

中共潛艦工業基礎— 具中國特色的國家主導創新(下)

作者：莎拉·基奇伯格(Sarah Kirchberger)博士

譯者：翟文中先生。

本文取材自美國「海軍戰爭學院」-中國海事研究所第31號報告《中共潛艦工業基礎：具中國特色的國家主導創新》(China's Submarine Industrial Base: State-Led Innovation with Chinese Characteristics)，2023年9月出版。(上篇請見本刊第58卷第4期，2024年8月1日出刊)

提 要：

- 一、近年來，中共造船工業透過對研發的堅定承諾、與改善三個潛艦造船廠的生產設施(包含葫蘆島「渤海造船廠」、武漢「武昌造船廠」與上海「江南造船廠」)，在支援潛艦部隊現代化上取得了重大進展。
- 二、即令中共在潛艦工業基礎提升上做了巨大努力，然潛艦設計與建造仍存在著若干問題亟須克服，主要在艦船推進(由船用主機至燃料電池)與靜音性能兩個領域，兩者係決定潛艦作戰能力的關鍵因素。
- 三、中共曾由國外引進潛艦先進科技，惟在「中」、美對抗加劇的情況下，美國為首的西方國家將全面關閉此一途徑；而隨著與俄羅斯關係日趨密切，透過政治與經濟手段的綜合運用，為中共克服潛艦技術瓶頸，開啟「機會之窗」，其有相當機會取得俄國水下科技機密，發展值得關注。

關鍵詞：中共潛艦、軍民融合、中共造船工業、中共潛艦科技

陸、俄羅斯與西方設計協助與科技的影響

前蘇聯及其繼承者(俄羅斯)具有的潛艦專業知識，被中共潛艦設計社群長期穩定地運用。俄國工業與軍事專家常與「中」方潛艦設計人員及其製造產品進行深入接觸；因此，他們的評估意見具有相當啟

發性。據聞俄國「魯賓設計局」(Rubin Design Bureau；另譯紅寶石設計局)就對093型「商級」核動力攻擊潛艦的設計提供很多的協助，「中」方船體設計、儀表、靜音匿踪提升，與發展音響反制系統等領域的設計師，均獲得該局的支援。⁶⁷

就傳統動力潛艦而言，俄對「中」的支援同樣重要，除中共早期自製的「R級

註67：Richard D. Fisher, Jr., "The Impact of Foreign Technology on China's Submarine Force and Operations," in Andrew S. Erickson, Lyle J. Goldstein, William S. Murray, and Andrew R. Wilson(eds.), China's Future Nuclear Submarine Force (Annapolis, MD: Naval Institute Press, 2007), p.135; Damantsev, "PLA Operation to Expel the U.S. Navy from the South China Sea."。

」潛艦外，其後俄羅斯以整船輸出方式，出售2艘「K級」(877EKM型)與10艘「改良型K級」(636型)潛艦，輸出項目包括所有感測器與武器，並提供範圍廣泛的支援、訓練與維修服務，據聞俄方人員也在中共常設的「支援點」駐點。⁶⁸此一「K級」潛艦採購為「中」方專家提供一個機會，使其能廣泛接觸到各式嶄新的武器與感測器，為日後的潛艦自製計畫奠定良好基礎。

此外，俄國與西方國家也對中共進行技術轉移，如瑞典的「史特林引擎」(Stirling engine)技術，對「中」方潛艦設計造成深遠的影響；對此，在《走向深藍的中國海軍》書中，作者寫道：「中共海軍透過特定管道與西方國家進行技術交流，取得設計現代水面艦船與潛艦所需的相關科技，在艦船現代化整體技術部署，獲得重要的支援。」這種交流甚至在1989年中共遭到武器禁運制裁後仍繼續存在。⁶⁹當前並不清楚，哪些國家和中共進行技術交流，以及什麼類型科技被轉移至中共。1989年前，美國與歐洲國家許多科技都曾輸往中共，包括水面作戰武器、雷達與聲納等各式感測器、指管系統，以及德、法兩國的艦用柴油機與美國的軍用燃氣渦

輪機。再者，中共與俄國各種不同來源報導指出，1980年代瑞典海軍造船廠「考庫姆(Kockum AB)公司」就曾提供中共「史特林引擎」技術，中共並進一步模仿發展，為其後國內自製功率更大的「史特林絕氣推進系統」奠定基礎。⁷⁰

一、傳統「絕氣推進系統」(AIP)對中共海軍的影響

(一)相較核動力潛艦，傳統潛艦的海上持久力過短且機動力不足，若干觀察家不免質疑，為何中共、俄羅斯或法國等具建造核潛艦能力的國家，仍持續從事傳統動力潛艦的研發，並持續投入可觀資源，發展先進傳統「絕氣推進系統」。由於中共鄰接水域複雜的海洋地形，且多為淺水水域，這種水文環境適合小型、靜音性能較佳的傳統潛艦，以執行區域排拒任務，如此中共發展傳統動力潛艦就不令人意外。共軍潛艦配備「AIP」系統後，將帶來巨大的改變，在美、日兩國先進空載反潛作戰資產出現的各水域，其潛艦能更有效地執行各項任務。中共軍事評論家在2014年時就指出，共軍舊式柴電動力潛艦最多僅能潛航2至3天，在潛望鏡深度充電前航程不超過200浬，加上電瓶充電需6至14小

