

# 船体分段划分方法研究概述

钟宏才 向东 谭家华

(上海交通大学船舶及海洋工程学院)

**提 要** 本文介绍了国内外在船体分段划分方法上的研究状况, 归纳了应遵循的分段划分原则, 同时指出了分段划分方法研究的发展方向。

**主题词** 分段建造法 船体分段 设计

## 1 引言

20世纪40年代中后期, 焊接技术在造船中的应用发展了船体分段建造技术, 并由此开始了分段划分方法的研究。分段建造技术对船舶行业的影响是巨大的。和船舶的整体建造方法相比, 分段建造方法可以大大地缩短建造周期, 也改善了工人的作业条件和船舶的建造质量。但分段建造方法也带来了如何划分分段才能更适应建造的问题, 即针对船型特点, 结合船厂的生产设备和生产技术水平找出最优的分段划分方案来。如何更合理地划分分段, 国内外的造船工作者都做了大量的研究, 本文介绍了国内外分段划分研究现状, 并指出了分段划分方法研究的发展方向。

## 2 国内外的分段划分研究

分段的划分应适于船舶的建造, 要满足可建造、易于建造和高效建造的要求, 这就对船体分段有各种限制和要求, 如分段结构的强度和刚度要求, 改善作业条件的要求, 满足船厂起吊运输能力的限制要求等等。通常这些要求是以分段划分原则的形式提出来的, 特别是在传统的造船模式下, 分段划分的研究就是对分段划分原则的研究。因此, 确定合理的分段划分原则就成了船体分段划分方法研究的重要部分。如文献[1]中提到分段划分的位置和分段的大小应当满足以下条件。

(1) 为了保证分段在运输和起吊时分段有足够

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金资助课题  
(2000024801); 国家自然科学基金(59975059)

的结构刚度, 通常在划分分段时把分段端部或侧边划到靠近横舱壁、纵舱壁或甲板的位置; 为了船台合拢时的焊接方便, 分段的端接缝应与舱壁或者甲板间隔大约300mm, 而且舱壁或甲板上的扶强材应在端接缝的相反方向。

(2) 在船台合拢之前, 为了便于尽可能多地安装甲板下的舾装件, 如管支架、普通管子、电缆和风管等, 分段的划分一般要高于甲板大约200mm, 如图1所示。

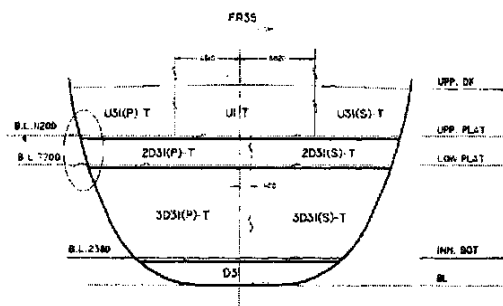


图1 对甲板或平台的分段划分

基于上述考虑, 分段划分时应考虑如下因素:

- (1) 考虑纵舱壁和其他主要结构的位置;
- (2) 横舱壁的跨距;
- (3) 可以从钢铁厂获得的钢板的规格;
- (4) 舾装后的分段的最大质量和尺寸, 以便能够进行起吊和运输;
- (5) 在船台合拢之前的预舾装完成量;
- (6) 船台分段吊装流程。

文献[2]除了介绍了一些和文献[1]类似的分段划分考虑因素外, 还特别提到, 为了建造的方便及降低建造成本, 分段划分时应尽可能使分段有一个平面部分, 而且左右两舷的分段应尽可能地相似。文章强调了应尽可能采取“自然”的分段划分方法, 其基本含义是: 划分出来的分段在建造时可以清晰地把它归结到熟知的装配场所中去, 如立体分段装配或

者部件装配。即划分出来的分段可以很方便地归类为是平面分段、曲面分段、半立体分段还是立体分段。不要出现比较怪异的分段,工人对制造这种分段的工艺流程如果不熟悉,就会造成生产效率低下,质量得不到保证。文献[3]和[4]都有分段划分方法的论述。

我国造船工作者也对船体分段划分做了大量的研究和经验总结,如文献[5]和[6]就以提出分段划分的原则对分段划分方法进行了研究。在1985年,我国翻译出版的《钢船建造法》第二卷中,比较详细地介绍了船体分段划分的原则<sup>[7]</sup>。归纳起来有以下几点:吊装起始点;吊车能力(地面装配状况以及吊车类型);装配作业条件;装配平台周期条件;船台施工条件以及与舾装工程的关系等。文献还指出,这些条件在有些场合是相互矛盾的,需要根据造船厂的实际情况加以取舍。还有的造船工作者结合船厂的实际情况,综合考虑所建船舶的船型特点及建造批量,提出了适宜的分段划分方法<sup>[8]</sup>。

