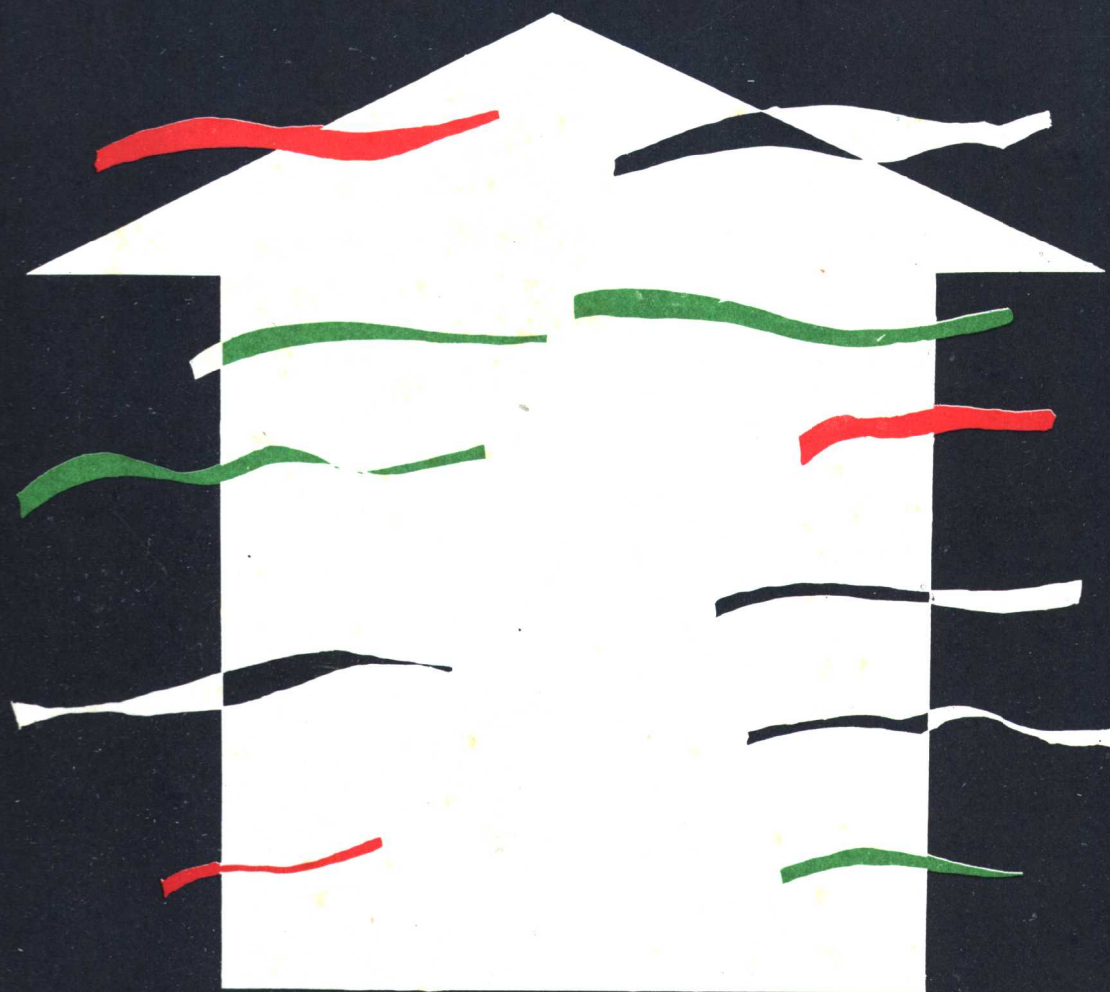


吴 恒 主编

柴油机



船舶动力装置管理



大连海运学院出版社

柴油机船舶动力装置管理

吴 恒 主 编

大连海运学院出版社

(辽)新登字 11 号

内 容 提 要

本书是根据大连海运学院轮机系制定的《柴油机船舶动力装置管理》教学大纲(本科,76学时)和交通部教育司审定的《柴油机船舶动力装置管理实验教学指导大纲》[(91)教实字056号]编写的,是轮机管理专业主要的专业课程教材之一。

本书主要供海船轮机管理专业本科学生使用,也可供广大轮机人员、机务管理人员业务学习之用,同时还可作为各类轮机员、轮机长考证培训的参考资料。

本书主要介绍:船舶动力装置概论,船舶动力装置的可靠性,船舶营运经济管理和最佳航速,船舶能量平衡与余热利用,船舶推进装置及各种系统,工况配合特性,技术状态的监督和 CWBT 维修保养系统,安全运行与应急处理,自动化设备的管理,备件和物料的管理,船员职责与制度。

