

轮机工程专业教材

船舶轮机管理

主 编 成春祥 王 克
主 审 范世东 赵在理



NLIC 2970663519

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书是根据中华人民共和国交通部海事局 2006 年颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》编写的,内容涵盖了考试大纲对轮机部高级船员统考科目“船舶管理”考试的要求,同时吸收了 IMO 最新公约及修正案和国内最新海事法规等,并介绍了一些最新的船舶轮机新技术及新知识。

全书共 7 章,内容包括:船舶动力装置概论、船舶适航性控制、船舶防污染管理、船舶营运安全管理、船舶安全应急处理、船舶修理和船舶人员管理。

本书可作为高等院校轮机工程专业本科生的专业教材,也可作为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。

图书在版编目(CIP)数据

船舶轮机管理/成春祥,王克主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2011.3
ISBN 978-7-5629-3443-1

I. 船… II. ①成… ②王… III. 船舶管理:轮机管理-高等学校-教材
IV. U664.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 039504 号

项目策划:曲生伟

责任编辑:曲生伟

责任校对:郭 芳

装帧设计:正风图文

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:25

字 数:640 千字

版 次:2011 年 3 月第 1 版

印 次:2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:48.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

E-mail:quswwutp@163.com wutp2005@126.com

前 言

本书内容满足 IMO 的《STCW 78/95 公约》中“船舶作业管理和人员管理”职能所规定的管理级和操作级的适任标准及我国交通部海事局 2006 年颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》中有关“船舶管理”(轮机)科目的要求。

本书的编写立足于职业能力的培养,突出了航海教育的学历教育与岗位适任培训一体化的特点。本书吸收了 IMO 最新公约及修正案和国内最新海事法规的要求,同时介绍了一些最新的船舶轮机新技术及相关管理知识;鉴于危险品船的数量越来越多,在危险品船上工作的船员也越来越多,特别编入了最新的危险品船舶管理相关知识。本书编有“船舶动力装置概论”一章,使轮机工程专业的学生能对船舶机舱各种设备和系统有一个全面的了解和整体的把握。

本书旨在使读者掌握船舶基本知识,具备保障海上人命财产安全,紧急情况应变,保护海洋环境,保持职业健康和维护海员合法权益的基本能力、意识、知识和技能,掌握涉及船舶、船员的国内、国际海事法规。本书可作为船舶轮机工程专业本科生的教材,也可以作为轮机部高级船员适任考试的参考书。

本书由成春祥、王克主编定稿,范世东、赵在理主审。第 1、6 章由胡义编写,第 2 章由胡甫才编写,第 3、4、5 章由成春祥编写,第 7 章由王克编写。

在本书的编写过程中,参阅了大量的国内外相关书籍和资料,谨在此向原作者表示感谢!杨志勇、赵在理、李鹤鸣、周宏基、胡国梁、谭民利等同仁对本教材的编写提出了宝贵意见,在此一并表示感谢。

限于编者的水平,书中不足之处,敬请读者指正。

编 者

2010 年 9 月

目 录

1 船舶动力装置概论	1
1.1 船舶动力装置的组成	1
1.1.1 推进装置	1
1.1.2 辅助装置	1
1.1.3 船舶管路系统	2
1.1.4 船舶甲板机械	2
1.1.5 机舱的遥控及自动化	2
1.1.6 防污染设备	2
1.2 船舶动力装置的类型和特点	2
1.2.1 柴油机动力装置	2
1.2.2 蒸汽轮机动力装置	3
1.2.3 燃气轮机动力装置	4
1.2.4 核动力装置	5
1.3 船舶动力装置的技术、经济及性能指标	5
1.3.1 技术指标	6
1.3.2 经济指标	7
1.3.3 性能指标	9
1.4 船舶推进装置的形式	10
1.4.1 柴油机推进装置的类型	10
1.4.2 几种典型的推进装置	11
1.5 传动轴系	13
1.5.1 轴系的任务和组成	13
1.5.2 传动轴及轴承	14
1.5.3 尾轴管装置	16
1.6 螺旋桨	21
1.6.1 螺旋桨的结构和几何参数	21
1.6.2 螺旋桨的工作原理	22
1.6.3 螺旋桨的特性	23
1.6.4 可调螺距螺旋桨	24
1.6.5 轴系和螺旋桨的管理	27
2 船舶适航性控制	30
2.1 船舶的发展与分类	30
2.1.1 船舶发展概况	30
2.1.2 船舶分类	31
2.1.3 专用运输船舶的特点	32

