

上海市造船工程学会 2005 年学术年会

船舶建造工艺专场



上海市造船工程学会船舶建造工艺专业学术委员会

二〇〇五年九月二十九日

上海市造船工程学会 2005 年学术年会简介

为进一步落实“科教兴市”主战略，充分发挥科协及其所属团体在组织开展学术交流的主渠道作用，上海市科协先后成功举办了两届学术年会，今年将继续举办第三届学术年会。

按照市科协对举办学术年会的要求，主要以学术交流形式促进科学技术发展，同时满足广大会员参与学术交流的基本需求。学会领导要求在总结前两届学术年会基础上，认真筹办 2005 年学术年会，搭建一个以会员为主体的交流平台，鼓励和发动广大会员与科技工作者积极参加，规模 2000 人，并组织优秀论文评选活动，努力创建有学会特色的精品项目。具体工作由学会学术工作委员会统一安排，由专业学术委员会和学工委分别负责组织实施。

为实现胡锦涛总书记提出的“不仅要成为世界造船大国，而且要成为造船强国”的战略目标，2005 年学术年会的主题为“用科学发展观建设世界造船大国和强国，提高研发、设计、制造整体水平”。

上海市造船工程学会 2005 年学术年会，是一个系列性学术年会，也是上海市科协第三届学术年会的重要组成部分。届时，由结构和标准与规范、设计和标准与规范、军船、海洋工程、轮机、辅机、自动化、电气、工艺、材料、信息、管理专业学术委员会，采用联合或单独举办的形式，组织召开 2005 年学术年会，共设 12 个专场，分别围绕“用科学发展观建设世界造船大国和强国，提高研发、设计、制造整体水平”的主题，结合各自的学科特点和当前科技发展的形势，就“船舶结构新规范的应用及船舶安全性，油船设计技术研讨，军船发展趋势及新技术应用研讨，发展海洋工程、建设世界造船大国和强国，船舶轮机与造船大国和强国，船舶辅机新技术研讨，船舶自动化新产品、新技术，船舶电气新技术研讨，造船新工艺及关键技术研究，发展船舶材料、建设世界造船大国和强国，造船工业信息化关键技术研究与应用，增强科学发展观、做大做强船舶工业”等专题，开展广泛、深入的学术交流和研讨，汇集了众多专家和学者的精彩见解，展示了最新学术成果。充分体现了学术年会的广泛性、系统性和会员的参与性。在此基础上，定于 9 月 21 日举办上海市造船工程学会 2005 年大型综合学术年会，以体现学术年会的多学科、综合性和高层次。

学会领导对本届学术年会十分重视，年初就进行了精心筹划，制定了实施方案，作了专题布置和检查。各专业学术委员会也倾注了大量心血，在广泛征文的同时，还组织了重点交流文章，以体现该专业的学术交流水平。在广大会员的积极支持下，筹备工作进展顺利，共收到论文 140 余篇，按照 12 个专场和大型综合学术年会编印装订成册，交流和推广学术成果。

上海市造船工程学会 2005 年学术年会
船舶建造工艺专场——专题报告

船舶生产流程再造与绿色制造

徐学光

(611 研究所)



提要：我国船舶生产效率低、消耗高的技术原因是：尚未做到造船过程的流通量控制。为实现造船的科学发展，建议进行“流程再造”，并构建“绿色船厂”，建造“绿色船舶”。

关键词：造船 流通控制 流程再造 绿色制造

船舶生产是把船舶设计信息物化为真实产品的企业行为。船舶生产的技术水平决定造船的产量、周期、成本、效率和对环境的影响，并制约船型的发展。船厂是船舶工业中投入和产出最多的场所，是使我国成为第一造船大国的主战场。面临高科技时代，“流程再造”是传统制造业获取生存的必由之路；在资源有限的环境中，“绿色制造”是人类持续发展的必然选择。反之，将是自取灭亡。

1 造船主战场的阶段性差距

1.1 技术水平与生产效率

廿三年前，中国船舶工业总公司（CSSC）“造船成组技术研究课题组”提出：合理造船工艺流程的科学方法是全面地应用成组技术。至 1990 年出版了《造船成组技术》，全书 65 万字。于 1992 年，CSSC “缩短造船周期对策研究课题组”提出：缩短造船周期的根本对策是建立现代造船模式。CSSC 在 1995 年召开的“第二次缩短造船周期会议”议决我国骨干船厂两年内基本实现现代造船模式。

时隔十年，采纳上海船舶工业 1984 至 2004 的廿年的固定资产原值、职工总数和工业增加值的系列数据，以国际通用的道格拉斯（C. Douglas）生产函数公式计标，固定资产投入对工业增加值的贡献率为 125%。同时，以产出对“资本”和“劳力”的消耗计标，认为：这廿年间，造船“技术水平”几乎没有提升 [1]。当前，日本、韩国造船业的从业人员分别为 3.84 万和 6.49 万。我国建造远洋船舶厂的职工为 12.4 万。日、韩和我国 2004 年的船舶产量为分别为 2300、2260 和 855 万载重吨。据此计算，我国全员人均产量与先进水平存在 7.7 倍的差距。

1.2 船舶制造系统的发展阶段

笔者将船舶制造系统的发展分为 6 个阶段，如图 1 所示；以此，探究上述技术进步和生产效率不尽人意的原因。

本文作者系 611 研究所原副总工程师，中国造船工程学会工艺学术委员会“壳舾涂一体化”学组组长，研究员。

↑	2000 年	船舶快速响应制造系统 (6) • 智能技术主导的快速响应 • 模块化、数字化仿真和虚拟企业 • 知识密集的异地并行、实时控制 • CLAS、PDM、PLM、ERP、CE、LP、AM、LE
	1990 年	船舶集成制造系统 (5) • 信息技术主导的精细协同 • 船体建造、舾装、涂装和管件加工一体化 • 信息密集的流通控制生产 • CIMS
	1970 年	钢船分道制造系统 (4) • 成组技术主导的作业机械化 • 船体分道制造、区域舾装、区域涂装 • 设备密集的“中间产品”专业化生产 • 零部件、管件、分段流水生产线和巨型吊机 • CAD、CAPP、CAM、CAE
	1950 年	钢船分段制造系统 (3) • 焊接技术主导的分布作业 • 船体分段建造、先行舾装、预先涂装 • 以工种专业化的相互配合推进工程 • 大型吊车、切割和焊接的机械化设备
	1942 年	自由轮大批量制造系统 (2) • 标准化技术主导的连续作业 • 按工序的刚性流水作业 • 以质量保证生产连续快速和高效 • 焊机、割刀、三辊、油压机
	1820 年	铁船和钢船整体制造系统 (1) • 铆接技术主导的集中作业 • 船体散装、码头舾装、全船涂装 • 劳力密集的全能型企业 • 铆钉枪、剪、车、铸、锻工具与设备
		木帆船制造系统

图1 船舶制造系统发展阶段 (1~5) 与方向 (6)

在图1中,第(1)、(3),即“整体制造”阶段和“分段制造”阶段,生产均以库存量控制方法管理。在造船过程中零部件和分段的存放、整理和配套工作量甚大。船厂拥有许多工种和装备,是功能齐全的全能型企业。由于生产组织是以工种专业化组建,工程只有通过繁复的调度,才能推进;或者说工程的推进主要依靠会议驱动。这两个阶段的造船系统可以概括为“功能齐全、调度配合”。图1的第(4)、(5),即“分道制造”和“集成制造”阶段的船舶制造系统是基于层层分解、环环相接的“中间产品”流水生产而构建的,加上数字化信息技术支撑,工程的进展依托符合流程的生产布局和精细的计划,工程按节拍推进;或者说按信息指令驱动。因此它们的特征可以概括为“空间分道、时间有序”。正在研发的第(6)阶段,即船舶敏捷制造系统,它将能高效、快速、动态地使用本地域、乃至全球的资源,形成“异地并行、无缝整合”的造船虚拟企业。

我国大多数船厂的船舶制造尚未摆脱“调度配合”的传统生产方式,调度仍在生产管理和工程推进中占居主导地位;国外先进船厂早在十多年前就实现了“空间分道、时间有序”的壳舾涂一体化的集成制造,而当前正在向“异地并行、无缝整合”方向发展。因此,我国的船舶制造系统与国际先进水平比较仍存在阶段性的差距。

2 流程再造是精益生产的发展

2.1 精益生产的精髓

物质是人类生存的基础，生产物质产品的制造业的兴衰，必然影响国家的政治、经济地位和人民的生活。在上世纪的 80 年代，美国为了夺回失去的汽车生产优势，麻省理工学院于 1989 年，发表了《改变世界机器》的研究报告 [2]。《报告》详细地分析了日本“丰田”汽车公司的生产系统，指出：实力强大、高度自动化的美国汽车工业不敌日本的根本原因是：生产方式的差异。美国采用的是大量生产的方式，而日本从本国实际出发，综合了大量生产的流通控制和单件生产的柔性，创建了精益生产方式。笔者以成组技术原理，从生产管理、生产组织和生产运作的视角分析，悉知精益生产的精髓是：

(1) 存的按需生产 — 以市场期待的品质、数量和时间，开发价格适宜的产品。以下道工序或总装厂对品质的需求，准时生产每个“中间产品”。

(2) 一体化的分权组织 — 按制造“中间产品”的需要，组建拥有全责的多专业的项目组和复合工种的生产单元。采用并行工程和适度自动化的方法，遵循一致的总体目标，充分发挥人的创新精神。

(3) 全系统的精简运作 — 将人、财、物、时间和空间，高效地用于使产品“增值”的活动。删削生产系统中一切不增值的活动。简化产品结构、简化生产过程、简化协作关系。以每个行动的品质保证，简化产品检验。

2.2 流程再造的理念

如果完全照抄日本的精益生产模式，美国充其量是取得与日资企业同样的效果。因东方和西方的文化差异，复制未必能完全奏效。美国欲从日本手中夺回生产优势，必须超越日本的精益生产；作为对策是在精益生产原理的基础上，进一步充分发挥信息技术在制造业的作用。学者哈默 (M. Hammer) 在 1990 年 8 月的《哈佛商业评论》上发表了“再造：不是自动化，而是新开始”的论文；于 1993 年出版了专著《重构集团公司——企业革命的宣言》；至 1995 年出版了《再造革命》(The Reengineering Revolution)。经营过程再造 (Business Process Reengineering) 简称流程再造，它的定义几经修正，最终确定为：“对经营程序进行根本的再思考和彻底的再设计，给运营带来显著的改善”。

此处所指的经营过程包括：直接满足用户需求的设计和制造过程；保障设计和制造执行的人、财、物和信息的支持过程；规范企业行为和管理的管理过程。流程 (Process) 是指为完成某项任务，而进行的一系列逻辑相关的活动的有序的集合。流程的实质是：工作的做法和工作的结构。构成流程的 4 大要素是：活动、活动的方式、活动的连接和活动的执行者。在船舶生产中，流程就是：输入信息和 (或) 物资，使信息或物资增值的，形成各级“中间产品”的一系列活动。

由哈默提出的流程再造的基本理念和典型案例：

(1) 彻底革命 — 原有的生产系统具有分工细、部门多、层级多和流程长的特点，完成某项任务需要协调多个部门的工作，不适当当今市场多变和突变的需要。为了竞争，必须对市场作出快速响应，故而要使用高科技的方法，通过简化，彻底改变原来的组织结构和业务流程；否则会被淘汰。

(2) 全部包容 — 流程再造涵盖产品全寿期和资源再利用的所有方面，把供应商和用户作为有效的组成部分纳入系统。采用灵活多变的面向过程的项目组和分布式的自适应控制的组织。组织体系之纵向减少层次，横向拓展任务的幅度。

(3) 信息驱动 — 按传统的信息处理方式形成的企业原有的流程，不适应变化了的环境。现今，

数字化的网络和信息技术使制造信息的表述、储存、处理和传递发生了深刻的变化：共用数据库、二维电子模型、过程仿真、实时监控和预报预警等，为流程的简化提供了技术。

(4) 典型案例 — 经过流程再造：使美国福特汽车公司总部的会计出纳员由 500 人，减少到 125 人；使 IBM 公司 80 亿美元亏损，转为盈利；使 IBM 信贷公司的效率提高 100 倍。