柴油机船舶动力装置管理

吴 恒 主 编

大连海运学院出版社出版、发行

大连海运学院出版社印刷厂印装

责任编辑:赵兴贤 封面设计:王 艳

开本:787×1092 1/16 印张:15 字数:365 千

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数:0001—4500 定价:8.30 元

ISBN7-5632-0395-8/U·71

编 者 的 话

《柴油机船舶动力装置管理》是大连海运学院轮机管理专业教学计划新增设的一门综合性的专业课程。1987年4月出版的由吴恒、孟庆明、夏治发编写的同名讲义,获1988年度院一等优秀教材奖。本书是在该讲义的基础上重新改编的。

全书共有十四章,其中第一、二、五、六、七、八章由孟庆明副教授编写,第三、四、九、十、十一、十二、十三、十四章由吴恒教授编写。本书由吴恒教授主编,钱耀鹏教授主审,唐克璋教授审阅了第二、三、四章。

编者希望本书能对轮机管理工作有所裨益。教材体系是否得当,缺点和错误也在所难免,诚盼各院校、航运界同行们批评指正。

编 者

1991年11月

目 录

第一章 船舶动力装置概论.....	(1)
第一节 船舶动力装置的组成和类型.....	(1)
第二节 对船舶动力装置的要求.....	(3)
第三节 基本性能指标.....	(4)
第四节 机舱布置规划.....	(7)
第二章 动力装置的可靠性	(10)
第一节 基本概念和故障率曲线	(10)
第二节 船舶动力装置的可靠性	(14)
第三节 提高可靠性的措施	(16)
第三章 船舶营运经济管理和最佳航速	(22)
第一节 船舶的营运经济管理	(22)
第二节 最佳航速的确定	(25)
第三节 节能措施的经济标准	(29)
第四章 船舶能量平衡与余热利用	(32)
第一节 船舶动力装置热平衡的组成	(32)
第二节 船舶动力装置效率的计算	(33)
第三节 船舶余热利用	(36)
第四节 未来型船舶的节能措施	(40)
第五章 船舶推进装置	(44)
第一节 船舶推进装置的传动方式	(44)
第二节 传动轴系的布置	(46)
第三节 传动轴系的结构	(49)
第四节 推进系统的传递设备	(56)
第五节 可调螺距螺旋桨	(67)
第六节 船舶推进装置的管理	(75)
第六章 动力系统	(77)
第一节 冷却系统	(77)
第二节 燃油系统	(84)
第三节 滑油系统.....	(107)
第四节 压缩空气系统.....	(113)
第七章 船舶辅助系统.....	(116)
第一节 舱底水系统.....	(116)
第二节 压载系统.....	(120)
第八章 船舶推进装置的工况配合特性.....	(124)

第一节	船、机、桨的相互作用和螺旋桨的选配	(124)
第二节	各种航行条件下推进装置工况配合特性	(130)
第九章	船舶动力装置技术状态的监督和维修保养工作	(141)
第一节	船舶检验和入级证书	(141)
第二节	CWBT 船舶维修保养体系	(157)
第三节	修船时的管理	(165)
第十章	安全运行与应急处理	(177)
第一节	机动用率及主、副机发生故障后的安全措施	(177)
第二节	船舶搁浅、碰撞后应急安全措施	(178)
第三节	机舱应急设备的使用与管理	(180)
第四节	船舶防火防爆设备的管理	(182)
第五节	轮机部操作安全注意事项	(184)
第六节	焊接手则及注意事项	(185)
第七节	防止油污证书和油类记录簿	(187)
第八节	船舶安全检查	(189)
第十一章	动力装置自动化设备的技术管理	(192)
第一节	船舶动力装置自动化的发展趋势	(192)
第二节	船舶动力装置自动化的管理	(193)
第三节	对船舶动力装置自动化设备的监督	(197)
第十二章	机舱备件和物料的管理	(201)
第一节	备件的数量要求	(201)
第二节	备件的管理	(203)
第三节	备件订货系统	(205)
第四节	船舶物料的管理	(206)
第十三章	船舶保险、诉讼与索赔	(208)
第一节	船舶保险	(208)
第二节	海事争议	(212)
第三节	索赔	(215)
第十四章	职责与制度	(217)
第一节	轮机值班中应遵守的基本原则	(217)
第二节	我国船员职务规则	(219)
第三节	值班制度	(222)
第四节	船员调动交接班制度	(229)
第五节	驾驶、轮机部门联系制度	(231)
主要参考资料		(233)

