

深海信息体系构想及关键技术

夏学知, 陈雁飞, 曹江丽

(中国船舶重工集团有限公司第七〇九研究所, 武汉 430074)

摘要: 深海资源开发和科学研究涉及的深海作业任务中, 信息体系是深海装备协同并发挥体系作用的关键因素。本文分析了构建深海信息体系以支撑装备协同环境的需求, 探讨了信息体系的构成要素、面临问题、构建重点和关键技术, 从加强顶层规划、聚焦关键技术、适时示范应用等角度给出了深海信息体系的发展建议。

关键词: 深海利用; 信息体系; 体系构建; 智能化

中图分类号: TP399 **文献标识码:** A

Conception and Key Technologies of Deep-Sea Information System

Xia Xuezhi, Chen Yanfei, Cao Jiangli

(The 709 Research Institute of China Shipbuilding Industry Group Co., Ltd., Wuhan 430074, China)

Abstract: The deep-sea information system can facilitate deep-sea equipment collaboration and plays a systematic role when being applied to deep-sea resource exploitation and research. This paper analyzes the demand for building a deep-sea information system to support the collaborative environment of equipment, and explores the elements, focus, major challenges, and key technologies of the deep-sea information system. To promote the development of the deep-sea information system, we propose strengthening top-level planning, focusing on key technologies, and conducting timely demonstration applications.

Keywords: deep-sea utilization; information system; system construction; intelligence

一、前言

深海因其具有丰富的资源、广阔的空间, 以及所蕴藏的巨大的政治、经济、军事、科研和生态环境价值, 成为 21 世纪大国必争之地。随着人类对海洋开发需求的不断增长, 以及物联网、云计算、大数据、移动互联等新一代信息技术的快速发展,

利用信息技术提高人类“认识海洋、经略海洋、管控海洋”的能力已经成为推进海洋事业发展的重要动力。我国将处理好海洋军事、经济和科技的关系, 选择走合作、开放的道路, 通过科技先行力求脱颖而出, 争取海上的引领地位 [1]。

在民用领域, 传统海洋强国一直注重开展海洋开发的“蓝色圈地”运动。美国牢牢占据着深海活

收稿日期: 2019-06-24; 修回日期: 2019-10-25

通讯作者: 夏学知, 中国船舶重工集团有限公司第七〇九研究所研究员, 主要研究方向为信息工程、指控系统; E-mail: xzxia@vip.163.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“海洋强国战略研究 2035”(2018-ZD-08)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

动的主导地位,是目前深海资源拥有量最大、开发技术研究水平最高的国家。日本出于战略资源需求的考虑,近年来在深海金属矿、天然气水合物、深海生物基因的勘查/开发/科研方面的投资力度已居世界第一。韩国、印度等新兴工业国家也在积极参与区域海底资源的争夺,例如:韩国于1998年研制成功了6000 m水下机器人,已在太平洋有关海域进行热液硫化物和富钴结壳矿区的选区调查;印度投入了大量资源用于深海开发[2]。

在军事领域,深海空间由于通透性差、压力变化大、水文特性复杂等特点而使其难以感知,易于遂行隐蔽性和突然性任务,成为继陆、海、空、天、电磁之后的第6维重要战略空间[3,4]。以深海基地为中心、以深海预警和通信系统为依托、以深海后勤体系为保障、以隐蔽性综合打击为手段,由此构成体系化的深海军事力量,可以充分发挥深海作战效能,有望颠覆传统海战模式[5]。美国在潜艇平台、水下无人系统、海底监视系统、反潜装备等多方面都处于世界领先水平[6~10],朝着组建深海部队、完善深海作战条例、发展深海武器系统的方向发展。俄罗斯长期将潜艇平台和水下作战能力视为维持海上非对称军事平衡的重要手段,持续发展新型潜艇、水下推进、综合探测等装备和技术,着力提升其深海军事力量。

