

全国高校船舶类专业部委级重点教材

QUANGUOGAOXIAOCHUANBOLEIZHUANYEBUWEIJIZHONGDIANJIAOCAI

# 船舶建造工艺学

〔船舶工程专业用〕

〔修订本〕

徐兆康 / 主编

胡毛宇 / 主审



人民交通出版社

全国高校船舶类专业部委级重点教材

# 船舶建造工艺学

Chuanbo Jianzao Gongyixue

(船舶工程专业用)

(修 订 本)

徐屹康 主编

胡毛宇 主审

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书以船舶建造工艺基本知识为主线,系统地介绍船体放样、构件号料、构件加工、船体装配、船舶舾装、船舶涂装和船舶下水等工艺的内容、方法和要求;较详细地介绍造船生产设计的指导思想、工作内容和要求;着重阐明船舶建造的工艺原理和综合分析方法;适当地介绍造船模式的变革、造船任务的分解及生产准备;同时,对船舶试验及交船的内容、方法和要求也作了简要介绍。

本书共分九章,内容的选取和工艺方法的引用考虑到了其通用性、先进性和可操作性,河海兼顾,论述清楚,深入浅出,重点突出,易于理解,便于自学。

本书系高等学校教材,亦可供职业教育师生和造船技术工作者参考。

### 图书在版编目(C I P)数据

船舶建造工艺学/徐兆康主编. —1版(修订本).  
北京:人民交通出版社,2000  
ISBN 7-114-03575-6

I. 船... II. 徐... III. 造船-工艺-高等学校-教材  
IV. U671

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第10062号

### 全国高校船舶类专业部委级重点教材

#### 船舶建造工艺学

(船舶工程专业用)

(修 订 本)

徐兆康 主编

胡毛字 主审

责任印制:张 凯 版式设计:刘晓方 责任校对:刘高彤

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:387千

2000年5月 第1版

2000年5月 第1版 第1次印刷

印数:0001—3000册 定价:23.00元

ISBN 7-114-03575-6

U · 02577

# 出版说明

根据国务院发(1978)23号文件批转试行的《关于高等学校教材编审出版若干问题的暂行规定》，中国船舶工业总公司负责全国高等学校船舶类专业规划教材编审、出版的组织工作。

为做好教材编审组织工作，中国船舶工业总公司相应地成立了“船舶工程”、“船舶动力”两个教材委员会和“船电自动化”、“惯性导航及仪器”、“水声电子工程”、“液压”、“水中兵器”五个教材小组，聘请了有关院校的教授、专家 50 余人参加工作。船舶类专业教材委员会(小组)是有关船舶类专业教材建设研究、指导、规划和评审方面的专家组织，主要任务是协助船舶总公司做好高等学校船舶类专业教材的编审工作，为教材质量审查把关。

经过前四轮教材建设，共出版教材 300 余种，建立了较完善的规章制度，扩大了出版渠道，在教材的编审依据、计划体制、出版体制等方面实行了有成效的改革，这些为“九五”期间船舶类专业教材建设奠定了良好基础。根据国家教委对“九五”期间高校教材建设要“抓好重点教材，全面提高质量，继续增加品种，整体优化配套，深化管理体制和运行机制的改革，加强组织领导”的要求，船舶总公司于 1996 年又制定了“全国高等学校船舶类专业教材(九五)选题规划”。列入规划的选题共 133 种，其中部委级重点选题 49 种，一般选题 84 种。

“九五”教材规划是在我国发展社会主义市场经济条件下第一个教材规划，为适应社会主义市场经济外部环境，“九五”船舶类专业教材建设实行指导性计划体制。即在指导性教材计划指导下，教材编审出版由主编学校负责组织实施，教材委员会(小组)进行质量审查，教材编审室组织协调。

“九五”期间要突出抓好重点教材，全面提高教材质量，为此教材建设引入竞争机制，通过教材委员会(小组)评审、择优确定主编，实行主编负责制。教材质量审查实行主审、复审制，聘请主编校以外的专家审稿，最后教材委员会(小组)复审，复审合格后由有关教材委员会(小组)发出版推荐证书，出版社方可出版。全国高校船舶类专业规划教材，就是通过严密的编审程序和高标准、严要求的审稿工作来保证教材质量。

为完成“九五”教材规划，主编学校应充分发挥主导作用。规划教材的立项是由学校申报，立项后由主编校组织实施，教材出版后由学校组织选用，学校是教材编写与教材选用的行为主体，教材计划的执行主要取决于主编校工作情况。希望有关高校切实负起责任，各有关方面积极配合，为完成“九五”船舶类专业教材规划、为编写出版更多的精品教材而努力。

由于水平和经验局限，教材的编审出版工作和教材本身还会有很多缺点和不足，希望各有关高校、同行专家和广大读者提出宝贵意见，以便改进提高。

中国船舶工业总公司教材编审室

一九九七年四月

# 前 言

近年来,造船模式正处于深刻的变革阶段。作为构成造船模式的三大要素之一的造船技术也正向着现代造船技术方向迅速发展。同时,作为造船技术主体组成之一的船舶建造工艺技术也伴随着成组技术、信息技术、材料加工技术和计算机辅助制造技术的进步而同步发展。

