



装备参考

0

文章

1320万

总阅读

[查看TA的文章>](#)

水下无人系统发展现状及其关键技术

2018-05-17 21:28

作者：潘光 宋保维 黄桥高 施瑶

来源：《水下无人系统学报》、溪流之海洋人生

水下无人系统(UUS)是指具有自主航行能力，可完成海洋/海底环境信息获取、固定/移动目标探测、识别、定位与跟踪以及区域警戒等任务的各类无人水下航行器(UUV)、水下无人作战平台及其所必要的控制设备、网络和人员的总称。其研究领域涵盖情报收集、水下及水上侦查监视、作战打击和后勤支援等诸多领域，具有重要的军事价值，已成为世界各国海军装备的重要研究方向。UUV主要包括自主水下航行器(AUV)和遥控水下航行器ROV)，其中军事领域重点发展AUV，民用领域重点发展ROV。

近年来，随着各国对战场低伤亡率的追求，UUS在海上战争中发挥的作用愈发显著。相比水下有人系统，UUS能够代替人执行“枯燥的、恶劣的和危险的”(dull, dirty, dangerous, 3D)任务，具有机动性强、适应能力和生存能力高、无人员伤亡风险、制造和维护成本低等优点，极大地扩展海军的作战能力，被视为现代海军的“力量倍增器”。

一、UUS发展现状

1 国外研究现状

近年来，世界各主要海军大国都加快了UUV的研究步伐，并取得了重要进展。随着新材料、新能源、人工智能等技术的不断进步，大深度、远航程、大载荷、自主回收成为UUV的发展趋势。

(1)美国

UUS是现代海军装备的重要组成部分，是海军装备中新概念、新技术应用最为广泛的领域。美国历来对军事高科技保持着高度的敏感性，并针对UUS制定了一系列的发展规划。

2000年，美国海军综合考虑未来50年需求情况制定了一个中、远期发展规划，即《无人水下航行器(UUV)总体规划》，确定了未来UUV优先发展的4个特征能力:①潜艇跟踪和追猎；②海事侦察；③水下搜索和调查；④通信和导航援助。2004年，美国海军对该规划进行了修订，将UUV的任务最终调整为9项，包括情报/监视/侦察、反水雷战、反潜战、检查与识别、海洋调查、通信/导航网络节点、负载投送、信息作战、时敏打击，并提出了多UUV的概念。之后,美国海军未单独针对UUV再次发布规划，而是由美国国防部对陆、海、空各类无人系统进行统筹规划。2007年，美国国防部发布了《2007~2032年无人系统发展路线图》，首次提出了地面、水下、空中统一的无人系统总体发展战略规划,并表示未来25年美国将逐步建立一支完善而先进的无人作战部队。2009年、2011年、2013年美国国防部又先后对无人系统发展路线图进行了修订，进一步强调了陆海空各无人系统的协同工作能力。2016年10月，美国国防科学委员会发布了《下一代水下无人系统》报告，对于美国国防部在下一个10年及以后如何维持水下优势提出了重要建议。

由美国制定的系列发展规划可以看出，UUV正由单个系统朝向集群化趋势发展，并与其他无人系统组网协同，通过网络化无人平台的分布式态势感知和信息共享，提高作战效能。目前，美国已基本解决了单个UUV技术，并正在向多UUV自主集群协同及海陆空集群协同发

点。

①UUV向体系化发展

美国海军空间和海战系统司令部(SPAWAR)的先进无人搜索系统(AUSS)，最大潜深6000m，最大速度5kn，一次充电可在深海进行10h的搜索活动，携带的水声通信设备可保证在6000m的水下向水面传送电荷耦合器件(CCD)电视或侧视声呐数据。

