

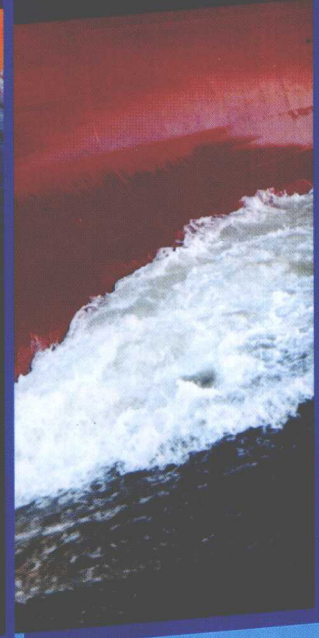
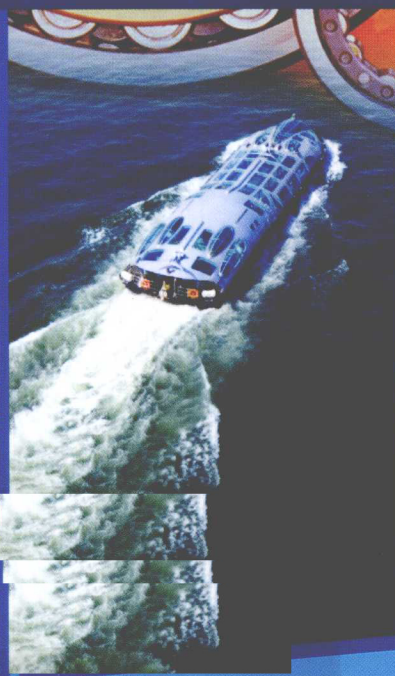


内河船舶建造系列丛书

船舶动力装置

CHUANBO DONGLI ZHUANGZHI

施裕斌 主编



人民交通出版社
China Communications Press



内河船舶建造系列丛书

船舶动力装置

CHUANBO DONGLI ZHUANGZHI



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书共十二章,第一至第六章讲述了船舶动力装置的类型和特点以及装置中的柴油机,辅助机械设备的结构、特性和选择方法,同时还详细的介绍了传动轴系的结构设计和计算以及船舶管系的功用设计计算等。第七至第十一章讲述了船舶动力装置的建造施工中常用的基础工艺,以及这些工艺在柴油机、辅机、轴系、管系安装中的应用。第十二章对动力装置总体验收方面的试验内容、试验规程、技术要求、验收标准等作了详尽的介绍。

本书可作为从事船舶动力装置设计、运行管理、建造施工、检验、监造等方面工作人员的参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶动力装置 / 施裕斌主编. —北京:人民交通出版社,2011.1

(内河船舶建造系列丛书)

ISBN 978-7-114-08724-0

I. ①船… II. ①施… III. ①船舶机械—动力装置
IV. ①U664.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第199242号

书 名: 内河船舶建造系列丛书
船舶动力装置
著 者: 施裕斌
责任编辑: 赵瑞琴
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010)59757969,59757973
总 经 销: 人民交通出版社发行部
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 12.5
字 数: 278千
版 次: 2011年1月 第1版
印 次: 2011年1月 第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-08724-0
印 数: 0001~4000册
定 价: 46.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序言

XUYAN

内河船舶的制造经历木船、水泥船到钢质船的发展,单船吨位由几吨、几十吨、发展到几百吨到几千吨,甚至已经超过万吨。但是在生产管理、经营管理、技术管理、质量管理、制造工艺水平和工艺装备等方面仍不能适应内河船舶制造业快速发展的需要,迫切需要技术和智力上的支持。作为船舶建造质量的源头监督管理部门泰州市船舶检验局,在实施船舶检验的过程中,以服务内河造船业发展为己任,对提高内河船舶建造质量,提升内河船厂竞争力进行了积极有益的探索,主动联合江苏科技大学,抽调资深验船师组成联合工作组,对目前江苏省内河船舶生产企业的生产管理、经营管理、技术管理、质量管理、工艺水平和工艺装备等方面进行调查分析,结合国家相关的法律、法规、政策、规范等要求,组织编写了“内河船舶建造系列丛书”,用来指导和规范内河船舶的修造和管理。

“内河船舶建造系列丛书”的编写,凝聚了泰州市船舶检验局领导、验船师和江苏科技大学相关老师的智慧和能力。它侧重于生产过程的工艺,并兼顾过程管理和检验的方法,能够使现有的内河船舶生产企业的相关从业人员,在内河船舶建造实践过程中得到帮助和启发,从而保证内河船舶制造水平的不断提高。

