

中共人工智能技術在反介入作戰上 之運用

荊元宙

（國防大學政戰學院中共軍事事務研究所副教授）

摘要

近期以來，隨著大數據、5G、量子計算、人工智能等技術的快速發展，對現有作戰裝備及作戰型態造成重大改變。AI 被視為最有望「改變遊戲規則」的技術，下一場「智能化」軍事革命已蓄勢待發，人類正準備面臨全新的作戰型態。

中共以軍民融合方式全力發展 AI 技術，不但希望短期內超越美國，且欲將其運用於武器裝備上進一步強化其 A2/AD 能力，目前無人系統的自主性及精準打擊能力都已提升，此一發展對南海的航行自由、台海安全皆將造成重大影響。

關鍵字：人工智能、自主性武器、反介入/區域拒止、蜂群作戰、軍民融合

壹、前言

人類戰爭型態曾經歷冷兵器、熱兵器、機械化、資訊化的發展歷程，而戰爭型態的內涵是由作戰模式、裝備和顛覆性技術（disruptive technology）三者所組成，其中，新作戰模式是由新型武器裝備所實現，而新型武器是來自新技術或所謂顛覆性技術的突破而產生。¹因此可以看出新式高科技，特別是對人類生產力或生活型態造成重大改變的顛覆性技術是改變戰爭型態的重要驅動力，資訊化時代的網路技術即為具體例子。近期以來，隨著大數據、5G、量子計算、人工智能（Artificial Intelligence，以下簡稱 AI）²等技術的快速發展，對現有武器裝備乃至作戰型態造成重大改變，AI 被視為最有望「改變遊戲規則」的顛覆性技術，下一場「智能化」軍事革命已蓄勢待發，人類正準備面臨嶄新的作戰場景。

戰爭中交戰雙方經常以限制敵方在戰場中行動自由的方式來獲取勝利。中共近年軍力快速成長，為保護包括南海、臺海其所謂「核心利益」，將軍事戰略設定為「打贏信息化局部戰爭」，以信息化技術為基礎發展反介入/區域拒止（Anti-access/Area Denial，以下簡稱 A2/AD）能力以箝制外軍在其控制區域內行動自由，達成阻止外力干涉國家利益的

¹ 槐澤鵬，龔旻，陳克，〈未來戰爭形態發展研究〉，《戰術導彈技術》，2018年第1期，頁2。

² 人工智慧(Artificial Intelligence)一詞在中共方面以人工智能稱之，本文主在討論中共軍事議題，故文中一律使用人工智能一詞以簡化寫作困擾並避免混淆。

目標，並為此全力發展導彈、反衛星武器、無人系統、C4ISR 乃至網路攻防等能力。而在確認 AI 的確為現代「武力倍增器」(Force Multiplier) 後，即以軍民融合方式全力發展 AI 技術，不但希望短期內超越技術龍頭美國，且欲將其運用於武器裝備上進一步強化其 A2/AD 能力，此一發展對未來南海航行自由、臺海安全及地區情勢皆將造成重大影響。

貳、 AI 技術

戰爭中決定勝負的因素包括許多，雙方實力對比是為其中之一。高科技戰爭的時代，武器科技含量所造成的實力落差，難以由其他因素彌補，因此突出成為決定勝負的主要關鍵因素。掌握優勢顛覆性技術的一方基本上就是掌握了戰爭的節奏與發展，自然也就輕易掌握了戰爭的結果。目前一般被認為發展中具影響力的顛覆性技術包括：一、AI 技術；二、生物技術；三、大數據與雲計算技術；四、先進材料技術。³

其中 AI 技術近來由於在商業及工程方面獲得廣泛應用，使其成為大眾耳熟能詳的名詞。所謂 AI 是指電腦系統透過不斷學習、感知、推理與自我修正，進而展現出具有近似人類思考邏輯與行為模式的能力。AI 全面綜合了工程、資訊科學、哲學、心理學等多種學科的相關知識，機器學習 (machine learning) 是 AI 的基礎，是利用電腦來模擬或仿照人類的學習行為。隨著仿生技術不斷改進，機器學習發展

³ 槐澤鵬，龔旻，陳克，〈未來戰爭形態發展研究〉，頁 7-8。

到深度學習（deep learning）階段，亦即採用了類似生物神經網路（特別是大腦）的多層神經網路（multi-layer neural network）的結構和功能的數學模型，來執行運算並推測可能結果。而從工作能力的角度來看，AI 系統分為狹義及廣義兩種，狹義 AI 系統是指僅能執行接受過訓練的特定工作，而廣義 AI 系統能夠執行甚至沒有受過訓練的工作，⁴現在常見的資料搜尋、翻譯、無人駕駛等皆屬狹義 AI 範圍內，而廣義 AI 基本上是具有與人類同等智力，並具有推理、解決問題及快速學習經驗的能力，實際上目前廣義的 AI 系統尚未出現。

AI 的能力發展已見一定成果，目前 AI 戰機「AlphaDogfight」在模擬空戰中，擊敗人類飛行員，此外，由 Google DeepMind 開發的電腦圍棋軟體 AlphaGo 也擊敗了韓國職業九段棋士李世乭。⁵另外，在軍事的應用上，美國密蘇里大學地理空間情報中心利用深度學習神經網路來

⁴ Kelley M. Saylor, “Emerging Military Technologies: Background and Issues for Congress,” CRS, August 4, 2020, p.2, <<https://fas.org/sgp/crs/natsec/R46458.pdf>>（檢索日期：西元 2020 年 8 月 31 日）

⁵ 人工智能在模擬賽局中贏過人類，僅代表其在特定條件下已超越人類，不宜推論至全面性超越之結論。請參見 Ryan Pickrell, “Former Navy TOPGUN instructor says the AI that defeated a human pilot in a simulated dogfight would have 'crashed and burned' in the real world,” Business Insider Australia, Aug 27, 2020, <<https://www.businessinsider.com.au/navy-pilot-not-surprised-ai-beat-human-in-simulated-dogfight-2020-8>>（檢索日期：西元 2020 年 8 月 31 日）

協助人類分析師搜索中國東南地區大範圍中的地對空導彈，結果該系統對大約 90,000 平方公里的區域執行的搜索時間僅為 42 分鐘，此比傳統的人類視覺搜索效率高 80 倍以上，同時該軟體在準確定位導彈位置方面也達到了與人類分析人員相同的統計準確度（90%），⁶這些例證再再讓人見識到 AI 的強大學習力與工作能力。雖然 AI 技術的確在進步中，應用範圍也逐漸廣潤，但其目前能力也並未如電影或媒體渲染的如此神奇甚至可怕，然而展望 AI 的發展潛力，發展 AI 在道德及法律上所產生的問題必須未雨綢繆開始關注。

參、 中共 AI 技術發展

一、 中共 AI 發展政策

中共領導人習近平多次於公開場合中提及發展 AI 對國家建設的重要性，認為 AI 是引領新一輪科技革命和產業變革的重要驅動力。⁷2016 年，於中共國務院發布《國務院關於印發「十三五」國家戰略性新興產業發展規劃的通知》中指出，未來將培育 AI 產業生態，促進 AI 在經濟社會重點

⁶ Sandra Erwin, “With commercial satellite imagery, computer learns to quickly find missile sites in China,” SPACENEWS, October 19, 2017, <<https://spacenews.com/with-commercial-satellite-imagery-computer-learns-to-quickly-find-missile-sites-in-china/>>（檢索日期：2020 年 9 月 10 日）

⁷ 〈習近平向國際人工智能與教育大會致賀信〉，《解放軍報》，2019 年 5 月 17 日，版 1。

領域推廣應用，打造國際領先的技術體系。⁸而 AI 發展政策的正式報告當屬國務院所發表的《2017 年新一代人工智能發展規劃》，在本報告中將 AI 描述為已成為國際競爭新焦點的戰略技術。此外，中共將尋求到 2020 年發展一個價值超過 1500 億元人民幣（約合 217 億美元）的核心 AI 產業。⁹ 規劃中也明確了新一代 AI 發展三步走的戰略目標，到 2030 年使中國 AI 理論、技術與應用總體達到世界領先水平，成為世界主要 AI 創新中心。

中共目前列為重點發展的八大 AI 關鍵技術包括（一）計算機視覺技術（二）自然語言處理技術；（三）跨媒體分析推理技術；（四）智適應學習技術；（五）群體智能技術；（六）自主無人系統技術；（七）智能晶元技術；（八）腦機介面技術。¹⁰由數據可看出中共推動 AI 的企圖心，2017 年全球對 AI 新創企業融資額的 152 億美元中，中共即占 48%，美國則為 38%，中國對於 AI 的投資超越美國，並首度躍居

⁸ 〈解讀國務院“十三五”規劃：推動人工智慧、新能源汽車規模化應用〉，《億歐網》，2016 年 12 月 22 日，〈<http://www.ciotimes.com/recommend/122425.html>〉（檢索日期：2020 年 9 月 10 日）

⁹ 〈國務院關於印發新一代人工智能發展規劃的通知〉，《中華人民共和國中央政府》，2017 年 07 月 20 日，〈http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm〉（檢索日期：西元 2020 年 8 月 31 日）

¹⁰ 〈2019 年人工智能發展白皮書〉，《中國科學院》，頁 7-16，〈http://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202001171374280695_1.pdf〉（檢索日期：西元 2020 年 8 月 15 日）

