

## 五、机器人技术

### 1. 100kg 级微小型水下航行器

#### 项目概述

本项目在前期研究工作的基础上,深入研究了微小型水下航行器系统集成与总体技术、水下目标的区域搜索技术、海上安全收放与自救技术、耐压锂电池能源模块与水下能源补充技术、微小型高效水下集成推进系统优化设计技术研究,为研制具有自主航行和区域搜索能力,并可执行水下目标探测、水下环境资料收集等任务的具有明确应用功能的微小型水下航行器的研发提供技术支撑。

本项目研制的水下无人航行器长约 2 米,重约 80 公斤,直径 0.26 米,设计最大工作深度 100 米,设计最大航程 105 公里。

2014 年在山东威海海域完成了水下目标自主区域搜索试验及温、盐等水文数据调查试验。

#### 项目成熟情况

样品阶段。

#### 应用范围

微小型水下航行器可为水下环境观测、水下科学考察、水下救援、水下考古提供有效的探测手段,也可作为小型实验平台用于研究水下航行器相关技术,另外在军事上也可用于水下战场环境侦察、反水雷作战等。

### 2. 远程快速无人艇

#### 项目概述

项目获得无人艇领域首个 863 计划支持。该项目针对我国深远海海洋动力环境监测的广泛需求,面向广域、长期、高效、智能化海洋探测任务要求,突破远程快速无人艇自主监测系统的总体设计与系统集成技术、复杂海洋环境下自主决策与控制技术、面向工程应用的海洋环境监测技术、系统试验验证技术。该无人艇全长 12.2 米,满载排水量 7.5 吨,配有油电混合动力系统,最高航速超过 50 节,最大航程 1000 公里。具有手操、遥控、半自主、全自主四种工作模式。

可在四级海况下安全航行。全艇采用模块化设计,可根据需要快速更换任务载荷,自主完成海洋水文气象信息监测、海底地形地貌扫描测绘、首末端观测等多种任务。其先进的控制系统可实现对目标航迹的高精度跟踪,其环境认知系统采用先进的目标检测识别算法,结合实时建模技术,可对雷达、可见光、红外等多种传感器获取的环境目标信息进行快速融合处理,形成对周围环境信息的准确认知。在艇载自主决策系统的指导下可于任意适航水域高效完成多种任务使命,可针对复杂环境中的静态、动态障碍目标进行自主危险规避,以及对动态可疑目标进行自主跟踪追及。

#### **项目成熟情况**

成熟度 6 级。

#### **应用范围**

海洋局:海洋观测、科学考察等;

海警局:海上巡逻、缉私、查毒、反恐、预警等;

渔政与海事:渔业执法、交通监测等;

海洋石油公司:海上重大设备的监测、施工支援、资源勘探等;

气象部门:大气监测、气象预报,台风等气象灾害观测;

环境部门:海洋环境污染常态化监测、核生化污染等紧急任务。

### **3. 河流水下自主航行器**

#### **项目概述**

河流水下自主航行器主要以漂流的方式在河流内工作,可以实现全局规划、自主避障、北斗远程通信等功能,主要用途是利用其搭载的 ADCP 实现对河流水文信息的长时间探测,也可以根据需要搭载其它传感器。

本项目研制的河流水下自主航行器工作深度 200m,配有多普勒计程仪、磁罗经、深度计、北斗、ADCP、测距声呐等传感器,并预留扩展接口,可根据需要搭载其它传感器。

该水下航行器已于 2017 年在黑龙江松花江流域、辽宁大连海域等地完成了基本功能及应用试验,相关技术已申请国家专利。

#### **项目成熟情况**

已完工程样机研制，并进行了外场试验验证，技术成熟，已具备生产条件。

#### 应用范围

河流水文信息等获取、环境监测、科学考察、水下考古。

## 4. 300kg 级小型智能探测系统

### 项目概述

小型化的海洋自主探测系统具有体积小、机动灵活、成本低、搭载方便等特点，可广泛用于海底地形地貌探测、海洋矿产资源调查、地震地热活动的监测和海洋环境监测等，是目前发达国家大力开发并已部分商品化的海洋探测系统。针对我国目前在海洋开发方面的需求，开发系列小型化、低成本的海洋探测系统已势在必行，可为海底地形地貌和资源调查、海洋环境数据获取提供技术手段，与载人潜水器、遥控潜水器和大型 AUV 等联合构成通用深海作业体系。项目来源于国家高技术研究发展计划海洋技术领域的重点课题，主要针对我国在海洋资源考察、海底地形地貌探测、海洋环境数据采集等方面所需要的低成本、高精度自主探测的需求，研制出 300 公斤级的小型自主探测系统。项目以微机电技术、信息与网络技术、新能源技术等相关学科领域的发展为依托，突破相应的关键技术，并在国家具体的应用背景下，将军用技术转化为民用产品，在低成本小型化系统集成技术、艇体布局的模块化和标准化技术、面向实际应用的海洋环境探测应用技术以及适应高海况下作业的安全布放与回收技术等方面具有自主知识产权，实现了低成本、可回收和重复使用等高可靠性，并通过具有资质的第三方检验，可用于为我国海洋资源考察和科学研究。