2.2	船舶的强度	48
2.2.1	总纵弯曲强度	48
2.2.2	横向强度、局部强度和扭转强度	52
2.3	船舶结构	53
2.3.1	船体结构形式	53
2.3.2	船体结构构件的分类	54
2.3.3	船体结构构件	55
2.3.4	船舶主要部位和舱室布置	65
2.4	船舶管路系统	71
2.4.1	总述	71
2.4.2	燃油系统	72
2.4.3	润滑油系统	74
2.4.4	冷却水系统	76
2.4.5	压缩空气系统、蒸汽系统和排气系统	77
2.4.6	舱底水系统	80
2.4.7	压载水系统	81
2.4.8	消防系统	83
2.4.9	日用淡水系统	86
2.4.10	通风系统	87
2.4.11	空气管、溢流管、测量管、船底塞和海底阀门	88
2.5	船舶适航性基本知识	91
2.5.1	载重线和吃水标志	91
2.5.2	船舶浮性	96
2.5.3	船舶稳性	99
2.6	船舶适航性控制	104
2.6.1	船舶破损进水对适航性的影响	105
2.6.2	船舶抗沉性	106
2.6.3	船舶部分丧失浮力的控制	109
2.6.4	船舶密封与堵漏	110
2.6.5	船舶减摇与操纵装置	115
3	船舶防污染管理	121
3.1	船舶对海洋的污染	121
3.1.1	船舶对海洋污染的特点	121
3.1.2	船舶对海洋污染的方式和途径	121
3.1.3	控制船舶污染海洋环境的措施	124
3.2	船舶防污染公约和法规	124
3.2.1	国际防止船舶造成污染公约	125
3.2.2	区域性协议和沿海国要求	147
3.2.3	我国防止船舶污染海洋环境法规	149
3.3	船舶防污染技术与装备	161

3.3.1	油船残油处理技术	161
3.3.2	船舶防污染设备	162
3.3.3	生活污水处理装置	174
3.3.4	船舶垃圾的处理装置	177
3.4	船舶防污染文书	179
3.4.1	国际防止油污证书	179
3.4.2	油类记录簿	182
3.4.3	国际压载水管理证书	185
3.4.4	压载水操作记录簿	187
3.4.5	船上油污应急计划	188
3.5	船舶污染事故的处理方法	197
3.5.1	船舶污染事故的处罚处理程序和船舶污染事故报告的有关规定	197
3.5.2	油污处理技术及其注意事项	197
4	船舶营运安全管理	200
4.1	国际海上人命安全公约(SOLAS 74 公约)	200
4.1.1	国际海上人命安全公约概述	200
4.1.2	船舶检验与证书	205
4.1.3	操舵装置和应急电源	206
4.1.4	对机器处所的消防要求	208
4.1.5	救生设备与装置	210
4.1.6	航行安全	212
4.2	中华人民共和国海上交通安全法	213
4.3	船舶检验	216
4.3.1	船舶检验机构和船舶检验的目的及分类	216
4.3.2	船舶机械计划保养系统(PMS)	221
4.3.3	船舶适航必备的证书	227
4.3.4	《海上营运船舶检验规程》中的若干规定	229
4.4	国际安全管理规则(ISM Code)	232
4.4.1	国际安全管理规则概述	232
4.4.2	《ISM 规则》的内容	233
4.4.3	安全管理体系	238
4.4.4	发证、审核和监督	241
4.4.5	《NSM 规则》的产生背景及同《ISM 规则》的关系	244
4.5	国际船舶和港口设施保安规则(ISPS Code)	245
4.5.1	《国际船舶和港口设施保安规则》概述	245
4.5.2	《国际船舶和港口设施保安规则》的内容	246
4.6	港口国监督	254
4.6.1	港口国监督的由来和现状	254
4.6.2	港口国监督的法律依据	255
4.6.3	港口国监督程序	255

