

# 美國海軍無人海洋系統 發展之研究

A Study of US Navy Unmanned Maritime Systems Development

翟文中 先生

提 要：

- 一、濱海水域係美國海軍遂行海洋控制與兵力投射的主要區域，隨著攻船飛彈射程與感測器精度不斷地提升，濱海國家具有數倍於以往的「反介入/區域拒止」能力。為了回應此一挑戰，美國海軍先後提出「分散式殺傷」與「分散式海上作戰」等嶄新概念以為因應，兩者係將戰力分散至眾多載台與廣大海洋空間，用以防止核心戰力為敵殲滅，陷美軍於被動挨打之不利態勢。
- 二、為了落實前述兩項作戰概念，美國海軍近期積極研製各類型的無人海洋系統(包括無人水面USVs與水下載具UUVs)，期透過大量部署此類系統，加重敵方在偵測、追蹤與接戰時投入的兵力，並對敵方決策過程形成相當程度干擾。
- 三、在可預見未來，美國海軍將成為一支由「有人」與「無人」艦船共同組成的混合艦隊；透過分散式艦隊架構的建立，美軍可以確保核心戰力，俾能在對抗性日益高漲的海洋作戰環境中，保有海洋優勢同時贏取海戰勝利。對我國而言，無人海洋系統同樣值得主政者及海軍高層審慎評估，並列入建軍規劃參考。

關鍵詞：無人海洋系統、分散式殺傷、分散式海上作戰、混合艦隊

## Abstract

- 1.Littoral regions are major maritime zones for US Navy's implementing sea control and power projection. According to anti-ship cruise missile range and sensor accuracy increasing, littoral countries have more stronger anti-access/area denial(A2/AD)capabilities than ever, especially PRC and Russia. Under these circumstances, US Navy proposes two new operational concepts, including distributed lethality and distributed maritime operation for responding these challenges.
- 2.In order to implement previously noted operational concepts, US Navy is

very active to develop unmanned maritime systems, e. g., unmanned surface vehicles and unmanned underwater vehicles. These unmanned maritime systems may to reduce operational and maintenance costs, decrease personnel workloads, and improve fleet entire combat effectiveness.

3. In foreseeable future, US Navy fleet architect composed of manned ships/aircrafts, and unmanned surface, underwater and aerial vehicles. Through distributed fleet architect building, US Navy could preserve core combat capabilities in high contested maritime operational environment and secure maritime supremacy and win the sea battles.

**Keywords: Unmanned Maritime Systems, Distributed Lethality, Distributed Maritime Operation, Hybrid Fleet**

## 壹、前言

「冷戰」結束後，美國海軍預想的作戰場景已由開闊洋面轉移至濱海區域，為有效遂行海洋控制和向岸兵力投射，<sup>1</sup>海軍先後頒布《海上出發(From the Sea)》、《前進...由海上出發(Forward...From the Sea)》與《由海上發起的作戰機動(Operational Maneuver from the Sea, OMFTS)》等多份白皮書，內容中均說明作戰環境變遷對其軍事行動所形成的各項挑戰。在這些文件中，美海軍列舉了濱海水域具有的特殊制約因素，例如水面狹窄壅塞；空域由敵、我與中立國共同掌控，致使辨識難度大增；<sup>2</sup>敵人毗

鄰水域陸地與直接控制水域係海基打擊武力的最大威脅；<sup>3</sup>以及濱海水域係人類主要衝突發生之處等。<sup>4</sup>

近年來，隨著長程感測器與超音速攻船飛彈技術的擴展，濱海水域的作戰環境較以往更加地複雜。許多濱海國家擁有強大的「反介入/區域拒止」(Anti-Access/Area Denial, A2/AD)能力，尤以長期與美國戰略競爭的中共與俄羅斯。這些發展促使美國海軍對作戰構想與兵力編組進行省思，傳統以航艦打擊群為架構的作戰編組，若不調整將面對巨大的風險；而將核心戰力過度集中於少數艦船，極可能在遭敵重創後，造成任務無法執行或後續行動延宕。

註1：長期以來，美國海軍透過「前進部署」(Forward Deployment)，肩負起「國防第一線」(First Line of Defense)使命，其執行任務雖因不同時期做出若干的調整，概括而論包括海洋控制(Sea Control)、戰略嚇阻(Strategic Deterrence)、向岸兵力投射(Projection of Power Ashore)以及海軍展示(Naval Presence)四項，當中又以海洋控制與向岸兵力投射兩者最重要。Vice Admiral Stansfield Turner, U.S. Navy, "Missions of the U.S. Navy," Naval War College Review, Vol.26, No.5(March-April, 1974), pp.2-17。

註2：Sean O'Keefe, Secretary of the Navy, Admiral U.S. Navy, Frank B. Kelso II, Chief of Naval Operations, and General U.S. Marine Corps, C. E. Mundy, Jr., Commandant of the Marine Corps, ...From the Sea: Preparing the Naval Service for the 21st Century(Washington, D.C.: Department of the Navy, September 1992), pp.1-8。

註3：John H. Dalton, Secretary of the Navy, Admiral J. M. Boorda, Chief of Naval Operations, and General Carl E. Mundy, Jr., Commandant of the Marine Corps, Forward...From the Sea(Washington, D.C.: Department of the Navy, December 1994), pp.1-10。

註4：General Krulak, Commandant of the Marine Corps, Operational Maneuver from the Sea(Washington, D.C.: Department of the Navy, Headquarters United States Marine Corps, January 1996), pp.3-14。

為能有效地於濱海水域執行任務，美海軍近年來接續提出「分散式殺傷」(Distributed Lethality)與「分散式海上作戰」(Distributed Maritime Operations)概念，兩者均透過將作戰力量分散至眾多載台與廣大空間，防止核心戰力為敵殲滅，致使美軍陷於被動不利態勢。為落實此兩項作戰概念，美海軍需要建立一支分散、具韌性的海上武力，這支兵力是由「有人」與「無人」載台共同結合的「混合艦隊」(Hybrid Fleet)。因此，美軍近來積極進行無人海洋系統(包括「無人水面載具」(Unmanned Surface Vessels, USVs)與「無人水下載具」(Unmanned Underwater Vehicles, UUVs)的研發與部署，並明確地指出兩者在未來海軍作戰中將扮演「戰力加乘器」(Force Multiplier)的角色。<sup>5</sup>

本文從探討美海軍無人海洋系統(Unmanned Maritime System)發展著手，首先就美海軍作戰概念演變進行分析，因為兵力結構係跟隨戰略構想的變動而做相應調整，這是當前其大力發展無人海洋系統的重要驅動力。再依序對美國海軍無人水面與水下載具(USVs/UUVs)的發展進行說明，內容涵蓋兩者的諸元定義、任務賦予、發展現況與未來挑戰，俾使讀者明瞭美軍如何將作戰概念與戰具研發予以結合，從而為海軍作戰提供堅實的物質基礎。亦期望本篇研究能對我海軍未來無人化發展，提供不同的思考方向，這也是撰寫本文最主要的目的。

## 貳、美海軍作戰概念由「分散式殺傷」到「分散式海上作戰」

中共與俄羅斯係美國海軍於濱海水域執行任務最具威脅與最有可能面對的潛在對手，這兩者擁有數量眾多的艦船，加上其具備的陸基飛機與岸置飛彈均對美海軍在此水域的任務構成挑戰。由於兩者的「反介入/區域拒止」(A2/AD)能力不斷地提升，美軍艦船在濱海水域活動將承受更高的易毀損性，過去以航艦打擊群為主的作戰編隊不再適用；海軍必須發展嶄新作戰概念以為因應，俾能在兵力分散與戰力發揚間求取平衡，並有效遂行海洋控制與向岸兵力投射。以下對美海軍作戰概念演變(由「分散式殺傷」到「分散式海上作戰」)，及其如何處理兵力配置，分段說明如後：

### 一、分散式殺傷

(一)2015年1月，《美國海軍學會學刊》(U. S. Naval Institute Proceedings)中，首度出現了「分散式殺傷」這個嶄新的作戰概念，該文由海軍上將羅登(Thomas Rowden)及海軍少將芬達(Peter Fanta)、古瑪陶陶(Peter Gumataotao)共同具名發表，他們呼籲海軍「必須改變當前作戰方式.....，以確保美國在全球的優勢海上力量」，「分散式殺傷」係透過強化水面艦船的殺傷力，使美國海軍成為一支具攻勢與創新的海上武力。<sup>6</sup>

(二)2017年1月，美海軍「水面部隊司

註5：Peter J. Winstead, Implementation of Unmanned Surface Vehicles in the Distributed Maritime Operations Concept, Master Thesis(Monterey, California: Naval Postgraduate School, December 2018), p.xxiv。

註6：Greata S. Densham, Building the Warrior Ethos in the Surface Warfare Community: A Culture Change for Distributed Lethality, U.S. Naval War College, 07 June, 2016, pp.7-8, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1058289.pdf>, 檢索日期：2022年11月24日。

