

美军水下无人作战力量发展趋势及启示

刘大庆^{1,2}, 赵云飞¹, 吴超¹, 王骥²

(1. 海军潜艇学院, 山东 青岛 266042; 2. 中国人民解放军 92667 部队, 山东 青岛 266042)

摘要 美军凭借强大技术优势, 领跑新型无人作战装备发展, 其水下无人作战力量建设经验和发展趋势对世界各国海军有着重要启示和借鉴作用。简述了美军水下无人作战力量发展规划, 重点从美军水下无人作战能力建设、装备发展以及部队建设 3 个方面研究了美军水下无人作战力量发展趋势, 从装备发展方向、顶层设计思路、军民融合途径、建用结合方法以及人才培养体系 5 个层面归纳总结了 5 点启示。

关键词 美军; 水下无人作战力量; 无人潜航器; 族系化; 装备发展

中图分类号 E117 **文献标识码** A **文章编号** 2096-5753(2021)04-0257-07

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2021.04.001

Development Trend and Enlightenment of U.S. Unmanned Underwater Combat Force

LIU Daqing^{1,2}, ZHAO Yunfei¹, WU Chao¹, WANG Ji²

(1. Navy Submarine Academy; 2.No.92667 Unit of PLA, Qingdao 266042, China)

Abstract The US military has taken lead in the development of new unmanned combat equipment with its powerful technological advantages. Its experience and development trend in the construction of unmanned underwater combat force have important enlightenment and reference value to the navies of all countries in the world. This paper briefly describes the development plan of the US unmanned underwater combat force, and studies its development trend from three aspects: capability building, equipment development and troop building. Five inspirations are summarized from five aspects: equipment development direction, top-level design idea, military-civilian integration approach, combination method of construction and application, and personnel training system.

Key words US military; unmanned underwater combat force; UUV; serialization; equipment development

0 引言

随着军事智能技术的高速发展, 越来越多的水下无人智能装备不断涌现并被广泛使用, 一种新型作战力量——水下无人作战力量应运而生。水下无人作战力量具有零伤亡、隐蔽性能强、可重复使用和性价比高的特征, 可通过搭载不同类型任务载荷, 完成侦察预警、水下攻击、深海救援、隐蔽投送等多种使命任务, 应用前景十分广阔, 作为一支独具

特色的作战力量, 已经成为未来海战的“倍增器”。

美国是研究水下无人作战平台时间最早、装备型号最多、功能最强大、技术水平最高的国家, 引领各国水下无人平台的发展方向。自 1994 年以来, 美国先后发布了 14 份无人作战系统发展规划文件。近年来, 美国国防部又将“无人技术”定为“第 3 次抵消战略”的 6 大颠覆性技术之一。经过几十年的发展, 美军水下无人作战力量建设在作战能力、装备发展以及部队建设等方面不断取得重大突

破, 逐渐建成一支装备型号齐备、综合功能强大、作战样式多样的非对称作战力量。目前, 美军已研制或交付部队使用达 30 多种水下无人作战武器装备, 其正朝着集群化、网络化和人机协同作战不断发展, 我海军作战力量面临严峻挑战。随着国家海外利益的不断拓展和海军战略转型的不断深入, 海军水下无人作战力量将成为海军中一支不可或缺的新型作战力量, 已成为海军现代化武器装备建设的重要发展方向。倘若不加快水下无人作战力量的全面建设进度, 未来海战将面临“有人编队对抗无人编队”的严峻局面。为此, 我们要认真学习借鉴

美军水下无人作战力量建设经验, 深入研究发展趋势, 加强顶层设计规划, 以牵引、推动我国海军水下无人作战力量不断向前发展。

1 美军水下无人作战力量发展规划

为满足美国海军转型军事需求、规范和指导水下无人装备发展, 美军非常重视水下无人装备发展计划研究、制定和实施。从 1994 年开始美国国防部 (DoD) 等相关军事部门每隔 2~3 年便会发布或修订无人作战装备发展规划文件, 如图 1 所示。