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、船舶动力装置的概念

“装置”乃是为了达到某一目的所设置的所有机器、设备及系统的总称,以具有某种特定的功能为特征。“船舶动力装置”这一术语已应用了几十年,但一直没有明确而统一的定义。实际上它是和“轮机”这一术语紧密联系在一起的。在1807年,世界上第一艘用蒸汽机驱动推进器的“克莱蒙特”号轮,开创了船舶以动力机械推进的新纪元。当时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”,把装有明轮的船称为“轮船”,而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”。所以当时的“轮机”仅仅是推进设备的简称。但随着科学技术的发展和进步。不仅船舶推进设备更加复杂和完善,而且为了适应船舶营运、人员生活和安全等方面的需要,还增设了诸如船舶电站、起货机械、饮水、供汽、压载、舱底、消防等系统,大大丰富了轮机的内容,并且至今还在不断扩大与完善中。因此,“轮机”是个内容相当广泛的技术范畴。“船舶动力装置”的基本含义和“轮机”相同,是为了满足船舶航行、各种作业、人员的生活和安全需要所设置的全部机械、设备和系统的总称。它的任务是多方面的,但主要任务可概括为:给船舶提供各种形式的能量(机械能、电能、热能)并转换和利用这些能量。

二、船舶动力装置的组成

根据组成船舶动力装置的各种机械、设备和系统所起作用的不同,将整个动力装置分为以下几个部分。

1. 推进装置

推进装置也称主动力装置,是船舶动力装置中最主要的部分。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,使船舶克服阻力以某一航速航行。

2. 辅助装置

辅助装置是产生除推进装置所需能量以外的其它各种能量的装置,其中包括船舶电站、辅助锅炉装置和压缩空气系统,它们分别产生电能、蒸汽和压缩空气供全船使用。

3. 管路系统

管路系统简称管系,用以输送流体,是由各种容器、管路、泵、滤器、热交换器等组成。按用途不同可分为两类:

1)动力系统 指为主机和发电副机安全运转服务的管系,用来输送燃油、润滑油、海水、淡水、蒸汽和压缩空气,它包括燃油系统、滑油系统、冷却系统、蒸汽系统和压缩空气系统等。

2)辅助系统 指为船舶航行、人员生活和安全服务的系统,有时也称为船舶系统,它包括压载、舱底水、通风、饮水、空调和消防系统等。

4. 甲板机械

指为保证船舶航行、停泊及装卸货物需要所设置的机械设备,如舵机、锚机、起货机等。

5. 自动化设备

指为改善船员工作条件,提高装置工作效率和操作的准确性,以及减少维护工作所设置的设备。主要由对主、副机及其它机械设备进行遥控、自动调节、监视和报警的设备组成。

三、船舶动力装置的类型

在船舶动力装置各组成部分中,无论从设计制造的成本、营运中所消耗的能源看,还是从日常维护管理所投入的工作看,推进装置在整个动力装置中都处于最显著的地位。因此,船舶动力装置往往以推进装置的类型进行分类。推进装置的特点一般体现在发动机的类型,动力传递方式,推进器的种类三个方面。由不同型号的发动机、不同形式的传动方式和不同类型的推进器进行合理组合,可组成多种型式的推进装置。在这些推进装置中,主机是核心。因此,根据主机型式的不同来划分动力装置更具有普遍意义。

1. 蒸汽动力装置

在蒸汽动力装置中,根据主机运动方式的不同,有往复式蒸汽机和汽轮机两种。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、管理方便等优点,在过去很长的一段时期内占据着统治地位。但由于其经济性差、尺寸重量大、不能适应机组功率增长的需要,现在已经被其他船用发动机所代替。回转式汽轮机自从十九世纪末问世并装船使用以来,由于受到柴油机的挑战,一直发展比较缓慢。这种发动机运转平稳,摩擦、磨损较少,振动、噪声较轻。但热效率低,要配置重量、尺寸较大的锅炉、冷凝器、减速齿轮装置以及其它辅助机械,因此装置的总重量和尺寸均较大,这就限制了它在中小船舶中的应用。然而最近十几年来,由于制造了系列化、通用化和简单化的装置,降低了造价;提高了蒸汽初始参数(有的可达到15MPa, 540°C),采用中间过热和废热充分回收利用系统,大幅度降低了燃油消耗率;解决了繁重的锅炉水垢清洗问题;采用低螺旋桨转速等一系列措施,再加上这种装置对燃料适应性好的优点,故应用范围有所扩大。不少资料表明,在功率超过22000kW(30000HP)和船速超过20Kn时,汽轮机动力装置比柴油机动力装置更为优越。

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 柴油机不仅是热效率最高的一种热机,而且还具有起动迅速、安全可靠、装置的重量较轻、功率范围大(从几kW至数万kW)等一系列优点,因此船舶主机及发电副机现在多用这种发动机。船舶以柴油机动力装置占绝对优势的状况,在今后一个相当长的时期内还将继续下去。在中、大型民用船舶上所使用的柴油机有大型低速和大功率中速两大类。这两种柴油机在激烈竞争的同时又互相促进,都在迅速的发展着。