3 以流通控制驱动流程再造

3.1 流通控制的实效

仔细观察即能发现，国外保持领先地位的船厂总是在不间断地优化流程。笔者于 1993 年考察过的某船厂，800 名职工，年产 7 万吨级船舶 12 艘；时隔 12 年，职工只增加了 100 多人，而产量倍增，达到年产 28 艘。他们以流通量控制生产，早在十二年前就以“日”为时间单位控制部件制造，如图 2 所示。现今，24 小时监控切割设备的运行，以分钟为单位控制吊运作业。

我国现行的造船生产流程和管理方法是在各种历史条件下日积月累形成的。老厂经过多次技术改造和扩建，新厂配置了许多先进设备，加上信息技术的应用不断深化，技术条件和社会环境已经发生了重大变化。面对高新技术，现在确有必要用流程再造理念，变革现有的生产流程和管理方法，以使造船流程产生结构性变化，跨越发展阶段的差距。



图 2 以日流通量控制船体部件生产

3.2 流程再造的策略

鉴于我国船舶制造系统与国际先进水平存在阶段性差距，结合本国的实际，建议采用两种策略：以自上而下的彻底革命的方式，通过全面的流程再造实现精益生产；自下而上的持续改进的方式，通过局部的流程再造，逐步实现精益生产。前者适合新建船厂，后者适合老厂发展。不论是激进的方式或者渐进的方式，重要的是：都要认定方向，真实地简化流程；以作业标准的形式，固化流程再造的成果。

本次船舶市场的兴旺已有 5 年；上次的船市兴旺是 6 年。我们不能被当前的船市兴旺蒙蔽耳目，要居安思危。日本制定的造船产业竞争战略称：至 2010 年维持占世界市场份额 33.3% 的生产规模。韩国的发展目标是：至 2015 年要达到 40% 的世界市场份额。我国立志：至 2015 年成为第一造船大国。一个国家如果既有“低成本”竞争优势和“产品差异”竞争优势，它就能夺冠。这两个层次

的优势源于规模经营和人、财、物的资源强势,含先进的技术和高超的管理。为从技术和管理层面增强我们的实力,建议:以流通控制为枢纽,进行流程再造,切实告别以“调度”主导造船生产的落后状态,获取实质性的技术进步,夯实发展基础。

4 船舶生产流程的结构性变化

4.1 两种结构不同的流程

1982年的一次关于振兴我国船舶工业的全国专家咨询调查结论认为:我国在造船流程合理化方面与国际水平差距最大,也是最急需解决的问题。时隔20多年,在争创世界第一造船大国的进程中,应切实解决此问题。

在相同的条件,与制造技术相适应的、合理的流程,是获取利润的关键。传统的造船流程是以功能专业化生产为导向的,批量传输的流程。它的基本特征是把相同功能设备布置在同一区域,工件加工之后放置在堆场进行理料,然后,成批地输送至下道工序。先进的造船流程是以“中间产品”专业化生产为导向,把制造某类“中间产品”的设备,按加工工序连接成线,工件一件一件地流动。前者,流程复杂、在制品多、占用场地多,容易造成零部件的挪用、滥用和丢失;存在管理费用高,资源消耗多、周期长、成本高等弊端,原因是非增值的活动太多。后者,单向物流、在制品少、占用场地少、能及时发现零部件的质量问题,但需要对生产过程有精细的一体化的计划;它具有现场管理简化,生产效率高的优点,把非增值活动对时间、空间、物料和能源的消耗尽量压缩。先进的船厂之所以有很高的生产效率,主要原因之一是他们按钢材订货至分段制成的过程,明白无误地建构了“中间产品”专业化生产的分道流程。

4.2 船舶制造系统的发展方向

船舶制造系统的构成和运作,包括五个要素,它们的逻辑关系与发展方向的分析,如图3所示。由不同类型的生产组织、工艺装备布置的不同、生产流程的不同和生产管理方式的不同支撑相异的总体战略;并决定制造系统的运作方式的区分和工效物耗的高低。

由于科技创新,制造系统的发展呈现了效率和效益的持续提高。造就这种进步的基础是生产管理的库存量控制方法,被流通量控制所取代;并且,流通量控制的范围不断延伸,流通量控制的精度不断细化。

流通量控制方法的基本原理是拉动式的生产管理,根据最后的产出,向前按工序确定各工位的生产。理想状态是制造中的工件单件单向稳定速度的流通。而实际上,因水平不同,以“周”、或以“日”、或以“时”、或以“分秒”为节拍,控制流通速度。严格地说应该取消所有的堆场和仓库,而实际上还是需要缓冲场地和少量的堆场和库房。

早在十年前,笔者考察国外某船厂时,得知:为实现现代化改造,就是从突破流通量控制启动:

- (1) 把原有的仓库大大缩减,只保留较小的规模;
- (2) 将现有设备按流程进行调整,以适应生产的流通控制;
- (3) 绘制以“周”为单位的从原材料始到全船形成的一系列立体图,以获取流通控制的信息;
- (4) 每个工位实测作业的精度、作业的时间和物耗工耗,为实现精度控制和改造生产系统积累本厂的数据。

据称,国外先进的船厂已采用电视录像的方法,以“秒”为单位分析造船的操作活动,剔除不必要的动作后,使生产效率提高了30%。

流通量控制的生产管理能使生产连续地进行,连续生产能把生产中的非增值的消耗剔除到最

少。流通量控制的技术支撑主要是：必须将船舶逐级划分为前后衔接的“中间产品”。“中间产品”的生产流程应该是单向分道。设备按作业流程进行布置。按“中间产品”制造的需要构建复合工种的组织。计划必须是精细的。作业要做到实时反馈和监控。质量必须稳定，做到无废返。应实现精度控制，以“补偿量”全面地替代“余量”，消除修正作业。尽量采用机械化、自动化、智能化的加工、焊接、装配和安装的设备。

为了实现中间产品专业化生产导向的流通控制，国外已研究了可供未来兴建船厂采用的单向流程的全厂平面布置。同时，还研发了单元舾装的主流与支流直接连接的流程。

夯实造船主战场的流通量控制不只是流程的顺畅，同时，造就制造过程的规范、产品质量的持续改进、精细化管理的实现、资源消耗的减少、生产效率的提高和制造成本的降低；真切地期望发展造船主战场的相关研究能聚焦于船舶生产的流通量控制，以此为枢纽，驱动整个系统发生质的升华。

5 流程再造的方法

5.1 比较分析法

与国内外先进的造船企业进行对比，找出区别之处，将被他人实践证明有效的流程，结合本企业情况进行应用。

5.2 GT 流程分析法

采用成组技术的流程分析法（PFA）可以把功能专业化流程转化为产品专业化生产的流程；把原来往返复杂的流程，简化为分道的单向流程。

5.3 5W1H 分析法

采用工业工程（IE）的 5W1H 方法分析现行作业中存在问题。诸如审议理料、配套、保管、运输、二次除锈、余量切割、试压等工作是否有必要（Why）？能否采用流通控制、精度管理、机械化和信息技术使得工作简化（What）？某项作业能否提前在俯位、敞开、室内、坞内进行（Where）？某项工作最恰当的操作时间（When）在造船活动哪个阶段？某项工作（跟踪除锈、检查试验）最适合承担的组织 and 人员（Who）？比当前的做法更好的方法是什么（How）？

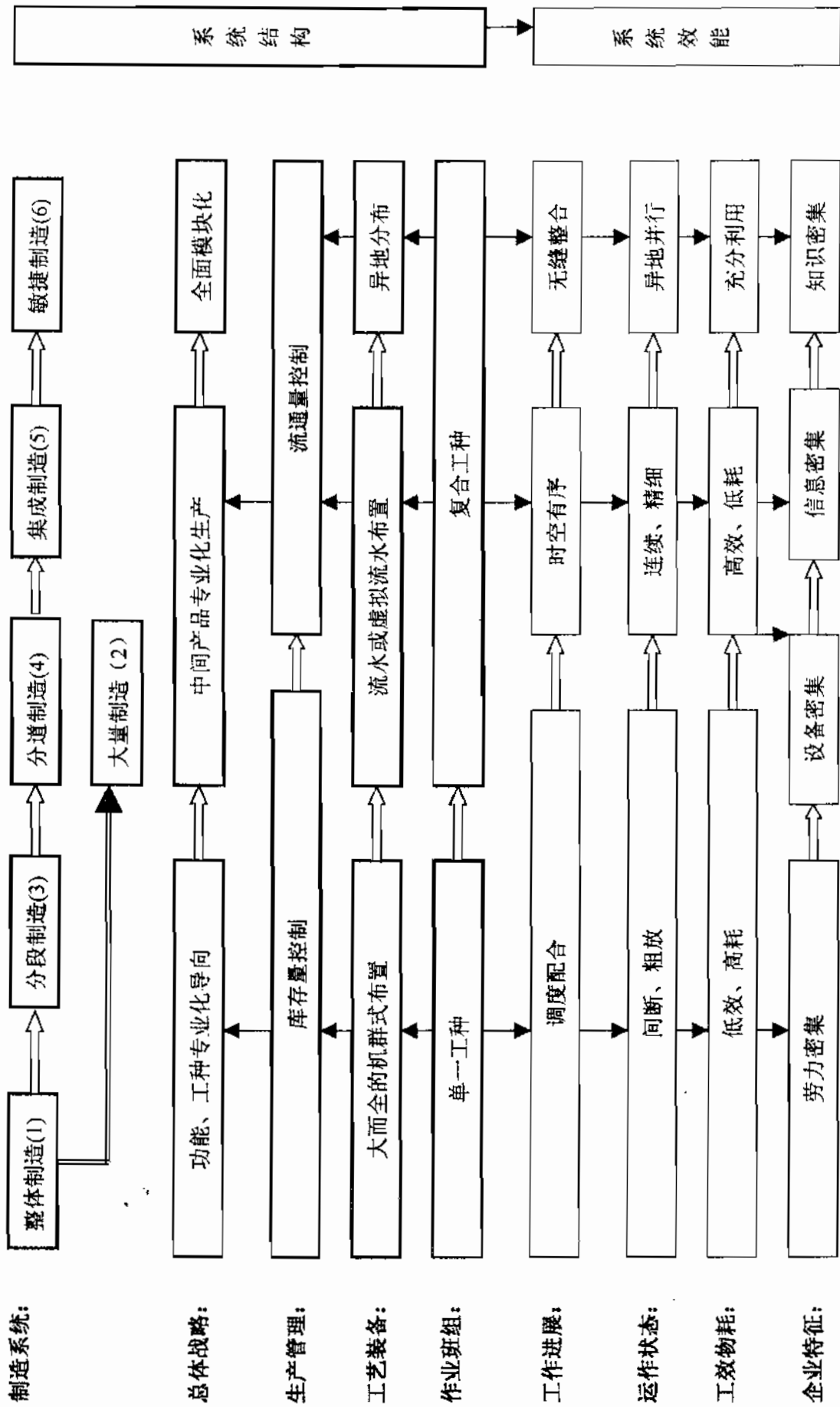


图 3 船舶制造系统的逻辑关系与发展方向

注: 示发展方向: → 示因果关系: 括号内数字为发展阶段

5.4 IE 流程分析法

按 IE 的规定绘制工艺流程图,表明作业、运输、检查和放置的活动内容、移动距离和耗费的时间。“取消”不必要的活动、“合并”可由复合工种人员承担的活动,“再造”新的流程,“配置”更有效的设备和人员。

5.5 建模与评价

流程再造应从“系统诊断”开始,确定存在的问题。采用 IDEF (Iniegration DEFinition method) 建模分析法,建立面向过程的系统模型。以理想的流程为样板,结合实际,进行重新设计。通过试运行,评价结果,予以修正。评价应采用基于活动的成本分析法。

6 流程再造的步骤

为提高造船的生产效率,加快建造速度、降低生产成本,国内外的造船工作者一直在致力于工作方法的创新,它们就是流程再造的探索和实践。

6.1 全厂流程

美国密执安大学在研究造船精益生产时,提出了如何把过去的工种专业化的生产流程,如图 4 所示,转化为今后应采用的“中间产品”专业化生产的流程,如图 5 所示。经过再造的新流程,不但具有单向流的特征,而且增加了船厂的厂前区和侧面的可供绿化和休闲的场地。新流程的主要特点是:

- (1) 按结构部件、平面分段和曲面分段的制造所需的钢材品种规格,依次供给;
- (2) 在平面和曲面分段两条生产线中,依次序进行切割、成形加工和装配焊接;
- (3) 形成分段后,输入平面和曲面分段各自专用的涂装车间和舾装场地;
- (4) 把部件加工视为上述主流程的子线,因此,把部件加工车间布置在平面和曲面分段生产线之间,使部件直接输入平面分段和曲面分段的主生产线中,以实现单件流生产;
- (5) 同理,管件加工车间布置在两条主线平面和曲面分段的舾装区域之间。

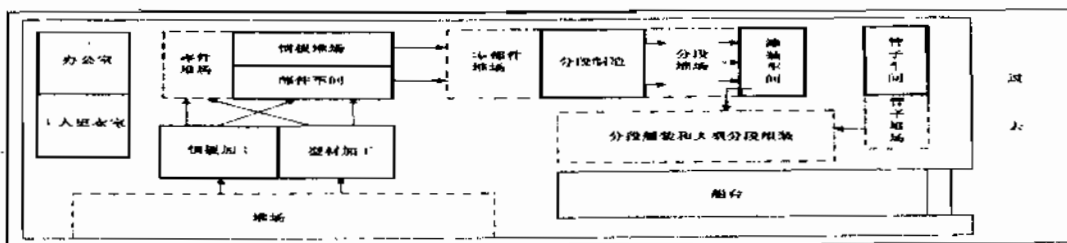


图 4 传统的工种专业化的生产流程

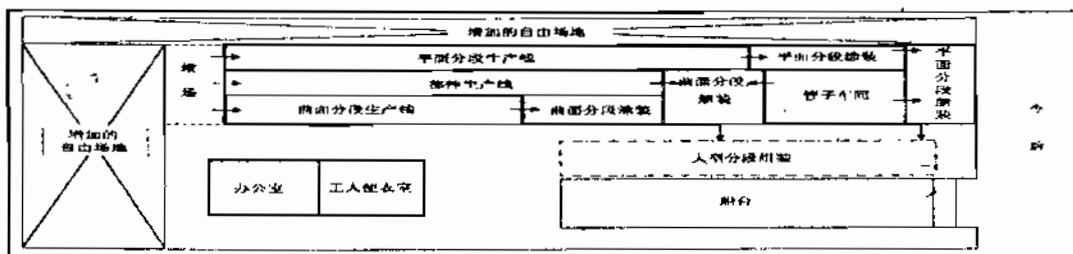


图 5 先进的“中间产品”专业化生产流程

6.2 厂外流程

我国多数船厂是根据设计部门提出的材料清单,向钢厂订购材料,然后,按所订材料规格,在

生产设计中进行套料。技术先进的船厂是根据套料提出钢材订货,钢厂按船厂生产需要的规格依次供给钢材。结果是前者造船钢材一次套料利用率只能达到 80%,而后者可达 93%^[11]。这是由于后者采用了“并行工程”技术,在船舶产品设计的同时开展制造过程的设计;而前者是传统设计阶段划分,表现为初步设计、详细设计和生产设计串行。

我国某地区的几家船厂联合,正在策划钢材订货和预处理、T 型材制造、管件加工、上层建筑制造的集中,由专业化工厂向有关船厂提供上述产品。这将使某船厂能在原钢材堆场位置,可新建大型的切割车间;使某船厂的船体联合车间被规划到长达 900 多米长。流程的变化扩大了总装的生产场地,由此将增强船厂的船舶制造能力。

6.3 管加流程

传统的管子加工流程是先弯管,然后去除余量,装配焊接法兰。先进的工艺流程管子无余量下料,在直管状态下装焊法兰。然后,对带有法兰的管子弯曲成形。因为,在直管状态下,便于法兰的装配、焊接和输送(可实现自动化),同时,又省去一道切割余量的工序。从而,较大幅度地提高了生产效率和产品质量。我国大部分船厂未采用先进的“先焊后弯”的管子加工流程。即使是采用该流程的工厂,“先焊后弯”管的比例也很低。国外,先进船厂在管系设计阶段就追求高比例的直管和“先焊后弯”管的数量。以 6 万吨级油船为例,直管和先焊后弯管的数量为 3118 根,约 2/3 管子的法兰是在直管状态下,由机械化设备自动装焊的^[11]。

6.4 分段流程

从分段制造来分析,国内多数船厂的流程是:分段完成装焊后进行涂装,然后进行分段舾装。在分段舾装中,损坏了涂层,还要进行再次涂装。先进船厂的流程与之不同:分段完成装焊后,先进行分段舾装,然后进行涂装,这就简化了流程和工耗^[12]。

我国某船厂将引进曲面分段生产线,含装配门架、焊接门架和胎具等,这将使曲面分段制造的工效提高,也属流程优化之列。

6.5 舾装流程

由于传统的观念认为,舾装是船体建造的后续工序,由此,出现了“预舾装”,或“先行舾装”等名词。流程再造后应该认为:舾装与船体建造并行或交替进行是“自然”的流程。“单元舾装”应该与船体建造并行。“分段舾装”、“总段舾装”理应在分段和总段制作的适当时段进行。舾装单元的高度组织化的生产流程已为国外先进的船厂所应用,铁舾装件、管子零件和局部装配的组件的支流程都直接输入到单元装配的主流程中^[13]。我国某船厂在分段外板安装之前,安装管子、舾装件、电缆支架等,改变了待分段完成制造后才进行分段舾装的原来作业流程。在分段制造完成后,将发电机、地格栅和花钢板安装到位,改变了传统的分段上船台、机舱成型后再将设备及附件吊入机舱的程序,由于流程的变化,既方便了作业,又提高了工效^[14]。

6.6 涂装流程

涂装流程再造的主要任务是如何减少二次除锈工作量。首先应制定涂装前的表面质量标准,并将之作为造船合同的技术附件。同时,通过提高钢材预处理时喷涂车间底漆的耐温程度和跟踪补漆等方法,把分段二次除锈工作降到最低,量的减少可明显地降低涂装的工耗和物耗,可不必建造那么多的分段涂装房。我国船厂的喷涂房数量与船舶产量的比例高于任何国家。

先进船厂采用涂装机器人在双层壳体间进行涂装。美国采用自动监测装置测定液舱的腐蚀状况。这种考虑到施工条件的恶化,用智能型设备替代人工作业,也属流程合理化范畴。

6.7 合拢流程

我国备有 600T 以上的大型吊机进行总装合拢的船厂都在致力于研究快速合拢(搭载)工艺,主要方法是:扩大分段总组,减少吊装次数;吊前加设便于调整的移位与定位装置。发展方向是采用总段建

造,在总段制作阶段完成尽可能多的舾装和涂装作业。我国某船厂在船舶出坞前,已经完成、机舱电缆敷设、全船管系密性试验,机舱面漆和部分机电设备的设试^[14]。

6.8 投油流程

我国某船厂学习国外的先进经验,通过制定《主机滑油系统清洁全过程控制文件》,严格控制管件安装的清净程序,使主机动车试验前的投油周期由原来的 50 多天,缩短到 10 天左右^[14]。

6.9 精度控制

全面采用精度控制技术是实现造船现代化的“里程碑”^[12]。从零件的切割下料始,以“补偿量”取代“余量”,其实质是取消了“修整切割”的工序,由此,简化了流程,节约大量的工耗、物耗,加快了造船速度。如果能把精度控制全面地应用于船体建造、管件加工和船舶舾装的各级“中间产品”制造,将产生显著的技术经济效益,是实现快速造船的一大内因。

6.10 整合集成

整合集成的根本在于实现自然的一体化流程,过去由于技术能力的限制,造成了精细分工。分工专业化的结果是相互谐同的一体化的削弱。现在,由于制造理念的进步、制造方法的改进和信息技术的发达,使得实现一体化的集成成为可能。所谓一体化主要是源于全局优化,使正确的信息,在正确的时间、抵达正确的地点,操控设备和人员用正确的方法,在正确的时间,完成符合标准的“中间产品”,从而达到流程的均衡、连续、高效。

7 造船流程再造的理念

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (1) 旧流程信息化是固化非增值程序; | (2) 构建真实的和虚拟的流水生产线; |
| (3) 支流与主流直接相连形成单向流; | (4) 扁平化的组织与信息技术相结合; |
| (5) 流程再造是革命,犹如生物突变; | (6) 革命性变革,会引起社会性问题; |
| (7) 明确方向的连续改进也能奏效。 | |

8 船舶的绿色制造

8.1 绿色造船的定义

近 200 年来的工业社会对环境的破坏,超过了人类上万年活动的总和。其中,制造业消耗了大量的自然资源。同时,污染环境的 70%排放物,产生于制造业。船舶制造是消耗钢铁的大户。钢材没有得到充分的利用;钢材的切割、焊接,对钢材表面进行处理和涂装都产生污染环境的气体。

笔者于 2000 年参编《国防科技名词大典》时,定义“舰船绿色制造技术”为“力求舰船制造对环境影响最小,对资源利用率最高的生产技术。”同时,指出“舰船绿色制造的目标是使舰船从设计、制造、服役和退役的全寿期中,废弃物和有害排放物最少,以减少对空气、水和土地的污染,并节省资源,从而提高经济效益和社会效益。”

8.2 无废弃的理念

时隔 5 年,现对绿色制造的重要性更加突显。国家在分析世界制造科技发展趋势中,把绿色制造置于首位。工业发达国家提出了“再制造”和“无废弃物制造”新理念,在加工制造过程中不产生废弃物,或产生的废弃物被作为其它制造过程的原料,并不再产生废弃物。他们制定了《法规》,规定从 2005 年起 85%新生产的汽车材料,能再利用;到 2015 年要达到 95%。我国把绿色制造和可持续发

展战略联系在一起,指明企业要合理使用资源,杜绝污染环境和破坏生态,并开创更多的就业机会。

基于以上所述,在我国船舶工业阔步前进中,应突显绿色造船的地位。绿色造船不只是船厂建造船舶的全过程负有环境保护的责任,和所生产的船舶减少对海洋的污染,还要求船舶报废后,绝大部份材料能被再利用;以期达到“无废弃物”的目标。因此,绿色造船的内涵应包含“绿色船舶”和“绿色船厂”两大部分。

8.3 绿色船舶与绿色船厂

绿色船舶主要取决于船舶设计。在设计船舶时,把船舶的环境性能作为一项设计目标,使船舶制造和航运时对环境的影响最小。绿色设计的主旨是 3R: 第一减少(Reduce)造船和用船中对物资和能源的消耗,以及对环境的污染。第二在维修船舶时,零部件能方便地分类回收,并再循环(Recycle)使用。第三当船舶退役时,使绝大部份的材料能被重新利用(Reuse)。国际海事组织(IMO)制定并通过了《海上防污国际公约》。我国船级社为限制船舶消防系统、制冷设备、柴油机、焚烧炉和液货舱清洗的污染物的排放,制定了相应的《规则》,并已在 2005 年 5 月生效。为了保护环境,基于微滤膜的生物反应即能处理舰船上的高浓度的黑水和灰水,已成功地应用于军舰和旅游船。

绿色船厂首先是船舶建造中,高效地使用材料和能源,尤其要提高钢材利用率。其次是减少气、液、固污染物的排放。第三是使壳舾涂作业中,顺畅地进行。为此,国外研究了一型零件(弧形单板)和一型部件(带防挠材的平板),建造除艏艉外的主船体结构。从而达到船体结构加工和装焊的自动化,并大幅度提高钢材利用率。以单道焊替代多道焊,减少焊接烟弧对环境的污染。采用无排放钢材预处理和涂装技术。构筑密闭的造船作业场所,对密闭空间的空气进行滤清。

绿色造船是发展方向,上海外高桥造船公司设计和制造的 17.5 万吨好望角型散货船的分舱设计和燃油舱舷侧布置等,充分地考虑了绿色环保和以人为本,赢得了国际航运界的青睐,获得了 43 艘订单。在流程再造的过程中,应充分考虑绿色造船。