全球首位，此顯示中共在發展 AI 科技的企圖心。¹¹中共評價本身發展 AI 的優勢為開放的市場環境、海量的數據資源、強有力的戰略引領和政策支持、豐富的應用場景等。¹²但另一方面，中共雖然想爭取 AI 全球龍頭地位，但現存在「核心技術落後」及「人才短缺」兩大問題必須克服。核心技術方面，根據《中國人工智能發展報告 2018》，雖然中共 AI 領域的論文產出量在 2017 年排名全球第一，但中共主要企業的論文產出數量遠遜於 IBM、微軟等美國企業，¹³此顯示中共所研發 AI 技術理論在商用領域中落實的能力仍遠不及美國。另外，在人才方面，中共目前 AI 領域人才擁有量為 18,232 人，占全球 8.9%，遜於美國的 13.9%，¹⁴人才方面的短缺，是目前中共 AI 產業最急迫的問題。中共目前積極推動中的「千人計畫」，目的在自海外引進能夠突破關鍵技術、發展新興科技的人才，因此預料解決 AI 人才短缺問題將會成為千人計畫中的重點。中共能否迅速有效解決上述有關技術及人才等諸多隱憂，將是中共實現其「彎道超車」口號的關鍵。

¹¹ James Vincent, “China Overtakes US in AI Startup Funding with a Focus on Facial Recognition and Chips,” The Verge, Feb, 22, 2018, <<https://www.theverge.com/2018/2/22/17039696/china-us-ai-funding-startup-comparison>> (檢索日期：西元 2020 年 8 月 1 日)

¹² 〈2019 年人工智慧發展白皮書〉，頁 3。

¹³ 〈中國人工智能發展報告 2018〉，《中國科學院大學》，2018 年 7 月 17 日，頁 14，<<https://ai.ucas.ac.cn/index.php/zh-cn/xsdt/6019-2018>> (檢索日期：西元 2020 年 9 月 3 日)

¹⁴ 〈中國人工智能發展報告 2018〉，頁 28。

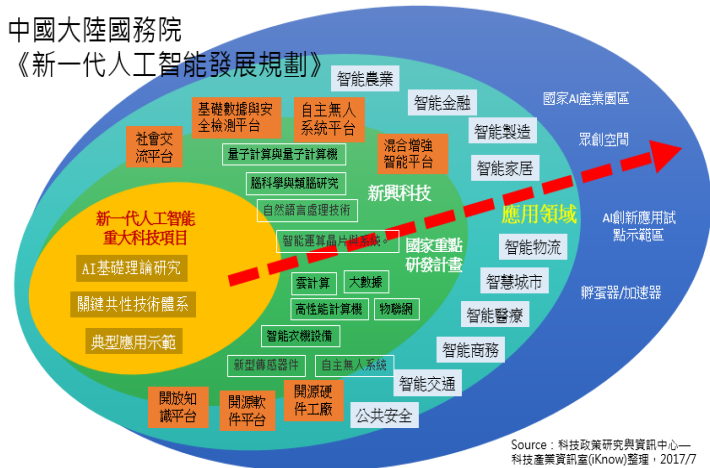


圖 1 中共新一代人工智能發展規劃

資料來源：〈解讀中國《新一代人工智能發展規劃》：三步走戰略、發展關鍵技術與新興產業〉，《財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心》，2017 年 7 月 21 日，
<<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=13597>>

二、中共以軍民融合發展 AI 軍事用途

從美國採取第三次抵銷戰略（The Third Offset Strategy），要求以創新（innovation）理念發展顛覆性科技為起點，之後美國國防部於 2018 年 6 月成立「聯合人工智能中心」（The Joint Artificial Intelligence Center, JAIC），2019 年 2 月總統

川普簽署一項名為「維持美國 AI 領域領導地位之行政命令」(Executive Order to Maintain American Leadership in Artificial Intelligence)，正式啟動「美國 AI 倡議」(The American AI Initiative)，該行政命令要求美國聯邦政府將 AI 的研發放在優先位置。¹⁵由這些發展可看出美國正試圖將其目前在 AI 技術上所擁有優勢擴散至國防領域，以立足未來戰爭的制高點上。從美軍過去的幾場戰役中，解放軍高層已深刻瞭解它們在信息化技術上的落後窘迫，但它們也敏銳地意識到 AI 技術的興起將掀起新一波智能化戰爭的軍事革命，面對美國在 AI 領域居於全球領先地位，此時不但不能再重蹈信息化時代與美軍之間出現「代差」的覆轍，而且還要將 AI 視為蹊徑以彎道超車之勢超越之。

美國國會研究處 (CRS) 在出版名為《新興軍事技術：背景和國會面臨的問題》(*Emerging Military Technologies: Background and Issues for Congress*) 的報告中指出：「中國被廣泛認為是美國在國際 AI 市場上最接近的競爭對手，中共近來在該領域的成就顯示，中國實現自身 AI 發展目標的潛力，這類技術可用來進行反諜報活動以及幫助軍事定位 (military targeting)。」¹⁶ 而美國人工智能國家安全委員會

¹⁵ “Executive Order on Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence,” *The White House*, Feb. 11, 2019, <<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-maintaining-american-leadership-artificial-intelligence/>> (檢索日期：西元 2020 年 9 月 2 日)

¹⁶ Kelley M. Saylor, “Emerging Military Technologies: Background and Issues for Congress,” CRS, August 4, 2020, p. 5, <

(National Security Commission on Artificial Intelligence, NSCAI) 於 2019 年發布的中期報告稱，中共研究人員正在針對包括蜂群智能、決策支持和信息作戰等領域開發 AI 技術的軍事應用，而中共的國防工業則在推進自主化武器系統的發展，北京並將追求「智能化」(intelligentization) 進程作為其軍事現代化的新要求。¹⁷

目前新興的技術包括量子計算、大數據、半導體、5G、先進核技術、航空技術和 AI，這些技術大多擁有軍民兩用的性質。中共於 2017 年成立了軍民融合發展委員會，此委員會負責民間技術用於軍事用途之運籌。¹⁸其與中央軍委科技委及中央軍委裝備發展部均名列官方指定的負責實施新一代 AI 發展計畫的部門。¹⁹《新一代人工智能發展規劃》中亦將「加強 AI 領域軍民融合」列為重點任務，其中提到：

<https://fas.org/sgp/crs/natsec/R46458.pdf>> (檢索日期：西元 2020 年 8 月 31 日)

¹⁷ “Interim Report,” NSCAI, Nov. 2019, p. 18, <<https://drive.google.com/file/d/153OrxnuGEjsUv1xWsFYauslwNeCEkvUb/view>> (檢索日期：西元 2020 年 8 月 31 日)

¹⁸ Yujia He, “How China is Preparing for an AI-Powered Future,” *The Wilson Center*, June 20, 2017, p. 19, <https://www.scribd.com/document/352605730/How-China-is-Preparing-for-an-AI-Powered-Future#from_embed> (檢索日期：西元 2020 年 8 月 31 日)

¹⁹ Elsa B. Kania, “Battlefield Singularity: Artificial Intelligence, Military Revolution, and China’s Future Military Power,” *Center for a New American Security*, Nov. 28, 2017, pp. 12-13, <<https://s3.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/Battlefield-Singularity-November-2017.pdf?mtime=20171129235804>> (檢索日期：西元 2020 年 8 月 15 日)

「深入貫徹落實軍民融合發展戰略，推動形成全要素、多領域、高效益的 AI 軍民融合格局。以軍民共享共用為導向部署新一代 AI 基礎理論和關鍵共性技術研發，建立科研院所、高校、企業和軍工單位的常態化溝通協調機制。促進 AI 技術軍民雙向轉化，強化新一代 AI 技術對指揮決策、軍事推演、國防裝備等的有力支撐，引導國防領域 AI 科技成果向民用領域轉化應用。鼓勵優勢民間科研力量參與國防領域 AI 重大科技創新任務，推動各類 AI 技術快速嵌入國防創新領域。...」²⁰

在技術來源方面，中共主要是以透過合法以及非法手段來研發和獲取關鍵技術，其中包括在私營企業和人才招聘項目投資、操控學術和研究以獲取軍事利益、強制性技術轉移、情報蒐集以及盜取。軍民融合戰略使得多家民營企業和實體參與機密軍事研發和武器生產。中共還利用全球研究企業的公開性和透明度，透過機構（如：中國留學基金管理委員會）用以增強自身軍事技術，如要求獎學金獲得者向中共外交官匯報其海外研究情況等。²¹

數據、網路及演算法是 AI 的三大支柱，其中數據的數量與品質對訓練 AI 而言極度重要。儘管美國在 AI 領域起步較早，且擁有如 Google 這種的尖端公司，以及為數眾多的優秀學者及工程師，但另一方面，中共的優勢在於可利用

²⁰ 〈國務院關於印發新一代人工智能發展規劃的通知〉。

²¹ “The Chinese Communist Party’s Military-Civil Fusion Policy,” U.S. Department of State, < <https://www.state.gov/military-civil-fusion/> >（檢索日期：西元 2020 年 8 月 31 日）

較低的數據收集障礙和數據標籤成本來充實用於 AI 系統訓練的大型數據庫，²² 例如百度、阿里巴巴及騰訊等大型互聯網公司可自民間蒐集大量數據，研究成果也將轉為解放軍所用。根據一項估計，到 2020 年，中共有望擁有全球數據量的 20%，到 2030 年可能超過 30%。²³

肆、AI 在軍事上的應用

AI 在軍事領域應用的潛力受到世界主要國家高度重視，各式無人作戰載台和智能化裝備蜂擁而出，許多已列裝投入實戰，並得到實際戰果。美國國會研究處所發布《人工智能與國家安全》(*Artificial Intelligence and National Security*)中指出，AI 對國家安全領域帶來的影響將是革命性的，未來將逐步朝向軍事化發展，勢必將會引起新式武器裝備、作戰方式、部隊編制和作戰能力等面向發展，進而引起新一代的軍事革命，也就是將走向智能戰爭時代。²⁴然而當從信息化走向智能化戰爭後，在戰爭本質上有何改變呢？中國國防大

²² Will Knight, "China's AI Awakening," *MIT Technology Review*, October 10, 2017, < <https://www.technologyreview.com/s/609038/chinas-ai-awakening> >; Li Yuan, "How Cheap Labor Drives China's A.I. Ambitions," *The New York Times*, Nov. 25, 2018, < <https://www.nytimes.com/2018/11/25/business/china-artificial-intelligence-labeling.html>. > (檢索日期：西元 2020 年 8 月 16 日)

²³ Kania, "Battlefield Singularity," p. 12.

