

FORAN 概况

当前国内船舶 **CAD/CAM** 软件应用状况

以及 **FORAN** 的优势

通力有限公司

2011 年 9 月

提要

经过多年的不懈努力，中国成为世界第一造船大国已接近实现，但要想实现成为全球造船强国的战略发展目标，仍然有较长的路要走。

国内造船行业已有一些企业采用先进的造船理念、先进的设计建造模式、先进的设计建造技术，但对于很大一部分船舶设计和建造单位来说，仍然是极为迫切的需求。这些先进的理念、模式、技术，必须满足“设计建造一体化”、“壳舾涂一体化”、或“模块化造船”的要求，这对于船舶设计水平、建造技术水平的提高，以及整个造船行业竞争力的提高，使中国走向造船强国具有重大的作用。

国内的船舶 CAD/CAM/PLM 软件应用已有近二十年的历史，各种来自国外的高中低档软件、国内自主开发的软件已经得到相当程度的应用。但由于这些软件在设计理念以及技术能力方面的局限，对提高设计建造水平仍然有着较为明显的制约。

FORAN 系统是目前国际上首屈一指的船舶 CAD/CAM/PLM 系统，获得了全球广泛的应用。近年来，由于其先进的理念和软件技术、全面的设计和管理功能，在大多数全球瞩目的项目中获得青睐，同时也在以较大的力度进入日本、韩国等设计建造单位，国内一些主流设计单位近几年也选用 FORAN 进行了一些船舶项目的设计工作并取得较为显著的成效，FORAN 正逐步成为船舶设计和建造领域的首选系统。

FORAN 系统能够满足以上先进造船模式的各种需求，为先进的造船理念、模式、技术提供较为完整的支持，如在国内获得更为广泛的推广和应用，必将在下一个船舶市场高峰到来时，帮助中国造船行业的船舶设计和建造水平达到国际先进水平。

目录

提要	2
一、当前国内船舶设计系统的挑战和需求	5
1. 国内船舶行业在设计和建造领域面临的主要挑战	5
2. 先进船舶设计软件系统的功能需求	5
3. 先进船舶设计软件系统的技术性能需求	6
三、FORAN 的特点和优势	8
1. FORAN 概况	8
2. FORAN 系统的主要特点	8
1.1. 专注于船舶与海洋工程的新一代 CAD/CAM 系统	8
1.2. 覆盖全部专业领域的设计与建造能力	8
1.3. 基于全三维、全船的协同设计与信息管理	9
1.4. 优良的数据共享与二次开发环境	9
3. FORAN 对先进的设计和建造模式的支持	9
3.1. 先进的设计技术和强大的设计能力	10
3.2. 异地同步的协同设计	10
3.3. 先进的建造模式	10
4. FORAN 的其他技术特点	10
4.1. 采用 Oracle 数据库	10
4.2. FORAN 的兼容性（接口）	11
4.3. FORAN 对二次开发的支持	11
5. FORAN 先进的设计流程以及异地同步设计	11
5.1. 设计习惯	11
5.2. 关联设计及修改	11
5.3. 多专业并行设计	11
5.4. 异地同步设计	12
四、FORAN 在全球的应用状况与发展前景	13
1. 英国未来航母计划（CVF）全面采用 FORAN 进行设计	13
2. 巴西海军利用 FORAN 从事潜艇的设计和建造	14
3. 俄罗斯、挪威、西班牙等国应用 FORAN 建造舰艇的情况	14
4. 应用 FORAN 系统从事舰艇设计和建造的企业及其典型产品汇总	15
5. FORAN 在日本和韩国的近况	15
6. FORAN 的发展趋势	16
六、结束语	错误！未定义书签。
附录、FORAN 功能简介	17
1. 总体设计	17
2. 结构设计	20
3. 管路设计	22
4. 电气设计	25
5. 舱室设计 / 内装设计	错误！未定义书签。
6. 出图	27
7. 建造方针	27
8. 虚拟现实	28

9. 信息管理	29
10. 生产链接	29
11. 管理链接	30
12. 开发工具	31

一、当前国内船舶设计系统的挑战和需求

国内造船行业经过近年的快速发展，已经具备了一定的设计和建造水平。但相比欧美、日韩的水平，在核心技术、高技术船舶设计建造的核心能力方面，仍有一定距离。随着国际经济形势的变化，船舶市场随之变化，行业竞争相应加剧，从而对船舶企业在设计和建造能力提出更高的要求。特别是对于骨干设计院所和造船厂来说，新船型越来越多、越来越复杂、而交船周期越来越紧，引发了对于先进的船舶设计建造理念、模式、技术的迫切需求。

国内造船行业提出的“设计建造一体化”、“壳舾涂一体化”、“模块化造船”、或“区域 / 类型 / 阶段一体化”的要求，正是这些需求的具体体现，而这些需求必须通过采用专业的船舶设计软件系统方可得以实现。以目前国内采用的各种软件系统的应用状况，似难于全面满足这些要求。

1. 国内船舶行业在设计和建造领域面临的主要挑战

中国造船行业虽然有了长足的进步和发展，但面临的挑战也前所未有的。在国际经济形势动荡的今天，世界造船业的竞争也进入新的阶段，中国造船竞争面临真正考验。国际船市调整压力加大，世界造船能力快速扩张，供需矛盾将成为突出问题。另一方面，国际造船规范、标准不断升级，我国船舶工业应对能力面临严峻考验。另外，人力资源紧缺问题突出，劳动力成本上升的压力也在逐步加大。

有专家指出，我国造船企业的制造设备、工厂条件与国际先进水平差距不大，差就差在信息化。当前，“数字化造船”已是现代造船技术的核心和基础，世界造船强国以数字化制造技术实现快速和高效造船。信息化已经渗透到船舶工业的设计、生产、管理、服务等方方面面，其应用的深度与广度决定了行业综合水平的高低，成为大至一个国家的船舶工业、小至一个船舶企业能否在市场中生存和发展的关键。造船业已经普遍意识到，以“信息化推动造船现代化”是中国造船工业追赶国际先进水平的最后机遇，是中国造船业在国际竞争中突破重围的最后筹码。

而在信息化、数字化造船领域，我们面临着以下的挑战。

1) **不同设计阶段之间船舶产品信息脱节：**目前国内的船舶设计体系中，负责前期设计的设计院所与负责后期生产设计的造船厂之间分别采用不同的软件系统，相互之间信息共享程度极低，生产设计工作多数情况下是从头开始建立数据模型，而无法从前期获得数据模型，使得“设计建造一体化”无法经由统一的信息系统实现；

2) **船舶设计信息不够完备、设计修改量巨大：**国内目前采用的绝大多数设计软件系统无法提供全三维的、全船的数字化产品信息，不同专业之间的设计信息缺乏关联性，致使在生产设计和建造过程中需要大量的“现场解决”；而且前期设计信息中的错误量巨大，致使后期设计修改量巨大；

3) **设计部门与生产部门之间信息脱节：**生产管理部门用以制定生产计划的基础信息，仍然大量依靠图纸信息和人工统计，而难以从船舶设计的数字化模型中直接获得；

4) **现有软件系统的设计建造理念落后：**很大部分软件系统的设计流程和技术遵循了陈旧的设计理念，或者简单复制现有的建造模式，致使很多先进的造船模式难以通过设计手段提供支持。

可以看出，先进的船舶设计和造船模式需要先进的设计理念和技术，同时需要先进的设计软件、设计流程和信息系统能够对这些理念的技术给予强有力的支持。现有软件系统因其设计理念和技术的落后，不仅难以支持、反而制约了先进的船舶设计和建造模式的发展。

2. 先进船舶设计软件系统的功能需求

面对以上的挑战，现有的设计工具（软件系统）和设计模式已经难于满足要求，必须寻

求并应用更为先进、具备完整性、集成性、开放性的系统，并在此基础上采用更为灵活、高效的设计组织模式或设计流程。这些先进的数字化造船软件系统应该满足以下要求：

1) **数字化样船：**同一个数字化船舶模型，能够应用于方案设计、送审设计（或总体设计）、详细设计、生产设计等各个阶段；同时该模型应提供船体结构、管路、轮机、设备和装备、电气等各个专业的设计信息和生产工艺信息；能够用于方案审查、船级社审查、性能仿真、视频仿真等各种用途；同时在设计院所和造船厂之间保持模型的一致性，实现“设计建造一体化”；

2) **集成化的设计环境：**在同一个集成化环境中，可完成各型线、结构、轮机、舾装、电气、设备等各个专业的设计工作，以及方案设计、送审设计、详细设计、生产设计等各个阶段的工作，尽可能避免因使用不同软件系统而造成的数据交换错误、以及不同专业或不同阶段之间的信息冲突；

3) **支持并行工程和异地同步设计：**在不同设计阶段之间、不同设计专业之间实现并行设计是先进设计技术的基本要求，可大幅度提高设计效率和设计质量；对于某些大型船舶项目，要求通过跨地域、跨部门的合作设计，但又必须保证设计方案的同步和模型的一致性；此外，一些船舶项目中的模块化设计制造要求，也需要这种能力的支持；

4) **便于改型设计、便于设计修改：**以较高的效率、用同样的设计人员、以更快的速度在母型船的基础上完成新型船舶的设计方案、或针对一个船型同时提供两种以上的设计建造方案；

5) **支持多船厂建造：**要求同一船型设计，能够在不同船厂展开生产建造，针对不同船厂特定的设备能力和建造流程，提供对应的建造方针和生产设计图纸；

6) **提高设计质量、减少后期设计变更：**设计院所或设计部门能够提供尽可能完整、尽可能精确的数据模型，最大限度地支持“壳舾涂一体化”的建造模式，大幅度减少或者消灭需要在建造现场解决的加工和安装工作、尽可能降低后期设计变更的数量；

7) **提供充分的产品信息：**为生产计划部门、采购部门、管理部门提供更完善、更准确的信息，如建造方针、材料清单、灵活的分段方案等，加快建造周期，避免因采购数量、采购周期（包括库存资金、汇率变化等）造成的损失。

8) **支持先进的造船模式：**能够支持壳舾涂一体化建造模式、预舾装、模块化设计建造、专业化分工建造等各种先进的造船模式。

3. 先进船舶设计软件系统的技术性能需求

对应以上的功能需求，先进造船模式对于船舶 CAD/CAM 系统的技术性能要求主要体现在以下几个方面：

1) **提供精确的全三维船舶模型：**此数字化船舶模型应最大限度地表达船舶设计和建造理念、提供完备的设计信息、生产信息乃至管理信息；

2) **提供完备的设计功能：**能够满足从概念设计、总体设计/送审设计、详细设计、生产设计等各个阶段的需求，并能够提供型线、性能计算、船体结构、舾装、管路、上层建筑、加工等完整的设计功能；

