

海洋无人观测装备发展与应用思考

唐庆辉^{1,2}, 范开国¹, 徐东洋¹

(1. 国防科技大学, 湖南 长沙 410003;
2. 中国人民解放军 32021 部队, 北京 100094)

摘要 海洋无人自主观测装备作为海洋观探测的一种不可替代的高科技先进装备和新兴装备, 是海洋观探测装备摇篮中的新生命、新领域的开拓者。基于海洋无人观测装备提高海洋移动观测能力是未来构建立体、连续、实时水下观测网络的重要技术手段, 将会对未来海洋观探测的方式产生深远影响。基于国内外海洋无人观测装备发展与应用现状分析, 对我国海洋无人观测装备发展的主要问题和差距进行了思考, 并对海洋无人观测装备未来的发展应用进行了展望。

关键词 智慧海洋; 无人观测装备; 海洋观探测; 水下观测网络

中图分类号 TJ61⁺⁷ **文献标识码** A **文章编号** 2096-5753(2021)05-0401-04

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2021.05.010

Thoughts on Development and Applications of Marine Unmanned Observation Equipment

TANG Qinghui^{1,2}, FAN Kaiguo¹, XU Dongyang¹

(1. National University of Defense Technology, Changsha 410003, China;
2. No. 32021 Unit of PLA, Beijing 100094, China)

Abstract As an irreplaceable high-tech advanced equipment and emerging equipment for ocean observation and exploration, marine unmanned autonomous observation equipment is the pioneer of ocean observation and exploration field. Improving ocean mobile observation capabilities based on marine unmanned observation equipment is an important technical means for building a three-dimensional, continuous, and real-time underwater observation network in the future. The development and use of marine unmanned autonomous observation equipment will profoundly affect the way of ocean observation and exploration in the future. Based on the analysis of the development and application status of marine unmanned observation equipment at home and abroad, the main problems and gap in the development of marine unmanned observing equipment of our country is considered, and the future development and application of marine unmanned observing equipment is expected.

Key words intelligent ocean; unmanned observation equipment; ocean observation and exploration; underwater observation network

0 引言

21 世纪是海洋的世纪, 而海洋问题历来是国家的战略问题。维护海洋安全、控制海上交通线、争夺海洋资源和海洋权益争端等问题已经日趋复

杂化, 并呈现多元化发展。因此, 在全球一体化的发展过程中, 海洋作为综合发展的空间, 其战略地位愈显重要。

一直以来, 与海洋相关的几乎所有重大进展都与观探测密切相关, 海洋科技发展依赖于观测手段

的不断完善。对海洋科学而言,观探测资料的不足,特别是大范围、准同步、深层次资料的空缺,一直是制约其发展的瓶颈。科学定量化认识远海深海,必须借助多种水下观测平台获取完备的海洋观测数据作为支撑。

当前,随着世界各国海洋事业的迅猛发展,大规模的海洋综合观探测工作已全面深入开展,传统海洋观探测不能常态化和全球化,促使海洋调查方法和装备技术需求快速增长,国内外各种高精尖观探测装备跟随技术的潮流更新换代、层出不穷。

海洋无人自主观探测装备作为海洋观探测中不可替代的高科技先进装备和新兴装备,是海洋观探测装备摇篮中的新生命、新领域的开拓者,受到世界各海洋强国的广泛重视。基于海洋无人观探测装备提高海洋移动观测能力是未来构建立体、连续、实时的水下观测网络的重要技术手段。海洋无人自主观探测装备的发展和使用,将会深刻影响未来海洋观、探测的方式^[1]。

本文主要基于国内外海洋无人观探测装备发展与应用现状分析,思考了我国海洋无人观探测装备发展的主要问题和差距,并对海洋无人观探测装备未来的发展应用进行了展望。

1 海洋无人观探测装备国外发展与应用现状

海洋无人观探测装备国外发展与应用起步较早,美、日、欧等国家和地区的海洋无人观探测装备以及其应用等一直走在世界各国的前列,引领世界海洋无人观探测装备的发展。

1.1 美国在海洋无人观探测装备发展与应用方面处于领先地位

美国凭借其雄厚的海洋科技创新能力,创新性地提出并研发成功了波浪滑翔器(Wave Glider)^[2]、水下滑翔机(Autonomous Underwater Glider, AUG)^[3-6]、自主水下潜航器(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)^[7-8]、遥控无人潜水器(Remote Operated Vehicle, ROV)等海洋无人观探测平台,以及声学多普勒流速剖面仪(ADCP)、多波束测深仪、合成孔径声呐(SAS)无人平台观探测载荷。其中,波浪滑翔器^[9]最早在美国实现了商业化生产。此外,美国Seabird公司温盐深(CTD)测量仪、美国TRDI公司ADCP、美国Webb Research公司在全球几千余个活跃的自沉浮式剖面浮标

