



船舶工匠系列教材  
国家级重点技工学校推荐教材

# 船舶精度装配工艺

韦方方 主编



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

船舶工匠系列教材  
国家级重点技工学校推荐教材

全新内容

# 船舶精度装配工艺

韦方方 主编

教材审定行业专家委员会

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

## 内容简介

本书是中等职业教育船舶制造规划教材之一,按照“船舶精度装配工艺”教学大纲的要求而编写。本书共六章,内容包括施工准备工作、船体钢料精度加工、船体部件和组件精度装配、分段精度建造工艺、大组立分段精度装焊工艺、船台(船坞)精度搭载。

本书可作为中等职业院校船舶类专业教材,也可供船舶企业管理人员、操作人员、船舶安全人员与研究人员使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

船舶精度装配工艺/韦方方主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2017.9

ISBN 978 - 7 - 5661 - 1691 - 8

I. ①船… II. ①韦… III. ①船舶—装配(机械)  
IV. ①U671

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 238408 号

选题策划 史大伟  
责任编辑 薛力  
封面设计 博鑫设计

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451 - 82519328  
传真 0451 - 82519699  
经销 新华书店  
印刷 哈尔滨市石桥印务有限公司  
开本 787mm × 1 092mm 1/16  
印张 13  
插页 1  
字数 329 千字  
版次 2017 年 9 月第 1 版  
印次 2017 年 9 月第 1 次印刷  
定价 35.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: [heupress@hrbeu.edu.cn](mailto:heupress@hrbeu.edu.cn)

## 教材编写委员会

总 主 编	殷先海				
副 总 主 编	郑永佳				
编委会成员	殷先海	冉凯峰	李康宁	吴周杰	
	郑永佳	赵汝荣	丁训康	朱继东	
	张 铭	李 斌			

## 教材审定行业专家委员会

刘新华	龚利华	王力争	陈昌友	陈凤双
李骁葶	陈景毅	杜逸明	赵汝荣	丁巧银
董三国	朱伯华	刘汉军	朱明华	

# 前 言

为深入贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》，积极推进课程改革和教材建设，为职业教育教学和培训提供更加丰富、多样和实用的教材，更好地满足我国船舶工业快速发展的需要，江南造船集团职业技术学校联合江南造船(集团)有限责任公司，与国内其他开办有船舶技术类专业的职业院校及其骨干教师，编写了中等职业教育建设项目船舶制造专业改革发展特色示范校建设规划教材。

本系列教材注重以就业为导向，以能力为本位，面向市场，面向社会，体现了职业教育的特色，满足了高素质的实用型、技能型船舶制造类专业中等职业技能人才培养的需要。本系列教材在组织编写过程中，形成了如下特色：

1. 认真总结了全国开办有船舶技术类专业的职业学校多年来的专业教学经验，并采纳了部分企业专家的意见，代表性强，适用性广；
2. 以职业岗位的需求为出发点，适当精简了教学内容，减少了理论描述，具有较强的针对性；
3. 本系列教材是针对三年制中等职业教育编写的，二年制的也可参考使用。同时，本系列教材还适用于船厂职工的自学以及其他形式的职业教育。

《船舶精度装配工艺》是中等职业教育船舶制造规划教材之一，按照“船舶精度装配工艺”教学大纲的要求而编写。本书共六章，内容包括施工准备工作、船体钢料精度加工、船体部件和组件精度装配、分段精度建造工艺、大组立分段精度装焊工艺、船台(船坞)精度搭载。

本书可用作中等职业院校船舶类专业教材，也可供船舶企业管理人员、操作人员、船舶安全人员与研究人员使用。

本书由江南造船集团职业技术学校改革发展特色示范校建设教材编写组以及江南造船(集团)有限责任公司等企业共同完成，在此表示感谢！

限于编者经历和水平，教材内容难以覆盖全国各地的实际情况，希望各教学单位在积极选用和推广本系列教材的同时，注重总结经验，及时提出修改意见和建议，以便再版修订时改正。

江南造船集团职业技术学校专业建设指导委员会  
2017年1月

# 目 录

第一章 施工准备工作 .....	1
第一节 精度造船工艺理论基础 .....	1
第二节 精度造船测量工具使用与维护 .....	22
第二章 船体钢料精度加工 .....	33
第一节 钢料预处理及精度管理 .....	33
第二节 板材下料精度控制 .....	39
第三节 型材下料精度控制 .....	44
第四节 型板加工精度控制 .....	47
第三章 船体部件、组件精度装配 .....	52
第一节 拼板、画线精度工艺 .....	52
第二节 T 型材精度加工工艺 .....	57
第四章 分段精度建造工艺 .....	71
第一节 识读分段划分图 .....	71
第二节 船体分段精度装焊工艺 .....	74
第三节 胎架精度控制 .....	84
第四节 拼板画线精度控制 .....	89
第五节 分段施工过程精度控制 .....	93
第六节 分段三维精度数据采集与分析 .....	95
第七节 分段精度管理典型案例 .....	103
第五章 大组立分段精度装焊工艺 .....	125
第一节 大组立分段装配的精度装焊流程 .....	125
第二节 大组立分段装配的检测方法 .....	126
第三节 大组立分段装配质量要求 .....	132
第四节 大组立分段装配完工精度数据分析与管理 .....	138
第六章 船台(船坞)精度搭载 .....	142
第一节 船体搭载设施及设备 .....	142
第二节 船体搭载方式 .....	147
第三节 船台装焊准备 .....	153
第四节 船体(船坞)画线及布墩精度控制 .....	157
第五节 基准段精度搭载工艺 .....	162
第六节 船体搭载完工检验 .....	173
第七节 三维精度模拟搭载 .....	190
附录 A .....	196
附录 B .....	197
参考文献 .....	198