²⁴ "Artificial Intelligence and National Security," CRS, Nov. 21, 2019, pp. 1-37, < <https://news.usni.org/2020/08/27/report-on-artificial-intelligence-and-national-security> > (檢索日期：西元 2020 年 8 月 31 日)

學教授李明海認為，體現在四個方面：一、對抗方式：從「體系對抗」向「演算法博弈」轉變，演算法優勢主導戰爭優勢；二、戰要素：從「信息主導」向「機器主戰」轉變，機器主戰重塑作戰流程；三、策方式：從「人腦決策」向「智能決策」轉變，智能決策優化作戰行動；四、戰樣式：從「斷鏈破體」向「極限作戰」轉變，突破人類生理和思維極限，極限作戰顛覆傳統作戰手段。²⁵

²⁵ 李明海，〈智能化戰爭的制勝機理變在哪裏〉，《解放軍報》，2019 年 1 月 15 日，<http://www.mod.gov.cn/big5/jmsd/2019-01/15/content_4834525.htm>（檢索日期：2020 年 9 月 10 日）

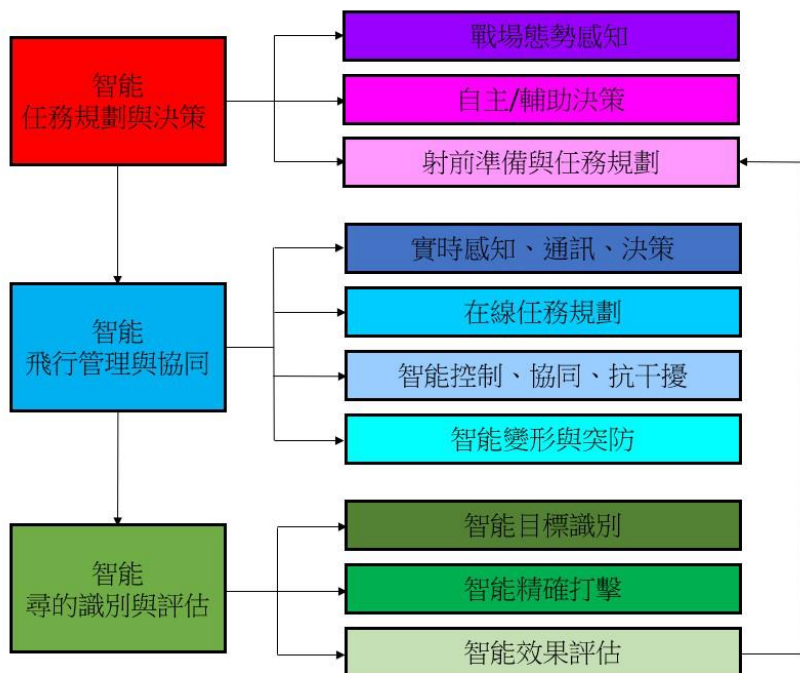


圖 2 智能作戰模式流程

資料來源：槐澤鵬，龔旻，陳克，〈未來戰爭形態發展研究〉，《戰術導彈技術》，2018 年第 1 期，頁 4。

一、決策層面

諸如網路、衛星及 5G 技術的進步提升了 C4ISR 能力也加速了戰爭節奏，然而另一方面，指揮官及參謀也必須面對

來自包括人員情報 (HUMINT)、訊號情報 (SIGINT)、地理信息情報 (GEOINT)、電子情報 (ELINT)、公開情報 (OSINT) 的巨量數據必須處理的難題。綜合這些現象的結果就是，勝利將由決策及動作迅速者取得，且戰敗者也無力還擊。在軍事決策上，美國前空軍上校 John Boyd 發展出 OODA 循環理論，所謂 OODA 是指 Observe(觀察)、Orient(調整)、Decide(決策)、Act(行動)。OODA 的觀點認為敵我雙方的決策循環過程有快慢之分，我方應設法比敵方更快完成 OODA 循環，進而干擾、延長、打斷敵方的 OODA 循環，造成敵方的迷惑、誤判、喪失作戰意志，最終取得戰爭勝利。根據 Boyd 的說法，要取得勝利，就必須將 OODA 運作的速度快於對手。戰爭節奏的加速使得戰爭型態開始由傳統戰爭中以數量決定勝負的模式轉向智能戰爭中以速度決定勝負，擁有處理大量數據的能力成為決勝關鍵。如前所述，AI 所具有快速處理大量數據的能力，這正是有效加速 OODA 的流程利器，符合戰場需要，當 AI 情報系統與指揮控制系統相結合，可以使決策或決策支援遠遠超過傳統指揮管制的速度，特別是當利用自動決策來使用致命性 AI 自主武器系統 (Lethal Autonomous Weapons, LAWs) 時，這種超高速運作的戰爭型態被稱為「極速戰爭」(Hyperwar)。²⁶ AI 將世界引領進入智能戰爭的新時代，實現更快速的決策，加快行動

²⁶ Darrell M. West and John R. Allen, "How artificial intelligence is transforming the world," *The Brookings Institution*, April 24, 2018, <<https://www.brookings.edu/research/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-world/>> (檢索日期：西元 2020 年 8 月 31 日)

的節奏，但此時也可能會出現戰場上的「奇點」(Singularity)²⁷，亦即人類的思維無法跟上智能化戰爭的步伐。則此時人類指揮官就僅擔任規劃及管理角色，交由智能載台自主執行作戰，人類雖不需要實際參與戰鬥中的每個過程，但擁有最終決策權。

二、作戰能力

AI 被形容為是具有「改變遊戲規則」(game changing)的軍事能力，因為它具有以下效用：(一) 大幅提高情報單位和操作員瞭解其戰略和作戰環境，識別型態和眼前威脅以及辨識與跟蹤複雜且快速變化環境中對手的能力；(二) 減輕操作員，特別是飛行員和機動載台駕駛員解讀 C4ISR 中複雜資訊流的工作負擔，而將精力集中在更重要的任務上，亦即專心於飛行或駕駛載台來指導其他設備完成任務；(三) AI 載台和系統能夠在不需人工干預的情況下，能夠感知各種作戰環境並完全適應。無人機群，自主（或半自主）彈藥和認知電子戰系統，對即使擁有最先進科技的軍隊都構成了新的挑戰。²⁸ AI 技術在軍事上的應用最具體的成果就是造就了自主性武器系統 (Autonomous Weapon Systems, AWS)

²⁷ 「奇點」是科幻作家 Vernor Vinge 創造的術語，係指機器變得比他們的創造者更聰明的那一時刻。

²⁸ Tate Nurkin, "China's Advanced Weapons Systems," *Jane's by IHS Markit*, May 12, 2018, p. 13, <https://www.uscc.gov/sites/default/files/Research/Jane's%20by%20IHS%20Markit_China's%20Advanced%20Weapons%20Systems.pdf> (檢索日期：西元 2020 年 8 月 20 日)

的出現，成為智能化戰爭中的主角，然而 AWS 的出現也造成了戰爭型態、法律、道德全方面的討論或爭議。（表 1 為 AWS 的類型及控制關係）基於科技能力及道德等多種因素限制，目前所謂智能化作戰仍是希望使智能武器是在指揮者的意志下進行動作，亦即達到所謂「指揮之中，控制之外」的境界，因此在可見的未來，人類監督之下的自主武器系統仍將是發展的主流。

表 1 自主武器(AWS)分類說明

種類	控制關係	說明	武器範例
半自主武器系統	人在迴路中（ human ‘in-the-loop’），實行完全控制。	例如遙控，是人對物的控制關係。一旦啟動就只會攻擊由人類操作員選擇的目標。	一般無人機
人類監督之下的自主武器系統（human-supervised autonomous system）	人在迴路上（ human ‘on-the-loop’），實行局部控制。	例如開火控制，上對下的領導關係。被設計為人類操作員擁有干預和終止使用能力的自主武器系統。	美軍用於飛彈防禦的海上神盾系統及陸上愛國者系統。
自主武器	人在迴路外	一旦啟動就無	美國海軍方

系統	(human ‘out-of-the-loop’), 完全不控制，人與物形成合作關係。	需人類操作員進一步干預即可選擇和打擊目標的武器系統，目前被限定在防衛之用。	陣快砲系統 (Phalanx Close-In-Weapon System) 可主動搜尋來襲飛彈並接戰。
----	--	---------------------------------------	--

資料來源：彙整自 “Autonomous weapon systems: technical, military, legal and humanitarian aspects,” ICRC, Nov. 1, 2014, P. 6, <<https://www.icrc.org/zh/publication/4221-expert-meeting-autonomous-weapon-systems>> ; Michael N. Schmitt, “Out of the Loop!: Autonomous Weapon Systems and the Law of Armed Conflict,” *Harvard National Security Journal*, Vol.4, 2013, p.235. ; Peter Layton, *Algorithmic Warfare Applying Artificial Intelligence to Warfighting* (Air Power Development Centre, March 2018) , p.29.