令部」(Surface Force Command)發布《水面部隊戰略：重返海洋控制》(Surface Force Strategy: Return to Sea Control)文件，當中對此一作戰概念的三項主要原則，包含「提升所有艦船的攻擊殺傷能力」、「將攻擊殺傷能力分布至廣大海洋空間」與「提供適當資源組合實現艦船持久作戰」，均做出「提綱挈領」的扼要說明。<sup>7</sup>此作戰概念的要旨係將水面艦船的戰鬥力分散至更多載台，而非如過去般集中於航艦打擊群，如此作為可提升海上部隊的整體存活度，同時加大敵人接戰時的複雜度與不確定性。然而，此作戰概念面臨了一項嚴苛挑戰，此即如何將分散的戰力集結成等同或超過原本航艦打擊群的戰力。<sup>8</sup>

## 二、分散式海上作戰

(一)2018年12月，海軍軍令部長理察森(John Richardson)簽署發布《維持海洋優

勢設計2.0》(A Design for Maintaining Maritime Superiority, Version 2.0)的戰略文件，「分散式海上作戰」一詞首次出現於公開官方文件之中，<sup>9</sup>這個概念並非新創，而是源自2015年時提出的「分散式殺傷」。<sup>10</sup>其後，理察森上將在受訪時說明了兩者的不同，「分散式殺傷」聚焦於個別水面艦船，「分散式海上作戰」則以艦隊層級的主要作戰進行考量。<sup>11</sup>雖然，這兩個作戰概念的立基點不相同，但皆係用以回應美國海軍在濱海水域作戰面臨的「反介入/區域拒止」挑戰，更是針對「中」、俄威脅所發展的嶄新作戰概念。<sup>12</sup>在可預見未來，美海軍作戰艦隊將分散在廣大的戰鬥空間內，<sup>13</sup>藉此防止核心戰力為敵殲滅，減低海上編隊處於被動挨打的不利態勢。<sup>14</sup>

(二)「分散式海上作戰」的終極目標，係透過建構一個完整的作戰架構，將眾多載

註7：T. S. Rowden, Surface Force Strategy: Return to Sea Control, U.S. Navy Surface Force Commander, passim, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1024229.pdf>, 檢索日期：2022年9月24日。

註8：雷清宇，〈美海軍重新掌握制海之水面作戰戰略-分散式殺傷〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第54卷，第1期，2020年2月1日，頁14-15。

註9：Kevin Eyer, and Steve McJessey, "Operationalizing Distributed Maritime Operations," Center for International Maritime Security, March 5, 2019, <https://cimsec.org/operationalizing-distributed-maritime-operations/>; Admiral, J. M. Richardson, Chief of Naval Operations, A Design for Maintaining Maritime Superiority, Version 2.0, United States Navy, December 2018, [https://media.defense.gov/2020/May/18/2002301999/-1/-1/1/DESIGN\\_2.0.PDF](https://media.defense.gov/2020/May/18/2002301999/-1/-1/1/DESIGN_2.0.PDF), 檢索日期：2022年11月25日。

註10：軍事分析師丹·古雷(Dan Gour)則有不同看法，他認為「分散式海上作戰」係由數個次級作戰概念整合而成，包括「水下領域作戰概念」(Undersea Domain Operating Concept)、「分散式殺傷」與「對抗環境下的電磁機動作戰與海軍陸戰隊濱海作戰」(Electromagnetic Maneuver Warfare and the Marine Corp's Littoral Operations in a Contested Environment)等。Peter J. Winstead, op. cit., p.xxiii; Dan Gour?, "Navy's Next Generation Network Will Not Meet Warfighters' Needs," Real Clear Defense, May 03, 2018, [https://www.realcleardefense.com/articles/2018/05/03/navys\\_next\\_generation\\_network\\_will\\_not\\_meet\\_warfighters\\_needs\\_113403.html](https://www.realcleardefense.com/articles/2018/05/03/navys_next_generation_network_will_not_meet_warfighters_needs_113403.html), 檢索日期：2022年11月22日。

註11：Megan Eckstein, "Navy Planning for Gray-Zone Conflict, Finalizing Distributed Maritime Operations for High-End Fight," USNI News, December 19, 2018, <https://news.usni.org/2018/12/19/navy-planning-for-gray-zone-conflict-finalizing-distributed-maritime-operations-for-high-end-fight>, 檢索日期：2022年12月12日。

註12：同註8，頁11。

註13：Justin Katz, "Navy's Path TO Distributed Maritime Operations Unclear: Govini," Breaking Defense, September 07, 2021, <https://breakingdefense.com/2021/09/navys-path-to-distributed-maritime-operations-unclear-govini/>, 檢索日期：2022年12月12日。

註14：Christopher H. Popa, et al., Distributed Maritime Operations and Unmanned Systems Tactical Employment, System Engineering Capstone Report(Monterey, California: Naval Postgraduate School, June 2018), pp.xix-xx。

台與感測器整合，使艦船的生存力、殺傷力與戰場覺知極大化。<sup>15</sup>美海軍主管作戰、計畫與戰略的軍令副部長索耶(Phil Sawyer)中將指出，此作戰概念係兵力分散、效能整合與機動性三者的聯合，為海軍發起奇襲、消弭威脅與戰勝敵人提供機會，並使敵人陷入作戰兩難困境之中。<sup>16</sup>如同「分散式殺傷」一般，「分散式海上作戰」亦須在兵力分散與戰力集結間，尋求有效連結與平衡。

### 三、兵力分散與戰力集結的有效調和

(一)在「分散式海上作戰」概念的實際運作中，載台與感測器位於由海底到太空的各個領域內，雖然可將「情監偵」(Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, ISR)的範圍大幅向外延伸；然而為達「化整為零到協調統一」的目標，必須透過網路和戰術將其進行同步性的整合。為支持「分散式海上作戰」的遂行，美軍進行了

「海軍整合性射控—防空」(Naval Integrated Fire Control-Counter Air)概念的研究，期能透過感測器系統的網絡化，使分散配置的兵力能於最佳位置，接戰來襲最具威脅的空中目標。<sup>17</sup>

(二)為提升艦船在濱海水域高對抗環境下的作戰存活度，採取欺敵作為與混淆敵人認知係一項重要作為。<sup>18</sup>據此，美海軍刻在進行「針對整合感測器的多元素信跡網路化模擬」(Netted Emulation of Multi-Element Signature Against Integrated Sensors, NEMESIS)計畫，<sup>19</sup>此系統具有通信、欺敵與電子干擾等各種功能，可將偽信號發送至敵方不同地理區域的各式感測器上，將過去欺敵干擾的個別或局部效應，擴及對敵人整個艦隊與感測器網絡的全面性攻擊，<sup>20</sup>並為「分散式海上作戰」的遂行提供有力的支撐。<sup>21</sup>換言之，透過網路與欺敵作為的協

註15：“Distributed Maritime Operations: A Resilient Force Structure Enabled By JADC2,” Breaking Defense, October 19, 2021, <https://breakingdefense.com/2021/10/distributed-maritime-operations-a-resilient-force-structure-enabled-by-jadc2/>，檢索日期：2022年11月20日。

註16：Edward Lundquist, “DMO is Navy’s Operational Approach to Winning the High-End Fight at Sea,” SEAPOWER, February 2, 2021, <https://seapowermagazine.org/dmo-is-navys-operational-approach-to-winning-the-high-end-fight-at-sea/>，檢索日期：2022年12月12日。

註17：Barry Rosenberg, “Distributed Maritime Operations: Dispersing The Fleet For Survivability And Lethality,” Breaking Defense, September 15, 2021, <https://breakingdefense.com/2021/09/distributed-maritime-operations-dispersing-the-fleet-for-survivability-and-lethality/>，檢索日期：2022年11月24日。

註18：Ibid。

註19：這個計畫雖未出現在海軍年度預算清單項目中，然而其提出與執行由來已久，例如國防工業協會(National Defense Industrial Association, NDIA)舉辦的第15屆年度科技與工程技術會議，即將此計畫列入破壞性海軍科技(Disruptive Naval Technologies)進行簡報說明。Bob Smith, Director of Disruptive Technologies, “Disruptive Naval Technologies,” in NDIA 15th Annual Science and Engineering Technology Conference, College Park, Maryland, April 9, 2014, <https://defenseinnovation-marketplace.dtic.mil/wp-content/uploads/2018/02/NavyDisruptiveNavalTechnologies.pdf>，檢索日期：2022年11月24日。

註20：Brett Tingley, “The Navy’s Secretive And Revolutionary Program To Project False Fleets From Drone Swarms,” THE DRIVE, Nov 7, 2019, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/29505/the-navys-secretive-nemesis-electronic-warfare-capability-will-change-naval-combat-forever>，檢索日期：2022年11月24日。

註21：此計畫將各種不同型式的無人載台、艦載與潛艦系統、反制措施、電子作戰酬載以及通信科技予以整合，透過電磁與聲學手段將虛假的飛機、船艦與潛艦等目標組成的「幽靈艦隊」，投射至敵人艦船與潛艦等載台的傳感器上，用以干擾敵人達成欺敵目的。倘若敵人的感測器廣泛地分布在各個不同戰鬥領域，NEMESIS系統可對敵人的感測器執行大規模的電子攻擊，用以獲致全面性的攻擊效果。The U.S. Navy completes the “UxS IBP 21” exercise at the San Diego

助，分散不同水域的單艦與編隊不僅戰力可以整合，同時具有數倍於往昔的戰場存活度。此一概念解決了海軍兵力部署應採分散抑或集中的兩難困境，海軍計畫者與指揮官在兵力運用與實際戰鬥時，都將具備更大的韌性與靈活度。

