

# 一、船舶与海洋工程

## 1. 船舶与海洋装备耐波性系列模拟软件

### 项目概述

本项技术成果可用于散货船、油船、集装箱船等三大主力船型在波浪中运动以及失速（EEDI 中的  $f_w$  指数）的快速模拟，还可用于高速快艇，双体船和三体船，潜艇、游艇以及滑艇等各类高性能船艇在波浪中的运动快速模拟，对于深海和浅海中水面和水下浮式海洋装备和系泊平台在波浪中的运动进行模拟，还可以对于码头和港口中靠泊船舶受风浪影响的性能进行模拟。上述模拟技术基于 20 余年来项目团队在国际上独创的水动力学算法，技术水平国际领先，有关理论创新成果可参见 13 年来本团队连续在世界前沿的水波与浮体国际会议发表的论文（[www.iwwfb.org](http://www.iwwfb.org)）。技术指标包括 6 自由度运动，特殊部位速度和加速度，波浪增阻，波频和低频波浪载荷与运动，长期和短期统计，时域和频域模拟等。项目软件在各类船型和装备都有不同程度的应用和实验验证。技术成熟，自主可控。

### 项目成熟情况

针对不依赖 CFD 技术的快速模拟需要，本项目开发了基于流体动力学原理和泰勒展开边界元新方法的系列海洋装备耐波性模拟软件，处于样品阶段。

### 应用范围

各类船舶设计、海洋装备设计，船舶运输安全，海上航路优选、海上安装与作业评估等领域。

## 2. 船舶与海洋平台运动姿态在线监测分析与实时预报系统

### 项目概述

船舶与海洋平台运动姿态在线监测分析与实时预报系统用于海上船舶与海洋平台运动姿态的在线测量分析，并能够实时预报船舶与海洋平台未来一段时间内的运动姿态信息，为舰载机/直升机的回收、海洋潜器、无人艇、救生船、冲锋舟等的布放回收、多船间的协同作业、船载起吊控制、减摇控制等提供技术服

务。船舶与海洋平台运动姿态在线监测分析与实时预报系统由船舶运动姿态测量单元、数据采集单元、微型处理器和用户软件四部分组成。其中，预报软件部分是整个系统的核心技术。该预报技术是在传统时间序列分析的基础上引入船舶运动的水动力特性发展而来，计算效率、精度和稳定性较传统时间序列方法更优，并经过了大量的实船数据验证，是本团队多年理论研究和工程实践的取得的成果。该系统的技术指标主要包括预报时长、预报精度和实时性要求，具体的指标因不同的作业需求而有所差异。目前，该系统的预报软件部分作为独立的软件模型已经安装到相关的实船上，并完成海试试验，效果良好，该软件在未来有望进一步推广到其他船型。此外，船舶运动姿态在线监测分析与实时预报系统作为一个整体，能够实时监测分析船舶运动，并提供船舶运动姿态预报信息，为船上多种用途的智能和安全操作（直升机回收、救生艇布放、减摇鳍控制等）提供技术支持。

主要专利：

一种舰船运动极短期 AR 预报的样本先验信息处理方法

#### **项目成熟情况**

具有样机，技术成熟。

#### **应用范围**

舰载机和船载直升机回收，潜器布放回收作业，多船间的协同作业，船载起重机的补偿控制、减摇控制，舰载武器控制等。

### **3. 基于运动预报的船舶纵-横联合减摇控制技术**

#### **项目概述**

基于运动预报的船舶纵-横联合减摇控制技术是本团队近年来在船舶耐波性研究方面取得的新成果。该技术基于船舶水动力、时间序列分析以及控制等多个学科交叉发展而来。相较于传统的减摇控制方法，该减摇新技术的特色和核心是准确的船舶水动力预报和船舶运动极短期预报，是本团队在船舶水动力和船舶运动极短期预报方面多年技术积累在新的工程需求下发展而来的研究成果。相较于传统的单个自由度减摇控制，该技术既能够实现单个自由度运动（横摇或者纵摇）的减摇，还能实现同时两个自由度运动的联合减摇。基于运动预报的船舶纵-横

联合减摇控制技术的主要指标包括适用的海况及减摇效率。目前，本团队已经成功完成了该减摇技术的原理样机，并在拖曳水池完成了迎浪及斜浪下的减摇试验。

### 项目成熟情况

基于运动预报的船舶纵-横联合减摇控制技术目前处于样品阶段，已经完成原理样机及相应的水池试验，获得了良好的减摇效果。

### 应用范围

船艇减摇等领域。

## 4. 深水浮式结构物运动耦合及外载荷分析研究

### 项目概述

目前，我国尚未形成自己的深水浮式结构物耦合运动与载荷分析的指导性准则，完整的自主商业软件仍处于空白。国外已开发出一定数量的耦合运动和载荷分析商业软件，但无论是软件计算效率还是结果可靠程度均未在业界达成广泛的共识，尤其是运动耦合及外载荷计算软件尚存在许多不足，并未形成主流商业软件。另外，出于业务和经济两方面考虑，国产软件的推出已为国内多家单位所呼吁，但仍未见到切实可行的相关产品，可以说自主分析软件的推出，国内市场还处于起步阶段，软件推出后的国内外应用前景是十分可观的。

本项目围绕深水海洋工程装备开发，通过开展深水浮式结构物运动耦合分析、外载荷分析等研究。完善深水浮式结构物非线性耦合运动与外载荷分析的计算方法；开发一套拥有自主知识产权并具有国际先进水平的深水浮式结构物耦合运动与外载荷分析计算软件；形成一套深水浮式结构物非线性耦合运动与载荷分析的指导性准则，为深海工程装备的研制提供基础技术支撑。该项目研究内容主要包括三维频域水动力分析及程序开发，三维时域水动力分析及程序开发，缆索及立管动力响应分析及程序开发，浮式平台运动耦合分析及程序开发，外载荷分析及程序开发，软件集成研究和软件界面开发六个方面。在本项目的技术性能指标方面，所开发的软件在同样计算精度前提下，系统设计和界面形式具有独特性，计算效率不低于国际商用软件。

近两年来，由于我国这类基础设计分析工具产品属空白，而海洋工程的发展

急需商业化的软件支撑，所以，有关设计单位、海洋工程公司、高等院校纷纷购进美国和欧洲发展的相关软件，每年相关投资 5000 万元左右。最为重要的是购置软件只能培养相关技术人员使用能力，一旦遇到超出软件设定限制的设计问题，我国将无能为力，只能求助软件服务商。本项目完成后，在满足国内海洋工程设计需求的同时，在国际海洋工程界，也有较大的发展空间。

#### **项目成熟情况**

项目结题后，将完成基于 Windows 操作系统的具有友好界面的集成软件开发。所开发软件将通过国内外相关单位试用和持续完善，目标是推向商用市场。

#### **应用范围**

海洋工程领域有关设计单位、工程公司、高等院校。

## **5. 高速船耐波性计算软件**

#### **项目概述**

随着海运的高速化，多种高性能新船不断涌现，其航速弗氏数大都高于 0.4，船舶运动辐射和绕射兴波受航速效应的影响不容忽视，特别是多体船的片体之间的兴波水动力干扰会因航速不同而表现出有利或不利干扰，而传统的切片理论本质上不能体现船体兴波干扰的航速效应。国内外船舶力学界目前致力于发展的三维有航速水动力模型由于还有未突破的理论困难，对实际船舶，还不能得到有价值的结果。在过去十年中，哈尔滨工程大学在国内率先发展了水面高速细长体水动力学理论，在该理论中，由于方程是二维的，而自由面条件是三维有航速的，因此又称为二维半理论。我们发展了二维半理论的快速稳定算法，该软件可用于高速船、多体船的运动和波浪载荷预报。

#### **项目成熟情况**

技术成熟，可推广。

#### **应用范围**

高速船、多体船的运动和波浪载荷预报等领域。

## **6. 实际海浪环境下大尺度模型试验技术**

#### **项目概述**

船舶模型试验技术是研究船舶性能，指导船舶设计的重要途径。受到水池尺寸及功能限制，水池模型试验一般模型尺度较小，比尺效应和池壁效应影响较大，试验室人造风浪环境无法真实模拟实际风浪环境，导致试验结果特别是高海情下的非线性运动与载荷响应及上浪、砰击、增阻等强非线性动力效应与实船差别较大。本项目采用大尺度模型，利用沿海实际风浪环境开展模型试验研究，试验环境更加真实，模型比尺增加，试验水域开阔，不收水池尺度及功能的限制，试验内容广泛，可以完成大风浪环境下船模非线性运动与载荷及强非线性动力效应的测试。采用系统辨识方法求测模型非线性响应，并建立实船外推预报方法，可得到比水池模型试验更接近实船的试验测试结果。为船舶大风浪环境下航行性能评估，指导船舶设计提供了新的技术手段。

### 项目成熟情况

完成了试验系统的建设与海试验证，技术成熟度高。

### 应用范围

快速性试验、耐波性与波浪载荷试验、操纵性试验、特殊装置性能试验。

## 7. 舰船结构健康状态智能化监测与评估系统 (SMAS)

### 项目概述

船体结构应力监测与评估系统综合运用结构参数识别技术、光纤传感技术、数据库技术、多数据信息融合技术、超大信息量数据处理技术、船体结构有限元分析技术和强度评估理论，以及相关的传感器、软硬件设备等，实现船舶结构安全性的实时监测与评估，该系统主要具备数据采集、环境监测、应力监测、数据处理、强度评估、报警与记录、数据库、交互界面等主要功能，从而提高航行船舶的安全性能，并为船舶结构设计积累数据。

在船体结构中布设传感系统，赋予结构变化的信息系统，它能够对船上的重要结构、敏感部位及船体结构的动态参数进行监测，同时利用数据库等技术对监测数据进行存储，根据历史记录数据提船体的疲劳及典型节点的累积损伤进行实时预测。系统通过实时监测船体结构状态信息并实时记录相应海况信息资料，实现船舶结构安全、船舶振动性能的综合评估，拥有趋势预测及相应的预警/报警功能等，能及时为驾控人员提供客观可靠的信息。同时开发航行安全辅助决策功

能，在结构发生危险时，系统能根据当前航速和航向，自动在决策数据库中进行信息匹配，给出建议航速与航向，从而增强船舶抵抗各种恶劣风、浪、流海洋环境中航行风险的能力，提高船舶在大风浪等恶劣环境中的航行安全性。同时针对监测数据的长期积累，可形成专家数据库，可为船体维修工作提供关键数据，有助于船舶的全寿命周期保障服务；此外，监测数据也可为规范制定提供第一手的资料。

### 项目成熟情况

该系统目前处于国内领先的地位，软件系统已获得第三方认证，样机开发及样机试验均已完成，系统已运用到多艘实船上，通过试航及实际航行验证，并取得非常好的实践效果。其中，作为“雪龙2”号科考船智能化系统的一部分，协助其成为国际上第一艘获得智能化船舶符号的极地科考破冰船。

国军标相对应的等级：九级。

### 应用范围

可应用于军船领域，也可应用于民船领域，同时适用于海洋平台等大型海洋结构物领域。目前系统已应用于我国最新设计建造的几种型号大型水面舰船的船体结构应力监测和强度评估。同时运用在“雪龙2”号科考船、超大型矿砂船、超大型集装箱船等多个民船项目中，应用于“雪龙2号”上的船体应力监测与辅助决策软件将使新船成为国际上第一艘获得智能化船舶符号的极地科考破冰船。

## 8. 深远海网架式模块化养殖平台

### 项目概述

本项目基于我国深远海渔业养殖需求，提出了网架式模块化渔场概念，采用超大型网架式结构作为渔笼模块，通过多个模块的连接组合，利用单点系泊模块组成海洋渔场系统。多模块组合有利于扩大养殖规模，增加效益；各模块可组合出多种方案，便于不同海域环境和使用需求的应用；采用单点系泊系统和多向连接设计，利于加快海水循环速度，改善鱼类生存环境，降低海洋环境污染。同时在海上渔场的设计、建造、操作和维护等多个方面具有优势，与整体结构相比，这种模块可以在更小的船厂内建造。制造费用会大量削减，因为模块的大量生产可以轻松实现。从海上安装这一点来说，小模块易于在海上拖运和安装。可以使

用更小的拖船或运输船来减少运营成本。这种概念也有利于渔场维护。单个模块可以被断开连接运到岸上进行维修，而且不会影响渔场的运营。每个使用中的模块都可以被新的模块替换。就鱼类福利而言，模块快速灵活的断开连接可以避免网箱之间的疾病传播。提出该项研究的目标是发展新型模块化海上渔场理念以适用于无遮蔽海域。这一设计概念是为了使结构抵挡住恶劣的环境载荷，同时也高度强调了鱼类的安全。该项目的成功会帮助水产养殖业扩展到无遮蔽海域，并确保更高的水产养殖产量。