综合各种文献介绍,分段划分原则可以归纳为以下几点:

(1) 生产资源最大利用率原则。分段划分受到船厂生产资源的限制,这些限制包括:车间、船台和码头的起吊设备的最大起吊质量和起吊高度;船厂的分段搬运能力;胎架、涂装车间等生产作业场地的面积;装配车间的出口尺寸等。实际分段划分中,在满足这些限制条件的前提下,尽量把分段划得大一些。这样可以减少焊接工作量、减少船台吊装次数、增加舾装件安装的空间(提高了预舾装率),从而提高生产效率。

(2) 原材料最佳利用率原则。可获得的钢板规格,它影响分段的长度。在实际分段划分时,根据钢板规格使分段的长度尽量安排成钢板长度的倍数,提高钢板的利用率。

(3) 保证船体结构强度原则。分段划分应考虑船体纵、横舱壁的位置及船体中主要结构的位置;舱口角隅等应力集中的部位。它们既影响船体结构强度,也影响分段的结构强度。为了保证分段本身具有足够的刚度,而且在分段吊运过程中不需要或尽量少加设临时支撑,并保证分段合拢后船体的结构强度,在实际划分时,分段接缝线应靠近横舱壁,并背离舱壁结构面;并应避开船舳、双底结构向单底结构过渡处、主机两端,以及甲板开口角隅处等结构突变处。

(4) 合理分段装配和船体合拢的工艺原则。分段划分时应考虑船体线型变化比较剧烈、结构密集的部位;有特殊工艺要求的部位,结合船台分段吊装顺序。保证在分段装配和船台合拢时有良好的作业条件,确保作业的安全,变仰焊操作为俯焊操作,减少脚手架的搭拆,并使分段容易安装定位。在实际划分时,应避免划分出存在狭小、封闭空间的分段,尽可能使划分出的分段有一平面部分。

(5) 提高预舾装率、保证涂装的完整性原则。考虑设备布置图的要求,涂装工艺的要求。分段的划分应保证在船体装配的较早阶段安装舾装件;扩大舾装件的安装空间;尽量减少船体构件的安装对涂装的破坏。

(6) 特殊船型的特殊要求原则。首先要满足诸如集装箱船的货舱底部集装箱座脚点的平面度要求、特涂要求、起重设备导轨安装精度的要求等。

当然,分段划分的原则是随着生产技术的提高、生产设备的改进而不断变化的。随着船厂起吊和运输能力的提高,分段的质量和尺寸都比以前大大地增加了。因此在起吊能力和运输能力许可范围内,尽可能地把分段划得大一些。如把整个上层建筑划成一个总段,船台合拢时采用整体吊装;把整个艏部划成一个立体分段,船台吊装前完成立体分段内的舾装和涂装工作,再船台整体吊装;货舱区划分成几个环形分段,不再把甲板、舷侧和舱壁分别划分成不同的分段;在机舱区可采用盆形总段划分法等等,见图2。

此外,焊接技术的发展也影响着分段划分原则。自动焊机、焊接机器人的广泛应用,降低了船厂对焊接工人技能的要求,就可以考虑分段装配时如何更方便地应用自动焊接方法。门式自动焊接机,是平面分段流水线中焊接板幅与其上纵骨间平角焊缝的专用悬挂式机头自动焊接装置;线焊机从8头到10头进一步发展到12头或20头,大大加快了平面分段的制造速度。因此要求尽可能地把分段划分成平面分段。

如分段划分原则不断发展变化一样,分段划分的研究也在发展变化。从传统造船模式向现代造船模式的转变过程中,分段划分的研究也从仅考虑船体的建造,即考虑一些分段划分的原则,转变到在壳舾涂一体化的基础上,把分段作为产品作业分解(PWBS)中的一个中间产品来看待。考虑的重点是分段的划分如何做到各生产节点作业量的均衡性,

保持生产节奏。

国外对分段划分方法的研究主要是从维持生产流程顺畅角度进行的。如R L Storch 所著《Ship Production (2nd Version)》<sup>[9]</sup>及翁德伟主编的《造船成组技术》<sup>[10]</sup>详细介绍了现代造船模式下的造船生产及组织。文献[9]和[10]指出,分段划分是控制船体分段建造法的基础和关键,因此,分段划分时应考虑:

(1) 为了便于分段装配,必须考虑作业类型的相似性,最大限度地减少作业时间的变化,可分派一个任务包班组来完成;

(2) 为了便于舾装和涂装,分段应有最大的空间(面积和体积)。另外,各分段必须在体积、质量和形状等方面具有相似性,甚至因此牺牲设计上的方便性也在所不惜,以便在加工和分段的各级装配过程中均匀地分配作业量。

文献[11]至[12]同样地把分段看作为一个“中间产品”,研究其对船体建造流程的影响,研究分段划分和舾装、涂装之间的相互影响,相互作用的关系。

面对激烈的市场竞争,各造船厂积极开展适合

于本厂实际的造船技术的研究。如大连新船重工有限责任公司的唐慧忠、姜福茂针对该厂建造的5艘15万吨级散货船的不同的分段划分方法的比较,提出了一些为提高舾装率及确保涂装完整性的分段划分方法,参见文献[13]。

### 3 关于分段划分方法的进一步研究及发展趋势

从上述国内外对分段划分研究的现状来看,无论是传统的造船模式,还是壳舾涂一体化的现代造船模式,都没有把分段划分作为连接详细设计和生产设计的桥梁,对船舶建造周期和建造质量起着重要作用来进行专门的研究。分段划分作为转换设计的主要组成部分,应该研究不同的分段划分对船舶建造流程的影响,找到最佳的分段划分方案,从而缩短船舶建造周期及提高建造质量。本文认为,进一步的分段划分研究及分段划分研究的发展应包括下面几个方面。

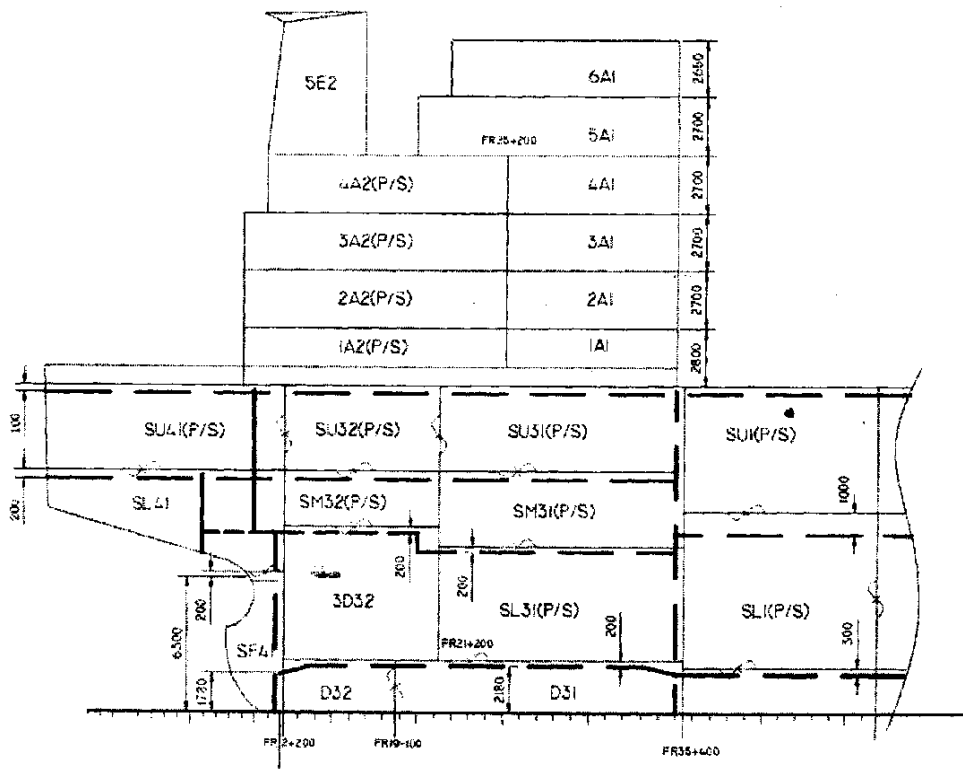


图2 某多用途船机舱区及上层建筑区的分段划分

(1) 分段划分必须提前到详细设计阶段的模型基础上进行。详细设计是面向系统的设计,而生产设计是面向区域的设计,以分段划分为主要内容的转换设计则是完成从系统向区域的转换。应当强化详细设计与生产设计之间的关系,即生产设计应在详细设计的模型上进行,直接对详细设计模型进行分段划分,完成从系统到区域的转换。而不像以前那样,在生产设计阶段重新按分段建模,延长了设计周期那种不经济的做法。

