

船舶动力装置安装工艺

陈志贤 等编

国防工业出版社

船舶动力装置安装工艺

陈志贤 等编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书根据船舶动力装置专业“船舶动力装置安装工艺”编写大纲编写，全书分七章：第一章绪论；第二章船舶轴系的安装；第三章船舶主机（包括柴油机，蒸汽轮机，燃气轮机）的安装；第四章船舶辅机的安装；第五章船舶管系的布置设计与预制预装；第六章船舶管系的制造与安装；第七章船舶动力装置的运行试验。本书对船舶动力装置的安装工艺进行了全面的叙述，反映了目前我国各船厂比较先进的安装工艺方法；并从理论上对一些工艺问题进行分析和计算；同时适当介绍国内外安装工艺技术的发展趋势。

本书可供高等院校船舶动力装置专业作为教材；也可作为厂办学校的教学用书，并可供从事船舶动力装置的设计及工艺工作的技术人员参考。

船舶动力装置安装工艺

陈志贤 等编

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 15¹/₄ 356 千字

1981年8月第一版 1981年8月第一次印刷 印数：0,001—2,700册

统一书号：15034·2237 定价：1.60元

前 言

本书系根据一九七八年全国造船专业院校教材会议通过的“船舶动力装置安装工艺”编写大纲编写的。全书共分七章，对船舶动力装置的安装工艺作了比较全面的叙述，主要介绍本课程的目的、任务及船舶动力装置安装工艺的发展历史和趋势、船舶轴系的安装、船舶主机的安装、船舶辅机的安装、船舶管系的设计布置与预制预装、船舶管系的制造与安装、船舶动力装置的试验及测试方法等。

全书以船舶柴油机动力装置为主体，适当兼顾蒸汽轮机及燃气轮机装置的安装工艺特点；以现行的基本工艺为主，适当介绍国内外先进的工艺技术，反映造船安装工艺的发展趋势；以轴系、主机、管系的安装及动力装置的运行试验为重点，兼顾其它方面的安装工艺内容。通过本书的学习，结合适当的专业实践，可以使学生对船舶动力装置的安装工艺有一个基本的、比较全面而概括的了解。考虑到各院校及厂办学校专业特点的不同，在内容取材上照顾到专业面宽些，适应性强些，各校在教学过程中可按各自的具体情况作适当的增删。

在编写教材的过程中，曾组织编写人员深入工厂、科研单位和有关高等院校，广泛收集和整理了现行的比较先进的工艺资料，并参阅有关的国外新技术资料，力求做到既反映造船工艺的发展方向又不脱离我国造船工业的实际情况，并尽量结合实例进行工艺分析和理论计算，注意培养学生分析问题和解决问题的能力。本书许多章节的主要内容是通过镇江船舶学院动力装置教研室多年的教学实践积累起来的，并经过许多富有教学经验和科研技术工作经验的同志讨论和审阅而定稿的。

本书在编写过程中曾得到上海交通大学，武汉水运工程学院，上海造船工艺研究所，江南造船厂，沪东造船厂上海船厂，武昌造船厂等单位的协助和支持。原稿经江南造船厂工艺设计科工程师董祥康等同志认真而细致的审阅。本书在审稿讨论时，有关同志提供了许多宝贵的意见和建议。在此一并致以衷心的感谢。

本书由镇江船舶学院陈志贤（编写第五、六两章）、曹成钰（编写第二章）、周宝法（编写第三、四、七章）、谢崇远（编写第一章）四同志编写；并由船院附属工厂宋静妍等同志协助描绘插图。全文最后经谢崇远同志校核。

由于编者的水平有限，收集的资料亦不够全面，加之编写时间仓促，一定会存在不少缺点和不当之处，热忱欢迎兄弟院校的同志们和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 本课程的目的任务	1
§ 1-2 船舶动力装置安装工艺的发展简史和趋势	2
第二章 船舶轴系的安装	8
§ 2-1 船舶轴系结构概述	8
§ 2-2 轴系零部件的装配	10
§ 2-3 船舶轴系的安装	30
第三章 船舶主机的安装	70
§ 3-1 船用柴油主机安装工艺概述	70
§ 3-2 低速重型柴油机的安装	81
§ 3-3 蒸汽轮机-齿轮减速机组的安装	93
§ 3-4 燃气轮机动力装置的安装	103
第四章 船舶辅机的安装	110
§ 4-1 辅机安装的一般工艺要求	110
§ 4-2 辅机的固定方法	111
§ 4-3 操舵装置的安装	115
§ 4-4 环氧胶粘剂在主机辅机安装工作中的应用	118
第五章 船舶管系布置设计与预制预装	124
§ 5-1 船舶管系放样	124
§ 5-2 船舶管系程序系统	155
§ 5-3 工程模型法设计	163
§ 5-4 管系及机械设备的预舾装	164
第六章 船舶管系的制造与安装	170
§ 6-1 管系的材料和连接附件	170
§ 6-2 管子的弯制	182
§ 6-3 管子加工自动流水线简介	197
§ 6-4 管子校对、压力试验与清洗	198
§ 6-5 管系安装和技术要求	200
第七章 动力装置的运行试验	206
§ 7-1 概述	206
§ 7-2 系泊试验	207
§ 7-3 柴油机动力装置主要性能指标的测试及测试仪表	222
§ 7-4 航行试验	233

第一章 绪 论

§ 1-1 本课程的目的任务

船舶动力装置安装工艺是指把包括主机、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设计、制造和安装调试,以达到提高生产效率,降低建造成本,改进产品质量,缩短造船周期的目的这样一门综合性的应用科学。