4.6.4	港口国监督优先检查与扩大范围检查	265
4.6.5	降低中国籍船舶 PSC 滞留率的若干措施	266
4.7	船旗国监督	267
4.7.1	船旗国监督的由来和现状	267
4.7.2	船舶安全检查规则	268
4.7.3	船旗国监督与港口国监督的关系	271
4.7.4	我国船舶安全检查与海事管理的关系	272
4.8	世界主要石油组织对液货船的检查	273
4.8.1	石油公司国际海事论坛(OCIMF)	273
4.8.2	独立油船船东国际协会(INTERTANKO)	275
4.8.3	欧洲化学品分类协会(CDI)	277
4.8.4	船舶的迎检准备和缺陷整改	279
5	船舶安全应急处理	283
5.1	船舶搁浅、碰撞后的应急安全措施	283
5.1.1	船舶搁浅后的应急安全措施	283
5.1.2	船舶碰撞后的应急安全措施	284
5.2	机动车及主机和舵机故障时的应急安全措施	286
5.2.1	机动车时的应急安全措施	286
5.2.2	主机故障时的应急安全措施	286
5.2.3	船舶在航行中舵机失灵时的应急安全措施	286
5.3	全船失电时的应急安全措施	288
5.3.1	全船失电的原因	288
5.3.2	全船失电时的应急安全措施	288
5.3.3	防止失电的安全措施	288
5.3.4	发电装置的运行管理	289
5.4	船舶在恶劣海况下轮机部安全管理事项	289
5.4.1	船舶在大风浪中航行时轮机部安全管理事项	289
5.4.2	船舶在大风浪中锚泊时轮机部安全管理事项	290
5.4.3	船舶在冰区航行时轮机部应急安全措施	290
5.5	轮机部防台措施	290
5.5.1	轮机部防台安全措施	290
5.5.2	轮机部防台应急措施	291
5.6	弃船时轮机部应急安全措施与重大事故处理	293
5.6.1	弃船时轮机部应急安全措施	293
5.6.2	重大事故处理	293
5.7	轮机部安全操作注意事项	294
5.7.1	上高和多层作业时的安全注意事项	294
5.7.2	吊运作业时的安全注意事项	295
5.7.3	检修作业时的安全注意事项	295
5.7.4	车、钳作业时的安全注意事项	296

5.7.5	清洗和油漆作业时的安全注意事项	296
5.7.6	焊接作业时的安全注意事项	296
5.7.7	压力容器使用安全注意事项	298
5.7.8	船舶机舱消防安全注意事项	298
5.7.9	船上封闭处所作业的安全注意事项	300
5.7.10	船舶燃油加装作业的安全注意事项	303
5.8	机舱应急设备的使用和管理	304
5.8.1	机舱应急设备及其使用	304
5.8.2	机舱应急设备的管理	306
5.9	船舶应变部署与应急反应	306
5.9.1	船舶应变部署概要	306
5.9.2	船舶应变须知和操作须知	308
5.9.3	船舶应急时保证旅客和船员安全的规定	308
5.9.4	船舶消防演习与应急反应的规定	309
5.9.5	船舶救生与应急反应的规定	310
5.10	船内通信系统	311
5.10.1	船内通信系统概述	311
5.10.2	中国船级社对船内通信与信号设备的有关规定	313
5.10.3	船内通信设备及系统	314
6	船舶修理	317
6.1	船舶修理的种类和要求	317
6.1.1	船舶修理的类别	317
6.1.2	船舶修理的原则和要求	318
6.2	修船准备及组织工作	318
6.2.1	船舶厂修的准备	318
6.2.2	船舶厂修的组织	320
6.3	轮机坞修工程	321
6.3.1	轮机坞修的主要工程项目	321
6.3.2	坞修的准备工作的	322
6.3.3	坞修工程的验收	322
6.3.4	出坞前的检查	327
6.3.5	试验与试航	327
7	船舶人员管理	331
7.1	海员培训、发证和值班标准国际公约	331
7.1.1	《STCW 公约》概述	331
7.1.2	STCW 规则的主要内容	332
7.1.3	STCW 公约马尼拉修正案	333
7.2	我国劳动法、劳动合同法与 ILO 的劳动保护规定	336
7.2.1	《中华人民共和国劳动法》摘要	336
7.2.2	《中华人民共和国劳动合同法》摘要	338