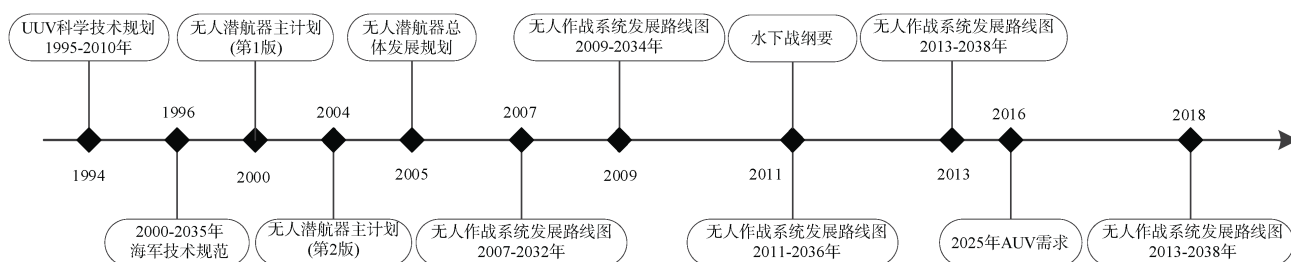


图 1 美国水下无人作战力量发展计划时间轴

Fig. 1 Timeline of the US unmanned underwater combat force development plans

水下无人装备发展相关规划文件和报告对美军的水下无人装备发展起到关键导向性作用。主要包括: 编制路线目的、政府战略构想和采办政策、互操作性要求、关键技术领域及研发目标、无人装备的任务能力需求、各军种无人系统项目和型号简介等。它们从不同层面和角度反映了美军水下无人潜航器 (UUV) 等无人作战力量的总体发展思路, 是研究美军水下无人作战力量发展趋势的基础。

2 美军水下无人作战能力建设

2.1 美军水下无人作战能力建设概况

1994 年, 美海军在《UUV 科学技术规划 1995-2010 年》中明确了水下无人航行器的优先使命和主要研究方向。主要使命为反水雷、监视情报搜集、战术海洋学测量等, 并将近期水雷侦察系统、远期水雷侦察系统、战术海洋学需要的小型高效水下无人航行器优先列入计划。

2000 年, 美海军发布《无人潜航器主计划》第 1 版, 明确了水下无人航行器在军事应用方面的 7 种使命与 4 种作战的特征能力^[1]。2002 年, 美海军

颁布《美国海军转型路线图》, 提出了加强海军新型无人飞机、水下无人潜航器等无人装备的研制和使用, 以发展和运用海军持久的情报监视侦察能力、反潜战能力和反水雷能力。

2004 年, 美军公布的 UUV 的发展规划报告中, 为实现《21 世纪海上力量》提出的 4 种支柱能力目标, 综合考虑动力能源技术、指挥控制通信自动化技术、载荷/传感器等技术的发展情况, 按照优先级提出了 UUV 的 9 种“子支柱”能力及任务使命: 情报、监视和侦察 (ISR)、反水雷措施 (MCM)、反潜战 (ASW)、检查/识别、海洋学、通信/导航网络节点 (CN3)、载荷投送、信息战 (IO) 以及时敏打击 (TCS)^[2]。

2007 年, 美海军在《2007-2032 美国无人系统发展路线图》中提出无人系统 4 大关键任务需求: 侦察与监视; 目标识别与指示; 反水雷; 核生化、辐射及爆炸物侦测^[3]。2009 年, 美海军在《2009-2034 美国无人系统发展路线图》中提出了 5 项联合能力域中无人系统需求和 2 项性能发展需求。其中, 联合能力域中无人系统需求为: 战场感

项联合能力域中无人系统需求和 2 项性能发展需求。其中, 联合能力域中无人系统需求为: 战场感知能力、力量应用能力(布雷和反水雷、攻击性武器)、防护能力(协助预防攻击或减轻损害)、后勤能力、伙伴关系建设能力^[4]。2011 年的《2011–2036 美国无人系统发展路线图》将联合能力域中无人系统需求调整为 4 项^[5]。