目前,在国内外的造船界中比较风行“舾装”这一术语。“舾装”一词原意系指船系泊在码头边安装内部构件和设备,而这一部分设备即统称为舾装件。现时“舾装”是指除船体建造工程以外的所有船舶工程的总称,有的国家还把它细分为“船体舾装”、“轮机舾装”、“电气舾装”等。而轮机舾装工程则系指船舶机、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。因此,顾名思义,船舶动力装置安装工艺与轮机舾装工程在主要的实质内容方面是一致的,但涉及的范围更广泛些。然而,为了使课程的性质更明确和专业名称更吻合起见,本课程定名为“船舶动力装置安装工艺”;而为了叙述的简洁和通用起见,“轮机舾装”在本书内也作为同义词加以采用。

随着船舶的大型化、高速化、标准化和自动化要求日趋发展。船舶吨位和相对马力——即整个动力装置的功率与船舶吨位之比——均有较大的增长。由于提高能源的利用率,使用廉价劣质燃料,改善船员、旅客的居住条件以及操纵管理的自动化等方面的要求日益提高,均使得辅助装置的各系统更加复杂化;而且,安装较多的附加设备就增加了设备所在舱室的装置密度,也使安装作业更加困难。这一切均导致安装工作量和安装周期的急剧增加。

一艘现代潜艇管路的总长度已超过30公里,而一艘六千吨级的驱逐舰管路长达60公里。故在现代化的复杂舰船的建造中,舾装工程占有相当大的比重:舾装总周期比船体建造周期长,舾装所消耗的工时约占造船总工时的一半以上。而舾装技术的发展往往又落后于船体建造工艺的发展速度,因此成为发展造船工业中的一个薄弱环节,也是国内外造船界长期探索的重大研究课题之一。

以往安装作业都是在船体基本完工之后,集中在船内进行的,这样的安装工作具有如下特点:在机、炉舱内完成大部分安装工作,舱室拥挤,作业环境恶劣,因此安装工作的效率和质量低劣;舾装件的种类繁多,作业程序复杂;各工种同时施工进行混合作业,既不安全又相互干扰;工作场地分散,工序划分不明确,容易造成错乱及返工等情况而影响舾装周期。

简而言之,舾装作业由于低效率的恶劣环境,多工种混合作业方式,复杂而交错的作业程序,品种繁多的舾装件的配套供应困难等原因,几乎都是手工作业,劳动强度很大。而在船上进行安装作业时,受到舱室地位和条件的限制,只能采用小型机械化设备和机械化工具;即使是采用高效的机械化设备也不可能彻底改变安装生产的性质。因此,要改变安

装生产的性质,就必须从彻底改变生产过程的条件和程序着手;而舾装作业的完善化必须沿着把尽可能多的工作量从船上移到车间内完成、并尽可能以机械加工代替手工作业的方向前进。由此可见,积极推行预制预装工艺,提高船舶下水时舾装完工率,扩大内场作业工作量,实行船体建造与舾装的平行作业,乃是舾装工艺改革的基本发展方向,是缩短造船周期的重要措施,也是船厂技术革新和技术改造的重要内容。

本课程作为培养船舶动力装置专业高级工程技术人才的重要专业课程之一,其主要任务是:

系统地介绍船舶动力装置的安装工艺过程,给予学员一定的生产实践知识;

比较全面地探讨主、辅机和轴系的安装工艺,管系的布置设计方法,以及船舶动力装置的运行试验方法和测试技术。使学员对轮机安装的基本工艺有系统全面的理解;

培养学员具有编制安装工艺规程及进行生产设计的初步能力;

结合国内外造船工业的实际情况及发展趋势,介绍和推广先进的工艺方法,以适应我国造船工业现代化的需要。

§ 1-2 船舶动力装置安装工艺的发展简史和趋势

建国以来船舶动力装置安装工艺方面的发展历史,按不同时期的技术特征,大致可以划分为三个阶段:

第一阶段 自五十年代初至六十年代初。我国造船工业引进仿制了一批军用产品,民用船舶亦由设计建造中、小型船舶而发展到能建造万吨级货轮,船舶动力装置的设计能力也逐步提高到基本上能独立设计各类船舶动力装置。

然而,轮机舾装的布置设计基本上仍沿用传统的方式进行。即除主机、轴系外的几乎一切设备,基本上仍按分散方式处理,管路的布置多数在现场定位安装,有相当程度的随意性。管系加工方法基本上是灌砂热弯,后期逐步扩大了机械冷弯作业的比例,使弯管效率有较大的提高;但是由于管系的施工设计仍采用现场取样方式,而且机械设备、管路等需待船体合拢,试水合格后才能进行安装施工,形成轮机舾装作业负荷高度集中。这一阶段中,在设计和施工工艺上的改革成就并不显著。

第二阶段 自六十年代前期至六十年代末。由于国民经济和国防建设的发展需要,对舰船的品种、性能和质量提出了更高的要求。对轮机舾装工程的技术状态和造船工业发展要求之间的差距逐步引起重视,并取得了以下的一些成绩:

在弯管工艺及设备方面,陆续研制投产了一批液压冷弯机,其规格扩大到能弯8~12英寸的管子;同时,也较普遍地发展了中频弯管机,使长期沿用的灌砂热弯工艺逐步淘汰。从实现管子的“预制”以实现管子加工能与船体平行作业出发,成功地推行了管系实尺放样和管系比例放样方法。后期又在管系放样的基础上试行了管路,通风管及电缆的综合放样,扩大了管路放样的技术成果,使管路的预制问题基本上得以解决,缩短了造船周期。

