

海軍潛艦遂行聯合作戰之探討

Discussion on the Joint Operation of Naval Submarines

海軍少校 楊昱傑、海軍上校 曾陳祥

提 要：

- 一、中共於1993年制定軍事方針為「打贏高技術條件下的局部戰爭」，此階段中共潛艦除具備獨立作戰之特性外，同時更重視聯合作戰之發展。近年來其潛艦活動範圍逐漸擴及印度洋，且在參與亞丁灣護航任務中，均與水面艦艇及空中兵力共同聯合打擊海盜，顯見其潛艦已從過去「獨立作戰」演變成現今與其他兵力互相配合的「聯合作戰」型態。
- 二、我國潛艦自身偵搜裝備可獨立搜索目標後進行魚雷攻擊，亦具備透過情資傳遞掌握遠距離目標，以進行潛射魚叉飛彈等超視距精準打擊能力。隨著科技技術提升，潛艦由獨立作戰之特性，轉變為透過通信指管手段，與水面艦艇及空中兵力相互配合執行聯合作戰，並在國軍整體防衛作戰中能夠取得有利態勢。
- 三、「善守者，藏於九地之下；善攻者，動於九天之上」。為有效因應中共對臺封鎖及水面軍事威脅，我國除刻正進行「潛艦國造」計畫，另應發展適宜之潛艦聯合作戰戰術戰法，以有效嚇阻中共對我進犯之意圖，實現海軍保護國家及人民生命安全的職志。

關鍵詞：潛艦通信、無線電通信、水聲通信、水下雷射通信、潛艦聯合作戰。

Abstract

1. According to the policy of China's military "To fight and win the high-tech regional war" in 1939, the PLAN's submarines not only possessed the capability of independent operations, but also paid more attention to develop joint operations. In recent years, PLAN's submarine activities has gradually expanded to the Indian Ocean. During supporting the escort mission in the Gulf of Aden, PLAN's submarine also conduct joint operations against pirates with surface ships and air forces. It is obvious that PLAN's submarine force have evolved from "independent operations" to "Joint Operation".

2. Currently, ROCN's submarines' have capability to search for targets and then carry out torpedo attacks on their own as well as strike long-distance targets through information transfer, and launch harpoon missiles over-the-horizon precision strikes to create a favorable situation in the overall defense operations.

3. Sun Tzu said: "The general who is skilled in defense hides in the most secret recesses of the earth; he who is skilled in attack flashes forth from the topmost heights of heaven. Thus on the one hand we have ability to protect ourselves; on the other, a victory that is complete." In order to prevent the China's military threat and blockade, ROC is currently carrying out a plan to "Indigenous Defense Submarine (IDS)" to deter the China's invasion.

Keywords: submarine communication, radio communication, underwater acoustic communication, underwater laser communication, submarine joint operations.

壹、前言

世界各國海軍都將「潛艦」視為海上重要戰力之一環，並以其特有隱密性及奇襲性，利用海水做為天然屏障，在敵不易掌握其行踪下執行偵察及攻擊。過去潛艦對水面目標係以魚雷攻擊，一方面造成目標戰損外；另一方面可維持自身隱密性，因其具備獨立作戰特性，故較少與其他兵力實施聯合作戰。當今各國潛艦發展出各型潛射攻船飛彈，攻擊手段較過去更加多元及準確，且其戰術發展已不僅止於獨立作戰，亦發展出透過通信指管能力，與水面艦艇及空中兵力相互配合，以遂行聯合作戰之戰術。

隨著國防科技的快速進步與發展，如今的作戰型態已由昔日的軍種獨立作戰轉變成軍種聯合作戰，藉由不同軍種的特性，提升作戰效能。國軍為提升聯合作戰效能，已依「無戰不聯」的精神，持續更新武器裝備、

強化指揮機制、精進聯戰戰力規劃及戰術戰法等，以提升聯合作戰能力。因此，撰寫本文的目的，希望透過現有之公開資料，整理並探討我國潛艦目前武器裝備，並藉由瞭解現今全球潛艦通信能力概況，進一步研擬海軍之精進作為，以期我潛艦融入現今聯合作戰體系，並做為未來國軍建軍備戰之參考方向。

貳、我國潛艦武器裝備概況

我國海軍現擁有4艘柴電潛艦，除運用自身偵搜裝備搜索目標後，遂行攻擊的魚雷，也具備透過情資傳遞掌握遠距離目標並進行超視距攻擊的潛射攻船飛彈。茲就潛射武器裝備及攻擊方式(如表一)，分段介紹說明如後。

一、潛射武器裝備現況

(一)線導魚雷

1. SUT(Surface Underwater Target)魚

表一：「SUT魚雷、MK-48魚雷及潛射魚叉攻船飛彈」性能諸元

名稱			
	SUT魚雷	MK-48魚雷	魚叉飛彈 (UGM-84)
長度	6.08公尺	5.85公尺	4.6公尺(不含彈囊)
直徑	533毫米	533毫米	324毫米(不含彈囊)
重量	1414公斤	1545公斤	695公斤(不含彈囊)
射程	12公里, 最大28公里	25公里, 最大50公里	130公里
速率	最大35節	最大65節	0.85馬赫(約562節)

資料來源：參考〈SUT魚雷〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/SUT魚雷>；〈AGM-84魚叉反艦飛彈〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/AGM-84魚叉反艦飛彈>；〈Mk-48型魚雷〉，維基百科，https://zh.wikipedia.org/wiki/Mk_48型魚雷#cite_note-Friedman2006-13，檢索日期：2022年3月26日，由作者彙整製表。



圖一：我潛艦以SUT魚雷擊沉靶艦

資料來源：〈重型魚雷威力強大〉，自由電子報，2020年5月23日，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/3174902>，檢索日期：2022年3月29日。

雷：

「SUT」魚雷源自德國海軍(指西德，1990年兩德統一後統稱德國)，是1967年以外銷為導向所開發的潛射重型電力推進線導魚雷，可對水面及水下目標進行攻擊，具主

、被動音響追蹤之能力，其設計理念，旨在以一枚魚雷即可擊沉敵方潛艦或是大型水面軍艦，威力極為驚人。¹我國分別於1984年及1987年採購至少100枚「SUT」魚雷，²並在重大演習(如聯興、漢光演習)期間，若遇有以潛艦克制敵方海軍艦艇攻擊的實戰演練時，就會實施「SUT」魚雷操演，以驗證潛艦戰鬥系統效能、魚雷導控能力及潛艦人員訓練成果。³海軍潛艦部隊在歷年多次的重要演習中，至少就有5次以上，僅採一枚魚雷攻擊就將靶艦擊沉的紀錄(如圖一)。⁴

2. MK-48魚雷：

為取代使用近30年的「SUT」魚雷，我國積極規劃為潛艦籌購較新式的「MK-48」魚雷。該款魚雷源自於美國海軍，是1956年美軍推動「魚雷新配置研究」(Research