大型低速柴油机动力装置自60年代起发展的特别迅速。一方面是由于当时船舶向大型化、高速化发展,需要大功率的发动机;另一方面由于废气涡轮增压技术的进步,可燃用更低质燃料,降低了比油耗,为大型低速机发展提供了可能。70年代两次能源危机的冲击和相继出现的航运事业不景气,从节能需要出发,船舶已不再向大型化和高速化方向发展,除专业化船舶外,一般货船的航速降至14kn左右。为了适应这种形势,大型低速柴油机的尺度不再增加,而且缸径也都回到1000mm以内,并出现了缸径只有260mm的低速机(如S26MC/MCE)。从70年代末至今围绕着节能这一中心,大型低速柴油机的结构差不多年年都在改进,大体每隔两年就推出一种新机型。可以认为,降低耗油率提高经济性,仍然是今后

发展的方向之一。

大功率中速柴油机动力装置的重量和尺寸较小,可燃用重质燃料,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,使螺旋桨的转速最佳化,从而显著提高推进装置效率。单缸功率的提高和单机功率的扩大,以及可用多台(2~4台)发动机通过减速器驱动一个螺旋桨的可能性,都给中速机的发展创造了有利的条件,特别是在机舱尺寸要求严格的滚装船、集装箱船和客船上,中速机的应用就更为广泛。目前中速机的耗油率虽然有明显下降,但仍然略高于低速机,运转中噪声也比较大。预计中速机今后还会有进一步发展。

2) 燃气轮机动力装置 本世纪 30 年代燃气轮机制造业开始兴盛起来,第一批作为商船主机的是在 50 年代。它的优点是单位重量和尺寸小,机动性高,操纵管理简便,便于实现自动化。但它的经济性差、进排气管道大、机舱布置困难、不能直接倒车、装置较复杂、叶片及燃气发生器均在高温高压状态下工作、寿命较短。由于以上原因,这种动力装置在商船上应用较少。

3. 核动力装置

核动力装置的优点是所用燃料的重量极轻,大大增加船舶续航力。同时核燃料燃烧不用空气助燃,不用设进排气系统。但由于造价高,核分裂反应释放出大量放射性物质要严加防护,操纵管理检查系统复杂,因此在商船上应用甚少,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 对船舶动力装置的要求

一、可靠性

船舶动力装置的好坏,首先取决于它在各种营运条件下,能否可靠地和不间断地进行工作。因此,对任何船舶动力装置首先提出的要求就是工作可靠性要高。

二、经济性

民用船舶在满足可靠性的前提下,要求尽量提高其经济性。对于船舶动力装置的经济性不能只从主机耗油率一项指标去衡量,还要考虑造船初投资费、燃油价格、管理维修费、折旧费、船员工资、保险和港口各项费用。所以对动力装置的经济性要全面考虑,综合分析。

三、机动性

船舶的机动性是安全航行的重要保证。船舶起航、变速、倒航和回转的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,后者可由以下几项指标体现。

1. 发动机由起动至达到全功率所需的时间

这段时间的长短主要取决于发动机的型式,低速柴油机需 30 分钟以上。影响发动机加速时间长短的因素是它的运动部件的质量惯性和受热部件的热惯性,而后者更为重要。在这方面中速柴油机优于低速柴油机。

2. 螺旋桨换向所需的时间和可能的换向次数

螺旋桨换向所需的时间通常是指由发出换向指令起到螺旋桨开始反方向回转的时间。柴油机的起动换向性能较好,在机动航行时一般十几秒内就可完成换向过程,但在船速较快且不进行紧急刹车时,换向时间则大为延长。换向次数取决于空气瓶的容积和发动机的起动性能。换向时间和换向次数,以电力传动和调距桨装置最佳。

3. 船舶由前进变为倒航所需的时间(或滑行的距离)

由于船舶惯性大,船舶由前进变为后退所需的时间,总是大于发动机或螺旋桨换向所需要的时间。船舶开始倒航前滑行的距离主要取决于船舶的初速、排水量、装置的换向性能和倒车功率。滑行距离不能太大,对于货船一般要求不能大于船体长度的六倍,而客船不得超过四倍。

4. 发动机的最低稳定转速及转速限制区域

低速柴油机的最低稳定转速一般不高于标定转速的 30%,中速机不高于 40%,高速机不高于 45%,它主要取决于喷油设备的结构和制造质量。在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。最低稳定转速越低,在使用的转速范围内共振区越少、越窄,则动力装置的机动性能就越好。

四、重量和尺度

为了提高船舶的经济效益,应力求减少装置的重量和尺度。但装置重量的减少往往和发动机的寿命相矛盾。如图 1-1 所示。图中表示出主机为废气涡轮增压、低速、二冲程柴油机的动力装置的重量、寿命、经济性与转速间的大致关系。采用轴带发电机,可减少副柴油发电机的数量,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,但要考虑能否满足经济性和可靠性。

