

船体建造工艺学

● 工人技术培训教材

● 冯运檀 主 编

哈尔滨船舶工程学院出版社

U671

F54

345293

船体建造工艺学

冯运檀 主编



哈尔滨船舶工程学院出版社

内 容 简 介

全书共分八章。以工厂施工实例中的操作方法和施工要领为重点,着重介绍船体分段划分的原则和典型实例,焊接基础知识以及零件加工管理,胎架设计与制造,部件装配与焊接,分段装配与焊接,总合安装与验收,密性试验,水尺水线勘划和船舶下水阶段的施工工艺方法和技术要求。各章附有典型插图和思考题。

本书为船厂中级放样号料工的技术理论培训教材,也可作为船体制造专业有关人员的技术读物。

DU27/29



船 体 建 造 工 艺 学

冯运檀 主编

哈尔滨船舶工程学院出版社出版
新华书店首都发行所发行
哈尔滨建工学院附属印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张 10.75 字数240千字

1990年2月 第1版 1990年2月第1次印刷

印数: 1—1500册

ISBN 7-81007-067-3/U·14

定价: 4.70元

前 言

为了落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，搞好船舶工人技术理论教育工作，加强智力开发，提高职工素质，以适应社会主义现代化建设和振兴船舶工业的需要。中国船舶工业总公司人事部组织了上海船舶工业公司有关船厂，在调查研究和总结经验的基础上，根据总公司《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求，编写了船厂二十一个工种的初、中初《造船工人技术理论教育教学计划与教学大纲》。

根据这些教学计划与教学大纲的要求，我们组织一些船厂有实践经验的工程技术人员及有丰富教学经验的教师，编写了五十种船舶工人技术培训教材，并聘请技术水平较高、经验丰富的同志担任主审。在编写过程中，广泛地听取了各船厂的意见，增强了教材的适应性。

编写的教材有：放样号料工、冷加工、火工、装配工、焊接工、批铆和密性试验工、气焊气割工、船舶钳工、船舶管铜工、螺旋桨工、船舶板金工、船舶电工、船舶木塑工、除锈涂装工、船舶泥工、起重吊运工的工艺学，及船体结构、船舶概论、船体制图、船体结构与识图、船体加工设备与工夹模具、企业管理常识、电工常识、机械制图、船舶常识、船舶电工学、电工基础、船舶电气工程概论、电工仪表与测量、船舶电站与电力拖动、船舶导航与通信设备、木工制图、电动起重机原理及操作、金属材料及热处理、画法几何、船舶柴油机结构和修理等。

这些教材力图体现工人培训的特点，既考虑到当前造船工人的文化水平，做到通俗易懂，又要有一定的理论深度，适当考虑到长远的发展；既做到理论联系实际，又注意到知识的科学性、系统性和完整性；既体现船舶特色，又兼顾不同类型船厂的需要；既便于集体组织教学，也便于个人自学。

这套教材主要用于船舶工人相应工种的初、中级技术理论教育，也适用于对口专业职业高中和技工学校的教学，有的也可作为其它类型工厂的工人培训教材。相应专业的科技人员、专业教师及管理人员也可选作参考书。

这套教材的出版，得到了哈尔滨船舶工程学院、有关地区公司、船厂的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写船舶工人培训的统一教材还是第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材难免存在不少缺点和错误。我们恳切希望广大读者在使用中提出批评和指正，以便进一步修改、完善，不断提高教材质量。

中国船舶工业总公司教材编审室

一九八五年七月

编者的话

根据中国船舶工业总公司提出的对造船技术工人进行专业培训的要求，并按照中級放样专业培训教学计划和大纲的内容，编写了《船体建造工艺学》一书。由于放样工序是直接将船舶设计图纸，依据不同的施工工艺技术要求，通过各种放样手段，转化为船体结构零件的过程。同时又必须对各建造工艺阶段的有关工序，提供必要的施工信息，因此向放样工传授较为全面的船体建造工艺基础知识是必要的。

现代造船，由于新工艺新技术的应用越来越广，从电算技术、数控技术、高效率焊接、精度管理到预舾装工艺等。本书由于篇幅有限，只能抓住重点，扼要叙述，并力求做到内容充实，通俗易懂。

