

# 三维 CAD 技术在船舶设计上的应用

沪东中华造船(集团)有限公司 苏文荣 陈锦晨 郑斌华

**摘要:**船舶企业信息化建设已成为发展造船生产力的重要手段。船舶三维 CAD 技术的应用不仅对提高设计效率和质量有重要作用,而且更是造船企业信息化的源头。本文在回顾了造船 CAD 技术的应用情况以及自主开发的三维 CAD 系统的设计的主导思想和功能的基础上,认为自主开发的造船三维 CAD 系统的应用将对我国“数字造船”发展具有一定的推动作用。

**关键词:**造船; 设计; 信息化; 三维 CAD; 开发

**中图分类号:**U662.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1005-9962(2006)01-0033-04

**Abstract:**At present, information construction has become the key technology to improve productivity in shipbuilding enterprises. Ship 3D CAD technology not only improves design efficiency and quality, but also is the source of information. After reviewing the application of CAD technology in shipbuilding and ideas of independent development, the paper considers that the application of independently developed Ship 3D CAD system has an active impulsive effect to the development of “digital shipbuilding” in our country.

**Key words:**shipbuilding; design; information; 3D CAD technology; develop

## 1 概述

1990 年代初我国造船业引进了国外三维 CAD/CAM 系统,对提高我国船舶设计效率 and 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。这些系统难以实现对管理系统的集成。为此,我国造船业相关院、所、企业在新世纪初相继对造船三维 CAD/CAM 系统进行研究开发。但一些系统的开发是在国外第三方图形平台基础上开发,难以达到船舶设计各专业的集成和平行设计,更为重要的是这样的系统部分 License 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,在自行开发的三维图形平台基础上,研发造船 CAD/CAM 系统,目前已取得了突破性进展。在完成船舶舾装三维设计系统基础上,又完成具有三维拓扑关系的船体建模设计软件,基本完成了一个具有独立自主知识产权的造船三维 CAD/CAM 设计系统,并已在数十家船舶企业获得应用。

## 2 三维船舶设计系统介绍

### 2.1 系统设计指导思想

(1)多年来,我们分析了 TRIBON、CADDS'5、

CATIA 等系统的特点,在本项目研究中力求做到尽可能吸收各系统的优点,如 TRIBON 系统的三维船体结构拓扑关系技术,CADDS'5 系统的参数化设计思想,CATIA 系统、CADDS'5 系统的三维交互实体建模实时显示技术等,力使本项目研究达到一定的先进性。

(2)近 10 年来,我国造船企业引进了国外各类三维设计系统,在技术上这些系统各有特点。有些系统贴近造船实际但开放差;有些系统虽然在通用 CAD 系统基础上应用到造船,但需要做大量二次开发工作。软件商出于商业利益在技术上较为封锁,要满足我国船舶制造集成需要有一定困难。加之国防的保密需要,在本项目研究中我们在 OPENGL 基础上开发具有独立版权的图形处理平台和应用软件,使本项目研究开发、应用不受第三方的制约,有利于我国船舶设计、制造集成系统的研究开发。

(3)为适应现代造船模式的需要,本项目开发要体现船舶并行协同设计思想,所生成的图纸、加工制造信息能满足“壳、舾、涂一体化”和“设计、生产、管理一体化”的现代船舶制造技术。

(4)吸收国外软件的优点,在满足现代船舶制造实际设计应用的基础上,进行研究开发。对一些国外软件在应用中存在的问题,尽可能加以克服,以体现本系统的特点和先进性。

(5)本系统的开发采用面向对象方法。它是一种运用对象、类、继承、封装、聚合、消息传送和多态性等概念来构造系统的软件开发方法,具有抽象、继承、封装和多态性四大特征。因此,面向对象程序设计

**第一作者简介:**苏文荣,男,教授级高工。1945 年生,1968 年复旦大学数学系毕业,长期从事造船计算机开发应用技术工作。

计具有许多优点:由于面向对象编辑的可重用性,可以在应用程序中大量采用成熟的类库,从而缩短了开发时间,效率高,可靠性高;继承和封装使得应用程序的修改影响更加局部化,使得应用程序更易于维护、更新和升级。这些优点对本系统的功能扩展和性能优化带来了极大方便。

## 2.2 系统目标

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模型软硬平台。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分析,这是整个船舶数字化制造集成系统的基础。系统的开发旨在建立具有独立自主知识产权的船舶设计系统,为我国船舶设计提供三维设计手段。