为了适应上述变革和发展对新型造船技术人才培养的需要,借这次对1989年出版的高等学校教材《船舶建造工艺学》(第二版)修订之机,结合造船工艺技术的新发展和研究成果,并吸取多年教学的经验与体会,本着教材内容应全面、精练、求新和实用的原则,对原教材内容进行了调整和充实。

船舶建造工艺是一门涉及船舶制图、船舶原理、船舶结构、数学、工程材料、材料加工及设备原理、数控技术、焊接及变形控制、计算机辅助制造、工程测量、精度管理、船舶机电设备安装及调试、材料的防腐和造船管理等诸多方面知识的综合应用技术。目前,我国高等教育正处于体制变革和教学改革之中,专业教学时数的缩减与教材内容的全面是一对矛盾。本教材仍以船舶工程专业本科学学生和造船工作者必须掌握的船体手工放样及数学放样、构件号料、构件加工、船体装配和造船生产设计等船舶建造工艺基本知识为主线,适当介绍了造船模式的演变、成组技术、生产组织和任务分解的基本原理。考虑到实现壳、舾、涂一体化造船和区域造船等新技术对相关基础知识的需要,新增加了船舶舾装、船舶涂装等内容,对原教材因篇幅所限未能编入的船舶试验与交船方面的内容予以增补。鉴于以上情况,本教材更名为《船舶建造工艺学》,以符合专业教学要求。

为了实现内容精练的目的,在编写中注重突出工艺目的、原理、过程、方法及其要点的阐述,对工艺装备和设施,则重点介绍其功能及基本原理,尽量避免与其他课程教材内容的重复;对于可以在相关手册中查阅的资料和数据也尽量删减,考虑到本教材的性质,删减了原教材的“船体建造的精度和尺寸链理论”和“船厂总体设计概要”两章内容。

经过上述修订,本教材既满足了内容精练、重点突出的要求,又比较全面地反映了造船工艺技术,并注重了内容的先进性,继续保持了功能性强、适应性强和可操作性强的特点。

本书由武汉交通科技大学船舶及海洋工程系徐兆康副教授担任主编。王勇毅编写第一、六章,袁萍编写第五、七章,杨启编写第三章,李培勇编写第八章,徐兆康编写第二、四、九章,并对全书进行了统稿、校订工作。

本书由华东船舶学院胡毛字副教授主审,由教材委员会陈宾康教授复审,并提出了宝贵意见,在此一并致谢。

由于篇幅所限以及新工艺、新技术的不断涌现,并且所涉及的内容繁多,书中不够完善、疏漏和谬误之处在所难免。我们诚恳地期望广大读者给予批评指正,以便在教学中及今后再版时得以改正。

作 者

# 目 录

<b>第一章 造船工程概论</b> .....	1
§ 1-1 造船工艺的内容和任务 .....	1
§ 1-2 造船模式 .....	5
§ 1-3 造船生产的机械化与自动化 .....	11
§ 1-4 造船生产准备 .....	14
<b>第二章 船体放样与号料</b> .....	18
§ 2-1 船体型线放样 .....	18
§ 2-2 船体结构线放样 .....	29
§ 2-3 船体构件展开 .....	31
§ 2-4 样板和号料 .....	41
<b>第三章 船体数学放样</b> .....	49
§ 3-1 概述 .....	49
§ 3-2 单根型线的数学光顺 .....	50
§ 3-3 型线数学光顺流程 .....	61
§ 3-4 外板的数学展开 .....	63
§ 3-5 零件图元生成与处理 .....	68
<b>第四章 船体钢料加工</b> .....	72
§ 4-1 构件的成组分类方法 .....	72
§ 4-2 钢材预处理 .....	76
§ 4-3 构件的边缘加工 .....	80
§ 4-4 型材构件的成形加工 .....	92
§ 4-5 板材构件的成形加工 .....	101
<b>第五章 船体装配</b> .....	110
§ 5-1 船体结构预装焊的常用工艺装备 .....	110
§ 5-2 船体结构预装焊工艺 .....	116
§ 5-3 船体分段制造生产线 .....	127
§ 5-4 分段的临时加强及吊运翻身 .....	130
§ 5-5 船舶总装 .....	135
§ 5-6 船体建造精度管理 .....	147
§ 5-7 密性试验 .....	150
<b>第六章 船舶舾装和涂装</b> .....	154
§ 6-1 船舶舾装的内容和作业模式 .....	154
§ 6-2 住舱舾装 .....	159
§ 6-3 甲板舾装 .....	162

