

船舶制造工艺系列教材

现代造船技术

Modern Shipbuilding Techniques



刘玉君 李艳君 李瑞 主编



大连理工大学出版社

船舶制造工艺系列教材

现代造船技术

刘玉君 李艳君 李瑞 主编

邢金有 主审

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代造船技术 / 刘玉君, 李艳君, 李瑞主编. — 大连 : 大连理工大学出版社, 2012. 5
船舶制造工艺系列教材
ISBN 978-7-5611-6794-6

I. ①现… II. ①刘… ②李… ③李… III. ①造船—技术—教材 IV. ①U671

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 040803 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp. cn URL: <http://www.dutp. cn>

大连力佳印务有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm
2012 年 5 月第 1 版

印张:9.25 字数:231 千字
2012 年 5 月第 1 次印刷

责任编辑:汪会武

责任校对:杨柏林

封面设计:波 朗

ISBN 978-7-5611-6794-6

定 价:22.00 元

前 言

船舶工业是为航运业、海洋开发及国防建设提供技术装备的综合性产业。近 10 年来,中国造船业占世界造船市场份额的比重呈现出明显的上升趋势,中国已经成为全球重要的造船中心之一。2010 年,我国造船完工 6 560 万载重吨,新接订单 7 523 万载重吨,手持订单 19 590 万载重吨,分别占世界市场的 43%、54%、41%,均居世界第一。我国虽然已经是造船大国,但还不是造船强国。与先进国家相比,我国造船业在自主创新能力、产品结构、生产效率和船舶配套产业发展方面仍然有较大的发展空间。专家建言,加大科研投入和技术人员的培养是造船技术提升的关键,并应加大与国内外知名科研单位的沟通与合作,形成船舶制造、设计研发和人才培养等方面的优势,以增强自身核心竞争力,缩小与发达国家的差距,实现船舶制造业经济运行持续健康发展。

为了适应新兴造船技术人才培养的需要,编者在大连理工大学教学改革教材出版基金的资助下编写了本书。

本书主要介绍国内外先进、前沿的船体建造、舾装和涂装等技术内容,涵盖了现代造船技术的主要方面。第 1 章介绍了造船模式的发展、演变及现代造船模式的特点;第 2 章介绍了船舶建造中先进的放样、边缘加工、成形加工、焊接技术等单项技术;第 3、4 章分别介绍了船舶舾装、涂装技术的现状及发展趋势;第 5 章介绍了船舶建造中的先进焊接技术;第 6 章介绍了船舶建造的精度控制技术;第 7、8 章分别介绍了新兴的数字化造船技术和绿色造船技术。

本书由大连理工大学船舶工程学院刘玉君、李艳君、李瑞主编,刘玉君、李瑞、邓燕萍对全书进行了统稿,由大连理工大学船舶工程学院邢金有教授主审,并提出了宝贵意见。本书的出版得到了大连理工大学教务处、运载工程与力学学部以及船舶工程学院的大力资助,在此一并表示感谢。同时感谢张帆、王显栋在本书编写过程中所做的图文整理工作。

本书是在多年试用讲义的基础上重新编写而成的,编者尽可能引用、整理国内外的新资料和新成果,以帮助读者增加对现代造船技术的认识。但由于篇幅和编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请同行专家和广大读者给予批评指正,以便改进提高。

编者

2012 年 4 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 造船模式的演变	1
1.1.1 整体制造模式阶段	1
1.1.2 分段制造模式阶段	2
1.1.3 分道制造模式阶段	2
1.1.4 集成制造模式阶段	3
1.1.5 敏捷制造模式阶段	4
1.2 现代造船模式	5
1.2.1 建立现代造船模式的总体要求与实施要点	5
1.2.2 现代造船模式的形成与技术特征	8
1.2.3 现代造船模式下造船生产的基本要素	11
1.2.4 现代造船模式中的生产设计	11
1.2.5 现代造船模式中的管理方法	12
思考题	13
第2章 船体建造技术	14
2.1 船体建造单项技术	14
2.1.1 船体放样	14
2.1.2 船体号料	15
2.1.3 船体加工	16
2.1.4 船体装配	22
2.1.5 船台装配	25
2.1.6 超大型总段建造法	25
2.2 船体分道建造技术	26
2.2.1 概 述	26
2.2.2 船体分道建造	30
2.2.3 船体分道建造的配套工作	34
2.2.4 船体分道建造过程和管理	35
2.3 适应壳舾涂一体化的分段划分方案(例)	38
思考题	42