# 第一章 施工准备工作

钢质船舶建造按照船舶设计图纸,经过放样、号料、加工、装配、焊接和吊运等多项工序完成整个建造过程。在建造过程中,无论设计和制造得多么完美,在切割、加工、焊接和吊运等多种因素影响下,船体零件、部件、分段、总段和船体主尺度不可避免地会产生实际尺寸偏离放样尺寸的尺寸偏差和形状偏差。为了控制这些偏差在标准要求的范围内,船厂普遍采用在船舶零件上加放余量再修割的方法,这必然会带来造船现场大量的修整工作量。这些修整工作量几乎全部为手工作业,所消耗的工时约占船体建造总工时的1/4。为了尽量减少修整工作量,各国在取得大量船舶生产实践测量数据的基础上,运用数理统计方法,逐步以不需修割的零件补偿量代替余量的方法来控制造船偏差,这样逐步发展形成船舶精度建造工艺技术。

船舶精度建造是船舶建造企业为了满足造船需要而在生产过程中进行自我控制的一种企业行为。企业通过建立各种船型的焊接收缩补偿量数据系统,实现船舶构件无余量下料、分段无余量建造、无余量大合龙,使得大合龙缝间隙控制在焊接工艺允许的范围之内;尽可能扩大对精度有要求的舾装件在分段上预装的范围,提高分段的预舾装率,从而使企业达到既保证船舶建造质量、生产进度,又提高钢材利用率、降低生产成本的目标,并最终获得最大利润的目标。

由于船舶精度建造不同于以前传统的造船方式,老的分段建造工艺也就不能满足精度造船的要求,因此我们必须要根据精度造船的要求采用符合精度建造的新工艺。船舶精度建造工艺是以船舶建造理论为基础的系统工程,是建立在管理学、测量学、金属材料学和可靠性理论基础之上的综合性学科。

## 第一节 精度造船工艺理论基础

### 一、现代造船的基本工艺流程

#### 1. 船舶建造的必要条件

船舶建造一般是在陆上的船台或船坞中进行,制造完成后移至水中。因此,船舶建造应在海边、江边或是河边,该处水域要求流速低、风速小,以便船舶下水。船舶建造室外作业较多,受天气影响较大,对夏热冬冷、降雨天较多且雨量大的地区,要采取降温措施、防寒措施和遮蔽措施,保证工作的正常进行。

船舶建造工艺流程是从钢材堆放场到构件加工、船体零部件装配焊接、分段和总段

装配焊接、船坞(船台)装配焊接、下水、码头舾装等构成。新的造船方式为了减少船舶下水后的舾装工作量、缩短造船周期,机械设备和舾装件大都提前到分段装配或总段装配阶段安装。因此,各道工序应以船坞(船台)为中心进行布置。从材料消耗和运输情况来看,钢材加工和船体装配的比重较大,所以应优先保证从钢材堆场、构件加工、装焊场地到船坞(船台)的距离尽可能短。工序间减少迂回过程,使船体从加工、零部件装配、分段(总段)、舾装件、船舶设备等运至船坞(船台)的距离最短,这是船体建造物流的设置基础。

船坞(船台)是船体建造成整体的场所,完工的船体从陆地移至水中的过程也是通过船坞或船台下水装置完成的。因此,船坞(船台)是造船企业重要设施中不可缺少的组成部分。

船台根据工作表面可分成水平船台(船坞也可看作水平船台)和倾斜船台。

倾斜船台表面呈倾斜状,与水平面成一定的夹角。船体建造完成后沿纵向滑道滑行下水。倾斜船台滑道的形式一般有油脂滑板和钢珠滑板两种。滑板铺设在船底与滑道之间,下水时依靠滑板与滑道间的相对位移,将船送下水。目前,我国常用的倾斜船台的坡度在 $1/25 \sim 1/18$ 之间。通常采用的坡度为 $1/20$ ,这样计算比较方便。

在船台上的两侧应配置多台高吊,供分段或总段上船台安装时使用。分段或总段的重力应控制在起吊满负荷量的90%范围内,以确保安全。

船坞是现代化总装厂的重要设施,以上海长兴造船基地为例,其2#船坞尺寸达 $510 \text{ m} \times 106 \text{ m}$ ,船坞一般配备龙门吊车,起重量为 $600 \sim 900 \text{ t}$ 。船坞可建造大型船舶2~4艘,而船舶建造船坞期一般为60天左右。