通过各章的教学，旨在使放样工人初步具有船体建造工艺的基本知识，并且在放样工作中能迅速、正确地领会设计者的意图，提高放样工作的质量和效率。

本书第三章由陈旻同志编写，第四章及第八章由唐建国同志编写。全书经由施功时同志负责主审。

由于编者的水平有限，缺乏经验，书中会有不少缺点，甚至错误。而船体建造工艺的涉及面比较宽，本书中又编入了部分新的造船工艺方法，在进行教学时难免有欠妥之处，望使用本教材的各位教员和广大读者批评指正。

目 录

结论	1
第一章 船体分段的划分	5
第一节 船舶建造方案与船体分段划分	5
第二节 船体分段划分的原则	5
第三节 分段划分的节点工艺性要求	12
第四节 散货船分段划分原则运用示例	16
第五节 万吨级油船分段划分原则运用示例	19
第二章 船体零件的加工和管理	20
第一节 零件形式的分类	20
第二节 零件加工工艺流程的合理化	23
第三章 焊接基本知识	28
第一节 焊接的基本概念	28
第二节 焊接方法及焊接设备	31
第三节 船体钢材的分类、牌号、性能及用途	37
第四节 船体钢材的可焊性	40
第五节 焊接接头的基本形式及焊接质量	41
第四章 胎架的设计与制造	47
第一节 胎架的功能和形式	47
第二节 底部胎架制造工艺	54
第三节 舷侧胎架制造工艺	58
第四节 甲板胎架制造工艺	60
第五节 艏艉柱胎架的设计和制造	60
第六节 胎架制造的生产技术准备	62
第五章 部件装配和焊接	64
第一节 平板拼装和焊接	64
第二节 部件装配和焊接	72
第三节 框架部件制造	81
第四节 大型部件的组装	83
第六章 分段制造	90
第一节 分段装配方式和施工原则	90
第二节 典型分段的装配和焊接	94
第三节 分段制造质量的控制	109
第四节 分段翻身工艺和吊环的设置原则	116

第五节	分段制造的合理化	120
第七章	船台安装和焊接	124
第一节	船台的类型和安装方法	124
第二节	船台安装	128
第三节	船台焊接	137
第四节	船台密性试验	144
第五节	水尺水线的勘划	148
第六节	船台安装的安全作业设施	151
第八章	船舶下水	157
第一节	船舶下水的方式	157
第二节	纵向下水工艺	160

绪 论

一、船体建造工艺的发展

近年来由于世界科学技术的飞速发展,许多新工艺、新技术迅速和广泛地进入了综合性很高的造船业。早在40~50年代,船体结构就已由铆钉结构发展为焊接结构,使船体建造效率显著提高。以后随着分段造船法的诞生,又为船体建造过程的现代化创造了条件,从而大大缩短了船体建造的周期。

60~70年代,随着舾装工作的标准化和系列化,使造船的配套工业迅速发展,预舾装和单元组装等新的建造工作体系的形成,作业效率的提高,使造船的产量迅速上升。作为生产基本要素的高效率焊接技术得到了迅速的发展,在船体结构零件的切割和加工等作业中都已和数学放样相适应。由于采用了数控切割机,提高了零件的几何精度,从而大大降低了装配焊接的作业工时数。

70~80年代,以舾装作业为中心环节的建造系统新体系的确立,使造船的总周期,

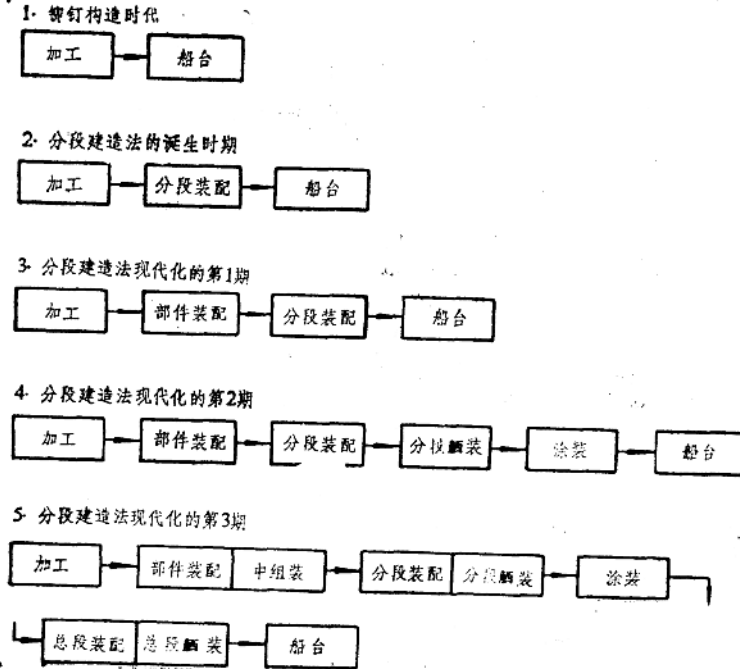


图0-1 造船发展阶段的变迁

特别是码头舾装周期大大缩短，其基础就是造船工程管理和造船设计的电算化。在管理上，从总工时、总周期以及每一阶段的工时负荷和周期，都通过电算来平衡，因此开工前的生产准备系统的工作效率是非常高的。

