

第 1 章

绪 论

船舶是一种历史悠久的高效能运输工具。与其他运输方式相比,具有成本最低、单位能耗最省、装载能力最大等特点。服役于海军的各类舰船,在维护国家海洋权益、保卫祖国海疆、维护世界和平等领域发挥着越来越显著的作用。

船舶设计原理是在船舶原理、船体结构与强度、造船工艺学、船舶制图等课程的基础上,在长期的船舶设计、建造与营运的实践中总结出来的一门工程设计理论课,它为实船设计作出理论上的准备和指导。

本书主要以民用运输船舶作为研究对象,按照实船设计工作的先后次序编排章节内容,具有海河船舶兼顾、理论联系实际、文字简练、高效实用的特点。掌握了本书的基本原理和方法,辅以阅读实船图纸、计算书,也就具备了设计军用舰船、海洋工程船等其他类型船舶的必要基础。

1.1 船舶设计概述

1. 船舶设计的内容特点

船舶设计是一项高度综合性的系统工程。新船设计不仅要考虑单船的技术经济性能,还必须从港、航、船整个系统着眼,使新船设计方案在预定的港口、营运航线上具有实际可行性和良好的系统经济性。船舶设计包括船体、轮机、电气等多专业的设计内容,为了实现新船的设计目标,需要船、机、电各专业技术人员发扬团队精神,共同协调努力。就船体设计而论,通常又分为总体设计、结构设计与舾装设计三个分支:总体设计主要解决新船的主尺度、外形、总体布置、航行性能及经济性;结构设计要解决新船从外形到结构的具体实现,并保证新船的整体和局部强度、刚度和稳定性;舾装设计主要进行船上各种舾装设备的设计选型与布置,以满足新船在航行和营运操作过程中的各种要求。

在船体设计的总体、结构与舾装设计三个分支中,总体设计居于先于一切和重于一切的地位。先于一切是指船舶设计最先从总体设计开始,基于总体设计才能开展轮机、电气、结

构与舾装设计；重于一体是指总体设计的优劣将在极大程度上决定新船的技术性能和经济性，从而影响新船的竞争力和生命力。

船舶设计原理是研究船舶总体设计基本理论与方法的一门应用科学，它在船舶设计中的重要性不言而喻。船舶设计原理的主要研究内容包括：船舶重量重心、船舶容量、技术性能与船舶法规、船舶经济性与船型论证、主尺度确定、总布置设计和型线设计。

民船总体设计的核心工作，是在满足规范、法规的前提下保证新船有良好的航行性能，并努力提高新船的经济性。新船航行性能与船舶原理(船舶静力学、动力学)关系最为密切，但二者的出发点是不同的。在船舶原理课程中，往往是从各自学科出发提出问题，研究其内在规律；而在本课程中，则是从船舶设计要求出发，综合应用船舶原理、船体结构与制图、造船工艺等各专业课的知识完成新船的总体设计。

2. 船舶设计的指导原则

(1) 贯彻国家的技术政策

设计船舶与其他工作一样，要认真贯彻国家在交通运输方面所制定的有关技术政策和具体规定，例如能源政策，动力装置方面的政策，技术引进政策，国家在造船规划上船型、机型的系列化规定；尽量采用先进技术，赶超世界先进水平；追求经济效果的原则；标准化、系列化、通用化及重大项目要经过技术经济论证等规定。

(2) 遵守国际、国内相关公约、规则、规范和法规

有关船舶设计方面的国际和国内公约、规则、规范和法规，大多数都是基于保证船舶使用和航行安全而制定的，它是人们根据船舶使用的历史经验和不断发展的科学技术水平总结的成果，是带有法令性(技术法令)和强制性的文件，是船舶设计、制造、检验的重要依据。船舶设计工作者必须熟悉和深入理解公约和规范的精神实质，在船舶设计中予以执行。

新技术的发展、对新船型的需求等因素都会引起公约和规范的不断改进和完善。因此国际和国内从事船舶设计公约和规范监督执行和研究的部门，要每隔一段时间，根据发展变化的情况，对公约和规范的内容加以修订。设计者在遇到公约和规范无法解决的问题时，应会同公约和规范监督执行部门，结合新的情况协同解决。

(3) 充分考虑船东的要求

船东作为船舶的所有者和使用者，一般会根据其使用经验及其特定情况对船舶设计提出使用、技术指标、设备、材料等方面的要求。设计者应充分考虑船东的意见，对合理的设计要求应尽量满足。