註68：Bussert and Elleman, *People's Liberation Army Navy Combat Systems Technology*, p.33。

註69：馬宏偉，《走向深藍的中國海軍》(上海：復旦大學出版社，2020年12月)，頁70-71。

註70：Евгений Даманцев [Evgeny Damantsev], *Допрыгались! 7-й флот ВМС США попадет на мушку уникальной модификации «Палтуса»* [“You’ve Had it! US 7th Fleet Hits the Target of a Unique Modification of the Project 877 Paltus”], *Военное обозрение [Military Review]*, 18 September 2018, <https://topwar.ru/147131-doprygalis-7-j-flot-vms-ssha-popadet-na-mushku-unikalnoj-modifikacii-paltusa.html>; 〈中國 AIP 潛艇為何強：發動機功率超國外117%〉，軍事要聞觀察者網，2015年5月5日，<https://web.archive.org/web/20150726040029/http://news.qq.com/a/20150505/050443.htm>，檢索日期：2024年6月3日。

時，這使得中共潛艦在美、日反潛兵力前，極易暴露行踪。

(二)對中共東海艦隊潛艦而言，複雜的海洋地理使其操作面臨額外挑戰，如離開舟山基地周邊海域深度較淺，最深處僅20公尺，出港後平均水深也只有不到50公尺，而該艦隊的傳統潛艦需要在水面浮航大約200至300浬，才能到達安全深度的下潛海域；因此，面對日、美軍的反潛作戰，「中」方潛艦部隊的曝露率是非常高的。而日、美軍憑藉美國發達完善的「天基」(space-based)情報支援體系，可以迅速獲得潛艦的運動態勢和機動方向。在此基礎上，日、美兩國可以用世界上最大、最先進的「P3-C型」固定翼反潛機隊，在傳統潛艦潛航突破區，設置覆蓋沖繩海槽和「第一島鏈」、縱深達300至400浬的阻柵區域，這將很大程度遏制東海艦隊傳統潛艦部隊，向東突破島鏈、向東南進入臺海區域，以及向東北進入日本沿海區域的作戰能力。⁷¹

(三)「AIP」系統賦予傳統動力潛艦嶄新作戰能力，其在潛航狀態可對電瓶進行充電，水下航行時間至多可達20天，這項特性改變了潛艦各項作戰參數；讓在濱海水域的複雜環境中，配備空載雷達與紅外線感測器的定翼機要偵獲一艘配備「絕

氣推進系統」的小型潛艦並不容易。前引評論指出：「元級」(039A/B型)的AIP動力，讓中共的潛艦部隊可以「從容不迫」的秘密潛入到日本九州(Kyushu)、四國(Shikoku)和本州(Honshu)到西南部，也可以快速突進到菲律賓海(Philippine Sea)中部地區。實際上，正是得益於AIP動力，中共潛艦部隊的作戰範圍擴大了近10倍，一系列新戰術和新戰法應運而生。而這也意味著「中」方兩大主力艦隊的潛艦都有能力在隱蔽態勢下，突破島鏈封鎖，獲得攻擊日本本土東部密集商業航線的機動作戰能力；這樣的戰略態勢對於共軍潛艦部隊的作戰威懾力和作戰效果而言，可謂意義深遠。⁷²

即令如此，中共一些評論仍指出，中共海軍早期的「絕氣推進系統」性能存在著若干限制，這些問題需進一步研發、改進，從而尋求解決之道；且由於現有「史特林引擎」的功率過小，「039型」潛艦的水下充電速度仍然相當緩慢。當以20節速率水下巡航數小時後，潛艦在主電瓶重新充電前，祇能以2節速率在水下緩慢地行進；因此，增加「史特林引擎」的功率，係改善該型潛艦性能的關鍵性科技，預判未來將有新一代的「絕氣推進系統」潛艦問世。⁷³

註71：〈深度：淺談中國海軍039潛艇AIP技術成戰略意義〉，Sina新浪軍事，2014年2月18日，<https://web.archive.org/web/20230325232533/https://mil.news.sina.com.cn/2014-02-18/1533764810.html>，檢索日期：2024年8月4日。

註72：同前註。

註73：〈中國潛艇為何強：發動機功率超國外117%〉，騰訊新聞軍事要聞觀察者網，2015年5月5日，<https://web.archive.org/web/20150726040029/http://news.qq.com/a/20150505/050443.htm>，檢索日期：2024年6月5日。

二、中共國產「史特林絕氣推進系統」進一步發展

(一)中共評論指出，1980年代初期，中共由瑞典引進「史特林引擎」技術，其後即開始研究將此技術運用於潛艦推進。1998年，「711所」成功研發具完全自主知識產權的「史特林引擎」原理樣機；2002年順利完成首部工程樣機，並於2005年最終定型，該引擎的性能與瑞典製造的「V4-275」系列「史特林引擎」相埒。⁷⁴倘若此時間表是正確的，中共首部全功能「史特林引擎」AIP系統2005年前尚無法與潛艦進行整合配置，「元級」(039A型)潛艦明顯未裝配「史特林引擎」(除非之前早已配備此系統)。確切地說，根據前述資料推測，中共配備絕氣推進系統之「039B型」潛艦，可以4節航速持續潛航2,300至2,500浬(約4,300到4,600公里)，航程較早期「039A型」潛艦高出數倍。⁷⁵另一評論明確地指出，「039B型」是中共海軍配備最新型「史特林引擎」的潛艦，評論內容亦對「711所」熱氣機部門特殊發動機小組提出讚揚，稱許該小組過去十年的辛勤工作，其研製的「史特林引擎」輸出的功率，高出市場同型裝備1.17倍

