

國防大學空軍指揮參謀學院

空權與國防

學術研討會論文集

作者

王立杰、吳冠昇、吳俊緯

林明智、周昱豪、潘宜輝

盧昱帆

國防大學空軍指揮參謀學院編印

中華民國 112 年 10 月 01 日

序

空防即國防，掌握「空權」即掌握戰爭勝負的關鍵，自第二次世界大戰以來，從「不列顛空戰」、「貝卡山谷之役」到「波斯灣戰爭」等近代各場戰事，皆印證「空權」對國防的重要性。

孫子兵法軍形篇：「善守者，藏於九地之下；善攻者，動於九天之上，故能自保而全勝也」，我建軍備戰秉持上述信念，同時「以史為鏡」亦「以敵為師」，再借鏡已持續年餘的「俄烏戰爭」，烏克蘭以劣勢空軍成功阻止俄羅斯優勢空軍絕對空優的建立，並透過各國軍事和民間科技援助，結合衛星、資訊、電戰及無人機運用與反制等作為，阻滯俄軍進犯。我除可從中汲取經驗外，亦可反思探討共軍的軍力及科技發展，做為我「不對稱作戰」建軍發展之目標。

空軍是科技軍種，112 年度「空權與國防」研討會秉持科技建軍精神，以「決勝制空權-不對稱作戰對空權發展之契機」為主題，網羅有關先進戰機設計、人工智慧、無人化等新興科技發展與作戰運用之各類型專文，彙錄本論文集付梓，承蒙各界學者不吝分享研究成果，引領本院師生培養宏觀學術視野及創新思維，並提供空軍建軍備戰及訓練發展參考，特為之序。

空軍指揮參謀學院

少將院長 陳黃榮

謹識

中華民國 112 年 10 月 01 日

目 錄

第一篇	淺談作戰概念發展對戰機設計演進之 影響.....	1
第二篇	俄烏戰爭資訊作戰運用對我國之啟示	23
第三篇	淺析中共火箭軍發展對我空軍戰力防 護之影響.....	43
第四篇	淺析共軍空軍智能化作戰發展對我防 空部隊之影響.....	59
第五篇	中美無人作戰飛行載具發展與趨勢之 研究.....	79

淺談作戰概念發展對戰機設計演進之影響

Discussion on the Influence of Combat Concept Development on the Evolution of Fighter Design

王立杰(Wang Li-Chieh)

國家中山科學研究院航空研究所

摘要

武器研發起源均來自於需求，戰機設計不僅是關注流線時尚的外形與複雜的性能，其背後尚有諸多考量要素影響整體設計方向，本文由飛機設計系統工程以外的視角，回顧美軍於不同時期對戰機性能需求改變的歷程，論述不同作戰概念對戰機整體設計之影響，因應未來更為複雜戰場環境，先進戰機設計已跳脫原本航空與系統工程框架，整合於整體作戰體系內進行發展，人工智慧、無人戰機及作戰雲等新興科技的引進，透過數據鏈路與各式感測平臺與火力平臺的整合，使戰機可發揮的作戰能力遠超過載臺本體，本研究可做為未來戰場規劃與兵力整建提供參考。

關鍵詞：戰機設計、作戰概念、馬賽克戰

Abstract

The development of weapon systems are always based on the mission requirements. For the fighter design, the fashionable aircraft configurations, multiple system function and flight performance are not only the design considerations, but there still have many important factors behind it which can affected the overall design. This paper studies the requirements of U.S. fighter plane design in different periods and discusses the influences of combat concept on fighter plane design without the traditional perspective of aircraft design and system engineering. The results can provided as a reference for constructed our air force in the future to deal with the complicated environments of battlefield.

Key word: Fighter design; combat concept; mosaic warfare

壹、戰機世代分級概述

關於戰機的世代分類於技術指標上的演進與差異，無論是依歐美俄體系的 5 代區分，或是中共定義的 4 代標準，¹已有諸多文獻進行探討，本文不再贅述，而是著重闡述在作戰概念與戰機設計與世代分級之對應關係。

戰機世代的定義，主要源自於美國航空博物館館長 Walter Boyne 於 2005 年由歷史史觀，針對噴射戰機發展歷程進行世代的分級發表論述，²實際上戰機制定研發需求時並不會以發展某代戰機為標的，與所有武器發展相同，係依據當前或未來之威脅規劃對應的任務需求，設定所需之功性能規格，進而盤點對應之關鍵技術發展奠基，研製出與之抗衡的戰鬥機。整體而言，基於剋制威脅取得勝利的前提，新一代戰機較諸於前一代戰機會因新科技的運用，期望達到作戰效能上的躍進，但新技術的運用並非取得優秀戰績的保證，尤其是當武器系統投入與設計想定迥然不同的作戰環境時，先進的裝備反成為華而不實的高價累贅，如越戰時期屬第三代最先進的 F-4 幽靈二式(Phantom II)戰機與 F-105 雷長(Thunderchief)戰轟機 2 型 2 倍音速戰機、具先進雷達與半主動中程空對空飛彈，單機性能指標完全凌駕北越空軍所有機種，初遭遇前一代的北越 MiG-17 次音速戰機時卻陷入苦戰，並未取得耀眼成績。整體而言，戰機之功性能雖隨科技的推升而琳瑯滿目，但仍有諸多複雜參數受物理限制，並非可無限上綱的一路攀升，某些參數甚至彼此間是衝突矛盾，例如要追求高機動性，獲得良好的盤旋能力，由於誘導阻力與升力係數的平方成正比，必須要有低的翼負載(wing loading)設計，但如要追求高速性能，就必須要有高的翼負載，即使有高推力發動機、渦流控制與線傳飛控技術，也只能在盤旋能力與高速間取得較佳的妥協；³另再怎麼優秀完美的設計，如未考量可行性、可獲得性、易製性與可維持性等將設計理念轉化為實體的現實因子，終究無法脫離紙面成為現實，或進入產製並維持足夠的機隊數量形成有效戰力。

貳、能量機動論與 OODA 循環

一、戰機—因應空戰而生

戰機設計的演進並非僅拘泥於外形設計與功性能提升，各世代戰機的發展均有其作戰概念的基礎，回顧過去使用同軸機槍的第一次世界大戰時期，由於機槍僅能對正前方的目標進行射擊，因此飛行員在空戰中必須將戰鬥機飛行方向對準目標，也因敵機同樣將機槍裝在機首，對頭攻擊時除需頂著敵人的火力，加上敵我迎面飛行時相對速度太快不易完成瞄準，且

¹ 技術與理念的糾葛 戰鬥機的劃代之爭，艦船知識，2021 年 4 月，頁 58-64。

² Boyne W. Generation gap. Code One, 2005 (4).

³ Whitford, R. (2004). Fundamentals of Fighter Design. Crowood Press, ISBN:978-1-8612-3334-4.

與敵機及其戰損碎片對撞風險高，自敵機尾部位置發起攻擊成為最佳選擇，各種纏鬥動作應運而生，⁴戰機設計也以滿足纏鬥為前提。⁵進入飛彈時代後，受限早期機載雷達及飛彈尋標器搜索範圍與鎖定距離限制、敵我相對位置對飛彈射擊時機與包線影響，戰機仍需優秀的機動性能以搶佔有利的攻擊位置，獲得更高的射擊機會與命中率，⁶即使後續機載雷達與飛彈性能持續的提升、大離軸角度射擊飛彈的出現看似可降低對戰機指向與佔位能力的性能要求，但能與目標保持良好相對位置仍可獲得較大飛彈包線的優勢。

二、空戰能力量化學理依據

美國空軍上校 John Boyd 終其一生未曾擊落任何一架敵機，⁷卻提出了兩項影響了自 F-16、F-15 與 F/A-18 以降之第 4 代戰機設計思路的重大理論，一是基於機砲作戰，以及使用條件與機砲相似的響尾蛇紅外線導引飛彈的空戰環境，提出能量機動論(Energy-maneuverability, EM)，將戰機的性能以動能與位能為總和以及兩種能量之間快速轉換與補充的能力，用單位剩餘功率(specific excess power, SEP)定量對比戰機間的機動性，作為戰機基本攻防戰術(Basic Fighting Maneuvers, BFM)作戰能力的衡量標準，使後續戰機發展對機動性的要求重於極速。另一重大貢獻為 OODA 循環(如圖 1)，OODA 是觀察(Observation)、調整(Orientation)、決策(Decision)和行動(Action)的英文縮寫，認為交戰雙方從索敵到接戰的整套空戰流程中，就是在執行從觀察-調整-決策-行動的循環程序，可以較對方更快完成整套流程，或使對方必須耗費更多時間完成整套流程，理論上就可以取得獲勝的優勢，此論述將抽象的空戰清晰描述為具體行動過程，得以對各階段進行優化，縮短完成整套流程所需時間，獲得更大成功公算，例如良好的感測系統可獲得較佳勝算，係因可掌握完整的戰場態勢(Situation Awareness, SA)，縮短「觀察」程序時間所獲結果。

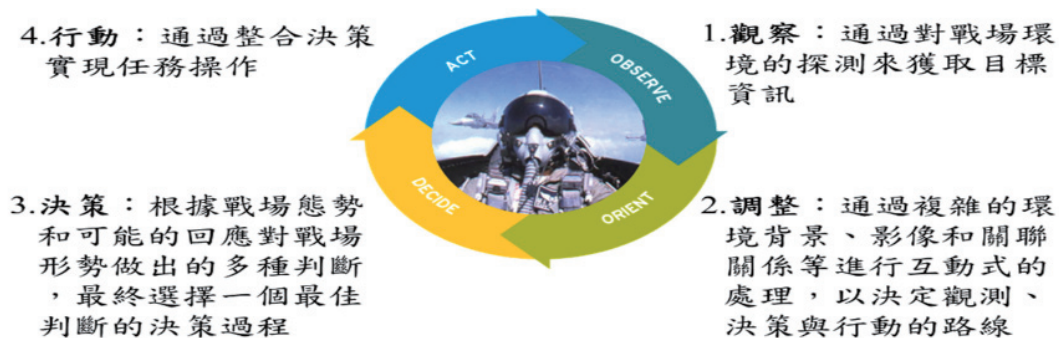


圖 1 OODA 循環圖(自行繪製)

⁴ Shaw, R. L. (1985). *Fighter Combat: Tactics and Maneuvering*. Naval Institute Press, ISBN:978-0-8702-1059-4.

⁵ Isby, D. C. (1997). *Jane's Fighter Combat in the Jet Age*. London: Harper Collins Publishers, ISBN:978-0-0047-0822-5.

⁶ 消失的空戰—六代機的大變革，艦船知識，2021 年 4 月，頁 77-82。

⁷ Coram, R. (2002). *Boyd, The Fighter Pilot Who Changed the Art of War*, Robert Coram, ISBN:978-0-7595-2777-5.

