



21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶舾装专业

船舶机装与电装工艺

CHUANBO JIZHUANG
YU DIANZHUANG GONGYI

主编 刁玉峰



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶舾装专业



船舶机装与电装工艺

**CHUANBO JIZHUANG
YU DIANZHUANG GONGYI**

主 编 刁玉峰

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

本书共分六章,前三章介绍机装工艺,包括船舶轴系零部件的制造和装配,船舶轴系的安装,船舶辅机和锅炉的安装;后三章介绍电装工艺,包括电气安装件及船体构件开孔补强,船用电缆及其拉数,船舶电气设备的安装。

本书可作为高等职业技术学院船舶舾装专业和船舶涂装专业的教材或教学参考书,亦可供从事船舶设计、生产及航运系统的有关工程技术人员与管理人员参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

船舶机装与电装工艺/刁玉峰主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.12

ISBN 978 - 7 - 81133 - 597 - 2

I. ①船… II. ①刁… III. ①舾装 - 工艺学 IV. ①U671.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 218153 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 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 13.25
字 数 318 千字
版 次 2010 年 1 月第 1 版
印 次 2010 年 1 月第 1 次印刷
定 价 26.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

21 世纪高职系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任	孙元政			
主任委员	丛培亭	刘 义	刘 勇	杨永明
	张亦丁	季永青	罗东明	施祝斌
	倪依纯	康 捷	曹志平	熊仕涛
委 员	丛培亭	刘 义	刘 勇	刘义菊
	孙元政	闫世杰	杨永明	陈良政
	沈苏海	肖锦清	周 涛	季永青
	罗东明	俞舟平	胡启祥	胡适军
	施祝斌	钟继雷	唐永刚	徐立华
	郭江平	倪依纯	康 捷	曹志平
	熊仕涛	潘汝良	蔡厚平	

前言

船舶机装与电装工艺

CHUANBO JIZHUANG YU DIANZHUANGGONGYI

本教材注重以就业为导向,以能力为本位,面向市场,面向社会,体现了职业教育的特色,满足了实用型、技能型船舶技术类专业高等职业人才培养的需要。本教材在组织编写过程中,形成了如下特色:

1. 认真总结了全国开办有船舶技术类专业的职业院校多年来的专业教学经验,并吸收了部分企业专家的意见,代表性强,适用性广;

2. 以职业岗位的需求为出发点,适当精简了教学内容,减少了理论描述,具有较强的针对性和可操作性。

《船舶机装与电装工艺》是高等职业教育船舶技术类船舶舾装技术专业规划教材,按照《船舶机装与电装工艺》教学大纲的要求,比较系统地介绍了船舶机装工艺和电装工艺的概念、基本内容、特点和船舶轴系零部件的制造和装配、船舶轴系的安装、船舶辅机和锅炉的安装、电气安装件及船体构件开孔补强、船用电缆及其拉敷、船舶电气设备的安装等内容,以使读者全面了解船舶机装与电装工艺的基本过程和方法。

本教材针对三年制高等教育编写,二年制院校也可参考使用。同时,本教材还适用于船员的考证培训和船厂职工的自学以及其他形式的职业教育。

参加本书编写工作的有:渤海船舶职业学院刁玉峰编写绪论及第一、二、三、四章,渤海船舶职业学院金璐编写第五章,渤海船舶职业学院王璐璐编写第六章。本书由渤海船舶职业学院彭辉担任主审,在此表示感谢!

限于编者经历和水平,教材内容难以涵盖全国各地的实际情况,疏漏或不当之处,在所难免,希望各教学单位在选用和推广本教材的同时,不断提出宝贵的修改意见和建议,以便修订再版时改正。

编者

2009年3月

目 录

21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶机装与电装工艺

绪 论	1
思考与练习	5
第一章 船舶轴系零部件的制造和装配	6
第一节 船舶轴系概述	6
第二节 轴系部件制造与装配的技术条件	9
第三节 艏轴的装配	12
第四节 可拆联轴节的装配	17
第五节 轴系的配对(对接平轴)	20
第六节 艏轴管的装配	25
第七节 艏轴管密封装置的装配	38
第八节 隔舱壁填料函的装配	42
第九节 螺旋桨的制造与装配	42
思考与练习	60
第二章 船舶轴系的安装	62
第一节 轴系理论中心线的测定	62
第二节 轴系孔的镗削	69
第三节 艏轴管装置的安装	77
第四节 螺旋桨的安装	82
第五节 轴系的校中	93
第六节 轴系的固定	133
第七节 船舶轴系安装技术的发展	134
思考与练习	135
第三章 船舶辅机和锅炉的安装	136
第一节 一般辅机在船上的安装	136
第二节 甲板机械在船上的安装	143
第三节 胶黏剂的应用	148
第四节 锅炉在船上的安装	152
思考与练习	157
第四章 电气安装件及船体构件开孔补强	158
第一节 电气设备固定件	158
第二节 电缆紧固件	161
第三节 电缆贯穿件	164
第四节 船体构件开孔原则	166
思考与练习	169
第五章 船用电缆及其拉敷	170
第一节 船用电缆的结构与型号	170
第二节 船舶常用电缆及选择	173
第三节 船用电缆的拉放	176