3. 船舶设计的基本要求

船舶种类繁多多样，其使用要求各不相同；即使船种相同，不同的船东、不同的航区，其使用任务和技术要求也不尽相同；此外，对船舶的要求有些可用技术上或经济上的数量指标来衡量，而有些要求则很难量化；因此，要提出一个普遍适用的船舶设计衡准是困难的。但是，对新船设计普遍存在以下的基本要求。

(1) 适用

所谓适用就是新船能够较好地完成任务书中规定的使用任务。这一目标应该是设计中处理一切技术经济问题的中心。对于民用运输船舶来说，保证和提高运输能力及运输质量是设计的着眼点。例如：在货船设计中，要保证新船载重量和相应的舱容，尽可能高的装卸效率，适应所载货物的理化性质，营运中方便理货，有良好的航海性能，满足航线和港口对新

船的主尺度(尤其是吃水)的限制等。为此,应围绕新船主尺度的确定、型线选择、建筑形式及总布置的考虑、起货设备的配置等方面,进行综合分析,以保证运输能力、提高运输质量。

(2) 经济

船舶完成规定任务时,资金的耗费和积累标志着船舶的经济性。综观现代运输船舶的发展,新船型的出现,新技术的采用,无一不是受经济因素的刺激。经济是技术发展的基础和动力,技术是实现经济目的的手段和工具,两者互相渗透、互相推动。因此,船舶设计中加强经济观念是十分重要的。

例如,对某一航线的货运进行船型论证时,即使采用常规船型,也可以建立不同的船型方案:载货量大而航速低些的方案,载货量小但航速高些的方案,两种船型方案能完成同样的年货运量。显然,两种船型方案在投资和运输成本上会有所不同。选取哪一种方案更有利,就要从技术及经济角度进行计算分析、全面衡量。

针对设计任务书的某一具体要求,设计中也涉及经济性问题。例如,可采用主尺度小些但较丰满的船型方案,也可采用主尺度大些但较纤瘦的船型方案。显然,前者的造价可能低些,与造价相关的营运开支也会低些;但后者可能在航速上有利些(假定用相同主机),因航速提高可使航次时间稍短些,年货运量会稍高些,且每个航次的燃料开支要省些等。究竟哪种方案有利,须从总的经济效果并结合技术性能作综合分析才能决定。在研究采用某项新装备的合理性时,也需从技术上的先进性和经济上的有利性方面加以综合考虑。

(3) 安全

安全性是船舶的一个基本质量指标。为了保证船舶的安全,由国际海事组织(IMO)、各国船级社、船检局颁布了各类规范和技术法规,对船舶建造、载重线、稳性、分舱、消防、救生、起重、信号、通信设备等方面都作了明确的规定,设计人员在船舶设计中必须贯彻执行,以保证船舶符合各种规范、法规及公约的要求。

还应指出,船上一些重要设备(如主机)和某些部件(如推进器、舵)的可靠性,对船舶的安全性影响很大,在选定设备和进行局部设计时,也应该充分注意其安全性。

(4) 美观

现代船舶设计在美观、舒适和实用等方面提出了更高要求。船舶造型是船舶建筑美学的一个重要研究方向,它包括船舶外观的造型美和从建筑角度合理利用船舶舱室空间等问题。船舶外观造型会给人以深刻的观感和印象,是一种创造性的艺术。

上述四个方面,既统一又矛盾,要结合具体情况,认真分析,抓住主要矛盾及矛盾主要方面,妥善处理。

1.2 设计技术任务书

设计技术任务书是新船研究设计的文字依据,通常由船东提出。任务书主要给出新船的使用任务、主要技术指标、主要装备以及设计的限制条件等。一般民用运输船的设计技术任务书包括以下基本内容。

1) 航区、航线

给出新船航行的区域或具体航线。中国船级社(CCS)《钢质海船入级规范 2012》第一篇第二章将海船航区分为:无限航区和有限航区,无限航区系指船舶可无限制水域航行;

有限航区是1类、2类、3类航区的统称。其中,1类航区系指离岸不大于200n mile的水域,2类航区系指离岸不大于20n mile的水域,3类航区系指遮蔽水域(海岸与岛屿围成的遮蔽条件较好、风浪较小的海域,且该海域内岛屿之间、岛屿与海岸之间横跨距离不超过10n mile)。对于内河及湖泊,CCS《内河船舶法定检验技术规则2011》第二篇第二章,根据航行水域的水文和气象条件,将其划分为A、B、C三级,其中某些区域,依据水流湍急情况,又划分为急流航段,即J1、J2两级。不固定航线的船舶,通常给出航区;定航线的船舶通常要给出停靠的港口。