### 项目成熟情况

该装置已完成水池模型试验验证，技术成熟度达到 3 级。

### 应用范围

该渔场平台采用的多模块设计理念在建造、海上操作和维护等方面有很多优势，同时对鱼的生存环境也有很多好处。该渔场平台可应用于深远海无遮蔽海域，可以应用单个网箱，也可以通过连接结构设计多个网箱的组合。网箱作业海域水深大于 50m，单个网箱养殖水体可达 8 万立方米以上，可抵抗 2m/s 的海流和 9m 的波高。

## 9. 船舶与浮式海洋平台波浪载荷计算软件 (WALCS)

### 项目概述

WALCS (3-D Wave Loads Calculation System) 是由哈尔滨工程大学自主开发的基于三维频域线性势流理论的船舶与浮式海洋平台结构物波浪载荷计算软件。应用该程序计算规则波中流场速度势、三维水动力系数、波浪绕射力、F-K 力、浮体的运动响应、浮体湿表面压力分布、剖面载荷，进而可以对浮体的运动、湿表面压力以及剖面载荷进行长短期统计分析。WALCS 软件适用于各类常规船型（如油轮、散货船、集装箱船、水面船舶）、双体船型、多体船型以及 FPSO、半潜式平台等浮式海洋工程结构物的运动及波浪载荷的计算分析。此外，该软件还具有与现有的大型结构有限元分析软件的计算接口，可以方便的实现载荷的施加。

WALCS 软件经过十余年的开发和完善，对其功能以及计算精度进行了多方面的比较验证工作，包括与模型试验、Wigly 数字船型、国际著名同类计算软件等

的比较,大量的对比结果证明了该软件具有较高的计算精度。其性能受到船级社、各研究院所以及生产设计单位的认可。

#### **项目成熟情况**

技术成熟,已与中国船级社合作,共同实现产品产业化。

#### **应用范围**

船舶与浮式海洋平台波浪载荷的计算。

## **10. 多用途重吊集合散货船设计**

#### **项目概述**

哈尔滨工程大学多年来曾经承担过 300 多条不同船型的生产设计任务,尤其在黑龙江流域内航行的船只 90%由我校设计,不仅具有丰富的理论知识,更积累了丰厚的实践经验,在国内船舶设计业界尤其是内河船设计界享有较高的声誉。学校设计的观光潜器和水翼艇均处于国际先进地位。

学校为大连中远船务工程有限公司生产设计的“3 万吨重吊多用途船”,标志着哈尔滨工程大学在船舶设计领域的科研攻关整体实力已达国内先进水平,从此掀开了哈尔滨工程大学船舶设计科研团队进入海船设计新领域的崭新一页。

多用途重吊集合散货船是集装箱船和重吊船的多种功能于一体,联合操作时可达 640 吨超强起重能力,具有吨位大、装箱多、起货能力强、航速快、装载灵活的超强适应能力,是目前国内建造的最复杂远洋运输船型之一。具有较高设计难度和高附加值,也是我国国内船舶设计单位及造船企业能够设计和建造的最复杂船型之一。该项目也是我校首次承揽科技含量和附加值都较高的民用船舶整体生产设计任务。

#### **项目成熟情况**

技术完善,国内先进水平。

#### **应用范围**

船舶设计领域。

## **11. 船舶操纵训练模拟器**

#### **项目概述**

船舶操纵模拟器是计算机仿真技术与航海技术结合的产物，利用仿真技术、网络技术、系统集成技术和多媒体技术，模拟训练可以直观地反映船艇操纵的特点和规律。船舶操纵模拟器系统由硬件和软件两大部分组成。硬件有实现船舶操纵运动数学模型自动解算的仿真计算机；模拟航行环境的视景产生设备，如投影仪、屏幕、高分辨率显示器等；内装各种航行仪表和设备的模拟驾驶舱；各种接口电路板等；软件主要包括三维视景、船舶运动数学模型、ECDIS、模拟雷达/ARPA和声响等子系统。

船舶操纵模拟器能够模拟各种船型的操船环境，使学员通过虚拟的三维海洋视景和船舶声音信号获得类似于实船操纵的经历，不受时间空间条件限制，缩短了训练时间，降低了训练成本。

### **项目成熟情况**

技术成熟，可推广。

### **应用范围**

应用于船员教学和培训、方案论证、海事分析等领域。

## **12. 船舶与海洋工程作业仿真系统**

### **项目概述**

面向船舶与海洋工程安装、运维、报废等作业需求，针对深水作业环境恶劣、作业方案验证手段与维修等典型海洋工程作业的在线辅助操作、方案预演与评估、人员模拟训练匮乏、海上施工风险预判难等问题，项目突破了海洋工程仿真总体设计、船舶与海洋结构物耦合运动建模与实时仿真、船舶运动控制与仿真、海洋环境建模与可视化仿真、实时仿真时空同步等关键技术，研发了以数值船舶、三维虚拟作业场景、半物理仿真硬件操作环境为主的人在回路的实时仿真系统，通过构建全数字化仿真、半物理仿真等层级的虚拟仿真测试环境，开展深水吊装、浮托安装、锚处理、水下安装，可以提前预报及避免海上作业风险，提高海上作业安全性和施工团队作业效率，并可进一步为海洋工程装备全生命周期业务提供科学辅助决策支持，对于推进我国深海资源开发利用具有重要意义。项目相关成果获得中国造船工程学会二等奖2项，黑龙江省三等奖1项，填补了国内海洋工程领域的技术空白，总体性能达到国际先进水平。

## 项目成熟情况

项目成果已经在海油工程、相关高新技术企业以及部队近 10 家单位与工程项目组得到了广泛应用。在荔湾 3-1、文昌 9-2/9-3、渤中 349、流花 16-2、陵水等工程项目施工方案论证中，通过开展浮托、吊装、水下生产设施安装等作业方案仿真预演与培训，使作业团队明确了作业流程、关键节点和潜在风险，并对极限工况进行了预判和应急方案制定，提升了施工船队作业效率和作业安全性，节约船天时成本和培训费用上千万元，解决了之前我国海洋工程仿真领域被国外公司垄断、成本高昂等问题；研发的边防巡逻艇模拟器、气垫船驾控训练模拟器已经为部队提供近十余年的人员模拟培训，取得了良好的效果，产生了巨大的经济效益和社会效益。

## 应用范围

结合国家海洋强国战略需求，项目成果为深海油气安全开发提供了一种安全、有效、科学、经济的技术手段，弥补了理论和试验方法的不足，可应用于海洋油气田开发、海上救助打捞、舰艇装备的方案论证与评估、在线状态监测以及人员培训，在船海装备数字化与智能化领域无疑具有广阔应用前景。

# 13. 海工产品信息化管理系统

## 项目概述

海工项目信息化管理平台软件填补了我国自主研发海工项目信息化管理软件领域的空白，采用主流 SOA 框架，应用智能化（MAS）、可视化等先进数字化技术，支持不同的船海企业生产流程优化再造，既可将海工项目的各个独立的管理过程集成起来，又能够满足不同船企的特殊管理定制需求及单元软件模块整合需求，保证了海工项目数据对业务的透明性和一致性，使得平台具备开放性、可重组性，可扩展性，可维护性。平台已在实现系列化、批量化建造自升式钻井平台的国内典型海工企业进行了示范应用验证，对海工项目管理中的进度管理、设计管理、物资管理、质量管理、成本管理、机械完工与调试管理、分包商/供应商/客户管理、BOM 管理、文档管理、变更管理、HSE 管理、风险管理、决策分析等海工项目生命周期的覆盖面达 90%以上，示范应用单位实现了良好经济效益。平台在海洋工程项目管理领域达到国内领先水平，能够有效提高海工项目管理效

率、降低生产成本，有助于我国海工行业缩小与国际海工领域的项目信息化管理水平差距，为我国海工企业提升海洋工程项目总承包管理能力提供技术支撑，具备海工行业推广价值及应用前景。

### 项目成熟情况

海洋工程项目信息化管理平台项目成熟度较高，已在实现系列化、批量化建造自升式钻井平台的国内典型海工企业进行了示范应用验证。

### 应用范围

海工项目管理中的进度管理、设计管理、物资管理、质量管理、成本管理、机械完工与调试管理、分包商/供应商/客户管理、BOM 管理、文档管理、变更管理、HSE 管理、风险管理、决策分析等海工项目生命周期中覆盖近 90%的业务范围。

## 14. 船体应力状态监测系统

### 项目概述

船体状态监测技术 (Hull condition smart monitoring technology) 是实现船舶智能化的基本条件和必由之路。它是以实现运营船舶的全状态监测为目标，目的是通过实时监测全船状态信息，实现船舶结构安全、船舶振动性能、波浪中稳定性能、综合航行性能以及关键设备的综合评估。船体状态监测技术可在保证船舶航行安全的基础上，大幅度提高航运效率、降低航运成本、实现船舶全寿命周期运行管理和维护。

船体总强度对船体结构和航行安全来说，是最基本和最重要的强度。船体总强度包括船体总纵强度、横向强度和扭转强度。为了保证船舶梁有足够的强度来抵抗环境载荷对结构的破坏作用，人们在船舶设计和建造过程中，提出了很多设计思想，制定了各种规范、工艺以及保养维护计划。然而由于大型船舶在波浪中航行时受到的载荷具有很强的随机性，而在设计和建造过程中不可能准确预料这些随机性载荷。船体构件长期受到突变应力和交变应力的作用，船体强度不足和疲劳破坏等引起的事故时有发生。另外许多服役到期的舰船，其结构状态仍然良好，但是由于没有实测船体载荷数据支持，无法对其剩余疲劳寿命进行评估，不得不退役，损失巨大。

“船体应力状态监测系统”，是哈尔滨工程大学以曲先强副教授为主的研发团队自主研发的科研成果。当前，国内无相关成熟产品，该技术在国内目前处于领先地位。该产品通过安装在船体梁上的 4-6 个长基线应变仪，实时测量船体结构平均变形，实现以下功能：实时监测船舶装载时的结构应力状态，对危险装载状态发出预警；实时监测船体梁应力状态，评估船体梁的强度，对危险应力状态或者即将达到的危险应力状态进行预警；实时监测船体刚度降低时的船体应力监测，实现船舶全寿命周期监测；通过分析船体梁应力的历史数据，计算船体梁的剩余疲劳寿命，评估船体梁疲劳强度。

本产品适合监测大开口型船和非大开口型船的船体结构应力状态。本产品主要技术指标已达到国外主流产品的技术水平，其优势是核心技术船体梁结构应力监测技术完全由自主研发，可向国内用户提供全方位的技术服务及售后保障。同时本产品具有监测精度高、可靠性高、环境适应性强、适合长期实时监测船体应力状态的优点。

### **项目成熟情况**

目前已完成原理性样机和初样机的研制工作，完成了大开口船和非大开口船的船体梁应变分解算法的研究，并在工程结构实验室的结构加载平台完成应变分解算法的原理性验证工作，申请发明专利 2 项、软件著作权 2 项。

### **应用范围**

本产品适合监测大开口型船和非大开口型船的船体应力状态，包括：油船、化学品船、液化气船、生产储油船、散货船、矿砂船、集装箱船、普通货船、滚装船、客船等其他大型船舶。

## **15. 低阻高耐波性隐身复合船型技术**

### **项目概述**

本项目开发了具有自主知识产权的新型低阻高耐波性隐身单体复合船型构型，突破了隐身新船型构型技术、新型降阻减摇附体技术，并完成了水池模型试验验证和实际海浪环境下大尺度模型实验验证。研制出低阻高耐波性隐身复合船型原理样机。样机主要技术指标有：新船型静水阻力性能较同吨级基本型降低 10%以上，耐波性提高一个浪级，大幅提升大型水面舰船平台综合航行性能。

### 项目成熟情况

完成方案构型设计，完成实际海浪环境下大尺度模型试验验证。

### 应用范围

高航速、高耐波性水面单体船。

## 16. 船舶海上作业辅助决策系统

### 项目概述

基于 AR 模型分别建立了基于最小二乘方法的 AR 预报模型，基于 Kalman 算法的 AR 预报模型，基于 LRLS 算法的 AR 预报模型。利用 Volterra 级数的非线性表征能力，给出了船舶运动姿态混沌时间序列的 Volterra 自适应预测模型，运用 Kalman 滤波算法、RLS 算法、NMLS 算法对非线性 Volterra 级数模型的核进行估计。分别建立了三种非线性模型，并实验验证了这三种预报方法预报精度高，实时性好。研究了舰船运动包络的预测方法。给出了实时有效提取历史运动包络，计算其等时间间隔的包络时间序列的方案，建立了基于最小二乘方法的 AR 预报模型，实时有效对运动包络进行了预报。