(三)為執行「分散式海上作戰」的構想，海軍亟須建立一支分散式的艦隊，這支海上武力不僅需要分散至各個不同地理區域，同時數量必須夠多，方能增加敵人接戰時的複雜度與不確定性。當前在造艦預算受限情況下，美海軍不再強調以航空母艦做為核心的兵力架構，轉而投入資源從事無人海洋系統的研發與部署；如此，在相同預算規模下就可以建造更多數量的作戰艦艇。這些成本低廉的無人載具意味著有較高的可消耗性，加上無人載具可執行若干人類無法有效遂行的任務，這都將加大無人載具在未來海軍兵力結構的比例，至於其可執行的任務亦將較當前更加多元。<sup>22</sup>

## 參、美國海軍「無人水面載具」(USVs)發展現況

2017年2月，美國海軍主管「神盾與彈道飛彈防禦」(deputy director of sur-

face warfare for Aegis and Ballistic Missile Defense)的水面作戰部門副主任史威尼(Chris Sweeney)上校對《海軍學會新聞》(USNI News)表示，海軍正在進行「未來水面作戰艦」(Future Surface Combatant, FSC)的概念研究，計畫發展一系列的艦船來取代現有的巡洋艦、驅逐艦與濱海戰鬥艦(Littoral Combat Ship, LCS)。初步方向為一種大型艦船、一種小型艦船與無人水面載具，這些不同類型艦船將以「整合戰鬥系統」(Integrated Combat System)予以連結；<sup>23</sup>其後，這項概念研究進一步地發展成為「水面能力演進計畫」(Surface Capability Evolution Plan, SCEP)，海軍並正式將「無人水面載具」(USVs)引進，並納入未來的兵力結構之中。<sup>24</sup>

2019年1月，「海軍無人海洋系統計畫辦公室」(Unmanned Maritime System, PMS 406)發布的簡報中顯示，研發中的USVs區分為「超小型」(Very small, 船長在7公尺以內)、「小型」(Small, 船長介於7-12公尺)、「中型」(Medium, 船長介於12-50公尺)與「大型」(Large, 船長大於50公尺)。<sup>25</sup>這四種不同型式的USVs中(如圖一)，中、大型係達成「分散式海上作戰」概念的關鍵性「

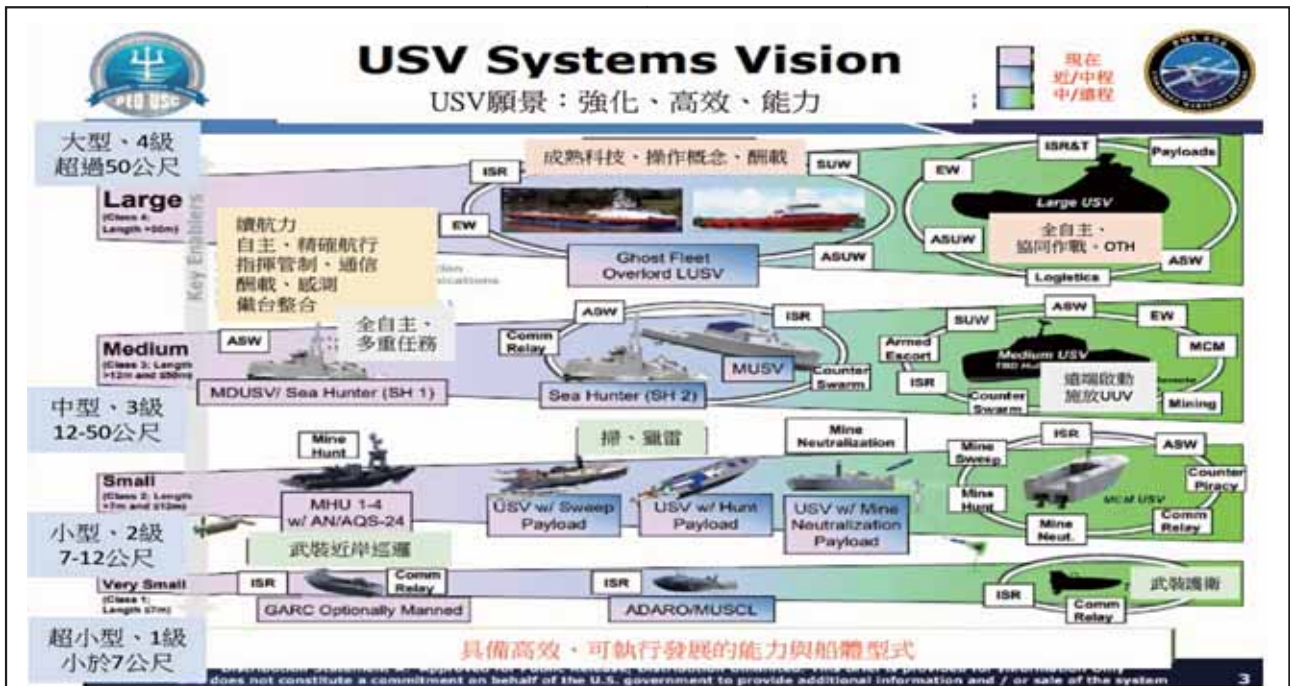
Naval Base in California,” MINNEWS, <https://min.news/en/military/6bb333fe02c47dd7ac85ca5cfd09ea98.html>, 檢索日期：2022年12月12日。

註22：中國指揮與控制學會，〈美軍分布式海上作戰概念分析〉，壹讀，2022年7月3日，[https://read01.com/zh-tw/yyNLoeM.html#\\_YIKFWshByUk](https://read01.com/zh-tw/yyNLoeM.html#_YIKFWshByUk), 檢索日期：2022年11月24日。

註23：Megan Eckstein, “Wargames This Year TO Inform Future Surface Combatant Requirements,” USNI News, February 21, 2017, <https://news.usni.org/2017/02/21/wargames-future-surface-combatant-requirements>, 檢索日期：2022年11月24日。

註24：“US Navy develops vision for unmanned capabilities as part of Future Surface Combatant Force,” Warship Technology, March 2019, pp.26-28。

註25：Captain Pete Small, “Unmanned Maritime Systems Update,” Program Executive Office Unmanned and Small Combatants, slide 3, January 15, 2019, <https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/Exhibits/SNA2019/UnmannedMaritimeSys-Small.pdf>, 檢索日期：2022年11月24日。



圖一：美海軍無人水面載具分類標準與賦予任務

說明：無人水面載具可以提升海軍作戰效能，美國海軍各型無人水面載具尺寸大小、船體構型及其任務規劃。

資料來源：Captain Pete Small, “Unmanned Maritime Systems Update,” Program Executive Office Unmanned and Small Combatants, Slide 3, January 15, 2019, <https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/Exhibits/SNA2019/UnmannedMaritimeSys-Small.pdf>, 檢索日期：2022年11月24日。

致能者」(Key Enabler)，兩者可進行前進部署，並配合有人操作艦船共同執行任務。當這兩型USVs部署艦隊後，可提供海軍增長的作戰能力與較低的籌獲與維持成本，在承接有人操作艦船部分任務後，亦可降低人員風險並提高軍事戰備水平。<sup>26</sup>因此，美國海軍近年將籌建大、中型USVs列為重點，相關發展扼要說明如後：

### 一、大型USVs

美國海軍的大、中型「無人水面載具」

(USVs)計畫係由國防部「戰略能力辦公室」(Strategic Capabilities Office, SCO)主導，而大型USVs屬「幽靈艦隊大君主計畫」(Ghost Fleet Overlord Program)研發項目。<sup>27</sup>概況如後：

(一)美軍設想的大型USVs，船長在200-300英尺(約61-92公尺)間，滿載排水量1,000至2,000噸，船體大小與護衛艦近似，較巡邏艇大但比巡防艦小。<sup>28</sup>根據海軍規劃，該型USVs執行的任務計電子、水雷作戰、

註26：Department of Defense Fiscal Year 2021 Budget Estimates, Navy Justification Book Volume 2 of 5, Research, Development, Test & Evaluation, February 2020, PDF page 90 of 1,538, quoted in Ronald O' Rourke, Navy Large Unmanned Surface and Undersea Vehicles: Background and Issues for Congress, Updated(Washington, D.C.: Congressional Research Service, September 30, 2021), p.5。

註27：Ronald O' Rourke, op. cit., p.5。

註28：Ibid., p.9。

水雷反制、反潛作戰、打擊任務、情監偵與反水面作戰等7項。<sup>29</sup>為了執行這些屬性不同的任務，其必須能攜行各種型式的模組酬載 (Modular Payloads)，尤其是配備攻陸與攻船飛彈的打擊與反水面酬載。按此規劃，每艘無人水面載具將配備16至32個垂直發射系統 (Vertical Launch System, VLS) 飛彈發射管；<sup>30</sup>在艦船的操控與運動上，也要求必須能以「人在環中 (Humans in the Loop)」(重要指令須由人類下達)、「半自主」(機器在人類監督下執行指令)或「全自主」等模式進行操作，同時能夠獨立或與有人操作水面艦船共同作業。<sup>31</sup>