第3章 船舶舾装技术	43
3.1 舾装技术发展概述	43
3.1.1 船舶舾装	43
3.1.2 舾装技术的发展	44
3.2 国内外舾装设计现状及趋势	45
3.2.1 国内舾装设计现状	45
3.2.2 国外舾装设计情况	45
3.2.3 舾装技术发展趋势	47
3.3 模块化造船	48
思考题	50
第4章 船舶涂装技术	51
4.1 船舶涂装技术概述	51
4.2 船舶涂装材料的种类	52
4.2.1 防锈底漆	52
4.2.2 防污涂料	54
4.3 船舶涂装工艺	55
4.3.1 钢材的表面处理	55
4.3.2 涂装工艺	56
4.3.3 涂料施工时出现的问题及防治	58
4.3.4 船舶分段涂装时的注意事项	58
4.3.5 船舶合拢后二次涂装的特点及技巧	60
4.3.6 车间底漆的施工	60
4.3.7 船底漆的涂装	61
4.3.8 船壳漆的涂装	62
4.3.9 甲板漆的涂装	62
4.4 船舶涂装后在海水中的腐蚀类型	64
思考题	65
第5章 船舶焊接技术	66
5.1 概 述	66
5.2 船舶先进焊接技术	67
5.2.1 船舶焊接材料	68
5.2.2 船舶焊接设备	68
5.2.3 船舶焊接工艺	71
5.3 我国船舶焊接技术的进步	74
5.3.1 我国造船焊接技术的发展	74
5.3.2 焊接工艺技术	75
5.3.3 焊接设备	79



5.3.4 焊接材料	80
5.4 焊接技术的应用	81
5.4.1 国外船舶机械化、自动化焊接技术应用实例	81
5.4.2 国内船舶机械化、自动化焊接技术应用实例	83
思考题	84
第6章 船舶建造精度控制技术	85
6.1 船体建造精度控制技术概述	85
6.1.1 船舶精度控制技术在现代造船模式中的地位和作用	85
6.1.2 船舶精度控制技术的发展	85
6.1.3 船体精度控制技术的分类	86
6.1.4 船体精度控制技术的现状	86
6.2 尺寸链理论在船舶精度控制中的应用	88
6.2.1 尺寸链理论的数理统计基础	88
6.2.2 尺寸链理论	88
6.2.3 尺寸链理论在船舶精度控制中的应用	89
6.3 船舶精度控制的实施	91
6.3.1 船舶精度控制的实施过程	91
6.3.2 船舶精度控制措施	92
6.4 尺寸精度补偿	92
6.4.1 尺寸精度补偿的含义与分类	92
6.4.2 补偿量的确定	94
6.4.3 对切割、焊接、水火加工等引起的残余变形的研究方法	95
6.5 火工矫正	97
6.5.1 火工矫正的基本原理	97
6.5.2 火工矫正的主要方法	98
6.5.3 火工矫正的参数分析	101
6.5.4 火工矫正的参数选择原则	101
6.5.5 火工矫正的工艺顺序	102
6.5.6 火工矫正的变形特征	103
6.5.7 火工矫正注意事项及要求	106
思考题	107
第7章 数字化造船技术	108
7.1 中日韩三国船厂数字化应用状况分析	109
7.1.1 中日韩三国主要造船企业数字化应用动态	109
7.1.2 日韩数字化造船比较分析	112
7.2 中国数字化造船	115
7.2.1 中国船厂数字化造船中存在的问题	116



7.2.2 急需发展的数字化造船技术	117
7.2.3 大连船舶重工数字化之路	118
7.3 GEO CIMS 系统介绍	120
7.3.1 GEO CIMS 系统的功能	121
7.3.2 GEO CIMS 系统在船舶建造领域的应用	126
思考题	126
第 8 章 绿色船舶和绿色造船技术	127
8.1 绿色船舶	127
8.1.1 绿色船舶生态矩阵	127
8.1.2 造船企业的环保解决方案	129
8.2 绿色造船	130
8.2.1 绿色船舶的内涵	130
8.2.2 绿色造船的主要内容	130
8.3 我国绿色造船面临的问题及应采取的措施	133
8.3.1 我国绿色造船面临的问题	133
8.3.2 我国推行绿色造船应采取的措施	134
参考文献	136

绪 论

1.1 造船模式的演变

模式就是解决某类问题的方法论。每个模式都描述了一个在我们的环境中不断出现的问题,然后描述了该问题的解决方案的核心。

造船模式是指组织造船生产的基本原则和方式。它既反映对产品作业任务的分解原则,又反映作业任务分解后的组合方式,体现了船舶产品的设计思想、建造策略和管理思想三者的系统结合。