研发了运动预报算法与输入及输出界面之间的接口，对数据输入、极短期预报、数据输出及界面显示等系统进行联调，进而完成舰船运动极短期预报及辅助决策系统的开发。该系统经多次调试，能够满足实船使用要求。

### 项目成熟情况

完成系统调试，将在实船上应用。

### 应用范围

船舶飞机着舰、两船靠帮作业、海上吊装升沉补偿等海上作业辅助决策。

## 17. 船舶减纵摇组合附体

### 项目概述

船舶在风浪中将产生六个自由度的耦合运动，其中对船员晕船、作业及武器装备使用效能影响较大的是横摇、纵摇以及垂向加速度，特别是船舶剧烈的纵向运动还将引起船舶艏底部严重的砰击、甲板上浪和螺旋桨出水等。百余年来船舶设计人员为了改善船舶在波浪中航行的耐波性，进行了艰苦不懈的努力，取得了

可喜的成果。减横摇技术已相当成熟，广泛应用于现代船舶上，而减纵向运动已有百余年研究史，但迄今尚无成熟技术形成装备。主要是减纵摇设备要承受很大的载荷，结构强度承受不了，还会引起船体的振动等。国外在百吨以下的小船上曾有实船装相关减纵摇装置，证明有一定效果。

哈尔滨工程大学船舶工程学院从 20 世纪 90 年代初开始研究工程可行的减纵向运动组合附体，至今已有 20 余年，相继研发了 200 吨级、400 吨级、1000 吨级、3000~4000 吨级及万吨级新型减纵向运动组合附体，经模型试验表明具有良好的减纵向运动效果，减纵摇运动幅值达 30%左右，升沉减少 20%左右，首部加速度降低 50~60%，砰击、上浪概率减少 60%以上。2003 年在 400 吨级船上加装该装置实船试验表明，减纵摇效果显著，船员晕船率大大降低，实现风浪中高速行驶，经过鉴定，专家一致认为该技术已成熟，达到工程推广的技术要求，总体技术水平达到国际领先水平。

### **项目成熟情况**

该装置已通过典型环境下实艇海试验证，技术成熟度达到 5 级。

### **应用范围**

该研究成果是具有自主知识产权的性价比高的装置，建造工艺简单，满足通常造船工业领域船体建造的工艺要求。该组合附体可在单体船、双体船等船型上加装，特别是为了提高船舶在风浪中的安全性、快速性、舒适性以及提高营运效率及作战使用效能具有重大意义，它也可作为民用高性能、高附加值出口船上使用，经济效益更加显著。

## **18. 深水钻井船开发**

### **项目概述**

随着目前世界能源问题的日益加剧，向人类尚未涉足的深海区域进行能源开发已成为解决能源问题必由之路。我国南海拥有丰富的油气资源，但由于我国没有自主开发的深水钻井装备，目前只能租借国外的设备进行开发。由于国际市场上深水钻井设备供不应求，租金十分昂贵，这已成为制约我国南海油气开发的重要因素。截至该项目开始时，我国尚没有进行深水钻井船开发的经验。该项目的完成填补了我国在该领域的研究空白。

该项目为校企合作项目，开展项目的基本指导方针是采用以吸收消化国外的成熟设计方法和经验为基础，以海外教授及其专家团队为指导，以我国青年科研人员为主要研发力量进行钻井船开发。在项目进行的过程中，为了方便地推进调研和开发进行先后派出六名青年技术骨干到国外与海外教授协同工作，并聘请目前国际上该领域的知名专家进行技术交流和指导工作。课题组按照 ABS、API、DNV 等国际公认的海洋工程规范要求针对我国南海的海况特点对 1500 米作业水深的钻井船进行了初步设计和分析，其研究内容涵盖了设备匹配与选型、船型设计、静水力特性分析、完整稳性和破舱稳性分析、结构强度分析、立管系统设计与分析、锚泊定位系统总体运动性能分析、结构防腐方案设计、钻完井及其他专业设备配置方案、压载及舱底水系统设计、电力负荷及配电方案设计等涉及钻井船设计的全部内容，共形成研究报告 15 本，设计图纸 117 份。先后攻克了总体布置与设计、立管系统的设计与分析以及锚泊系统的设计与分析等技术难点。该项目主要采用了目前世界上最先进的第六代钻井船的设计理念和方法进行开发，在定位系统选择上采用锚泊定位方式，但同时也预留了动力定位系统的布置，并开展了动力定位系统的研究，为今后的进一步升级打下基础。该钻井船的主要技术指标为：设计作业水深 1500 米，最大钻井深度 10000 米，可变钻井载荷 12075 吨，设计航速 12 节；设计环境条件为：风速 51.5 米/秒，波高 22 米，流速：3.6 节；正常作业环境条件为：风速 18 米/秒，波高 5 米，流速 1.5 节；最大作业条件为：有义波高 6.1 米，峰值周期 8-16 秒，10 分钟最大平均风速 27 米/秒。该钻井船的技术指标在国内外的同级别产品中处于领先水平。

在该项目的研究过程中共形成软件著作权登记 2 项，申请发明专利 1 项（审批中），发表学术论文 23 篇，培养研究生 16 名。2011 年获得黑龙江省科技进步三等奖。

目前大连船舶工程技术研究中心有限公司已应用该项目的研究成果，取得利润共计 1000 万元，节资总额达 4000 万元；黑龙江水运规划设计院应用该项目的研究成果获得利润共计 600 万元，节资 3200 万元。另外，渤海船舶重工集团有限公司、中远船务工程集团有限公司以及中集海洋工程研究院有限公司均已表示在未来的生产计划中优先采用该项目的研究成果进行深水钻井船的设计和建造。

## 项目成熟情况

项目研发过程中所采用的技术方法成熟，研究成果满足美国船级社要求，项目成果成熟可靠。

#### **应用范围**

海洋石油开发，深海勘探。

## **19. 高速三体船研发设计**

#### **项目概述**

三体船型是具有高速、高耐波性、甲板面积大、节能减排等等多种优异性能的新船型，被认为是新世纪高性能船舶的一种前瞻性、更新换代船型；各先进国家正研制及使用多种用于水面高速运输、渡轮等三体军民船。本项目突破了此种非常规船型的技术难点，自行研发了用于三体船型主要水动力学性能和结构力学性能预报分析和三体船型的优化关键技术，达到国际先进水平，形成较成熟的技术方法和相应软件，并实际应用于实用三体船型的研制；例如，本项目组运用该技术成果，参与我国著名船舶研究设计所共同成功研制我国第一批三体搜救艇。

该项目成果获 2011 年我国工业和信息化部“国家科学技术进步奖”二等奖。

#### **项目成熟情况**

该技术成熟，可用于实用三体船型研制开发。

#### **应用范围**

可应用于三体船船型的阻力、耐波性能、结构性能的预报分析，三体船型的设计辅助优化，具有良好的应用市场和效益。

## **20. 船用舱室环境工程综合技术**

#### **项目概述**

随着我国“走向深蓝”的战略发展方向，我国船舶逐步由近海转向远海，远航距离、时间不断增加，对船上的居住环境、工作环境、卫生环境等方面要求日益提高。舱室环境优化设计研究正是为了改善、提高我国船员在船上的视觉、听觉、嗅觉、触觉等人体器官的直观感受，并通过应用人机环境工程学为船员创造出较为合理的舱室设备、设施的配置、布置，使船员能够身心愉悦地在船船上

工作和生活，减少受环境因素影响带来的消极影响，。同时，其他同类型船舶可充分借鉴、应用舱室环境综合研究课题成果，为提高我国船舶产业整体舱室环境水平奠定了良好的基础。因此，舱室环境综合研究对我国船舶现代化水平的提高具有重大的政治意义及经济意义。

本项目由哈尔滨工程大学、江南造船（集团）有限责任公司共同承担。项目综合哈尔滨工程大学在船舶设计、船舶美学设计、船舶空气环境设计、船舶减振降噪、船舶人机环境等方面坚实的科研实力，以及江南造船（集团）有限责任公司在船舶建造方面的雄厚实力与经验，就民用船舶总体设计、舱室美学设计、舱室内装虚拟设计、舱室内装美学设计、舱室内装建造工艺、舱室空气环境设计、舱室减振技术、舱室噪声控制技术、舱室人机环境等方面开展研究。通过研究掌握舱室内装虚拟设计关键技术，形成独立自主的交互式舱室漫游评审系统。在此基础上，按照实船结构建造了7个舱室的1:1全尺寸动态样板舱。

### 项目成熟情况

本项目经过基础研究阶段及样品试制阶段后，现已开始进行批量生产阶段。

### 应用范围

海监船，海政船，海洋工程，豪华游轮，游艇及其他类型船舶。

## 21. 船舶智能阻尼减振器系列产品

### 项目概述

#### （1）MR 智能减振抗冲隔离器

MR 智能减振抗冲隔离器由磁流变阻尼器与传统减振元器件并联而成，具有良好的低频减振、高频抗冲性能。对共振区的振动控制效果更为突出，与单独使用传统减振元器件相比，减振落差级可达到10dB左右。该产品可用于船舶小型机电设备的减振降噪。目前，该技术已完成样机试验，可以尝试推广。

#### （2）船用磁流变弹性体智能阻尼器和吸振器

船用磁流变弹性体智能阻尼器/吸振器通过改变输入电流调节阻尼器/吸振器的刚度和阻尼，实现对阻尼器出力及吸振频率的控制。本产品具有结构简单、减振/吸振效果好、适用频带可控（适用频率：数Hz~数十Hz）、环境适应能力强（耐油污、耐潮湿等）、稳定性好（长期使用后控制效果不降低）等优点，可

适用于船舶小型设备（如机电设备、各类泵等）的减振降噪。目前本发明已申请国家专利，处于样机试验阶段。

#### **项目成熟情况**

技术成熟，可推广应用。

#### **应用范围**

船舶领域。

## **22. 船舶航行性能仿真验证评估软件**

#### **项目概述**

船舶航行性能仿真验证评估软件，由阻力、螺旋桨敞水性能、航速预报、操纵性和耐波性五个模块组成，适用于常规单体排水式船舶快速性、操纵性和耐波性的仿真计算。该软件各模块具有经验模型和精细模型两种仿真模式，但不能同时选择两种模型下的模块进行仿真计算，可以分别对仅有主尺度参数的船舶顶层方案实现快速预估仿真和对具有详细设计资料的技术设计方案实现精细仿真。

#### **项目成熟情况**

成熟，仿真计算结果已经数十条船试验结果或其它软件计算结果的验证，现已小批量生产。

#### **应用范围**

适用于常规单体排水式船舶快速性、操纵性和耐波性的仿真计算，可大幅缩短设计时间。

## **23. 船舶与海洋工程波浪载荷计算软件（COMPASS-WALCS）**

#### **项目概述**

船舶与海洋工程波浪载荷计算软件系统（简称 COMPASS-WALCS）是由哈尔滨工程大学与中国船级社联合开发的三维波浪载荷计算软件系统，已向业界正式发布，并成为中国船级社的法定审图软件。该软件的发行标志着我国首次拥有了具有完全自主知识产权的浮体波浪载荷计算商业软件。

软件共有五个模块组成，可进行船舶与海洋工程运动与波浪载荷计算、大型舰船的弹振与颤振响应水弹性分析、平台与系泊系统耦合分析以及高速舰船非线性

性运动与波浪载荷预报。经过近二十年的理论研究，COMPASS-WALCS 软件系统已具有较高的技术成熟度。通过与国际同类软件和模型试验的对比验证，证明该软件整体已达到国际先进水平，部分处于国际领先地位。

目前，该软件在中国船级社各研发部门与审图部门、中国船舶重工集团公司第七〇一研究所、中国船舶重工集团公司第七一九研究所、中船重工船舶设计研究中心有限公司、大连船舶重工集团有限公司、中国船舶工业集团公司第七〇八研究所、上海外高桥造船有限公司、上海交通大学等五十余家单位（130 多个用户）得到使用，并在国家重点研发计划、工信部超大型集装箱船重大专项、第七代平台重大专项以及三体船波浪载荷预报与结构响应分析技术研究项目中得到应用，具有广泛应用前景。

### **项目成熟情况**

COMPASS-WALCS 软件已商业化推广，并在实际工程项目中得到应用，技术成熟度达到 7 级以上。

### **应用范围**

COMPASS-WALCS 是一款功能高度集成的软件系统，具有船舶与海洋平台运动与载荷响应计算、长短期统计分析、结构分析载荷计算和有限元结构模型自动加载一体化处理功能，可应用于船舶与海洋工程的船型开发、结构设计与优化、强度评估等方面。