。76

(二)2021年，中共官媒再次發布「711所」研究成果，聲稱成功地研製出一部功率更大的「史特林引擎」。新聞稿聲稱：該樣機的額定功率為320千瓦，功率轉換效率為百分之四十，係全球已知功率最大的「史特林引擎」。值得注意的，此發展亦有助提升中共核子推進系統的性能。報導指出，這項突破為中共未來研製百萬瓦級「史特林引擎」奠定紮實基礎；其與「鈉冷式快中子反應器」(sodium-cooled fast reactor)一起運用時，可排除「鈉水反應」的風險，適合發展用於極地、偏遠島嶼與戈壁沙漠等特殊環境的「便攜式微型反應器」發電機。再者，其可用於未來潛艦推進使用。⁷⁷該型引擎真可用以強化未來核潛艦反應器嗎？至少就理論言，這似乎是有可能的。報導指出：「『史特林引擎』可視為蒸汽渦輪機的替代品，後者多用於核電廠做為生產電力之用」。此一引人關注的工程問題註記如下：「液態鈉可做為冷卻劑，如此就不需要水。『史特林引擎』可增加核反應器輸出功率，同時亦減少放射性廢棄物數量」。⁷⁸

(三)俄羅斯的評論對中共成功研製「

註74：同註71。

註75：同註71。

註76：同註73。

註77：Liu Xuanzun, "China Develops World's Most Powerful Stirling Engine," Global Times, 22 December 2021, <https://www.globaltimes.cn/page/202112/1243157.shtml>, 檢索日期：2024年7月7日。

註78："China Eyeing Deadlier Submarines, Safer Nuclear Reactors with New Stirling Engine?," The Week, December 2021, <https://www.theweek.in/news/sci-tech/2021/12/24/china-eyeing-deadlier-submarines-safer-nuclear-reactors-with-new-stirling-engine.html>, 檢索日期：2024年7月8日。

史特林引擎」AIP系統表示嫉妒，俄國雖然多管齊下進行相關技術研發，同時擁有豐富的潛艦設計與建造經驗；然並未部署配備任何型式絕氣推進系統的傳統動力潛艦。俄國觀察家達曼采夫(Evgeny Damantsev)報導指出：「根據中共可靠來源消息報導，中共樣機的輸出功率可達220匹馬力，這是獨一無二的；而中共專家表示，下一步將把輸出功率提高至352匹馬力。因此，安裝在『039B/C型』潛艦上的4部『史特林引擎』，總輸出功率為1,408匹馬力，此數值為『改良型K級(636型)』潛艦2部柴油發電機總輸出功率百分之四十二。這意味著該型潛艦水下潛航的充電時間，應十分地接近『K級877型』潛艦所需充電時間。」⁷⁹他亦稱許中共「711所」將全部心力投入單一技術研發，而俄國「魯賓設計局」從事的研究則較為多樣，如同時對燃料電池與鋰離子電池技術進行研發。⁸⁰經查海軍「元級」潛艦使用的「史特林引擎」係由該所子公司「上海齊耀動力技術有限公司」（簡稱「齊耀動力」）發展製造(同表一)。⁸¹

三、中共外銷潛艦未配備國產柴油引擎的奇特例子

(一)中共海軍潛艦使用的柴油機，主要仰賴進口與原廠授權生產的德國「MTU公司」396 SE84柴油機，如「宋級」與「元級」潛艦均採用此系列主機做為推進動力。⁸²近期，中共潛艦外銷泰國的計畫凸顯這個奇特現象，2017年中共贏得泰國潛艦採購合約，一艘S26T「元級」潛艦將於2023年交付；2022年，因德國政府拒絕發給「MTU公司」引擎出口許可證，「中」、「泰兩國間的潛艦交易因此遭到擱置。在泰國政府威脅取消合約後，「中」方決定提供其自製的「CHD 620」柴油主機做為替代。2023年4月，泰國政府對是否接受此「未認證」(unproven)引擎技術的態度猶豫不決，主因係此引擎從未用於潛艦推進，至作者撰文時雙方的審查與磋商，仍持續進行中。⁸³

(二)當前態勢點出一個令人困惑的瓶頸，一位德國潛艦設計專家在接受作者訪談時指出，柴油機係相對較舊技術，非複雜到難以掌握，且是一個可處理的技術風

註79：Evgeny Damantsev, "You've Had it! US 7th Fleet Hits the Target of a Unique Modification of the Project 877 Paltus," Military Review, 18 September 2018, <https://topwar.ru/147131-doprygalis-7-j-flot-vms-ssha-popadet-na-mushku-unikalnoj-modifikacii-paltusa.html>, 檢索日期：2024年7月9日。

註80：同前註。

註81：1975年，「中國艦船研究院711所」成立特種發動機研究室；1996年6月，成立特種發動機工程研究中心；2002年8月，該研究中心轉制成立「上海齊耀動力技術有限公司」，由「中船重工集團公司」與「711所」聯合控股，該公司係中國大陸唯一的「史特林引擎」發電機製造商。參見公司官網，<https://web.archive.org/web/20230605143720/http://micropowers.com/en/company.aspx>，檢索日期：2024年6月10日。