前述理論雖是由評量戰機 BFM 能力出發，其中，「觀察」與「行動」是技術手段，「調整」和「決策」是心理歷程，整體概念環繞在力學領域上取得優勢，對戰機設計的要求強調推重比、升阻比、翼負荷、剩餘推力等參數，航電上著重於導航、戰場態勢與飛行的協助，武器系統操縱需由載臺獨自完成，雖然 John Boyd 同時也是輕型戰鬥機(Lightweight Fighter, LWF)的狂熱支持者，主張戰機應著重於機動性與低價，反對於戰機上安裝昂貴笨重巨大的空用雷達，但後續發展隨空用脈衝都普勒雷達發展輕量化、成熟與普及，使輕型戰機亦能裝置後，也是為強化 OODA 循環中「觀察」的能力，可以說能量機動論影響對戰機外型及機械設計層面。後續隨戰場環境的複雜、空電技術的成熟與數據鏈路的鏈結持續演化，OODA 循環影響層面甚至擴展至更上層的體系作戰(system of systems)，也就是整合多個擁有各自所有權與管理權，可獨立運作的作戰系統，通過網路的鏈結進行訊息交換，遂行聯合作戰概念，⁸影響範圍由戰機設計擴展至戰場經營範疇。

參、戰場資訊的演進

隨著中程空對空飛彈的可靠度與性能已可滿足戰場需求時，過去以戰機能量取得空戰優勢也轉變為追求戰機+飛彈系統能量優勢，要達成中程空對空飛彈的擊殺目的，包括資料傳輸量、更新率、即時性與精確性等訊息品質，必須滿足自目標偵獲、敵我識別、鎖定、射擊、導引到命中等一連串的接戰程序，隨著電戰與匿蹤技術的普及與成熟、敵我雙方戰場指揮官的虛實作為與天然環境存在的干擾，使得戰場態勢瞬息萬變，想獲得通盤即時的情報，制定完整決策是不切實際的，反而應該利用戰場的不確定性，營造出敵人不易判斷的態勢，戰機設計的重心也隨之調整。¹⁸

Erik Blasch 與 Phil Hanselman 於 2000 年在 OODA 的基礎上，提出 OODA 2.0 的觀念，⁹戰機性能的優劣由過去「力學領域」的能量機動，轉換為「訊息領域」的戰場訊息良窳，成為影響勝負的關鍵。透過提高我方訊息獲得能力與降低敵方訊息獲得能力兩種方式，都可提高獲勝的機會，因此，除用於主動偵測之空用雷達自原有脈衝都普勒雷達提升至相位陣列雷達、也增加使用被動偵測手段，包括紅外線與光學追蹤：如前視紅外線(Forward-Looking Infra-Red, FLIR)、紅外線搜索與追蹤(Infrared Radiation Search and Track,IRST)及分布式孔徑感應器(Electro-Optical Distributed Aperture System, EODAS)；電磁訊號追蹤：如雷達預警系統(Radar Warning Receiver, RWR)與數位射頻記憶體(Digital Radio Frequency Memory, DRFM)、以及由

⁸ 張宏軍，黃百喬，鞠鴻彬，美國國防部體系工程指南解讀，艦船知識，2020 年 6 月，頁 38。

⁹ Blasch E, Hanselman P. Information fusing for information superiority [C]// Proceeding of the IEEE 2000 National Aerospace and Electronics Conference. Piscataway: IEEE Press, 2000: 290-297.

其他載臺獲得戰場態勢的戰術資料鏈等手段，隨航電系統的精進，各式先進感測器陸續整合上機，透過各種主被動偵測手段，善用各種感測元件的特性，於混沌不明的戰場環境中拼湊可信的戰場態勢；另以包含運用匿蹤設計、被動偵測及電戰干擾等手段，破壞對手取得戰場態勢的完整性，從而取得我方優勢。

前述感測裝備並非近期全新發明，越戰時期即以外掛莢艙型式出現在第三代以後的戰機，大型戰機也可達到裝備內建的需求，但所獲訊息係顯示於專屬或共用切換的顯示器後，由飛行員自行拼湊戰場態勢，在不確定、複雜、瞬變的戰場高壓環境下，大量湧現甚至可能是重複提供的目標資料使飛行員很容易被淹沒於訊息洪流，反而無法辨識出真正急迫有效的重要情資而失能。OODA 2.0 依原 OODA 精神更為進化，原有的「觀察」在數據鏈路的鏈結下，結合各感測器偵獲目標資訊的物理特徵，如雷達於目標距離的精準度優於目標方位，IRST 可獲得精確目標方位，RWR 可快速感知電磁威脅但距離與方位訊息並不準確等特性，將各載臺各類型感測器所獲資訊依其特性相互彌補，並由本機的感測器、僚機所獲情資、航戰管等不同來源獲取資訊，輔以適當的可信度權重進行修正後彙整；「調整」則藉由人工智慧對渾沌不明、虛實難辨的目標訊跡進行資料探勘(data mining)後，篩選擷取出有用的訊息進行融合，整合顯示於單一螢幕，對目標的識別與追蹤更為準確，可快速建立狀態認知，做出正確的決策；「決策」則有人工智能與專家系統協助；「行動」則因數據鏈路與人工智慧的輔助，獲得較單機更為靈活的運用，實現兵力分散條件下的火力集中，偵獲目標、火力投放與飛彈導引者未必是同一平臺，增加了戰術運用的彈性，也更精進 OODA 的程序。¹⁰此時，戰機機動性對於空戰致勝影響的比重也就降低，取而代之的是感測元件與數據資料鏈對於戰場訊息掌握的即時性與準確性。

為達以上功能需求，除了各感測元件功性能的提升，OODA 2.0 概念對戰機的航電架構影響為以階層式匯流排架構進行發展，依感測器訊息流量選用高(如 ARINC 818)、中(如 ARINC 429)、低速匯流排(1553B)進行傳輸，任務電腦或影像處理器運算能力更高，得以進行資訊融合運算後得以實現，上述戰場訊息整合的演變，使得戰機性能不再是決定空戰勝利的最大條件，一桿兩舵的飛行技術與強健的體質只是基本要求，關鍵是飛行員對戰場訊息的掌握，面對複雜戰場電磁環境、全面多樣性的威脅源下，飛行員需有足夠的本職學識操作先進航電裝備，掌握諸多感測元件提供訊息，進行決策判斷，完成整套 OODA 循環，腦力的負荷將大於體力的負擔，由於現代空戰具有資訊變化快速、目標隱晦不明、干擾虛實不定等諸多

¹⁰ 張蓬蓬，空戰體系演變及智能化發展，飛航導彈，2019 年第 3 期，頁 60-64。

複雜性，除了認知負荷的加重，未來更將與無人戰機協同作戰，¹¹飛行員已從單純的載具駕駛進化為戰場指揮官，為減輕飛行員負荷，導入人工智能進行輔助已成為發展趨勢。¹²至此，戰鬥機的發展不再僅追求單機功性能參數提升的系統工程最終產出，而是更廣域地思索如何將來戰場環境和作戰需求融入設計，實現作戰概念的具體成果。

肆、武獲需求觀念的轉變

如同商品必然是在消費者可以合理的代價滿足對價的需求，才能於市場上生存。就武器裝備而言，更因為需在嚴苛環境下，由經過訓練的普通人員即可操作與維護進行激烈操作，還要兼顧可行性、可獲得性及可負擔性等現實條件限制下進行發展，即使是先進的戰鬥機，也不是僅為了應用而應用，就將先進技術整合上機，「作戰需求」即是武器裝備發展的核心思想之一。目前美軍採購策略為聯合能力整合發展系統(Joint Capability Integration Development System, JCIDS)，也由於此重大變革，才能支持後續聯合作戰概念的實現。

一、需求產生系統(RGS)

在 JCIDS 提出前，美軍武器發展係依循需求產生系統(Requirements Generation System, RGS)，基於當前或未來可能遭遇之威脅進行武器系統發展與獲得，就國防體系而言，這是一種自底層向上建構，如同「煙囪」的策略發展地圖。各軍種根據各自遭遇與未來可能面對的威脅，由其本位進行場景規劃與需求，擬定規格進行裝備發展，進行獨立的系統測試評估，建構各自的武器裝備與作戰平臺後，再思索如何與他案裝備及跨軍種的整合運用，由於缺乏先期的溝通協調並納入設計考量，按照這種思維所產出的系統如要與其他裝備進行聯合運用，除需進行額外的工程整合外，亦僅能有部分互聯能力。即便如此，在任務單純的作戰條件時也足以產生較原有武器系統更高的作戰效益，如前述越戰時期北越 MiG-17 與美國 F-4 交戰案例，北越以落後的無線電語音指管，結合性能落後的戰機、地面雷達與地對空飛彈，建構出相當原始的防空作戰體系，雖然相對於發展之初即將聯合作戰融入設計理念的 JCIDS 而言，仍有完整度的落差，但在守勢作戰態勢下，卻也營造出可與美國先進戰機一搏的局面。

過去在美國強大的經濟實力、厚實的工業與科技基礎下，RGS 發展邏輯於美軍武獲歷史上曾發揮重要效益，產出諸多優良武器設計，但隨對個別系統規格要求的持續提高，伴隨的是研發經費與時程的暴增、獲得與維持經費膨脹程度已到了無法忽視的程度，加上冷戰結束國防預算不斷削減，為了在維持裝備數量與追求卓越功性能間取得可繼續維持、甚至提升戰

¹¹ 湯一峰，科技革新助力軍機座艙的發展，國際航空，2021 年 12 月，頁 58-59。

¹² 參考文件[32]將人工智能輔助決策的融入稱為 OODA 3.0，惟其他國際學術期刊並無此共識，故本文未引用此說法。

力的平衡點之道，RGS 的缺陷就逐漸顯現，各軍種/兵科間各自為政，導致多項功能重複的系統發展案爭奪並消耗有限的國防預算，尤其當過去倚靠致勝的電戰干擾、匿蹤技術、精準導引、紅外線夜視能力、衛星與數據鏈路等軍事科技已全球擴散，普及為潛在對手所掌握，甚至發展出反制作為，單一裝備無法形成絕對軍事優勢，裝備數量也不適合高強度消耗戰，抵銷整體數量上的劣勢時，聯合作戰概念遂應運而生，其主要論述為要求不同武器裝備、甚至是跨越不同軍種的作戰平臺協同作戰，共同執行單一武器/平臺無法達成的任務，當聯合作戰已成為必然之發展方向，RGS 模式凸顯之不足處為(如圖 2)：¹³

- 1、如系統裝備已進入發展後期，甚至到裝備進入服役階段才進行需求變更，所需之工程修改幅度會遠較設計之初即納入考量更為龐大，連帶影響的是專案時程、經費與風險的膨脹，甚至造成專案的失敗。依循各軍種/兵科傳統「各自為戰」思維所擬定之想定與需求，無足夠寬廣的格局將系統間協同能力以整體戰場環境進行規劃，遑論納入裝備規格與系統需求進行發展。
- 2、也因為 RGS 是針對特定威脅與場景進行系統開發，雖可有「打什麼，有什麼」的高效率，但也容易陷入「頭痛醫頭，腳痛醫腳」的窘境，高價研發的裝備未必適合快節奏、虛實難辨與混亂的戰場環境，武器之發展應由國家頂層的戰略層級出發，依循系統工程正向發展與聯合作戰概念的思路，展開到分項裝備的細部需求，俾發揮整合戰力。
- 3、由各軍種/兵科針對其認知的威脅進行發展需求，不可避免地存在著重複投資或任務重疊的現象，而各軍種/兵科獨立實施之測評亦缺乏橫跨單位部門之統一架構，未必滿足國家戰略層級全盤規劃與聯合作戰統合作戰能力。

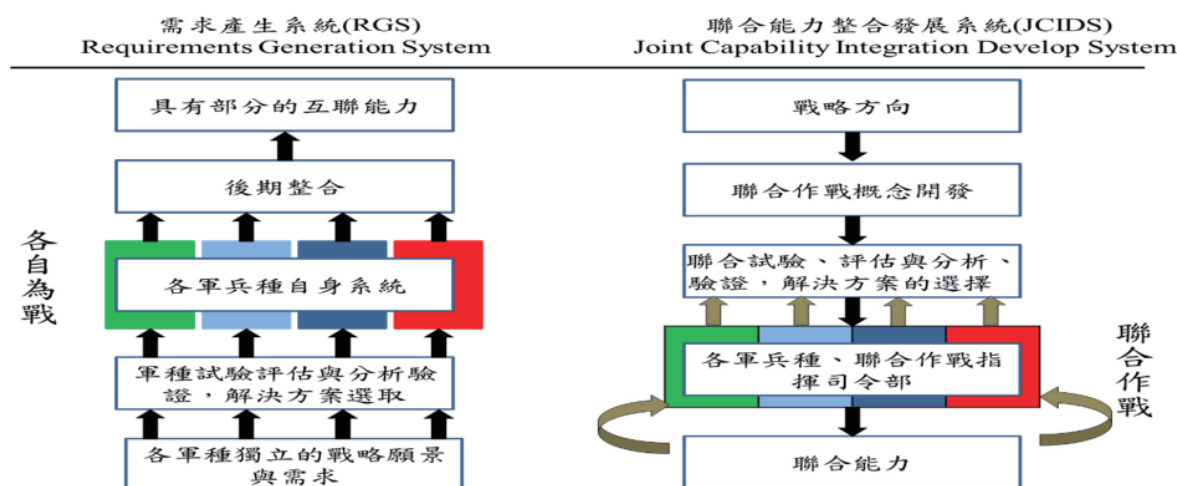


圖 2 需求產生系統(RGS)與聯合能力整合發展系統(JCIDS)對照圖¹³

¹³ 張宏軍，黃百喬，鞠鴻彬，美軍聯合能力集成開發系統解讀，艦船知識，2020 年 3 月，頁 37。

二、聯合能力整合發展系統(JCIDS)

