

三、海洋信息

1. 海洋环境信息处理装置

项目概述

海洋环境信息处理装置是一套海洋环境信息综合保障系统。该设备通过存储、记录传感器获取的实测温盐深数据和气象传真数据，结合后台数据库存储的水文气象要素的历史统计和预报数据，即时进行综合分析、处理、产品制作及信息发布，可以以多种信息显示形式提供海流、潮汐、跃层等 17 种海洋环境信息查询；可以为保障航行安全提供海流、潮流、潮汐等信息；可以为相关系统（设备）提供所需的海洋环境信息支持。设备后台建有水文气象资料数据库；支持以太网、RS-232、RS-422 串行接口等多种通讯方式。技术成熟，国内领先。

项目成熟情况

该项目已经应用于国内部分船舶上，合同规模超过千万，已小批量生产。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。

应用范围

该项目可以根据用户需求进行结构优化和功能裁减，满足中型、大型船舶的使用需求，市场前景广阔。

2. 侧扫声纳图像处理系统

项目概述

侧扫声纳技术起源于 20 世纪 50 年代末，现在已成为广泛应用的海底成像技术。目前国内对侧扫声纳可视化及目标识别软件系统的研究较少，还没有得到实际应用。因此，侧扫声纳的图像处理系统的研制具有重要作用。

该套系统对侧扫声纳的原始数据进行解码，得到相应的图像、位置、速度、高度、深度等信息，结合目标的尺寸、外形、阴影等特征，自动寻找目标。就处理方式而言，分为离线处理和在线处理，离线处理对保存的声纳数据源文件进行处理，对图像进行伪彩色处理，根据图像及其他信息可实现航迹绘制、图像拼接、

3D 地形图绘制、目标精确标定等功能。在线处理对实时传输的声纳数据进行处理。可实时瀑布显示声纳图像，实时进行目标搜寻，并给出目标的位置、深度、高度等信息，并能 3D 仿真出声纳的运行状态（横滚、方向、前后倾角等）。

该系统能够高质量的显示声纳图像，辅助水下目标识别，是对人类在海洋及各种水域进行相应活动时不可或缺的辅助设备。

项目成熟情况

技术成熟，中试阶段。

应用范围

在海底测绘、海底地质勘测、海底工程施工、海底障碍物和沉积物的探测，以及海底矿产勘测等方面得到广泛应用。

3. 海表热辐射仪

项目概述

海表热辐射仪是基于红外测温原理的船载非接触式海表温度观测仪器，结合获取的气象要素信息、船舶姿态信息对测量误差实时修正，通过以太网将最终结果发送给用户。数据显示及接口可扩展。设备主要技术指标：测温精度优于 0.5 度，环境温度 $-35^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$ ，防护等级 IP65，重量 12kg，长 \times 宽 \times 高：304 \times 160 \times 430（mm）。

项目成熟情况

海表热辐射仪目前已完成样机鉴定，技术成熟，国内领先，具备量产条件。

应用范围

大气波导诊断、海洋气象预报、近案海洋生物研究、卫星反演数据订正、非接触定点温度观测。

4. 超短基线定位系统

项目概述

目前正值国家大力发展海洋开发技术的阶段，与此相关的船舶技术、水下机器人技术、环境水纹监测技术以及水下作业装备均进入了蓬勃发展的状态。近几年国家投入大量资金建设了十几条科学考察船，支持海洋科学考察工作，诸如

ROV、AUV、HOV 的潜器也投入了大量研究力量，海上油气开采工程更是发展迅速，并从早期的浅水海域逐步向着深远海。作为海洋开发的重要保障设备，超短基线定位系统占据着不可替代的位置，是水下作业高精度定位的重要支撑之一。国产超短基线定位系统的研发成功打破了目前国内科考船均采用国外进口超短基线定位系统的技术垄断格局，改变了科考船在定位系统维护、升级和出口许可限制等方面面临的被动局面。同时，国产系统在海试和应用中表现出的作用距离远、数据有效率高和定位结果持续、稳定等优点，使得科考船海上调查作业效率和质量大为提高。此外，国产系统表现出的兼容国外声应答器信号体制的独特优点，也受到用户的高度好评。国产化超短基线定位系统已经到了关键的时刻，具备了产业化发展的基本条件。面对海洋科学考察、潜器水下定位导航、水下油气工程建设等重要的发展需求，超短基线定位系统的应用市场是广阔的，具备可观的效益前景。同时超短基线定位系统的产业化也会促进定位技术在海洋作业中的普及应用，带动水下作业位置精细化，资料信息关联化的发展。

超短基线定位系统是现代海洋调查作业船只必不可少的基础性水下定位保障设备，为配备水声应答器的水下各类载体（ROV、AUV、HOV 及各类拖体）提供水下高精度定位服务。系统通过水面船安装的超短基线声学换能器基阵发射询问声信号到海水中，通过接收处理水声应答器的应答信号，确定声学换能器基阵声学中心与水声应答器声学中心间的距离和角度关系，从而可以根据水面作业船的位置信息和船舶姿态数据，最终确定由水声应答器代表的水下载体位置信息。其主要技术指标包括声学定位精度优于 2‰斜距和作用距离不小于 8km。研发团队经过十余年的努力，已攻克相应的关键技术，掌握了超短基线定位系统完整技术体系。目前已经具备开展产业化转型的条件。

主要专利：

8 基元超短基线定位系统相位测量系统及其校准方法 ZL200610009812.8

用于超短基线声学定位系统的校准方法 ZL200610043888.2

水下多应答器组合导航方法 ZL200810209834.8

海底应答器绝对位置三测点高精度标校方法 ZL200810209835.2

基于超短基线的深海信标绝对位置精确定位方法 ZL201010153523.1

一种超短基线垂直运动多目标信号检测方法 ZL201110155467.X

超短基线垂直运动目标测量方法 ZL201110155605.4

一种相控信号发生器及相控方法 ZL201110072076.1

基于目标回波多普勒特性的声纳运动目标成像方法 ZL201110287777.7

基于二维图像声纳的水下运动目标位置测定方法 ZL201110287754.6

项目成熟情况

2006 年研发成功国内首台深海超短基线定位系统样机，首次在南海 3700 米水深获得最大 8.6km 斜距、最高 2%–3%斜距精度的定位结果。2012 年研发成功国内首台工程样机，正式安装于“科学号”科考船上，2013 年研发成功国内首台定位系统产品，安装到“大洋一号”科考船上。2014 年，安装到“向阳红 09”科考船上，为蛟龙号定位服务。2015 年，第 4 套系统正在中科院三亚所的科考船上安装。

应用范围

海洋开发等领域。

5. 深水高精度水下综合定位系统

项目概述

声学定位系统是大洋开发的必备手段，它能够提供海底勘查设备如 ROV 和 AUV 等重要的定位、导航和通讯支撑。水下定位技术是解决我国大洋和浅海资源勘探、开发的关键技术。为建立水下立体高精度定位系统，解决水下探测和作业的高精度定位问题提供了技术装备。

本项目受国家“863 计划”项目资助。以“向阳红 9”船为依托，以深水载人潜器为目标，研发一套高精度深水综合定位系统，达到国际先进水平。主要技术指标：作用距离 8km，超短基线最高声学定位精度：0.2%R，综合定位精度优于 1m，项目目前已进入样机建造阶段，投资规模为国拨经费 1320 万。

项目以载人潜器为平台，可直接服务于我国在太平洋地区的海底矿产资源调查任务。项目成果也可直接运用于大洋一号船及深海空间站等以满足深海工程和大洋调查需求。实现我国水下定位系统自主知识产权，初步形成产业化基础，为我国大洋矿产资源和油气资源的勘探开发利用提供该技术支持。同时该项目的完成将引领国内水声定位技术的发展，打破国外的技术封锁，达到国际先进水平。

项目成熟情况

产品成熟，已形成高精度深水综合定位系统定型样机。

应用范围

为海洋工程、海洋科学考察、水下潜器等提供高精度水声定位服务。

6. 声学相控阵多普勒计程仪

项目概述

声学多普勒计程仪是利用多普勒效应原理测量载体的绝对或相对速度，具有测速精度高、使用稳定可靠等优点，在军民领域均得到了广泛应用。它分为常规阵型和相控阵型两种类型，相比较而言，相控阵多普勒计程仪具有体积小、测速精度高、适装性和平面流线性好、使用稳定可靠、不易海生物附着等优势，国外将其视为新一代多普勒计程仪，但具有高精度底跟踪功能的相控阵多普勒计程仪存在国外对华出口禁运等问题。针对于此，自上世纪 90 年代初，哈尔滨工程大学在国内率先开展了相控阵多普勒测速技术研究，先后得到了国防基础科研、海装、军品横向等经费支持，突破了一系列关键技术，成功将声学相控阵多普勒测速技术工程化，研制出系列化的工程样机，设备性能均已达到国内领先、国际先进水平，目前已在多个型号装备上得到了成功应用，有效提高了装备导航系统性能，解决了此类计程仪的国外对华出口禁运问题。

（1）在军用领域：随着计程仪在水中兵器、水面舰船、AUV、ROV、以及蛙人等平台应用范围的不断扩大，以及以多普勒计程仪-惯导等多种设备组合导航方式的进一步应用，其在提高平台导航精度、装备性能及保障国防安全等方面将会发挥重要作用；传统计程仪已无法满足现代海军装备高精度导航发展需求，而相控阵多普勒计程仪作为新一代计程仪，具有广阔的应用前景。

