



国防特色教材·职业教育

船体装配工艺学

CHUANTI ZHUANGPEI GONGYIXUE

刘雪梅 主编

 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

西北工业大学出版社



国防特色教材·职业教育

船体装配工艺学

刘雪梅 主编

哈尔滨工程大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书重点介绍了船体装配三个工艺阶段的主要施工方法。一是由船体零件组合成船体部件的部件装配;二是由船体零件和部件组合成船体分段的分段装配;三是由船体分段和零部件组合成整个船体的船台装配。在内容上既注重目前采用的工艺,同时也增加了新工艺、新技术,体现了本行业的科技新成果和发展方向。

本书为职业技术学院船舶制造技术专业教材,适用于高等、中等职业教育,同时本书也可供有关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船体装配工艺学/刘雪梅主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.4

ISBN 978-7-81133-333-6

I. 船… II. 刘… III. 船体装配-工艺学 IV. U671.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 043137 号

船体装配工艺学

刘雪梅 主编

责任编辑 史大伟

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南岗区东大直街 124 号 发行部电话:0451-82519328 传真:0451-82519699

<http://press.hrbeu.edu.cn> E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

黑龙江省教育厅印刷厂印刷 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:11.25 字数:230 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 978-7-81133-333-6 定价:24.00 元

前 言

本教材为国防特色“十一五”规划教材,内容上以满足国防科技工业人才培养需求为宗旨。教材编写中始终结合国防科技工业生产实际,以工人技术等级标准为依据,以企业的生产技术现状为基础,突出学生实际操作技能的培养,体现理论和实践的相结合,强化技能训练的力度,以适应国防工业生产实践的需求,满足国防工业高技能人才培养的需要。

船体装配是把加工合格的船体零件组合成整个船体的过程,是船舶建造的重要阶段。本教材主要探讨船体装配各工艺阶段的主要施工方法,在内容上既注重了目前采用的工艺,同时也加入了新工艺、新技术,体现了本行业的最新科技成果和发展方向。同时本教材还分别介绍了中底分段、边底分段、舷侧分段及甲板分段大组立工位部件组合式装配的程序。通过本课程的学习,使学生初步具有从事本领域实际工作的能力。

本教材的绪论及第5章由渤海船舶职业学院刘雪梅编写,第1章由渤海船舶重工有限责任公司高级工程师李伟编写,第2章及第3章由渤海船舶重工有限责任公司工程师李岩编写,第4章由渤海船舶职业学院王雪梅编写,第6章由渤海船舶职业学院刘旭编写。全书由刘雪梅副教授担任主编。

本教材在编写过程中听取了有关院校船体专业及一些生产单位的意见,并得到了不少同行专家教授的帮助和支持,同时也参考或引用了参考文献中的部分内容,在此一并致以深切地谢意。另外,由于编者水平有限,书中有些问题可能考虑不周,疏漏与错误之处在所难免,竭诚欢迎读者批评指正,从而使本教材进一步的改进和完善。

编者

2009年1月

目 录

绪论	1
第 1 章 船体装配工艺基础知识	7
1.1 船体装配概述	7
1.2 船体工艺余量与造船精度控制	13
1.3 船体工艺基准线和构件理论线	18
第 2 章 船体装配常用工艺装备	25
2.1 平台	25
2.2 胎架	30
2.3 船台和船坞类型及其工艺装备	40
第 3 章 船体装配测量方法	45
3.1 测量工具	45
3.2 水平度的测量	51
3.3 垂直度的测量	54
3.4 尺寸的测量	58
第 4 章 部件装配	71
4.1 船体板的拼接	71
4.2 T 型梁的装配	74
4.3 肋骨框架的装配	76
4.4 艉柱和艏柱的装配	79
4.5 典型舢装件的装配	85
4.6 部件装焊变形及控制	90
第 5 章 分段和总段装配	92
5.1 底部分段的装配	92
5.2 舷侧分段的装配	108