為支持聯合作戰能力由概念落實為實踐，將各軍種/兵科之武器由系統層面到功能概念層面，自單一平臺提升到平臺間協同操作，戰場狀態感知、火力協調、指揮管制與後勤補保等均須相互整合，需強調的是此觀念的轉變並非表示可輕忽個別武器的功性能、基層指揮官的領導藝術與單兵的戰技的重要性，而是讓原有獨立的個體在聯合作戰概念整合後，發揮超過個體單純疊加的戰力，具體案例可參考美海軍艦載機之發展：F-14 雄貓戰機(Tomcat)與 AIM-54 鳳凰飛彈(Phoenix)的組合，¹⁴無論是單機性能、雷達距離、接戰目標數、飛彈射程與裝掛數量、戰機最大飛行高度及最大速度均遠勝於其後續繼任的 F-18E/F 超級大黃蜂(Super Hornet)，¹⁵但在具相位陣列雷達、多目標接戰能力的神盾飛彈巡洋艦(Ticonderoga)及柏克飛彈驅逐艦(Burke)服役，透過數據鏈路的鏈結，將整個艦隊(包含預警機)的觀通系統所獲情資進行融合後，統籌所有艦對空與空對空火力，後續甚至還擴展到反彈道飛彈及反巡弋飛彈的領域，構建出較原 F-14 所形成更為強大的防空網。反觀 F-14 則因維護困難的可變翼結構與複雜的航電系統造成高維持費用以及低出勤率，成為最早除役的 4 代機。而匿蹤技術的出現，嚴重壓縮了預警機、雷達的有效偵獲距離，主動式空對空飛彈用於攻擊匿蹤戰機時，最大射程也非絕對關鍵，故除了提升雷達對匿蹤目標偵追能力外，針對戰機不易做到全方位全頻段匿蹤的先天限制，以數據鏈路循理念串聯展場上可用的觀測與火力單元，完備匿蹤空戰條件下 OODA 循環「觀察」程序的運作，建構更為緊密的防空體系，包含後續無人戰機的應用、有人/無人機協同作戰、人工智能空戰決策等，都是 JCIDS 理念的擴展。

伍、作戰概念與戰機發展對應關係

與戰略、戰術、戰役等名詞均有明確定義可茲查詢不同，雖未見「概念」一詞之明確軍語解釋，¹⁶但諸多文件仍以此為名進行論述，如「美國空軍未來作戰概念」(Air Force Future Operating Concept)、「聯合作戰概念」(Joint Operations Concept)，可將之視為「如何打仗」的規劃，其範疇包含未來作戰場景描述、作戰理論、指揮與管制的權責及程序、戰術戰法運用、組織編裝變革以及武器裝備科技研發方向指導等多面向。美軍由於國力與科技的優勢，加上豐富的作戰經驗，主動設計作戰概念，推動戰法創新，制定二次大戰以後多數的作戰規則，以戰機發展為例，歷代噴射戰機的發展理念可說是由美軍提出與實現，其他國家僅依循其空

¹⁴ 鄭雅云，世界名機系列—F-14 雄貓戰鬥機，臺北市，博聞塾有限公司，2018 年 2 月 28 日。ISBN:978-9-8695-8211-7。

¹⁵ 張詠翔，世界名機系列—F/A-18 大黃蜂/超級大黃蜂戰鬥攻擊機，臺北市，博聞塾有限公司，2020 年 9 月 20 日。ISBN:978-6-2695-4012-9。

¹⁶ 馮東浩，世界主要國家軍隊作戰理論發展研究，軍事科學出版社，北京，2010: 13。

戰場景發展對應之技術與機種。

作戰概念與所處時期的戰略型態息息相關，其核心在於提前對未來可能發生的各類戰爭進行設計，預判未來的作戰需求，盤點現有技術能力，通盤規劃武器裝備研製方向，可將其視之為裝備發展的起點，對武器裝備發展影響重大，由美軍二次大戰後的三次抵銷戰略目標歷程，對照對應之作戰概念與發展出之武器裝備，即可了解兩者之關係(如表 1)，歷次抵銷戰略之發展背景簡述如後：¹⁷

- 1、第一次抵銷戰略：戰略上依靠核武器力量抵消前蘇聯常規部隊數量優勢，減少陸軍和海軍部隊與核武器及其投射無關的預算，提高美國在核武器、遠程空中力量和彈道飛彈上的優勢，空軍的重點發展項目為可深入敵境進行核打擊的轟炸機，以及可擊落高空高速進襲，實施核打擊之敵轟炸機的攔截機，對於戰機的功性能要求，自然以此想定為主軸進行發展，因此，這段期間戰機的世代分類雖為第 1 代到第 3 代的演進，實則以科技的突破獲得載臺性能上數值的提升，如噴射發動機取代活塞發動機並增加後燃器，使戰機由次音速進入了超音速與更高的升限、雷達取代肉眼獲得更長搜索距離、飛彈加入武器選單達到更遠的攻擊能力等，強化單機之最大速度、最高升限、最大偵蒐距離與飛彈最大包線等物理能力⁵。
- 2、第二次抵銷戰略：依越戰經驗，區域戰爭發生可能性遠大於世界大戰，傳統武器的使用較核武更有彈性，故修正先前重核武而輕傳統武器的研發方向，發展全球定位系統、精準導引傳統武器、數據鏈路等技術抵銷前蘇聯於核武器數量上的優勢，遠距精準打擊取代地毯式轟炸，匿蹤技術突破敵原有防空系統壓制重要防空節點，可瞬間摧毀大量指揮中心與雷達站等關鍵目標，癱瘓對手反擊能力，對應產出即為具精準打擊能力的第 4 代戰機及具匿蹤設計的第 5 代戰機。
- 3、第三次抵銷戰略：針對俄羅斯與中共的日益強大的軍事力量，對抗其 A2/AD(Anti-access/area denial, 反介入：阻擋美軍於作戰區域外/區域拒止：在作戰區域內限制美軍行動自由)策略，利用科技優勢將作戰維度涵蓋陸海空天網五大維度，發展全方位全球軍事監視和打擊網路，要由多維度先進感測器提供海量的數據，快速篩選出有效戰場訊息，加速 OODA 循環，融入人工智能的無人作戰載臺、遠程空中/太空作戰、適應各種威脅的高端與低端平臺共同組合的有形的先進武器裝備發展，在多個作戰域保持對敵優勢，亦包含了「作戰雲」、「馬賽克作戰」、「決策中心戰」等多種新型作戰概念，進行了包含系

¹⁷ 楊小川，毛仲君，姜久龍，劉瑞，丁智堅，徐明興，美軍作戰概念與武器裝備發展歷程及趨勢分析，飛航導彈，2021 年第 2 期，頁 88-92。

統發展創新、指管體系扁平、組織編裝變革與武獲程序精進等一系列配套措施，抵銷中俄反介入/區域封鎖能力。¹⁸

表 1 抵銷戰略對應作戰概念與武器裝備發展歷程^{17,38}

發展階段	戰略目標	作戰概念	武器裝備
第一次 抵銷戰略	核技術優勢階段 二戰結束-1970	大規模報復戰略(1953) 星際大戰(1980)	第 1 代～第 3 代戰機(F-86～F-4) 氫彈研製、B-52 轟炸機、洲際彈道飛彈、三位一體核威懾體系
第二次 抵銷戰略	非對稱優勢 1970-1991	空地一體戰(1982)	第 4 代戰機(F-14、F-15、F-16、F-18)、數據鏈路、GPS、精準導引武器、神盾/柏克艦
	資訊技術優勢 1991—2014	網路中心戰(1997) 空海一體戰(2010) 聯合作戰進入(2012)	第 5 代戰機(F-22、F-35)、聯合監視雷達系統、MQ-1、RQ-4、C4ISR
第三次 抵銷戰略	顛覆性技術優勢 2014—	跨領域(2014)/多領域(2016) 分布式空中作戰(2014) 穿透性制空(2016) 馬賽克作戰(2017) 決策中心戰(2019)	XQ-58A、MQ-25、B-21、NGAD、RQ-180

對照抵銷戰略、作戰概念及對應之武器系統三者之相互關係後，即可得知戰機世代的分級，並非單純一代勝於一代的性能數字追求，或是酷炫外形運用，而是基於上層作戰概念的指導，經由科技奠基後，由紙上概念走入真實世界，形成有效戰力。第三次抵銷戰略後，戰爭模式已由陸海空域有形物質間對抗，轉變至結合虛無的太空與網域決戰，作戰節奏緊湊且對抗強度高，傳統系統工程發展已不足以完整涵括新式武器系統發展流程，作戰概念主導未來武器發展方向。例如過去即使在不考慮核武器的使用，美軍兵力運用著重於火力發揚，以優勢的火力與軍/兵種間協調，在敵人發起攻擊前，或對敵人發起攻擊前，即以優勢火力消滅當面的敵人，甚至是敵第二線之預備兵力與後勤設施，戰略上是以「消耗戰」為出發點，但在第三次抵銷戰略下，面對擁有武器性能近似、具裝備數量及守勢地理環境優勢的敵軍時，消耗戰無法取得致勝的保證，故將「消耗戰」轉為「機動戰」，其重點不在空間與物質上的機動，消耗敵人使之失去戰鬥力，而是讓自己的 OODA 決策循環比敵人更快更靈活，在多作戰領域先敵移動(outpace)、先敵思考(outthink)、先敵機動(outmaneuver)，¹⁹於敵人行動之前破壞

¹⁸ 鄧連印，侯宇葵，申志強，美軍新型作戰概念發展分析與啟示，航天電子對抗第 36 卷第 5 期，2020 年 5 月，頁 19。

¹⁹ 高一丹，辛昕，美軍聯合全域指揮控制探析，飛航導彈，2021 年第 9 期，頁 84。

其作戰節奏與思維，提高敵人戰場態勢判斷難度，運用高速度、大縱深與快節奏的作戰，打斷其指揮與判斷的指揮鏈，使之無法有計畫展開預定的作戰規劃，最終放棄作戰的企圖。

陸、作戰體系層面的影響

一、當前遭遇困境

冷戰期間，美國以匿蹤戰機、精準打擊武器、戰術資料鏈與全球定位系統等新興科技，抵銷蘇聯軍隊數量上的優勢，冷戰結束後，美國長期進行低強度高消耗的反恐作戰，反觀俄羅斯與中共仍持續於先進武器的研發與量產，美軍認為中俄已對其在科索沃、伊拉克與阿富汗的作戰模式與武器裝備進行深入研究、模仿或研擬對應之武器裝備與戰術戰法，也建構出與美國近似的相關系統並形成體系作戰模式，即所謂「後發先至、彎道超車」，目前已具備美國對其實施傳統區域戰爭時展開 A2/AD 能力，重整美軍現有作戰平臺所建構的作戰體系也難以與中俄形成軍事上的優勢。

檢討美軍現有作戰體系，嚴重依賴昂貴、高度集中化的明星裝備，如 F-22、F-35，追求複雜技術使得生產價格昂貴、研發時程冗長(如圖 3)、維持經費與維修需求龐大，影響裝備部署數量與戰力的形成，有限數目的先進高價目標成為敵方首要攻擊標的，任一平臺的戰損，輕則降低作戰體系單項作戰效能(戰機/轟炸機武器投射能力)，重則失去某項作戰能力(預警機哨戒)，作戰體系強健性(robust)薄弱，尤其是科技的快速發展，戰場進化太快，冗長的研發時程造成武器剛服役成軍即已過時，不符當前作戰場景；此外亦過度依賴集中式指揮控制結構，戰時易遭癱瘓。評估未來可能爆發的軍事衝突中，將重點打擊美軍之：1. 癱瘓、摧毀關鍵資訊節點，達成致盲、致癱，使作戰系統各平臺因資訊孤立而失效；2. 高價值資產，指揮控制、情報偵察、火力平臺等，削弱作戰能力；3. 作戰體系：癱瘓或摧毀體系架構，破壞作戰系統間的聯繫；4. OODA 循環，通過網路戰、輿論戰等手段，破壞作戰節奏，降低 OODA 循環運行速度，²⁰使高價購置的武器系統無所適從，淪為廢鐵。

