

水下監聽系統設置 對海軍反潛作戰之影響

海軍中校 羅振瑜、海軍少校 邱銘宏

提 要：

- 一、我國地處亞洲大陸棚邊緣，海底地形受板塊運動影響，崎嶇而複雜，有大陸棚、海溝、海脊、深海盆地、陡峭之大陸斜坡等海底地形特徵；就是因為如此，對戰場水文環境之掌握與運用，將成為影響臺海水下目標偵測之重要因素。
- 二、未來中共若欲對我實施武力侵犯，研判可能會先封鎖我國周邊海域，並切斷海上交通線，再運用軍事威懾，達成政治目的，以推動其「統一」進程。而探究其封鎖手段，則以潛艦兵力實施封鎖最具隱密性，且威嚇效果最佳，可同時威脅我海上運輸線及打擊我民心士氣。
- 三、潛艦隱形技術日益精進，在臺灣周邊複雜多變的海洋環境下，水下目標偵測能力面臨空前挑戰，世界各國亦皆致力於水文探勘；而當前我國除艦載或機載可變深度聲納外，仍應積極發展或籌購先進水下偵測技術及相關裝備，以提升海軍反潛偵蒐範圍、效益及敵潛艦偵獲率；惟有儘早加強水下早期預警，方能應對未來戰場所需。

關鍵詞：水下監聽系統、水下預警、深海監聽、反潛戰術

壹、前言

我國位處西太平洋東北亞及東南亞地區之中央，相鄰各國亦成為航運交通要塞，遂成為西太平洋各國戰略部署及武器設置等必爭之地，且周邊水文環境除西部海域水深較淺外，皆適合潛艦活動，水下目標活動勢必相當頻繁。雖然臺灣位處此一戰略位置優勢下，海軍仍需重視在西太平洋海域經營規劃，並發展反潛作戰及早期預警等作為，藉以維持地緣戰略之重要性。

海軍在執行反潛作戰中，以偵測、識別目標為首要任務；即便現代科技偵潛手段不斷進步，但偵測水下目標主要還是以音響偵測器(Acoustic Sensor)為主，其中聲納最被廣泛運用。聲納偵測可區分為被動及主動式，「被動式聲納」是使用靈敏的水中聽音器及精確之信號處理器，來「傾聽」水中發出的聲音而完成偵測，且不易被敵人潛艦警覺到我方存在。因此，針對中共潛艦進出西太平洋第一島鏈之海峽通道中，研擬於海底布設水中聽音器陣列，用以偵測中共水下目

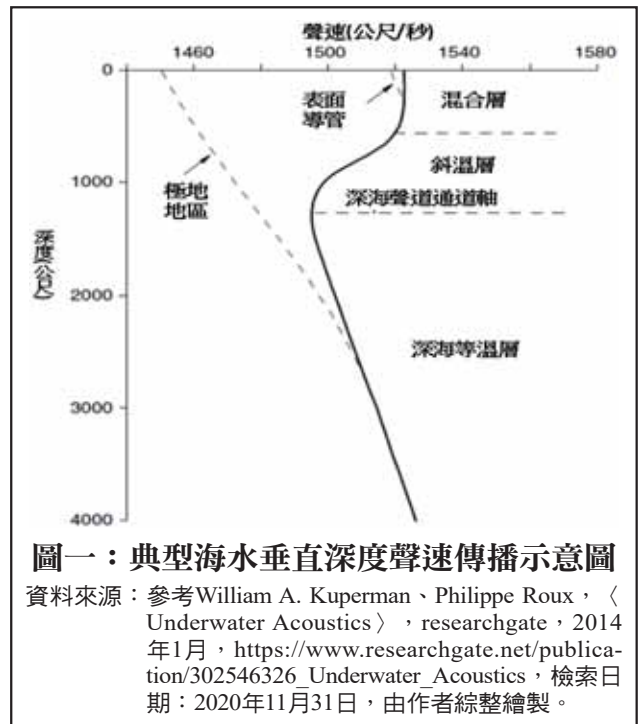
標之手段，除可以達到早期水下預警成效，也可結合我海軍現有反潛作戰戰術作為，不僅提供相關海域水文資料，以建立聲紋資料庫，亦可以提升反潛作戰成功公算，更有助於我周邊海域「制海」及維護海上交通線安全，這也是撰寫本文主要目的。

貳、水下監聽系統源起與發展

聲音在水中傳播為壓力波一種，在海洋裡傳播速度會隨著環境溫度、鹽度、和深度的增加而變快¹，依海洋深度變化由淺至深可分為混合層、斜溫層及深海等溫層等三層結構，每層聲速受不同環境因素影響而變化(如圖一)。由於水中聲波音源方向，受環境影響產生不同聲速變化，導致傳播路徑為非直線，不同頻率在水中被吸收性也不同，高頻的聲波易被海水吸收，低頻聲波則完全不同。以下就水下監聽系統原理及系統源起與運用兩方面，分別說明如後：

一、水下監聽系統原理

(一)水下監聽系統(Sound Surveillance System, SOSUS)係將大量的水中聽音器(Hydrophones)組成被動式陣列，固定布放於「深海聲道通道軸」(Sound Fixing And Ranging channel, SOFAR, 以下稱深海聲道軸)附近之海床上²，日夜不間斷的監聽水中各類聲音，並將蒐集之聲紋資料經由水



下電纜，傳送到岸基之信號處理站實施分析作業。

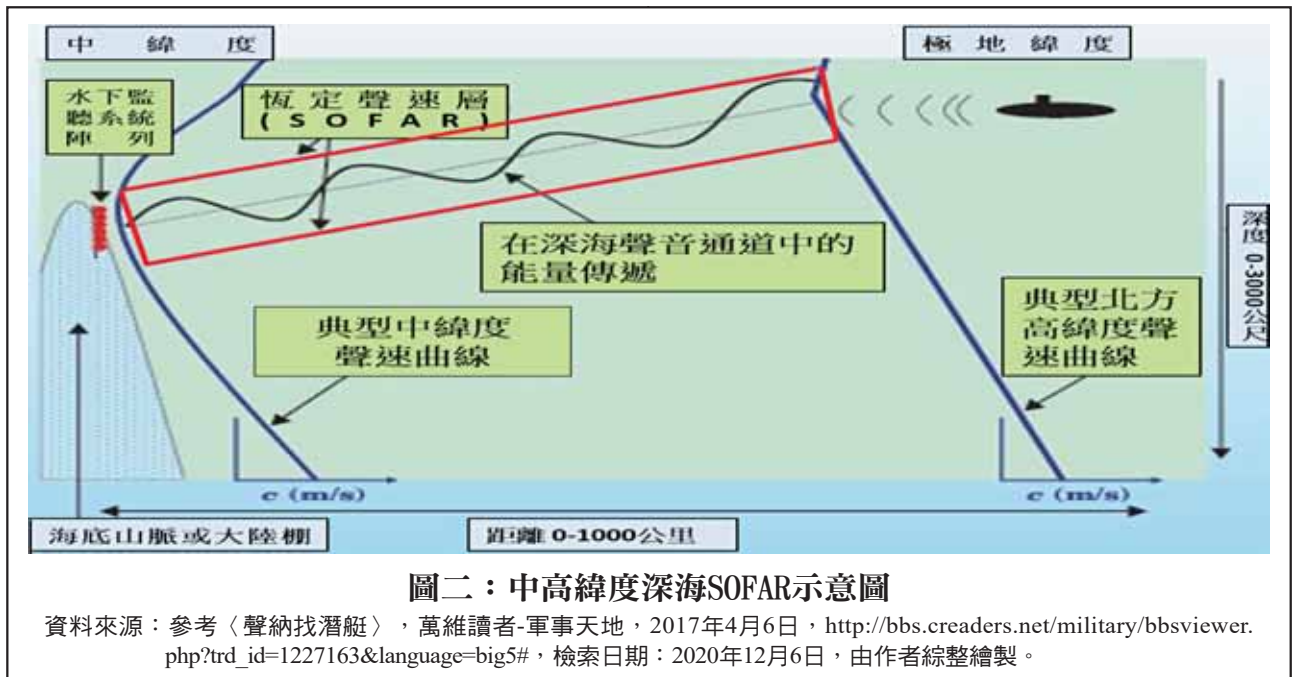
(二)該系統利用低頻聲波物理特性，能夠在深海聲道軸上蒐集數公里遠之音源信號³，主要作用原理為水下音源在聲道軸或深水聲道(Deep Sound Channel)上的聲音傳送特性，而SOFAR的發現最早是在1948年海洋科學家威廉·莫里斯·尤因(William Maurice Ewing)和拉馬爾·沃策爾(J. Lamar Worzel)聯合發表一篇關於海洋中《長距離聲音傳播》(Long-range sound transmission)的論文⁴提及，描述以4磅TNT(三硝基