21世纪高职船舶系列教材
SHIP GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶机装与电装工艺

第四节	船用电缆的敷设	178
第五节	电缆在特殊条件下的敷设工艺	182
第六节	电缆孔的密封	184
	思考与练习	187
第六章 船舶电气设备的安装		189
第一节	船舶电气设备安装原则及安装阶段	189
第二节	船舶电气设备的基本安装方法	192
第三节	船舶灯具及其安装	195
第四节	船用蓄电池的安装	200
第五节	船舶通信、无线电及助航设备的安装	202
	思考与练习	203



绪 论

一艘民用船舶或舰艇能够成为商品提供给订货方,它必须经过船体建造与舾装和涂装等生产过程及工艺过程才能完成。

“舾装”一词原意指船舶下水后在码头进行安装内部构件和设备,而这一部分设备统称为舾装件。现在“舾装”是指船体建造工程和涂装工程以外的所有船舶工程的总称。舾装还可细分为“船装”“机装”“管装”和“电装”等。

一、机装工艺的含义

机装工程是指船舶机、炉舱及特种舱室中的机电设备,各种管路及有关舾装件的设计、制造和安装这一工程范畴。

机装工艺是指包括主机、辅机、轴系、设备和管路系统等整个动力装置的部件及有关舾装件在内的全部安装工程,采用先进的科学技术方法进行安装和调试,以达到提高生产率、降低建造成本、改进产品质量、缩短造船周期为目的的一门综合性的应用科学。

船舶主机、轴系和推进器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等。

当前,船舶动力装置主要有内燃机、(蒸)汽轮机、燃气轮机、核动力和联合动力装置等几种。从国内外使用情况看,民用船舶是以内燃机动力装置为主,但随着超级油船和大型集装箱船的建造,在 22 050 千瓦(30 000 马力)以上的船舶中,汽轮机动力装置日益增多。在本书中只讲解内燃机动力装置的安装工艺。

二、机装的特点及工艺流程和规程的制定

(一)机装作业的特点

它的特点是将数以千计名目繁多的机械、设备、电动机、管路、阀件和仪表等舾装件按动力装置原理设计的要求,集中到一艘船上并给予科学的排列、安装、调试和运行。这确实是一种难度较大的庞大工程,为建造一艘船舶,有时甚至要动用上百的工人、技术人员和管理人员在船上进行辛勤的劳动。由于人多,机械设备众多,全船布置分散、次序参差交错,因此机装件安装时很少使用机械化工具,主要采用手工作业,这显然与现代化企业的要求差距较大。为此,应从如下两方面着手解决。

(1)设计采用新的工艺流程和方法,采用电子计算机及数控技术实现生产设计的现代化,以及推行预舾装工艺,将机械安装的主要工作量从机舱、炉舱及其他舱室移到车间完成,或进一步由专业化工厂提供成套设备和功能单元,减少机械安装的工作量。

(2)设计采用新的机械化工具,应用新型材料简化安装作业,减少刮配加工范围,采用各种方法减轻施工人员的劳动强度。

(二)机装工艺流程的制定

机装工艺流程取决于生产规模、安装过程的劳动量以及安装件的结构和质量等因素,一



般是属于自由移动式安装,即安装件从一个存放地点吊运到按机舱布置图要求应到位的坐标位置上,并给予校中、连接、配垫、钻铰孔、紧固和验收等安装顺序,在每一安装区域,均配备有专用工装设备和量卡具等。根据被安装件的安装顺序,不断地将所需要的安装件运送到相应的安装位置上,并使其定位和安装完毕。这种安装方式称为船舶动力装置安装工艺流程图或叫安装工艺网络图。流程图能把所有力量都组织起来,像划船一样有节奏地加以使用,对工程的进展能定量地、形象地进行指挥,起着组织、协调、控制的作用。总之在流程图上能比较直观地看出各工序的主要或次要地位,既能抢出速度又能相互配合,是目前指挥生产行之有效的措施。

(三) 编写机装工艺规程的步骤

- (1) 分析研究安装件的总装图,验收技术条件和零部件明细表;
- (2) 确定安装的组织形式,即首制产品还是批量船,由此派生出相适应的组织形式;
- (3) 确定各安装件的科学排列顺序,力求符合安装过程节拍的要求;
- (4) 选择和制作安装工艺过程中所要用到的工装设备和工、量、卡具;
- (5) 确定安装质量检验的方法和标准;
- (6) 确定工人等级及工时定额;
- (7) 确定安装件位移时的吊运方法;
- (8) 确定安装操作指导卡;
- (9) 拟定试验大纲。