²⁰ 李大鵬，以“殺傷網”取代“殺傷鏈”以分佈式無人作戰為特徵的“馬賽克戰”，艦船知識，2021 年 9 月，頁 29-33。



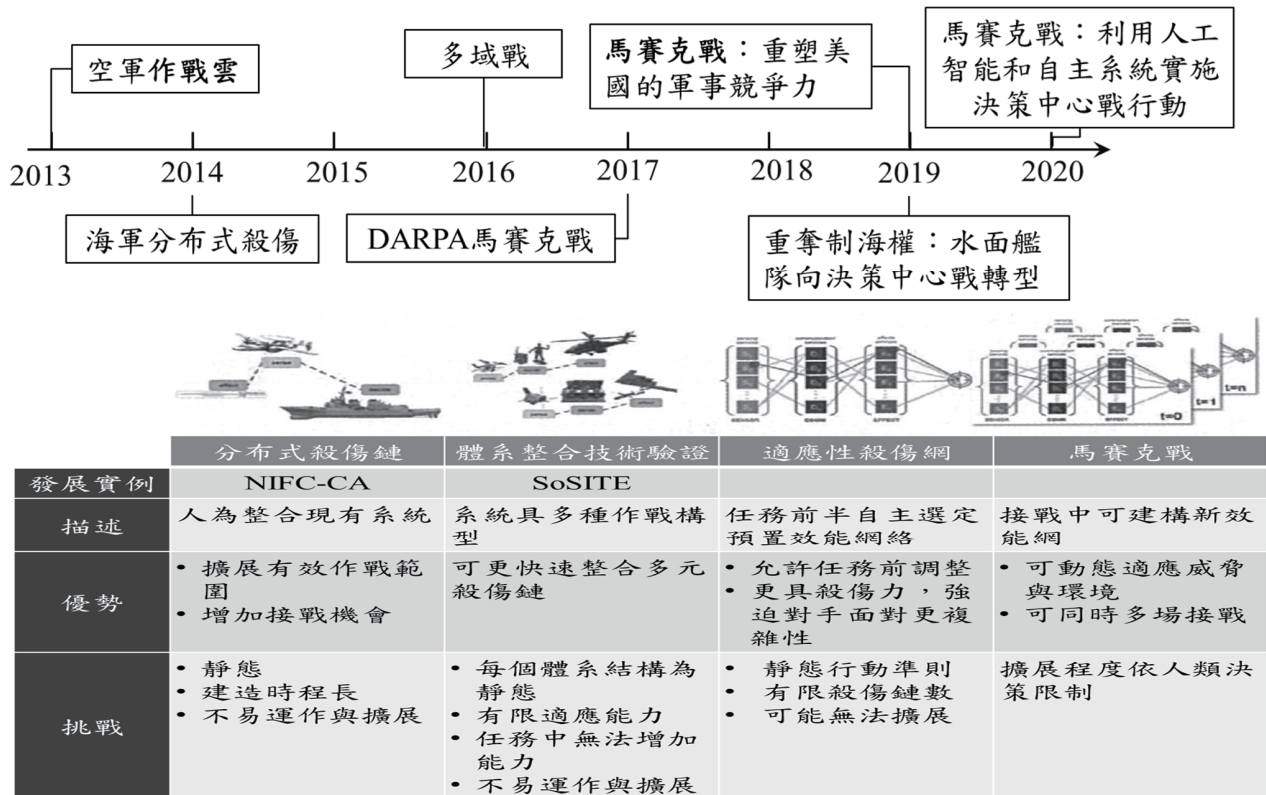
圖3 近期主力戰機性能提升與全新研發經費時程圖(自行統計繪製)

面臨潛在對手物質能力的提升，尤其當假想敵也擁有過去美軍致勝關鍵的匿蹤、電戰、全球定位及先進感測系統，且數量龐大的戰機機隊，戰力差距逐漸接近，更佳的目標訊號辨識技術及高速防空武器的擴散，更能有效防禦先進戰機進襲，使得戰機設計如沿襲過去成功經驗，倚賴匿蹤、速度、機動性等已近乎工藝及物理極限的單機性能的提升，以保障生存性，提高獲勝概率的方向進行發展，將使戰機單價高到無法維持可形成有效戰力的足夠機隊數量，延續過去憑藉個別武器系統差距來與潛在敵人取得絕對優勢是不切實際的；重新調整防禦態勢，整合重構陸海空天網 5 域的現有裝備也不足以形成足夠的軍事優勢，必須透過新的作戰概念以取得軍事優勢。

二、體系層級的演進

第三次抵銷戰略中有多項跨軍種作戰概念持續演進與融合，涵蓋層面最廣可以馬賽克戰(Mosaic Warfare, 如圖 4)為代表，美國國防先進研究計畫署(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)為解決傳統主要武器裝備研發周期長、研發經費龐大、後續維持與升級不易，且各裝備各自為戰的問題，經多次演進，2017 年由 DARPA 下屬之戰略技術研究室(Strategic Technology Office, STO)提出馬賽克戰概念，²¹簡單說就是將戰場上各武器載臺視為馬賽克拼圖中的一片磁磚，透過作戰雲(combat cloud)和 AI 人工智慧，靈活組合大量廉價的感測器、指管節點、火力單元等武器平臺，如同一整片馬賽克拼圖，即使其中一些磁磚損壞也不會嚴重影響整片拼圖完整性，且可以快速替換。藉由大量低成本、單一功能的系統以多種方式組合，形成更具任務彈性的體系，適應快速演化的戰場環境。整體而言就是以靈活、動態、自適應、甚至沒有統一數據標準的網路架構，跨越不同區域傳遞訊息，再以動態、協同作戰的混合各

²¹ 李磊，蔣琪，王彤，美國馬賽克戰分析，戰術導彈技術，2019 年 6 月，頁 108-114。

圖 4 馬賽克戰概念演進^{17,22,23,24}

分類平臺，由人類或人工智能進行指管，滿足不同衝突場景下的作戰需求。

馬賽克戰不僅是作戰體系的設計，也著重物理平臺的研製、聯網及指管的開發，極有可能解決目前所有先進武器裝備研發經費暴漲與時程延宕，造成裝備甫服役即無法符合作戰環境、價昂使裝備數量不足以形成有效戰力的系統工程研發方向。²⁴美空軍面臨昂貴的 F-22 在生產 187 架後即停產，²⁵而原始設定為 F-22 低配版，具有低研發時程、經費與風險優勢的 F-35，卻因三軍通用、取代多型戰鬥機與攻擊機的理想，經歷 13 年關鍵系統件發展，20 餘年系統整合(如圖 5)，至 2016 年統計研發經費已達 596 億美元，²⁶30 餘年前的戰場想定早已與現在戰場環境脫節，服役後技術問題仍層出不窮、後勤維持不易，影響出擊率等狀況尚未獲得解決，為避免預算排擠使得現役 4 代機隊採購新機、性能提升與延壽策略躊躇不前，造成全機隊機齡偏高，已影響到機隊的出勤與妥善，不僅戰機，其他主戰裝備亦有面臨類似困境。²⁷

²² 李磊、鄭穎、蔣琪等，美軍智能分布式作戰發展動向分析，飛航導彈，2020 年 7 月，頁 40-45。

²³ 權曉偉、張灝龍、蒲洪波，美軍採用快速採辦策略加速作戰能力的形成，中國航天，2020 年 1 月，頁 61-65。

²⁴ Bryan Clark, Dan Patt, Harrison Schramm, Mosaic Warfare, Exploiting Artificial Intelligence and Autonomous Systems to Implement Decision-Centric Operation, CSBA, 2020, P.28.

²⁵ Name redacted. (2009). F-22 Raptor, Christopher Bolkcom, United States: Specialist in Military Aviation.

²⁶ Chris Wiegand, Bruce A. Bullick, Jeffrey A. Catt, Jeffrey W. Hamstra, Greg P. Walker, and Steve Wurth, F-35 Air Vehicle Technology Overview, Atlanta: AIAA Aviation Forum, June 25-29, 2018.

²⁷ 謝川，辛昕，F-15EX 多用途戰鬥機性能特點及應用場景分析，飛航導彈，2021 年 12 月，頁 148-149。

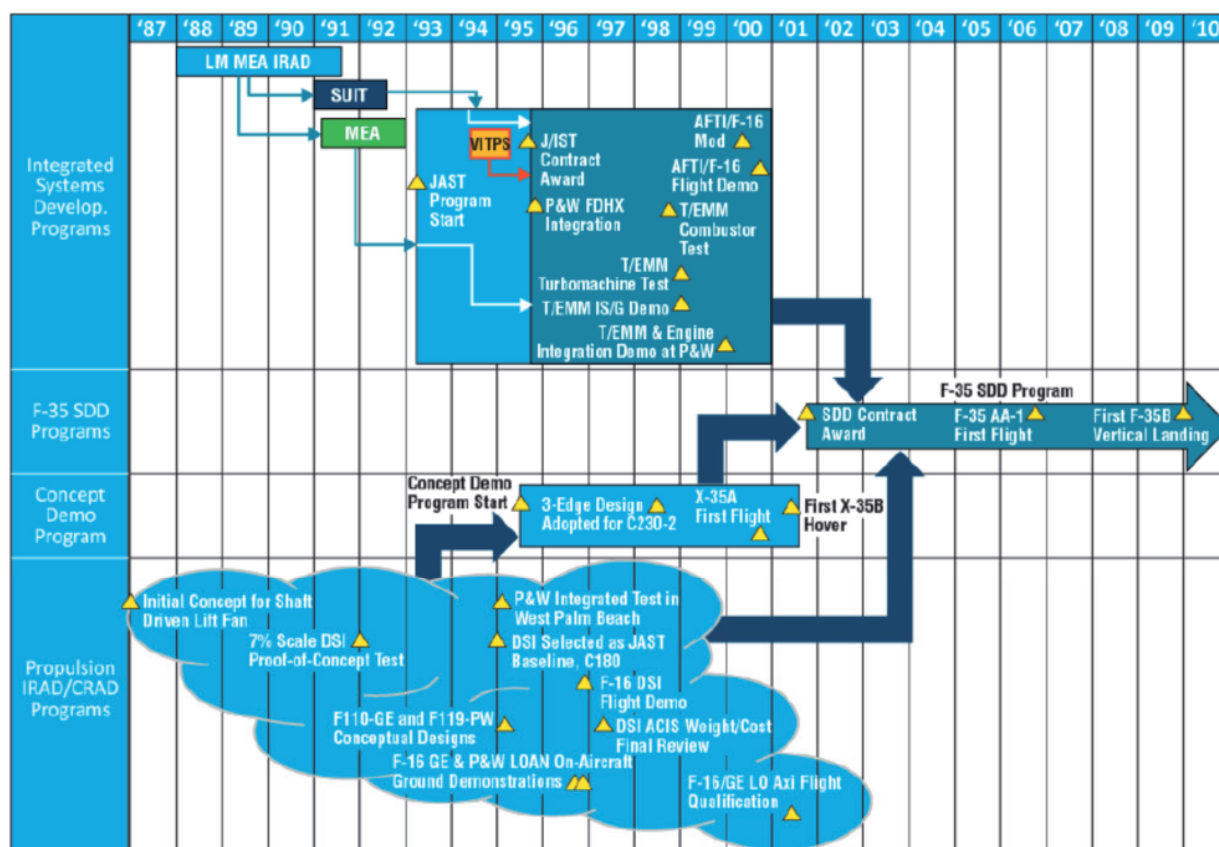
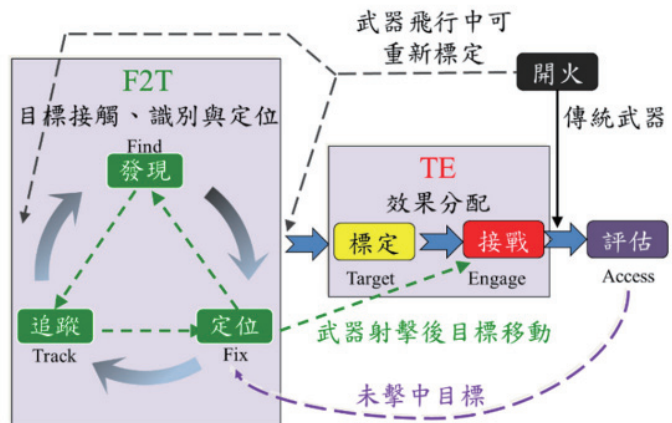