7.2.3	ILO 的劳动保护规定	343
7.2.4	2006 海事劳工公约	345
7.3	船员管理法规	349
7.3.1	国际和国内有关船员管理的法规	349
7.3.2	海船船员适任考试、评估和发证规则	357
7.4	轮机部船员职责和行为准则	367
7.4.1	轮机部高级船员的主要职责	367
7.4.2	我国船舶轮机值班制度	371
7.4.3	船员调动交接制度	376
7.5	海船船员值班规则	378
7.5.1	总则	378
7.5.2	轮机值班应遵守的原则	378
7.5.3	港内值班	381
7.5.4	驾驶、轮机联系制度	383
7.5.5	船员健康适任要求	384
7.5.6	附则	384
7.6	人员组织和人际间协作	385
7.6.1	对轮机部人员组织管理的有关规定	385
7.6.2	对轮机部人员技术训练的有关要求	386
7.6.3	对轮机部人员协调和激励的有关措施	387
参考文献	389



船舶动力 装置概论

1.1 船舶动力装置的组成

船舶动力装置是保证船舶正常航行、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和系统的综合体。

船舶动力装置的主要任务是：为船舶提供各种能量和使用这些能量，以保证船舶的正常航行与安全，人员的正常生活与安全，以及完成各种作业等。

根据组成船舶动力装置的各种机械、设备和系统的作用不同，船舶动力装置可分为以下几个部分：

1.1.1 推进装置

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

(1) 主机

主机是推进船舶航行的动力机，有柴油机、蒸汽轮机、燃气轮机、核动力等。

(2) 传动设备

将原动机发出的推进动力传递给推进器的设备，有离合器、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，包括传动轴、轴承和轴系附件等。

(4) 推进器

将船舶主机发出的能量转换成船舶推力的设备，如螺旋桨、明轮和喷水推进器等。

1.1.2 辅助装置

除推进装置以外的其他产生能量的设备称为辅助装置，包括：

(1) 船舶电站

供给辅助机械及全船所需要的电能，由发电机、配电板及其他电气设备组成。

(2) 辅助锅炉装置

提供低压蒸汽，以满足加热、取暖及其他生活需要，由辅助锅炉及为它服务的燃油、给水、鼓风、送汽设备及管路、阀件等组成。

(3) 压缩空气系统

提供压缩空气，以满足主机、发电机启动和其他各种设备的需要。

(4) 液压泵站

提供液压能，以满足各种液压控制的需要。

1.1.3 船舶管路系统

船舶管路系统是船舶为了完成一定任务而专门用来输送和排放液体或气体的管路(管子及其附件的组合)、设备(泵、滤清器及热交换器等)和检测仪表等的总称。

船舶管路系按其用途不同可分为动力系统和船舶系统两大类。

(1) 动力系统

主要为船舶动力装置中的主、辅机服务。按其任务不同,可分为:①燃油系统;②滑油系统;③冷却系统;④压缩空气系统;⑤排气系统;⑥蒸汽系统。

(2) 船舶系统

主要保证船舶安全和满足人员的生活需要。按其任务不同,可分为:①舱底水系统;②压载水系统;③消防系统;④通风系统;⑤供水系统;⑥制冷与空调系统;⑦货油系统等。

1.1.4 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,包括:①锚泊机械设备,如锚机、绞盘等;②操舵机械设备,如舵机及操纵机械、执行机构等;③起重机械设备,如起货机、吊艇机和吊杆等。

1.1.5 机舱的遥控及自动化

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错误所设置的设备,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。

1.1.6 防污染设备

防污染设备是指用来处理船上污水、油泥、生活污水及各种垃圾的设备。其中有油水分离装置、焚烧炉及生活污水处理装置等。

船舶动力装置是一个很复杂的能量综合体。然而,根据船舶的用途和形式以及动力装置的复杂程度,上述设备的配备是不相同的。

综上所述,船舶动力装置的能量形式很多,但从燃料的化学能转化来的只有三种能量:推进动力、电能和热能。从动力装置在一般船舶中的作用来看,推进动力是决定船舶活动能力的根本依据,所以提供推进动力是动力装置的根本任务。且推进动力所消耗的能量占动力装置所消耗能量的绝大部分,如万匹马力以上的柴油机动力装置,其推进装置输入能占总输入能的90%以上。因此,推进装置技术性能可以代表动力装置的特点。

