

水下无人平台在“马赛克战”中运用构想与分析

赵志允¹, 陈建华², 彭 涛³, 于化鹏^{4*}

(1. 海军潜艇学院, 山东 青岛 266042; 2. 泉州信息工程学院, 福建 泉州 362000;
3. 中国人民解放军 92730 部队, 海南 三亚 572000; 4. 军事科学院 国防科技创新研究院, 北京 10010)

摘要 根据“马赛克战”作战概念内涵, 从作战体系、杀伤效能、作战力量构成等方面研判其对我海战的威胁, 并在此基础上详细提出了水下无人平台的基本作战构想和主要运用方法; 分析了 UUV 与 PUS 相关平台总体、集群协同、通信组网、水下态势感知等主要关键技术。为研究“马赛克战”对海战的影响及其对策提供了一定的理论参考价值。

关键词 马赛克战; UUV; 作战力量运用; 关键技术

中图分类号 E91 **文献标识码** A **文章编号** 2096-5753(2020)06-0451-06

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2020.06.001

Analysis of Application of Unmanned Underwater Platform in Mosaic Warfare

ZHAO Zhiyun¹, CHEN Jianhua², PENG Tao³, YU Huapeng⁴

(1. Navy Submarine Academy, Qingdao 266042, China; 2. College of Quanzhou Information Engineering, Quanzhou 362000, China; 3. No.92730 Unit of PLA, Sanya 572000, China; 4. National Innovation Institute of Defense Technology, Academy of Military Sciences, Beijing 10010, China)

Abstract Based on the concept of Mosaic Warfare, this paper analyzes the threats to sea warfare in our country in terms of combat system, kill efficiency and combat force structure. The basic combat concept and main application method of unmanned underwater platform is pointed out accordingly. Besides, main key technologies of UUV and PUS are studied such as ensemble platform, swarming coordination, communication network and underwater situation awareness, providing theoretical reference for the research on threats of Mosaic Warfare and countermeasures.

Key words Mosaic warfare; UUV; combat force application; key technology

0 引言

随着人工智能等高新技术驱动的武器装备快速发展, 美国长期保持的军事竞争优势受到很大冲击, 使得美国已经很难构建下一个更大、更快、更具杀伤力的作战平台来解决所有面临的新问题。为解决上述问题, “马赛克战”(Mosaic

Warfare)作为一种作战概念和作战体系应运而生, 在海战方面, 其具体表现为“分布式杀伤”概念的进一步迭代升级。面对日益复杂的海上斗争形式, 研究分析美“马赛克战”对我海战的威胁, 并开展水下无人平台的作战运用构想和设计, 不仅具有作战运用理论研究价值, 而且能够为牵引装备建设提供军事需求参考。

收稿日期: 2020-09-01

作者简介: 赵志允(1985-), 男, 博士, 讲师, 主要从事水下战战术理论研究。

基金项目: 国家社科基金军事学青年项目“xx 在保护南海战略通道中的 xxxx 问题研究”(16GJ004-260)。

* 通讯作者: 于化鹏

1 “马赛克战”概念及其对我海战威胁研判

1.1 “马赛克战”概念内涵

“马赛克战”概念最早于2017年8月由DARPA（美国国防高级研究计划局）下属的战略技术办公室（STO）提出。相比于传统战争，“马赛克战”适用于动态威胁，即根据可用资源能够进行快速定制，将低成本传感器、多域指挥与控制节点及其相互协作的有人、无人系统等低成本、低复杂系统灵活组合，以期达成理想的整体效果，形成不对称优势^[1]。

从概念提出开始，DARPA围绕“马赛克战”概念发展、关键支撑技术项目开发和推演与评估等持续推进，并于2020年2月11日，由美国智库——战略与预算评估中心（CSBA）发布《马赛克战争：利用人工智能和自主系统来实施以决策为中心的行动》报告，认为在与中国和俄罗斯的长期竞争中，正在失去技术和作战优势，应摒弃“消耗战”思想，实施以人工智能和自主系统为支撑的“以决策为中心”的“马赛克战”。

