

水面作戰支隊反潛作戰 與拖曳聲納艦應用

海軍少校 劉俊豪、海軍中校 林倉玉

提 要：

- 一、「水面作戰支隊」是海軍艦隊的基本戰術單位。在反潛作戰中，為降低敵方潛艦對海域安全之威脅及增加搜察行動的效率，應妥善運用兵力及具遠距偵測能力的拖曳式聲納艦，以及早發現潛艦。
- 二、配備拖曳式聲納的水面艦艇，因聲納具備變深特性，可突破水層限制、搜索不同深度，使艦船有機會在較遠距離接收到源自潛艦的音響，進而獲得提早預警及音響鑑別機會，從而提高搜察涵蓋能力及反潛行動的隱密性，降低因運用聲納主動模式而提早暴露船位風險。
- 三、水下目標的鑑(判)別，須仰賴長期資料蒐集與分析音紋辨識技術，即使美、英等具豐富反潛作戰經驗的國家，仍無法使用簡明的標準定義，說明潛艦意圖攻擊時的徵候；在反潛作戰的防護與攻擊行動也存在相同的困境；此現實促使反潛作戰策略發生改變，由擊沉潛艦轉變為防止自身不受損害。
- 四、我國控領區域四面環海，遭水下封鎖的風險性極高；面對海域廣闊卻兵力有限的困境，艦隊反潛作戰應善用拖曳聲納艦優勢，並隨敵我兵力之更迭變化，持續發展與修訂聲納的應用戰術、強化預警措施、提升水下狀況知覺(SA)及加快目標鑑別與處置的節奏；善用鏈路交換資訊，結合環境(水文)等現場資訊，提升偵蒐與打擊效率，確保制海作戰目標達成。

關鍵詞：反潛作戰、水面作戰支隊、拖曳聲納艦、緩慢作戰、潛艦、聲納

壹、前言

目前我國有效控領的區域包含臺灣及澎湖、金門、馬祖等外、離島，自然地理環境均為海洋所環繞，貿易及戰略物資運輸極

度仰賴海上通路，而海上交通線(Sea Lines Of Communication, SLOC)的暢通與否，直接影響到民生與國家安全；為達成海洋控制及自由運用所望海域的戰略目標，平、戰時適切部署海上武力(包含艦艇、空中及陸岸

之兵火力)投射於重點海域內，是保障「制海作戰(Sea Control Operations)」成功的關鍵手段；作戰海域內存有相對優勢的兵力時，更可有效提升海上交通線安全的概率。

一般而言，作戰部隊歸屬在戰術層級，為直接擔負防禦或攻擊性行動的單位；當海軍艦艇部隊擔負任務或執行作戰時，常運用不同類型的艦艇組成「特遣編組」，其編組階層由小至大區分為特遣組(海軍或稱分隊)、區隊、支隊、部隊等¹；為有效分派及執行所被賦予任務，特遣編組規模多以「支隊」形態編成；另因常態以水面艦艇為編組核心，且該類支隊具備在水面上進行機動反應及執行作戰的特性，故又慣稱為「水面作戰支隊(Surface Action Group，簡稱SAG)」。

此外，依據任務與狀況需求，經常於支隊下再設置「區隊」(或分隊)，並依作戰指揮體系的行動(Tasks)交付，完成包含防空、水面、反潛或護航作戰等各類型之海上作戰任務。

反潛作戰(Anti-Submarine Warfare，ASW)另外有「緩慢作戰(Awfully Slow Warfare，ASW)」²的別稱，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，來對付如鬼魅般存在的潛艦；這種需要在海上進行長時間、高度組織且系統性搜察行動的工作，通常便會由「水面作戰支隊」擔任。面對反潛作戰中可怕的主角—潛艦，因其具備有

靜謐、隱蔽及良好音響偵測能力的特點，水面作戰支隊想在偵蒐與打擊力上發揮優勢，便要妥善運用具遠距偵測能力的拖曳聲納艦，結合作戰(戰鬥)情報研析及其他支隊可運用的主動/被動偵測設備(或系統)，來增進搜察行動的效率，以及早發現(或偵獲)潛艦，並降低敵方潛艦對海域安全的威脅，同時在發揮支隊的威懾能力與偵蒐、打擊行動面向上，提高作戰效益及降低反潛作戰風險。

為增加支隊層級反潛作戰的理解，本文嘗試由潛艦特性與聲納裝備的發展，闡述水面作戰支隊及拖曳聲納艦的應用趨勢，達成反潛作戰目標；另為聚焦支隊層級反潛與拖曳式聲納艦運用議題，有關反潛直升機所配備的吊放(變深)聲納及支隊其他可能運用之兵力及設備、空中反潛戰術及海空聯合反潛作戰等議題，將不納入本文論述範疇。

貳、潛艦特性與聲納發展

從地緣及地理位置觀察，我國控領區域四面環海，腹地狹小、陸上天然資源匱乏，國防、民生(糧食)、能源安全與國家的經濟發展，都與海上權利維護及海上交通線(SLOC)暢通密不可分。由過往戰史可知，舉凡海上交通航路、要衝及利益區域(Interest Zone)等環境，適宜潛艦進行活動與部署，則敵對方便存在運用潛艦進行船艦截擊及阻擾海上運輸的誘因，因為這種作戰方式，具備以少量兵力創造高效益的不對稱特性

註1：中國文化大學，〈海軍艦隊〉，中華百科全書典藏版，<http://ap6.pccu.edu.tw/Encyclopedia/data.asp?id=5095>，檢索日期：2018年9月6日。

註2：Hui Lin、Kuei Min Wang，〈Torpedo performance Markov model〉，Expert System with Applications，2015，42(23):9129-9136。

，而實施水下封鎖能達到威懾敵方，且大量消耗其作戰資源的效果。

潛艦的偵測及作戰能力良窳，取決於裝配儀臺上的聲納性能與潛艦整體設計及製造工藝；因此深入瞭解潛艦發展及主要偵測器「聲納」，將可以增進對潛艦的瞭解與特性掌握，從而增進我方對潛艦作戰的反制能力。

一、潛艦特性

潛艦由於具備運用水下環境、隱密行動及奇襲作戰的特性，一般可在反潛兵力(飛機、艦船)未察覺的狀況下，逐漸接近至有利探測、偵察及攻擊的位置，在行動隱密下對敵船艦進行埋伏與攻擊，且收效宏大；但如果潛艦遭到覺察時，面對具有更高機動能力與速度的飛機、具備長時駐留海域作業能力及速度更快的水面艦艇時，潛艦將喪失奇襲的優勢，且一般潛艦對空中飛機難以實施反制與攻擊，最終將導致潛艦作戰風險的快速升高。所以具有良好隱蔽性、被動偵測能力及水下發起攻擊能力等作戰優勢的潛艦，隨著科學技術發展與作戰思維沿革，潛艦的製造技術與運用概念也持續演化，用以強化性能與放大優勢，近半世紀演化包括：增益抗破損/隱蔽性能(結構設計、材料改良等)、提升持續/機動性(能源效率、動力組合、