参 考 文 献

- [1] 张圣坤、韩琤. 我国船舶工业的技术水平分析. 140 周年厂庆学术报告会论文集, 江南造船(集团)有限责任公司, 2005-05
- [2] [美] J. Womack, D. Jones, D. Roos 著. 沈希瑾, 周亿俭等译. 《改变世界的机器》. 万国出版社, 1991-3. 徐学光. 现代造船模式研究总报告. 中国船舶工业总公司, 1999-06.
- [3] 芮明杰, 钱平凡著. 《再造流程》. 浙江人民出版社, 1997-12.
- [4] 刘胜军编著. 《精益生产——现代 IE》. 海天出版社, 2003-10.
- [5] [美] K. Liker, T. Lamb 著. What is Lean Ship Construction and Repair? Journal of Ship Production, 2002(3).
- [6] 陈强. 论工艺流程优化与造船 CIMS 实施. 2002.SWS 第二届发展论坛论文集, 2002-10
- [7] [英] John L. Burbidge 著, 蔡建国译. 《成组技术导论》. 上海科学技术出版社, 1986-01.
- [8] 翁德伟、徐学光、陆伟东编. 《造船成组技术》. 上海交通大学出版社, 1990-10.
- [9] E. Altic, M. Burns 等. Implementation of an Improved Outfit Process Model. Journal Ship Production, 2003 (1)
- [10] 顾解愁. 加强生产管理缩短造船周期的若干体会. 2003.SWS 第三届发展论坛论文集, 2003-11
- [11] 徐学光. 基于流程再造的快速造船. 上海市造船工程学会 2004 年学术年会论文集, 2004.11:77-92..
- [12] Brian E. Altic, Richard M. Burns, J. Fontaine, Ian Scott, John Softley. Implementation of an Improved Outfit Process Model. Journal of Ship Production, 2003, (1): 1~7.
- [13] Richard W. Bolton, Paul Horstmann, Darcy Peeruzzotti, Tom Rando. Enabling the Shipbuilding Virtual Enterprise. Journal of Ship Production, 2000, (1): 1-11.
- [14] Richard W. Bolton. Enabling Shipbuilding Supply Chain Virtual Enterprises. Journal of Ship Production, 2001, (2): 76-86

上海市造船工程学会 2005 年学术年会
船舶建造工艺专场——专题报告

现代造船的几点思考

温绍海

(江南造船(集团)有限责任公司)

摘要: 本文结合推进现代管理, 优化造船模式, 围绕产品结构调整、造船方法、技术创新、主流程、提升设计、一体化管理和信息化等方面提出十点思考。

关键词: 做强 创新 改革 思考

1 总装化造船

近代制造业的发展, 经历了个体作坊式生产向群体工场式生产的转变; 经历了单件制作装配产品向部件化装配产品的转变。这两次转变, 也可以讲是两次革命, 极大地推进了制造业的发展, 推动了生产技术和进步。汽车制造业的发展就是杰出的典范。

总装化造船就是现代制造业部件化生产, 在造船生产中应用、实践、发展的升华。近半个多世纪的世界造船业的大发展, 充分证明了总装化造船思想的先进性, 它是推动古老造船业、近代造船业改造、改革、改制、科学管理的一根动力主线。

总装化造船思想, 使传统的造船业摒弃了大而全、小而全的资源配置和经营生产格局; 凸显了造船业核心资源, 突出了在“装”字上做大做强管理思路; 克服了造船业资源瓶颈周期性的干扰, 水多了掺面, 面多了掺水不良循环; 收缩了纵横管理跨度和幅度, 提高了控制强度; 净化了管理与作业空间, 突出了管理的主体和主线, 改善了管理环境, 把复杂的管理、复杂的设计、复杂的制造向简单化、精益化、精细化推进; 推进了造船的设计、工艺、计划、质量、现场、安全和成本管理的规范化、专业化和标准化工作; 推动了造船综合配套能力的发展, 向社会化、规模化方向不断提高; 推动了造船的规模生产, 扩大了造船总量; 提高了生产效率和效益; 增强了造船业及相关造船配套业做大做强的活力; 提高了造船业抗避风险的能力。

随着制造业新思想、新理念、新实践、新发展, 总装化造船的内涵还在不断发展, 总装化造船内容将更为丰富、更为深刻。

2 中间产品

造船以中间产品为导向组织生产, 它从根本上改变和替代了造船以零件、半成品上下道交接的组织生产方式。“中间产品”就是“中间商品”的概念。“中间产品”就是毋须再加工, 就可供给用户应用、使用的物品。

本文作者系江南造船(集团)有限责任公司原总经理助理, 中船集团公司转模专家、研究员。

以中间产品为导向组织造船生产，就把造船上下道衔接关系明确定为供应链的关系，随着总装化造船的发展，造船的物流和物资管理也在发生根本的变化，造船企业内外均以这种供应链关系，实施总装生产。

以中间产品为导向组织造船生产的基本准则，正在推动着现代造船模式的转变，推进着造船工艺技术的创新，推进着造船工程管理的改革。

船体的切割件、部件、分段、总段；舾装的管子、基座、电缆、支架、单元、模块，都像外供的机电设备产品一样，以“中间产品”“中间商品”的实物形态配送至各个生产区域和工位，进入总装化造船的渠道。

造船新的工法不断生成，有力地支援着“中间产品”的生产方式。如区域组织生产法、分道制造技术、单元模块化造船、精度造船技术；高效焊接技术、流水线生产技术、数控制造装备；总段大型化技术、完整预舾装技术、造船区域管理；工程计划的物量、精细、设计化；劳动组织也发生了变化，按工位设置岗位、按岗位配置技能、按技能配备人员替代了传统按工种组合的劳动组织。

管理领导生产，生产诱导设计，设计指导生产和管理。设计技术和设计管理的进步，为整个按中间产品为导向总装化造船进行着精细的基本设计，详细设计和生产设计，为工程管理、质量管理、成本管理、安全管理，为现场作业操作者提供着越来越详实、完整、精细的造船数据、依据和工程语言及指令，保证造船生产有效有序的运行。

3 做强是关键

做大做强造船，关键是做强。贪大不做强，结果很可能是空架子，经不起惊涛骇浪；只有做强才能有立足之本，才能有竞争之力，才能应付各种风险之本领，东方不亮，找西方去亮；水面不行去找水下生存，就能永远立于不败之地。

做大做强都要狠下功夫，但做强更要下功夫，做活还要下功夫。做强很大程度上是练内功。如国外有一个先进的船厂，该厂有一座 525×80m 的大坞一年造 5 条 VLCC 船，销售额约 4 亿美元，为了发展和生存，改为年造 25 条 5 万载重吨散货船，销售额 6.0 亿元美元。同样一个坞，在不增加人、不增加设备的情况下，一年造 25 条船，每年增加销售额 2 亿美元并成为专营灵便型散货船的建造中心。靠的不是大，靠的是强，这中间设计、生产、管理等要化多少心血，要解决多少难题。从经营到交船，每一个环节都要研究怎样造船。从走向市场、适应市场、满足市场、到赢得市场、把握市场，有了市场“主动权”。说到底，这个造船厂有了强人之道，有了强人之法。

4 模块化造船方法

要实现建成世界一流造船企业，不能老是跟着别人后面学习、推进、转模、前进。而应该在认真学习、照搬的基础上创新理念，实现跳跃式发展，架构高效、高质量的造船方法——即模块化造船法。

模块化造船方法的基本思考就是充分应用成组技术、组合技术、集成技术、信息技术、预舾装技术、精度造船技术、壳舾涂一体化技术、区域化管理和总装化的思想，实施以中间产品为导向组织生产的方式；把整条船视作由百把个船体分段模块（充分预舾装和涂装/安装型的）和几十个设备装置模块（安装型的、功能型的）以及生活中心模块（功能型的、安装型的）最后进行总装而成。

模块化造船技术的应用,将充分实施外场作业内场做,高空作业平地做,舱内作业车间做,立体作业平面做,复杂作业简单做,外场无切割、外场无切削、外场无现配,单件不吊船的造船方式,把造船预舾装技术提升到崭新的水平。这样就会缩小大型船厂的生产管理幅度和难度,同时将大大提高船坞利用率,大幅度缩短码头周期,大幅度减少工时消耗和用工成本及运输成本,充分改善现场文明作业环境,实现高效、文明、卫生、环保、安全型的造船生产。

实施模块化造船方法,关键有四点:一是必须实施模块化设计;二是强化器材集配;三是建设设备装置模块制造工场;四是大力推进标准化基础工作的建设。

5 高效焊接技术

焊接技术是造船业的主技术,它的先进和高效在很大程度上决定了产品制造质量可靠和效率可控。世界一流的造船企业,在主技术上的标志之一,就是全面实施高效焊接,自动化焊接和半自动化焊接,手工焊条焊接方式降到5%以下。

高效焊接方法有单面焊、两面成型自动焊(FCB)、埋弧自动焊、垂直自动焊、二氧化碳焊、溶化嘴焊和机器人焊接等,这些高效焊接技术,不仅效率高、质量好、劳动强度低,更重要的是它的焊接后变形甚少,大大减少了后处理量。它既是企业保持高效益、高质量的技术支撑,也是精度造船的技术支撑。这些焊接方法已经在先进造船企业普遍采用。

实施高效焊接,不仅是焊接质量可得到保证,焊接效率大大提高,而且工人的劳动条件也得到充分的改善,用工成本将大幅度降低,尤其是对推行精度造船提供了充分的技术保障。所以在生产主流程进一步改造发展的同时,必须按高效焊接发展的要求,对工场和船坞的能源配置、焊接设备配置、起运设施配置给予必要的高速和充实,按定置管理的要求实现人、设备、场所、材料的最佳组合。

焊接设备配置做到:固定、合理、可靠、专用、方便、安全、高效、统一等。在合理、可靠的前提下,再考虑先进性。

为此,船厂要有专门技术人员研究开发造船高效焊接技术、焊接材料和装备的推广和应用。

6 职能部和制造部相结合的管理体制

从事造船产业的企业,通常生产规模大,生产装置投入大,强调资源的综合共享和有序有效使用,所以,难以形成多个进行独立封闭的生产管理的实体,难以采用分权经营的事业部制组织管理形式和完全的项目管理组织形式。通常宜采用按造船业务主流程分割法,职能部与制造部相结合的管理体制,形成管规划、资财、保障、人才、总务、行政的一块;管营销、设计、物资、制造、质量、安全的一块;共二大块,实施以生产为中心的、统一集中管理、服务充分到位、设计精细周全、施工精心顺畅、效率效益创优的一流造船团队。

在这种职能部与制造部相结合的组织体制中,实施一元化领导,即部门一人领导,配多名参谋,充分体现直线参谋型组织功能。这样就更有利于收缩纵向指挥层级,也有利于收缩横向管理跨度。

要实施这种组织体制,必须对现有组织体制进行调整。调整的思路,通过对业务流程中非增值环节的清除、精简、或合并非增值环节的流程,达到减少重复或不需要的工作步骤所带来的阻碍与浪费,从而通过简化来提高流程效率,使得业务流程,即管理业务流程、设计业务流程、制造业务

流程等更加合理、有效和容易操作，形成横向到边靠制度，纵向到底靠纪律的矩阵管理架构。在调整过程中，绝不能以一个职能部门为中心进行重组，而应以一条业务链为核心进行“流程型”调整。调整的关键、调整的难点是管理性业务流程和利益的再分配构架，这方面应给予充分注意。

7 造船主流程中必须突出小、中组立工位

国内船厂造船主流程中，大多不大重视小组立、中组立工位设置和相应设施的规划和建设。把小、中组立都混合在国内俗称的分段中合拢过程中（日、韩为大组立工位），这样势必严重影响分段制造总量的提高，影响大型装焊车间的单位面积分段产量。国外先进水平为制造一个分段平均周期 7~10 天，而我们要 25~35 天。造成这差异的主要原因之一就是小、中组立工位不明确。随着这几年造船总量大幅度提高，不少船厂都碰到了这个瓶颈，都在扩大小组立工场面积，建立中组立工场的生产工位。

现代化造船必须确立和突出小、中组立工位，实话部件化制造船体分段即大组立。其优越性表现在一是确保零件切割、加工的完整齐全性，避免后面工位因缺损领件造成等工、窝工；二是可大量推广 CO₂ 高效焊，并能充分改善焊接位置，提高焊接质量和效率；三是减少误差、方便变形的控制和校正，有利于精度控制；四是实现大工场大用、中工场中用、小工场小用，实施专业化生产，提高单位面积的装焊产量；五是实现了大组立分段工位最优化的部件组合式装焊生产，短周期、快流通的生产节奏，有利生产计划、产品质量的控制。