註1：毛正氣，〈海水溫度與海軍作戰〉，《海軍學術雙月刊》(臺北)，第49卷，第4期，2015年8月1日，頁97-113。

註2：〈聲波道〉，教育百科，2002年12月，<https://pedia.cloud.edu.tw/Entry/Detail/?title=%E8%81%B2%E6%B3%A2%E9%81%93>，檢索日期：2020年12月24日。

註3：Kock, Albert W.，〈聲納與水中聲學〉，《海軍司令部翻譯叢書海參七六〇》(臺北：海軍總司令部譯印，1989年)，頁21-22。

註4：Maurice Ewing、J. Lamar Worzel，〈LONG-RANGE SOUND TRANSMISSION〉，GeoScienceWorld，1948年1月1日，<https://pubs.geoscienceworld.org/books/book/33/chapter/3786460/LONG-RANGE-SOUND-TRANSMISSION>，檢索日期：2020年12月16日。



甲苯Trinitrotoluene, TNT)炸藥在約1,200公尺的深度爆炸，證明一種未知的聲學現象—「海洋中存在的自然通道」，聲波可以通過它傳播非常遠的距離，依當時研究推論最遠可達10,000英里(約16,000公里)。

(三)SOFAR是位於斜溫層溫暖的海洋下方的聲波路徑，聲速在斜溫層與溫度和壓力成正比的關係，聲速會隨著溫度的快速下降、深度的增加而減小，但超過一定的深度達到深海層時，溫度只會緩慢地降低，此時聲速主要受壓力所影響，並隨著深度的增加而增加。通常聲道軸在赤道附近最深，在大西洋約為深度1,100公尺，在太平洋約為深度900公尺，越往高緯度其聲道軸深度就相對較淺，在北極水域則接近海平面(如圖二)，在這些聲道軸深度附近較容易蒐集聲紋訊號

，故在SOFAR附近放置「陣列水中聽音器組合」就可提高信號比對機率，亦可依地形布設長距離SOSUS系統。

二、水下監聽系統源起與運用

(一)聲道軸在「第二次世界大戰」期間被發現後，引起美國海軍的關注，並於此聲道軸上，利用聲波在海平面下可達到低頻遠程傳輸的原理，做為飛行員救生的試驗手段。當飛行器墜落後，當到達一定深度會釋放爆炸的聲源信號，此時在聲道軸附近布設三個聽音器接收自SOFAR傳送而來的音源信號，即可以精準三角定位獲得飛行員墜落位置進行搜救，此即水下監聽系統的雛形。「二戰」末期，德國設計出世界上第一種完全在水下作戰之「XXI級」潛艇⁵，此潛艦與以往採取攻擊或迴避水面艦後才下潛的潛艇大為不

註5：〈XXI級潛艇〉，維基百科，2019年7月31日，<https://zh.wikipedia.org/wiki/XXI%E7%B4%9A%E6%BD%9B%E8%89%87>，檢索日期：2020年12月24日。



圖三：美國1970年安裝SOSUS (圖左)及LOFAR低頻分析圖示(圖右)

資料來源：參考〈冷戰中的美軍SOSUS水下監聽網 鎖住紅海軍的捆能繩〉，新浪軍事，2018年4月29日，<http://mil.news.sina.com.cn/jssd/2018-04-29/doc-ifzvpqtq9634490.shtml>，檢索日期：2020年12月25日，由作者綜整繪製。

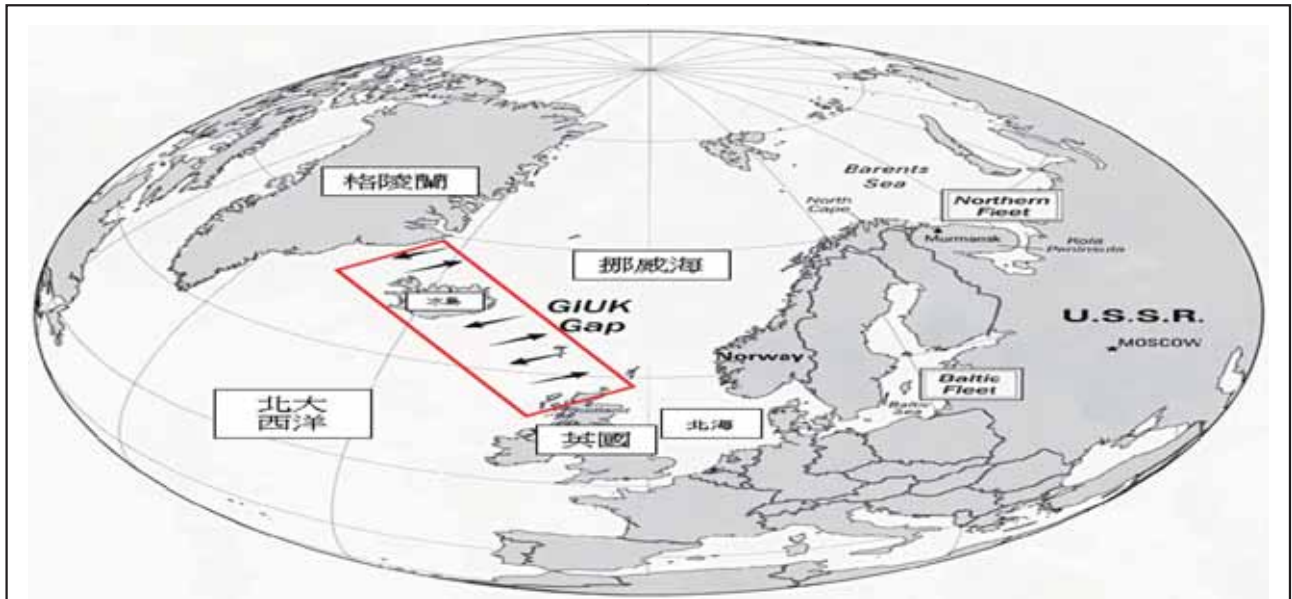
同，當時德國係引進荷蘭研發的呼吸管，利用雷達反射截面積極小的呼吸管，在航行中實施水下充電，以減少潛艦在水面上暴露危機，使得美國海軍反潛巡邏機偵潛機率降低，導致反潛作戰效果不彰。另德國將裝於水面艦艇之被動聲納裝置(原用於對魚雷實施預警的系統)改裝至潛艦上，使其可在水下偵獲目標，提高在水下存活機率，所幸該型潛艇出現時間較晚，未能對戰局產生影響。

