接; 在

推进模块上位于两个螺旋桨之间的两个鳍,用于补偿吊舱在非线性螺旋桨滑流场中产生的不平衡力,有助于提高推进器的总体效率。双螺旋桨的结构设计使两个螺旋桨分摊推进功率,这样可以减低单螺旋桨的负荷。SSP 推进器的推进电机通常是由采用绝缘栅双极晶体管(IGBT)实现的直接控制。推进器 360°旋转,可以在任何需要的方向产生推力,不需要舵和侧推器,极大地提高了游艇的操纵性和机动性;去除了艉轴、减速器和舵机等,简化安装和节省船舱空间,使船体设计和空间布置灵活,降低游艇振动和噪音,减少船体阻力 5% ~ 10%,提高运输效率 15%。SSP 吊舱推进器作为电力推进系统的一种,其原动机和推进系统没有直接的机械连接,原动机组可以一直处于满负荷下工作,从而避免了推进系统的负载变化对原动机系统的影响,SSP 吊舱将这种影响加到了游艇的电力系统中,必须深入研究电能匹配分配的问题以有效克服这种影响。

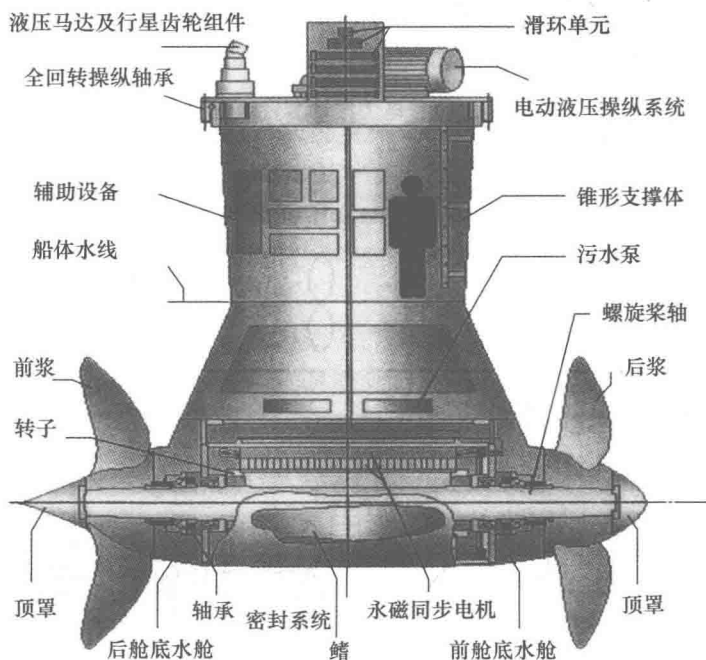


图 1-3-3 SSP 推进器组成图

### 三、调速系统

#### 1. 直流调速系统

采用晶闸管整流器供电的直流调速系统。这种电力推进方式由于受到直流电机换向器的限制,其功率不能超过 5 MW。由于直流电机的电刷和换向器经常需要维修保养,并容易出现故障,因此,目前已不再选择这种调速方式。为解决上述问题,近年来永磁电机得到发展,但因其功率较小,只能用在小功率的游艇上。

#### 2. 基于循环变流器的交流调速系统

采用交-交变频器供电的交流调速系统。在游艇电力推进系统的应用中,一般主要选择同步电动机作为驱动电机。这是因为同步电动机具有结构简单、转矩响应快、稳定、抗干

抗性好的特点,加之发电的同步发电机与拖动的同步电动机的结构相同,在大功率的应用场合更易匹配。此外,循环变流器的低频大功率特性,使采用循环变流器供电的同步电动机调速系统更适合于需要低速大转矩的游艇电力推进应用场合。交流交变频器是指中间无直流环节,直接将固定频率的电压转换成频率、输出电压可变的循环变流器。其特点如下:

(1) 因为是直接变换,没有中间环节,所以比一般的变频器效率要高;

(2) 由于其交流输出电压是直接由交流输入电压波的某些部分包络所构成,因而其输出频率比输入交流电源的频率低得多,输出波形较好;

(3) 由于变频器按电网电压过零自然换相,故可采用普通晶闸管。不需要强迫换流电路;