从造船方法来看，现代造船主要经历了以下几个时期的变迁，见图 0-1。

造船技术发展的历史，充分反映出出现代造船工艺技术在施工效率和建造质量等方面都有了很大的发展和提高。

二、现代造船的设计和生产管理

造船厂是一个多工种联合作业，产品周期长，工程量大而品种复杂的综合性生产企业。建造船舶产品所需要的材料和设备涉及到国内和国外的综合配套。生产技术准备所需的周期较长，因此经营管理和组织生产方面难度比较高。现代造船在短周期、高质量、低成本和施工安全等方面都有着很高的要求。造船厂从接受订货到建造交货的过程，通常划分为下述两个阶段。

1. 生产技术准备阶段

从工厂接受船东订货要求到开工，是造船工程中的重要阶段，即生产技术准备阶段，其中主要是设计。因为造船生产必须依据产品的设计图，组织全厂的生产活动，因此设计的技术水平、深度、施工的经济性和合理性，将会直接影响工厂的生产经济效益。一般设计工作的程序见图 0-2。

船舶设计图纸共分两大类，即供船体工作部门使用类和供舾装工作部门使用类。各设计阶段所绘制图纸的内容如下(下列括弧中的图为合同设计图)。

(1) 船体类

船体初步设计图：(船体技术说明书、总布置图)、型线图、(舾剖面图)、总体性能计算书、结构强度计算。

船体详细设计图：基本结构图、外板展开图、肋骨线型图、货舱机舱区构造图、艉柱和艉部构造图、上层建筑构造图、大型铸钢件订货图、船用钢材预订表。

详细设计图是以整体的或大段区域构造图形式出现的，对船体所有的结构件的材质、规格和尺度表达清楚，但图上不具备有供施工用的生产技术信息。按通俗的讲法，详细设计是解决“要造什么样的船”的问题。

船体生产设计图：船体分段施工工作图、零部件配套表、分段翻身吊环、脚手架、扶梯等布置图、舾装件安装图、零件下料工作图、数控切割套料图、焊接及各种施工工艺图、分段材料定额表。

船体生产设计是将详细设计图纸转化为现场施工的过程。按通俗的讲法，生产设计是解决“怎样造船”的问题。因此生产设计的完善程度，对于生产管理、质量和成本都有密切的关系，也是体现一个造船企业管理水平的重要标志。

