



模块造船法的现状及发展趋势

·王琦 谭家华·

提 要 本文回顾了国内外模块造船法的实施现状,提出了模块化船舶设计的概念,认为开展模块化船舶的设计研究是实现真正的模块造船的根本保证。

主题词 模块造船法 模块化 船舶设计
发展趋势

1 引言

模块造船的概念萌芽于二战期间的美国大量造船年代,而形成于 60 年代日本造船工业兴旺时期。在国外,模块化作为现代舰船建造方法已成为一种趋势。早在 1969 年,德国的 Blohm + Voss 公司就决定开发模块化这一新的舰船建造方法。20 多年来,模块化造船方法得到了深入和广泛的研究、应用。从舰船总体到主机推进系统、全船控制系统、自动化系统、武器装备、机电装置、舾装设备纷纷采用了模块化技术,尤以居住舱室、机电装置、自动化系统及武器装备方面的模块化发展更快、效果更佳。

美国、英国、前苏联、德国、日本、法国、挪威、丹麦、芬兰等众多工业国家在模块化造船应用方面都取得了引人注目的成就,并且呈不断发展的趋势,模块化技术的研究和应用正在导致舰船设计思想、建造流程、维修管理方法上的重大变革。美国海军已提出,未来的舰船将使用由标准组件组成的共同模块来设计和建造。在民船领域,模块化建造将能充分发挥标准化和通用化的优势,可使技术复杂、批量小的船舶建造取得更大的效益,有可能成为未来造船业发

展的方向。

2 国外造船模块化技术的应用

2.1 武器装备模块化

为了进一步提高舰船的作战性能,现代舰船在其全寿命期中一般要进行 2~3 次现代化改装,更换性能落后的电子、武器系统。大部分的舰船由于采用传统的设计方法,各系统功能在总体中互相依存,致使接口异常复杂,常常产生牵一发而动全身的局面,引起改装费用的增加和改装周期的延长。为此,武器装备及其相应的辅助系统的模块化应运而生。其主要作法是将舰船的武器、电子设备和系统设计功能模块,采用标准尺寸和接口,实现设备、系统的模块化。如舰炮系统功能模块、舰空和反舰导弹武器系统功能模块、通讯及雷达系统功能模块等。举两例如下:

(1) 舰炮武器系统功能模块

典型的舰炮武器系统功能模块是将火炮放在一个集装箱的顶层,集装箱内安装部分设备并存放弹药。如德国的 Blohm + Voss 公司的 76 mm 舰炮武器集装箱功能模块,将炮身安装在集装箱顶层,火炮的全部控制设备安装在箱内,弹箱内装 80 发炮弹。集装箱尺寸为 $L=4.7\text{ m}$, $B=4\text{ m}$, $H=2.6\text{ m}$ (见图 1)。类似的功能模块也有采用构架型式的,如 Blohm + Voss 公司的 127 mm 封闭式舰炮构架功能模块,将 127 mm 炮安装在构架上,3×22 发弹鼓安装在炮身下方的构架中,其他设备安装在邻近的板上,构架的尺寸也是 $4.7\times 4\times 2.6\text{ m}$ 。

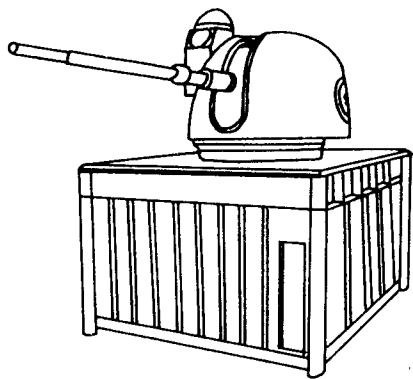


图1 76 mm 舰炮武器集装箱功能模块

(2) 雷达系统功能模块

典型的雷达系统功能模块有 B+V 公司的“WM-20”雷达功能模块。雷达天线安装于桅顶,雷达的传输、接收和控制设备都安装于集装箱内,箱子的尺寸为 $L=4\text{ m}$, $B=2.44\text{ m}$, $H=2.15\text{ m}$ 。

上面所谈的武器模块、电子模块只是目前应用的模块中的一部分,这些模块集装箱内部布置与其他舰船和普通舱室一样,装有与设备安装及设备外形相配的支架、灯具、绝缘材料、电缆、同步通讯设备、消防系统、排水孔、空调、配电板等,每个集装箱可通过标准接口和舰船联接。