「二戰」結束後，蘇聯獲得「XXI級」潛艇技術，加上核動力裝置問世及相關工業科技發展等，促使蘇聯隨後發展核動力潛艦。美、蘇在「冷戰」高峰期間，美國為避免蘇聯採用核子潛艦執行報復行動，開始於北大西洋盆地部署水下聽音器陣列，且首次使用SOSUS這個名稱。

(二)在1950年代的「冷戰」對抗初期，「美國海軍研究室」(Office of Naval Research, ONR)為對抗新型潛艦的反潛作戰態

勢，展開一項假定蘇聯擁有200至300艘「XXI級」潛艇、並使用核子武器與大量布雷來對抗艦艇與封鎖港口，探討日後的反潛作戰需求，且聚焦於未來先進反潛武器的研發，包含發展出水下監聽系統及先進低頻分析的被動聲納系統⁶。起初由美海軍委託「貝爾電話公司」(Bell Telephone Company)進行研究試驗，同時首次使用1,000呎(約300公尺)長的40個水下聽音器陣列，並部署於巴哈馬群島所屬伊柳塞拉島(Eleuthera)周邊深度1,440呎(約430公尺)區域，測試偵蒐美國潛艇噪音訊號，經水下電纜傳送到岸置「海軍設備站」(Naval Facility, NAVFAC)之聲紋頻譜設備，運用「低頻分析與紀錄系統」儀器分析偵測潛艦頻率資訊，數據顯示在測試階段，即可有效偵測到傳統動力及核動力潛艦的水下噪音頻率(美軍安裝SOSUS及LOFAR【Low Frequency Analysis and Recording】，如圖三)。

註6：張明德、翟文中，《軍事連線特刊-美國海軍反潛技術與反潛直升機》(臺北：雅圖創意設計有限公司，2013年6月)，頁4-13。



圖四：北大西洋GIUK缺口位置圖

資料來源：參考〈GIUK缺口〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/GIUK%E7%BC%BA%E5%8F%A3>，檢索日期：2020年11月25日，由作者綜整繪製。

(三)進入部署階段後，美軍繼續執行該系統擴展工程，主要針對潛艇遠程偵測和識別項目，並擴展到美國西海岸和夏威夷⁷；另美國發現蘇聯潛艇越來越多從北海和挪威海(Norwegian Sea)的基地進入北大西洋，因此美國開始在格陵蘭島、冰島及英國布設水下監聽系統監測蘇聯潛艦進出，由於此監測區域位於格陵蘭島(Greenland)、冰島(Iceland)及英國(United Kingdom)等三地之間的海峽，故名為「GIUK缺口」(GIUK Gap)⁸。

(四)1960年SOSUS系統加入美海軍作戰序列，美國開始針對蘇聯潛艦威脅，運用該系統獲得早期預警後，通知岸基站台由反潛

巡邏機實施反潛作戰，再由核動力潛艦獨立進行跟踪掌握，形成對蘇聯潛艦遠距離封鎖手段，降低美國本土受核潛艦報復攻擊之可能。系統早期因受限電纜長度及訊號傳輸距離影響，設備站(NAVFAC)必須設立於最接近陸地的沿海地區，1970年代美國海軍在大西洋及太平洋兩個海洋指揮部站台已增設達20多個；1980年代電纜技術與跨洋電話電纜使用之技術進步，且於聲道軸深度(約1,000公尺附近，隨緯度、深度不同)偵蒐水下聲音雖有較佳的成效，惟受限於海水混合層(約300公尺內)水下環境因素(如水下地形、水文及海底生物等)影響，無法全區涵蓋。因此，美國海軍研製建造「海洋監視船」(T-

註7：DAWN M. MASKELL，〈MASTER OF MILITARY STUDIES: THE NAVY'S BEST-KEPT SECRET: IS IUSS BECOMING A LOST ART?〉，United States Marine Corps Command and Staff College，2001年4月11日，<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a401150.pdf>，檢索日期：2020年12月20日。

註8：〈GIUK缺口〉，維基百科，2019年3月20日，<https://zh.wikipedia.org/wiki/GIUK%E7%BC%BA%E5%8F%A3>，檢索日期2020年12月25日。



圖五：1960年美海軍布設水下監聽系統位置

說明：1.太平洋的三條防線：第一條美國西海岸大陸架，整體已延伸到北太平洋沿岸各處；第二條由阿留申群島延伸到夏威夷群島；第三條由俄羅斯的堪察加外海經日本列島向南延伸到菲律賓和麻六甲海峽。
2.大西洋的三條防線：第一條在美國東海岸大陸架上，可以監聽美國東岸水下目標；第二條從北大西洋西方紐芬蘭往東經格陵蘭、法羅群島、法國、西班牙；第三條從北極海的斯匹次卑爾根群島(Spitsbergen)到挪威，以監聽由挪威海進出北大西洋之水下目標。

資料來源：參考〈AMERICA CENTRIC WORLD MAP〉，[freeworldmaps.net](https://www.freeworldmaps.net/world/america-centric/)，<https://www.freeworldmaps.net/world/america-centric/>，檢索日期：2020年12月23日，由作者綜繪製。

AGOS)配裝拖曳式陣列聲納系統(Surveillance Towed Array Sensor System, SURTASS)，其拖曳式陣列聲納的長度超過8,000呎⁹，可以提高水下偵測效果。1985年美海軍再成立「綜合海底監視系統」單位(Integrated Undersea Surveillance System, IUSS)，由水下監聽系統搭配海洋監視船共同編組而成。在「冷戰」高峰時，該單位共有11座設備站及14艘監視船。

(五)1990年代隨著冷戰的結束，美海軍開始允許民用科學家廣泛地使用SOSUS系統進行基礎研究。自20世紀90年代初以來，該系統已常被用於研究水下火山爆發、地震及與海洋哺乳動物及其發聲等科學及學術研究

。隨著科技進步發展，該系統不僅只靠光纖蒐集及傳送水下聲紋資料，更結合運用不同載具通信、遙控等技術，以在廣闊空間中精確地測量和進行大數據資料傳輸、接收及分析作業，其範圍亦朝向多功能化、整合性、數位化等方向發展。

參、世界各國水下監聽系統

從1945年「二次世界大戰」結束後，美、日兩國開始發展水下監聽系統，迄今已有60餘年，中共雖遲於1996年才開始研究發展，但發展現況也有一定水準；從SOSUS系統發展原理到系統、設備及技術，中共自製研發的水下監聽系統也展現出相當水準，且在

註9：王臻明，〈看不見的第一島鏈防線(上)！〉，方格子，2018年4月23日，<https://vocus.cc/sophist4ever/5add3d1af897800178e19b>，檢索日期：2020年12月26日。