装配场地是进行零部件、分段和总段制造的区域,装配场地配置起重设备,内场设置桥式行车,外场设置门式行车,这两种起重设备工作灵活,效率高且安全。

现代化船厂一般以平面制造中心和曲面制造中心承担了分段制造的全部工作量,且这一部分的作业都已移至室内,作业条件得到极大的改善。总装平台布置在船坞侧面及端部,大型龙门吊车的吊运范围可将其覆盖。

装配平台面积与船坞面积应有适当的比例,如果比例恰当,分段的制造数量与船坞搭载进度可以很好地衔接起来;如果比例太大,将会出现分段积压,船坞吊装紧张;如果比例太小,将会发生分段不能满足船坞安装的需要,增加船坞周期。

整个船体建造区域除了应具备以上条件外,还应配备水、电、气、风等能源动力设施。水一般是指自来水,主要是供火工矫正和强度试验等作业使用。

电一般是指工业用电,船体焊接使用的电焊机需用大量的电力,作业中的照明,设备和仪器等都需要用电。

气主要是指氧气、乙炔、丙酮、天然气和二氧化碳。用于钢板切割和焊接。

船舶下水后系泊于码头,并在码头进行余下的部分舾装作业和系泊试验工作,因此,船舶建造完工下水后还必须有足够的泊位供船舶停靠。码头上也应配置高吊和水、电、气、风等能源动力设施,这是码头进行各项工作的基本条件。

## 2. 现代造船的工艺流程

最初的钢制船舶是通过铆钉将各构件铆接成船体的,随着焊接技术的应用和发展,焊接工艺逐渐取代了铆接工艺。现在在船体建造中普遍采用了计算机和数控技术,而且还应用了精度控制理论和成组技术原理,使船舶生产进一步向机械化、自动化和高效优质的方向发展。

目前钢质船舶焊接船体常规制造与工艺的主要程序见图 1.1。

船舶的制造过程比较复杂。按照现代造船工艺学的观点,船舶制造可分为 3 种类型的生产作业,即船体制造、船舶舾装和船舶涂装。

船体制造是将船用钢材制成船舶壳体的生产过程。从生产的顺序来划分,船体制造包括三个步骤:

- (1) 将原材料制成船体零件;
- (2) 将零件组装成部件或进而再组装成分段和总段;
- (3) 将零、部件或分、总段总装成船体。

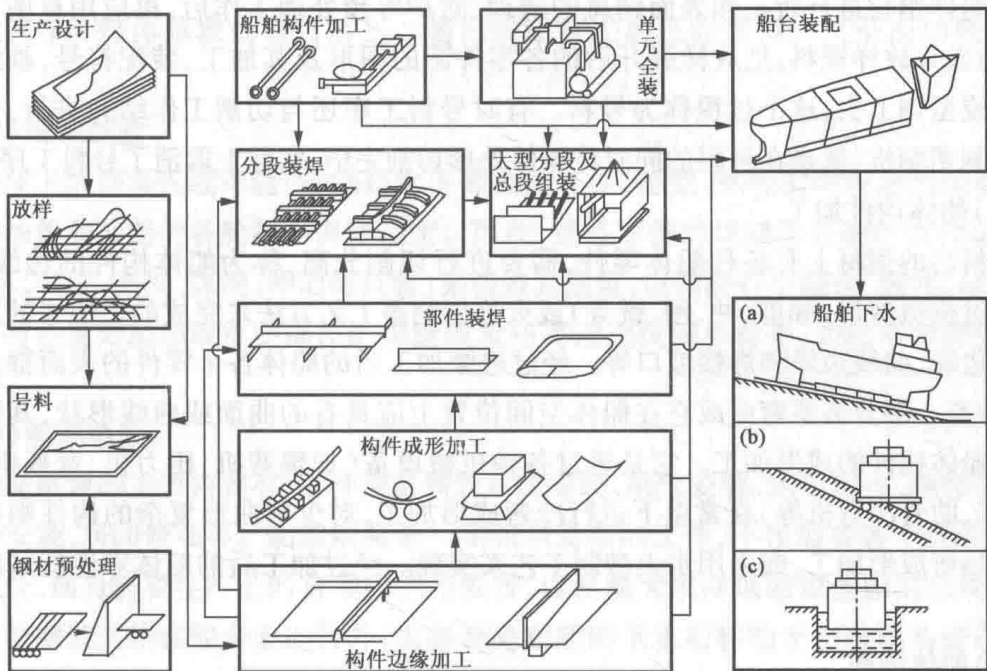


图 1.1 船体常规建造工艺流程图

船舶舾装是将各种船用设备、仪器、装置和设施等安装到船上的生产过程。按作业区域和专业来分,船舶舾装包括甲板舾装、住舱舾装、机舱舾装和电气舾装等工作内容。按工作地点和阶段来分,有内场预制舾装、外场分段舾装、船台舾装和码头舾装(后两者统称为船上舾装)。

船舶涂装是对全船进行除锈、涂漆的生产过程。按作业顺序来分,船舶涂装可分为钢材表面预处理、分段除锈及底漆喷涂(即分段涂装)、下水前船体外部面漆涂装和交船前船舶进坞进行完工涂装等几个阶段(后两者统称为船上涂装)。