## **24. 阿匹斯-I (Apis-I) 型近海水产捕捞 ROV**

### **项目概述**

在国家自然科学基金重点项目《水下机器人自主环境感知与生物目标无损抓取研究》的支持下，突破了水下生物目标自主目标识别与跟踪、目标生物的快速无损捕捞等关键技术，具备轻量化、携带和操作方便、可靠性高、可维护性强和低价位等特点的用于海参、海胆等水产品无损捕捞的水下遥控机器人。该型机器人 2017 参加了由自然科学基金委主办的首届水下机器人目标抓取大赛获得一项一等奖，两项四等奖。

技术指标及优势：

技术达到国内领先水平。成本低廉，维护方便快捷，采用人工智能目标识别

跟踪技术，利于提高生产效率，工作水深可达 100m。

主框架采用聚丙烯材料，具有加工方便、耐腐蚀、浮力大、结构强度大等特点；模块化和柔韧可变性设计；易于添加各种附选模块到系统上，且易于深入子系统进行维护。系统可通过扩展槽安装多功能机械手、抓斗等采样设备以及水下声定位、声呐等相关部件；具有高性能观测系统和照明系统，更采用了目标识别跟踪系统，便于发现目标；定位准确、吸取能力强。

### 项目成熟情况

以系统原型为载体完成典型使用环境验证，国军标相对应等级 7 级。

### 应用范围

海参捕捞 ROV，用于完成海底资源探测，信息采集、海底捕捞等作业任务。目前海参海胆等水产捕捞 ROV 产品在国内尚属空白，国外也仅有挪威有用于海胆捕捞的 ROV。若按每 100 亩配置 1 台海参捕捞 ROV，则全国缺口为 1.5 万台。

## 25. 河海工程建设智慧可视化管理系统

### 项目概述

结合河海工程施工管理特点，针对施工条件复杂、工期控制与施工管理控制难度变大等问题，应用地理信息系统（GIS）技术、BIM 全生命周期管理方法、可视化管理技术、数据库挖掘技术与系统仿真技术，建立河海工程建设智慧可视化管理系统，包括二维与三维可视化动态管理、施工进度调整优化、施工过程仿真、安全和质量管理、数据管理和 GIS 辅助工具，施工动态三维可视化管理系统按照功能和级别分为施工管理主系统平台（建设管理单位使用）和施工信息子系统平台（工程施工单位使用）。施工单位通过对施工过程相关信息进行搜集、统计、整合，然后利用施工信息子系统平台实现工程信息录入，同时施工信息子系统基于输入的施工信息完成数据预处理、施工进度调整和成果分析与导出；施工信息子系统一方面服务于工程施工单位，用于辅助施工单位的施工管理，另一方面通过数据与信息接口实时向施工管理主系统平台传输施工单位搜集处理后的数据，作为施工管理主系统平台的基础数据源。施工管理主系统平台在接收各个施工单位的动态数据后，实现对施工数据库及施工质量安全数据库中数据的整合，完成数据统计分析，一方面辅助建设管理单位实现对工程建设的可视化管理，

并提供一个科学、形象、可追溯的有效辅助管理手段，另一方面建设管理单位利用施工管理主系统平台将施工信息规范化分析处理后，实现了建设管理单位对施工单位的相关施工指令的下达，指导施工单位安全、高效、快速施工。

### **项目成熟情况**

小试阶段。

### **应用范围**

(1) 可直接应用于季节性冰冻河流水运工程建设项目的规划、可研、设计、施工及运行维护。

(2) 可直接应用于“三江”流域建设跨流域水资源配置工程建设项目的可研、设计、施工及运行维护。

(3) 可推广应用于非季节性冰冻河流交通、水利工程建设工程的规划、设计、施工管理及运行安全维护。

## **26. 机械设备减隔振试验评估系统**

### **项目概述**

设备减隔振试验评估系统集成软硬件于一体，实现了从多通道数据采集、基础信号分析、隔振量/基座阻抗/传递函数快速评估，到船舶设备辐射噪声评估、舱室空气噪声评估的智能化快速预报功能。产品具有环境适应性好，分析精度高，自动化程度高，可扩展性强等特点。在保证数据采集与分析精度达到与国外同类型产品一致的基础上，实现了对特定评估任务“一键式”完成的高效评估模式。有效提升了船舶减振降噪设计环节与实船测试环节的效率，为船舶与海工装备的设计制造提供了有效的技术支撑。

### **项目成熟情况**

已在实船上进行了实船检验和测试，测试精度与国外 BK 等数采精度相当，并具备设备振动噪声快速测试、分析与评估功能，具备设备单机振动及单机辐射噪声的实船效果快速评估功能。现正在进行军方六性试验，试验通过后可定型、装备部队，同时该项目也可军民两用，用于高端客滚船、海洋平台等振动噪声的测试评估。

### **应用范围**

可用于对船上及海洋平台的电机、泵类、空调等设备振动、箱装体减隔振装置隔振性能进行快速评估。对振动噪声传递路径进行快速预报，为设备选型及减振降噪设计提供参考依据；对船舶设备单机辐射噪声进行快速预报，为水面、水下船舶的声隐身能力提供有效参考；对舱室空气噪声进行快速预报，为高端海工装备船员舒适性设计提供技术支撑。

## 27. FPSO 失效数据库及风险评估系统

### 项目概述

本项目的研究目标，是针对我国 FPSO 的系统设备性能等特点，重点研究 FPSO 的爆炸、火灾、碰撞、落物、系泊失效等主要风险源、风险成因及防损措施，系统掌握 FPSO 风险评估技术和基于风险的设计方法，开发具有自主知识产权的 FPSO 设备失效数据库和 FPSO 风险评估软件，突破基于风险的设计方法、评估衡准等关键技术，形成基于风险的 FPSO 结构设计技术。研究与开发 FPSO 重大风险监测系统，实时监测 FPSO 在位作业期间内各种工作状态，以避免 FPSO 的重大事故损失，为 FPSO 安全作业、油田设施完整性和人员安全提供支持，为我国海洋工程领域企业走向国际提供技术支持。

主要研究内容包括：

- (1) FPSO 风险辨识技术研究；
- (2) FPSO 失效数据库设计及研发；
- (3) FPSO 风险评估方法研究；
- (4) FPSO 风险评估系统设计及研发；
- (5) 基于风险的 FPSO 设计技术研究；
- (6) FPSO 重大风险监测系统设计。

本项目达到的技术指标如下：

- (1) FPSO 失效数据库涵盖国内 5 艘现役 FPSO 的设备失效、维护的可靠性数据，可用于单样本和多样本数据失效概率的计算；
- (2) FPSO 风险评估系统具有事件树、故障树等分析功能，评估结论与美国参数技术公司（PTC 公司）Windchill Quality Solutions 软件相当；
- (3) FPSO 重大风险监测系统集成系泊、运动、外输监测功能。

## 项目成熟情况

项目已获得软件著作权十余项，并受到业主单位认可，技术已成熟。

## 应用范围

哈尔滨工程大学牵头研发的FPSO失效数据库及风险评估系统包含FPSO运行状态监测、失效数据实时管理、风险量化评估三项主要功能，可实现运维数据远程访问与操控、失效概率及后果的准确评估，为海洋资源开发装备基于风险的设计和高效运行提供了技术保障。

# 28. 船厂三维可视化仿真看板系统

## 项目概述

船厂三维可视化仿真看板系统是面向船厂设计、建造、管理过程中的各类职能角色人员，辅助其分析、决策的交互式系统。系统包括甘特图模块、网络图模块、S曲线、环/柱状图分析模块、矩形树分析模块、三维仿真看板模块、三维仿真动画模块和视频流监控模块等多种形式的可视化看板模块构成。系统采用B/S架构，能够跨平台、跨终端使用，能够不限地点实时为船厂设计人员、生产人员以及管理人员提供服务。系统交互能力强，可以通过对看板中图形的点击、拖拽等操作实现对系统的操作。系统提供统计分析的算法库，对船舶设计建造过程中常见的业务进行分析，提供预测、预警等功能，并通过消息推送传达给相应责任人；系统的模块化设计使算法扩充提供了便捷条件，并结合国内外前沿的人工智能技术，大幅提高了系统的智能化水平，能够为用户提供辅助决策的功能。系统应用三维仿真技术、AR/VR等技术，提供沉浸式体验，为生产管理、三维作业指导、船厂培训提供丰富的工具，进一步有效提高船厂的建造管理效率、降低生产，具备船舶行业推广价值。

## 项目成熟情况

船厂三维可视化仿真看板系统项目成熟度较高，部分模块已在船厂中上线应用。

## 应用范围

船厂三维可视化仿真看板系统可以应用在船舶设计建造全生命周期中需要数据展示和分析的环节，以及部分数据编辑的业务如计划编制、搭载网络的构建

等。可具体应用在船厂管理驾驶舱、无纸化派工、项目管理、资源管理和物流管理等方面。

## 29. 高技术远洋客船全链条信息化集成平台

### 项目概述

高技术远洋客船全链条信息化集成平台是国内首套覆盖高技术远洋客船设计、建造、管理、运维、运营全链条的自主知识产权信息化集成平台。本平台填补了我国自主研发高技术远洋客船全链条信息化软件领域的空白,使我国首次具备面向高技术远洋客船这一类复杂巨系统工程项目信息化集成与智能协同能力。平台采用 SOA 体系架构以及模块化设计,基于前沿的人工智能、区块链、互联网+、VR/AR 等学科交叉融合技术,突破高技术远洋客船全链条信息化和智能化技术体系研究,使平台具有可视化、智能化、高性能、高可靠性与易交互性等特点,提高各职能角色的人员在高技术远洋客船 3D 设计、协同设计、项目管理、智能管控、船厂资源均衡、多层级物流及供应链、内装工程管理和船上网络化服务等全链条环节中的工作效率和生活保障水平。采用 3D 仿真动画、AR/VR 等多种形式的可视化技术,结合智能穿戴设备等硬件设施,在各职能角色用户与平台交互过程中使信息获取与操作更加智能、直观、便捷,进一步有效提高各型远洋客船建造效率和船上服务质量、降低生产与运营成本,具备船舶行业推广价值。

### 项目成熟情况

高技术远洋客船全链条信息化集成平台项目成熟度较高,其中、协同设计、项目管理、智能管控、船厂资源均衡、多层级物流及供应链、内装工程管理在船厂中均有实际应用。

### 应用范围

高技术远洋客船设计、建造、管理到船上运维、服务全生命周期中的信息化集成管理,包括 3D 设计、协同设计、项目管理、船厂资源管理、供应链管理、物流集配管理、内装工程管理和船上网络化服务管理等各个环节。

## 30. 数值水池虚拟试验系统-船舶耐波性虚拟试验子系统

### 项目概述

船舶的耐波性是衡量船舶水动力性能的重要指标之一。在作业海况下，船舶在波浪中的摇摆运动会降低船员和乘客的舒适性以及船员的工作效率，对船上设备的正常工作造成影响。而恶劣海况下，波浪中大幅度的船舶摇荡运动会导致船舶发生船底和外飘砰击、甲板上浪砰击等极端载荷，会导致人们不能正常作业，影响船舶正常航行，同时还会造成船体结构破损、各类设备损坏，过大的运动幅度和甲板上浪载荷甚至会使船舶发生倾覆。在船舶设计阶段，如何准确的预报船舶的耐波性能是改善船舶在风浪中性能的前提和基础。

当前在我国船舶设计领域，船舶耐波性评估主要采用欧美国家研制的软件，像 Hydrostar，WASIM 等，每年船舶设计公司都要向软件公司缴纳巨额的软件使用费。虽然我国国内各个大学和科研机构也开发了一些船舶耐波性分析软件，包括二维切片法、三维势流方法等，但在软件算法先进性和应用性投入不足，与国外有一定差距。为满足作业海况下船舶全浪向耐波性能评估需求，迫切需要研发拥有自主知识产权的耐波性评估软件。

按照工业和信息化部、财政部于 2016 年 1 月 14 日发布的工信部联装[2016]23 号文，同意“数值水池创新专项（一期）”项目立项。该创新专项设置“软件系统集成与相关标准研究”等 13 个子课题。其中“船舶耐波性子系统研发”为其中一个子课题，简称为子课题 5。

本项目由哈尔滨工程大学牵头，中国船舶工业集团公司第七〇八研究所，上海船舶运输科学研究所，中国船舶重工集团公司第七〇二研究所，中国船级社共同合作开发完成，经过课题研究，所开发的船舶耐波性势流预报软件，满足常规船耐波性设计优化需求，打破国外商业软件的技术垄断。所开发的船舶波浪增阻预报软件，将用于我国船舶设计中的波浪增阻评估，满足 IMO 法规对船舶波浪中阻力性能评估的需求。所开发的船舶上浪砰击载荷预报软件，用于我国船舶恶劣海况中大幅运动安全性评估，满足船舶设计部门对恶劣海况下船舶上浪砰击载荷结构安全评估的需求。