#### 主要技术指标：

- (1) 空气中重量：395kg；（标准配置）
- (2) 最大航速：5kn；
- (3) 导航精度：航程的 0.5%；
- (4) 运动控制能力：艏向精度 $\pm 2^\circ$ ，垂向定位精度 $\pm 0.3\text{m}$ ；
- (5) 最大续航能力：240km（3kn）；
- (6) 最大工作水深：1000m；
- (7) 负载能力：不小于 15 公斤；

- (8) 工作环境温度：0℃~40℃；
- (9) 具有在不大于四级海况下安全布放回收的能力；
- (10) 具有定时、定深和遥控三种安全自救方式；
- (11) 具有模块化配置能力：能源可选择一次性电池或二次性电池；导航可选择一体式惯导系统、分离式惯导系统或低成本的航位推算导航方式。

#### **项目成熟情况**

具有样机，技术成熟，已具备产业化条件。

#### **应用范围**

海洋环境勘察、海洋环境数据自主采集以及海底目标搜寻工作等。

## **5. 海洋探测智能潜水器**

#### **项目概述**

本项目针对海洋工程，特别是深海油气开发工程对海底探测考察的典型技术需求，完成了“橙鲨”号海洋探测智能潜水器（AUV）的工程化，完成了2000米的深潜试验和指定范围内的海底探测试验，实现了海底地形地貌和浅层剖面的自主探测技术目标，为海洋工程的前期考察和后期维护检测提供了实用化的海洋自主探测装备，提升了我国在该技术领域的研究、设计和制造水平。

#### **项目成熟情况**

已完成工程样机应用演示试验，可进一步改进，开展定型设计及应用试验。

#### **应用范围**

海洋油气管道自主探测、海底表面特征自主探测、海底地形地貌自主测量、海底浅地层剖面测量、海洋水文信息搜集。

## **6. 智能水下机器人**

#### **项目概述**

该系列智能水下机器人是针对海中目标的探测与识别而研制的特种水下机器人。该机器人是目前海洋探测关键技术与开发的试验平台，包括深海热液的探测与追踪技术、水下磁探测技术、水下激光探测与识别技术等。

技术指标：

潜深：300 米；

续航力：110 公里；

能源：锂离子充电电池；

控制系统：PC-104+VxWorks；

通讯系统：水声通讯、无线通讯、光纤通讯；

导航系统：光纤罗经、多普勒计程仪、深度计、高度计、GPS。

主要探测传感器：前视声纳、多波束测深测扫声纳、微光摄像机、水下激光探测器、温盐深传感器、磁探仪。该机器人已经参与了四次海上试验，自主探测了多种水下目标、自主完成了对海洋环境信息的采集等。

### 项目成熟情况

具有样机，技术成熟。

### 应用范围

应用于海底地形地貌的测量；海中特殊目标的探测与识别；海底光缆的探测与定位；海洋环境数据的自动采集等。

## 7. 海洋综合探测潜水器

### 项目概述

海洋综合探测潜水器是针对目前海洋开发的需求，特别是海洋油气开发的需求而研制的自主式潜水器。该潜水器能够自主航行在复杂海洋环境中，并自主完成对海洋油气管道、海缆、海中目标等的探测、定位与跟踪。

技术指标：

潜深：1000 米；

扩展续航力：1000 公里；

最大速度：5 节；

巡航速度：2 节；

能源：锂离子充电电池；

控制系统：PC-104+VxWorks；

导航系统：小型惯导、多普勒计程仪、深度计、高度计、GPS；

通讯系统：水声通讯、无线电通讯、光纤通讯；

主要探测传感器：微光摄像机、前视声纳、侧扫声纳、温盐深传感器。

### 项目成熟情况

技术成熟，性能优越。

### 应用范围

海洋资源开发（海洋油气开发）。

## 8. 波浪滑翔器

### 项目概述

波浪滑翔器是一种波浪能驱动新型海洋无人航行器，得益于对波浪能和太阳能的高效利用，从根本上摆脱了常规有人装备（或海洋无人航行器）对自身所携带有限能量源的限制，为执行广域、长期化、自主化及全天候的海洋监测任务提供了一种全新的、革命性的解决方案。其主要特点：1. 波浪能和太阳能驱动，无污染；2. 突出的续航力，可在海上持续工作数月；3. 生命力强，适应恶劣海上环境；4. 智能化，可远程实时控制；5. 成本低，高性价比。