5.3	甲板分段的装配	115
5.4	舱壁分段的装配	121
5.5	首尾立体分段的装配	125
5.6	环形总段的建造方法	141
5.7	上层建筑的装配	144
5.8	分段焊接变形及控制	146
5.9	预舾装建造工艺	148
第 6 章	船台装配	149
6.1	底部分段的船台装配	151
6.2	舱壁分段的船台装配	156
6.3	舷侧分段的船台装配	158
6.4	甲板分段的船台装配	160
6.5	首尾立体分段的船台装配	163
6.6	上层建筑的船台装配	168
6.7	船台装配焊接变形及处理方法	170
参考文献		173

绪 论

0.1.1 船体装配的概念

船体装配是船舶建造的重点工序之一。船体装配就是将加工合格的船体零件组合成部件、分段、总段以至船体的全过程。

零件是可以直接画线、加工和进行装配的船体单一结构件,如肋板、肘板、横梁板、肋骨板、板条和型材等,如图 0.1 所示。

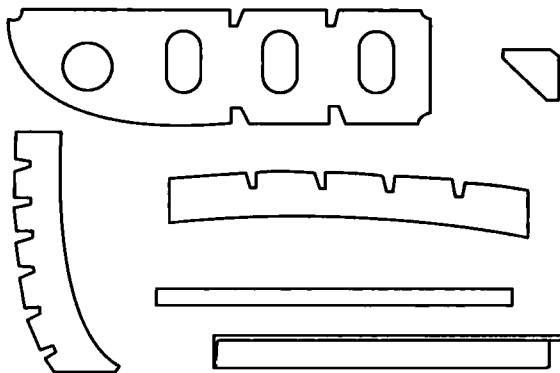


图 0.1 部分常见零件

部件是由两个或两个以上的零件装配而成的组合件,如各种形式的 T 型焊接件、组合肋板、肋骨框架、艏艉柱和各种基座等,如图 0.2 所示。按组合的形式分类,部件可分为 T 型部件、曲面部件、平面组合部件和立体组合部件以及板列等多种。部件的装配一般在平台或简易胎架上进行。

分段是由若干个部件和零件所组成,并能单独进行装配的船体部分,它又可分为平面分段、曲面分段、半立体分段和立体分段,如图 0.3 所示。平面分段是构件安装面为单层平面的平直分段,如平面舱壁分段、围壁分段、平台甲板分段、平行中体处的舷侧分段等;曲面分段是构件安装面为单层曲面的曲面分段,如单层底分段、舷侧分段、舳部分段等;半立体分段是由两个或两个以上的平、曲面分段组成,或在平、曲面分段上带有一大部分高构件的空间不封闭分段,如上层建筑分段、带舱室围壁的甲板分段、带舷侧的甲板槽形分段等;立体分段是由两层或

