

# 船体分道建造技术应用与发展

中国船舶工业第十一研究所 刘传茂

**提 要** 本文从船体分道建造技术在国内外船厂应用情况着手,较详细地阐述了船厂实施分道建造中的做法、实现分道作业的条件支撑、以及船体分道建造技术未来发展的趋势。

**主题词** 船体分道<sub>X</sub> 建造技术<sub>X</sub> 应用<sub>X</sub> 发展<sub>X</sub>

## 1 引 言

随着现代造船模式的逐步建立,船厂已摒弃舾装、涂装是船体后续作业的陈旧概念,代之以船体按分道,舾装、涂装按区域的新的作业模式。对船体来说,就是按照成组技术和并行工程原理,制造船体零件、部件和分段,按工艺流程和壳舾涂一体化原则组建各个分道作业线。

船体分道建造技术(Hull process lane construction technology)是指在造船全过程中,将构成船舶的中间产品的制造不按船舶最终产品和船舶系统分类,而按特征相似性分类成组,即按平面分段、曲面分段、上层建筑等各自独立的多通道并行展开,实现空间分道、时间有序、责任明确、相互协调的作业优化排序。同时,与此相配合的船舶设计、生产、管理和采购各部门的任务和计划及相互关系,都围绕着各个通道形式的中间产品的制造予以明确规定,使得船厂的一切工作相互协调,极富节奏。

船体分道建造技术是建立现代造船模式的重要手段和基础技术之一。同时,与船体分道建造技术相关的区域舾装技术、区域涂装技术、高效焊接技术、信息控制技术及精度造船技术都是很重要的,这些技术的应用又都离不开船体分道建造,而且在很大程度决定了舾装、涂装及高效焊接的场所、时间、范围、内容和效果。按照分道的原则,各项作业有机地结合,有利于实施空间分道、

时间有序、壳舾涂一体化的现代化造船。

船体分道建造技术的理论基础是成组技术(Group Technology),成组技术的核心就是相似性,它是将具有相似信息的事物集合成组(族)进行处理,对船厂所有的工作进行符合逻辑的安排,使单件、单船、小批量船舶生产获取大批量生产效益的综合性技术,是一个生产组织哲理。

## 2 船体分道建造技术的应用

日本于60年代率先引进并应用成组技术于造船,通过70年代的发展已将成组技术的分类方法用于船舶产品分解和分类。当时的石川岛播磨重工业公司相生船厂首先将其应用在船体建造中,随后吴船厂将其扩展到设计和生产组织中,形成设计制造同步或并行。到80年代,日本的造船成组技术应用已趋于成熟,并在2000多艘船舶建造中得到实际应用,已由理论转化为理论联系实际的结晶。其后通过美国国家造船研究计划,美国造船专家同日本造船专家和学者共同努力,将日本石川岛播磨重工业公司造船成组技术实践和经验进一步改进和发展,形成成熟的理论并推广到亚洲、欧洲和拉丁美洲的许多船厂,并取得巨大的经济效益,而船体分道建造法只是这些技术中的一个。从80年代到21世纪,船体分道建造技术得到迅速发展,具体有如下一些。

### 2.1 产品导向型工程分解结构

由于船舶是一个巨大型结构复杂和技

术含量高的产品,往往是以销定产,而且是单件小批量,即便是同一批量船舶也有很大差别,如何满足船东各种各样要求,以及不同类型船舶同时快速制造。唯有采用产品导向型工程分解结构。

任何一项大型建设工程,在开工之前,总要对其作一番细致的分析解剖,分成许多细目,以利工程的进行。这种分析解剖就称之为工程分解。

船舶的生产过程实际上是制造零件和部件,即所谓的“中间产品”。这些中间产品经过几个制造级逐渐变大、变复杂,终而形成一艘船,即最终产品。这个从中间产品的角度来分解船舶的建造任务就是产品导向型工程分解。日本、欧洲和美国的许多船厂就用此法分解其船舶建造任务。利用此法,可在造船全过程中均衡地分配作业量,即使在大小不同、船型各异的船舶混合制造时也能较好地协调分道作业线的产量,从而在制造互不相同的中间产品过程中获得批量生产的许多好处。