註82：Amanda Rivkin, "German Technology Found in China's Warships: Report," Deutsche Welle, 11 June 2021, <https://www.dw.com/en/german-engine-technology-found-in-chinese-warships-report/a-59740301>; Franz-Stefan Gady, "Why China's Submarine Force Still Lags Behind," The Diplomat, 28 May 2015, <https://thediplomat.com/2015/05/why-chinas-submarine-force-still-lags-behind/>, last visited at May 28, 2024。

險。若從潛艦顧客角度而言，「未認證」柴油機最可能的風險為何？該專家推測，應與排放引擎廢氣的「排氣背壓系統」(exhaust back pressure system)有關。當潛艦在呼吸管深度航行時啟動主機，因此系統係在水面下進行操作。「MTU公司」對此做出如下說明，「水下排放柴油機廢氣時，每增加1公尺深度水壓將增加100mbar(毫巴；譯註：約0.1個大氣壓力)；因此，必須防止海水倒灌進入主機。鑑於這個原因，公司研發一套『特殊增壓空氣系統』(special charge air system)。」⁸⁴此系統故障或出現性能不佳情況時，將對潛艦人員與可靠性形成安全隱憂，這也是潛艦客戶最主要的憂慮所在。⁸⁵

柒、中共海軍的燃料電池絕氣推進系統

除「史特林引擎」絕氣推進系統外，中共亦積極地從事其他型式絕氣推進系統的開發，包括技術更先進的燃料電池系統，德國「西門子公司」(Siemens)與「TKMS公司」最早成功地開發此項技術。由於具有較高能量密度，毋須配備移動部件

，此系統較「史特林引擎」絕氣推進系統更安靜，且輸出功率更大；然而，仿製此系統將面對許多技術挑戰。中共研究燃料電池已有多年時間，迄今未有證據顯示其已掌握此一技術，並運用於有人操作潛艦；此外，對於直接跳過「史特林引擎」技術，集中發展鋰電池是否更具成本效益，「中」方尚未做出定論。⁸⁶

即令如此，對民用船舶及特別是長航時無人飛行載具而言，燃料電池具有相當吸引力，後者(指無人載具)係中共發展廣域海洋信息網路的重要組成。藉對公開出版品所做的判斷，推估共軍「92578部隊」係一從事燃料電池、鋰離子絕氣推進系統，與光纖水中聽音器相關科技研發的機構，該單位一名作者宋強就撰文指出，前揭技術(指鋰離子電池)係提升水下無人載具水下持久性的優先選項。⁸⁷

一、專注於鋰離子電池發展

(一)2018年，日本首先將鋰離子技術運用於潛艦推進，2021年時南韓跟進，德、法兩國與其他許多國家亦從事此樣機研發；同樣地，中共研發人員對此技術運用於潛艦推進，亦具有高度興趣。⁸⁸2022年

註83：Sebastian Strangio, “Thailand’s Navy Chief Says Country could Cancel Chinese Sub Contract,” The Diplomat, 23 November 2022, <https://thediplomat.com/2022/11/thailands-navy-chief-says-country-could-cancel-chinese-subcontract/>; “Wuhan Trip To Clear Engine Doubts,” Bangkok Post, 30 January 2023, <https://www.bangkokpost.com/thailand/special-reports/2494147/wuhan-trip-to-clear-engine-doubts>, last visited at May 28, 2024。

註84：MTU Website, “Underwater,” <https://www.mtu-solutions.com/cn/zh/stories/marine/military-governmentalvessels/underwater.html>, 檢索日期：2024年7月12日。

註85：2023年3月21日，作者訪談潛艦設計專家內容。

註86：2023年3月24日，作者訪談造船工業主管內容。

註87：宋強，〈水下無人航行器燃料電池技術淺談〉，《艦船科學技術》(北京)，第42卷，第12期，2020年12月，頁154。



圖六：日本「蒼龍級」(圖左)、「大鯨級」(圖右)潛艦

資料來源：參考〈蒼龍級潛艦〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/蒼龍級潛艦>；〈大鯨級潛艦〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A4%A7%E9%AF%A8%E7%B4%9A%E6%BD%9B%E8%89%A6>，檢索日期：2024年7月12日，由譯者整理製圖。

，一位共軍「92578部隊」的研究員撰文，對日本海軍第11艘「蒼龍級」(Soryu class)潛艦採用鋰離子電池推進的模型進行分析(如圖六)。該文認為，鋰離子電池推進係傳統動力潛艦電池的發展方向，並闡明此種電池的安全研究與工程運用應該加速進行；⁸⁹因此，中共應已建立潛艦用鋰離子電池動力系統的基礎，雖然當前未能掌握全部技術，但已獲得相當進展。

(二)2022年，中共《船電技術》刊出一篇由3位中共「海軍潛艇學院」成員發布文章，該文對中共試圖將鋰離子技術運用於潛艦，及期望之作戰效益進行討論：「2020年，日本『大鯨級』(Taigei class)潛艦順利下水，這是全球首艘真正

意義上的鋰電池潛艦；相較先前裝備鉛酸電池的『蒼龍級』潛艦，能量密度達到之前的兩倍以上，重量減輕一半，這對其機動性和隱蔽性有了質的提升。」⁹⁰對於中共採用此型推進系統的可行性討論，渠等指出：「鋰離子電池在便攜式電子設備、新能源汽車、航空航天和國防軍事等領域得到廣泛應用。如陸軍方面的單兵系統、戰車和軍用通信設備，海軍方面的微型潛艇和水下航行器，以及航空方面的無人偵察機；尤其在新能源汽車方面，已成功研製大容量的鋰離子電池，且性能穩居世界前列。」⁹¹