2) 用途

明确新船的装载数量与性质。

客船、客货船——包括人数(各等级舱的分配数、舱室标准)、载货吨数以及舱容要求。

货船——包括货物的数量及理化性质。就数量来说,任务书中有时给出“载重量”,即包括货物、燃油、滑油、淡水、食品等的重量。有时给出“载货量”,即货物重量。货物有多种多样,如液货、散货、杂货、集装箱等。对于一般货物,要给出载重吨数;而对于集装箱船,则要给出装箱数。

有时,对新船还会提出某些特殊要求,如装载大件货、重货等。

对于多用途船,要指明各种用途的具体要求。

3) 船型

给出船舶的建筑特征,可包括上层建筑、机舱部位、货舱划分、甲板层数、甲板间高等。

4) 船级

明确新船要求取得何种船级标志,从而按照什么规范、哪一级别设计新船。国际航行船舶,还应符合有关的国际规则与公约,以及相关国家、地区、运河等颁布的特殊规则,按《海船入级章程》办理入级手续,发给相应的船级证书,方可进行国际间航运。

5) 动力装置

指明主机的类型、功率、转速、台数等。

(1) 类型 船用主机有内燃机(柴油机和燃气轮机)、蒸汽轮机、推进电动机及核动力装置等,民用运输船舶的主机绝大多数为柴油机。

(2) 功率 主机在额定转速下,在规定的正常维修周期内按标准环境条件连续运转的最大功率称为最大持续功率(maximum continuous rating, MCR)或额定功率。考虑主机的经济性和维护保养,常将主机功率MCR扣除10%左右的裕度,扣除裕度后的主机功率为常用功率。在常用功率下的运转工况称为连续运转工况(continuous service rating, CSR)。

(3) 转速 船用柴油机根据转速不同,分为低速机、中速机和高速机,中速机和高速机一般需设置减速齿轮箱,以便使螺旋桨有适宜的转速和直径。通常螺旋桨的转速范围为:远洋船舶90~150r/min;沿海船舶100~200r/min;沿海小型船舶和内河船舶200~400r/min。

6) 航速、续航力、自持力

(1) 航速:民船的航速常分为试航航速与服务航速。拖船常提出拖带航速、拖力的要求及自由航速的要求。

试航航速 V_t :一般指满载试航速度,即主机发出额定功率的新船在静深水中、不超过三级风、二级浪时满载试航所测得的船速。大型船舶常以压载状态试航,然后再换算至满载状

态时的航速。

服务航速 V_s : 指新船在一定功率储备下满载航行所能达到的航速。功率储备一般取为主机最大持续功率的一个百分数,通常,低速机取 10%,中速机取 15%。

(2) 续航力: 在规定的航速和主机功率下,船上所带的燃油可供船连续航行的距离 (n mile 或 km),或连续航行的时间 (h)。

(3) 自持力: 指船上所带淡水、食品等能供人员在海上维持的天数,也称自给力,以天 (d) 计。

7) 结构

给出船体结构形式、船体与上层建筑材料、甲板负荷、特殊加强等方面的要求。

8) 设备

给出船上主要设备的形式及能力,如锚和锚机、舵和舵机、起货设备、减摇装置、通风、空调、导航、通信等方面的要求。

9) 性能

提出船舶性能要求,如稳性要求、压载航行状态的浮态要求、分舱及破舱稳性要求、对操纵性及摇摆周期的要求等。

10) 船员定额

给出船上编制人数,包括干部和普通船员,同时也包括对生活设施的具体要求。

11) 尺度限制

(1) 船长 L 它受泊位长度、港域宽度、河道曲率以及船闸、船坞等的限制。

(2) 吃水 T 它受航道与港口的水深限制。

(3) 船宽 B 它主要受运河、船闸、船坞等方面的限制。

(4) 船的水上部分高度 主要考虑桥梁高度的限制,如南京长江大桥高出水面 28m、珠江大桥高出水面 8m 等限制。

设计任务书是进行船舶设计的基础,是关系到新船设计成败的关键。如果设计技术任务书中对新船的使用任务和技术要求提得不合理,即使设计工作做了很大的努力,也不可能设计出一艘成功的新船,甚至会造成重大损失。因此,在设计前期的论证分析阶段,如发现新船的使用任务及技术要求有问题,应及时向船东反映,并协商解决。