结合船舶耐波性发展需求，研发了船舶摇荡运动、船舶波浪增阻、船舶上浪砰击和船舶横摇阻尼虚拟试验测试系统。

船舶摇荡运动虚拟试验系统精度经过中船重工第 702 研究所大子样验证及法国 BV 船级社认证，并获得颁认证证书。与国际同类型商业软件 WASIM 软件对

比，精度相当。在全浪向工况下，船舶摇荡运动虚拟试验系统采用的脉冲响应函数方法，辐射程序只需求解一次，因此计算效率较 WASIM 软件大大提高。

基于势流理论开发船舶波浪增阻虚拟试验系统，经过项目组标模、物理标模大子样验证，获得了中国船级社认证和法国船级社检验。与国际同类软件 WASIM 软件，在计算精度及效率均相当。目前该系统正在国内十余家船舶设计研发单位推广应用，获得了船舶业界的广泛认可与积极评价，并被中国 EEDI 专家组推荐为中国方案向国际海事组织提交提案。

直角网格 CFD 共性基础求解模块研发的船舶上浪砰击虚拟试验，开展了大量算例验证，从精度、效率、稳定性等多方面同现有商业软件或开源软件进行了对比分析。验证结果表明：在自由面追踪算法精度、大规模并行计算效率等方面，本项目研发的直角网格 CFD 共性基础求解模块都优于现有商业软件或开源软件。

项目开发了船舶摇荡运动等四个虚拟试验系统，申报了船舶摇荡运动、船舶波浪增阻等虚拟试验应用的五项国家发明专利，船舶上浪砰击模型试验测试方面的申报了五项国家专利，船舶耐波性虚拟实验系统软件著作权 7 项，其中 4 项已经获批。形成了船舶耐波性四个虚拟试验单机多功能版 4 项，发表相关论文 16 篇。

### 项目成熟情况

本项目结合船舶耐波性发展需求，研发了船舶摇荡运动、船舶波浪增阻、船舶上浪砰击和船舶横摇阻尼虚拟试验测试系统。

当前，船舶波浪增阻虚拟试验系统和船舶摇荡运动虚拟试验系统在我国十余家船舶设计院所和船厂获得应用，用于开展了船舶节能减阻船型优化研究，船舶风浪中阻力性能评估，工信部“二代完整稳性直接评估方法与实船操作指南研究”项目的研究等。特别是上海船舶研究设计院利用本项目开发的船舶波浪增阻虚拟试验系统，在新船型设计研发中用于了最小装机功率评估，安全返港主机功率估算，有力促进了新船设计订单的签订（63.5k 散货船 10 条，65k 散货船 8 条，400 客豪华客船 1 条，2000 客滚船 1 条）。本项目研发的虚拟试验解决了新船型开发中的关键技术，取得了显著的经济和社会效益。

本项目研发的船舶上浪砰击虚拟试验系统，采用了直角网格粘流算法，具有三阶的自由面流动模拟精度，可用于进行自由船舶在波浪中的大幅运动和上浪砰

击载荷模拟，为恶劣海况下船舶极端砰击载荷评估提供了良好途径。基于本虚拟试验系统，项目组承接了 708 所某大型船舶恶劣海况下大幅非线性运动和上浪砰击载荷评估课题，支撑了该船型的研制工作，取得了显著的经济和社会效益。

本项目研制过程中，结合虚拟试验系统研发中的局部原理性验证需求，开展了大型集装箱船和超大型油轮的船舶波浪增阻、上浪砰击和横摇阻尼模型试验测试。模型试验过程中，开发了新型的船舶上浪砰击和横摇阻尼测试装置，发展了相关的物理模型试验测试技术。其中基于船舶上浪砰击试验测试技术，进行了 CV2200TEU 集装箱船首部上浪试验，开展了 12470DWT 多用途船上浪试验。项目基于波浪增阻试验技术，开展了 700P 客滚船模型试验，丰富了波浪增阻预报手段，为研制单位创造了经济效益。

未来将继续通过技术服务为更多的船厂、研究院、高校提供技术支持。

该虚拟试验系统成熟度为 8 级，已通过中国船级社和法国船级社认证，多家单位已对产品进行试用，证明可行，并出具了详细的工业应用报告。

该虚拟试验系统中的船舶摇荡运动虚拟试验求解器模块，经过了项目组标模、物理标模大子样验证，并且获得了法国船级社检验认证。当前，船舶摇荡运动虚拟试验系统在中国船级社上海规范所、中船 708 所、中船 701 所、上海江南造船集团等单位获得试用。船舶波浪增阻虚拟试验求解器模块，经过了项目组标模、物理标模大子样验证，并且获得了中国船级社认证和法国船级社检验认证。船舶波浪增阻虚拟试验在上海船舶研究设计院、中船 702 所、中船 708 所、上海船研所、大连船舶重工设计研究院有限公司、上海江南造船集团、上海外高桥造船集团国内十余家船舶设计研发单位推广应用。

### 应用范围

该研究成果适用于工程领域，用于船舶设计制造过程中的船舶耐波性评估，满足我国船舶设计优化和耐波性分析需求。

## 31. 数值水池虚拟试验系统-海洋平台运动和载荷虚拟试验子系统

### 项目概述

海洋平台运动响应、上浪砰击、气隙问题是衡量海洋平台水动力性能的重要

指标之一。在海洋平台设计阶段，如何准确的预报海洋平台运动响应和载荷是改善海洋平台水动力性能、保证海洋平台安全的前提和基础。海洋中恶劣的风、浪、流环境会对海洋平台的正常工作造成影响，可能会导致海洋平台损坏，甚至发生倾覆。

2016年工信部批复了“数值水池创新专项（一期）”立项，该专项专门设立了“海洋平台运动和载荷子系统研发”子课题，该课题由哈尔滨工程大学牵头，大连理工大学，上海交通大学，702所，武汉理工大学，中国船级社共同合作开发完成。目前，我国海洋平台设计所需流体载荷与运动响应计算还是依靠国外商用软件。美、欧、韩、日等国家的数值水池技术迅速发展，研究成果大大提高了其海洋平台设计的效率和优化水平，强化了其海洋平台的市场竞争力。为了提高我国海洋平台优化设计的自主可控能力和创新设计能力，需要开展海洋平台运动和载荷子系统的研发，攻克海洋平台工程应用关键技术，满足工程实际的急迫需求。为此，我国必须立足于自主创新，以新型海洋平台的创新研究为主要需求背景，开发更先进、高效的海洋平台运动和载荷计算子系统，提高我国海洋平台总体性能设计的水平和质量，缩短设计周期、降低研制成本和设计风险，推动水动力性能设计由以物理水池模型试验预报和经验评估分析为主流的传统设计模式，迅速地向以必要的物理水池试验与数值水池试验和评估优化相结合的敏捷化、数字化设计新模式转化。

海洋平台运动和载荷子系统主要包括作业海况平台运动虚拟试验系统、极端海况平台运动虚拟试验系统，均已通过第三方测试。作业海况平台虚拟试验系统通过模型试验验证、商业软件对比验证等，在7级海况下，典型半潜式平台的辐射附加质量、兴波阻尼系数，平均误差分别为6.23%、6.02%；采用商业软件AQWA计算的辐射附加质量、兴波阻尼系数，平均误差分别为7.24%、4.59%，半潜式平台的垂荡、纵摇和横摇运动有义值，平均误差分别为4.48%、6.15%；商业软件AQWA计算的垂荡、纵摇和横摇运动有义值误差分别为8.33%、7.38%；极端海况平台运动虚拟试验系统通过物理模型、商业软件对比验证，在8级海况下，计算典型半潜式平台的气隙高度值，平均误差分别为5.0%，虚拟试验精度与商业软件相当，典型半潜式平台波浪砰击压力，平均误差分别为10.2%，在540核并行计算条件下，计算半潜式平台波浪砰击算例，并行效率为96.00%以上。本虚

拟试验系统，计算精度与商业软件相当，达到国际先进水平，相关论文已在国际顶级期刊/会议发表。研发的虚拟试验系统已被相关领域工业用户试用，目前已取得软件著作权 2 项。

第七代半潜式平台设计研究是我国海工装备研发的重点。甲板上浪砰击、气隙等强非线性现象引起的极端载荷预报是半潜式平台结构设计的关键。海洋平台运动与载荷计算子系统，可以进行海洋平台运动、上浪砰击载荷、平台-锚泊系统耦合运动等问题的直接数值模拟及计算评估。本海洋平台运动和载荷计算子系统将成为新平台开发、设计、营运中水动力性能分析和预报的必备手段，已建立可应用于预报半潜式海洋平台运动和载荷的智能软件平台，可实现平台静水自由衰减虚拟试验，平台的风、流作用力虚拟试验，作业海况的平台运动虚拟试验、极端海况的平台运动虚拟试验。

研发过程中，积极与工业用户建立协作关系，将工业用户引入虚拟系统研发过程，及时地试用并反馈修改意见，取得了良好的效果。同时，研发过程中分别于 2017 年、2018 年和 2019 年参加了上海海事展览会（2 次）和大连海事展览会（1 次），积极推广研发的虚拟试验系统，取得了良好的社会效应和工业应用推广效果。目前已试用的工业用户包括：

烟台中集来福士海洋工程有限公司（应用于第七代深水平台项目，已提交工业用户试用报告初稿）；中集海洋工程有限公司（深圳研究院）（应用于海洋平台水平砰击载荷规范校核，已提交工业用户试用报告初稿）；美国 TechnipFMC 公司（应用 JIP 项目对比验证计算）；中海油研究总院有限责任公司 技术研发中心（应用于半潜式平台砰击分析计算）；中海油研究总院有限责任公司 工程设计中心（应用于圆筒式 FPSO 上浪砰击分析计算）。

未来将继续通过技术服务为更多的船厂、研究院、高校提供技术支持。

### **项目成熟情况**

该虚拟试验系统成熟度为 8 级，多家单位已对产品进行试用，证明可行，并出具了工业应用证明。

目前该虚拟试验系统经过烟台中集来福士海洋工程有限公司；中集海洋工程有限公司（深圳研究院）；美国 TechnipFMC 公司；中海油研究总院有限责任公司技术研发中心；中海油研究总院有限责任公司工程设计中心等国家单位应用，

结果显示本虚拟试验系统，计算精度与商业软件相当，达到国际先进水平，相关论文已在国际顶级期刊/会议发表。

### **应用范围**

该研究成果适用于工程领域，提高了我国海洋平台设计所需流体载荷与运动响应的模拟精度，满足海洋平台优化设计需求，针对海洋平台运动响应、波浪载荷、海洋平台/锚泊系统/动力定位耦合运动等问题，开展软件标准化、模块化开发，形成数值水池海洋平台运动与载荷子系统，是具有完全自主知识产权的数值水池海洋平台运动和载荷数值计算软件。

## **32. 舰船爆炸毁伤试验技术**

### **项目概述**

舰船抗爆抗冲击性能对实战环境下舰船的战斗力和生命力至关重要，在国防 973、演示验证、国防预研、国家自然科学基金等课题支持及国内企业合作项目支持下，项目组经过多年产学研协同创新，基于船舶与海洋工程、爆炸与冲击动力学等学科的先进理论和技术，发展了舰船爆炸毁伤试验的设计与应用理论，形成了系统完善的模型试验技术。应用于国内多个型号舰船抗爆性能分析和模型试验设计中，解决了爆炸毁伤预报与评估难题。

围绕该成果申请国家发明专利和软件著作权 20 余项，发表代表性论文 30 余篇。获得省部级科学技术进步二等奖 1 项。

### **项目成熟情况**

(1) 本项目研究技术成果已应用于国内多家科研院所、高校，为相关单位开展水下爆炸舰船毁伤试验提供支撑和指导，已成功应用于国内多个型号舰船抗爆试验模型设计。

(2) 形成的舰船局部结构强度与总纵强度的关键力学行为及失效机理分析技术，为指导舰船爆炸毁伤预报与防护设计提供支撑。

(3) 本系统技术成熟已达 8 级，已经开始进行批量生产，成品经用户充分使用，证明可行。

### **应用范围**

成果适用的船舶防护工程领域，以及其他涉及爆炸冲击毁伤分析、预报与防

护设计等方面的工程领域。

### 33. 大型设备冲击试验技术

#### 项目概述

舰船、飞机及其他大型平台在工作过程中,不可避免的会遭受各类冲击载荷的影响,此时其内部设备在各类冲击载荷作用下能否正常工作,将直接影响该平台的可靠性和安全性。为此,针对一些要害平台内部的一些关重设备,往往需要进行抗冲击考核试验,待其抗冲击性能满足考核要求后,才允许正式列装。对大型设备进行抗冲击考核与评估,可指导设备抗冲击防护设计,提高其抗冲击能力,从而提高平台生命力。该项目成果突破了冲击频谱多自由度阻抗匹配基座等效设计与多参数优化控制技术,形成了针对不同设备的冲击装置设计方法,且解决了单纯数值模拟预报结果可信度低问题,实现了全剖面、全工况的设备冲击考核试验技术。应用于国内多个重要设备型号的抗冲击性能分析和试验设计中。