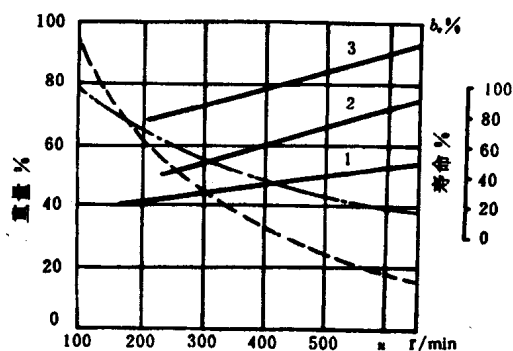


图 1-1 柴油机的重量、寿命、经济性与转速的关系

1-直接传动;2-减速齿轮传动;3-电力传动;

虚线-重量;点划线-寿命;实线-耗油率

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。机舱宽度一般仅决定于船舶宽度,和发动机宽度无关。一些水平装货的新型船舶(如滚装船和轮渡),对机舱高度有一定要求,采用低速机往往难以满足,一般采用中速机装置。

五、续航力

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。续航力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,也和船舶航速有很大关系。

除以上要求外,还要求便于维护管理,有一定的自动化程度,并满足造船和验船规范。

第三节 基本性能指标

一、船舶有效功率

船舶航行时,克服水、风对船体阻力所消耗的功率称船舶有效功率,也称阻功率,它表示船舶作功能力的大小。船体阻力和船舶的线型、吃水、尺度、航速、气象条件以及航道状况等因素有关。动力装置的功率是按船舶的最大航速并考虑一定的储备后确定的。若船舶的航行速度为 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

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

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,船与桨间也有相互影响,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:

$$C = \frac{P_R}{P_e} \quad (1-2)$$

推进系数是一个综合性指标,它表示了整个推进系统及船舶的全面性能,其数值随船体线型、轴系布置、传动方式、螺旋桨效率及船体上附体形式而定。在一般船舶中推进系数的数值范围为

单桨船 0.70~0.80

双桨船 0.60~0.70

在进行新船设计时,可用“海军系数法”估算出螺旋桨应发出的功率 P_P

$$P_P = \frac{D_0^2 V_0^3}{C_B} \text{ kw} \quad (1-3)$$

式中: D ——排水量, t;

V_s ——航速, kn;

C_B ——海军系数,由已知母型船决定,即

$$C_B = \frac{D_0^2 V_0^3}{P_{P_0}}$$

式中母型船的参数 D_0 、 V_0 、 P_{P_0} 都是已知值。

如果推进轴系的传动效率已知,便可确定出主机的有效功率。

二、动力装置的单位重量和机舱饱和度

同样排水量的船舶,由于航速不同,则所需的功率也不同,因而动力装置的重量和外形尺寸相差很大。

1. 主机的单位重量 g_z

G_z 指主机单位有效功率的重量,即

$$g_z = \frac{G_z}{P_e} \text{ kg/kw} \quad (1-4)$$

式中: g_z ——主机总重量, kg;

P_e ——主机的有效功率, kw。

一般转速越高 g_z 越小。

2. 装置的单位重量 g_{zh}

g_{zh} 指主机单位有效功率的动力装置重量,即

$$g_{zh} = \frac{G_{zh}}{P_e} \text{ kg/kw} \quad (1-5)$$

式中: G_{zh} ——动力装置的总重量, kg。

一般 g_{zh} 约为 g_z 的 2—3 倍。

3. 主机的相对重量 α_z

α_z 指主机总重量与船舶满载排水量之比,即

$$\alpha_z = \frac{G_z}{D} \text{ kg/t} \quad (1-6)$$

式中: D ——满载排水量, t。

4. 装置的相对重量 α_{zh}

α_{zh} 指动力装置总重量与船舶满载排水量之比,即

$$\alpha_{zh} = \frac{G_{zh}}{D} \quad \text{kg/t} \quad (1-7)$$

5. 机舱饱和度

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。

面积饱和度 K_s 为单位机舱面积所分配的动力装置功率,即

$$K_s = \frac{P_{zh}}{F} \quad \text{kw/m}^2 \quad (1-8)$$

式中: P_{zh} ——动力装置功率, kw;

