

從潛艦通信發展 探討海軍潛艦通信與作戰

海軍中校 趙天豪、海軍上校 曾陳祥

提 要：

- 一、潛艦通信是為確保潛艦作戰和其他戰術行動與指揮而建立，必須保證潛艦之隱蔽與安全。就現代潛艦作戰而言，保持隱匿且又具超視距遠程攻擊能力已是必要條件之一，而通信為整個軍事行動最重要的一環，特別是潛航時，不論是指管通情之需求，或後勤支援考量等，一切均有賴對外通信以傳遞訊息指令，故世界各國無不於此投入龐大資源。
- 二、在聯合作戰環境下，良好通信系統能夠保證潛艦與岸基指揮所實施隱蔽通信，未來作戰中潛艦透過先進通信系統，能將水面、水下、空中與岸基指揮所間之訊息整合彙整，以建構一個完整的共同作戰場景，以利任務執行。
- 三、從各國戰史中潛艦部署及作戰能力，乃至近代世界各國潛艦通信方式，如何反思我潛艦通信可改善之處，並提出近、中、遠程等三階段發展建議，俾利通信能力提升，以增加潛艦戰術運用靈活度與戰略部署範圍，進而提升潛艦部隊戰力，自是當務之急。

關鍵詞：潛艦通信、指管通情、特低頻、高頻

壹、前言

潛艦最大特性就是隱密及奇襲，利用海洋所提供之保護，可在敵無法預期海域、地點執行攻擊及偵察，或切斷敵海上交通線等任務。而現代潛艦發展的特性，已非僅止於獨立作戰，亦可擔任聯合作戰攻擊之武力或特攻之載具。潛艦執行各項任務，最重要的除了事前的計畫，還有就是過程中的訊息傳遞，戰場瞬息萬變，要能保持最大的調整空

間以適應環境變化，指管通情是不可或缺的一環，「通信」也是任務成功關鍵。

潛艦在浮航及潛望鏡深度航行時，可由各桅管安裝之天線進行艦外通信，但下潛後，現有高頻以上通信方式均無法使用，而水下通訊極為複雜，不確定因素太多，且穩定度不足，所以潛艦通信仍有提升及加強之空間。另外執行任務中，如何接獲友軍情傳資料、掌握視距外目標，並將任務成果回傳至岸上指揮中心，均有賴建立良好雙向通信基

礎上，海軍亦當思考如何精進。

「隱密」是潛艦執行任務中最優先考量之條件，在此前提下，岸上指揮中心必須有效掌握潛艦兵力位置，才能以潛射攻船飛彈執行超視距攻擊，發揮奇襲最大效力，所以通信指管為最重要關鍵。在考量氣候、水文、位置及敵情威脅等諸多限制之下，如何精進現有潛艦通信指管能力，並有效納入聯合作戰體系，為撰寫本文主要的目的。

貳、潛艦通信手段

潛艦航行於海面下，靠匿踪、隱密對敵發起猝然攻擊。艦外通信精密且複雜，主要通信手段有無線電通信、水下通信、衛星通信及藍綠雷射通信等方式，分述如後：

一、無線電通信

無線電通信是艦艇與岸臺或其他艦臺間最主要通信手段，利用無線電波傳輸電報、語音、數據、圖像資料，具有快速、機動等優點，缺點為傳送之信息容易遭截獲、干擾與定位，而潛艦也不例外。潛艦透過艦上的桅管(如潛望鏡、電信桅等)、鞭型天線、拖曳天線或漂浮天線來接收、傳送訊息，但潛艦使用桅管來通信有其風險性。因為現今反潛裝備科技日新月異，例如合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar, SAR)¹即屬於一種微波成像雷達，可以產生高解析度圖像的機載雷達，一般安裝移動的載台上對相對



圖一：第16艘維吉尼亞級核潛艇

資料來源：每日頭條，2018年10月1日，<https://kknews.cc/military/9npp6jb.html>，檢索日期：2019年9月20日，並由作者繪製。

靜止的目標來進行成像²；逆合成孔徑雷達(Inverse SAR-ISAR)³則為靜態的雷達對運動目標成像之合成孔徑雷達，但因為目標在運動，除運動補償外，成像過程中尚需處理距離變動之影響，亦能測量移動目標的大小與姿態⁴、還有熱影像儀等，均使潛艦被發現機率大增。因此，為不讓潛艦桅管長時暴露於海面上，現今新一代潛艦都裝備先進複合式潛望鏡，像美海軍維吉尼亞級潛艦隱形式桅管(Low-Profile Photonics Mast, LPPM)⁵，只須升起一根桅管就可兼顧查證目

註1：〈遙測影像技術介紹〉，中央大學太空及遙測中心官網，<http://www.csr.r.ncu.edu.tw/>，檢索日期：2019年9月1日。

註2：〈逆合成孔徑雷達介紹〉，維基網站，2019年5月，<http://zn.m.wikipedia.org/zh-tw/合成孔徑雷達>，檢索日期：2019年8月30日。

註3：〈逆合成孔徑雷達應用〉，國家教育研究院官網，2003年10月，<http://www.terms.naer.edu.tw/detail/60897/>，檢索日期：2019年9月20日。

註4：同註3。

註5：〈L-3 Communications to develop new version of photonics mast for US NAVSEA〉，<http://www.naval-technology.com/uncategorised/news/l-3-communications-to-develop-new-version-of-photonics-mast-for-us-navsea-4587565/>，檢索日期：2019年9月20日。