(三)即令如此，當潛艦使用鋰電池做為推進時，安全風險必須能夠管理，特別

註88：Baba Tamim, “China: Lithium Batteries May Soon Power World’s Largest Fleet of Submarines,” Interesting Engineering, 30 October 2022, <https://interestingengineering.com/innovation/lithium-batteries-to-power-china-submarines>, last visited at May 28, 2024。

註89：宋強、趙滿、毛柳偉，〈淺析「鳳龍」號潛艇動力系統技術狀態〉，《船電技術》(湖北武漢)，第42卷，第12期，2022年12月，頁22。

註90：王峰、張棟、孫飛龍，〈鋰離子電池裝備於常規潛艇可行性分析〉，《船電技術》(湖北武漢)，第42卷，第10期，2022年10月，頁153。

註91：同前註。

是熱失控(thermal runaway)的危險：「…仍有許多問題必須有效解決。…當傳統潛艦配備鋰離子電池，首先必須發展測試方法，用以確保電池在電化學作用、機械作用、熱作用與環境作用等條件下的安全。…熱失控是影響鋰離子電池安全的最主要原因。過度充電、短路與加熱等，都可能引起熱失控。⁹²」他們亦指出：「橫亙在前的一些技術問題亟待解決，如為防止電池熱失控，分析研究表面電池結構設計、製造工藝、原料選擇以及電池組管理等是其主要途徑。再就安全角度而言，材料方面正極推薦選用磷酸鐵鋰，負極推薦選用硬炭或鈦酸鋰、綜合活性物質、SEI膜，再加上新型電解質和陶瓷塗層隔膜技術，藉此可研製出適合常規潛艇使用且高安全的鋰離子電池。…解決前揭各項問題後，鋰離子電池即可立即用來取代傳統鉛鋅電池。⁹³」

一份關於此議題的評論做出如下推論，認為中共潛艦推進動力使用的鋰離子技術，係依原物料可取得性決定，中共似乎偏愛鋰與磷酸變形(phosphate variant)而不是鎳與鈷，主因係後兩者需依賴其他國家進口。⁹⁴

二、潛艦發展與相關研發的新興與破壞性科技

(一)潛艦的防禦性電子學是一個活躍的研究領域，尤以指揮與管制系統為然。一般而言，艦用電子裝備似乎是中共海軍相對弱勢的一環。⁹⁵國內許多科技期刊對海軍指管的「數位化」(或「信息化」)與「智能化」議題也進行討論。由近期著述判斷，中共支撐指管的情報支援系統，仍處於發展階段。2021年，在《兵工自動化》的一篇撰文，對人工智能(AI)運用於指揮資訊系統進行分析，例如美軍「深綠計畫」(Deep Green)，文中認為「指揮資訊系統」(智能化)…當前仍處於理論研究階段；並認為美軍這個計畫祇是「為解決智能化指揮資訊系統研究的問題，提供若干概念。」⁹⁶2021年，一篇名為「第五代指揮信息系統總體及其智能化技術設想」文章刊出，而2位作者分別來自「海軍裝備部」與江蘇「自動化研究所」，他們做出類似的評論，且目前國際用於第五代系統的技術驗證不多，不可「急功近利」，仍需充分研究。⁹⁷

(二)在較傳統的「信息化」(或「數位化」)而非完全的「智能化」領域，中

註92：同註90，頁153-154。

註93：同註90，頁155。

註94：同註88。

註95：關於此議題更深入討論，參見Leigh Ann Ragland-Luce and John Costello, "PLA Shipboard Electronics: Impeding China's Naval Modernization," in Erickson (ed.), *Chinese Naval Shipbuilding*, pp.221-237。

註96：孫丹華、王琛、蘇煥煥，〈指揮信息系統智能化問題探討〉，《兵工自動化》(四川)，第40卷，第8期，2021年8月，頁6。

註97：張志華、王凡，〈第五代指揮信息系統總體及其智能化技術設想〉，《指揮控制與仿真》(江蘇連雲)，第43卷，第5期，2021年10月，頁1-7。

共潛艦戰鬥系統的研發仍落後美國與英國，此評估來自2022年「海軍潛艇學院」張嚴、武志東與張玉玲三人共同具名發表的文章-〈美英潛艇指控系統發展歷程及啟示〉，作者對美國「AN/BYG-1」戰鬥系統與英國「機敏級戰鬥管理系統」(Astute Combat Management System, ACMS)進行相對性比較，範圍含括系統架構、資訊處理能力、整合商業技術、備份設計(redundant design)、人性化的螢幕顯示、整合第三方運用的能力，及其他能力等面向，文章結論指出：「在研究國外潛艇指控系統發展的技術特點基礎上，圍繞支持無人裝備、系統結構、系統智能化和智能化顯示，得出潛艇指控系統未來發展的幾點啟示，這對未來潛艇指控的研製，有一定的參考意義。⁹⁸」對系統未來發展，作者則強調需要強化數據處理能力，用以支援指揮官下達戰術決策，指控系統需要配備更為智能化的戰術輔助決策系統。該系統將各種訓練和海洋水文數據結合組成大數據，指控系統在進行輔助指揮決策時基於大數據，並採用智能化的演算法結合海事地圖，俾對攻擊目標做出圖像化的機動路線和攻擊方向建議。⁹⁹

