



FOCUS

專題報導

● 作者/Collin Fox ● 譯者/柴惠珍 ● 審者/劉慶順

以人工智慧 精進海上後勤

Pair AI with Emerging Tech to Create Smart Convoys

取材/2020年2月美國海軍學會月刊(*Proceedings*, February/2020)

美海軍聯合海上後勤及編隊作戰仍受限於許多不利因素，若能搭配人工智慧持續發展無人系統，將可強化其編隊監視能力及自我防衛能量。

近期美海軍所面臨的挑戰相當多元，涵蓋戰爭的所有領域及作戰層級，導致美海軍發展力不從心，並且忽略了部分關鍵面向，尤以海上後勤(Maritime Logistics)為首。故美海軍應重視投資、開發及整合人工智慧(Artificial Intelligence, 以下簡稱AI)，以期在未來遭遇高強度衝突時，發揮其戰略及作戰後勤效益。

未來展望與風險

如同許多創新科技，在各領域廣泛應用的AI科技擁有其潛力及風險，並對諸如網路、指揮管制(Command and Control, C2)、無人作戰平臺、感測器及武器等，可自主提供適切且快速的決策。如要發揮其潛力並管控風險，每項AI應用必須聚焦於克服已知挑戰，並嚴格測評其效能。

當聯合海上後勤不受重視，一再遭遇風險及影響，這時更需要AI等新興科技加以輔助。長期以來，海上強權國重視攔截敵人重要交通線，同時確保己方交通線暢通無阻。美海軍金恩前上將(Ernest King)多年前的戰略回顧至今仍然適用，他指出：「在全球戰爭中，要在指定位置與時間投放數量確切的軍品物資，絕非易事。」¹

海上編隊最大威脅來自潛艦發射的魚雷及反艦巡弋飛彈(Antiship Cruise Missile, ASCM)。雖然魚雷是最可靠的艦艇殺手，但其必須在敵艦附近發射；而反艦巡弋飛彈殺傷力較低，卻可在較遠處發射。故當中共潛艦遂行制海作戰任務時，通常掛載較少的魚雷及較多的反艦巡弋飛彈。² 無論是魚雷或反艦巡弋飛彈，編隊為了存活，必須能偵察並防禦此兩種威脅，而後才能與潛艦正面對峙，有時甚至需駛離反艦巡弋飛彈的射程外——近自射程23哩的鷹擊82型反艦飛彈(YJ-82)，遠至射程270哩的鷹擊18型反艦飛彈(YJ-18)。³

諸如海獵號等中等排水量的無人水面載具，可擔任編隊及海上後勤重要的角色以護衛艦艇，並整合其他平臺，改善作戰圖像。(Source: USN)



缺乏護航艦致使海上編隊所面臨的威脅情況更為艱險。美國運輸部海事局局長，海軍備役少將布茲比(Mark Buzby)在向國會報告時指出，美海軍曾告訴他：「跑快點，低調點，編隊得靠自己」並期盼航行時不被偵測到。⁴然而這是不可能的。現代的全方位情報分析使編隊極易遭偵獲、定位並追蹤；而太空影像判讀更讓這些航行軌跡無所遁形。

這雖使海上後勤的前景更為嚴峻，但若完善整合兵力結構、戰術及科技，即便遭遇最強大的敵軍，美海軍也可以維持重要海上交通線暢通。以下列舉五類AI科技相關領域，均可支持此一新穎作戰構想：

- 強健且隱蔽的網絡系統
- AI輔助指揮管制系統
- 無人作戰平臺系統
- 網路分散式感測器系統
- 網路分散式武器系統

通訊是基礎

分散式海上作戰構想中的艦艇分散部署概念，使建立通信可靠度更為複雜。如遇網路故障，艦艇面臨的風險也隨之提高；一旦失去通聯，艦隊就不再是分散式(distributed)作戰，而是單獨(divided)作戰。通聯中斷而無法相互支援，艦隊就會面臨遭各個擊破的風險。不過，讓軍艦使用高功率發送信號以求通聯，或在嚴格發射管制下不進行通聯以防偵測，此兩極端之間仍有個利於備戰的中間方案。

透過AI輔助決策系統，可自動選擇電磁頻譜內

合適的頻率來發送信號。既有的AI系統就像一個「電子防呆裝置」(Electronic Idiot-savant)，擅長因應定義明確且複雜的狀況，如動態通信鏈路維護問題等。⁵編隊的通信網路，必須擁有足夠的隱蔽力來避免遭敵方一般儀器偵測；相當的可靠度以支持低頻寬指揮管制系統不斷線；足夠的強韌度以同時傳輸大量數據並且降低網路延遲情形；高度的智能以自動調整信號強弱，使敵方無法反偵測，同時保持我方網路不中斷。故AI系統必須擁有多層架構的主備援鏈路，以管理通信網路。