2012 年, 美国推出“亚太再平衡战略”, 随后在 2013 年推出新版无人系统发展路线图《2013–2038 美国无人系统发展路线图》, 在技术需求部分, 将互操作性调整为互操作性与模块化、自主性调整为自主性与认知行为、通信调整为通信系统/频谱与恢复能力, 增加了安全(研究与情报/技术保护)、持久的恢复能力^[6]。美海军部长和海军作战部长于 2016 年 2 月呈国会的报告《2025 年自主水下航行器需求》主要围绕潜艇作战提出了 AUV 的军事需求^[7]。美国国防科学委员会在 2016 年 10 月发布的《下一代无人水下系统》执行摘要中提出了新型水下无人系统概念, 给出了 4 项潜在参考任务: 控制咽喉要道、阻断水面作战群、作战欺骗、反潜战^[8]。

2.2 美军水下无人作战能力发展趋势

通过梳理研究美军水下无人作战能力建设发展脉络, 从作战空间来看, 美军水下无人作战能力已具备从近浅海到深远海的全海域空间水下作战能力; 从覆盖领域来看, 美军水下无人作战能力已涵盖情报搜集、海洋调查、反水雷、通讯导航中继、反潜战、武器平台、后勤支援等领域; 从作战任务来看, 美军无人潜航器已具备能侦、能探、能扫、能攻、能联、能导、能抗、能藏等 8 大能力。美军水下无人作战能力从单一作战能力, 向综合作战能力、联合作战能力发展。

3 美军水下无人作战装备发展

美军水下无人作战装备发展主要呈现以下 5 个趋势。

3.1 由 ROV 向 AUV 发展, 智能化程度逐渐增强

20 世纪 50 年代末期, 美国华盛顿大学应用物理实验室, 研发了世界上第 1 艘无人无缆潜器——SPURV, 但由于技术原因, 无人无缆潜器并未

发展起来。1960 年, 美国研制成功了世界上第 1 艘半自主型遥控潜器 (ROV), 早期美军的水下无人装备主要是以拖带电缆或者光缆的 ROV 为主^[9]。例如: 由美国诺斯罗普·格鲁曼公司于 1994 年研制的近期水雷侦察系统, 由 2 个拖带 56 km 长光缆的 ROV 组成。

20 世纪 80 年代以后, 随着微电子、计算机、人工智能以及能源技术的飞速发展, 无人无缆潜器 (AUV) 再次引起军内外关注。AUV 不再依赖母船供电, 自带能源、自推进、自主控制, 机动性大大改善, 活动范围明显增大。鉴于 AUV 的技术优势, 美军敏锐地注意到了其军事应用潜力, 大量 AUV 装备开始研制。1983 年, 美国先进无人搜索系统 (AUSS) 完成建造并下水。1999 年, 美军开始改进近期水雷侦察系统, 不再使用电缆或者光缆, 装备前视声呐, 并具备潜艇自导引和入坞能力。20 世纪末, “莱姆斯”(Remus) 系列航行器研制成功, 陆续交付海军。2006 年, 首套“金枪鱼”(Bluefin) 系列无人潜航器交付美海军。

3.2 由专用化向通用化发展, 功能逐渐多样化

早期, 美军的水下无人装备承担任务比较单一, 基本都是针对某一特定任务开发的, 属于专用型。例如: 先进无人搜索系统 (AUSS) 主要承担水下搜救任务, Odyssey AUV 主要用于海洋科学和工程试验, Caribou AUV 主要用于海洋声学测量^[10]。2000 年后交付的水下无人潜航器发展改进为通用型, 一型水下无人装备能够承担多项任务。例如: “莱姆斯”(Remus) 与“金枪鱼”(Bluefin) 系列无人潜航器均采用模块化设计, 均可通过搭载不同类型任务载荷, 完成多种作战使命任务, 如表 1 和表 2 所示。

表 1 美国海军“莱姆斯”(Remus) 系列
无人潜航器作战功能

Table 1 Operational functions of the US Navy
Remus series UUVs

型号	情报/监视/ 侦察 (ISR)	反水雷 (MCM)	区域 搜索	水文 测量	港口 安全
Remus 100	●	●		●	●
Remus 600	●	●	●	●	
Remus 6000	●	●	●	●	