3) **支持并行工程和异地同步设计：**系统应对数字化船舶模型进行稳定的控制，使之胜任并发访问、远程访问，支持超过 200 人同时在同一个数字化船舶模型上的设计操作，并能够实现设计人员权限管理，在此同时须保证数据库远程访问的响应速度、或保证多个远程数据库之间的同步更新；

4) **便于改型设计、便于设计修改：**数字化船舶模型应能够支持方便地修改、零件级和部件级的复制/粘贴、参数化模型设计和模型修改等功能；

5) **支持多船厂建造:** 系统应支持多种并行的建造方针、多种分段和组装合拢模式、多种出图模式、可提供多种生产设备的加工代码等;

6) **提高设计质量、减少后期设计变更:** 系统除应提供完整的数字化模型之外, 也必须做到模型的准确, 包括完备的、准确的材料清单、加工信息、安装信息等, 消除或大幅度减少“现场决定”的参数;

7) **提供充分的产品信息:** 包括产品设计信息及数字化船舶模型、各种材料的统计信息、工艺信息、托盘信息、组装合拢信息、乃至库存信息等;

8) **支持先进的造船模式:** 能够支持壳舾涂一体化建造模式、在设计阶段即按照精确预舾装、分段建造、模块化安装等方式处理, 并提供多种建造方针、托盘管理、胎架管理等功能等;

9) **先进的软件技术及良好的开放性:** 系统应具备友好直观的交互界面、便捷的设计操作和修改操作、丰富的数据接口等, 采用先进的软件开发技术、支持主流的硬件和软件环境。

总之, 具有先进性、完整性、开放型等特征的设计建造软件系统, 方可满足先进的数字化造船的需求。

三、FORAN 的特点和优势

1. FORAN 概况

FORAN 是当前国际上最先进的、用于船舶与海洋工程设计和建造的专业化集成软件系统，能够体现先进的船舶设计和建造理念、符合先进的设计建造流程、应用了先进的设计建造技术。

FORAN 是新一代造船软件系统的代表，是 50 多年船舶设计建造经验和最新 IT 技术完美结合的成果，其软件体系引领先进的船舶设计和建造理念，其功能满足设计院所和船厂的实际需求，采用最新的软件开发工具和先进的软件工程技术进行开发，具有优良的数据共享能力和二次开发环境，能够切实地提高设计质量和效率，可服务“设计建造一体化”、“壳舾涂一体化”等先进的造船模式，为设计院所和船厂赢得显著的经济效益。

FORAN 软件系统采用基于 Windows 系统平台、Oracle 关系型数据库、C++ 开发环境进行开发，代表了目前最新的软件工程开发技术。FORAN 系统可提供集成化的全三维数字化船舶模型、支持并行工程和异地同步的协同设计、其完整的功能模块可支持所有设计阶段、所有设计专业的船舶设计建造工作。

FORAN 的开发和维护者 SENER Ingeniería y Sistemas SA 公司，是西班牙最大的私营独资的工程公司，拥有 50 多年的船舶设计经验。SENER 公司利用 FORAN 系统进行设计、并实际建造下水的各种类型的船舶和海洋平台已超过 1200 条，其中包括各种散货船、滚装船、化学品船、矿砂船、油轮、LNG、FPSO、豪华邮轮、海洋平台等。

在全球近 30 个国家的 160 多个用户中，也利用 FORAN 系统开发了数以万计的各类船舶和海洋平台。在军船方面，FORAN 被欧洲、北美、南美等众多国家采用，设计建造了大量的护卫舰、驱逐舰、巡洋舰、潜艇、航空母舰、军辅船等。

通力有限公司于 2005 年起与 SENER 公司合作，在中国推广 FORAN 系统，并在江苏科技大学、武汉理工大学成立技术支持中心，为国内客户提供技术支持和二次开发服务。目前国内已有数家用户正式采购并实施 FORAN 系统。

2. FORAN 系统的主要特点

1.1. 专注于船舶与海洋工程的新一代 CAD/CAM 系统

FORAN 是船舶与海洋工程专用的 CAD/CAM 系统，主要服务对象是设计院所、造船厂、船级社等。

FORAN 软件体系是围绕船舶与海洋工程设计建造的需求进行规划和开发的，其操作界面、功能配备、专业划分、设计流程、数据管理等均按照船舶设计的习惯设置。系统中包括了船舶设计必须的各种完整的板材库、型材库、贯穿切口库、端部削斜库、剖口库、肘板库、管子规格库、参数化管附件库、参数化铁舾件库、设备造型素材库等。

利用 FORAN 系统进行船舶设计的用户，可在短时间内适应软件的思想、充分利用软件提供的各种专业功能，获得较高的设计效率，并大大减少二次开发的工作量。

1.2. 覆盖全部专业领域的设计与建造能力

FORAN 代表了船舶 CAD/CAM 技术的前沿，为造船的全过程提供了集成化的解决方案，所有功能可支持异地协同设计环境、应用并行工程的概念完成设计和建造。FORAN 可以应用在所有船型的设计建造，且不受船舶尺寸的限制，同时可以根据不同用户的特定需求进行高效率的二次开发。

按照专业划分, FORAN 囊括了型线设计、性能计算、船体结构、套料、轮机设备与管路、空调通风、铁舾装、电气、涂装、内舾装、焊接、建造方针、小票图、数控后处理等各个专业的功能;按照船舶的设计阶段划分, FORAN 覆盖了方案设计、初步设计、送审设计、详细设计、生产设计或施工设计等全部设计阶段。

设计院所和造船厂可在 FORAN 环境下完成一个船舶或海洋工程项目的全部设计工作, 避免了使用不同系统时可能的数据交换、以及由此带来的信息丢失、重复建模等问题, 更有利于实现无纸化设计。

1.3. 基于全三维、全船的协同设计与信息管理

利用 FORAN 系统, 可从始到终在全三维环境下完成设计工作, 同时其整个项目(全船)的设计数据是以 Oracle 数据库的形式保存在集成化的、单一的数据库中, 此外, FORAN 利用 Oracle 数据库的多主复制技术实现了异地远程数据库的同步。

这一能力为设计部门实现并行的产品开发提供了保证, 可以在不同专业之间、不同设计阶段之间、远程异地的设计单位之间实现同步设计。因此, 设计院所和造船厂可利用 FORAN 的体系显著地提高设计效率、提高设计质量、减少设计修改。

1.4. 优良的数据共享与二次开发环境

FORAN 采用了一系列最新技术, 为系统的设计应用、二次开发和系统本身的不断改进提供了坚实的基础。

FORAN 将所有数据都存储在一个单一的、支持多重操作的 Oracle 关系型数据库中, 使得 FORAN 成为一个真正的开放系统, 可以非常方便地与其它 CAD 系统、PLM 系统、ERP 系统和材料管理系统实现数据集成和数据交换、导入并行工程; 同时, 由于 Oracle 数据库提供的完善的数据保护, 使设计数据的安全性得到了很好的保证。

FORAN 的三维造型和可视化采用了先进的面向对象的 Open-GL 内核。由于完全采用最新的面向对象的技术开发, 使得这个新内核由一系列 C++ 程序组成, 可以覆盖系统中所有的基本功能。这个内核可在当前最新的硬件和软件环境下使用, 同时也为今后的进一步开发提供了强大的平台。

FORAN 的船体外型曲面根据 NURBS 曲面定义, 可以精确表达型线、便于使用最新的光顺技术进行优化。

FCS 允许用户利用基于 Tcl 的宏程序语言进行客户化, 自行定义新的复合命令、关联菜单、对话框以及图形菜单。

FORAN 可在标准 PC 的 Windows 或 Linux 操作系统上运行, 具有良好的性能价格比, 且便于维护升级。

FORAN 提供了基于 C++ 和 Java 的二次开发环境 FDE, 同时可直接调用 Oracle 数据库的程序, 符合当前软件技术的主流。用户能够以较小的代价、先进的技术, 实现高质量的二次开发。

3. FORAN 对先进的设计和建造模式的支持

先进的船舶设计和建造模式, 主要强调设计技术的先进性、建造工艺和建造流程的先进性, 一般理解为壳、舾、涂一体化、分段建造、区域建造、模块化建造等。采用先进的船舶设计和建造模式, 其最终目的是达到设计、生产计划、生产管理、维护保障等的高效率、低成本, 而在保证质量的前提下缩短交船周期、以及船期的可控性尤为重要。

FORAN 以其先进的设计技术、单一产品数据库、灵活的建造方针等, 为先进的设计和建造模式提供了强有力的支持。

3.1. 先进的设计技术和强大的设计能力

全船的产品模型

FORAN 软件的用户始终处在单一数据库环境，随时可以存取全船任意的相关模型，即任何设计人员可在任何时间参考相关的结构、轮机或管路等，不同专业的设计人员可跨专业进行同步设计、修改，从而保证了更高的设计质量、极大地减少了设计错误、减少设计变更。

全船模型的另一重大优势，是其能够提供精确的分段信息，包括尺寸、重量中心、焊缝等；同时可以提供精确的下料尺寸，包括板材、型材、电缆、焊接、涂装等，可大量节约下料成本或采购成本，并显著提高合拢的精度和效率，显著加快交船周期。

全船的拓扑化关系建模

FORAN 系统中的拓扑化设计技术（Topological），可保证相关联的元素之间拓扑关系不变，在某一参数修改时可自动更改相关的各项，显著地降低了工作量，且避免了大量的修改错误。

方便的复制和修改功能

FORAN 软件中提供的智能化复制功能（Copy/Paste）可对绝大多数设计元素进行复制和粘贴操作，且系统可根据产品模型进行智能化建模。如肋骨的设计，即可在确定了第一根的参数后，大批量地复制，极大地减少了繁复的工作量。FORAN 系统中的修改功能也极为丰富，多数情况下只需更改参数即可完成修改，而不必将原有元素删除、再重新创建。

3.2. 异地同步的协同设计

利用 Oracle 数据库的多主复制技术，FORAN 实现了异地远程数据库的同步。在 200 个设计人员访问本地数据库、另外 100 个设计人员同时访问另一个异地复制数据库的工况下，两个异地服务器之间的访问等待时间仅为 8 毫秒。

这一能力为设计部门实现异地、同步的并行产品开发提供了保证，可以在不同专业之间、不同设计阶段之间、远程异地的设计单位之间实现同步设计。因此，设计院和造船厂可利用 FORAN 的体系显著地提高设计效率、提高设计质量、减少设计修改。

3.3. 先进的建造模式

生产计划部门可利用 FORAN 结合船厂的生产设备、工艺流程等规划出符合自身实际、符合先进建造模式的建造方针。

建造方针可使用树状结构规划出包括船体结构、舾装、电器、上层建筑等的整体结构；可按照各种中间产品进行分类，如分段、区域、单元、模块等，同时给出相应的重量中心；可进行托盘管理；并与相应的图纸进行关联。