編隊共用的AI系統不是依據既定頻率及呼號的諸元表(card of the day)進行傳輸，而是基於當前威脅及環境因素，運用動態通訊矩陣分析結果，搭配電路及密碼的自動驅動程序來傳輸。AI系統也會評估並分配訊息優序，以確保訊息及時送達。如同人類智慧一般，AI系統雖擁有機器學習演算法，仍須透過大量且具條理的數據，透過訓練分析來學習與進化，才能執行上述及其他任務。

美國約翰·霍普金斯大學(Johns Hopkins University)團隊曾於2017年在海上展示一項技術：在良好天氣下正常通訊時，以AI系統預設使用自由空間光通訊(Free-space Optical, FSO)模式，並在清晰視距內連接其他艦艇。⁶原理是經由調變鏡面電流計雷射系統，持續調整自由空間光束能量，讓艦艇可以與視距內的其他艦艇完成點對點通聯。然而，為使敵難以偵測自由空間光通訊，所採用的光訊號衰減作法，同樣也會讓通聯狀況易受天候影響，因此艦艇需要良好的低偵測率射頻



由於西班牙Singular Aircraft公司的Flyox系列無人飛行載具屬陸空兩棲用，因此可搭配多種艦艇實施作業，即使是缺乏直升機起降設施的艦艇亦然。
(Source: Singular Aircraft)

(Radio Frequency, RF)備援鏈路。

為達成低偵測率射頻效果，美海軍必須全盤瞭解當地電磁環境及衰減模式，諸如熟悉隨時間及季節而有變化的訊號常見波形(common waveforms)等。每艘艦艇上的軟體定義無線電(Software-defined Radios, SDR)系統，透過協作式AI管理，可蒐整發射器訊號，並在各種電磁環境下模擬出相對應的訊號。此系統還可使用偽雜訊波形及多頻段跳頻，來維持通訊可靠度及低偵測率。⁷ 備援鏈路會選擇衰減波段，以平衡通連品質及偵測率，其發射器也應

採用自動位準控制(Automatic Level Control, ALC)以避免接收端所獲訊號過強。⁸

善用網路

AI不應僅用於網路維護，也應作為功能強大且饒富變化的戰術決策輔助工具。例如，當一位表現平平的棋手與西洋棋世界冠軍卡斯帕洛夫(Garry Kasparov)賽棋時，前者最好在每次落子前先問一下IBM的超級電腦深藍(Deep Blue)；同樣的，編隊艦艇上某位缺乏睡眠的戰術行動官在面對反艦巡弋飛彈飽和攻擊時當下所做的判斷，倒不如一鍵執行AI戰術指管系統

推薦的行動方案。但AI系統也不是萬靈丹；若AI系統要在戰時可用，就必須在平時進行訓練、演習及功能強化，⁹ 且需搭配即時、可靠的感測器數據，才能計算出有利的戰術決策。

由於編隊所需的護航戰艦人力不足乃是未來趨勢，因此無人作戰平臺將相形重要。這些無人作戰平臺應該分散配置，才能偵測水面敵情、探測斜溫層狀況，並掌握射擊時機。而一支編隊的組成，應包括數艘中等排水量無人水面載具(Medium-displacement Unmanned Surface Vessels, MDUSVs)搭載拖曳式海軍系統(Towed Airborne Lift of Naval Systems, TALONS)，併同雷達及拖曳陣列聲納的運用，有效延長裝備偵搜及通信距離。美海軍海獵號(Sea Hunter)及其未來構型，即屬此無人水面載具範疇。若搭配續航力高的無人飛行載具，可持續提供早期預警能量；如該護航戰艦規模較小，缺乏直升機甲板但配備有船尾舷梯，也可運用諸如西班牙Singular Aircraft公司產製的Flyox系列等陸空兩棲無人飛行載具，



來獲得早期預警效益。

正如美陸軍地面後勤部門研發中的無人運輸車隊(Expedient leader-follower)運作概念，¹⁰ 護航戰艦任務不僅可由無人載具代勞，編隊內的多數艦艇也應改為無人或半自動。諸如海獵號計畫所研發的分散式AI導航系統，可採取護航戰艦的戰術AI系統所提供的迴避航道，並維持編隊狀態。¹¹

以往因網路速度較慢、戰術指揮管制受限、可用感測器及專業操作人員不足，導致護航艦須攜載編隊的大部分感測器。然而，新科技已克服這些問題。包括商船在內的各類型編隊中，各艦艇均應配備光電感測器及電子戰基本套件。此分散配置的電子戰套件，在整合軟體定義無線電系統後，可快速偵獲反艦巡弋飛彈雷達及其他發射器的位置，再透過AI系統管制電子戰網路，以干擾絲及誘餌執行干擾、欺騙或誤導敵軍。¹² 軟體定義無線電系統也可作為複合式多向雷達，除雷達訊號外，得以使用周遭環境裡的訊號來提升探測能力，並降低被偵測到的可能性。¹³ 此射頻網路可使用光電

感測器來提升偵測軌跡的精準度，搭配有人或無人護航艦之雷達及主動式拖曳陣列聲納，並透過機器學習演算法來持續優化效能。¹⁴

從追蹤到攻擊

若無強大且配置得當的火力，上述所有AI應用作法實則意義不大。如狀況需要，編隊艦艇為提升存活率可分散配置，並且掛載大量飛彈，其數量總和甚至可超越護航艦。¹⁵ 諸如以三層合併的20呎貨櫃裝載四聯裝垂直發射系統模組，使該艦艇火力得以媲美水面作戰