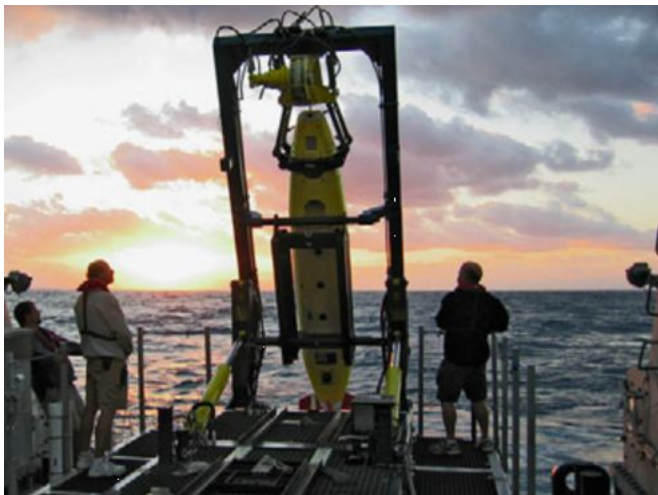
美国在研发水下航行器的过程中，还特别注重体系化发展。比如由伍兹霍尔海洋研究所设计的REMUS系列化水下航行器(见图1)。



(a) REMUS100



(b) REMUS600



(c) REMUS6000

图1 REMUS系列化无人水下航行器

该系列具体包括REMUS100、REMUS600、REMUS3000、REMUS6000等型号，可用于反水雷、航道侦察、港口警戒、地形测绘以及深水取样等任务，目前有超过150艘REMUS

表1 REMUS系列化水下航行器主要技术参数

型号	长度/m	直径/m	重量/kg	最大工作深度/m	续航力/h
REMUS100	1.32	0.190	37	100	15(3kn)
REMUS600	3.25	0.324	240	600	70(5kn)
REMUS3000	3.70	0.356	335	3000	44(4kn)
REMUS6000	3.84	0.71	864	6000	22(4kn)

②新概念型水下航行器研究

美国新一代水下航行器“曼塔”(Manta)主要用于新概念及新技术的试验。该航行器采用非常规的扁平外形设计,悬挂在潜艇外部,由潜艇释放自主执行任务(见图2)。Manta采用模块化结构设计,可根据任务需要搭载不同的传感器、武器及对抗设备,执行情报搜集、侦察、监测、反水雷及反潜等多种任务,完成任务后返回,可重复使用。Manta的研制分2期进行,近期排水量56.9t,长度15m,宽度5.8m,高度1.7m;远期排水量91.700t,航程2000km。



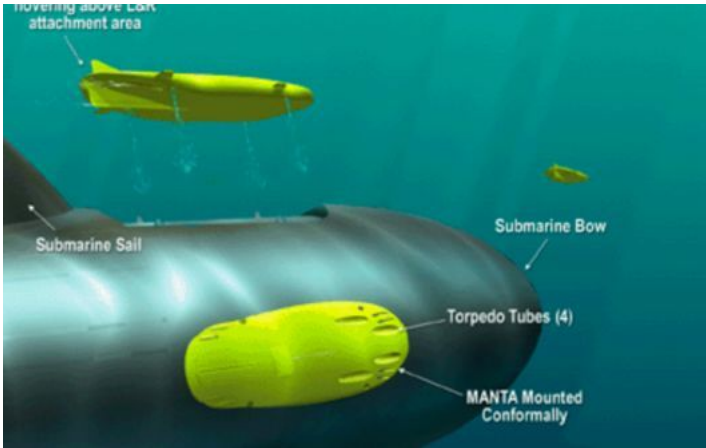
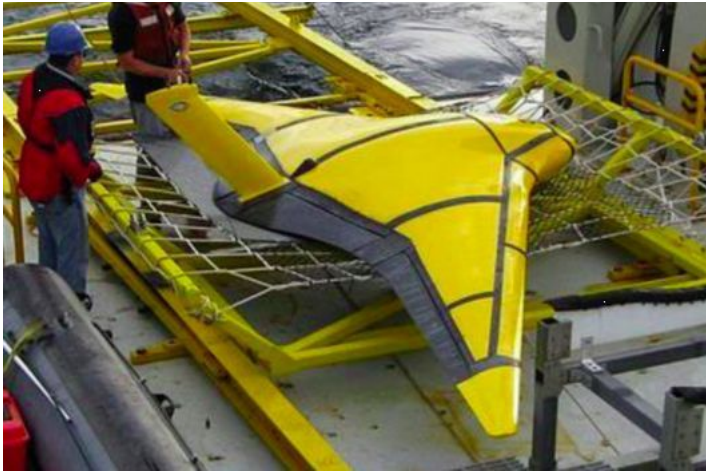