8 精度造船

精度造船是一门制造技术，对造船来讲更是一项管理技术。NC 数控切割、弯管技术、CAD/CAM/CAPP 计算机辅助设计与制造技术的应用在不断扩大，但它的优越性我们还没有充分的享受，还在二次三次切割，二次三次加工，一次吊装，二次试装，三次修正再吊装、图纸上还有不少“现场配合”、“现场决定”和“现校”的内容，还有不少数据和尺寸需要作业人员去“捉模化解”等。所以设计与制造的效率低、效益低、环境差，辅助工期多。这种状况的存在与不推行精度造船和精度设计有着直接关系。

实施精度造船，就要做到一次切割完成，外场无切割；一次弯制到位，无需二次校合修正，外场无现配；船坞、船台大合拢就可专心进行快吊、快装、快试，这样就可大大提高船厂核心资源船台、船坞的利用率，就可多造船，造好船。就能根本铲除制造过程工业垃圾生成源，就能根本改观生产工场整洁状况，绿色造船又增添了一份力量。

实施精度造船，它的关键是全面、全过程推行精度控制和管理；推行精度控制和管理的核心就是实施造船精度设计。

9 提升设计核心资源

提升船舶设计核心资源，必须克服不重视设计管理的倾向。应把设计部门视作为“0”号车间，它的产品是图纸。模块化造船思想，精度造船思想，船体小、中、大总组立工艺方针必须不折不扣

贯彻到设计的全过程中去,把复杂的船舶技术要求和造船工艺要素,完整、合理、精确地消化在“纸面造船”或称“数字造船”的过程中。使设计部门生产的图纸,满足现场工人施工一次成功的需求,满足管理人员有效有序控制的需求,推行造船 CIMS 系统,设计部门是信息源头,是数据的源头,要实施数学造船,首先要完成数字设计。为此,必须对其强化设计管理,即实施能率管理、效率管理、工时管理、进度管理、标准化管理等。决不能视作为通常的职能部门进行管理。

产品的开发和设计是企业最为重要的核心资源,宜集中,不宜分散。即便体制上分开的,但在业务上必须融贯一体,在目标上最终是服务于本企业的生产与管理。集中将有利于设计的统一管理,有利于技术基础建设和固化,有利于企业技术标准化、通用化的推行,有利于造船新产品、新设计技术、新工艺技术、新生产技术等不断创新和与时俱进。综观日、韩造船企业,也从事多种船舶产品的生产,也有多个制造部,但设计部大多取集中管理的形式,更不按产品、项目组建部、所体制,还是按专业、区域设置基本设计课、船体课、机装课、电装课、船装课、内装课、涂装课,有军品的再设一个武备课。这种体制有利于专业协调、区域设计和同步出图,更有利于专家型设计人才的培养和快速成长。通过 5~10 年的努力,企业就能完整的形成设计等核心技术人才的队伍。

随着计算机技术的开发,信息化技术的应用,初步设计、详细设计和生产设计都能在一个平台上进行,所以三阶段设计的同步性、精细性、协调性、化合性越来越强,是提升造船设计资源的重要举措。

10 造船技术准备与造船生产一体化管理

轻准备、重生产仍然是企业管理的主要倾向;抓准备的是一套人、管生产的是另一套人,仍然是国内造船企业通常的组织格局;关注、研究怎么接船、接订单的多,而关注、研究怎样造船,怎样准备的少,也就是讲,重经营,轻生产的矛盾也仍然很突出。这种状况势必造成整个造船过程前松后紧,前期准备的充分性和前瞻性处于低水平、低效率运行状态,后期生产的主动性、可控性严重不足。

其实,造船合同一旦签订生效,就开始消耗合同期,就开始造船,先实施“纸面造船”,后完成“实物造船”,这一前一后是一个有机的整体,后者完全依赖于前者的充分、精细、完整和准时。不能把它分割开来,人为去切成两块。应该在顶层一个主管造船生产行政领导的组织下,完成“纸面造船”和“实物造船”。顶层主管行政领导重点是抓好“纸面造船”。把复杂的船舶经济技术要素和要求,通过工程技术人员的卓有成效的辛勤劳动,科学、合理、精细地转化到图纸、图表上,完成“纸面造船”;提供给生产现场管理者和作业者,认真、精确、完整地“实物造船”。造船技术准备和造船生产必须实施一元化领导;营销、设计、采购、制造实施一体化管理,就能根本改变“两张皮”“两段管”的问题,就能实现造船的有序高效。

11 实施信息化技术改造传统造船制造业

在 CAD/CAM 技术得到广泛应用的基础上,世界上许多主要的造船企业都在致力于加快 CIMS 技术的开发和应用。日本从 1987 年,由七大造船集团在造船振兴会的资助下,开始研究开发造船 CIMS,现在已进入实用阶段,根据最近的信息,预计 2006 年可全部完成。全面投入应用后,预估可节省人工 50%,缩短工期可达 20%。所以说,实施 CIMS 技术,它的经济效益是十分可贵的。要建设一个

现代化的造船企业，成为世界一流水平，必须实施 CIMS 技术。

加快实施 CIMS 技术，关键要狠抓 CAD/CAM/CAPP 技术的应用，这是核心，这是基础。只有这样，才能极大地提升造船设计水平，为造船提供大量的、详实的、精细的、准确的、准时的几何尺寸数字、工艺数字、物量数字、物流数字，建立起造船的数字基础，保证 CIMS 信息集成和高速有效的运用；其次要按照 CIMS 技术的运行规律，更新传统经营管理理念，据此来改革调整造船的组织体制和机制，适应 CIMS 运用的要求；第三是抓好以工程管理为中心的综合管理基础性建设。总之，实施 CIMS 技术是一项造船重新创业的系统工程、艰巨工程，以生产为中心，以产品为载体，通过几年的努力，形成批量建造某一两种船型的，世界一流水平的造船中心，实现高产、有序、高效的造船。

12 创新制度

科学的企业管理制度是现代化企业制度的重要内容。建立科学的企业管理制度，旨在根本克服现有制度的弊端和提高企业经济效益。重点是对企业的管理理念、机构设置、用工制度、工资制度、财务制度、会计制度等进行改革和创新，建立严格的责任制体系。

试想一个员工，在一个机构臃肿，人浮于事，不自律，缺乏信任，缺乏指导，缺乏计划，评价不公，分配不公，责任不明的环境中如何能发挥主观能动作用，为企业多争创效益呢？

试想一个采购员，在开展订货工作过程中，要受到法律部门的质询、监察部门的监督，价评部门审查，还要报主管领导逐级审批，这样的气氛如何提高工作效率，如何能发挥他的主观积极性。

所以制度创新、机制创新是一项事关调动全体员工积极性的系统工程。不能简单地认为建立几个制度，如奖惩制度，考核制度就可以了。中远南通川崎船厂之所以办得成功，关键是引进了一套新的图纸、新的机制、新的制度。

上海市造船工程学会 2005 年学术年会
船舶建造工艺专场——专题报告

造船新工法在 10.5 万吨原油船上的应用

刘建峰 高爱华 王世利 陶颖

(上海外高桥造船有限公司)

摘要: 本文阐述了外高桥造船有限公司在 10.5 万吨原油轮的设计策划、建造策划以及生产设计的过程中推行的一些设计理念和建造工法,旨在合理利用有限资源,实现船厂绩效的全面提升。

关键词: 原油船 设计 工法

上海外高桥造船有限公司 10.5 万吨原油船已经交付三艘,今年还将完工三艘,已经形成继 17.5 万吨好望角型散货船后又一系列船型,该船的特点是在主尺度限制下由于严格控制空船重量,增加了载重量,设计航速经实测超过 15 节,因此以其优秀的船型受到世界航运界的青睐。本船为 SWS 与韩国联合设计, SWS 设计人员在基本设计时就深入进去,使重大工艺问题在基本设计时就融入进去,为今后几项新工艺的成功应用打下了坚实的基础。本船应用的新工艺有:分段快速搭载,角焊缝密性试验,内底板上货油管分段阶段完整性安装,内底板上铝黄铜管马脚分段阶段安装,机舱底层及泵舱底层单元设计,主甲板中线面免除机械折角,板架设计充分利用 FCB 法焊接,上层建筑前面板预先安装片状分段等。

1 设计前期策划

现代造船模式强调壳舾涂一体化,那么如何做到壳舾涂一体化?如何在基本设计时就把大量工艺要求、船厂惯例(YARD PRACTICE)贯彻进去?如何把船厂托盘划分的规则包含到基本设计和生产设计中去?如何来突出涂装,使生产过程中涂层破坏最少?国内大都拟定一个建造方针就可以了,而建造方针制定的时间也比较晚,韩国在基本设计和生产设计开展前,花了很大的力气研究设计策划,而策划的最终结果是 WSD(WORK SEQUENCE DIAGRAM),直译的意思是工作顺序要领,较合适的中文名称为壳舾涂一体化作业指导书,本指导书是指导基本设计,尤其是生产设计如何按照船厂的生产流程,推行船体为基础,舾装为中心,涂装为核心的壳舾涂一体化设计准则。在 WSD 中,明确的表示了要应用的新工艺及其应用范围;同时直接影响到生产设计的深度和广度,其范围涵盖了生产设计的所有区域、阶段、系统和专业,也为生产策划和生产管理提供了依据。

10.5 万吨原油船设计时,韩方根据双方技术讨论的工艺要求,设计了 WSD。图 1 为分段装配图的组立要领,这是 WSD 中的重要组成部分,根据组立要领,可以把相应的舾装托盘安排到各组立阶段,把相应的新工法按阶段实施上去。

本文作者系上海市造船工程学会船舶建造工艺专业学术委员会委员,公司设计部副部长、博士。

2 推行以涂装为核心的新工法

2.1 分段划分横舱壁 1.5~2m, 充分保护涂层

过去无论是书本或实际划分分段时, 一般离横舱壁的距离为 200~300mm, 主要是考虑结构和制造过程中伸出部分不易变形等因素, 但由于分段大接缝往往会破坏横舱壁另一面的油漆, 导致重新打磨和涂装, 甚至于重新搭建脚手。以涂装为核心的分段划分充分考虑到了保护涂层, 大接缝离横舱壁距离为 1500~2000mm, 施工时充分保护了涂层, 较传统造船理念有了较大进步。并且事实证明, 对于 SWS 来说这种分段划分是合适的, 并且把这类划分方法推广到了散货船。图 2 为机舱分段与货舱分段划分示例 (图中云线部分)。

2.2 采用永久性脚手吊马, 减少临时性吊马, 从而降低涂层破坏

图 3 为货舱区脚手架布置的典型形式。对脚手、吊马一般重视程度不够, 而它们对施工安全、保护涂层、方便施工起着重要作用。针对油船的特点, 分区域进行脚手架布置。

2.2.1 大舱区域脚手搭拆方案

(1) 甲板下面, 在纵骨上安装脚手耳板, 与角铁脚手连接。

(2) 舷侧分段: 垂直接缝可采用管子脚手或者角铁插装脚手 (最好采用管子脚手), 横向接缝采用安装脚手耳环和三角架脚手, 根据舱内的宽度, 直接设置木脚手。

(3) 纵横舱壁: 在纵横舱壁肋板上开长形的管子工艺孔, 水密舱壁上安装插管马脚, 垂直接缝可采用管子脚手后角铁插装脚手 (最好采用管子脚手), 水平纵向和横向大接缝采用角铁插装脚手架或安装脚手耳环。