“内河船舶建造系列丛书”的编写,得到了江苏省船舶检验局、江苏省国防科工办等上级部门领导的认可和大力支持,同时也得到了有关船舶制造业专家的全力帮助和指导。“内河船舶建造系列丛书”的完成,经过了船舶制造业相关专家的评审,得到了进一步的完善。相信“内河船舶建造系列丛书”的出版必将为内河船舶制造和生产管理水平的提高,起到良好的作用。

江苏省船舶工业协会会长



前言

QIANYAN

根据目前内河船舶修造企业在内河船舶制造过程中缺乏相应的生产组织、制造工艺、质量控制、经营管理的指导书籍的现状,泰州市船舶检验局联合江苏科技大学组织在内河造船领域具有丰富理论和实践经验的专家教授、高级工程师、高级验船师编写了“内河船舶建造系列丛书”。

本丛书在经过充分调查研究的基础上编写而成,我们多次召开船厂管理、技术人员座谈会,广泛听取相关人员的意见。力求教材内容具有较强的针对性和适用性。全书采用了最新颁布规范、标准、法规等,以内河船舶建造的基本知识为基础,理论与实践相结合为原则。

本丛书共九册,包括《船体制图》、《船体结构》、《船舶建造工艺》、《船舶焊接》、《船舶设备》、《船舶动力装置》、《船舶电气》、《船舶工程管理》、《内河船舶检验》。全书文字简洁、内容齐全、叙述精练、通俗易懂、便于自学,可作为内河船舶建造、管理人员的培训教材,同时可供从事内河船舶建造行业有关人员参考。

《船体制图》由杨永祥编写、《船体结构》由林宏强编写、《船舶建造工艺》由赵虹编写、《船舶焊接》由赵洪江编写、《船舶设备》由周宏编写、《船舶动力装置》由施裕斌编写、《船舶电气》由陈刚编写、《内河船舶检验》由贾玉康编写、《船舶工程管理》由马庆生编写。

编写过程中受到众多专家的帮助和指导,对本书的编写提出很好的建议和修改意见,在此一并表示诚挚的谢意。

本书的编写,尽管我们做了很大的努力并力求创新,限于编者的水平和精力,不当之处在所难免,诚望读者不吝指正。

《内河船舶建造系列丛书》编委会
2011年1月

目 录

MULU

第一章 船舶动力装置总论	1
第一节 船舶动力装置的含义及组成	1
第二节 对船舶动力装置的要求	2
第三节 船舶动力装置类型及特点	4
第二章 船舶柴油机	9
第一节 柴油机的基本概念	9
第二节 柴油机的工作原理	11
第三节 柴油机的工作参数	16
第四节 船舶柴油机的分类、型号及功率名称	20
第五节 柴油机的工作特性及机桨配合	25
第三章 船舶辅机	30
第一节 船舶流体机械	30
第二节 船舶辅助锅炉和加热器	42
第三节 甲板机械	47
第四章 管路系统	52
第一节 燃油管系	52
第二节 润滑油管系	55
第三节 冷却水管系	57
第四节 压缩空气管系	58
第五节 舱底水管系	60
第六节 压载水管系	62
第七节 消防管系	63
第五章 船舶轴系	69
第一节 概述	69
第二节 轴系设计	71
第三节 轴系的总体结构尺寸	79
第四节 船用齿轮箱	82
第六章 机舱布置	88
第一节 机舱的位置和尺寸	88
第二节 机舱内设备布置原则	89



第三节	机舱布置的实例	93
第七章	基础工艺	94
第一节	船体中点线面的测定方法	94
第二节	对中技术	98
第三节	单配技术	101
第四节	粘接技术	104
第五节	过盈配合	109
第六节	回转构件的平衡	115
第八章	船舶轴系的安装	120
第一节	概述	120
第二节	轴系工作区域内的加工	121
第三节	轴系主要零部件的加工、装配及安装	125
第四节	轴系的校中及安装	134
第九章	船舶主机的安装	137
第一节	船舶主机安装工艺概述	137
第二节	柴油机的整体安装	138
第三节	柴油机安装质量的检查——曲轴臂距差的测量	140
第十章	船舶辅机及辅助设备的安装	144
第一节	船舶辅机安装的分类	144
第二节	船舶辅机的安装	144
第三节	辅机在减振器上的安装	147
第四节	操舵装置的安装	149
第十一章	船舶管子制造与管系安装	155
第一节	管子材料及其选用	155
第二节	管子的弯制	157
第三节	管件的压力试验及预处理	164
第四节	管系安装和安装质量检验	168
第十二章	动力装置的总体验收	172
第一节	概述	172
第二节	系泊试验	172
第三节	航行试验	179
参考文献	188