（2）在民用领域：随着海洋开发以及航海事业的快速发展，对计程仪的需求量日益增长，发展具有自主知识产权的计程仪产品十分重要；传统计程仪已无法满足现代海洋开发及航运等领域对高精度测速能力的需求。相控阵多普勒计程仪作为新一代计程仪，具有非常广阔的应用前景。

主要专利：

CW 脉冲的窄带跟踪滤波器及其跟踪滤波方法 ZL200710071960.7

相控阵及其相控收发装置 ZL200420063074.1

一种电阻相移波束形成器 ZL03207914.1

项目成熟情况

目前，哈尔滨工程大学的几型声学相控阵多普勒计程仪已创造过亿元的产值。技术成熟，处于批量生产阶段。

应用范围

海洋船舶领域。

7. 便携式高分辨浅水多波束测深仪系列产品

项目概述

本项目“便携式高分辨浅水多波束测深仪”系列产品是哈尔滨工程大学十几年来独立自主研制成功的国产高精度、高分辨的水下地形测量设备，主要技术达到国际先进水平，是我国海洋工程、海底资源调查、水上安全航行保障与搜救领域迫切需要的高新技术产品。

本项目技术来源于我校 1999 年获得原中国船舶工业总公司部级科技进步一等奖的条带测深仪。2006 至 2012 年以此为基础，通过国家“十一五”863 计划、国家自然科学基金、高等学校博士点基金、水声技术国防科技重点实验室基金等项目支持，我校又研制成功了拥有 5 项国家发明专利、3 项软件著作权、国内首创的“便携式高分辨浅水多波束测深仪”系列产品。该系列产品已拥有不同技术指标和特点的 HT-300S-W 高分辨多波束测深仪、HT-300S-P 便携式多波束测深仪、HT-180D-SW 超宽覆盖多波束测深仪三个型号。

主要专利：

有便携式多波束测深仪 ZL200610151239.4

多波束宽覆盖海底地形地貌探测装置 ZL200610151240.7

基于乘法型数模转换器的可控增益通用变频器 ZL200710144559.1

超宽覆盖多波束测深侧扫声纳装置 ZL200710144563.8

多波束超声波探鱼仪 ZL200610151002.6

同时，本系列产品或多项国家奖项，有中国国际工博会产品三等奖（2007）；黑龙江省科技进步二等奖（2009）；海洋工程科学技术奖技术发明二等奖（2011）；

浙江省科技进步二等奖（2011）；中国专利优秀奖（2011）。

本系列产品市场前景十分广泛，目前国内每年耗资数亿元高价进口。其产品技术已进入试生产阶段并实现市场销售，但由于该系列产品属于高技术、高投入、高产出类型，目前尚缺乏产业化资金支持，只能等待用户订货后再组织生产，产品供货周期偏长，暂时还无法满足国内大批用户的需求，限制了其市场竞争力。

该技术填补国内空白，达到国际先进、国内领先水平，并逐步形成多波束测深声纳产品生产能力，因此，其经济效益有：

（1）国内浅水多波束测深声纳技术实现突破，将制止国外产品漫天要价，节省大量国家进口资金；

（2）国内浅水多波束测深声纳技术性价比很高，仅为国外产品的几分之一，随着国内用户的推广应用，将逐渐替代国外产品，甚至出口到其他频海或水域丰富的国家，其潜在的经济效益非常巨大。

本项目成果的社会效益表现在：

（1）项目预期成果中的自主知识产权将促进我国水下声学仪器微型化、国产化进程，实现替代国外进口，满足水下各种作业平台需求，社会影响强烈，民族自信心增强；

（2）在海洋工程与海洋开发领域推广应用，促进我国海洋专属经济区划界、海洋资源勘探与开发，特别是南海与东海海底石油和天然气资源的开发利用，对保证我国能源战略发展具有重要意义；

（3）在江河湖泊水下环境探测中的应用，将促进内河水域水情监测、河道疏浚、数字航运技术的发展，对保护水资源、利用水资源具有重要意义；

（4）在水下和界河勘察中的应用，将加强我国水下防卫力量，维护疆土权益、保为国防安全发挥重要作用。

综上所述，本项目成果应用领域广泛，需求量会随着国产化进程的进行而不断增加，据国外权威期刊统计，我国近年新增加的多波束测深声纳设备位居全球第一，国内外国产品代理商数量增加也很快。目前已有多家代理国外产品的公司，寻求代理项目组专利产品便携式多波束测深仪，因此，本技术如果能够通过产学研多方紧密合作，联合进行产业化，其应用前景和经济社会效益十分显著。

项目成熟概况

产品成熟，填补国产小型多波束测深仪的空白，国际先进水平。HT-300S-W 高分辨多波束测深仪：小批量生产阶段；HT-300S-P 便携式多波束测深仪：小批量生产阶段；HT-180D-SW 超宽覆盖多波束测深仪：样品阶段。

应用范围

本技术可应用于以下几个主要领域：

信息产业与现代服务业、资源、环境、交通运输、公共安全。

在这些领域中的具体作用包括：

水下资源探测：水下生物资源、矿藏资源的分布等；

水上航运保障：水上交通运输安全、航道疏浚、抗洪抢险等；

海洋工程辅助：水下导航与定位，海底电缆铺设、障碍物探测与沉物打捞等；

内河维护监测：江河、水库容量预测，堤坝、桥墩泥沙淤积测量等；水下考古调查等。

8. 浅水多波束测深声呐

项目概述

高端浅水多波束测深声呐是高效高精度探测海岸带、海岛礁、江河湖泊及港口水下地形地貌不可或缺的核心声学装备，而进口设备价格昂贵、指标虚高、有效售后服务困难，且敏感测绘信息存在泄露的安全隐患，尤其是国外高端产品及核心技术一直受到以美国为首的西方国家严密封锁，无法满足我国军民领域对浅海与近岸精细地形测量的重大战略需求，为此突破国外卡脖子技术研发高端浅水多波束测深声呐迫在眉睫。在国家 863 计划项目、科技部国际合作项目、国家自然科学基金科学仪器专项等项目资助下，本项目突破了高端浅水多波束测深声呐高精度方位估计、沿航迹向合成孔径处理等关键技术，实现了高精度、超宽覆盖、多功能一体化测量以及系列化设备研制、批量生产和推广应用，使我国成为继美国、挪威、德国等国之后完全掌握该声呐核心技术的少数国家之一。

2021 年，“系列化浅水多波束测深声呐关键技术创新与应用”获得高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）一等奖。建立了完整的浅水多波束测深声呐信号处理基础理论与核心技术体系，突破了高端浅水多波束测深声呐系统研制瓶颈，独创了 10 型系列化浅水多波束测深声呐产品，总体技术达到国际先进，在

分辨力、覆盖扇面等核心指标上达到了国际领先水平。产生的技术及产品在我国南海岛礁测绘、中俄界河划定、黑龙江航标选址、东海海底试验场地形考察、涠洲岛航海安全保障、三亚演训试验基地勘察等重大任务中均已发挥了关键作用。

拥有完全自主知识产权，是高效高精度探测海岸带、海岛礁、江河湖泊及港口水下地形地貌不可或缺的核心声学装备，打破了国外技术封锁，显著提高了我国在海洋声学测绘装备领域的技术进步。

项目成熟情况

随着国家海洋强国战略的提出，与海洋开发有关的产业得到了巨大的发展契机。而各类海洋开发活动中，对海底地形地貌的获取是必需条件之一。多波束海底地形地貌探测系统是当前最有效的声学仪器，与传统的单波束测深仪相比，它具有高效、高精度的优势；与侧扫声纳相比，它具有覆盖宽、地形测量精度高的优势。

我国海域辽阔，泥沙淤积和海流冲刷以及各种海洋活动导致的海底地形经常变化，数量极大的勘测任务对多波束海底地形地貌探测系统需求迫切，内陆航道、港口和码头、湖泊、堤坝的运营管理、环境测图、水下考古、海上平台施工、海底电缆铺设都需要高精度和详细的海底地形地貌信息。因此，高分辨率、全覆盖、高精度的多波束海底地形地貌探测系统在多个行业都具有非常迫切的需求，应用前景诱人，市场前景广阔。随着我国海洋开发步伐的加快，国内市场对国产化高性价比的海洋仪器呼声越来越高，以多波束测深声呐为例，每年的需求量以 20% 甚至更高的速度快速增长。

近岸工程包括港口和码头建设，水下清淤，修筑防波堤，建设跨海大桥等，水下地基施工是基础，工程设计的第一步就是海底地形和位置测量。多波束测深仪高分辨力全覆盖地形和位置测量的技术特点和高质量的测量成果使它成为首选的测量仪器。我国的海岸线总长约 18000 公里，沿岸有中等以上城市接近 30 个，现有 236 个沿海港口，万吨级深水泊位 490 个。此外，还有筹建中级以上港址 160 个。对此种场合假如多波束测深仪的需求量平均按每个港口城市 2 台估算将达到 60 台以上。

本系统技术成熟已达 8 级，成品经用户充分使用，证明可行，（合作方式）可以股权投资、风险投资、合作开发的合作方式进行推广应用。

应用范围

在与近海、江河、湖泊相关的考察、勘测领域具有重要的应用价值，广泛适用于海洋工程、石油管道检测、海底电缆铺设、海道测量、海底资源勘探与海底环境调查、打捞救生、港口码头建设、水库测量、抗洪抢险以及指导河道疏浚、水下探险与考古、水上安全航行等国民经济建设的各个行业水下地形地貌勘测，特别是近年来在国际专属经济区划界和界河谈判中起着举足轻重的作用，应用前景广阔。