船舶是水上交通、运输或作业等用途的工具。它是一个漂浮的建筑物,装有各种设备和仪器,能防止海水的腐蚀。欲使船舶完成预定的使命,除了必须精心设计之外,还应该精心建造。

目前造船界正在推行“壳舾涂一体化”和“设计、生产、管理一体化”的造船模式,即将上述3种类型的生产作业按规模划分成区域,在每一个区域内都要完成“壳舾涂”的生产任务,在壳舾涂一体化过程中,以正确的管理思想主导设计、生产、管理的有机结合。但是钢质船舶焊接船体常规的建造工艺程序依然是:

#### (1) 船体放样

船体放样是把设计型线图按1:1的比例绘在放样间的地板上,或运用数学方法编成程序输入电子计算机进行数学放样。不论采用何种方法,均需光顺理论型线和修正理论型值,再绘出肋骨型线图并进行结构线放样,接着展开船体结构件及其舾装件中的各个零件,据此提供各种放样资料为后续工序使用,如草图、样板、样箱,或磁盘等。

#### (2) 船体钢材预处理和号料

对船体钢材进行矫正和表面锈斑的清理、防护等预处理工作后,再应用草图、样板、样箱、磁盘等放样资料,把放样展开后的各零件图的图形及其加工、装配符号,画到平直的钢板或型钢上去,这个过程称为号料。有时号料工序还与切割工作结合进行,如数字程序控制切割机,就是在号料的同时将零件外形切割完毕,实际上取消了号料工序。

#### (3) 船体构件加工

号料后的钢材上有各种船体零件,需要进行切割分离,称为船体构件的边缘加工。它是通过机械剪切(如剪、冲、刨、铣等)或火焰切割等工艺方法来完成的。边缘的形状分为直线边缘、曲线边缘和焊接坡口等。经过边缘加工后的船体各个零件的表面都是平直的,其中有一部分需要弯曲成它在船体空间位置上应具有曲面或曲线形状,其弯制过程称为船体构件的成形加工。它是通过各种机械设备(如辊弯机、压力机、弯板机、折边机、撑床、肋骨冷弯机等)在常温下进行冷弯成形加工,对少数曲形复杂的构件则在高温下进行热弯成形加工,或采用水火弯制工艺来实现。经过加工后的船体零件就是船体结构构件。

#### (4) 船体装配

船体装配是把船体构件组合成整个船体的过程。因为船体建造方案不同,所以船体装配的工艺程序也不同。如分段建造法的船体装配分3个阶段进行:一是由船体零件组合成船体部件的部件装配,如T型梁、板列、肋骨框架、主辅机基座、艉柱、艏柱、舵、烟囱等部件的装配。二是由船体零件和部件组合成船体分段的分段装配,如底部分段、舷侧分段、甲板分段、舱壁分段、上层建筑分段、首尾立体分段等的装配。以上两个阶段多半是在船体装配车间内进行的。三是由船体分段和零部件组合成整个船体的总装阶段。这个阶段是在船台或造船坞内完成的。因为我国多数在船台上总装,所以又称为船台装配。

又如总段建造法的船体装配与分段建造法的船体装配相比,增加了一个工序,即将

已装配好的各个分段和零部件组合成总段后,再送交船台进行大合龙。

再如传统而落后的整体建造法,其装配方式为散装法,只有两个装配阶段:部件装配和船台装配。也就是说,由船体零部件直接在船台上组合成整个船体。

#### (5) 船舶焊接

船舶焊接是运用焊接技术并采用合理的焊接程序,将已装配妥的船体部件、分段(或总段)、整个船体的各种接缝,按照设计要求连接起来,从而使各种船体构件结合成为一个整体。实际上船舶焊接是渗透在船体装配的整个过程中的,如船体部件焊接妥了才能进行分段(或总段装配),分段(或总段)焊接完了才能进行船台装配等。

#### (6) 火工矫正

船体焊接都会产生局部和整体变形。船体局部焊接变形可采用机械矫正,也可采用火工矫正。但是分段、总段及整个船体的体积大、质量也大,其焊接变形无法用机械矫正,主要靠火工矫正。火工矫正是利用焰具局部加热变形部位,使之热胀冷却收缩而矫正变形的。船体部件如T型材、肋骨框架等在装焊后安装前应予以矫正。船体分段也须在分段装焊后船体总段前进行矫正。船台装配完工后还应进行一次全面彻底地火工矫正。

#### (7) 密性试验

船体上的许多连续焊缝,特别是水下部分的外板、舱壁、舵等的焊缝必须保证水密,船上的油舱和油船的各舱都要保证油密。因此,这些部位的焊缝需要进行密性试验(灌水、冲水、气压、充气、煤油、冲油等试验)来检查其质量,以防航行中漏水、漏油,确保航行安全。有些重要船舶或重要部位的焊缝质量还需运用仪器来检查,如超声波探伤、X光探伤等。

