

「無人水下載具」(UUV)發展現況及反潛作戰運用研析

A Study on the Development of Underwater Unmanned Vehicles and the Application of Anti-submarine Warfare

海軍少校 陳逸倫、海軍中校 劉俊豪、陳柏勳

提 要：

- 一、我國四面環海，腹地狹小、且陸上天然資源匱乏，面對國防、民生(糧食)、能源安全與國家的經濟發展，如何有效運用海洋資源及海上權益維護成為「重中之重」，這也意味著如何探索海洋環境，將更值得政府重視。
- 二、反潛作戰(ASW)有「緩慢作戰(Awfully Slow Warfare)」的別稱，這與探索水下環境一般，均具有長時間、大範圍、高成本的特性。近年美軍與世界各國海軍亦積極投入各式「無人水下載具」(UUV)運用在「水下作戰」之中，並可配合水面艦或是潛艦進行作戰任務；換言之，未來運用「UUV」於反潛作戰上將無可避免，亦將影響各國海軍作戰方式與思維的轉變。
- 三、「無人水下載具」泛指水面下的無人駕駛載具，依據系統不同，可分為需要「人」操作的載具，又稱為「遙控潛水器」(ROV)；另一種因無電纜，可依自身動力與事前設定工作項目，獨立進行運作的「自主水下載具」(AUV)，且UUV已成為現今各國軍事發展的重點。海軍負有守護國家海洋的職責，更應對此有正確的認知與觀念，方能固守海上交通線的安全。

關鍵詞：無人水下載具(UUV)、反潛作戰、潛艦

Abstract

1. Our country is surrounded by the ocean, with limited hinterland and natural resources within the country. Effectively using marine resources and maritime rights to ensure the economic development, national defense, and necessities including food and power supply is the first priority. We have to emphasize the exploration of the ocean environment.
2. "Anti-Submarine Warfare(ASW)" has another name of "Awfully Slow

Warfare(ASW)”。 And this is the same as exploring the underwater environment, which has the characteristics of long-term, large-scale, and high cost. In recent years, the U.S. military and navies around the world have also actively invested in various unmanned underwater vehicles (UUV) for use in underwater combat, it can cooperate with surface ships or submarines to carry out combat missions. Therefore, the use of underwater unmanned vehicles (UUV) in anti-submarine warfare in the future will inevitably affect the way and thinking of naval operations.

- 3.UUV carries two types: Remotely Operated Underwater Vehicles(ROV) and Autonomous Underwater Vehicles(AUV). ROV needs a cable to transmit power and controls signals for remoted control in real time. AUV works independently without cable, and it relies on its own power and pre-set work. For military operation purposes, AUV is the focus of military development. People should have a correct concept of AUV to ensure the safety of sea power.

Keywords: Unmanned Underwater Vehicles, Anti-Submarine Warfare, Submarine

壹、前言

廣大海洋占地球總面積約百分之七十，¹在現今各國陸上資源探索及開發越趨向完整時，除了各國周邊的領海外，不歸屬任何國家管轄的公海，仍約占地球總面積近五成；因此，海洋的探索自然成為各國下一個急需開發的疆域。我國四面環海，腹地狹小、陸上天然資源匱乏，面對國防、民生(糧食)、能源安全與國家的經濟發展等因素，如何有效運用海洋資源及海上權益維護，早已成為「重中之重」，此也意味著如何探索海洋環境更值得政府有關部門重視。從60年代起，各國使用水下載具做為水下環境探測任務

的發展，已超過50年以上；而發展過程中，從早期的「有人」逐漸轉變為「無人」，更因為無人載具具備構造簡單、造價低廉、維修方便，以及無人員生命危險顧慮等優點，逐漸取代有人載具執行任務。²傳統上進行一些「枯燥(Dull)」、「骯髒(Dirty)」、或「危險(Dangerous)」的「3D」任務，均可由無人系統接手，從而降低人員傷亡，並提升整體作戰效能。³

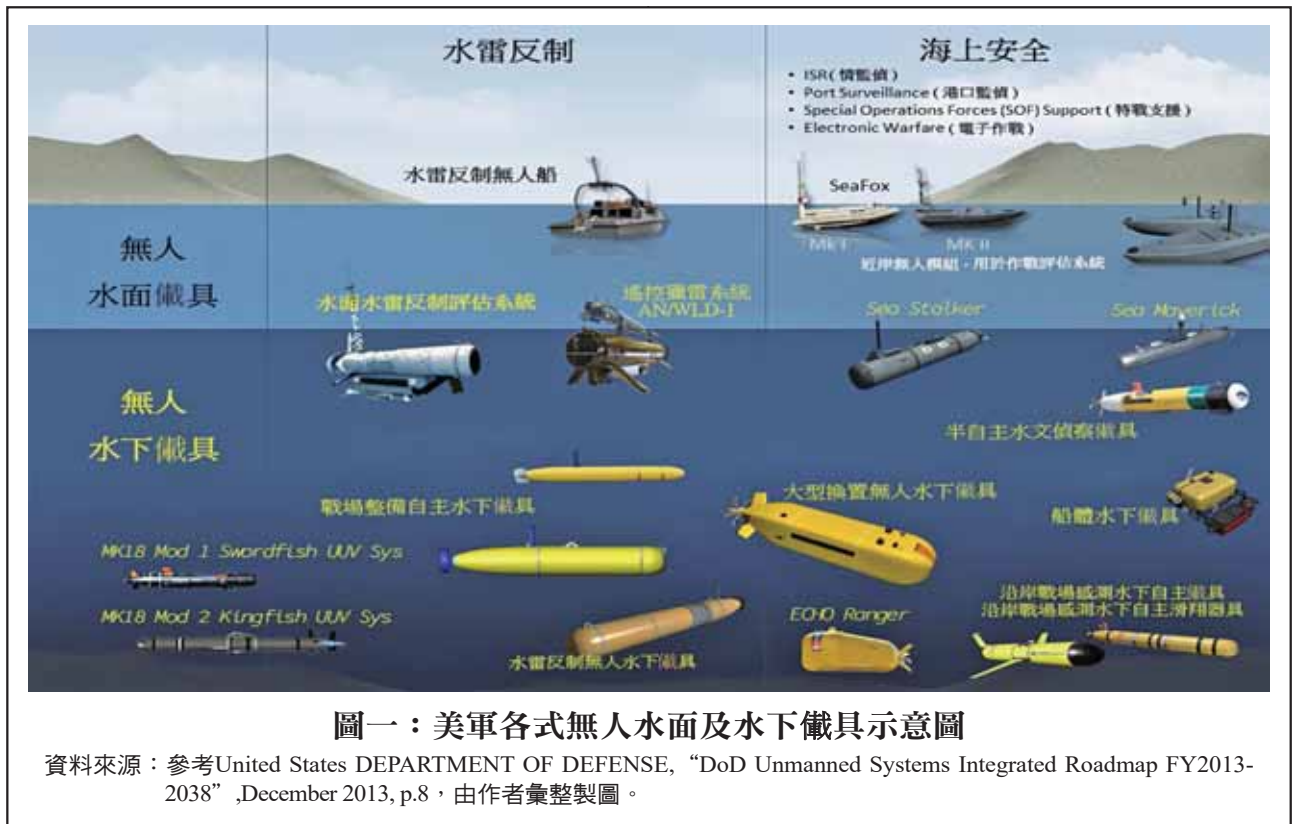
「反潛作戰」(Anti-Submarine Warfare, ASW)亦有「緩慢作戰」的別稱(Awfully Slow Warfare, ASW)，⁴原因是反制潛艦的一方，經常得在潛艦可能出沒的廣闊海域內，投入相當多的兵力及可觀的時間，

