

高等学校教材

王勇毅 主编

# 船体建造工艺学

第二版

人民交通出版社

高等学校教材

# 船体建造工艺学

(第二版)

王勇毅 主编

人民交通出版社

## 内 容 简 介

本书通过系统阐述造船工艺准备、船体建造工艺过程和船厂总布置设计等,着重阐明制造工艺的原理和综合分析方法。

本书的第一章简要地叙述了造船工艺的内容和发展趋势;第二~五章和第八章分别介绍船体建造工艺过程;第六章介绍船体建造精度分析;第七章介绍船体生产设计;第九章阐述船厂总布置设计及技术经济论证方法。

本书系高等学校教材,亦可供造船技术工作者参考。

### 高等学校教材 船体建造工艺学 (第二版)

王勇毅 主编

人民交通出版社出版  
新华书店北京发行所发行  
各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$  印张: 18.75 字数: 469 千

1980年12月 第1版

1989年6月 第2版 第3次印刷

印数: 10001—15400册 定价: 3.70元

# 出版说明

根据国务院国发〔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承担了全国高等学校船舶类专业教材的编审、出版的组织工作。自1978年以来，完成了两轮教材的编审、出版任务，共出版船舶类专业教材116种，对解决教学急需，稳定教学秩序，提高教学质量起到了积极作用。

为了进一步做好这一工作，中国船舶工业总公司成立了“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”四个教材小组。船舶类教材委员会（小组）是有关船舶类专业教材建设的研究、指导、规划和评审方面的业务指导机构，其任务是为作好高校船舶类教材的编审工作，并为提高教材质量而努力。

中国船舶工业总公司在总结前两轮教材编审出版工作的基础上，于1986年制订了《1986年——1990年全国高等学校船舶类专业教材选题规划》。列入规划的教材、教学参考书等共166种。本规划在教材的种类和数量上有了很大增长，以适应多层次多规格办学形式的需要。在教材内容方面力求做到两个相适应：一是与教学改革相适应；二是与现代科学技术发展相适应。为此，教材编审除贯彻“打好基础，精选内容，逐步更新，利于教学”的原则以外，还注意了加强实践性教学环节，拓宽知识面，注重能力的培养，以适应社会主义现代化建设的需要。

这批教材由各有关院校推荐，同行专家评阅，教材委员会（小组）评议，完稿后又经主审人审阅，教材委员会（小组）复审。本规划所属教材分别由国防工业出版社、人民交通出版社以及各有关高等学校的出版社出版。

限于水平和经验，这批教材的编审出版工作还会有许多缺点和不足，希望使用教材的单位 and 广大师生积极提出宝贵意见，以便改进工作。

中国船舶工业总公司教材编审室

1988年3月

# 前言

本书是在1980年出版的《船体建造工艺学》试用教材的基础上，经过大量删改和补充而写成的。1987年6月经中国造船工业总公司船舶工程教材编审委员会评审后，被定为全国高等学校船舶类专业教材。

本书主要介绍三方面的内容。其一是船体建造工艺过程和工艺分析方法；其二是船体生产设计和造船精度分析；其三是新建船厂和船厂改造中的平面布置设计及技术经济论证方法。

全书以船体建造工艺为主线，从理论和实践两方面出发，用讨论的方式介绍工艺分析和处理各种工程技术问题的方法。引导学生培养全面分析和处理问题的能力。

本书由武汉水运工程学院海洋及船舶工程系造船工艺教研室王勇毅担任主编。王勇毅编写第一、五、七、八章，高万盈编写第二、三章，冯汉初编写第四章，毛勋铭编写第六章，孔祥鼎编写第九章。