#### (8) 船舶舾装

船舶舾装的主要内容有:各种设备和管系的安装、电气安装、木工作业、绝缘作业、舱室设备安装、房间修饰等。船舶舾装是一项相当复杂的工作,不仅需要各个专业工种的相互配合,而且需要生产上的合理组织与安排,以便最大限度地缩短造船的总周期。过去除少数舾装工作在船台上进行外,大多都是在船舶下水后移泊于舾装码头进行的,所以称为码头舾装。现代造船则尽量把舾装工作提前完成,如把码头舾装工作提前到船台装配时进行,把船台上的舾装工作提前到分段或总段装配时进行(如管系的安装等),使船舶舾装工作与船体建造工程成为平行作业的方式来进行,称为预舾装。也有的是将舾装件先组装成完整的舾装单元。例如在机舱分段中,根据缩比模型设计,把机舱中各附件先在分段内进行安装。这样,就使船舶在下水前完成了大量的机舱舾装工作,下水后移泊于码头时,只花费较少的时间即可完成全部舾装工作和一些收尾工程,并做好船舶试验的准备工作。

#### (9) 船舶涂装

为了防止钢材腐蚀,延长船舶的使用寿命,必须对钢材和船体进行除锈、涂漆处理,这项工程作业称为船舶涂装。船舶涂装除了船体防腐外,还有外表装饰和船底防污等

作用。

#### (10) 船舶下水

船舶虽然是一种水上工程建筑物,但却是在陆地上建造的。当船舶建造完工后,必须把它从建造区(船台或造船坞)移至水中,这个过程称为船舶下水。船舶下水的方式多种多样,一般分为3种:重力式下水、漂浮式下水和机械化下水。

#### (11) 船舶试验

船舶试验包括系泊试验、倾斜试验和航行试验,分为两个阶段进行。

系泊试验是当系泊与码头的船舶的船体工程和动力装置安装基本完工,船厂在取得用船单位和验船部门的同意后,根据设计图纸和试验规程的要求,对该船的主机、辅机以及各种设备和系统进行的试验,其目的是检查船舶的完整性和可靠性。系泊试验是航行试验前的一个准备阶段。倾斜试验是对完工船舶重心位置的测定,要求在静水区域进行。以上是第一阶段的试验。

航行试验通常称为“试航”,它是对所建造的船舶做一次综合性的全面考核,是第二阶段的试验。按照船舶的类型,试航规定在海中或江中进行。出航前,必须带足燃料、滑油、水、生活给养、救生器具以及各种试验仪器、仪表和专用测试工具。航行试验分为空载试航和满载试航两种,由船厂会同用船部门和验船部门一起进行,就像正常航行时那样,对主机、辅机、各种设备系统、通信导航仪器以及该船的各种航行性能等做极限状况的试验,以测定是否满足设计要求。

#### (12) 交船和验收

当船舶试验结束后,船厂应立即进行消除各种缺陷的返修和拆验工作,并对船舶本体和船上的一切装备按照图纸、说明书和技术文件上的项目,一一向验船单位校验,譬如逐个舱室的移交,备品的清点移交,主辅机、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,即可签署交船验收工作,并由验船部门发给合格证书,用船单位即可安排该船参加运营。

### 3. 现代造船工业

造船工业泛指是建造船舶、海洋平台和其他浮动装置产业。造船生产具有一些固有的特征。首先,从技术类型来看,造船属于装配型工业,对配套工业的依赖性较强,所以造船生产须着重解决材料和设备的供应问题。第二,从订货方式来看,造船属于订货型,船厂根据船东的使用要求“定制”产品,生产任务由市场需求来决定,因而产品的品种与批量具有不确定性。第三,从生产类型来看,造船属于多品种、小批量或单件生产,生产过程不稳定,因此要求船厂设备和生产组织具有一定的柔性。第四,从作业性质来看,造船属于技艺型,工人的素质对产品质量影响较大,这就要求加强对工人的培训,适当稳定作业内容。

造船工业通常在开放的世界市场中经营,因而容易受外部环境的影响。例如,世界政治格局、军事形势、国际贸易、科技进步、金融市场、海运事业、配套工业,以及国家法令等,都能直接或间接地影响一国乃至全世界的造船工业。了解有关背景知识,有助于理

解造船工业所面临的实际问题。

造船生产活动所必须具备的资金、人员、材料、设备和厂址等条件称为造船生产要素。

### (1) 资金

我国的造船生产原属于计划经济,政府部门通过拨款的方式为造船提供资金保证。随着经济体制改革的深入,目前制造国内船舶多数采取银行信贷的方式来筹措资金,这就迫使船厂或船东重视造船的经济效益和考虑企业的偿还能力。出口船舶的建造则根据合同规定由船东支付现金,例如,按建造阶段——签约、开工、上船台、下水和交船的日程安排分期付款(如每期为船价的20%)或延期付款(如上述5期分别为2.5%,2.5%,5%,5%,5%,剩余的80%在10年内分期还本付息)。政府间贸易则可能采取“以货易船”或“补偿贸易”等方式,在这种情况下,船厂所需的资金可由政府做出相应的安排。