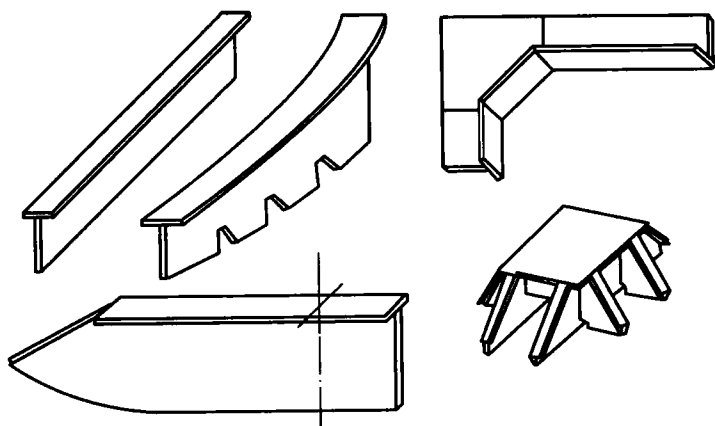


图 0.2 部分常见部件

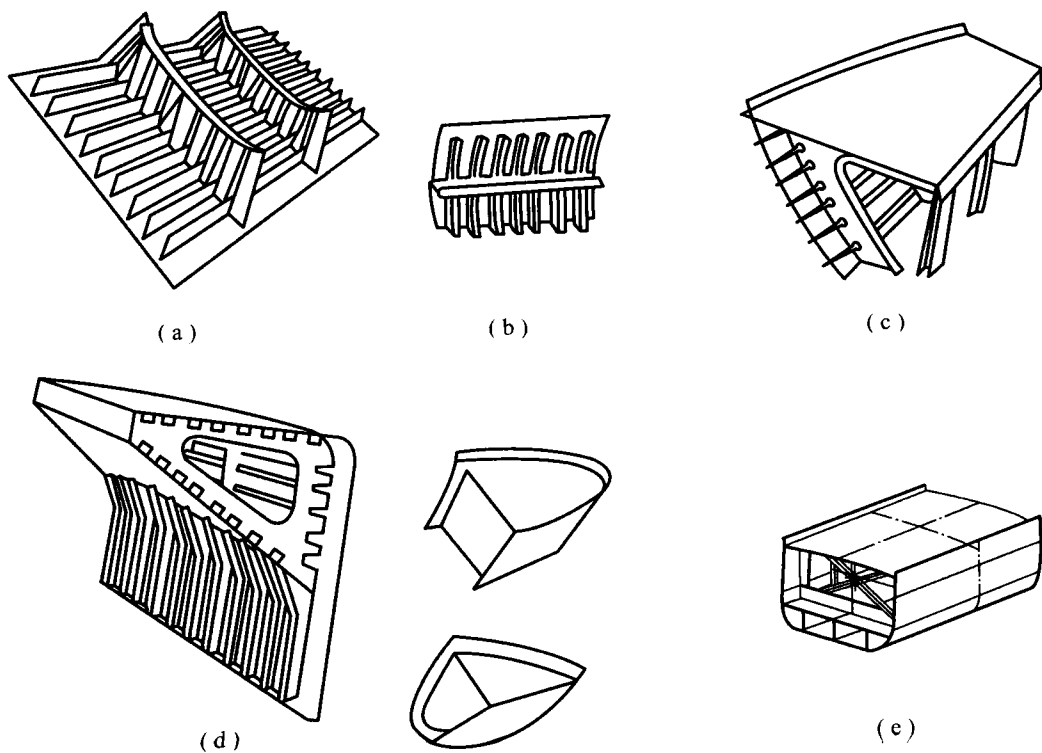


图 0.3 分段的类型

(a)平面分段;(b)曲面分段;(c)半立体分段;(d)立体分段;(e)总段

两层以上的构件安装面组成的空间封闭分段,如双层底分段、双层舷侧分段、边水舱分段、艏艉立体分段等。分段的装配一般均在胎架上进行,但也有在平台或其他专用工艺装备上进行的,平面分段可在平面分段流水线上进行装配。

总段是由底部、舷侧、甲板等分段和部件、零件组合而成,占全船一定长度的环形封闭船体段,如图 0.3 所示。在通常情况下,总段的端部均设有横舱壁或增设假舱壁。

零件、部件、分段、总段,通过船台装配即可组成完整的船体。

0.1.2 船体装配的发展

造船是一个综合性工业,它的作业面大,需要的工种繁多,造船的生产周期也很长。提高生产效率,提高产品质量,缩短造船周期,是造船业长期追求的目标。为了达到这一目标,造船业几经变革,特别是近几年,造船工业生产结构进行了调整,由传统造船模式向现代造船模式转化。