第一章 船舶动力装置总论

第一节 船舶动力装置的含义及组成

一 船舶动力装置的含义

船舶对沟通物资交流,文化往来,水域资源开发利用,保卫海域起着重要作用,船舶与人类的生活休戚相关,是人们熟悉的交通工具。

人类很早以前就创造了作为交通工具的船,其航行的动力是靠人力和自然界的风力。随着工业的发展,用蒸汽机作为船舶航行的动力是最早的动力装置。

从船上使用动力机械到现在船舶动力装置有了很大的发展。船舶推进的动力由蒸汽机发展到内燃机、汽轮机和燃气轮机等动力机械;船上的舵机、锚机等甲板机械已从人力发展到电动、液力传动等先进装置;船员及旅客生活的热源也被各种各样的锅炉所代替;船舶电气化,自动化程度日益提高,这些都是造船工作者的努力、船舶动力装置发展的结果。

由以上所述,可知动力装置包含的内容在船舶发展历史过程中的各个不同阶段是不相同的。当前,动力装置是指船舶为获得和使用机械能、电能、热能而配置的各种设备和系统的综合体。

二 船舶动力装置的组成

船舶动力的设备很多,其中各种设备的用途是不同的,根据用途,船舶动力装置的常规组成中可分为以下几个部分:

1. 主机

它是指推动船舶航行的原动机,主要有内燃机、汽轮机和燃气轮机等。

2. 辅助机械

它是指不作为船舶航行推动力,而为船舶提供其他方面所需的电能、热能、机械能以及这些能量转化的设备。用这些能源和设备辅佐船舶的航行、停泊作业,提供系统中液体流动能量,保证船员和旅客生活所需的热源和冷源以及制造淡水等,主要设备有发电机组、辅锅炉、甲板机械、液体机械,制冷、空调,制淡等设备。

3. 管路系统

“管路系统”是泛指为专门用途而输送流体的成套设备,一般由各种泵、辅助设备、检测仪表、附件以及管路组成,简称“管系”。

管系按其用途的不同分为两大类:为主机正常工作服务的管系称为动力管系;为保证船舶安全航行以及船员和旅客正常生活服务的简称船舶管系。





动力管系按其任务不同可分为下列五种:燃油管系、润滑油管系、冷却水管系、压缩空气管系和进排气管系。

船舶管系根据船舶类型和用途不同而有所区别,一般有舱底水管系、压载水管系、消防管系、生活水管系、取暖及通风管系等诸管系。一般一个管系执行一种工作,也有兼作两种管系作用的,如消防兼作甲板洒水管系等。

4. 推进轴系

推进轴系担负着将主机发出的功率传给螺旋桨,把螺旋桨产生的推力传给船体,推动船舶运动,一般由减速箱、离合器、弹性联轴器、中间轴、螺旋桨轴、螺旋桨、尾轴、尾轴管、尾管轴承、中间轴承、推力轴承、刹车装置、轴承的润滑油及冷却水管系等组成。

第二节 对船舶动力装置的要求

船舶种类很多,用途也不尽相同,船舶在完成各自的任务时船舶动力装置起着重要的保证作用,为了确保船舶完成任务,综合起来,对船舶动力装置的要求有以下几个方面:

一 保证船舶达到所需要的航速

船舶航行时需要克服水对船体的阻力,克服航行阻力所需要的功是由主机提供的,经轴系传给螺旋桨,螺旋桨把扭矩转化为推力推动船舶航行。轴系传动扭矩和螺旋桨把扭矩转化为推力的过程,人们总是选择最佳效率,故其效率变化范围有限,因而推进船舶航行所需的功率主要取决于船舶的航速。要想保证船舶所需的航速必须配备具有足够功率的主机。

由于船舶航行时所需的功率近似于航速的三次方成正比,所以过分提高航速会使主机的功率急剧增加,使船舶经济性降低。因此一方面动力装置要保证提供船舶达到规定航速所需的功率,另一方面从经济考虑船舶必须提出适当的航速要求,两者应兼顾之。军用舰艇的航速由其战术任务所决定,作战用的舰艇航速较高,例如轻型巡洋舰航速为 30 ~ 35kn,而军用工作船如扫雷艇航速仅为 14 ~ 18kn。民用船舶航速由经济性所决定,经济性涉及的范围很广,如货物起运地与到达目的地的差价,差价随时间的变化情况,货物的保鲜期,构成运输成本中的人工费用,燃料费用,设备折旧费用及与国家生产力发展有关的船舶建造成本的年利率等均是考虑的因素。一般货船的航速为 16 ~ 22kn,远洋客轮的航速为 20 ~ 28kn。