F ——机舱所占的面积, m^2 。

容积饱和度 K_v 为单位机舱容积所分配的动力装置功率,即

$$k_v = \frac{P_{zh}}{v} \quad \text{kw/m}^3 \quad (1-9)$$

式中: v ——机舱所占的容积, m^3 。

机舱饱和度高的动力装置,各机器设备的布置比较紧凑,但往往给维护管理带来不便,因此其数值应合理选取。

三、动力装置燃料消耗率和有效热效率

动力装置燃料消耗率指动力装置在单位时间内每单位主机有效功率的燃料消耗量,以 b_e 表示,即

$$b_e = \frac{B}{P_e} \quad \text{kg/kw} \cdot \text{h}$$

式中: B ——整个动力装置每小时的燃料消耗量,包括主机、副机和锅炉, kg/h 。

动力装置有效热效率指主机在一小时内所作有效功的相当热量,与同样时间内动力装置消耗的燃料所放出的总热量之比,以 η_{zh} 表示,即

$$\eta_{zh} = \frac{3600P_e}{BH_u} \quad (1-10)$$

式中: H_u ——燃料的低发热值,一般燃油的低发热值大约为 $4.18 \times 10^4 \text{ kJ/kg}$ 。

b_e 与 η_{zh} 的关系为

$$\eta_{zh} = \frac{3600}{b_e H_u}$$

上述两个指标 b_e 与 η_{zh} 都是针对动力装置本身的经济性而言的,它没有考虑船舶的航行特性。

四、每海里燃料消耗量

指船舶每航行一海里动力装置所消耗的燃料量,以 b_n 表示,即

$$b_n = \frac{B}{v_s} \quad \text{kg/n mile} \quad (1-11)$$

b_n 是带有综合性质的指标,它既考虑了动力装置本身的性能,也考虑了船舶的航行性能。

在载重量不变时一般商船中主机有效功率和船速三次方成正比的关系代入上式,则有

$$b_M = \frac{B_1 + B_2 + B_3}{v_s} = \frac{B_1}{P_e} A v_s^2 + \frac{B_2 + B_3}{v_s} = A b_1 v_s^2 + \frac{B_2 + B_3}{v_s} \quad \text{kg/n mile} \quad (1-12)$$

式中: B_1 、 B_2 、 B_3 ——分别为主机、副机和锅炉的每小时燃油消耗量, kg/h;

b_1 ——主机的燃油消耗率, kg/kW · h;

v_s ——航速, kn;

A ——比例常数。

船舶航行时 B_2 和 B_3 基本上不变, 与航速无关。在设有废气锅炉时, 正常航行中 $B_3=0$ 。

由上式可知, b_M 是 b_1 和 v_s 的函数, 而 b_1 也随 v_s 变化, 在低速航行时, 虽然 b_1 增大了, 但 b_M 仍可能降低。每海里航程消耗燃料最少的航速为经济航速, 它对于长时间在部分负荷下工作的船舶(如渔船和科学考察船), 以及在有限的燃油储备量下要求尽可能增加续航力或者高速航行没有必要时(如需要长时间等泊位和引水员等), 具有特别重要的意义。

第四节 机舱布置规划

为了降低船舶造价, 也使动力装置维护管理方便及有利于安全可靠运行, 一般都将动力装置中的主要机械设备集中安置在专门的船舱中, 这个专门的船舱称为机舱。机舱的位置和尺度, 机舱中机械设备的布置, 都直接影响着船舶的营运及实用性能。机舱规划就是给机舱在船上定位和使机器设备在机舱中得到合理安排。

一、机舱的位置和尺寸

在决定机舱位置时, 既要考虑全船舱室规划和平衡的要求, 也要考虑动力装置本身的特点和维修方便。对于一般的商船来说, 通常把机舱设在船中或船尾, (多数在船尾)。

中机舱主要优点在于: 机舱内的机器设备重量集中在船的中部, 当船在空载或满载时易于使船体保持前后左右平衡; 机舱比较宽敞平整, 设备布置比较容易; 抗沉性较好。其缺点是: 轴系长, 必须设长的轴隧, 使货舱容积减少; 机舱以后的货舱底部不平, 不便于装卸货作业; 轮机人员巡回检查范围大, 维护管理工作量增加; 装置的重量尺寸增加, 功率传递效率下降。尾机舱的优缺点与中机舱正好相反。对于运送液体货物的船舶, 采用尾机舱就更为有利, 它不但便于装卸液体货物管系的铺设, 减少了空隔舱数目, 增加了装货容积, 而且也有利于防漏和安全。

商船机舱的数量多为一船一个, 以便于施工和易于管理维修。

机舱长度一般由主机机组长度(包括传动设备)、通道宽度及所留出的余量来决定。机舱宽度通常就是船舶宽度。需要布置在机舱内的设备较多, 仅在机舱底部布置不下, 尚需在机舱内设置一定数量的平台, 用来安装一些设备。有些尾机舱船舶, 由于船尾较瘦, 需要将机舱长度适当加长, 以便在主机自由端也安装某些设备。机舱高度主要取决于主机高度和维修所需高度之和, 不但要满足吊缸需要, 还要考虑大修时机器设备能吊出船外。一般情况下, 机舱高度在主甲板以下全由机器设备所占, 而主甲板以上, 除主机上方为吊缸空间及通风透光用外, 其四周一般为上层建筑。