§ 6-4	机舱舾装 .....	165
§ 6-5	电气舾装 .....	171
§ 6-6	船舶涂装 .....	175
<b>第七章</b>	<b>造船生产设计</b> .....	<b>182</b>
§ 7-1	造船生产设计概述 .....	182
§ 7-2	船舶建造方案及船体分段的划分 .....	187
§ 7-3	建造方案和船舶总装的生产设计内容 .....	193
§ 7-4	中间产品制造的生产设计内容 .....	199
§ 7-5	零件加工的生产设计内容 .....	206
<b>第八章</b>	<b>船舶下水</b> .....	<b>209</b>
§ 8-1	船舶下水的主要方法和设施 .....	209
§ 8-2	纵向涂油滑道下水过程的分析及计算 .....	216
§ 8-3	纵向涂油滑道下水设施和工艺措施 .....	219
<b>第九章</b>	<b>船舶试验与交船</b> .....	<b>227</b>
§ 9-1	试验与交船的组织及要求 .....	227
§ 9-2	系泊试验 .....	230
§ 9-3	航行试验 .....	232
§ 9-4	交船 .....	239
<b>主要参考文献</b>	.....	<b>242</b>

# 第一章 造船工程概论

## § 1-1 造船工艺的内容和任务

### 一、制造工艺的任务

20 世纪 80 年代初在世界范围兴起的新技术革命正方兴未艾,必将由它引发第四次工业革命。据专家预测,计算机、光导纤维、激光、新材料、新能源、生物工程、海洋工程、空间技术和机器人技术等科学技术,在 20 世纪末或 21 世纪初将会出现重大突破,并形成一批新兴产业。显然,这些科学技术的突破要转化为新兴产业,必须具有与之同步或超前发展的现代制造工艺技术才能实现。同时,通过对第二次世界大战后英、德两国经济发展的对比,可以进一步证明制造工艺的重要作用,原西德的人口、幅员与英国大致相当,在第二次世界大战后,原西德几乎成了一片废墟,它用 15 年左右的时间医治了战争创伤之后,发展到 20 世纪 60 年代末,其工业总产值已与英国相当,20 世纪 90 年代初的工业总产值已跃居世界第三位,是英国的两倍,且机械产品出口额与美国相当。专家在分析其经济腾飞的各种要素时,认为德国历来是制造工艺大国,一贯重视发展制造工艺技术,此乃它实现腾飞的主要要素之一。英国在总结第二次世界大战后经济发展缓慢的教训时也指出,忽视制造工艺的发展是导致国民经济不振的原因之一。这些事实告诫我们,工艺滞后现象对经济和工业发展的消极影响必须引起人们高度重视。

在市场经济环境中,任何买主都希望买到外观和内在质量优秀、价格低廉的产品。同样的设计和材料,如何物化为优良产品,既是对产品生产进行组织管理的过程,更是一个有效实施产品制造工艺的过程。虽然这两者共同作为创造质优价廉的产品的手段,但是企业的生产管理和组织体制是用来保障实施工艺技术和优化生产流程的,而且它对生产流程的优化,也必须以实施的工艺技术为基础。所以一个明智的企业领导必然把工艺与管理融为一体,以先进的工艺技术构造科学的工艺流程,在此基础上对企业人、物、信息流实施科学有效的管理与控制。

造船业必须迎接以下两方面的严峻挑战:

1. 国内外的造船市场会在建造周期、产品质量和价格等方面进行越来越激烈的竞争;
2. 为适应水上交通运输和海洋开发日益发展的需要,将出现高技术密集的新型运输船舶和各种新产品,要求造船业能迅速地适应发展需要,及时建造这些新产品。为此,造船业必须全力开发适应发展的现代制造工艺技术和科学管理技术,才能在迎接挑战中掌握主动权。

综上所述,造船工艺的主要任务是:一方面应根据现有技术条件,为造船生产制订优良的工艺方案和工艺方法,以缩短周期、降低生产成本、提高质量和改善生产条件;另一方面应大力研究开发新工艺、新技术,不断提高造船工艺水平,以适应社会经济不断发展的需要。

### 二、造船工艺的内容和工艺流程

在过去,造船工艺一般分为船体建造工艺和舾装工艺两大类;自进入 20 世纪 70 年代以



来,由于船舶大型化导致涂装工程大量增加,质量要求不断提高,涂装技术得到迅速发展,从而促使涂装作业从舾装作业中分离出来,形成独特的涂装生产作业系统;同时也把造船工艺分为船体建造、舾装和涂装三种不同类型的制造技术。

船体建造工艺就是加工制作船体构件,再将它们组装焊接成中间产品(部件、分段、总段),然后吊运至船台上总装成船体的工艺过程。其作业内容一般包括船体号料、船体构件加工、中间产品制造和船台总装等。