就航速而言,由于上述影响经济性的因素在不断变化,故船舶的设计航速也在变化,例如集装箱船,20 世纪 70 年代初期航速 21 ~ 22kn,高的达到 25 ~ 27kn,而 70 年代末期由于燃料油价的上涨,订造集装箱船的航速一般在 17 ~ 20kn,1985 年以后由于油价的下跌,船舶航速又有上升的趋势。

在由航速来决定主机功率时,由于主机功率的大小不是无级的,而是分挡的,所以设计航速应允许有上下少量的变化,以适合现有机型系列的主机功率。

二 具有良好的机动性能

船舶航行时往往要求急速改变船舶航行状态,或由停止急速起航,或由全速前进变为全

速倒退或转弯等等,这些就是船舶的机动性。军用船舶有良好的机动性能,可以很好地满足战况的需要;民用船舶则在航行于狭窄航道,急流航道及进出或停靠港口时机动性有着重要意义。船舶的机动性与船舶性能例如船舶的惯性、船舶的操纵性能及舵效应等诸因素有关。当这些因素一定后就取决于船舶动力装置,动力装置中可以从主机配备、传动方式以及增加舵机功率等方面解决机动性。例如由全速前进改为全速倒退,主机及传动轴系有一个从全速前进经过停止到倒转的过程,这一过程时间的长短取决于主机及传动轴系。为了缩短这一时间,一方面选用主机换向快和倒车功率大的发动机,另一方面也可以在轴系中采用倒顺车离合器,使主机在转向不变的情况下改变螺旋桨的旋转方向,从而改变航行状态;或用调距桨来达到桨的旋转方向不变,而桨对船作用力的方向改变等等。为了转弯灵活可增加舵叶面积,此时必须增加舵机的转舵力矩,这时对舵机的输出功率提出更大的要求以保证舵机在短时间内把舵从某一位置拉到满舵;也可采用双轴系推进或首部设置侧向推进的办法得以满足。总之满足机动性要求的办法是很多的。这就靠设计者权衡诸方面的因素来满足了。

三 具有可靠性

船舶动力装置的可靠性是指构成装置的所有设备,在工作期间能正常可靠的工作,而不出事故。船舶是交通工具,长期工作在水上,远离船舶工业的生产基地,出事故孤立无援,不仅影响任务的完成还有可能造成沉船等危及生命财产的事故。为了提高动力装置的可靠性首先是精心设计,以避免设计时估计不足产生的事故,在此基础上应选用可靠的设备,对监造范围内的设备必须取得有关部门的认可。在施工中应当精心加工、装配和调试,严格检验确保质量。为了正常的更换易损零件和维修,船舶应具备有必要的备件,并按船舶级别设立修理车间,以备修配短缺零件之用。

四 具有一定的续航能力

续航力是指船舶装足消耗物质后,不再靠港补充所能航行的最大航程。续航力的增大无疑的要增加燃料,润滑油,淡水,食品等物资,这样就会减少船舶的货运能力,影响船舶的经济性。续航力与船舶用途和航区有关,对于国内航行的民用船舶由于停靠港口方便,停靠机会多,续航力可以小些;而对于远洋船舶则必须具有较大的续航力。我国设计的远洋无限航区的货船通常为13000n mile。续航力的指标表示为船舶航行的航程,是长度的限制,但船速加入后就有一个时间因素,这样间接的对动力装置又提出了一个使用时间即寿命的问题,各设备必须保证其寿命大于续航力航行的时间。

五 单位功率的重量和体积均要小

船舶是交通工具,减少装置的重量和体积就可以增加运输量,减少运输成本,这是显而易见的。

由于船舶动力装置的重量要占用一定的排水量,从而减少了船舶的装载能力,为了对装置进行比较,常引入单位功率所需装置重量的概念,其数值越小,装置越优越;而装置的尺寸



大小也很重要,尺寸大占的舱容就大了,势必造成机舱的增大,从而减少了客、货舱的舱容。当前为了满足这一要求,常采用尺寸小,重量轻的高转速的发动机配以减速齿轮箱,在吨位较大船上,可采用功率较大、寿命也较高的中速机配以减速齿轮箱,以便适应螺旋桨低转速的要求。经过上述努力使船舶动力装置满足了船舶的要求。