(三)當前人工智能支援潛艦指揮官進

行戰術決策，似乎已成為最重要考量。說明如後：

1. 2017年發表的一份報告對中共研發潛艦潛航水文預測系統做了詳盡報告，在艦載感測器僅能蒐集為數不多的數據情況下，此系統透過演算法，仍能對水文環境進行更多預測。¹⁰⁰《南華早報》則報導另一則相關研究，支援指揮官的「人工智能助理」，其可透過對戰場環境的評估，告知指揮官不同海洋鹽份與海水溫度，將對聲納系統的精確度形成何種影響；印證此系統可對敵軍威脅進行辨識與標記，相較人類操作手，其速度更快且精確度更高。


2. 「人工智能助手」可協助指揮官對特定戰鬥行動的風險與利得進行評估，甚至提出艦長不曾考量的行動建議。就水下作戰而言，人工智能具有成為「遊戲規則改變者」(game-changer)的巨大潛力，「中國科學院」聲學研究院朱明教授認為，「過去的技术距離實際應用過於遙遠，近來獲得若干進展，應該即將實現」。資金顯然不會成為問題，根據訪談完成此報告的研究人員得知，「北京方面非常重視潛艦人工智能計畫，同時挹注大量資源進行研發。」¹⁰¹

(五)依中共近年發表眾多科技文章研

註98：張嚴、武志東、張玉玲，〈美英潛艇指控系統發展歷程及啟示〉，《數字海洋與水下攻防》(湖北宜昌)，第5卷，第6期，2022年12月，頁558。

註99：同前註，頁557。

註100：Stephen Chen, "China's Underwater Surveillance Network Puts Enemies in Focus Along Maritime Silk Road," South China Morning Post, 31 December 2017, <https://www.scmp.com/news/china/diplomacy-defence/article/2126296/chinas-underwater-surveillance-network-putsenemies>, last visited at May 26, 2024。

	重量：未公布。
	尺寸：24.4×1.8×1.8(公尺)
	最大潛深：1000公尺以上。
	最大速率：115節(據稱)。
	續航力：無限制(核動力)。

圖七：俄羅斯「海神」(Poseidon)核動力魚雷

資料來源：參考洪乙壬，〈「無人水下載具」(UUV)發展現況及反潛作戰運用研析〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第57卷，第5期，2023年10月1日，頁110-111，由譯者自行製圖。

判，「超空蝕魚雷」與「核動力魚雷」是可獲得巨大利益的另一先進研究領域；然而，迄今中共大部分科研文章並未對美、俄兩國相關研究計畫進行討論，推斷應是該兩國的高速魚雷技術未臻成熟，至少未經成功測試；內容亦指出，前揭科技為未來高科技三度空間海軍作戰提供了靈感。¹⁰²2022年，《無人水下系統學報》刊載了一篇來自「中國原子能科學研究院」研究員的論文，內容係發表一款關於核反應器的設計，其可安裝於由潛艦魚雷管發射的水下載具，就本質言，這應是迷你版的俄羅斯「海神」(Poseidon，或譯為波塞頓)核動力魚雷。¹⁰³

捌、結語

透過政治意志與戰略資金的結合，中共意志堅定地運用各種手段來克服技術瓶頸，當前中共海軍造船業在潛艦建造上已取得令人驚嘆的進展，在相關造船設施與研發基礎建設亦進行升級(如表二)；然而，技術發展的實際進度，呈現的是不平衡發展。中共在其長期掌握的特定領域，仍存在著致命性弱點，多與推進系統(由柴油機到燃料電池)與靜音科技有關；由於中共無法取得西方科技，其下一代核動力攻擊潛艦、核動力彈道導彈潛艦與傳統「絕氣推進系統」(AIP)潛艦的性能將持續

註101：Stephen Chen, "China's Plan to Use Artificial Intelligence to Boost the Thinking Skills of Nuclear Submarine Commanders," South China Morning Post, 20 July 2018, <https://web.archive.org/web/20190228194123/https://www.scmp.com/news/china/society/article/2131127/chinasplan-use-artificial-intelligence-boost-thinking-skills>, last visited at May 26, 2024。

註102：寇祝、劉曉光、李偉，〈世界超高速魚雷發展現狀與關鍵技術〉，《飛航導彈》(北京)，2019年第7期，頁56-58。三位作者皆係海軍大連艦艇學院人員。

註103：Stephen Chen, "Chinese Scientists Plan Disposable Nuclear Reactor for Long-Range Torpedo," South China Morning Post, 20 July 2022, <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3185980/chinese-scientists-plandisposable-nuclear-reactor-long-range>, last visited at May 26, 2024。

表二：投入中共潛艦設計與建造重要組織彙整表(與偵測、指控、導航等有關)