伍、美國 AI 軍事技術發展

「抵消戰略」(The Offset Strategy) 是二戰後美國戰略界所創造獨具特色的專有術語，是指用技術優勢抵消對手的數量優勢，或用突破性技術的新能力抵消對手現有的優勢軍事能力，是一種戰勝或削弱另一方優勢的戰略。美國做為全球 AI 技術的領先國，其 AI 技術在軍事上的應用亦自然成為先驅者，秉持抵消戰略，美國利用 AI 技術發展出蜂群作

戰（Swarm）及人機協同作戰等新式作戰樣態，且在可見未來將會實現，基於此一前景，其他國家亦皆積極投入此類新式作戰型態中載台及演算法技術的研究工作。

一、第三次抵消戰略

美國前國防部長 Chuck Hagel 在 2014 年發表演說，認為美軍過去長期以來在陸、海、空、太空，以及網路空間所享有的優勢已經不復存在，美國必須嚴肅面對此一情況，因此國防部必須規劃推動第三次抵消戰略，以創新的思維發展新的軍事科技，讓美軍重新掌握主宰戰場的能力。²⁹在 2018 年出版的《美國國防戰略》（*National Defense Strategy*）中再度強調了第三次抵消戰略的重要，表示美國國家安全正受到科技快速發展及戰爭本質改變的影響。這些新科技包括了大數據、AI、自主武器、機器人、直能武器、高超音速武器及生物科技等，這些都是確保美國能夠作戰且贏得勝利的科技。但更重要警惕是，雖然美國在這些科技上仍是領先者，但其主要戰略對手中共及俄羅斯也正加速發展之中。³⁰美國國防部副助理部長 Chad Sbragia 亦表示，隨著中共擴大軍力投射

²⁹ United States Department of Defense, “Secretary of Defense Speech: Defense Innovation Days Opening Keynote, ” Sep. 3, 2014, <<http://www.defense.gov/News/Speeches/Speech-View/Article/605602/defenseinnovation-days-opening-keynote-southeastern-new-england-defense-indust>>（檢索日期：2020 年 8 月 15 日）

³⁰ “Emerging Military Technologies: Background and Issues for Congress,” p.1.

能力，五角大廈有必要建構與部署一支更能給予其迎頭痛擊、更彈性的聯合部隊，納入更多高超音速武器、AI、機器人及雷射武器。³¹綜合以上發言可知，在美國國防決策高層眼裏，積極發展 AI 並將之運用軍力建設上，保持對中共等對手的優勢已是刻不容緩之事。事實上美國已經著手進行中，例如，神盾飛彈防禦系統的最新改良型，已使用 AI 技術來進行強化，另美國國防部的「專家計畫」(Project Maven)使用 AI 機器演算法的自動化情報處理軟體，應用於中東反恐行動中的人員辨識工作，³²未來料將推展廣泛應用於其他作戰之中。

二、蜂群戰術

AI 的自主性配合 5G 等通訊技術所提供的互聯能力，使得無人載具有了廣闊的揮灑空間，也帶動了各種新式作戰模式出現，例如智能無人蜂群作戰、人機協同智能作戰、智能化機器人作戰等。所謂蜂群戰術是指特定自主性載具的集合，涵蓋了從低成本載具組成的大型編隊到目的在勝過防禦系統的小型編隊，共同為地面部隊提供電子攻擊、火力支持

³¹ Mark Magnier, "US must be ready for military clash with China, Pentagon official Chad Sbragia says," *South China Morning Post*, Feb. 22, 2020, <<https://www.scmp.com/news/china/military/article/3051683/us-must-gird-possible-military-clash-china-pentagon-official>> (檢索日期：2020年8月15日)

³² Matt Stroud, "The Pentagon is getting serious about AI weapons," *The Verge*, Apr 12, 2018, <<https://www.theverge.com/2018/4/12/17229150/pentagon-project-maven-ai-google-war-military>> (檢索日期：2020年8月15日)

以及地區導航和通訊網路。³³蜂群技術顧名思義靈感來自於蜂群，蜂群內部分工明確，每個單獨個體皆進行簡單動作，但整個蜂群卻可以從事各種複雜的行為，其意涵為個體遵循著簡單的行為和邏輯規則，不需中央協調，便能自發地形成一個有機的整體。

歸納蜂群特徵為：（一）自主（不受集中控制）；（二）能夠感知當地環境和附近的其他蜂群；（三）能夠與群體中的其他載台進行區域通聯；（四）能夠共同合作執行特定任務。³⁴ 蜂群作戰具備四大優勢：一是個別載台小型化，戰場生存能力大幅提升；二是去中心化，個體的損失不影響整體功能；三是成本低廉，數量龐大，作戰本益比成倍數提高；四是可實施飽和攻擊，癱瘓敵防禦體系。³⁵其中有關執行飽和攻擊的能力，是其受到重視的主因。無人集群的蜂群戰術可以執行「兵力分散、火力集中」的戰術作為，平時分散以求隱蔽安全，接受攻擊命令時能迅速集中，形成數量上的優

³³ Mary-Ann Russon, "Google Robot Army and Military Drone Swarms: UAVs May Replace People in the Theatre of War," *International Business Times*, April 16, 2015, <<http://www.ibtimes.co.uk/google-robot-army-military-drone-swarms-uavs-may-replace-people-theatre-war-1496615>>（檢索日期：2020年8月15日）

³⁴ Andrew Ilachinski, "AI, Robots, and Swarms, Issues, Questions, and Recommended Studies," *Center for Naval Analysis*, Jan. 2017, p. 108, <https://www.cna.org/cna_files/pdf/DRM-2017-U-014796-Final.pdf>（檢索日期：2020年8月13日）

³⁵ 陳航輝，〈人工智能：如何顛覆未來戰爭〉，《中國國防報》，2018年1月2日，<http://www.mod.gov.cn/big5/jmsd/2018-01/02/content_4801253.htm>（檢索日期：2020年8月15日）

勢以高強度的飽和打擊方式或電磁壓制對敵方產生壓倒效果，造成對手疲於應付，如有必要再出動有人戰機或大型無人單機進行第二波攻擊擊潰敵人。具體的例子為美海軍曾使用裝備神盾系統的伯克級驅逐艦對 8 架無人機的集群進行上百次攔截實驗，結果顯示平均每次有 2.8 架無人機可以突防並造成毀傷。且即使換用更好的感測器及近迫系統，也至少會有 1 架能夠突防。³⁶而由於此一結果可能在航母身上應驗，這種發展可能會導致美軍思考進行兵力結構的改變。

事實上蜂群作戰這種以量取勝進行突襲的作戰手段並不新鮮，在歷史上已由不同面貌在不同領域中執行，如同二戰期間德軍使用以潛艇組成的狼群戰術（Wolf Pack）對大西洋上的盟軍商船進行襲擊，中共過去陸戰時常用的人海戰術，只是主角換成無人載具。隨著 5G 通訊系統、晶片及 AI 技術的持續突破，無論陸上、水面、空中的無人載具能在更短時間內有效集結形成優勢。蜂群採用動態無中心自組網技術，無人載具由於具備自主能力故能在複雜的情況下自動調節適應環境，因此即使部分個體嚴重受損，其他個體仍能繼續協同作戰。美國軍方已開始嘗試將蜂群作戰付諸實現，例如美國國防高級研究計劃局(DARPA)的「實現進攻蜂群戰術」(OFFensive Swarm-Enabled Tactics (OFFSET))計劃，執行一項由 250 個自主空中和地面無人系統組成的蜂群，用於在

³⁶ David Hambling, "U.S. Navy Plans to Fly First Drone Swarm This Summer," *DEFENSETECH*, Jan 4, 2016, <<http://www.defensetech.org/2016/01/04/u-s-navy-plans-to-fly-first-drone-swarm-this-summer/>>（檢索日期：2020 年 9 月 1 日）

城市環境中進行進攻性行動的測試。³⁷（其他美國空軍研究專案如表 2）從目前整體發展狀況來看，無人蜂群作戰系統絕大多數還只是微小型系統，且其無人載具一般尚存在探測能力弱、機動性差、航程短、智能化程度低、打擊能力有限等缺點，³⁸且實際運動的環境中，包括天氣、氣流甚至地形等問題也皆會造成各種行動限制，真正用於複雜戰場環境下作戰恐還有一段距離要走。

表 2 美國空軍典型蜂群技術專案

項目名稱	負責部門	項目概述
灰狼（Gray Wolf）	AFRL	旨在研發低成本、亞聲速巡航導彈，並驗證低成本製造流程和合作式攻擊。使用合作協同網路提高導航能力、生存能力以及特定目標打擊能力。
小精靈（Gremlins）	DARPA	通過母機在防區外發射攜帶有偵察、具備組網以及協同功能的無人蜂群，用於目標偵察與

³⁷ “OFFensive Swarm-Enabled Tactics (OFFSET),” DARPA, <<https://www.darpa.mil/work-with-us/offensive-swarm-enabled-tactics>>（檢索日期：2020 年 8 月 17 日）

³⁸ 儀艷磊，〈作戰無人蜂群：振翅欲飛 知向誰邊〉，《解放軍報》，2020 年 4 月 17 日，<http://www.mod.gov.cn/big5/education/2020-04/17/content_4863717.htm>（檢索日期：2020 年 8 月 17 日）

		小型攻擊，並且在任務完成後可以對倖存飛行器進行回收的技術。
僚機 (Wingman)	AFRL	載機發射的低成本可回收無人作戰武器，用於偵察、電子戰及戰鬥，掛裝於 F/A-18 或運輸機等載臺，採用分散式體系作戰方式，主要用於反區域拒止作戰。
山鵝 (Perdix)	SCO、 空軍	依據商用標準，由 3D 列印部件組裝而成，適合快速製造，成本低廉，一次性使用，可由戰鬥機搭載和發射。可以在空中自行編組，自主協同作戰。
編群戰術空間	AFRL	研究無人機之間的協同作戰，包括偵察、搜索與跟蹤、電子戰、心理戰、對地打擊、戰術牽制等。