本书承上海交通大学海洋及船舶工程系李传曦副教授负责主审，李传曦副教授对书稿提出了极其宝贵的意见，对此深表感谢。

由于我们水平有限，欠妥和谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

# 目 录

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| <b>第一章 造船工艺概论</b> .....        | 1   |
| 第一节 造船工艺的内容和任务.....            | 1   |
| 第二节 造船工艺流程概述.....              | 2   |
| 第三节 造船工艺的发展概况.....             | 9   |
| <b>第二章 船体放样与号料</b> .....       | 13  |
| 第一节 船体型线放样.....                | 13  |
| 第二节 首柱放样和展开.....               | 24  |
| 第三节 船体构件的展开.....               | 29  |
| 第四节 样板和号料.....                 | 39  |
| <b>第三章 船体数学放样</b> .....        | 49  |
| 第一节 概述.....                    | 49  |
| 第二节 最小二乘法逼近.....               | 49  |
| 第三节 回弹法.....                   | 56  |
| 第四节 圆率序列法光顺船体型线.....           | 66  |
| 第五节 船体型线的三向光顺.....             | 69  |
| 第六节 船体外板的数学展开.....             | 71  |
| 第七节 图形处理系统.....                | 77  |
| <b>第四章 船体钢料加工</b> .....        | 92  |
| 第一节 船体钢材预处理.....               | 93  |
| 第二节 船体构件的边缘加工.....             | 101 |
| 第三节 船体型钢构件的成形加工.....           | 113 |
| 第四节 板材成形加工.....                | 127 |
| <b>第五章 船体装配</b> .....          | 142 |
| 第一节 船体结构预装配的常用工艺装备.....        | 142 |
| 第二节 船体结构预装焊工艺.....             | 148 |
| 第三节 船体分段制造生产线.....             | 161 |
| 第四节 分段的临时加强及吊运翻身.....          | 168 |
| 第五节 船台装配.....                  | 174 |
| <b>第六章 船体建造的精度和尺寸链理论</b> ..... | 186 |
| 第一节 误差和精度的基本概念.....            | 186 |
| 第二节 随机误差.....                  | 193 |
| 第三节 系统误差.....                  | 197 |
| 第四节 草率性误差.....                 | 199 |
| 第五节 船体建造公差.....                | 200 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 第六节 造船尺寸链 .....            | 201        |
| <b>第七章 船体生产设计 .....</b>    | <b>218</b> |
| 第一节 造船生产设计概述 .....         | 218        |
| 第二节 生产设计编码系统 .....         | 220        |
| 第三节 船舶建造方案及船体分段的划分 .....   | 223        |
| 第四节 建造方案和船台装焊的生产设计内容 ..... | 229        |
| 第五节 船体结构预装焊的生产设计内容 .....   | 234        |
| 第六节 船体加工生产设计内容 .....       | 241        |
| <b>第八章 船舶下水 .....</b>      | <b>245</b> |
| 第一节 船舶下水的主要方法和设施 .....     | 245        |
| 第二节 纵向涂油滑道下水过程的分析 .....    | 253        |
| 第三节 纵向涂油滑道下水设施和工艺措施 .....  | 256        |
| <b>第九章 船厂总体设计概要 .....</b>  | <b>267</b> |
| 第一节 船厂总布置概述 .....          | 267        |
| 第二节 船厂总布置 .....            | 270        |
| 第三节 船体车间的布置原则 .....        | 278        |
| 第四节 方案的技术论证 .....          | 287        |
| 第五节 方案的经济性分析 .....         | 289        |
| 主要参考资料 .....               | 293        |

# 第一章 造船工艺概论

## 第一节 造船工艺的内容和任务

造船工艺是研究船舶建造过程及其工艺技术的一门应用科学。它通过分析船舶建造工艺技术及其生产过程,而获得最优的造船工艺技术准则,以保证产品质量、降低生产成本和改善生产条件。它涉及到很多领域内的先进科学技术和现代管理科学知识,乃是一门实践性和理论性很强的科学。

造船工艺一般由船体建造工艺(包括船体和上层建筑的制造工艺),舾装工艺(机电装置、营运设施、生活设施、通信设施、各种属具、木作和绝缘等的安装工艺和油漆等),船舶下水和试航交货等部分组成。它涉及的范围广泛,作业种类繁多,因而它又是一项综合性的工艺技术。

造船工艺的主要任务,大致可归纳为以下六点。

(1)分析研究造船方法,制订船舶建造方案,并编制船体放样和号料、船体加工、船体装焊(包括船体结构预装配焊接和船台装配焊接)、船舶舾装、造船技术测量、船舶下水等工艺规程;

(2)研究和绘制用于造船生产的各种工作管理图表,编制有关的生产技术文件,这项工作统称为造船生产设计;

(3)研究造船生产过程中完成各道工序必需的工艺操作,制订合理的操作程序,并依此设计和选择适宜的工艺装备和设备,不断提高船舶制造的机械化、自动化水平;

(4)研究制订各项施工精度标准以及相应的技术测量方法;

(5)研究新的造船方法,建立先进的造船工艺系统。例如,研究船厂最佳工艺流程的布置方案,改善造船生产的工艺布局,进行船厂技术改造等;

(6)最大限度地应用现代科学技术成果,不断革新造船工艺及设备。

总之,造船工艺的主要任务,一方面应根据现有技术条件为造船生产制订合理的工艺措施;另一方面则应研究和开发新工艺、新技术,不断提高造船工艺水平。

习惯上,我们把造船工艺分为两大部分,其一,由加工制作船体构件,直至将它们组装和焊接成船体的工艺过程(称为船体建造工艺),以及选择合理的建造方案,决定合理的制造工艺和工艺装备,将其绘制或编制成指导船体建造施工的信息(图、表和技术文件)等工作(称为船体生产设计);其二,就是把各种机电装置、设施及属具等安装到船上去和进行油漆、绝缘等的工艺过程(称舾装工艺),以及选择合理的舾装工艺和工艺装备,将其绘制或编制成指导舾装施工的信息(图、表和技术文件)等工作(称为舾装生产设计)。同时,由上述两部分的生产设计组成了协调统一的造船生产设计,成为造船生产活动中先进的工艺准备和工艺管理工作。

本书主要阐述船体建造工艺原理和有关工程技术问题,不打算用大量篇幅来阐述舾装工艺。但在现代造船生产过程中,由于船体建造工艺和舾装预装工艺正在逐步向一体化施工的方向

向发展,所以,在阐述船体建造工艺时,必然会涉及舾装预装工艺问题,这是很自然的。

## 第二节 造船工艺流程概述

造船工艺的主要工艺流程,大致可概括为图1-1所表示的过程。

### 一、船体建造的主要工艺过程

船体建造作业线是船舶制造系统的主要生产作业线,它包括船体放样和号料、船体加工、部件装配与焊接,分段装配与焊接、总段或大型分段组装以及船台装配与焊接等主要工艺过程,其工艺流程如图1-2所示。