註1：〈SUT魚雷〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/SUT魚雷>，檢索日期：2022年3月26日。

註2：〈當年買潛艦魚雷竟被美國FBI阻止〉，中時新聞網，2020年5月22日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20200522004811-260407?chdtv>，檢索日期：2022年3月29日。

註3：高智陽，〈潛進荷蘭-劍龍專案秘辛〉，《全球防衛雜誌》(臺北市)，262期，2006年6月，頁26-27。

註4：〈重型魚雷威力強大〉，自由電子報，2020年5月23日，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/3174902>，檢索日期：2022年3月29日。



圖二：美軍潛艦以MK-48魚雷擊沉靶艦

資料來源：〈3億臺幣一顆的MK-48潛艦用魚雷究竟有什麼本事?!〉，戰略風格，2021年7月27日，<https://strategy.style/archives/mk48-torpedo-analysis>，檢索日期：2022年3月29日。

Torpedo Configuration, RETORC)計畫下所研發出來的產物，迄今已先後發展出Mod. 0至Mod. 7等8個型號，其中經「先進能力計畫」(Advanced Capability, ADCAP)後，⁵以及由部分型號所衍生出的「FMS外銷出口型」(Foreign Military Sales)，使此款魚雷的特性不僅提升對複雜水文環境(環境噪音嚴重的近岸淺水海域)的攻擊能力，也降低雷體俾葉噪音，提升隱密效果的能力，尤其針對所有沿海和深水環境中的目標，能發揮最佳攻擊效果。⁶「MK-48」魚雷雖然沒有實戰經驗，但在美國海軍廣泛而綿密地試射下，歷經多次實際驗證(如圖二)，至2010年代

，累積試射次數突破8,600次。⁷目前「MK-48」魚雷已自2020年起陸續交貨，有助提升我潛艦作戰能力。⁸

(二) 潛射飛彈

「魚叉飛彈」同樣源自於美國海軍，係1968年美國意識到攻船飛彈對水面艦的巨大威脅後，逐漸開始研發。「艦射型」(RGM-84)於1977年開始服役；「空射型」(AGM-84)於1979年開始服役，至於「潛射型」(UGM-84)則於1981年開始服役，彈體基本構造都相同，擁有高精確度的「整合式導航系統」(全球定位系統/慣性導航系統-GPS/INS)與新式軟體與控制系統。⁹在執行一般攻船任務時，其「整合式導航系統」會將偵獲目標資訊與紅外線尋標器實施相互比對過濾，增加對攻擊目標的精確度；另Block II的改進型能夠透過接收高精確度的GPS座標位置，並在不需尋標器鎖定目標的情況下，攻擊特定經緯度座標位置上的目標，有效打擊敵近岸重要設施(雷達站、陸基飛彈陣地、機場或港口)或港內靠泊重要船艦或戢臺(如圖三)。¹⁰部署潛射魚叉攻船飛彈將使潛艦更具備對遠距離目標的攻擊能力。

二、潛射武器攻擊方式

註5：〈MK 48 ADCAP TORPEDO〉，undersea，Sep 19, 2016，<https://navalunderseamuseum.org/mk-48/>，檢索日期：2022年4月10日。

註6：張明德，〈MK-48魚雷的故事〉，《艦載武器》(北京市)，第283期，2018年2月1日，頁80-84。

註7：〈MK-48魚雷〉，軍武狂人夢，<http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/usanavy/E-antisub-SUB-torpedo.htm>，檢索日期：2022年3月29日。

註8：〈海龍、海虎潛艦系統提升111、113年完成，重型魚雷年底抵台〉，自由電子報，2020年9月30日，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/3307692>，檢索日期：2022年3月29日。

註9：〈AGM/RGM/UGM-84 HARPOON MISSILE〉，boeing，<https://www.boeing.com/history/products/agm-84d-harpoon-missile.page>，檢索日期：2022年4月10日。

註10：〈海軍潛射魚叉飛彈試射正中標靶〉，自由電子報，2014年10月19日，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/paper/822755>；〈RGM-84 Harpoon Block II〉，NAVY，<https://www.navy.gov.au/weapon/rgm-84-harpoon-block-ii>，檢索日期：2022年3月31日。



圖三：美軍潛艦以潛射魚叉飛彈攻擊靶艦(飛彈破水如圖左；命中靶艦如圖右)

資料來源：參考〈USS Olympia (SSN 717) launch a Harpoon during SINKEX〉，U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE，<https://dod.defense.gov/News/Special-Reports/Videos/?videoid=617080>，檢索日期：2022年3月29日，由作者綜整繪製。



圖四：線導魚雷攻擊方式示意圖

資料來源：參考〈Torpedo〉，Wikipedia，<https://en.wikipedia.org/wiki/Torpedo#Guidance>，檢索日期：2022年4月5日，由作者綜整繪製。

(一) 線導魚雷

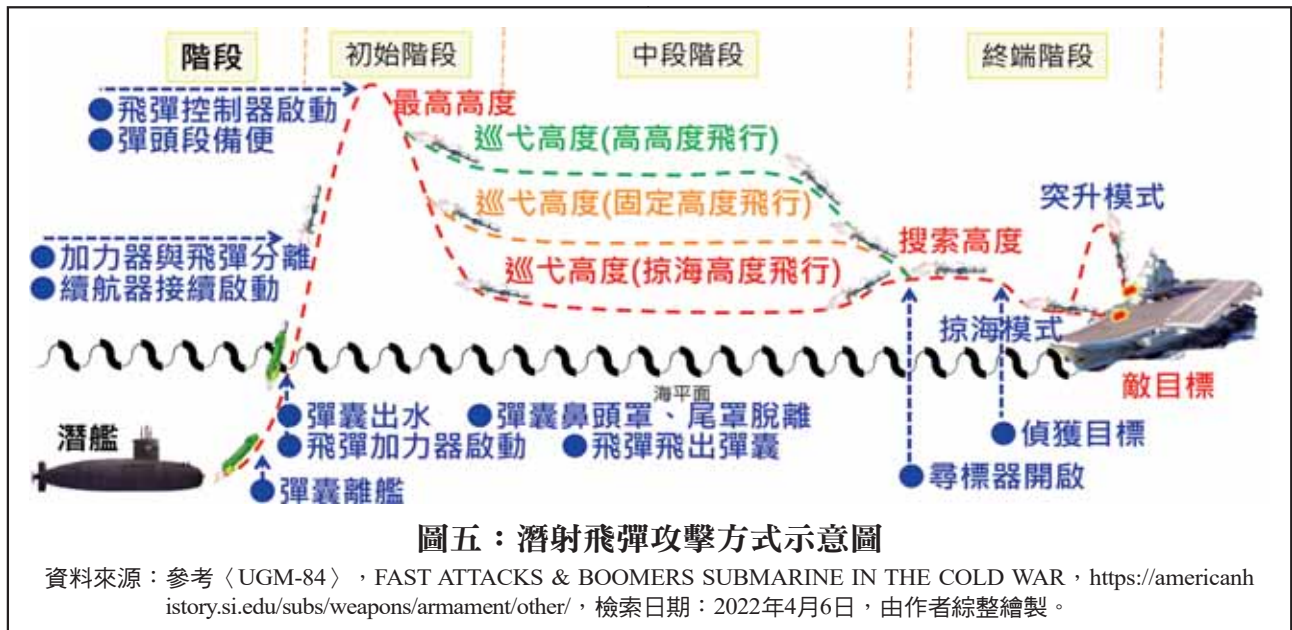
「SUT」及「MK-48」魚雷均為線導魚雷，可透過其信號導線，由潛艦戰鬥系統對其做三度空間運動之遙控操作，亦可經由信號導線回授其實際狀況，供艦上戰鬥系統操作人員監控，並適時下達操控指令(如圖四)。導引方式包括「系統導引」、「人力導引」及「魚雷自動導引」等三類。