1.2 船舶动力装置的类型和特点

船舶动力装置的形式按主推进装置发动机的类型可分为柴油机动力装置、蒸汽轮机动力装置、燃气轮机动力装置和核动力装置等。

1.2.1 柴油机动力装置

柴油机动力装置常根据主机功率传递方式的不同,分为直接传动螺旋桨、通过离合器-减速齿轮机组驱动桨的间接传动和通过主发电机、电动机驱动桨的电力传动,以及不采用桨的喷水推进装置等几种形式。

柴油机动力装置有如下优点：

(1) 有较高的经济性

柴油机动力装置的油耗率(kg/kW·h)比蒸汽、燃气动力装置低得多,高速柴油机油耗率为0.21~0.245,中速机为0.166~0.180,低速机为0.160~0.170;一般蒸汽轮机装置油耗率为0.245~0.47;燃气轮机装置油耗率则更大,为0.27~0.47。这一优点使柴油机的续航力大大提高。

(2) 质量轻

柴油机动力装置中除主机和传动组件外,不需要主锅炉、燃烧器以及工质输送管道,所以辅助机械和设备相应较少,布置简单,因此单位质量指标较小。

(3) 有良好的机动性,操作简单,启动方便,正倒车迅速

一般正常启动到全负荷只需10~30 min,紧急时仅需3~10 min。柴油机装置停车只需2~5 min,主机本身停车只要几秒钟即可。

柴油机动力装置有如下缺点：

(1) 由于柴油机的尺寸和质量按功率比例增长快,因此单机组功率受到限制,低速柴油机达 9.84×10^4 kW左右,中速机 3.49×10^4 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使用的可能性,大功率船常希望有 $3.5 \times 10^4 \sim 3.5 \times 10^5$ kW,故其无法胜任。

(2) 柴油机工作时的噪声、振动较大。

(3) 中高速柴油机的运动部件磨损较厉害,高速强载柴油机的整机寿命较短。

(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差,在超负荷10%时,一般仅能运行1 h。

1.2.2 蒸汽轮机动力装置

蒸汽轮机以锅炉产生的蒸汽为工质通过齿轮箱减速机组传递功率到螺旋桨,也有采用蒸汽轮机发电,使用电力推进方式。

从锅炉里出来的高压过热蒸汽从喷嘴喷到叶片上时,轮机就转动起来,蒸汽速度越大,轮机转动得越快(也就是蒸汽的内能在喷射中变成蒸汽的动能,它的动能又转变为机轴旋转的机械能)。蒸汽轮机将蒸汽的热能转变为机械功,通常是通过冲动作用原理和反动作用原理这两种方式来实现的。其工作原理图如图1-1所示：

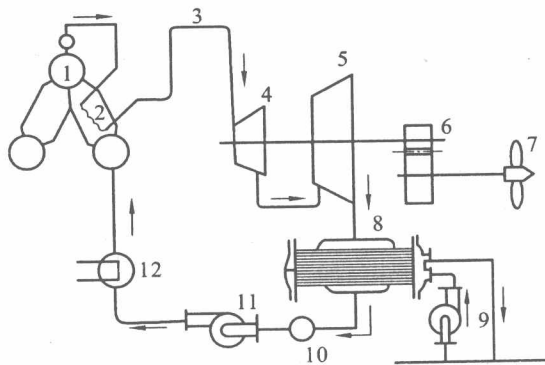


图 1-1 蒸汽轮机推进装置原理图

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

蒸汽轮机动力装置有如下优点：

(1) 由于蒸汽轮机工作过程的连续性,有利于采用高速工质和高转速工作轮,因此单机功率远比活塞式发动机大。现代船用蒸汽轮机的单机功率已达 7.5×10^4 kW 以上,若不受推进器尺寸和制造的影响,像陆用电站蒸汽轮机一样可做成 $6 \times 10^5 \sim 10 \times 10^5$ kW 的巨型动力装置。因此,主机本身的单位质量尺寸指标优越。

(2) 蒸汽轮机叶轮转速稳定,无周期性扰动力,因此机组振动小,噪音小。

(3) 磨损部件少,工作可靠性大,使用期限可高达 10×10^4 h 以上。

(4) 可使用劣质燃料油,润滑油消耗率也很低,仅 $0.1 \sim 0.5$ g/kW · h(柴油机的润滑油消耗率为 $3 \sim 10$ g/kW · h)。