#### 1. 船体放样和号料

船体放样作业,包括船体型线的光顺,修改设计图中因各种原因产生的误差;并在光顺后的船体型线图上绘出各种结构线;进而确定各种船体构件的实际形状和尺寸,为后续工序提供所需的施工信息。

船舶号料作业,就是将放样中展开(摊平)的船体构件实际形状和尺寸划到原材料(钢板或型钢)上去,并标出后续工序所需的简明标记、符号和数据。

最早采用的放样和号料方法是实尺放样和手工号料。实尺放样是在宽敞和采光良好的放样间内的地板上,按1:1的比例完成全部放样工作。手工号料则是使用放样中制作的样棒、样板(或草图)和样箱等将构件绘制在原材料上,并标注必要的加工符号。这种方法有辅助材料消耗大、劳动强度高、生产效率低等缺点。

本世纪40年代产生了比例放样和投影号料。比例放样是在特制的放样台桌上,按1:10或1:5的比例进行全部放样作业的。投影号料则是把比例放样制作的投影底图(或底片),通过光学投影机投影放大到钢板上,得到船体构件展开后的实际形状和尺寸,依此进行划线和标注等作业。60年代初,日本研制成功静电粉末感光的电印号料法,使投影号料工艺实现了自动化。

60年代初出现的数学放样,使放样工艺产生了新的飞跃。它是运用数学函数来定义船体型线或船体表面,并将其编制成计算机程序,通过电子计算机的高速运算来完成放样工作的。数学放样能提供船体的各种放样资料和切割、划线、肋骨冷弯等各种数控机床的控制信息,它不仅使船体放样工艺实现了自动化,还为造船生产过程实现综合自动化开辟了道路。

自实施造船生产设计以来,船体放样的资料已成为造船生产设计中绘制各种工作图的重要依据,而且由生产设计的工作管理图表和放样资料一起组成船体建造过程的全部信息。在实际工作中,还可根据实际情况,用工作图代替某些放样资料,或者用样板、样棒等代替某些工作图,使船体放样和生产设计有机地结合起来。

#### 2. 船体加工

船体加工乃是船体构件的制作工艺,它包括钢材预处理、构件边缘加工和构件成形加工等内容。

从钢料堆场取出的钢材,因受轧制、搬运和贮放中种种因素的影响,钢材表面常附有氧化皮、铁锈,或产生局部凹凸不平、翘曲或扭曲等变形。所以在号料之前,需要对钢材进行矫平、除锈(包括氧化皮)和涂防护底漆等作业,这些作业统称为钢材预处理。而把钢材矫平、除锈、涂防护底漆和烘干等设备,按工艺流程的顺序用传送滚道连接成的自动流水生产