1.3 船舶设计阶段划分

船舶设计的一般程序是,首先由船东编制设计任务书,作为设计的依据;设计部门设计新船时,一般分阶段进行。目前,我国将新建船舶的设计阶段划分为:报价设计(必要时)、初步设计(含签订造船合同所需技术文件)、详细设计、生产设计、完工设计等阶段。

1. 编制设计技术任务书

设计技术任务书是船舶设计的依据,它全面地反映了对设计船使用效能及技术性能的要求,并对船的主要技术要素做了具体规定,如船舶类型、用途、吨位、航速、航区、机电设备等。设计技术任务书的各项技术要素不能凭空编造,必须经过充分的调查研究,有时还要辅以必要的技术经济论证,才能确定下来。而这些要素一旦确定后,设计船的技术、经济性能就大体可被确定了。从这个意义上说,任务书的编制也是船舶设计的一个重要组成部分。

2. 报价设计

报价设计也称投标设计,是根据用船单位提出的技术要求或招标说明书进行的。报价设计的主要内容为初步确定船的技术条件和形状,确定新船的主尺度,绘制总布置简图,进行载重量、货舱容积、稳性与航速估算,编制船舶简要说明书、全船主要设备供应厂商表,估算造价。报价设计是商谈造船合同之前的一项设计环节,船东接到报价单后,如认为满意,即与中标单位进行技术与商务谈判,明确技术细则,同时就船价、付款方式、交船日期等达成协议。

通过报价设计,设计单位向船东提交报价文件、力争中标,船东则根据报价文件了解新船概貌及船价,挑选中标单位。

3. 初步设计

初步设计是指依据设计技术任务书(出口船为意向书),对新船的总体规划,对船舶的总体性能和主要技术指标进行估算,对动力装置和各种系统原理图进行设计。通过理论计算和必要的试验,确定产品的基本技术形态、工作原理、主要参数、主要结构、主要设备选型等重大技术问题。

在初步设计阶段,要完成的主要技术文件有:船体说明书;总布置图;型线图;航速、稳性、干舷、舱容等计算书;船中横剖面结构图和总纵强度计算书;钢料预估单;机舱布置图;电力负荷估算书;主要设备明细表。

初步设计为进行造船合同谈判提供了必要的技术文件,也为进行详细设计提供了必需的技术依据。

4. 详细设计

详细设计是依据造船合同及其技术文件或经审查修改后的初步设计方案进行的。这一阶段的设计工作,是在上一阶段总体设计的基础上,对各局部问题进行深入分析,并进行各个项目的详细设计计算和绘图,最终确定船舶的全部技术性能和船体结构,对重要材料和设备提出订货选型要求。

在详细设计阶段船体方面所完成的主要图样和技术文件有:

- (1) 船体设计说明书;
- (2) 总布置图;
- (3) 型线图;
- (4) 船舶结构图,包括中剖面结构图、基本结构图、外板展开图、全船分段划分图、首柱图、尾柱图、肋骨型线图、甲板结构图、主横舱壁结构图等;
- (5) 船舶舾装方面的相关图纸;
- (6) 各系统原理图;
- (7) 船舶各项性能的详细计算书、说明书和试验报告书;
- (8) 详细的设备和材料规格明细表等。

详细设计所提出的技术文件和图纸,应能满足验船部门审查、船东认可、造船单位订购原材料和设备的需要,同时也是进行生产设计的依据。

5. 生产设计

在详细设计的基础上,根据承造厂的工艺装备条件、工艺水平、施工区域和组装单元,绘制有工艺要求和生产管理指标的工作图表,为新建船舶提供建造方案、施工要求、施工图纸

和生产管理图表。在船体方面主要有分段结构施工图和工艺规程,以及设备、舾装的零件图等。

生产设计的主要特点是:

(1) 把船舶设计、生产和生产管理通过设计文件(图、表或其他信息)有机地体现出来,并以此作为组织生产的依据。

(2) 把船体、轮机、电气及其他工程的纵向专业系统进行横向融合沟通,构成纵横结合的综合系统,使各专业、各工种、各施工阶段能协调平衡,均衡生产,提高综合生产能力。造船生产设计是促使船舶设计、建造技术、生产管理现代化的有效措施之一。