1. 「系統導引」是由艦上戰鬥系統偵獲目標後，對目標進行追蹤與解算，並發射魚雷對該目標實施攻擊，在魚雷航行至攻擊目標期間由艦上戰鬥系統不斷提供其攻擊目標

參數與解算之碰炸點，直到魚雷偵獲目標，艦上下達歸向指令攻擊目標為止，全程均由艦上戰鬥系統管制，系統操作人員不做任何干涉。

2. 「人力導引」是魚雷在航徑過程中，艦上戰鬥系統操作人員可適時修改魚雷參數或導引魚雷改變航向、深度、速率或搜索、聲納主被動模式，將魚雷帶至目標附近，直到魚雷偵獲目標信號回饋系統後，下達歸向指令攻擊目標。

3. 「魚雷自動導引」即在下達歸向導引指令後或魚雷信號導線斷裂時，此時由魚雷



本身內部程式使其進入自動導引狀態，對目標實施搜索與攻擊。¹¹

(二) 潛射飛彈

1. 「魚叉飛彈」彈體因需配合潛艦發射管尺寸，故須先收納進彈囊中，再將彈囊裝填至發射管。當彈囊發射離艦後，其艏翼得以釋放，並配合本身正浮力使彈身角朝上，當彈囊上浮到水面且水壓為零時，此時彈囊破水感測器作動、鼻頭罩及尾罩脫離、飛彈加力器啟動，使魚叉飛彈可以飛出彈囊，隨後加力器與彈體分離，續航器接續啟動，飛彈持續向上爬升至最高高度，同時飛彈控制器啟動、彈頭段備便，並下降至巡弋高度，接續飛彈尋標器開啟實施目標搜索。

2. 當飛彈尋標器偵獲目標時，此時飛彈下降至終端掠海飛行高度，避免遭敵偵知反制，對大型目標或具備飛彈反制系統之軍艦

時，亦可採掠海模式實施攻擊，避免遭其提早偵知預警執行干擾或迴避，而使攻擊失敗；若對小型目標或僅須對破壞目標上層結構時，可採突升模式，使目標無法迴避(如圖五)。¹²

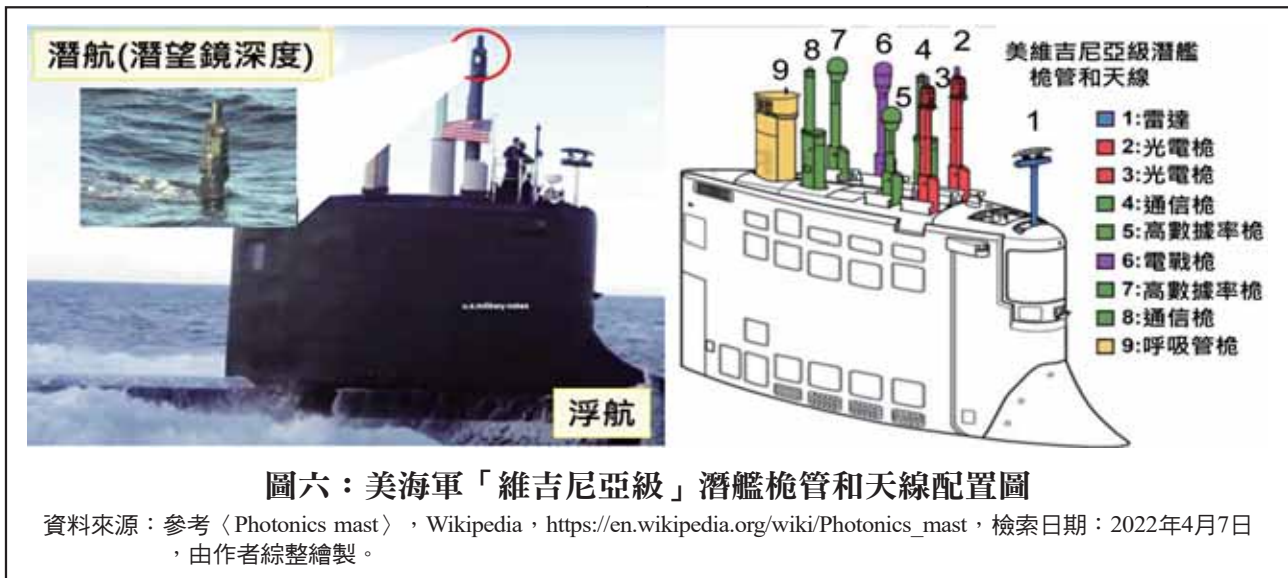
現今我國潛艦的武器已不再只有過去傳統的魚雷，還配置了超視距潛射武器，因此對敵攻擊距離更遠，甚至已遠超過本身偵搜裝備所能涵蓋範圍，故需藉由情資傳遞掌握遠距離目標並遂行攻擊。故指管潛艦將是決定性關鍵因素，如通信無法即時傳遞，潛艦亦無法遂行聯合作戰及有效發揮遠距攻擊。

參、潛艦通信方式概況

潛艦現行通信方式以無線電通信為主，其天線一般設置於帆罩內桅管頂部，可雙向以語音或數據傳遞戰術或行政信文，惟無線

註11：蔣復華，〈中共魚雷發展之研究〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第44卷，第6期，2010年12月1日，頁55。