三、电装工艺的含义

电装工艺即船舶电气建造工艺,是指船舶电气工作人员在船舶建造过程中,对船舶电气进行安装、调试以及维护保养等工作所必须遵循或参照的技术规范和工艺方法。其主要任务是通过采用先进的工艺手段及合理的生产组织,在确保船舶电气建造质量的前提下,尽量节约原材料、降低成本、提高生产效率且缩短生产周期。

船舶电气建造是一个综合性的过程,其工作复杂、劳动强度大,为了便于组织生产、编制计划,必须将船舶电气建造工程分成若干个计划统计单位,即电气工艺阶段。

电气工艺阶段是指在船舶电气建造的生产周期中,按合理的工艺程序,在一定的时间内所应完成的一部分电气安装工程。由于船舶建造的特点,电气安装的大量工作要在船体建造较完善的情况下才能全面展开。因为电缆及电气设备安装后,应避免火种接近并要防止其受到机械损伤,所以电气安装工作必须安排在较后阶段,并要求在较短时间内完成大量的工作。为了迅速有效地完成这项工作,必须合理地划分电气工艺阶段。

电气工艺阶段划分的实质,就是要把所有的船舶电气制造工作穿插安排到船体建造的各个工艺阶段中去,使各专业、各工种间能相互协调一致,以达到按期按质完成造船任务的目的。在具体划分时,一般应在船舶生产设计准备阶段进行,要考虑与船舶建造的工艺阶段和计划相适应。

船舶电气安装是一项较为复杂的系统工程,它具有设备繁多、线路复杂、空间狭小、施工周期短、交叉作业及工作条件恶劣,对建造质量要求极为严格等特点。如何合理安排生产流程和生产计划,以实现船舶电气建造工作的高质量和高效率就显得极为重要。