本项目来源于国家自然科学基金、总装预研基金和中央高校研究基金等联合资助，通过深入技术攻关已突破了波浪能推进、系统集成、运动机理分析、长航时自主控制等关键技术，成功研制出原理样机、实验样机及工程样机，并完成了多次长航时海上试验验证。目前，已授权发明专利 3 项、申请发明专利 6 项、获得软件著作权 7 项、发表 SCI/EI 论文 10 余篇。

主要专利：

一种易于回收的波浪滑翔器及其回收方法 ZL 105775075B

波浪滑翔器收放装置 ZL 105460182B

水面水下混合型航行探测器 ZL 104691728B

波浪滑翔器集成操控系统 V1.0 2016SR164786

波浪滑翔器海洋环境监测终端软 V1.0. 2016SR164771

波浪滑翔器监控平台软件 V1.0 2015SR149241

波浪滑翔器推进性能分析软件 V1.0 2015SR149236.

波浪滑翔器操纵与控制软件. V1.0 2016SR16477.

波浪滑翔机水动力计算软件 V1.0 2015SR165332

波浪滑翔器的运动仿真软件 V1.0 2015SR164874

### 项目成熟情况

完成了工程样机研制和多次海上试验验证，技术成熟，已具备试生产条件。

### 应用范围

海洋环境监测、科学考察、水面/水下通信中继、海洋工程、海上安全与防务、渔业调查。

## 9. 长航时多源海洋能驱动机器人技术

### 项目概述

当前对海洋环境观测需求迫切，特别是建立长时序、广域、精细的海洋环境大数据库能够对研究气候变化、极端天气、推进海洋开发、推动海上国防事业发展极为重要。当前水面航行器普遍存在能耗大、有污染、航时短、获取数据少等突出问题，导致长时序、广域精细化的海-气界面观测数据匮乏，制约了海洋气象预报准确性及海洋数据化。

在国家自然科学基金、科技委创新特区、预研基金等持续资助下，团队原创性地提出、发展了长航时多源海洋能驱动机器人技术，构建了国际首套“风-光-波能”混合驱动海洋机器人样机，并完成了自主长航时海上试验验证，累积航程逾 1000 公里。已取得自主可控的完整知识产权体系，包括授权中国发明专利 20 余项、日本发明专利 1 项、受理发明专利 20 余项、软著 12 项、学术专著 2 部；巡航航速 $\geq 2\text{kn}$ 、波浪推进航速 $\geq 2\text{kn}$ 、跟踪精度 $\leq 8.0\text{m}$ 的技术指标；总体上达到了同类技术的国际先进水平。

长航时多源海洋能驱动技术是破解水面航行器航时短局限的一种创新性技术方案。在海洋环境监测，特别是建立长时序、广域、精细的海洋环境大数据库领域中具有较大的发展空间和市场前景。

### 项目成熟情况

以南海“海-气界面观测”为例：我国南海海洋面积约为 210 万平方公里，每 2000 平方公里一台航行器业务化检测，用 1050 余台航行器即可实现南海海域全覆盖。每个航行器的定价约 50 万人民币（依据搭载的不同仪器设备而定），可以创造约 5.3 亿人民币的经济收益。

完成了关键技术攻关及系统集成，研发了两套实验样机，通过 3 次海试，累计航时超过 3 个月，其长航时多源海洋能驱动技术、自主控制技术、系统设计方案及样机可靠性、自主环境观测能力等均得到了有效验证。

### **应用范围**

成果适用的工程领域或国民经济行业，海洋、气象、环保、渔业、海事、海工、海防等，对海洋“海-气界面观测”数据需求的部门。

## **10. 深海探测型载人潜器**

### **项目概述**

海洋是地球上尚未被人类充分认识和开发利用的各种自然资源潜在的战略基地，海洋的科学研究离不开各种海洋装备，深海载人潜水器就是可以运载科学家和各种工程人员进入深海亲临其境进行直观观察和进行各种科学研究的重要装备。

深海探测型载人潜水器是哈尔滨工程大学发挥学校在潜器及水下机器人方面的优势而研制的，潜器总长 12.3 米、宽 3.2 米、高 2.4 米，首部配备有机械手一部，可以完成一般的水下作业任务。推进系统采用了六个高效导管推进器，可以使潜器灵活的进行空间六自由度运动，同时还配备了先进的定位、导航、通信、生命支持系统等。

该型载人潜器的特点具有：下潜深度大、内部空间宽敞、水下作业时间长、续航力大的等特点。其作业深度可以在大部分海域进行探测任务，同时该型潜器强大的载荷代换功能，可以满足几十名人员和大量物资的运送任务，也意味着潜器具有很大的改造和升级的空间，该型潜器所具有多功能特点为国内首创：集科学探测、物资和人员输送等多种功能于一体。