## 2.3 主要功能

三维船舶设计系统能获得船舶产品所需的设计、制造、管理的相关信息,达到船舶制造数字化信息集成。设计系统有如下功能:

### 2.3.1 图形平台

图形平台是在 Windows 操作系统下,基于 OpenGL 图形进行开发的 CAD 基础平台,实现基本图形对象的生成、显示、操作、管理、优化、输出、模型构造等功能,为应用程序提供图形对象、操作命令、开发接口。具体实现中既考虑到造船行业的特色又具有一定的通用性,可适用于大规模集成化制造行业的 CAD 软件开发。图形平台还可进行封装做成 CAD 图形显示组件嵌入管理等软件中,为实现其他软件和设计软件的集成提供了便利。

### 2.3.2 数据管理

由于船舶设计中各专业在设计建模过程中产生大量的关系复杂的数据需要处理,本系统并不采用标准的数据库来保存整个数据,而是采用一种统一的格式,将各种不同的数据保存在不同的文件中。同时提供一个管理工具对其进行管理,其目的是要减少中间环节,加快数据的存取速度。这种文件格式是一种自主格式的索引数据文件。在此文件格式基础上,对各类数据都各提供一套函数接口。这套接口负责处理指定类别数据的数据存取,应用程序就通过这套接口存取所需的数据。

### 2.3.3 通用设计

在舰船设计过程中,有些功能多个专业都需要用到,作为基本功能提供给各专业共同使用;另外一些功能与专业无关,作为独立于各系统之外的处理功能。这些功能都属于通用设计的范畴,具有实体

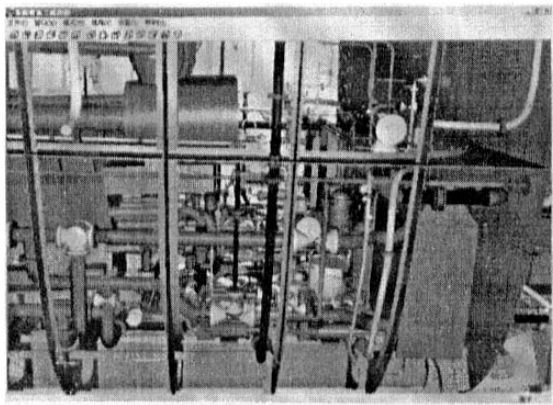


图1 管系三维建模

部件设计、参数部件设计;二维背景图、模型、图册、标准模型库管理;模型实体显示;模型消隐;图纸管理;图纸处理;干涉检查;DXF 文件输入/输出等功能,能输出 IGES 格式,同其他 CAD 系统进行交换。

### 2.3.4 船体结构设计系统

船体结构设计系统是涉及船舶技术设计、详细设计、生产设计全过程的三维建模系统。系统进行船体型线定义、结构布置、板材和型材零部件定义、建立具有拓扑关系的三维船体结构模型。该模型具有船体结构的几何、物理、工艺等属性。从模型中可分解全船结构的板材和型材零件,建立产品结构树,生成满足生产所需的各类安装制造图册和生产管理表册,并具有对其他设计系统生成的图纸、电子文件中二维视图的处理功能。

### 2.3.5 船体生产信息系统

船体生产信息系统进行船体的生产准备工作,生成船体生产所需的各种下料、加工、装配、生产管理等信息。船体生产信息系统满足工厂船体生产设计的需要,取代样台人工船体放样工作,实现取消 1:1 实尺船体样台。船体生产信息系统由外板、结构零件、套料及切割文件、材料管理、生产用表等主要部分组成。本系统和 TRIBON、CATIA、CADD5 等系统具有接口,可利用这些系统建立模型后把相关信息导入本系统后进行生产信息处理。

### 2.3.6 管系设计系统

管系设计系统是以船舶管系设计以及其他行业的管路设计为对象进行开发的,提供交互管系布置界面,建立三维管系模型(见图1),具有很强的实用性。系统涵盖管路设计的全过程,有管系原理设计、设备布置、管路布置、零件分割、安装图、零件图到有关托盘表、管附件表等生产管理信息生成等功能,还具有 TRIBON、CADD5 等系统管系模型导入接口。

