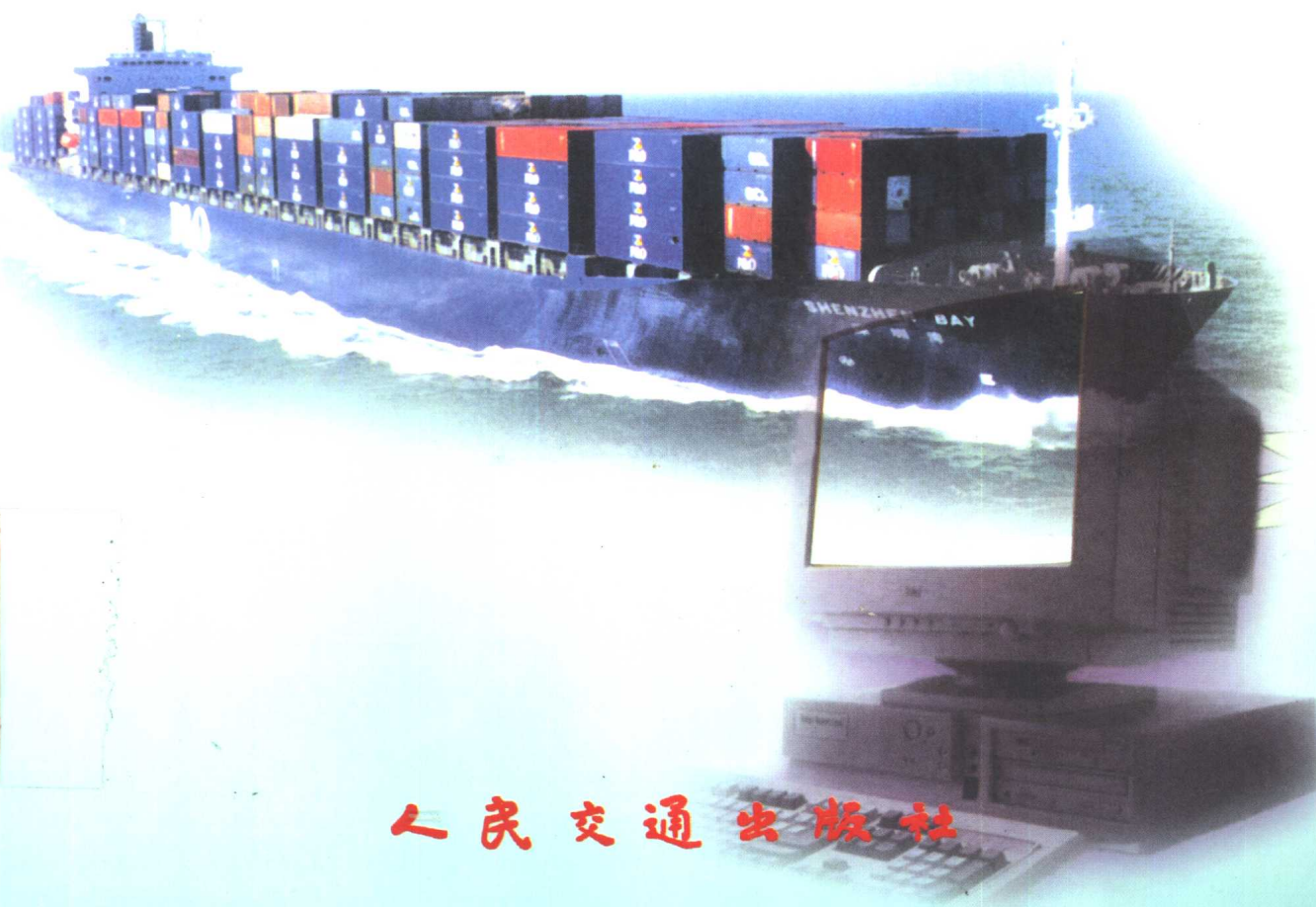


交通科技丛书
JTKJCS

船舶CAD

CAD for Ship

曾隆杰 主编



人民交通出版社

船 舶 CAD

CAD for ship

曾隆杰 主编

人民交通出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

船舶 CAD/曾隆杰主编. —北京: 人民交通出版社,
2000

ISBN 7-114-03570-5

I. 船… II. 曾… III. 船舶-计算机辅助设计
IV. U662.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 10057 号

船 舶 CAD

曾隆杰 主编

正文设计:周 园 责任校对:张 捷 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京交通印务实业公司印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 15.25 字数: 390 千

2000 年 6 月 第 1 版

2000 年 6 月 第 1 版 第 1 次印刷 总第 1 次印刷

印数: 0001 ~ 1500 册 定价: 36.00 元

ISBN 7-114-03570-5

U·02572

内 容 提 要

本书是一本计算机辅助船舶设计应用开发的参考书。

全书共分为十章:第一章是计算机辅助船舶设计的一般介绍;第二章讨论了船舶 CAD 的运行环境,硬件、软件配置并通过实例进行了介绍;第三章对船舶 CAD 系统的基本功能进行了讨论,介绍了造型设计、布置与装配、图形处理、数据库操作等内容;第四章对船舶 CAD 的过程与管理进行了讨论,介绍了各设计阶段与设计螺旋,计算机出图与设计管理等内容;第五章介绍了船舶计算机辅助论证;第六章介绍了船体型线设计与有关计算;第七章介绍了计算机辅助总布置设计;第八章介绍了计算机辅助船舶动力装置设计;第九章详细介绍了计算机辅助船舶结构设计;第十章对船舶 CAD 系统的发展进行了展望。