造船业通常将主船体和上层建筑以外的机电装置、营运设备、生活设施、各种属具和舱室装饰等,统称为舾装工程。它不仅使用钢材,还使用铝、铜等有色金属及其合金,使用木材、工程塑料、水泥、陶瓷、橡胶和玻璃等种类繁多的非金属材料。舾装作业涉及装配工、焊工、木工、铜工、钳工、电工等多达数十个工种。所以船舶舾装按专业内容可分为机械舾装、电气舾装、管系舾装、船体铁舾装、木作等;若按舾装作业阶段可分为舾装件制作(采买)、舾装托盘、分段舾装、总段舾装、船内舾装等;若按区域舾装法可分为机舱舾装、甲板舾装、住舱舾装和电气舾装等。

涂装作业就是在船体内外表面和舾装件上,按照技术要求进行除锈和涂敷各种涂料,使金属表面与腐蚀介质隔开,达到防腐蚀处理的目的。它一般包括钢材预处理、分段涂装、总段涂装、船台涂装和码头涂装等制造级的生产作业系统。

现代造船方法已发展为以区域为基础,将船体建造、舾装和涂装三种不同类型的作业相互协调和有机结合地组织生产,形成壳、舾、涂一体化建造技术,即区域造船法。以此建立的造船生产工艺流程,按工艺特征归纳起来,大致可概括地表示成如图 1-1 所示的过程。

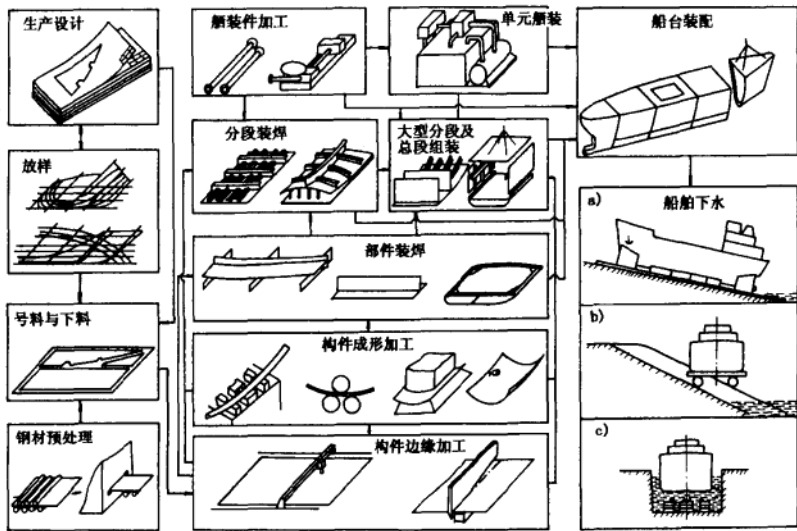


图 1-1 造船工艺流程示意图

### 1. 准备工作

准备工作主要包括船体放样和样板制作,钢材备料和钢材预处理,专用工装和工夹模具制作,新材料和新工艺试验等。

#### (1) 船体放样和样板制作

船体放样和样板制作包括船体型线光顺、结构线放样、构件展开和样板制作等作业。在造

船集成系统中的船体数学放样子系统,不仅能完成船体型线光滑、结构线放样和船体构件展开等工作,还可以提供样板制作数据、胎架型值、各种构件的加工信息和后续工序的施工信息等。船体放样和船体生产设计一起提供了船体建造的全部施工信息。根据样板制作数据,即可进行各种样板的制作。

#### (2) 钢材预处理

钢材表面一般带有氧化皮、铁锈、局部凹凸不平、翘曲或扭曲等缺陷,需要对钢材进行矫平、除锈和涂防护底漆等作业,这些作业统称为钢材预处理。

#### (3) 专用工装和工夹模具的制作

舾装自制件制作所需的各种专用工装和工夹模具,应提前按要求进行设计和制作。

#### (4) 新材料和新工艺试验

承建船舶采用的新材料、新工艺和特殊工艺,应在加工开始前完成全部试验、技术鉴定和人员技术培训工作。

### 2. 零件加工

零件加工分船体构件加工和舾装件加工两大类。

船体构件加工包括构件边缘加工和构件成形加工等内容。

船体构件边缘加工一般包含三种加工作业:第一,运用机械剪切或化学、物理切割方法,按施工信息从原材料上切割得到船体构件;第二,根据焊接和装焊技术要求,对构件进行坡口加工;第三,根据设计要求,用砂轮对某些构件的自由边和人孔进行磨光加工。从而得到满足不同技术要求的船体构件。

船体构件经过边缘加工后,对一些具有弯曲、折角或折边等空间形状的构件,还要使用弯曲加工方法,把它们弯制或折曲成所要求的空间形状。这种加工过程称为构件成形加工。

舾装件加工乃是除外购、外协件之外的舾装自制件的加工,这些舾装自制件使用的材料会涉及钢材、有色金属和某些非金属材料,零件类型和加工工艺更是多种多样,所以舾装件的加工是按舾装自制件生产日程计划分别下达给有关加工部门去完成的。