### 2.3.7 风管设计系统

风管设计系统是一套面向船舶通风管系的三维设计系统,针对通风管系的特点,风管规格多变,接头形式多样,利用参数化的设计方法,进行个性化的风管布置、接头生成和拼接,建立方风管和螺旋风管的三维实体模型。

### 2.3.8 船舶电气设计系统

电气设计系统的开发贯穿于电气详细设计和电气生产设计整个过程,采用交互设计的操作界面,实现电气三维模型设计,改变目前电气生产设计的手工状态。本系统主要完成电气系统设计、电气设备布置、主干电缆走向布置、主干电缆表册编制、电缆导架安装图、电缆开孔图、中小型电气设备基座安装图、电缆支承件制造图册、照明灯架制造图册,以及托盘管理表、材料定额表等内容。

### 2.3.9 设备布置设计系统

设备布置设计系统处理船舶设计各专业对各类设备进行交互布置,可生成机舱设备布置、甲板布置等三维模型,作管系、风管、电缆布置背景应用,并产生相应的各专业有关生产安装信息。

### 2.3.10 铁舾件设计系统

船舶铁舾件设计系统是处理船舶设计各个专业对各类设备、管子、风管、电缆等系统的定位固定和船舶各舱室畅通行走的辅助装置和设备,如管子支架、电缆导架、风管吊架、基座、窗、梯、护栏等铁舾件的三维建模设计(见图2)和生成相应的生产信息,以及铁舾件在船舶设计三维建模的定位所需信息。本系统是船舶设计各专业所需的基本设计系统。

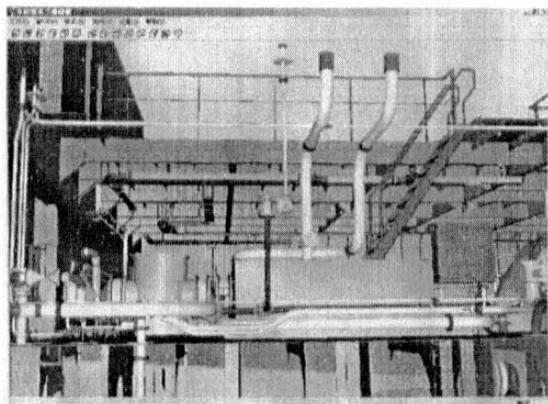


图2 舾装三维建模

### 2.3.11 涂装生产设计系统

涂装生产设计系统是在设定涂装原则工艺的基础上,导入船体模型,按照船体涂装的各个不同阶段

和要求,进行涂装舱室划分,自动计算涂装面积,并根据涂装面积和涂装工艺信息生成涂装施工图纸和表册供现场使用,作为涂装生产管理的基础信息,供生产使用。

## 3 系统主要特点

### 3.1 自主知识产权的图形平台

系统图形平台是在 OpenGL 基础上开发的,这样可使在此平台上的应用系统不受第三方图形平台的变化而变化,对应用系统的稳定运行和维护带来很大的方便。更为重要的是用户也不必由于第三方图形平台升级或变化而支付升级费用,从而减少用户开支。同样,自行开发的图形平台可使用应用软件的发展不受第三方软件技术上的控制,加之系统的开发采用面向对象的设计方法,使本设计系统的发展前景更为广阔。

### 3.2 船体和舾装模型建立较为完整的拓扑关系

系统能建立完整的具有拓扑关系的船体、舾装三维模型。船体模型中,任何一构件零件修改,其相接触的零件均能自动更新修改;如某型材规格或朝向发生变化,其通过的板材开孔能自动调整。同样,舾装模型中,任何管子修改,处于同一管路号的一系列管子和管附件均能自动随之修正。这样大大减少了由于设计修改而引起的设计错误,提高了设计质量。

### 3.3 实体建模和参数化建模构造模型

系统开发时考虑到出图的完整性和满足船舶出图的特殊要求,采用了实体建模和参数化建模方式。参数化建模可大大减少舾装件建模的工作量。在参数化设计中采用了带有特征的连接信息和反算方法,可极大方便用户对铁舾件的设计和交互布置,且定位尺寸和参数能根据安装环境而自动修改。

### 3.4 各专业模型都可以进行干涉检查

系统所建立的船体结构、管系、风管、电缆、铁舾件等模型均以统一格式存放在同一数据库中。在设计建模中,设计者可以对船体结构、管子、风管、电缆、铁舾件以各种组合形式进行干涉检查,查找碰撞情况,确保建模和设计质量。系统还能根据用户的需要进行整体或局部模型的干涉检查,从而减少干涉检查时间。