註1：〈洋〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B4%8B>，檢索日期：2023年1月5日。

註2：陳柏勳，〈新興戰力-水下無人載具〉《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第43卷，第6期，1999年12月1日，頁106。

註3：翟文中，〈美國海軍無人海洋系統發展之研究〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第57卷，第1期，2023年2月1日，頁30。

註4：Hui Lin、Kuei Min Wang, "Torpedo performance Markov model", Expert System with Applications, 2015, 42(23): 9129-9136, p.5。



圖一：美軍各式無人水面及水下載具示意圖

資料來源：參考United States DEPARTMENT OF DEFENSE, “DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038” ,December 2013, p.8，由作者彙整製圖。

而這與探索水下環境一般，均具有長時間、大範圍、高成本的特性，也是近年美軍與世界各國海軍積極投入各式「無人水下載具」(Unmanned Underwater Vehicles，以下稱UUV)⁵運用在「水下作戰」之中，並配合水面艦或是潛艦共同進行作戰任務。因此，未來運用UUV於反潛作戰上，將無可避免，亦將逐漸影響海軍作戰方式與思維轉變。

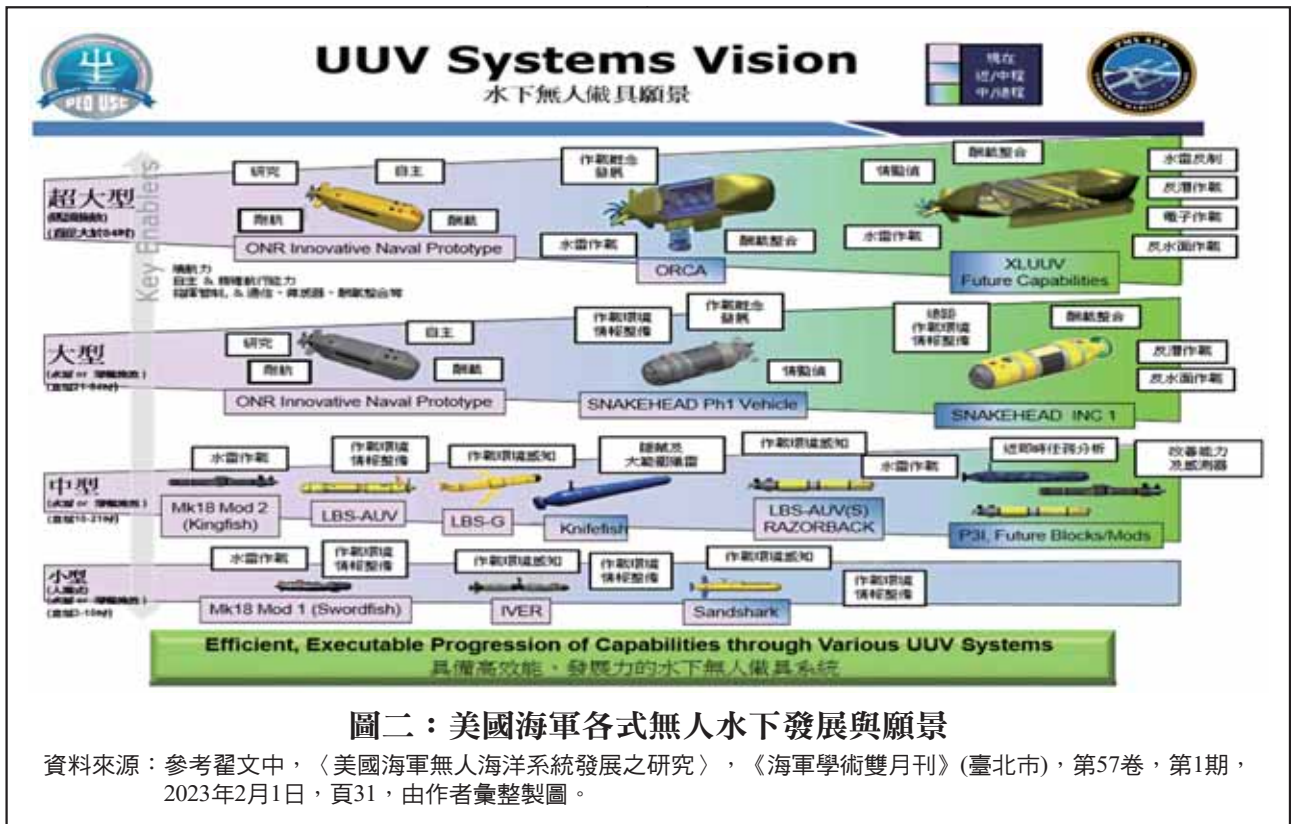
本文從「無人水下載具」的發展與各國現況介紹著手，進而探討反潛作戰運用等相關議題，期能從UUV的發展軌跡、瞭解裝備能力與現況，並結合反潛作戰可能運用等面向；更希望本軍高度重視UUV發展，俾強化本軍未來相關戰術運用，確保海疆安全，這

也是撰寫本文主要的目的。

貳、各國無人水下載具(UUV)的發展與現況

美國海軍的無人載具可以分成水面及水下兩種(如圖一)，而「無人水下載具」(UUV)依據系統不同可概分為兩大類，一為需要「人」進行操作的，又稱為「遙控潛水器」(Remotely Operated Underwater Vehicles, ROV)，載具需要透過電纜傳送電源與控制訊號，操作人員可即時傳遞指令控制載具行動，但因受到自身纜線限制，使其運動範圍與功能受到一定限制；因此，常用於學術或民間企業，對作戰運用有限，故不納

註5：“Unmanned underwater vehicle”，維基百科，https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_underwater_vehicle，檢索日期：2023年1月9日。



圖二：美國海軍各式無人水下發展與願景

資料來源：參考翟文中，〈美國海軍無人海洋系統發展之研究〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第57卷，第1期，2023年2月1日，頁31，由作者彙整製圖。

入本文中探討。另一種為「自主水下載具」(Autonomous Underwater Vehicles, AUV)，此載具無電纜卜，依自身動力與事前設定工作，獨立進行運動，故可配合軍事行動，更為現今各國海軍軍事發展的重點。

世界上第一部「無人水下載具-Pegasus」係法國人第米特里·瑞比克夫(Dimitri Rebikoff)在1953年所發展設計；⁶而最早將「無人水下載具」(UUV)運用於軍事用途並有公開紀錄，係1957年美國海軍所研發的「水下專用研究載具」(Special Purpose Underwater Research Vehicle, SPURV)，其屬於「自主水下載具」(AUV)，最大潛深

3,600公尺，工作深度3,000公尺，主要動力為電池，每次可續航4至5小時，主要用於海底水文資料調查。進入21世紀以後，「無人水下載具」的裝備和技術迅速發展，迄今已有超過1,000艘各式UUV運用在軍事和民間領域。⁷民間多使用在水下工程、海洋調查、海洋考古等領域；而軍用則以軍事作戰為目的，藉由攜帶多種感測器與作戰模組，以執行警戒、偵察、監視、跟踪、掃雷與中繼通信等作戰任務。

以下就美國、歐洲及中共「無人水下載具」(UUV)發展現況，分段臚列如后：

一、美國無人水下載具(UUV)發展與現況

註6：Zoran Vukić, and Nikola Mišković, 〈State and Perspectives of Underwater Robotics- Role of Laboratory for Underwater Systems and Technologies〉, <https://hrcaak.srce.hr/file/228387>, 檢索日期：2023年1月9日。