图2 美国“曼塔”水下航行器

新一代翼身融合水下滑翔机(X-Ray)由华盛顿大学应用物理实验室在美国海军研究办公室(ONR)资助研发。该滑翔机创造性地采用翼身融合布局外形，在为能源和有效载荷提供足够空间的同时，还能实现高升阻比和大滑翔比(见图3)。X-Ray翼展6.1m，滑翔速度1~2 kn，用于探测和跟踪浅水域的安静型潜艇。美国军方宣称X-Ray可以在指定区域内迅速部署并进行长达数月的运行，监测范围超过1000km。Z-Ray是X-Ray的下一代产品，具有更好的水动力性能，其所有子系统在2010年3月进行了不同深度(最大深度300m)的海洋试验，试验结果十分理想。



(a) X-Ray



(b) Z-Ray

图3 翼身融合水下滑翔机

“深海沉浮载荷”(UFP)是由美国国防高级研究局(DARPA)提出的一种水下预置无人系统。该系统为在4000m深海布置的密封吊舱，内置传感器、无人机、导弹等有效载荷，潜伏期长达数年，并在需要时远程遥控激活，吊舱浮出水面，释放有效载荷，执行军事任务。UFP项目研究分为3个阶段: 概念测试阶段(2013年)、样机开发阶段(2014年)、演示验证阶段(2015年~2016年)。美海军计划于2017年进行UFP 实战化部署。图4 为UFP概念图。



图4 “深海沉浮载荷”概念图

③UUS的集群化发展

随着各类水下航行器潜深、航程越来越大，功能越来越多样化，UUS集群也取得了突飞猛进的发展。美国先后开发了多型海陆空联合作战网络体系，利用UUV 作为水下移动节点，与其他固定/移动节点构成水下预警系统，实现海洋数据采集、军事侦察及信息对抗等任务。美国海军自1998年起多次进行广域海网(Seaweb)的海底水声通信试验，旨在提升未来海军作战能力。Seaweb是一种典型的海底水声传感器网络，通过水声通信链路将固定节

40个通信节点，并利用潜艇“USS Dolphin”号在布网区域中现场进行有关网络性能的测试。

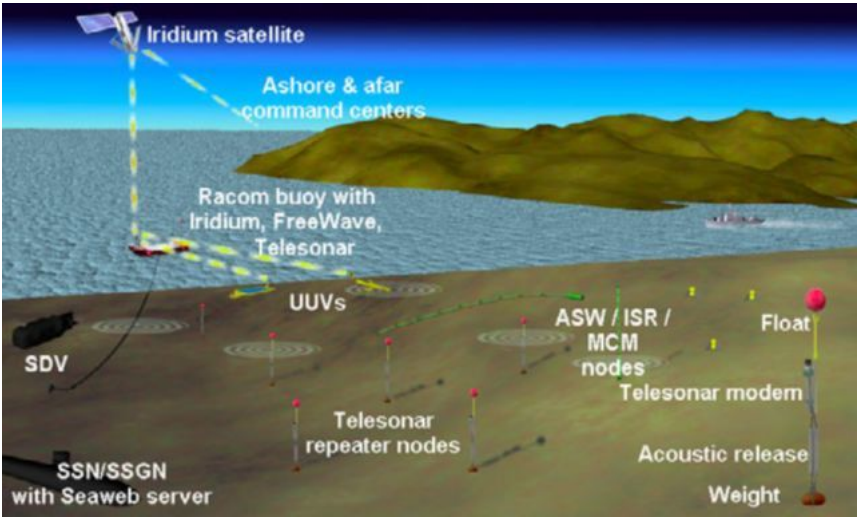


图5 海网示意图

可部署自主分布式系统(DADS)是美国ONR和SPAWAR联合研发的未来海军濒海防雷反潜项目，如图6所示。美国海军在2001年6月进行了DADS应用的舰队作战(FBE-I)试验。该试验系统由14个固定节点及数个移动节点组成，包括2个传感器节点、2个浮标网关节点和10个遥控声呐中继节点，UUV作为移动节点加入网络，网络服务器部署在岸基指挥中心。