第三节 船舶动力装置类型及特点

船舶动力装置的类型划分是以主机的型式来进行划分的。因为主机是航行船舶功率最大的设备,是船舶航行最有力的保证,船舶的航行性能诸如起动性能,变速航行、倒航等均决定于主机。同时由于主机不同装置中与主机配套的辅助机械及设备也会出现很大的差异,装置的运行及管理,装置的初建费、营运费也会因此而不同,所以按主机分类是比较科学的。如前所述,主机有三种类型,故动力装置也就有三种类型,它们是:柴油机动力装置,汽轮机动力装置和燃气轮机动力装置。这三种类型是基本的动力装置型式,当前军用大型舰船上出现了由两种不同型式主机组成的动力装置,称为联合动力装置,不言而喻,这种装置的特性是由组成的两种动力装置所决定。了解了三种类型动力装置的特性也就了解了联合动力装置的特性。原子能动力装置是以原子核裂变反应所产生的热能,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。联合动力装置和原子能动力装置民用小船无法使用,主要用于大排水量的军用舰船上。

现对三种动力装置分述如下:

一 柴油机动力装置

柴油机动力装置是目前世界上船舶中使用最多的装置,统计资料表明,柴油机船占总数的98%以上,柴油机船总功率占造船总功率的90%以上,可以明显看出柴油机动力装置在船舶中所占的地位。

1. 柴油机推进装置的主要组成

- (1) 主机:柴油机;
- (2) 为主机服务的动力管路系统:由燃油、滑油、冷却水,起动系统(气动及电动)和进排气管路系统等组成;
- (3) 推进轴系及减速齿轮箱。

2. 柴油机动力装置具有如下的优点:

(1) 有较高的经济性,耗油率 $[\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})]$ 比蒸汽、燃气动力装置低得多,高速柴油机耗油率为 $0.16\sim 0.18\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,中速(250~1000r/min)机为 $0.125\sim 0.170\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$;低速(250r/min以下)机为 $0.12\sim 0.14\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,一般(蒸)汽轮机装置的耗油率为 $0.18\sim 0.35\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,燃气轮机耗油率则更大,为 $0.24\sim 0.40\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

这一优点使柴油机船的续航力大大提高,换句话说,一定续航力下所需之燃油储备量较少;从而使营运排水量相应增加。

(2) 重量轻,柴油机动力装置中除主机和传动机组外,不需要主锅炉及冷凝器、燃烧器以



及工质输送管道等,所以辅助机械和设备相应较少,布置简单,因此单位功率的重量指标较小。

(3)具有良好的机动性,操作简单,起动车迅速,一般正常起动车到全负荷只需10~30min,紧急时仅需3~10min。虽然比燃气轮机装置差些,但它不需要像燃气轮机装置那样一套复杂的起动车和倒车设备。柴油机装置停车只需2~5min,主机本身停机只要几秒钟即可。

(4)功率范围广,从几kW到几万kW的范围内都可以找到机组作主机。

(5)变工况时操作方便,效率变化较小。

3. 柴油机装置存在如下几个缺点:

(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,低速柴油机也仅达 4×10^4 kW左右,中速机 2×10^4 kW左右,而高速机仅在 8×10^3 kW或更小,这就限制了它在大功率船上的使用。

(2)因为活塞往复运动,所以柴油机工作中的噪声、振动较大。

(3)中、高速柴油机的运动部件磨损较快,高速强载柴油机的整机寿命仅1000~2000h。

(4)柴油机在低转速时稳定性差,因此不能有较小的最低稳定转速,影响船舶的低速航行性能。另外,柴油机的过载能力也较差,在超负荷10%时,一般仅能运行1h。

蒸汽轮机动力装置

蒸汽轮机作为主机应用船舶上,也是令人满意的,它的优点是经济性好,运行平稳,安全可靠,单机功率可达7.35万kW。在大型民用船舶和军舰上已被广泛应用。特别是核动力舰船上,蒸汽轮机已被证实是极好的原动机。

1. 蒸汽轮机推进装置的主要组成部分及其功用

(1) 主机

a. 正车汽轮机

它是推进舰船航行的主发动机。

b. 倒车汽轮机

它是使船舶实现倒航的汽轮机,一般设置在正车汽轮机中,当正车工作时,倒车汽轮机空转。如为配置高、低压汽轮机时,则倒车汽轮机配置在低压汽轮机中。由于倒车不常使用,不太讲究经济性,结构简单,一般为两级或三级。其供汽应当从主蒸汽管引入。