註7：姚藍，陳燕，〈發展 UUV 裝備的幾個問題〉，《聲學技術》(西安)，第30卷，第1期，2011年，頁1-8。

(一)早在20世紀90年代中期後，美國海軍開始注重「無人水下載具」的技術發展。1994至2004年間，海軍已先後制定了完整的發展計畫與運用構想，⁸其中在2002年的《21世紀海上力量》(Sea Power 21)⁹和2003年的《海軍轉型路線》(Naval Transformation Roadmap)¹⁰中，均特別強調發展「UUV」的急迫性與重要性。2004年11月，美海軍公布了《無人潛航器總體規劃》(The Navy Unmanned Undersea Vehicle Master Plan)，這份新計畫以2000年公布的版本為基礎，結合海軍這幾年在軍事轉型、技術研發和無人水下載具系統平臺建設等方面的理論研究、發展成果與操作經驗，不僅闡明了海軍新的任務使命、實現途徑、技術目標與發展建議；亦重新定義了UUV的任務，以及海軍所希望具備之能力。報告內容同時述明了美國海軍正建造和研製的所有水面艦和潛艦，將依任務特性配備所對應之載具。¹¹該計畫中亦提及未來系統開發的關鍵，在於整體通用化與模組化，且所有UUV都應該符合電力、

通信和電腦介面的標準化，以適用於所有的開放式結構。

(二)美軍各式水下載具發展主要由「海上系統司令部」(Naval Sea Systems Command)負責，並由「無人海事系統計畫辦公室」(PMS 406)執行各式水下載具發展的計畫，¹²另由「海軍水下作戰中心」(Naval Undersea Warfare Center, NUWC)協助發展各種無人系統，包括UAV、USV、UUV等，並運用於海軍作戰中，迄今已在「無人水下載具」的發展上，處於世界領先地位。早在2005年，已有多款「UUV」進入試驗階段，包括具有較大負重能力的「Manta Test Vehicle」(MTV)¹³、配置於濱海作戰艦的「Bluefin-21」¹⁴、「長距離自主式水雷偵察系統」(Long-Term Mine Reconnaissance System, LMRS)¹⁵與可靈活組合負載任務之「重組式無人潛航器」(Mission Reconfigurable Unmanned Undersea Vehicles, MRUUV)¹⁶等。但也因為受限於國防預算總額與科技技術發展，使得部分發展項目被迫中止。

註8：李本江，高孟，羅向前，〈美反潛無人艇作戰使用分析〉，《艦船電子工程》(武漢市)，第32卷，第8期，2012年，頁3-7。

註9：V.Clark, "Sea Power 21: Projecting Decisive Joint Capabilities" U.S.Navy, October 1 2002, pp.1-14。

註10：OFFICE OF THE CHIEF OF NAVAL OPERATIONS WASHINGTON DC, "Naval Transformation Roadmap 2003", Department of the Navy, July 1 2003, pp.1-74。

註11：代威，張雯，張瀝，解春雷，惠俊鵬，〈國外海洋無人航行器的發展現狀及趨勢〉，《兵器裝備工程學報》(四川省)，39卷，第7期，2018年，頁33-35。

註12：Mr. David Mortimore, "UUV and USV Systems Visions", Naval Postgraduate School, <https://nps.edu/web/slamr/-/unmanned-maritime-systems-vision>, October 14, 2020, 檢索日期：2023年1月9日。


註13：「Manta Test Vehicle」係美國「海軍水下作戰中心」，為了更大的載重及更長續航距離需求發展的UUV測試平臺。Miotto, Piero Wilde, John Menozzi, Alberico, "UUV On-Board Path Planning in a Dynamic Environment for the Manta Test Vehicle", CHARLES STARK DRAPER LAB (INC CAMBRIDGE MA), September 01 2003, p.1。

註14：「Bluefin-21」由美國「藍鰭機器人公司」(Bluefin Robotics)生產製造為主要用於水雷偵測或是海底目標識別。Robert W. Button, John Kamp, Thomas B. Curtin, James Dryden, "A Survey of Missions for Unmanned Undersea Vehicles", RAND Corporation, Santa Monica, California, V214.S87 2009, p.169。

註15：「長距離自主式水雷偵察系統」(Long-Term Mine Reconnaissance System, LMRS)一種由潛艦魚雷發射管發射之UUV，配備合成孔徑聲納，能夠執行水雷偵察。同註14，頁72。

註16：為美國海軍「LMRS」之後續計畫，希望藉由升級情監偵感測器及提升反潛作戰之能力來擴展「LMRS」之能力，並可通過各式模組置換以適應不同之任務，可自潛艦魚雷管發射。同註13，頁132。

表一：美國海軍「藍鰭-21」型「無人水下載具」性能諸元表

船體	長度：2.4-4.2公尺 直徑：0.53公尺 重量：180公斤	
航行速度	0.5-2.6公尺/秒(1-5節)	
操作深度	200-4,500公尺	
使用時間	標準籌載下以3節行駛，可使用超過20小時。	
感測器	頻率455kHz測掃聲納、溫鹽深儀、多波束回波探測儀或水下攝影機	

資料來源：參考Robert W. Button, John Kamp, Thomas B. Curtin, James Dryden, "A Survey of Missions for Unmanned Undersea Vehicles", RAND Corporation, Santa Monica, California, V214.S87 2009,p.135; 〈美國海軍各型無人水面/水下獵雷載具〉, 軍武狂人夢, <http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/usanavy/E-uuvv.htm>, 檢索日期：2023年1月5日, 由作者彙整製表。

(三)根據美國海軍「無人水下載具」(UUV)系統發展願景,依大小、施放載臺及用途別可區分為「超大型」(Extra Large, ELUUV)、「大型」(Large, LUUV)、「中型」(Medium, MUUV)及「小型」(Small)等4型¹⁷(如圖二)。以下針對美軍較著名之UUV「藍鰭」(Bluefin)系列、「遠程環境監測裝置」系列(Remote Environmental Monitoring Units, REMUS)及「超大型無人水下載具」(Extra-large unmanned undersea vehicle, XLUUV),介紹說明如後：

1. 「藍鰭-21」自主水下載具(Bluefin-21 AUV)：

(1)由美國「藍鰭機器人公司」(Bluefin Robotics)生產製造,「藍鰭」系列UUV依據尺寸的不同共有9、12、21三種衍生型號,數字代表載具直徑,每個型號依據尺寸、操作深度不同,而有多種衍生型,但基本



構型均相同。外觀近似魚雷,尾部有一個可轉向式俾葉推進器,以鋰電池做為動力源;其中「Bluefin-21」是該系列中最大型的深海水下載具(性能諸元,如表一)。¹⁸

(2)「Bluefin-21」UUV主要用於水雷偵測或是海底目標識別,目前運用在海軍「濱海作戰艦」(Littoral Combat Ship, LCS)上,並稱之為戰場「預置獨立水下載具」(Battlespace Preparation Autonomous Underwater Vehicle, BPAUV),作業方式係由水面控制艦於雷區邊緣施放BPAUV,隨後自主載具依設定自動進入雷區進行水雷偵測識別作業,但不具備毀雷功能。海軍亦賦予「刀魚」(Knifefish)稱號,其目前也是LCS艦上的「水面水雷反制無人水下載具」(Surface Mine Countermeasure Unmanned Underwater Vehicle, SMCM UUV)最為重要的一環。每套「SMCM UUV」搭載兩具,其任

註17：翟文中,〈美國海軍無人海洋系統發展之研究〉,《海軍學術雙月刊》(臺北市),第57卷,第1期,2023年2月1日,頁32; USNI News, "Report on Navy Large Unmanned Surface and Undersea Vehicles", <https://news.usni.org/2020/12/25/report-on-navy-large-unmanned-surface-and-undersea-vehicles>, 檢索日期：2023年1月5日。