>年的Seaweb2001演习中共布设了40个通信节点，并利用潜艇“USS Dolphin”号在布网区域中现场进行有关网络性能的测试。

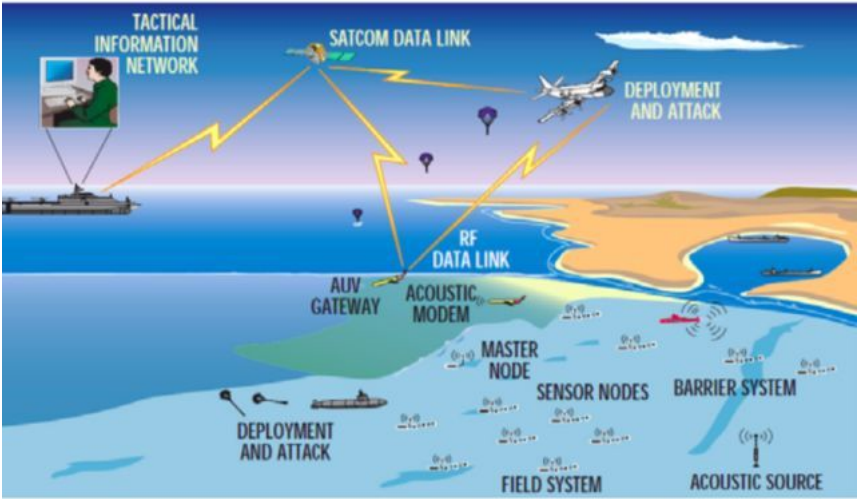


图6 可部署自主分布式系统示意图

先进可布放系统(ADS)由美国洛克希德-马丁公司设计和开发。每个ADS由4个互联的阵列安装模块组成，每个安装模块可释放UUV，UUV沿预设路线展开体内的光缆和水听器阵列(见图7)，实现对潜艇和水面舰船的探测跟踪，监测水雷布放活动。ADS之间还可以通过浮标相互通信，形成更大的水下探测网络(见图8)。