絕氣推進系統等)、強化突擊能力(加裝潛射、防空飛彈)、改良指管能力(戰鬥系統、通信系統、指揮決策輔助系統等)及創新使用範疇(戰術打擊、戰略嚇阻部署)等方面，以下就技術及設備變化的觀察，略述如后：

(一)隱蔽性

隨著現代潛艇減噪技術的進步，潛艦採用諸如電力推進、浮筏減震(Floating Raft System)³、裝設消音瓦(Anechoic tile)⁴、優化螺旋槳水動力特性等降噪措施，使得新型潛艇的聲波反射值⁵及輻射噪音漸次下降；其輻射噪音更可降至100dB以下⁶(藍鯨的叫聲約155-188dB)；水面反潛單位若僅使用在1千赫茲(HZ)以上頻段的艦裝聲納(Hull-Mounted Sonar, HMS)系統，來進行主、被動式的聲納搜索行動，將越來越難對日益安靜與具備良好聲音反射隱蔽性的潛艦，進行偵測與追蹤。

(二)被動、反偵測能力

現代潛艦朝向低噪聲發展的匿蹤特性，除不易為水面上的儀臺(包含艦艇及反潛飛機)偵獲外，潛艦裝配聲納的工作環境，亦較水面艦艇來的更為安靜；加上潛艦為強化被動音響的偵測能力，常見在艦體上設置系列的線性聽音元件，進而組成高效能的被動

註3：亦稱「浮筏隔震系統(Floating Raft Isolation System)」，為減少機械震動的負面效應及抑制震動噪音沿管道傳播的一種技術，目前廣泛應用於潛艦及水面艦艇。

註4：消音瓦(Anechoic tile或Sound Proofing tile)源於二戰末期，德軍於U型潛艇外部加裝合成橡膠，用來吸收與隔離來自潛艇外、內部音響，降低被發現及暴露的機會；後續隨材料技術演進，發展出多種應用於潛艦的消音塗料(Anechoic coating、Stealth Coating)、玻璃纖維、陶瓷、橡膠及如「胺基甲酸乙酯(Urethane)」之高分子聚合材料等，採複合或組合方式做為吸音減震使用。

註5：即目標強度(Target Strength, TS)：潛艦的反射目標強度，通常隨音波頻率增加而增大，潛艦加覆吸音瓦雖可降低其目標強度，但此種作法在現存技術中，通常僅對2kHz以上的頻率有效，因此目前艦裝聲納(HMS)已發展出可涵蓋1kHz-2kHz操作頻段的產品。

註6：趙曉哲、陳顏輝，〈水面艦艇應加強防潛行動中反擊作戰研究〉，《中共海軍學術研究》，2006年8月，頁38-41。

式陣列聲納；因此潛艦常可以先期偵測到水面艦艇的存在⁷，尤其當水面艦艇使用主動偵測設備進行潛艦搜察時，即使是近年所發展號稱可偵測第二匯音區(含)以外距離潛艦的中頻(MF)⁸艦裝聲納(Hull Mounted Sonar, HMS)系統，在面對聲納性能與偵測效能亦持續研改的潛艦，終將難逃遭到反向偵測命運，使得艦艇提早暴露自身位置與動態的機會增加，同時遭敵潛艦先期攻擊的風險攀升。

(三) 武器裝備

現代潛艦使用的主要武器有魚雷(包括延伸射程的火箭助飛魚雷)、水雷及潛射飛彈等，並具備水下發起攻擊能力，可對水下、水面及陸上目標進行打擊，其中「魚雷」既具備有攻擊水下潛艦，也可用於攻擊水面艦艇；潛射巡弋飛彈在一般分類上，概區分「戰術巡弋飛彈」和「戰略彈道飛彈」等二種，其中巡弋飛彈主要攻擊中、遠距離的水上或陸上目標，而彈道飛彈則多用於攻擊遠程的陸上戰略目標；「火箭助飛魚雷」(海軍稱反潛火箭ASROC)可以認為是以魚雷為戰鬥部的飛彈，主要打擊中、遠程的水下目標，此外，飛彈也可用深水炸彈為戰鬥部，即成為「火箭助飛深彈」⁹。這些武器支援潛艦進行戰術上的打擊及戰略性的嚇阻任務，

結合與之匹配的偵測及指管裝備，可使潛艦在現代仍然持續維持由水下發起突襲的優勢，並增加「不對稱」作戰的利基¹⁰。

二、聲納發展

「聲納(Sound Navigation and Ranging, SONAR)」是利用聲波在水下的傳播特性，通過電/聲能轉換及信號處理過程，完成水下偵測、測距和通訊作業的電子設備，聲納並非新穎的設備，但持續追隨科學及工藝技術的發展，持續在改善設計與製造技術。早在第一次世界大戰後期，英國便開始進行聲學探測設備的研究，不過在當時的名稱為「反潛探測器(Anti-submarine detection investigation committee, Asdic)」；到了第二次世界大戰期間，透過國際間的努力，使得聲納技術逐漸發展成型，對當代反潛作戰領域亦產生關鍵性的影響。

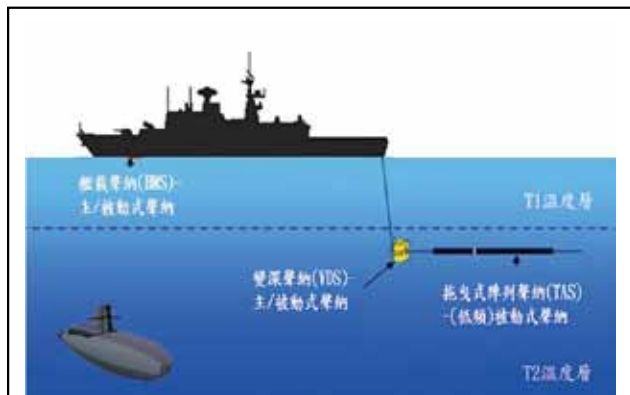
經由戰時經驗的總結，聲納開始成為海軍水面作戰艦艇的標準裝備，另隨著20世紀60-70年代舊蘇聯海軍潛艦戰力的發展，反潛作戰成為北大西洋公約組織國家(North Atlantic Treaty Organization, NATO)的主要重點，並在美蘇冷戰(Cold War)期間的軍事平衡政略指導下，對各種反潛聲納系統進行大量的投資；隨著技術變革，更針對水