本书可作为船舶设计专业的大学生、研究生,船舶科研设计工作者和管理干部的参考书。

序

“七五”以来是公路、水路交通发展最快的时期。在此期间,交通科技工作紧密结合运输生产、工程建设、技术改造和技术引进中的关键技术问题,通过软科学研究、科技攻关、工业性试验、重大装备开发、引进技术消化吸收、成果推广应用、国际科技合作与交流等多种形式,为公路、水路交通发展提供了相应的技术和装备。近十二年来获交通部科技进步奖的有 754 项,获国家奖励的有 66 项,已批准发布的国家和行业标准共 1000 余项。

在公路交通领域,交通科技工作面向高速公路建设和道路运输的主战场,组织进行了“新型客运汽车技术开发”、“公路运输技术开发”、“高等级公路混凝土路面施工机械及路用材料的研究”、“国道主干线设计集成系统”、“高等级公路路面施工机械引进消化吸收”等一系列重点科技攻关和研究开发项目,对公路交通事业起到了保证、促进和先导的作用。

在水路交通领域,交通科技工作以解决内河航运建设、港口建设、运输方式改革、水上安全管理等关键技术为主攻方向,组织进行了“分节驳顶推技术工业性试验”、“内河航运技术开发”、“河口航道整治技术研究”、“内河航道疏浚设备与疏浚技术开发”、“内河快速客船关键技术研究”、“深水枢纽港建设关键技术研究及示范工程”、“国际集装箱运输(多式联运)工业性试验”、“国际集装箱运输电子信息传输和运作系统及示范工程”等一批大型研究开发项目,在一些方面取得了突破性的进展。

各省、自治区、直辖市交通厅局,在当地人民政府领导下,普遍加强了科技管理工作,结合实际情况,认真组织科技攻关和推广应用具有显著效益的成熟技术,保证了公路、水路交通建设和运输生产的迅速发展。交通系统大中型企业(集团)依靠技术进步,创造了许多有效的经验和做法,取得了明显的效益。

为了贯彻邓小平同志“科学技术是第一生产力”的思想,实施科教兴国战略,中心环节是要加大科技成果的应用规模和范围,加速科技成果的产业化进程,积极推进科技成果转化成为现实的生产力。人民交通出版社针对近十多年来在公路、水路交通领域所形成的一批先进适用的成套技术,组织有关单位编撰交通科技丛书,这是总结和加强科技成果的推广应用,拓宽技术成果的应用范围,促进交通科技工作与交通建设发展紧密结合的一件有意义的工作。

值此丛书开始陆续出版之际,谨以此序向十多年来为我国交通科技事业的发展,辛勤拼搏的广大科技人员和各级科技管理人员致以诚挚的敬意!丛书的出版得到了人民交通出版社特别是李家本、吴德心、韩敏等同志的大力支持,在此一并表示感谢。

希望本丛书的出版,在进一步推进我国交通科技事业的发展中,起到抛砖引玉的作用。

張叔輝

一九九八年五月

前 言

计算机辅助船舶设计,是利用计算机实现船舶设计中的计算、分析、优化、绘图和打印计算书等功能的一项新技术,是一个用于船舶设计的计算机应用系统(简称船舶 CAD 系统)。该系统的研制开发及其应用水平,是衡量一个国家船舶工业和航运业技术现代化的重要标志之一。

本书是在“七五”交通部重点科研项目“计算机辅助船型技术经济论证研究”、“八五”国家攻关项目“内河客船计算机辅助设计系统研究”科研成果的基础上编写的。参加编写的人员都是曾参加过上述科研项目、并具有丰富实践经验的船舶科研、设计工作者。

此书在编写时注意掌握下述二个原则:

1. 力求全面、准确地反映当前国内外计算机辅助船舶设计方面的最新成果和发展趋势,使全书具有较高的起点。本书着重介绍的计算机辅助船舶设计系统,系建立在当代先进的 CAD 基础软件上,开发起点高,具有广泛的适应性、较高的集成度、优良的三维实体造型和曲面光滑、辅助检测手段等特点,系统的总体性能基本达到了 90 年代国际先进水平。

2. 既注意系统完整、深入浅出地介绍计算机辅助船舶设计的基本理论和原理,又着重阐述计算机辅助船舶设计系统的功能、应用方法和实践经验,使其具有很强的实用性。

因此,本书对本专业大专以上学生、船舶科研设计工作者和管理干部都是一部很有参考价值的书籍。

本书作为交通部《交通科技丛书》之一,在编写出版过程中得到了交通部科技司、人民交通出版社和交通部上海船舶运输科学研究所的大力支持。另外,人民交通出版社丁香云编审、上海交通大学张金铭教授和上海海运学院程景云教授对本书的编写给予了多方面的指导,在此一一表示深切的谢意。

编 者

1998 年元月

船 舶 CAD

主 编： 曾隆杰

副主编： 叶希圣 沈 炎 陈昌运

编写人员：

第一章 沈 炎

第二章 陈昌运

第三章 陈昌运(1、2 节) 顾 翔(3 节) 王世廉(4 节) 金允龙(5、6 节)