“马赛克战”是为体系战而优化的兵力设计。模块化和可扩展的马赛克兵力具有高互操作性，可创建多个杀伤网，从而代替杀伤链。它基于“马赛克拼图”理念，将武器、平台、传感器、通信网、指控系统等作为“马赛克碎片”，依托传统武器化解的末端功能要素，依托先进的网络、数据链和人工智能技术实现动态组网、协同和自适应，构成去中心化的极具弹性、鲁棒性、适应性的作战网络，形成部分损失不会对整体作战效能产生影响的作战效果。

1.2 “马赛克战”对我海战的威胁

1.2.1 “体系作战”重构升级

美军认为，近年来，中国不断推进新军事变革，持续推进海军“体系化”作战力量建设，并逐渐形成海上“体系对抗”、“体系破袭”的作战理念^[2]。其中，美军的信息系统是重要攻击目标，海上指控网络和通信系统等关键节点受到极大威胁，致盲、致瘫痪的风险是美军无法承担的重大损失。为应对这种风险，“马赛克战”采用马赛克拼图的理念，

构建去中心化的新型作战体系，若干块马赛克发生破损或缺失，可重新拼接构成新的图形，实现智能化自适应重构。

因此，“马赛克战”的作战概念将对我认知对手作战体系带来很大困难，原有的“体系作战”理念将随之调整，原有的以海上兵力集团为核心的作战体系变得模糊不清，作战空间、作战对手、作战方式、作战进程等一系列的要素都将进一步扩大化、模糊化和不确定，从兵力建设与运用到具体的指挥决策，都将给我带来极大挑战。简言之，即在我当面乃至很大范围内的所有兵力兵器都可能是作战体系中的一块马赛克，战争威胁变得无处不在。

1.2.2 杀伤效能有效增强

从2014年美国提出“分布式”杀伤理念到2017年美海军在《水面部队战略》报告中，正式明确“分布式杀伤”的概念内涵，并将其上升为“重回制海权”的核心作战理论。它将火力集中上升到一个新的高度，利用“分兵集火、凡船皆战”实现“兵力分散实现火力集中”，有利于控制更大海域，同时给对手带来决策的迷茫^[3-7]。“马赛克战”在美海军主导的“分布式”杀伤、空军主导的“敏捷战”、陆军主导的“多域战”的基础上，在杀伤理念上进一步迭代和升级，进一步打破兵种、军种界限，强调以结果为核心地提出了以“杀伤网”取代“杀伤链”。相互协作功能节点组建“杀伤网”，众多功能节点分散部署，部分节点功能丧失不会影响“杀伤网”作战效能的发挥，提高了杀伤能力的弹性和生存力。对比原来的由情报、侦察、监视、计算、通信、指挥、控制、杀伤（C4KISR）构成的作战链条，任何一个环节被摧毁或失效，都将导致整个链条失效。

杀伤网在系统鲁棒性和灵活性增强的同时，也将带来多维度同时多方向攻击。这是因为杀伤网中蕴含着多链路打击可能，使用不同领域和类型的兵力，对敌多目标实施多方向的同时攻击，将带来“应接不暇的困境”，增加了应对的复杂程度。与此同时，“马赛克战”可以充分发挥“以多对多”的分布式打击威力，彻底清除对方作战体系中某类高价

值目标群。比如在海战设计阶段, 美军就能将我海上作战舰艇通过作战网络进行充分的侦察监视和目标分配, 一旦开展, 我海上作战兵力将同时面临不同方向来袭武器威胁, 这将对我海上兵力集团安全产生极大威胁^[1-2, 6-7]。

1.2.3 作战力量构成全面升级

海战本身包括了空中、地面、海上和海下等多种复杂环境下的作战力量和行动。马赛克战具备整合各域作战平台的强大能力, 既可以融合水面舰艇、海军航空兵、水下潜艇等传统的海军力量, 还可以融合陆地远程火力、空军作战飞机、太空系统武器等其他军种作战力量。同时, 大量的无人装备和预置武器系统等无人作战力量将融入到作战力量系统中去, 人工智能、通信组网、辅助决策等技术也将大量运用, 各作战单元在自适应通信网支持下自主协同作战。在未来海战中, 美海军自身作战力量全面升级, 运用方式也更加灵活多变, 真正形成“隐匿与无形, 组合于随机”, 给我辨别作战对手和威胁方向带来了复杂性和不确定的难题和挑战。为了给马赛克作战提供灵活的自主平台, 小型低成本无人平台正在开发, 比如“小精灵”、“深海有效载荷”、“垂钓者”等项目^[5-6, 8-11]。