註7：石秀華、許暉、韓鵬、刑天安，《水下武器系統概論》(西北工業大學出版社)，2013年12月，頁5。

註8：聲納系統中對頻率的界定有不同定義；一般區間概以：低頻為10-5 KHz、中頻為5K-15KHz、高頻則為>15KHz；世界各國海軍所採行的聲納頻率區隔亦多所變化，較常見分類為：低頻(LF)為<1 KHz、中頻(MF)為1K-10KHz、高頻(HF)則為>10KHz；本文選擇後者作為中頻(1K-10KHz)的定義。參考：Friedman, Norman(1997)，〈The Naval Institute Guide to World Naval Weapons System〉，1997-1998。(ISBN 9781557502681)。

註9：同註7，頁274。

註10：不對稱作戰又稱為「非對稱作戰」，以軍事用語來說，所謂「非對稱」概念，指交戰雙方的相對態勢(強點與弱點)而言，並非一般人所認知的「不相稱」或「不均衡」；實際運用方面，著重在避免與敵人的強點對抗，而是在衡量雙方相對態勢後，選擇敵人的弱點加以迎頭痛擊。參考翟文中、蘇紫雲，《新戰爭基因：RMA，軍事事務革命》，(時英出版社)，2001年5月，頁178-179。



圖一：主、被動聲納及拖曳式聲納示意圖

資料來源：作者繪製。

面、水下、空中載臺及各式無人系統(Unmanned System)，持續進行配套設備研發。

現代研發出的應用聲納系統可以簡單區分為兩種類型：即主動及被動聲納。主動聲納的工作原理與雷達十分相似，音源是透過自身的聲納系統，由音鼓將電能轉換為聲能發出音響訊號，藉由聲音接觸物體後發生的反射，回授到聲納接收與處理設備進行計算，以獲得水下物體的相對方位及音傳距離；而被動聲納的原理則類似於在水下使用麥克風的想法，通常稱該設備為「水下聽音器(Hydrophone)」，簡單說它的運用方法便是單純接收周遭的音響信號，再經由接收機與處理設備，獲得相對方位及頻譜資訊。主動及被動聲納信號最終將轉換為人類可辨別的視覺及聽覺信號，顯示於人機介面上，做為鑑(判)別水下目標及後續處理運用。

針對配置於水面艦艇使用的聲納發展方面，除了前述的艦裝聲納(HMS)外，也增加

可拖曳遠離艦船載臺及具備深度變化能力的拖曳式(Towed)聲納系統(如圖一)，包括變深聲納(Variable Depth Sonar, VDS)及拖曳式陣列聲納(Towed Array Sonar, TAS)，以減少遭受自身噪音及俾葉運作所形成的干擾，使聲納音源和接收器具備放置於溫躍層(Thermocline)¹¹以下的位置，以突破水層限制、進行不同深度搜索，使艦船有機會在較遠距離接收到源自潛艦的音響訊號，以獲得早期的預警及音響鑑別機會，從而提高搜索涵蓋能力及反潛行動的隱密性，同時亦能降低因運用聲納主動模式，造成船位提早暴露的風險。

隨著資通科學及材料技術的改進，現今的聲納系統與曾安裝於海軍陽字型驅逐艦上的SQS-23型艦裝聲納(重量達30噸、直徑約20英尺、峰值功率近160KW)相較，在重量、體積及電力需求上已大幅縮小。目前透過更新聲納及附屬系統設計，在小型艦艇、無人船舶等受限於酬載、空間及電力的載臺上，已經可以安裝及操作套裝的反潛聲納系統設備(含艦裝、變深及拖曳聲納)；另外，隨著設計及整合能力的改善，聲納系統朝向模組化及整合化發展，更強調聲納數據處理和指揮控制系統整合，例如洛克希德·馬丁(Lockheed Martin)/TL-29A(配備於美軍無暇級Impeccable)、雷神(Raytheon)/AN/AQS-22(配備於美軍海鷹直升機MH-60R)、阿特拉斯電子(Atkas Elektronik)/ACTAS(配備於德國MEKO型護衛艦¹²)等，都推出可模組

註11：指海洋及湖泊中，水溫在垂直線方向上發生急遽變化的分層現象。

註12：MEKO為德文Mehrzweck-Kombination，其意思為多用途組合。

化及整合戰鬥系統產品或方案。

此外，過去的十餘年中，美軍及北約相關國家，注意到聲納多工處理技術¹³與網狀化作戰(Network Centric Warfare, NCW)¹⁴議題結合，也就是在作戰系統網路內，綜合提供多種主動及被動聲納資訊，以增加聲納系統運用彈性、優化作戰資訊管理效能及強化現有指揮管制系統；另由2017年全球海軍裝備建案調查指出¹⁵，在2017-2037年期間，會有將近2,000筆新增聲納採購項目，其中包括裝備於潛艦及水面艦艇項目；而全球有近500艘護衛艦及驅逐艦，在未來20年內將交艦服役，這些艦艇多數將安裝數種反潛聲納裝備，包含艦裝聲納及拖曳式聲納(含可變深度聲納及被動陣列)。

綜合前述的趨勢，新造潛艦必然隨著新式聲納的配置，強化其偵測及作戰能力，而水面艦艇的聲納系統亦將隨同更新演進，便如同「矛與盾」間的強弱消長般；在現在與未來的戰場上，水面艦艇的聲納系統也必然將持續做為反潛作戰的重要裝備。

參、水面作戰支隊反潛作戰

海軍在派遣「水面作戰支隊」執行作戰任務時，多由不同的主作戰艦艇擔任基本組成單位(如飛彈驅逐艦、飛彈巡防艦等)，也可能搭配輔戰艦艇(如飛彈巡邏艇、飛彈快艇、電子戰支援艦等)組成支隊編組。這些水面主作戰艦艇在海上任務期間，通常扮演著核心角色，因為即使科技進步使空中及水下兵力備受重視，但在海面上也唯有水面艦艇可負擔空中及水下間的介面，除了水面艦艇通常具備有完整的指管系統外，更著眼於艦船可長時間「存在」戰場的特性，這是其他載臺所無法取代的功能¹⁶；當面臨水下威脅時，裝備聲納功能的水面作戰艦艇，可以滿足長時間的海上巡邏、搜索、護航與戰場指管的需求。