生产设计在详细设计的基础上进行,从设计开始就把“造什么样的船”同“怎样造船”一起考虑,把订船者的要求同建造厂的装备条件结合起来,体现了设计为建造服务的思想。

6. 完工设计(制定完工文件)

船舶在建造施工中,往往会对原设计作一些修改,如材料的代用、设备的变动和替换,以及经倾斜试验确定准确的重心高度等。因此,原来的设计图纸和技术文件(如浮态与稳性计算等)就与实船不完全相符了。为反映真实情况,在船舶竣工之后,应按实际情况修改图纸及进行必要的修改计算,为用船部门提供竣工图纸和技术资料,即制定完工文件。

此外,还要完成各项实船试验并写出报告。制定完工文件的目的是供船员使用以及作为维修管理的依据,并为以后的船舶设计和研究提供可靠的资料。

上述设计工作的几个阶段,在船舶设计过程中既相对独立,又相互联系。前一阶段是后一阶段设计的依据,后一阶段是前一阶段设计工作的深入和发展。船舶设计阶段的划分,也并不一定如上所述,可以根据产品特点、资料的完整程度、设计人员的经验等具体情况有所不同。如有的单位就把初步设计与详细设计合在一起称为扩大的初步设计;有些小型船舶,把初步设计、详细设计、生产设计合在一起,整个设计一次搞完等。

1.4 设计工作方法

1. 认真调查研究

设计人员从接受设计任务时起,就应着手进行调查研究,通常包括查阅资料 and 实际调研两方面。广泛搜集与设计船同类型、相近航线的有关实船资料(包括国外实船资料和文献),整理形成母型要素一览表,对新船设计会大有裨益。实际调研的范围很广:广泛征求使用单位及航道、港务、船厂等有关部门的意见和看法,在可能的情况下,更应到相近的实船上作深入调查和体验,以获得第一手资料。再经过一番去粗取精、去伪存真的改造制作过程,才能形成初步的设计方案,使设计从一开始就建立在比较符合客观实际的基础上。随着设计工作的深入,设计人员有时还需带着设计方案和问题,通过各种形式做深入的调查研究,征求意见,这样就可少走弯路。

2. 母型改造法——在继承与借鉴的基础上创新

现代船舶是人们造船和用船经验的结晶,也是科学技术不断发展的成果。各类船舶都有其独特的发展演变过程,都有由它们的使用任务所决定的共性问题,这就决定了它们必然具有许多相近的技术特征和内在规律。合理地吸取和利用这类经验和规律性,可以减少盲目性,使新船设计有可靠的基础。

在新船设计时,设计者经常采用一种行之有效的方法——母型改造法。所谓母型,通常是与设计船在若干主要方面相近的实船;将母型船各项要素按设计船的要求用适当的方法加以改造变换,即可得到新船的相应要素。这是一种既方便又可靠的设计新船的方法,被人们广泛采用。由于有经过了实践考验的母型船作为新船设计中的借鉴,因此使新船的设计有了一个具体的实践基础。在此基础上,设计者能够比较准确地抓住设计船的主要矛盾,比较容易确定设计船的改进方向及措施,比较有把握地选取设计船的各项技术参数,因而不但使设计工作大为简化,而且还可以提高设计精度。设计中所选用的母型,不必只限于一条船,可以在设计的不同局部选用不同的母型,各取所长,以便更好地满足设计船的需求。

应当指出,设计借鉴并不是不加分析地生搬硬套,继承也只能是继承母型船舶的精华。设计者要结合新船的特点,考虑新技术、新设备、新工艺、新材料在新船上的应用,做到有所创新、有所前进。

3. 逐步近似法

有时,设计者无法找到一条合适的或资料完整的母型船,设计中缺少一条具体的船作为借鉴。此时,往往采用逐步近似法进行新船设计。

按逐步近似法进行船舶设计,是把复杂的新船设计工作分为若干个循环。初次近似时只考虑少数主要因素,而后一次近似则计入更多的因素,后一次近似结果是前一次近似的修正、补充和发展。经过几次近似后,最终得到符合各项要求的设计方案。逐步近似过程的每一轮循环不是简单的重复,而是螺旋形上升的过程。1959年,美国麻省理工大学 Evans 教授首次将这个过程中用图 1-1 所示的螺旋线加以表达,既富有哲理又十分形象。

