

# 2018年水下无人系统发展综述

王雅琳<sup>1</sup>, 郭佳<sup>2</sup>, 刘都群<sup>1</sup>

(1. 北京海鹰科技情报研究所, 北京 100074; 2. 航空工业信息技术中心, 北京 100028)

**摘要:** 水下无人系统是指可在水下完成水文探测、搜救、情报、监视和侦察、反水雷战、反潜战、反水面战以及电子战等多种任务的各类水下航行器、水下无人作战平台及其相关控制设备和网络等。首先研究了世界各主要国家和地区2018年发布的水下无人系统相关战略规划, 然后系统整理了相关装备发展情况, 最后对影响水下无人系统作战效能的关键技术(能源动力技术、水下通信技术、水下导航技术、水下探测技术、无人潜航器毁伤技术)进行了梳理总结。综述表明世界各主要军事强国均高度重视水下无人系统发展, 从战略制定、装备研制和技术研究等维度全面推进水下无人系统发展, 值得持续关注研究。

**关键词:** 水下无人系统; 无人潜航器; 核动力无人潜航器; 先进海上技术演习; 水下通信; 水下导航

**中图分类号:** U674.7+03.53; TP242.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-5915(2019)04-0485-06

## Summary of the Development of Unmanned Undersea Systems in 2018

WANG Yalin<sup>1</sup>, GUO Jia<sup>2</sup>, LIU Duqun<sup>1</sup>

(1. Beijing HIWING Scientific and Technological Information Institute, Beijing 100074, China;

2. AVIC Tigital Corporation LTD., Beijing 100028, China)

**Abstract:** Unmanned undersea systems refers to various undersea vehicles, unmanned undersea combat platforms and related control equipment and networks that can complete hydrologic detection, search and rescue, intelligence, surveillance and reconnaissance, anti-mine warfare, anti-submarine warfare, anti-surface warfare, electronic warfare and other tasks. Firstly, the strategic plannings of unmanned undersea systems released by major countries and regions in the world in 2018 is studied. Secondly, the development of related equipment was systematically compiled. Lastly, the key technical conditions affecting the operational effectiveness of unmanned undersea systems are summarized. It shows that all major military powers in the world attach great importance to the development of unmanned undersea systems, comprehensively promote the development of unmanned undersea systems from the perspectives of strategy formulation, equipment development and technological progress which deserves continuous attention.

**Keywords:** Unmanned Undersea System; Unmanned Undersea Vehicle; Nuclear Powered Unmanned Undersea Vehicle; Advanced Naval Technology Exercise; Undesea Communication; Undersea Navigation

## 1 引言

目前, 水下无人系统(Unmanned Undersea System, UUS)被美国、俄罗斯、欧洲和日本等国家和地区作为重点发展的一类海洋作战武器, 可执行水文探测、搜救、情报、监视和侦察、反水雷战、反潜战、反水面战以及电子战等任务, 是各军事强国抢占水下作战域和海洋不对称作战优

势的主要抓手。2018年, 以美国和俄罗斯为首的军事强国持续推进UUS发展, 从战略、装备和技术等维度加大投入, 全面提升UUS作战能力。

## 2 战略制定

### 2.1 战略及规划文件

2018年8月, 美国国防部正式发布《无人系

收稿日期: 2019-06-01; 修回日期: 2019-07-03

统综合路线图(2017—2042)》<sup>[1]</sup>,这是美国自2001年以来发布的第8版无人系统综合路线图,旨在指导军用无人机、无人潜航器、无人水面艇、无人地面车辆等无人系统的全面发展。文件确定了无人系统未来发展的四个关键技术主题和驱动力,即互操作性、自主性、网络安全以及人机协同。同时,文件还指出,保障政策、技术要求和采办环境必须与时俱进,以跟上无人系统技术与能力的快速进步;为了确保美国的军事优势,重点应放在无人技术的发展、可用性和部署应用上<sup>[2]</sup>。

2018年3月,美国海军完成了《海军部无人系统战略路线图》,并于5月发布了执行摘要<sup>[3]</sup>。执行摘要中指出,美国海军和海军陆战队将寻求实现无缝集成的有人/无人未来部队,海军部将把无人系统能力集成到全域作战力量中。执行摘要还概述了无人系统运用概念和企业级体系目标等内容。