潛艦在近代世界各國的軍事發展上，經常做為不對稱戰力的優先發展目標，共軍亦致力於潛水艦戰力的培植¹⁷；截至2018年春季的公開情資數據統計顯示，共軍各型潛艦

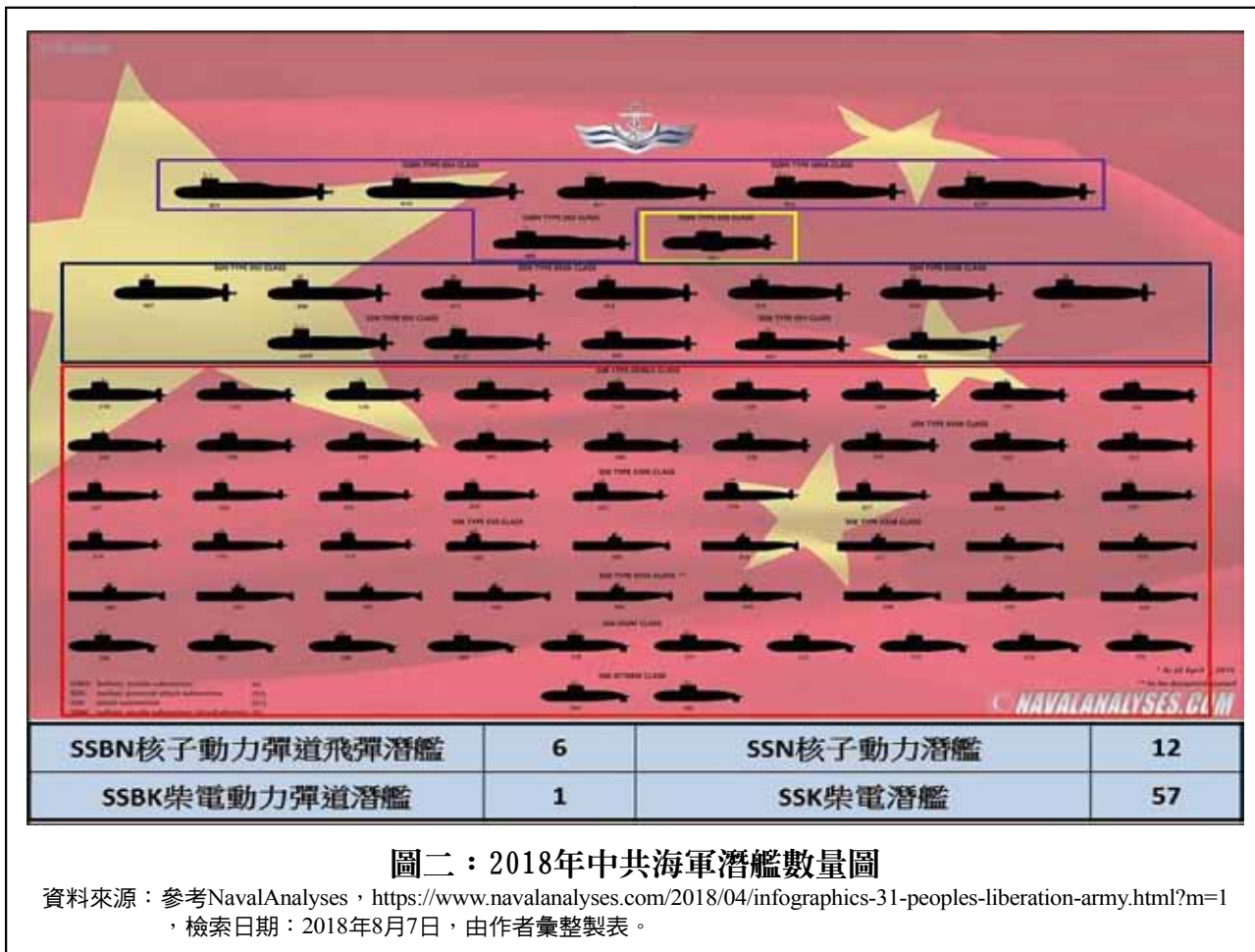
註13：應用上結合通訊信號處理、編碼、加密(Encryption)、傳輸信號處理(Transmission Signal Processing)、展頻及網路管理等過程；應用部分，則結合電腦通訊技術發展，著重於分散式計算環境(Distributed Computing Environment, DCE)、分散式資料庫(Distributed Database)、整合型網路管理(Integrated Network Management)、多媒體網路運用(Network for Multimedia Application)、智慧型網路(Intelligent Networks)及通訊協定工程(Protocol Engineering)等通信技術趨勢。

註14：源於美軍受第一次波灣戰爭(1990)影響而啟蒙運用資訊戰(Information Warfare)，至第二次波灣戰爭(2003)時資訊戰已初具成效，並激發網狀化作戰概念成形，成為美軍聯合作戰願景基礎；網狀化作戰的實體基礎，是將全世界的網路，劃分為「全球資訊網格」(Global Information Grid, GIG)，並將水聽器、聲納、雷達、偵察衛星、無人飛行載具等感測器，組成「感測器網路」(Sensor Network)，另將飛機、船艦、飛彈、各式火炮乃至單兵等武器的指揮管制，組成「接戰網路」(Engagement Network)，運用全球性的資訊優勢(Information Superiority)，使美軍在全球的任何戰場，都能看的到、打的準，發揮「優勢機動」、「精準接戰」、「聚焦後勤」、「全維度防護」；網狀化作戰有整合武力、執行聯合作戰的優勢能力，目前網狀化作戰的優勢在於解決戰術性的軍事問題，而非戰略的層級。參考施大千(2006)，〈美軍網狀化作戰(Network Centric Warfare, NCW)能力之研究：以兩次波灣戰爭發展為例〉，《淡江大學國際事務與戰略研究碩士班學位論文》，頁202。

註15：NugentBob. (2017年8月). Naval ASW Sonar Review. European Security and Defence, PP.74-77。

註16：陳永康、傅旭昇，〈近岸作戰對美海軍防空與反潛影響之研究〉，《反潛與潛艦作戰專輯》(臺北，海軍學術月刊社)，第28卷，1996年2月，頁33。

註17：王高成，〈中共不對稱作戰戰略與臺灣安全〉，《全球政治評論》，第6期，2004年4月。



圖二：2018年中共海軍潛艦數量圖

資料來源：參考NavalAnalyses，<https://www.navalanalyses.com/2018/04/infographics-31-peoples-liberation-army.html?m=1>，檢索日期：2018年8月7日，由作者彙整製表。

數量約76艘，其中包括「核動力攻擊潛艦」、「核動力彈道飛彈潛艦」、「傳統柴油動力」及具備AIP絕氣系統的「傳統柴油動力攻擊潛艦」¹⁸(如圖二)；相較於我國具備反潛能力的主作戰艦艇僅20餘艘，可以預見未來執行反潛作戰，甚或是海上反封鎖作戰時的困難度與壓力，也因為數量上劣勢的現實問題，使得過往使用大規模水面兵力進行反潛作戰或護航行動的規劃，在執行上顯得力