資料來源：鮮勇、李揚，〈人工智能技術對未來空戰武器的變革與展望〉，《航空兵器》，第 26 卷第 5 期，2019 年 10 月，第 27 頁。

三、有人/無人機協同

前述無人蜂群作戰主要以相同載台，以去中心化的方式實施。另有一種作戰型態是以多種載台，主從型組群方式進

行協同作戰，亦即以人機協同組成的「半人馬」(Centaur)模式，形成人為主導、機器協助、混合編組、聯合行動的有人/無人合作體系，最典型的為「忠誠僚機」(Loyal Wingman)項目。

無人載具適合執行任務單純但高風險、長時間及超出人類生理極限的任務，如敵區偵察監視任務。但目前各類無人機主要還是依靠人員在地面任務控制站(Mission Control Station, MCS)中完成飛行和任務操控。依賴多數無人機編隊的蜂群戰術固然帶來了規模優勢，但卻存在指揮控制範圍有限，訊號易被干擾甚至遮斷等問題，相當程度上限制了多無人機體系作戰效能。AI在空戰上的應用造就了有人/無人機協同作戰的全新空戰型態，有人/無人協同作戰是指具備遠距偵測能力的高階有人機充當長機，其活動範圍基本處於在敵防空火力打擊範圍之外，而無人機則擔任僚機，其攜帶導引武器或各類感測器在敵防空火力打擊範圍內執行任務。兩者的分工是有人機專注於戰場態勢判斷和戰術決策，無人機則是在有人機指揮下執行察打或電子戰任務，兩者透過數據鏈(Data Link)相互配合，既提高了有人機的生存能力亦可延伸無人機的探測及攻擊距離，實現整體作戰效能最大化，同時避免有人機消耗轉而消耗成本低廉之無人機，在經濟效益上亦為一合理選擇。當然，為實現有人/無人機協同此一全新作戰型態，空軍的組織編成、飛行員的訓練模式，也必須配合做出改變，有人/無人協同作戰準則也必須重新撰寫。

忠誠僚機項目由美國空軍研究實驗室(Air Force Research Laboratory, AFRL)於2015年啟動，目的在使第五

代戰機(如 F-35、F-22)的飛行員可以對無人僚機進行控制。具體目標包括：提供高效人機編隊中的靈活的自主系統；實現多種機器協同編隊執行任務目標；確保可在複雜、對抗環境下作戰；確保系統在未知、動態環境下的安全、高效。³⁹目前研製的成品包括 UTAP-22「鯖鯊」(Mako)和 XQ-58A「女戰神」(Valkyrie)兩款無人機，作為第五代有人戰鬥機的僚機，皆具有高機動性、匿蹤性之能力。美國的盟邦澳大利亞在此領域也有進展，其在 2020 年 5 月也從波音 (Boeing) 公司獲得其首架 AI 無人機，為其發展忠誠僚機計畫邁出一大步。

40

陸、中共 AI 技術在 A2/AD 上之應用

一、A2/AD 作戰

其實所謂 A2/AD 並非新的軍事作戰概念，甚至遠在公元前 480 年波斯與古希臘城邦之間所發生的「波希戰爭」中，當時希臘聯軍在戰艦數量和海員訓練上處於明顯劣勢下，仍以反介入戰術贏得輝煌勝利，此類以少勝多的成果也被視

³⁹ 申超，李磊，〈美國空中有人/無人協同作戰能力發展〉，《航太海鷹資訊》，2017 年 11 月 17 日，<<http://mp.163.com/article/D3F76DB00514FBM4.html>>（檢索日期：2020 年 8 月 30 日）

⁴⁰ Dave Makichuk, "Australia receives its first 'Loyal Wingman's," *Asia Times*, MAY 8, 2020, < <https://asiatimes.com/2020/05/australias-receives-it-first-loyal-wingman/>>（檢索日期：2020 年 8 月 30 日）

為 A2/AD 作戰的典範之一。⁴¹「統一臺灣」始終是中共建軍備戰主要目標之一，作戰對象自然是我國國軍。然 1996 年臺海危機中美國派遣兩支航母戰鬥群進行干預，此一狀況使中共體認到無法制壓美軍「臺灣問題」不可能解決，因此如何阻止美軍介入臺海衝突成為軍力建設重點。21 世紀初期，利用美國全力進行反恐作戰所獲得的戰略機遇期，中共軍力快速成長，中共的軍事能力及意圖因此成為世界各國的關心議題，而 A2/AD 因被視為是中共對美軍事介入的主要作戰方式而廣被討論。例如蘭德公司（RAND）即在 2007 年出版的《深入龍潭：中國的反介入戰略及其對美國的意義》

（*Entering the Dragon's Lair : Chinese Anti-access Strategies and Their Implications for The United States*）中深入探討 A2/AD。該報告指出中共正發展所謂「反介入」(Anti-Access) 的戰略，企圖在未來臺海發生戰爭時，阻止美軍介入此一衝突。該報告分析了中共可能採用的各種可能的戰術：（一）攻擊美軍在西太平洋地區的空軍基地，摧毀機場跑道、機庫、油料庫、彈藥庫等設施，迫使美軍飛機部署至距離台灣較遠的地點，從而阻止美軍奪取空中優勢；（二）對美軍的指揮機構、偵察監視衛星及其地面接收站、預警雷達和電腦網路

⁴¹ Alison Lawlor Russell, *Strategic A2/AD in Cyberspace* (Cambridge University Press, 2017), <
<https://www.cambridge.org/core/books/strategic-a2ad-in-cyberspace/historical-perspective-of-a2ad-strategy/5A9A77EB30BE8212CB8B96359460C702>> （檢索日期：2020 年 8 月 13 日）

等進行攻擊；（三）對後勤、運輸和支援保障系統進行打擊，以遲滯美軍的增援；（四）攻擊美軍部署在西太平洋地區的航母、迫使其在遠離理想作戰地點的地方部署；（五）通過外交和政治途徑，干擾美國與其東亞盟國之間的關係，阻止或限制美國使用盟國的基地。⁴²自該報告出版後，各界對於 A2/AD 的研究與討論更為熱烈。美軍在 2012 年 1 月所頒布的《聯合介入作戰概念》(*Joint Operational Access Concept*) 中對 A2/AD 做出明確的定義，「反介入」係指敵在遠距離範圍中所採取的各種行動與軍事能力的運用，以阻止美軍進入作戰區域，而「區域拒止」則為敵在近距離範圍內所採取的各種行動與軍事能力的運用，以限制美軍在作戰區域內的行動自由。因此，美軍必須建立「強制進入」(*forcible entry*)的作戰能力，同時在高強度 A2/AD 的作戰環境中執行任務，美軍也必須做好將面對承擔高戰損及喪失前進基地的決心及心理準備。⁴³在目前美中可能衝突中，A2/AD 的戰場包括了東海、南海、台海以及西太平洋等範圍。

A2/AD 的主要重點並不是要與美軍發生大規模的戰爭，而是透過「硬殺」與「軟殺」手段，攻擊美國的 C4ISR 系

⁴² Roger Cliff, Mark Burles, Michael S. Chase, Derek Eaton, Kevin L. Pollpeter, *Entering the dragon's lair : Chinese anti access strategies and their implications for the United States* (Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2007), pp. 51-80.

⁴³ United States Department of Defense, "Joint Operational Access Concept, " Version 1.0, Jan. 17, 2012, pp. 6-8. <
https://archive.defense.gov/pubs/pdfs/JOAC_Jan%202012_Signed.pdf.
> (檢索日期：2020 年 8 月 14 日)

統、電腦網路系統、太空衛星系統、航母艦隊與海空軍基地，嚇阻或延遲美國針對某一特定區域進行武力投射，即使無能力將美軍拒止於區域之外，也要設法限制其活動能力或造成其代價高昂的損傷，最終使美軍不能或不願介入台海軍事衝突。依中共評估美國的軍事弱點主要有二，一是美軍作戰場域與美國基地距離遙遠，因而航母成為主要兵力投射工具，二是美軍高度依賴衛星、網路等支撐聯合作戰所需的 C4ISR 系統。⁴⁴因此，自上世紀 90 年代以來，人民解放軍秉持不對稱作戰思想，以「系統破壞戰」(system-destruction warfare) 的作戰理論，以美軍戰鬥網路薄弱處為目標使用所謂殺手鐮武器，包括導彈、高超音速滑翔載具 (Hypersonic Glide Vehicle, HGV)、無人系統(無人機及無人潛航器)、電子戰、太空反制與網路能力，⁴⁵來破壞美軍 C4ISR 及戰略資產，同時阻斷或延誤美軍的後勤補給及 C4ISR 系統，達成 A2/AD 之目的。目前用於執行 A2/AD 所使用的武器及科技有了大幅進步並四處擴散，使得不但區域強權，甚或是弱國及「非國家行為者」等潛在敵人都能夠擁有先進武器裝備與科技，從而具備更佳的反介入能力，對美造成行動限制，使得美軍行動的困難度增加。⁴⁶

⁴⁴ 國防部史政編譯局，《中共動武方式》(臺北：史政編譯局，1990 年 3 月)，頁 93-109。

⁴⁵ United States Department of Defense, “Joint Operational Access Concept,” Version 1.0, pp. 9-10.

⁴⁶ United States Department of Defense, “Joint Operational Access Concept,” Version 1.0, pp. 9-10.