(2) 为主机服务的主要设备

a. 汽轮机的调节和保护系统

根据船舶航行的需要对汽轮机发出的功率进行调节。主要有改变蒸汽流量的喷嘴控制阀门,和改变蒸汽状态参数的节流阀门等设备。

保护系统的使命是确保汽轮机安全运行。在易于构成事故的部位设保护装置,一旦出现事故的预兆时,能发出信号报警,或关闭供汽阀使汽轮机停机。

b. 冷凝器

它的基本任务是建立必要的真空,满足汽轮机低背压的要求,保证汽轮机正常工作,同



时使冷凝水的质量达到规定的要求,以保护锅炉的供水系统正常工作。

c. 锅炉

提供蒸汽,将燃料转化为热能,加热水使之成为蒸汽,供汽轮机工作。

d. 动力管系:燃油、滑油及循环淡水等。

(3) 推进轴系及减速齿轮箱

它的任务是把主机发出的功率传到螺旋桨,并把桨的作用力传给船体,使船体运动。

图 1.3-1 是汽轮机动力装置原理图。锅炉 1 产生的蒸汽经过过热器 2 加热后通过主蒸汽管路 3 进入高压汽轮机 4 中推动转子做功,从高压汽轮机 4 排出蒸汽进入低压汽轮机 5 中继续做功。汽轮机的转子与减速箱 6 的输入轴相接,把功率经减速箱传给螺旋桨 7。从汽轮机排出的蒸汽在冷凝器中被冷却,凝结成水,冷凝器中的冷却水是由循环泵 9 提供的。冷凝水由凝水泵 10 从冷凝器中抽出,经给水泵 11,给水预热器 12,送入锅炉中,这样就完成了蒸汽循环,汽轮机对外输出功率。

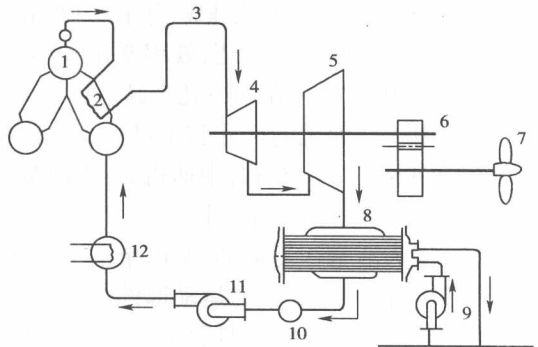


图 1.3-1 汽轮机动力装置原理图

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-减速汽管路;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

2. 汽轮机动力装置的优点

(1) 机组功率大。由于当前蒸汽的压力较高,最高可达 10 ~ 14MPa,温度也较高,最高可达 540 ~ 565℃,且采用多级,所以单机功率较大。功率不能太高主要是受到螺旋桨尺寸和制造上的限制。单机功率较大适应了船舶大型化、高速化的要求,目前所需功率较大的超大型船舶均采用汽轮机作为主机。

(2) 操纵、维修、保养方便,寿命可在 10 万 h 以上。由于上述原因维护费用低,降低了运输成本。

(3) 汽轮机叶轮转速稳定,无周期性扰动力,因此机组振动小、噪声小。

(4) 可以使用煤和劣质油,经济性好。

3. 汽轮机动力装置的缺点

(1) 适用于工作的工况稳定的船舶,不适应多变工况的船舶。不适应变工况的原因有两个方面:一个原因是功率调节不便,而且采用节流法调节时降低效率;另一个原因是叶片形状固定,非额定工况时汽流在叶片间流动的相对关系发生变化,故效率下降。

(2) 倒车汽轮机功率不大,且在正车时有鼓风损失,这也是它的不足之处。

(3) 由于有锅炉,冷凝器等辅助设备,机组功率较小时单位功率的重量较大,只有在机组功率大时,机组的单位功率重量才会较小。

(4) 机动性差,起动前准备时间约为 30 ~ 35min,紧急情况下,缩短暖机过程后也需要 15 ~ 20min,在舰艇上为保证立即起锚的要求,就以暖机状态停泊,从而增加了停泊时的燃料消耗。另外,从一个工况变换到另一个工况的过渡时间也较柴油机装置长 2 ~ 3 倍。

(5) 机组转速较高,必须配有减速齿轮箱,增加传动设备。

燃气轮机动力装置

燃气轮机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,只是在做功的工质方面有所不同。汽轮机中使用的燃料是在锅炉内燃烧,使锅炉中的水加热产生蒸汽,推动叶轮做功;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做功。

1. 燃气轮机动力装置的基本组成

(1) 主机:由下述三部分组成:

- a. 压气机 它用来压缩进入燃烧室的空气。
- b. 燃烧室 燃料在其中燃烧成燃气。
- c. 燃气轮机 它将燃气的热能,转变为驱动压气机、轴系和螺旋桨的机械功。

(2) 为主机服务的燃油、滑油管系等。

(3) 推进轴系及减速齿轮箱。

如图 1.3-2 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 $100 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 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 $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 。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 2 带动螺旋桨 1 工作。装置的起动是利用电动机 7 进行的,电动机通过联轴器 6 与燃气轮机连接。

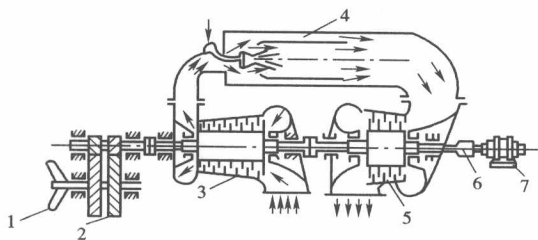


图 1.3-2 燃气轮机动力装置原理图

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

燃气轮机动力装置能够较好地满足近代舰艇对动力装置提出的高速、高机动性和极低的单位功率重量之战术要求,故在军用舰艇中较常使用。

2. 燃气轮机动力装置具有如下优点:

(1) 单位功率的重量尺寸极小。加速用燃气轮机装置的单位重量只有 $0.65 \sim 1.3\text{kg/kW}$,全工况用燃气机装置为 $2 \sim 4\text{kg/kW}$ 。

(2) 良好的机动性,从冷态起动至全负荷时间,一般为 $1 \sim 2\text{min}$,大功率的燃气轮机装置只需 $3 \sim 5\text{min}$ 。

(3) 燃料消耗率不及柴油机,但也能达到 $200 \sim 390\text{g}(\text{kW} \cdot \text{h})$,低负荷时经济性的恶化比汽轮机影响为小。

3. 燃气轮机装置尚有下列缺点:

(1) 主机没有反转性,必须设置专门的倒车设备。



(2) 必须借助于起动电机或其他动力机械起动。

(3) 由于燃气的高温,叶片材料用的合金钢昂贵,工作可靠性较差,寿命短,如燃气初温在 750°C 以上的燃气轮机,寿命仅 $500 \sim 1000\text{h}$ 。

(4) 由于燃气轮机工作时空气流量很大,一般为 $16 \sim 23\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ (柴油机约为 5 , 汽轮机约为 $0.5\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$), 因此进、排气管道尺寸较大,舱内布置困难,甲板上有较大的管道通过切口,影响船体强度,而较大的管道其重量影响船舶的稳性。

第二章 船舶柴油机

在船舶动力装置的发展过程中,以内燃机作为船舶推进动力的装置称为内燃机动力装置。习惯上称为内燃机的仅指燃料在气缸内燃烧产生高温高压气体推动活塞而做功的活塞式内燃机,在活塞式内燃机中由于燃料和起燃方式等不同而分为柴油机和汽油机,由于汽油机总功率较小,汽油的安全性较差等等内在原因满足不了船舶的需要,故通常所说的内燃机动力装置实际上是指柴油机动力装置,这在造船界已成共识。目前柴油机作为航行动力的主机,而且也用于发电机组中作为发电的原动机。为了对应用广泛的柴油机动力装置有所了解,首先学习柴油机。

第一节 柴油机的基本概念

一 基本结构

为了了解柴油机的工作过程,先把柴油机的结构作一介绍。

图 2.1-1 为四冲程柴油机结构图,它包括:

- (1) 固定部件:机座 1、主轴承 3、机身 4、气缸套 6、气缸盖 7 等;
- (2) 运动部件:活塞 8、活塞销 9、连杆 10、连杆螺栓 11、曲轴 13 等;
- (3) 配气机构:凸轮轴 14、顶杆 15、摇臂 16、进气阀 17、排气阀 18、气阀弹簧 19 等;
- (4) 燃油系统:高压油泵 20、高压油管 21、喷油器 2 等。

此外,柴油机还必须具备有润滑、冷却、调速、控制等设备。

二冲程柴油机的结构如图 2.1-2 所示。它包括:

- (1) 固定部件:机座 1、主轴承 2、机架 3、导板 4、扫气箱 5、气缸盖 6、气缸体 7 等;
- (2) 运动部件:活塞 8、十字头 10、连杆 11、曲轴 12 等;
- (3) 配气机构:凸轮轴 15、凸轮轴传动链 16、排气转阀 17 等;
- (4) 燃油系统:燃油泵 18、燃油管 19、喷油器 20 等;
- (5) 增压系统:增压器 21、空气冷却器 13、口琴阀 14。