註12：山內敏秀，《潛水艦的技術》(臺中：晨星出版社，2018年4月)，頁176。



電通信在複雜的海洋環境中使用，會受到海洋表面的風、浪、日光輻射及大氣中的雨、雲、霧，甚至電離層高度及電子變化等影響其效能；另因電波不易穿透海水，因此潛艦潛航時對外通信須將深度保持於潛望鏡深度，並將桅管上端天線露出水面始可進行，此時潛艦之隱密性就會降低(如圖六)。¹³現今潛艦通信技術隨科技進步持續發展，部分新的通信方式在投入軍事應用後，均提高潛艦隱蔽效果和作戰性能，以下就現今全球潛艦普遍使用的無線電通信方式，及未來潛艦通信，分析概述如後：

一、現行潛艦無線電通信方式

現代潛艦為了發揮作戰優勢，指管機構須與潛艦達成雙向通信，以滿足作戰需求，因此會使用各種不同通信頻率來達成此項目標。目前各國使用最頻繁的頻段為高頻、極

高頻及超高頻三種頻段為主，而特低頻及更低頻等頻段則為少數國家，如美、俄、中共、英、法等國所使用。¹⁴根據電磁波頻譜，電磁波可劃分為無線電波、微波、紅外光、可見光、紫外光、X射線、伽馬射線和宇宙射線，「國際電信聯合協會」將電磁波依頻率之高低劃分為12個頻段(如表二)。¹⁵目前世界各國海軍最常使用的頻段是無線電波及微波，其中潛艦常用的頻段概分三類，分述如下：

(一)ELF及VLF通信

1. ELF及VLF通信是岸臺對潛艦通信主要手段，此屬長波通信範圍(頻率為3至30KHz，波長5-10公里以上)。其優點為電波抗干擾能力較強，不易受晝夜、季節、氣候條件影響，且在傳播過程中衰減較小，對海水穿透能力較強，故可在水下實施接收。ELF電

註13：蔡世樵、毛正氣，〈大氣環境對軍事作戰之影響〉，《海軍軍官季刊》(高雄市)，第31卷，第2期，2012年5月1日，頁42-44。

註14：曾陳祥、趙天豪，〈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15：〈Radio spectrum〉，Wikipedia，https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_spectrum，檢索日期：2022年4月10日。

表二：通信電波頻段分配一覽表

名稱	我國	中共	頻率	波長	常見用途
THF	(未命名)	(未命名)	300-3000 GHz	0.1-1 mm	衛星對衛星通信
EHF	至高頻	極高頻	30-300 GHz	1 mm-1 cm	5G通信
SHF	極高頻	超高頻	3-30 GHz	1-10 cm	衛星傳輸
UHF	超高頻	特高頻	300-3,000 MHz	10 cm-1 m	藍芽、無線網路
VHF	特高頻	甚高頻	30-300 MHz	1-10 m	FM、航空頻道
HF	高頻	高頻	3-30 MHz	10-100 m	AM、超視距通信
MF	中頻	中頻	300-3000 kHz	100 m-1 km	AM
LF	低頻	低頻	30-300 kHz	1-10 km	國際廣播
VLF	特低頻	甚低頻	3-30 kHz	10-100 km	潛艦通訊、心律監測
ULF	(未命名)	特低頻	300-3,000 Hz	100-1,000 km	地震探勘、地震探勘
SLF	(未命名)	超低頻	30-300 Hz	1,000-10,000 km	潛艦通訊
ELF	(未命名)	極低頻	3-30 Hz	10,000-100,000 km	潛艦通訊

資料來源：參考〈Radio spectrum〉，Wikipedia，https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_spectrum，檢索日期：2022年4月10日，由作者綜整製表。

波約可傳播至海面下100公尺、VLF電波則約海面下10-15公尺，惟訊息傳送速度非常低（15分鐘大約僅能傳送3個英文字母），故岸臺通常僅傳送簡碼給潛艦，且因為發射站台巨大，所以只能單向發送簡短的報文指令信息，無法在水下進行通信組網。¹⁶

2. 天線方面，在潛艦上，一般使用袖珍的環形天線就已足夠在15公尺左右的水深接收信文，或裝備通信浮標及漂浮天線，其長度大約有500公尺左右，當潛艦於較深的深度航行時，可藉由施放通信浮標或漂浮天線至接近水面處接收信文；另在岸置天線場因

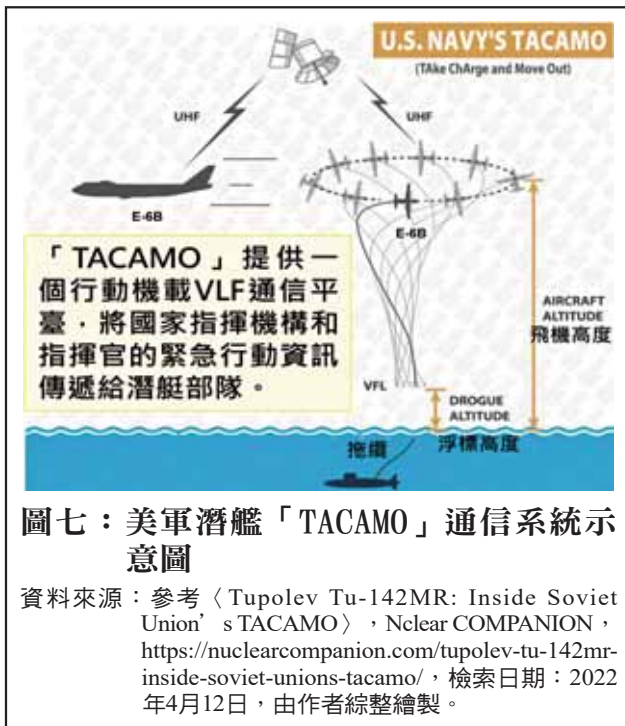
其發射功率及占地面積較大、工程造價昂貴，且因目標明顯，戰時容易遭敵攻擊破壞。美國軍方考慮其岸置天線場，在戰時將首當其衝成為敵方攻擊目標，遂發展出「TACAMO」（Take Charge And Move Out，其意為接收命令並傳達）系統¹⁷（如圖七）。

3. 「TACAMO系統」是利用規模較小的岸臺發射UHF、VHF或HF信號至空中的中繼載臺「E-6B」通訊中繼機。E-6B通訊中繼的方式是施放兩條200KW的功率發射天線，而為了穿透海水，此系統使用向下及向後延長1.6公里及8公里左右的VLF天線，¹⁸使信號達到

註16：同註14，頁91-94。

註17：〈美國海軍選定C-130J擔任下一代「末日飛機」〉，中時新聞網，2020年12月23日，4<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20201223000047-260417?chdtv>，檢索日期：2022年4月12日。

註18：〈TACAMO〉，鈞事評論，2017年5月9日，<https://www.facebook.com/TaiwanDefense/posts/644342799094611>，檢索日期：2022年4月19日。



圖七：美軍潛艦「TACAMO」通信系統示意圖

資料來源：參考〈Tupolev Tu-142MR: Inside Soviet Union's TACAMO〉, Nuclear COMPANION, <https://nuclearcompanion.com/tupolev-tu-142mr-inside-soviet-unions-tacamo/>, 檢索日期：2022年4月12日，由作者綜整繪製。