造船生产活动的实现,不但要有硬件设备(机械、原材料、信息系统等)、软件(技术),还要进行操作(管理,如人员、组织结构等软设施的管理)。

造船模式的每一次演变,都有赖于其他行业科学技术的创新。而造船技术的革新,必然促进造船模式的变革。企业的工作人员必须理顺好造船技术的革新与造船模式的变革之间的关系,才能使造船生产成为一个有机的整体,并健康发展。

造船技术与造船模式统一于造船生产活动中。它们之间既对立又统一,相互依存、相互作用,有着不可分割的内在联系。造船技术的革新总是在现有的造船模式的基础上诞生的,造船技术欲转化为现实的生产,必须依赖于与其相适应的造船模式。而造船技术的革新,最终必将带来造船模式的变革。

造船模式的演变经历了五个阶段:整体制造模式阶段、分段制造模式阶段、分道制造模式阶段、集成制造模式阶段和敏捷制造模式阶段。

1.1.1 整体制造模式阶段

该阶段属于传统造船工业阶段。该阶段以铆接技术为主导技术,是由钢材替代木材成为造船主流的先期,船体构件的连接依靠“铆接技术”。

该阶段典型的工程状态:在车间内完成船体零件加工后,集中在船台上把它们铆接为整艘船舶。造船作业以“系统”导向进行组织,依次是龙骨系统、肋骨框架系统、外板系统、甲板系统、上层建筑系统。在船体完工后,安装各个系统的机电设备和舾装设备。然后进行船舶的油漆作业。

该阶段的管理特性:以“系统”导向分解船舶工程,超前加工好各类船舶构件,超前制造或购买各种设备,置于仓库或堆场。待船台装配铆接和船上安装时领用,属于按“库存量”控制生产的管理模式。

该阶段船厂类型:劳动力密集型,一般大型船厂员工人数为数万人。

该阶段的关键技术:人工放样技术;切割、成形、装配技术;管加工技术;原材料处理与机加工技术;机电设备和系统的安装调试技术等。

该阶段船厂结构特点:属于全能型,能制造船体、机械及各类舾装件;以学科专业组建技术和职能部门;按工种专业化组建生产车间和工段;由监造师组织生产,负责造船进度。

该阶段厂际关系:由原材料、设备和器件生产厂向船厂提供物资。

该阶段的生产组织:按单一工种组织生产班组和工段,按单一专业组织设计和工艺科室。

人员素质:单一工种的生产工人和技术人员。

该阶段的典型装备:小型吊车、船台;实尺放样台;通用的剪切和压力加工设备;通用的气割设备;通用的机加工和铸锻设备等。

1.1.2 分段制造模式阶段

从20世纪40年代起,“焊接技术”逐步替代“铆接技术”连接船体构件。造船模式发展到分段制造模式阶段。该阶段仍旧属于传统造船工业阶段。

该阶段以焊接技术为特征技术。发展机理是连接技术的创新。

该阶段典型的工程状态:在船台之外的场地,使用胎架制造船体结构的某一部分,即“分段”。然后,由分段上船台合拢为整艘船舶。同时,在分段上预先安装部分舾装件,称为“预舾装”。此外,还在全船形成前,涂刷船舶的内层油漆。这时,船舶工程的分解,既依据“系统”,又依据“区域”(分段)。分段制造模式的特征是把原先集中在船台的大部分装配作业,提前到条件较好的车间内完成,扩大了加工面积,显著地提高了生产效率。

该阶段的工程管理特性:以“系统/区域”导向分解船舶工程;按“系统/区域”的“库存量”控制生产过程。

该阶段船厂类型:劳动力密集型,大型船厂员工数量有所减少,在万人左右。

该阶段的关键技术:人工放样技术;切割、成形、焊接、装配技术;管加工技术;原材料处理与机加工技术;机电设备和系统的安装调试技术等。

该阶段船厂结构特点、厂际关系、生产组织和人员素质与整体制造模式阶段相似。

该阶段典型装备:小型吊车、船台;实尺放样台;通用的剪切和压力加工设备;通用的气割和小型焊接设备;通用的机加工和铸锻设备等。

1.1.3 分道制造模式阶段

20世纪70年代起,随着船舶大型化,各大型船厂相继引入了成组技术。造船成组技术的实质是根据不同种类船舶的结构和工艺过程的相似性,组织流水或虚拟流水生产,以使多品种、少批量的船舶生产获取大批量生产效益。由此,把整艘船舶作为最终产品,而将全船形成前的各项作业,均按“船上区域”、“作业类型”和“施工阶段”的相似性进行分解,称为“中间产品”。依据各类、各级中间产品的专业化生产需要,调集生产资源(场地、设备、人员、物料等)、编制生产信息(图纸、计划、指标等),组成真实的流水生产线(钢板加工、管子加工、平面分段加工等)和虚拟的流水生产线(曲面分段、舾装作业、船台装配等)。



