

# 水下观测信息体系发展思考

石绥祥, 李占斌, 华彦宁, 程义远, 刘丰

(国家海洋信息中心, 天津 300171)

**摘要:** 推进水下观测信息体系建设是海洋国防安全、海上维权、海洋防灾工作的迫切需求, 是军民融合发展的内在要求。本文介绍了国内外水下观测信息体系发展现状及趋势, 分析了我国水下观测信息体系发展过程中面临的问题, 提出了水下观测信息体系发展的目标、重点工程和政策建议。

**关键词:** 军民融合; 水下观测; 信息系统; 重点工程; 政策建议

**中图分类号:** P715.5    **文献标识码:** A

## Thoughts on the Designs, Applications, Trends, and Challenges of Underwater Observation Information Systems

Shi Suixiang, Li Zhanbin, Hua Yanning, Cheng Yiyuan, Liu Feng

(National Marine Information Center, Tianjin 300171, China)

**Abstract:** Promoting the creation of functional underwater observation information systems is an urgent priority for China's national maritime defense, its ability to preserve its maritime rights, and marine disaster prevention and management. It is also a requirement of civil-military integration development to fulfill the overlapping missions of the Chinese military and civil government agencies. This paper reviews the current state of affairs and the ongoing trends in the field of underwater observation information systems in China and abroad. This study analyzes the problems faced by researchers and users in the development of underwater observation information system. The paper concludes by proposing a strategic goal, identifying the key projects and making policy recommendations for underwater observation information systems for stakeholders to consider.

**Key words:** civil-military integration; underwater observation; information system; key projects; policy recommendations

### 一、前言

海洋水下观测体系是国家的水下信息基础设施, 水下观测信息体系涉及水下信息传输、处理和服务, 是水下观测体系的重要组成部分, 肩负着服

务海洋国防安全, 服务海洋权益维护, 服务海洋防灾减灾和日常生产环境保障, 服务海洋科学研究的重要任务, 也是现有海上作战、维权和防灾减灾专业化信息体系的一个重要分支, 其建设成果具有重大的意义和作用。

收稿日期: 2016-01-05; 修回日期: 2016-02-23

作者简介: 石绥祥, 国家海洋信息中心, 研究员, 主要研究方向为海洋信息管理、海洋观测信息系统等; E-mail: 1053644221@qq.com

基金项目: 中国工程院重大咨询项目“中国海洋工程与科技发展战略研究(II期)”(2014-ZD-5)

本刊网址: www.enginsci.cn

## 二、需求分析

### (一) 海洋战场环境保障需求

海洋物理环境对海上及水下作战平台的航行安全、效能发挥具有重要影响。水下观测信息系统可以长期、连续、实时接收处理温度、盐度、密度、海流和潮汐等水文数据及海洋环境噪声和声速剖面数据,为作战武器性能发挥和潜艇安全航行提供环境保障,提高探潜、反潜、水声侦察等能力,还可以通过长期数据积累进行统计分析,与现有其他观测手段获取资料相结合,应用于声场环境预报和海洋水文环境预报,并为海洋战场环境准备提供相应现报和预报产品。

### (二) 作战和维权情报保障需求

水下、水面目标侦察对于海上作战和维权至关重要。由于缺乏水下监视监测技术手段,目前水下安全几乎对敌呈现“单向透明”状态。水下观测信息系统可以长期、连续、实时接收水下和水面目标的探测信息,通过多传感器信息融合分析,对潜艇、舰船、自主航行器、蛙人等不同大小的目标进行识别、跟踪和定位,为海上作战和维权提供目标情报保障。

### (三) 海洋灾害预警信息保障需求

我国位于环太平洋地震带的边缘,南海东部马尼拉海沟是联合国教科文组织/政府间海洋学委员会确定的高风险海啸源之一,南海及海南岛周边海域历史上曾经发生海啸灾害。水下观测信息系统可长期接收处理地震波、海啸波观测数据,预警地震海啸的到达时间和强度,为沿海地区应急避险赢得时间。

### (四) 海洋科学研究需求

业务化海洋学理论和数值模型的检验与应用,以现场观测数据为依据和基础,需要大量精细化实时观测数据。目前,我国水下和海底环境数据仍然缺乏,不能满足业务化海洋学的需求。水下观测信息系统可以长期接收、处理海底观测数据,经过质控后向社会提供大量实时精细化观测数据,满足海洋科学研究工作对水下观测数据的需求。