標、通信、定位、電子偵測(如圖一)，桅管內含短波紅外線、攝影機，雷射測距、隱形外殼、多頻譜電子接收天線與通信天線⁶，俾能在最短時間完成偵蒐、解算與通信。

二、水下通信

(一) 水中通話器

水中通話器是潛艦的基本配備，而一般水面作戰艦艇亦有裝設，是一種潛艦常見的通信方式。水中通話器使用之頻率介於1-60Khz⁷(300Hz - 3Khz為北約組織規定頻率)，功率約100瓦，它一直在改進、更新中；例如美國發展AN/WQC-25已進步到可以發送載有數據轉換之聲波⁸，惟距離極為有限，通常不超過數哩(視實際發射功率及水文狀況而定)⁹。水中通話器雖然好用，但它所須考慮事項也較複雜，例如現地水文狀況會影響通話傳播距離；另水中通話器大部分為明碼傳送，如附近有敵潛艦、水面艦艇或水下聽音器時，容易遭對方偵測信文內容，暴露潛艦自身位置。

(二) 聲標通信

潛艦為避免因通信而喪失隱密性，因此發明聲標通信方式，可以降低通信各桅露出海面，暴露船位之危險。此種採用一次性通信聲標通信方式，於聲標內載有超高頻或特高頻之小型發電機與天線，當潛艦欲與友機、友艦通信時，只要將信文紀錄於聲標內發



圖二：英國ATLAS通信聲標

資料來源：Enabling Underwater Networking-ATLAS ELEKTRONIK UK，<https://www.yumpu.com/en/document/view/7415672/enabling-underwater-networking-atlas-elektronik-uk>，檢索日期：2019年7月8日。

射，待聲標浮出水面後，即可立即或按所設定延遲時間，自動以廣播方式反覆發送信文，直至飛機(水面艦或陸上基地)接收為止。此外通信聲標亦可經由設定時間，於施放一定時間後自動停止並自沉。此種方式可有效提升潛艦存活率又不會限制其機動性，例如英國所發展ATLAS Elektronik通信聲標¹⁰(如圖二)，即是此類聲標之翹楚。

(三) 浮標通信

通信浮標是一種可重覆使用浮標，此種

註6：〈USW Electromagnetic Systems Department Overview〉，2016年7月30日，http://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/NUWC_Newport/ReadingRoom/Code34IndustryDay2016.pdf?ver=2016-07-07-102554-747，檢索日期：2019年9月2日。

註7：〈SATEL - Underwater Telephone〉，2013年，<http://bilgem.tubitak.gov.tr/en/icerik/satel-underwater-telephone>，檢索日期：2019年7月8日。

註8：Acoustic Systems Descriptions，2011年3月，http://goaeis.com/Portals/GOAEIS/files/EIS/Appendices/GOA_FEIS_Appendix_H.pdf，檢索日期：2019年9月5日。

註9：蔣海安，〈淺談現代潛艦通訊〉，《國防雜誌》，第5卷，第3期，1989年，頁74。

註10：Dr. NORMAN FRIEDMAN，"WIDENING CAPACITIES IN LONG-RANGE UNDERWATER COMMUNICATIONS"，Uta & Volker Schwichtenberg，Vol. X X X VII，No. III(2016)，p.38。

通信設備為新一代潛艦通信重要手段，潛艦可透過此中繼站而不用上浮至水面或潛望鏡深度，就可保持於水面下較深位置，與水面上其他艦臺或岸上基地實施通聯。通信浮標內通常裝有多頻道收發機及天線，浮標藉由電纜(或光纖電纜)與潛艦本身連結在一起，潛艦透過此電纜可控制浮標內各項設備。如今電纜技術越益精進，光纖式電纜可達到雙向快速通信，且延展性佳，使潛艦於水下以30節速度前進時，仍能施放浮標而不受航速限制¹¹，更增加潛艦通信安全。

(四) 漂浮天線(或拖曳天線)

此裝備主要是潛艦用來接收陸基特低頻(VLF)或至低頻(ELF)信文；此二種頻段傳輸穩定不受電離層與季節影響，但頻帶較窄，只能傳送低速電報不能通話，通常需要4-15分鐘才能傳送3個字。此天線可由潛艦裝設之電纜絞機施放及回收。

三、衛星通信

衛星通信具有涵蓋範圍廣、傳輸品質佳、傳遞資料大、不受天候影響等特點，是目前發展最快速的通訊方式。通信衛星頻段一般採超高頻(UHF)、極高頻(SHF)、至高頻(EHF)，或是以C、Ku、X、L波段來通信。衛星通信採廣播網方式在設定時間內24小時反覆發送，潛艦於考量敵情狀況許可下升出天線接收指令，但唯一的門檻在於是否有可傳遞訊號的通信衛星(Communications Satel-

ite)¹²，以建立地面發射與接收站之間的資訊通道。

四、藍綠雷射通信

利用波長為420~540nm(nano meter，奈米¹³)的藍綠雷射對海水有較強的穿透能力之特性¹⁴，在20世紀多次試驗證明，裝載藍綠雷射發射器的飛機在數千公尺的高空，對水下300公尺深的潛艦通信是有可能的；此方式通信的資料傳輸率高，且可以免除笨重的拖曳天線，亦使潛艦的靈活性得到大大提高。同時藍綠雷射對潛艦通信具有波束寬度窄、方向性好、不受電磁以及核輻射影響等優點，所以在抗干擾性和保密性方面，是無線電通信無法比擬的¹⁵。

參、潛艦通信運用與發展

潛艦於執行軍事行動時，需要依靠安全、便捷及隱密的通信方式，過去傳統潛艦所執行的單向通信方式，已不符現代戰場環境。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，而特低頻及更低頻頻率則為少數國家，如美、俄、中共、英、法等國所使用。

一、通信頻率介紹

無線通信是以電磁波傳輸，無線電頻率

註11：Underwater Optical Tether Deployer，2018，<http://www.tethers.com/UOTD.html>，檢索日期：2019年9月1日。

註12：satellite communication，〈Department of Space, Indian Space Research Organisation〉，<https://www.isro.gov.in/applications/satellite-communication>，檢索日期：2019年8月1日。

註13：〈奈米〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BA%B3%E7%B1%B3>，檢索日期：2019年10月18日。