该阶段的特征技术是成组技术。发展机理是社会管理技术的创新。

该阶段典型的工程状态:分道建造、区域舾装和区域涂装。

该阶段的工程管理特性:依据船上区域、作业类型和施工阶段定义中间产品;除了船上的系统调试外,工程分解的依据不再是一艘船的某个系统。中间产品的专业化生产为船厂配置了各类高效的工艺装备。造船的钢材切割、成形加工、装配、焊接、涂装等许多体力作业由专用设备替代,使得船厂类型由“劳动力密集型”进化为“设备密集型”。大型船厂员工由数万人下降到数千人。

该阶段的关键技术:造船的 CAD/CAM;NC 切割技术;型材、管件和分段的机械化制造技术;“中间产品”采办和托盘集配技术;造船精度控制技术;编码和区域造船技术等。

该阶段船厂结构特点:总装型船厂具有船体制造、管件制造、涂装功能;以中间产品专业化生产为导向,组建科室和车间。

该阶段厂际关系:由原材料、设备、器件、舾装件、铸锻件、机械加工工厂向船厂供货,甚至涂装作业也组建专业公司,为多家船厂服务。

该阶段的生产组织:定场地、设备、人员和指标,制造某中间产品的多工种的生产单元;按区域的多专业的科室划分。

人员素质:复合工种的生产工人、多学科的科技人员。

该阶段的典型装备:辅助大型船坞内船体分段合龙和舾装作业的大型起重设备;计算机辅助数学放样替代了放样台;钢材预处理流水线和类别相异的 NC 设备;型材、管件和平面分段加工、装配、焊接流水线;涂装房和机器人;壳舾涂一体化(Integration of Hull Outfitting and Painting, IHOP)的综合车间。

1.1.4 集成制造模式阶段

20 世纪 80 年代以来,随着计算机技术在造船生产中应用的扩大和深入,造船质量管理、工程管理等技术的日臻完善,造船业作为典型的装配业,对人类社会多种先进技术的集成进行了充分的展示,使得造船业向着“空间分道”、“时间有序”的“壳舾涂”一体化、集成化方向发展。

虽然分道制造模式在每种中间产品的制造上采用先进技术,但是各类中间产品先进不等同于整体高效。为了实现造船工程的整体高效,需要依靠信息技术对造船作业的三大步骤,即船体制造、舾装和涂装中的各项作业过程进行协调的优化排序。这是在造船作业中间产品专业化生产的“空间分道”的基础上,实现的“时间有序”。由此,船舶工程管理的特征是造船的设计、采购、制造、外协等每一局部,可以细化到每个人的任务,与全局的各个时段的目标保持一致,实现了中间产品专业化生产的流通量控制。信息技术在造船全过程的应用,包括设计软件、制造软件、管理软件和网络平台的应用,使得繁复的、人脑不可能实现的精细控制成为可能。从而使造船产量倍增,极大地提高了生产效益。