註18：同註13,頁134。

表二：美國海軍REMUS「100」及「600」性能諸元表

 <p>劍魚REMUS 100</p>	船體	長1.6公尺、直徑0.19公尺、重37公斤(81.6磅)
	航行速度	0.26-2.8公尺/秒(0.5-5.4節)
	操作深度	100公尺
	使用時間	3節行駛可使用22小時；5節可使用8小時
 <p>王魚REMUS 600</p>	感測器	頻率600、900及1200kHz測掃聲納、溫鹽深儀、多波束回波探測儀。
	船體	長3.25公尺、直徑0.32公尺、重240公斤
	航行速度	2.6公尺/秒(5節)
	操作深度	600公尺(1,969呎)
	使用時間	超過70小時
感測器	雙頻測掃聲納、螢光計、溫鹽深儀、多波束回波探測儀、水下攝影機。	

資料來源：參考Robert W. Button, John Kamp, Thomas B. Curtin, James Dryden, "A Survey of Missions for Unmanned Undersea Vehicles", RAND Corporation, Santa Monica, California, V214.S87 2009, pp.118-125, 由作者彙整製表。

務模組均可完整收容於貨櫃模組之中，藉空運方式迅速配置於LCS艦上，能於短時間內完成安裝並投入使用。「Bluefin-21」也曾於2014年4月在海床上搜索失蹤的「馬來西亞航空公司」(Malaysia Airlines)MH-370號班機殘骸任務。¹⁹

2. 「遠程環境監測裝置」(REMUS)：

「REMUS」最早係由美國「伍爾霍茲海洋研究機構」(Woods Hole Oceanographic Institution, WHOI)主導開發的一系列水下自航載具，²⁰依照大小不同，分為100、600、3000、6000四型，載體狀似魚雷，尾部設有十字控制面以及俾葉推進器一具，而前段

裝有模組化的籌載艙，側面也可加裝幾種選擇性的模組配件。「劍魚」(Swordfish即REMUS 100)制式型號是Mark 18 Mod 1；而「王魚」(Kingfish, REMUS 600)是Mod 2(性能諸元，如表二)，²¹兩者均針對美國海軍的研究需求而設計，具備操作深度深、持續作業能力久、籌載載量大等優勢；除具海底測繪功能外，亦可用於水雷偵測的任務。

3. 「超大型無人水下載具」(Extra-large unmanned undersea vehicle, XLUUV)²²

(1)2000年起，美國海軍開始研究「大型無人水下載具」(LDUUV)，該載具不需船

註19：Time, "This Company Could Make \$70 Million if It Finds the Long-Lost Wreckage of Flight 370", <https://time.com/5096624/malaysia-airlines-flight-370-search-ocean-infinity/>, 刊出日期：2018年1月10日，檢索日期：2023年1月9日。

註20：Woods Hole Oceanographic Institution, Oceanographic Systems Laboratory, Autonomous Underwater Vehicle, REMUS" Web page, last updated November 19 2008。

註21：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：2023年1月25日。

註22：Ronald O' Rourke, "Navy Large Unmanned Surface and Undersea Vehicles: Background and Issues for Congress", Updated (Washington, D.C.: Congressional Research Service, March 31 2022), p.1.

表三：挪威海軍的「Hugin 1000」性能諸元表

船體	長度：3.85-5.0公尺 直徑：0.75公尺 重量：600-850公斤	
航行速度	1-3公尺/秒(1-5節)	
操作深度	1,000公尺	
使用時間	使用4節時可使用7小時	

資料來源：參考Robert W. Button, John Kamp, Thomas B. Curtin, James Dryden, “A Survey of Missions for Unmanned Undersea Vehicles” ,RAND Corporation,Santa Monica,California,V214.S87 2009,p.141；HUGIN 1000 Military Version Main Specifications；A9-E/AUV/AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE ,ECA Group, <https://www.ecagroup.com/en/solutions/a9-e-auv-autonomous-underwater-vehicle>，檢索日期：2023年1月3日，由作者彙整製表。



圖三：美軍超大型無人水下載具「回聲號」(Echo Voyager)

資料來源：〈波音轉行，美國軍方委以重任！〉，每日頭條，2019年11月25日，<https://kknews.cc/military/k4pxakp.html>，檢索日期：2023年1月5日。

隻載運投放/回收，可由港口碼頭渡航出海執行近海任務，結束後自動返回港口。²³故LDUUV可大幅延伸艦隊的作業區域，並取代部分傳統有人水面/水下艦艇的任務，並以

最具成本效益的方式擴展美國海軍的作戰範圍。2017年4月，美海軍提出了另一個「超大型無人水下載具」(XLUUV)概念，²⁴其任務與功能與LDUUV類似，但尺寸增加，載具直徑擴大到54吋，可直接從沿岸碼頭出發，且航程超過2,000浬。

(2)這類大型的無人載具可以延伸核攻擊潛艦及水面艦船的作戰能力，且具備獨立作業能力，為整個艦隊提供重要的戰場情資；此外尚可攜帶魚雷、飛彈、水雷等攻擊性武器，或水下偵蒐相關配備，以執行「情報、監視、偵察」(ISR)等任務。²⁵依海軍的「無人水下系統願景圖」(Navy UUV Systems Vision Chart)²⁶，「XLUUV」項目首先專注在任務籌載的系統整合工作，以及布雷作戰上，後續也會發展水雷反制、反潛作戰、反


註23：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.18-19.

註24：Military technology, “Orca XLUUV” ,<https://www.naval-technology.com/projects/orca-xluuv/>，檢索日期：2023年1月2日。

註25：Seapower, “Navy's Orca XLUUV to Have Mine-Laying Mission, Adm. Kilby says” ,<https://seapowermagazine.org/navys-orca-xluuv-to-have-mine-laying-mission/>，檢索日期：2023年1月9日。

註26：美國海軍將UUV發展願景依載臺大小區分為4種類別，而載具可攜行各式酬載以執行不同型式的任務。Slide 2 of briefing by Captain Pete Small,Program Manager,Unmanned Maritime Systems (PMS 406),entitled “Unmanned Maritime Systems Update,” January 15, 2019,<https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/Exhibits/SNA2019/UnmannedMaritimeSys-Small.pdf?ver=2019-01-15-165105-297>；翟文中，〈美國海軍無人海洋系統發展之研究〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第57卷，第1期，2023年2月1日，頁31，檢索日期：2023年1月9日。

表四：德國海軍「SeaOtter Mk-II」型性能諸元表

船體	長度：3.65公尺 直徑：1.1公尺 重量：1,000公斤(2,200磅)	
航行速度	1-4公尺/秒(1-7節)	
操作深度	600公尺	
使用時間	使用4節時可使用20小時。	
感測器	溫鹽深儀、水下攝影機、前視避障聲納。	

資料來源：參考Dr Russell Wynn, Dr Elizabeth Linley, Dr James Hunt, “Global Inventory of AUV and Glider Technology available for Routine Marine Surveying”, NERC Marine Renewable Energy Knowledge Exchange, Southampton UK, Appendix 1, p.68；SeaOtter configuration, AUV System Spec Sheet, AUVAC, <https://auvac.org/2-2/>，檢索日期：2023年1月3日，由作者彙整製表。

水面作戰、電子作戰、打擊等相關能力；另在中、長期發展方面，LDUUV及XLUUV會成為ISR平臺，也能透過選擇任務模組來執行上述不同的作戰任務(美軍XLUUV「回聲號【Echo Voyager】」，如圖三)。

二、歐洲無人水下載具(UUV)發展與現況

除了美國之外，歐洲地區亦有許多國家積極投入無人水下載具(UUV)研製，包括英國、法國、德國、挪威與瑞典等國在載具的電源、導航等關鍵系統技術上，均具有相當成果。以下針對各國較著名之UUV，分別介紹如后：