## 三、发展现状和趋势

### (一) 国外的发展现状

美国、加拿大、欧盟、日本等相继建立了集防灾减灾、科学研究等多功能于一体的水下观测网及其信息处理系统,同时各国借助水下观测网用于水下目标侦察等军事用途。

#### 1. 民用水下观测信息系统

当前已建成并开始运营的业务化水下观测系统以加拿大海王星(NEPTUNE)系统<sup>[1]</sup>最为典型。海王星系统于2009年夏完成布放,专门设立了数据管理和保存系统(DMAS),实现水下观测数据的传输、存储、管理和服务,以及水下观测仪器的控制,同时,通过数据管理和保存系统,将数据和产品分发到各专业化信息处理系统,对地震活动、海底生态等进行分析处理,分别服务于防灾减灾和生态系统的演变研究等。

此外,美国综合海洋观测系统(IOOS)、欧盟海底综合观测网(EMSO)、日本海底地震海啸密集网络(DONET)均建立了与海王星数据管理和保存系统类似的数据管理与通信系统,通用的功能包括以下几方面。

(1) 数据传输:将传感器子系统生产的数据通过标准网络传输协议实时传输到数据中心。

(2) 质量控制:将实时采集的数据进行质量控制,保证数据达到文件级的质量。

(3) 元数据管理:提供简单,清晰的指引和可扩展的元数据标准,确保数据和元数据之间的联系。

(4) 数据存档:提供长期归档和管理数据集,存档符合归档标准和用户要求。

(5) 产品制作:制作数据同化产品如实时测量、速报和预报模型、地图、书面预报和数值表等。

(6) 数据分发:将数据、产品实时分发到各专业化信息处理与服务系统,包括国土安全防御系统、自然灾害防御系统、生态环境健康系统等进行处理分析。

#### 2. 军用和警用水下观测信息系统

美国海军于20世纪60年代开始建设固定式海洋水声监视系统(SOSUS),20世纪80年代后期增加了快速部署观测设备和移动观测设备,基本形成综合水下监视系统(IUSS)。为将水下监视系统

与作战部队连接,美国海军基于“网络中心战”思想着手开展“水下网络中心战(UWNCW)”<sup>[2]</sup>体系建设,力图将水下传感器系统、信息系统、武器系统等联接在一起,实现水下态势信息共享,缩短决策周期,提高指挥速度和协同作战能力。支持“水下网络中心战”体系的信息系统包括传感器系统、指挥控制系统、武器系统和通信系统,其中通信系统和指挥控制系统属于本文所述水下观测信息系统范畴。

通信系统的典型代表是海网(Seaweb)<sup>[3]</sup>,是美国海军目前规模最大、最成功的在研水下网络项目,是一种典型的海底水声传感器网络。海网通过水声通信链路把水下固定节点、移动节点和网关节点连接成网,网关节点具有水声和无线两种通信接口,可以通过通信浮标与卫星联网,从而实现水下传感器信息向舰基指挥系统和岸基指挥系统的传输。

指挥控制系统的核心应用是互操作作战图族(FIOP)<sup>[4]</sup>,包括用于战略层面的共用作战图(COP)、战术层面的共用战术图(CTP)和火力打击层面的单一合成图(SIP)。互操作作战图族将整个作战空间(包括水下、水面、陆、空、天、电)的环境、目标、火力、后勤等信息融合成一个整体,实现战场态势融合分析,支持协同指挥决策,优化配置作战资源,实现闭环式发现、跟踪和打击。互操作作战图族的主要特点如下。

(1) 多级多层态势体系:由火力打击、战术/战役、战略三级态势图体系,在每个级别内,态势图又按作战空间进行分类。

(2) 数据多样性:数据来源多样性、数据格式多样性、数据专业多样性。

(3) 角色多重性:用户多样性、角色多重性。

(4) 系统分布性:态势生成分布性、数据表达对象分布性、数据来源分布性、服务对象分布性。

## (二) 国内发展现状

### 1. 业务化系统现状

经过几十年的努力,我国初步建成了包括海洋站、浮标、潜标、志愿船、卫星、飞机等多种观测手段的立体海洋观测网,形成了海洋调查、观测、预报和信息管理的专业队伍,具备了较强的海洋观测能力和信息综合处理业务化运行能力。目前涉及水下信息处理的业务化系统主要是三维温盐流数值预报系统,输入资料主要包括全球温盐剖面观测数

据、卫星遥感海表面温度、卫星观测海面高度等,预报海区范围为西北太平洋,预报要素包括水位、三维温度、盐度和海流等,目前主要为海洋开发利用、生态环境保护、减灾防灾、海洋科学研究(如气候变化、海平面上升、海洋多尺度动力过程等),以及作战指挥、训练和武器装备试验、舰艇保障等,提供长时序、高分辨率的海洋动力环境基础信息。

限于水下观测及其通信技术发展的局限性,目前水下信息基本是来自一次性调查数据,极少有业务化的实时观测数据。完备的水下观测信息系统是实时闭环控制系统,即由现场实时观测的反馈数据对预报(现报)结果进行修正,来提高信息系统输出的准确性,因此,目前水下业务化观测这一短板对信息产品的准确性、分辨率等都有负面影响。