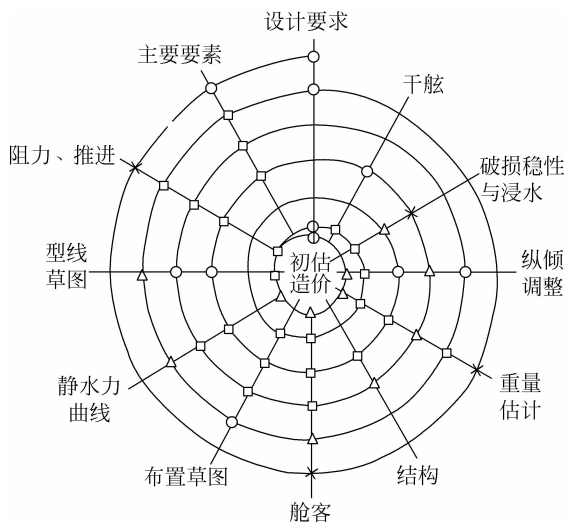


图 1-1 设计螺旋线

1.5 计算机辅助船舶设计简介

造船业应用电子计算机进行设计起步较早,20 世纪 50 年代国外就开始应用计算机进行船舶设计计算、数控切割与绘图。20 世纪 60 年代国外船舶 CAD/CAM 有很大的发展,陆续研制出了一批造船集成系统,如挪威的 AUTOKON 系统、西班牙的 FORAN 系统及瑞

典的 VIKING 系统等。

我国从 20 世纪 70 年代开始船舶 CAD/CAM 研究,至 80 年代也获得了长足的发展。在此期间,完成了单程序运算—程序系统(程序包)—集成系统的进化。开始时研制的是分离的单一程序,如船舶设计中的静水力计算程序、抗沉性计算程序、下水计算程序等;继而,将若干单个程序按其在船舶设计中的先后次序串联起来形成一条流水线,存放在计算机外存中,需要时逐一调用,并且,前一程序为后续程序的执行准备数据,填写表格,减少了数据输入量,缩短了设计周期。随着计算机技术的发展以及人们在单项程序、程序系统研制与应用中积累了大量的经验,特别是数据库技术的兴起,以数据库为核心,以最少的数据输入和人机交互为特点的船舶 CAD 集成系统诞生了。例如,上海交通大学、上海船舶设计院等单位联合研制的多用途干货船辅助设计系统 MPSDS,上海造船工艺所研制的船体建造集成系统 HCS 等。

20 世纪 90 年代初,国外船舶 CAD/CAM 有了进一步的发展。如瑞典 KCS 公司开发的造船交互设计集成系统,功能极强,覆盖了船舶详细设计和生产设计中大部分内容,包含实用性很强的三维图形系统、船体系统、结构系统、电力系统、报表生成和数据管理等九大系统和 20 多个分类数据库。

20 世纪 90 年代以来,我国造船业先后引进了国外三维 CAD/CAM 系统,最具代表性的有瑞典 KCS 公司的 TRIBON、美国 PTC 公司的 CADD5,对提高我国船舶设计效率和设计质量起到了积极作用。但随着应用的深化,也发现一些问题。这些系统仅以解决设计信息为主,不能满足中国造船工艺的特点,特别在 CAM 上还要作大量的二次开发。但一些系统的开发是在国外第三方图形平台基础上进行,难以达到船舶设计各专业的集成和平行设计,更为重要的是这些系统的部分 Licens 版权在国外第三方公司,技术主动权仍不在开发者手中。

沪东中华造船集团积 30 余年 CAD、CAM 开发应用经验,在 Windows 操作系统下,基于 OpenGL 三维图形平台吸收各系统的优点,如 TRIBON 系统的三维船体结构拓扑关系技术,CADD5 系统的参数化设计思想,CATIA 系统、CADD5 系统的三维交互实体建模实时显示技术等研发了 HDS 造船 CAD/CAM 系统。考虑国内一些用户已使用 TRIBON、CADD5、CATIA 等三维设计系统,HDS 开发了与上述设计系统的接口,可把 TRIBON、CATIA 系统建立的船舶、管系、管附件模型导入 HDS,也可把 CADD5 船体模型导入 HDS。该系统能满足船体结构、机装、电装、居装、甲装等专业设计的三维全数字化船舶产品建模,通过三维模型对船舶性能、结构强度、工艺合理性和制造可行性进行计算分析,是整个船舶数字化制造集成系统的基础。目前,HDS 已在数十家船舶企业获得应用。