附表：美國海軍IUSS單位及現今運作機構位置表

項次	國別	區域位置	運作狀態
1	美國	美國維吉尼亞州諾福克大西洋海洋系統指揮部(COSL Norfolk, VA)、達姆內克海洋資料處理機構(NOPF Dam Neck, VA)、威斯康辛州惠德比島(NAVFAC Whidbey Island, WI)	持續運作
		馬薩諸塞州南塔基特(Nantucket, MA)、新澤西州開普梅(Cape May, NJ)、北卡羅萊納州哈特拉斯角(Cape Hatteras, NC)、維吉尼亞州諾福克(Norfolk, VA)、聖尼古拉斯島(San Nicholas Island)、紐約(New York)、加州蘇爾角(Point Sur, CA)、森特維爾海灘(Centerville Beach)、華盛頓州太平洋海灘(Pacific Beach, WA)、俄勒岡州庫斯灣(Coos Head, OR)、阿拉斯加州埃達克(Adak, AK)、德拉瓦州劉易斯(Lewes, DE)、夏威夷州珍珠港太平洋海洋系統指揮部(Pearl Harbor, HI)、關島(Guam)、中途島(Midway)、伊娃島(Barbers Point in Oahu, HI)、福特島海洋資料處理機構(NOPF Ford Island, HI)	解除狀態
2	英國	聖摩根聯合海上設施站(JMF St Mawgan, United Kingdom)	持續運作
		大特克島(Grand Turk)、百慕達(Bermuda)、威爾斯布勞迪(Brawdy, Wales)	解除狀態
3	加拿大	新斯科舍省哈利法克斯(HMCS Trinity, Halifax, Nova Scotia)	轉移加國
		新斯科舍省謝爾本(Shelburne, Nova Scotia)、紐芬蘭省阿根廷(Argentia, Newfoundland)	解除狀態
4	薩爾瓦多	聖薩爾瓦多(San Salvador)	解除狀態
5	安地卡及巴布達	安地卡(Antigua)	解除狀態
6	巴哈馬	伊柳塞拉島(Eleuthera Island)	解除狀態
7	巴貝多	巴貝多(Barbados)	解除狀態
8	冰島	凱夫拉維克(Keflavik)	解除狀態
9	波多黎各	拉米(Ramey)	解除狀態

資料來源：參考DAWN M. MASKELL, 〈MASTER OF MILITARY STUDIES: THE NAVY'S BEST-KEPT SECRET: IS IUSS BECOMING A LOST ART?〉, United States Marine Corps Command and Staff College, 2001年4月11日, <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a401150.pdf>, 檢索日期：2020年12月20日, 由作者綜整繪製。

軍事用途上也有亮眼成果展現。以下分就美、中、日等三國布設之地理環境位置、結合移動艦臺輔助偵蒐等狀況，實施說明與探討：

一、美國

(一)海軍從1960年代開始在美國東、西岸周邊海域建設固定式水下監聽系統，主要目的為偵測、監視蘇聯潛艦活動，經十年測試、發展及建設，除提供水下早期預警，並配合反潛兵力運用成效良好，於是在太平洋及大西洋等兩洋上各設置三條深度較深之聲

納監聽陣列(如圖五)。時至今日，美海軍仍維持多處SOSUS系統維持監測，並由「綜合海底監視系統」(IUSS)管理，該單位以SOSUS系統與配備拖曳式陣列聲納系統的海洋監視船，將偵蒐到水下音響訊號資料及相關數據，傳輸至美「海軍海洋資料處理機構」(Naval Ocean Processing Facility, NOPF, 以下簡稱資料處理機構)進行分析¹⁰，目前美國IUSS仍保持有3處固定站點正常運作，以支援軍艦上所有陣列聲納資料傳輸需求(如附表)，並綜合大西洋、太平洋海底監

註10：同註7。

視系統任務，同時協助提供反潛作戰指揮部及其部隊水下聲紋資料運用。

(二)美國東岸維吉尼亞州諾福克大西洋海洋系統指揮部(COSL Norfolk)係海軍「綜合海底監視系統單位營運支援中心」(The IUSS Operations Support Center, IOSC)，負責全球在役資產的物流和技術各方面支援，包括5艘海洋監視船(配備拖曳式陣列聲納系統【SURTASS】)¹¹；西岸華盛頓州惠德比島(Whidbey Island)資料處理機構(NOPF)負責提供支援部隊即時、準確性高之音響資訊，並協助美國「國土安全部」(United States Department of Homeland Security, DHS)進行持續性海上監視。在維吉尼亞州達姆內克(Dam Neck)之NOPF是與英國共同配合負責整個大西洋、北大西洋和挪威海海底監視站臺，亦是美軍「綜合海底監聽系統司令部」之所在¹²。

(三)「冷戰」初期，美海軍提出「水下監聽系統」的大膽理論概念，並完成該工程設置，且成功地運用予支援任務上，著實令人印象深刻，其SOSUS系統由北大西洋布設至北太平洋海域，主要係針對監控蘇聯潛艦動態達到源頭掌控之效，且經過數年發展，除獲得水下早期預警外，亦將低頻主動(Low Frequency Active, LFA)聲學結合運用，並透過現代通信和計算機信號處理技術，提供



圖六：美日部署下監聽系統概念圖

資料來源：默虹，〈「縛龍索」：美軍東亞水下監聽網延伸至印度洋〉，阿波羅新聞，2018年4月30日，<https://tw.aboluowang.com/2018/0430/1107205.html>，檢索日期：2020年12月21日。

美海軍各種反潛作戰平台即時有用資訊，避免敵潛艦進入美國本土實施報復攻擊，成效斐然。

二、日本

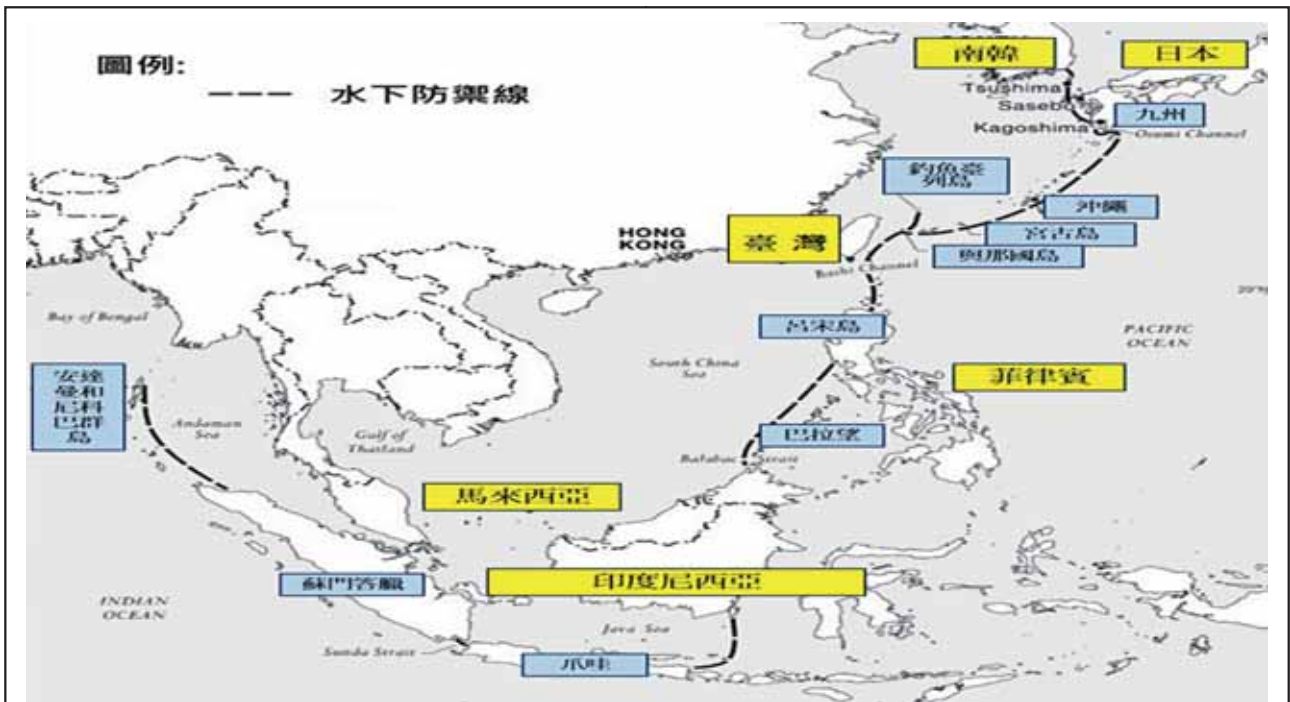
(一)美國海軍水下監聽系統項目開始發展時，就對在日本附近海域安裝海底監聽站很感興趣，1957年即於北海道西北端建立一個實驗站實施測試，電纜並延伸到宗谷海峽，測試階段主要監測進出日本海、海參崴和納霍德卡的蘇聯太平洋艦隊潛艇活動，然因當時船舶和潛艇聲紋蒐集處於起步階段，且蒐獲的內容聲音混亂，並無實質價值¹³。