經營範圍	企業或單位全名(簡稱)	軍事相關業務
偵測與反制	中國艦船研究院**(七院)	從事艦船武器裝備的研究與設計。
	海鷹企業集團有限責任公司+	中共首家水下聲學裝備製造商，該公司產品包括水聲裝備、海洋工程特殊裝備以及潛水與水下救難裝備、導航、氣象與海洋儀器儀錶等其他不同型的特殊裝備。
	杭州應用聲學研究所**(715所)	從事聲學、光學與磁學探測裝備研製，該所設施包括聲納技術重點實驗室、一級水聲測量站、水聲產品檢測中心與二級無線電測量站。
	海聲科技有限公司+	從事水聲偵測、導航、救難、傳感器與安全裝備研製。由中船重工集團公司與715研究所聯合控股。
	江蘇自動化研究所**(716所)	從事軍(民)用電子資訊傳送系統研製與開發。
	上海船舶電子設備研究所**(726所)	從事水聲反制與反反制系統、水聲導航以及海洋開發使用儀器與裝備的研製開發。
	揚州船用電子儀器研究所**(723所)	負責電子工程系統與裝備的發展。
	上海船舶設備研究所**(704所)	從事船舶特殊輔助電機裝備與系統以及減振與消磁應用研究。
	河北漢光重工有限責任公司+(368廠)	從事成套艦船儀表、包裝機械、光學觀瞄裝備、微光觀瞄裝備、瞄準鏡、光電觀瞄裝備的研製。
	重慶前衛科技集團有限公司+(662廠)	擁有消聲水池等重點實驗裝備，係中共水下武器主要研發基地。
指揮控制與計算機	武漢數字工程研究所**(709所)	從事資訊科技、電腦科技與自動化控制整合，研究方向係指管系統科技與高性能電腦科技。
	南京船舶雷達研究所**(724所)	從事大型數據偵測與情報系統的研製，例如艦用雷達系統。
	中科院聲學研究所	從事潛艦指管系統運用人工智能研究(提供潛艦艦長情報支援)。
	中國船舶工業系統工程研究院*	負責軍艦戰鬥指揮系統、艦隊編部指揮系統、聯合戰鬥指揮系統與航艦戰機自動著陸系統的研發。
導航與通信	天津航海儀器研究所**(707所)	慣性導航、船舶控制與強固型電腦技術研發與裝備生產。
	武漢船舶通信研究所*(722所)	從事通信電子工程技術研發與裝備製造，包括整合數據通信系統、寬頻高速數據傳輸、高頻自適應瞬時通信系統、高速光纖整合業務傳輸網路、特殊天線、資訊安全裝備、通信控制與分配、艦內通信系統等。
	華中光電技術研究所**(717所)	從事光電偵測資訊處理與光電系統整合、天文導航與慣性導航相關科技研發。
	重慶華渝電氣集團有限公司+(453廠)	船用儀器、裝備與支援產品、慣性導航以及定位與定向裝置生產。
	長江科技有限公司+(455廠)	通信、導航、定位與定向裝備的研發與生產。
	西安東儀科工集團有限公司+(東儀科工)	水聲測試、慣性導航、無線電裝配調試、故障排除與可靠度測試。
	中國艦船重工集團海洋防務與信息對抗股份有限公司+(中國海防)	從事資訊電子的研發與生產，包括水下資訊傳輸裝備、水下武器特殊裝備、其他各式特殊裝備、海上電源供應產品與各式測試服務等。
	重慶清平機械有限責任公司+	從事導航、氣象與海洋儀器、特殊精密裝備以及高精度齒輪與齒輪箱生產。

說明：*美國實體清單列入項目；**美國實體清單新增項目(2020年12月)；+美國實體清單未列項目(2023年4月)。
 資源來源：參考〈艦船水聲防務龍頭，內生外延雙輪驅動—中國海防深度報告〉，浙商證券股份有限公司，2021年2月7日，頁30；並以各家公司官網提供資料做為補充，由譯者自行製表。

地削弱。未來諸如「中」、泰間的潛艦出口計畫，應可產生更多的數據，有利進行相關分析；同時，中共在若干未來具潛力的領域也已取得領先，例如人工智能設計艦船、數據運用於態勢覺知，以及人工智能支援潛艦指揮官下達戰術決策等。

相較於俄羅斯，中共在潛艦建造的部分領域已取得優勢，如傳統「絕氣推進系統」與需要大量資金挹注的新興與破壞性科技，其他部分則仍落於俄國之後，尤以靜音與核子推進為然，這使得「中」、俄兩國在潛艦建造能夠進行協同合作。俄羅斯設計局與工業界由於缺乏足夠資金，面臨人才流失至中國大陸的困境，藉由雙方利潤分享機制(如聯合製造)，俄國可提供中共關於潛艦降低噪音、核潛艦推進設計與流體動力船體設計等專業知識；而中共龐大與現代化的船廠，則能更快地建造更多的軍艦，雙方充分取得規模經濟巨大效益。2023年7月，中共一則新聞報導指出，俄羅斯海軍總司令葉夫梅諾夫(Nikolai Yevmenov)上將至「上海造船廠」訪問，顯示俄國有意向「中」方下訂單建造新艦，用以汰換其老舊的艦船；且由於俄國造