(2) 舾装类

舾装初步设计图：(舾装、轮机和电气技术说明书、机舱布置图、电站计算书、设备订货厂商表)。

舾装详细设计图：动力装置图、舱室布置图、锚泊系泊装置图、舵系图、机舱和货舱区域管子系统图、计测装置一览表、电站电路系统图、动力照明航海仪器无线电设备

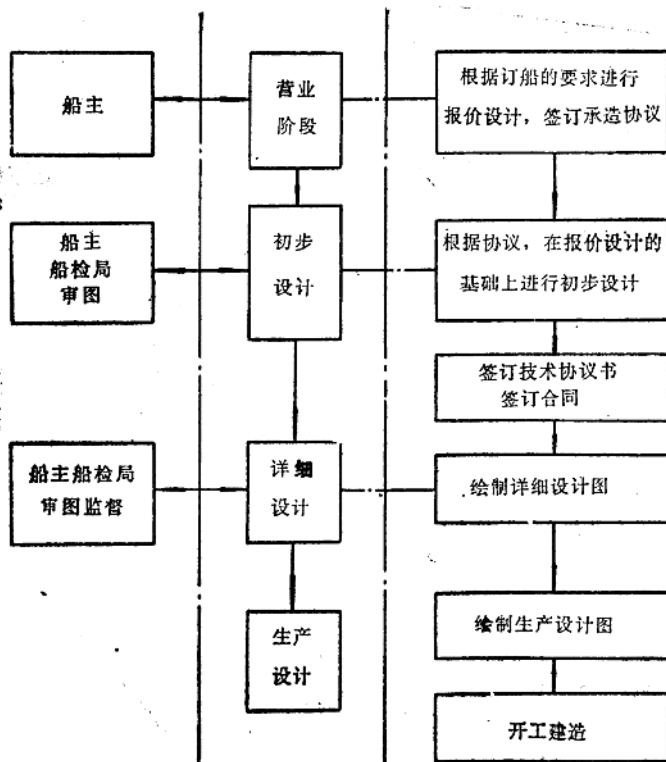


图0-2 造船设计工作程序

等、钢材预估单、设备订货说明书。

舾装生产设计图、舾装装置图、舾装品制造图、托盘管理表、舾装品安装图、单元制作图。

现代造船对于舾装的概念已经扩大，除船壳工程以外的安装工程均称为舾装工程。它包括机装、船装、电装、涂装，因此舾装生产设计的良好实施，特别是托盘管理法的采用，是提高船厂舾装工作管理水平的重要手段。也是缩短船台和码头舾装作业周期的有效手段，从而使船舶下水后在短期内得以顺利完工交船。

2. 施工阶段和施工管理

在设计 and 材料设备订货工作完成后，新船建造的第二阶段就是施工。为了能按照合同所确定的日程按时交船，必须对施工过程中每一工艺阶段的生产活动，进行科学的施工管理。如场地、劳动力、周期、工作负荷、配套和零部件的流程，进行计划安排和检查修正。因此施工管理是组织起有节奏的均衡生产所必不可少的工作。施工管理方法合理和有效是与船厂工艺阶段和工序划分、劳动组织形式和管理手段等有密切的关系。一般造船施工管理方法分类如下。

(1) 以生产组织形式分

按工种区分组织生产 在船壳建造过程中,对象物是固定的。各工种,如装配、电焊、火工等分别是独立的劳动组织,按工时和日程计划,交错进行作业。因此不能很好地组织起流水作业,工作效率低。

按工序和工艺阶段区分组织生产。生产按船体建造工艺阶段和工序进行作业范围的划分,以混合工种的固定式劳动组织和相对固定的工作场所组织生产,这是现代造船进行流水作业的有效方法。

(2) 以管理方法分

工时管理 对施工部门以消耗工时数来考核小组、工段和车间作业计划的完成量。由于工时受产品种类,结构的变化,作业方式和非标准化的影响,工时数反映工程完成量的准确性较差,因此计划管理的效能不太高。

物量管理 是以完成零件、部件和分段等的重量来计算,考核各部门的作业计划的完成量。它是和以工序区分组织生产体制相适应的。由于物量是反映船舶产品工作量最确切的定量单位,因此可以组织起良好的施工管理体系,控制好每一工艺阶段的工程完成量,因而管理效能高。

(3) 以管理手段区分

常规方法的计划管理见图0-3。

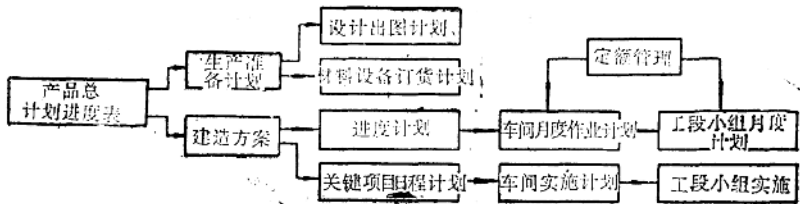


图 0-3 常规计划管理流程图

计算机辅助计划管理见图0-4。

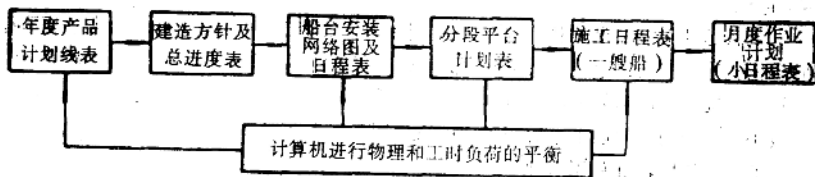


图0-4 现代造船计划管理流程图

我国造船工业在技术和施工管理方面,正在高速向前发展。施工管理的现代化是提高企业经济效益的重要途径。现代造船工程中的计划管理,应该以物量作为计划考核的主要标准。实现计算机辅助计划管理,必须建立各类产品的工时、日程和物量的核算标准。同时又必须在产品生产设计、设备配套等工作部门的密切配合下才能实现。