船舶可以看成是一个最终产品,船舶建造的制造级可以看成是采购原材料;船体钢材预处理和号料;将原材料制成船体零件;将零件组装成部件;分段、总段建造;总装船舶。后一制造级所需的零件或装配件可以看成是中间产品,那么我们就分解出不同的中间产品:零件、部件、分段、总段,再按相似性原理和制造级对它们分类成组,以便用相同的施工方法进行处理。这样可组建专业生产线,或设立专业工区与专业工位,由专业化生产班组进行生产,即中间产品分道建造。

现代造船模式突出了船体分道作业,船体分道作业从中间产品的角度出发,将船体结构分解成零件生产、部件装配、分段装配等阶段,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,组建分道生产线。现在各大船厂组建的分道生产线通常有钢材预处理线、内部零件生产线、T 型材生产线、曲形零件加工生产线、部件生产线、平面分段生产线、曲面分段生产线、上层建筑生产线等。

船体分道作业模式可显著提高装配效率,特别是建立部件生产线,对占船体总量 60% 左右的小、中组立部件,实施专门化部件装配焊接,这就为推行分段大组立工位最优化的部件组合式装配焊接生产创造了条件,形成了短周期、快流通的生产节奏,更有利于生产计划和产品质量的控制。

船体装配按专业生产线进行,设立组立工位,表 0.1 所示为组立流程。

表 0.1 组立流程

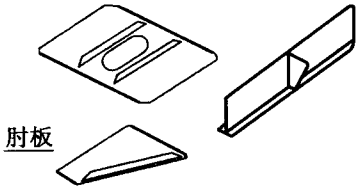
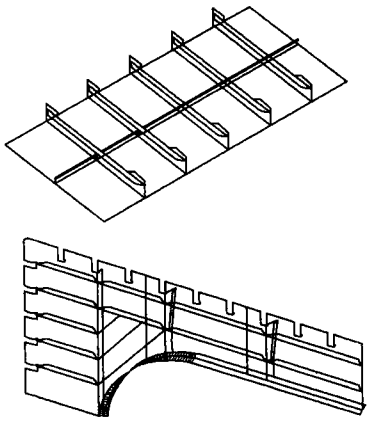
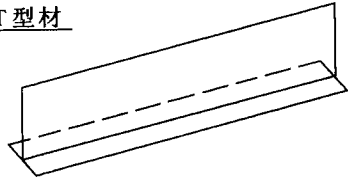
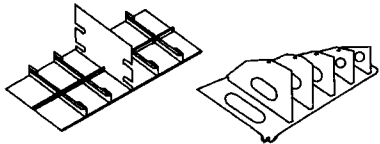
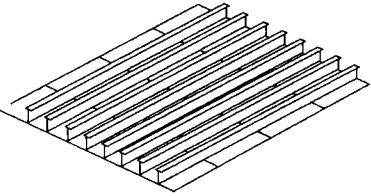
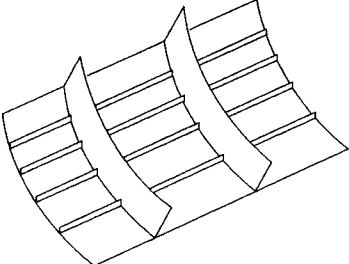
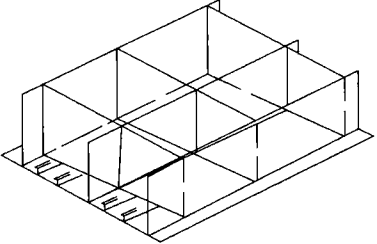
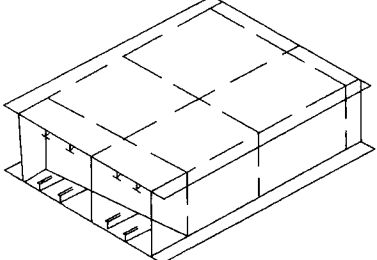
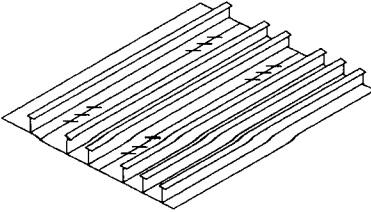
流程		内容	例子	
小组立	C	部件组立: 一块或两块钢板上附加一个或几个零件的最基本的组立	 肘板	小组立
	S	(1)由型材、钢板组成的组立 (2)超过 C 组立范围的组立 (3)框架高 $H < 7\text{ m}$, 质量不超过 25 t 的组立		小组立
	T	T 型材组立: 在小组立场制作的 T 型材 ($L \leq 6.5\text{ m}$)	 T 型材	小组立
小型中组立	M	(1)由 C、S、T 组成, 不翻身的小型中组立 (2)不大于本尺度的箱形结构: $H \times B \times L = 3 \times 5 \times 12\text{ m}$ (3)质量不大于 30 t		小组立