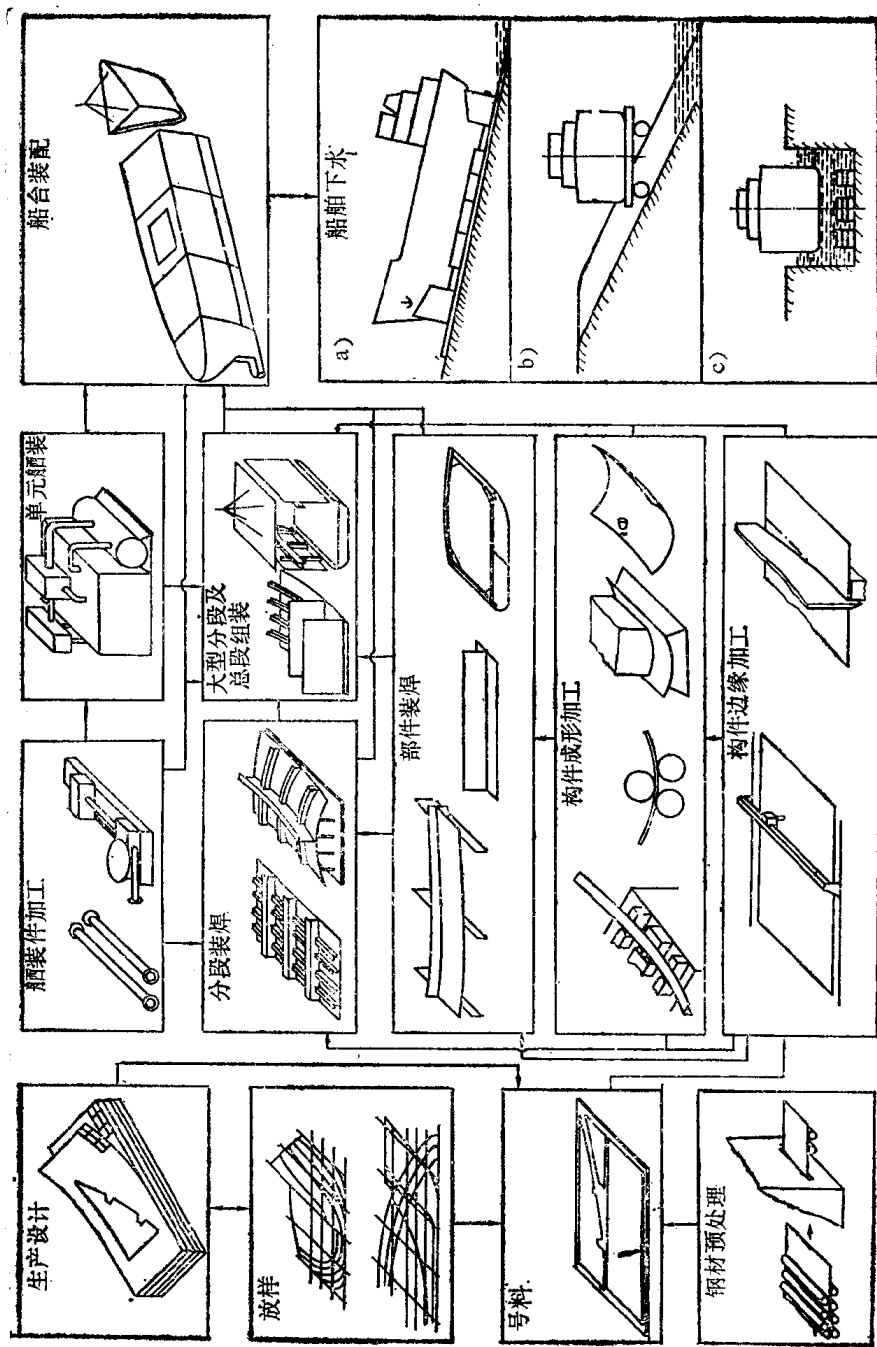


图1-1 造船工艺流程示意图

线，称为钢材预处理自动生产线。

船体构件的边缘加工包括三个加工内容。其一，就是运用机械剪切或气割方法，按照号料线条或自动切割信息（仿形图或数控指令带）进行切割而得到船体构件。其二，根据焊接和装焊工艺的技术要求，对船体构件所进行的焊接坡口加工。其三，根据设计要求，用砂轮对某些船体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，还要对一些具有弯曲、折角或折边等空间形状的构件，运用机械冷弯、火工热弯或水火弯制等加工方法，把它们弯制或折曲成所要求的空间形状。这种加工过程，称为船体构件的成形加工。

### 3. 船体装配与焊接

船体装配与焊接，就是把加工后的船体构件，组装成整个船体的工艺过程。它包括船体结构预装配焊接和船台装配与焊接两部分内容。

在现代造船中，船体装配与焊接一般都采用分段建造法。它将船体划分成若干个局部结构（部件、分段或总段），预先在装配焊接车间或装配焊接场地内制造，这个装焊工艺过程称为船体结构预装配与焊接。再将制成的各种局部结构吊运到船台（或造船坞）上装配焊接成整个船体，这一过程称为船台装配与焊接。

船体预装配的结构类型，如表1-1所示。从表中可知，部件是由两个以上船体构件组成的结构，如T型组合梁、板列、辅机基座等；分段是由若干零、部件组成的船体某部分结构，如舱壁、一段舷侧结构、一段双层底等；大型分段是由两个以上的分段和若干零、部件组成的，其尺寸和重量都比一般的分段大；总段则是由若干零、部件和分段组装而成的环形船体段。

## 二、舾装工艺

### 1. 舾装作业内容

舾装的作业范围尚无统一的规定，通常将主船体和上层建筑以外的机电装置、营运设施、生活设施、各种属具、木作绝缘和油漆等等，统称为舾装。

由于舾装的内容极为广泛，它不仅要用钢材，还要使用铝、铜等有色金属及其合金，以及木材、工程塑料、水泥、陶瓷、橡胶和玻璃等种类繁多的非金属材料。因此，舾装作业涉及的工种有装配工、焊工、木工、铜工、钳工、电工、油漆工等多达数十个工种。

从船厂舾装作业的内容来看，可将其划分为机械舾装、电气舾装和船体舾装三大类。

机械舾装就是安装和调试船舶运行所需的机械装置，主要装置有柴油机、涡轮机、锅炉、螺旋桨、推进器轴，泵、压气机、净化器等，此外，还包括一些附属的管系和液压控制机构等。