该阶段的特征技术是信息技术。发展机理是社会管理技术的创新。

该阶段典型的工程状态:船体建造、舾装和涂装一体化。

该阶段的工程管理特性:“中间产品”导向的专业化生产;按“区域/类型/阶段”的“库存量”控制生产过程;利用 CIMS 系统进行生产管理。

该阶段船厂类型:信息密集型;大型船厂员工人数在千人左右。

在关键技术、船厂结构特点、厂际关系、生产组织、人员素质及典型装备等方面,集成制造模式变化不大,大部分设施条件与分道制造模式相类似。

1.1.5 灵捷制造模式阶段

未来的造船模式将是灵捷制造模式,该模式的核心是以人为中心的“智能化”技术。

先进造船国家正在研究开发船舶的灵捷制造模式,该模式运用先进的制造原理和高新技术手段,全面提高造船业对船舶市场变化的响应速度。

它的基本特征可能是:(1)全面模块化。由船舶模块制造厂生产船厂定制的各类模块,船厂将模块连接为各型船舶。模块成为各型船舶设计、制造和维修的共有基础。(2)全面数字化。运用信息技术将船舶设计、制造全过程的所有信息均以数码形式表达,实现异地异构的系统沟通和融合。(3)并行工作。根据市场或某项任务的需要,使分布在各地的相关部门,包括设计、制造、采办、供应商、财务、人才等,运用良好的通信和网络同时工作,实现最快的响应。(4)动态联盟。运用“插件兼容式”的技术体系,在不同层次上,在授权范围内通过各种标准建立合作关系,船厂作为盟主,为建造某船舶产品把有关企业的相关部分整合为一个虚拟企业,真实地完成各项造船任务。(5)牵引方式。从船东需求出发,决定虚拟企业的组织,包括对人员技能、对制造设备、对通信联络设施等的安排,以满足下游工作的需要来决定上游的生产活动,做到精简高效。(6)模拟仿真。运用信息技术,可以使船东和管理部门自造船合同签订起,对船舶整个设计和制造过程进行异地的实时监控和调控。

该阶段的特征技术是智能技术。发展机理是社会技术的创新。

该阶段典型的工程状态:动态虚拟组合建造过程仿真、全面模块化。

该阶段的工程管理特性:模块导向的分布式生产和动态耦合;造船和船舶运营全过程的实时监控。

该阶段船厂类型:知识密集型;大型船厂员工人数在百人以上。

该阶段的关键技术包括:船舶产品模型数据交换标准;船舶产品和制造过程一体化数据环境技术;分布式集成的虚拟制造技术;全方位的建模和仿真技术;并行工程和电子网络技术。

该阶段船厂结构特点:灵捷型船厂具有组装和调试功能;以军民船舶共用模块为基础,组建科室和车间;计算机辅助共用数据库实时控制。

该阶段厂际关系:由原材料、设备、器件生产厂向模块生产厂提供物资;由共用模块生产厂向各家船厂供应各类船舶的典型模块。

该阶段的生产组织和人员素质:快速组合的生产班组,擅长安装和调试各类模块;高素质生产工人、科技人员,能持续改进工作,并适应灵捷的动态组合。

该阶段的典型装备:全厂、全国甚至全球的计算机信息联网基础设施;无纸化、全数字化、高度自动化的生产设备;具有预防功能的、生产过程智能化的实时监察和控制设备;温度和空气新鲜度可调的、防污染的船坞和厂房。



1.2 现代造船模式

造船是一个复杂的工艺工程,涉及多种专业技术,长期以来各专业工程无论在时间上还是空间上都是相互交叉覆盖,甚至相互影响。而现代造船模式要求把造船工艺过程分解为船体分道制造、区域舾装与区域涂装三大工艺流程,在设计和建造过程中对船舶舾装与涂装进行统筹安排。在优化设计和完善管理的前提下,通过以“中间产品”为导向,实现空间分道,时间有序,责任明确,相互协作;在低耗优质的原则下,快节奏地实现生产局部与整体同步。这就是现代的壳舾涂一体化造船模式。

研究现代化的造船模式,在总体上要研究如何达到壳舾涂的一体化作业;在局部上,在各专业范畴则要深入研究区域设计和建造技术。

现代造船模式是以中间产品组织生产为基本特征的总装造船模式,主要由统筹优化的造船理念、面向生产的设计技术、均衡连续的作业流程、严密精细的工程管理和高效合理的生产组织等基本要素构成。

现代造船模式是提高生产效率、缩短造船周期的重要手段,也是企业提高经济效益的有效途径。面对日益严峻的国际竞争环境,我国船舶工业在向世界造船强国目标奋进的过程中,不仅要面临日韩更加激烈的竞争,而且还将经受市场变化、材料设备价格上涨以及汇率变动等一系列风险的考验。加快建立现代造船模式是中国船舶工业走新型工业化道路的战略选择,也是直接关系我国造船企业生存与发展的一项紧迫任务。