4. FORAN 的其他技术特点

4.1. 采用 Oracle 数据库

Oracle 数据库管理系统是全球应用最为广泛的大型数据库管理系统。目前各行各业的大型信息化应用均采用 Oracle 数据库作为数据管理平台，目前流行的 PLM（产品全生命周期管理）系统均采用 Oracle 数据库作为其基础平台。

FORAN 系统采用了与 Oracle 高度集成的模式，即 FORAN 全部的数据操作全部由 Oracle 数据库进行管理。与其他船舶 CAD/CAM 系统的显著差别在于，其他软件系统的基本数据管理模式是文件系统，仅在必要时、通过人工干预将数据保存到 Oracle 数据库中。

这一差别造成的结果是：在 FORAN 系统中，用户可以在任何时候通过访问 Oracle 数据库获得实时的船舶设计数据和状态，而其他软件系统则只能获得某一时段之前的状态和数

据；如采用 PLM/ERP 等系统进行产品全生命周期管理或物流管理时，则基于 FORAN 系统可实现实时控制，而其他软件系统难以实现。

同时，Oracle 数据库提供的分布式存储技术、数据库复制技术等，正是 FORAN 具备并行工程、异地同步的协同工程的基本技术保证。

4.2. FORAN 的兼容性（接口）

SENER 公司是国际上多个标准化组织的成员，全程参与各种相关的标准化接口的开发工作，FORAN 软件具备了丰富的接口，保持着与国际先进水平的同步。FORAN 系统可通过多种模式实现与其他软件系统之间的数据交换，包括：

CAE 分析计算数据输出：用于 FEM 分析、水力学计算、疲劳寿命计算、流体力学计算等，可采用 IGES、DWG、STEP、BDF 等标准输出接口，用于 Nastran 解算的 BDF 格式，以及其他专用输出接口；

通用数据交换接口：在 FORAN 模块中直接调用：FSURF、FHULL、FMODEL、FPIPE、FCABLE；FORAN 高级造型绘图系统 FDESIGN

其它接口：2D 图形接口、3D 模型输出、3D 模型输入等，以及与管理系统和数控机械/机器人接口等。

4.3. FORAN 对二次开发的支持

FORAN 二次开发环境（FDE）基于 QSA（Trolltech Qt Script for Applications），是一种完全面向对象的动态的解释型语言。FORAN 二次开发环境（FDE）是针对系统开发工程师和船舶设计工程师二者的。

FORAN 二次开发的功能包括从产品模型和数据库提取数据信息、根据不同的需求定义处理各种附有图形信息不同版式的报表、处理设计人员特定的任务、交互式处理用户指令、自动完成设计人员重复性的工作、开发 FORAN 和其他系统的接口等。

QSA 简单易学，是完全面向对象的基于和 JavaScript（ECMAScript）标准相近的脚本语言。实时的直观的编译处理。

5. FORAN 先进的设计流程以及异地同步设计

在 FORAN 的体系架构下，由于其具有完整模型、统一数据库管理、关联设计等功能，使得采用先进的并行工程设计模式得以实施。

5.1. 设计习惯

FORAN 环境下的设计流程，与船舶行业的实际设计过程具有极高的匹配性，符合设计人员的习惯。

5.2. 关联设计及修改

利用 FORAN 建立了初步的线型之后，在完全光顺之前，其他专业的设计人员即可展开船体结构和舾装管路等的设计工作；同样，在总体设计方案送审期间，详细设计或生产设计也可以继续进行，而不必等到完全光顺、或送审通过之后再开始下一步设计。

这样做的主要原因，一是在 FORAN 环境下的数据模型，始终保持其统一性，并可由系统实现版本控制；二是 FORAN 的关联设计功能（拓扑化技术）提供了便于修改的保证，即某些参数修改之后，与之关联的构件可由系统自动修改，而不必人工逐项修改。这样可以大大提高设计效率、降低设计修改的工作量，而同时也保证了数据的准确性和设计质量。

5.3. 多专业并行设计

在 FORAN 环境下，多个专业的设计人员可在同一模型下完成并行的设计工作。不同的

设计人员都可以看到全船模型，但为保证数据的一致性和安全性，FORAN 提供了授权功能，特定的设计人员仅被授权修改特定的区域、分段、或本专业的构件，如需修改授权范围之外的构件，则可通过 FORAN 内置的沟通流程，通过申请、审批等操作得以实现。

5.4. 异地同步设计

采用多主复制技术，FORAN 可以支持异地分布式数据库的同步控制和访问（读写），从而实现了异地同步的协同设计。

四、FORAN 在全球的应用状况与发展前景

作为一个能设计任何类型船舶的 CAD/CAM 系统, FORAN 在全球造船行业的应用相当广泛。民用船舶上, FORAN 在集装箱船、散货船、油船等有着相当多的设计案例。工程船上, 不少船厂和设计所利用 FORAN 从事挖泥船、拖轮、平台供应船等来进行设计。同时, FORAN 在海洋工程上, 比如半潜式平台、自升式平台、FPSO 等, 也有着丰富的应用案例。

军船方面, FORAN 被应用在航空母舰、驱逐舰、潜艇等多种类型的军船设计中。我们主要挑选出几个典型的军船应用案例来进一步了解 FORAN 的应用。

1. 英国未来航母计划 (CVF) 全面采用 FORAN 进行设计

航母联盟 (Aircraft Carrier Alliance, 以下简称 ACA) 是由英国国防部与若干相关联的公司共同发起, 旨在实施英国海军未来航母项目 (CVF) 的设计和建造。ACA 包括英国最大的造船公司 VT 集团、苏格兰 Peer Babcock 国际公司、英国 BAE 公司、KBR 公司、法国泰利斯公司、英国国防部等。航母预计将分为 5 个模块建造, 最后在 Babcock 公司的工程服务部进行舾装, BAE 系统公司将负责大部分模块的建造。

BAE 公司在 2002 和 2005 年对于当前世界上主流的造船 CAD/CAM 软件进行了严格的评估, 主要分析了软件的发展经历、未来的发展趋势、软件开发商的服务水平、软件应用的成本效益、与目前硬件及软件平台的兼容性、以及软件本身的功能、在行业内的应用水平等几个方面, 前后经历了调研、软件性能评估、商务评估、试用评估等几个阶段, 最终选择了 FORAN 软件作为 BAE 公司的新一代船舶设计系统, ACA 也因此选择 FORAN 作为英国未来航母项目的 CAD/CAM 设计平台。

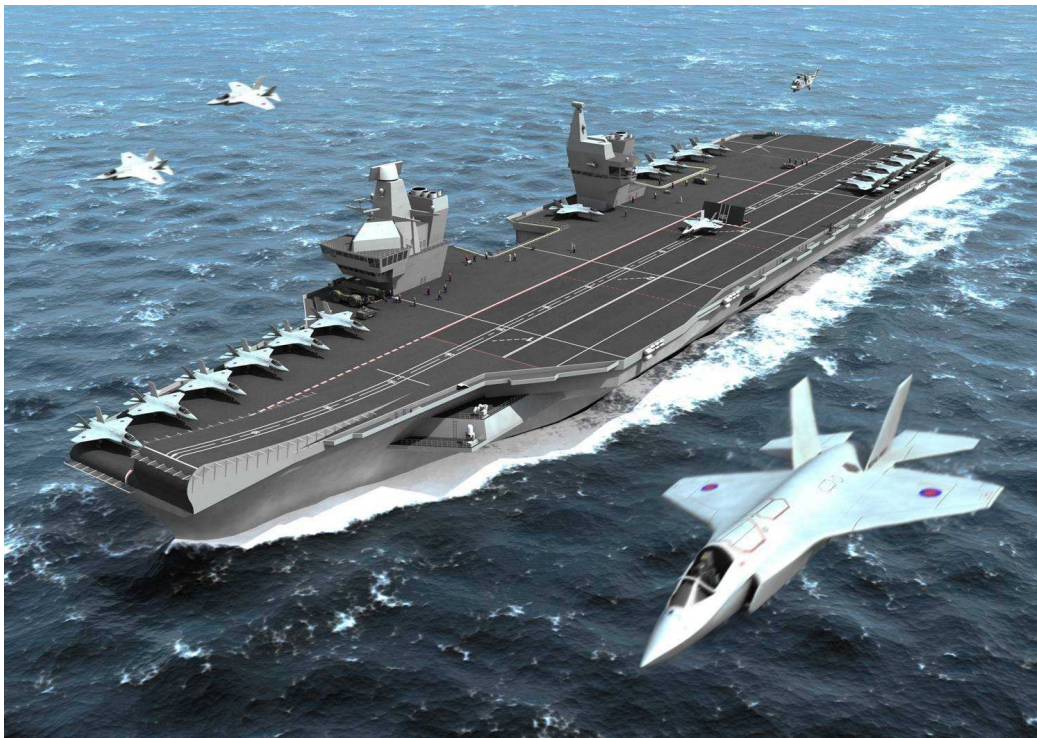


图 27: 英国未来航母 (CVF)

英国将建造的两艘 CVF 其主要参数如下: 初期排水量为 65000t (服役期末排水量可达到 75000t), 船长 280m, 垂线间长 261m, 船宽 70m, 水线处船宽 40m, 吃水 9.4m, 主船体型深 29.3m, 总高度 56.3m, 共有 9 层飞行甲板, 甲板层高 3m。

2. 巴西海军利用 FORAN 从事潜艇的设计和建造

从 FORAN40 开始, 巴西海军就利用 FORAN 从事该国潜艇设计和建造。在设计和建造的过程中, 充分利用了 FORAN 提供的一体化设计功能, 从前期的线型处理、性能计算, 到后期的结构、设备、管路、内装舱室等专业的设计。