船体分道建造就是应用产品导向型工程分解,从中间产品的角度出发将船舶分解成种种零件、部件、分段等中间产品后,按照成组技术相似性原理将其分类成组,以组为单位安排人员、设备和场地,组建成组生产单元或分道作业线,并按船体、舾装、涂装、管子、电缆等系统构成各自的作业区,达到均衡生产的目的。通常建立的有钢材预处理线、T型材和组合型材生产线、内部构件生产线、平面分段生产线、曲面分段制作区、管子生产线、以及机械单元、电气单元、舱室单元、甲板单元等舾装生产线。

## 2.2 中间产品建造的策略

### (1)中间产品

中间产品(interim product)是由零件以及其由各种方法组装而成的组合件,然后再用它们装配成一艘现代化的船舶。中间产品区别于中间部件,最重要的特征是中间产品有相对的独立性和完整性。

### (2)分道建造策略

船舶分道建造,应以分解、分类、成组、并行、组合为主要特征和生产组织进行统筹优化,合理分道作业流程。

分道生产过程中的各项作业,应该充分考虑各类中间产品在加工、装配、安装及组合等工艺过程中所需要的材料、零件、元件以及上一阶段中间产品的具体入口及其工艺流向,同时还必须考虑对上述工艺过程相应的设施合理配置及按工位作业所需的作业人员配置,以形成各类中间产品的生产作业线,建立固定的工艺流程和相应固定的操作工位及相应的作业标准和管理标准;并且有各类中间产品的运输系统,以便持续地由上一阶段向下一阶段输送中间产品,建立单向、有序、连续、稳定的工艺流程和合理的建造程序,实现互不干涉、各行其道的船舶分道建造。

在分道建造过程中,加强中间产品的生产管理是十分必要的。采用短循环期流量控制技术,使中间产品制造适时地进行,保持一定的生产节奏,并按逐级制造的原则,均衡、连续地建造船舶,以便缩短造船周期,增强船厂的市场竞争能力。

以上建造策略一般都在船舶建造方针或详细建造计划书内有所体现。

### 2.3 分道建造编码与托盘

分道建造编码是船舶建造编码的一部分。船体零件代码是描述分道建造要求的重要手段,表达了加工及管理信息。通过代码的识别,分别明确了船体零件切割、加工和装配组合的分道。分道作业编码一般采用作业类型和作业流程分类方式。

船体分道作业法典型的代码构成,如图1所示。



图1 船体分道作业法典型的代码构成

船体分道作业法用符合逻辑表达的船

体结构代码系统,标识中间产品的分类及其通过各制造级的工艺流程。代码按顺序等级组织,以便与逐级上升的制造级相对应。

利用编码标识所有生产体系的各个阶段,如:制造船舶的零件、部件、组件、分段和总装等阶段所必需的资料的数据,都清清楚楚地表达在一张张详细的图纸中。并将这些有用的、具有指导意义的信息传递给各部门人员。

#### 2.4 分道作业流程

船厂按船体分道作业和区域舾装作业流程分类,它基本上是一个组装过程。(如图2所示)

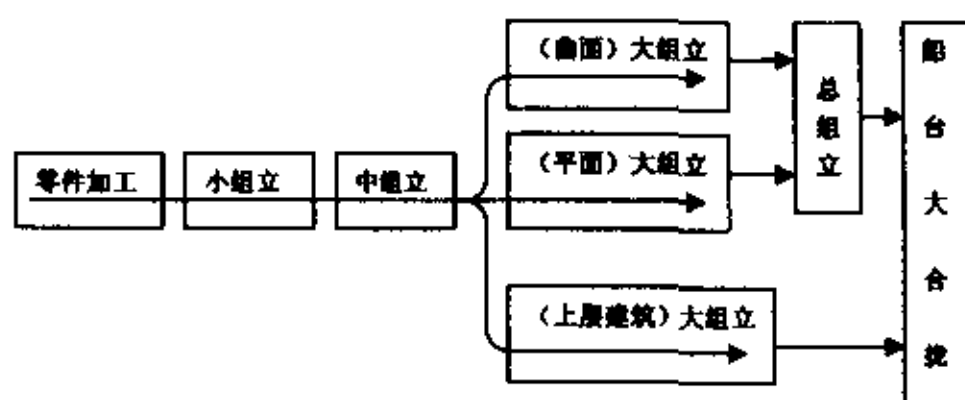


图2 应用分道建造的生产流程

对于上述船体分道作业流程再进行细分,可分为:

##### (1) 零件切割和加工分道;

①将原材料、制成的零件、加工工艺和相应的加工设备等联系起来,按类型配置。具体是:

- (a) 钢板加工成直边平行零件;
- (b) 钢板加工成不平行零件;
- (c) 钢板加工成内部零件;
- (d) 型钢加工成零件;
- (e) 钢管等加工成其他零件。

②根据零件类型和尺寸的相似性按区域、类型成组,按阶段配置如下:

- (a) 拼板(或无);
- (b) 号料和切割;
- (c) 弯曲(或无)。

弯曲包括折边等成型加工,如果弯曲大量零件时,可再分解:

- i 通用压力机(单向小曲率弯曲)加工;
- ii 带模具压力机(小零件,如肘板折边

等)加工;

iii 水火热加工(线状加热),双向、小曲率零件弯曲加工;

iv 手工线状加热(火工),双向大曲率弯曲,及零件弯曲加工。

这种以成组技术原理为基础划分任务包的做法,就是船体加工零件结构分解。例如:面板和其他板状零件一起在一块钢板上套料和号料。由多头切割机一次切割。曲率不同的构件可由一台通用压力机加工而不必更换压模,这批零件可归在一族。至于面板以及那些不需弯曲仍保持平直的板件,按照分段配套成组,并输送到下一个制造级。

#### ③典型工艺流程

- 直边拼板工艺流程;
- 曲形大件工艺流程;
- 平面板件工艺流程;
- 内部折边件工艺流程;
- 型材件工艺流程。

#### (2)小组立分道

- ①拼板部件工艺流程;
- ②组合型材部件(T型材)工艺流程;
- ③曲型桁材构件工艺流程;
- ④加强腹板构件工艺流程。

#### (3)中组立分道

- ①架构件制作工艺流程;
- ②面板架(片体)制作工艺流程;
- ③曲面板架(片体)制作工艺流程。

#### (4)大组立分道

- ①平面分段制作工艺流程;
- ②曲面分段制作工艺流程;
- ③上层建筑分段制作工艺流程。

#### (5)总组立分道

- ①平面分段总组工艺流程;
- ②曲面分段总组工艺流程;
- ③平面与曲面分段总组工艺流程;
- ④上层建筑分段总组工艺流程。

### 3 分道作业的支撑技术

船厂实施分道建造,首先得转变观念,



按成组技术相似性原理,先实施产品导向型工程分解,然后分类归组,按设定的成组工艺流程,对原有生产线进行调整或设置新的生产线,进行并行和均衡生产。因此,除了软件到位外,尚需要硬件和其他一些技术的支撑。主要有以下一些技术。

### 3.1 合理的分段划分

船体分段的合理划分,是船体分道建造技术实施的重要支撑技术。在船体生产设计中,根据分道建造的原则,船厂生产设施的实际情况,科学、合理地划分船体分段,使中间产品大小恰当,作业量均衡。

### 3.2 推行船体精度控制技术

以船体建造精度标准为基本准则,通过精度设计、科学管理方法和先进工艺对船体建造进行全过程的尺寸精度分析并核定补偿量与控制,以达到最大限度减少现场修整工作量,提高工作效率。

### 3.3 合理配置分道工位

根据各中间产品的成组工艺流程,设定相应的分道工位,从而使各中间产品按固定的工艺流程逐级进行制造。为了连续、均衡地作业,必须将各个分道工位上的作业人员和工艺设施进行合理的配置,必须从有利于高效生产出发,实行成组工艺布置,按工位的实际需要设置作业人员。