### 2. 试验系统现状

近年来,国家教育部、中国科学院等部门的一些科研机构在水下目标监视、海底观测等领域建立了一些试验性系统。

同济大学在上海洋山港东南20 km的小衢山岛附近建成了海底观测试验系统——小衢山海底观测试验站<sup>[5]</sup>,对海洋要素进行长时间、连续、实时地观测,实现了数据实时地接收。

中国科学院声学研究所开展光纤水听器阵列工程试验和相关技术研究为目标,在海南陵水铺设了一条光纤水听器阵<sup>[6]</sup>,试验以50~80 km为半径的水下目标探测技术,实现了数据实时接收和对过往船舶的识别、轨迹记录。

同济大学、浙江大学等高校联合开展了海底长期观测网络试验节点关键技术验证项目,验证了海底输能及通信技术、水下离子色谱原位分析技术等一系列海底观测网络所必需的关键技术,接驳设备接入美国蒙特利加速研究系统(MARS)进行了长达半年的试验验证。

上述试验系统均处在小区域试验应用阶段,观测区域小,设备少、运行时间短,数据实时通信、处理、服务能力要求较低,尚未形成规范的数据处理和产品服务业务系统。

## (三) 发展趋势

世界主流水下观测信息系统的现状,表现了如下发展趋势。

数据管理一体化:建立集中式的数据中心,负责数据接收与分发,数据处理与质控,数据库管理

维护, 数据存档与服务; 仪器状态监视与控制。

数据应用专业化: 水下观测信息自身以及用户分类分级, 信息粒度、时效分级, 不同类别的信息分别由不同的专业化中心负责分析与应用工作。

运行方式体系化: 将水下观测信息系统做为现有业务系统的一个分支系统, 将水下观测信息与其他传感器信息进行融合分析, 实现态势融合和协同指挥决策。

#### 四、存在的问题

目前我国在水下观测信息体系建设方面刚刚起步, 受管理体制、顶层设计、技术能力等的制约, 在发展道路上存在较多问题。

##### (一) 管理体制不适应工程特点, 制约长远发展

水下观测信息体系建设是一项系统工程, 不仅是典型的高科技、高投入, 基础性、战略性的国家信息基础设施, 建设和应用还涉及军方和民方的多个部门, 只有统一管理、举全国之力才能完成好这一艰巨任务。但由于目前各自为政的管理体制, 工作中“散”的现象较为突出, 导致力量分散、多头建设、重复建设和资源配置不合理, 不仅制约了重点工程的开展, 也不利于长远发展。

##### (二) 顶层技术设计缺失, 制约信息效能发挥

体系化运行、多源信息融合是信息系统发展的趋势, 也是充分发挥信息效能, 挖掘信息价值的重要技术方式。水下观测信息对军民双方均具有重要价值, 信息在军内、民内和军民间流通是必然要求, 流通的流程、效率、安全性是发挥其价值的重要保证, 而顶层设计是落实信息流通方式的技术保证。目前缺少统一的顶层设计, 水下信息的流通范围、对象较为单一, 信息采集、交换标准不一致, 数据整合度和利用率低, 制约了水下观测信息的效能发挥。

##### (三) 自主关键技术储备不足, 设计难以落地

目前, 水下观测信息在传输、处理、服务环节均存在亟需攻关的关键技术, 而水下信息的重大价值决定了关键技术需要自主研发。在信息传输方面, 特别是深远海水下信息传输, 离不开水声通信手段; 在情报和信息保障方面, 离不开水下目标的识别技

术、三维背景场、声场处理技术等。上述关键技术的实用性、准确性仍有待攻关和检验。

#### 五、发展目标与重点工程

##### (一) 发展目标

到 2030 年, 建立完备的水下观测信息传输、处理、分析、应用体系, 并能够将水下观测信息近实时地融合到现有的业务系统, 使得现有系统的信息更加全面, 准确, 基本满足捍卫国家海洋安全、维护海洋权益、海洋防灾减灾、科学研究需求, 具体目标包括以下方面。