9. 海底特性多波束一体化声学探测技装备

项目概述

海底地形、地貌和浅地层剖面等海底特性信息是海底资源勘测与开发、海底科学考察、海上工程建设以及海底军事等活动中不可或缺的海洋环境基础要素。多年来，国内外对海底特性声学探测一直采用多种装备异点、异步、分时探测及数据内业处理的传统作业模式。伴随海底多要素精细探测需求不断提高，逐渐暴露出多种探测装备联合探测时难以精确位置配准、异步获取多源数据有效融合困难甚至无法融合、分时或异步多次探测效率低且作业成本居高不下等诸多弊端，特别是近年来在海洋领域具有举足轻重作用的水下无人平台，其有限空间和能源配置难以同时搭载多种声学探测装备，因此具有多功能的一体化声学探测装备正在成为国际上高端声学装备发展趋势之一。基于此，哈尔滨工程大学联合中国船舶重工集团公司第七二六研究所，在科技部国际科技合作项目、国家自然科学基金科学仪器基础研究专项和面上项目、黑龙江省科技计划项目、上海市军民结合项目等国家和省部科技计划项目的支持下，通过近十二年自主研发与关键技术联合攻关，创新提出宽带参量发射与宽带矢量接收一体化组合基阵新技术、海底特性多波束一体化声学探测新技术，自主研制了多型海底特性多波束一体化声学探测装备，形成了海底地形地貌及浅地层剖面多波束一体化声学探测方法及装备研制技术体系。

2020年，“海底特性多波束一体化声学探测技术与装备研制”获得中国造船工程学会科学技术奖一等奖。在国际上首次提出海底地形地貌与浅地层剖面共点同步探测方法、宽带参量发射与宽带矢量接收一体化组合基阵设计方法，建立

了海底特性多波束一体化声学探测信号处理架构，国际上首次研制成功海底地形地貌及浅地层剖面多波束一体化声学探测装备，解决了当今国际上普遍采用的多种声呐联合进行海底特性探测时存在的精确位置配准与多源异步数据融合难、探测效率低、作业成本高等缺陷，填补了国际上海底特性多波束一体化声学探测装备的空白。

项目独立自主开展了海底表面与海底浅地层剖面共点同步探测机理、宽带参量与矢量声学一体化组合基阵、海底特性多波束一体化声学探测装备研制等方面的技术研究，取得了多元海底特性共点同步多波束一体化声学探测关键技术的重大突破。

项目成熟情况

海底特性多波束一体化声学探测装备是水声学、现代电子技术、计算机以及现代数字信号处理等高新技术密集型产品。随着海洋资源开发的不断深化，海底多元特性一体化探测模式已成为发展趋势，国内外市场上对海底多元特性同步共点获取新装备的需求量进一步扩大。预期海底特性多波束一体化声学探测装备将在大面积扫海测量、海洋工程、海底资源勘查与开发、水库库容测量、河道疏浚土方量测量、水下搜救、水下考古等民用领域以及海战场准备、海底辅助地形匹配导航、潜航器避碰、蛙人监测与安防等军事领域具有十分广阔的应用前景。

长期以来，我国高端海底特性多波束探测声呐一直依赖国外进口，不但价格昂贵、指标虚高、有效售后服务困难，而且测绘信息存在泄露的安全隐患，在敏感场合更难安全应用，尤其高端产品及其核心技术一直受以美国为首的西方国家严密封锁，无法满足国家海洋强国战略下军民领域对高端多波束探测声呐的重大需求，特别是对海底同步共点精细测量的战略需求。因此，本项目的完成对解决我国海洋探测装备领域的“卡脖子”问题具有重要的社会效益，既满足了未来敏感海域、要地水下地形地貌精细测量战略需求，又打破了国外对海底探测技术的垄断，树立了民族自信心，为我国海洋信息获取与海洋开发提供了核心技术保障和装备支撑，进一步助推了海洋强国梦的快速实现。

本系统技术成熟已达 7 级，证明可行，（合作方式）可以股权投资、风险投资、合作开发的合作方式进行推广应用。

应用范围

项目成果已应用于海底地形地貌勘测国家重点专项，国家级海洋牧场基础设施调查，东海大桥、舟山海缆重大工程检测等民用领域以及海战场环境勘察与水下装备试验等军用领域。

10. 水下信息网络系统

项目概述

水下信息网络系统提供可靠的通信链路，各个固定或移动节点均可自由的接入网络，快速准确的收发信息，从而构成跨系统，跨任务，跨平台的综合性分布自主式水下综合信息网络体系，增强水下信息透明度。

项目主要具备的能力包括：近程高速率 OFDM 水声通信（高速率），远程低信噪比稳健扩频水声通信（低速率），基于分布式信息网络的被动隐蔽定位，自由接入且自主修复的动态半自主式网络，释放器的数据传输与遥控释放的功能集成。

本项突破了多项关键技术，研制了多种类的水声通信节点，实现了基于网络的顶层应用功能设计及验证，获得了多项具有自主知识产权的研究成果。

（1）远程水声通信技术

研究了水下扩频通信技术，采用多普勒搜索跟踪及 RAKE 接收机技术解决了浅海、运动条件下的远程、低功耗水下通信的可靠性问题。通信速率为 35bps，最大通信距离超过 50 公里，误码率低于 10^{-4} 。该指标为国内领先水平。

研究了宽带正交多载波扩频调制及改进的 RAKE 接收机技术，海上试验的通信速率为 115bps，误码率 10^{-4} 。研制了多节点水下数据无线传输设备，已成功应用于某海军港口堤坝安全监测中。实现了岸基单元对水下节点的遥测及节点数据回传，传输距离超过 6 公里。该成果已达到国内领先水平。

（2）高速水声通信技术

为解决水下声通信速率过低的问题，研究了 OFDM 水声通信系统中的宽带匹配、子载波调制、高速信号处理等技术，在浅水水平信道实现最大通信距离 3.5km，最大通信速率 50kbps 以上，最低误码率 10^{-6} 。垂直信道情况下，实现实时视频传输，通信速率为 53.2kbps，误码率为 10^{-5} 。目前只有美国和日本进行过类似的试验，该指标达到国际先进水平。

(3) 全双工水声通信技术

创新性的提出了基于矢量传感器的全双工水声通信技术，采用 OFDM 和扩频两种通信制式和基于矢量传感器的收发分置的设计方案，综合频分、码分和空分等多种技术手段，首次成功研制了 3 个具有多用户和全双工通信能力的水下通信网络节点。经过了湖上和海上试验的验证，该节点可在 5 公里距离上可同时接收其它两个节点通信数据（多用户通信），或在向另一方发送通信信号的同时接收其它节点信号（全双工通信）。上述技术属独创性的研究工作，在国内外未见同类研究成果，达到了国际领先水平。

(4) 分布式网络定位技术

提出基于分布式水声网络实现节点被动定位的新理论和新方法，突破网络节点声同步及远程稳健通信的关键技术，为建立集通信与定位于一体的水声信息网络提供理论依据、技术支撑及演示验证系统。演习验证系统海试中实现 500km² 以上的覆盖区域内，固定节点最大工作距离大于 50km，定位精度小于 200m 的被动定位结果。该成果达到国际领先水平。

目前项目已结题验收，多项研究成果得到应用，并取得良好的经济社会效益。

主要专利：

水声 OFDM 自适应搜索多普勒补偿方法 CN201210388724.9

一种扩频水声通信方法 CN201210334306.1

基于打孔技术的多路收发正交多载波信道估计方法 CN201210110892.1

稀疏信道模型下多路收发的正交多载波水声通信循环译码方法
CN201210055253.X

水声 OFDM 判决二次信道均衡方法 CN201110230556.6

基于时间反转镜技术在水下定位中的方法 CN201110114012.3

基于差分技术的水下定位方法 CN201110103927.4

实时水声通信中基于 DDS 的多普勒补偿装置 CN201010101289.8

一种用于水下机器人的通信转发系统 CN200810064110.9

应用于水下通信系统的值班电路及处理方法 CN201010101256.3

水声通信处理平台 CN200810137409.2

项目成熟情况

项目中的所有功能产品均已具有成熟的样机，其中低速稳健扩频通信机已经小批量生产，并在实际应用中为应用单位解决了水下信息传输难题。

应用范围

海洋环境监测（CTD、ADCP 数据采集），海洋资源开发（深海油气田），海洋权益维护（水下信息感知），水下数据通信、水下多媒体通信、水下机器人遥控、水下采集设备数据转发、海洋环境检测、水下网络定位系统、水声传感网络等领域。

11. 水下语音通信系统

项目概述

水声语音通信机又称“水下移动电话”、“水下对讲机”，保持了很高的语音质量，通话完整连续，延迟短，在很多领域，如水下考古、海洋环境监测、水下电缆管道监测维修、潜水观光等商业民用领域也有非常广泛的应用。

本项目在国际上首次采用 OFDM 调制方式在水声信道中传输语音信号，突破了运动条件下，恶劣海洋环境和水文条件下的高速、高可靠性实时连续通信的关键技术，解决了复杂水声信道中大数据率信号实时传输以及小数据率信号可靠传输的问题，满足了语音通信中对信号传输的带宽和实时性的要求，研制了“数字式水声语音通信处理”设备，开发了一系列软件、算法，实现了水面与水下载人潜水器、水下潜器之间、潜水员之间的实时通话。

主要专利：

实时水声通信中基于 DDS 的多普勒补偿装置 ZL201010101289.8

一种用于水下机器人的通信转发系统 ZL200810064110.9

一种数字式水下语音通信装置及水下语音通信方法 CN103457903

项目成熟情况

该项目已完成样品阶段，已经为多个单位设计了实用系统。该项目整体达到国际先进水平，已经应用于中船重工七五〇试验场的湖上测试系统、中船 705 研究所的水下通信系统中。