1.2.4 新型水下无人装备加速研发

新型水下无人装备可以作为新型作战力量的重要组成部分, 无论是在构建信息传输与感知网络还是组成动态杀伤链条, 都是马赛克战作战拼图的重要一环。其中, 水下无人潜航器和武器发射平台是新型水下无人装备的2个重要方向。

1) 加速发展无人作战潜航器。比如大排量潜航器(LDUUV)携带轻型鱼雷作为打击载荷, 长度近11 m, 水下自持力60 d, 可替代攻击型核潜艇执行编队水下警戒任务。“曼塔”(Manta)可根据任务需要携载各种不同的传感器、武器, 能够胜任搜集情报、侦察、监测、反水雷、反潜等多种任务, 尤其适合在封锁的、高危险性的浅水区域执行任务^[8-14]。

2) 研发水下武器发射平台。例如“海德拉”(Hydra)项目是DARPA牵头开发的借助成熟

技术和新任务载荷, 其构件技术研发一种高效费比的模块化水下发射平台, 主要部署于浅海和重要航道, 采用标准化的外壳及模块化负载, 第1阶段演示目标是装载、发射75枚“地狱火”导弹^[8-14]。

2 “马赛克战”中无人潜航器与水下预置系统作战运用构想

“马赛克战”的作战概念是为了应对中、俄日益强大的军事力量而设计, 是将原有的美军作战体系去中心化、柔化和网络智能化。面对上述威胁和挑战, 仅仅依靠原有的作战体系显然难以应对, 必然在原有作战力量的基础上, 通过新的武器装备的力量构成和新的作战运用方法, 抓住对手的弱点, 达到攻其不备, 探寻克敌制胜的法宝。

2.1 作战运用基本构想

根据我“远海防卫”的要求, 面对可能发生的大规模海上冲突, 重要兵力集团面临“马赛克战”杀伤网的重要威胁之下, 特别是在对方各种无人作战平台和节点方面, 需要以“无人”对抗“无人”, 充分利用作战海域地理环境, 发挥水下无人平台的作战效能。基本使用方法和主要使用时机和场合有:

1) 部署在我重点海域, 保护我重要价值目标或兵力集团安全, 尤其是防御敌水下袭击, 重点兵力包括我航母战斗群、战略导弹核潜艇、登陆运输编队等。根据美对“马赛克战”的作战概念的兵棋推演验证可知, 其水下首选突击兵力是无人潜航器(Unmanned Underwater Vehicle, UUV)和其他无人作战平台, 其目标小、隐蔽性强、灵活智能的特点给我传统的水下防御带来很大困难。因此, 需要采用水下UUV设置多层立体防线, 持续水下侦察警戒, 并通过欺骗诱导使得自身成为敌UUV水下突击首要目标, 通过“水下无人”对抗“水下无人”, 保护我有人兵力安全, 并通过有人兵力和无人兵力的协同使用力求实现局部的对抗优势。

2) 通过远程兵力源头布防, 将UUV和水下预置系统(Preset Undersea System, PUS)隐蔽预先安放在敌港口基地附近的水下。PUS根据打击目标

的不同,其武器装载也有所不同。比如打击目标为敌进出港作战舰艇时,PUS以对海攻击武器为主,例如鱼雷、反舰导弹、自航式水雷等;打击目标为敌港口基地岸上目标时,PUS以对陆攻击武器为主,例如巡航导弹等。此外,为了对抗敌信息战优势和防御系统,还需要在PUS中配置一定的电子战进攻型武器。当需要激活和使用时,通过远程隐蔽式通信系统遥控激活,激活后可通过UUV上浮作为通信节点接受指挥控制命令和目标指示信息,指挥系统水下PUS攻击目标。