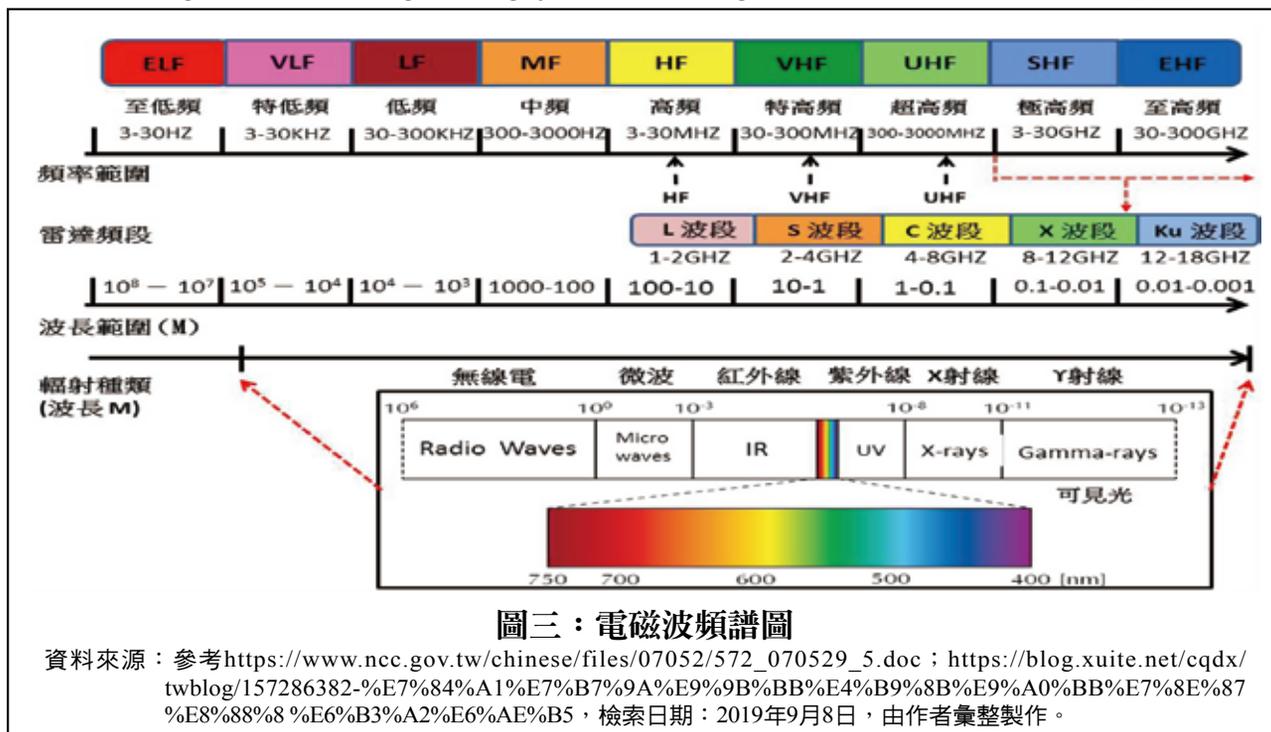
註14：董科研，〈對潛光通信〉，《四川兵工學報》，第33卷，第7期，2012年7月，頁74。

註15：同註14。

附表：國際電信聯合會 (ITU) 無線電頻率劃分表

| 頻帶命名 | 頻率範圍 | 波長劃分 | 特 | 性 |
|--------|-------------|------------|--|---|
| 至低頻ELF | 3-30赫 | 千萬公尺波 | 岸對潛艦單向長距離通信，可穿透水下100公尺。 | |
| 特低頻VLF | 3-30千赫 | 萬公尺波 | 岸對潛艦單向長距離通信，可穿透水下25公尺。 | |
| 低頻LF | 30-300千赫 | 千公尺波 | 岸對潛艦單向長距離通信，可穿透水下20公尺。 | |
| 中頻MF | 300-3,000千赫 | 百公尺波 | 遠程岸艦、艦艦雙向通信，使用於航空通信。 | |
| 高頻HF | 3-30兆赫 | 十公尺波 | 遠程岸艦、艦艦雙向通信，電波利用電離層反射(一次或多次反射)以達遠距離通信，為受電離層影響巨大。 | |
| 特高頻VHF | 30-300兆赫 | 公尺波 | 視距艦對艦、艦對空、岸對艦雙向通信及衛星通信，使用於搜索雷達、導航。 | |
| 超高頻UHF | 300-3,000兆赫 | 1/10公尺波 | 視距艦對艦、艦對空、岸對艦雙向通信及衛星通信，使用於搜索雷達。 | |
| 極高頻SHF | 3-30秭赫 | 1/100公尺波 | 衛星通信，使用於射控雷達。 | |
| 至高頻EHF | 30秭赫以上 | 1/1,000公尺波 | 衛星通信。 | |

資料來源：參考〈中華民國無線電頻率分配表〉，交通部官網，2018年8月23日，<https://www.motc.gov.tw/websitedowndoc?file=post/201808231114390.pdf&filedisplay=201808231114390.pdf>，檢索日期：2019年9月2日，由作者彙整製表。



圖三：電磁波頻譜圖

資料來源：參考https://www.ncc.gov.tw/chinese/files/07052/572_070529_5.doc；<https://blog.xuite.net/cqdx/twblog/157286382-%E7%84%A1%E7%B7%A9%E9%9B%BB%E4%B9%8B%E9%A0%BB%E7%8E%87%E8%88%8%E6%B3%A2%E6%AE%B5>，檢索日期：2019年9月8日，由作者彙整製作。

單位為赫茲 (Hertz, Hz, 簡稱赫)¹⁶，即電磁度從正極至負極到恢復正極的一整個週期，以每秒幾次赫茲為計算，國際間協議採用千赫 (KHz)、兆赫 (MHz)、秭赫 (GHz) 及澗赫