应用范围

深海载人潜水器、潜水员、蛙人作战部队、水下检测与维修、海底油气资源

开发、海洋环境的监测、水下考古、潜水运动、旅游观光等领域。

12. 环境自适应高速水声通信技术及网络

项目概述

本成果属海洋信息技术领域中的声学技术研究方向。高速水声通信与组网技术可实现水下不同空间位置多个观测设备之间的信息交互，是构建天临空海一体化信息网络不可缺失的一环。成果依托国家 863 计划重点项目、国家自然科学基金项目，围绕军民领域对于水下信息高效传输的实际需求和痛点问题，开展了环境自适应高速水声通信技术及网络研究。成果可广泛应用于海洋工程装备制造、海洋专用仪器制造等国民经济行业，解决水下信息无线、实时传输的难题。本成果授权发明专利 26 项、公开 31 项；发表学术论文 99 篇；形成 1 项技术规范；23 项软著。

主要创新点包括：

(1)提出了基于时序多重稀疏贝叶斯学习的 OFDM 时域多符号联合信道估计方法，解决了 OFDM 水声通信的高精度信道估计难题，实现了通信距离与速率乘积 $94.5\text{km}\cdot\text{kbps}$ 的水声通信能力。

(2)提出了基于 OFDM 同步信号和循环前缀的多普勒高精度联合跟踪估计方法，解决了复杂海洋环境及运动平台水声 OFDM 非一致多普勒估计与补偿难题。

(3)提出了基于水声统计信道状态信息的自适应水声通信网络协议和自适应切换方法，并研制了参数可重配置的多体制高速水声通信网络节点，解决了水声通信网络中固定协议导致传输不稳定的问题，实现了南海 45 天的水下通信网络系统连续稳定运行。

成果已应用于水下语音通信装备、海洋环境实时观测、UUV 水下移动通信等领域，推动了我国水下高速通信组网技术发展，具有较高的社会和经济效益。获得了 2020 年度中国造船工程学会科学技术奖一等奖。

项目成熟情况

成果已应用于中船重工第 719 研究所、中科院海洋所、中电科研究院等科研院所，实现了水下无线传感器网络、水下 UUV 编队协同、水下对讲机、深海环境参数实时回收等应用，并形成了 XX 型装备。

未来将为各类水下环境观测网络、深海资源勘探网络、海上石油钻井平台提供稳健高效的水下信息实时传输保障，服务于“智慧海洋”、“海洋牧场”等建设；大规模装载于水下载人潜器、水下无人潜航器等各类水下移动平台，实现水下平台作业时的“信息透明”；大规模应用于水下蛙人作业、潜水娱乐活动中，实现水上、水下间的即时、高保真语音通话及视频通话。合作方式可包括技术入股、合作开发、技术服务等形式。

成果技术成熟已达 8 级，已经开始进行小批量生产，成品经用户充分使用，证明可行。

应用范围

成果适用于海洋工程装备制造、海洋专用仪器制造等国民经济行业，可实现水下信息无线、实时、高效传输。

13. 深海声通信系列换能器

项目概述

深海换能器是为适应我国走向远海和国家深海发展战略提出的。各种深水潜航器、深海声学节点离不开能够适应深海压力环境的水声换能器，海洋工程领域中深海地质地貌普查及深海油气资源勘探需要深海低频大功率声发射设备支持。

深海换能器系列包含压电圆管深海换能器和 Janus-Helmholtz 深海换能器，可用于深海水声通信、低频主动声呐和深海资源勘探设备。其中深水圆管换能器系列工作频率分别为 5-11kHz 和 7-17kHz，最大声源级分别为 194dB 和 191dB，工作深度 6000 米；深水 Janus-Helmholtz 换能器工作频带 500-2kHz，最大声源级 200dB, 工作深度 3000 米。

该产品解决了水声换能器高静水压环境下结构耐压问题，且该环境下仍具有良好的声学性能。因此深海换能器市场前景广阔，具有较好的经济效益和社会效益。

项目成熟情况

该成果目前技术较为成熟，产品性能稳定，处于小批量生产阶段。

应用范围

压电圆管深海换能器具有水平无指向性、工作频带宽、声源级高的特点，可

用于深海水声通信、声呐浮标、应答器等水下对抗设备中。深水 Janus-Helmholtz 换能器具有低频、宽带、大功率深水工作等特点，可用于低频大功率主动声呐、远程水声通信、深海油气资源勘探设备等。

14. 小型、便携式水声语音通信系统

项目概述

作为人与人之间最直接、有效的通信方式之一，语音通信技术越来越受到人们的重视，特别是在可见度有限的水下环境中，人与人之间的通信主要依靠语音，如水下蛙人通信、对潜通信和载人潜器通信等。目前，还未出现可适用于水下蛙人携带等特定场合的水下语音通信系统，本项目正是在此基础上通过层叠式布放将 DM642 处理板、测放电路板、功放电路板、变压器以及电源转换模块等封装到一个机箱内（尺寸为 15cm*15cm*7cm），研制和实现了一种便携式、小型化、实时、双工的水声语音通信系统。

技术特点：

MELP 语音编码技术由于其具有较高质量的合成语音，从而受到广泛研究，本项目水声语音通信系统正是采用该技术对语音信号进行压缩编码。由于水声信道可用带宽有限，且编码速率越低，通信过程中其所占带宽越小，故本项目对传统的 2.4kbps MELP 编码算法进行了改进，实现了一种 0.6kbps MELP 语音编码算法。

OFDM 技术由于其频带利用率高和抗多途能力强的特点，被广泛的应用于水声通信领域，本项目水声语音通信系统正是通过采用 OFDM 技术对信号进行传输，并且通过采用 LS 信道估计算法对信道进行了估计与均衡。

由于 OFDM 技术对载波频偏十分敏感，而多普勒频移破坏了 OFDM 子载波间的正交性，严重影响了其性能和通信质量。因此，如何降低多普勒频移的影响是提高 OFDM 水声语音通信质量的关键。本项目通过采用基于拷贝相关与空子载波结合的多普勒估计算法对多普勒频偏进行了估计与补偿。

技术水平：

上述水声语音通信系统中所采用的关键技术均是处于领先地位或是由于性能较高而普遍使用的。

主要技术指标:

- (1) 通信距离不低于 1km;
- (2) 通信误码率低于 1%;
- (3) 合成语音质量具有较高的清晰度与可懂度。

项目成熟情况

目前,本项目处于样品阶段,已通过水池实验对本项目实时、双工的水声语音通信系统的性能进行了验证,实验结果显示,该系统能够进行高质量的语音通信,其恢复的语音具有较高的清晰度与可懂度,并且该系统具有一定的抗多普勒频偏的能力,在收发双方匀速运动或加速度较小的情况下,能够消除多普勒频偏的影响,实现高质量语音通信。

应用范围

在水下作业、水下救援、水下科考、水下潜水娱乐等领域。

15. UUV 推进电机隔声装置

项目概述

UUV 推进电机的隔声装置主要采用了空腔隔声理论,由隔声罩主体与粘弹性材料组成。

针对 UUV 推进电机这种较小尺度的结构进行隔声装置设计,首先要针对其辐射声的主要频段,结合空腔隔声理论,进行初步的隔声罩空气层尺寸设计。然后结合具体电机的结构形式设计隔声罩主体的基本结构尺寸。按照该电机的主要工作环境(温度、水深及航行器航速等)进行结构微设计,确定隔声罩主体结构所选用的材料特性参数。根据以上结构的初步设计结果,结合具体应用环境及声学设计要求,对 UUV 推进电机及隔声罩分别进行数值建模,在隔声罩外层敷设不同参数的粘弹性材料,进行隔声效果预报,对隔声罩主体结构的具体形式及所需的粘弹性材料的属性进行优化。

根据优化后的结构及材料参数,进行选型制作,形成原理样机,并安装至实际要降噪的推进电机上,进行实际隔声效果测试,测试结果表明,在所要求的频段内,该隔声装置实现了良好的隔声降噪效果,目前,已经形成了型号产品。

项目成熟情况

产品已定型。

应用范围

水下步进电机、空气中机械噪声源。

16. 声呐舱室的隔声障板设计

项目概述

针对水面舰实船声呐舱室噪声治理问题，提出了实船声呐舱声呐障板的设计方案，这种装置可以降低声呐舱混响强度，有效阻隔尾部螺旋桨噪声及舱壁振动噪声向声呐舱室的噪声辐射。通过对声呐障板隔声降噪效果原理研究，建立了声呐平台三维声学有限元仿真计算模型，考虑水面舰艇声呐平台整体结构，针对声呐障板不同形状，不同结构参数，开展了声呐障板优化设计研究。针对水面舰具体空间结构，设计了声呐障板 CAD 加工图纸，并在哈尔滨工程大学水声工程学院国防科技重点实验室消声水池开展了多种降噪措施的噪声治理效果测试，完成了的试验，分别模拟了螺旋桨噪声、流噪声、机械噪声的单独激励作用和混合激励作用，并对比了该降噪措施对于各激励的降噪效果。试验结果表明：在空舱增设阻尼材料降噪效果并不明显。在水舱增设障板和增设阻尼材料对于机械噪声以及含机械噪声的混合噪声有明显降噪效果，而同时采取这两种降噪措施在指定频段内降噪量最高可达 20dB。目前已经实现了声呐平台声呐障板的实船改装。