2018年2月,俄罗斯总统普京签署批准了《2018—2027年国家武器装备计划》。俄罗斯国家武器装备计划是详细计划俄各种军事武器装备建设发展的顶层规划文件,是基于对国家安全可能受到的威胁的分析和评估制定的。目前该计划内容并未公开公布,但从俄高层和国防部领导层多次讲话可知,俄罗斯2018年最新披露的波塞冬核动力无人潜航器已纳入该计划<sup>[4]</sup>。

2018年12月,日本公布了新的《防卫计划大纲》和基于其制定的未来五年内日本国防力量调整计划——《中期防卫力量整備计划》。计划指出,为了建立完善的指挥控制和情报通信能力需要装备UUS,并开发相关技术。据日本共同社报道,日本将在该计划下研制大型无人潜航器以持续监控偏远岛屿<sup>[5]</sup>。

## 2.2 国际合作

2018年4月,由欧盟15个国家共同开展的海洋2020(OCEAN 2020)项目启动会在欧洲防务局举行<sup>[6]</sup>。该项目的任务是支持海上监视和拦截任务,重点把包括UUS在内的各类无人系统整

合到舰队中。OCEAN 2020项目是目前首个跨欧洲军事研究项目,计划于2019年和2020年分别进行两次演示演习。

2018年10月,美国、英国等13个北约成员国签署了合作意向,将在水面无人系统和UUS的开发和部署方面进行更密切的合作,同时共同开发水雷和反潜技术以应对俄罗斯潜艇威胁<sup>[7]</sup>。相关官员表示,为了监测关键水域情况,一定数量的水下无人集群和固定式UUS都十分重要;此外,需要解决水下无人系统的通信、导航和使用时长问题。北约盟国签署的协议将推动相关UUS和技术不断发展。

## 3 装备研制

### 3.1 常规无人潜航器

2018年10月,通用动力任务系统公司推出金枪鱼-9新型无人潜航器,可用于近海勘探、水文测绘、快速环境评估、反水雷、港口安全和侦察等任务。金枪鱼-9具有数据分辨率高、导航精度高等特点,能够携带多种标准载荷,可从码头、刚性充气艇等多种平台布放回收,最大航速可达11km/h,能在水中工作8h。通用动力任务系统公司已对金枪鱼-9系列无人潜航器进行了重新设计,提升改进了产品设计、质量、模块化水平、可靠性等,使其效费比更高并能执行更多水下任务。



图1 金枪鱼-9无人潜航器

Fig.1 Unmanned undersea vehicle Bluefin-9

2018年6月,美国海军刀鱼无人潜航器成功

完成海上验收试验，标志着项目进入发展测试和作战评估阶段。刀鱼无人潜航器主要用于探测海底埋藏的水雷，是濒海战斗舰猎雷任务包的重要组成部分。刀鱼无人潜航器采用声呐内置方式，测试试验证明其可在高杂波环境中检测、分类并识别水雷。同时，第一批美海军舰队操作员也完成了首次刀鱼系统训练，以便在后续测试阶段中操作刀鱼系统。

超大型无人潜航器(XLUUV)是一种采用模块化和开放式架构的水下潜航器，可执行反水雷、反潜、反舰和电子战等任务。美国海军在2019财年预算中为XLUUV项目申请了8700万美元经费，国会又为其追加了2500万美元预算，使其2019财年总预算达到了1.12亿美元。2018年12月，XLUUV项目第二阶段原型设计结束，美国海军计划在2019年初授出下一阶段合同，要求承包商在2020—2022年间交付5艘原型机。

2018年2月，法国ECA集团发布了A18-M中型反水雷无人潜航器，能够搭载如合成孔径声呐等高性能声呐载荷，可在水深300m处进行水雷检测和分类。A18-M无人潜航器使用嵌入式处理技术，可利用无人水面艇或无人机充当网关，将实时声呐图像数据通过通信网络传送回指挥中心。

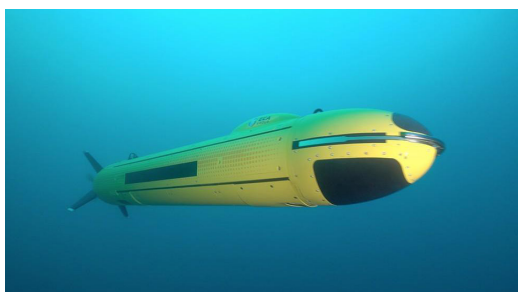


图2 A18-M无人潜航器  
Fig.2 Unmanned undersea vehicle A18-M

2018年12月，挪威康斯伯格公司推出了新一代休金SUPERIOR水下探测无人潜航器，该潜航器配备了新型合成孔径声呐和侧扫声呐等探测设备，并采用了先进定位与数据传输技术，还在没有改变外形和尺寸的情况下增加了30%的载荷容积，使其能够携带更多载荷或能源。