(4) 脚手的搭设阶段: 光面处的脚手在船坞内搭设, 构架面的脚手在分段吊进船坞以前搭好固定, 外旁舷侧脚手采用升降吊龙 (垂直部分), 曲形部分使用管子脚手。

(5) 脚手的拆除: 纵横舱壁上的水平接缝先拆除, 并且由两端向垂直接缝处拆; 甲板下面水平脚手拆除, 由两端向垂直接缝处拆; 最后拆除垂直接缝处的脚手。

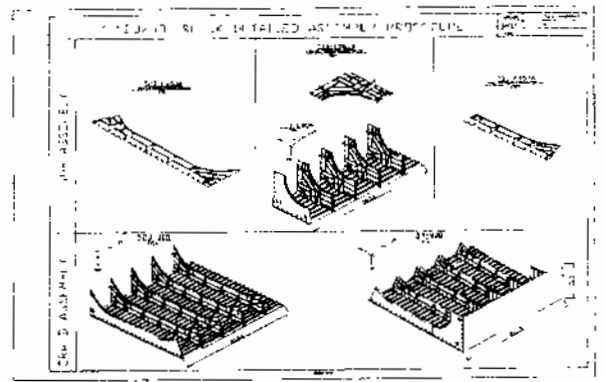


图 1 分段组立顺序

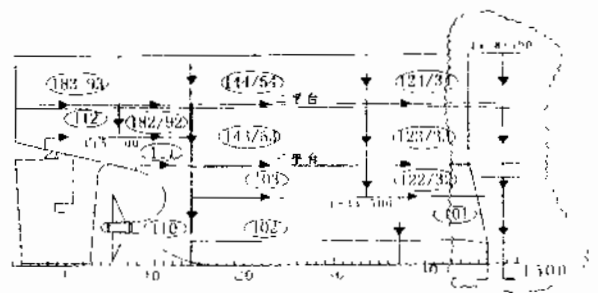


图 2 机舱分段大接缝

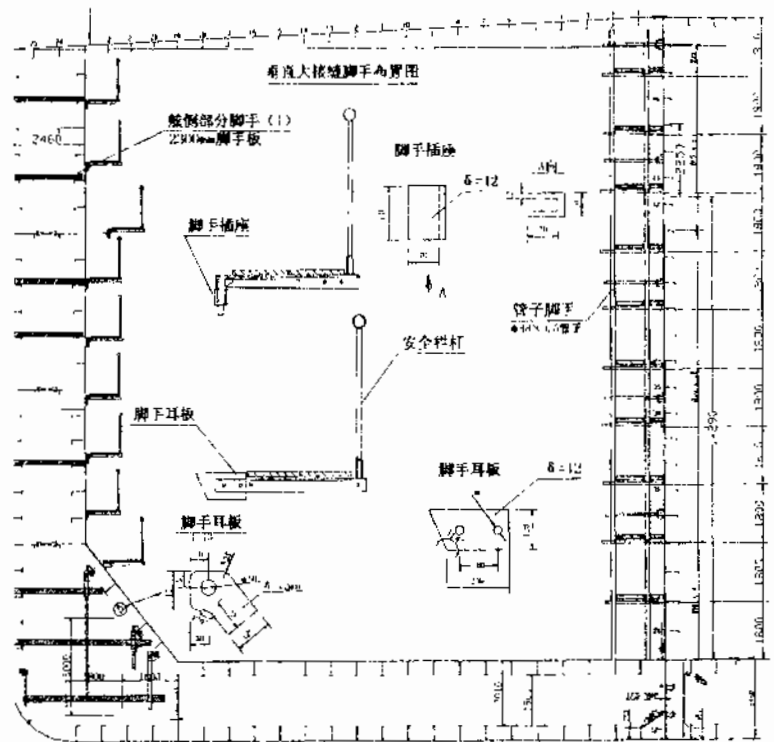


图 3 货舱区域

2.2.2 外板艏部和艉部及平直区域脚手

(1) 艏部脚手：总组时脚手架采用管子脚手，要求装焊和涂装在平台上全部结束，并提交验收，合格后吊到坞内搭载；在船坞内，底部分段与总组分段的水平大接缝采用管子脚手；总组分段与艏部主甲板分段的水平大接缝采用三角架脚手；艏部与货舱区域的垂直脚手可采用管子脚手或液压车。

(2) 艉部处的脚手，目前只能采用管子脚手。

(3) 货舱平直区域脚手用吊笼代替。

2.2.3 机舱内的脚手

分段制造阶段采用螺栓脚手马和挂铁脚手及管子脚手并存互补的方法解决。船坞搭载的脚手，一部分用分段脚手替代，另一部分采用链条悬挂脚手（根据管系布置情况现场处理）。2m 以上的脚手马不拆，但脚手马的油漆要求与分段一致。2m 以下的必须拆除，并批平磨光。

2.3 角焊缝密性试验，使涂装阶段前移，前保护涂层

角焊缝密性试验是在分段阶段利用图 4 焊缝中间气室，采用压气的方法，使密性试验前移，从而达到涂装前移，使涂层的完整性得到实现，最大限度的减少船坞阶段的涂装工作量。

成功实施该项工艺关键是从基本设计开始把工艺要求贯穿进去，实施过程中生产部门工人及技术人员认真执行，同时做好船东、船检的工作。通过各方面人员的共同努力，各级管理人员和施工人员对角焊缝密性试验工艺有了较好的掌握，并能够自觉认真按照要求进行管理和施工，外高桥角焊缝密性试验一次成功率已经达到 99% 以上。鉴于角焊缝密性试验工艺带来的巨大的效益，外高桥已经开始在今后所有的产品上广泛应用。

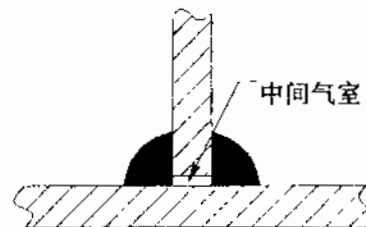


图 4 典型角焊缝

2.4 扩大总组，使箱柜密性前移，涂装阶段前移

2.4.1 分段划分、分段总组、坞内搭载工艺创新

日、韩等先进国家通过精度管理、提高预舾装率，以及改进工装设施和工艺技术等方面的研究，使船坞（船台）吊装时间大大缩短。据有关资料显示，日、韩在坞内总段的吊装时间平均为 2.5~3 小时，最短时间仅为 2 小时。实行半串联并行建造出坞时间仅为二个月，而我国大多数船厂（除南通中远川崎）与之的差距相当大。公司大力推行工法研究，从工艺研究、精度管理、标准周期等方面研究着手，从而加快船坞分段的搭载速度。

2.4.1.1 分段划分的改进，促进快速搭载

一般分段划分要求上下压载舱总组成舷侧总段，因舳部线型影响坞墩设置困难，搭载定位时因安全因素需加设舷外支撑等，导致定位时间相对较长，影响了搭载速度。本船分段划分得到了改进，舳部与双层底在内底高度上拉平，边压载舱总段搭载时减少了舷外支撑，实施快速搭载，并且两个总段搭载时由原来的对接焊缝改进成角焊缝，方便施工，保证质量。

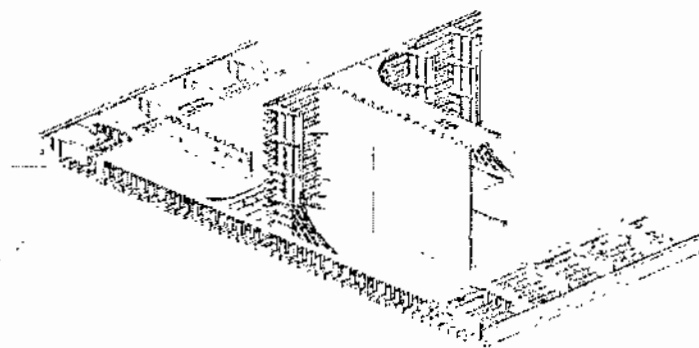


图 5 双层底总段

图 5 为货舱区典型总段，这种总段划分形式方便了左右双层底分段总组、纵舱壁分段总组以及舷侧总组分段总组。

2.4.1.2 分段阶段货油管预装

图6为分段阶段货油管实施了预装,改进分段划分,把横舱壁涉及到管子通舱的小区域(小片状)带在底部分段上,在双层底分段大组立时实施管子预装,大大减少了总组和船坞阶段的管子预舾装量。

2.4.1.3 改进艏部分段划分

艏人接缝在距艏舱壁 1000~1500mm 处一刀切,搭载吊装定位分段方便,可尽早投入劳动力进行装焊作业,同时将构件对准作业由暗箱操作改成明作业,使作业难度大大减小,从而加快了搭载速度,同时确保船艏分段涂装完整性。

船头分段总组基本结束后,可进行大量的铁舾装件的安装,如各种直梯、平台、护圈及导缆孔、带缆桩等,同时艏部锚绞机基座也可以定位烧焊并将锚绞机基本安装到位,这样可以将大量在坞内的工作提前到平台总组阶段施工,既能减少坞内工作量又能为涂装跟踪补漆提供可能。图7为艏部总段。

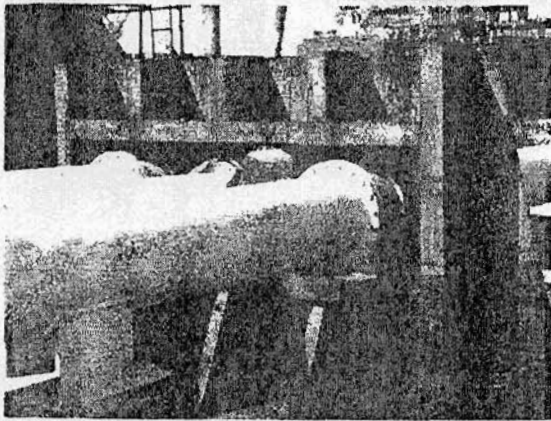


图6. 货舱内管子预装



图7 艏部总段

2.4.2 扩大总组范围,促进快速搭载

由于船坞起重能力的限止,尚无条件进行环型总段总组,因而采用若干个分段总组成较大的非环型总段进行船体建造的方法,加快船体搭载速度。

(1)底部将左右两个分段总组成双层底总段,机舱底部总组成盆舾装总段,舷侧将上、下压载舱总组成“P”“C”“D”型总段,机舱半立体左右分段成总段,艏部组成两个总段,由于总段装焊是在平台上进行,不仅简化了施工条件,减轻了装焊的劳动强度,而且可以提前施工。

(2)采用双层底总段(图5)搭载可减少船坞搭载分段吊装数,减去了左右底部分段纵向接缝的装焊工作量,使船坞搭载速度加快。

(3)舷侧分段组成“C”“D”型总段搭载。不仅减少上边水舱吊装及纵缝的装焊,而且还简化了上压载舱吊装的难度,减去了纵缝高空作业,将高空作业平地化,保证了安全施工。

(4)扩大艏部总组范围。将艏部分段与尾尖舱两个分段总组成一个总段(图8)。由于船体艏部线型复杂,原111分段搭载时吊装定位就需18小时,尾尖舱总段吊装定位还需8小时,而这儿只分段总组后一次吊装定位仅需18小时,大大加快了搭载速度。图8总段建造完成(包括总段舾装)后,舱柜密性、焊缝油漆等可以做到完整性提交,大大缩短船坞作业周期,作业前移。