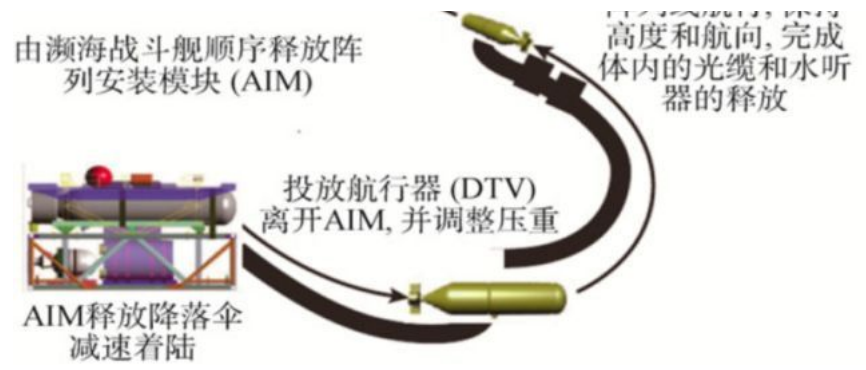


图7 先进可布放系统布放展开过程示意图

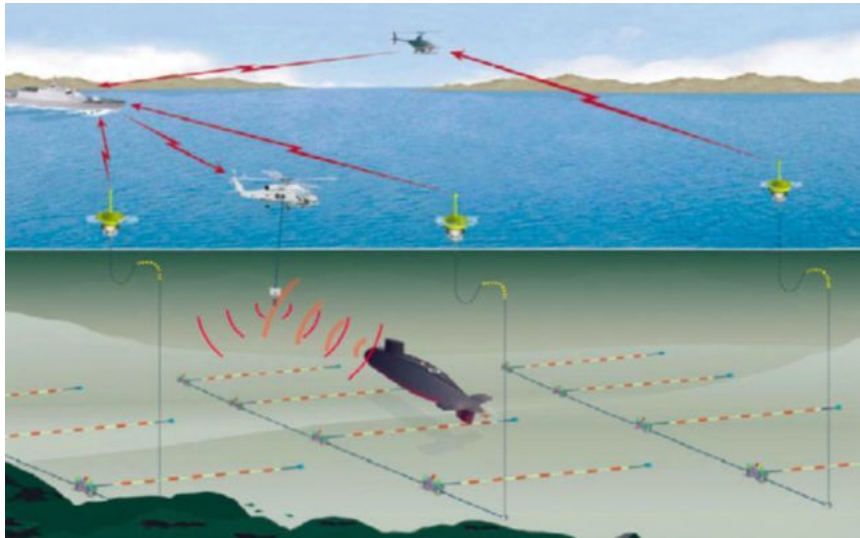


图8 ADS示意图

水下持续监视网(PLUSNet)于2006年开始研制，它以巡航导弹核潜艇为母节点，以核潜艇携带的UUV为移动子节点，以水下潜标、浮标、水声探测阵为固定子节点，构成一种潜布式海底固定加机动的水下网络，如图9所示。

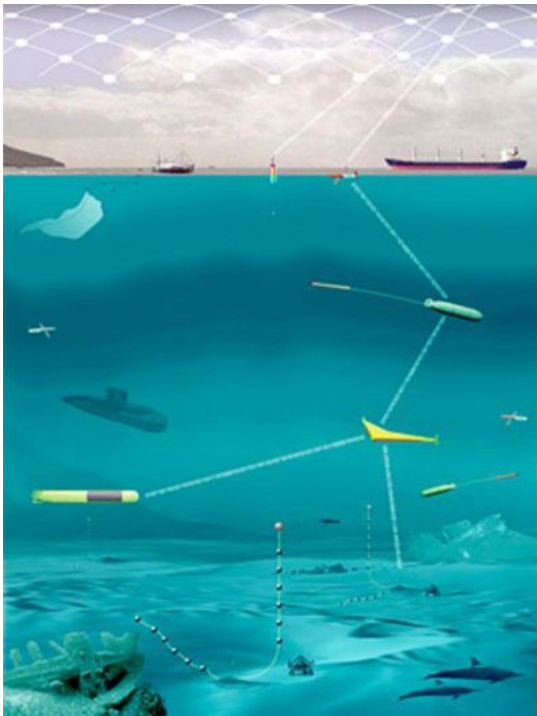


图9 水下持续监视网示意图

该系统可获取海洋环境信息、探测水下目标，为水下作战提供支撑，已于2015年形成作战能力。美国电船公司基于巡航导弹核潜艇，已经为PLUSNet开发了一种新型搭载系统进行隐蔽布放(见图10)。美国海军计划通过PLUSNet和ADS一起构成未来水下反潜网络。