图3 休金SUPERIOR无人潜航器  
Fig.3 Unmanned undersea vehicle HUGIN SUPERIOR

### 3.2 核动力无人潜航器

2018年3月，俄罗斯总统普京向联邦议会发表年度国情咨文，曝光了六型最新尖端武器，其中包括一型核动力无人潜航器——波塞冬。该无人潜航器直径1.6m，长24m，最高航速180km/h，最大潜深1000m，可携带核弹头。由于携带核反应堆，波塞冬尺寸较传统鱼雷和无人潜航器大幅增加，不能布放于潜艇鱼雷发射管，因此运输和发射方式设计为潜艇背部驮载。

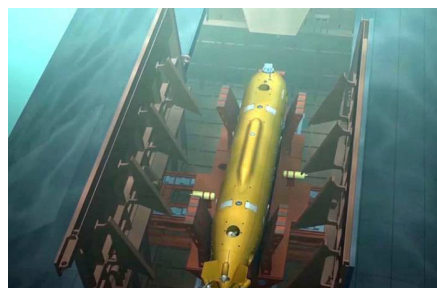


图4 波塞冬无人潜航器  
Fig.4 Unmanned undersea vehicle Poseidon

波塞冬无人潜航器已列入俄罗斯《2018—2027年国家武备计划》，将在该计划结束(2027年)前装备部队。2018年7月，俄罗斯首次公布波塞冬无人潜航器相关视频，并表示已在测试范围内对其展开试验。

由于俄罗斯面临西方经济制裁等压力，没有足够的经济实力与美国开展类似“冷战”时期的大规模军备竞赛；加之近年来，美国在水下无人作战领域发展迅猛。这都加强了俄罗斯加大力度进行军事现代化建设的决心，俄罗斯已成立UUS作战编队并参与实战应用。因此，俄罗斯选择发展波塞冬无人潜航器等最新尖端武器，以抢占先机，实现“弯道超车”，弥补其在常规UUS方面的



发展劣势。

## 4 技术发展

### 4.1 先进技术演习

2018年8月,美国海军举办了先进海上技术演习(ANTX),该演习由美国海军水下作战中心举办,旨在展示能在未来应用的先进UUS及其相关技术,自2015年以来每年举办一次。2018年ANTX的主题为“人机交互”,重点展示了多个无人平台跨域协同进行反水雷任务的能力<sup>[8]</sup>。

诺斯罗普·格鲁曼公司成功演示了无人潜航器、无人水面艇和无人机间的端到端多域连接。演示中,濒海战斗舰在一片拒止水域布放了各无人系统,波浪滑翔者环境动力型无人潜航器离开水域,直升机在空中待命,并由IVER3 580无人潜航器完成对目标的初步侦察。MQ-8火力侦察兵无人机由直升机布放,作为水面舰船和水下平台间的通信中继和态势感知平台,用于搜寻和传递水雷位置的信息;MQ-8还在两侧加装了4个A型声纳浮标发射管并投放了声纳浮标。所有无人系统均使用先进任务管理控制系统(AMMCS)构建反水雷任务网络,提高了有人/无人协作效率。

通用动力任务系统公司演示验证了无人潜航器、潜艇和陆基任务作战中心之间的跨域、多级实时指挥控制和通信能力。演示中,一座陆基战区规划指挥中心和一个潜艇战术级指挥中心利用模拟无人机、卫星和真实的陆基和海上通信节点,通过无线通信和水声通信实时向金枪鱼-21无人潜航器以及海军水下作战中心拥有的无人潜航器分派任务。该演示验证为水下对抗环境中多个平台间的通信难题提供了技术解决方案,涵盖范围从高级作战规划到战术级任务。

泰莱达公司团队演示了利用跨域无人系统进行反水雷作战的能力。演习开始时,由Power Docks公司的蓝岛无人微电网平台为所有无人系统模拟提供电力。泰莱达公司的Z-Boat 1800 RP无人水面艇使用测深设备和激光雷达搜索一片盆地

水域。普朗克航天系统公司的Shearwater无人机为Z-Boat无人水面艇侦察水面,用于防止碰撞和规避威胁。泰莱达公司的Gavia无人潜航器侧扫水域,进行搜索、分类、测绘和自主目标识别,并将捕捉到疑似水雷目标的坐标发送至海洋先进研究公司的WAM-V无人水面艇。该艇随即移动至坐标位置,并释放装备水雷处理系统的泰莱达SeaBotix vLBV300遥控潜航器。最后,使用绿海系统公司的惯导和受监控的自主导航系统,帮助遥控潜航器到达目标位置。该演示重点展示了无人系统的任务规划、导航、目标识别等技术,还实现了无人系统自主实时数据处理和目标识别。