围绕该成果申请国家发明专利和软件著作权 20 余项,发表代表性论文 20 余篇。获得省部级科学技术进步二等奖 1 项。

#### 项目成熟情况

(1) 本项目相关研究技术成果业已应用于国内多家军队、科研院所、高校、企业,为相关单位开展科学研究、生产任务及教学提供了坚实的支撑。

(2) 满足大型设备抗冲击考核输入载荷环境的要求,为大型设备冲击考核规范化发挥了重要作用。

(3) 本系统技术成熟已达 8 级,支撑了多个型号产品的建造与使用,技术性能经用户充分认可,证明可行。

#### 应用范围

成果适用的各类大型设备冲击考核工程领域,以及抗冲击基座与防护设计等方面的工程领域。

### 34. 船体附体气泡场模拟与贴体流场定量化测量技术

#### 项目概述

舰船航行过程包含近自由液面卷入气泡运动的附体流场对船舶阻力、船舶测

量仪器等影响显著，合理的模拟并定量化测量船体附近流场气泡群运动状态、局部结构带来的贴体流场变化，对于确定舦龙骨、舦艉侧推孔等附体装置的位置，以及安装测量装置具有重要意义。在 708 所多个项目支撑下，学校针对不同船型、不同尺度缩尺船模，开展了船体航行附体气泡群流场通气模拟与 PIV 测试实验、船体涂膜流线实验。获得了船体表面气泡群在船体表面的发展运动规律、船体特定位置气泡群分布定量化结果，以及船体表面流场发演化过程。

授权发明专利三项，形成了基于主动通气的船体表面气泡层模拟方法、基于气泡示踪粒子的船体附近流场及气泡群分布定量化测量方法、可重复且量化的涂膜式船体流线实验方法及涂膜配方。

学校所形成的方法与技术拥有完全自主知识产权，具备船舶附近流场模拟和定量化测量功能，可以有效指导船舶设计及附体结构布局。

舰船航行时自由液面破碎卷入的大量气体以及船体附体开孔结构带来的局部气泡输入已成为干扰船体声学测量仪器的关键卡脖子问题，有效模拟并测量船体气泡群的时空发展特征，并定量化测量船体表面流场分布情况成为解决该问题的必要手段。

### **项目成熟情况**

本套方法已用于指导我国某型船只的设计，形成的技术可以用于指导各类船型的外形设计及附体结构及测量设备的布局。技术成熟度达到四级，对于不同类型、以及不同尺度的缩尺船模基于拖曳水池、循环水槽，在实验室环境内实现了气泡流场模拟、气泡群定量化测试以及船体表面流场流线测量，并形成的定量化数据提取及分析方法，相关研究成果获得技术应用单位的好评。

### **应用范围**

成果适用的工程领域或国民经济行业中的各类船舶的设计及基础研究。

## **35. 极地气垫破冰运输平台**

### **项目概述**

我国极地保障与环境观测手段主要依靠直升机和雪地车，直升机维护费用高；雪地车在覆雪冰层上易塌陷，难以穿越两栖地形。在国家重点研发计划“海洋环境安全保障”重点专项的支持下，哈尔滨工程大学、中国船舶工业公司第七

○八研究所、中国极地研究中心、天津大学、国家海洋技术中心等单位自主研制了极地气垫破冰/运输平台，可满足极地环境下“人员物资转运、科学考察、应急救援”需求，并为我国结冰内河及沿海地区提供新的破冰手段，对提高我国极地科考保障能力和完善极地环境观测手段具有重要意义。

研制成果为国内首艘同时具有运输和破冰功能的气垫平台，平台长 12 米，宽 7 米，高 5 米，在破冰功能方面，与国外同尺度气垫平台相比，已达到国际先进水平。

该成果于 2021 年 11 月和 12 月完成了海上及冰上试验验收，主要技术指标为：装载能力 $\geq 3.5$  t；巡航速度 $\geq 30$ kn；最大破冰厚度 $\geq 0.3$ m；续航力不小于 120 公里；能够越过不小于 0.4 m 高障碍物，可跨越不小于 1.0 m 宽、深 0.5 m 水沟。

### 项目成熟情况

我国内河的破冰能力严重不足，每年初春松花江、黄河等北方河流经常会发生凌汛，凌汛是黄河流域频繁发生的自然灾害之一，特别是在黄河的宁蒙河段，地形地貌复杂，河道蜿蜒狭窄，河水由低纬度地区流向高纬度地区，使得下游河段的解冻时间迟于上游且冰层厚度也比上游河段厚，春季开河时容易出现冰塞或冰坝，使上游水位大幅上涨，从而形成严重的凌汛灾害。由于内河地区水深较浅，传统的破冰船在该水域航行作业较为困难。目前多采用飞机投弹、炮击、人工爆破等炸冰方法，该方法危险性大、破冰范围小、破冰效率低，容易破坏河道且需要疏散当地群众，每年耗费大量的人力物力，存在较多缺陷。哈尔滨工程大学自主研制的极地气垫破冰/运输平台在人员物资转运、科学考察、应急救援及结冰内河破冰方面将会有广阔的应用前景。

本成果技术成熟已达 7 级，目前完成了海上及冰上试验，满足全部技术指标要求，具备进一步在实际环境中进行测试和验证的可行性。

### 应用范围

极地科考、内河救援、江河破冰。

## 36. 船舶应急安全性分析及其应对技术

### 项目概述

随着我国船舶工业高质量发展和海军转型战略的深入实施，以航空母舰、豪华邮轮、深水平台等大国重器为代表的现代舰船与深海工程装备已成为产业结构布局的重点。由于大型舰船与海洋平台舱室与人员数以千计，空间区划复杂，配备了大量的设施设备，一旦发生火灾、浸水等灾难，会造成巨大的经济损失和人员伤亡，对船舶安全性评估以及火灾、浸水等灾难的防控技术需求愈发迫切。同时，不断发生的海难事故也促使国际海事组织（IMO）不断提高对船舶安全性的要求，近年来颁布实施了强制执行的系列性新标准及规范，安全性已成为衡量船舶设计水平的重要技术指标。

本项目针对我国船舶/海洋平台应急安全性分析及其应对技术缺失的问题，率先在国内提出船舶人机环境系统工程理念并构建了相关理论技术体系，形成了总体设计通达性评估、火灾演变预报与状态监控、人员疏散引导及损害管制的指挥决策全流程技术解决方案，并完成了火灾管控装备和海上高效撤离系统的工程化研制。

获得了国家自然科学基金、科技部国际科技合作、工信部高技术船舶科技计划、海军型号科研等各类国家级项目支持，取得的系列成果在大船 I、II、III 号舰、两攻、快支、核救、保障船等主力舰船，以及深水半潜支持平台、第七代超深水钻井平台、大型豪华邮轮等高端海洋装备得到成功应用，所涉及的工程专项总投资达数百亿元，取得了良好的经济、军事及社会效益。

发表论文 134 篇，其中 SCI 29 篇，EI 54 篇，出版专著 1 部，申请发明专利 28 项，其中授权 15 项，软件著作权 5 项。

成果产生的背景、项目来源、合作单位、应用范围（工程领域与国民经济行业）、知识产权情况（专利、软著）、技术先进性、技术指标、成果对行业或领域的突出贡献、获奖情况。

### **项目成熟情况**

（1）项目形成的基于通达性分析的船舶应急安全评估方法、基于精准室内定位技术的人员应急指挥决策技术、船舶火灾防、排、控烟一体化技术、船舶消防应对技术、海上撤离系统等已广泛应用于多艘大型舰船、邮轮及海洋平台设计。

（2）针对船舶及海洋平台应急安全性分析及其应对技术难题开展研究，率先在国内提出船舶人机环境系统工程理念并构建了相关技术体系，形成了总体设

计通达性评估、火灾预报与状态监控、人员疏散引导及损害管制的指挥决策技术解决方案，完成了火灾管控装置和海上高效撤离系统的工程化研制。2013 年以来，已被中国船舶重工集团公司第七〇一研究所、烟台中集来福士海洋工程有限公司等国内 13 家知名船舶及海洋平台设计建造企业采用。随着规范对船舶安全性要求的不断提高，该技术将得到更广泛应用。

### 应用范围

成果已在大船 I、II、III 号舰、两攻、快支、核救、保障船等主力舰船，及深水半潜支持平台、第七代超深水钻井平台、大型豪华邮轮等高端海洋装备得到成功应用，成果转化得到黑龙江省政府的支持。该技术作为高端装备制造主要共性关键技术，也可用于航空、航天装备与大型建筑应急安全领域，为我国高端装备制造、中国制造 2025 提供重要支撑。

## 37. 船舶能源智能化管理系统

### 项目概述

近年来，国际海事组织及欧盟频频推出新规范、新标准，致使航运业面临巨大的节能减排压力；航运市场持续低迷，企业迫切需要采用新技术降低运营成本；船舶工业 4.0 核心是船舶智能化，最低能源消耗是船舶基本属性。在此背景下，哈尔滨工程大学利用其基础雄厚及多学科优势，主持了工信部高技术船舶项目“船舶能耗分布及能效评价研究”，针对三大主力船型，自主开发了基于数学物理模型的船舶能源智能化管理系统。该系统包括设计及营运阶段两套子系统，主要目的是提供一种船舶能源综合分析、优化及管理手段。

在设计阶段保证船舶能源利用率高是船舶节能减排的前提，设计阶段能源管理系统主要功能有：系统及设备性能稳态计算；能耗分布及有用能分析；节能技术效果评估；基于能耗的船舶设计方案评估。

船舶运行好坏是船舶节能减排的关键，营运阶段的船舶能源智能化管理系统具有以下功能：能源系统性能实时监测与计算；实时能耗分布与能效分析；关键设备能效评估与管理；全船能源综合优化与管理。

设计好船及把船用好才能实现船舶节能减排、增强航运企业核心竞争力。哈船能耗团队经过多年的努力，开发的船舶能源智能化管理系统通过实施综合的能

源分析、优化与管理，实现单船及船队节能 5%~8%，为船舶设计师、操作者和船东提供一种实用有效的船舶节能减排手段。

#### 技术特点：

(1) 建立了船体、主机、电站及热站等 200 余个稳态及动态仿真模型，用于实时计算并获知主机功率、螺旋桨推力、船体阻力以及工质温度、压力、流量等全面性能信息，实现了基于数学物理模型的船舶能源智能化管理，解决了设计阶段因缺少数据及营运阶段因实测数据有限而无法准确全面进行船舶能效评估的难题。

(2) 通过仿真计算绘制稳态及动态全船能流图，清晰给出不同工况下全船能量在哪消耗、消耗多少，以及能源损失多少、在哪损失最多、船舶总体效率等最基本信息，为设计阶段船舶节能潜力挖掘及营运船舶能源优化与管理提供依据。

(3) 搭建了余热发电、动力涡轮等仿真模型，可以评估节能技术引入后全船节油率及投资回收期。

(4) 通过综合评价指标体系的建立，以及 EEDI、耗油率等单指标的计算，可以对不同船型、吨位、负荷条件下船舶设计方案进行评估，指明弱点及整改方向，从源头上给船舶贴上高效节能标签。

(5) 进行关键能耗设备能效指标计算、评估与趋势预测，判断设备健康情况，继而为船舶主辅机、船体的维修、保养及管理提供依据。

(6) 通过主机优化、纵倾优化、电站优化、热站优化、燃油管理等模块的开发，实时显示并告知操纵人员系统及设备是否高效率运行，采取何种优化手段节能，节能带来的收益是多少，实现了全船能源优化与管理。

#### 技术水平：

目前国际上有关船舶能源智能化管理方面的软件，一部分已经装船应用，一部分正在进行实船验证，而国内相关方面的研究也正在起步，但绝大多数船舶能源智能化管理系统仅仅具备船舶能源实时监测与统计分析功能，未见有功能较全面的船舶设计方案评估、兼具船舶关键设备能效评估及全船能源综合优化的船舶能源智能化管理系统。哈船能耗团队开发的船舶能源智能化管理系统处于国际先进、国内领先的技术水平。

主要技术指标:

- (1) 船舶性能参数计算误差 $\leq 5\%$ ;
- (2) 单船及船队节能 5%~8%。

主要专利:

船舶主机系统能耗分布稳态模拟方法 201410668620.2

船用二冲程低速柴油机扫排气量计算方法 201410668567.6

船舶主机气缸工作过程热力性能计算方法 201410663563.9

四冲程柴油机换气过程的热力参数计算方法 201410680664.7

船舶主机余热发电系统设计计算方法 201410809275.X

船舶主机系统可用能及火用损失分布的模拟方法 201410803145.5

### 项目成熟情况

哈船能耗团队所开发的船舶能源智能化管理系统,只要实船上流量计和扭力仪等硬件条件具备(或现场安装),集控系统参数监测通过 R485 总线,连接至系统预留的实船数据接口,即可实现船舶能源智能化管理,技术较为成熟,目前该系统处于小批量生产阶段。

### 应用范围

船舶设计领域。

## 38. 船舶动力定位系统

### 项目概述

哈尔滨工程大学从事动力定位技术研究已有三十年历史,创新研制了多项国内外领先的技术和产品,多次获得国家科技进步奖。主要产品有:我国首台水面船动力定位系统:ROV 工作母船“HDP301 型动力定位控制系统”、装备在胜利油田“浅海海底管线电缆检测与维修装置”上的“IODP-I 型智能综合操纵和动力定位系统”、海洋救助船“HDP501 型动力定位控制系统”等。

该系列动力定位产品应用了差分全球定位系统,非线性滤波技术,以及最优控制、非线性控制等先进技术,其核心技术-动力定位技术是属于船舶及海洋平台的高新控制技术,涉及水动力学、操纵性理论、控制理论、自动控制、计算机技术和海洋环境等多个学科,可使处在风、海浪、海流环境中的船舶能完成以前

不能（或很难）完成的水面和水下作业，产品的定位精度均在几米之内，达到国际主流水平，打破了动力定位技术长期受国外垄断的现状，对当今海洋开发和装备发展有重要意义。

主要专利：

一种基于推力分配管理的动力定位船推力分配方法 201210177475

基于在线可用功率的动力定位船推进器负载限制方法 201210177458

基于软件同步的可降级三模冗余计算机系统 201210166434

单自由度船用激光测距仪稳定平台及控制方法 201110325164.8

基于激光测距仪的两船相对位置测定方法 201110115222.4

单球壳对接裙 ZL200610151168.8

获奖情况：7103 艇浮力微调和自动定深微机控制系统，国家科技进步三等奖，1985 年；深潜救生艇动力定位和集中控制与显示系统，国家科技进步三等奖，1999 年；双工型沉雷探测和打捞潜器，国防科技一等奖，2000 年；援潜救生潜器六自由度动力定位技术和新型对接装置，国防科技一等奖，2002 年。

由于国内配套动力定位系统船舶的需求越来越大，预期未来三年的我国 DP 产品销售量在 100~200 套，按每套（含推进系统）平均销售 6000 万人民币，总销售额达 60 亿~120 亿，利润 12 亿~24 亿。如果再打入国际市场，进入第三世界与西方竞争是可能的。因此，具有很高的社会意义和相当经济效益。

### 项目成熟情况

我校是国内已研发出具有自主知识产权的船舶动力定位控制系统的单位，并已具备批量生产 DP1 级船舶动力定位控制系统的能力，产品已通过 ISO9001 质量体系认证，并取得中国船级社的产品检验证书，在国内已获得十余年成功应用历史。技术成熟，处于国内领先水平。

### 应用范围

该装置可应用于潜水支持作业，勘察和 ROV 支持作业，海床开沟机作业，铺管起重作业，倾倒岩石作业，采砂挖泥作业，海底电缆铺设、检修，海上打捞救生，以及深海石油开采等海洋作业。

## 39. 船用光纤陀螺航姿系统

### 项目概述

光纤陀螺仪是惯性技术领域具有划时代特征的新型主流仪表，其原理、工艺及关键技术不同于传统的机电式仪表，具有高可靠、长寿命、快速启动、大动态范围等优点。我国已将光纤陀螺列为惯性技术领域重点发展的关键技术之一。

船用光纤陀螺航姿系统是由哈尔滨工程大学研制，能够提供载体的航向和姿态信息，具有高的可靠性和稳定性，适合船舶高精度和长时间航行需求。

主要技术指标：

- (1) 航向精度： $0.15^{\circ} \text{ sec } \Phi$
- (2) 纵摇精度： $0.05^{\circ}$
- (3) 横摇精度： $0.05^{\circ}$
- (4) 启动时间： $\leq 60$  分钟

船用光纤陀螺航姿系统前期投资在 3000 万元左右。体积小、重量轻、对安装环境没有特殊要求，安装方式简单，操作维护方便，适合于各类船舶的需求，具有良好的适装性。

### 项目成熟情况

技术成熟，具有完全自主知识产权。

### 应用范围

应用于船舶、航空、航天等领域。

## 40. 电子航海图系统

### 项目概述

电子航海图系统是一种以数字形式表示的实时导航信息系统。电子海图系统以全数字海图数据为基础，综合显示各类地理信息，并完成航线设计、航线检查、航行作业、航行计算、航行标记、信息处理等诸多航海功能，是一种将海图信息、定位信息、雷达信息、船舶动态参数集于一体的交互式航海自动化系统。支持 S-57 等多种标准 ENC 数据；支持 S-52 显示规范，可实现海图的分层显示、颜色显示控制、海图缩放、海图漫游、海图旋转、最小比例尺控制、安全水深控制等

功能；支持各种航海导航功能，包括海图管理、海图改正、信息查询、海图汇算、航线管理、航海作业、航行日志记载、航迹回放雷达信息标绘、危险报警等；支持以太网、CAN、RS-422、RS-485 串行接口等多种外设连接能力。

该项目可独立配置、也可以与雷达等其它通讯导航设备构成综合船桥系统配置安装，并且可以根据用户需求进行结构优化和功能裁减，满足小型、中型和大型船舶的使用需求，市场前景广阔。

该项目已经应用于国内部分船舶上，合同规模超过千万。并且该项目属于我国船舶行业振兴规划中船舶配套设备建设的重要内容，其经济效益和社会效益可观。

#### **项目成熟情况**

技术成熟，国内领先。

#### **应用范围**

各类船舶。

## **41. 高性能船姿态控制系统**

### **项目概述**

针对小水线面船和穿浪双体船高性能船型，在高速航行过程中，由于海洋环境影响引起纵摇、横摇和垂向加速会导致乘客或工作人员晕船，引起身体不适，造成短时的设备失效等，同时也使高速船航速损失，降低航行效率，利用姿态控制技术可抑制高速船体的横摇、纵摇和垂荡的运动幅度，改善船舶耐波性和操纵性，还可为旋翼直升机起降和快速收放工作艇在高海况下提供一个稳定的平台。在国家相关项目的支持下，目前已完成了小水线面船稳定翼控制系统的设计，稳定翼控制系统控制两对稳定翼实现横摇、纵摇和升沉的综合姿态控制，同时掌握了基于 T 形水翼和纵倾调整舵板实现穿浪双体船姿态控制技术。

高性能船体是各国重点发展的船型，国内在高性能船船体、材料、推进等方面均突破了相关技术，但是在姿态控制方面还有欠缺，国外同类船型均设计有姿态控制设备。随着高性能船的大量应用，此装置发展前景非常广。

### **项目成熟情况**

该产品技术成熟，目前已经具有成品样机，急需成果转化。

## 应用范围

小水线面船和穿浪双体船高性能船型应用。

## 42. NJ 系列减摇鳍

### 项目概述

我校是中国船舶减摇技术的发源地。顾懋祥院士作为奠基人，从 1965 年开始进行减摇鳍研究，填补了我国船舶减摇的空白。目前研制的四个系列 22 个型号的减摇鳍装置打破了国外对我国的技术垄断，装备于我国各类船只 300 多艘，并出口亚非等国，创造了三亿多元的产值，为开创我国减摇鳍事业做出了突出贡献，NJ 系列减摇鳍产品也屡获殊荣。至今获国家科技进步二等奖 1 项、国家科技进步三等奖 1 项、国家科学大会奖 1 项，省部级科技进步奖 10 项。“十五”期间设计制造的升力控制减摇鳍、收放式减摇鳍、变形鳍为国内首创，同时掌握了零航速、全航速的减摇技术，保障了 NJ 系列减摇鳍国内技术领先。

#### (1) 升力控制减摇鳍技术

由于升力反馈减摇鳍系统在反馈机理上与传统的角度反馈减摇鳍系统有所不同，因此在系统构成上也与其有一定差别，升力反馈减摇鳍相对传统减摇鳍优点明显，失速少，效率高。升力减摇鳍的技术成熟，已设计有样机，并结合国外公司对同类减摇鳍的研究，对升力反馈控制减摇鳍的结构和组成做了优化。

目前在减摇鳍设计领域，国内各设计单位的产品技术水平基本一致，为了增强竞争力，加强产品的技术含量是唯一途径，升力控制减摇鳍较传统减摇鳍优点明显，且更为高效节能，因此是未来减摇领域的发展方向之一。

#### (2) 变形鳍全航速减摇技术

变形鳍能够根据海况和航速等信息改变鳍面积，在各种航速下实现良好的减摇效果，十一五“211 重点支持项目”，完成国内首套样机设备。在低航速或是零航速条件下，副鳍伸出，加大了鳍面积，高航速时，副鳍缩进主鳍内，减少阻力，克服了传统减摇鳍仅能在具有航速情况下减摇的缺点，同时避免了零航减摇时鳍面积不够，升力不能保证的情况。关键技术包含鳍型设计优化和控制方法，其中零航速减摇控制技术获得了两项国家自然科学基金的支持。在国内，是最早研究零航速减摇鳍技术和变形鳍的单位，并具有国内唯一的样机，达到了国际同类产品的技术水平，国内具有很强烈的应用需求。

随着船舶领域技术的发展，对船体的耐波性、舒适性等的要求越来越高，对全航速减摇装置的需求逐渐增多。国际同类产品制造商已经装船，且反响很好，国内还没有类似的装置，有很大的市场潜力。

#### **项目成熟情况**

随着船舶领域技术的发展，对船体的耐波性、舒适性等的要求越来越高，对减摇装置的需求逐渐增多。产品已经型式化、系列化，国内领先水平，目前均已具有成品样机。

#### **应用范围**

科学考察船、集装箱船、渔政船、运输船和客滚船等船舶。

### **43. 减摇水舱**

#### **项目概述**

国内较早研究减摇水舱技术的单位，获得“211”工程重点建设项目“减摇水舱试验装置”和工信部高技术船舶“减摇水舱技术开发”项目的支持。减摇水舱通过水舱内流体的运动产生相应的海浪对抗力矩来减少船舶的摇摆，减摇效果与船舶的航速没有关系，在全航速下都具有减摇效果，减摇效果可达到60%，同时通过主动式控制，能够抵抗船舶倾斜，进行破冰作业和倾斜试验。由于结构简单、造价低廉，便于维护保养等特性，具有很好的市场前景。实验室内具备国内唯一的横摇、横荡减摇水舱两自由度台架条件，目前已突破水舱结构设计优化、台架试验和控制等关键技术。

随着船舶领域技术的发展，对船体的耐波性、舒适性等的要求越来越高，近年来减摇水舱的装船量逐步增多，受到船东的认可。其投资成本低，回报高，且维护保养成本远低于同类减摇设备减摇鳍，因此具有广阔的市场前景。

#### **项目成熟情况**

技术成熟，具有结构设计，控制系统研发和台架试验能力。

#### **应用范围**

科学考察船、集装箱船、渔政船、运输船和客滚船等船舶。

## 44. 高速工作艇收放装置

### 项目概述

高速工作艇收放装置适用于船舶进行高速工作艇的释放和回收。采用“单点吊”方式，有水平折臂、L臂回转，A型架等多种形式。安装空间尺寸小，可满足船舶隐身需求；具有波浪补偿、减摆功能；模块化设计、操作简单便携、高性价比；且具有应急操作功能，满足 SOLAS 要求。可以在 4 到 5 级海况下带航速进行高速工作艇的快速释放和回收操作，且能够保证高速工作艇在释放回收过程中始终与工作母船保持一定的安全距离。目前产品已装船应用，达到了国际上同类产品的设计水平，具有广阔的市场前景。

随着船舶领域技术的发展，工作艇的快速、高海况及带航速收放是亟待解决的问题，高速工作艇收放装置综合了国内外同类装置的特点。能够保障小艇的快速收放，同类装置在各类船舶上均有应用，同时具有很高的附加值。

### 项目成熟情况

该产品技术成熟，目前已经小批量生产。

### 应用范围

对工作艇、救助艇和救生艇的收放要求较高的船舶。

## 45. 多翼面船体姿态综合控制技术

### 项目概述

高性能船包含高速单体船、半滑行单体船、穿浪双体船、小水线面双体船和三体船等在高速航行过程中，由于海洋环境影响引起船舶的纵摇和垂向加速度，会导致乘员晕船、身体不适以及造成短时的设备失效。多翼面船体姿态控制技术就是通过在船体上装备的减摇鳍、纵倾调整尾板（压浪板）、T形水翼、船尾拦截器和稳定翼等（或是以上装置的组合），并通过智能策略，来综合控制船体多个自由度的运动，提升船体耐波和操纵性能，改善船员乘船的舒适度。