2.2 船舶自动化系统模块化

(1) 英国集成驾驶台控制系统

当前,集成驾驶台控制系统已在多个国家得到开发,英国的 Racal 公司一开始就提出了集成舰船系统的想法,即制造高度模块化的弹性、开放系统——Racal 模块化集成雷达和导航系统(MIRANS)。这种系统能提供一个完整的控制和导航信息,其中共含有四个主要子模块可供用户选用:

①带有 Racal ISIS-250 主机和货舱监控器的模块;

②现场报告控制台(LSR4000)模块,用于提供简单格式下的信息,并能按用户的要求改制;

③彩色视频绘图仪和接受器,其航海信息

能够储存在一个磁盘内;

④Chart Master 电子图表显示器。

现在,已有一个 LSR4000 模块用于法国的“AURAY”号油船上,在这艘装备了最新中心导航控制(CNC)设备的船上,整个 MIRANS 系统可由一人操作。

(2) 挪威船舶综合控制系统

不久前,挪威诺肯特尔公司推出了一种以标准控制台为基础的船舶综合控制系统——Bridgeline 系统。该系统与传统的船桥相比,由于其采用模块化设计、制造而具有明显的经济效益。主要组成部分有:一对与雷达显示器、自动雷达标绘仪和电子海图相连接的综合导航控制台;一对用于机舱和货舱监视及操作的监控工作台;一套中央显示器;一套导航工作台;一套手动操舵工作台;其他用于安全操作、航线计划和通讯的工作台。其他子系统还包括:与导航系统组合在一起的 DataBridge、DataMaster 系统以及 Autochif 推进器系统。

2.3 居住舱室模块化

居住舱室模块化在过去的 20 多年中发展十分迅速,涌现了大批专业生产厂商,在材质、设计、制造技术、设备配套方面都积累了丰富的经验。产品大量用于各类船舶、海洋平台,甚至向陆上发展。典型的模块化居住舱室,以客船为例,就有经济舱、普通舱、头等舱(含残疾人用)等不同等级的舱室。除经济舱外,室内皆有独用的浴、厕模块。如德国 Montan 公司开发的 CIS600 居住舱室模块系统,舱室的壁板、天花板在装配时互相嵌接,连接件全部标准化,板材面层采用塑料贴塑钢板,反面衬以岩棉绝缘板,所用材料符合 IMO 规定并按 SOLAS 要求的 B-15 级标准测定合格。

2.4 机电装置模块化

模块化在船舶动力装置、船舶系统、货物处理、特种装置等诸多方面都已普遍运用,难以一一列举,仅举两例说明。

(1) 燃油处理系统模块

为了节约燃料费用,现代船舶大都需要燃

用重油。重油含有杂质,进入发动机前必须经过处理。芬兰 ACOMARIN 公司开发的超声波自动细滤装置 ULTRASAFF 就是比较典型的模块处理系统。它不仅能过滤重油,而且在超声波的作用下,将重油中的沥青质、蜡等微粒破碎,使燃油成为均匀、稳定的乳化物,从而提高了油的品质。该系统内包含有供油泵、预热器、处理系统、压力/混合柜、空气室及控制部分。作为燃油处理模块,ULTRASAFF 自然不是唯一的选择,实际上模块化燃油处理装置多种多样,可按不同的燃油品质及主机的具体要求加以选用。

(2) 空调系统模块

船舶舱室的空调系统配置视舱容、航区、使用要求的不同而变化较大,使用模块化系统有其独特的优势。以荷兰专门生产取暖空调、制冷系统等各种装置的 BRONSWERK 公司为例,其空调模块系统中的空调器、制冷机组、冷水机组、供气箱、多孔喷气头等都有定型产品,可按实船需要进行组合。

2.5 船体结构模块化

在模块化造船中,船体结构的模块化是最困难的。原因在于船体模块不仅要考虑其本身组成的船体的总体性能,还涉及其内部的设备、

系统模块的安装,线型,结构型式及通用性等多种因素。

在这方面进展较快的是前苏联,他们在潜艇制造时已广泛采用模块化的船体结构,在甲板驳的建造中更是采用板架模块和分段模块组装的办法,70 年代时,前苏联已有五家工厂在制造分段模块,而仅有一家总装厂进行组装。

美国在“海狼”级核潜艇的建造中,也采用了模块化建造法,以可生产性的概念作为“海狼”模块化建造的设计准则,建立基本的建造策略和建造规划,将船体划分为分段、模块、次模块、组件、部件、零件,形成定型产品,并逐一定义(包括材料、注释、上下产品关系、制造方法、完成时间)。为了协调设计与制造,建立一个以共享、交互的三维数据库为基础的 CAD 环境,从空间组合的观点而不是设计专业的观点来管理设计,用关键路径管理的方法将全部设计活动与建造规划结合成一体。