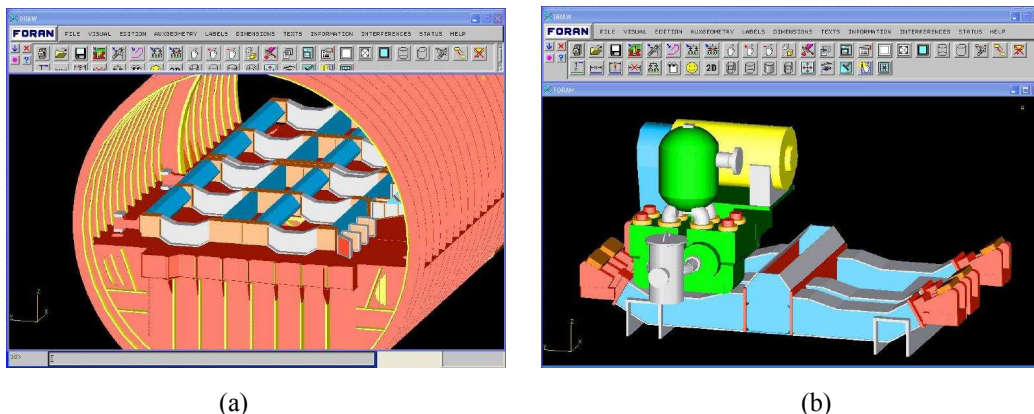


图 28: 利用 FORAN 系统进行结构定义

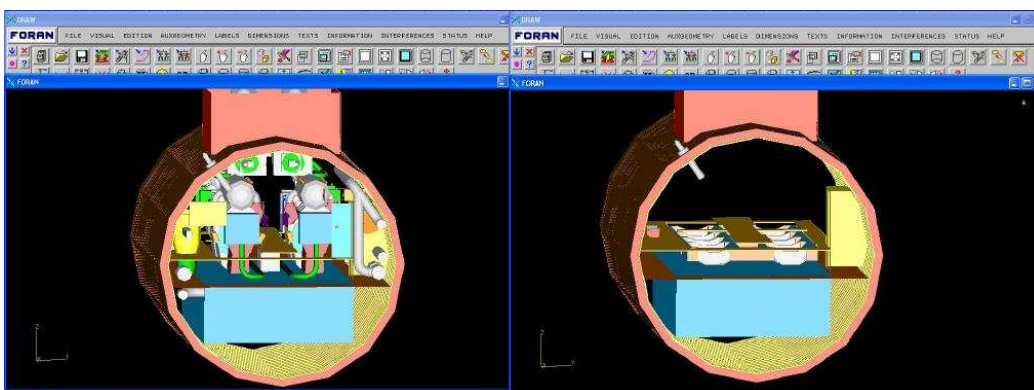


图 29: 潜艇设计中与耐压壳净体积直接相关的设备布置

3. 俄罗斯、挪威、西班牙等国应用 FORAN 建造舰艇的情况

3.1 俄罗斯波罗的海造船厂利用 FORAN 系统建造“基洛夫”级核动力巡洋舰

波罗的海造船厂建立于 1856 年, 目前是俄罗斯唯一能建造最大排水量为 10 万吨级商船的船厂。主要船舶产品是大型核动力舰艇和核动力破冰船。波罗的海造船厂利用 FORAN 系统建造了 5 艘“基洛夫”级核动力巡洋舰。目前, 波罗的海造船厂正在利用 FORAN 系统建造印度海军订购的 3 艘护卫舰。

“基洛夫”级核动力巡洋舰标准排水量 19000t, 满载排水量 24300t, 船长 252m, 垂线间长 230m, 船宽 28.5m, 吃水 9.1m。

3.2 俄罗斯北方造船厂利用 FORAN 系统建造“现代”级驱逐舰

俄罗斯北方造船厂是俄罗斯圣彼得堡的第三大造船厂, 是苏联/俄罗斯的主要水面舰艇生产企业。俄罗斯的主力战舰“现代”级驱逐舰就是由该厂利用 FORAN 系统建造的。

“现代”级驱逐舰是俄罗斯主要用于反舰和防空, 标准排水量 6170t, 满载排水量 7970t, 船长 156m, 垂线间长 145.7m, 最大宽度 17.4m, 水线宽度 16.5m, 满载吃水 6.25m。

3.3 德国布隆+福斯造船厂利用 FORAN 系统设计建造 MEKO 系列护卫舰

德国的布隆+福斯造船厂隶属于德国蒂森·克虏伯集团，是德国大型水面舰艇的建造厂之一。布隆+福斯造船厂利用 FORAN 系统设计与建造了 MEKO 系列护卫舰，目前这种舰艇的最新型号为 F124 型。

MEKO 系列护卫舰采用模块化设计，可根据用户的不同要求选装不同的武器与电子系统，是当今世界上最畅销的水面舰艇之一。F124 型护卫舰的主尺度为：满载排水量 5600t，船长 143m，垂线间长 132.2m，船宽 17.4m，吃水 4.4m。

3.4 西班牙 Navantia 集团所有的军用舰艇都使用 FORAN 系统进行设计

西班牙 Navantia 集团是西班牙国内第一大造船集团，同时该集团在世界造船中也具有很大的影响力。2005 年，Navantia 集团收购了西班牙本国的 Izar 造船集团，增强了在军舰建造方面的力量。Navantia 集团利用 FORAN 系统建造了所有的军用舰艇，包括战舰和直接参战舰艇（轻型护卫舰、护卫舰、航母）、两栖多用途舰艇、巡逻与支持舰艇、后勤与支援舰艇和潜艇。其中，利用 FORAN 系统设计建造的典型产品包括“阿斯图里亚斯亲王”号航母。另外，Navantia 集团于 2007 年 6 月份赢得了澳大利亚 3 艘防空驱逐舰和 2 艘两栖船坞登陆舰的合同，这些舰艇也将采用 FORAN 进行设计与建造。

Navantia 利用 FORAN 系统设计的“阿斯图里亚斯亲王”号航母的主要参数为：满载排水量 16700t，船长 195.9m，垂线间长 187.5m，船宽 24.3m，吃水 9.4m。

3.5 挪威阿克造船集团利用 FORAN 建造“斯瓦尔巴特”号可破冰海岸警卫艇

阿克是欧洲最大的造船集团，也是全球四大造船企业之一。它于 2004 年由原阿克-克瓦纳造船集团属下的船厂与阿克造船公司属下船厂（共 14 家）合并而成。阿克造船集团的业务主要集中于三个领域：游船和渡船、商船以及近岸和特种用途船。阿克造船集团利用 FORAN 系统设计和建造了“斯瓦尔巴特”号海岸警卫艇，该艇可以破厚度达 1m 的坚冰或厚度达 4m 的浮冰。

“斯瓦尔巴特”号海岸警卫艇船长 103.7m，垂线间长 89.0m，船宽 19.1m，设计吃水 6.5m。

4 应用 FORAN 系统从事舰艇设计和建造的企业及其典型产品汇总

表 2：FORAN 军船用户及其设计的舰船

设计/建造企业或机构	舰艇类型/名字
英国航母联盟	2 艘未来航母 CVF
俄罗斯波罗的海造船厂	5 艘“基洛夫”级巡洋舰、 3 艘印度最新型的护卫舰
德国的布隆+福斯船厂	MEKO 系列护卫舰
挪威阿克造船集团	“斯瓦尔巴特”号海岸警卫艇
西班牙伊萨尔造船厂	所有的战舰和直接参战舰艇（轻型护卫舰、护卫舰、 航母）、两栖多用途舰艇、巡逻与支持舰艇、后勤 与支援舰艇和潜艇
智利海军 ASMAR Talcahuano 船厂	所有部队/货物运输船、登陆舰艇、近岸巡逻舰艇、 海岸巡逻舰艇和快艇
俄罗斯北方造船厂	所有的军用舰艇
美国盖都·派朗与联合有限公司	双体的 AGOR-26 海洋研究船

除了表中列举的企业外，应用 FORAN 系统的还有巴西海军 Rio de Janeiro 船厂、阿根廷的 Astillero Rio Santiago、印度的 National Ship Design and Research Centre、马来西亚 PSC 海军造船厂、乌克兰 Chernomorskiy Zavod、俄罗斯 Sevmash 等。

5. FORAN 在日本和韩国的近况

SENER 公司今年加强了 FORAN 软件在亚洲地区的推广工作，除印度、伊朗、新加坡、马来西亚、阿联酋等国取得了骄人的业绩外，在日本和韩国的推广工作也获得快速的发展，近年来的主要成果为：

2007 年 11 月，位于韩国光州的朝鲜大学选择 FORAN

2007 年 8 月，日本 SANOYAS 选择 FORAN

2006 年 9 月，SENER 在日本大阪开设办事处

2006 年 6 月，日本 IMABARI 选择 FORAN

6. FORAN 的发展趋势

CAD/CAM 系统作为船舶设计和建造过程中的技术平台，对于整个船舶建造的生命周期有着至关重要的影响。缩短船期、降低设计成本、以及越来越复杂的船舶设计带来的压力，要求船厂大幅度改进造船模式以提高建造效率，同时，对船厂的设计队伍和设计能力也提出了更高的要求，这样就要求设计软件平台能更高效的配合设计、建造工作。软件目前的功能、后续开发潜力、设计效率、数据库协同管理、异地协同操作的效率等等，都将是一个造船 CAD/CAM 软件是否立足于未来造船市场上的主要影响因素。

在 FORAN 的后续版本中，将会不断添加各大造船和海事协会颁布的各个最新规范，如：IMO MSC(58)、IMO MSC(80)、Resolution A265 等。对于船舶设计过程中用户所需要的功能，也将以更友好、更便捷、更全面的方式去满足用户需求，如按照船厂自身习惯和标准对各种各样的生产图纸进行灵活定制。对于未来造船模式发展所产生的对设计软件提出的更高要求，FORAN 也将在后续版本中加以开发和实现。在船舶设计领域，SENER 既开发船舶设计软件、同时也是船舶设计机构，目前 SENER 正在开发的与关系型数据库 Oracle 匹配的软件工具、以及相关的数据库管理软件，以便实现一个远程并行设计环境，其中的主要技术为同步模式下的多主复制技术，从而实现异地的设计团队实现同步无缝协同。

作为目前 CAD/CAM 系统中最先进的专注于船舶与海洋工程项目设计和建造的集成化软件系统，无论是开发商 SENER 公司对软件的一贯支持和开发、未来的发展战略、对用户的服务水平等方面；还是软件本身的一贯继承性、软件内核构架、对数据库的支持、现有功能、软件开放性、灵活定制和二次开发；以及软件对于现代造船模式的支持、造船技术要求的满足和各种造船技术标准的软件实施方面；在这三大方面，FORAN 都体现出专业、开放、灵活、高效的优势，也决定了 FORAN 将会成为全球造船市场上最为主流的 CAD/CAM 系统。

附录、FORAN 功能简介

FORAN 系统具备完备的设计功能，参见表 1。

表 1：FORAN 功能一览表

功 能	概念设计	合同设计	初步设计	详细设计
技术规格书	√	√	√	√
中横剖面图		√	√	√
机舱布置图		√	√	√
舱室布置图		√	√	√
空船重量		√	√	√
舱容计算		√	√	√
载况计算		√	√	√
完整稳性计算		√	√	√
破舱稳性计算		√	√	√
总纵强度计算		√	√	√
航速计算		√	√	√
航海性能计算		√	√	√
总布置图	√	√	√	√
型线图	√	√	√	√
板和型材清单			√	√
建造方针			√	√
结构标准和工艺要求定义			√	√
管路标准			√	√
设备模型建模			√	√
管路的材料定义			√	√
P&I 图所需的符号定义			√	√
分段及区域划分			√	√
编码定义			√	√
船体结构建模			√	√
管路和通风管设计			√	√
电气设计			√	√
舱室设计			√	√
材料控制信息和材料订购			√	√
绘制各个系统的 P&I 图			√	√
报审图纸			√	√
施工图纸				√
铁舾件信息				√
电缆托架和通风管的信息				√
数控切割图和指令				√
弯板和弯管信息				√
精度控制				√
材料管理和文件管理				√
管子的装配图和小票图				√
电缆清单				√
穿透管理				√
干涉检查和干涉保护				√