蒸汽轮机动力装置有如下缺点：

(1) 装置总质量尺寸大,因为它配置了主锅炉,以及为其服务的辅助机械和设备,占去了船体许多营运排水量。

(2) 燃油消耗率大,装置效率较差,额定经济性仅为柴油机装置的 $1/2 \sim 2/3$,部分工况下,甚至为 $1/3 \sim 2/5$,在相同燃料储备下续航力降低。

(3) 机动性差,启动前准备时间大约 $30 \sim 35$ min;紧急情况下,缩短暖机过程后也需要 $10 \sim 20$ min,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 $2 \sim 3$ 倍。

1.2.3 燃气轮机动力装置

燃气轮机是以连续流动的气体为工质带动叶轮高速旋转,将燃料的能量转变为有用功的内燃式动力机械,是一种旋转叶轮式热力发动机。

燃气轮机主要由压气机、燃烧室和燃气透平等组成。此外还需要配备良好的附属系统和设备,包括:启动装置、燃料系统、润滑系统、空气滤清器、进气和排气消声器等。其工作原理见图 1-2,压气机(压缩机)连续地从大气中吸入空气并将其压缩;压缩后的空气进入燃烧室,与喷入的燃料混合后燃烧,成为高温燃气,随即流入燃气透平中膨胀做功,推动透平叶轮带着压气机叶轮一起旋转;加热后的高温燃气的做功能力显著提高,因而燃气透平在带动压气机的同时,尚有余功作为燃气轮机的输出机械功。燃气轮机由静止启动时,需用启动机带着旋转,待加速到能独立运行后,启动机才脱开。

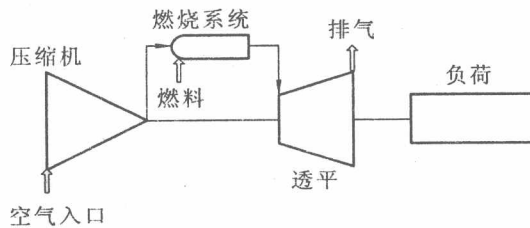


图 1-2 简单循环的燃气轮机

燃气轮机按工作过程分为简单循环、回热循环和复杂循环。燃气轮机的工质来自大气,最后又排至大气,是开式循环;此外,还有工质被封闭循环使用的闭式循环。燃气轮机与其他热机相结合的称为复合循环装置。

燃气轮机通过多级减速齿轮机组传递功率给桨以推动船舶,它能满足船舶对动力装置提出的高速、高机动和极低的单位质量的技术要求。

燃气轮机装置优点:

(1) 机组的质量尺寸指标小。加速燃气轮机装置功率的质量可达 $0.65 \sim 1.3 \text{ kg/kW}$, 全工况时燃气机装置功率的质量为 $2 \sim 4 \text{ kg/kW}$ 。

(2) 良好的机动性, 从冷态启动至全负荷时间, 一般为 $1 \sim 2 \text{ min}$, 大功率燃气轮机装置也只需 $3 \sim 5 \text{ min}$ 。

(3) 燃料消耗量比柴油机高, 但也能达 $0.27 \sim 0.47 \text{ kg/kW} \cdot \text{h}$ 。

燃气轮机装置目前尚有下列缺点:

(1) 主机没有反转性能, 必须设置专门的倒车设备。

(2) 必须借助于启动马达或其他启动机械启动。

(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 $750 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 $16 \sim 23 \text{ kg/kW} \cdot \text{h}$ (柴油机约为 $5 \text{ kg/kW} \cdot \text{h}$, 蒸汽轮机约为 $0.5 \text{ kg/kW} \cdot \text{h}$), 因此进、排气管道尺寸较大, 舱内布置困难。

1.2.4 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动力装置。

核动力装置具有以下优点:

(1) 核动力装置以极少的核燃料释放出巨大的能量, 这可以保证船舶以较高的航速航行极远的距离。

(2) 核动力装置在限定的舱室空间内所能提供的能量, 比一般其他形式的动力装置要大得多, 这主要取决于大功率主机制造及螺旋桨所能吸收的最大功率。

(3) 核动力装置的最大特点是不消耗空气而获得热能。这就不需要进排气装置。

核动力装置存在如下缺点:

(1) 核动力装置的重量尺寸较大。由于核分裂反应释放出大量的放射性物质, 对人体有严重的损伤作用, 污染环境, 考虑核动力船可能遭遇碰撞、触礁、海浪冲击、着火、爆炸等意外灾害时不致污染海洋及损伤人体, 除核反应堆容器加数层围阻屏蔽系统, 以阻止及截留放射性物质逃离反应堆外, 动力装置也是同样。这些屏蔽系统具有很大的重量尺寸, 使得装置重量显著增加。