项目成熟情况

目前该设备已经实现了实船应用，达到技术成熟度 6 级。

应用范围

所形成的声呐平台隔声障板设计方法已经应用于实船，经过设计与改换装，已有两艘开始服役，还有两艘目前正在施工，可见该成果的具有可持续的应用型；这种设计方法还可以应用于需要隔声的弹性结构上，可以根据所需隔声结构的具体形式进行障板设计，将更具有针对性。

17. 水下圆柱壳宽带激振的装置

项目概述

针对水下大尺度模型辐射噪声测试时的信噪比低、稳定性差的问题，研制

了水下圆柱壳宽带脉冲激励源产品，其技术已被国家专利局授权。水下圆柱壳宽带激振装置具有附加质量小、散热好、电能转换效率高等特点，有效激励频率范围达到 20Hz~10kHz，解决了长期困扰国内水下大尺度模型远场声场测量信噪比不足的问题，突破了水下大尺度模型的宽带大功率激励源技术。所设计的通用型宽带脉冲激励源设备额定功率为 1100W，重量仅为 6.5kg，冲击力可达 3800N，将其应用在长 4.8m，外径 3.15m，总质量 10000kg 的双层圆柱壳中，当圆柱壳模型的内外壳体均敷设了声学覆盖层产品后，距离该圆柱壳径向中心 15m 处的声压信号在不同频率处的信噪比仍然可以达到不小于 20dB，整体模型的辐射声功率比电磁激振器的辐射声功率平均高出 20dB。与国内外目前现有的激振器相比，该宽带脉冲激励源具有更宽的工作频带，更高更稳定的源强度，且不需要匹配功率放大器等设备使用，设备简单，可靠性高，而且可以应用于不同的弹性结构模型上，适用性强。

项目成熟情况

目前该设备已经制作了原理样机，并应用于不同舰船模型上，达到技术成熟度 6 级。

应用范围

该宽带脉冲激励源设计方法为项目组首创，目前已经应用于中国船舶重工集团公司的多家单位，解决了大尺度模型外场试验信噪比不足的瓶颈问题。该设备可以应用于消声瓦、消音器、隔声去耦瓦、抑振瓦的声学性能测试与评估，潜艇辐射噪声在线预报方法的模型试验验证，以及民用声学产品的性能测试和噪声控制效果评估等方面。

18. 高性能通用多模水声通信机

项目概述

高性能通用多模水声通信机采用模块化设计理念，集成发射与接收系统与一体，兼顾通用性与用户个性化设计，具有强大的实时计算性能，兼顾便携性与稳健性，具备较强的可扩展性，且界面友好。基于 CPCI 总线标准进行系统构建，支持热插拔的同时提高了系统耐用性、抗震性以及通风性，对各模块进行了严谨的逻辑划分，可根据用户需求进行模块选配，同时可基于基本框架系统进行快速

升级，另外，针对特殊用户可对各个模块进行升级或客制化定制。通信机包括基本系统构架（4 插槽 CPCI 接口机箱）、3U 标准 CPCI 接口采集板卡（包括 8 通道滤波放大模块以及模数转换模块）、3U 标准 CPCI 接口 TMS320C6678 处理板卡、3U 标准网络交换板卡、网络接口的数字功放模块、换能器模块以及软件模块（包括采集界面、通用信号发射界面、基于 TMS320C6678 平台的水声通信例程模块等）。

项目成熟情况

原理样机阶段。

应用范围

（1）点对点水声通信：可用于海工以及海洋调查等活动中需要临时构建水声通信链路的场景，系统预置水声通信物理层算法适用于多种复杂水声通信环境，能有效满足点对点水声通信需求；

（2）水声网络通信：通用水声通信平台支持组网水声通信，可有效应用于水声通信网络构建以及水声网络通信协议验证等领域；

（3）水面通用甲板单元：通用水声通信平台支持任意形式水声信号发射，可有效兼容诸如水声通信 Modem、水声释放器或应答器等水声设备；

（4）SIMO 水声通信：通用水声通信平台支持多通达接收，选配水听器阵列进行接收，可组成 SIMO 水声通信系统；

（5）其他多种应用：通用水声通信平台支持多通道接收功能，结合水听器阵列加上用户自定义算法可完成基于水平阵或者垂直阵的水声通信或水声探测应用。

19. 便携接触式超声冰厚测量仪

项目概述

我国北方冬季十分寒冷，江河、湖泊、水库封冻期长，封冻冰面达到一定的厚度时，车辆和人员可以直接从冰上通过，为了保障涉冰作业和冰上交通的安全，需要测定有关水域冰层厚度的分布情况。过去测量冰层厚度都是用冰穿手工开洞，然后用尺丈量，这样的原始方法，劳动强度大，时间长，只能取少量测点，容易漏掉关键区域，而且也常常破坏了冰面的完整性。

鉴于以上情况，我们研制了一种便携接触式超声冰厚测量仪，它具有以下特殊的优点：

(1) 耐低温，由于对探头和电子器件都采取了特殊措施，测厚仪可在 -30°C 的低温下工作；

(2) 计时方法先进，显示直观准确，能方便地进行环境温度补偿校准；

(3) 设计合理，体积小，重量轻，耗电小，适合于单兵野外作业；

(4) 使用方便，能大而积探测行进通道的冰层厚度。

项目成熟情况

成熟，形成自主研发的产品，经过松花江实验、营口港区实验应用。

应用范围

江河水表封冻情况分析；冰上交通安全保障；极地科考运输安全；港区封冻航行条件测量；越冬水库渔业养殖；冰区水下搜救打捞作业。

20. 声隐身状态测试分析系统

项目概述

水下航行器声隐身是关乎其生存和战斗力的关键指标之一。针对水下航行器维修前后声隐身性能发生变化这一长期存在的重大问题，本项目以维持声隐身性能稳定为目标，解决了多系统融合、近场噪声源识别、复杂振动噪声路径识别与小水域辐射噪声测试等一系列关键技术问题，在我国首次建立了水下航行器维修前后的综合测试分析方法与系统，包含振动噪声测试分析系统、矢量水听器辐射噪声测试系统、矢量直线阵噪声测试系统和综合分析软件系统，涵盖了系统的校准方法、信号处理方法、硬件结构与应用软件，在我国首次建立了水下航行器维修声隐身性能测试评价体系。经过对多型水下航行器测试和应用，显著提高了声隐身测量评估能力，大大提高了现场实施效率，取得了多方面创新性成果，打破了我国在声隐身方面重研制轻维修的被动局面，填补了我国在声隐身方面的重大缺项。

项目成熟情况

设备已交付使用，成熟度 6 级。

应用范围

可用于水下航行器和新研舰艇研制以及它们的战技水平评价；对水下航行器系泊条件下的振动和辐射噪声进行现场和后置精确测量评估；对水下航行器维修后进行测量，为其修理后振动噪声测量控制提供重点阻断建议、评估阻断效果；水面舰艇振动和辐射噪声测量；水下结构故障诊断；水下声学研究。

21. 自容式水听器

项目概述

本设备主要用于水声工程及海洋声学领域技术研究过程中，需要使用水听器接收和采集设备收集水声信号并进行相关技术研究。本设备是一种具有自容式供电和数据存储的智能水听器采集设备，能够适配多种标准水听器及矢量水听器传感器进行水声信号的放大、滤波处理，体积小、性能优越。

主要技术指标：

- (1) 采样率：24Bit/50KHz；
- (2) 动态范围：100dB/50KHz 采样率；
- (3) 动态范围：120dB/1KHz 采样率；
- (4) 数据存储容量：32G-TF 卡。

接收水听器参数：

- (1) 频带范围：20KHz；
- (2) 带内起伏： $\gt 2$ dB；
- (3) 灵敏度： ≥ -200 dB（不包含前置放大器）；
- (4) 水平无指向性。

项目成熟情况

本设备已经经过实用验证，技术指标全部满足要求，具备批量稳定生产能力和使用保障能力，项目技术成熟度 9 级。

应用范围

水声信号采集。

22. 矢量水听器

项目概述

本项目受国家自然科学基金项目资助。主要研究障板条件下矢量声场分布和矢量水听器声学接收特性的变化规律，建立障板条件下矢量信号处理模型，为船载声纳高性能声纳的研究提供基础理论依据。各种声学障板条件下矢量声场建模与矢量水听器接收性能的变化规律，在国内外未见报导，具有一定程度的开创性意义。首先提出各种声学障板条件下矢量水听器信号处理模型的建立，国内外目前未见公开报道。

项目给出了典型声纳障板近场声散射声场的解析解，建立典型障板附近矢量水听器及其基阵声信号物理模型，并提出了相应的信号处理方法，通过此项技术的研究，对于提高我国船载声纳性能，增强我国海洋监测的科研能力具有重要的意义。经过本项目的研究，后续推广科研项目 7 项（其中前 5 项已经获得批准开展研究），总经费 1440 万元。

2011 年，“矢量水听器 XX 及其应用”获得国防科学技术进步一等奖。2012 年，“矢量水听器 XX 及其应用”获得国家科学技术进步二等奖。2011 年，项目研究成员胡博的博士论文“基于矢量阵近场声全息技术的噪声源识别方法研究”获得 2011 年全国优秀博士学位论文提名奖。

项目成熟情况

根据技术成熟度的定义和划分，项目目前的技术成熟度为 2 级，正处于基础研究阶段。

应用范围

船载声纳，浮标声纳，海洋监测。

23. 水下甚低频声矢量场建模与声场特性

项目概述

我国近海绝大部分属于大陆架和大陆架陡坡，海底地形复杂多变，海面、海底两个界面对声场的影响较为严重，其声矢量场特性不同于深海情况，准确预报我国海区条件下声矢量场的特性对发挥矢量水听器阵的远程探测能力，提高矢量信号抗干扰能力有着重要意义。在预研项目的支持下，哈尔滨工程大学建立了中远海海洋环境下，沉积层影响下的甚低频声传播理论模型；研究了地形结构和底质参数对甚低频声传播的影响；完成中远海海洋环境下三维甚低频声传播理论模型的建立；设计制作完成了实验用矢量水听器潜标，进行了相关的海上实验验证

