

新興戰力－無人水下載具

海軍上尉 陳柏勳

提 要：

- 一、無人水下載具（UUV）目前廣泛地運用在科學研究、海洋工程與軍事等範圍，具有低成本、高可靠度與高隱密性等優點，在軍事上有相當大的運用價值。
- 二、美國海軍目前已有多型 UUV 投入戰鬥序列，經過實戰顯示具有良好的作戰效益；後續多型 UUV 正持續發展中，並且有更廣泛的運用價值。
- 三、國內目前針對水下載具研發的產官學界單位眾多，但卻缺乏整合，如能有效利用，對於水下戰力的提升必有相當的幫助。UUV 甚具發展潛力，相信在未來 UUV 更可能以掛載武器的方式投入戰爭，成為另一種致命性的攻擊武器。

關鍵詞：載具、無人水下載具

壹、前言

近百年來，人類對於探索神秘海洋的熱忱未曾稍減，而深海底下所蘊藏的豐富資源，諸如石油、天然氣等能源，更是豐富了人類的生活。此外，海中千變萬化的生態世界更吸引人們前往探索。不過在水深的限制之下，人們往往需要特殊的載具以達成目標。

自 1960 年起，水下載具之主要目的係執行水下探測之任務，至今發展已將近 50 年，已有超過 4000 艘以上的水下載具在世界各地執行各種任務。目前水下載具已廣泛應用在軍事、科學研究、考古與觀光等領域，其發展的速度可謂一日千里。水下載具可概分為有人水下載具與無人水下載具，無人載具由於具備構造簡單、造價低廉、維修方便、以及無人員生命危險的優點，目前已取代許多有人載具之任務。本文主要針對無人水下載具之現況、系統組成與未來發展趨勢做相關介紹。

貳、水下載具的發展與分類

所謂的無人水下載具（Unmanned Underwater Vehicle，UUV）簡單的說就是未載人的水下載具（以下簡稱為 UUV），其發展可追溯自 1970 年代，早期無人水下載具的功能僅為替代有人載具執行水下環境探索，但隨著科技的成長，世界各國對於海底的探索、開拓海洋資源、水下考古等都需仰賴水下載具，而各式各樣的潛航器也因應而生。海洋的調查、研究、安全維護及永續利用都需要海下技術的支援，故 UUV 在其中扮演相當重要的角色。UUV 依控制、運動方式的不同大致上可細分下列三種：

一、遙控載具

遙控載具（Remotely Operated Vehicle，ROV）顧名思義係由人員在岸邊或工作母船上遙控，透過電纜傳輸電力，或以光纖傳輸控制信號、視訊信號等，這一類型的載具因任務的關係，體積與重量均較為龐大，但是功能相當齊全，主要運用範圍包括海洋石油開採、海底管路埋放、海底探測與掃除水雷……等。現今遙控載具已能勝任各項深海工作，如海底探勘、水下管路修復、電纜佈放維修等，但是此型的載具在使用上有一定限制，因為必須由電纜傳輸信號，故限制了本身之運作能力，也限制了工作母船之行動。

二、自主式水下載具

自主式水下載具（Autonomous Underwater Vehicle，AUV）與遙控載具不同，所謂的自主，包括了感測、判斷與行動之要素，因此自主式水下載具在執行工作時，可以不需要人的介入。自主式水下載具本身在操作上使用自身之電力，透過事先預劃好之操作路徑，施放後即依所設定之程式執行任務，並於任務完成後，再與母船會合進行回收作業。這樣的工作模式可以有效的減少人力負荷，並且任務執行的彈性也較大，但也因為載具本身體積較小，在操作時間上與掛載負荷也有一定之限制，（如圖一、二、三為丹麥、英國及美國製造之 AUV）。

三、自主式水下滑翔機

自主式水下滑翔機（Autonomous Underwater Glider，AUG）係利用重力自然下潛，再用浮力引擎產生浮力上浮，在上下的過程中藉由裝置於機體兩側的機翼產生升力使之有前進的推力，因而達到水下滑翔機水下滑航的運動，使得載具循鋸齒狀軌跡掃描海洋水體蒐集資料，是一種適合蒐集大範圍水下水文資料的水下載具，且所需電力少，可航行數千公里（如圖四、五、六）。

在此針對三種無人載具在操作、載重等相關性能指標比較如下表。

由表可知，ROV 雖有較長的操作時間與攜帶載重，但是因為機動性能不佳與需要工作母船支援之限制，故多使用在商業與科學研究上；而 ALG 雖有長時間、大面積的搜索能力，但是在攜帶載重與機動性能上表現較為不足，故多運用在科學研究之用途；AUV 在各項指標上均有良好的表現，故現在廣泛地運用在軍事等各領域中。

參、水下載具的系統組成

無人載具的系統組成可概分為以下四部分：

一、自主載具控制模組

負責水下載具執行各種任務之控制，操作人員在釋放前先行設定水下載具之工作模式，並將程式燒錄至載具電腦後如圖七，水下載具即可依據本身所設定之模式進行工作，操作人員僅需監控水下載具之位置及分析所回傳之資料即可，可以有效的降低人員之負荷。