### **项目成熟情况**

技术成熟，填补国内空白。

### **应用范围**

深海资源开发领域。



## 11. SY-II 遥控水下机器人

### 项目概述

该成果为国家“863”计划项目，“实验-2”遥控水下机器人的主要合剂思想是：使船只在进入船坞以前进行船体厚度检测大大提高船只运营效率和使用可靠性。该平台包括遥控水下机器人的水下探测技术和船体检测技术。

技术指标：

潜深：100 米；

移动速度：1m/s；

能源：锂离子充电电池；

控制方式：既可使用遥控手柄手动控制，也可通过水面控制台实现自动控制。

主要探测传感器：

水下 TV、前视成像声纳、深度计、磁罗经、超声波测厚仪等。该水下机器人已于 2010 年通过了蓬莱海洋实验。

该水下机器人相关技术已获得专利 CN200810137410.5、CN201010159041.7

### 项目成熟情况

具有样机，技术成熟。

### 应用范围

既可用于水下摄像机和成像声纳检测船体和水下结构物的腐蚀、破损和附着情况，也可利用超声波测厚仪测量船体钢板及构件的厚度，了解腐蚀程度。

## 12. 海生物目标自主检测与抓取捕捞机器人

### 项目概述

基于国家自然科学基金重点项目，由哈尔滨工程大学牵头和中科院自动化所共同完成。面向海洋牧场的海参、扇贝、海胆等目标的机器捕捞分别研制了自主吸纳和自主抓取作业两型水下机器人。

针对小样本提出迁移深度模型、模拟数据增广和多卷积层融合系统方法，实现水下可变形小目标准确识别和跟踪；针对声纳图像特点，提出改进的反距离加权插值算法，和基于隶属度的模糊增强算法，提高了水下环境的成图质量和检测

准确率；分别研制了自主吸纳和自主抓取作业两型水下机器人，针对作业中的干扰和遮挡提出了手眼融合规划和控制模型，实现了海洋自然养殖环境下的生物目标全自主规划、识别、定位、跟踪、控制和抓取。实现了海洋自然养殖环境下的生物目标全自主规划、识别、定位、跟踪、控制和抓取。获得国家发明专利 16 项，省部级二等奖两项。

机器人重量 90kg，单次入水捕捞重量 15kg，配备了三关节机械手，前视声纳，水下摄像机，四个水平推进器，两个垂向推进器，具备手动遥控和自主两种模式，可实现海底生物生活环境的自主监测，目标识别跟踪，全自主规划路径、抓取和捕捞作业。

### 项目成熟情况

(1) 成果目前已基于哈船特装等和山东海洋与渔业厅建立协同创新中心，正向山东太阳岛船舶科技有限公司，东方海洋牧场等推广多台套水下机器人，未来在水下海生物养殖环境监测，机器捕捞，通过遥控甚至自主的形式逐渐代替潜水员作业，降低捕捞成本，提高捕捞安全性有广泛地前景，可采取的合作方式包括技术转让、技术入股、合作开发、技术服务等多种形式；

(2) 成果目前已在现实环境，即獐子岛海洋牧场进行了真实的应用验证，达到技术成熟度 7 级，将进一步提高捕捞效率，形成充分的用户验证和批量推广。

### 应用范围

主要应用于海参、扇贝、海胆等海底生物生活环境的自主监测，目标识别跟踪，全自主规划路径、抓取和捕捞作业。

## 13. 水面无人艇自主控制系统

### 项目概述

针对我国海洋科考、海上作业、海上安防、海上护卫等的迫切需求，充分发挥无人系统在海面重要领域的关键性作用，解决迅速、广域、灵活、可靠、长期、智能化、系列化的海洋开发利用的综合要求问题，在国防 973、国家 863、海军、军科委等多个项目的支持下，哈尔滨工程大学突破复杂海况、输入饱和、欠驱动、强非线性、高速强机动等多元素约束，成功研发了感知、决策、控制一体化的水面无人艇自主控制系统，并在哈工程自主研制的国内首艘具有全自主能力的“XL”

号水面无人艇、国内首艘超高速复合动力无人艇“天行一号”，验证了水面无人艇自主控制系统的有效性和先进性。目前，学校在该领域申请专利和软件著作权近百项，在国家出版基金资助下出版相关著作 3 部。经过多年的迭代，该系统已经衍生出模块化的系列型号，技术指标和功能属性可以根据需要剪裁和配置，典型功能包括水面环境感知、航路自主规划、循迹自主航行、障碍自主避碰等。可以在小型、中型、大型等无人艇上适装，可以适用于排水型、滑行艇型、双体、多体等多类船型。该系统及相关技术在中船集团、航天集团等军工集团、以及深圳、江苏、辽宁等地方企业中得到了应用和合作。