表2 美国海军“金枪鱼”(Bluefin)系列
无人潜航器作战功能

Table 2 Operational functions of the US Navy
Bluefin series UUVs

型号	情报/监 视/侦察 (ISR)	反水雷 (MCM)	快速环境 评估 (REA)	未爆炸物 检测 (UXO)	港口 安全	海洋 调查
SandShark	●	●	●	●	●	
Bluefin-9	●	●	●	●	●	
Bluefin-12	●	●	●	●	●	
Bluefin-21		●	●	●		●

正是由于 Remus 100 的多功能性, 其被广泛应用于各国海事安全、海洋调查以及军警系统。在此基础之上, 美国海军又研发了功能更为强大的 Remus 600, 用于执行水文测量、反水雷作战、港口安全防御、环境监测、海底搜救等多种任务。Remus 6000 是一种深潜重型多功能无人潜航器, 主要用于勘察海洋环境、数据搜集, 利用侧扫声呐测量海底并绘制地图^[11]。

SandShark、Bluefin-9 和 Bluefin-12 可以搭载多种传感器负载, 甚至可以搭载武器系统, 具有多种作战功能。Bluefin-21 更是凭借其优异的性能,

进行了多次改进, 并出口多个北约国家。

3.3 由单一装备向族系化发展, 加快装备更新换代速度

“莱姆斯”(Remus) 和“金枪鱼”(Bluefin) 系列水下无人潜航器是美军水下无人装备族系化发展最为明显的两型装备。

1) “莱姆斯”(Remus) 族系水下无人航行器。

“莱姆斯”(Remus) 族系水下无人航行器是美国伍兹霍尔海洋研究所设计、水螅虫公司制造和销售的水下无人航行器产品。主要包括 Remus 100、Remus 600、Remus 6000 这 3 种型号, 如图 2 所示。Remus 100 最早于 20 世纪 60 年代开始研发, 70 年代正式交付。1993 年开始在 Remus 100 的基础之上研制军用 Remus 100, 即后来的 MK18 MOD1 型水下无人航行器, 2001 年正式服役。按照族系化发展思路, 随后陆续研发了 Remus 600 和 Remus 6000。在 Remus 60 的基础之上研制军用 Remus 600, 即后来的 MK18 MOD2 型水下无人航行器。目前, “莱姆斯”(Remus) 族系水下无人航行器是美国列装最多、应用最为广泛的水下无人航行器, 此外还大量出售给英国、澳大利亚、新西兰、芬兰、日本等国海军。



图2 美国海军“莱姆斯”(Remus) 族系无人潜航器

Fig. 2 Remus series UUVs of the US Navy

2) “金枪鱼”(Bluefin) 族系水下无人航行器。

“金枪鱼”(Bluefin) 族系水下无人航行器是由美国金枪鱼 (Bluefin) 机器人公司研发的, 共有 4

个基本型号: Bluefin SandShark、“金枪鱼”-9 (Bluefin-9)、“金枪鱼”-12 (Bluefin-12)、“金枪鱼”-21 (Bluefin-21)。该族系无人潜航器的派生关系如

图3所示。其中, Bluefin SandShark 是微型 AUV, 它是由“金枪鱼”-21 (Bluefin-21) 作为母艇进行发射的。“金枪鱼”-21 (Bluefin-21) 是“金枪鱼”(Bluefin) 族系水下无人航行器的核心, 以该型号水

下无人航行器为基础研制了 Bluefin-21 BPAUV (战场准备水下无人航行器)、“刀鱼”(Knifefish) 水下无人航行器、Bluefin-21 改 (深海反潜 I) 以及 Bluefin-21 改 (深海反潜 II) 等水下无人航行器。