### 3.5 实现零件加工的工艺仿真

系统在生成管子零件时,能根据不同型号的弯管机参数对生成的零件进行工艺检查。若仿真检查出不合某指定弯管机工艺要求的零件则将自动报

错。系统还可以对船体生成的板材零件套料板的数控切割指令,进行仿真切割,以检验套料板和切割路径是否合理,从而及时避免不必要的损失。

3.6 实现符合造船特点的三维模型的二维出图和生产制造信息

系统建立的三维模型,通过各种剖切能生成各专业所需的满足详细设计、生产设计的二维图纸。系统还能生成满足各专业所需要的设计、生产、管理的各种图册 80 余种,还可根据用户需要定制所需的表式。

3.7 建立和其他系统的数据接口

考虑一些用户已使用 TRIBON、CADDS'5、CATIA 等三维设计系统,本系统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、管附件模型导入本系统,还可把 CADDS'5 船体模型导入本系统。这样,一则可弥补上述系统对生产信息生成的缺陷,二则可为用户节省软件运行费用,原购系统可照常使用而不浪费已购软件。

4 结束语

本系统在边开发边应用中迅速发展,目前已完成预期的开发目标。系统已在数十家船舶设计、制造单位和院校获得成功的应用,取得了数千万元的经济效益,打破了国外软件对我国造船设计软件的垄断地位。在此,对在本系统开发过程中给予热情支持、帮助的各级领导、同仁们表示衷心的感谢。

\* \* \* \* \*

2005 年度上海市造船工程学会新会员名单(170 名)

- 708 所: 汪海燕
- 上海船舶研究设计院: 万东升 张文斌 徐美芳 卢 晨 李 路  
周志勇 刘红平 梁益民 桂满海 伍 刚 施正礼  
刘碧军 李 兵 华 玮 杨 博 徐志海 孙家鹏  
向殿芝 杨 瑜
- 611 所: 闻松盛
- 江南造船(集团)公司: 朱嘉富 张冬桂 李敏芳
- 沪东中华造船(集团)公司: 王 晓 荣 吴宏军 张根发 刘志坚  
曹 伟 王 辉 苗 科 孙 剑 翁红兵 刘希权  
周家声 陈国民 陈 彬 董有为 党爱民 张 革  
柴卫东 高其兴 魏青友 谢肃君 田长荣 孙恒梅  
曹法兴 李金光 程千红
- 上海外高桥造船公司: 何成能 夏中华
- 上船澄西船舶公司: 童晓民 郭 红 肖 峰
- 沪东重机股份公司: 刘 旭 程 洁
- 上海德瑞斯华海船用设备公司: 李 琴 于利磊
- 704 所: 满卫芳 王志君 曹 爽 李冬丽 赵咏梅 刘 毅  
孟克勤 汤永健 张力钧
- 711 所: 吕 健 平 涛 李 冰 曾 佳 方林云 刘 京  
汪海贵 王宝峰 金永星 严忠胜 闵作兴 孙炉钢  
周 军 赵同宾 王建荣 黄振军
- 701 所上海分部: 王 歆 刘 海 邵 飞 王 吉 刘锋华  
谢继荣
- 中海发展股份有限公司油轮公司: 陈 健
- 中国海运(集团)总公司: 朱久恩
- 交通部上海打捞局: 肖之相 刘根年