表 0.1(续)

流程	内容	例子	
平台中组立	V (1)超出纵骨焊机焊接范围的片体。纵骨焊机焊接范围(mm):T 型材:高度 350 ~ 800,宽度 140 ~ 150。球扁钢:高度 140 ~ 430。角钢:高度 250 ~ 500,宽度 90 ~ 120。 (2)超出 FCB 焊接范围的片体,FCB 单道对接焊缝长度 $13\text{ m} \leq L \leq 22.5\text{ m}$		
曲形中组立	R (1)船首、船尾、机舱外板等 (2)在胎架上进行的拼接作业,如曲形外板、纵桁、肋板等		
大型中组立	H (1)由 S, M 组成的及需要转、翻身的大型中组立 (2)超过 M 范围的箱形结构,如壁子墩、横纵舱壁、甲板等		大组立
大组立	G 形成最终分段的组立 由 C, S, T, M, V, R, H 等的最终集成		
FCB	P 在平面线制作的平面板架		平直区

另外,中间产品装配过程中还要进行相应的涂装和预舾装作业,满足区域造船法的壳、舾、涂一体化要求。

现在造船厂普遍采用分段建造法进行船台装配。在地面上由大型吊机将组装结束的分段搭载(大组立和预合拢结束的分段使用大型吊机吊装至船台或坞内固定位置称为搭载)起来。分段建造法的采用带来了搭载吊机的大型化,分段组立工场的出现,引起了地面与船台工程的分离,船台周期明显缩短。

船台(坞内)的船体作业以定位、安装、焊接为主。定位就是决定分段搭载时的位置,使船型按照正确的方法建造。安装是将定位结束分段的错位、间隙修正达到能焊接程度的工作。焊接是将安装好的分段按照既定的焊接顺序、焊接方法进行焊接。

第 1 章 船体装配工艺基础知识

船体装配工艺随着造船材料和连接技术的发展而变化,先进的船体装配工艺能够缩短船舶建造周期、改善劳动条件、提高产品质量,从而促进造船业的发展。目前船体装配正向着机械化、自动化和高效优质的方向发展。

1.1 船体装配概述

加工合格的船体零件,有的要经过部件、分段、总段直至船体的全部工序;有的不必经过部件,直接进入分段装配区;而有的直接进入船台,进行总装。

1.1.1 船体装配过程

船体装配分为船体结构预装配和船台装配两大部分,其中船体结构预装配又可以分为部件装配、分段装配和总段装配。

- (1)部件装配 将加工合格的船体零件组合成部件。
- (2)分段装配 由零件、部件组合成船体分段。
- (3)总段装配 由平面分段、曲面分段和零、部件组合成大型立体分段或总段。
- (4)船台装配 将分段或总段以及个别分散的零部件在船台上组合成整个船体。

船体装配过程,可简单表示为:

零件 → 部件 $\xrightarrow{(+ \text{零件})}$ 分段或总段 $\xrightarrow{(+ \text{零件} + \text{部件})}$ 船体