动力装置的布置设计仍按传统方式进行。除了在少数军品及民船上作过预装部分设备和管路的尝试外,轮机安装工作仍依附于船体建造工程,没有摆脱被动的局面。在机械设备及轴系的安装方面,由于光学仪器测定轴系中心线方法的推广应用,主机轴系的船台预装工艺得以实施;船上基座加工和镗孔工作以及钳工作业的机械化方面也进行了一些革新。

第三阶段 整个七十年代。科学技术的发展,促进了生产工艺的变革。电子计算机及数控技术进入实用阶段,预制预装工艺的逐步推广,以及其它有关的新装备、新技术、新材料的研究,促使轮机舾装工程在设计、制造及安装工艺诸方面都发生了质的飞跃。

在管系综合放样的基础上,开展了电子计算机技术在管系布置设计中的应用研究。从取代管系综合放样中人工计算曲形参数及绘制管子零件图开始,发展到由计算机自动输出弯管的指令及套料计算,利用计算机和数控绘图机自动绘制系统安装图。近年来,又在计算机辅助设计方面取得了突破,能部分地或基本上代替人工进行设备和管路的布置,进行管路的干涉性检查,在最优化处理的基础上提供施工图纸和生产管理的统计资料,并能进行“人-机”对话。个别单位已开始图形显示系统基本软件的研究,这将使管系的自动化设计技术日臻完善。

利用机舱的比例模型进行舾装工程设计的工程模型法也在某些研究所和船厂付诸实施。工程模型法具有灵活性、直观性和多重思考性。有利于汇集设计、生产、检验、运行部门的智慧和意见,对生产工艺及实船运行中可能出现的问题有很高的预见性,既能作为设计的依据、又能对工艺进行指导,真正做到“防患于未然”。工程模型法也为标准舾装单元的优化设计以及确保产品设计的高质量提供了技术基础。今后如能攻克机舱模型的精密自动化测量技术的课题,使模型设计与计算技术的应用更紧密地结合起来,则必将使模型设计的优越性越发显著。

在管系加工方面开始采用数控的工艺装备,某些装备可由人工测量方式转化为自动测量方式而提高了加工精度和效率,管子零件的数据亦由纸带传送方式进一步发展到电子计算机外存储器中保存的方式。先焊后弯新工艺和自动化技术的结合,展现了管子加工自动化流水线的前景,四英寸以下的管子自动流水线的生产率为30根/时,所需的配套单机均已研制完成,这将对舾装工程中占有相当大比重的管子制造工作的面貌有较大的改观。

从七十年代的中期开始,对预舾装工艺进行了可喜的尝试,其实质是船上现场安装的工作转化为车间(平台)的内场作业。各个船厂采用的单元组装,分段组装及机舱大单元组装等方式都程度不同地体现了预制预装的优越性,取得了改善施工条件、减轻劳动强度、提高产品质量、节约原材料及缩短造船周期的显著效果,使轮机舾装工程的部分安装工作达到和船体结构分段同时施工、并驾齐驱的新局面。

大型主机整体搬运和整机吊装的实现,为缩短舾装周期和提前试验交船奠定了坚实的基础。激光准直仪由于激光束具有方向性强、能量集中、准直距离长以及便于白天操作等优点,是船舶轴系和主机定位的一种比较理想的准直工具,当与其它机械化加工设备和省力化的钳工工具及可靠的测试方法配套使用时,获得了轴系主机船台预装的丰硕成果。在轴承负荷测力计的载荷环上加贴应变片的方法,改进了测力计的性能,并使得各轴承支点的负荷可以同时显示和平衡调节。无键连接螺旋桨,塑料涂敷、粘接和充填定位工艺,经过实践证明在中小型船舶上是既能保证安装质量,又可以减轻工人劳动强度。工程塑料在管路和舾装件方面的应用日益广泛;小型机械化加工设备及钳工工具,也都在这场舾装工艺的改革中大显身手。

综如上述,七十年代在舾装工程的设计、制造和安装等方面都取得了进步。然而,由于缺乏统筹规划,“系列化、标准化、通用化”的工作停滞不前,工艺装备和舾装单元的专

业化生产问题尚不落实，设计和生产管理体制没有相应的变革，阻碍了舾装工艺向更高级的阶段发展。而与国外先进的造船工业的科学技术水平比较，还有相当大的差距，急需我们迎头赶上。

世界各个造船工业比较先进的国家，在近二十年来都作了极大的努力，把先进的科学技术与生产管理的经验和造船工业的特殊条件结合起来，促进造船工业的飞速发展，实现了现代化。造船工业的现代化的主要内容有下列几个方面：

- 拥有优秀的、具有高度工作能力的技术人员；
- 先进的技术和强大的技术发展能力；
- 卓越的生产管理能力（生产技术、工程管理及供销系统）；
- 新型的现代化生产设备；
- 工作效率高；
- 产品质量好；
- 技术水平较高的配套工业的协作。

其中应特别强调的是保证技术人员具有高度的、创造性的工作能力。否则，要建造优质廉价的船舶是不可能的。

近年来，国外造船工业在舾装工程方面所取得的主要成就及基本发展趋势可归纳为下述几个方面：

1. 船舶管系设计的现代化和自动化：船舶管路的设计制造工作是舾装工程中比较繁杂的工作。而按船舶类型不同，管系的制造所耗费的工时约占整个造船工时的8~12%，费工费时周期又长，是舾装工程现代化的主要障碍。预制预装是舾装工艺的发展方向，它的实现首先取决于设计计算资料的及时、完整、准确和良好的工艺性。因此，船舶管路布置设计方法的现代化乃是管系以至整个舾装工程改革的关键和技术基础。