(THz) 等千進單位來表示。國際電信聯合會 (International Telecommunication Union, ITU) 依無線電頻率之高低，劃分為九個頻帶 (頻率劃分，如附表；頻譜圖，如圖三)。

註16：〈赫茲〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B5%AB%E5%85%B9>，檢索日期：2019年9月1日。

各頻段有不同的傳輸距離與特性，海軍艦艇因執行海上任務的關係，在設計時就在艦船上配備有可以涵蓋各種不同頻段的通信設備。為了有效的運用這些設備，更在各頻段的調諧、控制、接合、管理甚至使用做通盤的考量，並分別配備不同的收發機、天線、耦合器、話機及輸入的設備，以達到通信效果。所以，如何能在戰爭中有效的運用，達到保密且不降低通信品質，更是決定戰爭勝敗的關鍵因素。

二、潛艦之主要通信方式及演進

潛艦的軍事行動相當程度依靠安全、可靠的通信手段來達成，而潛艦主要通信方式概分岸臺對潛艦、潛艦對岸臺、潛艦對飛機與水面通信三種方法，分述如下：

(一) 岸臺對潛艦通信

在現代戰爭中潛艦作戰具有相對重要性，潛艦通信也已成爲海軍作戰中重要組成部分。岸臺對潛艦通信方式以特低頻爲主，極低頻、衛星、高頻通信爲輔。潛艦對岸臺通信手段則有中頻、高頻、特高頻、超高頻等，中頻用於中距離和無線電通信，高頻用於緊急通信，特高頻用於數據通信，超高頻用於衛星通信。

1. 特低頻(VLF)：

(1)是岸臺對潛艦通信主要手段，其頻率通常爲3至30KHz(波長5-10公里)。因特低頻穿透力高，可達到水下10~20公尺，因此適合用在水下通信(具體深度和電磁波發射

功率、距離遠近和水文因素密切相關¹⁷)。在通信效率方面，頻率越高，通信效率越高；頻率越低，通信效率越低。而且要產生低頻、甚低頻和極低頻電磁波，又需要極大功率的基站和龐大的發射天線，這些都使其只能做爲一種戰略通信手段，單向發送簡短的報文指令信息，無法在水下進行通信組網¹⁸。

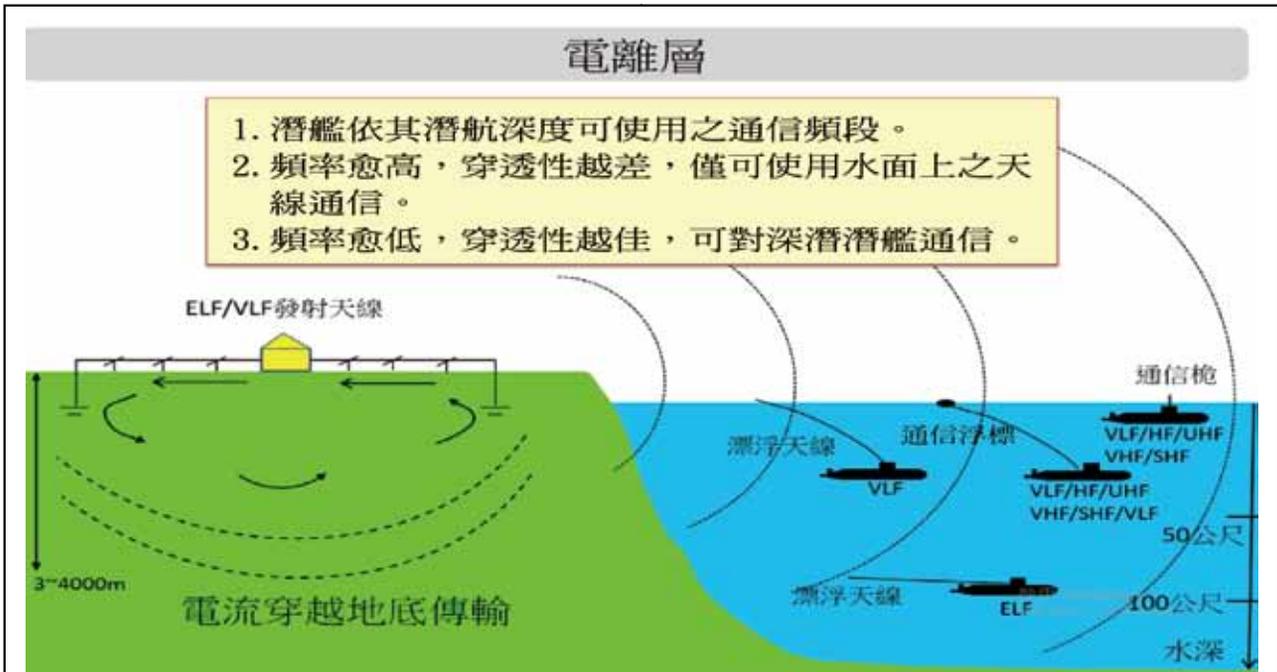
(2)特低頻發射之電磁波可穿透至水下20公尺深，潛艦僅須保持於潛望鏡深度附近或處於較深水下放出漂浮天線(或天線浮標)，而不須上浮暴露位置即可接收(示意圖，如圖四)，通信距離視岸臺發射功率而定。早期站臺發射功率爲20千瓦，約爲每小時20度電力消耗¹⁹，傳送距離爲3,000公里；現今站臺發射功率已超過600千瓦，發射距離更遠。目前美、俄、北約組織及中共等均採多個發射基地聯點傳送，以利在航潛艦選擇最佳之時機與地點，接收岸臺密碼信文，但也要視當時的海象及無線電功率的狀況而定；且潛艦於接收信文時須降低航速，或改變深度至離海平面較近深度航行，或採某一固定航向，方能順利接收岸臺信文。