德国在模块造船方面的实践较多。B+V 公司生产的“MEKO”型护卫舰(图 2)即是成功的典型。Egon Oldendorff 及其子公司 TSG 共同开发的 Ecobox 型模块化经济型集装箱船,可在 12 种船型内选择改型,基本设计为 42 500

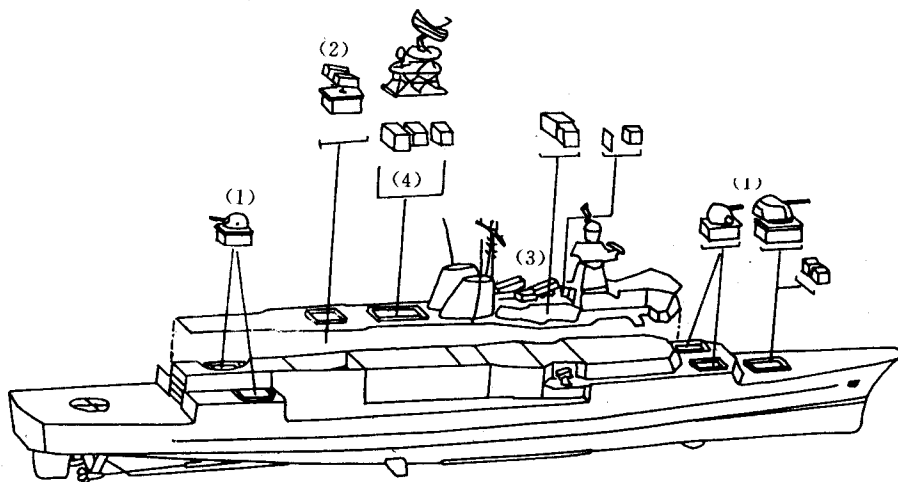


图 2 MEKO 系列护卫舰功能模块

1—舰炮武器系统功能模块;2—舰空导弹武器系统功能模块;3—反舰导弹武器功能模块;4—雷达系统功能模块

载重吨级,推出不久即获得首批定单 4 艘,原因就在于其较低的造价及可靠的品质保证。

3 我国模块化造船的现状

我国在 80 年代中期引入了模块造船的概念。90 年代初,国家技术监督局会同中国船舶工业总公司设立“模块化造船研究”课题,以 35 000 吨级浅吃水散货船为工程依托,开始有计划、有组织地研究与开发船用模块,共开发了 12 个船用模块,它们是船用热井模块;燃油分油机模块;船用压缩空气减压阀组模块;锚机、绞车、液压泵组模块;舷梯模块;高级船员居住舱室模块;燃油供油系统模块;二氧化碳灭火装置模块;普通船员舱室模块;海、淡水压力柜模块;输液系统遥控阀组模块;凸轮轴滑油系统模块。其中有 6 个模块已装船使用,效果良好。

在模块化造船的实施方面,从 1992 年开始,沪东造船厂在深化生产设计的基础上,以 68 000 吨级双壳油船、47 500 吨级散货船、68 600 吨级原油船为工程背景,开始研究及实施模块造船法。两艘 47 500 吨级散货船的建造周期创造了“双 3 月”的新记录;68 000 吨级双壳油船在下水前舾装完整率达到 90%,创造了船台周期 120 天的记录,下水的同一天吊装上层建筑综合模块,5 天后通电动车。这些都是大力推广模块造船的结果。该厂模块造船的主要作法是在传统的船体分段划分的同时,进行船台总装模块的划分,以最大限度地减少船台上的舾装工作量,提高船台上舾装完整率。60 000 吨级的油船和散货船的船台总装模块的划分方法见图 3、图 4。