国外从五十年代起推广应用管系绘图法和管子预制的技术；六十年代初一些国家开始在机舱设备及管路布置中采用模型布置法；随着电子计算技术在造船及其它工程领域中的广泛应用，自六十年代后期开始，管子加工的数据处理程序已用于生产，以后又研制成功包括加工、安装、生产管理信息及自动绘制各种施工图纸功能的程序系统，形成人工布置（通过比例放样或比例模型）——自动计算机数控绘图的方式，使管系布置设计的工效及精度有极大的提高。从七十年代起，由于优化设计理论和计算机辅助设计的成功应用，各国先后在船舶机舱管系最佳路径计算和管路自动布置方法取得了突破。实现了机舱设备及管路附件由人工布置定位，并事先作规格化处理，而由计算机完成最佳路径计算和排管，自动确定连接件，进行干涉检查和自动修正等最终自动绘制各类管系施工图；或借助于“计算机-显示器-绘图机”，通过系统软件，实现“人-机交互作用”，完成所有的设计工作。

从发展趋势来看，由于几何图形的描述在船舶机舱及管系布置设计中仍为必不可少的手段，且整个设计过程中随机因素较多，因此借助于图形显示装置，采用计算机辅助设计具有直观性强，设计者的意图能及时得以贯彻等独特的优点，虽然目前尚不如第一种方法那样普及和成熟，但将越发明显地成为一种有效的设计方法。船舶管路程序系统不但能自动完成设计布置及出图；而且能随时提供生产管理所需的分类表格，提供材料，附件及外购外协件等的清单，还能为数控弯管机及管子的加工安装提供必要的信息数据；以及对各

种限制条件进行检验,可以消除许多设计错误。

2. 工程模型法机舱布置及自动设计的成熟和推广:工程模型法是一种用于工程设计和施工的立体模型,利用这种按正确的比例(一般是1:10)制作的船体结构、机械设备、管路、电缆、仪表等模型合理地进行布置,借此在机舱三维空间内进行设计。工程模型具有提供工程的正确设计、作为施工工艺的参考以及作为生产管理的依据这样三方面的作用,并具有实体感强,有多重思考性,便于在设计阶段的反复推敲等明显的优点。

模型设计作为工程技术的一个分支,最早开始于1940年,由美国某公司首创,用于设计完成的图纸校核,检验化工企业配管中的碰撞,并对操作人员进行培训。五十年代以后模型工程的发展更快,六十年代以后得到欧、美各国普遍的重视和推广,并在设计、施工及管理上均获得很大的收益。实践证明,工程模型法具有毋庸置疑的优越性及巨大的发展潜力。

七十年代起对机舱模型的自动化精密测量技术方面进行了大量的研制,各国分别制成了各具特色的数字照相坐标系统,立体摄影装置,三维望远镜测量系统等自动化精密测定模型中坐标位置的装置。有的系统并能将测得的信息转换成适宜于加工和安装的文件输出形式。

机舱模型法布置设计,在各个造船工业发达的国家都已推广应用。如西德设有专业化生产模型的造船工程设计公司;英国海军有对新建舰艇的机械设备布置必须采用模型设计的条例规定。

因此,可以认为:模型法为机舱设备和管路的综合布置设计提供了富有实际成效的手段,当计算机技术的应用与模型设计结合起来,在工程模型的基础上准确、快速地提供计算结果和相应的技术文件及管理信息,这将对舾装设计的现代化和自动化有很大的推动作用。

3. 不断发展和扩大预舾装工艺:预舾装工艺是运筹学在造船工业中的具体运用。大面积预舾装作业方式必须在设计、施工及生产组织管理方面作相应的变革,必须打破以工种划分专业和车间的陈旧概念,即把不同系统、不同装置的设备,不同工种的工作,混合在一起,以场所为中心,把各种舾装件先综合起来,然后再按舾装单元进行分解,作出不同区域、不同阶段的舾装图,按此组织生产,并且要最大限度地实现船上作业内场化和手工操作机械化。

实行预舾装方法有以下几个突出的优点:作业环境改善因而工效提高,舾装工作的集中化,保证适当的舾装周期和人员配备。由于舾装工作转移到内场和地面来做,使工作方便而安全,改善了作业环境,当然会在提高效率,提高精度等方面收到很大的效果,并极大地缩短船台和码头舾装周期。由于采用这种预舾装方法,下水前船体舾装量可提高到80~90%,轮机安装的完工率可提高到70~80%。

预舾装按各厂的具体条件不同(如:船型、批量、舾装场地、吊运能力等),有若干种不同方式,即:单元组装,分段舾装,总段舾装,上层建筑整体吊装,大型单元舾装等。也有按预舾装的内容及作业场所而命名为:内场单元组装,地面舾装,露天舾装等。目前国外有些船厂的船体分段的总重量达500吨以上,而其中预装的舾装件重量亦在100吨以上,收到了良好的技术经济效益。

实行预舾装工艺除了在设计上要保证提供详细、准确而又适合于预制预装的图纸资料,

生产管理以及材料、舾装件的供应方面要按期分单元配合外；还需要制订周密的舾装日程进度表，保证各方面工作的协同配合。

4. 管子加工流水线及自动化管子加工车间：在每艘大型船舶上，使用各种管子多达一万五千多根，而且这些管子形状，尺寸、材料的不同，施工量大，所以管子的加工制作对造船工程来说是重要的一环。七十年代电子计算机和数控技术的发展及应用于船舶管路设计，为管子加工的自动流水线作业提供了坚实的基础。七十年代初日本的千叶船厂建成第一个自动管子加工车间，使一系列加工工序都实现了自动化。七十年代中期，更进一步研制成功一种电子计算机管材处理系统，能为管子加工车间的材料准备，管路组装等二线作业和管子加工等一线作业提供数据，从而使管子制造的全过程连成一个整体，达到了更全面的自动化。