最大垂直化來將信息傳送給潛艦，以達通信備援手段，¹⁹但飛機必須於潛艦所在附近海域上空繞圈飛行，才能順利發送。綜上，即便ELF及VLF通信造價昂貴，且易遭受破壞，其仍為潛艦水下隱蔽通信的重要手段之一。

(二) HF、VHF及UHF通信

1. HF、VHF及UHF通信屬短波通信範圍。HF通信電波以天波傳送，可以通過電離層的反射達到遠距離的通信，²⁰但因受電離層之快速衰減(Fast Fading)、太陽電離風暴(Ionosphere Storm)、電漿濃度、通信盲區等環境因素的影響，通達率尚無法達到百分之百，因此需適時調整頻率來因應，方能達

到最佳通信效果。²¹而VHF及UHF通信電波以直射波傳送，因受地球曲度影響，故僅具視界範圍內短距離之通信。HF、VHF及UHF通信屬一般船舶間常用之通信頻段，而潛艦考慮其隱密性，原則上較少發射或不發射任何無線電波，但此通信頻率仍可由陸上岸台、空中及水面載台對潛艦實施單向通信，潛艦只負責接收信文，避免暴露船位。

2. 美軍考量VHF及UHF通信的可利用性，遂發展出可回收型及消耗型通信浮標(如圖八)，由潛艦施放出去後建立對外通信手段。可回收型通信浮標內藏收發信裝置和天線，在浮標和潛艦之間以電纜做連結，一旦不再需要即可由潛艦收回或切斷；而消耗型通信浮標則不需用電纜，一浮出水面後可用其內部電池立即或延遲發出預製信號，待通信結束後，浮標自動引爆下沉。此兩種浮標信號雖然在發射過程中可能被敵方定位，但潛艦與浮標因不在同一個位置上，也提高潛艦的隱蔽性。²²

(三) SHF及EHF通信

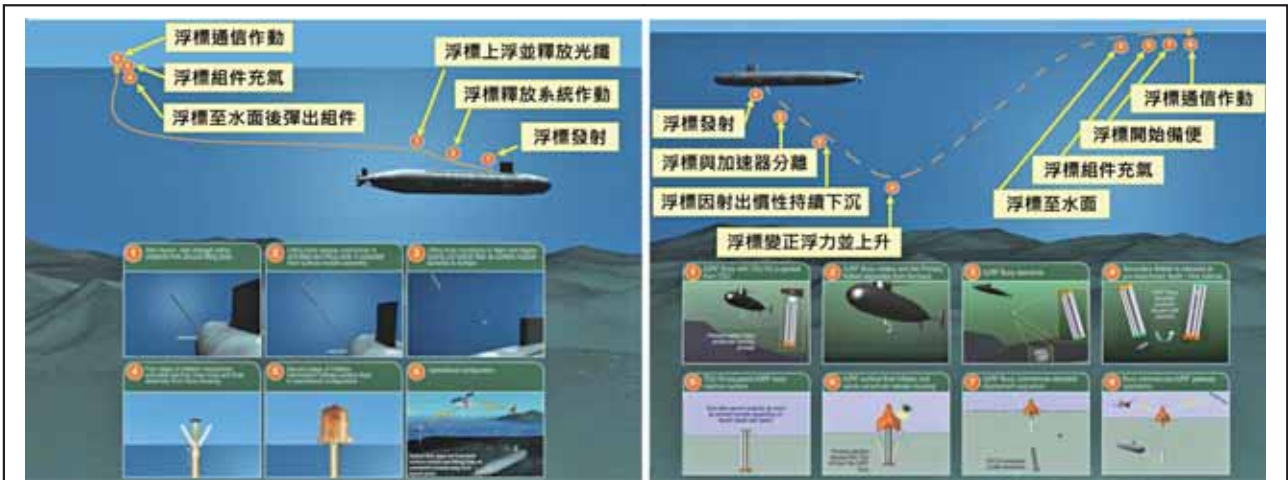
SHF及EHF通信屬微波通信範圍，其特點為頻率越來越高、波長越來越短、直線性越來越強，繞射性和穿透性則越來越差。因此微波常用於衛星通信，畢竟地球與衛星之間沒有遮擋，非常符合直線通信的要求。因其指向性較強，敵不易從其他位向截收，且其可在短時間內傳輸大量訊息，故為潛艦常用

註19：〈History〉, U.S. Strategic Command, January 2018, <http://www.stratcom.mil/About/History/>, 檢索日期：2022年4月8日。

註20：電離層存在於地球60公里以上高空，因電子密度的不同，可將電離層分為3層：D層(距地面高度60-90公里)、E層(90-120公里)、F1層(200公里)。參考註13，頁43。

註21：同註14，頁96-97。

註22：〈Submarine communication〉, FreeHam, <https://www.qsl.net/vr2xbp/ZKG/submarine/subcomm.html>, 檢索日期：2022年4月14日。



圖八：通信浮標運作原理(可回收型如圖左；消耗型如圖右)

資料來源：參考〈Expendable submarine communications/GPS/AIS buoys〉，ALCEN，<https://www.alcen.com/en/defense-secureite/naval-submarine/expendable-submarine-communicationsgpsais-buoys>，檢索日期：2022年4月14日，由作者綜繪製。



圖九：漂浮天線運作示意圖

資料來源：參考〈F Buoyant Cable Antenna Technology for Enhancing Submarine Communications at Speed and Depth〉，SEMANTIC SCHOLAR，<https://www.semanticscholar.org/paper/F-Buoyant-Cable-Antenna-Technology-for-Enhancing-at-Thompson-Widmer/7f5cedddc6ee3a8f81cdaa1d0d986a621a2507b5>，檢索日期：2022年4月15日，由作者綜繪製。

的通信手段之一，惟因穿透性差，因此潛艦一般須從潛望鏡深度以下之深度透過釋放漂浮天線至海面來接收信文，既可保持潛艦之隱密性，又可高速收發信文(如圖九)。

二、未來潛艦通信方式

潛艦通信是各國戰略通信系統的重要組成部分，除無線電通信方式外，一些適用於潛艦的新式通信方式持續在研製及試用，以提高潛艦的作戰能力及隱蔽性，分述如下：

(一) 水聲通信

1. 潛艦在潛望鏡深度以下之深度航行時，因無線電通信無法與外界構連，故可藉由水中通話器將聲波透過海水傳導至附近水面艦艇或潛艦實施構聯。聲波在海水間傳播速率為1520m/s，比電磁波的速率 225×10^6 m/s慢，惟其傳播過程中衰減較電磁波小(頻率在1Hz到50kHz間的聲波在水中的衰減係數約為10-4dB/m到10-2dB/m)，故有良好的傳播性能。