船体结构预装配,可建立专业生产线,同时也为装配过程机械化、自动化创造了条件。

1.1.2 分段建造方法

1.按装配基准面分类

(1)正造法(图 1.1(a)) 分段建造时的位置与其在实船上的位置一致。优点是施工条件好、型线易保证;缺点是胎架复杂、画线工作量大。通常用于单底分段、机舱分段及批量生产。

(2)反造法(图 1.1(b)) 分段建造时的位置与其在实船上的位置相反。优点是胎架简单、可减少一次翻身;缺点是施工条件稍差、型线易产生误差。通常用于双层底分段、以甲板为

基面的分段及单船生产。

(3)侧(卧)造法(图 1.1(c)) 分段建造时的位置与其在实船上的位置垂直或成一定角度。优点是改善施工条件,缺点是胎架制造复杂。通常用于舷侧分段、舱壁分段等。

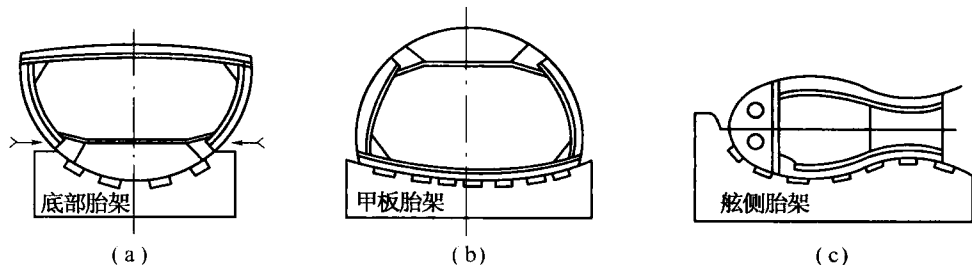


图 1.1 分段建造方法

(a)正造法;(b)反造法;(c)侧(卧)造法

2. 按构件安装顺序分类

(1)分离法 如图 1.2 所示,在分段装配基准面上,先安装布置较密的主向构件并进行焊接,再安装交叉构件并进行焊接。这是一种装配与焊接交替进行的装焊方法,有利于扩大自动焊、半自动焊的范围。但装配、焊接工作分离,使装配工作不连续。适用于结构刚性大、钢板厚、以纵骨架式为主的大、中型船舶的分段制造。

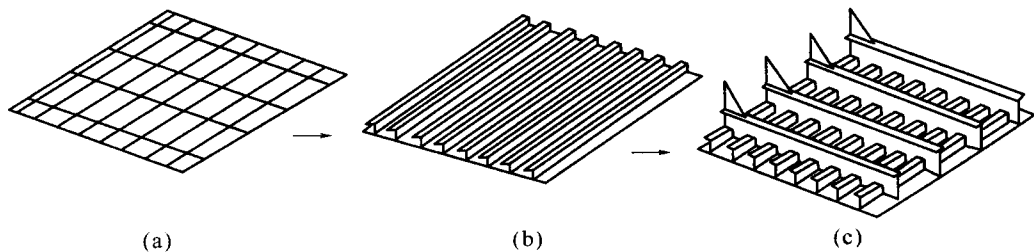


图 1.2 分离法

(a)画线、切割;(b)纵骨安装、焊接;(c)横向构件安装、焊接

(2)放射法 如图 1.3 所示,在分段装配基准面上,按从中央向四周的放射状方向,依次交替地装配纵、横构件并焊接。这种方法引起的分段变形小,适用于曲率变化大、钢板稍薄的小型船舶分段制造,也适用于板材厚度较大、且高度在 1 m 以上的双层底结构。