5. 机械安装工艺的发展趋势：在船舶建造中机械设备的安装工作占有十分重要的地位，尤其是主机轴系的安装，它是保障舰船在整个服役期间，能够可靠地使用的问题。机械安装工序包括：基座加工、主机、轴系、辅机、锅炉、热交换器及其附属设备和其它装置的安装和必要的找正工作。机械安装工作将分别在船台及下水后进行。根据船型的不同，机械安装工作量约占整个造船工程量的十分之一左右。因此，机械安装工作的合理化将大大有助于缩短造船周期，并提高机械设备的使用可靠性。

到目前为止，由于船舶机械安装的设备名目繁多，布置分散，次序参差交错。因此机械化程度很低，主要还是采用手工操作，应从两个方面着手来实现机械安装工作的合理化。

设计并采用新的工艺程序——通过改进产品设计的结构工艺性，采用电算及数控技术实现设计的现代化，以及推行预舾装工艺，将机械安装的主要工作量从机舱、炉舱及其它舱室移到车间内完成；或进一步由专业化工厂提供模件化的成套设备和功能单元，减少机械安装的工作量。

设计并采用新的机械化工具，应用新型材料简化安装作业，减少配合加工范围，确定合理的安装调试及验收要求等。使机械安装工作在保证质量的前提下实现机械化、合理化并减轻了劳动强度。

七十年代在机械安装工作的现代化方面取得了可喜的成果，并日趋完善和普及，主要包括如下几个方面：

机械装置的组装机 机械装置的单元舾装是改进安装工作最重要的工艺方法之一，在几乎所有新设计的船舶上，都逐步扩大单元舾装的范围，扩展组装的质和量，逐步建立统一功能的组装单元系列，甚至由配套厂制造具有一定功能的、并在试验合格状态下提供的组装单元。

发动机的模件化 发动机的模件化开始在柴油发电机组，然后发展到主要的燃气轮机组并将与燃气轮机装置配套使用的所有辅机、系统以及监控操纵仪表集成于一个模件化的框架，在试验合格状态下提供用户。这样使船上安装作业简化到只要将机组定位及在弹簧减震垫上加以固定，然后接通各个系统的管路和电路，即可投入运行。

大型柴油机的整体吊装 现代船舶的重型低速柴油机功率一般在万匹马力以上，整机重量千吨左右。对这类柴油机采用整体搬运、整体吊装工艺，消除了由于拆装柴油机，以及重新清洗试验等消耗的大量工时。

船台安装轴系工艺 保证大型船舶轴系工作的可靠性是现代造船最困难的课题之一。轴系安装工艺的优劣是决定其工作可靠性的重要因素之一。为了在保证安装质量的前提下，船台安装轴系工艺可采用以下的技术措施：

光学仪器和激光准直仪测定轴系中心线，定位滚动轴承，甚至用激光准直仪直接定位、校准艏轴管镗孔用的空心镗杆，使轴心线的定位精密提高到0.05毫米以内。

采用直接测量中间轴承负荷的设备，用轴承负荷法来安装、调整中间轴承，检查轴系的准直性。如欧洲国家采用液压千斤顶顶升调节中间轴承座的负荷，从压力表中直接读取实际支承负荷值；为了提高读数精度还可以加装压电传感器由指示器显示支承负荷值。

根据大量船舶轴系使用情况的资料，采用电算技术进行理论分析计算，在确定轴承安装负荷及轴截面上正应力时，考虑到螺旋桨流体动力矩的变化分量，艏部的残余变形，由于各种装载情况以及海情所引起的船体弹性变形的影响，总结成曲线和系数。运行试验的实践证明，上述安装方法是正确有效的，用以计算负荷值的系数和检测是正确的，轴系在各种影响情况下的工作是稳定的。

螺旋桨与艏轴的安装新工艺 由于采用液压拆装技术而得到了极大的改进，螺旋桨与艏轴普遍采用无键连接是改进螺旋桨安装工艺中最有前途的方法之一。

艏轴管的安装和镗孔工作应从两个方面得到合理化：发展高精度的镗床；制订一种不在船台上就可进行艏轴管镗孔的安装工艺。

把船上安装工作的机械化作为提高劳动生产率和减轻劳动强度的重要课题来抓，最大限度地为安装工作的主要工序和辅助工序设计出数以百计的新型机械化工具。

6. 新材料的应用（工程塑料和玻璃钢等在造船舾装中的应用）研究发展较快，实践证明：这些新材料用于制作舾装件，船舶管系以及在绝缘、敷盖、粘结、密封、防腐、设备安装工程各个方面的应用，都有良好的技术经济效果和广阔的发展前景。

国外造船工业中采用硬质聚氯乙烯（PVC）作为常温低压管系材料尤为广泛，使用效果良好。把酚醛树脂作为固定连接中的充填和粘结材料，补偿加工及连接的误差，对于简化安装工艺，减少机械加工，也都是行之有效的方法。

第二章 船舶轴系的安装

§ 2-1 船舶轴系结构概述

一、轴系的作用及组成

船舶轴系的任务是将发动机发出的功率传递给螺旋桨，使螺旋桨旋转，并将螺旋桨所产生的推力，传给船体，使船航行。因此，船舶轴系是船舶推进装置的重要组成部分。

从机舱到船艏，有一定距离，特别是机舱位于中部的船舶，轴系更长，甚至可长达100公尺。这样长的轴系为了加工、制造、运输和修理方便起见，往往把它分成许多节，并用联轴节加以联接组成。而每一节轴段按其用途可分为：推力轴、中间轴、艏轴、螺旋桨轴等。