針對特別是來自於中共的 A2/AD 的威脅，美軍發展「空海作戰」(Air-Sea Battle)的新作戰理論，⁴⁷ 並於 2010 年成立「空海作戰辦公室」加以落實。該辦公室在 2013 年 5 月公布《空海作戰：因應反介入與區域拒止挑戰的軍種合作》(Air-Sea Battle: Service Collaboration to Address Anti-Access and Area Denial Challenges)的報告中指出美軍所擘畫「空海作戰」的基本概念為建立所謂「NIA/D3」的作戰構想。NIA/D3 意指發展具「網狀化」(Networked)及「整合性」(Integrated)的聯合作戰部隊，使其具備「縱深打擊」(Attack-in-deep)的作戰能力，以達到「襲擾」(Disrupt)、「殲滅」(Destroy)與「擊敗」(Defeat)敵軍的作戰目的。⁴⁸ 但美軍亦瞭解要使「空海作戰」的作戰構想能夠有效遂行，在軍事科技及武器水準上保持對對手的領先，才是關鍵所在，這也成為驅動美軍方提出第三次抵銷戰略的引擎。

二、中共 AI 技術在 A2/AD 上之運用

美方研究報告對中國的軍事現代化的看法是認為解放

⁴⁷ David W. Kearn, Jr., "Air-Sea Battle and China's Anti-Access and Area Denial Challenge," *Orbis*, Winter 2014, pp.132-147.

⁴⁸ The U.S. Naval War College, "Air-Sea Battle: Service Collaboration to Address Anti-Access & Area Denial Challenges," *Current Strategy Forums.*, 2013, pp. 4-7. <<https://digital-commons.usnwc.edu/csf/1>> (檢索日期：2020 年 8 月 14 日)；其中「網狀化」(Networked)是指對多維空間作戰進行指揮管制：有效管制聯戰部隊戰力，而「整合性」(Integrated)是指依任務或作戰行動來整合空、海及地面戰力，「縱深打擊」是指對拒止空間地區實施兵力投射。

軍正處於三種過渡狀態之中：(一)加強對海洋領域的關注，以支持 A2 / AD 的目標；(二)開始重視兵力投射能力；(三)認為開發及擁用 AI 的載台和系統，並充分利用此一新興趨勢來塑造未來衝突所需軍事能力的必要性日益增高。報告並指出，上述第（一）項為對中共為當務之急，但第（三）項顯示中共將由信息戰過渡到「智能戰」或「認知戰」的動作或許將是對未來 15 到 20 年最具影響力的因素。⁴⁹

（一）無人系統

中共目前正在研發的主要無人載台，包括無人機(UAVs)，無人水面艦艇(USV)及無人水下艦艇(UUVs)，基於篇幅在此僅介紹 UAVs 及 UUVs 兩項。

1、無人機(UAVs)

在 UAV 方面，中共主要以 AI 強化其電子戰及察打一體的能力。例如其研發 ASN-301 反輻射 UAV（仿製自以色列「Harpy」），可對敵人雷達系統、防空飛彈陣地等進行攻擊。在高空長航時(High altitude long endurance, HALE)UAV 中，最受注意的是「翔龍」（又名為 EA-03），「翔龍」航程 7000 公里，巡航高度 1 萬 8000 公尺，最大續航時間 36 小時，裝備先進的指揮通信和電子干擾系統，在東海和南海執行偵查

⁴⁹ “China’s Advanced Weapons Systems,” *Jane’s by IHS Markit*, May 12, 2018, p. 7, <https://www.uscc.gov/sites/default/files/Research/Jane's%20by%20IHS%20Markit_China's%20Advanced%20Weapons%20Systems.pdf>（檢索日期：2020 年 8 月 14 日）

以及跟蹤監視美國航母。⁵⁰

此外，中共蜂群作戰技術發展目前已有具體成果出現，據中國航天空氣動力技術研究院宣稱，其研發之彩虹-4 察打一體無人機圓滿完成「五站四機」協同超視距飛行任務，其意義在於中共已有能力建立多無人機協同作戰系統。⁵¹另外，與軍方關係密切的黑龍江哈爾濱工業大學在 2020 年 6 月的校慶中，展示了同時控制 1000 部無人機進行圖案變換的能力，⁵²事實上曾有媒體報導顯示，此技術在發展過程中，曾以電腦模擬方式進行摧毀導彈發射器的研究。⁵³而在無人/有人協同作戰方面，據媒體報導，殲 6 無人機和殲 20 目前可能正在進行數據鏈、融合協議等系統融合測試，一旦試驗成功，未來可將殲 6 無人機置換成目前正在研製中的一系列匿蹤無人機，⁵⁴ 研判未來將列裝的殲 20 雙座版將成為指

⁵⁰ 〈各式無人機裝備四大軍種 EA-03 連飛 36 小時跟蹤美航母〉，《ET today 新聞雲》，2018 年 08 月 30 日，<<https://www.ettoday.net/news/20180830/1246865.htm>>（檢索日期：2020 年 8 月 30 日）

⁵¹ 〈飽和攻擊：中國“彩虹”無人機完成多機協同任務〉，《中國軍網》，2016 年 12 月 31 日，<http://www.81.cn/big5/jwgz/2016-12/31/content_7432239.htm>（檢索日期：2020 年 8 月 14 日）

⁵² 〈哈爾濱工業大學學生千部無人機綵排 賀百年校慶〉，《明報》，2020 年 6 月 4 日，<http://www.mingpaocanada.com/van/htm/News/20200604/tcbf1_r.htm>（檢索日期：2020 年 9 月 10 日）

⁵³ Elsa B. Kania, “Battlefield Singularity: Artificial Intelligence, Military Revolution, and China’s Future Military Power,” p. 23.

⁵⁴ 〈殲-20「蜂王」起手式 同框 4 架殲-6 無人機測試系統融合〉，《ETtoday 軍武新聞》，2019 年 7 月 13 日，<

揮這些無人機群的長機。⁵⁵這些無人機在戰時將在長機指揮下實施飽和或自殺式攻擊，或扮演佯攻角色消耗敵方防空資源。

2、無人水下艦艇(UUVs)

UUVs 近來發展十分迅速，其優點是體形小，再輔以匿蹤科技，其匿蹤性將優於潛艦，惟目前仍面臨動力不足及續航性不佳之限制。UUVs 除可用於執行掃雷、海洋探測等任務外，其作戰利用方式為長期在對手附近處於半休眠部署狀態，單純執行監視，然必要時可隨時發起攻擊。中共正利用 UUVs 強化其水下監偵及反潛能力，也就是建立水下長城 (underwater Great Wall) 來挑戰美國的水下優勢。⁵⁶在實際成果方面，中共在 2019 年 10 月建國 70 周年大閱兵中首次展出其自主創新研製 HSU001 UUV，研判此裝備除了具備自主遠程航行和先進光電偵察系統執行偵察戰場環境的能力，甚至因裝置通信裝備而可執行狼群作戰。UUV 朝察打一體發展，將提升解放軍對臺灣執行水下封鎖的能力，為國軍及美軍反潛作戰帶來新的挑戰。

<https://www.ettoday.net/news/20190713/1488198.htm#ixzz6adcBv9Ja>>
(檢索日期：2020 年 8 月 17 日)

⁵⁵ 〈世界第一 魔改大突破 殲-20 雙座版將成新一代預警機兼指揮中心〉，《中時新聞網》，2020 年 8 月 16 日，<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20200816000817-260417?chdtv>> (檢索日期：2020 年 8 月 17 日)

⁵⁶ James Johnson, “Artificial Intelligence, Drone Swarming and Escalation Risks in Future Warfare,” *The RUSI Journal*, Vol. 165, Iss. 2, Apr 16, 2020, p.36.

（二）精準打擊

使用導彈及 HGV 針對對手指揮平台、航母等重要戰略資產進行精準打擊是 A2/AD 作戰中的重要手段。當然要完成精準打擊，除了載具本身外，用於定位、跟蹤和瞄準各種敵方武器系統的 C4ISR 的性能良窳更是關鍵。如前所述，AI 根據其既有資料庫利用演算法，對由各種感測件所接收的巨量數據，能夠迅速的完成辨識及分析工作並提供給載具使用，有效強化了 C4ISR 的作用，同時也增加了打擊對手戰略資產的能力。在美國國家情報總監辦公室「情報高等研究計畫署」(Intelligence Advanced Research Projects Activity)所舉辦的第一屆「臉部辨識準確度挑戰賽」(Face Recognition Prize Challenge)，由上海依圖網路科技公司 (YITU Technology) 奪得首獎。該公司領先業界的資料庫配對系統，可以在 3 秒內搜尋超過 10 億筆紀錄，⁵⁷ 中共科技公司發展此一能力其原本目的是用於社會監視之用，然而其高速比對辨識能力亦可轉於軍事目標物之上，對於精準打擊有相當助益。

另一方面，《美軍聯合作戰環境 2035》(The Joint Operating Environment 2035) 報告指出，包括中國在內許多國家可能會在未來的二十年內部署可運行的 HGV 系統，其速度將達到 6 馬赫以上，並大大提升全球打擊的射程、精確

⁵⁷ 賴宏昌，〈依圖奪臉部辨識首獎！施密特：美國 AI 優勢只剩 5 年〉，《MoneyDJ 理財網》，2017 年 11 月 29 日，
<<https://www.moneydj.com/KMDJ/News/NewsViewer.aspx?a=d268a991-cbca-43ce-8b96-68aaa0a83480>>（檢索日期：2020 年 8 月 25 日）。

性和致命性，不但超越飛彈防禦系統的能力，甚至可能破壞部分導彈防禦系統。⁵⁸ 學者分析中共的學術文獻發現，過去他們研究焦點在強調如何防禦外來 HGV 的攻擊，近年來大部份研究卻是轉移到如何將 AI 中的類神經網路功能應用於 HGV，來強化其自主性、運動性、穩定性、控制性及精確性以突破外國飛彈防禦系統，此顯示中共的國防戰略已從「積極防禦」轉向「應用 AI 的攻擊」(AI-Enabled Offense)。⁵⁹ 當衝突中涉及 AWS 及 HGV 等先進軍事能力時，軍事行動的速度可能超過政治決策的速度，使領導人失去應對的時間與能力。學者即認為如果解放軍的巡弋飛彈及 HGV 也具備 AI 及自主能力，且將其用於台海、東海及南海，則情勢會變得更易於發生衝突及不穩定。⁶⁰

(三) AI 兵棋推演

中國國防大學教授胡曉峰認為，中國軍事人員長期以來重謀略而輕數據，重定性而輕定量，對數據累積量化分析做得很不夠，因此很難產生以數據為基礎的兵棋及兵棋推演。兵棋系統的出現，可補足這個缺失，通過對兵棋理論的研究

⁵⁸ *Joint Operating Environment 2035: The Joint Force in a Contested and Disordered World* (Washington DC : Joint Chiefs of Staff, July 14, 2016), p.19.