(一) 挪威

挪威海軍目前已使用多種無人水下載具(UUV)，包括反水雷作戰的「Hugin」系列，依照大小不同，分為Hugin 1000、3000、4500四種型號可執行長時間、遠距離之搜索、水雷偵測任務，²⁷其中「Hugin 1000」是該系列中最小型的深海水下載具(性能諸元

，如表三)

(二) 德國

德國海軍則有3款軍用「UUV」，分別為「海獺」(SeaOtter) Mk-I型、Mk-II型(性能諸元，如表四)與「Deep C型」，主要運用於水雷偵測。²⁸該載具採用高度模組化設計，目前「Deep C型」已交付德國海軍進行測試，使用燃料電池做為動力來源，可擔任水下偵察或通信中繼等任務。

(三) 瑞典

瑞典海軍擁有2款UUV，分別是「Double Eagle SAROV」(如性能諸元，如表五)和「AUV 62型」。SAROV可採遙控或自主模式；而「AUV 62型」可由水面艦或潛艦施放，專門做為反水雷作戰或反潛作戰訓練使用。²⁹

三、中共無人水下載具(UUV)發展與現況

(一) HSU001型

2019年10月1日，中共建政70週年閱兵中，出現了一款受人矚目的UUV「HSU001型

註27：Kongsberg Maritime, <https://www.kongsberg.com/globalassets/maritime/km-products/Product-documents/hugin-family-of-auvs>，檢索日期：2023年1月10日。

註28：B. Lehmann, K. Siantidis, D. Kraus, “Active Contours for Object Characterization in Sonar Images”, In: Proc. Underwater Defence Technol. 2011, p.1。

註29：SAAB, <https://www.saab.com/products/double-eagle>，檢索日期：2023年1月5日。

表五：瑞典海軍的「Double Eagle SAROV」性能諸元表

船體	長度：35公尺(114呎) 寬度：1.3公尺(4.2呎) 高度：0.8公尺(2.5呎) 重量：750公斤(1,653磅)	
航行速度	1-3公尺/秒(1-6節)	
操作深度	300公尺(984呎)	
感測器	回波定位系統、多波束回波探測儀	

資料來源：參考DOUBLE EAGLE SAROV One system multiple functions,SAAB,https://www.saab.com/contentassets/33ba74f839b44ae3861195862e9d3f97/double_eagle_sarov_brochure.pdf，檢索日期：2021年5月9日。Double Eagle SAROV Ordered for Mine Countermeasures,BlueZone Group,February 14 2020,https://bluezonegroup.com.au/announcements/double-eagle-sarov-ordered-for-mine-countermeasures/，檢索日期：2023年1月2日，由作者彙整製表。



圖四：中共「HSU001型」無人水下載具

資料來源：參考China Navy Reveals New Large Underwater Robot Which Could Be A Game Changer,1 Oct 2019,Forbes,https://www.forbes.com/sites/hisutton/2019/10/01/china-reveals-new-robot-underwater-vehicle-hsu-001/?sh=799a3f8e1991，檢索日期：2023年1月5日，由作者彙整製圖。

」，是此型載具首度公開亮相。也是中共自主研製的新型「無人水下載具」(如圖四)。³⁰由現有資訊分析，載具可歸類為「大型無人水下載具」(LDUUV)，長度約6公尺、寬約1.5公尺，排水量估計約3噸，外觀採淚滴型構造，並搭載光電、通訊桅杆、聲納等設備，採用兩具俾葉做為推進動力來源。兩具桅杆採用傾倒方式收納，前桅杆由外觀上研判，應為光電偵察系統；而高度較高的後桅杆可能為通訊天線。此型載具因體積較大，應無法由潛艦施放，故最有可能係由水面艦艇或在港口進行施放。再由搭載設備研判，可

能運用於戰場「情監偵」(ISR)或通信中繼等任務，倘若具備搭配武器彈藥能力，則可能成為具移動能力的自主水雷。

(二)海翼(Haiyi)水下滑翔機

1.「海翼」水下滑翔機由「中國科學院-瀋陽自動化研究所」研發，全長2公尺，直徑為0.22公尺，翼展1.2公尺，重量約65公斤，最大下潛深度可達1,200公尺，航程約800-1,500公里，自持力60日。自身並無動力，採用水下滑翔方式進行移動，可搭載「都卜勒流速剖面儀」(Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP)，係用於測量流速

註30：The National Interest, "New UUVs: China's Plan to Attack from the Sea Floor," March 9 2020,https://nationalinterest.org/blog/buzz/new-uuv-chinas-plan-attack-sea-floor-131067，檢索日期：2023年1月9日。



圖五：中共「海翼」水下滑翔機(圖左)以及被印尼拾獲的UUV(圖右)

資料來源：參考〈印度洋咽喉水道 漁民撈海翼上岸〉，《旺報》，2021年1月4日，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20210104000107-260301?chdtv>；〈疑中國製造無人潛航器 印尼漁民撈獲〉，昔日東方，2021年1月2日，https://orientaldaily.on.cc/cnt/china_world/20210102/mobile/odn-20210102-0102_00178_005.html，檢索日期：2023年1月7日，由作者彙整製圖。

表六：中共「海燕」系列水下滑翔器性能諸元表

	海燕 500	體積：長(待蒐)×直徑0.39公尺 潛深：500公尺 航程、自持力：待蒐	
海燕 1500	體積：長1.8×直徑0.39公尺 潛深：1,500公尺 航程：1,500公里 自持力：30日	海燕 X 02	體積：長2.8×直徑0.39公尺 潛深：11,000公尺 航程：1,200公里 自持力：60日
海燕 4000	體積：長2.3×直徑0.39公尺 潛深：4,000公尺 航程：待蒐 自持力：60日	海燕 X 03	體積：長2.8×直徑0.22公尺 潛深：11,000公尺 航程：80公里 自持力：4日
海燕X 01	體積：長2.8×直徑0.39公尺 潛深：11,000公尺 航程：1,000公里 自持力：50日	海燕L	體積：長3.3×直徑0.39公尺 潛深：待蒐 航程：待蒐 自持力：120日以上

資料來源：參考〈再破世界紀錄，“海燕”萬米級水下滑翔機最大滑翔下潛觀測深度達到10619米〉，《科技日報》，2020年7月17日，http://www.stdaily.com/index/kejixinwen/2020-07/17/content_974225.shtml；〈陸海翼號水下滑翔機亮相 航程超千公里〉，中時新聞網，2016年11月21日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20161121001925-260409?chdtv>，檢索日期：2023年1月7日，由作者彙整製表。

之儀器)、水下聽音器等海洋探測傳感器，以提供海洋觀測應用需求。³¹

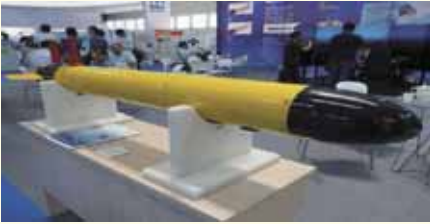
2. 2020年12月底，印尼漁民在南蘇拉威

西省(Sulawesi Selatan)附近海域發現中共的「無人水下載具」(UUV)，³²由於外型酷似中共「海翼」水下滑翔機，且發現地點深入

註31：〈被發現中國水下滑翔器透露的訊息〉，上報，2021年2月1日，https://www.upmedia.mg/news_info.php?SerialNo=105443，檢索日期：2023年1月6日。

註32：〈南海角逐：水下無人載具頻繁出沒為潛艇戰搜集信息〉，BBC News，2021年1月25日，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-55800942>，檢索日期：2023年1月2日。