(二)2018年，國防部「SCO」與「Gibbs & Cox」及「L3 ASV Global」兩家公司簽約，將2艘民用商船改裝成大型USVs原型艦進行驗證測試，分別命名為「遊騎兵號」(Ranger，原名Libby L McCall)與「牧羊人

號」(Nomad，原名Riley Claire)。<sup>32</sup>2019年5月，為加速研發，海軍成立「第1水面作戰發展戰隊」(1st Surface Development Squadron, SURFDEVRON ONE)，負責監督中、大型USVs涉及的整合、驗證、維修與人員訓練等工作的進行。<sup>33</sup>2020年10月，「遊騎兵號」由墨西哥灣經巴拿馬運河抵達美國西岸，全程超過4,700浬，當中超過九成七航程係以自主模式航行，僅通過運河期間係以「人在環中」模式操控。2021年5月，「牧羊人號」進行第二次遠距航行測試，期間除通過巴拿馬運河外，整個3,800浬航程中更有九成八係在自主模式下操作，人為控制則由「無人作戰中心」(Unmanned Operations center)以遠距操控模式進行；<sup>34</sup>同年9月，「遊騎兵號」則以模組酬載成功發射一枚「標準六型」飛彈(Standard Missile 6，SM-6)順利接戰。<sup>35</sup>

註29：Captain Pete Small, op. cit., slide 3。

註30：Navy FY2022 program briefing on LUSV and MUSV programs for CRS and CBO, July 14, 2021, quoted in Ronald O' Rourke, op. cit., p.11。

註31：Ronald O' Rourke, op. cit., p.11。

註32：Richard Scott, "All Hands Off Deck: US & UK Navies Explore the Potential of Autonomous Surface Vessels," Maritime Security and Defence, June 2021, p.36; Sam LaGrone, "Two More 'Ghost Fleet' Unmanned Test Ship to Joint Fleet Next Year," USNI News, July 13, 2021, <https://news.usni.org/2021/07/13/two-more-ghost-fleet-unmanned-test-ships-to-join-fleet-next-year>，檢索日期：2022年11月24日。

註33：Commander, Naval Surface Force, U.S. Pacific Fleet, "Navy Leadership Accelerates Lethality with Newly Designated Surface Development Squadron," 23 May 2019, <https://www.surfpac.navy.mil/Media/News/Article/2473949/navy-leadership-accelerates-lethality-with-newly-designated-surface-development/>; Megan Eckstein, "Navy Stands Up Surface Development Squadron for DDG-1000, Unmanned Experimentation," USNI News, May 22, 2019, <https://news.usni.org/2019/05/22/navy-stands-up-surface-development-squadron-for-ddg-1000-unmanned-experimentation>，檢索日期：2022年11月24日。

註34："Second Long-Range Test for U.S. Navy's Unmanned Surface Vessels," The Maritime Executive, Jun 8, 2021, <https://www.maritime-executive.com/article/second-long-range-test-for-u-s-navy-s-unmanned-surface-vessels>; Andrew Dyer, "Pentagon adds 'Ghost Fleet' of autonomous ships to San Diego's cutting-edge Navy squadron," The San Diego Union Tribune, June 12, 2021, <https://www.sandiegouniontribune.com/news/military/story/2021-06-12/ghost-fleet-autonomous-ships>; "Ghost Fleet Overlord USV Completes Second Autonomous Transit to the Pacific," Naval News, 8 Jun 2021, <https://www.navalnews.com/naval-news/2021/06/ghost-fleet-overlord-usv-completes-second-autonomous-transit-to-the-pacific/>，檢索日期：2022年11月24日。

註35：Richard Scott, "SCO fires SM-6 from LUSV prototype," JANES, 13 September 2021, <https://www.janes.com/defence-news/news-detail/sco-fires-sm-6-from-lusv-prototype>，檢索日期：2022年11月24日。



以上發展充分顯示大型USVs擁有可觀戰力，若能與嶄新的戰術與戰法結合，將成為海戰規則的改變者與海軍作戰的「戰力加乘器」。

## 二、中型USVs

就落實「分散式海上作戰」概念言，海軍發展大型USVs的考量係將武器酬載進行分散，而中型的研發則是著眼於將感測器與通信中繼功能予以分散，<sup>36</sup>發展概況分析如後：

(一)美海軍將中型USVs定義為船長45-190英尺(約13.7-58公尺)，排水量約500噸，船體大小約與巡邏艇相當。一如大型無人水面載具般，海軍亦要求其規格必須符合低成本、高續航力(High-Endurance)與能攜行不同酬載的「可構型」(Reconfigurable)船體設計。根據規劃，中型USVs初期以搭配情監偵(ISR)與電子作戰酬載為主，<sup>37</sup>之後則可部署布雷、水雷反制、反潛作戰、武裝護航(Armed Escort)、反制蜂群(Counter Swarm)與反水面作戰等不同酬載，俾執行各種型式任務。<sup>38</sup>中型USVs的研發與「國防先進研究計畫署」(Defense Advanced Research Projects Agency，以下稱DARPA)的「反潛作戰持續追蹤無人艇」(Anti-Subma-

rine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel，以下稱ACTUV)計畫關係密切，該署「戰術科技辦公室」(Tactical Technology Office)執行的這項計畫，係發展一種半自主性的水面無人艇，用以對安靜的柴電潛艦進行持續追蹤。<sup>39</sup>

(二)2014年9月，「DARPA」與「海軍研究辦公室」(Office of Naval Research，ONR)同意共同出資，對執行「ACTUV」計畫的展示艇「海獵人號」(Sea Hunter)進行感測與自主性套件相關測試。2018年1月，「DARPA」將該艦移交「ONR」，測試獲得的各項數據將提供海軍做為發展中型USVs之用。<sup>40</sup>2019年1月，「海獵人號」成功往返聖地牙哥與珍珠港間，成為首艘自主航行兩地間的無人水面載具，航行期間除人員短暫登船檢查電力與推進系統，全程近4,620浬航程皆以自主模式操作。<sup>41</sup>2020年4月，第二艘「海鷹號」(Sea Hawk)交付海軍，目前兩艦均編入「第1水面作戰發展戰隊」繼續執行測試任務。

(三)2019年7月，美「海軍無人海洋系統計畫辦公室」再對中型無人水面載具發出「徵求提案說明書」(Request For Propos-

註36：“US Navy develops vision for unmanned capabilities as part of Future Surface Combatant Force.”, p.26。

註37：Ronald O’ Rourke, op. cit., p.14。

註38：Captain Pete Small, op. cit., slide 3。

註39：“US Navy develops vision for unmanned capabilities as part of Future Surface Combatant Force,” March 2019, p.28。

註40：Richard Scott, “All Hands Off Deck: US & UK Navies Explore the Potential of Autonomous Surface Vessels.”, p.36。

註41：〈「海獵人號」無人反潛艦自主遠航大突破〉，《青年日報》，2019年2月23日，<https://tw.news.yahoo.com/%E6%B5%B7%E7%8D%B5%E4%BA%BA%E8%99%9F-%E7%84%A1%E4%BA%BA%E5%8F%8D%E6%BD%9B%E8%9%A6-%E8%87%AA%E4%B8%BB%E9%81%A0%E8%88%AA%E5%A4%A7%E7%AA%81%E7%A0%B4-160000421.html>；“US Navy develops vision for unmanned capabilities as part of Future Surface Combatant Force,” March 2019, p.28; Joseph Trevithick, “Navy’s Sea Hunter Drone Ship Has Sailed Autonomously To Hawaii And Back Amid Take Of New Roles,” THE WARZON, Feb 4, 2019, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/26319/usns-sea-hunter-drone-ship-has-sailed-autonomously-to-hawaii-and-back-amid-talk-of-new-roles>，檢索日期：2022年11月24日。

als, RFP), 在經過對投標廠商提出的4個提案審慎評估後, 2002年7月「海上系統司令部」(Naval Seas System Command, NAVSEA)將該型載具的設計與建造合約授予「L3 Harris Technologies公司」, 依合約時程, 2023會計年度首艘中型USVs將交付海軍。<sup>42</sup>

2017年12月, 前總統川普(Donald Trump)簽署《2018財政年度國防授權法》(National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2018), 要求海軍盡快建立一支總數355艘艦船的艦隊。<sup>43</sup>2020年12月, 海軍發布長期造艦計畫, 其提出的分散艦隊架構包括382-446艘有人艦船與119-166艘大、中型無人水面載具。<sup>44</sup>2021年6月, 海軍對未來艦隊艦船的數量進行修正, 艦隊架構包括321-372艘有人艦船與59-89艘大型與中型USVs。<sup>45</sup>雖然總數下修, 但並未減損USVs在海軍水面艦隊的重要性, 主因係其能力日增、較低的籌獲與維持成本、可降低人員傷亡風險並分擔有人艦船任務負荷。因此, 研發與部署大、中型USVs已成為美國海軍未來兵力發展的「重中之重」。