(二)1978年，美國眾議院的一份報告中曾提到在日本和韓國之間的SOSUS系統設置規劃，1980年美國和盟軍SOSUS系統確定布

註11：〈Ocean Surveillance Ship〉，美軍軍事海運司令部，<https://www.msc.navy.mil/inventory/ships.php?ship=106>，檢索日期：2020年12月25日。

註12：〈IUSS Mission〉，美國海軍網站，<https://www.public.navy.mil/subfor/cus/Pages/Mission.aspx>，檢索日期：2020年12月27日

註13：Desmond Ball、Richard Tanter，〈The tools of Owatsumi: Japan's ocean surveillance and coastal defence capabilities〉，The Australian National University，<https://press-files.anu.edu.au/downloads/press/p309261/pdf/book.pdf>，檢索日期：2020年12月30日。



圖七：美軍魚鉤海底防線示意圖

資料來源：王臻明，〈看不見的第一島鏈防線(上)！〉，方格子，2018年4月17日，<https://vocus.cc/sophist4ever/5ad5580afd89780001e4d5cc>，檢索日期：2020年12月26日。

設於日本津輕海峽及對馬海峽等兩個區域，1981年即有日本潛水員曾描述在美、俄「冷戰」期間在對馬海峽、沖繩地區、札幌等地區，都有看過使用的水下監聽系統陣列電纜¹⁴。1986年，美國提出水下聽器陣列從日本南部延伸到菲律賓，覆蓋到中國大陸和印度附近；2014年美、日兩國再完成新型SOSUS系統鋪設，並於青森縣及沖繩縣兩處設置觀測所，以擴大監聽範圍。從上述資料發現，美國確實偕同日方在日本海域布設SOSUS系統(如圖六)，其目的不言可喻。

(三)由於宗谷、津輕和對馬等海峽為蘇

聯太平洋艦隊潛艦進出太平洋十分重要的三個戰略通道，若日本進行封鎖時，大部分蘇聯潛艦將被限制在日本海，僅有少數潛艦能突穿海峽進行戰術行動；然當前蘇聯於1990年崩解，現在卻面臨中共的崛起與挑戰。所以1994年起美海軍已將太平洋上的所有固定陣列恢復備便狀態；另考量中共潛艦部隊活動日益頻繁，美軍決定更新新的固定陣列，以監控中共潛艇在東海和南海活動。2005年啟動「魚鉤海底防線」(Hook Undersea Defense Line)¹⁵，從日本九州西南部的鹿兒島附近開始，沿著大隅群島向沖繩，到琉球群

註14：默虹，〈「縛龍索」：美軍東亞水下監聽網延伸至印度洋〉，阿波羅新聞，2018年4月30日，<https://tw.aboluowang.com/2018/0430/1107205.html>，檢索日期：2020年12月21日。

註15：環球軍事，〈(深度)美軍在亞太蔓延的水下偵聽網——今生(下)〉，微文庫，2018年6月10日，https://www.luow.com/dc_tw/107381517，檢索日期：2020年12月26日。

島南部的宮古島和與那國島，經過臺灣到菲律賓的巴拉巴克群島，到印度尼西亞群島的東部之達龍目島，並橫跨爪哇島和蘇門答臘島之間的巽他海峽，以及從蘇門答臘北部到安達曼群島，為的是要防堵及侷限中共潛艦在「第一島鏈」內的活動(如圖七)。

三、中共

(一)1986時，中共在面對世界各國高新技術蓬勃發展、國際間軍事競爭日趨激烈，挑戰相對嚴峻，科學家王大珩等人提出「集中一部分精幹的科技力量，在幾個最重要的高技術領域、跟上國際水準，縮小與國外的差距，並力爭在我們的優勢領域有所突破，為本世紀末、下世紀初的經濟建設和國防安全服務等」，成為鄧小平啟動「國家高技術研究發展計畫」(亦稱「八六三計畫」)¹⁶的目的，計畫內容包含生物科技、航天技術、信息技術、自動化技術、雷射技術及能源技術等數個專案執行。

(二)十年後(即1996年)，中共再將海洋領域納入「八六三計畫」，其中含海洋探測與監視技術主題、海洋生物技術、海洋資源開發技術等3個主題；並開始從「岸基光纖線列陣水聲綜合探測系統」積極推動海洋監測高技術的發展，該系統在重要海域架設多個固定水中聲音感應器，形成水下陣列偵察網絡，並將偵測之聲紋資料通過海底光纖，傳輸到岸上基地的中央電腦處理器，經由專業聲納分析人員進行資料分析比對，進而準



圖八：中共艦載拖曳式陣列聲納

資料來源：北國防務，〈中國水下“預警機”亮相 可監控美核潛艇進南海〉，新浪軍事，2018年5月20日，<http://mil.news.sina.com.cn/jssd/2018-05-20/doc-ihaturft3020421.shtml>，檢索日期：2020年12月21日。

確的確認水下目標資料等各類參數，隨後就可以通知反潛單位執行精準的跟踪與攻擊¹⁷。系統功能及作業原理與美國水下監聽系統相同。

(三)中共先後在東海站、北海站和南海站成立聲學與海洋綜合觀測試驗的研究平臺，2005年並首次於青島附近海域布設「水下光纖綜合探測系統」專案實驗，然因青島環境屬黃海淺水域、地形平坦，其系統效果欠佳無法發揮作用；2009年4月，中共在海南島正式成立「南海聲學與海洋綜合觀測實驗站」，開始實施「岸基光纖陣列水下聲音綜合探測系統」測試；2010年1月系統完成布設，分別由「水下聲音綜合探測系統」、「岸基地面衛星接收站」及「空天探測衛星」組成，成為中共海軍提供西太平洋海域即時動態海洋資訊的主要資源¹⁸，並仿照美海軍

註16：陳光文，〈美媒稱中國海軍反潛能力陡增數十倍南海近乎透明〉，鳳凰網，2013年4月4日，http://news.ifeng.com/mil/2/detail_2013_04/04/23877624_0.shtml，檢索日期：2020年3月6日。