1. 总体设计

NUSBS 曲面建模

采用 NURBS（非均匀有理 B 样条）技术进行船体的曲面建模。

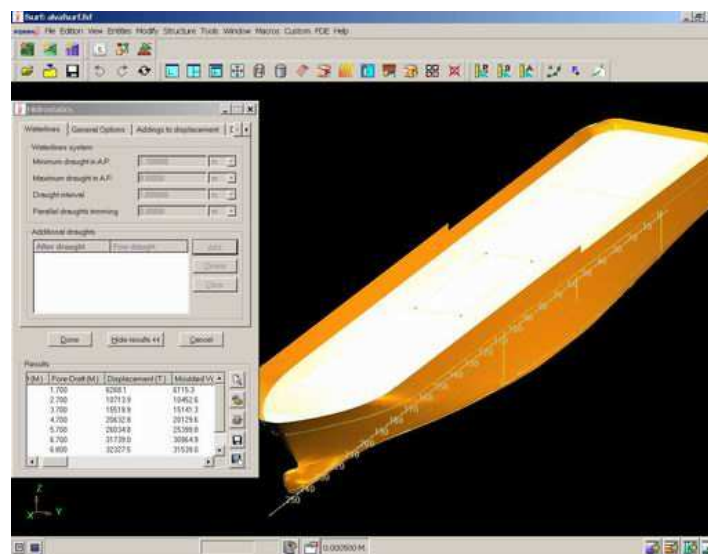


图 1：使用 NURBS 曲面进行建模

静水力计算

能够完整地计算静水力曲线、邦金曲线、载重线、稳性差值曲线、干舷计算、可浸长度、横剖面面积曲线、纵倾值等，静水力数值可以根据不同的吃水、不同的纵倾值、不同的海水密度、中拱或中垂状态计算得出。典型的输出：

- 静水力值和曲线
- 横剖面面积曲线
- 邦金曲线
- 纵倾值图表
- 差值曲线
- 干舷计算
- 可浸长度计算

舱室定义

任何的舱室都可以根据不同的方法定义：通过边界面（船体外壳、甲板或舱壁）选择、通过肋位选择、通过参数选择等。复杂的舱室可以通过多个子舱室合并来定义。如果是根据拓扑化关系定义舱室，那么该舱室会根据边界的变化自动修改。总吨位、净吨位、测深计算和重量中心也能同时计算，同时如果装有谷物也可以包含谷物的横摇力矩的影响进行计算。典型的输出：

- 舱室的定义和计算
- 测深计算
- 总吨位和净吨位计算
- 舱容图

稳性计算和总纵强度计算

能精确地计算空船重量的分布情况、平衡计算、静稳性和动稳性计算、总纵强度计算、倾斜试验计算。也可以根据惯例（增加重量或失去浮力方法）和概率规则计算破舱稳性。典型的输出：

- 空船重量分布
- 载况的定义和输出
- 最大 KG 曲线
- 总纵强度图
- 入水点
- 破舱稳性

下水计算

模拟船舶下水过程，计算船舶在下水过程中的各项数据（包括稳性计算和强度计算）。典型的输出：

- 下水计算报告
- 下水时的稳性计算和强度计算

阻力与航速估算

根据近代的功率预算方法进行阻力计算，还包括一些军舰特殊计算。也能提供几种螺旋桨的参数进行计算和选择，输出的信息包括螺旋桨的主要参数，功率——速度曲线，服务和试验条件下的预算（包括拖船的拖力试验），同时螺旋桨的几何图形也能根据船级社的要求计算。典型的输出：

- 拖拉阻力曲线
- 螺旋桨设计计算

操纵性

FORAN 支持交互式地设计舵的基本要素（包括示意性的船尾轮廓）和预算操纵性能，并进行舵机匹配和功率最小消耗预算。典型的输出：

- 操纵性估算

备注：所有的船型数据都是根据最新的国际惯例、规则、规范和决议进行核算的。如果这些规则有所修改，在 FORAN 系统中都将对相应的规范会进行更新。

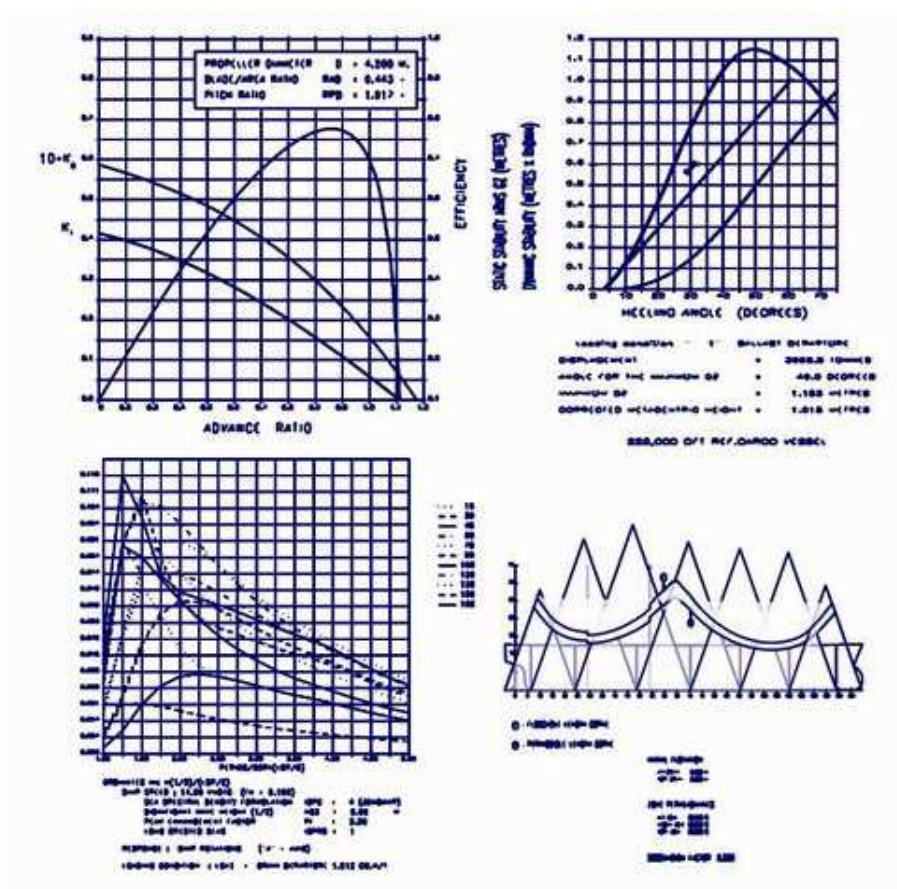


图 2：部分性能计算图纸

2. 结构设计

结构标准和工艺要求定义

FORAN 允许在数据库中创建各类标准库，也可以创建符合用户实际情况的标准库，包括：板、型材、板和型材的装配方法、人孔、剖口、端部削斜、建造装配信息和船厂特殊的工艺要求信息等。

结构模型

FORAN 能够快速地定义一个完整且准确的船体结构 3D 模型，包括船体外板、甲板板、舱壁和内部结构等。用户可以使用同一个 3D 船体模型进行从初步设计到详细设计的过程，这样可以为用户节省时间，提高效率，保证准确。

强大的复制 (Copy) 功能使结构模型的定义变得非常容易、便捷。例如在平行分段中就可以通过把某一个肋位的结构复制到所有的肋位，这样一个分段的结构（包括结构命名、贯穿切口、结构的相关参数、安装线等）就能一气呵成。

优化的拓扑化建模方式很方便地在相似的位置上快速地创建结构模型，形状也会自动计算产生。例如：在船体线形变化不大的分段，只要把某一个肋位创建完成后，其它的肋位就可以通过拓扑化建模的方式自动计算完成其轮廓。

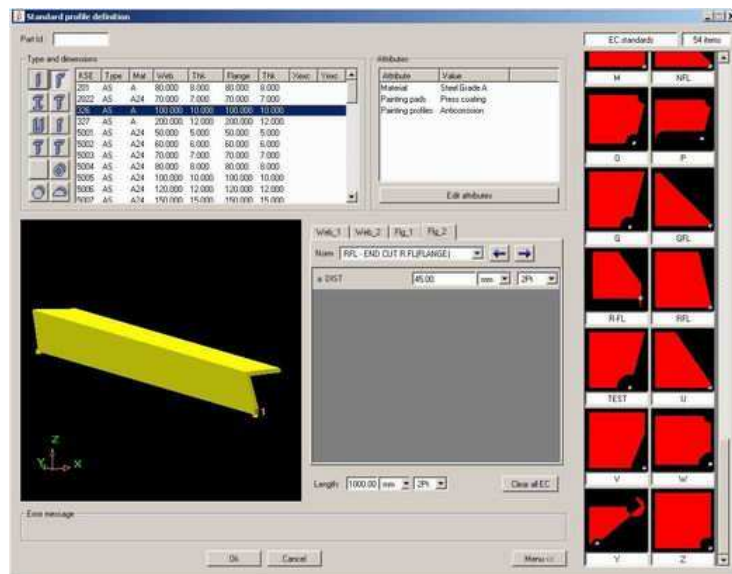


图 3：创建各种标准的标准库：贯穿切口、型材端部削斜、板的各种形式的剖口、人孔和标准肘板等

在产品模型定义完成后，FORAN 系统具有强大的功能提供装配分段的划分和产生高度精确的装配信息，可以简便快速地获得所有关于船体建造、预装配、安装、材料管理、计划和质量控制等必要的船舶建造信息。

所有的结构都会根据不同的需要定义相关的属性，如材质、尺寸、收缩量、补偿因数、弯曲余量等，这些都是使船舶在建造过程中能保证准确的建造信息。FORAN 能完整地定义这些信息，并能通过数据库轻松便捷地进行查询。