⁵⁹ Lora Saalman, "China's integration of Neural Networks into Hypersonic Glide Vehicles," *AI, China, Russia, and the Global Order: Technological, Political, Global, and Creative Perspectives*. (Washington DC : DOD, Dec. 2018), p.154-155.

⁶⁰ James Johnson, "Artificial Intelligence, Drone Swarming and Escalation Risks in Future Warfare," p.36.

及兵棋系統的研發，強化對戰爭經驗的總結、數據的整理分析，突出量化分析及精確指揮。⁶¹2016年，AI軟體AlphaGo擊敗韓國職業圍棋棋士李世乭，此一事件觸動了解放軍將AI應用在兵棋推演上的想法。解放軍的想像是，圍棋和戰爭相當類似，棋盤可被比作戰場，遊戲可被比作戰爭的藝術，玩家可被比作指揮官來規劃策略，而玩家處理遊戲就像指揮官指揮軍隊一樣。他們認為兵棋推演可以協助解放軍訓練未來指揮官的戰略思維及指揮決策能力，這正是目前解放軍軍官所缺乏的素養。⁶²

目前AI的決策指揮模型中，中國科學院自動化研究所研製的「CASIA-先知 V1.0 程式」，被稱為是中國版的「兵棋AlphaGo」。2017年中共舉行的全國首屆兵棋推演大賽上，「CASIA-先知 V1.0 程式」在「賽諸葛」兵棋推演人機大戰中與人類選手交鋒，並獲得大勝，展現了AI技術在博弈對抗領域的實力。此次推演採用連級規模城鎮居民地遭遇戰的對抗想定，相比人類選手，AI系統能更加快速準確地進行態勢判斷和策略決策，很少犯低級錯誤，因而能夠戰勝經驗豐富的人類高手。⁶³其後，中共軍方也陸續辦理了包括「先

⁶¹ 胡曉峰，《戰爭工程論》（北京：國防大學出版社，2012年），頁333。

⁶² Elsa Kania, “Learning Without Fighting: New Developments in PLA Artificial Intelligence War-Gaming,” *China Brief*, Vol. 19, Iss. 7, April 09, 2019.

⁶³ 〈自動化所研製兵棋推演系統“CASIA-先知 V1.0”以 7:1 戰勝人類選手〉，《中國科學院》，2017年9月29日，
<http://www.ia.ac.cn/xwzx/kydt/201710/t20171020_4875631.html>（檢索日期：2020年9月10日）

知·兵聖—2018」戰術級人機對抗挑戰賽等推演。「先知·兵聖—2018」推演是以兵棋陸戰平臺為基礎組織，對戰爭全過程進行模擬與推演，並按照兵棋規則研究和掌握戰爭局勢。

64

目前解放軍 AI 兵棋推演開發仍在起步階段，隨著人機融合智能技術的日趨成熟，將來 AI 兵推預計將會以人機合作的混合編組模式實施，充分發揮人的認知與感知能力及機器的運算能力的各自優勢。同時解放軍 AI 兵推技術未來若漸趨成熟，將會擴大場景成為以台海及南海為其想定之背景所在。

（四）製作假訊息

深偽技術（Deepfake）是 AI 技術興起後出現新型訊息操作手法，此技術主要是將已有的圖像或影片疊加至目標圖像或影片上。運用這種科技可以對敵對國家製造假的新聞報導來引導輿論、破壞民眾信任，甚至可以用來勒索政府官員。在發展初期，Deepfake 主要用於人像的操作上，⁶⁵然而目前已擴大應用於例如衛星照片的偽照之上。

「自動生成網路對抗技術」（Generative Adversarial Network, GAN）是製造 Deepfake 的一種技術，GAN 原先是用於訓練神經網路系統自動識別目標和判別真偽的方法，由

⁶⁴ 〈開展兵棋推演提升戰法研究水準〉，《中國軍網》，2018 年 12 月 28 日，http://www.81.cn/jfjbmap/content/2018-12/28/content_224161.htm（檢索日期：2020 年 9 月 10 日）

⁶⁵ Sally Adee, “What Are Deepfakes and How Are They Created? – IEEE Spectrum,” *IEEE Spectrum*, April 29, 2020, p.1.

於該技術是以抽取圖像中的特徵（Feature）來進行辨識，因此若以 AI 透過自動學習，反向製造電腦能判讀的特徵反而就能欺騙電腦。亦即若以 AI 技術將開放使用的衛星照片進行特殊化處理，能夠有效欺騙過電腦的地理辨識軟體，造成電腦識別的混亂或錯誤。中共從 2017 年開始將 GAN 應用於防範外國偵察中國大陸的地理情報，並已有相當技術水準。⁶⁶此技術的成功，判將運用在 A2/AD 上，造成美軍從衛星照片辨識中共重要戰略資產的錯誤或困難，從而難以採取正確行動。

柒、結語

中共軍事戰略正從「打贏信息化局部戰爭」朝向「打贏智能化局部戰爭」發展，AI 技術相關的蜂群及人機協同等新式戰術戰法的出現，對中共提升 A2/AD 能力將產生極大助益，我們必須及早反思應對之策。美國長久以來做為全球超級強權，其最主要的支撐之一來自於科技的領先，信息化戰爭以科技做為特徵，美國自然毫無對手。目前中共 AI 技術與美國相比當然仍屬落後，然而中共在科技方面所採取彎道超車的策略，將快速縮短其與美國的差距，5G 技術的領先是一個具體例子，中共在 AI 領域上也必然擁有佔取「智

⁶⁶ Patrick Tucker, “The Newest AI-Enabled Weapon: ‘Deep-Faking’ Photos of the Earth,” *Defense one*, March 31, 2019, <<https://www.defenseone.com/technology/2019/03/next-phase-ai-deep-faking-whole-world-and-china-ahead/155944/>>（檢索日期：2020 年 9 月 10 日）

能制高點」的企圖心。

美國目前陷入的困境為，其聲稱將在遵守國際法和道德準則的基礎上開發 AI 技術，而相對地，解放軍迄今為止對這些問題的討論相當有限，可以推論中共在戰爭中使用 AI 所受道德或法律限制相對輕微或根本忽視，美國在受此不公平束縛之下，與中共的 AI 軍備競賽將會陷入苦戰，從而對美方反制 A2AD 行動造成不利影響。

參考文獻

一、中文部分

專書

國防部史政編譯局，1990。《中共動武方式》。臺北：史政編譯局。

胡曉峰，2012。《戰爭工程論》。北京：國防大學出版社。

期刊論文

槐澤鵬，龔旻，陳克，2018。〈未來戰爭形態發展研究〉，《戰術導彈技術》，第 1 期，頁 1-7。

報紙

2019/5/17。〈習近平向國際人工智能與教育大會致賀信〉，《解放軍報》，版 1。

網際網路

李明海，2019/1/15。〈智能化戰爭的制勝機理變在哪裏〉，《解放軍報》，<http://www.mod.gov.cn/big5/jmsd/2019-01/15/content_4834525.htm>。

李磊，申超，2017/11/17。〈美國空中有人/無人協同作戰能力發展〉，《航太海鷹資訊》，<<http://mp.163.com/article/D3F76DB00514FBM4.html>>。

陳航輝，2018/1/2。〈人工智能：如何顛覆未來戰爭〉，《中國國防報》，<http://www.mod.gov.cn/big5/jmsd/2018-01/02/content_4801253.htm>。

- 儀艷磊，2020/4/17。〈作戰無人蜂群：振翅欲飛 知向誰邊〉，
《 解 放 軍 報 》，
<http://www.mod.gov.cn/big5/education/2020-04/17/content_4863717.htm>。
- 賴宏昌，2017/11/29。〈依圖奪臉部辨識首獎！施密特：美國 AI 優勢只剩 5 年〉，《MoneyDJ 理財網》，
<<https://www.moneydj.com/KMDJ/News/NewsViewer.aspx?a=d268a991-cbca-43ce-8b96-68aaa0a83480>>。
- 2016/12/22。〈解讀國務院“十三五”規劃：推動人工智慧、新能源汽車規模化應用〉，《億歐網》，<<http://www.ciotimes.com/recommend/122425.html>>。
- 2016/12/31。〈飽和攻擊：中國“彩虹”無人機完成多機協同任務〉，《中國軍網》，<http://www.81.cn/big5/jwgz/2016-12/31/content_7432239.htm>。
- 2017/7/20。〈國務院關於印發新一代人工智能發展規劃的通知〉，《中華人民共和國中央政府》，<http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm>。
- 2017/9/29。〈自動化所研製兵棋推演系統“CASIA-先知 V1.0”以 7:1 戰勝人類選手〉，《中國科學院》，<http://www.ia.ac.cn/xwzx/kydt/201710/t20171020_4875631.html>。
- 2018/7/17。〈中國人工智能發展報告 2018〉，頁 1-99，《中國科學院大學》，<<https://aiucas.ac.cn/index.php/zh-cn/xsdt/6019-2018>>。
- 2018/8/3。〈各式無人機裝備四大軍種 EA-03 連飛 36 小時跟蹤美航母〉，《ET today 新聞雲》，<<https://www.ettoday.net/news/20180830/1246865.htm>>。
- 2018/12/28。〈開展兵棋推演提升戰法研究水準〉，《中國軍網》，<<http://www.81.cn/jfjbmap/content/2018->

12/28/content_224161.htm>。

2019/7/13。〈殲-20「蜂王」起手式 同框 4 架殲-6 無人機測試系統融合〉，《ETtoday 軍武新聞》，<<https://www.ettoday.net/news/20190713/1488198.htm#ixzz6adcBv9Ja>>。

2020/6/4。〈哈爾濱工業大學學生千部無人機綵排 賀百年校慶〉，《明報》，<http://www.mingpaocanada.com/van/htm/News/20200604/tcbf1_r.htm>。

2020/8/16。〈世界第一 魔改大突破 殲-20 雙座版將成新一代預警機兼指揮中心〉，《中時新聞網》，<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20200816000817-260417?chdtv>>。

〈2019 年人工智能發展白皮書〉，頁 1-47，《中國科學院》，<http://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202001171374280695_1.pdf>。

二、英文部分

專書

Cliff, Roger, Burles, Mark, Chase, Michael S., Eaton, Derek, Pollpeter, Kevin L., 2007. Entering the dragon's lair : Chinese anti access strategies and their implications for the United States. Santa Monica, CA: RAND Corporation.