第四章 叶希圣(1、2、3 节) 张家龙(4 节)

第五章 申鸿喜

第六章 徐 骏

第七章 王 敏(1、5、6 节) 张海文(2、4 节) 徐 骏(3 节)

第八章 刘均芳(1、2、4 节) 顾 翔(3 节)

第九章 金允龙(1、4、8、9、10 节) 梁文娟(2、3、11、12 节) 陈高增(5 节)
冯如远(6 节) 黄伟忠(7 节)

第十章 沈 炎

目 录

第一章 概论	1
第一节 船舶设计与 CAD	1
第二节 船舶 CAD 系统发展概况	3
第三节 船舶 CAD 系统的开发与应用	4
第二章 船舶 CAD 系统运行环境	6
第一节 概述	6
第二节 船舶 CAD 系统的硬件配置	6
第三节 船舶 CAD 系统的软件配置	10
第四节 船舶 CAD 系统的运行环境实例	12
第三章 船舶 CAD 系统的基本功能	16
第一节 概述	16
第二节 造型设计	17
第三节 布置与装配设计	24
第四节 船舶工程计算	29
第五节 图形处理	36
第六节 数据库操作基本功能	45
第四章 计算机辅助船舶设计过程与管理	48
第一节 概述	48
第二节 船舶设计各个阶段与设计螺旋	49
第三节 计算机辅助出图的内容	53
第四节 船舶设计中的计算机管理	54
第五章 计算机辅助船舶技术经济论证	60
第一节 概述	60
第二节 计算机辅助船型技术经济论证系统的系统分析和系统设计	63
第三节 典型船型技术经济论证系统总体结构	66
第四节 内河客船计算机辅助船型论证系统模块设计	70
第五节 正交设计在船型技术经济论证中应用	91
第六章 船体型线设计与计算	95
第一节 概述	95
第二节 船体型线生成	100
第三节 船体型线线框设计	102
第四节 船体型线实体造型设计	105
第五节 船舶静力性能计算	116
第七章 计算机辅助船舶总布置设计	127

第一节	概述	127
第二节	外观造型设计	127
第三节	船体分舱设计	132
第四节	外舾装设计	140
第五节	内舾装设计	147
第六节	总布置图的绘制	155
第八章	计算机辅助船舶动力装置设计	158
第一节	概述	158
第二节	主要动力设备选型	163
第三节	机舱布置	167
第四节	管路系统	176
第五节	轴系设计	186
第九章	计算机辅助船舶结构设计	190
第一节	概述	190
第二节	结构布置的优化	192
第三节	构件尺度的规范设计	198
第四节	中剖面设计和中部舱段模型生成	201
第五节	机舱结构设计和舱段造型	204
第六节	船端结构设计和舱段造型	207
第七节	舱壁结构设计造型	213
第八节	上层建筑结构设计和舱段造型	217
第九节	肋骨型线和外板展开图生成	218
第十节	结构节点设计造型及节点库建立	221
第十一节	船体总纵强度计算和总振动计算	222
第十二节	结构有限元计算	224
第十章	船舶 CAD 系统的展望	228
第一节	系统智能化——专家系统的应用	228
第二节	多媒体技术应用	229
第三节	工程数据库	231
第四节	成为 CIMS 的组成部分	232
参考文献		234

第一章 概 论

第一节 船舶设计与 CAD

船舶设计是一项复杂的系统工程。设计者需要综合运用船舶各学科以及机械、电气、经济和航运管理等方面的知识,权衡处理技术及经济等诸多方面的问题;根据船东提出的设计任务书要求,通过一系列的调研、分析、计算及绘图等工作,确定船舶的各项技术要素及各种设备、配置,以提供生产建造和使用中所需的全部图纸及技术文件。

CAD(Computer Aided Design)是计算机辅助设计。因此对 CAD 的简单定义就是一个使用电子计算机来帮助设计人员进行设计的计算机应用系统,属于应用软件的范畴,有别于操作系统、数据库管理系统等计算机系统软件。从广义的系统概念出发,CAD 系统除了软件、硬件以外还包括使用系统的设计人员。因此国际信息处理联合会给了 CAD 一个颇有哲理的定义:“CAD 是将人和机器混合编在解题专业组中的一种技术,从而使人和机器的最好特性联系起来”。无论从“辅助设计”一词的字面理解,或者从上述定义来看,CAD 系统并不能完全代替设计人员,它只能为设计人员提供一种有效的工具。有了这个工具,设计人员可以应用自己的设计经验,集中精力处理带决策性的关键内容,而大量工程计算、绘图等工作可以由具有高速、准确地进行数值计算、图形处理的计算机系统来完成。实际上应用 CAD 系统进行设计的过程是一个人机交互的过程。设计人员随时都在干预设计的进行,在完成一个设计步骤后,设计人员要根据自己的判断来确定系统的走向,是进一步进行下一个设计步骤或是回溯到某个已经做过的设计环节上,经过参数的调整进行第二轮的设计。设计人员还要随时应答计算机的请求,如输入设计参数,给出图形的定位坐标等等。因此有了 CAD 系统,设计人员的设计经验以及运用 CAD 技术的经验仍然占有重要的地位。不能指望一个缺乏设计经验的新手通过应用 CAD 系统而“自动”地获得一个完美的设计。随着计算机技术和 CAD 技术的不断发展,计算机辅助设计应用的范围和深度正在日益扩大,工作效率也日益提高。