支隊。又如掛載相當於防空及反艦巡弋飛彈的改良型海麻雀飛彈(Evolved Seasparrow Missiles, ESSMs)，或在此型飛彈或標準二型中程防空飛彈(SM-2)的助推器上，加裝通用超輕型魚雷(Common Very Light Weight Torpedoes, CVLWT)，可有效防禦敵潛艦之威脅。¹⁶ 另外編隊可透過分散配置與搭配戰術AI系統管制的誘餌、干擾絲及導能武器，來強化編隊的自我防衛能量。

儘管現今美海軍聯合海上後勤及編隊作戰仍受限於許多不利因素，但下一場海戰與第二



拖曳式海軍系統是一種可經由水面載具拖曳升空，並可攜帶各式感測器的輕型滑翔傘，以提升狀況覺知能力。(Source: USN/Logan Keown)

次世界大戰不同，已無足夠時間修正戰術戰法。每種致勝的科技創新方案，看起來都像是萬靈丹，但也可能是造成信心過度膨脹的源頭。為防止此狀況發生，美海軍必須覺察問題所在，並持續測評、整合及應用AI技術及作戰構想。

作者簡介

Collin Fox係美軍外事軍官，畢業自美海軍研究院(Naval Postgraduate School)及智利海軍戰爭學院(Chilean Naval War College)，目前在美國駐巴拿馬大使館軍事事務合作辦公室(Office of Defense Cooperation)擔任海空軍組組長。

Reprint from *Proceedings* with permission.

註釋

1. Quoted in Anthony W. Gray Jr., "Joint Logistics in the Pacific Theater" in Alan Gropman, ed., *The Big 'L' American Logistics in World War II* (Washington, DC: National Defense University, 1997).
2. Dennis M. Gormley, Andrew S. Erickson, and Jingdong Yuan, *A Low-Visibility Force Multiplier: Assessing China's Cruise Missile Ambitions* (Washington, DC: National Defense University, 2014), 4.
3. Gormley et al., 16; Navy Recognition, "Submarine-Launched Variant of China's YJ-18 Supersonic Anti-Ship Missile Emerges," Navyrecognition.com, 2 October 2017.
4. David B. Larter, "'You're on Your Own': US Sealift Can't Count on Navy Escorts in the Next Big War," *Defense News*, 10 October 2018.
5. "AI, Radiology, and the Future of Work," *The Economist*, 7 June 2018.
6. John Wallace, "Johns Hopkins Team Demonstrates High-Bandwidth Free-Space Optical Communications at Sea," *Laser Focus World*, 28 August 2017.
7. Colin Brown and Philip J. Vigneron, "Adaptive Use of Spectrum in Frequency Hopping Multi-Band Transmission," NATO (2006); Tony Kendall, "The Knowing Sea: The Dawn of Smart and Ubiquitous SDR," *U.S. Naval Institute Blog*, 15 January 2019.
8. Boulat A. Bash, et al., "Hiding Information in Noise: Fundamental Limits of Covert Wireless Communication," *IEEE Communications Magazine* 53, no. 12 (December 2015).
9. Kimberly Underwood, "Artificial Intelligence Use in Command and Control," AFCEA, 18 May 2018.
10. Uriel Epshtein and Charles Faint, "That's Logistics: The Autonomous Future of the Army's Battlefield Supply Chain," Modern War Institute, 15 January 2018.
11. Elee Wakim, "Sealift Is America's Achilles Heel in the Age of Great Power Competition" *War on the Rocks*, 18 January 2019.
12. For an analogous application, see Mark J. Mears, "Cooperative Electronic Attack Using Unmanned Air Vehicles," Air Force Research Laboratory/Air Vehicles Directorate (2006).
13. See Amit K. Mishra and Michael Inggs, "White Space Symbiotic Radar: A New Scheme for Coexistence of Radio Communications and Radar," 2015 IEEE Radar Conference, Johannesburg, South Africa (October 2015), and Kristine Bell, et al., "Cognitive Radars: A Reality?" (February 2018) arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1803/1803.01000.pdf.
14. Felix Smits, Albert Huizing, Wim van Rossum, and Peter Hiemstra, "A Cognitive Radar Network: Architecture and Application to Multiplatform Radar Management," Proceedings of the 5th European Radar Conference (October 2008).
15. CAPT R. Robinson Harris, USN (Ret.); Andrew Kerr; Kenneth Adams; Christopher Abt; Michael Venn; and COL T. X. Hammes, USMC (Ret.), "Converting Merchant Ships to Missile Ships for the Win," U.S. Naval Institute *Proceedings* 145, no. 1 (January 2019).
16. Bryan Clark, *Commanding the Seas: The U.S. Navy and the Future of Surface Warfare*, Center for Strategic and Budgetary Assessments (2017), 25–26.