(3)特低頻通信系統雖是一種非常有用的通信手段，但岸臺也有其先天性缺點，站臺結構非常巨大、無法隱密且極爲耗電，像美國設在澳洲西北海岸埃克斯茅斯鎮(Exmouth, Western Australia)的特低頻站臺，是由13座高387至304公尺的高塔組成，發射頻率爲19.8kHz、功率爲1兆瓦，是南半

註17：〈對潛通信〉每日頭條，2018年12月12日，<https://www.google.com/amp/s/kknews.cc/military/4nqa44x.amp>，檢索日期：2019年8月1日。

註18：同註17。

註19：〈何謂1度電〉，經濟部標準檢驗局，2016年7月1日，<https://www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xItem=20167&ctNode=3320&mp=1>，檢索日期：2019年9月24日。



圖四：潛艦各頻段通信接收示意圖

資料來源：作者自繪。

發射站臺由13座巨大天線組成，站臺面積長、寬各達2.5公里。

很多長波電台都依山而建，以山峰為塔，沿著長長的山脊綿延數公里

圖五：澳洲埃克斯茅斯鎮特低頻 (VLF) 站臺

資料來源：〈UFO Hovers Over NSA Base〉，<http://www.abovetopsecret.com/forum/thread833052/pg1>，檢索日期：2019年9月5日，並由作者繪製。



圖六：戰術通信飛行儀台 (TACAMO塔卡木) 通信運用

資料來源：參考〈TACAMO〉，鈞事評論，2017年5月9日，<https://www.facebook.com/TaiwanDefense/posts/644342799094611>，檢索日期：2019年9月19日，由作者彙整製圖。

球最強的發射站臺²⁰(如圖五)。然此類站臺由於結構巨大，站臺面積長、寬達2.5公里，幾乎無法隱蔽，戰時極易遭受破壞；另站臺建置成本高。因此，建置數量不會很多，當站臺實施維修保養時，將失去通信能力。

(4)特低頻通信由於頻率低、波長較長，造成信號傳送速度非常低(約10bit/分鐘，傳3個字約需15分鐘)，無法傳送大量資料，所以通常只會傳送簡碼給潛艦。現今美國與其他國家雖然研發及建置極低頻系統(SLF)來增加通信資料量、距離與水下深度，但相對系統構造與成本也會更大。

2. 戰術通信飛行儀台(塔卡木Project)：

(1)TACAMO係Take Charge And Move out一詞的首字語，意指將接收的超高頻信號以極低頻方式輸出，主要是做為戰略層級指揮中心對潛艦通信中繼儀臺，主要通信對

象為對核動力彈道飛彈潛艦(SSBN)實施「緊急行動信文(EAMs)」通信²¹。1968年起是以EC-130Q運輸機做為接收與發射的儀臺，後由於該型機機齡及機體都已不符使用，1990年之後就以B707客機改裝的E-6A水星級(MERCURY)噴射機為中繼儀臺(後提升為E-6B)²²。通信中繼的方式是由E-6B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(1英里)及8公里(5英里)左右天線，使信號達到最大垂直化來將信息傳送給潛艦，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。

(2)經證明TACAMO系統發射的極低頻信號可以在15公尺的水深下被接收(如圖六)，傳送距離也可達到1,000浬以上²³。也因為如此，潛艦須改變至較淺的深度才能接收。為

註20：〈Naval Communication Station Harold E. Holt〉，2018年4月14日，https://en.wikipedia.org/wiki/Naval_Communication_Station_Harold_E._Holt，檢索日期：2019年9月10日。

註21：〈TACAMO〉，維基百科，<https://en.wikipedia.org/wiki/TACAMO>，檢索日期：2019年8月12日。

註22：U.S. Strategic Command，<http://www.stratcom.mil/About/History/>，檢索日期：2019年8月18日。

註23：任有銀，〈現代戰爭與軍事通信〉(北京，解放軍出版社，2002年9月)，頁38。

改善此一限制，發展出潛艦在浮標內設計環形天線，在較深的深度下釋放浮標，並以拖曳的方式接收，就如電影「赤色風暴」(CRIMSON TIDE)²⁴中，美軍阿拉巴馬號潛艦在有敵情威脅下深潛釋放浮標接收戰術信文，以確定下達之攻擊指令是否正確？雖然電影結局是不須發射核彈，並成功化解地球毀滅危機，該橋段也凸顯出潛艦水下通信的重要性。

3. 衛星通信：

潛艦上之衛星通信天線是整合於可升降的通信桅管或潛望鏡內，天線的實際體積非常小且不顯眼，像美國維吉尼亞級及俄亥俄級核動力潛艦(SSGN)裝配之「潛艦高資料傳遞率(Sub-HDR)」EHF衛星通信系統，潛艦可以在潛望鏡深度操作時將Sub-HDR天線桅伸出水面後與衛星通信系統、寬頻上網連接²⁵，就能快速發送和接收寬頻多媒體、語音數據、圖像和視頻電話等信息²⁶。

(二) 潛艦對岸臺通信

其實潛艦對岸臺的通信方式與前述的幾種方式部分雷同，主要使用中頻(MF)、高頻(HF)、特高頻(VHF)、超高頻(UHF)、極高頻(SHF)、特低頻(VLF)、極低頻(ELF)等，最不受距離限制的就是衛星通信，但此種通信的方式仍無法面對殘酷的事實，需要將天線伸出水面上接、收發信文。潛艦升起任何通

信桅或天線都會面臨被偵測到的風險；因此，未來潛艦對於伸出天線接收或發送信文時，其所面對的危險只會增加不會減少。至於高頻通信目前為止仍是各國普遍採用的通信手段，因高頻通信的可靠度非常高，而將此通信方式做為另一遠距通信之手段，當其他通信遭受干擾或故障時(如通信衛星被摧毀)，高頻仍能保持其正常通信之功能。所以潛艦在潛望鏡深度航行時，可將通信桅(或鞭形天線)視敵情狀況伸出水面收發信文，其方式通常為事先選擇一適宜之岸臺，建立雙方通信，經辨證無誤後再傳遞信文；如該岸臺未能收到，則連線其他之岸臺接收該信文，並將該通信轉發至目的臺，但此種相互岸臺聯繫方式，使得潛艦極易達成通信目的，惟高頻通信也造成潛艦長時暴露之危險²⁷。