图5 演习中泰莱达公司团队的水面无人系统  
Fig.5 The surface unmanned system of Teledyne Marine in the ANTX

### 4.2 水下能源动力技术

在2018年4月美国海军举办的海空天博览会上,特利丹能源公司展示了其研制的海底无人潜航器充电站。该充电站采用燃料电池系统,可通过船舶或直升机部署,储电量200kWh,工作深度为3000m。

2018年4月,加拿大授予Cellula机器人公司燃料电池研发合同,以提高无人潜航器水下续航能力。该项目研发的甲醇燃料电池(DMFC)比现有锂电池系统具备更高的能量密度,能使无人潜航器航程达到2000km并持续工作超过两周。

泰莱达能源系统公司在2018年8月的ANTX演习中展示了其水下充电站,该水下充电系统包括燃料泵、燃料站和充电船坞,能同时容纳最多四个无人潜航器。系统利用了泰莱达能源系统公司的质子交换膜燃料电池技术。充电站还支持将数据传输至可选平台和作战中心,并有多种解决方

案,支持向战场空间的其它平台传输信息。

2018年9月,美国海军水下作战中心授予应用物理科学公司相关合同,使其继续为美国国防预先研究计划局(DARPA)的蓝狼项目研发无人潜航器蓄电池样机。该项目旨在试验水下能源、水动力升力和减阻技术,最终研发航速和航程远高于固定尺寸平台的水下平台。应用物理科学公司从2015年开始参与蓝狼项目,负责研发使用热动力、电化学或能量回收中两种及以上动力形式的混合动力系统,提高能量效率。目前应用物理科学公司正在研发类似燃料电池或蓄电池等可装备于水下平台的热动力和电动力系统,以促进水下有人/无人平台更快速、高效地航行。

### 4.3 水下通信技术

2018年8月,美国麻省理工学院表示正在研究一种名为平移声学-射频通信(TARF)的水下-空中通信系统<sup>[9]</sup>。TARF系统利用水下扬声器将数据以声音的方式发送,从而使水面产生振动,飞机的敏感雷达拾取振动并进行解码将其恢复为声学数据。该技术采用的创新方式组合了声音和无线电,使水面从障碍物转变为通信接口。目前该技术仍处于初级研究阶段,麻省理工学院已在深3.5m、模拟部分海洋条件的水池中进行了实验,接下来的实验还将进一步增加水下深度和空中高度,并使技术在大海浪条件下更加稳定。

另外,麻省理工学院还在将太空激光通信技术移植到水下领域,即一个UUS在不确定区域使用采集扫描功能以快速转换窄光束,另一个UUS的终端能够检测到光束并进行锁定,之后两个系统间就能以很高的精度进行定位、追踪和信息收发。目前,麻省理工学院已在实验水池中进行了实验,两个UUS能在1s的时间内定位并锁定在一起,可处理数百吉字节容量的数据。

### 4.4 水下导航技术

2018年4月,美国伊利诺伊州大学在美国国家科学基金和空军科研办公室的支持下,参照螳

螂眼睛的生理结构,研制出一种偏振敏感成像仪,首次实现水下环境中基于偏振光的导航功能<sup>[10]</sup>。这种成像仪集成了多种偏振光学元件,能从水下拍摄水面的偏振光图案,以此估计太阳的方向和仰角,再根据拍摄的日期和时间推算传感器所在的地理坐标。在多个海域地点、不同深度、风况等条件下的实验测试表明,这种传感器的地理定位平均准确度为61km,每行进1km的误差为6m。这项技术虽还处在试验验证阶段,但为水下导航提供了一条仿生新途径,在民用和军事领域均具有巨大的潜在应用前景。

### 4.5 水下探测技术

2018年9月,美国海军水面战中心向Sonardyne公司授予合同,开发水下目标跟踪技术。Sonardyne公司的高精度Ranger 2超短基线声学跟踪系统,配有先进收发器和转发器,可在深水和浅水范围工作,跟踪到无人潜航器等水下目标的精确位置,能装备到便携式至超大型等各种尺寸的无人潜航器上。