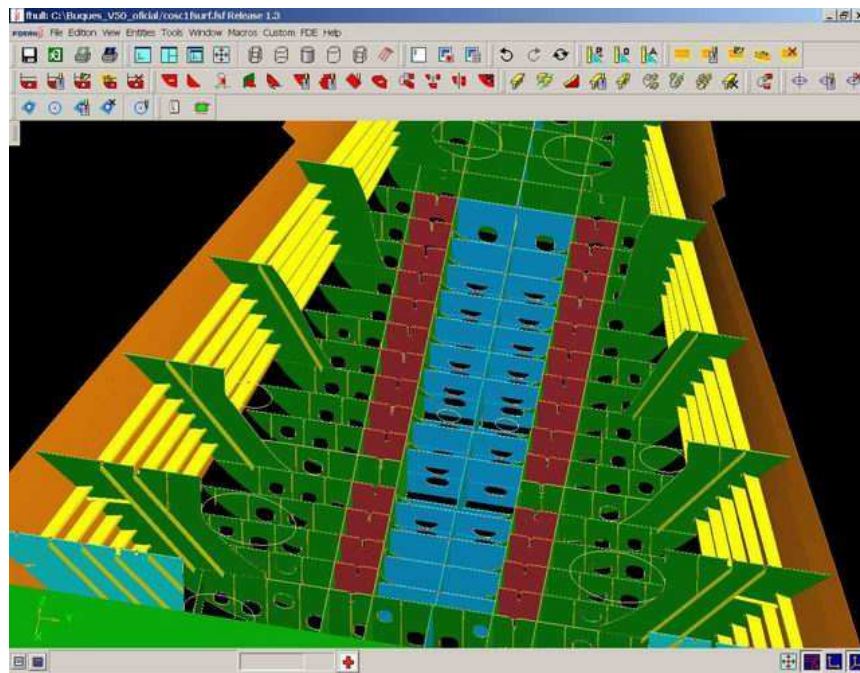


图 4：使用不同颜色表示结构的不同尺寸，使结构尺寸分布一目了然

FORAN 能通过手工或自动的方法进行板和型材的套料，并产生切割路径、剖口、余料、切割和标记长度、时间、套料图和零件清单等信息。FORAN 特制的后处理模块能链接船厂

各类的加工设备，如数控切割机、焊接机器人、弯管机等等。



图 5：套料图

信息和图纸的产生

FORAN 能够产生各种符合报审要求和施工要求的结构图纸。其中包括整船的或分段的平面图、侧视图、横剖面图和 2D/3D 装配图。施工图纸的样式和类型可以完全根据需要进行用户化的定义。在图纸中能详细地显示厚度、人孔、端部削斜等真实形状，还能包括焊接信息、部件列表及相关信息、重量及重量重心、涂装面积等施工信息。

材料控制

材料控制是指生成原料的使用信息和自动产生短缺信息，并同时能进行余料的控制，以方便相关部门进行材料控制、预算和订购。

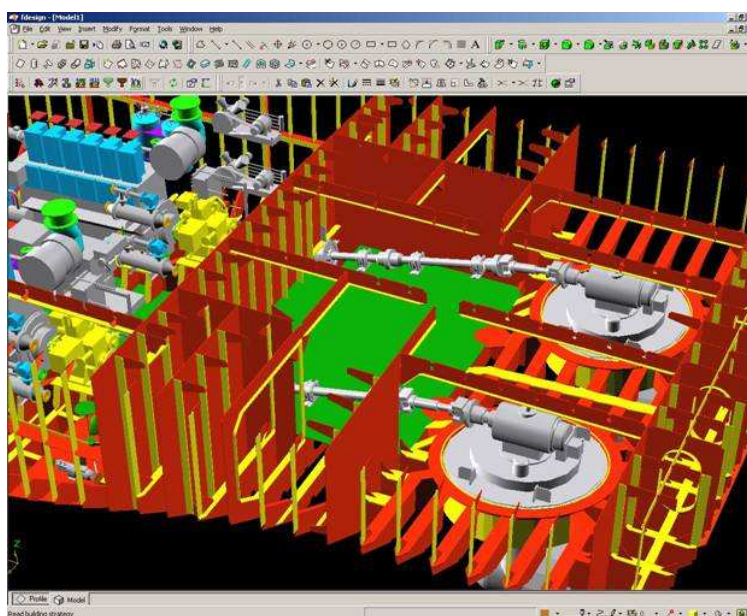


图 6：全回转拖船的艏部结构三维图

3. 管路设计

舾装、管路标准

在数据库中定义一些标准件库和模型库，如管子的标准库、设备模型、舾装件等。这些标准库是公共资源，可以移植到任何项目中使用。

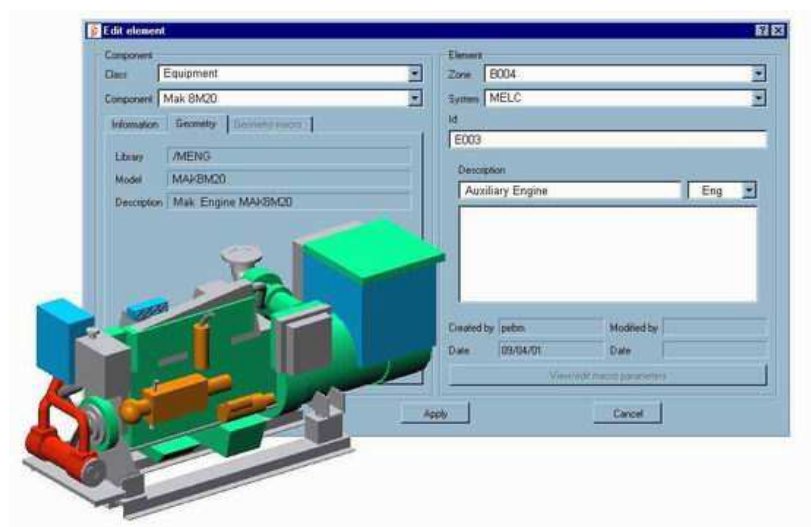


图 7: 创建设备并保存到数据库, 以达到准确建模的效果, 并可以调用到其它不同的工程中
模型库

在厂商提供的模型数据的基础上或根据几何宏来定义设备模型及其相关参数。这些设备模型同样也是公共资源, 同一型号的产品只要一个模型, 可供不同项目、不同用户调用。

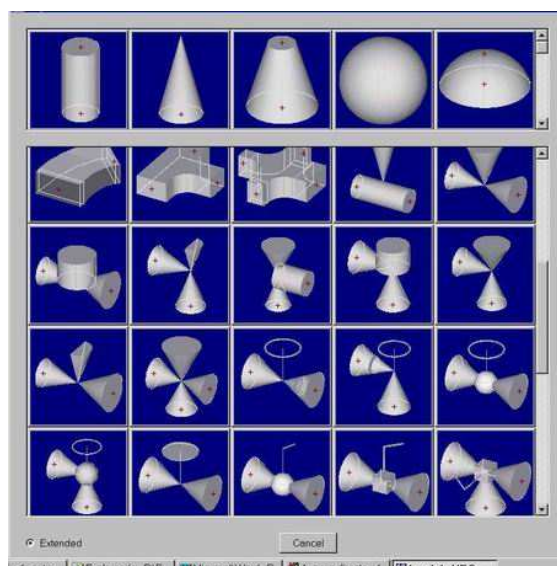


图 8: 提供建模素材库, 以方便使用者快速建模, 节省时间

系统原理图

FORAN 提供一个实用且全面的方法快速地创建船舶系统图, 如机舱通风系统、主机的冷却系统等。从画面中 2D 图标绘制、管内流体、管路绝缘隔热材料、附件与管路的属性自动匹配、图面自动标记、BOM 自动统计、系统元件之间的逻辑连接关系、管路压降计算等都可以在 FORAN 中方便而快捷地完成。其中系统的元件自动统计与筛选是 FORAN 基于数据库的优点而实现的, 这一优点大大减少了人工统计的出错几率, 缩短了人工统计的时间, 同时 FORAN 设计过程中对部件的高效编码为物资采购提供了强有力的技术支撑。

3D 模型的定位

设备既可以通过肋位、甲板、舱壁的关系或 3 维坐标值进行绝对位置定位, 也可以根据

用户自定义的点进行相对位置定位。

管线、空调风管和电缆托架路径可以方便地使用一条多段线定义，也可以进行有约束条件的路径智能化自动定义。可以在其中添加或插入一些附件（如法兰、阀件、支管等）。3D 管路与附件的编号和所有属性信息可以直接从已经绘制的原理图中读取，可以根据原理图中元件的逻辑连接关系检查 3D 放样的完整性和准确性。当 2D 原理图增加或删除元件时，系统会自动给出详细的信息以供 3D 放样做同样的修改。

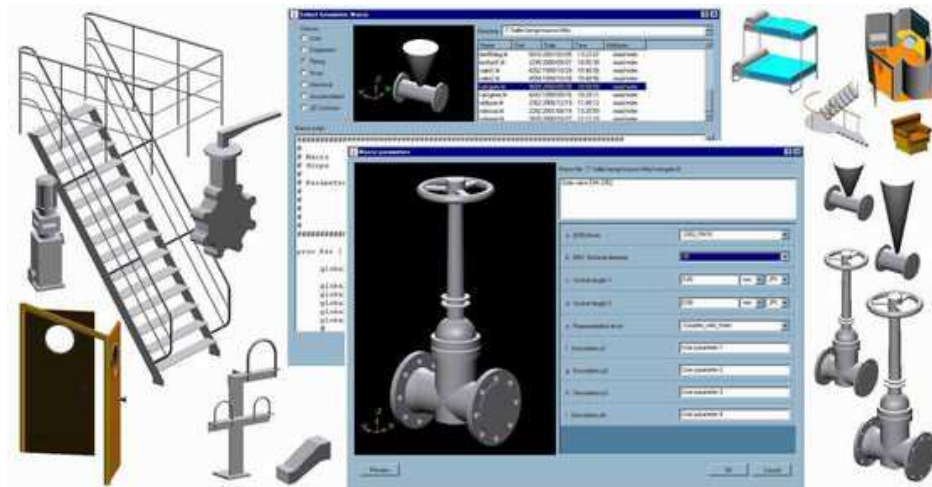


图 9：提供舾装的宏定义，可以通过修改相关参数快速得到需要的舾装单元。

铁舾装包括基座、支吊架、楼梯、独立箱柜等。这些舾装件可以通过使用标准库里的板和型材进行构建。而且这些铁舾装件能和船体结构中的板材和型材一样参与套料，并能在 3D 船体模型里自动地进行干涉检查、重量及重量重心计算及自动生成制造安装图和 BOM 表。