(4) 由于输出上限频率不高于电网频率的  $1/3 \sim 1/2$ ,因受电网频率限制,通常输出电压的频率较低;

(5) 交-交变频电路采用的是相位控制方式,因此其输入电流的相位总是滞后于输入电压,需要电网提供无功功率。功率因数较低,特别是在低速运行时更低,需要适当补偿。

### 3. 基于同步变流器的交流调速系统

采用同步变流器(交-直-交电流源逆变器)供电的交流调速系统。由于系统在电网侧和负载侧都采用晶闸管自然换向的变流方式,因此只能选择同步电动机作为拖动电机。这种同步变流器与同步电动机组合的电力推进方式,由于其简单可靠,是所有游艇都适用的选择方案。交-直-交电压型变频器的中间滤波环节是采用并联电容器滤波。电源阻抗小,对逆变器供电的直流电源性质相当于一个电压源,故称电压型。电压型逆变器的输出电压波形为矩形,而输出电流波形由矩形波电压与电动机正弦形反电势之差形成波动接近正弦波。电压型变频器在技术上成熟较早,实际应用广泛,它既可以用于单机调速拖动,又可以用于当变频器供电给交流变频调速时,能量由三相交流电源经变频器向负载电动机方向传递,这是交流电机调速运行最常见的电动运转状态;当电动机制动发电时,能流反向。电压型变频器特点之一是变频器电压极性不变,电流极性改变,即当电机出现再生电能时,这部分能量经二极管整流后回馈到直流侧或交流电网中。

### 4. 基于 PWM 脉冲宽度调制器控制的交流调速系统

采用 PWM 变频器供电,异步感应电动机拖动的交流调速系统。脉冲宽度调制(PWM)是一种对模拟信号电平进行数字编码的方法。通过高分辨率计数器的使用,方波的占空比被调制用来对一个具体模拟信号的电平进行编码。PWM 信号仍然是数字的,因为在给定的任何时刻,满幅值的直流供电要么完全有(ON),要么完全无(OFF)。电压或电流源是以一种通(ON)或断(OFF)的重复脉冲序列被加到模拟负载上去的。通的时候即是直流供电被加到负载上的时候,断的时候即是供电被断开的时候。只要带宽足够,任何模拟值都可以使用 PWM 进行编码该方案被公认为无论是系统性能还是经济指标都很好的电力传动控制方式,在游艇电力推进系统中应用。其主要原因是因为 PWM 变频器需要可关断器件作为功率开关,但目前这些器件与晶闸管相比电流容量和电压等级较低,如果用于游艇电力推进系统,需要将许多开关器件串联或并联起来,从而增加了电路的复杂性并降低了系统的可靠性。

## 四、电动传动方式的优点和缺点

电力传动是发动机驱动主发电机,将发出的电供到主配电板,再由主配电板供电给主电动机,从而驱动螺旋桨运转的一种传动方式。

### 1. 电动传动方式的优点

主机和螺旋桨之间没有机械联系,可省去中间轴及轴承;机舱布置灵活;主机转速不受螺旋桨转速的限制,可选用中、高速柴油机,并可在柴油机恒定转速下调节电动机转速,使螺旋桨转速得到均匀、大范围地调节;螺旋桨反转可靠改变主电动机(直流)电流方向来完成,倒车功率大,操纵容易,反转迅速,游艇机动性能提高;主电动机对外界负荷的变化适应性好,甚至可以短时间堵转。

### 2. 电动传动方式缺点

需要经过机械能变电能、电能变机械能两次能量转换,传动效率低;增加了发电机及主电动机,使推进装置总的质量和尺寸都增加,造价和维护费用高。

## 知识点四 喷水推进装置

喷水推进装置是一种新型的特种推进装置,与常见的螺旋桨推进方式不同,喷水推进的推力是通过推进水泵喷出的水流的反作用力来获得的,并通过操纵舵及倒舵设备分配和改变喷流的方向来实现游艇的操纵。在滑行艇、穿浪艇、水翼艇、气垫船等中、高速游艇上得到了应用。