2.2 破敌“马赛克战”的主要运用方法

“马赛克战”作为一种新的作战概念,既是美军落实其战略意图的需要,更是技术发展推动的结果,是主观和客观相结合的产物,意图形成新的不对称优势,并引起新一轮的军事竞赛。我们既不能忽视、漠视它的存在及其带来的紧迫威胁,也不要被其所恐吓而自乱阵脚,扰乱自我建设进程和军事准备节奏,被其牵着鼻子走。清醒的认知不会带来恐慌,反而为合理应对提供了基础和前提,马赛克概念设计作战体系多方面的变革,既包括新的平台开发也有现有体系的“马赛克化”改造,更有许多关键技术、前沿技术亟待开发,既不可能一蹴而就,也并非无懈可击。

1) 破坏“马赛克”作战体系的信息传输链路和计算中心,通过软、硬对抗,阻断、干扰、诱骗、迷惑敌信息传输和智能算法系统。UUV装备信息作战系统通过UUV水下隐蔽灵活的部署和活动,对敌分布式信息节点,比如水面无人艇、通信浮标、水面舰船等进行信息战。虽然整体兵力规模和效能上处于劣势,但可以通过集中兵力和运用时间,在有限的作战海域和作战时间内对敌信息网络形成破坏,并在需要的时候自行攻击摧毁或引导其他兵力摧毁重要节点或算法中心。

2) 通过UUV和PUS的合理配置和使用,在一定区域内形成水下攻防作战群,阻断敌海上兵力集团行动,打击敌海上作战平台。敌兵力马赛克化的同时,海上兵力集团仍将继续存在,特别是在容易发生冲突的海域,单个兵力行动的活动无论进攻还是防御都将处于不利地位。因此,将UUV和水

下PUS部署在我重点海域前侧或附近,在对敌作战前激活使用,能够在敌兵力活动范围内部或者后方形成水下兵力存在,到达出其不意的作战效果。与此同时,通过UUV兵力行动和PUS打击,敌整个作战网络将在短时间内形成大量干扰。随之而来的是新的作战任务规划需求和算法挑战,影响“马赛克”作战网络整体自适应的快速性和鲁棒性,为我有人兵力防御和进攻行动争取了时机和主动。

3 UUV与PUS关键技术分析

3.1 平台总体

在水下无人平台顶层规划与作战效能评估技术方面,国内外正在建设空、天、陆、海、深水五维立体通信、目标感知和作战网络体系,在水下无人攻防顶层规划与作战效能评估方面的研究已取得了一定的进展。在水下无人平台仿生外形与总体布局技术方面,为了在有限能源的情况下实现超远航程,国内外已开展了新型仿生外形与总体布局技术研究,突破了水下滑翔技术及其工程应用,正在进行柔性翼波动、水下扑翼、尾鳍摆动等技术的初步研究;在水下无人平台大深度材料与结构设计技术方面,国内外已实现了高强度质量比、高钢度质量比、耐腐蚀复合材料的广泛应用,并且针对多球联接结构、藕节结构、夹层结构等新型结构形式进行了初步研究,使UUV、PUS等可在超过万米的水下进行工作;水下无人平台开放式设计技术方面,美国和西欧一些国家在UUV、PUS等方面已突破了系列化、模块化、通用化设计技术,取得了很好的实际效果。此外,国外已实现水下无人平台的水下外挂式投放、双管回收和带缆单管回收,正在研究保形投放与回收技术。美国拟采用艇外“保形”投放和回收方式实现水下作战单元的投放和回收,即在水下无人平台上建立作战单元的“系留区”,该“系留区”在水下无人平台上的凹陷处为“浅口槽”形式,装载作战单元后,其线型结构可以与运动平台或海底基站的外廓形状融为一体,实现保形^[5-17]。