四、电装工艺原则及电装工艺原则的确定

(一) 电装工艺原则

电装工艺原则可根据船舶的不同类别、船体及电装车间的生产能力来确定,经常采用的几种工艺原则如下所述。

1. 按合拢顺序安装工艺

特征:在某段船体合拢完毕并经火工矫正后,即可进行各阶段的电气安装工作,将跨区的主干电缆卷绕挂起,按合拢顺序向前推进。

优点:开工较早,能缩短船舶电装的周期,节省人力。

缺点:与其他工种交叉作业,电缆及一些设备易受损伤。

应用:船体建造能力不强,大合拢时间较长而又要求缩短造船周期的大、中型船舶。

2. 全面平行安装工艺

特征:在船体大合拢完毕并经火工矫正后,全船按工艺分区,各小组按区实施同步平行作业;各小组也可实现局部交叉流水作业。

优点:安装效率高,人员可机动投入,缩短周期。

缺点:电装工作开始较迟,若调配不当,可能会延长电装周期,应注意统筹。

应用:船体建造能力较强,大合拢时间较短的大、中型船舶。

3. 分段预安装工艺

特征:在船体某一分段建造完成后,即可进行该分段电气紧固件及大型设备的预安装;无试水要求在舱室的电缆、设备等的安装与接线,主干电缆在大合拢时再敷设。

优点:能缩短船舶建造周期,在分段倒置时能寻找有利的安装位置,变空中作业为地面作业,降低劳动强度。

缺点:电气安装周期较长,电缆线路所占的位置较大。

应用:用于批量产品或标准型的大、中型船舶的建造。

4. 总段预安装工艺

特征:各专业均在总段中进行舾装工作,在总段建造中电装工作可大部分完成,主干电缆在大合拢时再敷设。

优点:能大大缩短船舶建造周期。

缺点:电装周期较长,电缆线路所占的位置较大。

应用:适于大型或超大型单一建造的船舶及标准型的大、中型船舶的建造。

5. 单元预安装工艺

特征:把船上的部分安装工作移到内场进行,连成一个单元后再上船安装,如电缆紧固件和电气设备被制成单元等。

优点:可改善劳动条件、减轻劳动强度、提高效率,保证安装质量。

缺点:单元的运输及安装不便。

应用:适于批量生产的各种船舶。

除了上述介绍的安装工艺原则外,还有分区安装工艺、流水安装工艺等原则,在船舶的电气建造过程中,往往是上述各种不同安装原则的有机结合。

(二) 船舶电装工艺原则的确定

(1) 主要原则是要尽量缩短船舶电装的周期、减少电装的工作量、减低劳动强度、提高



船舶建造的质量及合理安排劳动力。

(2) 船舶采用小分段依次逐段合拢时, 大合拢的周期较长, 电气建造工艺宜采用“按合拢顺序安装工艺”。

(3) 船体车间自动化程度较高, 采用由几总段大合拢的建造方法, 当合拢周期较短时, 采用“全面平行安装工艺”。

(4) 当船体采用分段依次合拢, 且在分段完成后, 留有各专业的预装时间时, 常采用“分段预安装工艺”。

(5) 当船体采用总段大合拢方式的大型船舶建造时, 各总段的建造周期较长, 应采用“总段预安装工艺”。

(6) 由于其他工种施工的需要, 某一特定部分的安装件及电气设备需要提前或滞后安装, 应采用局部性的施工工艺。

(7) 在确定完整电装工艺后, 还要考虑电装各工艺阶段中劳动力的调配, 应尽量采用平行作业、内部作业与外部作业交叉进行的安装工艺。另外, 还应将每个船舶总段分成若干个工艺安装区及电气安装阶段, 以便能在各阶段中投入机动劳动力或多余的劳动力, 易于统筹安排。

(8) 对于批量生产的建造, 可考虑流水作业法, 即某一安装小组专门负责每一条船舶上的同类别电气建造工作。

(9) 可根据产品要求及生产情况, 对全船性施工方法和局部性施工方法进行有机组合, 通过实践总结出适合本厂实际的各种施工方法。

五、现代造船模式简介

所谓现代造船模式, 可理解为以统筹优化理论为指导, 应用成组技术原理, 以中间产品为导向, 按区域组织生产, 壳、舾、涂作业在空间上分道, 时间上有序, 实现设计、生产、管理一体化, 均衡、连续地总装造船。

传统造船模式是系统导向型造船模式, 这种模式从船舶工程组织生产的总体看, 船体建造是作为一个相对于轮机、电气等专业独立的生产作业系统和部门, 按其各自专业系统, 由专业工种组织生产。

现代造船模式是产品导向型造船模式, 它具有按产品划分作业区域, 分阶段地把区域内的作业任务按其类型以生产任务包形式组织生产为共同特征。现代造船模式强调船体建造、舾装、涂装三类作业的相互结合。产品导向型的现代造船模式实质上是从船体建造、舾装、涂装一体化角度, 按区域对产品作业任务进行分解和组合, 并按区域划分各类作业任务, 形成船体以分段、舾装以托盘(或单元)作为组织生产的基本作业单元, 进行船舶建造的一种造船模式。

现代造船模式形成的技术基础是成组技术和系统工程技术。成组技术是研究事物间的相似性, 并将其合理应用的一种技术。成组技术有两个原理应用于现代造船模式中, 一个是中间产品导向型的作业分解原理, 另一个是相似性原理。中间产品导向型的作业分解原理是把最终产品按其形成的制造级, 以中间产品的形式对其进行作业任务的分解和组合。所谓中间产品是指生产的作业单元, 是对最终产品进行任务分解的一个组成部分, 也是逐级形成最终产品的组成部分。相似性原理是对产品作业任务分解成门类繁多的中间产品, 按作业的相似特性, 遵循一定准则进行分类成组, 以便用相同的施工工艺的处理方法扩大中间产



品的成组批量,以建立批量性的流水定位,或流水定员的生产作业体系。系统工程技术是组织“系统”的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有系统具有普遍意义的科学方法。系统工程技术的基本原理运用统筹优化理论,其基本准则是:

- (1) 体现整体观点、综合观点、动态观点和寻优观点处理组织“系统”的问题;
- (2) 充分运用大系统的分解协调、定量分析和优化等方法。

为此,系统工程需要应用现代数学的统计管理方法和电子计算机进行系统的分析、综合、优化、评价和规划。在造船中应用系统工程技术处理组织“系统”的准则,通常可概括为统筹、协调、优化的准则。壳、舾、涂和设计、生产、管理两个一体化,从全局、全厂、全船的角度统筹、协调各系统的各方面问题,使船舶建造能整体优化。

现代造船模式的形成,除应用成组技术和系统工程技术作为主要技术基础之外,还需有当代其他新技术的应用作支承,如电子计算机技术、管理科学等新技术的应用。其中电子计算机技术的应用尤为重要,这是因为现代造船模式的形成,由于改变传统的船舶设计、组织生产和生产管理方式,需要大量的设计、生产、管理的图形、数据信息,及加以相互沟通、交换和处理。如若没有电子计算机技术的应用作支承,而仅靠人工收集和处理信息数据,那将会使船舶设计工作增加难度,而影响造船生产技术准备的周期。

思考与练习

1. 什么是舾装?
2. 什么是机装工艺?
3. 试述机装工艺规程的步骤。
4. 船舶电工工艺的内涵是什么?
5. 电气工艺阶段的含义是什么?
6. 某船体车间的船体生产能力较强,现已将一艘 15 万吨级的货轮进行完大合拢,并经火工校正,且对造船周期要求较短,问应采取哪一种电气安装工艺,为什么?
7. 船舶建造有哪些工艺阶段?简要说明在船舶建造的不同工艺阶段的电装施工的基本内容。
8. 何谓现代造船模式?
9. 何谓传统造船模式?
10. 什么是成组技术?
11. 什么是系统工程技术?