(Array for Real-time Geostrophic Oceanography, Argo)等装备在全世界市场具有较高占有率。

与此同时,美国积极开展海洋无人观探测装备应用探索。早在20世纪80年代,就牵头开展了热带海洋与全球大气计划、世界大洋环流实验、国际Argo计划等系列国际海洋研究计划。进入21世纪后,美国更为积极地探索新型海洋无人观探测装备的应用。例如,2000年7月,美国在LEO-15海洋生态环境观测站通过布放一个搭载CTD载荷的水下滑翔机,进行了10天的观探测;2003年,美国海军在军事演习过程中,使用水下滑翔机收集演习海域的环境数据、探测水雷和监视敌方舰艇活动等;2016年,美国在完成建设的OOI-RSN海底观测网中,部署了多台水下滑翔机和AUV,作为固定水下观测阵列的扩展。

1.2 欧洲在海洋无人观探测装备发展与应用方面特点鲜明

瑞典、挪威^[10]在AUV、ROV、ADCP、多波束测深仪等方面较为突出,成功研发出AUV 62等多款著名海洋无人观探测装备。英国则在多波束测深仪、侧扫声呐、浅地层剖面仪等装备方面技术领先,实力雄厚。法国主要在水下滑翔机、Argo浮标、自主遥控潜水器(Autonomous Remotely Vehicle, ARV)等装备方面技术突出。加拿大在合成孔径声呐、海洋磁力仪等装备方面表现突出。

在海洋无人观探测装备应用方面,法国、德国等走在了前列。法国作为国际Argo浮标的数据中心,开展了大量Argo浮标的应用工作。英国、法国、德国、意大利、西班牙等国,在2005-2014年,陆续组织大约300台次水下滑翔机形成欧洲水下滑翔机观测网,执行各种海洋观探测任务,启动水下滑翔机海洋观测与管理研究,并开发完成水下滑翔机数据处理方法。

1.3 以色列和日本分别在部分装备技术方面世界领先

以色列是水面无人艇(Unmanned Surface Vessel, USV)研发大国和强国,该国的拉斐尔、航空反骨、埃尔比特公司都推出了世界先进水平的USV,如著名的“Protector”号USV^[11]。日本则是水下深潜器研发强国,“海沟”号目前仍是世界上唯一能下潜到11000m的深海无人装备,代表了世界深水潜器的先进水平。

2 海洋无人观测装备国内发展与应用现状分析

进入 21 世纪后,我国海洋科学技术获得快速发展,海洋无人观测技术同步飞速发展,取得了较大成绩。

在海洋无人观测平台研制方面,已基本掌握主要海洋无人观测平台研制技术,实现了 USV、波浪滑翔器^[12-14]、水下滑翔机、AUV^[15-18]、表面漂流浮标^[19]、剖面漂流浮标、ROV 的商业化生产,其中 USV^[20]、AUV^[21]等个别海洋无人观测装备达到国际先进水平。此外,ARV 工程样机、深海剖面漂流浮标和基于北斗系统的表面漂流浮标等也相继研制成功。

在海洋无人观测载荷研制方面,开发了多波束测深仪、海洋磁力仪、多谱勒测流仪等产品,但没得到普遍应用。国内海洋无人观测载荷大多依靠进口,并通过集成搭载于海洋无人观测平台上。