第一章 船体分段的划分

第一节 船舶建造方案与船体分段划分

一艘新船开工，为了能够取得最好的经济效益，必须根据产品本身的类型和特点，结合工厂的设备和能力，制订一个最为合理的建造方案。其方案如下。

1. 船体建造方法 包括船体分段的划分；分段的制造法（部装、中组装、分段组装和总段组装的范围及施工方法）；船台安装网络图（船台吊装起点、分段吊装程序、船艏吊装总周期的平衡）。

2. 船舶舾装的方法和作业阶段的划分 如舾装单元的尺度、重量和数量；分段预舾装率；船台舾装的内容和方法；特殊舾装工艺的采用；码头舾装和多层甲板室总段预舾装的百分率。

3. 船舶建造过程中，需要采用的新工艺、新技术项目。

4. 设计图、供图来源和供图日程。

5. 主要材料和设备的供应来源和交货日程。

6. 造船场地的布置和专用工艺装备的配置。

7. 提高产品质量的措施。

8. 降低成本的方法。

9. 船壳、舾装件外包工程的内容和范围。

由此可见，船舶建造方案是船厂设计和生产技术准备、制订生产计划和进行施工管理的主要依据。在制订建造方案的过程中，最重要的就是分段划分。因为只有在根据工厂条件和作业方法的基础上，完成合理的分段划分后，其它后续项目才能继续进行工作。

第二节 船体分段划分的原则

新船建造在技术准备阶段进入详细设计时，同时应进行分段划分工作，并将划分的结果带入详细设计图。船体分段划分合理与否，会直接影响船厂设备潜力的发挥、产品质量、成本和劳动生产率等各项技术经济指标的完成率。因此它是决定船舶建造方法先进性的主要内容之一。

一、限制分段最大重量原则

船舶建造中，充分缩短船台周期是提高造船量的必要条件。为了能减少船台安装工作量，就必须尽可能使分段的尺度和重量充分大，但是分段的最大重量又不能超过工厂起重运输设备的安全负荷。分段的最大计算重量如下

$$\text{分段总重} = \text{结构净重} + \text{焊接材料重量} + \text{机电舾装品重量} + \text{船体舾装件重量}$$

+分段吊环加强材重量。

吊车安全荷重 = 分段总重 + 起吊工具 + 附件重量

分段在空中翻身时，其最大重量一般控制在—台吊车的安全荷重以内。但是工厂实际工作时，还必须考虑下述因素。

1. 分段建造方法采用反造法，需要翻身焊接，则分段总重等于—台吊车的安全荷重。分段不翻身，采用正造法后直接上船台，分段总重等于两台吊车安全荷重 $\times 0.8$ (联合吊运不均匀系数)。

2. 分段制造场地不在船台吊车工作半径内，若需要搬运时，平板车的最大安全荷重必须考虑。

3. 分段划分时，考虑最大重量的分段一般是艏艉大型立体分段和底部结构密集的分段。

4. 有时为了施工工艺的需要，分段超过吊车安全起重量时，可采用落地翻身。—般采用圆弧形滚筒翻身时，分段重量等于1.5倍吊车安全荷重，以防止产生冲击力使吊车超重。采用啮合线形滚筒翻身时，分段重量等于1.8倍吊车安全荷重。

二、原材料最佳利用率原则

由于目前我国的造船钢材均是定尺供应，且每年仅二次定货，因此分段的划分必须和钢板的定尺供应相适应，才能充分提高钢材的利用率，降低成本。—般国产钢板的常用规格为： $1.5 \times 6\text{m}^2$ 、 $1.3 \times 7\text{m}^2$ 、 $1.8 \times 8\text{m}^2$ 、 $2.0 \times 12\text{m}^2$ 、 $3.0 \times 12\text{m}^2$ 。在平行舢体部位必须按长度用足。

分段长度 $l = \text{钢板定尺长度} - (\text{切割余量} + \text{装焊工艺余量} + \text{边缘不直度误差})$

在艏艉部线型变化处的分段长度应相应缩短。

分段中心线长度 $l_1 = \text{钢板定尺长度} - (\text{外板曲线最大伸长量} + \text{钢板的展开棱形度} + \text{切割装焊工艺余量})$