(三) 潛艦對空中與水面通信

1. 潛艦執行任務時，有時需向水面艦與飛機相互傳送訊息，達成情報傳遞與聯合作戰目的。但潛艦執行聯合作戰任務首重情資之時效性，才能即時對目標發射武器攻擊，此時潛艦可使用通信桅管或潛望鏡上裝有超高頻(UHF)與特高頻(VHF)之通信天線來達成通信手段，但也會增加潛艦被發現之危險。因此現代潛艦均裝置數據鏈路系統²⁸(例如Link-16、Link-22、Link-4A等)來達到雙方快速通信，並有利三軍聯合作戰兵、火力發

註24：〈Crimson Tide〉，IMDB，<https://m.imdb.com/title/tt0112740/>，檢索日期：2019年10月1日。

註25：南平，〈維吉尼亞級裝置-新型垂直發射系統〉，《全球防衛雜誌》，第287期，2008年7月，頁12。

註26：Raytheon Gets \$28.1M Order for 8 Sub HDR SATCOM Antennas，2010/5/22，<https://www.defenseindustrydaily.com/Raytheon-Gets-281M-Order-for-8-Sub-HDR-SATCOM-Antenna-06261/>，SATCOM Antennas，檢索日期：2019年9月9日。

註27：同註4，頁73-74。

註28：〈戰術數位資訊鏈路〉，維基百科，2018年11月，<http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/戰術數位資訊鏈路>，檢索日期：2019年9月20日。

揚。以美海軍維吉尼亞級核動力潛艦²⁹(SSGN)Block III型為例，艦上搭配新型戰斧巡弋飛彈(BGM-109E Black IV)，飛彈可事先發射於目標區上空盤旋待命，並由陸地上海豹部隊人員(另也可由飛機、UAS、衛星等)將目標情資透過衛星傳遞至潛艦後，再下達予飛彈執行快速攻擊命令，以彌補戰斧巡弋飛彈飛行速度較慢(亞音速)及無法打擊高時效目標之缺點³⁰，亦可減少潛艦備便巡弋飛彈所耗時間，達到聯合作戰之目標。

2. 海軍艦艇因任務特性與載臺設計，基本上整艘艦船就是一個涵蓋低頻(LF)到極高頻(SHF)頻段高功率機動通信載臺，目前潛艦若需與水面艦通信，只要相關的頻率能匹配均能使用。故潛艦與飛機與水面艦艇，基本上可透過通信桅天線、漂浮天線、鞭型天線來達成通信手段，惟其通信距離不若特低頻(VLF)及衛星通信來的遠，故潛艦與水面艦僅具中距離通信能力。

肆、潛艦通信效能與作戰能力之關係

現今世界上新一代潛艦均具有多樣性艦載武器系統(例如魚雷、水雷、巡弋飛彈、彈道飛彈、防空飛彈等)以遂行各項不同型態作戰任務，包括戰略核子嚇阻、獵殺敵潛艦與水面作戰艦、陸上目標打擊、破壞海上

交通線、反潛屏衛巡邏、監偵作戰、特種作戰等，這些任務均需潛艦妥善利用不同通信手段來協助，方能達成上述任務。由作戰、指揮及通信的概念來看，戰爭發展的態勢取決於通信聯繫狀況、指揮與管制手段的良窳，這都關係到潛艦作戰的成功與否。潛艦唯有在保持其最大隱密性及良好通信指管下，才能圓滿達成作戰目標。我國潛艦現已裝備潛射魚叉飛彈³¹，但受限於自身偵測裝備與水文環境限制，此視距外攻船飛彈極需要其餘載臺或岸上指揮所提供目標情資給潛艦，以達成飛彈遠距作戰能力。因此，良好通信效能是發揮潛艦聯合作戰及遠距打擊之重要關鍵。

一、海軍潛艦現行通信方式

(一) 高頻(HF)通信

海軍於執行遠距離作戰任務時，高頻通信為主要遠程(超視距)通信手段，藉由天波傳輸方式可以傳播很遠距離³²。目前海軍在高頻(HF)廣播通信方面，已在通信規範律定固定時間，實施全方位的廣播，潛艦會考量任務期間的敵情狀況，適時改變潛艦潛航深度，並伸出通信天線接收訊息，其優點為迅速、保密，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³³等環境因素的影響，通達率尚無法達百分之百，因此需

註29：〈維吉尼亞級核動力攻擊潛艇〉，維基百科，2019年5月，<http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/弗吉尼亞級核潛艇>，檢索日期：2019年9月20日。

註30：同註17，頁119-120。

註31：〈潛龍飛天-潛射魚叉飛彈運交臺灣〉，《全球防衛雜誌》，第354期，2014年2月，頁92。

註32：高頻通信亦稱短波(Short Wave)通信，主要依靠天波、地波兩種方式傳播；由於地波傳播距離僅可達20-30公里(除非加大天線與功率)，因此遠距通信以天波為主。

註33：盲區形成是因天線發射之電波，在地波傳達距離可達20-30公里，而天波經電離層第一次反射最短距離約為80-100公里，因此在30-80公里區間天、地波均無法達到，故稱之。

適時調整頻率來因應，方能達到最佳通信效果。

(二) 超高頻及特高頻(UHF/VHF)通信

對於超高頻及特高頻戰術通信，主要是應用於艦對艦、艦對空之通信，以傳遞戰術運動或行政信文，此頻道可做雙向通聯，且包含語音、數據等功能，亦可設定群組，可一對多、多對多等通信模式，但不論系統有多好用，潛艦仍無法避免需要將天線伸出水面，執行接收及發送信文的動作；另因為潛艦天線的高度通常僅距海面幾公尺，影響通信效果與品質。而水下通話系統則主要提供潛艦於潛望鏡深度以下，以海水為傳播介質，對直升機、水面或水下艦艇短距離通信時使用，惟無法達到保密效果，使用方式受限。