海洋强国从20世纪五六十年代起,通过深海的探测、通信、导航、信息利用等方面的技术综合与创新,逐步构建深海立体信息体系,重点发展贯穿深海、浅海、海面、空中、太空、电磁等空间的综合信息保障能力。围绕海洋信息系统建设,国际组织及美国、欧洲、日本等世界海洋强国或地区,纷纷投入巨资实施了一系列重大项目,包括:全球海洋实时观测网计划(ARGO)、一体化海洋观测系统(IOOS)、海王星海底观测网络计划(NEPTUNE)、欧洲海底观测网(ESONET)、密集型地震海啸海底监测网系统(DONET)等。

近年来,我国逐步开展并深入实施深海大洋科学调查、资源勘探开发、战略资源防护等海洋权益利用和维护工作,由此对“认识海洋、经略海洋、管控海洋”提出了全新的要求。与之对应,海洋信息化建设及应用成为亟需重点发展的领域,深海信息化与智慧化也成为“数字海洋”的重要发展方向[11]。随着大深度载人平台、无人运载器、深海

预置装置等大型海洋装备的研制成功和陆续投入应用,同步规划发展深海信息体系、开展深海信息化建设,已成为当务之急。

二、面临的问题

深海信息体系是由功能上相互联系、相互作用,性能上相互补充的多种信息设施组成,其体系要素(各类感知装置、作业平台、作业指挥调度管理功能系统等)通过多种通信手段互联互通,并与岸基、空中、水面的其他平台/系统互连互通,形成具备广域信息获取、处理、共享的体系,由此保障深海作业人员/平台对信息获取与利用的需求。

深海信息体系需要面向军民应用需求,整合各类信息资源,提升深海信息感知和共享能力。受深海物理场特性和深海装备能力限制,深海信息体系构建面临着一系列难点问题(见表1)。

三、初步设想

聚焦深海信息的观测、利用、管理和保障需求,提出了深海信息体系建设的初步设想。深海信息体系包含深海信息感知、深海信息传输、深海作业管理、深海综合保障、深海安防5个方面,涉及的要素有:依附深海平台/单元的探测、通信、导航、指挥控制、支援保障等设施,依附深海及海底的探测、导航、通信等设施,信息、法规、条令等外部资源。

(1) 深海信息感知系统主要由海底固定、深海浮标、深海平台(有人/无人)配置的各类传感器组成,具备水声、光学、电磁场等多类信息收集与感知能力,用于平时水下环境信息收集和 underwater 目标的侦听、水下探测,以满足对特定深海区域的全天候、全频段信息感知需求。还可与海面和空中甚至天基感知体系互联,在更大体系层面发挥感知作用。

(2) 深海信息传输系统主要由海底固定光纤通信、水下甚低频(VLF)和超低频(SLF)通信、水下无线射频通信、水声扩频通信、水下激光通信、水下中微子通信等设备,以及浮标式数据链和卫星通信天线等组成。用于深海感知和控制信息的传输,以及与海面、空中、岸基和天基信息系统的

表 1 深海信息体系构建的主要难点

主要难点	约束因素	对体系构建的影响
体系资源有限	多数深海单元载荷小、平台规模受限、支援保障不足	体系规模小、海域控制范围有限
感知能力有限	水下探测、识别、警戒范围、威胁辨识能力受限	难以准确把握深海环境和态势
导航定位手段有限	导航定位方式少，精度不高	难以在大范围内准确定位，影响作业规划、航路规划和航线安全
通信能力有限	距离近、速率不高、方式少	有人/无人协同、无人自主协同等难以实施，无人集群规模受限
平台信息管理能力受限	平台计算能力与能耗受限，智能信息处理、决策、控制智能化程度有限	作业动态规划、指挥控制能力不足，系统智能化、体系智能化程度难以提高
综合保障有限	电力保障、设备保障受限	体系规模、持久性受影响
安全防护欠缺	长期无人值守，缺乏攻击感知与防护能力	平台及体系的安全性有限，易受破坏和攻击
基础数据不足	法规标准，海底地形、洋流、生物生态、地质构造等信息掌握有限	限制作业规划、自主航行等