图 2-1 所示是一简单的单轴系结构图。轴系处于船体中纵剖面内。它由螺旋桨轴 1、中间轴 2、推力轴 3、推力轴承 4、中间轴承 5、艏管填料函 6 和艏轴管 7 组成。

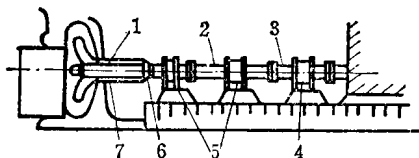


图2-1 简单单轴系结构图

1—螺旋桨轴；2—中间轴；3—推力轴；4—推力轴承；5—中间轴承；6—艏管填料函；7—艏轴管。

中间轴及中间轴承的数量根据轴系长度决定。这种结构型式轴系的特点是：直接传动、结构简单可靠、操作方便、传动损失少。我国制造的万吨级货轮、拖轮及长江水系内河中小型船舶，多数采用这种结构型式的轴系。

在客轮及军用船舶中，为了满足它们的高速性、机动性及生命力强的要求，往往采用双轴系或多轴系的结构型式。在多轴系布置中，由于轴系分布于船体二侧，艏轴管离螺旋桨较远，故在船体外部需设置称为艏部托架或称人字架的支承。这种船舶的螺旋桨轴往往较长，有的船舶（如快艇）螺旋桨轴是整根的。有的船舶为了加工、拆装方便起见，将它分为二节。前者在艏轴管内的称为艏轴；后者安装螺旋桨的一节轴段称为螺旋桨轴。

二、典型轴系结构简述

船舶轴系的数目、布置型式及结构的复杂程度根据舰船的种类和任务不同而有很大差异，但是在各种型式的轴系中，又有许多相同或类似的轴系部件，了解这些部件的作用及结构特点对掌握轴系装配和安装工艺是极为必要的。现以典型的轴系结构图（图 2-2）为

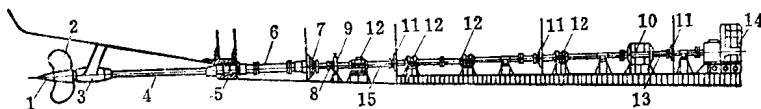


图2-2 典型轴系结构图

1—导流帽；2—螺旋桨；3—人字架；4—螺旋桨轴；5—艏轴毂；6—艏轴管；7—艏轴管填料函；8—联轴节；9—带式制动器；10—推力轴承；11—隔舱填料函；12—中间轴承；13—推力轴；14—减速器；15—中间轴。

例子以说明。

轴系的主要部件是轴，大多数船舶轴段之间成刚性连接，而从主机到螺旋桨则构成一条具有一定柔性的轴系。由于轴系的一部分位于船体内部，而一部分则位于船体外部，因此在轴系通过船体的地方需要装设艧轴管装置 6，以防舷外水进入船体。轴系的最后一根轴 4，在其端部紧固着螺旋桨 2，称为螺旋桨轴。螺旋桨用键和制动螺母紧固在螺旋桨轴的锥体上，螺母用导流帽 1 盖住。

因为人字架轴承和艧轴管轴承都在水中工作，故其轴承通常用铁梨木、桦木层压板、硬橡胶等材料制成。这类材料的轴承是用舷外水进行润滑的。螺旋桨轴在船体内通过艧隔舱壁的出口处安装填料函 7 加以密封。

用油润滑的艧轴管，常选用白合金作为艧轴管轴承材料，这时艧轴管前后端均需设置性能良好的首尾密封装置，以防舷外水的侵入及滑油的漏泄。

螺旋桨轴首端利用刚性联轴节 8 与第一根中间轴 15 相联接，再用刚性联轴节与第二根中间轴联接起来。这样依次下去，最后一根中间轴与推力轴 13 联接，推力轴的作用是把螺旋桨产生的推力，通过推力轴承 10 传递给船体，使船航行。不少船舶将推力轴承置于主机后端或减速器后端，使之合成一体，以简化结构。

艧轴管的尾部紧配入艧轴毂孔内，而首部则紧配入尾部隔舱壁的焊接座板上。

现代船舶的轴系结构大多数允许把艧轴从外面压入和抽出。故艧轴一端往往采用可拆式联轴节与中间轴相联接。支承中间轴的轴承称为中间轴承 12，它刚性地紧固在底座上。中间轴承较多地采用强制润滑或飞溅式润滑的滑动轴承，在某些高速中小型舰船中则采用滚动轴承。

在现代船舶轴系中，为了减轻重量和尽量减少轴系附加负荷的产生，提高轴系的柔性，有利于轴系在变形影响下的正常运转，大多数轴系中每一根中间轴只有一个轴承。

在轴系通过水密舱壁的地方，为了保证密封按规定要装隔舱壁填料函 11。

船舶航行时如遇到轴、轴承或主机发生海损的情况，轴系可用带式或楔形制动器 9 来制动。在刹车块的表面上铆固一层石棉刹车带，它具有很高的摩擦系数。

安装在轴系上的仪器有：测量轴系转速的转速传感器、温度计、压力表等。

三、各种不同船型的轴系结构特点及安装要求

各种不同类型的船舶具有不同的轴系结构，在制定轴系安装工艺时必须考虑轴系的结构特点。

图 2-3 是某油轮轴系结构图。该船机舱布置于船体艧部，由于主机与船艧螺旋桨之间距离很短，螺旋桨轴可以用一根中间轴就与推力轴相联接。有的艧机舱型船舶，甚至可不设中间轴及中间轴承。这种轴系属于短轴系结构。短轴系的特点是轴系长度与直径之比较小 ($L < 22\sqrt{d}$)，柔性较差，因而当轴线有不大的弯曲和曲折时，二端轴承的附加负荷就急剧增大。我们在安装这类轴系时，在工艺上必须注意这一特点，要严格控制轴二端支承轴承的同轴度要求。