第一章 船舶轴系零部件的制造和装配

第一节 船舶轴系概述

一、轴系的作用及组成

船舶轴系的作用是将主机发出的功率传递给螺旋桨,螺旋桨旋转后产生的轴向推力通过轴系传给推力轴承,再由推力轴承传给船体,使船舶前进或后退。因此,船舶轴系是船舶动力装置中的重要组成部分之一。轴系工作的好坏将直接影响船舶的正常航行,并对主机的运转有直接关系。所以,轴系的制造与安装都有较高的技术要求,都要符合技术标准的有关规定。

船舶轴系,通常指从主机曲轴末端(或减速齿轮箱末端)法兰开始,到艏端(或螺旋桨轴)为止的传动装置。其主要部件有推力轴及其轴承,中间轴及其轴承,艏轴(或螺旋桨轴)及艏轴承,人字架轴承,艏轴管及密封装置,各轴的联轴节。有些船舶还另有短轴,用来调整轴系长度。此外,还有隔舱壁填料函和带式制动器等。

轴系的结构种类很多,有常用型螺旋桨推进装置轴系;可调螺距螺旋桨推进装置轴系;正反转螺旋桨推进装置轴系;可回转式螺旋桨推进装置轴系等。它们相互之间区别很大,各不相同。就目前我国民用船舶来看,除工程船舶与内河某些小船之外,大多数属于常用型螺旋桨推进装置轴系。因此,本书仅介绍常用型螺旋桨推进装置轴系的制造与安装工艺。

民用船舶轴系分为单轴系和双轴系。货船通常采用单轴系,而客轮一般为双轴系。单轴系位于船中纵剖面上,而双轴系则位于船中的两侧,并相互对称。双轴系船舶的操纵性能比较好,动力装置的生命力比较强,用于内河船舶居多,但双轴系船舶的结构复杂,建造的工作量大,成本也高。

根据主机及螺旋桨布置的要求,有时轴线与基线成倾斜角 α 或与纵剖面成偏斜角 β 。轴系的倾斜使主机处于不良的工作状态,降低了螺旋桨的有效推力。为了使螺旋桨的有效推力不致显著下降,以及保证主机工作的安全可靠,一般 α 角限制在 $0^\circ \sim 5^\circ$ 之间,而且 β 角限制在 $0^\circ \sim 3^\circ$ 之间。对于一般快艇,由于条件的限制, α 角可达 $12^\circ \sim 16^\circ$,但很少超过 16° 。对于大型船舶,通常轴系与基线是平行的,即 $\alpha = 0$,但小型快艇则多数有倾斜角。

在船舶总体设计时,机舱可以布置在艏部,称为艏机型船,也可以布置在中部,称为中机型船。中机型船轴系比较长,艏机型船轴系比较短。一般来说,具有两根或两根以上中间轴的轴系,称为长轴系,中机型的大型船舶的轴系长度有的达100 m左右,其中间轴多达十余根;只有一根,其长度可短至7~8 m或者没有中间轴的轴系称为短轴系。长轴系的柔韧性比较好,比较容易调整,但调整、安装的工作量大。短轴系的刚性比较大,安装的要求也就高一些。双轴系船舶,左右主机回转方向必须相反,当船舶在正车前进时,右舷主机一般为右转,而左舷主机为左传。如果主机回转方向一致,则可通过换向机构来实现。当一台主机驱动左右两套轴系时,也可安装换向机构来使左右轴系反向旋转。



当主机或减速箱内部设有推力轴承时,轴系就可以不必设置独立的推力轴承了。推力轴及其轴承的作用有两点:一是承受螺旋桨所产生的轴向推力,并传递给船体,使船体产生运动;二是防止螺旋桨产生的轴向推力直接推动主机曲轴,使曲轴发生移动及歪斜,而损坏主机的机件。

常见的推力轴承有两种结构型式,一种是旧船上常见的马蹄式推力轴承;另一种是单环推力轴承(又称米歇尔式推力轴承)。前者已被淘汰。

隔舱壁填料函的作用是在轴系通过舱壁时,使舱壁保持水密,以保证船舶的抗沉性。

在双轴系船舶中,轴系一般带有刹车机构,这是为了在航行中需要停下某一套动力装置的,就用刹车机构把它刹住,使轴系不因水流影响而转动。此外,刹车机构也可以帮助主机缩短换向时间。