由于 CAD 系统包含了数值计算、图形处理、数据管理三方面的功能并有机集合成为一个整体,这一共性特征可以使 CAD 技术面向很多行业方面的设计。当然也能够将船舶设计这一繁琐复杂的过程计算机化,从而形成了船舶 CAD 系统。船舶 CAD 系统是计算机辅助船舶设计系统的简称,是一个用于船舶设计的计算机应用系统。它是利用计算机实现船舶设计中的计算、分析、优化、绘图、以及打印计算书等功能的新技术;是提高船舶设计质量、缩短设计周期、降低船舶造价的有力措施;是加快新型船舶研制开发、加速产品更新换代的必备手段;更是造船企业提高应变能力,参与现代国际竞争的前提条件。船舶 CAD 系统的研制开发及其应用的水平是衡量一个国家船舶工业技术现代化的重要标志。

这里从 CAD 的共性特征并结合船舶设计的实际,对船舶 CAD 系统的内涵作些分析。根据现时人们对 CAD 系统的认识,一般认为一个功能完备的船舶 CAD 系统应当是将数值计算、图形处理、数据管理三方面的功能融为一体的集成系统。从这个意义上说,一个单项的绘图程

序,例如绘制船舶型线图的程序,或者一个单项的计算程序,例如船舶总强度计算程序都不能称为船舶 CAD 系统。即使是包含了邦戎曲线计算、静水力曲线计算、大倾角稳性计算等多种计算功能的船舶静力学性能计算程序集,也只能称为“程序包”,还是达不到船舶 CAD 系统的要求准则。

船舶 CAD 系统的数值计算功能除了能完成诸如性能计算、强度计算等一系列工程计算外,还对这些计算所涉及的基本算法,如插值、拟合、数值积分等进行细致的算法设计,以使工程计算能获得高于人工计算的精度。此外还可以利用计算机强大的运算能力,进行最优化计算、有限元计算等。也可直接用数学方法来表达船舶型线及船体曲面。这些计算在以往人工设计时几乎是无法进行的,从而使应用 CAD 系统的设计质量能大大提高。在船舶 CAD 系统中各种各样的计算均以程序模块的形式存放在计算机内以供随时调用。系统还将各计算程序的计算结果,即输出数据,以特定的形式存放在相应的数据库(DataBase)内。一个程序模块的输出数据往往又是另一计算程序进行计算所需要的输入数据,它们可以从数据库中取得。这样设计人员进行一系列工程计算时就无需向机器反复输入数据,或是只要输入少量数据即可。

船舶设计过程中要绘制大量的工程图纸。为了完成这一功能,船舶 CAD 系统应当具有很强的图形处理能力。在引入参数设计技术后,现时的 CAD 系统已无需设计人员在计算机图形屏幕上直接作图,而是在设计人员输入少量设计参数后即能自动生成图形。当然系统除了接纳参数以外一般还要从数据库中取出大量数据,通过构造几何模型的程序模块来实现生成模型的功能。例如船舶 CAD 系统可以利用系列船型的方法或母型船变换的方法,在用户输入有限几个船舶主尺度的数据后,自动绘出船舶型线图。用户还可将生成好的图形存入系统的“图形库”内供下次调用。正因为有了图形库的概念,在构造一个新的图形时可以调用很多已经定义好的图形作为子模型嵌入到新的图形中来。这在进行船舶总布置、机舱布置设计时特别有用。CAD 系统不但能构造二维图形以满足传统的工程绘图的需要,还可以构造三维图形。这些三维图形在计算机的彩色图形屏幕上进行立体显示时,可以作任意角度的旋转、缩小、放大等以获得非常美观、直觉感很强的图形效果。因为构造了三维图形就可在绘图机上绘出各种各样的轴测投影图,使船舶设计的工程绘图变得十分丰富多采。

将众多的数值计算程序模块、构造几何模型(图形)的程序模块联结在一起的纽带就是数据库。而对船舶设计过程中产生的大量数据进行合理存放和科学管理的工具则称为数据库管理系统(DBMS)。正因为有了数据库,各个计算程序模块的计算结果可以存储起来,并且很方便地调用这些数据为另一些计算程序模块或构造图形程序模块使用,从而在整个设计过程中人工直接向机器输入的数据量可以减少到最低限度。另外很多技术文件,实际上是工程计算结果的格式报表也是由数据库中取出相应数据后通过报表生成模块在打印机上打印出来的。数据库的功能不仅在一艘船舶的设计中起到很大作用,而且能把已经设计好的船舶数据长期保存下去,从而形成类似船型库这样的综合多艘船舶技术要素的数据资源,这在进行新船设计时是很有用处的。CAD 系统的数据管理的功能是通过数据库系统实现的,它是形成系统特色的主要因素,因此不少人认为数据库是一个系统的核心。