图 2-4 是一高速艇双轴系布置图。高速快艇的推力轴承多数是和发动机减速齿轮箱连在一起的。故在图中未标出。这类轴系结构特点，一是属于细长轴、挠性较大；二是多数

现代快艇的轴承采用滚动轴承。所以在安装时必须考虑这二个特点, 采用挠性轴滚动轴承轴系安装工艺。

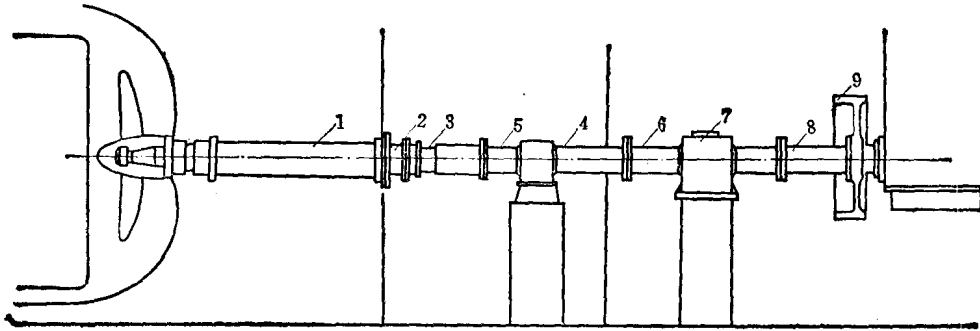


图2-3 某油轮轴系结构图

1—艏轴管；2—艏管填料函；3—螺旋桨轴；4—中间轴承；5—中间轴；6—推力轴；
7—推力轴承；8—短轴；9—飞轮。

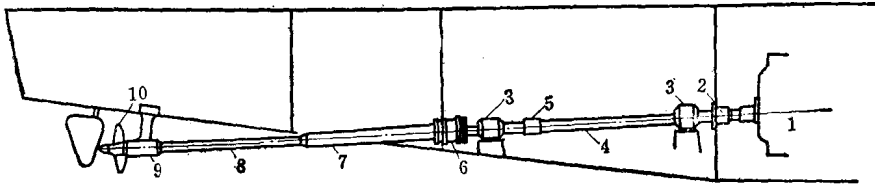


图2-4 高速艇双轴系布置图

1—主机；2—隔舱填料函；3—中间轴承；4—中间轴；5—夹壳形联轴节；6—艏管填料函；
7—艏轴管；8—螺旋桨轴；9—艏托架；10—螺旋桨。

§ 2-2 轴系零部件的装配

一、轴系的配对 (见图2-5)

船舶轴系是由艏轴、中间轴、推力轴等轴段分别加工, 然后通过螺栓组合而成的。如何保证各轴段联接后的同轴度要求这就有赖于轴系的配对了。所谓轴系的配对, 就是指将各轴段置于同一直线上, 保证其同轴度要求, 然后铰镗法兰上的螺栓孔, 并配制相应的螺栓、固紧等一系列工作的总称。

轴系的配对工作可以在平台上或长轴车床上进行。

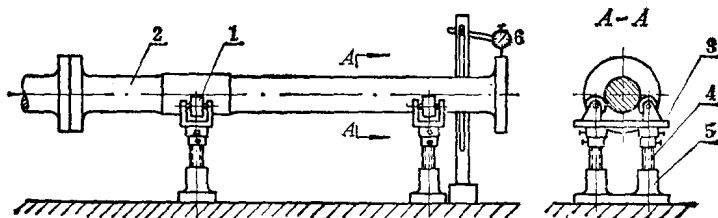


图2-5 轴系的配对

1—滚轮；2—中间轴；3—托架；4—调节螺栓；5—托架座；6—百分表。

配对工作一般自艏向艖依次进行, 将在车床中心架上或平台临时支承上安放螺旋桨轴(或艏轴), 检查其跳动量为最小值后作为基准轴, 然后在中心架或临时支承上放上第一根中间轴, 用百分表检查, 保证联接法兰处的偏移和曲折为最小值, 用临时螺栓将它们紧固, 再次检查各个轴颈处的跳动量在允许范围为止。

值得注意的是在车床上安放中心架或平台上安放临时支承的位置不应引起轴段挠曲, 而影响配对质量。

图 2-6 所示由于 a 值取得太大或太小而引起法兰平面的曲折。一般取 $a \approx 0.2L$, L 为轴段全长。

上述工作完成后, 即可进行法兰螺孔的铰(镗)工作。一般轴端法兰螺孔与螺栓之配合面有圆柱形及圆锥形二种(图 2-7 所示)。

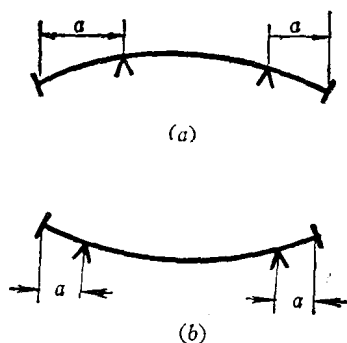


图2-6 轴系配对时的支承位置

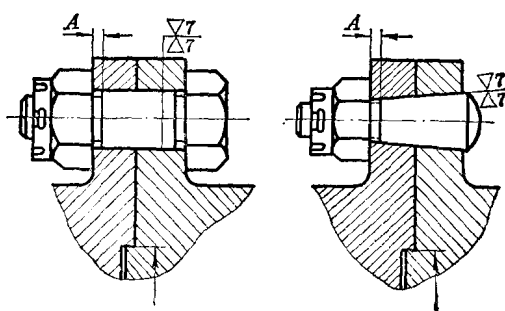


图2-7 轴端法兰与连接螺栓

圆柱配合面的优点是加工方便; 缺点是法兰螺栓与孔的配合精度较高, 否则不能达到必须的紧密配合要求。且螺栓经多次拆装后, 孔与螺栓之间的配合精度不能保持, 容易松动。

