

# 我国船舶设计建造技术现状及展望

陈章兰 熊云峰

**摘 要** 从船舶设计软件、船舶工程材料及建造的核心技术和高新技术 3 个方面回顾了我国船舶设计建造技术发展现状,结合当前计算机技术向造船行业的渗透带来的影响和我国当前船舶设计建造方面存在的共性问题,展望了船舶设计建造技术的发展趋势。

**关键词** 船舶设计 船舶建造 现状 展望

## 0 引言

随着船舶设计建造技术迅速发展,特别是近年来以自动化为代表的高新技术以及各种新工艺、新材料的广泛使用,造船技术在集成和高技术基础上不断创新,现代船舶工业已发展成为高技术支撑下的现代产业。据法新社引述英国克拉克森日前公布的全球造船业的最新统计数字,中国造船业近年发展迅速,2005 年接获船舶订单达 700 万修正吨,以单一国家计算已成功超越日本,晋身全球第 2 大造船国,步入了自身发展的黄金时期。造船业的兴起,带动了一系列的产业链,成为我国国民经济增长的推动力量。对船舶设计建造技术的回顾和展望,可分为船舶设计技术、建造技术及所使用的材料技术 3 个方面。

## 1 船舶设计

设计是现代船舶工业发展的前提和关键环节。基础性的研究工作,涉及船舶水动力性能及船舶结构-性能技术,是船舶设计的热点,主要包括船舶航行性能预报和优化设计技术,是确保船型具有优秀的航行性能和结构性能的保障,是新船开发的关键着眼点。随着船舶不断向大型化、复杂化方向发展,利用先进的计算机技术,提高设计水平,缩短设计周期,设计出经济、高附加值的船舶已相当普及。

### 1.1 船舶设计常用软件

#### 1.1.1 Formsys

Formsys 由澳大利亚 Formation Design Systems 公司开发,是一套非常完整的船舶设计、分析和建造软件,包括船舶阻力及有效马力计算模块、复杂曲面

设计、耐波性设计、航行状态模拟及分析、船舶设计整合的资料库、船体线型设计光顺、船舶水动力学性能(螺旋桨和机桨匹配)设计、数据交换等模块。

#### 1.1.2 Tribon

Tribon 系统是由瑞典 KCS (Kockums Computer System AB) 公司设计开发的用于辅助船舶设计与建造的计算机软件集成系统。Tribon 是集 CAD/CAM (计算机辅助设计与制造) 与 MIS (信息集成) 于一体,并覆盖了船体、管子、电缆、舱室、涂装等各个专业的一个专家系统。总体上 Tribon 系统可分为船体设计、舾装设计、系统管理及维护 3 大部分。

#### 1.1.3 NAPA

NAPA 公司在船舶设计软件中采用 3D 技术,并在船舶初步设计和基本设计阶段提出了 3D NAPA 船舶模型的概念,这一概念已得到广泛认同。软件特点是可在较短时间内完成结构初步设计和重量、成本计算,生成可供送审的技术文件和图样,可根据需要生成结构有限元计算所需的网格模型。在 NAPA 于 2003.1 发布的版本中具有的最新功能之一是提供了许多软件与 NAPA Steel 之间的接口,如 Tribon Hull 和 Nupac - Cadmatic,以及其他一些典型的经常使用的船舶设计系统。其中与 Tribon 之间的接口可以实现曲线的转换、表面的转换、图的转换等功能。

#### 1.1.4 CADD5i

CADD5i 是 PTC 公司针对船舶、航空、航天行业推出的产品,占世界船舶设计市场 15% 的份额。该软件主要包括船体、管系、舾装、电力、空调通风系统等几大模块。船体模块主要进行船体结构辅助设计,可输入输出全部船体制造所需的数据;管系模块则提供了管系设计和制造所需的工具,如 3D 管系布置;电力模块提供船舶电气系统开发的工具,包括 3D 电缆通道网络、3D 布线图以及电缆通道支撑结构;空调通风模块提供的工具支持开发大型 HVAC

作者简介:陈章兰现工作于集美大学轮机工程学院,工程师;熊云峰现工作于集美大学轮机工程学院。

收稿日期:2006-10-19

(热力、通风与空调)系统及其结构的能力,并可输出制造数据;选择船舶系统的设备和电缆库,用户可以创建示意图。国内有部分船厂在使用 NAPA 软件进行详细设计,使用 Tribon 做生产设计,而 CADDS 5i 可方便与它们数据互通。

### 1.1.5 其他

常用的船舶设计软件还有:挪威 DNV 的 Nauticus、德国劳氏的 Poseidon、美国的 Cadkey 产品等。

国内各大船厂在设计时通常采用上述一些船舶设计软件。国外设计软件的引入,提高了我国舰船设计的效率,但与真正满足舰船设计、制造要求差距甚大,更重要的是国外软件开放性差,难于实现设计、生产和管理信息的集成,国内船厂在使用这些软件时需要进行二次开发。