表七：中共「藍水2000」無人水下載具性能諸元表

船體	長度：3.2-4公尺、直徑：0.342公尺 重量：2,000公斤(4,400磅)	
航行速度	1-3公尺/秒(1-5節)	
操作深度	240公尺(787呎)	
使用時間	超過20小時	
感測器	都卜勒剖面儀、水下攝影機、前視避障聲納	

資料來源：參考Top War，〈Autonomous maritime systems to guard the interests of China〉，<https://en.topwar.ru/151264-avtonomnye-morskije-sistemy-na-strazhe-interesov-kitaja.html>，檢索日期：2023年1月5日，由作者彙整製表。

印尼領海，不免讓人懷疑中共正利用無人載具探測印度洋與南海間的水下航道，以供潛艦爾後潛航通行使用(如圖五)。³³

(三) 海燕(Petrel)水下滑翔器

由「天津大學」自主研發，結合浮力驅動和傳葉推進的水下滑翔器「海燕」擁有節能、續航力強、可重複使用、隱蔽性高、噪聲低並可以大量投放等優點。其主要功能為長時間，連續在大範圍海域測量海水溫度、鹽度、海流、背景噪音等物理參數，是海洋科學研究成本最低的一種探測手段，相關蒐集數據均透過衛星回傳。「海燕-X」使用了一種新型陶瓷耐壓複合材料，確保水下滑翔機可承受1萬公尺水深的壓力，在2018年4月「海燕」深海水下滑翔機首潛，就達到了8,213公尺，刷新世界紀錄(性能諸元，如表六)，³⁴亦凸顯中共在此領域上的科技成果。

(四) 藍水(LanShui)無人水下載具(UUV)

中共近年在無人水下載具的開發方面同樣取得了許多重大進展，並且正積極發展具備偵察或作戰能力的無人水面、水下載具。儘管目前缺乏軍事運用的公開訊息，但由許

多從事海洋技術的中國大陸公司和研究大學等公開資料，可以得到部分資料。其中「中海藍水集團」製造之「藍水」系列，外觀與美國的「REMUS」載具相當類似，目前衍生出「藍水160」(直徑0.16公尺，長度1.7公尺)、「藍水210」(直徑0.21公尺，長度2.2公尺)及「藍水2000」(直徑為0.342公尺，長度大於4公尺，如表七)，其中「藍水2000」更可搭載多種感測設備，操作時間長達50小時以上。

(五) 橘鯊(ORANGE SHARK)無人水下載具(UUV)

「橘鯊」系列由中共「天津深之藍集團」(Tianjin Deepinfar Ocean Technology Co.)所發展的「自主水下載具」(AUV)。依現有公開資訊顯示，其可運用於海底探測、水雷偵測等軍事用途(性能諸元，如表八)。


四、我國無人水下載具(UUV)發展與現況

(一)我國目前無人水下載具多以「遙控潛水器」(ROV)型式為主，多所研究型大學以及民間公司均有發展相關ROV或是AUV等設備，包括「玉豐海洋科儀股份有限公司」

註33：〈捕魚竟撈到水下無人機 疑為中國潛艦進出印度洋探路〉，聯合新聞網，2020年12月30日，<https://udn.com/news/story/6809/5133799>，檢索日期：2023年1月3日。

註34：高奇海洋科技有限公司自述，〈海燕水下滑翔機〉-<http://www.gpsea.com>，檢索日期：2023年1月6日。

表八：中共「橘鯊 I-A型」(ORANGE SHARK) 性能諸元表

船體	長度：2公尺、直徑：0.2公尺 重量：80公斤(4,400磅)	
航行速度	1-3公尺/秒(1-5節)	
操作深度	0-300公尺(0-984呎)	
使用時間	以3節運行可使用20小時	
感測器	溫鹽深儀、水下攝影機、側掃聲納、合成孔徑聲納	

資料來源：參考〈“橙鯊”系列自主水下航行器AUV〉，找海寶，2021年4月14日，<http://www.zhaohaibao.com/product/742.html>，檢索日期：2023年1月5日，由作者彙整製表。

表九：我國玉豐海洋科儀公司「Investigator 90」性能諸元表

船體	長×寬：1.1×0.7公尺 高度：0.49公尺 重量：120公斤	
推進器	水平推進器：750WX4 垂直推進器：750WX2	
操作深度	500公尺(標準) 1,000公尺(可選配)	
使用時間	3節運行可使用20小時	
感測器	水下攝影機	

資料來源：參考Investigator 90 Observation Class ROV, DWTEK, <https://www.dwtekmarine.com/dl/file/CA2JhCoRjI6zIRG0>，檢索日期：2023年1月5日，由作者彙整製表。

(DWTEK)的「Investigator 90」，屬於觀測型遙控潛水器(ROV)載具，具有水下攝影機、機械手臂等設備，可進行初步水下作業能力(性能諸元，如表九)；³⁵另「盟帝電科」的工作級ROV作業深度已可達3,000公尺，而觀測級ROV亦達1,000公尺深度，至於深海攝影機與水下LED等燈具耐壓程度更可達6,000公尺。³⁶

(二)本軍「永豐級」獵雷艦配備「水中處理器」，屬遙控潛水器(ROV)，搭載鋰電池做為動能(如圖六)；「永靖級」掃雷艦則配備水雷反制器，以高壓電纜提供動能來源

及指令傳遞，兩者均可在艦船水雷損害範圍外執行水雷清除，俾遂行安全航道開闢之任務。至於民間大學如「臺灣大學」海洋研究所、「中山大學」海下科技研究所均有發展小型無人水下載具，而「海洋科技研究中心」研究船-「勵進號」，亦有搭載遙控潛水器(ROV)可執行海洋相關研究探測。目前我國軍用「無人水下載具」(UUV)研發，則已委託國家中山科學研究院主導研製，俾做為未來發展「不對稱」作戰之基礎，期望能有更進一步的成果發表，並提供後續運用。

註35：DWTEK, “Investigator 90 Observation Class ROV” ,<https://www.dwtekmarine.com/dl/file/CA2JhCoRjI6zIRG0>，檢索日期：2023年1月5日。

註36：〈Boxfish ROV水底攝影機〉，盟帝電科股份有限公司，http://www.multitek.com.tw/product/p1/p1_1/Boxfish%20ROV.pdf，檢索日期：2023年1月5日。



圖六：海軍永豐級水中處理器

資料來源：張晏彰，〈永豐軍艦裝備性能測試 落實維保作業〉，《青年日報》，2019年1月25日，<https://tw.sports.yahoo.com/news/永豐軍艦裝備性能測試-落實維保作業-160000947.html>，檢索日期：2023年1月9日。



圖七：美國「AUSI」與俄羅斯「IMTP」聯合研製的「SAUV號」

資料來源：D. Richard Blidberg, Steven Chappell, James C. Jalbert, “Long endurance sampling of the ocean with solar powered auv”, IAV2004-PREPRINTS 5th IFAC/EURON Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, Lisboa, Portugal, 5 July 2004, p.562。

參、無人水下載具(UUV)於反潛作戰的限制

「無人水下載具」(UUV)的發展雖然一日千里，但是如要運用於反潛作戰環境中，現實上仍有諸多困難需要克服，包括可運作的時間長短，有賴高效率的電源管理、任務蒐集資料如何轉傳至各任務單位，亦或是任務指令的更新等均須仰賴新科技的發展；克服這些問題對未來海洋科學研空或是海軍作戰效益將有突破之進展。以下就UUV在反潛作戰中可能面臨的技術問題，逐項分析如后：