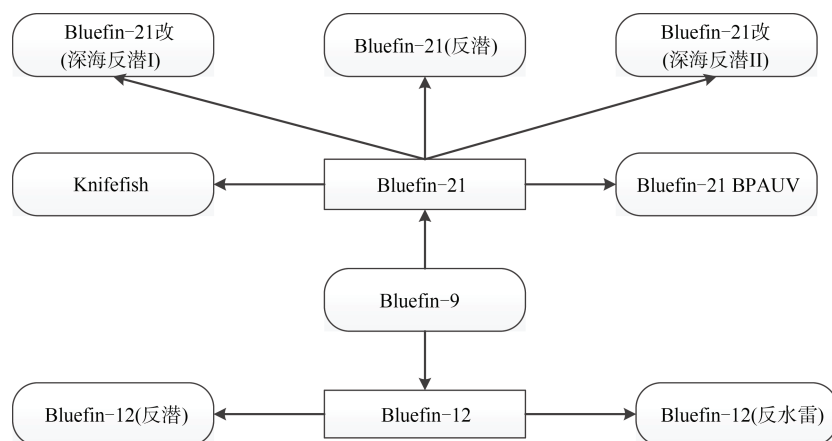


图3 美国海军“金枪鱼”(Bluefin)族系水下无人航行器派生关系

Fig. 3 Family tree of the US Naval Bluefin series UUVs

3.4 由分散无序向体系化发展, 协同作战能力不断增强

从美军水下无人装备发展规划来看, 2004 年以前仅有“水下无人潜航器”, 2007 年以后开始出现“水下无人作战系统”的概念, 2010 年提出水下无人装备的联合作战融入能力。近几年, 美军在发展 UUV 装备时, 特别注重从构建完整的全球水下作战体系出发, 通过作战体系建设牵引, 配套发展相应的 UUV。例如: 美军的水下无人区域监控项目。包括近海持久监视系统、深海监视网、分布式敏捷反潜系统, 均是由大量异构 UUV 配合水下固定节点和漂浮移动节点共同组成的不同网络体系。

美军的水下无人装备从最初的设计概念上就被赋予了协同基因, 单个装备均可以成为整个打击链中的一环^[12]。另外, 美军还注重水下无人装备的跨域协同信息互联能力。2015 年, 美军以反潜为背景, 演示验证了无人潜航器、无人艇和无人机之间的跨域信息互通能力。美军的水下无人装备正由分散无序化, 不断向系统化、体系化的有机融合发展。

3.5 由防御型装备向反制型装备发展, 攻防性能更加全面

随着人工智能和远程控制技术的飞速发展, 水

下无人潜航器承担越来越多的进攻性任务, 世界各国海军的水下无人作战力量实力也在不断提升, 未来海战, 水下无人潜航器将面临复杂的战场环境和作战对手的严重军事威胁。美军已然意识到这一问题, 近几年开始在水下无人潜航器反制方面加大投入: 1) 建立由蛙人探测声呐构成的水下监视系统、“持久海洋生物传感器”以及“海洋哺乳动物”系统等构成的探测识别系统, 加强港口、舰艇周边活动威胁的水下无人作战平台; 2) 加强水下无人潜航器软杀伤技术研究, 包括水下无人潜航器捕获技术、欺骗干扰及网络对抗等技术; 3) 利用超空泡子弹对水下无人潜航器直接硬杀伤^[13]。

4 美军水下无人作战部队建设

美军水下无人潜航器作战部队建设时间轴如图4所示。

1997 年, 美军成立了第 1 个水下无人艇分队。2017 年 9 月, 在美国华盛顿组建了第 1 水下无人艇中队 (UUVRON-1), 由第 5 潜艇发展中队 (DEVRON-5) 指挥与管理。UUVRON-1 的成立对美军具有里程碑意义, 展示了美国海军对于未来水下无人作战的期待。近期, 美军正准备建立第 2 水下