工作，采集了海上试验数据；编写了三维海洋环境下噪声和信号的矢量声场预报软件，可用于声矢量场干涉特性、相关特性、声能传输与分布特性、声传播波形的预报。

2020年2月，“水下甚低频声矢量场建模与声场特性”获得军队科学技术进步奖二等奖。该项目填补了复杂海洋环境下甚低频、声矢量声场建模的空白，补充了深海超远距离甚低频声场预报能力不足，开创了基于声矢量场干涉结构特征的应用研究，项目总体达到国际先进水平，声矢量场建模与特性研究居于世界领先水平。

项目成熟情况

依托该成果，与中船重工集团有限公司第七〇五研究所、中船重工集团有限公司第七一五研究所、中船重工集团有限公司第七六〇研究所以及国防科技大学开展合作开发提供技术服务、建立了适用于具体海洋环境中的声场预报理论模型，获取了典型海域的声场特性，为声呐设备的研制提供理论基础。

应用范围

三维甚低频水声传播理论建模的研究技术发展目标就是要确定甚低频声源激发声场的机理，明确海底介质声学特性对水声传播的影响规律和声能在水声信号和地声信号之间转换的机理，建立有效的甚低频声场预报计算模型，为研究匹配场定位、海洋声层析等环境匹配的声纳信号处理新方法、解决远程水下声通信的关键技术以及探索安静型潜艇探测的新概念、新原理、新方法奠定基础。

24. 水下材料声学性能综合测试技术

项目概述

水下声学材料种类繁多且应用情况复杂，针对不同类型的水下声学材料，开展声学性能测试技术研究具有一定的实际意义。在中国船舶集团有限公司以及总装备部预研管理中心等单位的多项研究课题支持下，哈尔滨工程大学自十一五起，针对大潜深环境开展了水下材料大样低频声学性能综合测试技术研究。首次提出了近场声全息中反对称声场映射及多途干扰和边缘效应抑制技术；提出了水下大尺度圆柱壳模型辐射声场的准远场判定方法、宽带脉冲激励源的设计方法等，解决了不同应用情况下的水下材料声学性能评价问题。自2011年开始，该

综合测试技术先后应用于中国船舶集团有限公司第七研究院、第七〇一研究所、船舶系统工程研究院等多家单位，并于 2016 年推广应用于北京神州普惠科技股份有限公司等民营企业。

2020 年，“水下材料声学性能综合测试技术”获得军队科学技术进步奖二等奖。

该成果技术较复杂，研究难度大，创新性强，可以为大潜深环境下的水声材料开发设计、测量试验及效果评估提供可靠的技术保障。在“半空间和有限空间的声学材料大样反射系数近场声全息测量方法”、“湖上大尺度模型辐射声功率测量方法”上有重大创新，在“水下大尺度圆柱壳模型辐射声场的准远场判定方法”、“宽带脉冲激励源的设计方法”及“加压柔性管阻抗失配层”方面属国内首创。整体技术达到国际领先水平。

学校所形成的综合测试技术系统拥有完全自主知识产权，解决了声学材料测试中的宽带脉冲激励问题，可应用于水下吸隔声材料的声学性能测试与评估，以及民用声学产品的性能测试和噪声控制，最低测试频率可达 20Hz。

项目成熟情况

船舶、水面舰和水下航行器等现代装备的振动与噪声不仅会产生噪声污染，还会影响其自身性能。在民用船舶领域，“商船的水下噪声对海洋生物的影响”这一议题已经开始受到各国广泛关注，并列为优先考虑事项。在军用船舶领域，水下航行体作为水下重要的探测、对抗平台，其声学特性不仅是暴露自身的主要特征，还会对自身水声探测设备产生干扰，影响探测距离和探测精度。因此，水下航行体的声学特性是各国海军最为关注的。声学覆盖层是水下航行体的一种重要的声学防护材料，在水下航行体的不同部位敷设不同结构的声学覆盖层，可实现消声、隔声、去耦、减振等功能。

由于声学覆盖层是非均匀结构材料，声学性能难以通过解析公式进行计算，所以声学性能测试是其研制过程中的一个重要环节。当声学覆盖层设计加工完成后，必须要测试声学性能，获取其在不同频率时的声学参数，以评价声学覆盖层是否满足实际需求。水下声学覆盖层的材料测量方法主要包括小样测量和大样测量。小样测量方法已经十分成熟，主要有声管中的脉冲法和驻波法，适用于中高频段。应用于低频段的声学覆盖层结构十分复杂，小样无法包含完整的声学结构，

测量结果与实际情况将会有一定差距，必须开展模拟实际工作状态下的的大样品低频声学性能测试方法研究。

在不同入水深度情况下，水下声学材料的性能也会有差异，为了模拟实际不同潜深环境，常采用高压水罐进行声学性能测试，因而，需要开展有限空间中声学覆盖层大样声学测量方法研究。当产品进入试制阶段后，还需要针对具体使用环境进行大模型实际敷设情况的声学性能测试，针对水下航行体航行时产生的机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，分别开展相应的声学覆盖层降噪效果测试，可以对产品的优化设计提供有针对性的指导意见。因此，由于声学覆盖层种类繁多且应用情况复杂，针对不同类型的水下声学材料，开展声学性能测试技术研究具有一定的实际意义。

该成果满足了我国声学覆盖层产品研制过程中对大样声学性能测量方面的技术需求，突破了湖上大尺度模型的宽带大功率激励源技术，解决了长期困扰国内大尺度模型远场声场测量信噪比不足的问题，所设计的加压柔性管阻抗失配层，造价低廉且取材方便，具有较高的经济效益。本项成果目前拥有自主知识产权 22 项，通过了成果鉴定，在多家军用单位以及民企共实现了 12 次应用，具有较高的推广应用前景与经济效益，目前经济效益已经超过 600 万元。

本测试技术成熟已达 8 级，经多用户充分使用，证明可行，（合作方式）可以股权投资、风险投资、合作开发的合作方式进行推广应用。

应用范围

可应用于大潜深环境水下吸隔声材料的开发设计、测量试验及效果评估，水下航行体的辐射噪声在线预报方法模型试验验证，以及民用声学产品的性能测试和噪声控制，也可推广应用于水下航行体的辐射噪声测试评估。

25. 全海深 AUV 双向高速水声通信机

项目概述

AUV 脱离母船无缆航行，其状态和指令的传输需要水下无线通信来实现，AUV 系统的核心关键技术之一就是水声通信技术。水声通信是目前水下远程无线信息

传输唯一有效手段。针对 11000 米深水潜器信息传输过程既要求指令通信的稳健性，又需要具备图像传输的高效性的特点，研究 AUV 的远程高可靠遥控及高速率信息回传技术，同时研究适应信道条件的速率可变的高速率传输技术。针对潜器周期上行数据与下行指令的信息碰撞问题，研究半双工通信模式下 AUV 下行指令无碰撞的可靠送达技术，及多通信制式的无缝切换。研制具有多通信体制，上下行通信无碰撞传输的水声通信工程样机，实现 11000 米级深度上通信链路畅通。

截至到 2021 年，“全海深 AUV 双向高速水声通信机”共申请专利 2 项，软件著作权 3 项，发表高水平论文 8 篇。

目前我国一些企业和科研院所开发的全海深通信系统一般采用单一的通信体制且通信速率较低，同时采用高精度时钟授时来避免双向通信碰撞问题。本系统能够根据实际传输信息，自适应切换通信体制，同时满足高可靠性、靠速率的通信要切。通信机具备信道检测功能，能够根据通信优先级实现低优先级信号主动避让，无需高精度时钟授时，通信效率更高，时效性更好。是目前国内在全海深工作环境下通信速率最高的水声通信机。

针对上行通信大量数据回传需要高速通信以及关键状态指令需要高可靠性稳健通信的特点，分别采用高频谱效率的 OFDM 通信以及以及扩频通信技术，并可根据不同信息在两种通信体制内自适应切换。具有双向通信无冲突功能，在上行大数据量回传时，基于同步检测的方式，可立即转入静默状态，保证母船下发的指令无冲突到达。采用结合插值的正交匹配追踪（OMP）信道估计算法，以较小的计算复杂度克服 OMP 算法中“网格化”时延估计精度受限问题，且在 DSP 嵌入式平台下以相同的运算时间可以估计出更多的有效稀疏路径，适用于界面反射严重的全海深斜距通信信道，使得母船可以在很大的空间范围内与 AUV 进行通信。

项目成熟情况

美国智库研究报告《水下战新纪元》指出：水下作战样式向潜艇 - 无人平台体系化转变，潜艇需要从类似于飞机的前沿战术平台转变为类似于航母的协同平台。此外，由美国制定的系列发展规划可以看出，UUV 与 AUV 正由单个系统朝向集群化趋势发展，并与其他无人系统组网协同，通过网络化无人平台的分布式

态势感知和信息共享，提高作战效能。因此，研究针对 AUV 与 UUV 的高效率水声通信设备在未来国家领海安全方面具有重大意义。

目前国家更加重视深远海开发以及深渊科考，本项目能够为全海深 AUV、UUV、载人潜水器提供水下通信支持。本项成果目前拥有自主知识产权 10 余项，通过 2 此深海试验，验证了系统的有效性以及可靠性，能够为深海科考提供高效的通信支持。