进入 21 世纪,我国造船 CAD/CAM 软件急起直追,在掌握了三维建模技术后,开发出了多个以三维建模技术为核心的船舶设计软件产品,如船舶制造三维设计系统 SB3DS 从 2002 年开始推广应用,其中的船体结构快速背景生成、管系、通风(螺旋风管、方风管)及支架的三维设计模块、电缆生产设计模块、设备三维建模及布置和铁舾装三维设计模块已经成熟,系统在实用、易用、开放、灵活、快速、高效方面达到或超过了国内外同类软件的先进水平。但从总体上来说,国内软件的设计技术与世界水平差距较大,在技术上存在的问题主要有:船舶设计自顶向下的全过程集成尚未实现,设计信息转移主要使用二维图纸,制造厂做三维建模时需要重新输入详细设计的信息,工作量很大;现有系统的集成度差,国内在 CAD/CAM 方面开发的多项应用系统,其中一些单项的研究开发水平上并不比国外水平差,但从系统的集成性、完整性、管理思想的先进性方面来看,还存在着较大差距;系统架构的整体性考虑尚欠缺。在管理上存在的问题如缺乏协调,资金上投入不足也使软件不能有效应用,开发进程缓慢。

### 1.2 船舶材料现状

由于船舶所处的环境条件恶劣,因此,船舶钢材要有足够的强度、韧性和良好的可焊性。常规船舶如散货船、油轮、集装箱船和杂货船船体的建造采用船用结构钢材(包括型材、铸钢件、锻钢件等),建造工艺技术已趋成熟。随着我国造船工业的发展,一些船用特种钢材,如含稀土耐蚀 B 级碳素钢、低合金高强度钢和低温钢、低磁钢开发并投放市场,满足不断增长的船舶工业需要。但在超大型油船(VLCC)、浮式生产储油船(FPSO)、超巴拿马型集装箱船、液化天然气船(LNG 船)建造方面,外国船东在

国内船厂订造的船舶,较少采用国内生产的钢材,大部分信赖日本、西欧等国进口<sup>[1]</sup>。

### 1.3 船舶建造技术现状

船舶产品结构相当复杂,船舶建造涉及到各个不同专业、不同的建造单位、不同的配套企业。零部件达数百万件以上,按传统的打造船体、铺管道、装甲板等步骤,造船周期长,效率低,组织协调困难。采用分段建造、模块总装技术生产效率高<sup>[2]</sup>,对建造精度要求也高。随着计算机技术发展,以集成制造和数据传递为特征的数字化造船技术应运而生,成为现代造船技术核心和基础,而高技术含量船舶的建造技术成为一个国家船舶建造能力的体现。

#### 1.3.1 船舶建造核心技术现状

所谓数字化造船,是以造船过程的知识融合为基础,以数字化建模仿真与优化为特征,将信息技术、先进的数字化制造技术、先进造船技术和现代造船模式,综合应用于船舶产品的设计、制造、测试与试验、管理和维护全生命周期的各阶段和各方面。从推行 CAD/CAPP/CAM/CAE/PDM(船舶数据管理),到数字化样船技术、虚拟仿真设计和制造技术、异地协同设计技术等智能化设计技术,通过船舶产品全数字化模型的建立,生成满足现代造船模式所需的精确制造信息、精确管理基础信息,应用模块化建造技术、精益建造技术、虚拟建造和装配技术以及协同制造技术,按中间产品组织专业化生产原则,实现船舶壳、舾、涂一体化制造,达到有效控制造船周期、质量和成本。世界造船强国从 CAX 开始,逐步由实施 CMS 应用敏捷制造技术向组建“虚拟企业”方向发展,形成船舶产品开发、设计、建造、验收、使用、维护于一体的船舶产品全寿命周期的数字化支持系统。这些年来,美国一直是军船制造最强大的国家,韩国和日本船舶产量高达世界市场份额的 70% 左右,世界造船强国加大“数字造船”投入力度,以保持市场垄断地位。

我国骨干造船企业计算机网络建设方面初具规模,计算机辅助设计制造与生产管理的软硬件平台初步建立,使我国船舶产品制造能力和水平得到较大的提升,但“数字化造船”技术水平仍与国际先进水平有较大差距,在新一轮的发展中所面临的最大威胁可能将不再是造船生产能力的短缺,而是体现船舶建造核心技术的综合素质和整体效率的提高。

#### 1.3.2 高附加值船舶建造技术

我国高附加值船舶建造技术取得明显进展,产品结构实现了优化升级。我国实现了 30 万吨级超大型油船(VLCC)、5 668 箱大型集装箱船,并成为

少数几个能建造 8 000TEU 的国家之一。特别是 LNG 船的开发建造,标志我国已成功进入世界造船尖端技术领域,填补我国在这一行业的空白。LNG 船建造技术主要包括:超大型分段精度建造技术、总组和船坞总装技术、船体焊接技术、新型动力装置安装及实验技术以及专用工装设计,如:液货舱围护系统殷瓦安装模板及工具、检验超低温阀门的压力检测设备、泵塔制造的专用工具装备等。绝缘箱是 LNG 船货物围护系统中的关键部件,每艘船需要 5 300 多只箱子,1 100 多种不同类型,每个箱子精度必须控制在 0.5mm 公差范围内。