### 项目成熟情况

随着海洋资源开发利用的逐步深入，以及人们对海洋安全、海洋环境保护的广泛重视，促使海洋观测正在发生革命性的变化，主要体现在：海洋观测立体化，平台多样化，海洋观测系统化、网络化。因此，迫切需要海洋观测平台能长期、广域、经济、可靠、自主地执行海洋观测任务。水面无人艇自主控制系统是无人艇的核心关键系统，而无人艇作为一个无人海洋运载平台，可以在海洋中承担长期、自主、灵活、低廉的作业任务，因此，在民用领域具有非常广阔的应用前景，如海洋测绘与科学调查、环境监测、水文调查、气象预报等。无人艇的还可搭载多种丰富的传感器，能长期、隐蔽、自主地在海洋中执行使命任务，并可以批量投入战场，从而具备对水面/水下海洋环境的立体、持续感知能力。

水面无人艇自主控制系统技术成熟度达到了 6~7 级。该系统在 2020 年应用于中船集团 708 所的中型艇上，获得了海军组织的实艇测试自主性全国第一名；在中船集团系统工程研究院的两艘小型艇上得到了应用，在大连、梧州等地的海域圆满完成了相关任务；2021 年该系统在 XX 测量系统无人艇运动控制分系统全国竞标中成功中标，在中船集团 5 艘无人艇上装配。学校依托哈船智装公司，与黑龙江省农科院合作，研发了水田农作无人船，并计划在省内各大农场推广应用。

### 应用范围

成果适用与交通运输、船舶工程、海洋科考、边防缉私等领域。

## 14.短接管切割机器人

### 项目概述

短接管切割机系列广泛应用于军事、海洋工程、城市管道、造船、建筑、石化、机械、冶金、网架结构等行业的管道及桁架梁结构件的切割加工。切割机可对相贯管的单端采用空间几何进行解析，生成单端切割数据，因此可单独对任一端头、由任一起始点开始进行切割，并根据可生成的单端切割数据特点研发出不同机械结构的切割机以完成相应的功能。

技术特点：

为多关节联动控制设备，采用参数化输入，便于工人操作，可搭载氧气乙炔割枪、等离子割枪、高压水割头等。

涵盖三种相贯方式，内贯式、全贯式、API 相贯式；具体可以实现对筒体与圆接管正马鞍相贯、筒体与圆接管偏马鞍相贯、筒体与圆接管斜马鞍相贯、椭球封头与圆接管相贯、球封头与圆接管相贯、锥壳体与圆接管相贯、平板与圆接管相贯、近似为平面椭圆的直口及坡口。

技术水平：

本团队具有多年且丰富的相关产品研发经验，鉴于我们自主研发的产品技术和功能达到或接近国际先进水平，国内处于领先水平。

技术指标：

管径范围大（ $\Phi 50\text{mm} \sim \Phi 1500\text{mm}$ ）；

切割坡口角度范围： $0^\circ \sim \pm 50^\circ$ ；

切割圆孔精度： $\pm 1.3\text{mm}$ ；

切割板厚范围： $\leq 150\text{mm}$ （根据可配割枪可适应更大宽度）；

### 项目成熟情况

通过校企合作，已经获得厂家认可，已经证明，技术完全成熟，可以进行批量生产。

### 应用范围

可以用于天然气管道、石油管道、化工管道、自来水管、汽轮机、电力、锅炉、压力容器、船舶和核电等行业的法兰接管切割，实现与容器壳体相贯的法兰接管相贯线异形曲面切割。

## 15. 小型智能水面无人航行器

### 项目概述

小型智能水面无人航行器作为水面船舶的一种新型船型，可协助完成对水面的远程无人探测、警备、队伍保护、监视和预警，既可独立完成特定的水面工作任务，也可作为大中型水面船舶的附属装备。航行器采用模块化设计，小型滑行艇型，航速高、续航能力强，具备远程手动遥控和自主航行两种模式，可根据不同工作任务加载不同任务模块，航行器自带视频传输系统，可实现远程图像数传。具备避障、航迹跟踪、自动控制等功能。

智能水面无人航行器以较低的成本弥补大中型船舶在复杂水域工作的不足，尤其适用于不适合人员工作的危险水域环境科学考察、恶劣环境监测，短途快速运输等，具有较大的应用价值。

### 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

小型智能水面无人航行器，可协助完成对水面的远程无人探测、警备、队伍保护、监视和预警。

## 16. 现场空间曲线切割和焊接机器人

### 项目概述

大直径开孔数控火焰切割机是专门用于在圆柱形壳体上切割相贯圆孔的切割设备，也可以用于在平板或复杂空间曲面上切割投影圆孔。切割投影圆直径可以从 300mm~3000mm，并且可以切割变角度坡口。本设备可以应用在造船、海洋工程中大型管结构、石油化工设备、冶金、压力容器制造、车辆和桥梁等行业。