圖 5 F-35 系統件發展與整合歷程²⁶

過去作戰流程無論是 OODA 循環，或是由包含情報、偵察、監視、計算、通信、指揮、控制、殺傷的 C4KISR (Command Control Communication Computers Kill Intelligence Surveillance Reconnaissance,) 等程序屬鏈式結構，如任何一個環節被摧毀或失效，都可導致整個殺傷鏈失效，如指揮中心遭敵癱瘓後，整體作戰系統即可能崩潰，所有步驟為「依序完成」；以馬賽克概念建立之「殺傷鏈」(kill chain)則將作戰程序切割為發現、定位、追蹤、標定、接戰及評估 (F2T2EA, Find, Fix, Track, Target, Engage, Access, 縮寫字合併過程參考圖 6)。為「同步執行」，使所有感測器同步感知、指揮決策與戰果評估、偵查與打擊同步，加快作戰節奏，更進一步的「殺傷網」(kill web)則是將殺傷鏈中其一或數個環節重組為多為網路架構，達到分散與分布，可在更廣闊的區域建立更靈活的作戰體系，²⁸由過往以系統(system)思考建構武器發展，提高為體系層級的思維，具有較多的冗餘節點，藉由以「去中心化」的設計，體系內沒有不可或缺的關鍵節點，提高作戰體系之強健性。

²⁸ 李大鵬，依托馬賽克戰完成重塑靜態殺傷鏈升級多為殺傷往，艦船知識，2021 年 10 月，頁 29-31。

- 發現：衛星、偵察機、無人機與地面雷達對空中與地面偵測
- 定位：各類感測器目標定位與識別
- 跟蹤：優先排序，持續監視與追蹤
- 標定：依目標風險進行戰場配置，評估風險選擇打擊方案
- 接戰：作戰指令傳遞至武器平台
- 評估：衛星、預警機、無人機進行作戰效果評估

圖 6 F2T2EA 殺傷鏈示意圖²⁸

三、配套技術開發與武獲程序改變

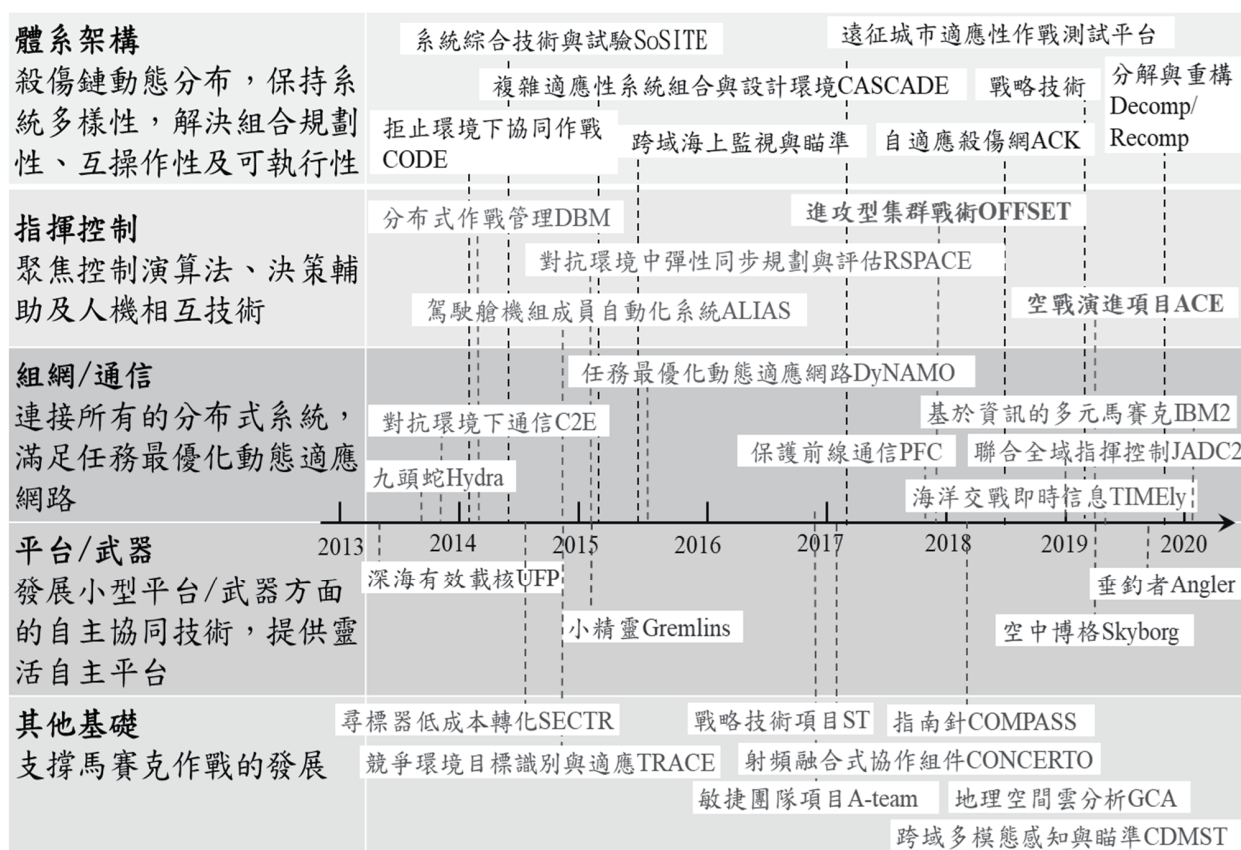
相關理念之實現並非憑空可達成，首要當為數據鏈路的統合，F-22 的 IFDL(Intra-Flight Data Link)、F-35 的 MADL(Multifunction Advanced Data Link)與目前大量使用的 Link-11, Link-16, Link-22 無法完整通聯，未來除將以聯合全域指揮控制(Joint All-Domain Command and Control, JADC2)，將跨軍種的感應器與火力載臺數據串連外，DARPA 也以馬賽克作戰為核心，推動對應之體系架構、關鍵技術及武器載具之發展，如廣為人知之智能空戰、群攻等名詞，均為此理念下配合發展之技術(如圖 7)，也由此圖得知，相關技術儲備仍待建立，各技術有其因果與交互關係，陸續還有更新版本修訂發展路徑，故如欲發展相關技術時，應了解個別技術於整體架構所擔負的任務、對應之運用場景及科技突破，勿斷章取義、望文生義即貿然茫然投入研發，如馬賽克概念中的重要核心論述—網路中心戰，即非單純為武器平臺安裝資料鏈就可達成(如表 2)。

表 2 平臺中心戰與網路中心戰重要定義差異^{29,30}

平臺中心戰	網路中心戰
• 以平臺自身的傳感器、火力和機動性等物理參數及技術性能為主要競爭參數，作為分析一場戰爭或一次戰鬥之勝敗天平傾斜度的主要參數。 • 分散部署部隊很難集中火力，更加重了指揮和後勤保障的難度。 • 空中平臺被分類為傳感器平臺、攻擊平臺、指揮控制平臺（如空中預警機）和支持平臺（如空中加油機和運輸機），網路資產和太空資產置於次要地位，但後兩者的作用越來越重要。	• 不糾結於一個或多個平臺物理參數的優劣，而是將平臺提供的感測器（數據）、火力和指揮控制等作戰資源進行融合、優化與再分配，可完全依靠其他平臺提供的數據來完成對目標開火決策。 • 數據在網路空間傳送，平臺能隨時集中火力而不是集中兵力來打擊敵人。數據、火力機動將完全替代傳統的兵力機動。 • 感測器平臺不僅是空中平臺，包括網路資產和太空資產，數據匯總到網路雲，具跨多作戰域工作的關鍵數據處理和知識管理功能。

²⁹ 周宇，李志偉，王增光，軍事變革下未來作戰典型樣式研究發展，飛航導彈，2021 年 10 月，頁 64。

³⁰ 蒿旭，未來空中優勢的關鍵—數據、鏈接和系統簇，航空知識，2020 年 7 月，頁 52-55。

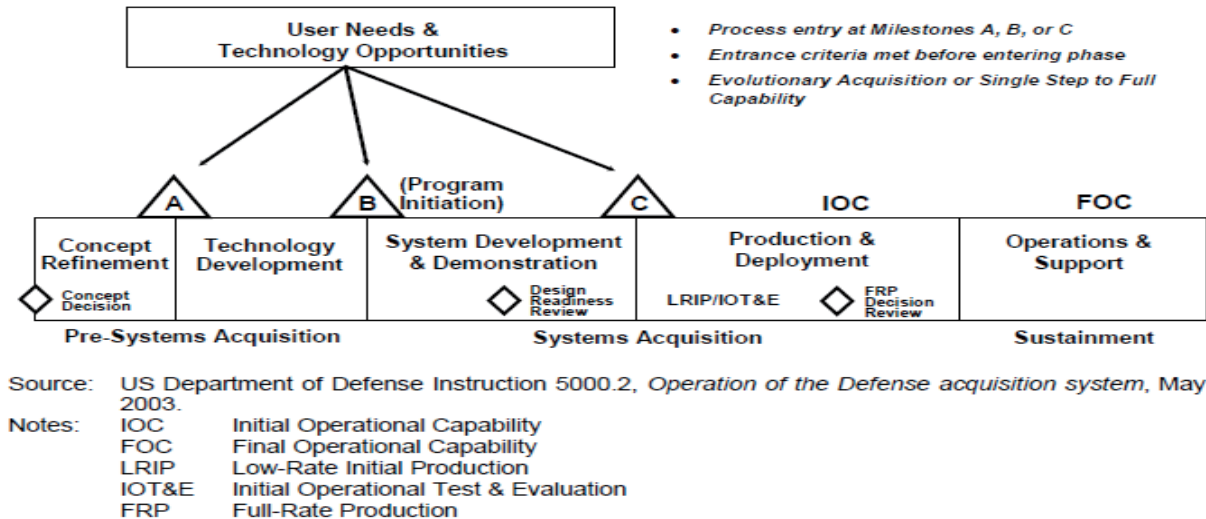
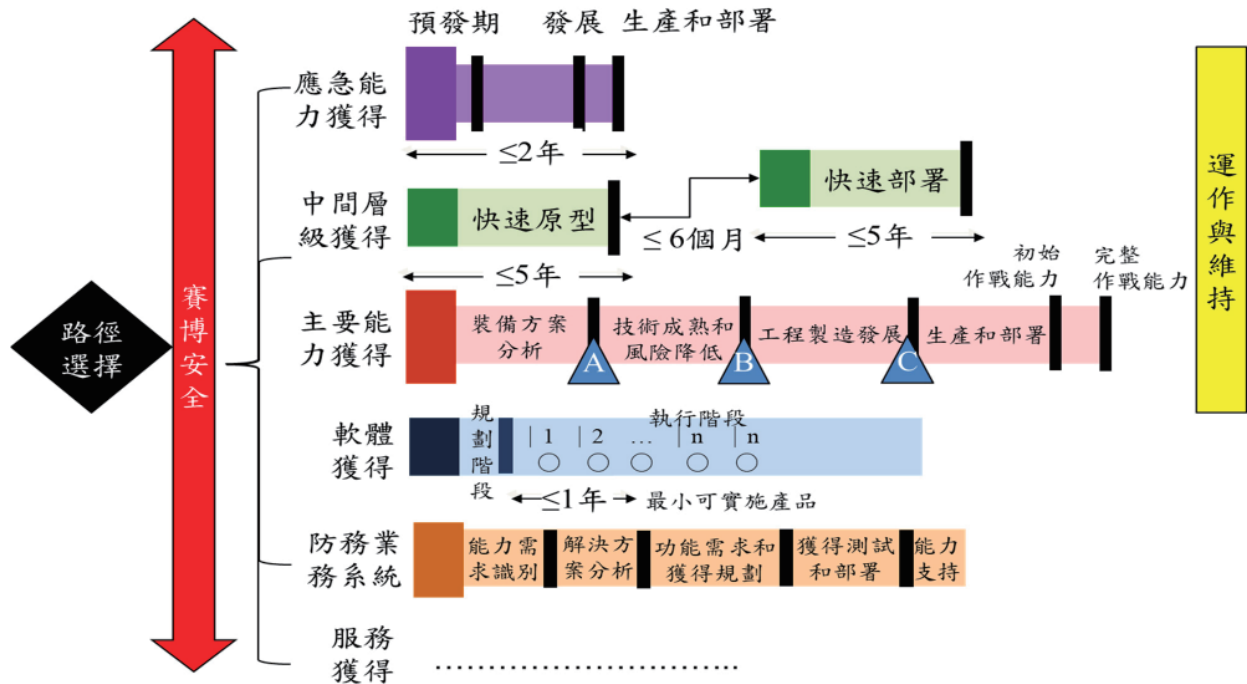
圖 7 馬賽克戰關鍵技術發展藍圖^{19, 21, 22}