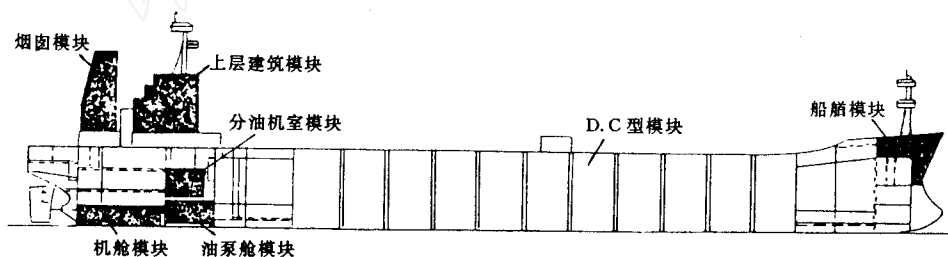


图 3 60 000 吨级油船模块划分图

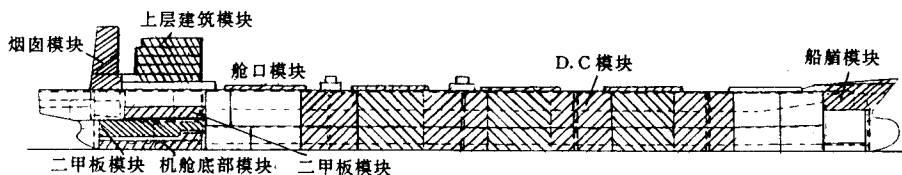


图 4 60 000 吨级散货船模块划分图

4 模块化造船的发展及模块化船舶设计概念的建立

4.1 模块化造船的发展趋势

目前,由于在船舶设计中,基本设计都是从功能出发,以系统定向;而在详细设计时,从利于建造出发进行生产设计,以区域为导向,这导

致了设计与制造方面的脱节。建造时希望实现壳舾涂一体化的模块化建造方式,但总体设计时却没有考虑这种建造方式。这造成了船厂在建造时必须进行大量的重复设计工作,而所形成的造船模块又依不同的建造厂的建造习惯而千变万化,模块的通用性很差,所以远没有达到模块化造船应该达到的效益。

真正意义上的造船模块,决不能只停留在

舾装设计及功能系统的模块化层次上,还应该将船体结构考虑进去,并形成系列化、标准化,其实质就在于使具有各种设计结构型式的船舶能够采用最佳数量的标准零件、部件、分段模块和总段模块配套装配而成,即可以通过选择合适的标准模块来组成散货船、油船、集装箱船、滚装船等不同用途的船舶。所有这些模块都可以实现工厂化的生产、调试,在船台整体对接时,只要把各种模块分段连接,进行轴系校正、管线连接即可。对于舰船设计,采用模块化的标准平台,在平台上可以根据战斗需要将采用模块化设计、制造的武器系统、指控系统、火控系统进行合理配置,并能随时适应作战需要以相应先进的功能模块更新。

4.2 模块化造船与成组技术

模块化造船与生产设计和成组技术并不矛盾,而是对生产设计和成组技术应用的补充和完善。模块化是标准化的高级形式,是生产设计的一种新手段。生产设计中不能解决的分段、单元的重复设计与单件生产的问题,模块的通用性使它得到了解决。成组技术运用的关键在于形成“中间产品”,如何合理安排生产,划分恰当的中间产品是成组技术能否成功运用于造船的关键,而造船模块恰恰解决了“中间产品”这一问题。可以说,模块化为成组技术的推广创造了条件,使得先期制作中间产品成为可能,并使成组技术的特点得以充分发挥。

4.3 模块化造船的关键是模块化设计

直至近几年,模块化造船概念的应用仍主要集中在有序的建造所需要的生产和装配计划上,产品设计继续按照传统的功能系统方式进行,结果在一张图上表示了一大堆以专业划分的工作,并没有去考虑诸如区域装配等模块化建造概念的应用。问题的关键在于设计,模块化建造不仅要求从系统观点出发,更要求从建造观点出发进行提前设计。这已不是生产设计或成组技术能够解决的问题,必然导致模块化船舶设计概念的产生,那就是设计优化、结构简化、功能单元化、目标多样化。

模块化设计的过程是简化管理、优化设计、满足用户多样化要求的过程,也是质量稳定、品种多样、效益显著的生产方式。模块化设计与制造使得船厂这样的生产单位能将品种多、数量少的产品设计和生产任务转变为品种少、数量多的模块设计和生产任务,从而达到质量稳定、效益显著。

4.4 模块化造船与设计经济效益

模块化造船与设计带来的经济效益可概括如下:

(1)缩短造船设计、建造周期;提高产品质量、降低制造成本。

利用所研制的各种船体模块和功能模块,通过组合,可以设计并建造不同用途和吨位的船舶,节省了重复设计工作量,缩短及简化了设计过程。模块即成商品,必须经过制作、调试,这对保证产品质量意义重大。相对于传统的船体形成后进行设备、系统的安装、调试这样的造船方法,模块化造船的作业环境、作业周期、作业质量都能得到保证。

模块化造船法目前的效益综合评价表明:应用模块造船法能保证生产从质量上获得改进,船台作业的劳动生产率可增长 150~200%,船台周期可缩短 1/2~2/3,船舶建造成本可降低 10~15%,修理费用可降低 20~25%。