## 肆、美國海軍「無人水下載具」

## (UUVs) 發展現況

如水面艦隊一般, 美海軍潛艦部隊亦存在著戰力過度集中問題。核動力彈道飛彈潛艦的唯一任務就是執行嚇阻巡弋(Deterrence Patrol), 並為美國提供具可信度的「第二擊」能力, 用以確保戰略穩定; 而核攻擊潛艦的主要任務係執行戰略反潛作戰(Strategic Anti-Submarine Warfare), 但其亦肩負情監偵、對地攻擊與反水面作戰等不同角色。面對來自中共與俄羅斯的嚴峻挑戰, 海軍萎縮中的潛艦兵力已「捉襟見肘」到難於因應。為持續保有水下優勢, 除加速潛艦建造外, 更將目光投向UUVs的研發與運用(如附表)。1990年代以來, 海軍潛艦與水面艦即已運用此型載具執行「環境情報準備」(intelligence preparation of the environment), 藉此可有效提升海軍艦隊的全球戰鬥空間覺知能力。<sup>46</sup>未來, UUVs可分擔潛艦部隊更多的工作, 一些「枯燥、骯髒或危險」(Dull, Dirty, or Dangerous, 簡稱「3D」)的任務可由無人系統接手, 從而降低人員傷亡, 並提升戰鬥效能。

2004年11月, 美國海軍發布《無人水下

註42: Richard Scott, op. cit., p.37; Justin Katz, "Gilday: 'I don't know' if Navy's future fleet will include Medium USVs," Breaking Defense, April 28, 2022, <https://breakingdefense.com/2022/04/gilday-i-dont-know-if-navys-future-fleet-will-include-medium-usvs/>, 檢索日期: 2022年11月24日。

註43: David B. Larter, "Trump just made a 355-ship Navy national policy," Defense News, December 14, 2017, <https://www.defensenews.com/congress/2017/12/14/trump-just-made-355-ships-national-policy/>, 檢索日期: 2022年11月24日。

註44: U.S. Navy, Report to Congress on the Annual Long-Range Plan for Construction of Naval Vessels, December 2020, p.23, quoted in Ronald O' Rourke, op. cit., p.5.

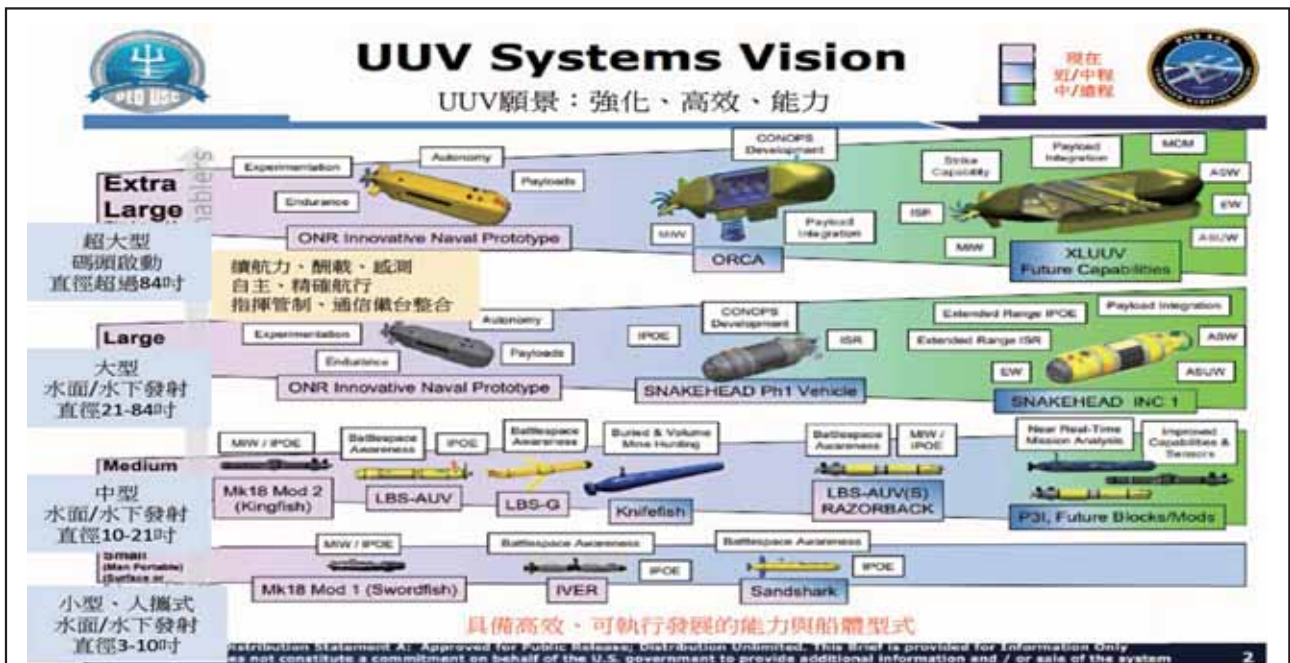
註45: U.S. Navy, Report to Congress on the Annual Long-Range Plan for Construction of Naval Vessels for Fiscal Year 2022, June 2021, p.16, quoted in Ronald O' Rourke, op. cit., p.5。

註46: 錢東、孟慶國、薛蒙、張少悟, 〈美國海軍UUV的任務與能力需求〉, 《魚雷技術》(西安市), 第13卷, 第4期, 2005年12月, 頁7; United States Department of Navy, Department of the Navy Unmanned Campaign Framework(Washington, D.C.: Department of Navy, March 2021, p.16.

附表：美國海軍無人水下載具分類表

級別	直徑(英吋)	排水量(英磅)	高負載持續運作時間(小時)	低負載持續運作時間(小時)	酬載(立方英尺)
便攜式	3-9	< 100	< 10	10 - 20	< 0.25
輕型	12, 75	- 500	10 - 20	20 - 40	1 - 3
重型	21	< 3,000	20 - 50	40 - 80	4 - 6
大型	> 36	- 20,000	100 - 300	>>400	15 - 30 + 外部儲存

資料來源：參考Office of the Chief of Naval Operations, Submarine Warfare and Department of the Navy, Navy Research and Development, The Navy Unmanned Undersea Vehicle(UUV)Master Plan(Washington, D.C.: Department of Navy, Nov 2004), p.67，由作者翻譯製表。



圖二：美海軍無人水下載具分類標準與賦予任務圖

說明：無人水下載具可以提升海軍作戰效能，美國海軍各型無人水下載具尺寸大小、船體構型及其任務規劃。

資料來源：參考Captain Pete Small, "Unmanned Maritime Systems Update," Program Executive Office Unmanned and Small Combatants, Slide 2, January 15, 2019, <https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/Exhibits/SNA2019/UnmannedMaritimeSys-Small.pdf>，檢索日期：2022年11月24日。

載具主計畫》(The Navy Unmanned Undersea Vehicle Master Plan)，該份文件對UUVs的任務進行定義與確認，其主要任務按優先程度依序為情監偵、水雷反制、反潛作戰、檢查/識別(Inspection/Identifica-

tion)、海洋調查、通信/導航網路節點、負載運送、資訊作戰與時敏打擊(Time Critical Strike)等9項。<sup>47</sup>為降低其研發成本，取得系統共通性最大化好處，海軍將UUVs分為便攜式與輕、重、大型等四種不同類別(

註47：Office of the Chief of Naval Operations, Submarine Warfare and Department of the Navy, Navy Research and Development, The Navy Unmanned Undersea Vehicle(UUV)Master Plan(Washington, D.C.: Department of Navy, Nov 2004), pp.7-15。

如附表)，並將前揭各類任務與不同型式的載具結合，使其構型簡化，減少不必要的資源投入。其後，海軍再對其重新分類，依船體直徑分為「小型」（船體直徑在3-10英吋）、「中型」（10-21英吋）「大型」（21-84英吋）與「超大型」（大於50英吋）四種不同等級（分類標準，如圖二）。<sup>48</sup>這四種不同型式UUVs中，超大型的研發最受到各方的關注，因為其航程遠且配備可構型的模組酬載艙（Reconfigurable, Modular Payload Bay），能攜行各式酬載以執行不同型式的任務。以下將對美海軍各型UUVs的發展進行扼要說明。

### 一、超大型UUVs

（一）1997年，美軍「海上系統司令部」（NAVSEA）授權「Newport News造船廠」設計並建造「割喉者」（LSV-2, Cutthroat）UUVs，該型載具長33公尺，排水量約185噸，外型係依「維吉尼亞級」（Virginia-Class Fast Attack Submarine, SSN）核子動力攻擊潛艦尺寸的0.294比例製作，可視為海軍發展超大型UUVs的濫觴。<sup>49</sup>2017年4月，海軍提出發展超大型無人水下載具概念，其被定義的任務計有情監偵、水雷作戰、水雷反制、反潛作戰、電子作戰、打擊任務與反水面



圖三：2022年4月美軍首艘超大型無人水下載具舉行命名下水典禮

資料來源：Xavier Vavasseur, “Here Is Our First Look At The US Navy’s Orca XLUUV,” May 7, 2022, <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/05/here-is-our-first-look-at-the-us-navys-orca-xluuv/>，檢索日期：2022年11月24日。

作戰等。<sup>50</sup>由於超大型UUVs的船體直徑超過84英吋（約2.13公尺），意味著其無法由海軍有人操作的潛艦發射，因此其部署方式係運輸至前進作業港口或是由碼頭自航前往作業水域，<sup>51</sup>因其航程遠而且能獨自在大洋作業，可為部署全球水域的美軍艦隊提供必要的支援。