- 海军装备部驻上海地区军事代表局: 刘国栋 严雄伟 王晓林
- 海军装备研究院标准规范研究所: 平 洋 刘坚强 吴睿锋  
林超友
- 4805 工厂: 沈丽英 董佩华 吕克生 蒋爱珍 杨雨生 周红兴  
顾 勇
- 中国石化集团上海海洋石油局: 钱亚林 梁士谟 翟明增 邱峻峰
- 中国水产科学研究院渔机所: 徐 皓
- 上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院: 姚宝恒 王红霞 李 欣  
刘亚东 黄 超 马 宁 邓德衡 喻国良 沈惠申  
汪 淳 陈 刚 黄小平 余 龙 陈 震 汪学锋  
傅慧萍 李英辉 冯正平 冯永军
- 上海交通大学机械与动力工程学院: 明新国
- 上海海事大学: 王友聪
- 上海市轮渡公司: 朱志敏
- 英国劳氏船级社(亚洲)上海代表处: 张金冬 李金龙
- ABB(中国)有限公司上海分公司: 谢以文 陈剑池 姚华东  
高方祥
- 欧得利船舶工程公司: 顾善瑛
- 京荣船舶设计公司: 万 钧 周迎兵 钱 渊 陆洪度 周亚兰
- 上海斯迪安船舶设计公司: 朱剑姝 何 鑫 张宗强 杨碧赫  
冯 宁 彭代伦 李岳辉 张宏亮 曾华文 翁徽贇  
宫相斌 邬海国 张 雨 梅秋良 姜增初 侯 辉  
朱庆元
- 上海电器科学研究所: 刘许峰 陈守环 王 浩 魏 东 秦钢华
- 荷兰海英荷普曼工程公司沪代表处: 雷 红
- 博思格建筑系统-上海松江工业区: 朱农时

作者：[苏文荣](#)，[陈锦晨](#)，[郑斌华](#)，[Su Wenrong](#)，[Chen Jinchen](#)，[Zheng Binhua](#)  
作者单位：[沪东中华造船\(集团\)有限公司](#)  
刊名：[上海造船](#)  
英文刊名：[SHANGHAI SHIPBUILDING](#)  
年，卷(期)：2006，(1)  
被引用次数：3次

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [费康一](#). [张亚雄](#). [FEI Kang-yi](#). [ZHANG Ya-xiong](#) 高水位差地区大型混凝土造船用滑道设计总结——东方造船股份有限公司#1船台滑道设计 - [水运工程](#)2009(z1)  
介绍长江中游目前国内最长的大型造船用干船台滑道的设计.

2. 期刊论文 [吕瑞云](#). [陆剑华](#). [陈锦晨](#). [LU Rui-yun](#). [LU Jian-hua](#). [CHEN Jin-chen](#) 造船部件设计中参数化技术的应用 - [上海造船](#)2006(2)  
在研究造船设计中大量部件设计难点的基础上,开发了参数化技术设计部件的方法,实现了部件属性(如材料、重量等)及部件外形尺寸的参数化,由此可根据设计的环境自动或手动完成部件的交互设计和布置,生成必备的生产信息.同时,开发了相关的程序,用于风管部件、管支架以及外舢件的设计和布置,取得了良好的效果.

3. 期刊论文 [刘雅玲](#). [LIU Ya-ling](#) 新造船能效设计指数介绍及分析 - [中国造船](#)2009, 50(4)  
二氧化碳排放一直是航运界关心和关注的焦点,国际海事组织IMO第57届环境与保护委员会MEPC57、MEPC58、MEPC59次会议以及温室气体工作组第二次会议上对此都进行了激烈的讨论.根据所收集到的资料,对新造船能效设计指数EEDI(原:新造船CO<sub>2</sub>指数)进行了分析和研究,并对减少二氧化碳排放可采取的措施进行了探讨.

4. 学位论文 [严锦林](#) 总装造船设计与生产并行工程技术研究 2009  
进入二十一世纪,世界造船市场竞争日益加剧,扩大造船总量,抢占市场份额,已成为市场竞争的焦点.在世界造船竞争格局中,我国虽然已连续多年在造船产量上处于第三的位置,但与韩日相比差距仍然较大.为实现我国船舶工业跨越式发展,实现世界第一造船大国目标,必须加快现代总装造船模式下各项关键技术的研究和应用. <br>并行工程是近年来开始应用研发的一种集成化产品开发模式,它受到了国内外众多研究单位、制造企业的重视.并行工程是一种指导新产品开发的哲理和方法,同时也是一门综合的自动化制造技术. <br>现代总装造船模式下设计与生产并行工程技术是当代造船企业在推进建立现代造船模式过程中迫切需要解决的一项基础性关键技术,通过这一关键技术的研究有助于解决造船企业在推进建立现代造船模式过程中存在的问题,提高企业的竞争力. <br>本文论述了并行工程技术的内涵及其在国内外的研究应用现状、造船并行工程,并着重论述了现代总装造船模式下造船设计与生产并行工程的各项关键技术,包括造船生产准备技术、造船工程的业务流程、基于中间产品的工程分解,现代总装造船模式下设计与建造的关键技术等. <br>