二、机舱布置原则

1. 必须保证整个动力装置能可靠而持久地工作

船舶航行时不可避免地要发生倾斜和纵横摇摆, 要求整个动力装置在船舶横倾 15°、横摇 22.5°和纵倾 5°、纵摇 7.5°时能保证正常工作。为了做到这一点, 对一些机械设备的位置

要安排适当。一般来说,海水泵(如主、辅海水泵,救火泵,压载泵,空调及冷藏水泵等)应布置在船舶最小吃水线以下一定距离。海底阀(通海阀)不但左右舷要设,而且尚有高低之分,它们也均应处在船舶最小吃水线以下,并符合造船规范要求,确保海水吸入不致中断。应急电站的位置应设在机舱以外的上层甲板,以备万一机舱进水仍能正常工作。各种卧式回转机械应按船的纵向布置,以减少船舶横摇对其工作的影响。

2. 船舶的平衡性和稳性要好

机舱中各设备的重量分布要尽量左右均衡,大设备的重心应尽量低。机械设备对船舶平衡性的影响,是以设备的重心位置和重量大小来体现的。在整个机舱布置完毕后,便可根据各机械设备的重量、重心位置来计算整个动力装置的重量和重心位置。在进行计算时应注意各力矩的符号,通常这样规定:横中剖面以后的设备取“+”,以前的取“-”;纵中剖面以右的取“+”,以左的取“-”;主水线平面以下取“+”,以上取“-”。

设动力装置的重心至横中剖面的距离为 L_1 ,至纵中剖面距离为 L_2 ,至主水线平面距离为 L_3 ,则它们可用下式求得:

$$L_1 = \frac{\sum M_1}{\sum G} \quad (1-13)$$

$$L_2 = \frac{\sum M_2}{\sum G} \quad (1-14)$$

$$L_3 = \frac{\sum M_3}{\sum G} \quad (1-15)$$

式中: $\sum M_1$ 、 $\sum M_2$ 、 $\sum M_3$ ——分别为动力装置中各设备对横中剖面、纵中剖面、主水线平面的力矩代数数和;

$\sum G$ ——动力装置的总重量 t 。

要求 L_1 必须为正值, L_2 尽量为零, L_3 尽量大一些,这样船舶的平衡性和稳性都比较好。

3. 便于进行管理和维修

船舶的机械设备布置得合理,轮机人员工作就省力、简单和有效,就容易发现和排除故障。是否便于进行管理和维修,可以依据轮机人员完成操作过程所经过的路线长短、所需时间的多少、动作的难易程度和所费力量的大小进行判断。在布置中应考虑尽量使轮机人员在备车、完车、巡回检查时所走的路线短,通道上无障碍物或障碍物少,上、下的高度不要过大,经常需要开关的阀件和设备易于操作和接近,常观察的仪表要尽量集中和醒目,相同用途的设备尽量安放在一起,要避免管系过于集中和重迭,噪音大、振动强的设备应距操纵台或集控室远一些,设备拆修空间要足够。随着科学技术的进步,自动化船舶的数量越来越多,自动化程度越来越高。尽管如此,在进行机舱布置时,仍需认真考虑便于管理和维修问题,以适应船员数量减少的要求。

4. 有利于防火和排水

在进行机舱布置时,要将有火和高温设备同油舱、油柜、油管及其它易燃物品离开一定距离。在锅炉、配电盘、排烟管上方不要有油管通过。各油柜的速闭阀应在机舱外遥控关闭。分油机周围易脏,并易产生大量油汽,喷油器实验台周围也是如此,它们均应设在通风良好的专门房间内。在机舱进水时,机舱中各排量大的泵浦,如主海水泵、救火泵、压载泵、舱底水泵等能同时向舷外排水,轴隧水密门应在机舱、轴隧和机舱外进行开关,应急阀应醒目、易操作并注明开关的方向。

机舱的布置工作虽然从动力装置的总体设计阶段就已经开始,但直到交付使用才最后结束。一个布置得比较理想的机舱,除和设计、施工人员的聪明才智有关外,也和从事监造工作的轮机人员的知识水平、实际工作经验以及责任心有关。在机舱施工过程中,虽然大的框子由图纸给定,但许多细节问题,有时也是很重要的问题,在施工过程中不可避免地要根据实际情况进行修改。所以轮机人员除严格按有关规定进行检查监督把好质量关外,还应从使用管理方面积极思考,提出合理建议,使机舱布置更为完善。

第二章 动力装置的可靠性

可靠性问题对于船舶动力装置来讲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,不可能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,有可能导致海损和严重的海洋污染。可靠性不足,会额外增加消除故障的开支,增加维修劳动量,延长停航修理时间,降低船舶营运效益。因此,船舶动力装置的可靠性应是第一位的。