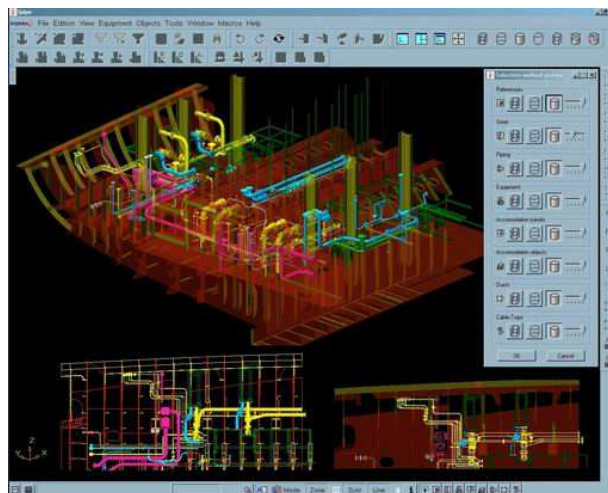


图 10：能够手工调节各种系统的渲染的亮度，此功能的优点是能分别清楚地检查各系统，同时又不影响观察其相连的相应关系。如图所示需要检查管路的铺设情况，于是我们可以把结构、设备、空调风管和支撑托架等的渲染亮度调低，这样我们就可以清晰地看见管路的布置情况。

装配图和小票图

FORAN 一个重要的功能是依照船厂的习惯和格式生成完整详细的管路轴侧图、小票图（包含所有的信息，其中还包括弯管数据和法兰的信息）和安装图（包含管子位置及其安

装尺寸、连接设备等信息），系统还提供编辑（旋转、比例缩放、打印编辑等）的功能。

FORAN 系统支持自动批量出图。如果一个建造方针已经确定，在提取产品数据时系统会选择比较好的部分。安装图纸可以在任何视图、任何角度下产生，包括结构、舾装单元和部件清单。图纸在数据库当中可以实现和 3D 模型同步，模型的修改会自动的反映到对应的图纸中。

虚拟弯管机

FORAN 提供了多种类型弯管机参数，可以实现对弯管的校验，并且可以根据弯管收缩量和工厂习惯的下料余量定义生成管子下料清单。

用户化报告

FORAN 能够按照用户自定义的格式生成报表：材料项目清单，设备状态（报价、订购、采购、装配等等）清单。

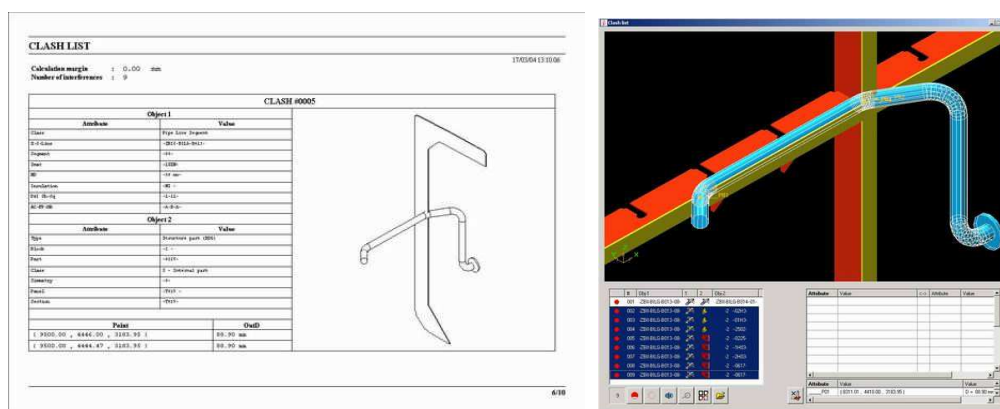


图 11：干涉检查：分为全自动和手工检查。这一功能保证工程质量，减少返工。

4. 电气设计

电气设计和放样方面，主要是进行电气设备的摆放、电缆托架的建模、电缆路径的定义、电缆的放样、接线端子的定义。

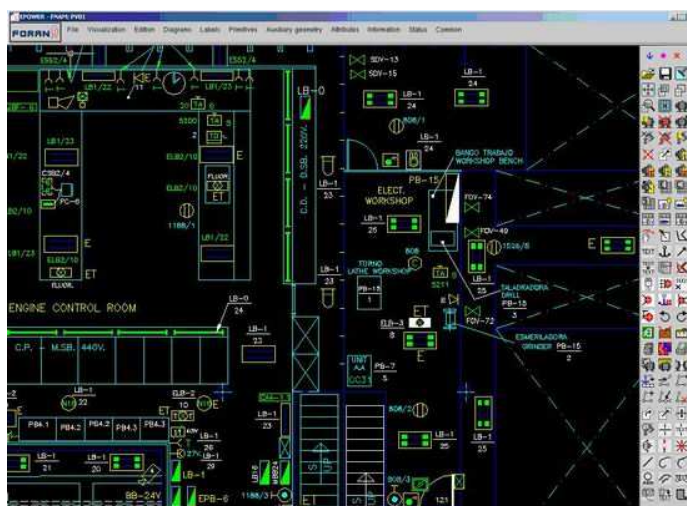


图 12：系统图

电缆电气基本信息

电缆的主要的功能是系统编制电缆类型清单，根据每个船厂需要进行用户化编号。电缆清单包括电缆的主要参数如电缆的型号、尺寸、规格、厂家及电缆卷盘的大小，导线的材料与尺寸，导线护圈的材料及颜色，填料函。

电气图

FORAN 能创建各种类型的电气图，如电力系统图、照明系统图等。

电缆托架

电缆托架路径是由节点（甚至包括设备的接点或穿透点）和线来组成，每个路径都包括尺寸信息和路径定义规则信息。

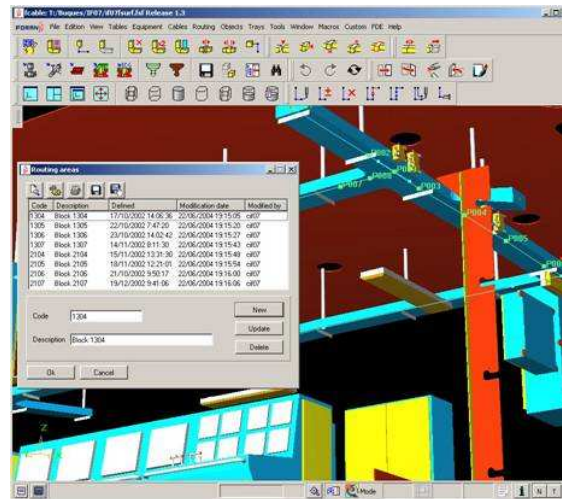


图 13：电缆托架和支撑的 3D 设计

电缆布线

FORAN 提供三种电缆布线方法。自动布线：系统会根据用户定义的规则以最短的路径进行电缆布线；半自动布线：设计者可以强制避开某一些节点；手工布线：通过逐个定义节点来进行电缆布线。当然用户也能定义一束相同路径的电缆。当节点发生改变时，电缆的长度、重量和重心都能自动地进行更新。

接线端子

FORAN 支持定义连接电气设备和电缆的接线端子，同时能自动用户定制格式的接线图册。

输入/输出信号列表

FORAN 能进行输入/输出信号控制的定义，同时也支持电气设备、电缆和配电板、接线盒、接线端子连接的定义。系统能输出输入/输出信号列表清单。

输出信息

除从 3D 船体模型中产生电缆托架安装图纸、设备布置图、电缆布置图外，系统也能够根据不同的需要进行用户化定制报告（可以包含电缆规格、电缆路径、电缆清单、电气设备、路径面积、路径规则、I/O 信号、材料清单等信息）。这些报告能直接打印也能保存成其它不同的格式（如：text, MS Excel, HTML, JPEG, ...）。

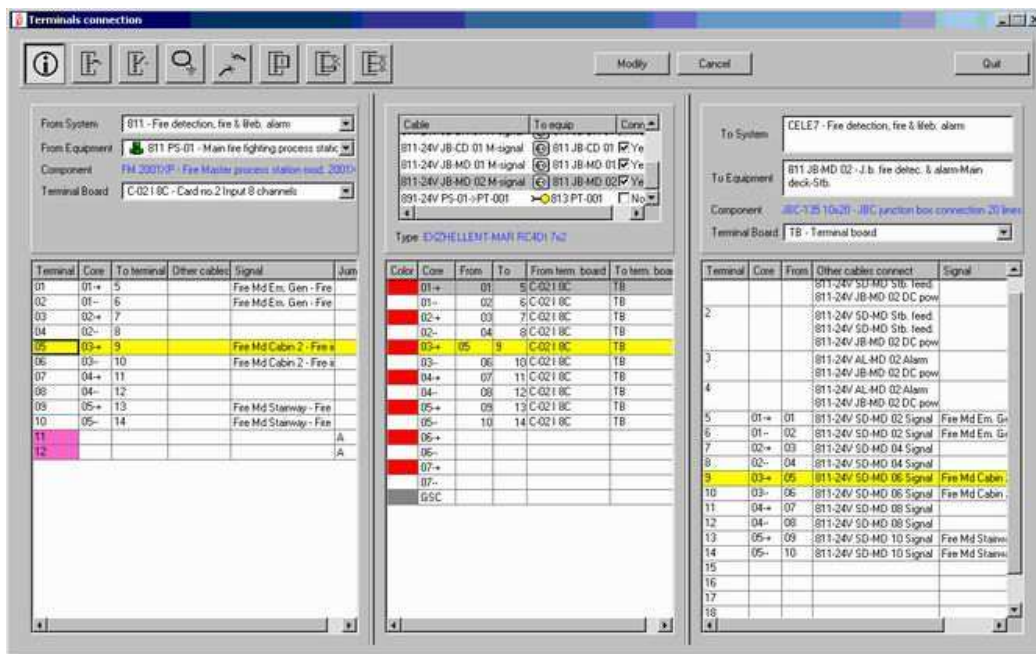


图 14: 接线端子的定义

6. 出图

FORAN 能够产生任何需要的图纸，包括总布置图、结构图、舾装、管路、电气和舱室布置图等。FORAN 能创建不同类型的船体结构图纸，如主要横剖面图、外板展开图等图纸，理论线也可以包含在图纸中；同时其出图功能覆盖各个设计阶段，如初步设计的图纸、报审设计的图纸、施工设计的图纸等。这些图纸能完全根据用户要求进行编制。这些图纸都是直接从 3D 船体模型图中产生，所以得到的图纸始终和实体模型保持一致，即最新的版本。用户可以根据不同的需要出 3D 和 2D 图纸，可以在这些图纸上添加相关信息（标记、尺寸、材料清单和文字等）。另外，FORAN 完全支持统一的字符编码标准。