馬賽克戰除於作戰想定與功性能需求制訂有所轉變，當技術進步與戰場改變速度成指數級快速演化，過去冗長繁雜的武獲程序(如圖 8)便成了阻礙新式裝備獲得的絆腳石，為落實馬賽克戰快速反應觀念的實現，除了在設計製造階段導入數位工程(Digital Engineering)、3D 列印等技術以加速開發時程，武獲程序也有對應的改變，同樣來自於 F-22、F-35 及 B-21 等武器系統冗長的研發時程所做的省思，為因應戰場環境的快速變化，2019 年美國防部已啟動 5000.80 指令—中層武獲行動(Operation of the Middle Tier of Acquisition, MTA, 如圖 9)，加速武器裝備獲得時間，後續第六代戰機可能如過去世紀系列戰機[F-100, F-101, F-102, F-104, F-105, F-106, F-110 (後稱 F-4)]發展模式，在面對技術和需求不確定時快速併行開發，³¹每型戰機性能差異不大，僅針對一項關鍵需求進行突破，生產數量也有限，但可因應變化快速的戰場環境，以 5 年時間迅速產出原型機，6 個月進行測試評估，5 年進行快速部署的方式進行發展，³²通過快速發展獲取新型作戰能力，獲得數量、時間優勢，擴大軍隊規模，也壓縮對手因應美軍新裝備開發反制手段的時間。

³¹ 甫勛，保持未來空中優勢 美國海空軍下一代戰機計劃，全球防衛雜誌，2021 年 4 月，頁 28-31。

³² 楊偉，關於未來戰鬥機發展的若干討論，航空學報第 41 卷第 6 期，2020 年 6 月，頁 524377-7。

United States defense acquisition process, 2003

圖 8 2003 年 DOD5000.2 武獲程序³³圖 9 DOD 5000.80 指令—中層武獲行動³²

四、有人/無人結合的未來

必須說明的是馬賽克戰並非僅著重於大量佈署、廉價、功能單一的無人載具，而是將 F-35 或 B-21 這類具高度整合能力的高價武器載臺融入新的作戰體系，除了本身感應器所獲戰場圖資可匯入馬賽克架構內共享外，也藉由與功能分解後的馬賽克節點，依任務需求進行重組，調整任務賦予，增強作戰體系效能。於此架構下，獲得與操作成本相對於 F-35 低廉的 F-

³³ Australian National Audit Office, Management of Australia's Air Combat Capability—F-35A Joint Strike Fighter Acquisition. Department of Defense, Defense Materiel Organization. 2012.

15EX、F/A-18E/F 等 4 代戰機及 B-52H 和 B-1B 轟炸機雖不具匿蹤能力，但因其充裕的機體空間而獲得彈藥種類及攜掛數量均理想的武器籌載能力，仍可在馬賽克戰中擔負攻擊平臺，甚至空中加油機與運輸機等空間充裕、長滯空機種都可作為數據鏈路轉發中繼平臺。相較於有人戰機更為低成本的無人戰機，則具有由有人/無人戰機形成長機與僚機編組的無限想像，近期 ChatGPT 的出現使得 AI 智能似乎成為解決所有難題的利器，但現實中 AI 要取代飛行員，使戰機得以無人進行作戰的目標仍存在極大的技術斷差，Alpha Go 多次完勝資深飛行員的展示，似乎預告人類在未來空戰中完全沒有勝算，但其演示的過程中人類戰機的軌跡是被電腦完全知悉，進而整合無人戰機之飛控、火控及發動機控制進行最佳攻擊運算，真實空戰中是否有全方位感測器可於日夜詭譎多變的天然環境全程掌握靈活刁鑽、體型纖細的戰機有待商榷，另空戰複雜度高、學習樣本少、信心值要求高等限制，建立可信之學習資料庫並不容易，尚且多機作戰時，佯攻欺敵、交相掩護及火力分配等因素加入後，整個行為模式更為複雜，基於對戰鬥機自主控制能力的認識與發展預判，可預見的未來人工智能尚無法完全取代飛行員，³⁴目前針對六代機的概念也僅見以有人/無人構型並存方式進行規劃，仍保留座艙設計，決策智能朝向「人機混合」系統(Human-AI Hybrid System)，結合機器(存儲、比較、排序、檢索)與人腦(聯想、推理、分析、歸納)優勢，建構更強的環境認知能力，除進一步縮短 OODA 循環時間，也希望可支持以少量高性能有人長機搭配大量無人自主「忠誠僚機」作戰模式的實現，各架無人機可擔負目標感知、電戰干擾或武器投放，使作戰樣式可不拘泥於裝備設計理念或武器掛載，因應敵方的動態威脅，靈活快速拼湊出對應之高效作戰體系，擁有低成本、模組化和快速可重構等特點(如圖 10)。^{35, 36}也因無人機個別任務單純，在航程與酬載可滿足任務需求門檻前提下，可獲得發展時程短、獲得與操作成本低等優點，得以大量佈署。無人僚機的出現也必然會有配套之新戰術戰法，如交戰雙方均為匿蹤戰機，則擁有無人僚機的一方將會擁有接近與接戰主動權的戰術優勢，可將其視為無人戰機的過渡運用，但即便願景如此美好，關於有人機/無人機協同作戰需要的作戰管理、指揮控制、網路傳輸通訊限制、智能輔助決策與人機交互技術等複雜的戰場態勢理解尚存有許多技術不確定性，也影響到有人機與無人機組合運用預期作戰效益。

³⁴ 溫杰，“作戰雲概”念初步成形，國際航空，2014 年 11 月，頁 26-29。

³⁵ 杜百強，美國國防預研局“空戰進化”項目分析，國際航空，2020 年 12 月，頁 18-19。

³⁶ 賈高偉，郭正，美軍 XQ-58A 項目與應用模式分析，國防科技第 42 卷第 1 期，2021 年 2 月，頁 1-4。

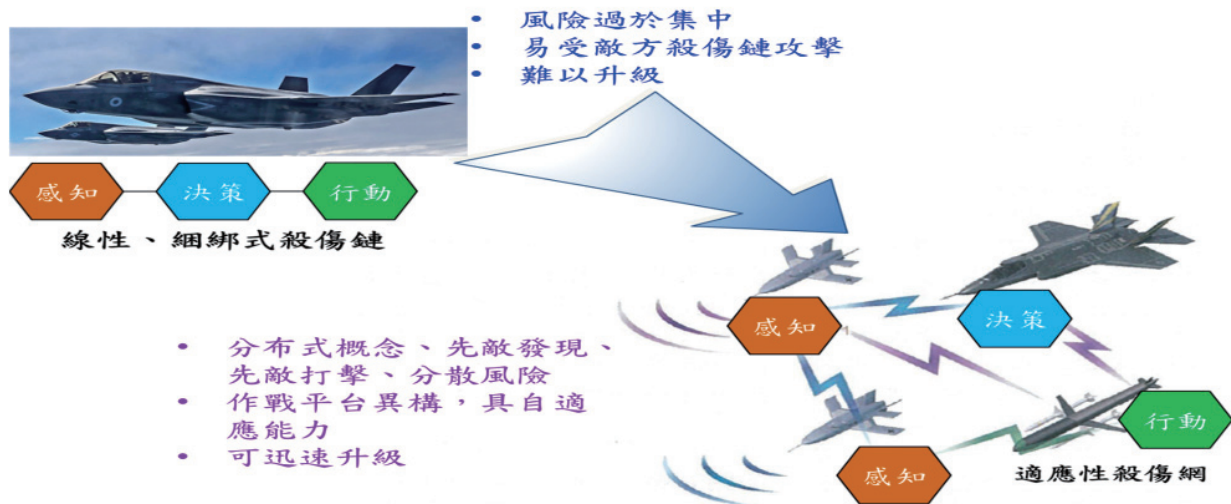


圖 10 傳統作戰與馬賽克作戰戰機任務差異²⁰

目前最接近實現此作戰概念的戰鬥體系應屬美軍的「海軍整合射控－制空」(Naval Integrated Fire Control-Counter Air, NIFC-CA)，³⁷未來海軍艦隊除需面對性能不斷增強的反艦飛彈、巡弋飛彈及無人機的威脅，還希望能夠擔負攔截戰術彈道飛彈的角色，受地球曲率限制及航空器有限滯空時間，無論如何強化海軍艦艇或艦載機的能力都有其操作限制，但如將接戰流程進行分解，使個別平臺不需配備執行整套任務所需之感測器與武器，藉由其他平臺透過資料鏈路提供的目標資料即可協助進行接戰，則可彌補各載臺先天限制，擴增體系的作戰彈性。具體而言，空中 E-2D 預警機、F/A-18E/F 和 F-35C 等艦載機，未來還將加入無人機蜂群及浮升器、以及海面上的神盾巡洋艦/驅逐艦等作戰平臺偵獲的目標情資，都可作為火力載臺射擊標準 6 型艦對空飛彈、AIM-120 空對空飛彈，甚至是陸基愛國者飛彈先進能力升級 (Patriot Advanced Capability, PAC) 的射擊資訊。預劃建構 3 條殺傷鏈體系(如表 3)，每條殺傷鏈均包含感應器、數據鏈路、武器控制系統及飛彈等 4 大節點，目前已展示的為海面殺傷鏈以 E-2D 預警機透過協同作戰能力鏈路(Cooperative Engagement Capability, CEC)傳遞目標情資，由軟體版本基線(baseline, BL)9.0 的神盾艦發射標準 6 型飛彈進行反低空巡弋飛彈測試；以及 F-35B 以 MADL 提供目標情資，同樣由標準 6 型飛彈接戰，接戰過程神盾艦本身的感應器均未與攔截目標接觸，所有目標情資均由外界提供艦艇進行射擊，相關測試均說明以分布式概念，藉由數據鏈路，即使僅是串連現有武器系統，都能發揮較之原始個體更為強大的作戰能力。以此為基礎，未來海軍將由現在以航空母艦為核心的作戰單元，分散到艦隊內各艦船的作戰任務單元，各艦船需具目標偵搜、指揮管制、決策判斷及對空、對艦、對岸的打擊能力，視任務需求改變於艦隊中擔負的任務，也促使不符此建軍方向，防空反彈道飛彈能力不

³⁷ 趙峰民，朱傳偉，黃敏，美海軍一體化火控-制空系統作戰能力分析，飛航導彈，2019 第 9 期，頁 84-89。

足的濱海戰鬥艦(Littoral Combat Ship, LCS)提早除役，³⁸削減朱姆沃爾特驅逐艦(USS Zumwalt, DDG-1000)研發經費與建造數量¹⁷，空中殺傷鏈與陸地殺傷鏈持續研發中。³⁹

表 3 NIFC-CA 殺傷鏈體系^{37,40}

殺傷鏈體系	感應器	數據鏈路	武器控制系統	飛彈
空中殺傷鏈	E-2D F-18E/F F-35B/C	Link-16 MADL	F-18E/F F-35B/C	AIM-120
海面殺傷鏈	E-2D JLENS	CEC	神盾艦(基線 9.0)	SM-2(初期) SM-6(成熟)
陸地殺傷鏈	E-2D JLENS TPS-59G/ATOR	CTN(陸基型)	CAC2S	AIM-120(陸基型) PAC

CAC2S：通用航空指揮與控制系統(Common Aviation Command & Control System)

CTN：複合追蹤網路(Composite Tracking Network, CEC)

G/ATOR：地空任務定向雷達(Ground/Air Task-Oriented Radar)

JLENS：聯合對地巡弋飛彈高空監測網(Joint Land Attack Cruise Missile Defense Elevated Netted Sensor System)

柒、檢討與建議

對於六代機的發展預判，如仍停留於過去五代戰機的世代發展，先由醒目的外形入手，套上所有先進科技，並將現有武器裝備之功性能乘上特定參數進行加碼做為其想像，就輕忽了作戰概念對戰機設計影響，例如過去常以「匿蹤」、「超音速巡航」、「超級機動性」、「超級感知能力」等簡要字句作為 5 代機設計特點，惟迄今 6 代機對於 5 代機將會有何種具體的突破並無一致共識，如僅僅是前述功性能的提升，只能算是 5 代機的精進，並未脫離 5 代機的窠臼，不足以產生超越 5 代機進入 6 代機的跨越性躍升。目前美軍「下一代空中優勢」的發展(Next Generation Air Dominance, NGAD)尚處保密，關於 6 代機究竟會是一架全新的飛機、現有機體導入全新作戰概念進行重製、還是有人機/無人機的作戰體系尚未明朗，承前所述，

³⁸ 丁偉鋒，李冬，王肖飛，基於分布式作戰的美國濱海戰鬥艦新發展與作戰運用，2020 年 8 月，頁 11-19。

³⁹ 劉兵，張宏，李娜，周國杰，美國海軍綜合防空火控系統發展研究與思考，飛航導彈，2021 年 7 月，頁 74。

⁴⁰ Nicholas A. O'Donoghue, Samantha Mcbirney, Brian Persons, Distributed Kill Chains, RAND 2021.