二、水下導航與通訊模組

無人載具的導航方式在浮航時係利用全球衛星定位系統（GPS），潛航則是利用佈放在水面上的聲標做為參考點實施水下定位；而通訊部分在浮航時可利用無線電波執行數據傳輸，在潛航時則利用水下聲波來傳輸訊號。

三、電力管理與推進模組

無人水下載具除 ROV 外，必須使用載具本身所攜帶之電池做為動力之來源，載具本身所攜帶之各種偵蒐器亦必須利用電源才能進行操作，故高效率的電源管理對於水下載具而言是極為重要的。而對於某些軍事用途的無人水下載具，安靜的操作是極為重要，所以需要高效率的推進馬達做為動力的來源。現今由於科技的進步，許多替代性的能源亦被用來做為水下載具電力來源，如燃料電池、太陽能電池等等，圖八與圖九即為 FSI 之 SAUV II，使用太陽能做為電力之來源。

四、感測器模組

無人水下載具可攜帶感測器執行各種感測器執行任務，包括：水下攝影機、聲納、壓力計等，並可依據任務的不同配置不同的感測器，使得任務的執行也能更為彈性。

水下載具透過感測器來擷取海洋環境與水下資料，而部分的資料尚需透過訊號處理的方式才能呈現出來，例如 3D 立體影像技術通常廣泛地運用在水下環境描繪、聲納成像技術等，圖十與圖十一即為水下載具利用側掃聲納影像合成技術所顯示的水下沉船與水雷。這些技術可以運用在科學研究與軍事用途上，故優良的水下載具除了本身優良的操作性能外，還必須配合精良的感測器才能發揮最大戰力。

肆、無人水下載具的功能

目前 UUV 在科學研究與軍事上的用途已趨向多元，以下針對 UUV 之功能與應用做一說明：

一、海洋環境調查：UUV 可配備水下偵測之儀器，是相當適合水下環境資料的蒐集，這部分的運用包括了海底探勘與情蒐、水下環境監控等如圖十二與圖十三所示。

二、水下搜索與工程實施：UUV 透過高頻聲納與水下定位系統可以執行指定區域內的目標搜索、水下工程與量測等任務，這部分的運用也包括了失事現場探勘、水下工程等。

三、水雷反制作戰：利用 UUV 的偵搜儀器可對水雷實施偵查、定位與反制作業。在 1991 年的海灣戰爭中，美國海軍的巡洋艦 Princeton 號 (CG-59) 與兩棲攻擊艦 Tripoli 號 (LPH-10) 分別遭到伊拉克水雷的重創，雖未對戰局造成巨大影響，但也造成了美英聯軍士氣受到影響與港口後勤補給上的困難，此後各國海軍不敢輕忽水雷的威力，紛紛致力反制水雷技術的提升。在 2003 年的「伊拉克自由行動」中，盟軍即成功地使用了無人水下載具作為港口水雷搜查的重要利器。現今美、英、德等多國海軍已有利用 UUV 執行反水雷的任務之實例，圖十四為美軍研發之各型的 UUV，部分已完成測試並投入實戰。

四、水下目標搜索：係利用 UUV 做為潛艦的偵測系統。目前美軍正擴大 UUV 的應用範圍，即在潛艦上配置可由魚雷管發射及回收的遠程水雷偵查系統 (Long-term Mine Reconnaissance System, LMRS)，如圖十五所示之 LMRS 的外觀酷似魚雷造型，主要任務為雷區偵察及水雷反制，亦可做為潛艦的偵搜裝備，提供水下目標先期預警的功能。

伍、美國海軍現役之 UUV 介紹

UUV 挾著低成本、高可靠度等優點，目前已廣為世界各國海軍所使用，在此僅列舉美國海軍現正發展及使用的數型具代表性的 UUV，並概述其性能與特點：

一、REMUS

REMUS (Remote Environmental Measuring UnitS) 係美國 Hydroid 的產品，是一型體積小、重量輕，相當適合用於淺水區域的 UUV (如圖十六)，曾在 2003 年

「伊拉克自由行動」中經過實戰驗證，並且有相當卓越的成效。REMUS 具有精密的導航與水下定位系統，以及高解析度的側掃聲納，而且施放與回收均相當便利，僅需使用小艇與 2 名工作人員即可完成施放回收任務。對於淺水區域的水雷反制作戰，是相當有利的利器。Hydroid 針對不同的任務特性，亦推出了多型的 REMUS 供使用者選擇，REMUS 的使用範圍包括了海研環境調查、水雷反制作戰，並已在美、德等國海軍中服役。