註17：同註15。

註18：〈China Naval Modernization: Implications for U.S. Navy Capabilities—Background and Issues〉，Congressional Research Servic，2020年3月18日，<https://fas.org/sgp/crs/row/RL33153.pdf>，檢索日期：2020年12月28日。



圖九：中共光纖水下聽音器陣列

資料來源：北國防務，〈中國水下“預警機”亮相 可監控美核潛艇進南海〉，新浪軍事，2018年5月20日，<http://mil.news.sina.com.cn/jssd/2018-05-20/doc-ihaturft3020421.shtml>，檢索日期：2020年12月21日。

於水面艦艇配置拖曳式陣列聲納系統(如圖八)，將探測所得之原始聲音數據透過衛星數據鏈路系統回傳，以有效拓展偵測範圍與區域。

(四)中共在海底聽音陣列除使用先進光纖水下聽音器陣列(如圖九)，並結合磁學測量系統探測技術的超導量子干涉儀(Superconducting Quantum Interference Device, SQUID)，其功能包含應用範圍、信號靈敏度、溫控範圍、磁場均勻度、參數測量精確和可靠性、控制自動化程度等¹⁹，並可以看出潛艦特殊操作情況下所形成的電磁效應、流體動力效應、海水溫度段差等非音響現象狀況，並結合水下聽音系統操作，提升該系統靈敏度，進而提升偵測效果²⁰。

肆、我國水下監聽系統建置分析

海軍現有反潛機、艦任務經常受限海象、自然環境因素、任務區、任務類型、妥善

率及裝備能力影響，致潛艦偵獲率不盡理想，且因缺乏水下監控系統，難以建立全面性、整體性、即時性的反潛預警能力。鑑於建置水下監控系統不僅具備全天候偵測能力和低作戰成本，還可以長時期執行遠距離、深海域的監偵，對海軍反潛作戰而言，也可以先期提供水下預警情資。因此，海軍有必要對SOSUS系統條件因素、建置位置及運用特性等進行研究。以下就建置環境、成本效益及戰術作為等三方面，逐項分析如后：

一、周邊海域環境建置分析

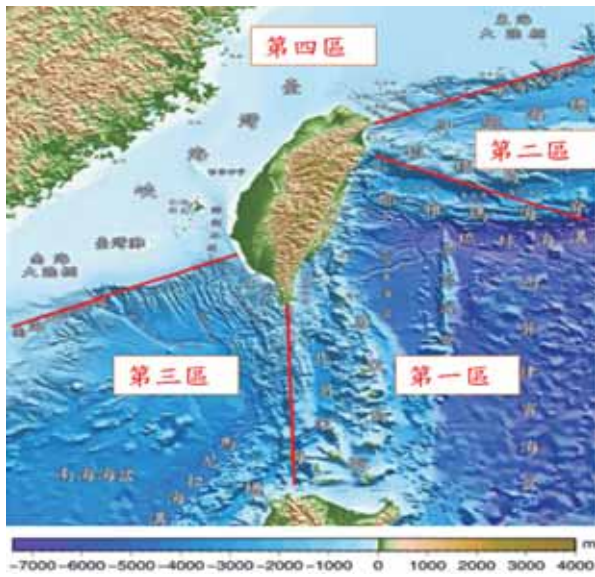
從美國、日本及中共布設SOSUS系統及發展過程，若要將裝備發揮其功效，需要考慮以下要素，首先海域水深要足夠、海床不適宜平坦，建置之通道水深最好可以在「深海聲道軸」(SOFAR)深度(約1,500公尺)，才可以蒐集到遠距離聲波音響信號；另海洋不宜泥沙性質，因聲波易被吸收相關資訊便不容易蒐集，最重要就是需要布設在潛艦可能通過的重要航道或重要活動範圍，才能滿足軍事用途效果。

(一)臺灣周邊海底地形處於歐亞板塊與菲律賓板塊的碰撞交會之處，海底地形崎嶇變化，西岸臺灣海峽水深約70公尺，東岸臨太平洋，水深達4,000公尺以上，包含有大陸棚、海脊、深海盆地、海溝、陡峭大陸斜坡及海底臺地等錯縱複雜的海底地形。周邊海岸地形又區分北部峽角灣岩岸、東部斷層沿岸、南部珊瑚礁海岸及西部沙質海岸等，性質不一而足，依海域地形劃分為四區域²¹(

註19：楊幼蘭，〈反潛大升級 陸南海新監測系統功力增數十倍〉，中時電子報，2018年7月30日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20180730003062-260417?chdtv>，檢索日期：2020年12月22日。

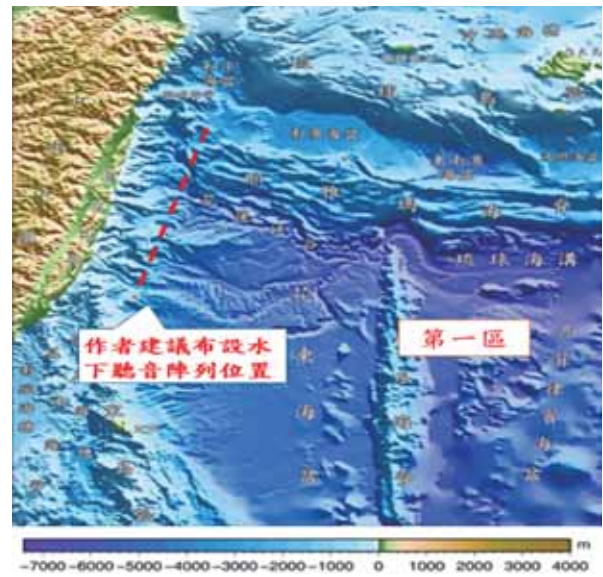
註20：同註6，頁115-121。

註21：萬文豪，〈海洋環境資料與戰場經營〉，《國防雜誌》，第20卷，第9期，2005年9月，頁28-36。



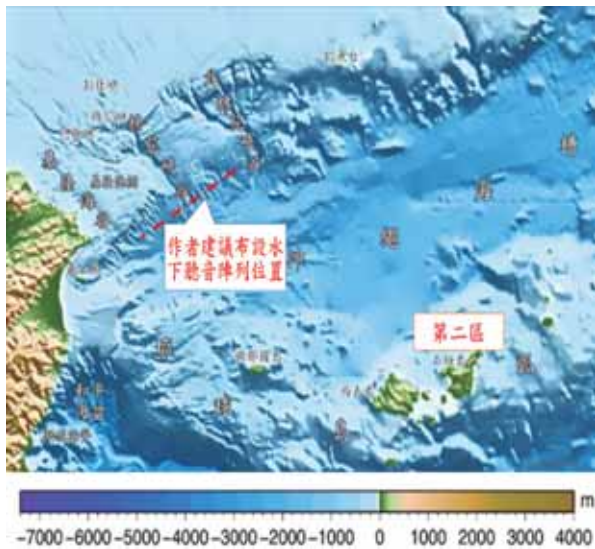
圖十：臺灣周圍海域地形圖

資料來源：〈臺灣周圍海域地形圖〉，科技部海洋學門資料庫，2013年10月，http://www.odn.ntu.edu.tw/bathy/wp-content/uploads/sites/3/2018/04/Taiwan_web.jpg，檢索日期：2020年12月27日。