(2) 分段划分应该结合船厂的生产计划。从中间产品分解的角度看,分段就是一个中间产品,而理想的分段划分是船体分道建造法的基础。保证船体分道建造流程的通畅,维持生产节奏,船体的分段划分是关键。不同的划分方法对船体建造各个生产节点的工作量分配有重大影响。结合生产计划,可以知道船体建造各个生产节点的计划安排,在某一分段划分方案下,分配到各生产节点的工作量大小正好能够保证生产节奏,那么该分段划分方案就是理想的。这是在现代造船模式下分段划分最终要满足的目标。

(3) 分段划分应该在船舶集成软件的基础上进行。借助计算机技术、网络技术、数据库技术,实现船舶设计、制造和管理的集成是现代造船模式的特征之一。船舶集成软件体现了设计、制造和管理的集成,可以完成各种信息的处理,从而把整个船舶的设计、制造和管理过程联系起来。划分分段后,会产生大量的信息,包括分段制造工艺流程等制造信息,生产计划、物资供应计划等管理信息,及反馈回的船舶结构形式和设备布置等设计信息。这些大量的信息只有在船舶集成软件中才有可能很好地得到处理。因此,现代造船模式下的分段划分必须是在船舶集成软件的基础上进行的,也只有这样,才能实现分段划分衡准的定量化。目前,有众多的船舶集成软件应用,如CADD5、TRBON、CATIA等。

(4) 分段划分的进一步发展——模块化造船。模块化造船是根据船舶的结构特点和舾装的布置、功能、特性等将船舶分解成若干功能模块,以模块为单位进行船舶的设计与建造,然后将模块组装成船舶整体。模块为一独立完整的单元,它包含船体结构、舾装和涂装等内容,集壳舾涂为一体。模块化造船对船体的分段划分归结为船舶功能模块的划分,这时分段划分作为模块划分的一部分,标准化船体结构和连接接口。国外已有模块造船的实例,我国上

海船舶设计院与广船国际股份有限公司也进行过舾装舱室模块设计与制造的试验。

## 4 参考文献

- 1 Wilkens J R Jr, Singh P, Cary T. Generic build strategy—A preliminary design experience Journal of Ship Production, 1996, 12(1): 11
- 2 Bong H S, Hills W, Caldwell J B. Methods of incorporating design-for-production considerations into concept design investigations Journal of Ship Production, 1990, 6(2): 69
- 3 Leake J M, Calkins D E. Small ship producibility. Journal of Ship Production, 1996, 12(2): 126
- 4 Storch R L, Giesy P J. The use of computer simulation of merged variation to predict rework levels on ship's hull blocks Journal of Ship Production, 1988, 4(3): 155
- 5 《船体建造工艺学》三结合编写组,编 船体建造工艺学 北京: 国防工业出版社, 1975 25~ 68
- 6 徐兆康 船舶建造工艺学 北京: 人民交通出版社, 2000 167~ 195
- 7 日本造船学会钢船建造法研究委员会, 编 穆松, 译 钢船建造法(第二卷)·生产管理图表制作及放样 北京: 国防工业出版社, 1985 10~ 34
- 8 惠明 1714TEU 船的船体分段划分和建造特点 造船技术, 1999, (1): 9
- 9 Storch R L, Hammon C P, Bunch H M, et al Ship Production 2nd ed Centreville (Maryland, U S): Cornell Maritime Press, 1995
- 10 翁德伟, 徐学光, 陆伟东 造船成组技术 上海: 上海交通大学出版社, 1990 79~ 91
- 11 Koenig P C, MacDonald P L, Lamb T. Towards A Generic Product-Oriented Work Breakdown Structure for Shipbuilding Washington D C: National Shipbuilding Research Program, Report No. 0532, 1997
- 12 Michael W, Koenig P C, Karaszewski Z J, et al Midterm sealift technology development program: Design for production R&D for future sealift ship applications Journal of Ship Production, 1997, 13(1): 57
- 13 唐慧忠, 姜福茂 适应于壳舾涂一体化的分段划分方案 造船技术, 1997, (3): 10

### 小 启

本刊编辑部电话已经启用号码64684543, 原号码同时废弃, 敬请读者留意。

《造船技术》编辑部谨启