对于曲面分段长度一般在分割时，仅作估算。因为不同部位曲线伸长量差别很大，若分段长度确定后，部分板长超过规格时应增加横向接缝。

三、组织均衡生产的原则

分段划分如单纯考虑船台的工作量和周期的压缩，就会不适当地增大分段尺度。这样就使分段制造周期延长，降低船台利用率，不利于工作量的平衡。

由于分段的增大，在分段内部有甲板、隔舱、舷侧等大型构件，因此零部件的流程也较复杂。为了适应现代化造船工程管理的需要，分段划分时应该考虑下述要点。

1. 小分段施工，增加分段数量，提高分段制造胎架和平台的周转率，同时有利于打磨涂装工作的顺利提交。—般分段长度应小于12m或16m，按除锈房和油漆房门孔和内堂尺寸决定。

2. 分段的制造工作量应基本平衡。

3. 曲面分段和平面分段分割，有利于内场各工序加工作业负荷的均衡，如图1-1。

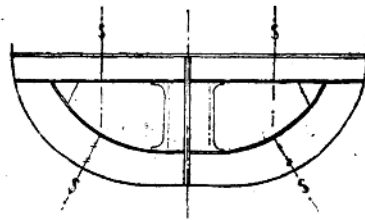


图1-1 曲面、平面分段分割图

四、船体结构强度合理性原则

船体结构由于使用特性不同，其结构形式也不同。为了保证主船体的结构强度，对分段划分的大接头提出了要求和限制条件。其原因是因为焊接接头和热影响区域中存在残余应力，加上结构上某些部位在船舶营运中一直处于高应力状态，当应力集中和焊接接头应力产生叠加时，容易产生裂缝及结构破坏等严重事件。关于强度合理性原则有以下几个方面。

1. 甲板舱口角隅处的大接头位置应避免弧线，见图1-2(a)。
2. 高应力区的结构边缘线和分段接缝线尽可能取法线方向相交，见图1-2(b)。
3. 外板开口处不宜设接缝，若必须设置时，接缝应通过开口圆心或直边部分，见图1-2(c)。
4. 内底板等结构的折角线处分段接缝应避免150毫米以上，见图1-2(d)。
5. 构架人孔边缘设置接缝时，最少应距孔边 $1/3B$ 以上，见图1-2(e)。
6. 底部分段横接缝不能和舳龙骨接缝处在同一位置上。舳龙骨的接缝上还必须设止裂孔，防止航行中产生的裂纹扩展至船壳主体结构，产生海损事故，见图1-2(f)。

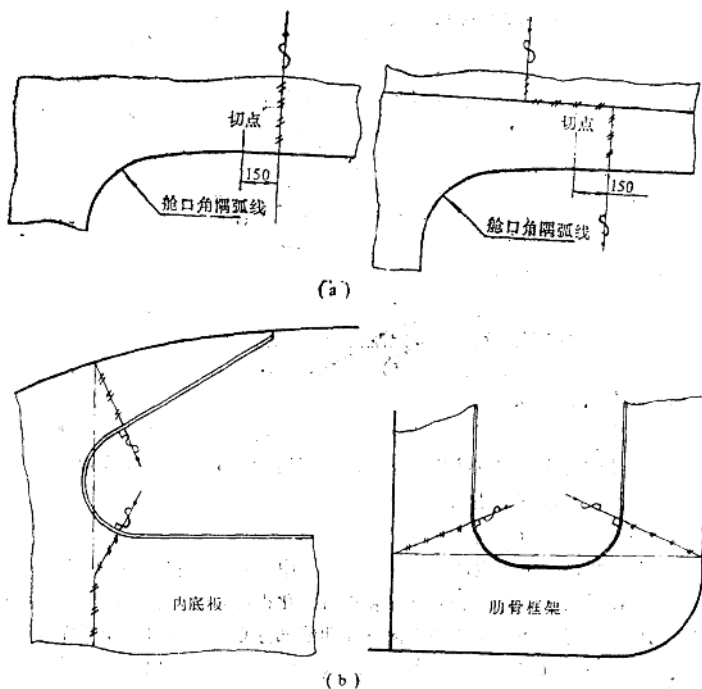


图1-2 高应力部位分段接缝布置图 (一)