艏轴管一般都有前后两个轴承,前轴承短,后轴承长。有的大型船舶艏轴管比较短,因此只设置一个艏管轴承。这时,艏轴首端往往设置一个中间轴承式的前轴承,便于维护管理。也有些船舶的艏轴管较长,设有三个艏管轴承。艏管轴承绝大多数采用滑动轴承。当艏管轴承采用铁梨木、橡胶、层压板和尼龙等材料时,则用水作为冷却润滑剂。这时,艏轴通常都用铜质保护套或玻璃钢保护层来保护艏轴轴颈,以防止海水对艏轴的锈蚀。在老式船上多采用舷外水自然冷却,这种冷却方式容易造成水流不畅的“死角”,又往往由于泥沙进入艏轴管而造成轴和轴承的急剧磨损。因此,现代的船舶都已采用压力水强制润滑冷却,以克服上述缺点。当艏轴管内采用白合金轴承时,均用润滑油来润滑冷却,这时艏轴管艏端都设有密封装置。有些用桦木层压板做的艏管轴承,则用海水来润滑和冷却,可减少磨损。近来有些船舶上的艏管轴承和中间轴承采用了球面支座自动调位的滑动轴承,这种轴承能够对船体变形给以有效的补偿,大大减轻了轴承因船体变形而产生的附加负荷。艏管轴承也有采用滚动轴承的。

中间轴承大多数采用白合金的滑动轴承,但也有采用滚动轴承的。滚动轴承的摩擦系数小,因此轴系的机械损失少一些。当采用滚动轴承时,各中间轴的艏轴一端的连接法兰必须制成可拆联轴节,以便于滚动轴承的拆装,中间轴承均用润滑油润滑,用冷却水(在管子内)再来冷却润滑油。

当艏轴伸出船体的长度较长时,就需要人字架给以支承,这通常在双轴系船舶上采用,人字架轴承通常为滑动轴承。

艏轴管两端的密封装置,也有各种不同的结构型式。常见的有,橡皮环式密封装置,橡皮筒式端面密封装置,金属环式密封装置及首端填料函密封装置等。

轴系的部件比较大,因此加工的设备也相应的要大,因此轴系在制造和安装上比较复杂,同时也比较困难。如果安装质量达不到要求,会使轴系在运转中加速磨损,甚至在运转时发生艏轴管漏油,轴承过热及震动严重,迫使船舶停航。更为严重的是在运转中艏轴折断,致使螺旋桨掉落,影响主机工作效能和船舶安全航行。因此,在轴系制造及安装过程中必须保证质量,符合有关技术标准的要求。

下面介绍轴系结构组成及实例。

图1-1所示为大型低速柴油机直接驱动螺旋桨的轴系。机舱18位于船舶的中间偏尾部。轴系为单轴系,布置在船舶的中纵剖面上,且轴线与船体基线平行。柴油机1通过推力轴,调整短轴3和中间轴5,8,10以及艏轴11驱动螺旋桨13。推力轴支承在推力轴承2上,中间轴由中间轴承4,7,9,12支承。艏轴经艏轴管14伸出船尾。曲轴、推力轴、中间轴和艏



轴之间通过法兰连接起来,螺旋桨用键和螺母固定到艏轴上。为了维护管理的需要,设置有艏轴轴隧 16。轴隧上开了窗口 15 以吊运轴系,平时用铁板封死。艏轴轴隧与机舱的隔壁上装有水密门 17 和中间轴的填料函 6。

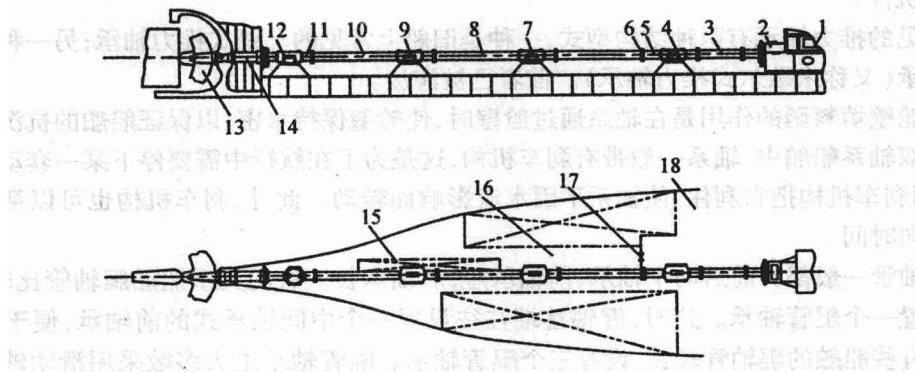


图 1-1 某轮单轴长轴系结构组成及布置图

1—柴油机;2—推力轴承;3—短轴;4,7,9,12—中间轴承;5,8,10—中间轴;6—填料函;
11—艏轴;13—螺旋桨;14—艏轴管;15—窗口;16—艏轴隧;17—水密门;18—机舱