### 一、组成

典型的喷水推进装置结构主要由原动机及传动装置、推进水泵、管道系统、组合操纵设备等组成的。

#### 1. 原动机及传动装置

喷水推进装置最常见的原动机及传动装置配置有汽油机与减速齿轮箱驱动、柴油机与减速齿轮箱驱动、汽油机或柴油机直接驱动等形式。在采用全电力综合推进的舰船上则一般采用电动机直接驱动推进水泵的形式。

#### 2. 推进水泵

推进水泵是喷水推进装置的核心部件。从推进水泵上网功率和效率的要求、游艇布置的需要以及传动机构的合理、方便等层面出发,通常选用叶片泵中的轴流泵和导叶式混流泵,特殊情况下也可以采用离心泵。目前,世界著名的推进水泵生产厂家主要有瑞典的Kamewa公司、新西兰的Hamilton公司、荷兰的Lips Jet、日本的川崎公司和三菱重工公司、双环公司等。

#### 3. 管道系统

主要包括进水口、进水格栅、扩散管、推进水泵进流弯管和喷口等。管道系统的优劣在很大程度上决定了喷水推进系统效率的高低。

#### 4. 舵及倒舵组合操纵设备

采用喷水推进的游艇不能靠主机、推进水泵的逆转来实现倒航,一般是通过设法使喷射水流反折来实现。由于经喷口喷出的水流相对舵有较大的流速,所以一般采用使喷射水流偏转的方法来实现游艇的转向。常见的舵及倒舵综合操纵设备有外部导流倒放斗、外部转管放罩等。

### 二、原理

喷水式推进器是利用喷射管喷出的高速水流的反作用提供推力的一种推进装置,多用于中小型高速游艇上。工作原理如图1-4-1所示。

电机2带动行星架4转动,使行星轮5绕固定在机架上的中心轮3啮合运转,其中行星轮的直径是中心轮直径的一半。固接在行星轮上的推杆座上安装推杆,组成推杆系,推杆的前极限位置位于行星轮与中心轮啮合线的延长线上,使推杆的极限点与行星轮上节点的运动规律相同。推杆另一端设有安装轴,安装合页式活塞。推杆推动活塞在缸体内作直线往复运动。当推杆向后运动时,缸体内水压较大,活塞打开,推动缸体内的水经出水口快速喷出,使机体向前运动;当推杆向前运动时,进水口侧压力较大,活塞合启,水进入缸体,在缸体出水口处设置溢流阀,以防水倒流。与缸体出水口连接的喷水管可以转动,以改变水流的喷射方向,启舵的作用,协助机体改变行进方向。两边对称布置两个喷水装置,相位相同,同时运行,以增加推进力并平衡机体。

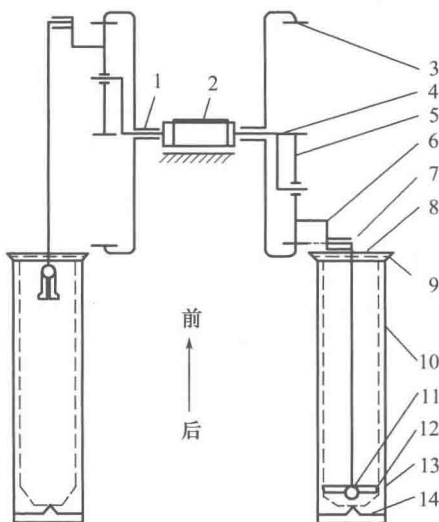


图 1-4-1 喷水式推进器的工作原理图

- 1—机架;2—电机;3—中心轮;4—行星架;  
5—行星轮;6—推杆座;7—推杆;8—进水口;  
9—滤网;10—缸体;11—合页式活塞安装轴;  
12—合页式活塞;13—溢流阀;14—出水口

### 三、喷水推进装置优点

1. 喷水推进装置在加速和制动性能方面具有和变距螺旋桨相同的性能,喷水推进游艇具有卓越的高速机动性,在游艇回转时喷水推进装置产生的侧向力可使回转半径减小。

2. 喷水推进游艇舱内噪声和振动较小,一般比具有螺旋桨的游艇低(7~10)dB(A)。

3. 喷水推进的效率主要取决于推进泵效率和喷水推进系统效率。在保证较高的气蚀比转速的情况下,优良的轴流泵和混流泵的效率目前已达到85%~90%;喷水系统的效率在65%~70%左右。因此总的推进效率可达55%~63%。