2. 聲波在海水中雖擁有良好的傳播性能，惟其易受水文狀況而影響其傳遞距離。聲波在傳播過程中，由於吸收、擴散以及各種不均勻性散射等原因，使得聲波強度損失，

造成頻寬資源有限，且海洋中的潮汐、洋流、波浪、地震活動、生物群體和交通航運等環境噪音，使得接收訊號比較低；此外，一個聲源信號從不同的方向以不同的路徑到達接收端，這種多途效應，會在接收端引起嚴重的干擾。為了克服這些不利因素，隨著電子技術和通訊科學的發展，水聲通信技術利用訊號和載波合成的調變技術，如：「正交分頻多工」(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, OFDM)²³及「多輸入多輸出系統」(Multi-input Multi-output, MIMO)²⁴，透過分析出聲波的原始訊號，以提升通信品質。²⁵

3. 水聲通信最常用的裝備為「水中通話器」(Underwater Communications equipment, UQC)，其一般以明語傳送，易遭敵偵測信文內容及暴露自身船位，使用方式受限，故北約的「海上研究與實驗中心」(Centre for Maritime Research and Experimentation, CMRE)開發一套「JANUS水下通信標準協議」，將聲波透過數位編碼資訊來應用，以提高保密效果。²⁶

(二) 水下雷射通信

1. 採用水下雷射通信技術是由於波長450nm-530nm(奈米)的藍綠雷射在水下的衰減較其他光波段小，因此做為水下通信的應用波段。²⁷發射端先將訊息進行編碼並變成數位化的脈衝信號，然後以此信號調製載波，使發射光的強度隨信號的變化而改變，水下的接收器收到雷射光束後，用透鏡系統將雷射光束進行聚焦、濾波，然後經光電檢測器還原成脈衝信號，並恢復為原來的編碼信號，以解讀訊息內容。

2. 雷射通信的商業應用，主要藉由衛星或高空平台間建立高性能網路，亦可直接從衛星、飛機或無人機(UAV)向地面或水下傳輸大量數據，以提供高速網路通信。90年代初，美軍完成了初級階段的藍綠雷射通信系統實驗，最大穿透海水深度可達到300至400公尺；另因指向性好，可避免遭敵測向，增強潛艦作戰能力。但是，受水中懸浮顆粒及浮游生物會對光產生散射作用、光信號在水中的吸收效應、來自水面外的強烈自然光，以及水下生物的輻射光干擾，以及高精度瞄

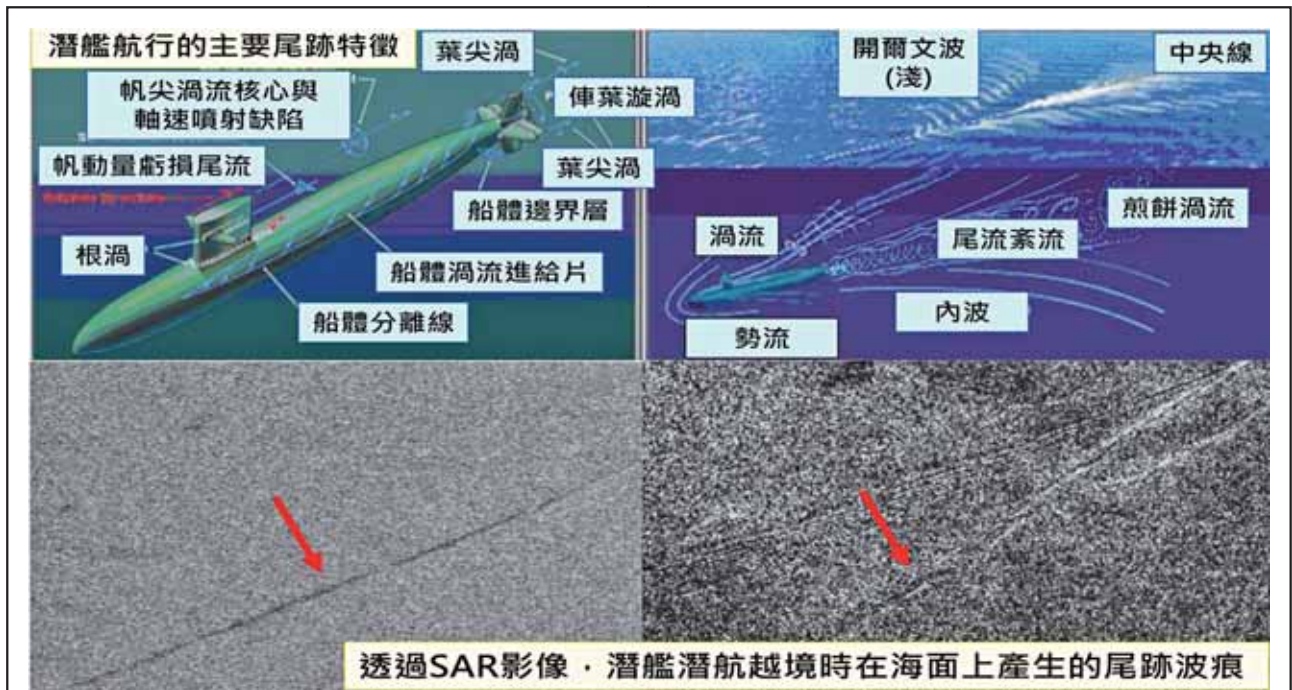
註23：「正交分頻多工」是一種將一個或多個週期性的載波混入想傳送之訊號的技術，常用於無線電波傳播通訊等方面，其優點為有效減少多徑及頻率選擇性通道造成接收端誤位元速率上升的影響、接收端可利用簡單一階等化器補償通道傳輸的失真、有較佳的抵抗「深度衰減」之能力及利用適應性調變及編碼，可有較佳的傳輸速度。參考〈正交分頻多工〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%AD%A3%E4%BA%A4%E9%A0%BB%E5%88%86%E5%A4%8D%E7%94%A8>，檢索日期：2022年4月18日。

註24：「多輸入多輸出系統」是一種用來描述多天線無線通訊系統的抽象數學模型，能利用發射端的多個天線各自獨立發送訊號，同時在接收端用多個天線接收並恢復原資訊，其核心概念為利用多根發射天線與多根接收天線所提供之空間自由度來有效提升無線通訊系統之頻譜效率，以提升傳輸速率並改善通訊品質。參考〈多輸入多輸出系統〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/MIMO>，檢索日期：2022年4月18日。

註25：〈水下無線通信的方法與應用歐洲水下聲通信技術發展綜述〉，微文庫，2017年7月2日，4https://www.luow.com/dc_hk/101199371，檢索日期：2022年4月18日。