### 3. 中间产品制造

从缩短造船周期、降低成本、提高产品质量和改善生产条件等要求出发,利用产品制造原理将船舶产品分解为若干个局部结构(部件、分段、大型分段或总段、舾装单元),称为不同制造级的中间产品。再按相似性原理和制造级对它们分类成组,然后将它们按族分别在相应的装焊成组生产线上进行制造,就是所谓的中间产品分道建造。例如,制造一个中间产品——甲板曲面分段,就是在曲面分段生产线的胎架上用船体零部件装焊成甲板分段,再吊运至涂装工位按涂装工程制造级进行分段涂装作业,然后运至舾装工位在分段上安装舾装件或舾装单元和剩余涂装作业,使甲板曲面分段成为满足区域造船法的壳、舾、涂一体化要求的中间产品。

### 4. 船舶总装

将在各条装焊生产线上制造的中间产品吊运到船台上(或船坞内),按规定的吊装顺序将中间产品组装成船舶,并按制造级完成船内舾装和船台涂装作业。

### 5. 船舶下水

当船舶在船台上(或船坞内)建造到预定工程量时,需要依靠专门设备和操作方法,将船舶移到水中去,这项作业称为船舶下水。

船舶下水有许多方法,大致可分为三类。

如图 1-1 中右图 a)所示,在倾斜船台滑道上,船舶利用自身重量产生的分力克服斜面与船

船间的摩擦力,使船舶自行下滑到水中去,称为重力式下水。

如图 1-1 中右图 b)所示,利用引曳滑道与下水车(或浮船坞、升船机、水力平台等)相配合,将船舶牵引到水中去,称为牵引式下水。

如图 1-1 中右图 c)所示,将水引入造船坞内,让船舶自己漂浮起来,然后开启坞门,将船舶拖曳出去,称为漂浮式下水。

## 6. 船舶试验

船舶试验有系泊试验、倾斜试验和航行试验,共分两个试验阶段。

系泊试验是船舶基本竣工,船厂取得船东和验船机构的同意后,将船舶系在码头上进行的试验。其任务是根据设计图纸和试验规程,对船舶的主机、辅机、各种设备系统等进行试验,以检查船舶的完整性和可靠性。然后将船舶置于静水区域,进行倾斜试验,以测定完工船舶的重心位置。这两项试验构成船舶试验的第一阶段。

航行试验是对新建的船舶作一次综合性的全面考核,有轻载试航和满载试航两种,属于船舶试验的第二阶段,由船厂会同船东和验船机构一起进行。

试验前应按船舶类型决定在海上或在江河中进行试航。船舶出航前,应备齐燃料、救生、生活必需品、试验仪器、仪表和专用测试器具等。试航过程中应测定主机、辅机、各种设备系统、通信导航仪器的各项技术指标,测定船舶各项航行性能指标,以检查是否满足设计要求。

## 7. 交船与验收

船舶试验结束后,船厂应立即组织实施排除试验中发现的缺陷的各项作业;同时对船舶及船上一切装备,按照图纸、说明书和技术文件逐项向船东交验。例如,逐个舱室的移交,备品的

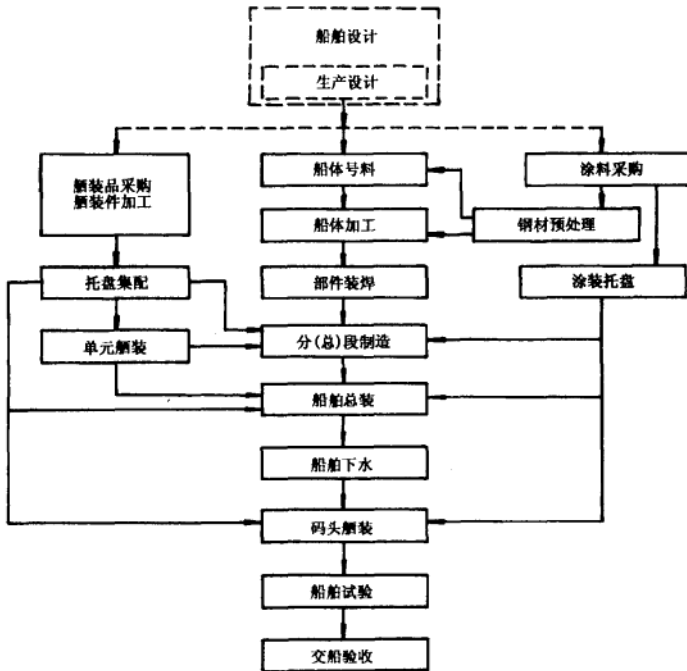


图 1-2 船舶制造主要工艺流程图

清点移交,主机、辅机、各种设备系统和通信导航仪器的动车移交等。

当上述工作结束后,即可签署交船验收文件,并由验船机构发给合格证书,船东便可安排该船参加营运。

综上所述,船舶制造的主要工艺流程,如图 1-2 所示。

## § 1-2 造船模式

### 一、造船作业任务分解

船舶建造是一种大型复杂的工程项目,在进行设计和建造时,都必须将它分解成若干个便于管理的子项目。将工程项目划分为子项目的工作称为任务分解或工程分解。任务分解的目的是要说明执行什么任务,由谁去做,在何时何处工作,需要什么资源等。因此,任务分解是一种分类系统,籍以标识主要的设计和生信息。