功能特点：

- (1) 圆柱壳体上切割正交孔，偏心孔，能切割连续变角度的上下坡口。
- (2) 可以在平板、斜板上、曲面板上切割圆孔，并切割变角度的上下坡口。
- (3) 可配氧乙炔、等离子切割等切割系统。

我们开发生产的 DKK-2 型大直径相贯线数控火焰切割机经过了我们的多年的

研究设计，经过在各种条件下的严格考验，现已成功的应用于我国船舶制造，特别是多次圆满的完成了大直径、大垂直位移和坡口角度变化的高精度开孔，极大地提高了切割质量和生产效率，受到使用厂方的欢迎，本项目荣获 2004 年黑龙江省科技进步一等奖。

### **项目成熟情况**

技术和产品成熟可靠。

### **应用范围**

该设备可以用于在工业用型钢，主要是圆柱形壳体、扁球面及球形截面、圆锥形壳体或其他变截面型材上，切割投影圆孔、椭圆孔或其他类型的空间复杂曲线，切割变角度内外坡口，切割接管的管端，并可完成接管与壳体的自动焊接。

## **17. 巡逻安保机器人**

### **项目概述**

该机器人可按预设轨迹运行或人工遥控运行。并运用其自身携带的前端传感器、视频监控传感器、声音监控传感器、温度和烟雾报警传感器、双向对讲系统完成无线监控和日常巡视任务。

智能安防系统主要以静态视频监控为主，本产品填补动态视频监控空白，可以与静态摄像头监控互补，同时可以降低人力成本，提高监控安防系统效率，社会效益可观。可根据具体需求定制不同层次和功能的安防机器人，市场前景广阔。

### **项目成熟情况**

已完成全部上下位机系统，通讯系统，传感器系统设计，需要进一步在实地场所测试性能。

### **应用范围**

普通地形环境的全天候 24 小时自行监控，恶劣环境下人更显优越性。可用于厂区、商场、公安、武警指挥巡逻、地下停车场等场所。

## **18. 智能水下机器人**

### **项目概述**

水下无人航行器（简称 UUV）是一种不依赖母船供电、遥控或自主控制、能

回收和反复使用、能长期在水下自主推进航行或滑翔的无人潜器。团队自主研发的 UUV 具有小型化、智能化、无人化和隐身化的特点，具备高精度的地形测量和检查能力，可完成海底管线检查、环境监测、海洋渔业开发、港口及海上石油设施监视与检查等任务，具有高精度、高可靠性、高性价比等特点。

#### **项目成熟情况**

技术成熟，处于小批量生产阶段。

#### **应用范围**

目前国内对 UUV 的探索研究起步较晚，仅有少数单位掌握其核心技术。公司团队自主研发的白豚-100、白豚-1000、白豚-6000 系列产品，具有航速快、工作深度大、续航力强等特点，通过有效负载，可满足军事海洋技术领域和海洋工程领域的作业需求，关键技术已经达到国际先进水平。

## **19. 小型水下机器人遥控设备**

#### **项目概述**

Handle 系列小型水下机器人遥控系统是具备国家领先技术的小型化水声通信设备，是专门为小型水下潜器提供可靠数据通信链路的一种通用型水声通信终端。本系列产品具备体积小、重量轻、距离远、功耗低、多体制等核心优点，能够满足不同用户对报文、短信息、数字语音、数字图像、控制命令、大量数据等水下无线通信需求。

本系统既可作为水下潜器控制和反馈系统的一部分，对水下潜器进行实时远程控制和工作状态监控，也可单独实现各种水下平台的数据实时上传、水上命令实时下载、遥控指令即时响应、水下状态实时更新等功能。同时，本系统还具备水下多点组网功能，实现水下信息网、水下传感器网等功能，可满足水下潜器集群编队组网等需求。

#### **项目成熟情况**

本系列产品已发展为多种型号的产品，可根据用户对通信距离和通信速率的需求，合理配置系统参数，优化系统资源，节约能量消耗。总体技术水平达到国际先进水平。总体成熟度达到 8-9 级。

#### **应用范围**

本系统可广泛应用于遥控各种 UUV、仿生鱼、水下机器人等无人潜器。也可做为标准通信机，安装于各种海洋浮标、潜标，作为数据传输节点，在我国渤海、黄海、东海等复杂海洋环境下稳定工作。