现代造船模式与传统造船模式的区别主要体现在生产组织、生产管理、工艺流程和作业排序等方面,如图 1-1 所示。

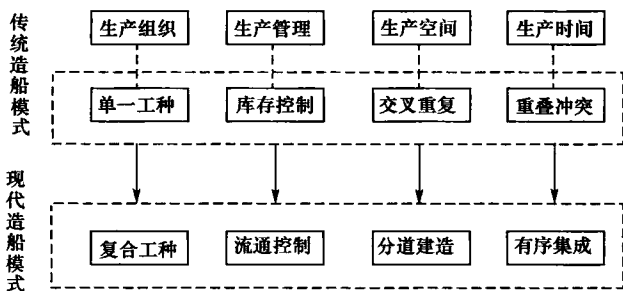


图 1-1 造船模式的转变

1.2.1 建立现代造船模式的总体要求与实施要点

建立现代造船模式的总体要求是一改、三化、两结合,即从改造造船生产体系入手,以推进造船总装化、管理精细化和信息集成化为重点,结合企业实际,结合产品载体,推动建立现代造船模式工作的深入发展。

改造造船生产体系是建立现代造船模式的基本前提,只有打破传统的不合理的生产体系,才能确保建立现代造船模式工作的顺利进行;造船总装化、管理精细化、信息集成化

是现代造船模式的主要实现形式,体现建立现代造船模式的基本方向;结合企业实际、结合产品载体是建立现代造船模式的有效方法,只有根据企业各自不同的具体条件,以产品为载体,在实践中不断改进和完善,才能保证建立现代造船模式的工作真正落到实处。

建立现代造船模式的实施要点主要包括如下几方面:

1. 以总装化为主线,推进造船生产体系改造

(1)合理确定企业的总装化深度。要按照总装造船的要求,从最大限度发挥企业核心资源能力出发,充分利用本地区造船配套能力的社会资源。以降低成本、缩短造船周期为目标,通过技术经济分析,明确企业的总装范围,把可以通过协作外包的中间产品尽可能分流出去,使企业集中力量从事总装生产,以提高生产规模 and 专业化水平。

(2)对总装主流程进行流程再造。要按照中间产品成品化和工序前移的原则,优化生产作业流程,建立分段流水作业生产线;要按照扁平化、一元化管理的原则,优化管理流程,消除无效管理环节,收缩管理幅度,减少管理层级,变传统按专业分工的管理为高效、协同、精简的管理。要高度重视体制、机制的转变,消除建立现代造船模式的体制、机制约束,建立与现代造船模式相适应的造船管理体制和生产运行机制。

(3)推进中间产品专业化生产。建立布局合理的中间产品专业化协作厂,如钢材加工中心、分段制造中心、管子加工中心、上层建筑加工中心、模块加工中心等,通过总装厂和若干专业化协作厂形成动态联盟,构建有效的总装造船体系,形成船舶工业配套产业群。同时,要把船舶配套企业纳入总装造船体系,推动船舶配套企业与总装造船企业同步协调发展。

(4)发展批量造船。要根据合理分工、错位竞争的原则,结合各造船企业的具体条件,推进产品结构调整,通过集中开发,培育有市场、有竞争力、有特色、有效益的标准化的主导产品,逐步形成专业化批量生产,构建有利于总装化造船的产品结构和品牌产品。

2. 深化设计,为建立现代造船模式提供支撑

(1)提升设计水平。加强船型开发和优化,掌握产品核心技术和特殊要求,提高设计合理性与正确率,减少图纸修改和生产返工,确保计划执行的可靠性和生产流程的顺畅运转。要重视船舶产品数据库的建设,促进设计信息共享,减少重复劳动,为提高设计质量、缩短设计周期创造良好条件。

(2)深化合同设计。要在合同设计中全面推行设计成本管理,从源头上确保造船成本可控。要努力促进设计工作前移,为尽早启动设备订货、实现船体与舾装各专业同步设计创造有利条件。要按照区域造船的要求,合理调整专业分工,优化设计流程,不断完善设计标准、程序和工时管理体系。

(3)深化生产设计。要按照设计、生产、管理一体化的原则,按生产管理部门提出的建造要求,全面提高中间产品壳舾涂一体化设计的完整性和中间产品工程管理信息的完整性。

(4)推行造船前期策划。要通过船舶建造方针、综合日程计划表等有效途径,加强设计、生产、管理之间的前期沟通和协调,提高设计的可生产性。要通过纸面模拟造船,消除



生产过程中的瓶颈部位,同时为生产管理提供翔实、准确的工艺技术信息和工程物量数据。要充分利用信息技术手段,开发三维建模和生产过程模拟技术,提高前期策划水平。

3. 以工程计划为导向,推进管理精细化

(1)加强数据管理。以量化数据为依据是实现管理精细化的基础。要建立规范的生产现场数据日报及反馈制度,加强生产部门与生产设计部门的及时沟通,通过不断积累,逐步建立起系统、完整、准确的设计、生产、管理数据系统。