#### 1. 系统导向型任务分解

顾名思义,系统导向型任务分解是对船舶按功能系统分解任务的一种分类方法。这种分类方法对于船舶的早期设计和初步估算是有效和必要的。例如,分类与传统的船舶设计专业组设置相同,把船舶分为总体性能与船体结构,船舶设备与舱面属具,住舱设备与木作、绝缘与油漆,轮机与机舱管系,船舶管路系统,船舶电气等等。因此,设计工作可分组进行,材料估算可按系统汇总。

这种作业任务分解方法,对于按系统/功能组织生产的造船模式也是适用的,因为按功能系统分类的设计图纸已体现了任务分解,可直接作为组织生产的依据。但不适用于按区域/类型/阶段组织生产的造船模式,因为它是把分(总)段、舾装单元等都作为船舶总装前的中间产品进行制造的。也就是说,船舶建造实际上是按区域而不是按系统进行的,因而这种分类方法与组织生产的方式是不一致的。

#### 2. 中间产品导向型任务分解

船舶建造是装配型的生产活动,它首先进行元件采购和零件加工,然后组装成装配件,进而再组装成更大的装配件,最后总装成船舶。因此,理想的造船作业任务分解方法应着眼于所需的零件和各级装配件。这种属于后一个制造级所需的零件或装配件称作中间产品。将最终产品分解为若干级中间产品的分类方法称为中间产品导向型任务分解。

##### 1) 成组技术原理

中间产品导向型任务分解原理是成组技术的产品制造原理,它把最终产品按形成的制造级,以中间产品的形式进行作业任务的分解和组合。所分解的中间产品应具有特定的不是单一工种完成的作业任务、明确的质量指标、完成作业任务所需的全部生产资源等“产品”特征。

成组技术的相似性原理可广义地定义为:“将具有相似特征或相似信息的多种事物,按照一定的准则分类成组,使若干种事物能够采用相同的处理方法,以达到节省时间、人力和费用的目的。”就零件加工而言,其实质是通过某种编码系统,把不同产品的多种零件,按其形状、尺寸、材料和工艺要求的相似性进行分类成组,并按零件族组建成组加工生产线,对零件族进行加工,用扩大了成组批量代替零件批量,以获得近似大批量生产的经济效益。

船舶可分解为数量众多的分(总)段、舾装单元和舾装托盘,可将它们按相似性原理进行分类成组。例如,船体分段可按其空间形状的相似性,归纳为平面、曲面和平曲组合三种分段组,

并分别由专门的生产线制作。总之,采用成组技术方法组织中间产品的生产,乃是组织多品种、小批量产品制作的最佳方法。

## 2)生产作业分类

中间产品导向型任务分解法用于造船时,首先按作业性质将任务划分为船体建造、舾装和涂装三类,每一类又细分为加工和装配两种作业,每种作业再视需要划分为若干个制造级,每一制造级生产种类有限的中间产品。

以船体建造为例,首先分为零件加工和结构装配两种作业,再将结构装配划分为部件装配、分段装配、大型分段或总段组装和船体总装四个制造级。前三个制造级的中间产品分别是部件或组件、分段、大型分段或总段。

造船作业任务分解的目的,就是便于设计部门按生产部门的要求划分出各级、各类中间产品,并对设计选用的材料进行标识,使工人能按规定的生产阶段,在指定的工位,完成一定量的工作。故要求设计与生产应密切配合。

## 3)产品生产特征分类

在分解船舶中间产品时,不考虑最终使用中间产品的系统,而仅以相似性标准为依据,因而中间产品既有设计的独立性,又有生产的共同性。设计的独立性体现在不必按系统出图,只按中间产品出图。生产的共同性表现为空间、内容和时间上的相似性,就是“区域”、“类型”和“阶段”三个生产特性的相似性,通常它与“系统”的产品生产特性无关。

### (1)系统

系统是产品的结构功能或使用功能。例如,纵舱壁、横舱壁、消防系统、系泊系统及照明系统等。它是产品工作的功能划分。

### (2)区域

区域是生产的工作对象,它是产品的某个空间、某个部位或某些部位的组合。例如,机舱、货舱、上层建筑等等。又如,底部分段、舷侧分段、船体组件、舾装单元等等。总之,区域是产品工作的空间划分。

### (3)类型

也称问题类型,是将生产过程划分出相似的工作内容。例如,按特征划分有平面分段或曲面分段,小口径管件或大口径管件等等。按工种划分有切割,弯制,焊接等等。总之,类型是产品工作的内容划分。

### (4)阶段

阶段是生产过程的顺序划分。例如,零件加工中的边缘加工和成形加工;船体装配的部件装配、分段装配、大型分段组装和总装;舾装的单元舾装、分段舾装和船内舾装等等。阶段是产品工作的时序划分。