互联互通。

(3) 深海作业管理系统主要包括深海空间站、无人水下航行器(UUV)和自主式水下航行器(AUV)、深海预置装置、深海作业工具以及作业管理和指挥控制系统。深海空间站载荷能力大(数百至数千吨)，可以携带功能广泛的作业潜水器及作业工具在 1000~3000 m 水域进行深海工程作业。UUV 和 AUV 具有轻型、中型和重型多个类别，可以执行海洋调查、海洋探测、水下运输、布雷与猎雷、情报侦察等任务。深海预置装置可为深海移动平台提供能源补给、导航定位与对时条件。深海作业工具是拓展深海运载器作业能力、提升深海科学考察能力的重要手段，可以根据具体的探索任务、科研目标来进行差异化配置。作业管理和指挥控制系统是构建深海信息体系的核心，部署于深海作业平台，执行体系资源综合管控、多源信息处理、综合信息管理、单平台/集群作业指挥调度、作战指挥控制、安全防卫管控等任务。

(4) 深海综合保障系统主要包括海洋地理环境、海洋水文气象、基础数据建设保障以及海洋工程建设、搜索救援、导航定位信息服务。在与我国利益相关的深远海域，加快建立深远海域水文信息大数据系统，为权益维护提供信息支持。

(5) 深海安防系统主要包括深海固定监测网、大面积机动监测网等深海警戒监测设施，以及执行警告、干扰、拦截、驱离任务的深海防卫设施，由此满足重要海域水下安全防护、深水重要设施防护、

以及反潜预警的能力需求。

四、关键技术分析

1. 深海探测技术

发展新型探测、深海多平台探测、组网协同探测技术，大幅提高探测范围；发展新型持久机动+固定式深海探测技术，加强深海要道监控能力；发展水下/深海无人平台组网探测技术，提升大范围持久机动多维网络监视侦察能力；加强有人+无人系统平台的协同探测技术，建立多维空间网络无人值守能力 [11]。

2. 深海通信技术

构建海底多元化网络化体系，拓展跨介质等新型技术运用。发展传输速率大、传输距离远、可靠性高的深海水声通信传输新手段和新装备，综合利用海光缆、浮标、水声通信组网，借助水下无人平台作为移动中继节点，实现广阔海域范围的水下信息传输；整合广阔海域范围内的各种平台、系统和岸基基站等通信资源，构建多平台、多手段、多元化、网络化、体系化的深海信息传输系统，为构建从深海到太空的一体化体系提供更多的通信支持。

3. 深海导航技术

发展水下地磁匹配导航技术，根据载体所在位置的地磁场总量或三分量信息、地磁图信息，获得精确的导航信息；发展全球海洋水下定位技术，通过水声通信结合卫导导航系统，为深水平台提供类

似全球定位系统 (GPS) / 中国北斗卫星导航系统 (BDS) 的精确定位能力; 发展量子导航技术, 提高导航精度; 发展探测 / 通信 / 导航一体化智能信息处理技术。

4. 深海作业控制技术

发展深海作业控制体系设计与深海数据资源建设、多源信息智能处理与按需保障、深海平台资源智能管控、协同感知与任务动态规划、集群作业协作与自主控制、深海海洋特性、目标特性库管理等技术, 构建深海立体透明感知、跨域信息共享、安全可靠的智能化深海装备体系。由此建立深海装备单平台、多平台、集群的多级综合集成与作业控制能力, 支撑深海信息体系和深海数据资源体系的建设 and 应用。

五、发展建议

在我国“深海进入、深海探测、深海开发”三步走发展战略实施过程中, 高效安全的深海信息体系始终是深海开发利用的关键支撑。立足基本国情、技术现状和未来需求, 针对性地提出以下发展建议。