（二）2017年10月，美國海軍與「波音（Boeing）」及「洛馬（Lockhead Martin）」兩家公司，分別針對超大型UUVs發展相應的系統與「技術包」（Technical Packages）簽約。<sup>52</sup>最後，「波音公司」獲得授權建造4艘合約（Orca計畫），總金額4,300萬美元（新臺

註48：Captain Pete Small, op. cit., slide 2。

註49：建造「割喉者」超大型無人水下載具的最主要目的，係提供美國海軍水面作戰中心做為水聲研究與船舶測試之用。Talal Hussein, “Autonomous underwater robots: from Swordfish to the Orca,” Naval Technology, May 2, 2019, <https://www.naval-technology.com/analysis/autonomous-underwater-robots-navy/>，檢索日期：2022年11月24日；〈美軍潛艇搖籃居然是個內湖，部署最大無人潛航器〉，每日頭條，2018年8月2日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/2lzorer.html>，檢索日期：2022年11月24日。

註50：Captain Pete Small, op. cit., slide 2。

註51：美國海軍潛艦配備的大直徑垂直發射管，可用來發射飛彈或其他型式酬載，惟其直徑約83英吋。Ronald O’ Rourke, op. cit., p.15。

註52：“Navy Awards Phase I of Orca XLUVV To Lockheed Martin And Boeing,” Defense Daily, 29 September, 2017, <https://www.defensedaily.com/navy-awards-phase-orca-xluuv-lockheed-martin-boeing/navy-usmc/>，檢索日期：2022年11月24日。

幣13億8,000萬)。2022年4月，該計畫首艘UUVs舉行命名和下水儀式(如圖三)；<sup>53</sup>在此同時，由「DARPA」主導的「鬼蝠魞」(Manta Ray)無人水下載具計畫亦在進行，其將發展一款滯海時間更長的UUVs，目前雖未對外公布該載具的技術諸元；惟因其提出的「長時間和遠距離執行任務」的規劃，研判其應屬超大型UUVs。<sup>54</sup>因此，美國軍方當前至少有兩項超大型無人水下載具正在進行，足見其對此型載具在未來海軍作戰中角色的重視。

## 二、大、中、小型UUVs

(一)2000年時，美海軍即已開始研發大型UUVs(Large Displacement Unmanned Underwater Vehicle, LDUUV)，此型載具可延伸偵蒐距離，提供艦隊最佳的戰場覺知能力。根據最初規劃，其可攜行各式酬儀以執行不同的任務，且可由濱海戰鬥艦(Littoral Combat Ship, LCS)、「維吉尼亞級」核攻

擊潛艦與「俄亥俄級」核彈道飛彈潛艦(Ohio-Class Guided Missile Submarine, SSGN)等海軍載台進行布放與回收作業。<sup>55</sup>其後，由於計畫修改加上預算不足，首艘原型艇的下水時間由原計畫的2019年向後推延3年之久。<sup>56</sup>2022年2月，名為「蛇頭」(Snakehead)的大型UUVs原型艇在美國新港羅德島納拉甘西特灣測試場(Narragansett Bay Test Facility)命名下水，其係美軍潛艦施放的最大型的無人水下載具，<sup>57</sup>這本可視為該水下載具發展的一個重要里程碑；但令人意外的，美國海軍以設計偏差與潛艦介面適用性有限等理由，在2023會計年度將此計畫中止。<sup>58</sup>

(二)當前海軍的小、中型UUVs研發進展相當順利，「獅子魚」(Lionfish)與「凸齒魚」(Viperfish)兩項計畫，係在未來2-3年間更新現有三型舊式載具，<sup>59</sup>概要說明如后：

### 1. 「獅子魚」用來取代Mk 18 Mod1「劍

註53：Defense Brief Editorial, "US Navy launches first Orca XLUUV drone submarine," Defense Brief, May 7, 2022, <https://defbrief.com/2022/05/07/us-navy-launches-first-orca-xluuv-drone-submarine/>，檢索日期：2022年11月24日。

註54：David Hambling, "DARPA Building An Energy-Harvesting Submarine That Never Run Out of Power," FORBES, Feb 12, 2021, <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2021/02/12/darpas-new-energy-harvesting-manta-ray-is-a-submarine-like-no-other/?sh=6053c22212e2>，檢索日期：2022年11月24日。

註55：John Keller, "Navy to Brief Industry in October on Project to Build Large Long-Endurance Unmanned Submarine," Connecticut State Office of Military Affairs, September 19, 2013, <https://portal.ct.gov/OMA/In-the-News/2013-News/Navy-to-Brief-Industry-in-October>，檢索日期：2022年11月24日。

註56："Project Snakehead. New American AUV goes to trials," Top War, February 21, 2022, <https://en.topwar.ru/192457-proekt-snakehead-novyj-amerikanskij-anpa-vyhodit-na-ispytanija.html>，檢索日期：2022年11月24日。

註57：Program Executive Office Unmanned and Small Combatants, "Navy team christens first Snakehead advanced undersea vehicle prototype," Naval Sea System Command, Feb 11, 2022, <https://www.navsea.navy.mil/Media/News/Article/2932247/navy-team-christens-first-snakehead-advanced-undersea-vehicle-prototype>，檢索日期：2022年11月24日。

註58：Richard R. Burgess, "Navy Proposes Elimination of Snakehead LDUUV program" SEAPOW, April 19, 2022, <https://seapowermagazine.org/navy-proposes-elimination-of-snakehead-lduuv-program/>，檢索日期：2022年9月24日；Justin Katz, "Navy plans to sink large undersea drone program: The Navy has invested at least \$200 million in developing the drone in recent years," Breaking Defense, April 19, 2022, <https://breakingdefense.com/2022/04/navy-plans-to-sink-large-undersea-drone-program/>，檢索日期：2022年11月24日。

註59：Megan Eckstein, "US Navy nears decisions on new small, medium underwater drones," Defense News, Aug 13, 2021, <https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/navy-league/2021/08/12/navy-nearing-decisions-on-small-medium-uuv-replacement-options/>，檢索日期：2022年11月24日。

魚」(Swordfish)便攜式UUVs；「凸齒魚」則替換Mk 18 Mod2「王魚」(Kingfish)與「剃刀鯨」(Razorback)兩款中型UUVs，前者由硬殼船身充氣艇(Rigid-Hull Inflatable Boat)布放與回收，後者則由潛艦攜行的「乾式甲板換乘艙」(Dry Deck Shelter)進行操作，美國海軍希望此載具的後續版能從潛艦的魚雷管布放與回收。

2. 目前兩項計畫的最新進度是，「L3 Harris Technologies」公司的「Iver4」和「亨廷頓英格斯工業公司」(Huntington Ingalls Industries)的「Remus300」兩型載具已被「獅子魚」計畫納入考量，「凸齒魚」計畫則開始進行商源選擇。<sup>60</sup>由於這兩個計畫使用的載具皆係市場上的商用現貨(Commercial-On-The-Shelf, COTS)，<sup>61</sup>若在感測器與目標識別軟體研發取得進展，祇要經過系統整合，這些小、中型UUVs立即可加入艦隊使用。

美國海軍在制定《無人水下載具主計畫》時，係計畫發展一系列大小不等的載具，用以執行各種不同任務。由於載具的作戰需求與技術規格不同；因此，水下載具的4個研發計畫亦呈現不同走向。超大型部分有兩個計畫同時進行，且已製造原型艇並進行系統整合與各項測試；大型UUVs則因設計錯誤已經喊停，主因可能係其與超大型部分任務重疊，加上以潛艦進行施放與回收作業存有相當難度，海軍應會澈底放棄這項計畫。至

於小、中型UUVs的研發，由於載台採用商用市場成熟產品，加上需克服的技術問題不多，應能「如期如質」交付艦隊使用。因此，未來最有可能出現的無人兵力組合可能是少數功能強大的超大型，加上數量眾多的小、中型UUVs共同組成。

## 伍、美國海軍發展無人海洋系統的前景與挑戰

為有效因應中共與俄羅斯的威脅，化解艦隊規模日漸萎縮的窘境，美國海軍自21世紀初，即積極地規劃發展無人海洋系統。經過不斷的論證與研究，首先確立了「分散式海上作戰」這個嶄新概念，接著在與其配套的無人載具研發與軟、硬體整合上，亦有相當的進展。即令如此，由於無人水下載具若干科技迄今尚未發展成熟，加上其運用於戰場上亦涉及「倫理」與「戰爭法」問題，這些爭論將對無人海洋系統的未來發展形成相當程度地制約。以下將對這些議題進行扼要說明，期對美國海軍未來無人海洋系統的運用與發展研究有所裨益。以下就編裝、驗證、技術瓶頸與人因因素等部分，分述如後：

### 一、編裝實驗

(一)隨著各式無人水面與水下載具的原型艇相繼地問世，海軍為了對其涉及的作戰概念、指管鏈路與有人/無人機艦協同作業進行驗證，遂納編有人操作艦船與各型式無人載具共組嶄新編組，用以實驗創新戰法，

註60：The British Robotics Seed Fund, “Unmanned Systems Update,” BATTLESPACE, August 20, 2021, <https://battle-updates.com/update/unmanned-systems-update-796/>，檢索日期：2022年12月12日。