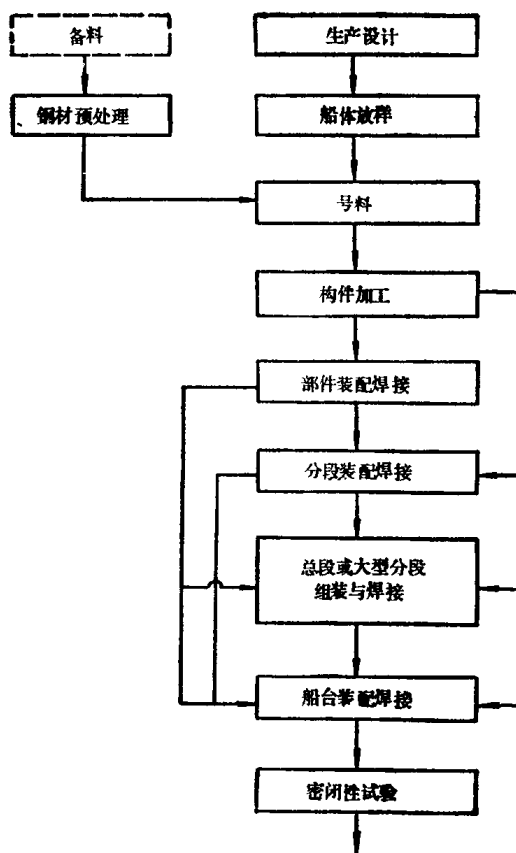
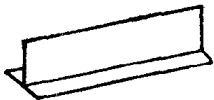
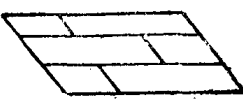
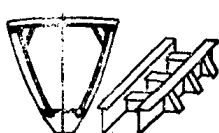
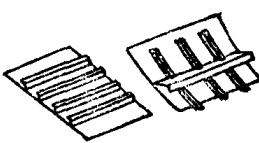
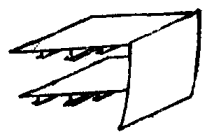
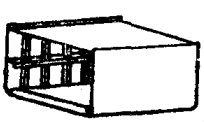


图1-2 船体建造工艺流程图

预装配船体结构分类表

表1-1

| 类 别  | 名 称           | 图 例                                                                                 | 结 构 实 例                                              |
|------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 部 件  | T 型部件         |    | 强肋骨、强横梁、纵桁材、肋板、水平桁、竖桁等                               |
|      | 平面部件<br>(板列)  |    | 所有平面分段的板列如围壁、舱壁、平台甲板、防波板等                            |
|      | 立体部件          |    | 各种基座、肋骨框架、舱口端梁、加强结构等                                 |
| 分 段  | 平面分段和<br>曲面分段 |  | 平面分段<br>平台、平甲板、舱壁、平直舷侧分段等曲面分段<br>甲板、舷侧、单底等分段         |
|      | 立体分段          |  | 双层底、轴隧、带纵舱壁的舷侧分段、球鼻首、进水舱等分段                          |
| 大型分段 | 大型分段          |  | 甲板分段和舷侧分段、甲板分段和舱壁分段、各上层建筑分段、纵舱壁分段和甲板分段与舷侧分段底部分段等组装而成 |
| 总 段  | 总 段           |  | 沿船长方向划分船体而成的环形船体段，如船中总段、首、尾部总段、上层建筑总段等               |

电气舾装包括全船的电路敷设,电机、照明、雷达、通讯装置和自动设备的电子控制装置等的安装和调试。

船体舾装由甲板区舾装、起居室舾装和油漆工作三部分组成。

甲板区舾装是指舵系、系泊、装卸、消防、救生等设施的安装和调试。具体有舵机、起锚机、绞车、起重机、输油泵、制冷机、通风机、升降梯、舱口盖,吊艇架、各种管系、通风筒、绝缘、防腐蚀装置、栏杆、帆缆属具等。

起居室舾装是指船员与旅客的生活设施、航海测量仪器、通信装置等的安装作业,如餐厅、文化室、货运室、驾驶室、通信室、厨房、人员住室、各种仓库、冷藏库、通风机室、制冷机室、CO<sub>2</sub>气瓶贮存舱、浴室、厕所、洗脸间、走道、扶梯等的舾装。

油漆工作有船体和上层建筑的表面油漆、舱室装饰油漆等作业内容。

## 2. 舾装工艺

由于舾装作业内容复杂,在同一工作空间内涉及的工种较多,所以必须根据工程进度计划,周密地协调工种之间的作业活动。例如,在船舱内衬板与壳板之间的管系,必须提前进行安装,并进行管系的压力试验和涂装检查,然后安装内衬板。这样,方能保证舾装作业有条不紊地进行。

过去的舾装作业是在船体建造完成后,在船上逐件进行安装的,因受工作量大、工作空间集中(同一部位上由几个工种安装几种舾装件)的影响,而造成生产管理复杂、生产负荷不平衡、各工种相互干扰、高空作业量大和舾装周期长等缺点。为了克服上述缺点,船厂开展了扩大预舾装的研究,即尽量把码头和船台上的舾装作业安排到生产条件优越的车间内场去完成。由此而创造了分段舾装、单元舾装和船台提前舾装等先进工艺,从而大大提高了船厂的经济效益。

(1)分段舾装 把可以安装在船体分段上的舾装件,预先安装在船体分段上的方法,称为分段舾装。它是在船体分段完工检验后,将其移至专门的分段舾装场内或分段堆场上进行舾装作业的,如图1-3所示。有的舾装件若在船体分段完工后再安装,则施工条件不良,这类舾装体的安装可和分段装焊作业有机地结合起来,在分段制造过程中进行安装。因此,应从实际出发来决定分段舾装作业的时间、场所和方法。