3.2 通信组网

美国Benthos公司在20世纪90年代末与乌兹

霍海洋研究所合作生产的水声调制解调器(Modem), 传输距离 5~7 km, 速率最大可达 2 400 bit/s。美国海军实验性远程声呐和海洋网络计划组建的 Seaweb2000 的水声网络, 利用了 17 个节点。实际上这个计划在 1998 年就已经开始实施, 主要的合作公司是 Benthos Inc., 具体布设的工作水域位置在麻萨诸塞州的 Buzzards Bay 海湾。该网络布设海区水深约 10 m, 多途时延为 10 ms 左右。美还在圣地亚哥海岸外进行 Seaweb2001 演习, 共布设了 40 个通信节点。在演习中, 利用潜艇“USS Dolphin”号与水下无人平台在布网区域中现场进行有关网络性能的测试。美国在 Monterey Canyon 建立了深海水声通信局域网络, 检测范围为 5~10 km, 水下节点与海面浮标之间利用 10~30 kHz 的垂直声信道, 浮标与岸基通过射频方式通信。美海军空间及海上作战系统中心根据关键海区大范围水下预警的要求, 开发了“可部署分布自主系统”(DADS)^[4, 7-8, 13-18]。

俄罗斯近期研制成功了一种极低误码率远程水声调制解调器, 在几千瓦的发射功率下, 传输距离可达 100 km 以上, 在 2~10 kHz 带宽内利用伪随机编码, 反卷积信道均衡实现潜艇间文字传输, 传输速率仅 6 bit/s 左右。法国 ORCA 仪器公司的 MATS 系统传输速率为 20~4 800 bit/s; TIVA 系统(高速率、远距离图像和数据传送水声通信系统), 传输速率为 9 600 bit/s, 传送 1 幅 240×180 分辨率的图像费时 36 s。

3.3 集群协同

为了提高完成任务的效率, 多个 UUV、PUS 的协同控制受到了国内外的高度重视。目前, 协同控制技术主要有主从式编队协同控制、基于行为的协同控制技术、基于信息一致性的协同控制技术。

2006 年美国麻省理工学院公布了其“协同自治式侦察与探测网络系统”, 通过多种无人系统的协同配合, 完成侦察与探测任务。较好地解决了移动探测网络结构配置、节点数量与组网方式、通信方式, 水下多基地协同探测技术, 浅水环境下沉底、掩埋目标及相关联的底部混响三维声散射基本物

理机制, 网络导航、搜索以及目标辨识问题等关键技术。欧盟于 2007 年组织德国、意大利、葡萄牙、挪威、法国等国家联合开展了“水下无人系统协同”项目, 主要解决多个水下无人系统之间的协同导航及编队控制、通信等问题。为了实现水下潜航器的能源补充和物质转移, 美国和欧盟开展了水下潜航器与能源补充基地或深海工作站之间的动态对接研究。目前, 动态对接技术主要有基于声学、电磁学、光学的动态对接技术^[5-6, 8, 13]。

3.4 水下态势感知

水声网络技术支撑快速部署水下态势感知网。通过网络技术将多个不同位置布放的传感器进行互联, 采用集中或分布式数据处理实现对网络覆盖范围内目标的检测、定位、追踪等, 即形成分布式水下探测系统, 态势感知海域实现全覆盖。DARPA 近海水下持续监视网(PLUSNet)构建一种半自主控制的海底固定+水中机动的网络化设施, 由携带半自主传感器的多个潜航器组成, 可以在 185 km×185 km 的大约 34 000 km² 的区域内为反潜战提供监视能力。该项目已于 2013 年 10 月完成海上测试。“分布式敏捷反潜系统”是移动式与固定式结合的全方位广域探潜网络, 由深海系统、浅海系统两部分构成。浅海系统采用无人机探潜, 利用无人机携带的非声传感器, 搜集尾流等非声学特征。深海系统由海底固定声呐节点和数十个 UUV 构成, 能够避开舰艇声呐横向探测常遇到的因海底和海面声波折射造成的目标模糊问题; 支持深海网络的 UUV 猎潜系统(SHARK)项目, 数十个 UUV 携带声呐等传感器组成深海网络, 单个 UUV 探测直径可达 55~75 km, 经组网可探测大面积水域, 为水面舰艇打击群等高价值装备扫清水下威胁^[9, 13, 17-18]。