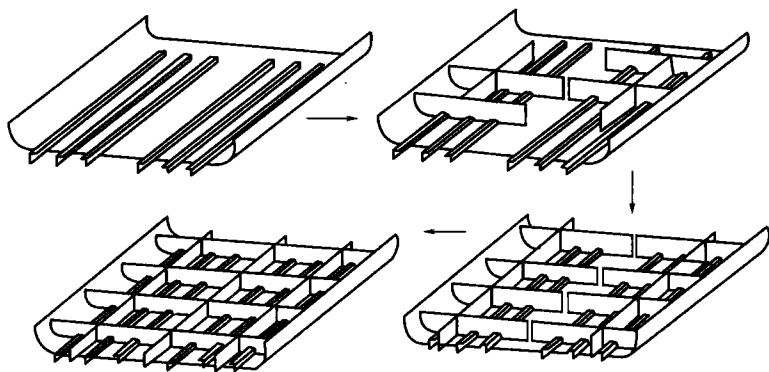


图 1.3 放射法

(3)插入法 如图 1.4 所示,在分段装配基准面上,先安装间断的纵向构件,再装插入的横向构件,最后将连续的纵向桁材插入横向构件中,然后再进行焊接。这种方法可使构件吊装的时间集中,不需吊车随时配合,但插入安装难度较大,适合于钢板较厚且制造地起重设备负荷较大的中型船舶的分段制造。

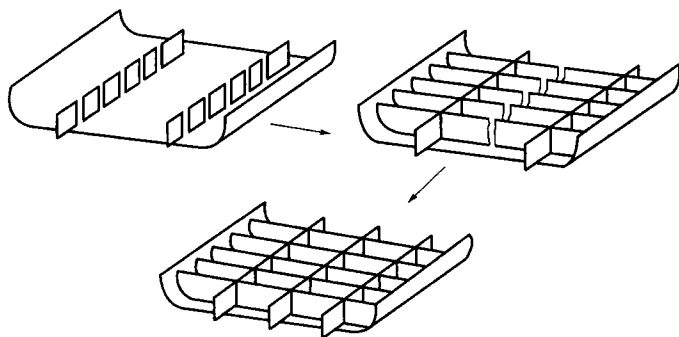


图 1.4 插入法

(4)框架法 如图 1.5 所示,先将所有的纵、横构件组装成箱形框架并焊好,再与板列组装在一起形成分段。这种方法优点是减少了分段制造工序上的工作量,使工作面得以扩展,并有利于焊接采用机械化;缺点是要求有一个水平度较高的组装平台。适用于大型平直分段制造。

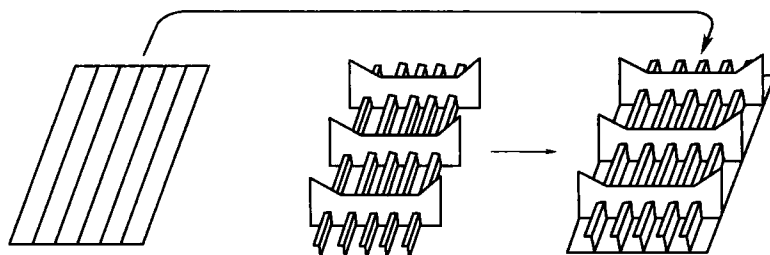


图 1.5 框架法

1.1.3 船台装配方式

船台装配方式的选择,要根据船舶产品的特点和船厂的生产条件来决定,如船舶主尺度、船型、产品批量、船厂起重运输能力、生产场地、劳动生产负荷等。常见的船台装配方式有以下几种。

1. 总段建造法

以总段作为船体总装单元的建造方法。如图 1.6 所示,首先将船中部或靠近船中的总段吊到船台上固定,作为基准总段。然后依次吊装前后的相邻总段,当两个总段的对接缝结束后,即可进行该处的舾装工作。由于总段较大、刚性好,并有较完整的空间,因此能减少船台工作量和焊接变形,提高总段内预舾装程度,并可提前进行密性试验。由于受船台起重能力的限制,一般只适用于建造中小型船舶。对于采用水平船台造船的船厂,因为可以使用船台小车作为总段的运送工具,故不受船台起重能力的限制,但受船台小车尺寸和额定载荷的限制。