5. 期刊论文 [李小军](#). [顾倩燕](#). [LI Xiao-jun](#). [GU Qian-yan](#) 中船长兴造船基地水工构筑物设计关键技术 - [水运工程](#)2009(z1)  
长兴造船基地是我国规模最大的造船基地.介绍基地一期工程水工构筑物的规模及结构设计方案,总结了在本工程中获得成功的大型水上基坑建造双船坞均口、大跨度双排钢板桩围堰建造双船坞均口、大型钢浮箱结合桩基复合基床建造大型船闸闸首、格型地下连续墙建造超深船坞均墙、超大面积船坞基坑工程钢板桩均墙变形控制技术、考虑大面积卸载和周期重载作用条件下的船坞底板桩基设计技术等创新设计理念和设计技术.

6. 期刊论文 [谢云平](#) 浅析地方船型标准化设计对绿色造船的影响 - [造船技术](#)2009(4)  
船舶的绿色设计是绿色造船的基础.设计人员必须要树立绿色设计观,在地方船型的标准化设计过程中,应该在节省资源、降低能耗和控制污染三方面给予重视.船型标准化设计对地方绿色造船将产生积极的、有益的影响.

7. 期刊论文 [王华荣](#). [池建文](#) 模块化造船技术发展研究 - [舰船科学技术](#)2003, 25(4)  
介绍了一种先进的船舶设计、建造技术—模块化造船技术,论述了采用模块化造船技术的意义,对模块化设计内涵和几种造船模块进行了阐述,并就国外模块化造船实践进行了举例介绍,最后指出应用模块化造船技术时应该注意的问题.

8. 期刊论文 [宣以飞](#). [XUAN Yi-fei](#) 龙穴造船基地圈围及吹填设计 - [水运工程](#)2009(z1)  
介绍龙穴造船基地圈围及吹填设计,着重对围堤标准、平面布置、结构型式、吹填及地基处理进行阐述.

9. 学位论文 [何宝](#) 船体生产设计样图与实现方法研究 2009  
转换造船生产模式(简称转模)极大地推动了我国造船工业的蓬勃发展,造船生产设计也随着转模成为我国造船行业积极推广的一项设计新技术.由于我国开展生产设计相对滞后,而“转模”扩大了生产设计的内容,因此,要不断研究和扩大如何方便生产施工的生产设计内容,推广标准化设计,使完成的一切设计图样逐步实现规范化、格式化、标准化,这将会给工厂带来很大的经济效益. <br>本文的重点在于分析研究现代造船模式下船体生产设计图纸的标准化工作,并对标准化图纸在TRIBON软件中的实现方法进行研究. <br>首先,对现代造船模式与传统造船模式的对比分析研究,在明确了现代造船模式的渊源、内涵及实质之后,归纳出现代造船模式的特征,构建现代造船模式的基本框架,并在此基础上总结出现代造船模式下的设计方式. <br>其次,通过对沪东中华造船厂、外高桥造船厂和大连中远船务工程有限公司三家单位目前正在使用的船体生产设计图纸进行对比分析,依照现代造船模式对船体生产设计的要求,对图纸中所涵盖的各类信息进行归纳汇总,提出现代造船模式下船体生产设计图纸(简称为样图)应包含的主要内容. <br>

最后,对已经形成的船体生产设计样图中的各种物量信息在TRIBON软件中的实现方法进行逐一分析研究,最终形成船体生产设计样图.

10. 期刊论文 [顾国庆](#) 中远造船厂的设计特点及分析 - [造船技术](#)2009(5)  
通过中远造船厂规划建设的实例,阐述了中远造船厂在工厂建设、造船工艺和设备配置等方面的特点,并对这些特点进行了分析.

引证文献(3条)

1. 张凯, 谢承福, 涂跃红, 邓爱民 [FORAN软件在船舶总体设计中的应用](#) [期刊论文] - [中国舰船研究](#) 2009 (4)
2. 吴荻 [中国造船行业信息化存在的若干问题](#) [期刊论文] - [中国水运\(下半月\)](#) 2008 (2)
3. 耿元伟 [基于CATIA的自升式平台参数化建模方法研究](#) [学位论文] 硕士 2006

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_shzc200601013.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_shzc200601013.aspx)

授权使用: 天津大学(tjsg04), 授权号: 850d25ce-05d7-4aa9-9226-9e9d00e1f2d6

下载时间: 2011年3月5日