可以股权投资、风险投资、合作开发的合作方式进行推广应用。

本系统技术成熟已达 7 级，完成了西太平洋菲律宾海盆 7000m 级深海验证以及马里亚纳海沟挑战者深渊 10000m 级全海深系统验证。

应用范围

应用于 UUV、AUV、载人潜水器等水下潜器，也可推广应用于水下潜标通信节点等。

26. 海底微芯物联感知系统

项目概述

海底沉积物物理场信息感知技术：海底沉积物作为水下声场的重要边界，其中低频声学参数对浅海复杂环境下声波传播规律和声场结构具有重要影响，在海洋地球物理探测、海洋声场测量与预报、海底埋藏物声学探测、水声通讯等领域均具有重要应用价值。军民领域对海底边界层地声属性提出了迫切需求，但国内外至今尚未出现精确与高效兼顾的测量解决方案。如何攻克海洋底边界层相关特性参数的高效一体化获取及大面预测技术，已成为国际声学海洋学领域关注的焦点和热点。在项目执行期间，研制了一套海底沉积物声学原位测量与取样系统。该系统的研制为海底声学特性研究及海底沉积物取样技术设备研发提供了一定的理论基础及技术支持。

风暴潮监测预警技术：我国自二十世纪七十年代开始对风暴潮监测预警开展研究，并将风暴潮灾害的预防和应急处置，列入《国家防汛抗旱应急预案》中。经过多年努力，我国已经初步形成了由中央到地方，从近海到远海，多部门交叉的海洋监测、预警预报网络，但目前现有的观测系统还不够完整、配套、先进和智能，未能形成中央与地方相结合的多功能立体化监测预警体系。此外，我国还缺少能够在第一时间准确掌握风暴潮增水信息的有效手段，尤其缺乏专门用于对

风暴潮增水过程实时感知和应急监控的智能化高技术系统。以上问题，导致我国风暴潮灾害防灾减灾业务还落后于美国、日本等世界海洋强国。在此项目执行期间，带领团队对海洋环境及风暴潮灾害情况进行了详细的调查研究，并形成完整的技术方案，在此基础上开发了一套风暴潮监测预警系统及潮位测量装置。该警戒潮位监测系统采用岸基和水下分布式结构设计，湿端和干端系统分别采集水下和近岸信息，同时也满足了恶劣海洋环境条件下产品耐压型的要求。

无人值守平台目标统监控预警技术：随着海上石油平台的建设的不断发展，离岸平台的运行监控和安防问题一直是行业关注的重点。陆地区域的安防近年来取得了较快发展，然而受离岸海域供电、通信、维护等方面的限制，陆地安防措施难以直接移植到海上使用，且海上安防包含了水面-水下两个部分，其一体化安全防范与预警难度较大。团队以项目为依托，建设了一套由水下矢量探测装置、水上光学全景探测装置和相控阵声警示装置组成的“综合监控、准确测报、主动防御”的监控警示系统，同步开发一套海上可疑目标检测识别显示与预警软件系统，实现了高效动态监测和警示。

2019 年获得省部级测绘科技进步奖；2021 年获得中国产学研合作促进奖。

本项目研发的海洋信息获取、灾害监测与预警、非合作目标监控等产品得到了良好应用，可有效地支撑“透明海洋”重大工程实施，为山东海洋强省建设提供关键技术支撑。其中，创新研发成果“深圳市风暴潮增水智能感知与应急监控系统”不但是加快建设新型风暴潮灾害灾中应急监控的技术创新方式和公共服务示范发展模式，而且还是扎实推进“双创”和“中国制造 2025”体系，有效缓解社会经济损失、减轻沿海地区经济发展压力、提升海洋防灾减灾能力的有效途径。

学校所开发的系统拥有完全自主知识产权，具备海洋信息获取、灾害监测与预警、非合作目标监控等功能，可有效支撑海战场环境保障技术及装备的研发进程。

项目成熟情况

贸易战以来，美国对我国进口核心技术及产品进行了封锁，国内很多企业科技成果的二次创新不足是产学研合作成果转化过程中遇到的瓶颈问题。目前，企事业单位对自主研发能力不够重视，自主创新能力薄弱，自主研发投入少，研

发队伍薄弱是当前自主创新方面普遍存在的问题。项目团队清晰把握海洋强国发展过程中的海洋军事领域的前沿问题，着眼于声学海洋学理论与应用、海洋应急技术与装备、岛礁战场环境保障领域的研究，充分调动团队成员的积极性，发挥团队成员最大优势，致力于解决“卡脖子”技术，指导引领团队在海洋技术、海洋装备等关键问题开展相关研究，并形成了系列成果产出。

项目创新成果在多家企事业单位得到应用，解决了海洋风暴潮灾害预警、海洋无人平台监控预警、海底沉积物声学测量装备研发、海战场环境保障等民用及国防领域的“核心”技术难题，与国内多家企事业单位进行产学研合作与产业化推广，有力推动了国内相关民用领域的核心关键技术水平 and 装备制造水平的提高。

目前，风暴潮监测预警技术系统、无人值守平台目标统监控预警系统已经分别在深圳、温州东瓯平台投入使用，设备运行稳定良好，获得了行业内的一致好评。

应用范围

成果适用于解决海洋风暴潮灾害预警、海洋无人平台监控预警、海底沉积物声学测量装备研发、海战场环境保障等民用及国防领域的“核心”技术难题。

27. 冰下分布式通信网络

项目概述

受常年冰层覆盖的影响，水声通信技术是北极冰下唯一可取的信息传输手段。哈尔滨工程大学在国家重点研发计划“极地海冰区声学特性研究与信息传输技术”项目资助下自主研发了冰区分布式通信网络，在冬季渤海结冰海域开展海冰区试验，以获取冰区分布式信息通信系统试验数据并对关键技术正确性和有效性进行验证，对原理样机系统的环境适应能力、数据获取和传输能力等进行海冰区试验检验。冰区分布式信息通信系统共计有6个通信节点，包括3个水下水声通信节点、1个冰层检波-水面无线通信节点（冰层检波器与无线通信模块复合构成无线跨冰层拾取转发通信节点）、1个铱星通信-水声通信复合节点（铱星通信节点与水声节点复合构成水面无线通信-水下水声通信级联通信）和1个无线数据通信节点。其中水下通信机具有软件可重构的兼容性，可通过软件烧录擦除重新定义节点序号等方式进行重构加载，保证通信节点组合的灵活性。

经过持续多年的研究, 尽管我国在北极冰下水声基础理论方面取得了长足的进步, 但在北极冰下水声技术, 如冰下水声通信技术及组网等方面相比美欧等国家存在一定的差距, 尚未具备可靠的北极冰下网络化信息保障能力。本系统能够为北极冰下有人/无人作业平台提供信息传输服务, 突破冰层阻隔物理限制, 达到国际先进水平。

学校所开发的系统拥有完全自主知识产权, 具备冰下多节点组网信息传输能力, 节点数量可扩展, 信息传输误码率低于 10^{-3} , 传输速率可达 4kbps。

项目成熟情况

由于大部分北极及其毗邻海域常年被冰层覆盖, 水声通信技术将是在北极冰下信息交互的最为可取的手段。尽管卫星遥感等手段可以获取大量的海冰的观测数据, 但这类手段不能获知极地冰下的冰貌及海洋环境信息。在极地冰下布放自主潜航器 (AUV) 并搭载相关传感器可获取冰层厚度、冰下温度、水流速度等信息, 各观测节点可通过水声通信技术将信息回传到冰基浮标, 完成信息的交互和传输, 从而实现极地冰下物理海洋的观测, 服务于北极冰下安全航行。基于上述原因, 各国纷纷加大 AUV 及相关水声通信技术在极地冰下的应用研究。美国加快了冰下 AUV 探测的步伐, 逐步在冰下形成无人平台与有人平台的协同、移动节点与固定观测节点并存的格局。近年来, 随着北极冰层的融化, 越来越多的无人平台被应用于北极冰下海洋环境观测。据不完全统计, 目前美国已经在北极冰下布放了超过 100 台无人潜航器。这些无人潜航器均需要水声通信技术进行冰下信息的传输, 因此本项目研发的冰下分布式通信网络将具有良好的市场前景。

本系统技术成熟已达 7 级, 已经开始进行小批量生产。开展了冬季渤海湾冰下试验验证, 本次试验实现了 6 个节点的数据中继传输, 每次测试发射 25 包数据, 全部无误码、连通率 100%, 共进行了两次独立的系统测试。可以股权投资、风险投资、合作开发的合作方式进行推广应用。

应用范围

应用于海洋环境立体观监测平台, 包括移动作业平台、潜标、浮标、坐底平台等。

28. 深海区域声学探测系统

项目概述

针对水下目标探测和海洋信息观测信息实时获取的难题，探索集成现有相对成熟的技术与设备，构建多物理场多探测手段相融合、动静相协同、探测与通信互动实现区域信息透明的示范系统，实现对 1000-3000km²（与部署方式有关）的海域水下局部区域实现探测透明，并通过信息链路实现全信息的透明，应用于港口要道的反潜、反恐、预警，敏感海域维权；海洋牧场声学实时监控、盗采砂区域取证、海洋资源区域勘探支撑、海底作业局部区域安防与信息支撑，为智慧海洋示范工程提供水下信息奠定基础，在水下探测设备、通信链路、无人平台等方面具有产业前景。