二、潛艦通信於作戰中之運用

對潛艦而言，指揮潛艦和潛艦執行任務的能力是一樣重要，當然潛艦並非跟水面艦一樣常時顯示於我軍各通信指管系統的作戰圖像中，並隨時隨地的更新保持最新資訊。面對此種限制，潛艦指揮官要考量的因素及面對的壓力更是多於水面艦，而岸上的指揮中心亦明瞭此一道理。故指揮潛艦作戰時，必須信任艦上指揮官並盡可能的不讓潛艦有遭到偵知的危險。戰場上訊息運用瞬息萬變，為了要達到這些要求絕非易事，所以潛艦在出港前的計畫整備、人員訓練、通信協調工作相對繁複，就是為了將海上接收信文的次數降至最低，並由潛艦指揮官做全面的指揮。

當有多艘潛艦於海上執行任務時，為避

免潛艦間相互干擾，與瞭解潛艦的位置，現行作法是將戰區劃分成數個潛艦作戰海域，各艦皆分配一個以上專有海域。潛艦巡邏不得超越其所規劃之海域，該海域依部署要求可予更動，這種海域隔離法確有作戰與安全的必要。因為每艘潛艦可以清楚知道在其海域所偵測出之任何其他潛艦絕非友艦³⁴，如此有利潛艦做出識別；另為與執行任務中潛艦完成通信，在執行任務前潛艦與岸上指揮必須完成通信規劃，在潛航一段時期後，潛艦會視安全狀況升起通信桅管，與岸上指揮所建立雙向通信，並接收重要訊息及回報潛艦位置與狀況，以利任務遂行。

上述這些海域區隔或通信作戰程序，皆為潛艦指揮與管制動態或預先計畫要項，其目的在使用最少通信量來管制潛艦作戰，所需之發報文大多由岸上指揮所做單向通信(岸至潛艦)，潛艦的自行主動發報則須減少至最低程度，或盡可能不發報；然岸上指揮所或潛艦管制系統須密切注意並報告敵情，以利在發生狀況時能即時應付，這時就需要即時通信；但若通信困難或面臨敵情威脅時，則必須在兩者之間做一正確的取捨。所以潛艦若具有良好之遠距、隱密與即時通信能力，能使岸上指揮所即時執行有效之指揮；潛艦亦可自行依敵情及所在海域偵蒐狀況，將情資傳回岸臺，以利指揮所的即時處置與決心下達，以發揮潛艦隱密與奇襲特性，並為全般作戰創造有利態勢。尤其是在執行遠距攻船飛彈攻擊時更是如此；反之，若潛艦通信不良造成指管不順暢，除影響戰局或延

註34：同註4，頁71-73。

誤戰機，恐將造成無法彌補之任務失敗。

隨著時代進步，潛艦上配置的攻擊武器已不再只有魚雷，而是發展出潛射飛彈，而潛射飛彈的類型又主導發展了不同型的潛艦，有潛射攻船飛彈³⁵、潛射巡弋飛彈(submarine-launched cruise missile, SLCM)³⁶及潛射彈道飛彈(submarine-launched ballistic missile, SLBM)³⁷等，種類發展如此多，共通點均是攻擊距離變長，且高於魚雷幾十倍，甚至成百、上千倍，而這樣的距離早已遠超過潛艦本身偵蒐裝備所能涵蓋範圍。以往岸上指揮所為了運用潛射飛彈射程優勢，往往就是將潛艦做前進部署以增加攻擊的範圍，當有潛射飛彈後，一旦發現敵目標時，僅需告知目標的資料，任務潛艦即可自行發射飛彈並深潛迴避；但這些程序要能夠執行並且成功配合，指管潛艦將是決定性關鍵因素。如潛艦即時通信無法發揮，上述一切僅能空談，潛艦亦無法有效發揮遠距攻擊及遂行聯合作戰。

伍、提升潛艦通信之建議

潛艦如有良好的通信方式，即可順應戰場變化來執行各項任務，包含巡邏區的轉換與空中或水面兵力協同作戰，及使用遠距飛彈或巡弋飛彈執行打擊任務。有關潛艦通信能量如何精進，以下區分兩部分說明：

一、現潛艦指管通信可完成整合運用部分

註35：同註29。

註36：〈潛射巡弋飛彈〉，國家教育研究院官網，<http://terms.naer.edu.tw/detail/988719/?index=1>，檢索日期：2019年9月20日。

註37：〈潛射彈道飛彈介紹〉，維基百科，2018年1月，<http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/潛射彈道導彈>，檢索日期：2019年9月20日。

(一)系統軟體之提升

我國潛艦現行指揮通信裝備計有高頻(HF)、特高頻(VHF)、超高頻(UHF)各式通信裝備及艦岸數據通信網。而潛艦近距離艦對艦戰術指管信文，由於所使用的系統裝備通用性高，現行UHF、VHF等通信方式及作法，尚能滿足潛艦需求。現今的通信手段上，潛艦通信仍是以衛星為最主要手段，結合低頻(LF)、特低頻(VLF)之遠距離水下通信及高頻(HF)、特高頻(VHF)、超高頻(UHF)戰術資料鏈路系統，係目前潛艦最佳之通信方式。但是低頻(LF)、特低頻(VLF)通信系統結構龐大，所需建置經費不貲，而且構建期程較長。現階段最即時、可行的作法，應置重點於「縮短暴露時間」與「增加傳遞速度」，此外對重要信文提取與否，岸上指揮所控制臺可從伺服器上監視，視戰場狀況即時發送指揮潛艦行動信文，將可大幅降低人為抄收信文之失誤及漏報機率。