### (2) 人员

船厂的工作人员包括脑力劳动者和体力劳动者两种类型。前者从事经营、设计和管理等工作,后者承担生产性或服务工作。尽管船厂实现了某种程度的机械化和自动化,造船工业仍然是一个劳动力密集型产业部门。它除了需要有数量众多的工人以外,还需要有一个广泛的生产与非生产性工种的组合。生产性工种如:放样工、样台木工、机床操作工、气割工、装配工、气刨工、批铲工、焊接工、火工、管子工、钣金工、钳工、电工、细木工、除锈工、油漆工、冷凝工、帆缆工,等等。服务性工种如:脚手架工、起重工、通风照明工、焊接检验员、仓库保管员、安全员,等等。脑力型人员由高等学校和职业技术学校培养或从基层人员中提拔,劳力型人员由职业技术学校输送或由船厂向社会招收学徒进行培训。

### (3) 材料

造船材料泛指钢材、铝合金、增强塑料、舾装材料和配件以及机电设备、仪器、仪表等。在我国,材料供应由物资部门归口。主机、发电机、雷达等机电设备由船厂向有关工厂订货;电器、五金等器材可以在市场上采购;锚、螺旋桨等专用配件可以由外厂协作;外部不能提供的设备和配件则由船厂自己制造。材料的订货、采购、外协和自制统称为材料采办。出口船用的材料和设备须经合同谈判商定,由指定厂商供应。船用材料和设备种类繁多,其合理选用和及时采办在船舶设计和制造中显得十分重要。

### (4) 船厂设备

船厂设备是造船所必需的手段,在上一节中做了介绍,其包括水工设施和工艺装备两大类。水工设施是指船台、船坞、码头等濒水建筑物。工艺装备是指加工设备、起重运输设备、焊接设备、装焊平台和管件生产线等造船设施。船厂设备不仅直接反映了船厂的生产能力和工艺方法,也是船东评价船厂技术水平的重要依据之一。例如,船厂若有钢材预处理流水线,则表明其涂装技术已进入前期管理的水平,具备了承接出口船合同的必要条件。因此,船厂设备的现代化与合理化,对吸引订货有着不可低估的作用,因而成为世界各国船厂技术改造的重要内容。

### (5) 厂址条件

造船工业对船厂的地理位置有特殊要求。船厂必须在航道上,以便船舶建成后能自由通航。船厂应位于或接近工业区,这样可以减少船用材料与设备的运输费用,也可以分享电、水、交通、通信等公用设施。从世界范围来看,某些地区能为造船工业提供特别廉价的劳动力,也就成为厂址选择上十分有利的因素。例如,20世纪70年代后期韩国造船工业的崛起,主要是靠该地区的劳动力便宜这一有利因素。

## 二、精度造船管理体系

船舶建造过程是一项复杂工程,涉及面较广,协调性强,船舶建造按照船舶设计图纸进行,首先从钢材预处理开始,经过切割、加工、装配、焊接等生产工艺,将零件组装成部件、分段、总段,再进行船体总组,组装成整个船体。

在船舶建造过程中,船舶结构构件受切割、加工、焊接和吊运等因素影响,不可避免地产生实际尺寸偏离放样尺寸的尺寸偏差和形状偏差,为了保证船舶建造质量,在建造过程中加工、装配焊接等工艺阶段制定尺寸标准,将偏差控制在标准范围内。

为了控制偏差在国家标准要求范围内,船厂普遍采用在船体零件上加放余量方法来满足加工过程中产生的尺寸偏差与形状偏差。对于多余的尺寸再进行现场余量修整,修整工作量在全船建造过程中所消耗的工时量约占全船总工时的1/4。为了尽量减少修整工作量,缩短船舶建造周期,船厂在取得大量生产实践测量数据基础上,运用数理统计方法,逐步以不需要修割的零件补偿量代替余量的方法来控制造船过程中出现的尺寸偏差,这样逐步发展形成了当今造船精度管理技术。

船舶精度管理技术是现代造船的重大新技术之一,是精益造船一种技术体现,更是船厂科学管理的重要内容。它主要是在船体建造过程中通过加放尺寸补偿量取代余量,通过合理的工艺和管理技术,对船体零件、部件、分段等尺寸进行精度控制,保证船舶建造过程中尺寸精度,确保船舶建造主尺度尺寸精度,提高船舶建造的质量,最大限度地减少船舶建造过程中现场尺寸修整工作量,缩短船舶建造修整工期。既能满足船东对船舶质量要求,又能实现船厂对造船生产成本的降低要求。造船精度管理技术是当今船舶建造过程中生产的客观需求,科学管理,精益造船、绿色造船发展的需求。

船体建造精度管理是以船体建造标准为基本准则,通过科学的管理方法与先进的工艺技术手段,对船体建造进行全过程的尺寸精度分析和控制的一门技术。它的目的是最大限度减少现场修割工作量,提高工作效率,降低建造成本,保证产品质量。