不從心；特別是中共現代潛艦已具備中、遠程的攻擊武器後，使得水面部隊的水下安全警戒區域倏然擴張，嚴重考驗任務部隊在兵力規劃及偵蒐戰術運用方面的能力；因此，善用具備遠距離水下偵測能力的拖曳式聲納艦艇，在面對水下警戒及偵蒐區域幅員遼闊的現實下，其重要性不言可喻。

觀察冷戰結束及後續的國際情勢變化及經由地緣戰略觀點可以發現，全球海域的反

註18：AIP絕氣系統(Air-Independent Propulsion)：無須使用外部空氣中氧氣的情況下長時驅動潛艦的技術。目前已配備的潛艦為拉達(Lada)第4代(俄羅斯)、中共032及039型、德國209、212及214型、日本蒼龍級、瑞典哥特蘭級及A26型、法國及西班牙合作鮎魚級。參考globalfirepower網，<https://www.globalfirepower.com/navy-submarines.asp>，檢索日期：2018年8月7日。

潛作戰熱區，已由極區及高緯度的寒冷地帶，逐漸轉移到包括波斯灣、南中國海、西太平洋區等中、低緯度的溫暖水域；就我國觀點而言，隨著中國大陸的經濟崛起與軍事擴張成形，已使共軍兵力朝向第二島鏈及南海區域部署，中共海軍也迅速朝向藍水發展，連帶加大、加快共軍艦艇、潛艦及航空兵力的建造數量與速度，也持續升高我國周邊海、空域及水下安全的顧慮；此外，氣候變遷導致海洋溫度發生變化，而臺灣附近海溫近年呈現上升趨勢¹⁹，將對聲傳路徑造成影響，間接改變水下偵測機率的長期趨勢；面對區域緊張局勢升高、共軍加速發展及自然環境變遷所造成的挑戰，水面作戰支隊編組各艦均應積極強化任務前的情報蒐集與整合工作，並落實「作戰環境情報準備(Intelligence Preparation of the Operational Environment, IPOE)」²⁰作業之執行，以確保任務順遂執行。

經由回顧科技史與近代戰史可知，當代工藝技術與作戰方法(即戰術)有著密切的關係，因為戰術的發揚受限於武器的能力，而武器是工藝技術精進的產物，所以戰術的設計與選擇，通常會考量攻擊可用的武器及裝備。例如，過往反潛護航戰術的思維，是以船團主體為核心，以敵方潛艦的武器(通常為魚雷)射程為半徑畫一個圓，再將反潛武力直接配置在此反潛要域區的外緣與內圈，用於防範敵方潛艦穿越，或進入到可攻擊主

體的射程內；同時也安排撲殺單位(通常由輔作戰艦艇組成)，針對已進入反潛要域區內的敵方潛艦持續施壓，使其無法貿然採取攻擊行動，在第一、二次世界大戰期間，證明上述戰術確實具有一定成效。然而近代隨著潛艦多樣用途的發展，加上其耐航能力與潛射武器的多元化進步，已經使得潛艦的作戰範圍及打擊能力不可同日而語，例如：潛射飛彈使得潛艦的攻擊半徑加大到數十至數千哩，而即使是一般的魚雷，也可輕易達到至少一萬碼(約5哩)以上的射程，且配置有自動歸向導引功能；若以特定的俄製艇跡追蹤魚雷為例(如俄製53-65KE型雷)，更可達到20哩的射程。

當潛艦具備如此遠距離打擊能力時，經常造成敵意判別的困擾，也就是對潛艦行動的意涵難以正確解讀，例如，「當潛艦現蹤的位置，具備有打擊特定目標或區域能力，是否代表有不良意圖？」、「當潛艦現蹤於特定區域的周邊或內部時，是否可以推定潛艦已進入部署海域，並具備敵意？」。雖然就潛艦而言，長距離武器在攻擊目標時，多半需要監偵與指管系統進行配套，已輔助判定及選擇目標，這樣的問題相較於反潛任務部隊而言，顯得較為簡單，因為潛航中的潛艦是難於偵獲，也無法目視的。水下目標的鑑識與判別，通常需要通過多種偵測設備的交叉比對，來提高判別目標的信心程度；若使用被動聲納來鑑別目標，則需仰賴長期音

註19：陳昭銘、汪鳳如，〈臺灣地區長期暖化現象與太平洋海溫變化之關係〉，《大氣科學》，第28卷，第3期，2000年，頁221-241。

註20：即透過綜合相關資訊來評估、判斷狀況以分級產製可信賴情報，提供部隊指揮官決策參考；其重點在於辨識出作戰環境特性和敵軍的作戰重心(Center of Gravity, COG)、能力、限制、弱點、意圖或可能行動等。

響特徵資料蒐集與辨識經驗的累積。以常理而言，反潛作戰的過程中，無法單靠主動聲納接觸或被動聲納的音響情報，做為有效的辨別敵友或避免誤擊的發生，尤其是處在多國毗連的水域，或是國際航道上，甚至是在自己的領海中均是如此。

因此在反潛措施上，即使美、英等國已積累數十年的反潛作戰經驗，至今仍然無法明確定義「水下潛艦的何種作為，可判定為具有攻擊意圖？」、「何種態樣的反潛作為，可歸屬於自衛的行動？」及「在目標或敵意不明下，如何明確地劃分戰術與戰略作為的分界？」，這樣的現實促使各國海軍在執行反潛作戰時必須允許更彈性的作為，也就是不以擊沉水下不明目標為唯一選擇，而改採以防衛自身不受傷害為反潛首要手段²¹。

在制海任務中(Sea Control Mission)中，「水面作戰支隊」經常獲派執行反潛行動(ASW Task)，反潛作業需要考慮的因素既多且雜，為了加速支隊「戰術行動方案(Course of Action)」的形成，與解決有限兵力在不同時空因素下，如何有效配置兵力問題，通常可以透過先期作業研究或作戰分析方式，解構可能遭遇的情境，建構模組式的行動方案；在下達派遣命令前，應由作業參謀預先計算各方案的效益值，提供給指揮官作為決心參考。在執行邏輯上，作戰分析程序會優先檢視行動目的，設定行動應完成的目標及具體內容，並掌握執行的起迄時間，先期蒐集有關敵我雙方軍事動態，以及作戰地區人文與自然環境資訊；另針對敵方潛

艦與支援潛艦作戰兵力的能力與限制進行分析，找出敵方可能影響我方行動目標的用兵方式(包含可能的兵力組成及/或未來兵力動態)，再依照預想作戰時間海域內的氣象與水文狀況、地理形勢及海底底質等影響因素，找出敵方最有可能的用兵方案(包含可能的時間、海域及兵力組成)；最終盤點我方可用於反潛行動的兵力(含來自友軍可能提供的支援)，並依照敵方最有可能的用兵方案為基礎，在不同作戰時間及空間條件下，進行我方可用兵力的排列組合，找到最佳的克制組合；此外，還需要從其他敵方可能的用兵方式，備妥我方用兵的應變對策；各項兵力運用與部署(諸如拖曳式聲納艦等)，均應秉此原則規劃、計畫性用兵及彈性應變，才能達到最佳反潛效果。