一、高能量密度的能源

(一)無人水下載具(UUV)作業最大的問題就是「能源」，為能在水下完成持續時間較長的各種任務，首先需要體積小、工作壽命長的能量；畢竟運用在執行諸如反潛作戰和情報偵察這類高速航行和持久性任務時，確實需仰賴高可靠度與高性能的能源系統。目前世界各先進UUV能源技術研究和發展的

主要目標，係使用燃料電池、熱電(熱電氣發電和熱機發電方式的核電池)、熱離子(利用放射性同位素的分裂之發電方法)或熱機發電(藉發電機的活塞運動來產生溫差而發電)等方式，以增大能量密度，達到長時間使用之效果。

(二)未來適用於此類水下載具之新能源研究，將會以更大能量密度之電源為未來研究之方向，而相關電池技術也仍處在研發測試階段，尚有多項技術問題待解決，未來隨著電池技術之進步，UUV的航速及續航力亦將逐步提升；或者使用太陽能做為能量來源，如美國「自主水下系統研究院」(Autonomous Undersea Systems Institute, AUSI)與俄羅斯「科學院船舶技術學院」(Institute for Marine Technology Problems, IMTP)聯合研製的太陽能無人潛航器「SAUV號」³⁷(如圖七)，即採用此種能源做為動力來源。

註37：D. Richard Blidberg, Steven Chappell, James C. Jalbert, “Long endurance sampling of the ocean with solar powered auv”, IAV2004-PREPRINTS 5th IFAC/EURON Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, Lisboa, Portugal, 5 July 2004, p.561.

二、高效率的推進技術

當前各國多數常規「無人水下載具」都採用俾葉做為主推進器，然而為達到推進效率的最佳化，「新型整合動力推進器」(Integrated Motor Propulsion, IMP)藉由電動機與俾葉相互結合，「集成化」的設計，可以大大降低無人潛航器的重量、體積和尺寸。³⁸「IMP」主要由圓柱形外罩、俾葉和電機組成，圓柱形外罩有一個進水口和一個出水口，俾葉安裝於外罩內的主軸上並可以旋轉，轉子上安裝永磁體，既可以提高效率，又可以降低雜訊。目前「IMP」亦運用於「Mk-50魚雷推進器」上；然「IMP」目前仍有對於電機馬達精度要求極高，及海水中的雜質容易被吸入圓柱形外罩中，而影響電機之冷卻等問題，因此提高此型推進器抗污染和抗損傷能力，仍為目前研究的重要課題。³⁹

三、通信技術

(一)執行任務的「無人水下載具」間或與其他水下感測器在通信上須滿足頻寬高、傳輸距離遠以及具備網路基礎結構的要求，特別是在反潛作戰中。而通信手段亦要考量保密的要求，如擁有足夠頻寬，就可以實現聲學通信與低截獲率的射頻通信，俾有利於提高通信保密性。目前遙控潛水器(ROV)的通信手段包括以光纖通訊或聲音做為媒介，亦有透過電纜直接與母船間保持通信聯繫，

並傳送即時圖像。一般光纖通信的優點是資料效率高，且具備高度抗干擾能力，同時也縮小電纜的直徑，從而降低操作時的阻力，但其技術難題是電纜限制了ROV的作業距離和操縱性能。

(二)利用水聲做為通信手段深具發展潛力。在過去的數十年間，水下聲學運用在通信上已取得了重大進步，包括降低資料傳輸錯誤率與長距離傳輸等方面。目前為了獲得各種海洋環境下的中、遠距離與高資料率通信，世界上許多國家都在研究一些新的水下通信方法和技術，以強化水下通信之能力。透過通信技術提升，未來發展目標是研製出具有價格便宜、電力需求低、具備雙向通信、高度模組化及低截獲率等特性的通信系統，以利UUV與岸臺之構聯與資訊交換。

四、武器技術

(一)以UUV做為武器，一種方式係將其本身做為武器，以對目標實施攻擊，屬一次性的攻擊武器，它可以像魚雷和導彈一樣裝有彈藥，由潛艦、水面艦艇或飛機運載並發射到目標水域，依靠自身的動力進行巡弋，探測到目標後進行識別、定位與攻擊。⁴⁰第二種方式是將載具做為武器發射平臺，攜載魚雷、導彈等攻擊武器對目標實施打擊，如美國海軍正在研製的「鬼蝠魞」(Manta Ray)。⁴¹根據目前的技術水準，要實現這種

註38：「新型整合動力推進器」(IMP)是一種將俾葉與其中的電機馬達定子嵌入泵噴管中，而電機轉子與泵噴葉輪葉片的尖端集成在一起的現代水下推進置。Qiao Li,Shahrir Abdullah,Mohammad Rasidi Mohammad Rasani, "A Review of Progress and Hydrodynamic Design of Integrated Motor Pump-Jet Propulsion" ,Applied Sciences,Volume 12,Issue 8,10 April 2022,p.1。

註39：Qiao Li,Shahrir Abdullah,Mohammad Rasidi Mohammad Rasani, "A Review of Progress and Hydrodynamic Design of Integrated Motor Pump-Jet Propulsion" ,Applied Sciences,Volume 12,Issue 8,10 April 2022,pp.10-12。

註40：張靖康、武志東、張亦楠，〈發展潛用多用途小型魚雷的構想〉，《兵工自動化》(四川)，第34卷，第10期，2015年，頁18-21。

註41：Dr. Kyle Woerner, "Manta Ray" ,DARPA,https://www.darpa.mil/program/manta-ray，檢索日期：2023年1月7日。

技術難度很大，它不僅要發展適合在體積有限的UUV上能安裝小型魚雷或導彈等武器，還必須具備裝載、自動發射與任務計畫管理等技術。

(二)目前美軍已經將該載具武器技術視為未來水下作戰中最重要之關鍵技術之一，並發展具有隱密打擊能力的載具。這種無人武器既可以執行掃雷，也可以攜掛非致命武器執行其他作戰任務。此外，目前亦正強化載具本身要具備很好的探測和運動迴避能力，以擺脫漁網和反潛網等外在威脅，甚者需要具備能夠自網中逃脫的能力，這些技術後續發展仍待關注。

肆、無人水下載具(UUV)運用於反潛作戰研析

現今「無人水下載具」(UUV)已被視為海軍未來作戰任務的主要載具之一，可執行水下目標偵蒐、水雷偵測、港口或港灣內外之「情監偵」(ISR)等任務，為此各國海軍亦進行相關作戰操演評估，以驗證戰術發展與作戰效能。目前UUV主要任務多集中在淺水區，包括水雷偵察、水下環境資料蒐集，而美國「水下作戰中心」(NUWC)也正研究藉由潛艦將載具施放至各式作戰場域上。而本軍現行具UUV載具艦船，主要用途多為水下探測及水雷清除，而非反潛作戰。因此，有關無人載具如何運用於反潛作戰，以提升反

潛作戰成效，分析說明如后：

一、平時加強作戰環境整備與監視偵察

平時運用無人水下載具(UUV)於近海及任務海域蒐集所需水下環境資料，並針對溫度、鹽度、海流及磁場等非即時資訊，進行目標追蹤及特定參數蒐集，利用UUV機動靈活、成本低廉，且敵對性較小的特性，可做為戰場長時經營手段之一；再搭配通訊浮標及水下固定式監聽等方式，除增加通訊傳輸可靠性及即時性外，亦可充實資料庫內容增加比對優勢。當任務範圍為大區域時，可參考美軍2005年提出「近海持續監視網」(Persistent Littoral Undersea Surveillance Network, PLUS Net)概念，⁴²利用不同類型的大量UUV執行廣域海上監視。目前美海軍已完成海上測試項目，並評估擴大該系統部署範圍的可行性。⁴³