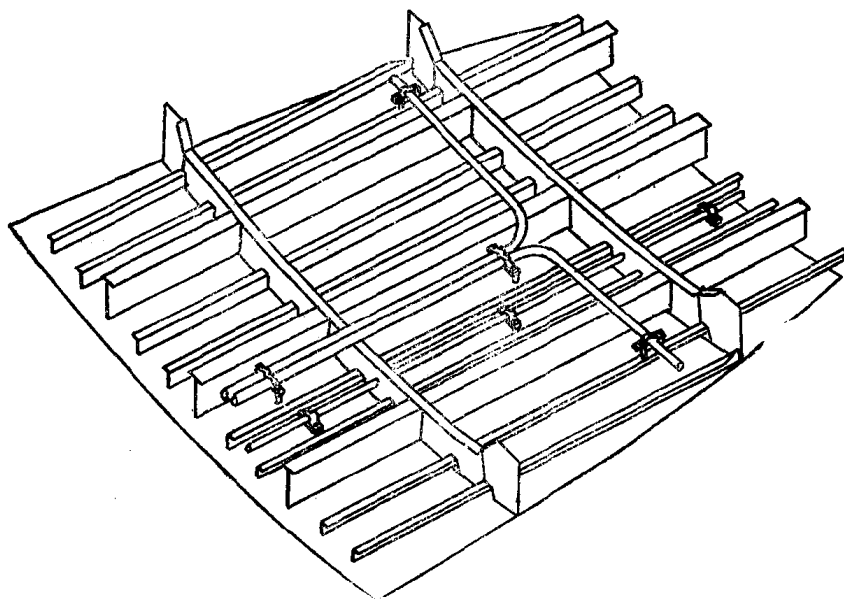


图1-3 分段舾装

分段舾装由于改变了工作空间的状态,而具有改善施工条件、节省工时、提高作业安全性,减少脚手架敷设作业和缩短舾装周期等优点,对提高效益和施工质量,改善生产管理等都有很大的作用。

实施分段舾装,必须使设计工作与其相适应,也就是说,在造船生产设计中,船体分段

的划分应考虑舾装件的布置特点，而设计舾装综合布置图则应注意分段大接头位置，以便尽可能减少舾装件的嵌补工作量。此外，还应为分段舾装作业提供分段舾装安装图、舾装件图册、舾装件配套明细表、舾装附属件装焊图和有关技术文件，以便顺利地组织分段舾装作业。

(2) 单元舾装 所谓单元就是将一些舾装品在车间内组装成适当大小的舾装组合体。例如，以辅机为主体，把与其相关的辅机座、管系、阀件等和辅机组装成整体，即形成辅机单元；以管系为主，将管子、阀件和管支架等组装成管系单元，如图1-4所示。此外，若将一部分船体结构和相连接的舾装件组装成舾装单元，则称为组合型单元。

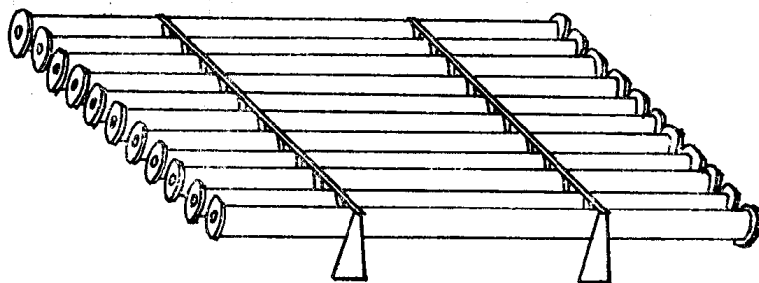


图1-4 管系单元

舾装单元的制造方法和分段舾装工艺的区别，主要是必须有专门的单元舾装平台或胎架，以及使舾装品能正确形成单元的技术措施。可以认为，舾装单元的制造相当于船体的分段制造。

制造好的舾装单元，可以直接进行船台吊装，也可以先和分（总）段组装成整体，再进行船台吊装。

通常，组成舾装单元的舾装面，应该是能够与船体结构完全分离而自身能相互连接成整体的舾装件。这类舾装品在机舱内最多，在油轮的上甲板和泵房等处也较多。

(3) 船内舾装 船内舾装由船台舾装和码头舾装组成。

船台舾装作业有吊装舾装单元，安装分段大接头处的舾装件和一部分必须在船台上才能安装（如轴系的安装和校中）的舾装件等。

为了能与船体建造平行地开展船台舾装作业，在船台装配中，对那些含有大量舾装工程量的船体段和上层建筑，要求尽可能提早完工，以便能提前进行吊装舾装单元和安装舾装品等作业，这就叫做船台预舾装。

有时在船舶的某些部位，当船体分段吊装定位后，就无法安装其内部的舾装单元或舾装品；或是虽能安装，但施工条件差，难于保证质量。为了解决这个困难，可将该部分船体结构切开，待舾装品或舾装单元安装、调整完成后，再装焊切开部分船体结构；或者将切开的船体结构划归舾装单元，以组成组合型单元。

尽管广泛采用了分段舾装、单元舾装、船台预舾装等先进工艺，仍然会剩下一部分舾装作业需要在码头上进行。例如，管系、起货装置、舱口盖、木作、电缆、房间装饰等安装作业和油漆作业，都有一部分作业需要在码头上最后完成。