计算机应用于船舶工程,使船舶设计方法发生了巨大的变化。

在制定船舶设计任务书前的船型论证中已由单船论证和手工运算发展为系统论证和计算机辅助论证,并相继出现了系统分析法、复合预测与决策技术、仿真技术、不确定性和风险分析方法等新的科学论证方法。

在船舶主尺度方案分析中,从广泛采用网格法(亦称变值法)发展为最优化方法、正交设计法等。对各方案的最终评判与选优,除设计人员凭经验评定外,还可借助计算机采用多目标加权处理、模糊综合评判和多目标分层序列法等进行评定。

船舶型线设计的计算机方法大体有两种:母型改造法和数学船型法。母型改造法,首先要广泛收集优秀母型船资料(如船舶类型、主尺度系数与排水量、航速及型值等)并存储到

计算机内建立船型库;然后,设计者按一定的指令输入一组新船设计参数信息,调用船型改造程序,计算机就会自动从船型库中提取相近的母型船并加以改造,直到获得满足设计船性能与使用要求的型线为止。数学船型法,是用数学方程来表达船体曲面的方法。按数学方程类别的不同,又分为曲线法和曲面法。曲线法是由一组按某种规律变化的平行的平面曲线来构造船体曲面的;曲面法则采用参数曲面方程来描述船体曲面。有关计算机辅助船体型线设计的详细方法可参阅相关专著、文献。

计算机辅助总布置设计(CAAD),离不开人机交互。交互的含义是指计算机在计算过程中人机间交流信息,程序开始时的数据输入一般不能称为交互。CAAD 中人机交互方式有数据交互和图形交互两种。数据交互比较简单,利用计算机显示屏(CRT)和键盘很容易形成一问一答的交互过程。当需要大量数据交互时,一般是把要修改的数据列成表格编成数据文件显示在荧光屏上进行修改,这样既清晰又不容易搞错。如何用图形交互来完成舱室布置工作呢?首先,把船舶设备(如主机、辅机、泵、甲板机械等)的外形图和舱室设备(门、窗、床、盥洗盆、家具等)的示意图等存入图形库,继而,利用型线设计数据在荧光屏上显示出要布置的甲板空间,然后用光笔将图形库的部件一一调出进行布置。这时可利用计算机的图形处理功能进行图形的局部放大、平移、旋转和镜像处理。

船体结构与绘图在船舶设计中工作量大。计算机辅助船舶结构设计,通常以船体建造规范为准则,以中横剖面每米船长结构重量最轻为目标进行中剖面结构优化设计,绘制中横剖面和机舱横剖面图,最后进行船体总纵强度校核和总振动计算。大量结构图的绘制已由计算机和绘图机完成。目前国内造船界许多单位都利用 AUTO CAD 绘图,有的还在其基础上进行二次开发,按照船体结构制图的特点研制了包括图形初始化设计、线型库设计、常用图形、符号和汉字库设计以及 AUTO CAD 扩充功能开发的船体结构 CAD 系统。

近年来,随着计算机软、硬件技术日新月异的飞速发展,船舶 CAD 技术也不断完善和更新。它大大提高了船舶设计的质量,缩短了设计周期,把设计工作推向自动化和智能化,已逐步形成一门富有生命力的新学科。当然,目前我国船舶 CAD 技术还不尽完善,各单位的研究应用水平也很不平衡,与国外发达国家相比尚存在不小的差距,所有这些都有待船舶技术工作者,特别是年轻一代在熟练掌握船舶设计基本原理与方法的基础上勤奋工作,大胆创新去解决,并把我国船舶 CAD 技术推向一个新高度,开创我国 21 世纪造船技术的新辉煌。

复习思考题

1. 为什么说船舶设计是一项具有高度综合性的系统工程?
2. 船舶总体设计与其他部分设计的关系如何?
3. 船舶设计的指导原则和基本要求有哪些?
4. 船舶设计任务书的主要内容有哪些?其中突出的注意点是什么?
5. 海船的航区是如何划分的?国际航行船舶有没有航区问题?
6. 现代船舶设计分为哪几个阶段?初步设计阶段应完成哪些工作?
7. 什么是母型改造法?什么是逐步近似法?
8. 船舶 CAD 使设计工作发生了哪些变化?