(a) 舱口角隅分段接缝布置图; (b) 高应力区分段接缝布置图

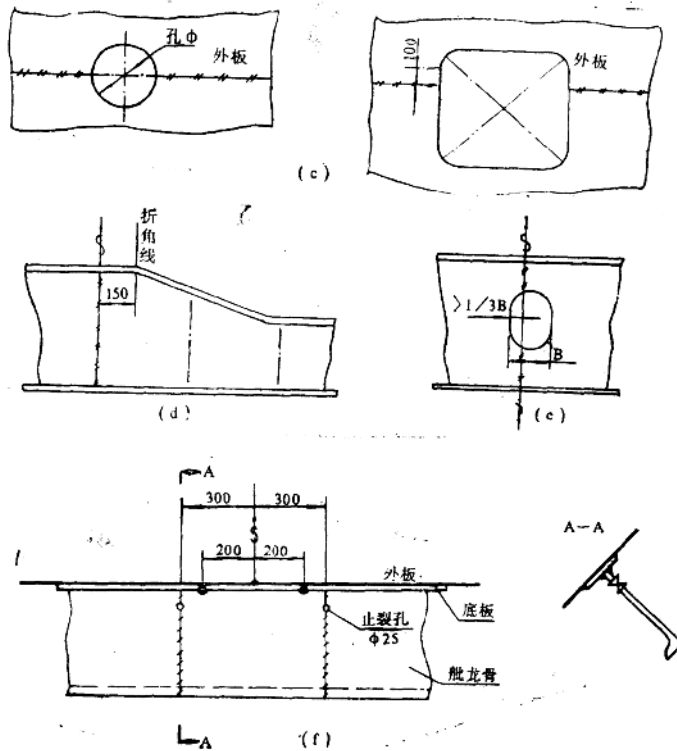


图 1-2 高应力部位分段接缝布置图 (二)

(c) 开孔节点图; (d) 折角线处分段接缝布置图; (e) 人孔处分段接缝布置图; (f) 龙骨和分段接缝节点图

五、施工工艺合理性原则

分段划分是建造方案的重要组成部分,而施工工艺合理性,又是分段划分中的重要原则。因为工艺性的优劣,将直接影响产品的施工质量、工作效率和作业安全等技术指标,作为基本原则,一般有下列几个方面。

1. 扩大平面分段的范围和数量

目前平面分段机械化流水线已在许多船厂中逐步建立和完善。在分段划分时,尽量增加平面分段的数量,这对提高分段装焊机械化程度,具有很大的作用,因此只要船体结构上允许,应尽量将船体的平直部分和曲线部分划开,而且应使平面分段的尺寸不超过平面分段机械化流水线所允许的最大尺寸。其次,即使承造厂没有平面分段流水线,也应尽量扩大平面分段的数量,以便得到良好的施工条件和扩大自动焊使用范围。

2. 分段接缝布置的合理性

(1) 分段接缝一般都要求布置在平直和线型变化和缓的部位,或者过圆弧切点的直

边部分, 见图1-3。但必须结合船体结构的特点来处理, 因为整个船体是由一些连接构件把各部分特征不同的结构连接起来的。例如通过舭肘板把底部和舭侧部分连接; 通过梁肘板把舭侧结构和甲板结构连接起来等。通常以这些连接处的接缝作为自然的分段大接缝, 这样既照顾了船体结构的特点, 又可以充分利用船体构件的现成接缝, 从而减少了因切断连续构件所造成的装配焊接工作量。

(2) 分段大接头在线型平坦的船体中部, 板材和骨架应在同一平面内切断, 这样可使分段制造工作简化, 便于施行分段无余量工作法和实施全面的精度管理。而船艏部分分段由于线型变化, 安装难度大, 所以分段完工后带有余量上船台安装。为了使分段定位切割方便, 根据吊装程序可将甲板缝和外板缝交错布置, 见图1-4。

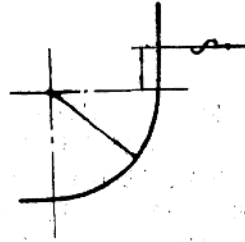


图1-3 分段接缝节点图

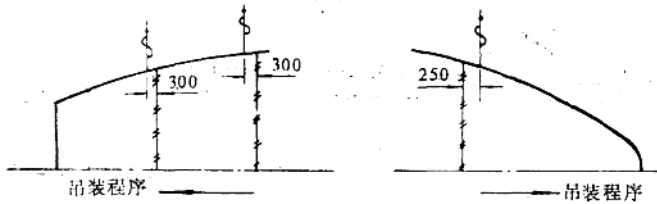


图1-4 舭侧分段接缝布置

(3) 分段横向大接缝应尽可能布置在一个横截面内, 以提高船台吊装工作的效率。尤其在采用总段建造时, 这一要求就显得更为重要。否则当一个长的舭侧分段跨越二个底部分段时, 由于分段的焊接收缩量不同, 就会造成上下分段肋骨错位, 这不仅影响船台施工质量, 而且增加了修正时的附加工作量。