新型探测技术也提供了新质探测能力^[19-20]。日本海洋-地球科学技术局开发出激光三维水下扫描仪可供自主 UUV 搭载, 在中等距离(20 m)获得高品质海底图像, 该技术可用于海底地形测绘、水下设施检查、水雷探测等。美国 DARPA “持久海洋生物传感器”(PALS)项目利用海洋生物的感知能力辅助探测并跟踪水下目标。

4 结束语

上述就“马赛克战”作战概念在作战体系、杀伤效能、作战力量构成等方面对我海战威胁进行研判，详细提出了水下无人作战平台的基本作战构想。针对“马赛克战”作战概念反映的美军战略意图及其产生的背景，研究了突破新型不对称优势的兵力运用方法，并分析阐释了相关关键技术发展，为研究“马赛克战”对于海战的影响及其对策方法提供了一定的理论参考价值。

参考文献

- [1] 李磊, 蒋琪, 王彤. 美国“马赛克战”分析[J]. 战术导弹技术, 2019 (6): 108-114.
- [2] 美国海军环境信息应用委员会, 美国国家研究理事会. 美国海军作战环境信息保障[M]. 李茂林, 译. 北京: 海洋出版社, 2016.
- [3] 凌国民. 海战场水下信息技术综述[C]//2011年海战场电子信息技术学术年会论文集. 北京: 中国造船工程学会电子技术学术委员会, 2011.
- [4] 陆铭华. 水下作战指挥系统结构及其工程管理技术[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 4 (5): 7-11.
- [5] 钱东, 赵江, 杨芸. 军用 UUV 发展方向与趋势(下)——美军用无人系统发展规划分析解读[J]. 水下无人系统学报, 2017, 25 (2): 3-46.
- [6] 李经. 水下无人作战系统装备现状及发展趋势[J]. 舰船科学技术, 2017, 39 (1): 1-5, 36.
- [7] 诺曼·弗里德曼. 当代潜艇和反潜作战[M]. 克里斯·查恩特, 西风, 译. 北京: 中国市场出版社, 2018.
- [8] 单忠伟, 陈伏虎, 白兴宇. 基于 UUV 的水下警戒探测技术和发展趋势[J]. 声学与电子工程, 2009 (2): 45-48.
- [9] 杨立健. 基于 UUV 的水下水雷探测系统[J]. 科技广场, 2010 (3): 218-220.
- [10] 徐依航. 美国海军无人潜航器发展经验及未来趋势[J]. 军事文摘, 2018 (5): 21-23.
- [11] 黄亮, 王智勇, 李海岩. 美海军无人潜航器的发展与应用[J]. 舰船电子工程, 2018, 38 (9): 13-15.
- [12] FLETCHER B, DUNN P. UUV Master Plan: a vision for navy UUV development[C]//Oceans 2000 MTS/IEEE Conference and Exhibition. US: IEEE, 2002.
- [13] 王建斌, 王志敏. UUV 发展、应用及关键技术[J]. 信息与电子工程, 2007, 5 (6): 476-479.
- [14] 许兆新, 吴传利, 殷志伟. 美国海军海洋环境信息应用系统综述[J]. 舰船电子工程, 2005, 25 (4): 25-29.
- [15] 金晓斌, 许大琴, 徐坚. UUV 通信技术应用与发展分析[J]. 舰船电子工程, 2015, 35 (12): 4-6, 10.
- [16] 李凤华, 路艳国, 王海斌, 等. 海底观测网的研究进展与发展趋势[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34 (3): 321-330.
- [17] SILVERSTEIN H. CEASAR, SOSUS, and submarines: economic and institutional implications of ASW technologies[C]// Oceans 1978. US: IEEE, 1978.
- [18] GROUND M, FREITAG L, PREISIG J, et al. The PLUSNet underwater communications system: acoustic telemetry for undersea surveillance[C]// Oceans 2006. US: IEEE, 2006.
- [19] 师于杰, 任海刚. 国外非声探潜探测技术研究[J]. 舰船电子工程, 2015, 35 (1): 5-9.
- [20] 吕伟. 基于 UUV 的水下目标非声探潜技术研究综[J]. 舰船电子工程, 2017, 37 (23): 10-13.

(责任编辑: 曹晓霖)