綜觀對於反潛作戰內涵的闡述文獻，一般對反潛作戰目的之論述，多歸結在「確保國家海上交通線的安全」，執行方式上則相當多元，由扼殺敵方潛艦戰力發軔的源頭，到加強反潛的不對稱手段運用均有之，具體而言包括：「毀壞敵方製造潛艦的船廠及設施」、「攻擊敵方潛艦停泊或整補的基地」、「阻擾敵方潛艦由狹窄海域進入到開闊海域」、「避免進入敵方潛艦可能存在的海域」、「用長期搜察方式降低潛艦存在風險」、「運用跟蹤或使用溫和警告方式逼迫潛艦離開」、「採取任務行動保密方式，降低敵方潛艦掌握我方海上部隊」、「使用攻擊手段限制敵方潛艦活動」及「運動到敵方潛艦無法發射武器的位置」；總而言之，如何在

註21：Gardner W. J. R.，《Anti-Submarine Warfare》，海軍學術月刊社譯著，民國89年11月30日，頁34。

立體戰場空間進行情報共享、如何規劃反潛作戰區的搜索與攻擊行動、如何辨別目標身分為潛艦與確認其位置、如何建構共同作戰圖像，仍然是水面作戰支隊及所有海上任務部隊的最大挑戰。

肆、拖曳式聲納艦的運用

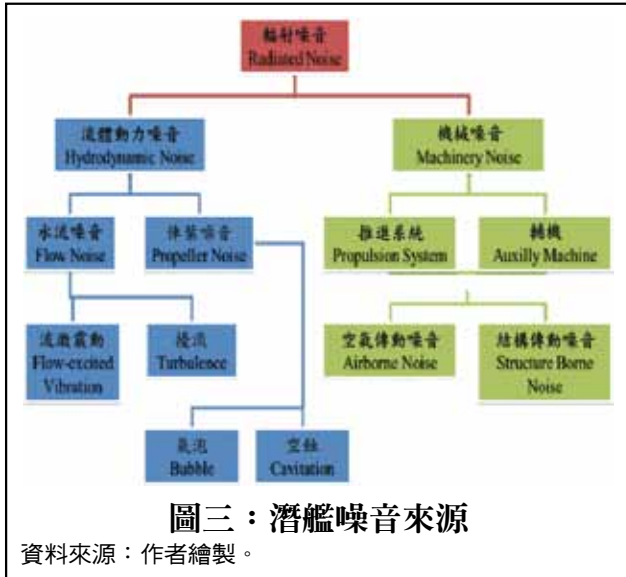
「聲納」在現代反潛作戰運用上，可透過信號處理及電腦輔助技術，執行目標偵知、識別、追蹤及定位作業；拖曳式聲納（Tow Array Sonar, TAS）系統在現今科技技術下，可高度彈性的配裝於各型作戰艦艇；然而基於反潛作戰操作的便利及機動性考量，水面艦艇通常選擇艦裝聲納（Hull Mounted Sonar, HMS）做為主要偵測工具；依現有商貨市場及服役設備狀況，艦裝聲納的主動模式頻率約在3K-9K赫茲間，而被動模式的頻率則在1K-10K赫茲間²²。然而，面對越來越安靜、且具有優異被動偵測能力及中/長程攻擊武器的潛艦，若水面艦艇僅運用艦裝聲納，在行蹤暴露與目標尋獲的反潛對抗過程中，直接忽略對1K赫茲以下頻段的偵測，將導致偵測距離及預警時間的限縮，使水面艦艇處於相對更不利態勢。因此，水面作戰支隊應強化拖曳聲納艦（Tow Array Sonar Ship, TASS）運用，以發揮低頻帶具有遠距離偵測及可提供水下早期預警特性，並善用環境及裝備具變深特性，以提升偵蒐效能，獲取更佳偵獲機率，如此將有助擴大反潛作戰的整體行動效益。

拖曳聲納艦運用的良窳，攸關反潛作戰行動順遂與否，應考量下列因素：包括地區水文特性、潛艦聲學特徵、潛艦偵測/反偵測距離、潛艦可用武器距離、潛艦可能區域、拖曳聲納艦輻射噪音頻譜強度及距離、偵測效能（頻帶、功率、靈敏度、可用模式）距離及拖曳限制等。支隊在運用拖曳聲納艦時，運用模式亦可簡易區分為主動及被動式偵測等兩類；主動式偵測與艦裝聲納的主動模式運用相仿，但若善其變深特性，可突破海洋分層所導致的音傳路徑限制，並對可能位於不同深度潛艦進行主動搜索及定位；另在被動偵測模式下，有助水面艦艇擴大搜索面積及進行潛艦鑑別，運作概念則先採用被動聲納偵測及鑑別潛艦的方法，主要經由低頻頻譜分析系統（Low Frequency Analyzing And Recording, LOFAR），在偵獲聲響信號後，再經音響及視週的分析過程，比對音響資料庫數據與紀錄，以辨識出潛艦所輻散出的特定噪音。

潛艦輻射的噪音基本上可分為流體動力噪音及機械噪音等兩大類，來源包括水流、俾葉、推進系統及輔機噪音等四種（如圖三），而透過不同儀臺的不同聲響來源，例如激流震動、氣泡、空蝕、推進系統及輔機系統等，均會產生不同聲響特徵，目標的鑑別就是藉由比較這些特徵的組合來判定。目前不論是核能或柴電類型的潛艦，儘管設計與製造過程持續追求精良，但仍然會產生出相當程度的噪音²³，因此在技術上，可針對寬頻

註22：NugentBob，〈Naval ASW Sonar Review〉，European Security and Defence，2017年8月，頁74-77。

註23：吳重雄、陸磐安、賴信忠，〈船上噪音問題之研究〉，《中船季刊》，1982年5月，頁9。



噪音訊號(Broad-Band Radiated Acoustic Noise Signal)及窄頻音調(Narrow-Band Tones)²⁴進行輻射噪音的分析；在經驗上同目標音響強度在頻率上的分布，通常中、低頻段較高頻段的能譜(指能量譜)為高(如表一)，即使在低噪聲級(小於100dB)情境下(如表二)，仍難避免遭到偵測²⁵，因此更凸顯出低頻被動聲納可先期偵測潛艦的優點。