在船体建造过程中,应用统计分析的原理和方法,制定出各工序中每个零件、部件、分段直至总段的最合理的精度标准,以便控制和掌握零件与分段的尺寸精度。可使加工好的零件和分段等中间产品不留余量,无须进行二次定位、画线和切割,将船体零件、部件、分段和全船的建造尺寸,控制在船舶建造标准规定范围内;从而实现船体建造全过程的精度控制,使主船体精度达到标准要求或顾客需要。精度造船简单地说就是在船舶建造过程中用补偿量代替余量,逐步增加补偿量的使用范围,并控制船体结构位置精度。

以最少的成本控制船体建造的主尺寸偏差、线形偏差和结构错位在标准范围内,保证船舶质量。

### 1. 船舶建造精度体系

船舶建造精度管理贯穿于全船建造过程之中,涉及精度标准、组织体系、资源管理、过程控制、信息收集与反馈等内容;船舶建造精度管理并不是单一存在,而是作为一个造船质量中子系统存在。精度管理体系也与质量管理体系类似,主要包括组织体系、精度标准、资源管理、精度控制、测量改进和信息技术等几个方面,如图 1.2 所示。

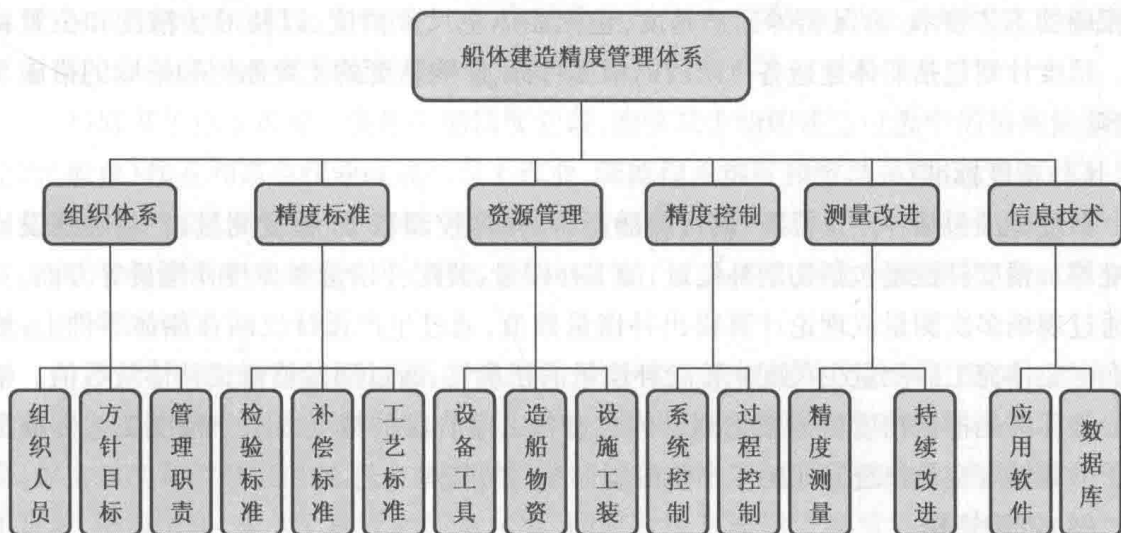


图 1.2 船舶建造精度管理体系

#### (1) 组织体系

为了实施造船精度管理,必须成立精度管理的组织体系。这需要企业高层领导给予足够的支持,配备必要的组织和人员,制定造船精度方针、目标和计划,明确管理职责制度。

精度方针是确定造船精度管理的方向和原则。精度方针确定为“精度设计、过程控制、检测改进”,精度设计是精度管理的源头,过程控制是精度管理的核心,不断改进提高精度水平。

精度目标是依据本船厂精度管理水平,分阶段提出精度的合格率,包括拼板、冷热加工、分段的焊前焊后、总组和搭载等。确定精度目标后,就要制订精度计划。船体建造的精度计划,实际上就是对船体建造从精度角度判断的一种工程分析。通过分析,可以对建造全过程的精度状态有一个数量上的全面了解,事先就能发现问题并采取相应的补偿和控制措施——其中包括加放补偿量、余量与选择余量的切割阶段,以确保船体建造的尺寸精度能控制在允许的范围之内。

精度计划是对建造全过程的精度分析基础上建立相应的尺寸精度控制措施。通过对船厂生产进行大量的调查研究,掌握足够的实践生产数据,将生产数据与理论分析相结合,根据船厂生产条件制订精度计划。经过相当时期的调研、试行、推广和巩固的反复

循环的过程及专题研究,才能取得符合本企业的精度分析的实际结果。科学的、符合实际的精度分析,有助于提出有效的尺寸精度控制措施。在精度计划编制过程中,应根据船体结构图确定建造方法和装配工艺流程,分析各个工艺阶段的误差累积过程,决定各个控制阶段的允许误差,按照允许误差值决定施工要领和工艺技术方法,保证船体建造精度符合工艺技术要求。这里所说的施工要领和工艺技术方法,是指在精度分析的基础上,采取各种相应的控制措施。其中,最重要的措施是加放系统补偿量、余量,及余量切割时机的合理选择。这些工作都是围绕一个根本目的,这就是精度计划的编制。通过提出相应的工艺技术,确保船体建造精度,包括船体主尺度精度,以及形状精度和位置精度。精度计划包括船体建造各个阶段的精度目标、影响精度的主要原因和采取的措施等内容。