此外，对承受一定压力的多种海水、淡水、油、蒸汽等管系，在安装完成后，应严格进行压力试验。对各种机械装置，则必须将其置于和实际使用相同的状态下进行运转试验，以

检查其性能。这类试验工作乃是码头舾装的重要任务之一。

### 三、船舶下水

船舶建造作业，绝大部分是安排在陆地上的车间、船台（或造船坞）上进行的。当船舶的大部分工程竣工以后，必须借助专门设备，采用专门的操作方法，将船舶移到水中去，这就叫做船舶下水。

船舶下水有许多方法，大致可分为三类。

在倾斜船台上，利用船舶本身重量的分力克服斜面上的摩擦阻力，使船舶自行下滑到水中去，如图1-1中右图a)所示，称为重力式下水。

利用引曳滑道加小车或是浮船坞、升船机和水力平台等机械设备，将船舶移到水中去，如图1-1中右图b)所示，称为机械化下水。

将水引入造船坞内，让船舶自己漂浮起来，如图1-1中右图c)所示，然后打开坞门，将船舶拖曳出去，称为漂浮下水。

### 四、船舶试验

船舶试验包括系泊试验、倾斜试验和航行试验，共分为两个试验阶段。

系泊试验是在船舶基本竣工，船厂取得用船单位和验船部门的同意后，将船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、辅机以及各种设备和系统进行试验，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。这两项试验就是第一阶段的试验内容。

航行试验是对所建造的船舶作一次综合性的全面考核，可分为轻载试航和满载试航两种，属于船舶试验的第二阶段，是由船厂会同用船单位和验船部门一起进行的。试验前首先应按船舶的类型，决定在海上或江河中进行试验。

船舶出航前，应带足燃料、滑油、水、生活给养、救生设备以及各种试验仪器、仪表、专门测试器具等。试航时需测定主机、辅机、各种设备系统、通信导航仪器以及船舶的各种航行性能的指标，以检查其是否满足设计要求。

### 五、交船与验收

在船舶试验结束后，船厂应立即进行排除试验中所发现的各种缺陷，并对船舶本体和船上的一切装备，按照图纸、说明书和技术文件逐项向用船单位一一交验，例如，逐个舱室的移交，备品的清点移交，主辅机，各种设备系

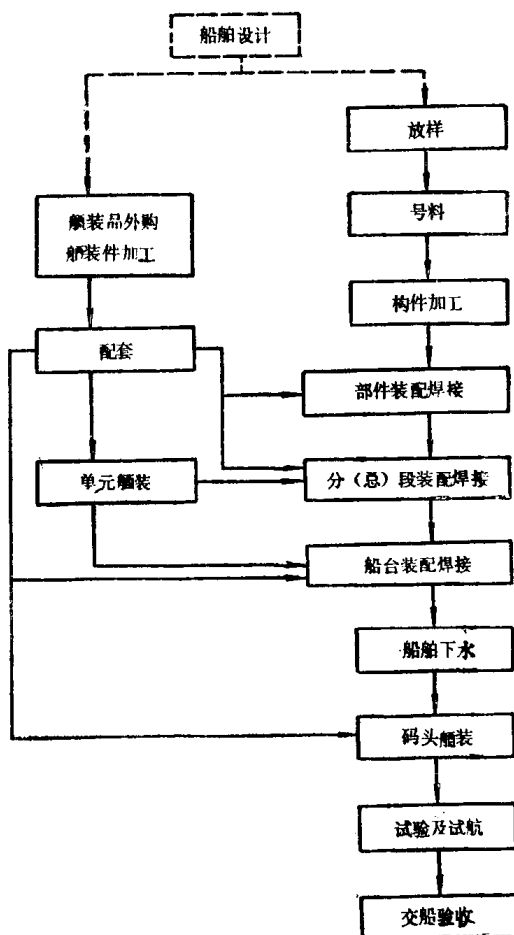


图1-1 船舶制造主要工艺流程图

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,并由验船部门发给合格证书,用船部门便可以安排该船参加营运。

综上所述,船舶制造的主要工艺流程,如图1-5所示。

### 第三节 造船工艺的发展概况

40年代初由铆接造船发展为焊接造船后,在造船史上引起一次重大技术革命。它更新了施工设备,全面改革了造船方法,同时又使造船工艺得到飞速的发展。

#### 一、造船方法的发展

采用焊接造船的初期,因受工艺水平和船厂起重条件的限制,船体仍沿袭铆接船的建造方法,将一个个零、部件直接送往船台装焊成船体的散装方式。舾装件则是待船体基本完工后,在船上进行逐件安装的。也就是说,除了用焊接代替铆接以外,其他工艺技术没有明显的进步。

随着起重条件、工艺水平和焊接接头可靠性的提高,产生了分段建造法。它首先在专门的船体装焊车间的胎架或平台上,将零件装焊成船体部件、分段或总段等局部结构,再将它们运至船台上逐个地装焊成船体,使船体建造形成零件→部件→分(总)段→船体的生产工艺流程。分段建造法把大量的露天高空的船体装焊作业改为内场、平面作业,不仅改善了施工条件,还为采用自动焊接、流水作业等先进技术创造了条件。