(二)高頻通信(HF)之利用

潛艦執行各項任務經常配置於監偵雷達站範圍之外，可增加潛艦任務通信頻道，以利戰時使用。如潛艦於遠離臺灣本島執行任務時，任何即時、緊急或機密情資欲傳遞或接收，須利用轉傳方式方能傳遞至岸上作戰中心，此方式不但費時且延宕戰情，又可能在資訊轉呈過程中無法全程保密，間接危害潛艦安全，此時應該設法針對潛艦侷限的空間及天線匹配問題著手，以即時、保密為目

標，持續加強遠距離通信能力之建立。

二、強化現行通信作業

(一) 精進高頻(HF) 通信選頻技術

潛艦部隊因任務特性、海域環境及氣候之影響，僅依靠高頻通信將無法確保任務潛艦百分之百的通聯率，為使艦岸通信順暢，現行高頻通信各管制臺均按每月分析之電離層變化，繪製「最高可用頻率預報曲線圖」執行通信，然高頻在每一天中最佳通信頻率是隨著時間而變化不同，而艦艇在航行時卻只能依每月一次通報之最佳日、夜波頻率與岸上指揮所構連，致經常造成選用頻率不佳及通信受干擾狀況，確有必要精進。

(二) 加裝通信頻率預測軟體

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，必須使用電波傳播預測模型，才能選擇出所需功率、預期之訊雜比、最佳頻率或發射角度等操作參數，這也是必須發展預測軟體的主要原因。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」來解算最佳可用頻率、理想工作頻率、最大可用頻率以及電離層反射形式、最佳發射角等資訊³⁸，惟目前此預測軟體並未普及，應儘速加裝，以提高遠距通信之通達率。

三、未來可提升之通信發展方向

(一) 衛星通信

在我國已有能力完成人造衛星(如福衛

五號)並成功的送上太空的經驗下³⁹，後續可發展專用通信衛星，並配合潛艦架設相關通信裝備，提升衛星通信能力。否則在強調聯合作戰的需求下，即要整合各方情報，又要快速傳遞龐大資料，在缺乏穩定通信品質的前提下，實難達成制敵機先目標。且世界各國先進潛艦都已將衛星通信做為主要通信手段；因此，我軍潛艦部隊也應儘速規劃建立相關衛星通信系統，以利潛艦作戰任務遂行。

(二) 加裝通信浮標

潛艦於海上執行作戰任務時，為保持隱密很少有機會升出天線與其他艦臺或岸上指揮所實施通信，為克服此一困難，可藉由潛艦本身裝備之通信浮標，做為岸上與艦艇間之通信中繼站，或是在有敵情威脅考量下、有緊急通信需求下使用，如此可以保護潛艦通信時之安全；另也可於迴避深度下與其他艦臺或岸上指揮所保持通信，以達到通信指管之要求。惟潛艦加裝通信浮標須考量艦上可加改裝空間與浮標內天線匹配之問題，如此才能適應各種通信頻段，而絕非僅能使用某一種頻段而已。

陸、結語

潛艦這型艦臺自發明以來，在作戰運用中其重要性與日俱增。從一、二次世界大戰擔任航運破壞、封鎖敵國任務為主，到冷戰時期從事核武「第二擊」報復任務，到現今多樣化角色，例如對陸地打擊、特種作戰

註38：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》，第39卷，第11期，2005年11月1日，頁33-34，檢索日期：2019年9月1日。

註39：〈福爾摩沙衛星五號計畫簡介〉，國家太空中心官網，2015年，<http://www.nspo.narl.org.tw/tw2015/projects/formosat-5/program-description.html>，檢索日期：2019年9月20日。

、海上控制、海上拒止、情報蒐集、布雷及伏擊等作戰種類，顯現出潛艦執行任務角色越來越多元。在現今反潛科技日益進步下，潛艦執行任務時，越來越需要配合其他艦臺以遂行聯合作戰，而成功之關鍵就在於「潛艦通信」順遂與否。潛艦通信講求安全、迅速、有效及簡單；然從軍事通信角度觀之，沒有任何單一的通信手段可以滿足戰場上所有通信需求。因此現今世界多數國家潛艦一都盡可能利用各種頻段，以完備指管通情等C4I作為，而不偏重於單一方式。

潛艦科技日新月異，上述已分析許多現行可改進及未來需要籌獲的裝備，但作戰不是單靠潛艦一種艦臺就可打贏的。不論裝備多新或是通信多麼良好，建立穩定可靠的通信網路，是三軍能達成密切協調、發揮整體戰力的基礎⁴⁰，也是實施指揮管制的重要條件。因此，為因應爾後的聯合作戰，潛艦亦須配合全軍建立統一的通信指揮組織，建立高階層、高效率的通信指揮機構，如此才能使潛艦配合友軍發揮遠距離攻擊及奇襲效果，才能在未來臺澎防衛作戰之三軍聯合作戰

中，發揮整體戰力。

當前潛艦部隊可精進的方向，除了高頻裝備持續精進及律定專用頻道之外，海軍新式的裝備亦需針對潛艦空間上適時的調整，以增加監偵涵蓋範圍外的指管能力及手段；再者，相較於花費大筆經費在發射通信衛星或是建造特低頻發射站臺，優先改良我國各通信站臺裝備及擴增頻寬是更有迫切性的。加強現行裝備性能，並針對潛艦現有特性，強化傳送信文的即時性及傳遞距離，才能達成深入敵境及遠距攻擊之要求、才能在國軍整體防衛作戰中創造有利態勢，並予敵人關鍵的一擊，以保障國家安全與人民福祉。⚓

作者簡介：

趙天豪中校，海軍官校93年班、國防大學海軍指揮參謀學院106年班，曾任武昌艦戰情官、宜陽艦射控官、海軍司令部督察官、海軍教準部測考官，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40：陳聰明，〈淺談C4I之內涵與應用〉，《國防通信專輯》，第8輯，頁88。