### 3.4 实施定置管理与区域管理

船体分道建造是有序、连续和均衡的作业,各种材料、零件、部件的流向应同工艺流程相同,根据集配的原则,进行定置管理和区域管理。

### 3.5 分段制造与舾装、涂装作业同步

船体分段和舾装两项作业实行同步,并且将涂装作业随时插入各中间产品的各个制作阶段以便实现中间产品的逐级制造,和分道建造。

### 3.6 实施设计制造一体化

船体分道建造,应该注意工期相同的中

间产品并行设计,并且进行同步制造。并行设计,才能保证同步加工制造,这也是船体分道建造的支撑条件之一。

### 3.7 制造装备的机械化与自动化

实行中间产品分道制造,制造装备是相当重要的,如切割设备,成型加工设备,各种装焊流水线都是中间产品制造的保证。国外船厂在实施分道建造的同时,也进行船厂技术改造,尽量用最新最现代化装备来制造中间产品。

## 4 船体分道建造技术发展趋势

造船成组技术的船舶建造策略是:以“中间产品”分解为导向,实现壳、舾、涂一体化,并形成设计、生产、管理、物资有机协调的现代化造船模式。因此,船体分道建造技术未来发展是壳舾涂一体化造船。

在船体分段建造方法的基础上,应用成组技术的必然的结果是区域导向的船体分道建造法。在采用船体分道建造法时,船体设计人员把船体作为一个区域,进行“中间产品”分解,必然将船体分解成船艏部、船艉部、机仓段(含烟囱),上层建筑、船体平行舳部等若干个船体区域(见图3),这些船体区域又可依次分解成若干个分段区域,分段区域再可分解成部件区域,直至分解到零件才结束。

因此,船体分道建造法是区域造船法的基础,它和区域舾装、区域涂装三者形成分道制造模式,而分道制造模式再发展就是集成制造模式。集成制造模式是船体分道建造技术的发展方向,它是壳(船体)、舾、涂三者高度发展并有机集成的一种先进制造技术。