## 4)生产资源分类

中间产品导向型任务分解要求中间产品按其所需生产资源加以分类。生产资源是指材料、劳动力、设备和费用。

材料:直接或间接用于生产的材料,如钢板、机械、电缆、油类等;

劳动力:直接或间接从事生产的劳动力,如装配工、焊工、钳工、材料管理员、运输工等;

设备:直接或间接用于生产的设备,如厂房、船台、机床、工具等;

费用:直接或间接用于生产的费用,如设计费、运输费、试航费等。

综合生产作业、生产特性和生产资源三种分类方法,中间产品导向型任务分解的结构,本

质上是一个三维矩阵,如图 1-3 所示。图中每一列元素都构成一类作业任务包。

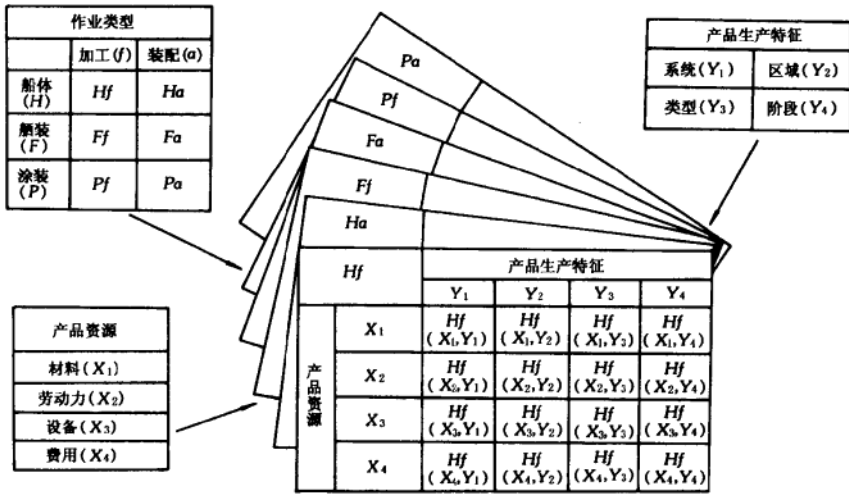


图 1-3 产品任务分解结构三维矩阵

### 3. 任务包分类及评价

如前所述,一项特定的任务连同完成该任务所需的全部生产资源称为一个“任务包”。因此,每个中间产品及其生产资源就是一个任务包。但这样形成的任务包有大有小,必须根据相似性原理加以分类和评价。

#### (1) 任务包分类

中间产品导向型造船实际上是“区域”导向型建造法。就是船体采用分段建造法,舾装采用区域舾装法,涂装采用区域涂装法。区域的含义较为广泛,可以是船内某个空间或某个部位,也可以是船体某个分(总)段或某个部(组)件,等等,而且它还与制造级有关。因此,任务包的分类除了要符合产品分解结构以外,还要与制造级的划分相一致,如图 1-4 所示。



图 1-4 任务包分类

由图可见,分(总)段是船体建造的计划单元,船体建造以分(总)段为单位安排加工和装配作业;“托盘”则是舾装和涂装的计划单元。托盘的本义是装材料的盛器,是材料的搬运单元。因为托盘中的材料用于特定区域的舾装或涂装作业,所以托盘可以泛指区域工作图、材料表、材料、工作量、劳动力、设备和费用等。因此,托盘是一个与区域对应的管理术语。船体建造用“分(总)段总装计划”协调加工和装配作业,同样,舾装和涂装则用“托盘交付期计划”协调生产。

如果按上述三种区域导向型任务分类的任务包大小合适,则各条作业线在时间与工作量方面就有相似性,也就是所有制造级所需作业时间相近,各制造级的工作量相仿。若能如此,则各条作业线就能像生产流水线那样运行,作业的开始、流动和停止都能协调一致。

## (2)任务包的评价

当中间产品按生产特征归类时,必须将其当作一个任务包来评定其效率:

$$PV = f(T, N, Q)$$

式中:  $PV$ ——生产率值,即任务包的生产效率;

$T$ ——核定的完工时间;

$N$ ——资源单位数量,尤其指材料清单中的元件和工时分配;

$Q$ ——工作环境的优劣,例如:俯仰作业姿势、高空或平面作业等,以及中间产品规定的质量要求。

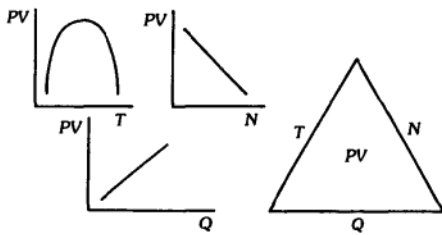


图 1-5  $T, N, Q$  对  $PV$  的影响

如图 1-5 所示,  $T, N, Q$  是相互关联的,它们对  $PV$  的影响各不相同。由于对它们不能分别评价,因此,将  $PV$  绘成一个三角形,其三条边分别代表  $T, N$  和  $Q$ ,当  $T, N$  和  $Q$  的影响趋于平衡时,  $PV$  达到最佳值。