海洋不仅蕴藏的巨大矿产、能源和生物资源，而且关系着国家安全利益，是近年研究的热点，也是海洋强国建设的关键。水下因为其信息传输和传感探测手段的缺失、精度的不够、时空的不连续性等问题成为“迷雾”，提高水下探测能力是海洋科学技术需求和海洋军事国防建设共同驱动。本项目探索在常规岸基探测、船载拖曳探测基础上，发展一套垂直阵与水平阵结合的、动静结合的主被动协同探测技术系统，并探索水下磁电探测阵列技术与探测系统，拓展非声探测和识别手段，开展多域多物理场信息融合与信息链路技术支持的协同探测技术，以海洋信息透明带动水下态势透明。

本系统将海底平面探测升级为立体探测，固定探测与水面/水下移动节点探测协同，声学探测与非声探测融合，打造水下多模/跨越通信支持下的时敏探测，以基于水下空间栅格的水下探测、声学事件检测带动水下信息透明。

项目成熟情况

据不完全统计，截至 2016 年，全国已投入海洋牧场建设资金 55.8 亿元，建成海洋牧场 200 多个，其中国家级海洋牧场示范区 42 个，涉及海域面积超过 850 平方千米，投放鱼礁超过 6000 万空立方米。目前，全国海洋牧场建设已初具规模，经济效益、生态效益和社会效益日益显著。

国际海底拥有丰富的矿产资源，以多金属结核、多金属硫化物和富钴铁锰结核为主。据估计，大洋海底多金属结核总资源量约 3 万亿吨，有商业开采潜力的达 750 亿吨；海底富钴结壳中钴资源量约为 10 亿吨。另外，最近几年在深海又

发现了大量的稀土资源，仅太平洋深海沉积物中稀土资源量就达 880 亿吨。

本项目基于现有相对成熟技术与设备构建多物理场多探测手段相融合、动静相协同、探测与通信互动实现区域信息透明的示范系统，拟对 1000-3000km² 的局部区域实现探测透明并通过信息链路实现全信息的透明，为智慧海洋示范工程提供水下信息奠定基础，在水下探测设备、通信链路、无人平台等方面具有产业前景。

本系统技术成熟已达 5 级，深海区域声学探测系统的 4 个分系统已完成开发，并通过试验验证，证明可行，可以通过合作开发的合作方式进行推广应用。

应用范围

深海区域声学探测系统可为智慧海洋示范工程建设提供支撑，在海洋牧场建设、海底矿产资源开发方面具有显著的市场需求。

本研究着力探索利用多样化的手段通过水下局域栅格化信息获取提高水下探测和海洋观测能力，可服务于敏感水域监控、港口要道的反潜、海域维权、海洋观测和海洋牧场声学实时监控，并可支持盗采砂区域取证、海洋资源区域勘探支撑、海底作业局部区域等安防与信息支撑。

29. 甚浅水区跨介质磁异常探测技术

项目概述

团队在掩埋目标磁探测领域，面向海底掩埋物探测，如海缆、未爆炸物，以及水下机器人，取得了国内领先的研究水平。研究工作具有较强的应用基础，近来中国人民解放军 91144 部队，在山东莱州某岛礁搭建实训重大工程项目中，针对该岛近滩浅水区遗留危爆物，采用由‘海洋传感器和探测’团队完成的‘目标跨介质磁异常探测技术’，对水下掩埋物进行搜探和排除。首期，应用该技术对 1 万平方米核心区进行全覆盖、高效率探测，对精确定位的 8 个可疑目标点进行挖掘，目标探测准确率达到 100%，虚警率为零。

在岛礁近滩水下地貌复杂多变、浑水和淤泥条件引起的高混响密度等挑战下，此项技术圆满完成了任务要求，是目前甚浅水区掩埋物探测中最可靠的技术手段，解决了近滩环境安全保障与岛礁可持续发展的瓶颈问题。

项目成熟情况

随着国际上海洋战略竞争的加剧，我国海上安全面临的形式越来越错综复杂。美国的海上战略围堵对我海军战略运用构成严峻挑战。2011年美国国防部高调指出要重返亚太，美国海军在亚太地区从海上方向对我国实施正面围堵、两翼包抄，威胁我国海上经济命脉。南海周边国家强占我岛礁、掠夺我资源、瓜分我专属经济区的行为有增无减，并蓄意推动南海问题国际化。针对以上严峻形式，为适应我海军当前“由近海防御向近海防御与远海护卫结合”的战略转型需要，未来我海军甚浅水区域反水雷作战需求主要集中在近岸反水雷和远海岛礁反水雷两个方面。

随着海洋战略竞争的加剧，我国近岸和远海岛礁区等甚浅水域的反水雷需求越来越迫切。甚浅水域具有浑水、受到限制的空间和淤泥条件引起的水雷掩埋及高混响密度等特点，使得常规扫雷舰艇和扫雷工具不能有效展开，无法进行扫雷作业。

2020-2021年度，“甚浅水区跨介质磁异常探测技术”成果已经取得北部战区的实际应用，取得非常好的应用效果，已签订一份技术服务协议。2022年将开展更大范围的技术服务合作。

技术成熟度达到6级，已经开始进行小批量生产，成品经用户充分使用，证明可行，可以股权投资、风险投资、合作开发的合作方式进行推广应用。

应用范围

成果适用于岛礁近滩等甚浅水区，对水下掩埋的未爆弹、海缆、作案工具等搜探需求。同样适用于国土安全领域，如在西藏、新疆、黑龙江和云南等边境前沿、港口、重要资产区域（油库、保密单位、高档别墅）构建磁感应‘智能网’，并与物联网技术和5G通信加强融合，增强预警能力、防范敌对势力的破坏和渗透。

30. 潜载磁力仪装备

项目概述

近些年来，我国深海技术与装备研发工作取得了重要的突破和进展。大深度潜器“蛟龙”号、“深海勇士”号和“奋斗者”号相继投入使用，形成了全海深

载人进入能力。在此基础上，如何增加潜器的功能载荷，提高在深海作业下的目标探测和识别能力成为一个亟待解决的问题。

磁异常探测具有跨介质等特性能够拓展潜器对特定目标的搜寻、探测、识别能力。但当前主要水下磁探仪多为标量传感器，限制了磁信息的获取，并且在耐压性、稳定性方面无法满足在深海潜器上直接搭载。我团队研制的‘潜载磁力仪装备’具备高精度、高稳定、宽动态的特点，突破深海潜器搭载下的磁载荷动态噪声抑制等关键技术，形成深海潜器对目标的磁探测和识别能力。

2021 年我团队与中科院深海所展开深度合作，面向国家南海深远海救援打捞的急切需求，在印尼失事潜艇打捞和深海小目标探测任务中取得了突出的应用效果。

项目成熟情况

当前高精度海洋磁力仪主要采用光泵、质子泵等标量场磁传感器技术。美国、加拿大等国在该类型海洋磁力仪的研发技术更为成熟，具有良好的稳定性。国内也长期致力于该类型磁力仪的研发，目前也有一些产品具有良好的探测能力。但该类磁力仪通常功耗和成本较高、体积较大、耐水压能力差，并不适用于深海载人潜器的搭载，更重要的是标量场磁力仪获取的目标磁场信息较少，限制了其对目标的定位和识别能力。鉴于这些限制因素，矢量磁传感器探测技术成为一个需求热点，通过构建矢量磁探测系统能够实现对目标的定位与识别。

2021 年度，‘潜载磁力仪装备’已经在“深海勇士号”实际应用取得非常好的效果。随着水下无人机器人的快速发展，各种 AUV 平台搭载磁力仪探测的需求也非常迫切，为载人和无人水下潜航器的磁力仪装备带来了广阔的发展空间，市场前景广阔。

成果成熟度

技术成熟度达到 6 级，已经开始进行小批量生产，成品经用户充分使用，证明可行。

应用范围

适用于水下载人和无人平台，如载人潜航器，UUV，ROV 等。

31. 基于深度学习的目标识别系统

项目概述

海洋信息的获取、传输、处理和融合，不仅在海洋科学研究、环境调查、资源开发、权益维护和安全范围中发挥重要的作用，也因其应用环境的特殊性而成为信息科学研究的热点之一。本系统研究立足于目标识别的需求，从复杂水下环境中进行目标识别，提出复杂水下环境目标识别与信息处理的新技术和新方法。

项目成熟情况

本系统所采用的深度学习技术在以往其它项目中有过成功的应用经验，取得了较好的效果，技术上是完全成熟的。

应用范围

计算机、海洋等领域。

32.应用于浮式装备的随体式波浪能发电技术

项目概述

海洋资料浮标、无人船等海洋浮式装备工作与远离陆地的海洋，电能是支持其长期稳定工作和运行的基础。目前各类海洋装备主要采用柴油机或太阳能与蓄电池组合供电的方式。受到设备空间和重量限制，设备内部不能过多地携带柴油，柴油机供电的方式需要定期补充柴油，给工作于深远海的装备能源补给造成了很大的困难。

由哈尔滨工程大学波浪能研究团队开发的随体式波浪能发电技术，采用惯性能量转换技术，可安装于各类浮式装备内部，以浮式装备作为载体，依靠浮式装备在波浪作用下的运动，吸收波浪能进行发电，该装置所发出的电能直接为浮标、无人船等海洋浮式装备供电。研究团队经过多年技术攻关，攻克了实现随体式波浪能发电装置的轻量化、小型化、高效、高可靠等技术难题，可为浮式装备提供便捷、持续不间断的能源保障，极大地提高了各类浮式装备的远程作业水平和自持能力。该装置的额定发电功率可根据浮式装备自身的空间和电力需求进行设计。

项目成熟情况

关键技术成熟, 具有样品。

应用范围

可为浮标、无人船等浮式装备提供持续不间断的电能。