本书其它章节将结合船舶设计中的各个环节对这三方面功能的具体体现作更为详尽的介绍。

第二节 船舶 CAD 系统发展概况

自电子计算机问世以来,船舶工业是应用计算机起步较早的行业之一。早期使用计算机是以单项工程计算程序的应用为特征,例如美国 50 年代就出现了船舶静力学性能计算程序。至 60 年代中才有了应用计算机于船舶工业的集成系统,1965 年挪威开发的 AUTOKON 系统是最早的代表。国外这类集成系统重点用于船厂造船的生产需要。应该属于“计算机辅助制造”系统,即 Computer Aided Manufacture,简称 CAM 系统。这类系统初期包含的一些设计方面的程序较为简略,只是作为庞大的建造系统的补充。后来经过逐年改进,设计部分的功能也不断得到加强,因此称为船舶 CAD/CAM 系统。除挪威 AUTOKON 系统以外,比较有名的系统有瑞典的 VIKING 系统和 STEERBEAR 系统、英国的 BRITSHIPS 系统、日本的 HICAS 系统等。另一个有名的造船集成系统,即西班牙的 FORAN 系统则被认为是将船舶设计和船舶建造作一体化考虑后开发的,因此其 CAD 部分比之其它系统更具特色。这些系统开发后在世界各地的大型船厂得到相当普遍的使用。数学放样、数控切割、数控弯板等新的造船工艺相继问世,对促进造船工业的技术改造起到了很大作用。由于硬件条件限制,早期这类系统都是借助于大、中型计算机作为运行平台,加之系统开发工作量大,整个系统的代价相当昂贵,只有大型船厂才有条件购买使用。船舶 CAD 系统在现时能获得广泛的应用是由于计算机的硬件及软件技术的进步所促成的。

为了使 CAD 系统在大、中型机上运行,这些机器均配置了专用的图形终端。辅助设计工作就在图形终端上进行。从理论上讲,主机在运行 CAD 系统时还可以同时运行其它的程序,例如船厂生产管理的 MIS 系统。但实际上 CAD 系统运行时占用主机的资源很多,很难再做其它工作。为此就以专用小型机来支撑图形终端,并再配置诸如绘图机之类的外部设备,从而形成了脱离大、中型计算机的独立系统,即图形工作站,又称 CAD 工作站。由于工作站的成本较低、效能又高,确实是为 CAD 系统创造了一个理想的硬件平台。自从第一台 Apollo CAD 工作站问世并广为使用后,不少计算机厂商均投入力量,进行 CAD 工作站的研制开发。目前市场上有名的 CAD 工作站产品有 SUN、HP、SGI、DEC 等等。这些 CAD 工作站已经成为 CAD 系统硬件平台的主流。当今世界上有名的船舶集成系统均已从大、中型机上移植到 CAD 工作站上。随着计算机结构日益紧凑,机身日趋小型化,使 CAD 工作站的占地面积很小,可以直接放置在设计人员的办公室内,各个 CAD 工作站之间又可以网络互联,为设计人员的使用提供了极大方便,因而大大推动了 CAD 系统的广泛应用。

除了硬件的进步外,软件技术,特别是计算机图形处理技术的进步也对 CAD 系统发展起了重大作用。自从有专门用于图形处理的系统以商品化软件进入市场后,这类产品发展很快,功能、性能日益增强。目前市场上有名的产品有美国 CV 的 CADDSS 系统、原 Calma 公司的 DDM 系统、PTC 公司的 Pro/ENGINEER 系统等。美国的 Intergraph 公司除了拥有图形软件产品外还生产 CAD 工作站。这些系统均有强大的图形处理功能,尤其在建模技术,即建造几何模型,包括实体造型方面确实达到了很高的水平。这些系统同样支撑多种 CAD 工作站硬件平台,人们可以把它作为一种支撑软件,即软件平台再根据自身行业特点进行二次开发,形成诸如建筑、机械、造船、飞机、汽车等专用 CAD 系统。由于有了图形系统作为支撑软件,CAD 系统开发人员可以集中力量解决面向本专业的设计问题,并获得强有力的图形处理功能的支持,使所开发的专业 CAD 系统更臻完美。近年来,有些生产图形系统的软件公司,为了适应造船行业的需

求,也开发了可为船舶设计直接应用的软件产品,如 CV 公司推出的 CV HULL(船型与结构设计),CV CST(钢结构设计)。这些软件组合了 CADDs 的核心软件就可构成一个船舶 CAD 系统。

我国船舶工业计算机应用始于 60 年代末。开始仅在很少的船舶科研单位使用,硬件条件也很差。至 70 年代,由于国产第二代计算机的小批量生产,使造船行业中有较多的科研、设计单位及大型船厂相继配置了国产计算机。造船行业计算机应用得到了较大发展。开发了一批单项应用程序并在生产实践中得到应用。改革开放后,原先拥有国产计算机的单位又相继从国外引进了一批通用计算机。已经开发的应用程序先后被移植到进口机上。由于单项应用程序逐渐增多,逐步覆盖到船舶设计及船舶建造的主要领域,加之拥有了进口计算机,硬件环境大为改善,因而提出了集成这些单项程序为一个系统的要求。各单位均在各自的通用机上做了很多集成工作。中国船舶工业总公司的“计算机辅助造船集成系统”,简称 CASIS 系统一期工程即是组织实施系统集成的一项工程。CASIS 系统包含了设计及建造二方面的内容,因此可以说它的一期工程是为我国自行开发的船舶 CAD/CAM 系统塑造了一个雏形。