技术特点：

(1) 控制器核心技术为基于多翼面的船体姿态综合控制技术，实时控制算法的设计是在 MIMO 模型基础上，基于非线性控制理论。同时采用嵌入式系统，

加载快速模型预测算法，设计适合各种航行条件的控制器。

(2) 纵倾调整尾板是铰接方式安装在船体上的平板结构，它用液压伺服系统驱动。通过改变尾板的角度，可以改变作用在船上的纵倾力矩，从而使纵摇幅度减少，有效改善了船体纵向运动，此外。通过添加可独立操作的翼板，实现横摇和纵摇的联合减摇控制。

(3) T形水翼安装于船体艏部，穿浪双体船可安装于船艏下端，有效的抑制垂荡和纵摇减摇。分为被动和可控两种形式。船低速航行时可收回，以减小阻力。可伸展T形水翼为本公司专利技术。

(4) 拦截板安装在船尾的底部，当拦截板向下伸出到船底水流时，在船尾底产生起压力，通过压力而形成的升力能够减小船体纵向运动，运动幅度的减少使船体的兴波阻力减少。相对纵倾调整尾板，结构简单，适应范围广。

### 项目成熟情况

成熟度 7 级，完成了工程样机，并建立典型海洋环境模拟条件，完成了台架试验测试。

### 应用范围

可应用于高速单体船、半滑行单体船、穿浪双体船、小水线面双体船和三体船的综合姿态控制。

典型应用：单体船舵鳍联合控制；小水线面双体船安装两对稳定翼实现横摇、纵摇和升沉的综合姿态控制；穿浪艇安装一套 T 型水翼和一对压浪板实现横摇、纵摇和升沉的综合姿态控制。

## 46. 波浪补偿技术

### 项目概述

完成了两种使用工况下的波浪补偿技术的研发：

高速工作艇波浪补偿技术：在高海况，母船带航速航行，收放工作艇时，当艇体在水面上时，波浪补偿可以实时地提供恒定的张力，使缆绳处于张紧状态，减少艇体的摇摆，保证快速地收放艇，本项目采用液压驱动绞车，实现波浪补偿功能，解决艇体在水面上的安全性，实现快速收放。

深海吊装作业波浪补偿技术：由于风浪流的联合作用，吊放装备受安装载体

升沉运动激励易诱发共振现象,并且使吊放装置垂向剧烈波动,严重影响水下吊装生产安全。升沉补偿系统可以减小海浪对船舶运动状态的影响,由于近几年海洋工程领域的蓬勃发展,升沉补偿系统的应用也日趋广泛。主动式升沉补偿系统是目前最先进的补偿系统,它补偿效率高,滞后量小,是保障海上起重等作业安全进行的必要装备,智能主动式波浪补偿系统可以为浪溅区和深水区提供极佳的升沉补偿,降低起吊系统的动载荷系数,对各种工况进行自适应补偿,降低了对操作人员的要求,补偿精度高,节省起重设备的建造成本,提高吊机的吊重能力,智能主动升沉补偿液压系统可以保证水下作业安全可靠。

### 项目成熟情况

成熟度 9 级,高速工作艇波浪补偿技术和深海吊装作业波浪补偿技术已实际应用。

智能主动式波浪补偿成熟度 7 级,完成了工程样机,并建立典型海洋环境模拟条件,完成了台架试验测试。

### 应用范围

高速工作艇波浪补偿技术可应用于高速工作艇收放装置、无人艇收放和无人潜器的收放。

深海吊装作业波浪补偿技术可应用于深远海万米探测,水下无人潜器的升沉补偿。

## 47. 磁通门罗经

### 项目概述

磁通门罗经系统是采用磁通门传感器测量地磁矢量的水平分量得到载体航向的罗经系统。它的主要技术性能按 GB/T14108-93 船用 A 级磁罗经通用技术条件设计,但在使用性能上有很大的提高。具有以下性能特点:

操作方便:具有完善的补偿装置,不用传统的磁钢。通过软硬件的补偿,可有效消除倾斜自差,硬磁自差,软磁自差及次半圆自差。

适应性强:采用固态发送技术,用户可以任意选择数字量或任意转值及频率的模拟量输出接口,能提供 IEC61162 或 NMEA 格式的数据输出方便与其它导航设备组合使用。

## 项目成熟情况

产品成熟可靠。

## 应用范围

该罗经系统安装简便,适应性强,可作为传统永磁体磁罗经的升级换代产品。

适用于大、中、小型民用船舶,在民用船舶上不但可以替代传统的航海磁罗经,而且还能够提供如下应用:

- (1) 雷达: 航向输入和指示, ARPA 目标捕捉、计算;
- (2) 自动识别系统 (AIS): 航向输入和指示, 目标避碰计算;
- (3) 船舶黑匣子 (VDR): 航向输入记录;
- (4) 自动舵 (AUTOPILOT): 航向控制, 航迹控制, 航路控制;
- (5) 偏航仪 (ROT): 大型船舶和船队姿态控制。

## 48. 高速水面艇虚拟仿真系统

### 项目概述

高速水面艇虚拟仿真系统受国家 973 项目,国家自然科学基金资助,经过多年的研发已经具备较成熟的技术基础。该系统采用模块化设计,既可完成一般数值计算软件的数值计算分析工作,而且可以通过三维可视化技术直观的展示研究结果;同时还可进行各种虚拟仿真,如航迹控制仿真,高海情危险航行仿真,为实际试验提供算法有效性的前期验证;该系统也可回放实际试验数据用于后期分析。该系统的应用可减轻水面船舶航行试验工作的压力,完善船舶研发过程中的验证体系,扩大试验工况范围,节省成本。适用于高校、科研院所、船舶制造企业的船舶设计研发。

该系统主要由数值仿真、数据存储管理、绘图和用户界面模块组成,数值仿真模块完成欠驱动无人艇核心的数值仿真计算功能;数据存储管理模块用于存储和管理仿真系统数据;绘图模块用于完成二维曲线和仪表绘制以及三维可视化场景。该仿真系统可实现高速水面艇的虚拟仿真,并实时显示二维三维仿真结果,可进行高速水面船舶的控制算法验证、虚拟演示以及试验数据的可视化回放。

### 项目成熟情况

该产品技术成熟,目前已经具有成品样机。

## 应用范围

舰载机飞行员的模拟训练。

# 49. 直升机助降灯光控制系统

## 项目概述

直升机助降灯光控制系统用于对目视助降灯光设备进行控制和工作状态显示；供塔台指挥员在夜间或低能见度情况下完成指挥直升机安全起降、归航和悬停作业任务。灯光控制装置控制电路采用嵌入式集中控制方式，采用模块化结构形式完成船舶上多种灯具的开关、调光控制，装置具有工作状态显示和故障报警功能，保障操作准确可靠。设备人机界面友好，采用冗余设计，工作稳定。

本系统用于对目视助降灯光设备及甲板灯光设施的助降灯具进行管理，使其为飞行员和飞机作业的甲板工作人员提供各种灯光标志，保障飞行员驾驶飞机进行安全起飞降落。随着低空开放，直升机任务量增加，直升机助降灯光控制系统必将在诸多场合得到应用，必然会产生更大的经济、社会效益。

## 项目成熟情况

该产品技术成熟，目前已经小批量生产。

## 应用范围

直升机助降灯具检测、控制及管理。

# 50. 智能船舶仿真系统

## 项目概述

智能船舶仿真系统通过开展智能船舶仿真验证评估系统总体设计、交通环境（进出港）虚拟仿真和实尺度航行性能模拟等研究，建立智能船舶航行信息和区域交通（进出港）信息等数据模拟系统，完成智能船舶综合仿真验证评估任务。本系统建立实尺度智能船舶半物理仿真原型系统，并建立主要智能系统主要性能的评价指标体系以及相应的验证、评估和分析方法，开展多模式目标探测与识别、高精度定位、姿态检测等技术的研究，构建融合声、光、电的航行态势与环境感知系统，制定模块化感知系统的数据通信标准，实现航行态势的数字化重构和航行环境信息的空间分析，完成船舶航行态势的智能感知任务。本系统可实现智能

船舶航行过程三维可视化仿真，实现船舶实尺度信息模拟、动态海况环境模拟、航行信息感知模拟，可设置多种会遇场景及工况，支撑智能船舶的航迹跟踪、航线优化、辅助避碰等算法研究。

### 项目成熟情况

本系统在船舶动力学模型、系统可设置参数、系统影响因素等主要方面，考虑全面且准确，项目成熟情况为成熟。

### 应用范围

本系统可应用于智能船舶在期望航迹跟踪、辅助避碰以及航线优化方面，提供参数精确的计算机仿真系统，同时为智能船舶在航行性能、避障决策、能效优化、信息感知等功能及性能指标验证评估方面，提供多模式、多任务、多参数的仿真验证评估手段。

## 51. 智能控制大深度低噪声通海阀

### 项目概述

随着我国船舶性能的不断提高，对阀门的耐高压、耐腐蚀、低流体噪声、可靠性、可操作性等提出了更高的要求，以进一步提高船舶的性能。为满足商用船舶海水管路系统配套用阀门的特殊要求，本成果电动黄铜通海阀采用了平衡原理设计及电磁和手动相结合的驱动方式，既克服了密封力较大造成的密封困难，减小了启闭力矩，又方便于操作，使新设计的黄铜通海阀在 5.0MPa 条件下具有良好的密封、低流体噪声和操作性能。

国家深海工程十二五期间投资数百亿，其所应用的主要设备均离不开此类通海阀。

#### 技术特点：

平衡式黄铜通海阀是在截止阀阀体上部增加了一个压力平衡腔，并经阀杆引流孔与介质相通。开阀过程为：阀杆向下运动，阀杆与活塞的密封面打开，外界高压水沿着阀杆流道进入活塞腔，作用在活塞上产生向下的作用力，与阀杆一起推动阀盘向下运动，直到完全打开阀门。关闭过程为：阀杆向上运动带动阀盘向上运动，活塞室中的水被挤压由小孔排出，直到多余的水排净，水排出后密封面完全密封，完成关闭过程。由于平衡式黄铜通海阀充分利用了其入口压力，从而

使得阀门的关闭和开启省力，开关平衡，密封可靠，使用寿命延长。

优化了内流道，使阀工作时具有低流体噪声性能。

技术水平：

国内领先，拥有自主知识产权。

主要专利：

电动手动双作用式半平衡大深度通海截止阀 201110328890.5

一种通海阀 201210120046.8

类二极管原理双轴间单向传递动力离合器 201210137217.8

主要技术指标：

5.0Mpa-7.25MPa，各种通径。基于 CAN 总线的电动智能控制。

### 项目成熟情况

技术成熟，中试阶段。

### 应用范围

商用船舶、海洋工程等。

## 52. 摆动式水翼潮流能发电装置

### 项目概述

一种模拟水中生物的游动原理的摆动式潮流能发电装置，具有可以在河流等浅水中应用、噪声小、对水中生物影响小、能量获取效率高、对环境无污染等特点，项目目前处于样机生产与试验验证阶段，循环水槽环境下已经验证该潮流能发电装置的可行性，根据使用环境进行进一步改进，可以应用到河流、海洋等水流发电。

随着我国能源战略的逐步优化和对可再生能源的日益重视，海上可再生能源的开发提上日程，该项目是利用河流、海中潮流等发电，无污染，具有较好的产业化前景。

主要专利：

摆动式水翼潮流能发电装置 CN201410663950

### 项目成熟情况

项目目前处于实验室样机研制和试验验证阶段，实验室条件研究完成后，根

据工作环境设计其他辅助装置，可以进行工程样机研制。

#### **应用范围**

可再生能源领域。

### **53. 主动式波浪补偿实验装置**

#### **项目概述**

为提高海工吊机、锚绞机等甲板机械的作业精度、延长作业时间窗口以及提高作业安全性，需要为上述甲板机械增加波浪补偿功能。本项目为一台小型主动式波浪补偿实验平台，可以模拟海上平台三自由度运动，通过惯性传感器检测平台运动状态，利用具有减速功能的伺服电机驱动卷筒，实现陆上模拟主动波浪补偿功能。项目目前实验样机研制完毕，正在进行结构优化，工程样机研制完成后，可以进行主动式波浪补偿算法开发验证，展厅内主动式波浪补偿技术展示等。

随着海洋开发的逐步深入，具有波浪补偿功能的高端海工机电装备需求越来越多，因此主动式波浪补偿实验装置具有较好的应用前景。

主要专利：

主动式波浪补偿实验装置 CN201510083754

#### **项目成熟情况**

技术成熟，处于样机生产阶段。

#### **应用范围**

海洋工程机电装备。