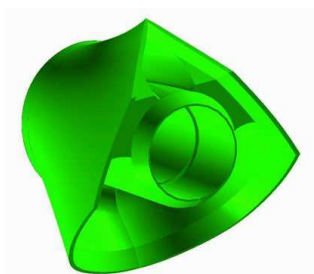


图 16: 复杂的模型创建

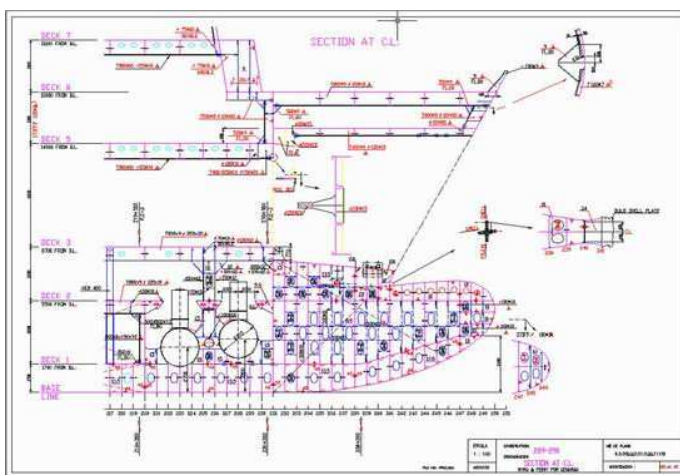


图 17: 强大的出图功能

7. 建造方针

FORAN 以一种简单易懂的工具实现建造方针的确定，以指导船厂进行建造与装配，另外，允许在一个工程上同时定义多个建造方针，以供建造时选择参考，或是由于在不同的船

厂进行姊妹船的建造使用不同的建造方针。在 FORAN 中是用分等级的树状形式描述船体的各类构件装配情况，树的最高等级是该工程的工程名，最低级的是单一的结构，中间的元素（中间产品）根据不同装配的步骤进行分类和排列。每个中间产品都有预定义的特性如名字、类型、描述、装配的位置、图纸的模版等等。同时可以得到单个构件或某分段的材料清单、重量及重心。

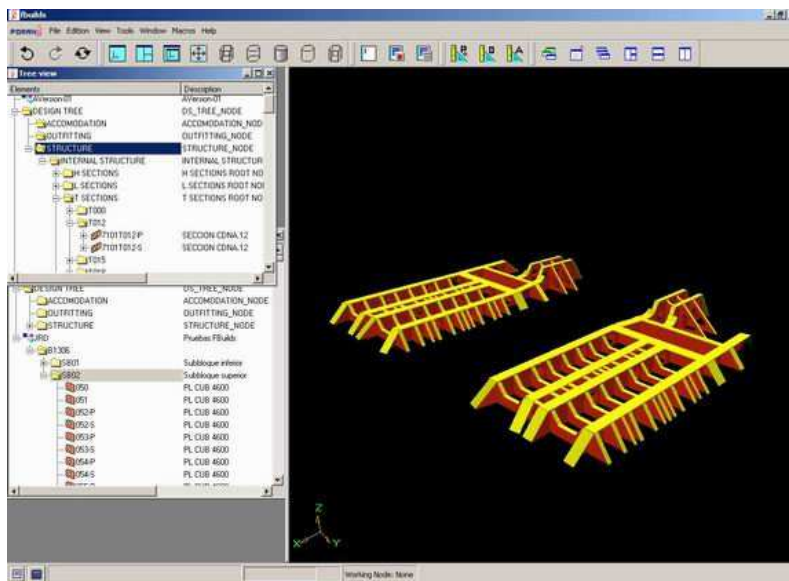


图 18：简单直观的建造方针制订界面

8. 虚拟现实

FORAN 的虚拟现实工具提供了在 3D 模型中进行实时漫游的功能。实时的优点就是能在设计过程中的任何时刻都能进行漫游，可以对各种结构、管路、设备、舾装等进行实时测量、检查，这样就可以在设计中尽早地发现问题、解决问题。漫游的同时可以使用灯光效果、添加材质纹理和调节实体的透明度等效果增加真实度。最强大的功能是可以使用人体模型进行人机工程学设计和校核，模拟现场操作、维护和维修过程等的检查。漫游的控制可以通过鼠标或控制杆直接操纵。

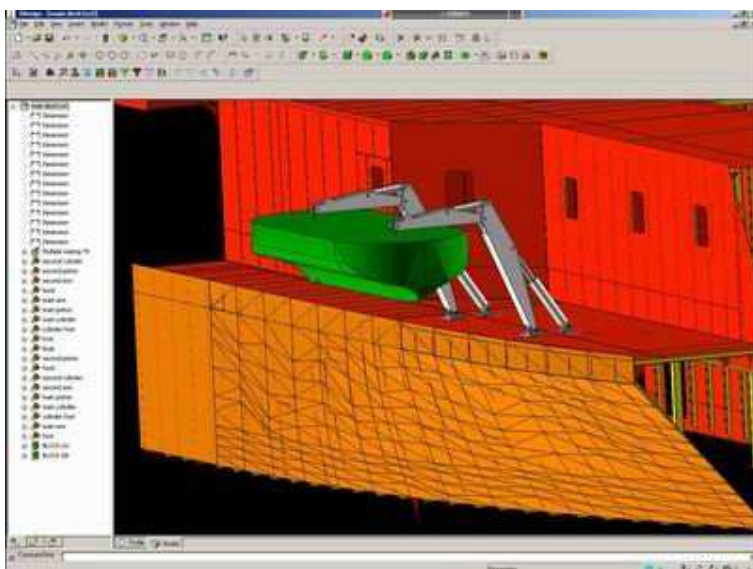


图 19：图为模拟救生艇下水过程



图 20: 图为模拟现场维修某一个阀门的情况

9. 信息管理

FORAN 的并行工程管理工具能够进行生产数据管理和文档管理，此功能的目的是为了帮助用户系统管理，减少工作量，提高效率。用户能在很短的时间掌握它的使用。

在文档管理方面，通过使用相关的工作流能进行文档生命周期控制。一个基础的工作流是由不同状况下的文件组成，以及根据文件的不同状况进行处理的方法。用户可以根据文件的版本马上知道各个文件有过多少变化、有哪些变化等。

在生产数据管理方面，是用来对 3D 模型中的部件（包括零部件和中间产品）进行控制，这种管理相当于象管理文档一样去管理结构部件。另外，还能根据用户的要求查询到轮机设备的信息。

如果在模型中的数据发生修改，在管理工具中的数据会自动地更新。并且这些修改能进行版本控制。

10. 生产链接

FORAN 能从 3D 模型中生成车间所需的生产信息，结合目前先进的 CIM 功能帮助船厂自动化的生产。SENER 公司在任何类型的生产设备上都拥有丰富的经验。以下列举一些接口的设备类型：

- 板的数控切割机
- 数控弯板机
- 数控水火弯板机
- 型材的数控切割机
- 数控型钢冷弯机
- 用于胎架、小分段甚至复杂分段等制作的焊接机器人
- 除锈和涂装
- 精度控制
- 弯管机



图 21: 链接的数控切割机

11. 管理链接

FORAN 软件的一个重要功能是能够为船厂管理部门产生相关的信息，这些信息能够为该部门制订工作计划、追踪项目过程、工程管理和材料管理，这样可以缩短建造周期和减少造船费用。FORAN 的数据库允许与几乎所有类型的管理系统进行链接。这种管理系统的链接不仅能为每一步的设计提供一个最佳的信息流程，也能为设计—生产—管理实现有效的结合。

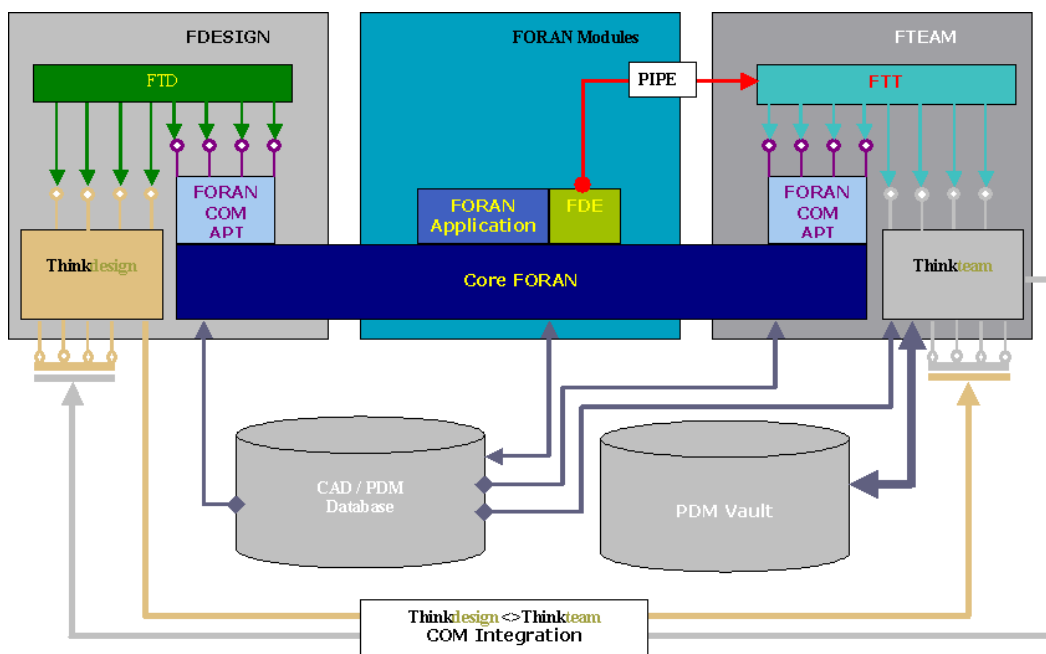


图 22: FORAN 管理控制框架图

材料管理

考虑到船舶整体建造费用中的材料费用的重要性，FORAN 的一个重要作用是紧密地结合船厂进行材料管理。创建一套材料编码，保证零部件的信息单一化，提高原料控制管理和余料利用，促进材料的控制和采购。

PDM 系统

FORAN 提供自己的 PDM 系统用来进行 workflow 管理、文档管理、版本管理等，这样使设计过程、装配过程和管理过程结合成整体。利于提高管理效率和工作效率。

计划和产品控制

FORAN 能估算船舶建造和施工的费用以及工时。同时能得到一些施工需要的数据：涂装面积、焊接长度、切割长度、板和型材弯曲的参数值、装配的方法等等。

质量控制

船厂的质检部门可以从 FORAN 软件得到一些相关信息。例如：从模型中提取某一个临界三维的坐标点和实际装配进行差异核查，根据理论值和实际值的差异输入到统计学尺寸控制系统，然后得出符合实际的建造方针，调整装配顺序，提高生产效率。

12. 开发工具

FORAN 提供一个强大的 FORAN 开发环境（简称 FDE），可以用 C++ 脚本语言进行编写，用户可以通过这个开发环境开发需要的命令和功能，把编写的命令添加到标准的菜单下，与原有的命令一样执行操作。这个开发环境对设计者是完全开放的。

FORAN 能实现多个用户进行接口，其数据库允许在一个工程中实现多个用户协同操作并保证工程数据的连贯性和完整性。其它还包括实现不完整的数据交换、数据库的统计学、数据库的安装、备份和保存、数据库的调用以及工程的输入/输出功能。

（附件全文完）