函数  $(T, N, Q)$  由船厂自定,并按各类生产过程分别确定。同时,每个函数的确定还必须考虑上、下道工序。例如,  $Q$  要考虑中间产品规定的精度,如果  $Q$  对  $PV$  所起作用不足,则在下道装配作业中,中间产品的精度就欠佳。

鉴于所需的中间产品种类很多,只有  $Q$  值的精度因素可用统计分析法求得,因此,生产率值难于精确确定,它们在任务包的评价过程中仅起指导作用。船厂在实际使用中应不断摸索,以取得经验。

## 二、造船模式的内涵和演变

模式是事物的标准形式或标准样式,是对事物基本特征的描述。对于复杂的造船工程,由于不同的船厂具有不同的技术水平和生产条件,即使它们造船的基本特征相同,但具体采用的造船方法也不尽相同。例如,同样是采用分段建造法的船厂,但其船台装配方式和分段制造方法,却会因船厂条件不同而有所不同。因此,造船模式并不反映具体的造船方法。

从造船工程的特点可知,对设计、建造技术、管理方式和组织体制起着根本影响的乃是组织造船生产时对产品作业任务的分解原则,以及对分解后的作业任务的重新组合方式,由此构成了造船工程的基本特征,这就是造船模式的内涵。由此可知,形成什么样的造船模式,是与当时的造船技术发展水平相关的。

随着科学技术的进步和船舶需求量的增长,造船模式是不断发展和变革的,但在一段时期内,又是相对稳定不变的。其演变过程,可以追溯到造铆接船的年代。按造船技术的发展水平,可以划分为三个阶段、五个有代表性的造船模式,如图 1-6 所示。

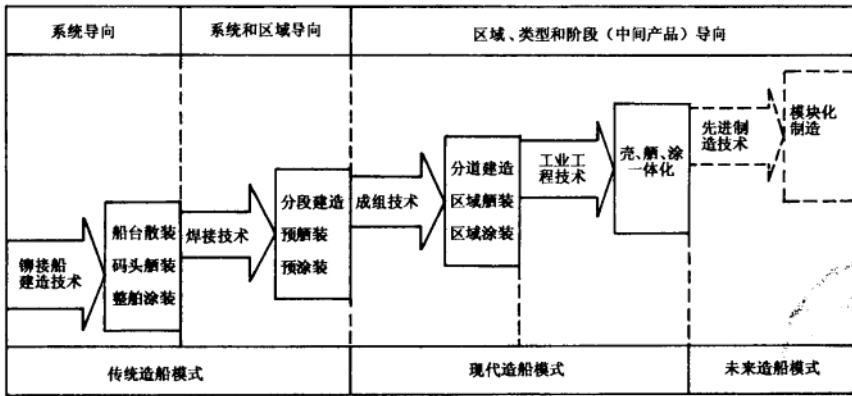


图 1-6 造船模式演变示意图

第一阶段:以系统导向型组织生产的阶段

这是造铆接船以及铆接向全焊接船过渡的阶段,造船模式是按功能/系统组织生产的模式,其特点为:

- 1) 船体按结构功能/系统,舾装按使用功能/系统进行船舶设计和组织生产;
- 2) 产品的作业任务分解和分解后的组合,以船舶设计的功能/系统为准绳,由各专业工种以功能/系统为导向,先在船台上按单件作业方式装配船体,然后在舾装码头按单件作业方式组装完成全部船舶舾装。

这种造船模式是组织造船生产的初级模式。

第二阶段:以区域/系统导向型组织生产的阶段

20 世纪 40 年代中后期,由于焊接技术在造船中的应用,开创了船体分段建造技术,使船体可按结构特性划分为若干分段和部件,提供了以区域进行流水作业的可能性,以及在分段区域上进行预舾装的可能性。因而产生了区域/系统组织生产的造船模式,其特点为:

- 1) 产品作业任务的分解和组合,船体建造是按结构区域进行的;舾装作业除少量分段预舾装以外,主要按使用功能/系统组织生产;
- 2) 船舶设计、制造工艺和生产管理是各自独立的;
- 3) 由于分段建造和分段预舾装,使大量高空作业变为平面作业,改善了作业环境和产品质量;还可实现平行作业以扩大作业面积,从而达到提高生产效率和缩短建造周期的目的。

这种组织造船生产的模式,属于第二级造船模式。

第三阶段:区域/类型/阶段导向型组织生产的阶段

20 世纪 60 年代初,由于成组技术在造船中的应用,使多品种、小批量的造船生产,采用了柔性化的大批量生产方式,从而出现了以中间产品为导向的专业化生产,形成了按区域/类型/阶段组织生产的造船模式,其特点为:

- 1) 产品作业任务的分解和组合,船体和舾装均按船舶的空间部位划分区域,分阶段地把区