註26：〈JANUS, the CMRE underwater communication protocol, becomes a NATO Standard〉，NATO，27 April 2017，<https://www.cmre.nato.int/rockstories-blog-display/398-janus-the-cmre-underwater-communication-protocol-becomes-a-nato-standard>，檢索日期：2022年4月14日。

註27：〈國產機載雷射可發現水下百米核潛艇，反潛技術再邁一大步〉，今天頭條，2019年10月5日，https://twgreatdaily.com/XDp2nW0BMH2_cNUgrz2f.html，檢索日期：2022年4月21日。



圖十：潛艦在水下航行時所產生的水流擾動及水面尾跡示意圖

資料來源：參考〈非音響性反潛偵蒐：運用衛星影像偵測水下目標之研究〉，政府研究資訊系統，<https://www.grb.gov.tw/search/planDetail?id=1630866>，檢索日期：2022年4月20日，由作者綜整繪製。

準條件下通信點間隨機的遮擋，都會影響通信品質。²⁸

長期以來，世界各國海軍力求解決的，就是一方面保持潛艦作戰時的隱蔽性；另一方面又能保持對水下通信的可靠性和不間斷性。反觀我國目前在擁有潛射魚叉攻船飛彈後，打擊距離已超越潛艦本身偵測裝備能力，因此應更迫切地提升通信手段，以發揮潛艦遠距攻擊能力。

肆、潛艦遂行聯合作戰之限制及精進

在瞭解我國潛艦目前武器裝備及現今全球潛艦通信能力概況後，為使我潛艦部隊未來能融入聯合作戰體系，需先探討我潛艦部

隊目前欲遂行聯合作戰所面對之限制，並提出精進作為。概述如后：

一、限制因素

(一) 通信能力限制

現行無線電通信頻段僅有短波通信頻段，該頻段對海水穿透能力差，且無法在水下實施收發，僅能於海面上實施，尚需強化微波、長波通信頻段運用及水下執行無線電通信方式；另外水中通話器將聲波透過海水傳遞至附近水面艦艇或潛艦，易受水文狀況（溫度、鹽份、壓力）影響其傳遞距離，且一般為明語傳送，易遭敵偵測信文內容及無法保持隱密，使用方式確實受限。

(二) 操作深度限制

1. 現代化偵潛技術除利用主、被動式聲

註28：張建華、孫衛華，〈潛艇水下隱蔽通信技術研究〉，《艦船電子工程》（湖北武漢市），第2期，2010年，頁25。

納實施音響式偵潛外，亦可透過「合成孔径雷達」(Synthetic Aperture Radar, 簡稱 SAR) 影像及衛星，影像針對潛艦在水下航行時所產生的水流擾動及水面尾跡實施非音響式偵潛(如圖十)，²⁹故我潛艦在水深環境許可下，除於律定之通信時段或任務所需外，應避免於潛望鏡深度航行，以降低遭敵偵測之機率，並維持潛艦隱蔽性。

2. 潛艦潛航時，囿於其通信能力限制，若於潛望鏡深度以下之深度航行，僅能透過水聲通信對外界實施近距離通信，無法使用無線電與外界構連；若於潛望鏡深度航行時，則需透過升起桅管，使桅管上端天線露出水面後始可通信，此將嚴重破壞潛艦作戰時之隱蔽性；再者，潛射魚叉攻船飛彈雖可於潛望鏡深度或潛望鏡深度以下之深度實施發射，惟在透過情資接收，以掌握遠距離目標的前提下，若須即時更新目標動態資訊，則必須在潛望鏡深度透過升起桅管來接收目標資訊，此又將影響潛艦之隱蔽性；若規劃在潛望鏡深度以下之深度發射潛射魚叉攻船飛彈，則恐無法更新目標即時動態資訊，影響目標攻擊成效。

(三) 作戰方式限制

我國潛艦一直以來因受限於與海、空兵力缺乏通信指管能力，仍傾向於獨立作戰，而現行潛艦部隊之訓練及演訓，由潛艦部隊

指揮官負責，通常屬獨立作戰，故對於與水面艦艇及空中兵力執行聯合作戰指揮管制、協調及通信等方面實際執行則較少，故於平時有效運作及聯合作戰機制中，加強指管作為至關重要。

二、遂行聯合作戰之精進

(一) 強化通信指管作為

1. 發展多通信手段：

(1) 我潛艦多在潛望鏡深度時，透過帆罩內通信桅杆之天線實施無線電收發，且頻段僅有短波通信頻段；為突破此一限制，且考量國防預算與建軍時程，歸納近程目標可加裝通信裝備並改良通信技術，遠程可發展長波及衛星通信，並提升通信裝備工作頻段範圍，以逐步強化潛艦通信能量。

(2) 為突破僅能在潛望鏡深度時收發短波頻段無線電之限制，建議近程目標可加裝漂浮天線系統或通信浮標，使我潛艦亦能在潛望鏡深度以下之深度實施該頻段無線電收發之能力；另為提高潛艦發送信文時通信隱蔽能力及改善通信傳輸性能，需積極發展信號展頻技術，以避免訊文遭敵軍截獲，如「直接序列展頻(Direct-Sequence Spread Spectrum, DSSS)」³⁰及「跳頻展頻(Frequency-Hopping Spread Spectrum, FHSS)」等技術，³¹其目的是希望在惡劣的戰場環境中發送信文時，依然能保持通信信號的穩

註29：〈非音響性反潛偵蒐：運用衛星影像偵測水下目標之研究〉，政府研究資訊系統，<https://www.grb.gov.tw/search/planDetail?id=1630866>，檢索日期：2022年4月20日。

註30：「直接序列展頻」是將一個或多個週期性的載波混入想傳送之訊號的技術，常用於無線電波傳播通訊等方面，優點為抗干擾、防竊聽。參考〈直接序列展頻〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9B%B4%E6%8E%A5%E5%BA%8F%E5%88%97%E6%89%A9%E9%A2%91>，檢索日期：2022年4月21日。

註31：「跳頻展頻」是一種將一個或多個週期性的載波混入想傳送之訊號的技術，常用於無線電波傳播通訊等方面，其優點為有效抵禦蓄意的干擾。參考〈跳頻展頻〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B7%B3%E9%A2%91%E6%89%A9%E9%A2%91>，檢索日期：2022年4月21日。

定性及保密性。³²

(3) 電離層的傳播特點主要會造成長途傳輸的衰減，並出現信號干擾甚至中斷操作的情況；因此，為能達到有效的通信，必須發展電磁波預測軟體。現本軍已建置相關通信頻率預測軟體，可用來針對特定區域或「點對點」方式，來解算最佳可用頻率、理想工作頻率、最大可用頻率，及電離層反射形式、最佳發射角等通信所需資訊，惟目前此預測軟體並未普及，應儘速改進，以提高遠距通信之通達率。³³