安装在轴系上的仪表有测量轴系转速的传感器,温度计,压力表等。

二、船舶轴系的几种典型结构及安装要求

船舶轴系按在船上所安装的主机台数分为:单轴系装置、双轴系装置及多轴系装置。按主机在船上安装的位置分为:长轴系和短轴系。对于这些轴系,如何从理论上来研讨其安装方法,是从事机装的技术员、工程师和学者们最为关注的问题。现就这些轴系的典型结构,提出一些安装要求。

(一) 单轴系装置

(1) 长轴系 图 1-1 所示为中机型单轴长轴系结构。它的特点是轴系长度与直径之比较大(或 $L = 22 \sim 100 \text{ m}$),柔性较好,比较容易调整,但安装工作量大,在找正时,应先控制首艏轴端的偏移 δ 和曲折值 φ ,一般艏轴和主机输出端轴应安的偏高些,当开机运行一段时间后,能自动平轴。轴的中间部位偏移和曲折可放宽些。

(2) 短轴系 图 1-2 所示为国产 16 000 t 煤矿船的单轴短轴系结构。该船的主机为一台 6ESD276/160 型低速船用柴油机,额定功率 6 615 kW (9 000 PS),额定转速为 115 r/min。由于机舱布置在船尾部,发动机轴与艏轴之间只用一根中间轴连接,故为短轴系。它的特点是轴系长度与直径之比较小(或 $L < 22 \text{ mm}$),柔性较差,因而当轴线有不大的弯曲和曲折时,两端轴承的附加负荷就急剧增大。以往安装这类轴系时,在工艺上必须严格控制轴两端支承轴承的同轴度要求。中间轴用两个滑动式中间轴承支承,定好位后用垫块及基座螺栓紧固在各自的轴承基座上。艏轴装于艏轴管中,艏轴管的尾部固定在船体艏柱的艏轴壳孔中,其前端固定在横舱壁的焊垫上。

(二) 双轴系装置

两条轴系对称地布置在船体中纵剖面两侧,双轴系的艏轴、各中间轴及推力轴用法兰联轴节连成一体并与主机曲轴相连接。每根中间轴用一个滑动式中间轴承支持。由于双轴系

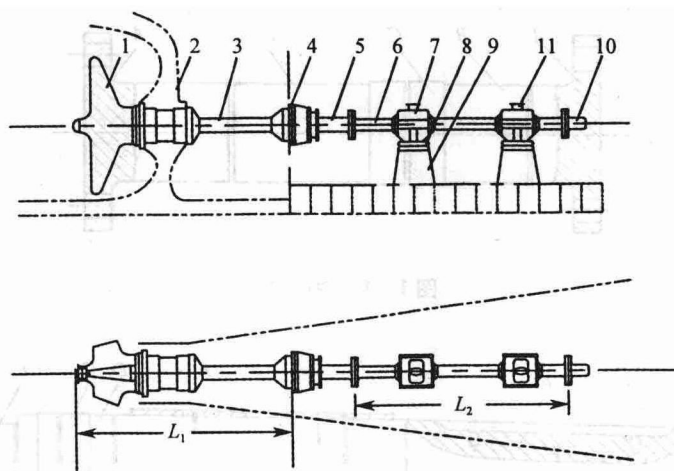


图 1-2 16 000 t 煤矿船单轴短轴系结构

1—螺旋桨;2—艉柱;3—艉轴管;4—隔舱壁填料函;5—艉轴;6—中间轴
7,11—中间轴承;8—轴承垫块;9—轴承基座;10—主机功率输出轴

船舶的艉轴需伸出船艉较长一段才能安装螺旋桨,故用于支承艉轴的艉轴管比较长。艉轴管的尾端用与船体焊成一体的人字架支承,其前端固定在船体的艉轴管壳孔中。

(三) 滚动式中间轴承的轴系装置

图 1-3 所示为一艘 7 000 t 远洋货船的单轴系装置。此轴系采用滚子轴承作为中间轴承,为便于将轴承套装在轴颈上,故轴与轴之间采用液压套筒式联轴节连接。

这类轴系的结构特点是属于细长轴,挠性较大,滚子轴承定位一般用光学仪器找中。

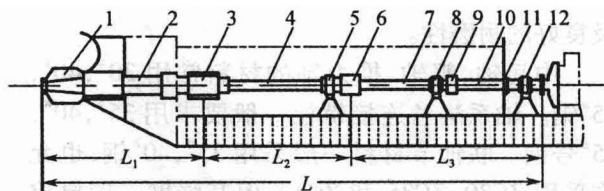


图 1-3 滚动式中间轴承轴系装置

1—艉轴;2—艉轴管;3,6,9—液压套筒式联轴节;
4,7,10—中间轴;5,8,12—滚子式中间轴;
11—隔舱壁填料函

第二节 轴系部件制造与装配的技术条件

图 1-4 所示为中间轴,它的结构比较简单,两端为法兰 A,主体为轴干 B,轴的支承处称轴颈 C。轴颈 C 的直径比轴干大些,以便磨损后有足够的精加工余量。

图 1-5 所示为艉轴,它是轴系中最末一段轴,它穿过艉轴管伸出船尾,首端与中间轴相连,尾端安装螺旋桨,艉轴的结构由法兰 A,轴干 B 和 D,轴颈 C 和 E 以及安装螺旋桨的锥形轴 F 和螺柱 G 等部分组成。