## 20. 复合吸附式船体清刷机器人

### 项目概述

水下船体清刷机器人是一种用于船舶壳体清洗的高科技自动化设备，可广泛应用于船舶维修行业市场，面对的客户群包括船舶修理厂、船舶运输公司、军用舰船等客户群体。

本项目所研发和产业化的水下船体清刷机器人是应用于船舶维修行业的高科技产品，能够解决传统清刷技术所固有的问题（如船舶入坞成本高、作业危险度高等）。本产品应用了公司独有核心专利复合吸附技术和自主导航技术，提高了机器人的有效作业清洁区域和工作效率，与市场同期产品相比具有明显的竞争优势，填补了国内外产业空白。复合吸附水下船体清刷机器人是采用磁吸附和推进器吸附这两种吸附方式附着在船体上进行工作的，并采用高压水对船体表面进行清刷。

我国船体的表面清理工作主要在船坞进行喷砂处理，污染严重、修船期长，船坞不足。国外采用潜水员驾驶的清刷机具，而该水下清刷机器人通过磁轮和螺旋桨负压复合吸附在船体上进行清刷，无需进坞，港口停泊就可以对船体进行维护。该产品市场定位清晰，目标市场为船舶维修行业市场，从细分市场来看属于维修行业下的船体清洗服务行业。此市场容量份额高，粗估每年仅中国船舶清洗服务市场产值就约为 24 亿元人民币。每年全球的船舶清洗服务市场产值约为 700 亿元人民币。

（1）在经济效益上，使用具有自主式的水下船体清刷机器人，可以大量降低船体航行的耗油量，节省人工清刷船体的费用，为船体长期的使用带来方便；

（2）在清刷效率上，使用该船体清刷机器人可以针对不同的污损物采用不同的清洁刷，例如专门提供清刷海藻、藤壶的刷盘，既提高了清刷效果，又显著提高了清刷效率；

（3）在操作人员上，使用自主式的船体清刷机器人可以实现机器人的自主



式清刷，不需要工作人员下潜到水底进行控制，也不用船舶专门进入到船坞进行清理，可以节省大量的人力、物力和时间；

(4) 在国家利益安全上，机器人在水下船体清刷技术的应用方兴未艾，具有极大的应用价值和 market 潜力，研究这种船体清刷机器人可以让我国在机器人清刷方面抢到制高点，同国外的产品可以进行自由竞争，跟上国际科技研究的潮流。具有在企业发展的起始阶段，本产品及服务紧紧围绕这一核心市场内容，所提供的产品技术门槛高，在国内外属于领先地位，这为价格制定和市场推销提供了独家有利条件。

主要专利：

一种水下清刷装置 CN203345181U

一种藤壶清除装置 CN203094410U

水下船体清洁刷 CN103287554A

一种藤壶清刷装置 CN103213659A

液压驱动二自由度仿生脊柱关节模块 CN103302677A

一种旋转式水下清洁刷 201520165380.1

### 项目成熟情况

该产品我们经过了三代机器人的改良，处于样机阶段，目前在与黄海船厂达成试用协议。

### 应用范围

水下船体清刷机器人是一种用于船舶壳体清洗的高科技自动化设备，可广泛应用于船舶维修行业市场，面对的客户群包括船舶修理厂、船舶运输公司等客户群体。

## 21. 系列康复机器人

### 项目概述

#### (1) 自动手指康复训练器

由手持控制盒和训练器两部分组成，手持控制盒用于各种训练方式的设定，训练器完成手部的训练工作。通过手持控制盒上设定参数后，传给训练器，训练器按着设定的参数用电机拖动机构，带动患者手指进行往复的伸缩运动。可以

完成手部肌肉群的恢复性训练及力量训练，从而使手部逐渐恢复正常功能。具有三种训练模式，可以实现拇指训练、四指训练、拇指与其他四个手指协调运动训练。

#### (2) 站立式下肢康复训练机器人

该下肢康复训练机器人通过约束机构巧妙地将步态运动和踝关节姿态协调起来，可以模拟正常人行走的椭圆步态和踝关节的运动姿态，带动下肢做行走运动，帮助恢复行走运动机能。实现对下肢各个关节的运动训练、肌肉的锻炼以及神经功能的恢复训练。该康复机器人具有主动和被动两种工作模型，适合不同对象的需要，从而获得更佳训练效果。

#### (3) 多功能助行康复机器人

针对老人运动机能较弱和偏瘫、截瘫患者行走运动障碍问题提出的对辅助行走和康复训练的需求，突破助行康复机器人的结构和运动协调控制等关键技术，研发多功能助行康复机器人产品。多功能助行机器人采用双差动轮驱动，残疾人可以随着机器人的前行而进行走步锻炼。腿部行走机构根据曲柄摇杆原理，利用摇杆末端圆弧轨迹模拟人走步时的大腿末端轨迹，随着机器人移动，行走机构给予残疾人腿部一定的推力，帮助残疾人双腿实现迈步动作，并且满足正常人行走时双腿的  $180^\circ$  相位差，使残疾人更好的完成走步训练。该机器人具有四种训练模式：轮椅、助行、起坐和康复。