(4) 當我潛艦已具備在潛望鏡深度以下之深度實施短波無線電收發能力後，建議遠程目標應加速發展長波通信方式及衛星通信，並提升通信裝備之工作頻段範圍，使我潛艦能在不同戰場環境及任何深度下，更能靈活選擇運用不同通信手段，以利聯戰任務遂行。

2. 提升指管作為：

(1) 海軍艦艇間可透過鏈路系統建立共同作戰圖像，若潛艦能夠透過此平臺掌握水面目標情資動態，更有助目標攻擊；惟受限於僅能於潛望鏡深度情況下，透過通信桅杆天線接收目標訊息，故需另外透過語音訊息來接收攻擊武管命令，以對目標實施攻擊，缺乏即時且有效率地透過共同作戰圖像發揮潛艦隱蔽及突襲性。因此，透過提升共同作戰圖像功能，使潛艦能運用共同圖像即時掌

握攻擊武管命令，而不需另外透過語音訊息命令對目標遂行攻擊，將更能發揮潛射攻船飛彈效能。

(2) 國軍在資料連結系統運用上，有三軍聯合作戰指揮管制之「迅安系統」，以及海、空軍各自獨立之資料連結系統等，惟三軍僅有部分單位擁有迅安系統，且各軍種間之資訊尚無法有效整合，難以有效發揮聯合作戰指揮機制。³⁴未來我國三軍(含資通電軍)應發展全面、共同使用之資料連結系統，如此我潛艦亦可透過此系統掌握戰場海、空目標情資動態，有助提供任務指揮官對我潛艦實施完整指管及運用。

(二) 建構聯合作戰作為

1. 發展聯合作戰戰術：

中共於1993年制定之軍事方針為「打贏高技術條件下的局部戰爭」，此階段中共潛艦除具備獨立作戰之特性外，同時更重視配合其他兵種的聯合作戰戰術，遂發展出「航空兵協同潛艦打擊大型艦艇編隊」、「潛艦與水面艦協同突擊」及「潛艦戰術群多路夾擊大型艦艇編隊」等戰法。³⁵我國可參考世界各國之潛艦運用戰術，發展出目前條件下所適用之潛艦聯合作戰戰術戰法，並隨著軍事科技進步、武器裝備及通信指管等作戰能力提升，持續精進並修正，使我潛艦部隊戰時在戰術運用方面更加靈活多元。

2. 建立聯合作戰模式：

註32：劉占友、高建偉，〈潛艇短波隱蔽通信〉，《艦船電子對抗》(江蘇揚州市)，第30卷，第6期，2007年12月，頁81-82。

註33：田茂禾、黃晉德、劉嘉祺，〈高頻通信最佳可用頻率BUF之預測與運用〉，《海軍學術月刊》(臺北市)，第39卷，第11期，2005年11月1日，頁33-34。

註34：羅振瑜、吳慕強，〈中共數據鏈路發展與運用研析〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第53卷，第6期，2019年12月1日，頁115。

註35：賴璽互、黃承霖，〈對中共海軍常規動力潛艦戰術戰法演進之研究〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第54卷，第5期，2020年10月1日，頁108-111。


(1)我國需發展出目前條件下所適用之潛艦聯合作戰戰術戰法，並於平時由擔任操演指揮官或作戰指揮官指揮管制包含潛艦在內的所有兵力共同演練，透過靈活多元運用潛艦、空中兵力與水面艦艇間相互配合之戰術，使我潛艦與各單位在相互配合之下，能有效發揮潛射攻船飛彈效能，也可降低飛彈發射後暴露船位風險。並藉由多次演練當中不斷吸取經驗並精進之，使潛艦不僅具備獨立作戰能力外，也能逐步融入聯合作戰體系，展現更具威脅之水下戰力。

(2)隨著科技進步及作戰觀念改變，我海軍潛艦兵力應不斷精進通信指管能量，使其能夠在任何深度與水面艦艇及空中兵力構連並同時建構聯合作戰作為，以增強其情、監、偵及聯合作戰能力，俾利其運用潛射攻船飛彈發揮超視距精準打擊能力。

伍、結語

「無恃其不來，恃吾有以待之；無恃其不攻，恃吾有所不可攻也」。由近日俄羅斯與烏克蘭爆發之衝突可看出，烏克蘭雖擁有帳面上數量眾多武器裝備，但大部分均屬老舊武器；因此在俄羅斯發動攻擊後，無法有效抵禦敵人，只能運用游擊戰術拖延敵人達到作戰目的。所以打造堅實的國防武力就是建立具強大嚇阻力量的軍事實力，而國防是國家安全「第一道」也是「最後一道」防線。故近期「烏俄戰爭」對我國是最佳啟示，尤其在面對中共不放棄對臺動武的軍事威脅

與武力恫嚇下，國軍除依據建軍指導致力武器裝備的現代化及人員職能與專業化外，為因應未來作戰形態，國軍更應將建軍的重點置於提升三軍聯合作戰能力，持續更新武器裝備、強化聯合指揮機制、精進聯合戰力規劃及戰術戰法等，俾有效發揮與提升總體戰力，以維護國家主權與領土完整，保障人民生命與財產安全。³⁶

《孫子兵法》有云：「善守者，藏於九地之下；善攻者，動於九天之上」。為達保衛國家安全，維護臺海和平的使命，海軍刻正推動「潛艦國造」強化水下戰力，首艘國造潛艦預計於2023年9月下水，³⁷且因應中共對臺封鎖及水面軍事威脅，包括「MK-48」魚雷及「潛射魚叉飛彈」也將同步提升完成戰備，唯有嚇阻中共的重要水下戰力儘速成形，將使我潛艦在臺海作戰中扮演「不對稱作戰」抗衡的重要角色，透過展現政府落實「國防自主」的強烈決心，並讓世界看見我國軍守護主權的強烈意志。 

作者簡介：

楊昱傑少校，海軍官校97年班、國防大學海軍指揮參謀學院110年班。曾任256戰隊補參官、修護官、訓練官、潛艦作戰長、輪機長、成功級艦艦務長，現服務於海軍艦隊。

曾陳祥上校，海軍官校84年班、國防大學海軍指揮參謀學院98年班。曾任潛艦兵器長、作戰長，海軍司令部計畫參謀官，現服務於國防大學海軍指揮參謀學院。

註36：〈提升聯戰效能奠定勝戰基礎〉，《青年日報》，2009年11月4日，<https://www.youth.com.tw/db/epapre/es001001/m990611-a.htm>，檢索日期：2022年4月25日。

註37：〈潛艦國造新里程！下周三「安放龍骨」力拚2023年9月下水測試〉，蘋果新聞網，2021年10月31日，<https://tw.appledaily.com/politics/20211031/GNQFFM6IT5FG5O7PRBFW2TWGDI/>，檢索日期：2022年4月25日。