當武器平臺物理參數的提升已不足以獲得軍事的優勢時，體系作戰即成為解決良方，進行未來戰機發展規劃時更應跳脫載臺的概念。考量國情差異，基於我國目前條件與先進作戰概念進行通盤規劃，建議方向可為：

- 1、我國資源有限，以單一武器性能全面壓制潛在假想敵的發展規劃顯不切實際，應參考先進國家作戰概念，由守勢作戰角度，思索適合臺海作戰環境、我國工業基礎可支持、經濟能力可負擔之發展路徑。
- 2、以網路作戰概念與架構進行國造武器系統發展規劃實屬必然，優先發展易受輸出許可限制，且短期內可反映於現役戰機提升戰力的方式，為有限國防預算下穩固踏實的路徑。
- 3、戰機設計的理念應跳脫載臺的框架，以網路中心戰的思維進行規格訂定與技術的發展，於發展之初即將聯合作戰的概念融入設計，與其他可爭取空優的裝備統合規劃。
- 4、國內產學界能量有限，應集中資源與力量，發展可實現、可運用具成效之項目。
- 5、人才是最終操作武器，影響整體表現的關鍵因子，由於未來裝備功性能更趨複雜，需由橫跨作戰與技術領域的人員居中協調，在技術可行性與作戰需求性兩者之間做為橋樑，方能發展出具可行性與實用性的武器。

捌、結論

本文大量引中國「飛航導彈」、「航空學報」、「航天電子對抗」等專業期刊，除論述先進作戰概念對戰機設計的影響，另一凸顯出中國系統工程學者已將作戰概念融入研究範疇，思維理則已跳脫抄襲沿用，設計觀點也不會僅侷限於個別載臺，惟我國並無此發展趨勢，故後續發展觀察共軍武器發展時，不能循過去著眼於船堅炮利、功性能數據比對的表象，更應其作戰體系的角度出發，思索個別武器系統可能產生之整體效益外，亦可探討中共對美國之針對性通盤規劃的模式如套用於我國科技研發，是否也可於有限資源及時間急迫下，發展出我國對應中共之有效具體體系作戰發展規劃。

作者介紹

單位：國家中山科學研究院航空研究所天使計畫

職務：品質工程組組長兼天使專案上校總工程師

姓名：王立杰

學歷：中正理工學院航空工程系 86 年班

國防大學理工學院兵研所 92 年班

交通大學機械工程博士班 103 年班

經歷：空軍第三修補大隊場站中隊飛修、發修、地裝、週檢分隊修護官

空軍測評戰研中心適應性、效益性分隊飛修官、兵技官，計畫科航空工程官

中山科學研究院航空所氣動組技士、天使計畫中校技正、上校技監

研究領域：飛機設計、噴射發動機性能模擬、測試評估、多孔性材料黏滯流體



俄烏戰爭資訊作戰運用對我國之啟示

Information Operations in the Russia-Ukraine War : Enlightenment to R.O.C.

潘宜輝(I-Hui Pan)

王乾恩(Chien-En, Wang)

陳宗恒(Tsung-Heng, Chen)

國防大學空軍指揮參謀學院

國防大學空軍指揮參謀學院

國防大學空軍指揮參謀學院

摘要

2022 年 2 月 24 日，舉世震驚的俄烏戰爭開打，這是一場由軍事大國發起的戰爭，俄羅斯軍隊以精準打擊揭開了序幕，但歷經數月，仍無法達成其軍事目的，而烏克蘭在這場戰爭期間透過軍、民科技援助實施資訊作戰，遲滯俄軍地面攻勢，堪稱不對稱作戰學習的對象，本文參卓美軍資訊作戰定義及相關能力，著墨於太空作戰、電子作戰、網際作戰等三個面向，以分析俄烏戰爭雙方特、弱點，並歸納出對我國之啟示：(一)建立全民三位一體作戰信念、(二)承受關鍵資訊基礎建設失能、(三)運用社群媒體約制正規攻擊、(四)軍民融合建立太空空間備援、(五)國家層級資訊作戰指揮體制，俾供相關單位及後續研究參卓。

關鍵詞：俄烏戰爭、資訊作戰、太空作戰、電子作戰、網際作戰

Abstract

On February 24, 2022, the Russia-Ukraine War shocked the world. This warfare was initiated by a military power by the Russian army with precise strikes. However, it has been several months, and Russian still cannot achieve the military purpose. During this war, Ukraine implemented information operations through military and civilian technology that delayed the ground offensive of the Russian army. It can be called the best practices of asymmetric warfare that we can learn about it. This paper focuses on the definition and information-related capabilities of the US military's information operations. We focus on three aspects: Space Operations, Electronic Warfare, and Cyber Operations to analyze the characteristics and weaknesses of both sides in the Russia-Ukraine War. Then we summarize the enlightenment: (1)establishing the Trinity of all-out defense, (2)suffering critical information infrastructure disruption, (3)using social media to limit regular attacks, (4)civil-military integration to establish space support, (5)national-level information operation command system which can be used by relevant units and follow-up researcher.

Keywords: Russia-Ukraine War, Information Operations, Space Operations, Electronic Warfare, Cyberspace Operations

壹、前言

2022 年初，俄羅斯在多個地點部署了新的部隊，包括烏克蘭東部、克里米亞和白俄羅斯附近，俄羅斯軍隊正在實施聯合演習，俄羅斯與烏克蘭之間局勢緊張程度進一步升高。情報顯示曾將基輔時間 2022 年 2 月 16 日認為是俄羅斯入侵烏克蘭的時間。¹直至 2022 年 2 月 24 日，俄羅斯以「非軍事化、去納粹化」為由向烏克蘭出兵進行「特別軍事行動」，²並很快的演變成第二次世界大戰以來歐洲最大規模戰爭。³初期俄羅斯地面作戰主力配合空中武力與導彈精準打擊，北部地面部隊從白俄羅斯進攻首都基輔、入侵哈爾科夫；南部地面部隊從克里米亞向北進攻赫爾松及敖德薩，並以尼古拉耶夫為目標；東部地面部隊對馬里烏波爾密集砲擊，部分兵力沿聶伯河向北推進，烏國各省情況危急。但隨戰況發展，美國為首的北約各國軍事物資陸續不斷支援，包括肩射式防空飛彈、反裝甲武器等，另各國民間企業亦不斷提供太空通訊、衛照、網路戰等支援，以支持烏克蘭軍隊積極反擊，致俄軍空中及地面部隊也因此傷亡慘重，⁴俄空軍只能在占領的烏東、烏南區域活動，給予地面部隊密切支援作戰有限，僅能在地面防空飛彈區域外進行遠程攻擊，或是改派無人機偵察與攻擊，戰事至此陷入膠著態勢。由於俄烏戰爭導入相關不對稱新戰法，本文首先藉由從美軍資訊作戰觀點切入，定義資訊作戰與資訊戰及其資訊相關能力(Information-related capabilities, IRC)，並探討其對資訊環境與戰爭世代的影響，另歸納俄、烏雙方特、弱點，期望能對後續研究有所助益。

一、美軍資訊作戰定義

資訊作戰 (Information Operations, IO) 為在特定時間以連貫的方式將資訊相關能力(IRC)整合，以在資訊環境中產生影響，向指揮官提供作戰優勢的能力。⁵

IRC 包括戰略溝通(Strategic Communication, SC)、⁶聯合機構間協調小組(Joint Interagency

¹ 烏克蘭俄羅斯 2 月 16 日開戰？經濟學人：不太可能！，《天下雜誌》，2022 年 2 月 14 日 <<https://www.cw.com.tw/article/5120045>> (檢索日期：2023 年 2 月 25 日)。

² 俄停火談判讓步不提去納粹和非軍事化 烏有機會入歐盟，《經濟日報》，2022 年 3 月 29 日 <<https://money.udn.com/money/story/5599/6198890>> (檢索日期：2023 年 1 月 30 日)。

³ “What does Putin want in Ukraine? The conflict explained,” CNN, 2022 年 3 月 1 日 <<https://edition.cnn.com/2022/02/24/europe/ukraine-russia-conflict-explainer-2-cmd-intl/index.html>> (檢索日期：2023 年 3 月 16 日)。

⁴ 至 7 月 27 日為止，烏克蘭武裝部隊總參謀部公布了俄羅斯在烏克蘭損失的最新統計。從 2022 年 2 月 24 日到 2023 年 6 月 22 日，俄羅斯的總戰鬥損失約為：人員約 263,490 人、坦克 4,459 輛、裝甲車 8,613 輛、火炮系統 5,530 套、多管火箭系統 735 套、防空系統 500 套、飛機 315 架、直升機 316 架、船艦 18 艘、無人機 4,421 架、巡航導彈 1,445 枚、地面載具及油料補給 8,009 輛、特殊裝備 831 套。《LB.ua》，2023 年 9 月 1 日 <<https://www.facebook.com/GeneralStaff.ua>> (檢索日期：2023 年 9 月 1 日)。

⁵ Department of Defense United States, “Joint Publication 3-13-Information Operations,” 2014/11/20, pp. vi.

⁶ 「戰略溝通」為：「集中政府處理與致力於瞭解及接觸關鍵受眾(Key Audiences)，透過運用協調之資訊、溝通主題、計畫、方案及行動，結合綜合國力之運用使其同時發生，以創造、強化或維護國家利益及目標的有利條件之進程發展。」。U.S. Department of Defense, “QDR Execution Roadmap for Strategic Communication 2006,” 2006, pp. 3.