2018年11—12月,DARPA先后授予雷锡恩BBN技术公司和诺斯罗普·格鲁曼公司海洋生物传感器项目(PALS)合同。该项目旨在研究自然生物和改造后的生物,确定哪些生物能支持传感器系统探测潜艇和无人潜航器的活动。PALS将重点考察海洋生物对这些平台存在的反应,并对它们产生的信号或行为变化进行表征,以便被传感器网络捕获、处理和转发。雷锡恩BBN技术公司将与诺斯罗普·格鲁曼公司共同研发硬件、软件和算法,将生物体的行为转化为可操作的信息并进行传送。

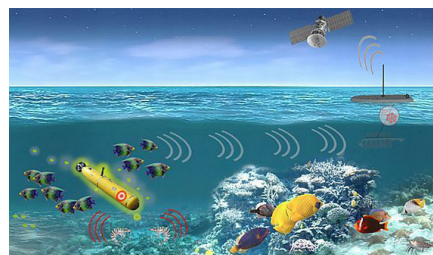


图6 PALS项目

Fig.6 Persistent Aquatic Living Sensors (PALS) concept figure

## 4.6 无人潜航器毁伤技术

2018年5月,美国海军水下作战中心分部发布一份信息征询书,旨在研究、发现、评估并加速适用于无人潜航器的先进爆炸或非爆炸载荷,为美国海军提供无人潜航器部署在复杂、浅水、凌乱的濒海环境中的不对称作战优势。征询书要求该载荷可使船体长度小于50m的船只停运或失效,并确保无人潜航器拥有速度和导航精度的相关技术,以支撑作战载荷的功能。

## 5 结束语

以美国、俄罗斯为代表的世界军事强国,均将水下无人力量作为在强对抗环境下谋求不对称优势的主要抓手,通过战略规划、装备新研与技术探索等手段,全面推动UUS快速发展。特别是俄罗斯推出的核动力无人潜航器,将为未来水下作战模式带来巨大变化,需要密切关注。

## 参 考 文 献

- [1] Unmanned systems integrated roadmap 2017-2042 [EB/OL]. [2018]. [http://cdn.defensedaily.com/wp-content/uploads/post\\_attachment/206477.pdf](http://cdn.defensedaily.com/wp-content/uploads/post_attachment/206477.pdf).
- [2] 李磊,王彤,蒋琪.从美军2042年无人系统路线图看无人系统关键技术发展动向[J].无人系统技术,2018,1(4):79-84.
- [3] Department of the navy strategic roadmap for unmanned systems [EB/OL]. [2018]. <https://assets.documentcloud.org/documents/4486563/Navy-UxS-Roadmap-Summary.pdf>.
- [4] 郭桂友,赵福军,刘都群,等.2018年俄罗斯精确打击武器发展回顾[J].飞航导弹,2019(3):24-27.

- [5] Japan to propose underwater drones to monitor East China Sea [EB/OL]. [2018]. [https://www.upi.com/Top\\_News/World-News/2018/11/05/Japan-to-propose-underwater-drones-to-monitor-East-China-Sea/4101541439140/](https://www.upi.com/Top_News/World-News/2018/11/05/Japan-to-propose-underwater-drones-to-monitor-East-China-Sea/4101541439140/).
- [6] OCEAN 2020: European defence agency meets partnering consortiums [EB/OL]. [2018]. <https://www.ecagroup.com/en/business/ocean-2020-european-defence-agency-meets-partnering-consortiums>.
- [7] To combat Russian subs, NATO allies are teaming up to develop unmanned systems at sea [EB/OL]. [2018]. <https://www.defensenews.com/naval/2018/10/21/to-combat-russian-subs-nato-allies-are-teaming-up-to-develop-unmanned-systems-at-sea/>.
- [8] Annual naval exercise showcases unmanned underwater vehicle capabilities [EB/OL]. [2018]. <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/10/25/annual-naval-exercise-showcases-unmanned-underwater-vehicle-capabilities>.
- [9] Wireless communication breaks through water-air barrier [EB/OL]. [2018]. <http://news.mit.edu/2018/wireless-communication-through-water-air-0822>.
- [10] Shrimp-inspired camera may enable underwater navigation [EB/OL]. [2018]. <https://news.illinois.edu/view/6367/635061>.

### 作者简介:



王雅琳(1991-),女,硕士,工程师,主要研究方向为水下无人系统、精确打击武器及技术发展等方面的情报研究。



郭佳(1989-),女,硕士,工程师,主要研究方向为系统工程及多方案决策等。



刘都群(1989-),女,硕士,工程师,主要研究方向为俄罗斯军事战略、武器装备及技术发展等方面的情报研究。