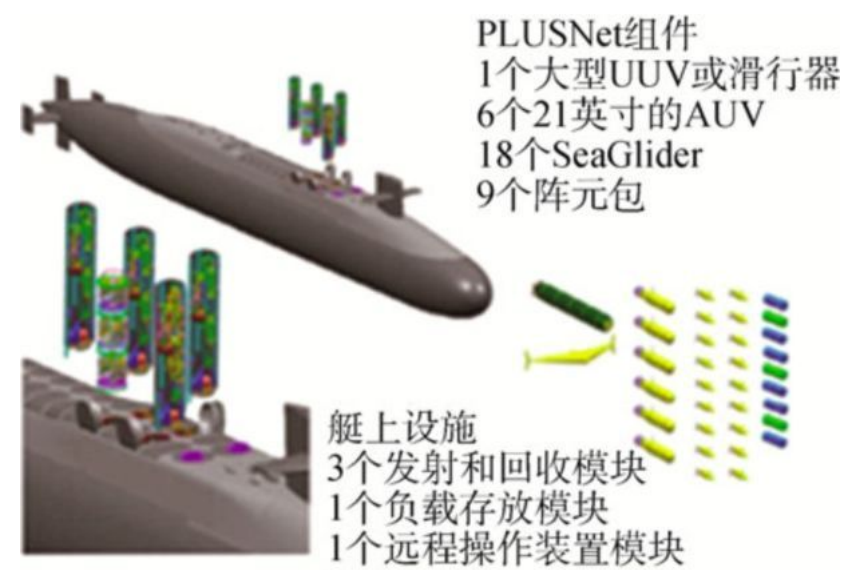


图10 美国电船公司开发的新型搭载系统PLUSNet

④其他新项目的研发

2015年，美国加大了该领域的研究力度，并发布了多个新项目的研发计划。

美国科学应用国际公司为DARPA研制的反潜战持续追踪无人艇(ACTUV)项目，旨在应对未来安静型柴电潜艇的威胁。该艇具有探测、跟踪、告警及规避功能，能够进行无线和卫星等多种通信。艇体采用复合材料，暴露在水面上的部分以及雷达反射截面较小，具有很好的隐蔽性和浅海航行能力。航速达到27kn，作战半径达到3000km，续航时间为3个月，具有极佳的前沿部署能力及大范围反潜能力。

刀，可搭载各种类型的导弹、炸弹甚至核弹进行自主攻击；既可独立使用，也可在包括巡航导弹核潜艇、弗吉尼亚级攻击核潜艇和水面舰艇等多种平台部署。该潜器计划2017年服役，2020年具备完全作战能力。

2016年5月，英国BAE公司开始为DARPA研发“深海导航定位系统”(POSYDON)项目。该系统由固定部署在海底的大量水声传感器组成，水下航行器无需浮上水面寻求GPS 定位，也无需释放任何射频传输信号，即可根据传感器的坐标推算出自身位置信息，因此可最大限度地降低被探测的风险、成本和动力消耗。该项目研制时间暂定48个月，分3个阶段进行。

(2)俄罗斯

近年来，俄罗斯大力发展UUV颠覆性技术。2015年11月，俄披露了正在研发的一种水下高速自主航行器——“海洋多用途系统Status-6”，该航行器可携带核弹头，并可在沿海地区破坏敌方重要经济区域，造成大范围的放射性污染。该航行器下潜深度约1000m，速度可达56kn，续航约10000km。该航行器预计于2019年生产出原型机。

(3)欧洲

瑞典萨博(SAAB)公司一直致力于UUV的研究，在2015年的英国防务展上，该公司展出了该领域的多项研发成果。其中，AUV62-MR水雷探测系统具有水雷探测、反水雷、远程作业与高阶自主能力，采用模块化设计，可执行多种任务；多功能水下航行器SUBROV 则是一种最新型的远程操作UUV，可被任何潜水艇运载发射，适于21英寸标准级鱼雷发射管；海黄蜂(Sea Wasp)是一种水下非常规爆炸处理装置，采用模块化设计，具有优异的适航性，可执行多任务。

英国南安普敦海洋中心研制的海洋调查与监视水下航行器AutoSub是一个大潜深、远航程的多用途水下航行器，最大工作深度1600m，航程500km。

德国阿特拉斯电子公司研制的无人水下侦察航行器DeepC，重2.4t，续航时间达60h，最大航程400km，巡航速度4kn，最大航速6kn，有效载荷300kg，最大潜深4000m。

2 国内发展现状

近年来，我国针对单UUV技术的研究已取得突出进展，中国科学院沈阳自动化研究所、哈尔滨工程大学、西北工业大学、天津大学、上海交通大学等单位都在该领域进行了大量研究。

中国科学院沈阳自动化研究所研制的系列化水下航行器，包括“探索者”号航行器、“CR01”航行器、“CR02”航行器、“潜龙一号”、“潜龙二号”航行器等。其中“潜龙二号”在“潜龙一号”的基础上，在机动性、避碰能力、快速3D地形地貌成图、浮力材料国产化方面均有较大提高，为我国海底多金属硫化物调查和勘探提供高效、精细、综合的先进手段。