### (2) 精度标准

精度标准包括补偿量标准、精度检验标准、精度控制基准、精度测量表、基准线设计基准等。精度补偿量包括切割补偿量、加工补偿量、装配补偿量和焊接补偿量等方面,一般通过现场多次测量或理论计算得出补偿量数值,通过生产设计反映在船体零件上,然后在主船体完工后测量主尺度来检验补偿量的正确性,通过测量值修正补偿量数值。精度检验标准是根据精度目标细化到船体建造各工序阶段的精度要求。精度工艺标准是对于一些精度容易出现问题的工序阶段制订专门的装焊工艺。

### (3) 资源管理

要进行造船精度管理必须对影响造船精度的各种资源进行管理,这里资源主要包括设备工具、造船物资和设施工装等。这些在下面的精度系统控制的章节中有详细叙述。

### (4) 精度控制

精度控制是实施造船精度管理的核心,主要包括精度系统控制和过程控制。精度系统控制指对影响造船精度的人员、精度设计、设备工具和物资进行系统的控制以保证造船精度。过程控制是对船体建造过程各阶段进行过程控制。对于各阶段易出现的精度问题采用“人、机、料、法、环和计量”六因素质量分析法进行分析,确定主要因素,采取必要措施,在验证有效后,把这些措施固化为标准。这样逐步提高船体精度,最终以最低的成本控制船体精度在标准范围内。这里的精度控制以施工者自我控制为主。具体的船体精度控制在下面一节有详细的介绍。

### (5) 测量改进

测量处理和改进就是对于船体建造过程中的中间产品——分段、总段进行测量验收,对于精度超差的中间产品必须采取修整措施,分析原因,采取预防改进措施,并对相关责任人进行处理。这里的预防改进措施在验证有效后固化为标准,这样就改进了船体建造精度。精度改进还包括低成本控制船体精度的措施。

### (6) 信息技术

信息技术包括应用软件和数据库技术。如 TRIBON 船舶设计软件、精度数据处理软件和有限元计算软件。关于精度信息技术发展非常快,如国内也在开发,并部分地应用。

韩国大型船厂也广泛应用精度系统,精度系统的应用大大提高了分析速度和数据分析水平,精度数据完全可以在系统中实施封闭,大大减少了人为因素的干涉。

## 2. 船舶建造精度管理体系的作用

(1)减少了无效劳动。造船企业实行船舶建造精度管理,可以减少无效劳动,对提高造船质量、降低成本和缩短周期将起到积极作用。同时可以提高船舶建造技术水平,实施科学管理,拓宽市场开发。

(2)提高了产品质量。实现船舶建造精度管理后,船舶的装配精度能够得到明显改善,各种间隙、余量和错位大大减少,船体结构内的应力分布趋于均匀,船体强度得到了保证,可以大大提高船舶营运的经济性和安全性。

(3)降低了作业难度。实施造船精度管理,能够减少船舶建造过程中的结构修割,将船坞(船台)作业和高空作业改成平台上作业,降低作业难度和劳动强度,改善工作环境,保证造船生产工人的安全和健康。实施精度造船后,各种部件、结构件和分段的尺寸精度提高了,船体装配成为简单要素作业,大大降低了工人的熟练化程度要求,从而减少了作业时间,缩短了生产周期。

(4)有利于高效焊接。实施精度管理后,由于船体的焊缝精度得到了控制与提高,使得高效焊接设备的使用成为可能。同时,高效焊接设备的使用使生产效率得到了明显提高,焊接精度和质量也得到了进一步的稳定和提高。由于减少了修割和返修,因此节约了资源、能源消耗,减少了排放和环境污染,同时这也是建设资源节约型、环境友好型企业的要求。

(5)增强了国防建设。军舰建造要保证军舰船体线形和航速,因此都采用模块化建造,应用精度管理技术尤为重要。

## 三、船舶精度测量技术

### 1. 工程测量技术

工程测量学因应用领域不同,现有多种定义方法,其中包括应用在船舶工程技术领域较为概括和抽象的定义是研究地球空间(包括地面、地下、水下、空中)具体几何实体的测量描绘和抽象几何实体的测设实现的理论、方法和技术的一门应用性学科。

测量学按照研究对象及采用技术的不同,又可分为:大地测量学、工程测量学、摄影测量与遥感学、海洋测量学和地图制图学等。工程测量学主要包括以工程建筑为对象的工程测量和以设备与机器安装为对象的工业测量两大部分。

测量学的内容包括测定和测设两个部分。测定是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算,得到一系列测量数据,或把地球表面的地形缩绘成地形图。测设是指把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上(或特点位置)标定出来,作为施工的依据。

随着测量技术的发展,工程技术中所采用的测量方法也不断地发生变化,目前常采用的测量方法包括:直接测量、间接测量、接触测量、非接触测量、组合测量、比较测量等。

假想有一个静止的海水面,向陆地延伸形成一个封闭的曲面,这个曲面称为水准面。