既然壳舾涂一体化造船法(IHOP)是船体分道建造法的高级阶段,为了适应壳舾涂一体化建造,分道建造法必须不断发展,以适应壳舾涂一体化的要求。

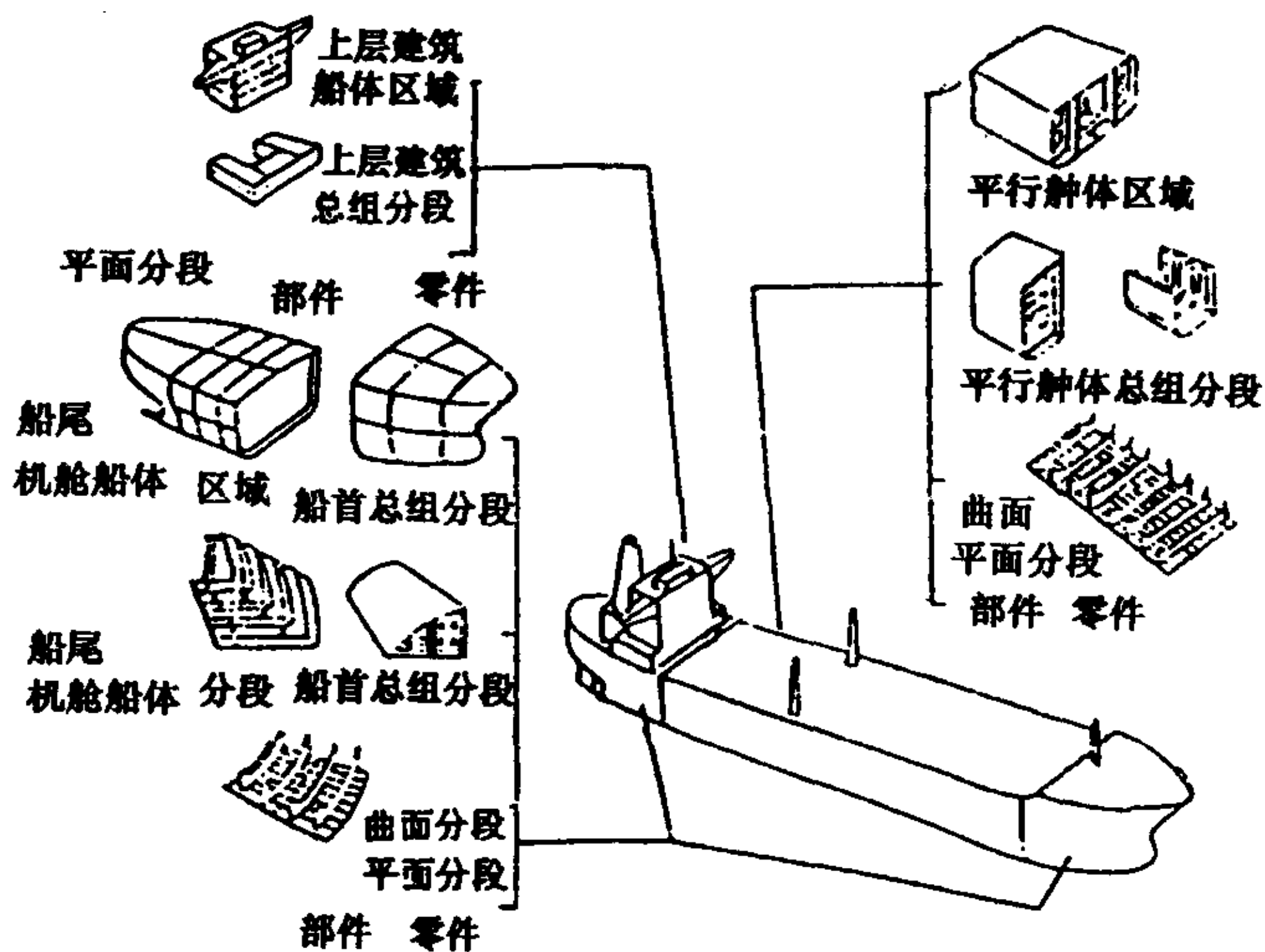


图3 船体建造的中产品分解

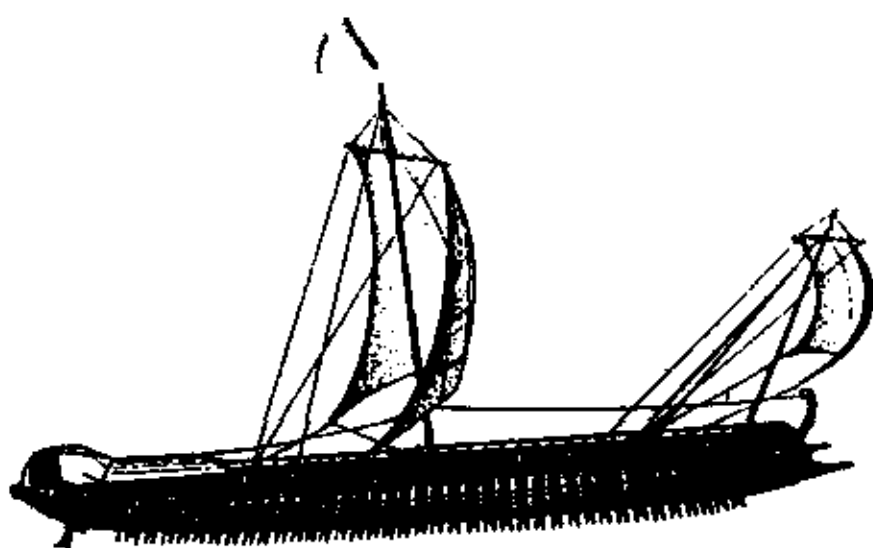
## 5 结束语

根据我国有关专家研究结果,我国骨干船厂的船体分道建造已经初步实施,零件和部件的生产已经开始设置在固定场所,所有的骨干厂已经建立平面分段流水线,平面分段和曲面分段分别在不同车间内建造,形成部分中间产品分道建造的雏型,但这些进展还刚开始,远未到位。这是由于硬件投入有限,管理软件研究不够的缘故。因此,我国船厂在建立现代造船模式的过程中应用分道建造尚有许多工作要做,如:①分道设计,

分道设计要准确地指示分道建造的进行。

②分道的资材供应,按照生产线的集配文件,规格及数量均须满足分道生产有序、均衡连续的进行。③区域管理,合理确定作业单元及计划跟踪和控制方法。

船厂应用分道建造技术,是适应市场经济的需要。由于设备和设施的成组布置及工艺流程的设立,具有足够的柔性,以便最大限度地制造不同类型船舶的相同和相似中间产品,从而获得最大的经济效益。■



古希腊的三层桨战船