二、戰時潛艦制壓及反潛護航

(一)反潛制壓

考量UUV載具獨立作業之特性，可針對港口、護航航線、接護點或敵潛艦越境海域等需要，結合空中、水面兵力實施反潛偵蒐、制壓，以降低潛艦威脅。除持續進行周遭海域環境參數蒐集及探測任務外，亦可部署於主作戰艦偵蒐涵蓋罅隙及受限制區域(如地形、水深限制)，或加強水下高威脅區域兵力派遣，利用搜查區域重疊、提升涵蓋頻次與範圍，增加搜察效益及反潛制壓效果。

註42：為美國海軍整合多種偵測器，如UUV或是聲標組成之水下探測網路，而這些偵測器能夠互相通信，並在沒有人為指令的情況下做出基本決策，從而執行多種功能，包括對溫度、水流、鹽度、化學成分及其他海洋元素進行取樣分析，密切監視並預測海洋環境；通過協同工作亦可對於潛艦進行偵測、識別與定位。Naval Technology, "Persistent littoral surveillance: automated coast guards", April 30, 2012, <https://www.naval-technology.com/features/featurenavy-persistent-littoral-surveillance-auvs-uuv/>, 檢索日期：2023年1月7日。

註43：講武堂，〈美國海軍完成近海水下持續監視項目初始試驗：組成水下新監控系統〉，每日頭條，2016年8月20日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/3zlag3.html>，檢索日期：2023年1月7日。

指定題

若有攻擊需求，則可使用具備高自主性、目標識別及水下通訊能力較高的水下載具，針對已探測目標傳輸至海上艦艇，透過有人平臺評估決定後，下達攻擊指令，形成有/無人協同作戰行動，提升反潛成效，惟應避免誤擊情事發生。

(二) 反潛護航

此階段為護衛船隊進入高威脅海域，應針對護航航線周邊，採取更嚴密的反潛作為及干擾措施，亦在可能遭受攻擊威脅下實施防禦與反制。運用方式概要如后：

1. 欺敵干擾：

在既定安全航道上可運用UUV裝設或拖曳水下噪音器，部署於近岸航線兩側實施不定向、不定速航行，對敵潛艦實施音響干擾，利用其長時工作特性，有效吸引敵潛艦進行戰術措施，進而使其暴露自身行踪與位置，有助空中、水面兵力進行追擊。

2. 制壓及攻擊：

將UUV的活動深度由層次深度以下改為層次深度以上，並避開水面艦艇吃水深度，沿航線或側翼實施間接護航(偵蒐範圍須涵蓋航線)；此時若針對潛艦進行水下攻擊時，需至攻擊目標同水層實施目標確認及射控計算，並造成其活動障礙。更可設定為碰撞式感應爆炸，或在護航後數小時自行失效沉沒，此種運用UUV技術，執行「不對稱」作戰及微型水雷概念，將使敵潛艦不願承受高

風險作戰環境，而大幅削減潛艦攻擊意圖，同時增加護航任務成功公算。

3. 魚雷防禦：

若敵艦仍使用被動聲納進行目標射控解算，進而實施魚雷攻擊時，可在敵魚雷進入無人載具群活動範圍內時，造成魚雷前進阻礙、誤判或是碰炸，達成魚雷先期預警及反制效果。

(三) 通信中繼載台

因高頻電磁波在水中傳遞易產生高衰減影響，故無法在水下進行長距離傳輸；而潛艦需進行高頻通訊時，多需上浮並藉通信天線傳送訊息。因此，可運用UUV做為通信中繼站，潛艦利用延伸天線至海面，並與水下載具使用聲能或是「藍綠雷射通信」⁴⁴，俾使潛艦無需上浮即可完成通信程序，確保潛艦的任務隱蔽性。

伍、結語

海洋不只擁有無數的天然資源，對各國來說更是軍事力量之延伸。而目前「無人水下載具」(UUV)的運用相當廣泛且受到世界各國的重視，除了海洋科學研究和探測、水下各種軍事任務外，也可運用在災害救援上。2009年6月「法國航空」(Air France)447班機空難⁴⁵及2014年3月的「馬航」(Malaysia Airlines)370班機失蹤事件中，⁴⁶都可見到各國利用UUV參與支援打撈或搜救，這

註44：董科研，〈對潛光通信〉，《四川兵工學報》(四川省)，第33卷，第7期，2012年7月，頁74；趙天豪，曾陳祥，〈從潛艦通信發展探討海軍潛艦通信與作戰〉《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第53卷，第6期，2019年12月1日，頁90。

註45：〈法國航空447號班機空難〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%95%E5%9C%8B%E8%88%AA%E7%A9%BA447%E8%99%9F%E7%8F%AD%E6%A9%9F%E7%A9%BA%E9%9B%A3>，檢索日期：2023年1月5日。

註46：〈馬來西亞航空370號班機空難〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%A9%AC%E6%9D%A5%E8%A5%BF%E4%BA%9A%E8%88%AA%E7%A9%BA370%E5%8F%B7%E7%8F%AD%E6%9C%BA%E7%A9%BA%E9%9A%BE>，檢索日期：2023年1月5日。

些不同種類的運用，都凸顯UUV不可忽視的存在價值。

面對「潛艦」存在即是威脅之特性，現今各國對於其水下動態掌握能力仍是有限。如何善用UUV高度自主性與機動性、操作成本低廉及無人員傷亡等優勢，強化反潛作戰任務，實為不容忽視之議題。而在各國海軍積極開發與發展高度自主化的載具與水下系統的同時，我們對於關鍵技術發展更應給予相當程度之重視，才能整體提升無人載具運用於海軍作戰的效益。面對未來的水下敵人將更加難以捉摸及阻絕，海軍除妥善運用現有裝備技術外，每位幹部亦應鑽研戰術運用，認真思索及分析對敵反制策略，結合國防

、科技加強對無人水下載具的研發運用，才能有效提升海軍未來水下戰場的任務成功公算，達成維護海上交通線之目標。 ⚓

作者簡介：

陳逸倫少校，海軍軍官學校96年班，曾任海龍軍艦作戰長、海豹軍艦兵器長、256戰隊部教育官，現服務於海軍技術學校。

劉俊豪中校，海軍軍官學校94年班、高雄科技大學航運管理所碩士107年班。曾任淡江軍艦作戰長、永嘉軍艦作戰長、永安軍艦反制長、承德軍艦作戰長、海軍技術學校教官，現服務於海軍技術學校暨國立彰化師範大學博士班博士生。

陳柏勳中校，海軍官校93年班、成功大學系統所機電控制組碩士96年班、中山大學物理系博士107年班。曾任岳飛軍艦艦務長、馬公軍艦戰情官、作戰長，現服務於海軍軍官學校。

老軍艦的故事

太原軍艦 DE-25



太原軍艦原為美海軍護航驅逐艦，係美國的Bethlehem Steel Co.公司所建造，曾於二次世界大戰末期執行多次護航任務。

民國57年7月10日美國根據中美共同防禦條約將該艦移交我國，交接儀式及命名成軍典禮皆在美國西雅圖舉行，命名為「太原艦」，編號為27(後改827)。

民國57年10月26日該艦自美返國，經過短期的成軍訓練

後立即開始服勤，隸屬驅逐艦隊，擔任臺海巡弋、外島駐防及外島運補護航等任務。自民國77年9月1日起任務型態改變，該艦奉令擔任海防巡邏艦任務，執行近海護漁、救難及協助海關、警察單位執行反走私、反偷渡以及對中共漁船非法接近之驅離、查扣、拘捕、遣返等工作，成效卓著。於民國86年5月16日功成除役。(取材自老軍艦的故事)