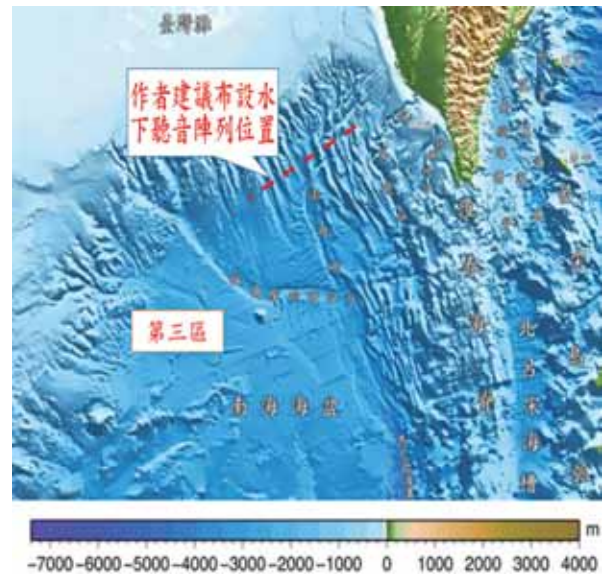
圖十一：臺灣東部海域海底地形圖

資料來源：〈臺灣東部海域海底地形圖〉，科技部海洋學門資料庫，2013年10月，http://www.odn.ntu.edu.tw/bathy/wp-content/uploads/sites/3/2018/04/East_TW_web.jpg，檢索日期：2020年12月27日。



圖十二：臺灣東北部海域海底地形圖

資料來源：〈臺灣東北部海域海底地形圖〉，科技部海洋學門資料庫，2013年10月，http://www.odn.ntu.edu.tw/bathy/wp-content/uploads/sites/3/2018/04/Ntaidp_web.jpg，檢索日期：2020年12月27日。



圖十三：臺灣南部海域海底地形圖

資料來源：〈臺灣南部海域海底地形圖〉，科技部海洋學門資料庫，2013年10月，http://www.odn.ntu.edu.tw/bathy/wp-content/uploads/sites/3/2018/04/staidp_web.jpg，檢索日期：2020年12月27日。

如圖十)，除臺灣西部海域(第四區)不適合潛艦活動、亦不符SOFAR建置外，其餘東部(第一區)、東北部(第二區)及南部(第三區)海域均符合布設水下聽音系統。

(二)東部海域(第一區)，為蘇澳外海至鵝鑾鼻正南，水深約1,000公尺等深線，包含東部及東南海域，屬黑潮主流通過水域，在巴士海峽以東及蘇澳海脊以南之複雜深水區屬斷層下降的海岸海底地形，沿岸無大陸棚，平均水深達3,000公尺(如圖十一)，此區域東臨西太平洋，北至韓國、日本，南至菲律賓南洋群島等船隻必經航道，有頻繁國際航線交通船隻往返，亦適合潛艦活動。從花蓮北部至臺東外海之花東海盆，其水深及陡坡條件相當符合布設水下聽音器，可做為長期監聽西太平洋遠距離的深水海域狀況。

(三)臺灣東北部(第二區)，海底地形由東海大陸棚、沖繩海槽及大陸棚有三條下切的海底峽谷，從西到東分別為基隆海谷、棉花峽谷、北棉花峽谷。在棉花峽谷上有彭佳嶼、棉花嶼及花瓶嶼等島嶼，而這三個島約在東海大陸棚邊緣200公尺等深線上，超過邊緣的深度為陡降至1,000-2,000公尺的沖繩海槽(如圖十二)，由於東北角海域係本軍偵巡重點區域²²，也是韓國、日本國際航道常通過海域，也是此兩國海上交通護航重要範圍，若由龜山島外陡坡向東北延伸至棉花峽谷外布設水下聽音器陣列，應能提升對中共、日本、韓國潛艦接近我附近海域活動之偵獲率。

(四)南部海域(第三區)，自鵝鑾鼻正南至臺南安平外海，南接中國海，西臨巴士海

峽與太平洋相通，臺灣暖流、中國沿岸流及南中國海流等三股水流交匯，南方水域複雜湍急，其海底地形係由北向南大幅下降的大陸坡水深由80公尺急降至1,000公尺後，再緩降至3,000公尺(如圖十三)。在南海近年常有各國軍事活動狀況下，如由南海海盆北緣緩坡水深1,000至20,000公尺左右布設水下聽音系統，將可接觸在西南海域數公里外之音頻信號，也是我部署水下聽音系統優勢所在。

二、水下監聽系統建置成本效益

我國周邊地理位置多符合水下監聽系統環境建置條件，然龐大建設經費預算應是現實面最大問題所在。且海軍艦艇及空中兵力執行反潛偵蒐之範圍較偏向區域性偵測，若要長期及全天候、大面積、全作戰海域偵潛，需要付出長時間經營且消耗大量兵力，效果亦無法長期維持；再者反潛機、艦亦受限於海象、任務區、任務類型、妥善率、裝備能力及自然環境等因素有所影響，偵獲效果經常未臻理想，同時因缺乏遠程水下監控系統，難以建立整體性、全面性、即時性的反潛預警能力。因此，除考慮系統建置成本效益外，亦應考量SOSUS系統限制與優點，分段敘述以後：

(一)系統限制

1. 必須布設於聲道軸附近，始可發揮監聽長距離水下噪音資訊之功能。

2. 海底混合層水文受物理特性變化複雜，系統較無法發揮其作用，但該層水域亦是潛艦作戰或反潛作戰關鍵位置，需要搭配機載或艦載變深聲納以彌補在該層水域偵測條

註22：毛正氣，〈海軍軍官應知的臺灣東北角海域〉，《海軍學術雙月刊》，第51卷，第1期，2017年2月1日，頁119-136。

件不足之限制。

3. 布設系統應以潛艦活動進出重要通道或適合潛艦作戰海域，此項為我海軍應列主主要考量因素。

(二) 建置優點

水下監聽系統優點是具備全天候作業能力，可長時期執行遠距離、深海域的監偵預警及水文即時分析等；對海軍而言，算是水下監視網絡系統，再搭配空中、水面、水下反潛兵力綜合運用，具一定程度遏阻敵水下兵力進入我國海域，且能大幅提升反潛作戰成功公算。故在重要海域建立此一系統，不僅兵力數量、作業時間、自然環境等問題均可以獲得解決，亦可有效節約兵力使用，更有利本軍在反潛兵力上的部署與彈性運用，以達到本島重要港口、航道及周邊海域制海及有效反潛之目的。

(三) 成本效益

1. 美軍從1950年迄今投入的研發經費非常可觀，1993年已將原部署33個設備站(NAVFAC)縮減至4個，相對人員培訓、裝備維修等預算也相對減少6,500萬美元(約新臺幣195億元，相當「綜合海底監視系統單位」總預算的百分之五十八)²³。相比之下，我國國防預算規模更小，規劃建置難度頗高，且不易評估對反潛作戰之成本效益；然從經費節約角度來看，我海軍可結合產、官、學界等團體現行科技技術，共同執行研究，如使用「國立臺灣海洋大學」於2005年起引進

之16座法國海洋科技中心發展的精巧型海底地震儀²⁴，除監測海底地震資訊亦可同時監聽水下音響訊號，再分享其內容是否符合我軍需要，待資料蒐集發展運用成熟時，再依海軍反潛作戰需求，另行發展專屬之水下監聽系統，雖未能立即滿足需求，但未嘗不是經費拮据下的另一種選擇。