船廠能量不足、亦不具經濟效益，倘若中共造船廠的設計被俄國相中，這項推測極有可能成真。¹⁰⁴

2020年中，「中」、俄兩國規劃的傳統潛艦聯合設計案浮出檯面，雖然迄今無進一步資訊對此提出說明，但這不意味該計畫已被「束之高閣」。¹⁰⁵無論如何，兩國研究機構在敏感的反潛作戰與水下作戰科技，包括水聲感測器、水下通信與水下機器人等領域，已進行聯合研究，「中俄工科大学聯盟」(Association Sino-Russian Technical Universities, ASRTU)亦參與其中，該聯盟係於2011年3月成立，總部就設在中共潛艦樞紐的山東省青島市。不管如何，這凸顯俄羅斯已不太抗拒與中共就反潛作戰與水下作戰相關科技進行合作。¹⁰⁶而核燃料是「中」、俄兩國另一可能合作且與潛艦作戰相關的領域，2022年12月12日，俄羅斯國營「國家原子能公司」(Rosatom Corporation)對中共長表島(位於福建省)的「CFR-600快速滋生反應器」提供6,477公斤高濃縮鈾(highly-enriched uranium, HEU)，反應器產出的武器級「鈾」可用於生產核彈頭。再者，中

註104：〈055大驅升起俄方國旗，俄海軍司令造訪上海船廠：有大生意要做嗎？〉，觀察者網，2023年7月8日，<https://web.archive.org/web/20230721233848/https://user.guancha.cn/main/content?id=1035574>，檢索日期：2024年6月18日。

註105：Caleb Larson, "Russia and China Want to Build a Non-Nuclear Submarine Together," The National Interest, 28 August 2020, <https://nationalinterest.org/print/blog/buzz/russia-and-china-want-build-non-nuclear-submarinetogether-167911>，檢索日期：2024年6月19日。

註106：「中俄工科大学聯盟」的俄羅斯官網，參見<https://misis.ru/university/struktura-universiteta/association/aturk/>；中國官網參見<https://web.archive.org/web/20220630081856/http://www.asrtu.cn/>；2020年11月28日，公布的第二屆「中俄極地聲學與信息技術論壇」議題清單，列有分散式感測器網路、北極海床測繪、水下通信與其他眾多的敏感科技領域，參見 "China-Russia Symposium on Hydroacoustics and Information Technologies—Nov, 28, 2020," <https://marinet.org/?hina-russia-symposium-on-hydroacoustics-and-information-technologies-november28-29/>, last visited at May 26, 2024。

共潛艦研究社群亦曾對其運用於未來核動力潛艦的可能性進行過討論。¹⁰⁷

「時間」將會告訴世人，俄、「中」兩國在高敏感的潛艦製造領域上能走多遠，但可以肯定的是，中共對取得俄羅斯科技具有高度興趣，同時也運用其在政治與經濟上的槓桿，藉以取得俄國機敏的潛艦科技。¹⁰⁸

玖、譯後語

中共潛艦部隊的發展不若航艦兵力一般，其部署與動向較少受到國際安全與戰略研究學者的高度關切；然而，潛艦具優異的匿踪性，不易為敵方偵獲，加上其可執行水面作戰、對陸攻擊與特種作戰等不同任務，就戰略、作戰與戰術不同面向而言，潛艦在海軍作戰都扮演著日益重要的角色。隨著中共潛艦現代化計畫的開展，其作戰能力與戰鬥效能已獲得大幅度提升，此種發展已對臺海與亞太安全構成潛在威脅。在這種情況下，為對其威脅進行反制，並謀求因應之道，正確評估中共潛艦部隊及水下戰力至關重要。本文作者已對中共潛艦兵力涉及的造艦能量、科研機構與兵力發展做了全面性探討，相信應有助吾人對中共潛艦兵力當前與未來發展的整

體性瞭解，亦期望能對海軍建軍備戰與戰備整備有所裨益。



作者簡介：

莎拉·基奇伯格(Sarah Kirchberger)博士目前為德國柯爾大學安全政策研究院(Institute for Security Policy at Kiel University)的學術主任，亦是美國智庫「大西洋理事會」(Atlantic Council)的非常駐資深研究員與德國海洋研究院(German Maritime Institute, DMI)副院長。著有《中共的海軍軍力評估：技術創新、經濟限制與戰涵意涵》(Assessing China's Naval Power: Technological Innovation, Economic Constraints, and Strategic Implications; 2015年春)與《中國規劃：戰略競爭的一個跨大西洋藍圖》(The China Plan: A Transatlantic Blueprint for Strategic Competition; 2021年美國大西洋理事會)等書。她的研究主要聚焦於中共水下作戰科技、共軍海軍現代化、中共國防工業發展與中國和俄羅斯、烏克蘭間的軍事科技合作、海洋領域新興與破壞性科技以及南中國海戰略重要性等議題。

譯者簡介：

翟文中先生，退役海軍上校，海軍軍官學校74年班，淡江大學國際事務與戰略研究所碩士85年班。曾任國防部參謀本部情報參謀次長室、國防部戰略規劃司、國防部整合評估司與國家安全會議，並擔任美國能源部Sandia國家實驗室訪問學者，現服務於國防安全研究院國防戰略與資源研究所。

註107：Patrick Senft @SenftPatrick, “The #US @DeptofDefense Just Announced that #Russia Was Supplying “Highly Enriched Uranium” to #China. Now, Why Would China Do That? a Brief...,” Twitter, 9 March 2023, 7:22 pm, <https://twitter.com/SenftPatrick/status/1633896095515328534>, last visited at May 26, 2024。

註108：Andrew S. Erickson, and Gabriel Collins, “Putin’s Ukraine Invasion: Turbocharging Sino-Russian Collaboration in Energy, Maritime Security, and Beyond?,” Naval War College Review, vol. 75, no. 4(2022), <https://digitalcommons.usnwc.edu/nwc-review/vol75/iss4/8>, last visited at May 26, 2024。