(2)方便了设备安装、维修以及扩充改装的简化和相应费用的减少。

这对舰船的现代化改装及损管具有重要意义,能极大地提高舰船的可靠性、维修性和综合保障能力,减少了全寿命周期内的费用投入。

5 结论

从上面的论述中可以看出,模块化造船相对于传统的造船法的确存在着巨大的优势。但从目前国内外模块造船的实践看,要达到真正的模块造船仍有许多工作要做,其中最主要的工作是设计方法的变更。也就是说,模块造船法要想取得突破性的进展,就必须开展模块化船

船的设计研究,对船舶模块的划分、结构型式、模块的通用性、系列性、组合性、设计方法、相应的组织管理等进行广泛的研究,只有这样,才能实现真正意义上的模块造船。

6 参考文献

- 1 Bevins S E, Clemens C F, King D E. Seawolf design for modular construction. *Marine Technology*, 1992,29(4):199
- 2 徐学光. 造船成组技术. *造船技术*, 1989,(12):22
- 3 徐学光. 美国壳牌涂一体化和未来造船技术. *造船技术*, 1996,(2):1
- 4 Cecere M L, Abbott J, Bosworth M L. Commonality-based naval ship design, Production and support. *Journal of Ship Production*, 1995,11(1):1
- 5 Bunch H M. Catalogue of ship producibility improvement concepts. *Journal of Ship Production*, 1995,11(3):203
- 6 Wade M. Use of standard task blocks to simplify the ship production process. *Journal of Ship Production*, 1996,12(2):101

- 7 Daidola J C, Parente J, Robinson W H. Producibility of double hull tankers. *Journal of Ship Production*, 1996,12(1):20
- 8 Chappell J P. The application of critical path methodology to the management of ship design programs. *Marine Technology*, 1991,28(3):113
- 9 谢文澜. 国外舰船装备运用模块化方法的研究. *舰船标准化与环境条件*, 1993,(1):11
- 10 王崇政. 对模块化的理解与应用. *舰船标准化与环境条件*, 1992,(1):23
- 11 陈炳运. 接口标准化——系统模块化的必要条件. *舰船标准化与环境条件*, 1992,(4):22
- 12 宋连琪,倪鹤明,李陵,等. 论证研究、设计建造思想的更新——模块化新概念. *船舶工程*, 1996(2):5
- 13 王志国. 开艤舰船模块式设计研究的设想与建议. *船舶工程*, 1992,(3):4
- 14 石家宏. 模件(块)化用于造船的背景与特点. *舰船标准化与环境条件*, 1992,(6):21
- 15 陆伟东,徐学光. 模块造船的实施方法. *造船技术*, 1996,(4):9
- 16 Lamb T. Group technology in shipbuilding. *Journal of Ship Production*, 1988,4(1):30

〔上接第 17 页〕

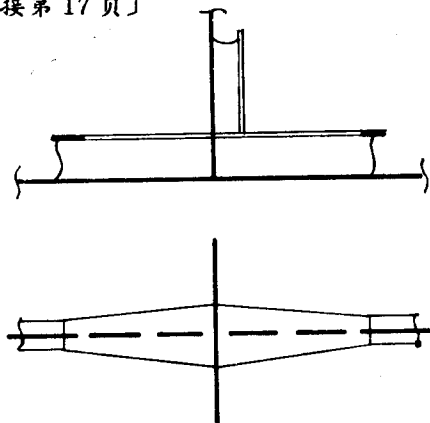


图 6

甲板及其下围壁,在满足规范要求情况下,通常选取的是薄板架结构,这主要是为了降低重心,提高船舶稳性。另外,为合理利用板材,门框孔处排板是用门框上下端合料拼接而成,形成板缝较多,从而产生变形。为了减少上层建筑围壁和甲板因焊后的大量变形,在焊接规格上作了

如下调整:

①甲板板和围壁板的拼板、甲板板与围壁板之间的焊接由双面连续焊,调整为暴露面为连续焊,非暴露面为点焊,其点焊间距 100 mm;

②甲板横梁与甲板板、围壁扶强材与围壁板的焊接由双面间断焊,调整为一面短距离的间断焊,另一面为点焊。

4 结束语

我厂在建造的缅甸 8 种船型 30 艘船舶中,目前已完工交付仰光内航局的有 7 种船型 21 艘船舶。这些船舶通过线型、结构、节点的简化以及焊接规格的调整,减少了火工矫正工作量的 40~45%(与以往船舶需火工矫正工作量相比),外形的光顺程度明显改善,受到缅方的好评。