#### (4) 自动助餐机器人

该机器人由旋转餐桌和机械手组成，通过计算机控制，操作方式有两种：脚踏开关和语音控制，可根据患者的肢体残疾程度和个人喜好自行选择。患者只需踩动脚踏开关或用语音表达，助餐机器人即可帮助残疾人进餐。此外助餐机器人的突出优点还有：轨迹规划模拟真人进餐，机器人助餐更人性化；机器人具有软件、硬件、机械三重限位系统，机器人更安全。

### 项目成熟情况

产品成熟，已经产业化。

### 应用范围

年老体弱者、偏瘫、脑瘫患者的康复训练。

## 22. 轻型核电巡检机器人

### 项目概述

能源是发展的基础，然而随着传统能源逐渐枯竭以及人们环境意识的提升，发展使用绿色清洁能源是必然趋势，核电的发展在这种需求下便应运而生，然而核电也是一种十分危险的能源，一旦发生泄漏事故后果将十分严重，为防患于未然，加强核电站的巡检可以有效降低事故发生，因此，使用机器人进行巡检具有重要意义和价值。研究的核电站巡检机器人主要应用于核电站内仪器仪表的日常监视检测和机械手操作，结合核电站内巡检的要求对各个部分功能实现进行结构研究及进行运动特性分析，为核电巡检机器人的运动控制奠定基础；研究各部分控制策略及实现，使之适应于要求的环境下高效运行，开发基于 LabVIEW 的上位机监测和控制操作界面，完善整个巡检系统。创新性如下：

(1) 采用 wifi 无线传输方式，在不干扰核电站内设备正常工作的情况下，改变了传统核电站内仅使用有线传输的现状，解决了以往核机器人被绞缠的问题。

(2) 设计了一种四杆升降机构，在以往的四杆机构中由于结构问题，升降过程中重心有偏移，滚珠丝杠四杆升降机构能够实现无偏移升降，提升了机器人的作业范围。

(3) 设计了基于 LabVIEW 上位机，能够实现上位机图像采集和处理并能与核电巡检机器人进行无线通信控制。

(4) 整体机器人机构动力配置合理，采用轻量化的设计，便于携带和运输。

### 项目成熟情况

小批量生产阶段。

### 应用范围

核电集团、电力集团、国防军工。

## 23. 遥控小型潜器 ROV

### 项目概述

该产品是一种可以针对不同用途更换传感器及作业设备的微小轻便型检测

用途的有缆水下机器人。该技术在过去一直被国外企业所垄断，国内现今销售 ROV 的公司均为代理国外产品。该机器人是通过脐带缆为机器人提供能源，控制信号及探测器信号也可通过脐带缆中的光纤传输。需要人工作业或检测时可切换到手动操纵模式，由操纵手控制机器人进行相关的作业任务。如需对指定水域的特定目标进行搜索时，可切换至自动模式，通过水下模式识别技术进行自动搜索。因为脐带缆供应电力，所以可以长时间的进行搜索工作。该机器人中应用到的几项关键技术均具有自主知识产权，如浮力材料、防水推进器、水下视频设备、运动控制器等，因此该系列产品具有强大的后续开发潜力。该机器人应用领域广阔，可以免去蛙人下水的诸多不便及危险发生，降低检修成本提高检修效率。也可对相关水域进行自动排查或定点监控。并且还可以广泛应用于海洋能源开发领域，可应用于海洋开发装备的安装、工作监控以及故障检修等。该设备是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。

主要功能特征：

深度等级：150m；

尺寸：长度 x 宽度 x 高度：450mmx270mmx210mm；

重量：空气中：6.0kg（13.31lbs）；

水中：中性，通过底部圆筒铅块重量调节；

速度：3.5 节；

推进器：3 推进器：2 水平方向（向前 / 向后），1 垂直方向（向上 / 向下）；

蓄电池：NiMH 电池，3 小时自主供电（潜器+操控台）；

外部供电：110-220V 交流电 - 可同时 ROV 操控 + 电池充电。

ROV 虽然在技术上没有 AUV 那么复杂但是现如今国内还没有一个可以完全成品化的 ROV 产品，据了解国内现在各单位使用的 ROV 多是从美国、法国进口来的，08 年奥运会国安部门就进口了多台美国的 ROV 用于水下安检，每台的价格都在 30 万元以上，由于没有国产化进口的 ROV 产品价格非常昂贵使用率很低。

### 项目成熟情况

技术成熟，中试阶段。

### 应用范围

可应用于核电站、水电站坝体、桥墩检测；水下搜救、打捞；港口、船体和

螺旋桨推进器检测；海洋石油部门、海上石油平台等。