随着 CAD 工作站及图形支撑软件在国内打开了市场,80 年代我国的船舶 CAD 系统开始走上选用 CAD 工作站作为硬件平台,以图形系统为支撑软件,进行二次开发的研制道路。如交通部“七五”重点项目,“船型论证 CAD 系统”是以 Apollo 工作站为硬件平台,Calma 公司的 DDM 系统为图形支撑软件开发成功的。本书作为典型介绍的“内河船舶 CAD 系统”是交通部主持的“八五”国家攻关项目,则是以 SUN 工作站为硬件平台,利用 Pro/ENGINEER 图形系统开发的。中国船舶工业总公司组织下属的主要科研、设计单位及骨干大型船厂联合开发的 CASIS 二期工程即是在 Apollo 工作站(目前已转为 HP 工作站)上,以美国的 AUTOTROL 图形系统为支撑软件研制的。国防科委七院系统开发的军船 CAD 系统是以 SUN 工作站为硬件平台。以 CV 公司的 CADDs 图形系统为软件平台开发的。这些系统的研制成功使我国船舶 CAD 技术发展到了一个新的水平,大大缩小了与国际先进水平的差距。

另外,根据我国国情,微机 CAD 应用很普遍,一些地方的小型船厂及设计部门利用微机开发了船舶 CAD 系统。这些微机版本的船舶 CAD 系统因其投资很少故而很易推广。随着微机性能的提高,开发的船舶 CAD 系统功能也愈来愈强,确实潜力很大。中国船舶工业总公司实施的 CASIS 三期工程已经列入了这方面的内容,其发展前景不可小看。

由于我国造船工业在改革开放后有了很大发展。全国各大船厂都在接受国外船东订单,产品已打入国际市场。国内船舶 CAD 系统的研制开发一时还不能满足造船工业快速发展的需要,因此不少船厂已从国外引进了船舶 CAD/CAM 系统。尤其是 KCS 的产品最受注目,近年来大连船厂、大连新厂、江南船厂、沪东船厂、广州船厂均已引进此项产品。在引进国外产品的同时,国家也很重视开发拥有自主知识产权的国产船舶 CAD 系统。这种二条腿走路的方针已把我国船舶工业应用 CAD 技术推进到一个新阶段。船舶 CAD 系统在国内很多地方已经成了船舶设计人员不可缺少的工具。对他们来说多年盼望的“丢掉绘图板”的理想已经成为现实,传统的船舶设计方式已经发生了根本性的变革。

第三节 船舶 CAD 系统的开发与应用

船舶设计是一个综合应用船舶学科中各类技术和伴有经济分析的复杂过程。因此,船舶 CAD 系统的开发必然是一项工作量很大、技术难度很高的科研工作。同样,应用好一个船舶

CAD 系统也要经历对系统认识的逐步深化、不断完善其功能这样一个技术性很强又为时较长的过程。在开发和应用船舶 CAD 系统时需要考虑的问题和应当采取的措施很多很多。这里从软件系统开发和维护的角度出发,从已经经历的实践中提出几点认识:

(1)开发系统是为了应用系统,开发应当立足于应用。为此应对船舶设计的需求进行详细的分析。以软件工程的观点,开发一个系统最粗略地可以划分为**系统分析、系统设计、系统实现**三个阶段。现在有一种系统开发工作“重心前移”的说法,认为要开发好一个系统必须要做好系统设计,要做好系统设计必须要做好系统分析。系统分析的地位愈来愈受人重视。对船舶 CAD 系统而言,系统分析就是对船舶设计的需求分析。要对船舶设计的全过程进行周密的判析,根据现有计算机技术水平,看看有多少工作可以让机器来做,对机器不能代替的人的思维判断、逻辑推理等功能可以用人机交互手段作为补充。这样就能对系统有一个符合客观情况的需求,从而可以为要开发的船舶 CAD 系统确定一个切合实际的系统目标。同时要对船舶设计的全过程进行合理的步骤分割,透彻分析设计过程中的数据流程,才能完整地描绘出一个系统的逻辑模型。

(2)在确定系统开发目标及设计出系统的逻辑模型后,即可考虑如何配置系统的支撑环境。当前市场上的 CAD 工作站及图形支撑软件种类颇多,应当选取适合系统需要,性能价格比良好,使用方便又有充分的售后服务的软、硬件产品作为系统的运行平台。

(3)在系统设计阶段采用模块化设计(Modular Design)是极为重要且必须采用的设计方法。对一个庞大的船舶 CAD 系统应当按不同的设计领域划分成为若干子系统,有时子系统下面可以再分子系统,称为二级子系统。子系统下面再划分成若干程序模块,大的模块下面也可分成若干子模块,使整个系统成为一个层次分明、界面清晰的树形结构。程序模块的划分应以功能专一、相对自封闭为原则。模块化的设计方法对系统开发及今后系统的维护和扩展均是至关重要的。

(4)数据库是联结各个程序模块的纽带,因此设计好数据库是系统设计的重要环节。应当根据数据流程分析,设计并确定各数据库的内容,其内部的数据要作合理存放,以方便各个程序模块存取数据。同时也要为今后数据库维护提供方便。

(5)有了系统的总体结构及数据库结构之后,应当最大限度地利用支撑软件的功能为系统设计一个良好的总控程序。合理设置各个人机交互的环节,提供友好的用户界面,为用户提供尽可能多的方便条件。