近年来,随着标准化和配套工业的发展,造船方法向着尽量扩大船体预装焊、船台预舾装、分段舾装和单元舾装等途径发展。为了尽量减少船台装焊工作量,许多船厂在船台(造船坞)旁建立分段总组装机,以便对分段进行第二次组装机,而形成大型分段或总段,再进行船台装配。同时,根据船上各区域舾装品的布置特点,把可以划分成完整单元的全部舾装品,安排在车间内预制舾装单元;并在船体预装焊工艺路线中,增设舾装工位,把分段中的舾装品或单元安装在分段、大型分段(总段)上,以形成完整段,再进行船台装焊。这就从根本上改变了造船工艺流程和生产管理方法,产生了船体工艺和舾装工艺一体化的新概念。

为使造船生产过程进一步合理化,船台装配中创造了先形成机舱船体段和上层建筑的船体建造法,以便提早进行船体建造与舾装作业的平行作业,提高船台舾装完工率,将码头舾装减少到最少。

此外,随着平面分段机械化生产线的发展,创造了多种适合于机械化生产的平面分段装焊工艺,主要有主向构件先装法、框架组装机两类。

#### 二、船体建造工艺过程机械化

实现工艺过程机械化,乃是生产发展的重要标志,当然用机械装置代替繁重的手工作业,是船体建造工艺发展的主要方向之一。

采用分段造船以来,随着各种保养底漆的研制成功,而产生了钢材预处理方法,用以代替古老的上船除锈的繁重手工作业。并且还将矫平、预热、抛丸除锈、喷漆和烘干等预处理工序所用的机械设备用传送滚道连接起来,组成了钢材预处理自动流水线(图1-6)。

自60年代初研制成功电印号料装置以来,已为号料作业实现自动化奠定了基础。

船体加工应该是比较容易实现机械化的作业,而且已经拥有压力剪切机、龙门剪床、刨

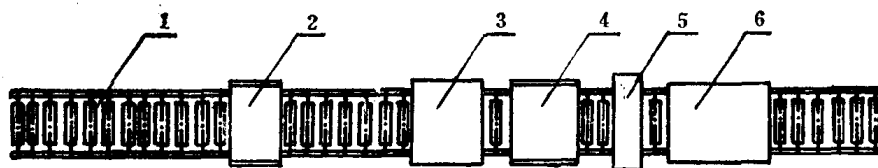


图1-6 钢材预处理自动流水线示意图

1-传送滚道，2-钢板矫平机，3-预热装置，4-抛丸除锈机，5-喷漆装置，6-烘干装置

边机、半自动气割机、靠模自动气割机、三辊弯板机、液压机、折边机和型钢矫直机等加工设备。但因机构较陈旧，加工范围受限制，致使许多加工作业仍然要依靠手工操作，不能适应船体加工发展的要求。

近年来，相继研制成功光电跟踪自动气割机、光电跟线切割机、高精度门式切割机、多向半自动切割机、数控切割机、主动辊可作横向和竖向调节的三辊弯板机、压头可作横移和旋转的液压机以及数控肋骨冷弯机等新型加工设备，大大提高了船体加工的效率 and 加工精度。

实现船体装配与焊接工艺机械化，虽然存在着种种困难，但仍然得到不同程度的发展。

在部件装焊作业中，早在60年代就研制成功了组合T型梁装焊机，使大量的T型直梁装焊作业实现了机械化。同时，板列的装焊作业不仅早已实现了机械化，而且还将它纳入平面分段机械化生产线中去。

在分段装焊作业中，已研制成功了各种平面分段机械化生产线，还研制成功了与流水线配套的板列装焊机组、装焊主向构件的线焊机、框架组装机组、框架与板列组装机组，以及和上述机组相匹配的机械化传送滚道、液压压紧装置、电磁平台、电磁（或永磁）吊等。

在船台装焊作业中，除了日本研制的“罗泰斯”系统体现了船体装焊作业的全面机械化以外，主要使用全位置半自动气割机、横向自动焊机、垂直自动焊机、熔嘴电渣焊机等机械化设备。

船体建造中的辅助作业，包括起重运输，加工中的进给、定位，装焊中的脚手架敷设，铺墩等，它在造船总工作量中占有相当大的比重，提高它的机械化程度，对改善施工条件和降低造船成本有很大的作用。

在钢料堆场和船体加工车间，利用电磁吊（或永磁吊），真空吊、传送滚道等组成机械化运输线，解决了大部分搬运作业的机械化问题。利用小型电磁吊、传送滚道、限位器、转盘、翻落架和送料小车等组成联动线，使构件加工的送料、进给、定位和出料等辅助作业实现了机械化。

船体装焊车间内设置有桥式起重机、各种传送滚道、转盘和分段载运车等，以组成合理的运输路线，担任零、部件和分段的运送、吊装和翻身等任务；将它们与装焊机械连接起来，就可组成部件或平面分段装焊机械化生产线。

船体装焊车间到船台的运输，以及船台装配中的辅助作业，主要采用分段载运车和船台起重机来实现运输机械化；发展液压式自动调整船体纵横倾的船台小车、机械式墩木、船底千斤顶，各种自行式（或固定式）升降脚手架装置或作业台等来实现船台辅助作业机械化。

### 三、计算机等新技术的应用

#### 1. 计算机和数控技术的应用