4. 抗空泡腐蚀能力强,螺旋桨在航速较高时很容易产生空泡,尤其在斜轴推进的快艇上,螺旋桨处于周期性的推进角变化和负荷变化中,使得螺旋桨更易产生空泡和空泡穴蚀,严重的可在几个小时内破坏螺旋桨的叶片。尽管亚空泡和超空泡螺旋桨能够提高抗空泡的能力,但均要牺牲较多的效率。而喷水推进舵叶片具有比螺旋桨更大的抗空泡能力,水流基本上是轴向流,流场比较稳定,减少了空泡穴蚀的机会,而且航速越高喷水推进泵所利用的冲压就越大,而螺旋桨正相反。这就使高性能船多采用喷水推进的原因。

5. 操纵性和动力定位性能优异,喷水推进船艇的操纵不需要改变主机转速,而主要依靠偏折喷水推进泵喷射出后的高速水流来实现舰船的转向和倒航。倒航装置与喷口的相对位置的变化可做到向前向后任意分配流量,因而,在一定的主机转速下,喷水推进船可以做到无级变速、驻航和倒航。借助转向舵的作用又可使游艇在正航和倒航时均具有极佳的操纵性,甚至原地回转。而且舵始终处于喷口喷出的高速流中,可保持足够的舵效。如果采用双机双桨,可以实现游艇横移和原地回转,这是螺旋桨推进方式无法做到的。

### 四、缺点

1. 舰船航速低于20 kn时,喷水推进的效率比螺旋桨要低一些。

2. 由于增加了管路中水的质量(通常占全船排水量的5%左右),使得舰船损失排水量。
3. 在水草或杂物较多的水域,进口容易出现堵塞现象而影响舰船的航速。
4. 更换推进水泵的叶轮较为复杂。

## 知识点五 游艇推进装置的主要性能指标

### 一、游艇推进装置的性能指标及要求

游艇推进装置的性能指标,主要包括可靠性、经济性、机动性、质量和尺度、续航力、生命力等相关指标。

#### 1. 可靠性

游艇航行于海上若发生故障时,得到陆地上的及时救援往往比较困难,如果不能得到及时修复或采取相应的应急处理,在复杂的航行环境和严峻的气象条件下,极易导致海损和严重的海洋污染事故。游艇推进装置本身的可靠性不足,会额外增加排除故障的费用,增加维修的工作量,延长停航修理的时间,降低营运的效率。因此,游艇推进装置的可靠性对游艇的安全营运显得格外重要。

影响游艇推进装置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以下几个方面:第一,严格按照造船规范建造是取得可靠性的先决条件;其次,备件的数量和保管程度是提高可靠性的有力保障;第三,管理人员的业务能力是影响可靠性的重要因素。

#### 2. 经济性

为了提高游艇的营运效益,必须尽量提高推进装置的经济性。推进装置的设计、制造和使用部门,都在努力提高推进装置的经济性。对于推进装置的经济性,不能只从主机造价一项指标衡量,要对整个推进装置整体进行分析,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,更是重点考虑的因素。游艇在营运中,游艇推进装置的维护费用占游艇总费用的比例很大,现在已超过50%。

#### 3. 机动性

机动性是指改变游艇运行状态的灵敏性,它是游艇安全航行的重要保证。游艇启动、变速、倒航和回转性能是游艇机动性能的主要体现,而游艇的机动性取决于推进装置的机动性,推进装置的机动性主要由以下几个指标来体现。

##### (1) 启航时间

从接到启航命令开始,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。这段时间越短的游艇其机动性越好。它的长短主要取决于为推进装置服务的各油水系统温度达到工作要求所需要的温度,如在暖机时滑油油温用电加热加温。但对一些需要执行紧急任务的游艇,如消防、救生和缉私船等就要求具有很短的启航时间。

##### (2) 发动机由启动开始至达到全功率所需的时间

这是推进装置加速性能的指标,它的长短直接影响游艇加速的快慢,所以希望它短一些。这段时间的长短主要取决于发动机的形式、船体形状、螺旋桨形式、游艇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,相比较热