## 2 船舶设计建造技术展望

船舶设计建造技术是密不可分的整体,每一环节的发展或滞后都会促进或制约其他方面的发展。

### 2.1 船舶设计软件

国内软件企业要加快以三维建模技术为核心的舰船设计信息一体化软件产品的开发。软件应能提供一套完整的、数据自上而下全过程集成、共享的,符合当今国内船舶制造先进生产模式的,内容覆盖船舶初步设计、详细设计、生产设计的 CAD/CAM 集成系统。其次,软件功能的一体化、模块化。要求造船达到“壳、舾、涂一体化”和“设计、生产、管理一体化”的同时,设计方面的模块,要求集成下料、成本预算等各功能。拓扑关系的数据库结构设计是船体结构三维设计系统研究开发的关键技术之一,要求考虑船体构件相互之间的物理和逻辑关系,设计关系型数据库结构,当数据库中某些船体结构零件被修改或删除时,与之相关的结构零件便能自动更新或删除,或直接进行零件的拆分。

### 2.2 船舶材料展望

在 21 世纪之初,船舶品种将继续呈现多样化、复杂化趋势。集装箱船的大量建造将使常规杂货船和冷藏船订造减少,清洁能源如天然气和石油气应用扩大,增大液化气船需求;运输汽车的发展,增加高速滚装船、车客渡船的建造。世界船舶仍然以原油船、成品油船、散货船、杂货船和集装箱船为主,液化石油气船、液化天然气船、化学品船、冷藏冷冻船、滚装船、客船、客货船等各类复杂船占少数。我国的目标是建造超大型油船(VLCC)、浮式生产储油船(FPSO)、超巴拿马型集装箱船、液化石油气船(LNG 船)及豪华客船,它们代表着当前的世界船舶和海洋工程高附加值、高技术船舶水平。因此,宽长钢板、大型材、抗腐蚀性能良好的不锈钢、细晶粒的低

温钢、碳当量低焊接性能好高强度钢等,是船舶建造迫切需要的船舶材料。

### 2.3 船舶建造技术

在船舶建造核心技术方面,我国要在常规船建造订单上增加利润,必须积极吸收国外先进技术加强开发,以提升数字化建造船舶技术作为突破口,建立自己的造船软件产业。首先需制定出符合船舶企业实际以及发展需求的船舶建造数字化标准规范体系,包括:信息编码的标准化,数据结构、数据表达、存取方法的标准化;建立相应的基础性和通用性的数据库、知识库和模型库;建立和研究船舶信息集成和数据交换标准和平台,以及一个通畅、稳定、安全的网络通信平台基础信息的属性描述和信息结构,如:物料基本信息、物料清单(BOM)信息、工艺路线和生产能力基本信息、托盘/分段信息等;业务流程的优化组合和信息交换接口的标准化;船舶产品数据的管理(PDM)和数据库的建设。其次,构筑网络基础平台、信息存储和信息交换的基础平台,以及系统开发的基础平台,开展集成技术、协同技术、供应链技术等基础技术的研究;异构平台下信息交换技术的研究,建立高效的系统开发和运行的环境。在此基础上实现数据的集中与分布相结合的数据操控体系,各专业、各企业的工作协同,关联企业间供应链顺畅,企业内物流、资金流精确受控,从而实现敏捷、精益、自动化和虚拟化建造船舶,以此大幅度提升生产效率和降低成本。

在高附加值船舶建造技术方面,尽管目前国内企业具备了一定的 LNG 船技术和建造能力,但要正视并努力缩短与日、韩等先进造船企业间的差距。如 LNG 船,充分利用已有基础,以船型平台、船体结构平台作为总体设计平台,以货物围护系统、超低温液货系统、动力系统、电力系统、集控系统等 5 大系统为研究重点,全面掌握 LNG 船建造技术。同时,发挥产学研结合的优势,总体技术和系统技术、配套技术协同展开,争取在超大型油轮(VLCC)、超大型集装箱船、超大型海上浮式生产储油轮(FPSO)等新产品研制和建造技术中取得重大突破,在豪华旅游船设计建造方面逐步展开,努力提高我国船舶产业竞争力。

### 参考文献:

- [1] 林滨. 高附加值船舶研发与建造的特点及条件[J]. 船舶工业技术经济信息, 2000(183): 7-10.
- [2] 孙洪国,姜福茂,等. 30万吨级油船总体建造技术研究[J]. 造船技术, 2004(5): 5-7.