在物理特性上，低頻聲響傳播時較高頻衰減為少，將使水面艦船有機會在較遠距離接收到源自潛艦的中、低頻帶噪音，面對潛艦威脅，具拖曳式聲納之水面艦艇，設計上可擔負遠程被動警戒任務，通常其陣列聲學段長度在50-300公尺範圍內，總長度在150-450公尺範圍內，具體長度則視裝配對象而定；而工作頻率一般在2KHz以下，同時具備有寬頻(Broad Band)及窄頻(Narrow-Band)兩種工作模式，能有效檢驗連續時間下的潛艦低頻頻譜，進而執行目標分類及識別，並

表一：潛艦噪音值參考表

艦型	5-200Hz 頻率噪音值	1KHz 頻率 噪音值
80年代傳統潛艦	125 dB	105 dB
Kilo(877)級(俄羅斯製)	135 dB	115 dB
Kilo(636)級(俄羅斯製)	129 dB	109 dB
拉達(Lada)第4代 (俄羅斯)	115 dB	95 dB
Victor3 SSN(前蘇聯)	152 dB	132 dB
Sierra(945)SSN(前蘇聯)	140 dB	120 dB
Akula(971M)(前蘇聯)	130 dB	110 dB
Severodvinsk SSN 第4代(俄羅斯)	125 dB	105 dB
SSN-688洛杉磯級改良型 (美)	125 dB	105 dB
SSN-21海狼級(美)	115 dB	95 dB
SSN-774維吉尼亞(美)	115 dB	95 dB
明、宋級(中共)	140 dB	125 dB
漢級(中共)	160 dB	145 dB
093型(中共)	145 dB	120 dB

說明：
 1. dB (ref. 1 μ Pa, 1Hz @ 1m)
 2. 分貝(decibel, dB)，主要用於度量聲音強度，以人類聽覺範圍的感受做比喻：吵雜酒吧環境相當於85分貝、飛機起飛的螺旋槳聲約110分貝、噴射機起飛約130分貝。

資料來源：李豫明，〈中共元級AIP潛艦成軍影響研析〉，《海軍學術月刊》，第44卷，第3期，民國99年6月，頁50。

表二：潛艦噪音評等

音源強度 (Source Level, SL)	5-200 Hz	100 Hz	1K Hz	5K Hz	航速 (節)
降噪程度差的 潛艦(Noisy)	140	140	120	106	4
安靜等級潛艦 (Quiet)	120	120	100	86	4
甚為安靜等級 潛艦 (very quiet)	100	100	80	66	4

註：單位dB (ref. 1 μ Pa, 1Hz @ 1m)

資料來源：錢曉南，《艦船螺旋槳噪聲》，(上海交通大學出版社)，頁92。

註24：Y.Gargouri, V. Nautet, P.R. Wagstaff and C. Giangreco, 〈Study of Methods of Characterizing the Effects of Internal Noise Sources on Submarine Flank Arrays〉, Applied Acoustics, 1997年, Vol.53, No.4, PP.349-367。

註25：朱蓓麗、黃修長，《潛艇隱身關鍵技術》(上海交通大學出版社)，2012年12月，頁2。

可通過目標運動分析(Target Motion Analysis, TMA)來估算目標距離²⁶；另外，若被動模式運用得宜，可提高任務單位搜索涵蓋區域能力及行動的隱密性，減少因運用主動式聲納導致船位提早暴露問題。

支隊對於拖曳式聲納艦的運用，應思考其任務賦予與情境變化，彈性配置部署位置；另外，考量潛艦已具備中/長程攻船武器、潛艦速率顯著提升及可獲致更佳的音響偵測/反偵測能力，已造成水面單位威脅日益增加，故反潛作戰兵力部署必須強調縱深防禦，在反潛過程中也應針對不同威脅類型潛艦積極搜索及防禦，考量其攻擊距離及能力，保持戰術彈性運用。

本軍反潛兵力除「反潛艦艇」外，尚包括「反潛支援艦艇(非直接作戰)」、「海洋巡邏機(Maritime Patrol Aircraft, MPA)」及「反潛直升機(Light Airborne Multipurpose System, LAMPS)」等，面對不同反潛兵力的組合運用，應考量其偵蒐力、打擊力、機動力及持續力等因素，而指管幅度則應注意指管通達距離、鏈路系統能力及儀臺配置之指管/鏈路裝備；經綜合考量任務需求、威脅形態、儀臺能力及指管幅度後，可透過區域劃分來進行兵力配置；例如依據敵我雙方的運動、偵蒐、打擊、指管能力制定內區(Inner Zone)、中區(Middle

Zone)及外區(Outer Zone)等劃分辦法。在反潛兵力常態運用上，拖曳聲納艦可置於被防護單位之後方，使其具備向後看或艦跡下之偵測能力，亦可置於船團前方一定距離，以增加防禦縱深及層次下之偵蒐能力；海洋巡邏機(MPA)因具有廣域、高速、長時及獨立作業的特性，且配置多樣鏈路、偵蒐及打擊武器，可有效伸展水下防禦縱深，提供早期預警及長時偵察，概念上可配置於外區，藉以壓制活動於該區的潛艦；反潛直升機的吊放式聲納具有潛艦無法預測之機動性，潛艦被偵知後幾乎難以迴避，所以配備吊放聲納的反潛直升機，支隊亦可思考運用於反制中、內區活動的潛艦。

當「水面作戰支隊」編組採主、被動聲納組合運用時，並且以艦艇安全為主要的戰術考量時，當船位進入魚雷危險界(Torpedo Danger Area, TDA)²⁷前，無論對於「寂靜等級」²⁸或「發射管制」²⁹的戰術作為律定為何，均應改採主動式操作為主，以確保艦隻安全；因此，經考量魚雷危險界距離、水面艦被動搜查速率及潛艦於可能深度的最大寂靜速率後，便可推導出採用被動模式的最大使用時間；當海域環境當下狀況能使被動偵測有較遠距離，或預期潛艦噪音可被偵獲時，則應善用被動偵測能力，諸如使用匯音區(Convergence Zone, CZ)³⁰或海底反彈

註26：同註5，頁315。

註27：以潛艦位置基準點(Datum)為圓心，由基準點誤差+潛艦最遠逃離圈+敵潛艦魚雷最大射程為半徑，所繪出之圓圈。

註28：寂靜等級(Silence level)：為降低本艦噪音及縮短遭敵潛艦偵測的距離，水面艦艇採取各項可能措施，並依艦船速率劃分不同寂靜程度，並連結管制相關裝備運用。

註29：發射管制(Emission Control)：即選擇性管制電磁能或聲能的發射，目的在達成儘量減低敵偵獲我方發射情資，並使敵方對所獲情資利用程度減至最低，或是減低我方電磁干擾進而改善電磁/音響偵儀效能等雙重目標。