哈尔滨工程大学在“十二五”国家863 计划支持下，完成了300kg级小型自主水下航行器(智水-IV)的研制，在蓬莱海域实现了自主连续航行110km和自主布放等多项功能演示，最大潜深达1000m。

西北工业大学在“十一五”、“十二五”期间分别研制了“300m航深、300km航程”和“500m航深、500km航程”远程智能水下航行器，突破了航行器低速横向平移与回旋、水下悬停矢量推进与操纵、新型稀土永磁推进电机等关键技术，具有航路自主规划和安全布放回收能力。此外，西北工业大学还研制了50kg级便携式水下航行器，航程50km，最大工作水深200m，具有安全可靠、便于操作、易于维护等优点，可快速灵活扩展功能模块，满足海洋环境探测和水下观测的需求。

11/20

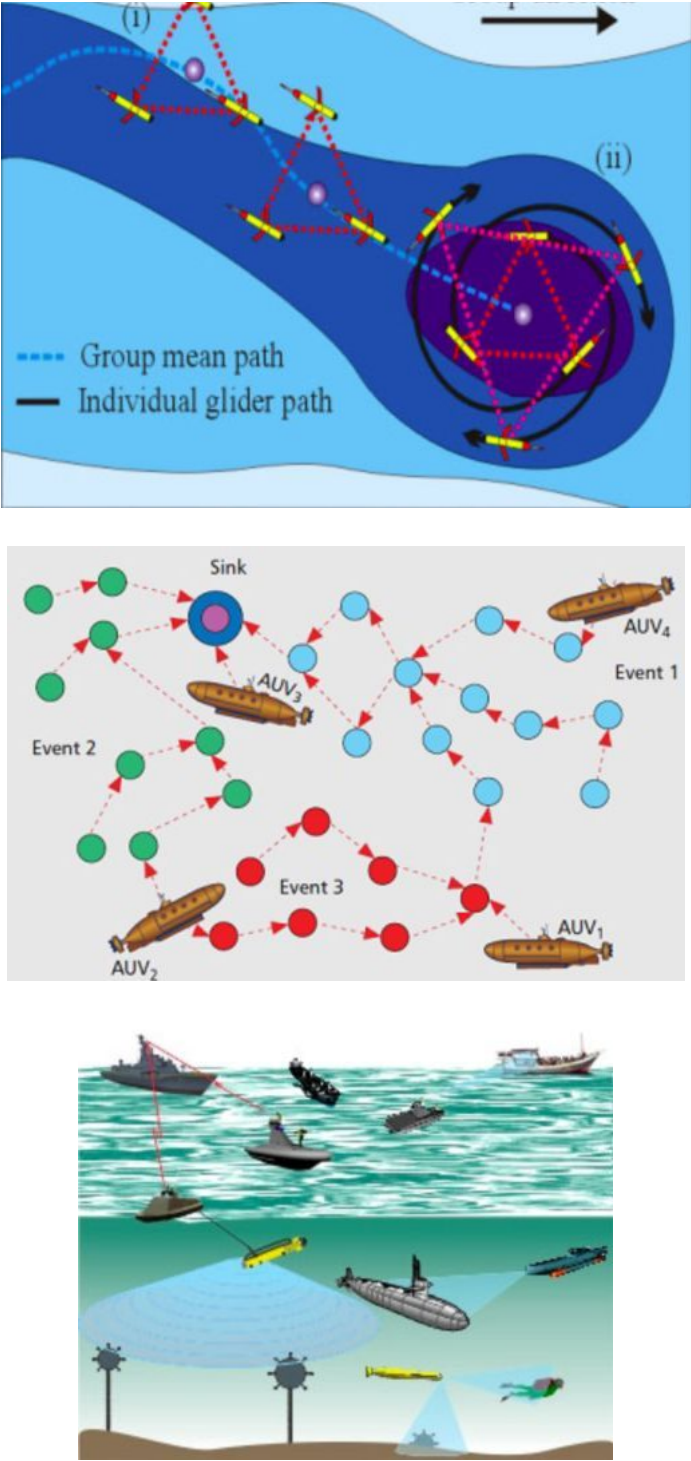


图11 水下航行器编队协同控制

(4)协同导航与定位技术

高精度的导航定位是多UUV系统完成任务的基础。通过UUV间导航信息的共享，即多UUV间的协同导航，在提高系统整体导航定位精度的同时，既可降低导航定位成本，还可摆脱基阵/母船的束缚，使用区域灵活。目前，协同导航与定位主要有领航跟随式和分布式2种。领航跟随式中，领航UUV配置高精度导航传感器，跟随UUV配置低精度导航传感器，领航UUV的数量一般2~4个，理论上跟随UUV数量不受限制；跟随UUV一般需与领航者通信，并且领航UUV间需要具备配合能力。分布式中，每个UUV具有相同的导航传感器配置与同等地位，一般要求UUV与多个邻居通信，由于目前世界先进的美国伍兹霍尔海洋研究所(WHOI)研制的水声通信系统Modem较可靠的通信率也只有32Bytes/10s，故适合于UUV数量较少的场合。

为了实现UUV多平台间的数据共享，必须解决水下远程高速动态通信、水下网络与空中网络互联等技术问题。

(1)水下远程高速动态通信技术

在执行大范围、远航程任务时，航行器之间以及航行器与母平台之间需要进行远程高速动态通信，以实现信息传输与共享。为了实现水下远程高速动态通信，重点需要突破深海声信道远程通信技术、远程低误码率指令信息传输技术以及信息传输抗截获技术等。