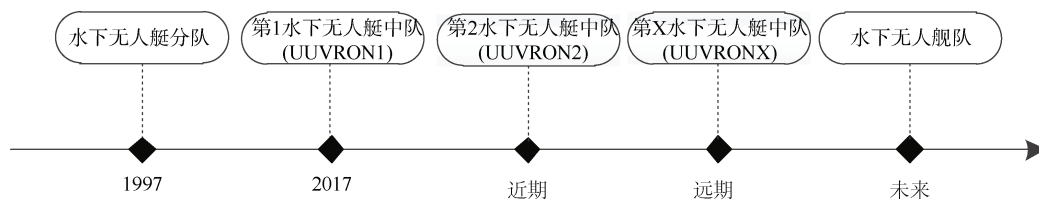


图4 美军水下无人作战部队建设时间轴

Fig. 4 Timeline of the US unmanned underwater combat troop building

无人艇中队 (UUVRON-2) 作为 UUVRON-1 的补充, 并计划将从第1水下无人艇中队 (UUVRON-1) 第5潜艇发展中队 (DEVRON-5) 分离出来, 成为独立的指挥力量, 部署到圣地亚哥。如果说美军 UUVRON-1 的主要任务是 UUV 的研究、开发和测试评估, 那么 UUVRON-2 的组建必将具有实战应用意义和目的。

未来美军水下无人作战部队发展的趋势是成立水下无人舰队。早在 1995 年 8 月, 美国五角大楼海军战略司令部就首次提出: “水下无人舰队”这一概念, 此后, 美军也一直在朝着这一目标努力, 全力打造“水下无人舰队”, 甚至“海上无人舰队”。

5 美军水下无人作战力量发展的启示

5.1 计划引导, 明晰装备发展方向

从 1994 年开始, 美军发布或修订的无人作战系统发展规划文件展示了美军无人作战系统的顶层规划全景图, 赋予了无人作战系统所担负的使命任务, 明确了无人装备的发展方向。例如: 在 1996 年的《2000-2035 年海军技术规范》中, 将水下无人艇技术列为重大项目, 赋予水下无人艇支持潜艇作战的任务。2011 年水下战纲要, 强调水下无人艇代替一部分潜艇执行水下作战任务^[14]。美军先后于 2000 年和 2004 年发布了 2 版《水下无人航行器总规划》, 《规划》明确赋予了 UUV 在战争中所担负的使命任务^[15]。美军 Remus 和 Bluefin 等 UUV 装备则正是基于这样的使命任务发展起来的。鉴于此, 军用 UUV 发展也应当从战略全局给出清晰定位, 以任务牵引装备发展方向。同时, 针对现有科研机构技术优长, 科学赋予使命任务, 为水下无人装备发展规划路线图, 引导国防科工部门有序合作、竞争与发展。

5.2 统一标准, 加强顶层设计

美军 UUV 发展的最大优势在于其标准化、模块化零部件良好的继承性, 我国也应当从全局高度、以法规形式确定 UUV 装备发展的技术路线, 以期实现通用化、模块化、标准化的发展模式。例如, 提出开放式平台建设规范, 明确标准型和异构型 2 个发展方向, 对标准型按照不同排水量区分为便携式、轻型、重型、巨型 4 个不同量级 UUV, 并对其口径、长度、载荷、承压能力等技术指标做出明确规定; 建立统一的通信协议、统一的网络结构、统一的能源组件; 对 UUV 各类有效载荷规格、接口、性能下限等指标数据做出规范, 确保不同族系 UUV 装备之间的互操作性, 以实现整体合力。

5.3 多轨并行, 贯彻军民融合

与传统装备相比, 无人装备有其自身特点: 多数 UUV 为非致命武器装备, 任务多样, 种类丰富; 多采用最新商用技术, 产品升级更新快, 可提供产品的企业多; 产品概念新颖, 探索性强, 用户需要在实践中不断摸索新的使用方法, 产品实际效能需经过一段时间的应用实践才能体现。目前, 国内研发水下无人潜航器的机构众多, 主要包括: 军地科研院所、军工企业、地方私企, 整体来看, 地方技术发展要快于装备研发与应用。针对水下无人装备特点, 应当鼓励军地竞争与合作, 贯彻军民融合, 控制研发成本, 缩短研制周期, 加速产业发展, 有力推动我 UUV 装备发展驶入快车道。