註30：當海底甚深時，因溫度變化漸小水壓漸增，使得聲速逐漸增快，造成音柱折射返回水面形成聲波聚集區域，此稱為匯音區。這種由匯聚作用而產生的高強度聲場，可應用於對潛艦之偵測。

(Bottom Bounce, BB)模式進行遠距離目標區(如飛彈威脅區)搜索,搜索過程亦可結合主動拍發執行混淆戰術。若與協同多單位進行主被動聲納組合運用時,則可同時主動發射或同時置於被動模式,亦可排定輪流順序,或以不規則方式採主/被動交替操作,而當混雜回音³¹限制主動聲納的效能時,便應考量主、被動聲納交替使用在不同層次間進行監偵、搜索與定位作業。

對於被動哨戒艦的派遣,將有助強化水面作戰支隊的狀況知覺(Situation Awareness, SA)³²,其部署考量應包括敵潛艦可能部署海域、預期空中或飛彈攻擊的方向、潛艦武器性能(可能發射距離與戰術選擇)、水文環境與聲納偵測效能、可用艦艇數、可用反潛巡邏機涵蓋範圍、指管通信距離、部隊寂靜等級與發射管制政策;被動哨戒艦派遣後,應保持聲納、雷達及無線電的發射靜默,避免遭敵偵知、強化偵蒐與預警能力。

展望未來,聲納的發展與運用將會有更多可能性,目前對於聲納所蒐集訊號的分析與解讀,雖然仍是採用人力作業為主流,但隨著人工智慧(Artificial Intelligence, AI)技術的開展,已能透過專業人員協助標記大量音響資料,提供做為機器學習的案例;面對科技趨勢日新月異,相信未來音響偵測與辨識作業,必然將導入人工智慧技術,

提供採自動化及智能化方式,完成目標辨識與預警;隨著資料處理朝向更高效率發展,便可協助指揮官評估戰場情境、加快決心下達、準確選擇適切戰術,並掌握作戰先機,達成獵殺潛艦的目的。

伍、結語

眾多研究未來戰爭的學者認為,日後將不再可能出現類似珍珠港事件,也就是敵對國家公然發起軍事攻擊所引發的重大戰爭,或是世界大戰將不再發生,取而代之的是「不對稱」的作戰形態。因此,可預見各國未來海上武力發展,必然朝向封鎖作戰為主軸,藉此確保其海上優勢³³,並以小成本獲取大利益,且中共挾其經濟與科技增長,在匿蹤能力、長程武器與載臺數量持續增長,海軍所面臨的反潛作戰情境,將更難加以捉摸及進行阻絕,如何善用自身優勢與妥慎運用現有能量,是每位海軍兵科軍官應思索及學習的;誠如《孫子兵法》(始計篇)所述:「夫未戰而廟算勝者,得算多也;未戰而廟算不勝者,得算少也。多算勝,少算不勝,而況無算乎」。靈活運用戰術工具及數學模式,以進行反潛作戰的量化分析與比較,以提供指揮官及執行單位選擇最符合成本效益之構想或方案,此為現代反潛作戰決策科學化重要環節³⁴,唯有多思、多算及多驗證,國軍才有「以小搏大」的可能。

註31:混雜回音(REVERBERATION):聲音經由海中的小顆粒,例如:浮游生物、氣泡、魚類及海水的上下邊界等,造成聲波反射並遠離主要方向,被散射的聲能折迴音源處稱為混雜回音,會對主動式聲納造成干擾。

註32:狀況知覺(SA):即作戰人員與指揮官對作戰環境、敵我雙方兵力、位置及能力的瞭解與理解,為戰場環境管理與運用重要環節。

註33:CerasiniMarc,《The Future Of War-The Face of 21st Century Warfare》,國防部史政編譯室,2005年1月,頁33-34。

註34:王貴民、陳冠如、江忻杓、童桂麟、吳俊逸、鄭行杰、陳宇相、楊婷云,〈以數學模式分析柴電潛艦伏擊時之存活率〉,第23屆國防科技學術研討會,2014年11月14日。

中共海軍潛艦部隊的持續增長與壯大，對我威脅將與日俱增；古有明訓「好戰必亡、忘戰必危」，我國在政治因素及歷史背景狀況下，立身於海島環境，隨時有遭受封鎖的可能；近年我海軍在國家政策及建軍規劃指導下，積極展開造艦工程、戰鬥系統(含水下系統)的研發與籌補，可加速反潛能力的增長；水面作戰支隊在反潛作戰面向，應在現有裝備、鏈路及戰鬥系統基礎下，持續強化網狀化作戰下，各兵力組合能力與戰術的驗證，並善用各反潛載臺特性，強化艦裝聲納及拖曳式聲納運用與戰法發展；另應融合環境(水文)現場資料及作戰資訊、強調水下狀況知覺(SA)提升，運用鏈路加強戰場經

營及水下接觸狀況掌握，加速戰場情報判斷、分發及運用，提早預警作為及目標鑑別程序實施，以增進決策速度及兵力派遣靈活性，藉「創新/不對稱」作戰思維，發揮聯合作戰戰力，以提高潛艦偵獲率，主動壓制來自水下的潛艦威脅，才能確保海上交通線安全，完成海軍保衛海疆的使命。 錨

作者簡介：

劉俊豪少校，海軍官校94年班，曾任錦江級艦作戰長、永靖級艦反制長、康定級艦作戰長，現服務於海軍技術學校。
林倉玉中校，海軍官校89年班，高雄科技大學航運管理研究所碩士102年班，曾任康定級艦反潛長、基隆級艦反潛長及戰系長，現服務於海軍技術學校。

老軍艦的故事

永修軍艦 MSF-48



永修軍艦原為美海軍掃雷艦，係由美國Gulf Shipbuilding公司建造，1943年2月1日安放龍骨，9月11日下水，1944年5月24日成軍服役，在美服役時命名為Pinnacle，編號為AM-274。二次世界大戰後美軍以戰後剩餘物資之名義，於民國37年6月5日在菲律賓蘇比克灣正式移交我海軍，民國37年5月拖抵台灣，11月16日成軍，命名為「永修」軍艦，編號為MSF-48，成軍後隸屬海防第二艦隊，民國39年2月1日改隸巡防第二艦隊，民國41年9月再改隸第三艦隊(後改為掃佈雷艦隊)，民國50年改編為水雷艦隊，民國60年再改隸掃佈雷艦隊。

該艦在成軍後曾參加多次戰役，比較重要的計有長江下游江防作戰、舟山群島作戰、浙江沿海作戰等。

民國50年後，該艦大多執行海上偵巡、沿海掃佈雷作業及護航任務，並先後參加「鐵漢」、「南山」等演習。民國61年7月1日由於艦體老舊，各主要裝備無法更新換裝，而奉令除役。(取材自老軍艦的故事)