第一节 基本概念和故障率曲线

一、基本概念

1. 可靠性

可靠性是指“产品在规定条件下和规定时间内,完成规定功能的能力”。

在上述定义中所提到的“产品”是指可靠性研究的对象,它包括系统、子系统、机器、设备、部件和元件等。如果是一个系统,也应把操作系统的人的因素包括在内。“规定的条件”是指对象的工作条件,包括环境温度、压力、湿度、振动以及承受的负荷等。“规定的时间”是指对象工作期限,它可用时间的累计值表示,也可用距离、次数表示。“规定功能”是指对象在工作参数处于规定范围内的情况下,完成的给定工作。“完成规定功能”与“不发生故障”是 synonym。

产品在规定条件下和规定时间内完成规定功能的概率称可靠度。若产品在规定的条件下,规定的时间为 t ,从开始工作到发生故障的连续工作时间为 T ,则产品的可靠度 $R(t)$ 为

$$R(t) = P(T > t) \quad t \geq 0 \quad (2-1)$$

式中: $P(T > t)$ 为产品连续工作时间超过规定时间的概率。

由于产品的可靠度总是随着规定时间 t 的增长而下降,所以 $R(t)$ 是时间 t 的递减函数,而且有

$$R(0) = 1, R(\infty) = 0$$

在 $0 \leq t \leq \infty$ 范围内, $0 \leq R(t) \leq 1$

可靠度将可靠性具体化、定量化,它是可靠性的定量定义。在可靠性技术中,经常不把两者严格区分开来,而把可靠度也统称为可靠性。把可靠性用概率数值来表示,给可靠性技术发展开辟了新的途径。

如果同型产品的数量相当大时,可靠度可根据故障统计数据近似求出,即

$$R(t) \approx \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$$

式中: N_0 ——在初始时间 t_0 所观测的同型产品数;

$n(t)$ ——给定工作时间 t 结束前发生故障的产品数。

若某产品在 1 万小时内工作的可靠度 $R(t) = 0.95$,这就是说该产品平均约 95% 可保持不低于 1 万小时的工作能力。

2. 故障概率和故障率

所谓故障是指“产品丧失规定功能”。丧失规定功能的概率称故障概率或不可靠度。故障概率 $F(t)$ 和可靠度 $R(t)$ 间有如下关系

$$F(t) = P(T \leq t) = 1 - R(t) \quad (2-2)$$

式中: $P(T \leq t)$ 为时间区间 $0 \sim t$ 内发生故障的概率。

由于 $F(t)$ 直接反映出故障随时间变化规律, 故称为故障分布函数。

产品在任一时间 t 的故障概率的变化率称故障密度函数, 用 $f(t)$ 表示, 即

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (2-3)$$

所以

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

设有 N 个相同的产品, 在相同的条件下, 从 $t=0$ 同时开始试验。在到达时间 t 时, 发生故障产品数用 $n(t)$ 表示, 残存的产品数为 $N-n(t)$, 则有

$$F(t) = \frac{n(t)}{N}$$

$$R(t) = \frac{N - n(t)}{N} = 1 - F(t)$$

产品工作到某时刻后, 在接下去的单位时间内发生故障的概率称为故障率 λ , 由于 λ 也是时间 t 的函数, 故可用 $\lambda(t)$ 表示, $\lambda(t)$ 称为故障率函数。因此, 在时间增量 Δt 期间, 故障数的增加量为 $[N-n(t)]\lambda(t)\Delta t$ 。此增加量等于 t 和 $(t+\Delta t)$ 时产品残存数之差 $N[R(t)-R(t+\Delta t)]$ 。当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 则 $[N-n(t)]\lambda(t)\Delta t = NR'(t)\Delta t$ (式中 $R'(t)$ 为 $R(t)$ 的导数)。因此

$$\lambda(t) = \frac{R'(t)}{R(t)} \quad (2-4)$$

或

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2-5)$$

故障率有平均故障率和瞬时故障率, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 的故障率为瞬时故障率。平均故障率可用下式求得

$$\text{平均故障率} = \frac{\text{某一时间内的总故障数}}{\text{某一时间内的总工作时间}}$$

将式(2-4)两边同乘 dt 并进行积分, 则

$$\int_0^t \lambda(t) dt = -\ln R(t), \text{ 所以} \\ R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (2-6)$$

在可靠性试验时, 常用统计方法求得经验故障密度函数 $f(t)$, 因此也可求得不同 t 时的可靠度 $R(t)$, 故障概率 $F(t)$ 及故障率 $\lambda(t)$ 。

3. 维修性

在船上, 对于一些成本低、构造简单的零、部件, 通常作为物料处理, 属不予修理的消耗品, 如通用的螺钉、螺母、垫圈、填料等。但对成本昂贵、构造复杂、耐用的零部件或设备, 往往要求其具有一定的维修性。

把产品维持在可使用及可运行状态, 或为了修复故障及缺陷等所进行的一切工作称维修。产品在规定的条件下, 按照预定的程序进行维修, 使之在规定的时间内, 能恢复其规定功