(2) 操作管理系统比较复杂, 在防护层内机械设备必须远距离操作, 而且在核动力船舶上还必须配置独立的其他形式的能源, 来供给反应堆启动时的辅助设备和反应堆停止工作后冷却反应堆的设备所需的能量。

(3) 核动力装置造价昂贵。核燃料也昂贵, 尤其是浓缩铀, 浓缩度越高价格越贵。

1.3 船舶动力装置的技术、经济及性能指标

船舶动力装置的技术性能在许多方面直接关系到船舶的技术性能。船舶的主要技术性能通常有排水量(主尺度)、航速、续航力、机动性、稳性与适航性、抗沉性等。上述船舶技术性能相互之间有直接或间接的联系, 相互制约, 相互影响, 而动力装置性能对它们的影响既重要又显著。

动力装置的技术特征通常有以下三个方面的指标。

1.3.1 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：

(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。为了保证船舶的航速,动力装置的功率往往取大些(一般大于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,而这些阻力取决于船舶的线型、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_e

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为:

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

② 主机的输出功率 P_b

即主机的制动功率或有效功率。考虑推进效率 η_d (包括船身效率 η_h 、螺旋桨旋转效率 η_r 和敞水效率 η_o) 和轴系传动效率 η_s 后,则主机的输出功率为:

$$P_b = \frac{R \cdot v_s}{\eta_s \cdot \eta_d} \times 10^{-3} \text{ (kW)} \quad (1-2)$$

在进行新船设计时,若要确定推进装置的功率,只要已知母型船的排水量 Δ (t)、船舶有效功率 P_e 及航速 v_s (kn) 等技术参数,一般可采用“海军系数法”进行估算:

$$P_e = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \cdot v_s^3}{C} \text{ (kW)} \quad (1-3)$$

式中: C ——海军系数,与船型有关,根据弗劳德数 (F_r) 相同的母型船来估算。若已知母型船的航速 v_0 、排水量 Δ_0 和功率 P_{e0} ,则有:

$$C = \frac{\Delta_0^{\frac{2}{3}} \cdot v_0^3}{P_{e0}} \quad (1-4)$$

由于在主机发出的有效功率变为船舶有效功率的过程中,存在能量传递和转换损失,因此船舶有效功率仅是主机有效功率的一部分,两者之间的传递效率用推进系数表示,对单桨船为 0.7~0.8;双桨船为 0.6~0.7。

(2) 质量指标

质量指标,通常是相对于主机功率或者船舶的排水量而言的。在一定的排水量下,为了保证船舶具有足够的排水量,要求动力装置的质量轻些为好。但对于排水量相同的船舶,由于彼此的航速不同,所需的总功率也不同,从而动力装置的质量相差也很大。

装置的质量指标,常采用以下几项比值系数表示:

① 主机的单位质量 g_z

指主机单位有效功率的质量,表达式为:

$$g_z = \frac{G_z}{P_b} \text{ (kg/kW)} \quad (1-5)$$

式中: G_z ——主机质量, kg;

P_b ——主机的有效功率, kW。

一般高速机的 g_z 较低速机小。

②装置的单位质量 g_e 。

指主机单位有效功率所需动力装置的质量, 表达式为:

$$g_e = \frac{G_e}{P_b} \text{ (kg/kW)} \quad (1-6)$$

式中: G_e ——动力装置的总质量(包括主机、辅机、管路、轴系、电站及锅炉等), kg。

一般 g_e 约为 g_z 的 2~3 倍。内河船舶的 g_e 较海洋船舶小。

③主机的相对质量 g_x 。

指主机质量 G_z 与船舶满载排水量 Δ 之比, 即:

$$g_x = \frac{G_z}{\Delta} \text{ (kg/t)} \quad (1-7)$$

式中: Δ ——船舶满载排水量, t。

④装置的相对质量 g_σ 。

指动力装置质量 G_e 与船舶满载排水量 Δ 之比, 即:

$$g_\sigma = \frac{G_e}{\Delta} \text{ (kg/t)} \quad (1-8)$$

对于装置本身而言, 其单位质量 g_e 愈小, 表示该装置愈轻, 所消耗的金属材料也愈少。

(3) 尺寸指标

动力装置的机械设备, 绝大多数集中布置在机舱内。机舱的大小应当能够把这些机械设备合理地安排在舱内, 并便于维修管理。从这点出发机舱应宽敞些为好。但从增加船舶有效装载容积的角度考虑, 又要求机舱小些为好。对于不同的船舶, 对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的情况, 一般引入面积饱和度和容积饱和度两个概念。