(2)强化工程管理。要结合企业实际,建立和完善工程计划管理体系,扩大计划覆盖面,制定切实可行的管理标准,促进计划管理的规范化、标准化。要以标准基础管理数据为依据,充分利用计算机辅助管理工具,提高计划与控制的精细化水平。

(3)推行复合技能制。要按造船生产流程划定工位,按工位划定岗位,按岗位配置技能需求、配备上岗编制,以先进的技能制劳动组织替代传统的工种制劳动组织,建立和完善高效的劳动组织体系。

(4)实施负荷平衡计划。要通过定量测算,对生产能力与生产任务进行量化平衡分析,确定满足生产任务所需生产资源的最佳配置数量,以最小的投入获得最大的产出。

(5)尽可能消除浪费。要积极开展功能成本分析,消除设计中的功能冗余;以精细造船理念进行流程分析,减少生产过程中的各种非增值活动,以最大限度提高生产效率、降低造船成本。

4. 以信息技术为手段,促进信息集成化

(1)实施造船数字化工程。大力推进设计、生产、管理信息共享平台的建设,从造船主体生产、设计、管理起步,有计划、有步骤地逐步建立起面向整个造船过程的信息集成系统,实现设计、生产、管理一体化和壳舾涂作业一体化。

(2)提高信息集成度。加强船厂与船厂、船厂与设计院所、船厂与供应商之间的信息整合,通过异地协同网络等先进技术,达到信息流、物流和价值流的高度集成,逐步实现区域性设计、制造、管理信息的数字化无缝连接。

5. 围绕缩短造船周期,推进相关制造技术发展

(1)推行分段总组造船法。要结合技术改造,配置专门的分段总组制造场地,配备大吨位的起吊设备,实施分段总组造船,扩大总组数量和重量,减少船坞(台)中分段搭载工作量,最大限度发挥船坞(台)核心生产资源的作用。

(2)发展单元组装、预舾装和模块化技术。要大力推广机舱盆舾装、上层建筑整体吊装等先进舾装技术,缩短船坞(台)安装时间。要按照舾装作业前移的原则,积极推广分段、总组预舾装技术,提高分段、总组进船坞(台)前的安装完整性和船舶下水前的安装完整性。

(3)发展精度造船和先进涂装技术。要大力推广造船精度管理与控制技术,以补偿量代替余量,实现船坞(台)无余量搭载。要通过提高钢材预处理生产线的作业质量及跟踪补涂等手段,减少分段二次除锈工程量,提高涂装效率。

(4)加强船坞(台)总装工艺方法研究。围绕快速搭载、串(并)联造船、脚手架、工装设

备、密性试验、高效焊接等关键环节,开发和应用能够提高生产效率的造船新工艺、新方法。

6. 加强基础管理

(1)加强标准化工作。要建立覆盖经营决策、产品开发、生产设计、物资物流、品质控制等生产经营全过程的综合业务流程,在此基础上,逐步形成规范、详细的管理标准、技术标准、作业标准,促进企业整体业务流程的系统化、标准化。

(2)强化预算和成本管理。要建立从前期策划开始、贯穿生产经营全过程的预算体系,逐步形成完整的成本控制系统。同时,要强化工时体系、计划体系、数据和编码体系、用工体系以及外包管理、现场管理等基础工作。

1.2.2 现代造船模式的形成与技术特征

1942年,德国海军击沉盟国舰船数量快于同时期盟国生产舰船的数量。然而,到了1943年,美国船厂的船舶生产数量超过了同时期被击沉舰船的数量。取得这个巨大成功是由于美国造船业引进了成组技术(Group Technology, GT),按船舶区域和作业类型的相似性组织生产。与原来的造船方法比较,自由轮的建造速度加快了1/3,建造成本降低了1/4。当时,美国造船从业人员165万,1941~1944年建造自由轮3148艘,保障了战时的制海权和海上对欧亚战场的物资运输。

现代造船模式以GT理论为指导。初期,GT是用于工业过程管理的十分有效的分类与编码方法。它对造船领域的卓越贡献,不只是用创新的方法使材料、零件、部件和模块等保持各自正确的工艺流程,更重要的是它做到了了解造船过程和怎样提高造船工业的生产率。GT为使多品种、变批量生产获取批量生产效益,对企业营运工作作出了合理的安排。GT是一个全面控制概念,使制造业的经验全部纳入系统化和综合性,强调了企业各部分工作一体化的重要性,因此,它被学者称为工业领域的系统工程。