5.4 实战引领, 促进建用结合

在新形态武器装备为代表的新型作战力量兴起过程中, 以前瞻性的思维探索新的作战理念和战法十分重要^[16], 但是, 在研发新装备的过程中, 一定要着眼于实战应用。对于无人系统作战运用研究应建立在 3 个基本思想之上: 1) 在开发无人装备的同

时,应同步开展战斗条令和战术的开发,以加速无人作战能力的形成;2)研发的新装备要不断参与部队重大演习和训练,寻找装备部队应用过程中存在的不足;3)应针对无人作战力量的特点,积极探索新的作战理念和战法,避免因简单套用有人作战的概念和方法而埋没无人作战力量的巨大潜能。

5.5 统筹规划,健全人才培养体系

从美军水下无人作战部队建设来看,美军的水下无人作战部队建设主要依托潜艇部队进行实验、培训、演训以及实战应用,这也是由美军水下无人潜航器的布放回收手段决定的,美军水下无人潜航器的母艇主要是潜艇。美军在培养水下无人作战人才时,注重依托现役选调或者选拔相关专业人才的方式,这对美军水下无人作战能力快速生成至关重要。我国的无人装备人才培养要统筹军种、军地、学校、科研院所的力量,以学历教育院校为基础,联合部队、任职教育院校、研究所和军工企业等机构,构建学历教育、任职培训、继续教育相衔接,短期培训、全日制教育、模拟实践、实战训练相结合的水下无人作战人才培养体系。

6 结束语

美军为了建立绝对的水下优势,不断提高水下无人装备的智能化程度,特别注重水下无人装备的族系化发展,加快装备的更新换代速度。由一装单用到一装多用,水下无人装备功能逐渐多样化。通过水下无人作战部队的建设和装备的实战运用,不断检验和优化装备性能,提高水下无人作战力量的协同和体系作战能力。美军的水下无人作战力量发展趋势和建设经验启示我们,要明确装备发展方向,加强顶层设计,贯彻军民融合发展,促进建用结合,健全人才培养体系,全方位地推进水下无人作战力量建设和发展。

参考文献

- [1] U.S. Navy. The Navy unmanned undersea vehicle master plan[R]. US: Department of Navy, 2000.
- [2] U.S. Navy. The Navy unmanned undersea vehicle master plan[R]. US: Department of Navy, 2004.
- [3] U.S. Department of Defense. Unmanned systems roadmap 2007-2032[R]. US: United States Department of Defense, 2007.
- [4] U.S. Department of Defense. Unmanned systems integrated roadmap FY2009-2034[R]. US: United States Department of Defense, 2009.
- [5] U.S. Department of Defense. Unmanned systems integrated roadmap FY 2011-2036[R]. US: United States Department of Defense, 2012.
- [6] U.S. Department of Defense. Unmanned systems integrated roadmap FY2013-2038[R]. US: United States Department of Defense, 2013.
- [7] U.S. Navy. Autonomous undersea vehicle requirement for 2025[R]. US: United States Department of Defense, 2016.
- [8] Defense Science Board. Next-generation unmanned undersea systems[R]. US: Office of the Secretary of Defense, 2016.
- [9] 陈强. 水下无人潜航器[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.
- [10] 陈强. 水下无人系统及其装备发展论证[M]. 北京: 国防工业出版社, 2018.
- [11] 董晓明. 海上无人装备体系概览[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2020.
- [12] 罗云虎. 面向体系作战的水下无人装备发展构想[J]. 数字海洋与水下攻防, 2020, 3(3): 212-218.
- [13] 李晓东, 胡光兰, 吴晓婧. 美国无人潜航器反制措施研究现状[J]. 数字海洋与水下攻防, 2020, 3(3): 198-203.
- [14] 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.
- [15] 钱东, 赵江, 杨芸. 军用UUV发展方向与趋势(上)——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(1): 1-29.
- [16] 胡光. 我国水下无人装备标准建设的构想[J]. 水雷战与舰船防护, 2016, 24(3): 53-55.

(责任编辑: 曹晓霖)