2. 2005年美、日規劃「魚鉤海底防線」從日本向南延伸到東南亞，包括了沖繩、關島、臺灣等節點，大致從九州西南部的鹿兒島開始，經沖繩群島到臺灣、菲律賓巴拉巴克群島，到達印度尼西亞的爪哇島、蘇門答臘島，最終到達安達曼和尼科巴群島，以上規劃布設的SOSUS系統為「美、日安保體制」的最高機密，且也規劃三條SOSUS系統在我國周邊海域，計臺灣本島東北部至日本與那國島之間；臺灣本島西南部至東沙群島之間；臺灣本島最南端的恆春至菲律賓呂宋島之間的巴士海峽²⁵。若我國能與美、日合作並納入西太平洋水下監聽機制，共同建置前述三條SOSUS系統，將可三方共享蒐集到的水下情報，有利於延伸我周邊海域情資掌握範圍，達到早期預警效益，且加長狀況應處時限。

綜上分析，反潛作戰是一個極為耗費人力資源的戰術運用，布設SOSUS系統的優點可獲得周邊海域水下目標的音響特性資料、潛艦越境路線和深海早期預警，亦可用於軍事情報研究、分析，提供海軍做為兵力部署之參考；另外，還可獲得周邊海域海洋生物

註23：同註7。

註24：海洋大學的海底地震儀從2004年起積極投入經濟部中央地質調查所規劃之臺灣西南海域天然氣水合物計畫，以調查天然氣水合物的生成原因與儲藏量，並積極投入經濟部中央地質調查所規劃之大臺北防災計畫，以調查臺灣東北海域地震與海嘯，同時自2005至2007年的兩年內完成臺灣周圍海域200次以上的海底地震儀施放與回收作業。〈地震儀海洋探測〉，國立臺灣海洋大學，<http://meda.ntou.edu.tw/obs/>，檢索日期：2020年12月4日。

註25：同註7。

的音響特性資料，和海底火山及地震等地質音響特性資料。儘管高新的科技系統不斷出現，但是聲紋辨識、判讀及研判上，都需要人員專業及高專注訓練，配合長期的海上測試、維護及演練，這也是反潛作戰成功的基礎。

三、反潛戰術作為應用

海軍實施反潛作戰首要目標就是先偵測到潛艦、掌握其位置，而如何掌握到潛艦又牽涉到偵測機率。現行運用P-3C反潛機、S-70C反潛直升機及水面艦等，都是在提高偵測機率，雖然偵潛手段都能機動但均屬即時、短暫的反潛手段；若要提高偵測潛艦機率，除增加部署艦台數量及偵潛作為時間拉長來彌補。然若在重要區域海域能布設一系列的水下監聽系統，就可達到長時監控的目標，不僅可提高潛艦偵測機率，維護我重要海域交通線的安全，亦可減低機、艦人力負荷與成本(概念示意，如圖十四)，運用如后：

(一) 結合海空反潛作戰能量及水下監聽系統提高偵潛機率

現有P-3C反潛機，其特性可在空中快速機動到達反潛威脅區實施反潛巡邏任務，加上合成孔徑雷達(Synthetic aperture radar, SAR)，屬微波成像雷達可產生高解析度圖像，廣泛的應用於遙感和地圖測繪，並大面積快速偵測海面狀況。若海空聯合反潛作戰資訊能即時、準確性的分享運用，則在反潛作戰先期的偵潛機率必定會相對提高，藉由SOSUS系統發現可疑目標時，即將反潛情資通報地面指管單位及水面反潛任務艦艇，再由反潛機快速機動且高解析度合成空徑雷達快速達到潛艦威脅區，確認水下目標

活動訊息後，即可由指管單位授權的反潛任務艦艇偕同P-3C反潛機或艦載S-70C反潛機對其實施攻擊。

(二) 建立水下即時戰場環境預報系統

潛艦就是運用海洋水文物理特性，提高其隱密性，並遂行潛艦作戰。故海洋作戰環境攸關海軍水面艦艇及潛艦作戰成效甚鉅，完整海洋作戰環境資訊包含海洋周邊環境的地形與底質、水文資料、海象狀況及空中天候與氣流的變化等。水面艦艇若能長期蒐整並整合岸基站台接收水下監聽系統之水下音響資料及臺灣周邊作戰環境與水文物理等資訊，不僅能提供各型機、艦反潛作戰即時訊息，對反潛偵測效益狀況更能清楚瞭解。畢竟愈瞭解作戰海域完整水文資料，就是對戰場的經營，若無法即時掌握，小則影響戰術運用，大則影響整個作戰計畫執行，確實不容輕忽。

(三) 整合運用多功能偵潛系統維護我海軍重要(港口)海域安全

臺灣的東北部、東部及西南海域均為適合潛艦活動之作戰環境，對我海軍平時或戰時防衛作戰的制海任務執行上，也一直是高威脅之所在，若能在重要海域(港口)布設SOSUS系統以獲得早期目標預警，結合反潛作戰空中、水面、水下三度空間的聯合戰力發揮，不僅能維護海軍重要港口及海域安全，亦可防制敵潛艦運用，確保海軍制海任務遂行(如圖十四)。畢竟，當水下聽音系統偵測發現可疑目標位置後，即可運用空中兵力快速機動特性，迅速前往目標海域外圍偵察，結合水面艦、水下聽音系統於威脅方位實



施反潛偵蒐，並共同遂行攻擊行動，此三方面之配合將是擊沉敵潛艦，彰顯海權之關鍵。

伍、結語

面對現代化潛艦隱匿、靜音技術提升、偵測距離及戰鬥能力均大幅增強，未來的反潛作戰上，更需要結合科技與技術，建立並運用多樣性偵測系統的整合，並就戰場透明度與目標識別兩方面做最大層度的經營。尤其面對中共數量龐大的潛艦部隊時，更需強調空中、水面、水下、岸置等多兵力搭配與多功能偵蒐裝備的結合，方能將防護疏漏減至最低，也增強海軍反潛戰力。因此，我國應積極規劃布設水下監聽系統，配合空中、水面、水下兵力之運用，強化反潛戰術、戰技之研究及聯合監偵作為，有助提升三度空間之反潛協同作戰能力，確屬值得投入之長遠規劃。

有鑑於投資建置水下監聽系統(SOSUS)係屬於一項長期的軍事建設投資，且所費不

貲；然執行初期，透過產、官、學界研究及臺海周邊水文、音響訊號等初步資料蒐集，及成效判讀分析整合，再依本軍需求積極研發符合我國需要之SOSUS系統，應能節省建置成本及研發經費，更能提升我軍反潛作戰效益。後續亦可透過外交途徑，協調參與美日反潛監偵體系，除共同分擔第一島鏈防務外，亦透過彼此水下情資交流，加強關鍵海域水下監偵，同時結合裝備更新與精進戰術戰法，咸信定能發揮「以小搏大」、「以寡擊眾」之精神，確保反潛戰力發揮，維護周邊海域安全。 ↴

作者簡介：

羅振瑜中校，海軍軍官學校89年班、國防大學海軍指揮參謀學院105年班，曾任飛彈快艇艇附、鳳江軍艦作戰長、飛行一大隊電戰官、一三三作戰隊偵潛官、海上任務支援中心管制長、海軍司令部通信官，現服務於國防大學海軍指揮參謀學院。

邱銘宏少校，海軍軍官學校96年班、國防大學海軍指揮參謀學院108年班。曾任海龍軍艦輪機長、海獅軍艦作戰長、256戰隊訓練官，現服務於海軍司令部。