1. 加强深海信息体系顶层规划

加强顶层设计, 注重体系协调发展, 提升深海体系能力。发展深海探测、导航、通信系统, 发展资源管控、任务规划、作业管理决策、指挥控制任务系统, 发展自主智能航行、自主智能作业、自主智能防卫系统, 加强深海数据体系工程和平台自主能力建设; 发展有人 / 无人协同、无人集群协同、跨体系协同 (协同态势感知与评估、协同任务分配、协同航路规划、协同航行控制、协同智能决策) 系统, 加强平台协同自主能力建设。

2. 加强深海装备型谱规划

规范信息装备型谱, 指导系列化的设备研制, 适应不同规模、不同任务的深海装备部署要求。建立信息收集、信息交换、信息控制等方面标准规范, 支持体系内部、体系之间的综合集成。

3. 加强关键技术攻关和设备研制

提前布局制约体系发展的重点攻关方向, 加强量子探测、多基地组网探测, 水下综合导航定位授

时、重力场导航, 以及平台自主智能控制、集群联合感知与智能自主协同、海洋大数据分析利用等关键技术研究, 为深海设备发展和体系建设提供关键支撑。

参考文献

- [1] 汪品先. 深海的机遇与中国的选择 [J]. 学术前沿, 2017 (18): 4-11.
Wang P X. The opportunities in the deep sea and China's choice [J]. Frontiers, 2017 (18): 4-11.
- [2] 李晋, 姜晓轶. 助力海洋强国建设: 海洋信息互联互通、深度融合、智慧应用——2018中国海洋信息技术高端论坛会议综述 [J]. 海洋信息, 2018, 33(3): 6-10.
Li J, Jiang X Y. Promoting the construction of marine power: Ocean information interoperation, deep integration and smart application—Summaries of the China ocean information technology forum 2018 [J]. Marine Information, 2018, 33(3): 6-10.
- [3] 韩树平, 程玉胜. 美国水下探测系统的发展及现状 [J]. 当代海军, 2011 (7): 24-29.
Han S P, Cheng Y S. Development and current situation of U.S. underwater detection system [J]. Modern Navy, 2011 (7): 24-29.
- [4] Ewing D. Jane's underwater warfare systems 2011—2012 (23rd edition) [M]. London: Jane's Information Group, 2011.
- [5] 张羽, 宋积文, 陈胜利, 等. 海洋信息装备发展现状及重点 [J]. 海洋信息, 2018, 33(3): 62-65.
Zhang Y, Song J W, Chen S L. The development and key point of China's marine information equipment [J]. Marine Information, 2018, 33(3): 62-65.
- [6] United States Navy. Autonomous undersea vehicle requirement for 2025 [R]. Washington DC: United States Department of Defense, 2016.
- [7] Defense Science Board. Next-generation unmanned undersea systems [R]. Washington DC: Office of the Secretary of Defense, 2016.
- [8] United States Department of Defense. Unmanned systems roadmap 2017—2042 [R]. Washington DC: United States Department of Defense, 2018.
- [9] DARPA. Positioning system for deep ocean navigation (POSYDON) [R]. Virginia: DARPA, 2015.
- [10] 杨智栋, 李荣融, 蔡卫军, 等. 国外水下预置武器发展及关键技术 [J]. 水下无人系统学报, 2018, 26(6): 521-526.
Yang Z D, Li R R, Cai W J, et al. Development and key technologies of preset undersea weapon: A review [J]. Journal of Unmanned Undersea Systems, 2018, 26 (6): 521-526.
- [11] 王君. 支持水下网络中心战的信息系统探讨 [J]. 指挥信息系统与技术, 2010, 1(5): 6-8.
Wang J. Investigation into underwater net-centric warfare information systems [J]. Command Information System and Technology, 2010, 1(5): 6-8.