Russell, Alison Lawlor, 2017. Strategic A2/AD in Cyberspace. UK : Cambridge University Press, <<https://www.cambridge.org/core/books/strategic-a2ad-in-cyberspace/historical-perspective-of-a2ad-strategy/5A9A77EB30BE8212CB8B96359460C702>>.

專書論文

Saalman, Lora, 2018. “China’s integration of Neural Networks into Hypersonic Glide Vehicles,” in *AI, China, Russia, and the Global Order: Technological, Political, Global, and Creative Perspectives*. Washington DC : DOD. pp.152-159.

期刊論文

- Adee, Sally, 2020/4/29. “What Are Deepfakes and How Are They Created? – IEEE Spectrum,” *IEEE Spectrum*, pp.1-5.
- Johnson, James, 2020/4/16. “Artificial Intelligence, Drone Swarming and Escalation Risks in Future Warfare,” *The RUSI Journal*, Vol. 165, Iss. 2, pp. 26-36.
- Kania, Elsa, 2019/4/9. “Learning Without Fighting : New Developments in PLA Artificial Intelligence War-Gaming,” *China Brief*, Vol. 19, Iss. 7, pp. 15-19.
- Kearn, David W., Jr., 2014 Winter. “Air-Sea Battle and China’s Anti-Access and Area Denial Challenge,” *Orbis*, pp.132-147.

網際網路

- Erwin, Sandra, 2017/10/19. “With commercial satellite imagery, computer learns to quickly find missile sites in China,” *SPACENEWS*, < <https://spacenews.com/with-commercial-satellite-imagery-computer-learns-to-quickly-find-missile-sites-in-china/>>.
- Hambling, David, 2016/1/4. “U.S. Navy Plans to Fly First Drone Swarm This Summer,” *DEFENSETECH*, <<http://www.defensetech.org/2016/01/04/u-s-navy-plans-to-fly-first-drone-swarm-this-summer/>>.
- He, Yujia, 2017/6/20. “How China is Preparing for an AI-

- Powered Future,” The Wilson Center, pp. 1-19, <
[https://www.scribd.com/document/352605730/How-
China-is-Preparing-for-an-AI-Powered-
Future#from_embed](https://www.scribd.com/document/352605730/How-China-is-Preparing-for-an-AI-Powered-Future#from_embed)>.
- Ilachinski, Andrew, 2017/1. “AI, Robots, and Swarms, Issues, Questions, and Recommended Studies,” Center for Naval Analysis, pp. 1-272, <
https://www.cna.org/cna_files/pdf/DRM-2017-U-014796-Final.pdf>.
- Kania, Elsa B., 2017/11/28. “Battlefield Singularity: Artificial Intelligence, Military Revolution, and China’s Future Military Power,” Center for a New American Security, pp. 1-73, <
<https://s3.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/Battlefield-Singularity-November-2017.pdf?mtime=20171129235804>>.
- Knight, Will, 2017/10/10. “China’s AI Awakening,” MIT Technology Review, <
<https://www.technologyreview.com/s/609038/chinas-ai-awakening> >.
- Magnier, Mark, 2020/2/22. “US must be ready for military clash with China, Pentagon official Chad Sbragia says,” South China Morning Post, <
<https://www.scmp.com/news/china/military/article/3051683/us-must-gird-possible-military-clash-china-pentagon-official>>.
- Makichuk, Dave, 2020/5/8. “Australia receives its first ‘Loyal Wingman’s,” Asia Times, <
<https://asiatimes.com/2020/05/australias-receives-it-first-loyal-wingman/>>.
- Nurkin, Tate, 2018/5/12. “China’s Advanced Weapons Systems,” Jane’s by IHS Markit, pp. 1-248, <
<https://www.uscc.gov/sites/default/files/Research/Jane's%2>

- Oby%20IHS%20Markit_China's%20Advanced%20Weapons%20Systems.pdf>.
- Pickrell, Ryan, 2020/8/27. "Former Navy TOPGUN instructor says the AI that defeated a human pilot in a simulated dogfight would have 'crashed and burned' in the real world," Business Insider Australia, <<https://www.businessinsider.com.au/navy-pilot-not-surprised-ai-beat-human-in-simulated-dogfight-2020-8>>.
- Russon, Mary-Ann, 2015/4/16. "Google Robot Army and Military Drone Swarms: UAVs May Replace People in the Theatre of War," International Business Times, <<http://www.ibtimes.co.uk/google-robot-army-military-drone-swarms-uavs-may-replace-people-theatre-war-1496615>>.
- Sayler, Kelley M., 2020/8/4. "Emerging Military Technologies: Background and Issues for Congress," CRS, pp. 1-32, <<https://fas.org/sgp/crs/natsec/R46458.pdf>>.
- Stroud, Matt, 2018/4/12. "The Pentagon is getting serious about AI weapons," The Verge, <<https://www.theverge.com/2018/4/12/17229150/pentagon-project-maven-ai-google-war-military>>.
- Tucker, Patrick, 2019/3/31. "The Newest AI-Enabled Weapon: 'Deep-Faking' Photos of the Earth," Defense one, <<https://www.defenseone.com/technology/2019/03/next-phase-ai-deep-faking-whole-world-and-china-ahead/155944/>>.
- United States Department of Defense, 2012/1/17. "Joint Operational Access Concept," Version 1.0, pp. 1-64. <https://archive.defense.gov/pubs/pdfs/JOAC_Jan%202012_Signed.pdf>.
- United States Department of Defense, 2014/9/3. "Secretary of Defense Speech: Defense Innovation Days Opening Keynote,"

- <<http://www.defense.gov/News/Speeches/Speech-View/Article/605602/defenseinnovation-days-opening-keynote-southeastern-new-england-defense-indust>>.
- U.S. Naval War College, "Air-Sea Battle: Service Collaboration to Address Anti-Access & Area Denial Challenges," Current Strategy Forums., 2013, pp. 1-13. < <https://digital-commons.usnwc.edu/csf/1> >
- Vincent, James, 2018/2/22. "China Overtakes US in AI Startup Funding with a Focus on Facial Recognition and Chips," The Verge, < <https://www.theverge.com/2018/2/22/17039696/china-us-ai-funding-startup-comparison> >.
- West, Darrell M., Allen, John R., 2018/4/24. "How artificial intelligence is transforming the world," The Brookings Institution, < <https://www.brookings.edu/research/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-world/>>.
- Yuan, Li, 2018/11/25. "How Cheap Labor Drives China's A.I. Ambitions," The New York Times, < <https://www.nytimes.com/2018/11/25/business/china-artificial-intelligence-labeling.html>>.
- 2019/2/11. "Executive Order on Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence," The White House, < <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-maintaining-american-leadership-artificial-intelligence/>>.
- 2019/11. "Interim Report," NSCAI, pp. 1-96, < <https://drive.google.com/file/d/153OrxnuGEjsUvIxWsFYa uslwNeCEkvUb/view>>.
- 2019/11/21. "Artificial Intelligence and National Security," CRS, pp. 1-37, < <https://news.usni.org/2020/08/27/report-on-artificial-intelligence-and-national-security>>.
- "OFFensive Swarm-Enabled Tactics (OFFSET)," DARPA, <<https://www.darpa.mil/work-with-us/offensive-swarm>

enabled-tactics>.

“The Chinese Communist Party’s Military-Civil Fusion Policy,”
U.S. Department of State, < <https://www.state.gov/military-civil-fusion/>>.

The Applications of China's AI Technology in A2/AD

Yuan Chou Jing

(Associate Professor

Graduate Institute of China Military Affairs Studies, National
Defense University)

Abstract

In the recent years, with the rapid development of technologies such as big data, 5G, quantum computing, and Artificial Intelligence, which have caused major changes to the existing weapon systems and type of warfare, AI is regarded as the "game changing" technology, the whole new era of intelligentized warfare is coming soon.

China is using Civil-Military Integration to develop AI technology, it not only hopes to surpass the United States in AI field in the short term, but also wants to infuse AI into weapon systems to further strengthen its A2/AD capabilities. At present, the autonomy and precision strike capabilities of unmanned systems have been improved. This situation will have a major impact on the freedom of navigation in the South China Sea and the security of the Taiwan Strait.

Keywords : Artificial Intelligence, Autonomous Weapon Systems, A2/AD, Swarm, Civil-Military Integratio