(6)应用 CAD 系统的设计人员必须要认识到“人的因素”的重要性,始终把自己把握在主导设计的地位。充分运用自己的设计经验,利用人机交互手段在 CAD 系统上做出一个完美的设计。设计人员对船舶 CAD 系统的总体结构、性能、功能、使用方法有一个全面了解是实现上述目的的前提条件。为此在船舶 CAD 系统开发完成后,对用户进行培训,提供详尽的用户手册及各类说明书是极为重要的事情。文档俱全是一个良好系统的必备条件之一。

(7)任何软件系统在诞生之初是不可能完美无缺的,还难于避免地包含着各种各样的错误,只有在应用过程中才能排除这些错误并逐步完善功能。用户也要通过使用系统才能积累起愈来愈多的数据和模型,使系统拥有日益丰富的信息资源。用户也只有通过使用系统才能熟悉系统,积累起更多的应用 CAD 技术的经验,使船舶 CAD 系统成为自己用得得心应手的工具。这个过程所需时日会远远超过系统的开发周期。

第二章 船舶 CAD 系统运行环境

第一节 概 述

船舶 CAD 系统开发从 60 年代初起步,其运行环境也逐步发展,并随着计算机硬件和软件的发展不断提高、完善。80 年代前,主导系统是 IBM 主机带光笔图形终端。到 80 年代中期,工作站迅速崛起,在船舶 CAD 系统中逐步占据了主导地位,并同通用图形软件配套,如 Calma, Auto - trol, Computervision, Intergraph、Pro/ENGINEER 等,形成配套的船舶 CAD 运行环境。同时,微机迅速发展普及,出现了 AUTOCAD 等微机 CAD 系统。到 90 年代,一方面初期投资较大的、以 UNIX 操作系统为主的工作站网络分布式系统有了较大的发展,如我国的大连、江南、沪东、广州等造船厂,配备了以 HP、DEC 等工作站为主体的硬件环境,并引进了国外著名的瑞典 KCS (Kockums Computer System)公司船舶 CAD/CAM 应用软件 TRIBON。另一方面,较多的船舶设计部门、中小船厂则采用了工作站与微机的联网分布系统,配备了诸如 Auto - trol、Pro/ENGINEER、AUTOCAD 等通用图形支撑软件,自主进行应用软件的二次开发,建立自己的船舶 CAD 应用系统。

配置一个技术先进、功能强大的船舶 CAD 系统运行环境是进行船舶 CAD 系统开发与设计应用的重要基础。船舶 CAD 系统运行环境配置可分为硬件环境和软件环境两大部分。

第二节 船舶 CAD 系统的硬件配置

硬件环境主要由计算机(主机)、显示终端、存储器、输入/输出设备、网络设备等部分组成。

船舶设计是一项复杂的系统工程设计,涉及内容多、范围广、信息量大,对系统的硬件环境要求较高,通常要求有较大的存储容量,较高的运行速度,尤其是图形运算和图形显示速度。因此,计算机辅助船舶设计硬件配置需按照自身的特点选择主机系统与外部设备的配置。

一、船舶 CAD 系统硬件的特点

计算机辅助船舶设计硬件系统由于其技术领域的特殊性,具有如下特点:

1. 网络环境要求

船舶设计属于大型工程项目设计,通常分为三大专业(船、机、电),进一步可分为九个专业(总体、结构、外舾装、内舾装、轮机、系统、强电、弱电、自动化),往往需要几十个专业协同完成,一个技术人员开发的结果,需要与项目内其他专业人员开发的结果互相沟通,或让别人使用自己的结果,或需要利用别人的结果等,是一种比较典型的并行工程。因此,作为船舶 CAD 硬件环境,根据设计各环节的具体要求宜采用以工作站为主与微机联网的计算机系统,当硬件的台套数较多时最好按服务器/客户机体系结构进行配置。现在,工作站性能不断提

高,价格下降,性能价格比也不断提高,微机更是如此。因此,建立网络分布式环境的船舶 CAD 系统不仅能适应船舶设计的特点,也已经具备了良好的市场条件。

2. 存储容量相当大的内存与外存

由于船舶设计的信息量巨大,其设计已由传统的二维设计向三维设计转化,由线框模型向实体模型转化,需要相当大的内存与硬盘容量。对工作站来讲,内存容量宜在 64MB 以上,最好要达到 128MB;硬盘容量宜在 4GB 以上,有条件时可配置得更高一些。

3. 较强的图形处理功能

船舶 CAD 的设计过程是通过人机交互来实现的,要求计算机有较高的图形处理与显示速度,一般来讲,图形计算处理的响应速度应高于操作者可以容忍的速度。系统中应配备部分图形性能较高的工作站,不但要具备较强的整数、浮点运算能力,还需有较快的二维、三维矢量处理速度、消隐计算及图形浓淡处理(shading)等能力,以满足人机交互的实时要求。

二、主机系统的基本配置形式

船舶 CAD 主机系统的配置,从其历史发展过程来看,有以下几种基本形式:

1. 主机分时系统

船舶设计从 50 年代起开始应用电子计算机。到 60 年代,才真正进入船舶 CAD 系统的应用开发时期。当时,船舶 CAD 系统的开发都采用了高性能的大型通用计算机为主机,用分时方式连接几十个乃至上百个图形、字符终端和外设,共享一个 CPU,每个用户都能在内存中占一个小区,并分到一个瞬时的时间片来处理自己的设计工作。比较典型的是 IBM 主机系统,主要机型有 IBM4341、3081、3090 系列等,每台内存可达 16MB~24MB,磁盘容量可从几十到几百 GB,能存储上百万张图纸和其它技术档案。该种系统的优点是:所有设计数据由一个集中的数据库系统统一管理和维护,系统开发维护工作量小。不足之处则有:整个系统价格昂贵,初期投资较大;每个终端的处理速度和响应时间随着终端数的增加而减慢;主机坏了,整个系统将处于瘫痪状态;终端与主机距离不宜太长。这种主机分时系统不太适合中小企业和科研设计单位使用,到 80 年代中期,逐步被工作站组成的分布式系统所取代。