(1) 建立重点保障区域目标信息处理系统, 形成水下和水面目标的实时分析、识别、跟踪与情报实时共享能力。

(2) 建立重点保障区域海洋战场环境信息处理系统, 建设高分辨率海洋环境背景场数据库及闭环式背景场预报能力和实时服务能力。

(3) 建立中国近海海底地震多发区域灾害信息处理系统, 形成地震实时分析、定位定级、海啸预警与情报实时共享能力。

(4) 建立我国海洋水下观测数据共享服务平台, 形成全面支撑资源开发利用、生态环境研究的数据支撑服务能力。

##### (二) 重点工程

###### 1. 国家水下信息管理与通信基础设施建设

按照军民融合的国家水下信息基础设施的定位, 以数据管理与通信中心为枢纽, 综合利用有线通信、水声通信、卫星通信等多种通信手段, 建立水下信息传输通信系统, 为各类实时数据的回传、分发以及传感器状态控制提供网络通道; 编制水下观测数据和情报产品的分类分级体系, 明确不同类型信息的应用层级、粒度、时效性和传输流程; 制定军、警、民三方专业化信息处理系统之间以及各自与现有系统间的情报交换信息模型和通信联络协议, 建立情报与信息交换通信联络系统, 实现情报和信息产品在各方、各级用户间的实时分发和共享; 建立国家水下信息共享服务平台, 开展数据质控、规范化存储、产品制作和在线共享服务。

###### 2. 专业化水下信息处理中心建设

按照军、警、民各自的职责, 依托现有的业务

机构,分类建立专业化的水下信息处理中心,为国防安全、维权、防灾减灾提供信息保障服务。在目标保障方面,重点开展目标声纹特征库及样本收集工作,研究水声目标检测、识别、定位、跟踪等关键技术,建设不同海洋环境下的水下、水面目标辨识系统,形成水下、水面目标的实时分析、识别、跟踪与情报实时共享能力;在海战场环境保障方面,重点开展与声信号处理相关的三维背景场数据库建设,研究噪声场与其他海洋环境要素的相互作用及模型,建设环境要素驱动的噪声背景场预报系统,形成战场环境信息保障与实时共享能力;在防灾减灾保障方面,重点开展海底地震定位、震级测定、震源破裂技术研究,及地震引发海啸的传播时间、到达时间、波高、方向测算技术,建设海底地震监测与海啸预警系统,形成海底地震、海啸、生态环境预警与情报的实时共享能力。

## 六、政策与建议

### (一) 加强统筹管理,开展顶层设计

由军民双方有关部门组建国家水下观测工程管理机构,对相关项目的立项、论证、建设、运行和安全工作进行统筹规划和协调、管理;统一组织开展顶层设计工作,制订水下观测信息体系总体布局、体系结构、技术规范,指导具体建设工作;急用先行,尽快启动军民双方联合申报的有关工程。

### (二) 建立保障机制,优化资源配置

从人、财、物方面加大对水下观测体系建设的支持力度。建立灵活的人员管理和配置机制,在人

员配置层面实施“民参军”或双重身份管理,促进军民双方的深入交流和力量整合;编制系统化、方向明确的水下观测相关“关键技术清单”,配套建立持续、稳定的财政投入机制,从资金上保障关键技术攻关;在土地、装备、技术等资源方面,加大政策支持力度和资源配置协调力度,集中力量支持水下观测的相关工程建设。

### 参考文献

- [1] 李炎, Kate M, Beno(i)t P. 加拿大“海王星”海底观测网络系统[J]. 海洋技术, 2013, 32(4): 72-75.  
Li Y, Kate M, Beno(i)t P. NEPTUNE Canada seafloor observing network system [J]. Ocean Technology, 2013, 32(4): 72-75.
- [2] 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, 01(5): 6-8.  
Wang J. Investigation into underwater net-centric warfare information systems [J]. Command Information System&Technology, 2010, 01(5): 6-8.
- [3] Joseph A R. US navy seaweb development [C]. Proceedings of the Second Workshop on Underwater Networks, 2007: 3-4.
- [4] 裴晓黎. 美军战场态势一致性对海战场态势图体系构建的启示[J]. 指挥控制与仿真, 2012, 34(3): 67-71.  
Pei X L. Inspiration from battlespace situation consistency technologies of American Army [J]. Command Control&Simulation, 2012, 34(3): 67-71.
- [5] 许惠平, 张艳伟, 徐昌伟, 等. 东海海底观测小衢山实验站[J]. 科学通报, 2011 (22): 1839-1845.  
Xu H P, Zhang Y W, Xu C W, et al. Seafloor observing experimental station at Xiaoqushan in the East China Sea [J]. Chinese Science Bulletin, 2011 (22): 1839-1845.
- [6] 王晨绯, 郑千里. 在此默默听海: 中国首个深海海底观测网基地探密 [EB/OL]. [2013]. [http://news.ifeng.com/mil/2/detail\\_2013\\_03/26/23527801\\_o.shtml](http://news.ifeng.com/mil/2/detail_2013_03/26/23527801_o.shtml).  
Wang C F, Zheng Q L. Listening to the sea silently at here: exploring secrets of the first Chinese base station for deep seafloor observing. [EB/OL]. [2013]. [http://news.ifeng.com/mil/2/detail\\_2013\\_03/26/23527801\\_o.shtml](http://news.ifeng.com/mil/2/detail_2013_03/26/23527801_o.shtml).