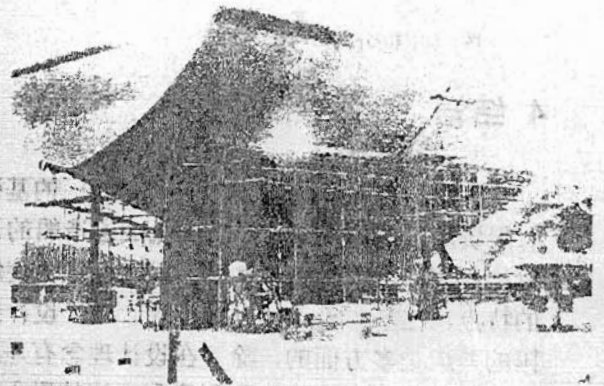


图8 艏部分段总组

3 扩大先行舾装

3.1 单元设计

油轮机舱底层和泵舱底层单元化设计,有效前移舾装(如图9),甲板分段总组,甲板面单元化和总组阶段甲板面正态舾装结合(图10)。

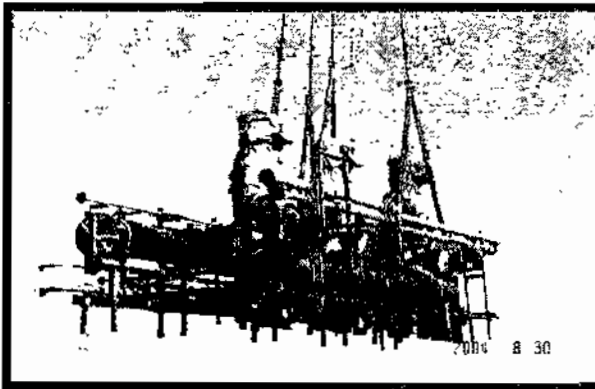


图9 泵舱单元正在吊装

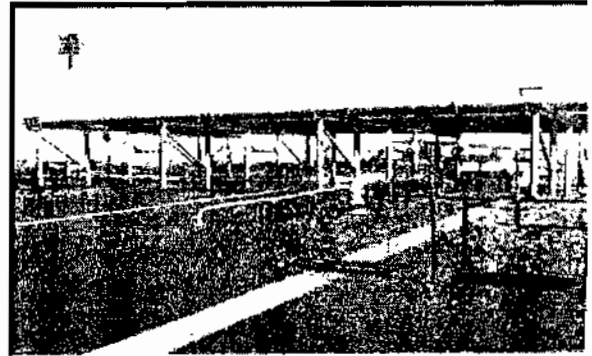


图10 甲板总组单元

3.2 主甲板折角线免机械加工

这是用分段划分来减少机械加工,节省工时的一个非常有效的范例。该工法主要是甲板分段划分线(左边)离中心线距离为 X , X 一般为100~120mm。纵舱壁与甲板焊接后,伸出中线面的一段由于焊接收缩,自动向下倾斜。左右两边甲板分段(或片状小分段)可顺利地快速总组,所节约设备损耗、工时等所带来的经济效益是可观的。如图11所示。

3.3 控制空船重量

减少分段横向拼板缝,扩大FCB法焊接量;以全船应力水平图来说服船东减少临时加强,控制空船重量。通过优化船体结构,减少钢材1000多吨;结构设计是夸大板架设计范围,尽量少增加板后,以此来满足强度要求;充分利用焊接形式的改进,改善局部应力状况,从而在不增加钢板厚度,不增加加强材的情况下满足结构强度和疲劳要求(图12)。

图11 甲板分段

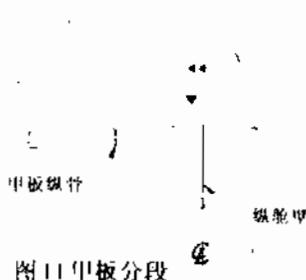


图11 甲板分段



图12 典型焊接节

4 结语

各船厂都在考虑如何有效利用船厂的基础设施,实现总量扩大、产效增加,但如何整合船厂的有限资源,达到快速、高效、低成本造船的目标,是各个船厂的工法研究所共同关心的问题。船厂设施不一样,组织生产体系不同,可能会使解决问题的方式也不一样,以上介绍的是SWS根据自身的特点,在基本设计、详细设计、生产设计过程中成功实施的一些工法项目。我们与日、韩造船强国的差距是多方面的,除了在设计理念有差距外,在工法、设计生产的前期策划上差距更大,从基本设计到生产设计的细化程度和工法的融入程度差距也大。可以说工法研究是无止境的,需要不断挖掘和持续推进。工法实施的目标是安全造船、成本造船、以涂装为核心造船、以舾装为中心造船,而实施一项新的工法项目是船厂一件痛苦的事,所以推进工法实施是所有船厂一把手的工程。

上海市造船工程学会 2005 年学术年会
船舶建造工艺专场——专题发言

在日本近距离感受现代化造船

刘克东
(第九设计研究院)

摘要：本文介绍了日本某造船厂的主要简况和体会

关键词：概况 造船厂 现代化

2004 年底，本人有幸随上海船厂赴日研修班，在日本某造船厂近距离的亲身感受了现代化造船的整体面貌和先进的管理理念、管理模式。通过本文作一简要介绍，望国内造船界同行，能够一同感受和学习，并能从中得到己之所需。

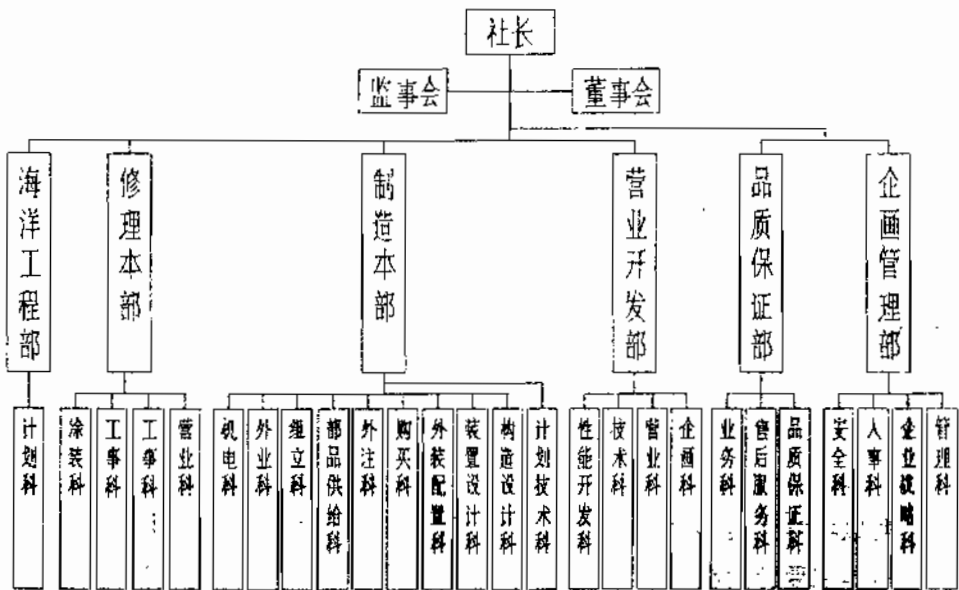
1 公司简介

该造船厂开办于 1971 年，场地面积 52.3 万 m²，厂房面积 14.53 万 m²。主要产品：船舶、舰艇、桥梁、钢结构。

原设计纲领为年产 VLCC×6 艘。目前实际生产纲领为 70~80 万载重吨/年。年产 8~10 条阿芙拉型（钢材耗量 13400t/艘）或巴拿马型（钢材耗量 9200t/艘）散货船。年钢材耗量约 10 万吨。

2. 组织机构

2.1 组织机构图



该公司自 1995 年以来先后进行了 3 次组织机构大调整，为得就是压缩中间管理部门，真正的实行扁平化管理。

2.2 部门分工及人员

人员在 3 次大调整中进行了大幅的裁减，从 1995 年的 832 人（另有 360 名外包工），压缩到目前在职职工 381 人，另有外包工 450 人。

各部门人员组成如下：

董事：7 人（1.84%）

监事：2 人（0.52%）

企画管理部：9 人（2.36%）

管理科：5 人 企业战略科：2 人 人事科：1 人（兼） 安全科：1 人

品质保证部：16 人（4.2%）

品质保证科：10 人。与船东配合检查分段。船体 5 人、电气 1 人、机 1 人、售后 2 人。

售后服务科：1 人

业务科：3 人。交船仪式等。

营业开发部：38 人（9.97%）

企画科：3 人。与船东商谈船型规格。过程中的变更情报收集。

营业科：5 人。签订合同，与客户保持联络。

技术科：14 人。负责构造方面，核算成本保证盈利。

性能开发科：10 人。负责主机方面客户的要求。

制造本部：280 人（73.49%）

计划技术科：17 人。线表计划的细化，分段的搭载计划。外包工培训，焊接技术，焊接考试。

构造设计科：17 人。壳体方面的测试。

装置设计科：22 人。舾装件、电气、主机。

购买科：4 人。购买成品（主机、发电机等）。

外注科：5 人。外协加工。

部品供给科：40 人。物资发放、管工场、零件切割。提供零部件。

组立科：60 人。部件组合分段，舾装件的安装。

外业科：68 人。分段合拢、搭载、舾装、涂装。

机电科：33 人。分段内的、分段间的、下水后试航的机电设备调试。

修理本部：18 人（4.72%）。负责美军军舰的修理工作。

海洋工程部：7 人（1.84%）。海洋工程、挖泥船的设计。加工制作外协。

3 成本控制

船舶的建造成本控制是每个船厂生存和可持续发展的重要一环。由于船舶建造行业受国际市场、国际钢材价格，乃至国际政治气候影响较大，并且船舶建造基本属于先签约，2~3 后才能交产品的行业。所以在规避市场风险的同时，合理地、有效地控制船舶在建造中的成本开支，将显得至关重要。成本主要分为材料费、加工费、管理费等三大部分。以下为该造船厂在几种船型上

成本的分配比例

项目		PCC	CONT	60BC	80T	VLCC
材料费	钢材	18	13	20	19	23
	主机	8	9	10	7	9
	船装	12	13	11	15	13
	机装	12	11	10	14	14
	电装	4	4	3	2	2
	小计	54%	50%	54%	57%	61%
加工费		33	36	32	31	29
	小计	33%	36%	32%	31%	29%
特别费	设计费	9	9	8	7	5
	外购工事费	1	1	1	1	1
	其它	3	4	5	4	4
	小计	13%	14%	14%	12%	10%
制造原价	合计	100%	100%	100%	100%	100%

4 外注品加工标准化

外注品为工厂需要外协购买或加工制作的产品。

外注品设计图纸实行标准化、共通化、单纯化

(1) 材料选定

①场上的现成品；②舾装件采用相同材料、相同尺寸（共通化）；③固定的尺寸。

(2) 设计图纸

①的标准化、生产的标准化；②用于生产的图纸要求容易理解、表达清楚。

(3) 制作方法

①工时的减少(加工方法的优化、开孔尺寸标准化)；②加工外形共通化、单纯化；③共通型。

5 造船生产计划体系框架

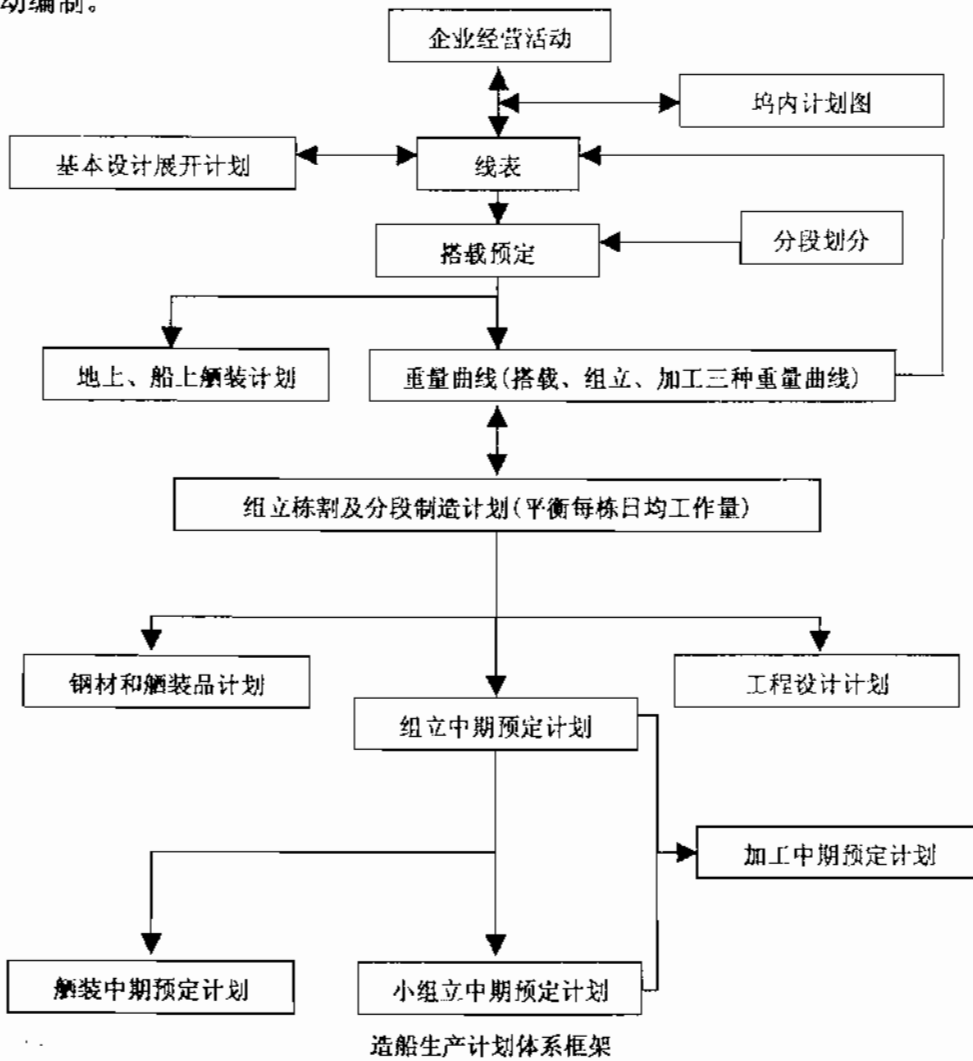
造船生产计划主要围绕船体建造计划展开，从编制线表（确定大节点）开始，逐步细化，直至中期预定计划，成为车间可执行的计划，配布各车间，车间据此确定每日工作安排。该造船厂所有的节点计划和日程安排（包括何时签订新船合同），均按照平衡生产，倒排计划得出（日程中已扣除所有的节假日），从而使得整个节点计划显得有时有序，负荷平均且饱满。对于突发事件的解决和处理则利用计划中扣除的节假日来完成。通过深入学习，使我感觉到的计划利于领导管理、利于职工执行、利于企业长远发展。和国内船厂相比，我们很多船厂的船坞、码头周期全部为日历日，而不是工作日，使得时间排得 100%饱满，如遇突发事件，则只能日夜加班、管理混乱、职工疲惫。