在海洋无人观测装备业务化应用方面,表面漂流浮标和剖面漂流浮标应用比较成熟,实现业务化运作。2002 年我国正式加入国际 Argo 计划,已累计布放了 400 余 Argo 浮标,目前 80 个处于活跃状态。此外,表面漂流浮标常年在中远海和大洋保持数十个。其他无人观测装备的应用尚处于探索阶段,例如 2016 年,国家海洋局南海调查中心使用 USV 获取了南海岛礁周边 4 个区块、合计 70 km 的水深数据;2019 年,青岛海洋科学与技术国家试点实验室组织 50 多套水下、水面海洋无人观测平台,包括 USV、波浪滑翔器、水下滑翔机、AUV、Argo 浮标等,组成了面向海洋中尺度涡的立体综合观探测网,覆盖了大气-海水界面至 4 200 m 水深范围的 400 000 km² 海区,首次为海洋中尺度涡研究提供了海洋动力、生物、化学、声学、气象等多学科综合数据,在国内首次实现了无人平台多机协作、多型无人平台立体组网观测。

3 我国海洋无人观测装备发展主要差距思考

经过近十年的大力发展下,我国海洋无人观测能力取得了长足进步,大幅缩小了与国外的差距。但是,还存在原创性不足、低端重复建设、高端无人问津、可靠性不高、产业化不足、市场占有率低等问题。

在海洋无人观测平台研制方面,我国的平台种类、基本性能与国外总体水平差距不大。在海洋无人观测载荷方面,受我国海洋传感器整体水平落后的制约,与国外仍有一定差距。在海洋无人观测装备业务化应用方面,个别装备实现了业务化应用,大部分还处在探索应用阶段。这些差距具体表现在以下 3 个方面:

1) 缺乏原创性的海洋无人观测装备。由于我国海洋仪器设备研发起步晚,发展落后,并采用跟随、仿制的发展模式,形成了依赖性,难以提出原创性、颠覆性的海洋无人观探测概念和观探测方法,缺乏原创性的海洋无人观测装备。

2) 国产海洋无人观测装备产业化不足。国内的海洋无人观测装备大多是在国家科研经费支持下研制出工程样机,未经过充分试验以及市场检验,加之国内市场又长期被进口产品占据,关键还是在成果转化和产品应用严重不足,使得国产海洋无人观测装备试验应用不够,产业化发展之路任重而道远。

3) 缺少世界领先的海洋仪器设备制造企业。我国海洋仪器设备发展起步晚,海洋仪器设备制造企业技术、工艺等落后,国产海洋仪器设备粗大笨重、可靠性不高,无法满足市场对海洋仪器设备小型化、低功耗、质量轻、耐高压、全水深的需求,加之进口产品占据我国主要市场,严重制约国产海洋仪器市场化发展。

4 我国海洋无人观测装备发展与应用展望

进入 21 世纪以来,我国海洋观测技术发展迅速,海洋无人观测装备研制取得飞速发展,已经具备主流海洋无人观测装备的研制能力,应充分发挥海洋无人观测装备的机动、灵活的特点,开展大尺度、中尺度观测,实现对目标海域突发事件的迅速响应和精细化高密度观测,为迎接即将到来的海洋无人观测时代打下坚实的基础。

当前,随着大数据、物联网、人工智能、无人观测技术和新能源、新材料的快速发展,海洋无人自主观测装备正朝着综合技术、体系化方向发展,呈现出以下 5 个方面的发展趋势:

1) 向智能化方向发展。在控制与信息处理系统中,将逐渐提高图像识别、人工智能、信息处理、

精密导航定位等技术,向智能化、精准化方向发展。

2) 向混合式方向发展。未来出现的不单是标准的 AUV、ROV 和搭载 CTD、ADCP 等单一载荷,将会是于一身的混合的等合体无人自主观测装备。

3) 向低功耗方向发展。水下无人观测平台体积有限,限制了所能携带的电池,加之水下环境复杂,难以更换电池,因此降低功耗、载荷小型化将对水下无人观测装备具有重要意义。

4) 向多海洋无人观测装备系统发展。随着海洋无人自主观测装备应用的增多和科考任务的细化和深入,将会出现多个或多类装备的系统作业,共同完成复杂的观探测任务。

5) 向远航程、深海型方向发展。随着探查范围的逐渐扩大,要求海洋无人自主观测装备可进行远程作业。

5 结束语

海洋科学是以实践作为第一性的科学,海洋观探测是人类认识海洋的第一步,也是海洋科学理论发展的源泉和检验其真伪的标准。海洋无人观测是海洋技术发展与社会进步的必然趋势,是我海洋强国建设的重要内容,是未来海洋科技竞争的核心内容。