①面积饱和度 k_s 。

每平方米机舱面积所分配的主机有效功率, 用公式表示为:

$$k_s = \frac{P_b}{S} \text{ (kW/m}^2\text{)} \quad (1-9)$$

式中: S ——机舱所占的面积, m^2 。

②容积饱和度 k_v 。

每立方米机舱容积所分配的主机有效功率, 用公式表示为:

$$k_v = \frac{P_b}{V} \text{ (kW/m}^3\text{)} \quad (1-10)$$

式中: V ——机舱所占的容积, m^3 。

k_s 和 k_v 大, 表示机舱内机械设备布置得紧凑, 利用程度高, 但机舱的通风、散热差, 轮机人员管理维修往往不方便。因此, 应在保证动力装置正常工作及方便维修的条件下选取较大的 k_s 和 k_v 值。

1.3.2 经济指标

动力装置的经济指标, 常用以下三个指标表示。

(1) 主机燃料消耗率 b_z 。

指在单位时间内主机单位有效功率所消耗的燃料量,即:

$$b_z = \frac{B_z}{P_b} \quad (\text{kg/kW} \cdot \text{h}) \quad (1-11)$$

式中: B_z ——主机每小时燃料消耗量, kg/h;

P_b ——主机有效功率, kW。

(2) 动力装置燃料消耗率 b_e

$$b_e = \frac{B_e}{P_e} \quad (\text{kg/kW} \cdot \text{h}) \quad (1-12)$$

式中: B_e ——主机、辅机、锅炉每小时燃料总耗量, $B_e = B_z + B_f + B_g$, kg/h;

B_f ——辅机每小时燃料消耗量, kg/h;

B_g ——锅炉每小时燃料消耗量, kg/h。

(3) 推进装置的有效热效率 η_e

推进装置有效功的热和所消耗的热之比。其表达式为:

$$\eta_e = \frac{3600P_e}{B_e \cdot H_u} \quad (1-13)$$

而

$$P_e = P_b \cdot \eta_s \cdot \eta_o \cdot \eta_r \cdot \eta_h \quad (\text{kW}) \quad (1-14)$$

式中: P_e ——推进装置的有效功率, kW;

H_u ——燃料低热值, kJ/kg;

η_s ——轴系传动效率;

η_o ——螺旋桨敞水效率;

η_r ——螺旋桨相对旋转效率;

η_h ——船身效率;

η_e ——装置的有效热效率。

从以上三个指标中看出,降低燃料消耗率的方法是降低 B_e 值以提高 η_e 。

以上三个经济指标都是代表动力装置在有效功率下燃料和热能利用的经济性。但是,有些船舶全功率、全航速的时间不多,经常使用部分负荷航行,或者工况变化非常频繁。这时应有一个全面性的燃料经济指标——每海里燃料消耗量。

(4) 每海里航程的燃料消耗量 b_n

指船舶航行 1 n mile, 装置所消耗的燃料量, 即:

$$b_n = \frac{B_e}{v_s} = \frac{B_e \cdot t}{v_s \cdot t} \quad (\text{kg/n mile})$$

或

$$b_n = \frac{b_z \cdot P_b}{v_s} + \frac{B_f + B_g}{v_s} \quad (1-15)$$

式中: v_s ——航速, kn;

t ——航行时间, h。

一般地, B_f 和 B_g 与航速无关。主机每海里消耗的燃料量为:

$$b_{nz} = \frac{b_z \cdot P_b}{v_s} = \frac{B_z}{v_s} = \frac{B_z \cdot t}{v_s \cdot t} \quad (1-16)$$

因为

$$P_b = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \cdot v_s^3}{C}$$

所以

$$b_{nz} = \frac{b_z \cdot \Delta^{\frac{2}{3}} \cdot v_s^3}{v_s \cdot C} = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}}}{C} \cdot b_z \cdot v_s^2 \quad (1-17)$$