现将船体部分主要生产计划的编制方法和用途解释如下：

5.1 线表

线表即生产大节点计划，反映企业数年的生产情况。编制线表的目的是使生产现场作业平衡，设备场地利用合理，使船坞形成连续均衡的生产。该表确定开工（钢材到位计划）、组立、

搭载（大合拢）、下水、交船等主要工程节点，时间跨度涵盖过去 1 年和未来 1 年，半年调整一次，滚动编制。



线表的制作系从交船期开始倒推，逐步确定下水、搭载、最初分段组立完成日、钢材纳期等。如尚未签订造船合同，还需逆推出基本设计开始日期和签订合同的最迟日期，如不能在此前签订合同，则无法保证在预定的交船期交船，也将直接影响企业的生产经营形势。已签合同的船用实线，未签合同的船（经营目标）用虚线。各节点日期需综合考虑船厂的人员、设备、设施等能力，并依靠过去生产同型或相近船型的经验来确定。线表可清楚表示出本船厂在一段较长时期内的生产情况，管理人员可据此表判断工厂是处于满负荷状态还是尚有余力承接新船，以及在哪个时期可以承接哪类船型，具有较强的前瞻性。线表计划属于企业的商业秘密。

5.2 坞内计划图

企业的接船经营活动直接受到船坞尺度和船坞生产计划的限制。该造船厂认为，为了保证造船坞内工作的计划调度、均衡工作，防止忙闲不均，船厂应建设两个造船坞，否则应采用纵列半串联方式或单坞两端开门的形式。日方建议，将来上海船厂迁至崇明后，坞内造船应采用一条半建造法。

5.3 搭载预定计划

船体设计进行到一定阶段，分段划分图完成后，即可编制搭载预定计划。搭载预定计划的主要内容是决定分段进坞的顺序和日期。

搭载预定计划的编制需根据线表已确定的搭载、下水日期，按照由尾部到首部、由中间至两

边、由下而上的顺序，安排分段进坞时间。编制时还要考虑到不同分段吊装的工作量不同，占用龙门吊时间超过 6 小时的分段每天搭载不要多于一个；分段放下后应尽量安稳；最后分段应在下水前 15 天搭载完成，保证有 10 天的时间完成船体的焊接，和 8 天的涂装时间；尾部机舱等带弯曲的分段是带余量搭载的。搭载的进度要考虑到组立课制作分段的能力，并不是越快越好。

如果坞内造船采用一条半建造法，前船下水、后船移位（中间浮上）至少在后船搭载开始后 10 天，应确保后船已搭载至一定长度以上，这一点在编制搭载计划时必须考虑到。当然也有前船等后船的情况。（该船厂的船坞两端有门，按一条半法连续建造时后船不须移位，没有中间浮上的问题）。

5.4 重量曲线

重量曲线包括搭载重量曲线、组立重量曲线、和加工重量曲线。是造船计划中的重要环节，可直观的反映各条船舶建造的工作量随时间推移的分布情况。顺序是首先根据搭载预定计划，参考过去的经验，作出搭载重量曲线，然后再是考虑分段储存堆放因素后，作出组立重量曲线，最后作出加工重量曲线。第一次的重量曲线是不均衡、不精确的，需要多次光顺和调整。重量曲线以日为单位（国内船厂大多以月为单位）。重量曲线的作法如下：

搭载重量曲线：

根据已编制的搭载预定计划和分段划分图，计算每日搭载分段重量的进度。

组立重量曲线：

根据搭载重量曲线，按照一定的时间间隔（该船厂经验：第一个分段组立开始至搭载开始，间隔 50~60 工作日。组立重量完成 25%至搭载重量完成 25%，间隔 40~50 工作日；组立重量完成 50%至搭载重量完成 50%，间隔 30~40 工作日；组立重量完成 75%至搭载重量完成 75%，间隔 25~30 工作日；组立重量完成 100%至搭载重量完成 100%，间隔 20 工作日）将搭载重量曲线向前推移，即得到组立重量曲线。

连续生产多条船舶时，组立重量曲线需做平衡调整，以保证每日生产量的平均化。一般按曲线计算出每月的生产量，除以工作天数得到每日生产量，如各月的日平均生产量超过 ± 5 t/日，则需进行调整。重量曲线平均化调整的意义在于保证生产的节奏，避免出现工作量起伏过大，导致有时人员过剩有时人手不足的情况。

根据组立搭载重量曲线可计算分段月储备量，储备量不可超出工厂的承受能力，否则需调整（该储备量是指组立完成时的分段量，储备期间需进行预舾装、涂装、结成等工作，储备时间不少于 10 日）。

组立重量曲线显示的是最迟至某日必须完成的分段重量，如不能在此日前达到预定重量，则会影响搭载工作。应及时取得组立工作实绩，与计划曲线比较，以便及早发现问题，采取修正措施保证交船期。

加工重量曲线：

根据组立重量曲线，按一定的时间间隔（该船厂经验：加工开始日至第一个分段组立开始日约 30 工作日左右；加工量达到 2000t 以上后，加工重量提前于组立重量 20 工作日左右）将组立重量曲线向前推移，即得到加工重量曲线。

与组立重量曲线相同，加工重量曲线也需做平均化调整。

加工重量曲线显示的是最迟至某日必须完成的零件重量，如不能在此日前达到预定重量，则会影响组立工作。

5.5 分段制造计划

重量曲线完成后，即可着手编制分段制造计划，但首先需确定各分段的建造地点（组立栋

示等)。在施工方式上, 优先采用标准化生产(据日方介绍, 标准化生产可提高工效 20%~30%)和自动焊(据日方介绍, 他们小组立自动焊占 70%左右)。各区域的设备、人员基本上是固定的, 不轻易调整, 预舾装工作自始至终贯穿于整个船体施工过程之中, 船体施工到哪里, 预舾装就安装到那里, 哪个阶段的工作, 就在那个阶段完成。据日方介绍, 他们目前巴拿马型船出坞时完成总工时的 95%, 船坞周期为 10 个工作日, 从出坞到交船为 20~30 个工作日。可见, 日方按区域、阶段、类型组织生产是有其优越性的。

6.3 壳舾涂一体化

该造船厂在船体施工的同时, 舾装工作穿插进行, 已经作到壳舾涂作业在空间上分道、时间上有序, 并从设计、生产管理上保证了壳舾涂协调推进。根据日方介绍和现场观察, 目前日方已做到凡能在前道工序安装的舾装件, 决不推后到后道工序安装, 涂装前能安装的舾装件, 决不推后到涂装后, 除机舱分段涂装后还有部分舾装工作量外, 其余分段基本上已没有舾装工作量。可以说, 日方因生产计划和设计上安排不周而造成的壳舾涂之间的干扰和损耗很少, 壳舾涂一体化工作做的比较到位, 造船效率的提高是不言而喻的。

6.4 实现设计生产管理一体化

从合同设计开始, 生产管理人员和设计人员始终紧密结合, 相互配合, 开展设计和计划工作, 相互协作的比较好。这样, 也就保证了每一项设计自始至终符合预先制定的船体建造、舾装和涂装的建造策略, 保证了各类制造中间产品专业化生产的复合工种组织的有效运行, 保证了专用高效设备的采用和精细化日程计划的贯彻。从造船厂的情况来看, 设计工作事实上是船厂工程计划的一个方面, 真正做到了设计为生产服务, 生产为设计着想。

7 生产过程和生产节拍

生产的主要过程: 预处理、切割、小组立、大组立、检查、舾装、涂装、翻身、舾装、涂装、搭载、结成、出坞、码头舾装、交船。

7.1 钢料堆场

钢料 5 天来一次, 平均每次 1700~2000t。钢料贮存周期为 1 个月。

钢材利用率: 92% (首制船); 95% (连续建造船舶)。

7.2 钢材预处理

钢板和型钢的漆膜(底漆)厚度为 15~20 μ 。太薄容易生锈; 太厚不利于焊接。

7.3 分段装焊

FCB 适用于厚度大于 12mm 的钢板焊接。手工制作的分段周期一般为 10 天, 机舱分段为 20 天。

简易分段装焊流水线: 装配、焊接、打磨、预舾装、检查(共 5 个工位), 制造周期 5 天(每天一个工位)。

理想的分段装焊流水线: 配材、装配、简易自动焊、焊接、打磨、预舾装、检查。(做到人不动、分段流, 工作量平均, 工作简单)

7.4 总段

平行舸体总段大合拢: 装配 3 天, 焊接 3 天; 艏艉总段大合拢: 装配 4 天, 焊接 4 天。

*大组立的优缺点:

优点: 1. 高空作业地面做; 2. 地上舾装尽量扩大; 3. 减少船上涂装作业; 4. 减少船台周期; 5. 减少船台工作量; 6. 减少脚手架; 7. 优化作业姿态; 8. 提高产品质量; 9. 能够很好的做到 1.5 条半串联建造。

缺点：1. 需要加强精度管理；2. 分段移动次数增加；3. 需要更多的生产准备；4. 加强舾装件管理供应；5. 工装投入量加大；6. 增加了工序，增加了时间，增加了成本、浪费和管理的。

8 建造周期

签定合同（2 个月）；基本设计（3 个月）；加工（35 个工作日）；组立（50 个工作日）；搭载（40 个工作日）；码头（18~22 个工作日）；试航（15~20 个工作日）；交船（在交船期间内）。

*进坞日期、交船日期是基本不动的：
巴拿马型船：开工~交船（9 个月）；AFRA 型船：开工~交船（10~12 个月）。

9 阶段完整性

船舶进水前的完整性：压载水舱完成、艏口盖启动、舱内油漆 98~99%。
涂装完整率：分段进坞（60%）→下水（80~90%）→试航（96%）→交船（100%）。

10 日本船厂焊接方法的构成比例

日本全国主要造船厂和该造船厂焊接方法的构成如下：

序号	焊接类型	日本船厂比例	该造船厂比例
1	CO2 半自动焊接	51%	50%
2	埋弧自动焊（包括 FCB）	16%	12%
3	手工焊	16%	5%
4	自动焊	15%	33%
5	机器人	1%	0%
6	其它	1%	0%
	合计	100%	100%

通过以上数字可以看出，该厂在改制后，大力推行自动焊，使人员减少、效益提高。

11 公用动力消耗量

2003 年实际使用量				
气体类型	使用量	单位	使用量/吨钢材	备注
钢材	91100	吨		
焊材	1366500	Kg	15	不包括舾装件
氧气 O ₂	1202230	Kg	13.20	
二氧化碳 CO ₂	1831500	Kg	20.10	
液化天然气 LAG	72591	M	0.797	切割气为混合气 混合体积比 65：35
丙稀 C ₃ H ₆	75130	Kg	0.825	
水	257850	吨	2.83	全厂（生产、生活）
电	22901841	KWH	251.4	
压缩空气	129600000	M	1423	粗估量