註61：Inder Singh Bisht, “US Navy Selects HII REMUS 300 for Next-Gen Small UUV Program,” The Defense Post, April, 7, 2022, <https://www.thedefensepost.com/2022/04/07/remus-300-us-navy-suuv/>，檢索日期：2022年11月24日。

同時發展操作此型載具需要的戰術、技能與程序。<sup>62</sup>2017年9月，美國海軍成立「無人水下載具第一戰隊」(Unmanned Undersea Vehicle Squadron ONE, UUVRON-1)，對超大型與中型無人水下載具的布雷與海底測繪能力分列重點進行個別地驗證。2019年5月成立的「水面作戰發展第一戰隊」，重點則置於大型USVs的海上打擊與中型USVs的情監偵能力進行驗證。<sup>63</sup>

(二)2022年5月，美海軍成立「無人水面艦船第一分隊」(Unmanned Surface Vessel Division One, USVDIV-1)，其目的係在加速無人水面載具的整合，現納編有「遊騎兵」與「牧羊人」兩艘大型USVs與「海獵人」與「海鷹」兩艘中型USVs，<sup>64</sup>研判應已在進行全無人水面載具的編隊演練與協同作戰驗證(如圖四)。就此觀之，美國海軍USVs的研發較UUVs取得較大進展，其已脫離原型發展階段逐步朝向量產部署方向前進。未來，美國海軍為了檢視海洋無人系統各項功能，應會持續進行大規模的編裝實驗。

## 二、演習驗證

(一)除進行編裝實驗外，參與實兵演練



圖四：美國海軍兩艘大型無人水面載具於太平洋水域編隊航行

資料來源：Mallory Shelbourne, “RIMPAC 2022: Navy Teaming Warships with Unmanned Surface Vessels,” July 14, 2022, <https://news.usni.org/2022/07/14/rimpac-2022-navy-teaming-warships-with-unmanned-surface-vessels>，檢索日期：2022年11月24日。

係檢證作戰概念和系統操作共通的最直接手段。因此，美海軍持續納編無人海洋系統進行多次演習，期能透過實兵演練找出問題為其未來發展提供修正參據。2021年4月，美「太平洋艦隊」在加州聖地牙哥舉行代號「無人整合戰鬥課題21」(Unmanned Integrated Battle Problem 21, UxS IBP 21)演習，這是海軍首次將空中與海上有人/無人操作系統同時納入進行操演，<sup>65</sup>參演兵力包括艦船、潛艦、戰機、無人水面與水下載具，以及無人空中載具等；<sup>66</sup>此次演習期間

註62：Rich Abott, “Navy Creating Second UUV Development Squadron, Remaking First,” Defense Daily, November 7, 2019, <https://www.defensedaily.com/navy-established-second-unmanned-undersea-development-squadron/navy-usmc/>，檢索日期：2022年12月12日。

註63：Megan Eckstein, “USV, UUV Squadrons Testing Out Concepts Ahead of Delivery of Their Vehicles,” USNI News, September 9, 2020, <https://news.usni.org/2020/09/09/usv-uuv-squadrons-testing-out-concepts-ahead-of-delivery-of-their-vehicles>，檢索日期：2022年12月16日。

註64：Diana Stancy Correll, “Navy creates Unmanned Surface Vessel Division to expedite integration of unmanned systems,” New News, May 17, 2022, <https://www.navytimes.com/news/your-navy/2022/05/16/navy-creates-unmanned-surface-vessel-division-to-expedite-integration-of-unmanned-systems/>，檢索日期：2022年12月24日。

註65：這次演習主要目的係對有人/無人載台的整合進行驗證，探討如何將兩者結合運用於最具挑戰的作戰場景中，用以形塑並且取得戰場優勢。演習科目除對未來涵括有人與無人艦船的「混合艦隊」進行測試，亦對發展無人水面載具的各項需求與指管通信架構進行研究。Megan Eckstein, “Navy Kicks Off First Fleet Exercise Focused On Role of Unmanned Systems,” USNI News, April 19, 2021, <https://news.usni.org/2021/04/19/navy-kicks-off-first-fleet-exercise-focused-on-role-of-unmanned-systems>，檢索日期：2022年11月24日。

註66：參演的有人載台包括濱海戰鬥艦、「勃克級」與「朱瓦特級」飛彈驅逐艦、「安克拉治級」兩棲船塢運輸艦、「洛杉磯級」核攻擊潛艦、「提康德羅加級」飛彈巡洋艦、「P-8A」反潛巡邏機、「E-2C」空中預警機、「EA-18G」電子

，海軍「芬恩號」(USS John Finn, DDG 113)飛彈驅逐艦，在完全不開啟主動感測器情況下，利用無人機艦被動感測器傳回的訊號定位靶艦，導引「標準6型」飛彈精準地命中402公里外的目標，驗證了無人系統在情監偵領域上的巨大潛力。<sup>67</sup>

(二)2021年9月，「第五艦隊」在巴林(Bahrain)成立了「59特遣部隊」，做為將「人工智慧」(Artificial Intelligence, AI)整合至無人系統的「育成中心」(Incubator)，負責將美軍各型無人系統的感測器，整合至一個大型網路並進行測試，「海獵人」與「海鷹」等USVs也被納入特遣部隊驗證。<sup>68</sup>美軍當前進行的大型演訓，如2022年「彎刀快車」(Cutlass Express)與「環太平洋」(RIMPAC)演習，無人海洋系統成了不

可或缺要角，<sup>69</sup>顯示美軍正積極利用演習驗證無人海洋系統的可靠性，未來有人與無人載具將會共同作業執行各項任務。

### 三、技術瓶頸

(一)證諸以往經驗，新裝備與新系統的發展初期皆會面臨諸多技術瓶頸，美軍無人海洋系統的研發自然不例外。目前，無人海洋系統研發涉及的核心科技與賦能能力(Enabling Capabilities)涵蓋面廣泛，包括艦船航行時的自主管理、障礙迴避、<sup>70</sup>指管通信、武器酬載、布放回收、先進載台系統與有人/無人載台協同與整合等。<sup>71</sup>在這些技術中，水下通信係最具挑戰性的一項，由於電磁波在水中傳播受到散射與吸收等物理因素的限制，導致穿透深度不夠，對無人水下載具的操作與作業形成限制。<sup>72</sup>美國「麻省理

作戰機與「MH-60R」及「MH-60S」直升機。無人載台則有「海上獵人號」、T38無人水面艇、「Vanilla」超長程無人機、「MQ-8B」、MQ-9無人空中載具與多款小型與中型UUVs。“The U.S. Navy completes the “UxS IBP 21” exercise at the San Diego Naval Base in California,” MINNEWS, <https://min.news/en/military/6bb333fe02c47dd7ac85ca5cfd09ea98.html>，檢索日期：2022年11月24日。

註67：王能斌，〈無人機供目標芬恩號擊中400公里外目標〉，《青年日報》，2021年4月28日，<https://tw.news.yahoo.com/%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E4%BE%9B%E7%9B%AE%E7%8D%B2-%E8%8A%AC%E6%81%A9%E8%99%9F%E6%93%8A%E4%B8%AD400%E5%85%AC%E9%87%8C%E5%A4%96%E7%9B%AE%E6%A8%99-160000354.html>，檢索日期：2022年11月24日。

註68：Albert Vidal, “Drones, AI, and Task Force 59: A Solution for the UAE Navy’s Lack of Manpower,” Arab Gulf States Institute in Washington, Jun 29, 2022, <https://agsiw.org/drones-ai-and-task-force-59-a-solution-for-the-uae-navys-lack-of-manpower/>，檢索日期：2022年11月24日。

註69：5th Fleet Public Affairs-NAVCENT, “Large-Scale International Exercise in Middle East, Africa Concludes,” U.S. Naval Forces Central Command, February 17, 2002, <https://www.centcom.mil/MEDIA/NEWS-ARTICLES/News-Article-View/Article/2940622/large-scale-international-exercise-in-middle-east-africa-concludes/>，檢索日期：2022年11月24日；Diana Stancy Correll, “Navy creates Unmanned Surface Vessel Division to expedite integration of unmanned systems,” New News, May 17, 2022, <https://www.navytimes.com/news/your-navy/2022/05/16/navy-creates-unmanned-surface-vessel-division-to-expedite-integration-of-unmanned-systems/>，檢索日期：2022年11月24日。

註70：導航與避障系統是無人海上系統安全操作的最重要系統，須將水上與水下各式感測器予以整合，方能獲得障礙物的三維資訊進而採取避障行動。陳慶盈、楊文榮、許朝敏、潘文華與周顯光，〈近海無人水面載具技術研析I-回顧與展望〉，《第33屆海洋工程研討會論文集》，國立高雄海洋科技大學，2011年12月，頁688。

註71：Ronald O’ Rourke, op.cit., pp.29-30; Program Executive Office, Littoral & Mine Warfare (PEO LMW), The Navy Unmanned Surface Vehicle (USV) Master Plan (Washington, D.C.: Department of Navy, July 2007), p.xiii; Jinyeong Heo, Junghoon Kim, and Yongjin Kwon, “Technology Development of Unmanned Underwater Vehicles (UUVs),” Journal of Computer and Communications, Vol.5, No.7 (May 2017), pp.28-35.