2. 工作站系统

工作站是 80 年代推出的一种介于微机与超级小型机之间,专为 CAD 工作和科学计算而设计的计算机。它配有高级整数和浮点运算处理器和较大的虚拟存储空间,具有较强的高速运算能力;具有高性能图形处理能力和友好的人机交互图形界面;具有优秀的网络通信功能。工作站采用 RISC(Reduced Instruction Set Computer)技术,即精简指令集计算机,同传统的 CISC(Complex Instruction Set Computer)技术,即复杂指令集计算机相比,运算速度快,成本低,可靠性高,具有很高的性能价格比,普遍采用 UNIX 操作系统,是一个标准化开放式运行环境,已成为船舶 CAD 技术较理想的硬件环境。

工作站由于其性能优良,应用广泛,发展很快。90 年代初期,32 位工作站仍是市场主流,到 90 年代中期,DEC、SUN、HP 等工作站大型厂商纷纷推出 64 位图形工作站及相应操作系统。到 1996 年,64 位工作站正逐步成为船舶 CAD 系统机型选择的主流。目前国内外应用较多的工作站有 SUN、HP、DEC、SGI、IBM 等品牌,国内尚有部分 SUN 和 SGI 的兼容机,都配有不同档次的图形加速器。

用工作站群建立起来的船舶 CAD 硬件环境,是一个分布式计算机系统,通过局域网将若

千个工作站连接起来,网络中每个工作站都是一个可进行船舶设计与计算、交互绘图、信息存放的独立系统,又可以通过网络进行协同工作,实现资源共享。

3. 微机系统

以 PC 为代表的个人微型计算机近年来发展异常迅速。自 1983 年准 32 位的 286 微机问世以来,386、486、586 微机相继推出,其中 586(pentium)芯片,采用了超级标量等 RISC 技术,主频从 75Hz 到 200Hz 不等,配以 32 位操作系统 Windows 95 和 Windows NT,其计算能力有了很大提高。

微机的迅猛发展,性能的不断f提高,价格不断下降,加快了其在船舶 CAD 系统中的应用。目前,微机作为船舶 CAD 硬件系统,在部分中、小船舶设计单位和船厂的应用,也有一定的规模。但是,微机仍存在处理 CAD 图形运算能力不够,数据存放和传输速度较慢,缺少较好的图形处理硬件和较好的图形支撑软件,三维造型功能较差等方面的问题。在以前使用中大都用来绘制工程图纸。

1995 年 Pentium Pro 芯片的推出,随后 Pentium II 芯片的推出,多 CPU 的并行处理技术应用,同大容量内外存、高性能图形显示卡、大屏幕显示器等配套,可使微机性能接近 90 年代初 32 位图形工作站的性能。由于微机价格低廉,使用方便,其硬件、软件功能不断增强,图形加速能力不断提高,发展较快,促进了某些 UNIX 版本软件向 Windows NT 移植。因此,今后在船舶 CAD 技术的发展中,微机将发挥越来越大的作用。

4. 工作站与微机组成的分布式网络系统

这是综合工作站系统与微机系统两者优点的网络系统。实际上,一个配置合理的船舶 CAD 硬件系统,是根据船舶设计不同专业、不同阶段设计内容的要求,合理选配高性能工作站、中档工作站和微机的数量,在船舶设计过程中能最大地发挥和利用计算机的硬件资源,使系统配置的投资能发挥最大的作用。

三、显示终端

显示器是计算机的主要输出设备与主机监控设备,用来显示字符和图形,包括字符、数码、图形、图像和汉字等。在传统的船舶 CAD 系统中,往往配备双显示终端,即字符终端和图形终端,将字符与图形分别显示。近年来,图形处理硬件技术的发展很快,处理速度不断提高,交互图形处理技术和多窗口界面技术已商品化、实用化,单一终端显示已可以满足字符与图形的显示要求。在无特殊要求时,通常采用单一显示终端。

船舶 CAD 系统目前所用的图形显示器主要是阴极射线管(CRT)。其工作原理与电视机显像管类似,采用光栅扫描方法。所不同的是电视机是通过模拟信号构成屏幕上的图像。而 CAD 系统的 CRT 是利用计算机产生的数字信号,控制 CRT 屏幕上许多按矩形网格分布的“像素”(Pixel)发光,而构成屏幕上的图形。配置图形显示器时,宜考虑下列要求与特征:

1. 显示器尺寸

显示器尺寸,按对角线尺寸定义,以英寸($\text{inch} = 0.0254\text{m}$)为单位。在选配显示器时,最好配置 19 英寸以上尺寸的彩显,有条件时可再大一点,若小于 17 英寸,将不利于设计人员在交互操作时观看复杂的图形。

2. 分辨率

分辨率(Resolution)是衡量显示器像素稠密的指标。如分辨率为 1280×1024 的显示器,表