未来,海洋无人观测装备将依托海洋立体观测网中的固定观测装备进行充电和信息交互,实现海洋立体观测范围拓展,并利用固定观测装备或水面无人观测进行导航和定位。加之人工智能在海底观测、数据处理等方面的深入应用,将实现不同海洋无人观测装备间的自动组网与自主观测,实现海量观测数据的实时连续处理、分发与展示,实现重要海洋现象的持续自主跟踪观测,实现海洋要素的智能化预报。

参考文献

- [1] 侯睿,程宇婷,李晖,等. 海洋多平台多传感器协同观测任务智能规划技术[J]. 海洋信息, 2020, 35(3): 11-19.
- [2] HINE R, WILLCOX S, HINE G, et al. The wave glider: a wave-powered autonomous marine vehicle [C]// OCEANS 2009. Biloxi: MS IEEE, 2009.
- [3] STOMMEL H. The Slocum Mission[J]. Oceanography, 1989, 2(1): 22-25.
- [4] WEBB D C, SIMONETTI P J, JONES C P. SLOCUM: an underwater glider propelled by environmental energy[J]. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2001, 26(4): 447-452.
- [5] ERIKSEN C C, OSSE T J, LIGHT R D, et al. Seaglider: a long-range autonomous underwater vehicle for oceanographic research[J]. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2001, 26(4): 424-436.
- [6] SHERMAN J, DAVIS R E, OWENS W B, et al. The autonomous underwater glider "Spray"[J]. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2001, 26(4): 437-446.
- [7] CACCIA M, BONO R, BRUZZONE G, et al. Unmanned underwater vehicles for scientific applications and robotics research: The ROMEO project[J]. Marine Technology Society Journal, 2000, 34(2): 3-17.
- [8] CORREIA L, STEIGER-GARCAO A. An AUV architecture and world model[C]// 5th International. Conf. on Advanced Robotics. Pisa: IEEE Xplore, 1991.
- [9] MANLEY J, WILLCOX S. The waveglider: a new concept for deploying ocean instrumentation[J]. IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, 2010, 13(6): 8-13.
- [10] PEREZ T, SMOGELI O, FOSSEN T I, et al. An overview of the marine systems simulator (MSS): a simulink toolbox for marine control systems[J]. Modeling, Identification and Control, 2006, 27(4): 259-275.
- [11] Rafael Advanced Defense Systems Ltd. Unmanned naval patrol vehicle[EB/OL]. [2010-12-12]. <http://www.rafael.co.il/Marketing/358-1037-en/Marketing.aspx>.
- [12] 田应元,吴小涛,王海军,等. "海蝠"波浪滑翔器研究进展及发展思路[J]. 数字海洋与水下攻防, 2020, 3(2): 111-122.
- [13] 王海军. 波浪滑翔机海上试验研究[J]. 数字海洋与水下攻防, 2020, 3(2): 129-134.
- [14] 杨富茗,王大政. 波浪能滑翔机理论和数值计算研究现状[J]. 舰船科学技术, 2016, 38(8): 1-4.
- [15] 钱洪宝,卢晓亭. 我国水下滑翔机技术发展建议与思考[J]. 水下无人系统学报, 2019, 27(5): 474-479.
- [16] 吴尚尚,李阁阁,兰世泉,等. 水下滑翔机导航技术发展现状与展望[J]. 水下无人系统学报, 2019, 27(5): 529-540.
- [17] 沈新蕊,王延辉,杨绍琼,等. 水下滑翔机技术发展现状与展望[J]. 水下无人系统学报, 2018, 26(2): 89-106.
- [18] 孙芹东,兰世泉,王超,等. 水下声学滑翔机研究进展及关键技术[J]. 水下无人系统学报, 2020, 28(1): 10-17.
- [19] 王鹏,胡筱敏,熊学军. 新型表层漂流浮标体设计分析[J]. 海洋工程, 2017, 35(6): 125-133.
- [20] 郑华荣,魏艳,瞿逢重. 水面无人艇研究现状[J]. 中国造船, 2020, 61(z1): 228-240.
- [21] ALAAELDEEN M E A, 段文洋. 自主水下航行器发展概述[J]. 船舶力学, 2016, 20(6): 768-787.

(责任编辑:张曼莉)