圆锥形的配合面的特点正好相反, 虽然加工圆锥孔要比加工圆柱孔要困难一些。但却容易达到螺栓与孔之间的紧密配合, 经多次装拆, 配合面也不易松动。

法兰圆柱形连接螺栓及螺孔的配合, 加工精度可按表 2-1 规定选用。

表 2-1

单位: 毫米

螺栓直径		<30	30~50	50~70	70~100
配合值		0~0.01	-0.005~0.005	-0.015~0	-0.02~0.005
螺孔	不柱度	0.02	0.02	0.03	0.03
	椭圆度	0.01	0.01	0.02	0.02
螺栓	不柱度	0.015	0.015	0.02	0.02
	椭圆度	0.01	0.01	0.015	0.015

在铰镗法兰孔时, 一些工艺操作上的问题, 也是值得注意的, 否则就不能保证质量。例如: 铰(镗)孔的进给方向应与螺栓压入方向一致, 以利于螺栓的压入。为达到良好的表面光洁度, 应掌握每次铰孔的切削量不宜过大。应分别用几把不同直径的铰刀进行加工。在铰(镗)孔时只能松开一个临时螺栓铰一个孔, 不能全部松开, 以防止法兰走动。铰完孔后即按 $\frac{D}{gc}$ 的配合要求, 配制紧配螺栓, 并紧固之, 按同样方法, 逐一将临时螺栓换成

紧配螺栓。

如连接螺栓孔是锥形的,则用锥形铰刀,在铰孔后锥孔和螺栓的接触面应达75%以上。

铰孔可用手工进行,但大型轴系法兰铰孔工作劳动强度很高,为了减轻劳动强度,提高劳动效率,目前多数采用机动铰孔或机动镗孔代替手工劳动。

图2-8是铰大型轴系法兰孔用的风动铰孔机,它由自控气门装置、挠性气缸组和搬手机构三大部分组成,压缩空气通过自控气门装置进入气缸推动活塞,活塞杆带动装有棘轮机构的搬手,搬动铰刀旋转。

图2-9是常用轴系法兰镗孔机简图。镗杆置于二支承轴承内,支承用螺栓固定于轴上,并使镗杆中心与轴中心线平行。由电动机带动减速齿轮箱供应动力。

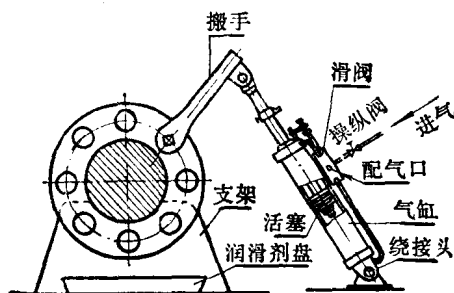


图2-8 风动铰孔机

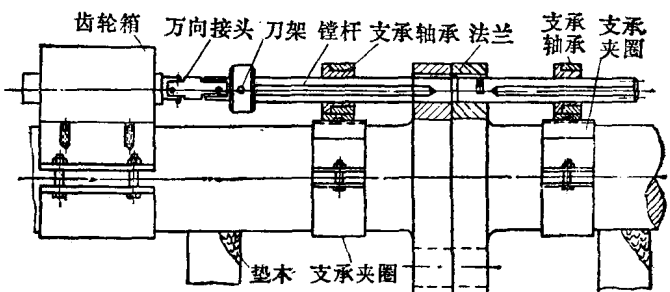


图2-9 轴系法兰镗孔机

这种设备只能加工圆柱孔,如将镗杆内进给机构加以改进,使进给用丝杠与轴孔中心线不平行,成一规定的角度,从而使镗刀进给方向与轴孔中心线成一角度,就解决了圆锥孔的加工问题(见图2-10)。

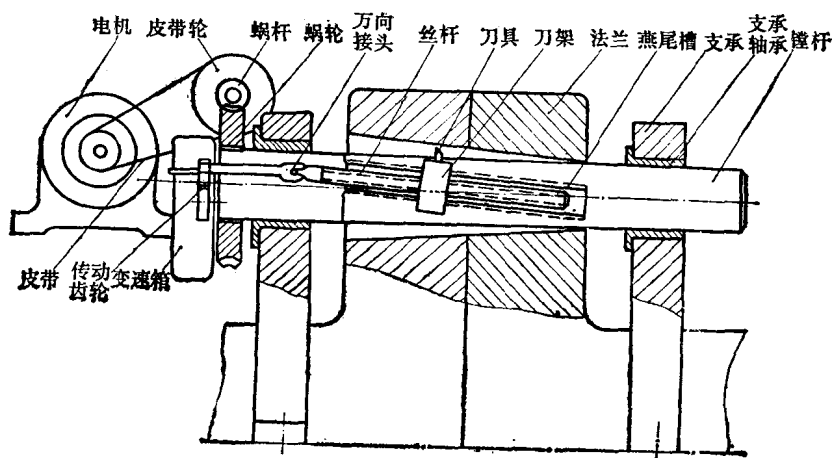


图2-10 加工锥孔的镗孔机

二、艏轴的装配

1. 艏轴红套

采用水润滑的艏轴,工作条件恶劣,且与海水接触,因此需要有轴颈表面的铜包覆层,