(4) 分段横向接缝在肋距内的位置, 一般要求设在 $1/4$ 肋距处, 内河小船肋距小, 可以设在 $1/2$ 肋距内, 原因就是要使伸出的短边以肋骨为基准, 控制大接头船体线型。如果接缝在肋距中间, 则大接头的焊接角变形严重, 船台火工校正困难。反之, 如果接缝离肋骨太近, 也会给焊接工作带来困难。所以接缝距肋位一般不小于 150mm , 极限值为 100mm 。

(5) 分段纵接缝不允许和纵向构件交错, 而必须根据结构特点作平行布置。原因是一旦发生交错, 不仅装配困难, 而且接缝和构架重叠处会对外板焊接质量产生不良影响, 所以应当尽量避免交错。万一发生交错时, 可以将纵骨的端部切断, 增设横向骨架。

(6) 为了减少分段接缝的对接工作量, 简化工艺, 提高质量, 分段接缝应尽量划在切断骨架数量少的位置上。纵骨架式结构多作纵向划分, 横骨架式结构多作横向划分。

(7) 分段接缝的布置

底部分段的纵缝一般作阶梯形布置, 以便于先后吊装。横向接缝一般作平面布置, 在船体总长上便于进行精度管理, 见图1-5。

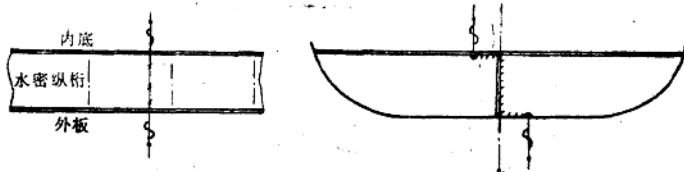


图1-5 双层底分段纵横接缝布置图

嵌补分段是船台吊装终止阶段的嵌装分段。因此构架和板材均应作阶梯式布置。由于节点的处理和吊装作业比较麻烦，在一般的情况下，以不设嵌补分段为好，但是为了增加船台吊装作业面，缩短船台周期，也可以在船艏同时设置嵌补分段。嵌补分段的处理原则是：板和骨架均应错位100~150mm，散装货船顶边水舱的嵌补分段节点处理如图1-6。甲板肋骨是扁钢时，不设散装件，以求减少仰位工作量。若骨材是球扁钢和角钢时，因吊装不易到位，此时甲板纵骨可以和斜内底纵骨和舷侧纵骨一起设置等于500mm的船台散装件。

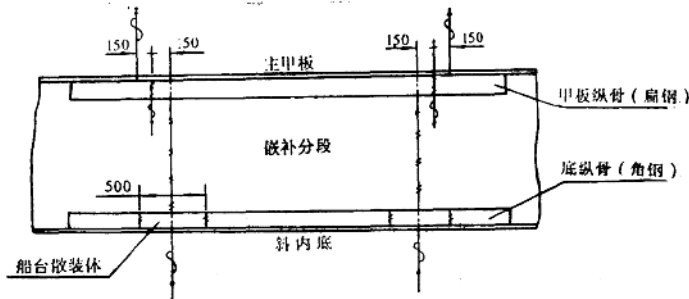


图1-6 顶边水舱嵌补分段纵剖面节点图

分段接缝一般取对接的形式为好，这样便于修割余量。但是对接焊缝焊接工作量大，质量要求高。工艺性优良的分段接缝，以角接形式为好，这样易为施工者所接受，因为装配和焊接的工作量都比较小，焊接的质量标准也较低。常见的形式是用于纵横隔壁的上口和下端，大肋骨的下端和底部结构对接处以及多层甲板室对围壁下端角接缝，如图1-7。

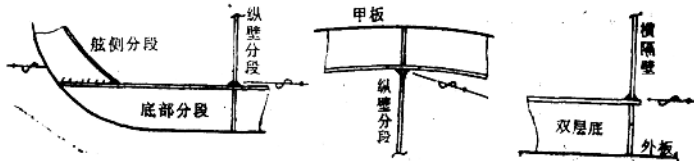


图1-7 分段接缝角接节点图

3. 减少分段变形，提高船台建造精度

(1) 分段划分后的纵横尺度不宜过大，否则分段变形量也随之增大，精度控制比较困难。根据结构形式的不同，在起重能力满足的条件下，万吨级船取 $12 \times 12\text{m}^2$ ，3000吨级以下的船取 $8 \times 10\text{m}^2$ 为宜。