此外它也具备润滑、冷却、调速、操纵等设备。

二 柴油机的常用名词含义

- (1) 上止(死)点:活塞在气缸中运动时活塞顶部平面所到达的离开曲轴最远的位置。
- (2) 下止(死)点:活塞在气缸中运动时活塞顶部平面所到达的离开曲轴最近的位置。
- (3) 行程(冲程):指活塞由上止点移到下止点,或由下止点移到上止点的这段直线距离,通常用 S 表示,它等于曲轴曲柄半径 R 的两倍,即 $S = 2R$,若用曲柄转角表示时,一个行



程相当于曲柄转角 180° 。

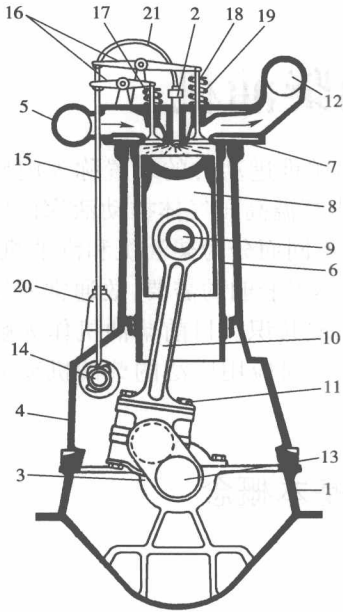


图 2.1-1 四冲程柴油机结构图

1-机座;2-喷油器;3-主轴承;4-机身;5-进气管;6-气缸套;7-气缸盖;8-活塞;9-活塞销;10-连杆;11-连杆螺栓;12-排气管;13-曲轴;14-凸轮轴;15-顶杆;16-摇臂;17-进气阀;18-排气阀;19-气阀弹簧;20-高压油泵;21-高压油管

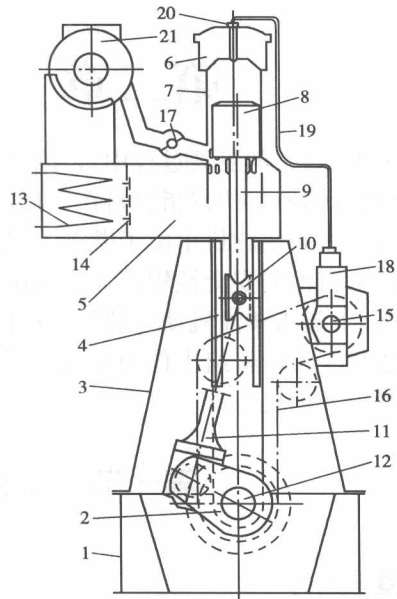


图 2.1-2 二冲程柴油机结构图

1-机座;2-主轴承;3-机架;4-导板;5-扫气箱;6-气缸盖;7-气缸体;8-活塞;9-活塞杆;10-十字头;11-连杆;12-曲轴;13-空气冷却器;14-口琴阀;15-凸轮轴;16-凸轮轴传动链;17-排气转阀;18-燃油泵;19-燃油管;20-喷油器;21-增压器

(4) 缸径:气缸直径,通常用 D 表示。

(5) 燃烧室容积:活塞在气缸内上止点时,活塞顶上面的全部空间称为燃烧室容积或压缩容积,以 V_c 表示,见图 2.1-3。

(6) 气缸工作容积:活塞在气缸中从上止点移到下止点时所经过的空间。又称为活塞排量或冲程容积,以 V_s 表示。

故
$$V_s = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot S$$

(7) 气缸总容积:活塞在下止点时活塞顶以上的气缸内的容积,以 V_a 表示

则
$$V_a = V_s + V_c$$

(8) 压缩比:气缸总容积与燃烧室容积之比值称为压缩比,用字母 ε 表示, $\varepsilon = V_a/V_c$ 。压缩比表示着气缸内气体被压缩的程度。理论分析可知在一定范围内随着压缩比的提高柴油机的热效率也提高,同时还改善了起动性能。但随着压缩比的提高柴油机的爆发压力增加很多,而使运动部件受力增加,既增加磨损又对零件提出较高的强度要求,故应均衡诸因素后

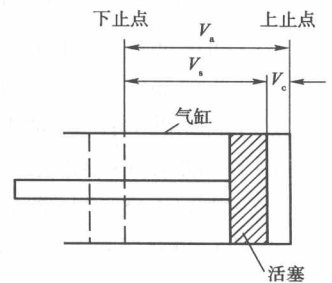


图 2.1-3 气缸容积定义