图 1-6 所示为推力轴。它的结构由两端为法兰 A,主体为轴干 B,轴的支承处为轴颈 C,承受轴向推力的推力环 D 等组成。

一、轴系零件材料的技术要求

轴系是传递主机功率的重要部件,在运转中,由于受力情况比较复杂,因此要求轴系材

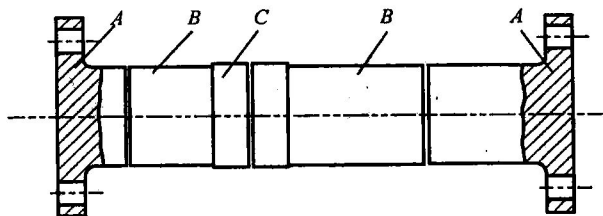


图 1-4 中间轴

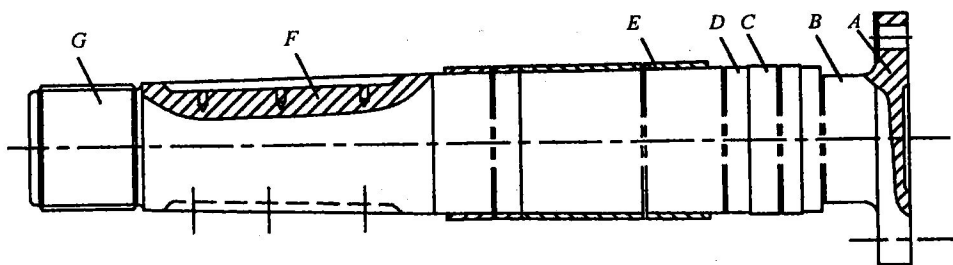


图 1-5 艏轴

料具有足够的强度,高的冲击韧性和疲劳强度,以及良好的耐磨性。

中间轴、艏轴、推力轴的材料常用 30[#], 40[#], 45[#] 钢。轴系法兰连接螺栓一般要求用 35[#], 40[#], 45[#] 号钢。联轴节材料一般采用 35[#], 40[#] 钢, 也允许采用 ZG30、ZG35 和 ZG40, 但其强度一般要求不应低于轴的材料强度。轴的毛坯材料要求经过锻压, 以增加其金相组织的均匀性。

轴系材料必须有质量保证书(合格证), 或经过实验, 符合材料试验规范要求的方可使用。

锻件原材料不应有缩孔、疏松、气泡、分层、裂缝等。经过锻打以后不应有分层、裂缝、折叠、结疤、砂眼、密集发裂以及其他缺陷, 亦不得有过烧现象。

锻件的缺陷一般不应用焊补方法修整, 但局部缺陷允许用机械方法修整, 其深度不得超过加工余量的 75%, 而且余下的加工余量也不得少于 3 mm。

推力轴、中间轴及艏轴经过锻打后均应退火处理, 以消除内应力。亦可采用正火处理, 以获得均匀的细晶粒组织。在粗加工以后, 再经退火处理, 消除应力。对于内河船舶, 允许采用控制较小切削容量的逐步加工方法, 以达到消除内应力的目的。

中间轴及艏轴的法兰采用焊接时, 焊后应经退火处理, 亦可采用局部退火处理的方法。

轴系中的法兰连接螺栓、键、大型螺母等锻件, 应经正火处理, 而粗加工后则应退火处理, 消除内应力。

轴系中较重要铸钢件, 如中间轴承座, 可拆联轴节等, 均应经高温退火处理, 精加工之前, 还应作退火处理, 消除内应力。其他一般零件的铸钢件, 则作退火处理即可。

轴系中受力复杂或形状复杂的铸铁件, 最好经过退火处理, 而球墨铸铁必须经退火处理。铸件不应有裂纹、缩孔、疏松、浇不足等严重缺陷。对于较小缺陷允许修补后使用。

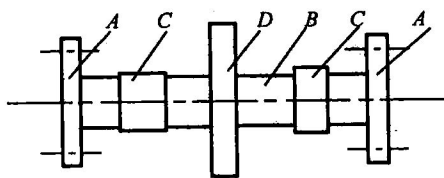


图 1-6 推力轴