二、LMRS

波音公司所發展的水雷反制系統 LMRS (Long-term Mine Reconnaissance System; AN/BLQ-11)，此系統使用極為小型的 UUV，該型載具最大的特色在於可由潛艦的 21 吋魚雷管施放與回收，其主要任務為雷區偵察及水雷反制，圖十七為 LMRS 的系統組成，裝設有前視、側掃聲納，並可透過音響或紅外線的方式進行資料傳輸。LMRS 系統在 2006 年 3 月成功地由洛杉磯級潛艦完成測試，包括 UUV 的水下施放與回收的測試。LMRS 所使用的 UUV 在沒有母艦的協助下，平均每天可以搜索 35 至 50 平方哩的範圍，若以 3 節速率潛航時，續航力可達 60 小時。

三、RMMV

RMMV (Remote Multi-Mission Vehicle) 係一套無人半潛式的水下載具 (圖十八)，用於視距外的獵雷載具，目前已被配置在勃克級驅逐艦 USS Momsen (DDG 92) 上，使得該艦有著相當能力的水雷偵蒐能力。RMMV 係由一具 370 匹馬力的柴油引擎所驅動，能以 10 節的速度在水面上航行，並裝設有雷達與導航設備。RMMV 最大的偵測利器為雷神公司的 ASQ-20 可變深度聲納 (VDS)，具有深納合成影像功能，能自動辨識目標是否為水雷，並透過數據傳輸資訊回母艦。

陸、水下載具未來發展趨勢

無人載具的發展隨著科技的進步有著一日千里的發展，隨著美海軍已將 UUV 列為濱海戰鬥艦 (Littoral Combat Ship, LCS) 的模組配備，更突顯了這類載具在作戰上的重要性，而無人水下載具未來將朝下列趨勢發展：

一、具備長時間工作之能力

優良的 UUV 不僅需要獨立自主的作業能力，更需要長時間的操作能力，然而隨著各型新穎感測器的發展，電力的需求也大為提升，對於 UUV 而言，也是相當嚴苛的考驗。工作時間的長短，決定了 UUV 的作戰效益，所以如何發展更為有效益的能源科技，將決定著 UUV 的發展與未來。

二、具備優良的操作能力

UUV 目前多被設計在近海地區使用，但若有在海流較強的區域操作時，性能會有較大的限制，所以如何有效的使 UUV 在各種嚴酷的海域與海象下能可以順利的執行任務，亦是相當重要的議題之一。

三、具備優良的資訊傳輸能力

目前 UUV 所使用的通信方式多為音響訊號傳輸與紅外線傳輸，但是這些方式容易受到環境與距離的限制。UUV 在現今的定位為偵蒐器，故如何將所得的資訊能有效地、快速地與安全地傳輸出去將是相當重要的。

四、網路作戰的能力

將 UUV 結合鏈路，使得作戰信息能更為及時的傳輸給指揮官，如在反潛作戰中能有效的利用 UUV 做為偵蒐器，對於母艦本身的安全也能更有保障。美軍現今就是欲利用空中、水面與水下的無人載具做為網路作戰的偵蒐平台（如圖十九），以達成超視距外的作戰，不僅可提升作戰的效率，也能減少人員的傷亡，另外多部 UUV 載具同時作業的能力是相當重要的，可以有效地提升作戰的效益。

五、具備模組化能力

圖二十為美軍的水雷反制作戰任務模組方塊的示意圖；模組化的 UUV 對於部署、操作、保養及後勤均能更有效率的提升，而且作戰的效益也較大。借由模組化的方式對於未來升級或改良均能有效的將低成本，發揮最大的作戰效益。

柒、結語

水雷在歷次戰爭所造成的重大損失，目前仍歷歷在目，經過數年的發展，UUV 在水雷反制作戰中的地位日顯重要；特別是在作戰中所要求的隱密性，UUV 具有相當的優勢。無論是無人空中載具或是無人水下載具在經歷了伊拉克自由作戰後，其優良的效能已逐漸受到各國所重視，相信無人水下載具未來在軍事上或是科學研究上，都將繼續扮演重要的角色，甚或將來成為一種具備攻擊性的武器，扮演左右戰局的重要指標。

<參考資料>

美國政府與海軍研究單位：

一、NOAA (<http://www.noaa.gov/index.html>)

二、ONR(<http://www.onr.navy.mil/>)

三、Naval Post Graduate (Center for AUV

Research) (<http://www.nps.edu/Academics/GSEAS/MAE/AUV/index.asp>)

國外 UUV 研發製造公司：

一、ATLAS (<http://www.atlas-elektronik.de/atlas/index.htm>)

二、BAE (<http://www.baesystems.com/>)

三、BOEING (<http://www.boeing.com/>)

四、FSI (<http://falmouth.com/>)

五、HYDROID (<http://www.hydroidinc.com/>)

六、Lockheed Martin (<http://www.lockheedmartin.com/>)

國內相關研究單位：

一、台灣大學工程科學及海洋工程學所

(<http://www.esoe.ntu.edu.tw/research/lab/uv/tw/index.asp>)

二、成功大學系統及船舶機電工程所

(http://www.sname.ncku.edu.tw/ncku_chinese/)

三、中山大學海下技術研究所 (<http://www.iut.nsysu.edu.tw/>)