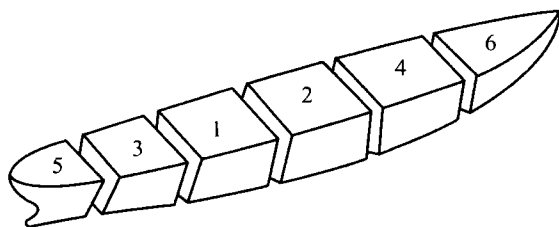


图 1.6 总段建造法

2. 塔式建造法

建造时在靠机舱的前端选定一个底部分段作为基准分段,先吊上船台定位固定。由此向前后左右,自下而上依次吊装各分段,在建造过程中所形成的安装区始终保持下宽上窄的宝塔形状,故称塔式建造法,如图 1.7 所示。塔式建造法有利于扩大船台施工面和缩短船台周期。

由于中心塔的长度不大,而横剖面的刚性较大,有利于减少和控制焊接变形。但由于中间塔区部分的质量始终大于后装部分的质量,且船台焊接量较大,所以完工后船艏上翘变形较大。这种建造方法多用于建造大、中型船舶。

3. 岛式建造法

将全船划分成两个或三个建造区,每个建造区同时采用塔式建造法进行装配,而建造区之间用嵌补分段连接,这种装配方法称为岛式建造法,如图 1.8 所示。划分成两个建造区的称为两岛式建造法,划分成三个建造区的称为三岛式建造法。这种建造法能充分利用船台面积,扩大施工面,缩短船台周期,而且建造区长度较塔式建造法短,且有两个以上的定位段,所以焊接总变形比塔式建造法小,但嵌补分段的装配定位作业比较复杂。这种方法常用来建造船长超过 100 m 的大型船舶。

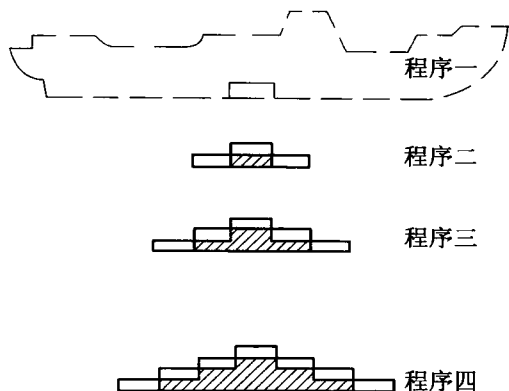


图 1.7 塔式建造法

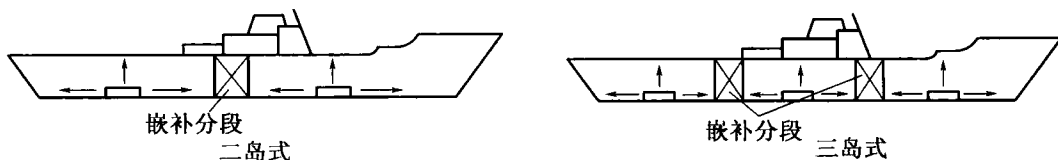


图 1.8 岛式建造法

4. 层式建造法

如图 1.9 所示,在船台上先将船底分段装焊完毕,再向上逐层装焊直至形成船体的造船方法。国外采用这种方法较多,近年来已为我国少数大船厂所采用。优点是船体分段吊装时,初期投入量比较多,从而使整个船台建造周期吊装负荷比较均匀,有利于机舱区的扩大预舾装。缺点是船体焊接总变形大,船台工作面积狭小,不利于劳动力的展开。适用于建造单艘且船台散装零件较多的大、中型船。

5. 两段建造法

如图 1.10 所示,是将船体分为两段,分别在船台上或船坞内建成,然后在水上或坞内合拢成整个船体的建造方法。两段分别在船台上或船坞内同时展开平行作业,能使舾装作业更均