日本现代造船模式经过多年的发展形成了自己的特点,其造船企业以资本为纽带形成母子公司体制;在管理体系的组成上形成一个围绕造船的管理网络系统;通过与企业集团长期保持密切制造关系的上下游工厂结成公共的联盟或配套关系,形成区域化的总装造船与配套产业集群。其船舶制造的明显特点是中间产品的完整性和集成程度较高,流水作业的生产管理精度准确,专业化制作的细分和工序能力的配置均衡合理,配套供应体系完善,生产劳动效率和生产计划控制水平较高,能够保持一贯的、高效的制造效率和较短的制造周期。因而日本的船舶制造企业的竞争力(尤其在技术和效率方面)始终处于国际船舶市场的领先地位。

韩国的船企于20世纪70年代末引进了大批日本退休的造船专家,加上大规模的基本投资,形成现代造船模式,并迅速成为世界上仅次于日本的第二造船大国,并于2003年超过日本(就吨位而言),成为世界第一造船大国。韩国的船舶制造企业发展的时期较晚,从基本能力和效率的角度上看,与日本还是有一定的差距,但是,韩国在借鉴与学习了日本现代造船模式之后,尤其是韩国在船舶制造理念和技术的运用,以及企业管理系统的建

设方面,其管理体系几乎就是日本船企在韩国的翻版。在规模上,在船舶总装厂的规划与建设中,其核心制造工厂的规模能力相对较大,其专业化和标准化作业与管理的程度也相当高,韩国现代造船模式也是目前比较有代表性的现代造船模式之一。

现代造船模式是一个完整的生产体系,目标是贯彻以“中间产品”为导向的建造策略,其主要由以下 11 项技术组成:

(1)质量控制循环活动:造船企业中的每个人都置身于各自业务的“计划—实施—矫核—改进—再计划”的无限循环和提高中。

(2)船舶建造标准化:为达到有效的控制,实现一切与船舶生产有关的活动的全面标准化,包括产品设计、加工、装配、安装、检验和各项管理工作的标准化。

(3)建造合同技术谈判:为避免船舶设计修改引起的生产混乱和成本增加,合同谈判须明确设计标准、建造标准、造船方法、质量指标、分段划分、精度控制焊缝和工艺通道等。

(4)产品导向工程分解:按船上区域、作业类型和施工阶段的相似性,将全船逐级分解为各类“中间产品”,直至市场采购的物资按“中间产品”的专业化生产组建整个生产系统。

(5)船体分道建造技术:按船体零件、部件、分段和总段的工艺过程的相似性组建各类生产线,达到均衡生产和生产资源的高效使用。同时,采用建造精度控制、矫正和成形技术,使船体零部件和分段达到规定的尺寸,且节省工时。

(6)区域舾装技术:在船舶产品设计前即制定建造策略,最大限度地把舾装作业提前在施工条件较好的车间内完成,开展单元舾装和分段舾装,采用各类模块,严格按区域划清各个舾装阶段。建立计算机辅助的“物资采办系统”,确保舾装所需的物资准时抵达船厂;同时,建立厂内的“托盘集配系统”,把物资和“中间产品”准时送抵制造更高一级“中间产品”的现场。

(7)区域涂装技术:在设计阶段就严格规定涂装的区域和阶段,即原材料的涂装、部件涂装、分段涂装和船上涂装,使涂装成为贯穿所有制造级的作业过程,从而提高作业质量,并消除不同作业间的相互干扰。

(8)管件族制造技术:把具有相似工艺过程的管子集聚为族,按“族”组织流水线生产,使下一个循环期所需的各族管件在本循环期完成,并以“托盘”形成集配,适时地提供给各个舾装现场。

(9)壳舾涂一体化:在上述船体分道建造、区域舾装、区域涂装和管件族制造等 4 项技术实施并完善的基础上,运用统计控制技术分析生产过程,使各类造船作业实现空间分道、时间有序、责任明确、相互协调的作业排序,并由计算机全面辅助。这就是计算机集成船舶制造系统,即造船 CIMS(Computer Integrated Manufacturing Systems)。

(10)一体化的柔性造船管理系统:按生产区域编制生产计划,使“中间产品”的生产与船舶系统无直接联系。运用物流控制技术统管生产过程,确保各艘船舶按时交付。

(11)造船编码技术:对从合同设计开始到交船与售后服务整个过程中造船的所有活动内容进行信息分组、传递、交流和管理。编码是造船信息的载体,是应用成组技术、计算机技术和虚拟制造技术的基础。