(2)水下网络与空中网络互联技术

UUV主要以声学通信为主，然而水声通信存在着水声信道时域和空域不断变化、多途效应扩展严重、具有频率选择性信道衰落、可用频带资源有限等限制，使得UUV的通信距离和带宽受到限制，并且误码率高。为了实现水下网络与空中网络的互联，重点需要突破基于移动节点的水声组网通信技术、水下中继水声通信技术、水下网络-浮标-卫星中继通信技术等。通过多个移动节点之间的相互通信，构建水下移动声学网络，将水面浮标作为中继，UUV可以与卫星实现通信，从而实现海空天三位一体协同工作。

三、结束语

海洋是我国经济可持续发展的重要战略空间，更是国家安全的重要屏障。UUS作为海洋防卫的重要装备，是我国现代海军崛起、建设蓝水海军的重要组成部分。

当今各军事大国都在加紧各类UUS的研制和开发，美国在该领域的研究更在体系化、集群化以及对新概念水下航行器的探索等方面凸现其技术优势。相比而言，我国尚需在系统的集群协同、超远航程与超大潜深、自主隐蔽作战等方面加大投入和研发。

鉴于UUS的发展趋势，未来研究方向及重点应基于以下几方面：①仿生技术、人工智能技术将在UUS中扮演越来越重要的角色，也是我国实现弯道超车的技术突破点；②应尽快召集国内相关技术优势单位，在充分调研的基础上，制定我国UUS的发展路线图，指导相关技术研究；③将UUV与无人水面船、无人地面车辆、无人机等无人系统统筹考虑，同时开展多种异构无人平台的联合协同作战研究。

[返回搜狐](#)，[查看更多](#)

声明：该文观点仅代表作者本人，搜狐号系信息发布平台，搜狐仅提供信息存储空间服务。

首赞

阅读 (5725)

大家都在看



爷爷给孙女取了个“优雅名”，自己很满意，儿媳：您倒着念...



卡德罗夫：在马里乌波尔，一千多名乌克兰海军陆战队员...



16岁山东女生被父亲连捅4刀身亡，揭开母亲隐藏16年的遮...



1955年授衔的开国将帅中，仅杨永松将军一人健在，现今1...



“马”姓爸爸取名绝了，这名字老师看了都觉得尴尬：我真不...