註72：楊雅兆、邱意明、陳慶盈、穆凌吉、楊文昌、郭振華，〈自主式無人水下載具技術研析〉，《第34屆海洋工程研討會論文集》(臺南：國立成功大學，2012年11月)，頁743。



工學院」(Massachusetts Institute of Technology, MIT)曾將陸基無線電訊號轉換成水下聲波通信，用來控制水下載具，透過海、空界面轉換技術運用，亦可由水面對UUVs進行直接操控。<sup>73</sup>

(二)從新技術的研發到實際部署間存在著高度風險，美國國會鑑於「福特級」航艦(Gerald R. Ford class)就發生裝備未經驗證直接上艦的慘痛教訓，因此在《2021會計年度國防授權法》(National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2021)中，要求海軍須對中、大型USVs的主電機與重要裝備進行陸基原型測試，證明可靠性後方能進行採購；<sup>74</sup>然而，國會這種做法僅能降低財政風險而非技術風險，若其涉及的部分係設計錯誤，則很難進行回復，而大型無人水下計畫即是在此情況下突然喊停。因此，技術瓶頸能否突破，成為攸關美國海軍無人系統未來發展的關鍵因素。

#### 四、人因因素

(一)除研發過程遭遇諸多技術風險外，美海軍發展無人海洋系統時仍需處理許多與「人」相關的問題，包括操作人員所需的技能、訓練與職涯路徑(Career Paths)；有人艦船與無人系統操控者間的關係界定及互動程序；例如「人」在指揮迴路中的位置，若採完全自主模式操作，當無人系統自動接戰

造成人員傷亡時，將產生戰爭究責的困境。再者，由於海軍計畫將在大型USVs配備中程戰術飛彈，因此其航行期間的安全維護就變得十分重要，如何防止敵方派遣特工人員登船進行破壞或是強行占有，均為無人系統部署時的重要考量。

(二)2016年12月，美國海軍測量艦「鮑迪奇號」(USNS Bowditch, T-AGS-62)在公海回收一艘無人水下滑翔機(Unmanned Buoyancy Glider)時，該故障載具竟遭中共海軍潛艦救難艦撈走，<sup>75</sup>顯示無人系統在操作安全上仍需進行改善；此外，若敵方能破解或侵入無人海洋系統的「防篡改機制」(Anti-Tamper Mechanisms)，就有可能取得其導航數據與「接戰規則」(Rules of Engagement)，一旦敵方取得這些資訊後，即可對美軍各型無人海洋載具進行反制。<sup>76</sup>因此，攸關無人海洋系統部署的「自主」(Autonomous)與「自衛」(Self-defense)問題，若無法得到妥善地解決，美國國會仍有可能對其研發與部署做出某種程度限制。

就當前現狀而言，美軍無人海洋系統的發展已由原型驗證走向實際部署，當中「無人水面載具」(USVs)的進度又較「無人水下載具」(UUVs)為快，主因係後者涉及的技術問題遠較前者複雜。由於無人載具在未來海戰將扮演重要角色，美軍為加速其研發與部

註73：同註70，頁686。

註74：“SEC. 122. Limitation on Navy Medium and Large Unmanned Surface Vessels,” National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2021, pp.35-37, <https://www.armed-services.senate.gov/imo/media/doc/S4049%20-%20FY%202021%20NDAA.pdf>, 檢索日期：2022年11月24日。

註75：Sam LaGrone, “Updated: Chinese Seize U.S. Navy Unmanned Vehicle,” USNI News, December 16, 2016, <https://news.usni.org/2016/12/16/breaking-chinese-seize-u-s-navy-unmanned-vehicle>, 檢索日期：2022年11月24日。

註76：Ronald O’ Rourke, op. cit., pp.27-28。

署，成立了「水面作戰發展戰隊」、「無人水下載具戰隊」與「無人水面船艇分隊」等實驗編裝，對無人海洋系統的作戰概念與系統整合進行全面性探討，這些作為皆有助無人系統的加速部署。另一方面，無人載具的自主與安全問題必須得到解決，這兩者對無人大型水面載具部署飛彈形成巨大挑戰，嚴重時甚至可能造成計畫的全面中止。此外，水下通信技術未來能否獲得突破，亦將對無人水下載具的部署與運用形成部分制約。

## 陸、結語

為能於濱海水域順利地執行各項任務，反制中共日益強大的「反介入/區域拒止」能力，美海軍近年將兵力發展重心漸次轉移至無人海洋系統，此趨勢與發展絕非獨立事件，而係為達成「分散式海上作戰」概念而產生的相應兵力結構。此作戰概念具有一個宏大目標，即透過「有人/無人」系統建構一支具高度整合的分散式艦隊，其具有「多光譜機動」(Multi-Spectral Maneuver)能力，藉由將實體、通信、網界、網路與太空機動的融合，使艦隊具有「全領域接近」(All-Domain Access)的能力，可在不同類型的對抗與拒止環境下執行任務。<sup>77</sup>而透過通信網路科技協助，這支由有人、無人載具結合的高整合性艦隊，不僅可在兵力集中與分散間取得平衡，並在電子作戰支援下進行全方位欺敵作為，加深敵人在接戰決策時的困難度與不確定性，並將作戰型態由「網路


中心戰」(Network-Centric Warfare)推向「決策中心戰」(Decision-Centric Warfare)。雖然，無人水下系統的研發與部署仍有諸多技術問題亟待克服；然而採用無人系統取代部分有人系統已是不可抗拒趨勢。未來透過人工智慧提供的「賦能」效應(Empowerment Effect)，海軍作戰將呈現出截然不同於往昔的嶄新面貌。

一旦規劃中的各式無人海洋系統能成功地開發與部署，美國海軍將成為一支「有人」與「無人」載具結合的「混合艦隊」，在執行「3D」等任務時，甚至可完全由無人載具組成的「幽靈艦隊」(Ghost Fleet)來進行，從而減少官兵體力負荷，並可降低人員傷亡風險。或許最重要的是，美軍發展無人海洋系統的歷程，為各國兵力計畫者提供了一個可資參考的範例，其邏輯思維與實施途徑亦可做為各國軍方進行國防轉型或兵力整建時的重要參考。更確切說，當預想的外部威脅發生改變時，首先必須對其進行檢視，並據此發展出嶄新作戰概念以為因應，接著再對財政與科技等因素進行綜合考量，調整與修正兵力結構，以滿足執行此作戰概念的各項需求。因此，作戰構想與兵力結構的發展都是一個「動態過程」(Dynamic Process)，兵力計畫者必須「審時度勢」對作戰環境進行前瞻規劃，並能以「今日的預算因應明日的威脅」，才不致陷於被動的「追隨式」建軍模式。

如同美國海軍一般，國軍亦面對著中共

註77：Dan Gouré, "Navy's Next Generation Network Will Not Meet Warfighters' Needs," Real Clear Defense, May 03, 2018, [https://www.realcleardefense.com/articles/2018/05/03/navys\\_next\\_generation\\_network\\_will\\_not\\_meet\\_warfighters\\_needs\\_113403.html](https://www.realcleardefense.com/articles/2018/05/03/navys_next_generation_network_will_not_meet_warfighters_needs_113403.html), 檢索日期：2022年11月24日。

海軍艦船數量與飛彈射程日增的挑戰，兵力發展固然受限於國力與科技等因素的制約；然我國確實毋須「亦步亦趨」跟隨美軍採取相同模式從事建軍規劃。尤其，我國面臨「少子化危機」與國防預算緊縮雙重衝擊，加上海軍必須將核心戰力分散至更多載台；因此，發展無人海洋系統應是一個極佳選項；除可節約人力與保存戰力外，亦可帶動國內無人載具與水下科技產業的發展，從而厚植

國防工業能量，為海軍建軍備戰提供堅實的物質基礎，此一方向確實值得主政者及海軍高層審慎評估思考。 

作者簡介：

翟文中先生，海軍軍官學校74年班、淡江大學國際事務與戰略研究所碩士85年班。曾任職國防部參謀本部情報參謀次長室、國防部戰略規劃司、國防部整合評估司與國家安全會議，並擔任美國能源部Sandia國家實驗室訪問學者，現服務於財團法人國防安全研究院。

## 老軍艦的故事

### 成安軍艦 PF-72

「成安艦」原為日本海軍「海防40號」艦艇，於1944年11月15日建造完成，是我國在抗日戰爭勝利後，所接收的日本賠償艦艇之一，民國36年8月27日，該艦由日艦「若鷹號」護送駛抵青島港，8月30日舉行接收升旗典禮，並命名為「成安軍艦」，經修復後於民國37年3月1日成軍。

「成安軍艦」成軍服役後，編屬海防第一艦隊，民國38年6月1日，青島開始撤退，該艦掩護十餘萬友軍安全撤出青島；民國40年9月在目嶼島擊沉共軍「賽江號」武裝輪船。該艦並在民國42年7月由第四艦隊司令黃震白上校率領，協同陸戰隊官兵突擊東山島。之後該艦又陸續參與馬祖四姆嶼與定海灣等多次海戰。

「成安艦」在海軍服役期間，參與多次戰役，立下許多保國衛疆的功勳，民國47年10月因艦艇汰舊換新，而奉命除役，功成身退。(取材自老軍艦的故事)