Coordination Group, JIACG)、公共事務(Public Affairs, PA)、⁷軍民作戰(Civil-Military Operations, CMO)、⁸軍事欺騙(Military Deception, MILDEC)、⁹軍事資訊支持作戰(Military Information Support Operations, MISO)、¹⁰作戰安全(Operations security, OPSEC)、¹¹網際作戰(Cyberspace Operations, CO)、¹²資訊保障(Information Assurance, IA)、太空作戰(Space Operations, SO)、¹³情報(Intelligence)、特殊技術作戰(Special Technical Operations, STO)、聯合電磁頻譜作戰(Joint Electromagnetic Spectrum Operations, JEMSO)、關鍵領導者參與度(Key Leader Engagement, KLE)，但 IO 旨在強調資訊相關能力(IRC)融合和同步效應，對於達成作戰目標至關重要。而 IRC 不僅止於以上所提面向，故資訊作戰從平時到戰時，貫穿全程，包羅萬象，無法以單一維度作戰主導，需考量整體作戰行動，配合 IRC 及 C5ISR 等手段達成勝利為目的(如圖 1)。

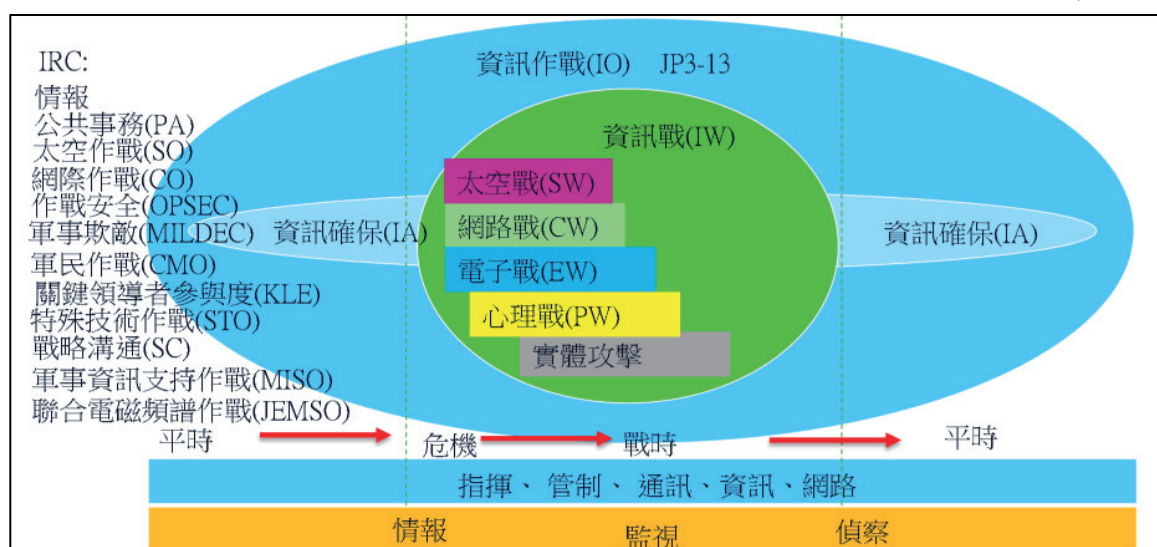


圖 1 美軍資訊作戰

資料來源：本研究整理，“JP3-13-Information Operations”，Department of Defense, United States, 20 November, 2014.

- ⁷ 公共事務是與外內部受眾的交流活動。其有助於創造有利條件，使人民相信軍隊及開展統一行動的準備情況。Department of Defense United States, “Joint Publication 3-61-Public Affairs,” 2016/8/19, pp. III-15-III-16.
- ⁸ 民政業務作戰包括民政部門計畫、執行和評估的作戰力量。軍民作戰是由指定的民政部門或其他軍事力量的指揮官為建立、維持、影響或利用軍隊、當地居民和機構間的關係。CMO 是另一可直接影響和受 IO 影響的領域。Department of Defense United States, “Joint Publication 3-57-Public Affairs,” 2018/7/9, pp. III-17-III-26.
- ⁹ 軍事欺騙 (MILDEC) 為故意誤導對手的軍事、準軍事或暴力極端主義組織決策者而採取的行動。目的是故意誤導敵方決策者關於我方軍事能力、意圖和行動的資訊，並引導敵方採取有助於完成我方任務的行動（或不作為）。Department of Defense United States, “Joint Publication 3-13.4, Military Deception,” 2011/1/26, pp. vii.
- ¹⁰ 軍事資訊支持作戰是有計畫的作戰，旨在向外國受眾傳達選定的資訊和指標，以影響他們的情緒、動機、客觀推理，並最終以有利於發起者目標的方式影響外國政府、組織、團體和個人的行為。Department of Defense United States, “Joint Publication 3-13.2-Military Information Support Operations,” 2011/12/20, pp. vii.
- ¹¹ 作戰安全是一種識別和控制關鍵資訊、伴隨軍事行動的友軍行動指標能力，結合對策降低對手利用作戰罅隙的風險。Department of Defense United States, “Joint Publication 3-13.3-Operations Security,” 2016/1/6, pp. vii.
- ¹² 網際作戰是使用網路空間能力，其主要目的是在網路空間內或通過網路空間達成作戰目的。Department of Defense United States, “Joint Publication 3-12-Cyberspace Operations,” 2018/6/8, pp. vii.
- ¹³ 太空作戰是發生在太空領域並尋求在太空領域及其相應環境中超越敵人和對手的作戰行動。Department of Defense United States, “Joint Publication 3-14-Cyberspace Operations,” 2020/10/26, pp. vii.

二、資訊作戰與資訊戰差異

依據圖 1 所示，資訊作戰比資訊戰廣泛且更全面，可作為各衝突階段的戰略性行動作戰(由平時至戰時，而後回復平時)，所以在資訊作戰行動之中，官方機構與私人企業間必須完全整合，¹⁴基本上，訴諸武力手段並非必需，相反的，為了讓資訊作戰發揮作用，作業人員必需瞭解資訊環境，評估自己優勢與敵方弱勢所在，進而運用最能影響敵方的戰力或相關行動。其中資訊作戰可區分為：¹⁵

(一)資訊作戰(Information Operations, IO)：牽涉到國家戰略與心理層面，多屬政策性運用。泛指影響敵之資訊與資訊系統及防護我之資訊系統所採取之行動，其所運用的範圍包含作戰各階段、全程軍事作戰及戰爭各階層、資訊戰(IW)在危機或衝突(含戰爭)間執行，目的是針對特定敵人達成特定目標。資訊作戰(IO)所採取的行動包含獲得、利用、防禦或者攻擊資訊和資訊系統，也包含了資訊戰(IW)，其執行遍及了所有層次的作戰，並跨越了軍事行動的範圍。

(二)資訊戰(Information Warfare, IW)：即一般所謂之資訊戰。資訊戰(IW)是執行資訊作戰以防禦我軍本身的資訊和資訊系統，或是去攻擊及影響敵人的資訊與資訊系統。執行此種戰事主要時機是在危機或者衝突時。然而，其防禦的構成要素，非常像空中防禦，是從平時到戰時都要去執行的。

三、資訊環境與戰爭世代

美軍於 2014 年版聯戰準則 JP 3-13 資訊作戰中，提出資訊環境的三個維度(如圖 2)，該三個維度分別為：真實世界的「實體維度」(Physical Dimension)、以「人」為中心的「認知維度」(Cognitive Dimension)及以「資料」為中心的「資訊維度」(Information Dimension)，三個維度彼此互相牽連及影響，並透過資訊流(Information Flow)將三個相互關聯的維度組成，且這些維度與個人、組織和系統不斷相互作用。

實體維度由指揮和控制 (Command and Control, C2) 系統、關鍵決策者及關鍵基礎設施組成，它是實體平臺和通信網路所構成的維度，它是一個跨越國家、經濟和地理疆界的融合網路。舉例來說，實體維度可以為人、C2 設施、報紙、書籍、基地臺、計算機處理單元、筆記型電腦、智能手機、平板電腦等等。認知維度包含所有傳送、接收資訊以及對資訊做出反應或行動者的心智想法，並代表著個人或團體對資訊的處理、見解、判斷與做出決定之方式，

¹⁴ 里·阿米斯德(Leigh Armistead)，資訊作戰(Information Operations Matters-Best Practices)，國防部史政編譯室譯，2012 年，頁 29。

¹⁵ 蔡宗憲，《美軍聯戰準則 3-13 聯合資訊作戰》(臺北：國防部聯合作戰演訓中心譯印，民 94 年 11 月)，頁 7。

若能釐清各種足以影響此領域的因素，則可對敵決策者的心智產生影響力並創造出所望戰果。資訊維度包括收集、處理、存儲、傳播和保護資訊所在的地點和方式，是軍事力量 C2 發揮作用的維度，亦是指揮命令傳達所在的維度。¹⁶本論文前述的資訊相關能力(IRC)s是影響資訊環境三個維度中任何一個維度的工具、技術及作戰行動。它們影響目標受眾 (Target Audiences) 在決策前後收集、處理或傳播資訊的能力。例如作戰安全 (OPSEC)、資訊確保 (IA)、電子戰 (EW) 等，這些能力是對於聯結和保護聯戰部隊至關重要。另美軍在「持久自由作戰」(Operation Enduring Freedom)與「伊拉克自由作戰」(Operation Iraqi Freedom)中，運用網路與認知作戰的例子，可說是不勝枚舉，故能形塑與影響敵人心理狀態的一方，最終必能從戰爭中勝出。¹⁷2002 年，俄羅斯軍事科學院前副院長斯里普琴科 (В.И.Слипченко) 則提出了所謂的「第六代戰爭理論」，該理論將人類歷史上的戰爭區分為六個世代(如表 1)，其中的第六代戰爭為太空戰爭，該理論認為未來戰爭型態將以不直接與敵方兵火力進行攻防的「非接觸式」作戰為主，並以太空作為主要戰場，以航空器、衛星、精確導引及能量武器為主要工具，並強調網路作戰及電子作戰之潛力。

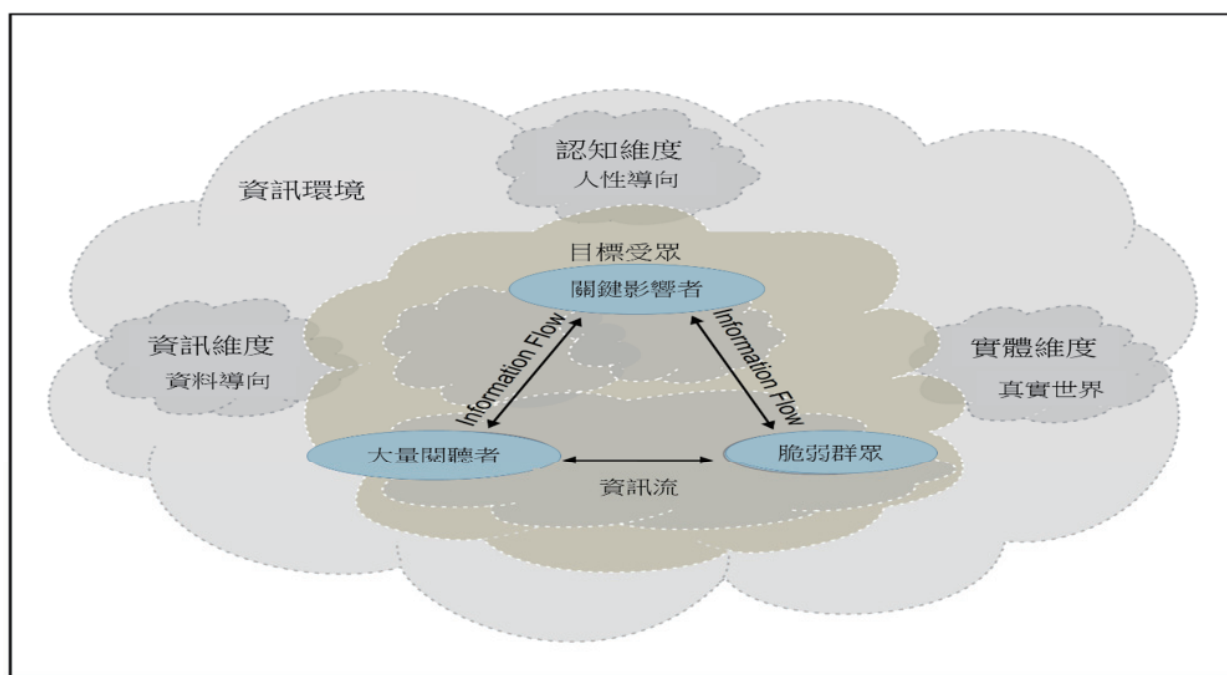


圖 2 資訊環境示意圖

資料來源：JP3-13, “Information Operations,” DoD, United States, 20 November, 2014, P.I-4

¹⁶ Department of Defense United States, “Joint Publication 3-13-Information Operations,” 2014/11/20, pp. I2-I3.

¹⁷ 里·阿米斯德(Leigh Armistead)，資訊作戰(Information Operations Matters-Best Practices)，國防部史政編譯室譯，2012 年，頁 14。

表 1 戰爭世代劃分

戰爭世代	年分	特徵
第一代	人類文明化~滑膛槍砲發明前	1. 以冷兵器為主。 2. 持續時間最長，約 3500 年。
第二代	約 11~17 世紀	火藥及滑膛槍(砲)的發明及應用。
第三代	約 17~19 世紀	1. 槍(砲)管膛線的發明。 2. 後膛裝彈設計。
第四代	約 19~20 世紀	1. 單兵自動武器、各型海上、地面及空中機動作戰載具的發明及應用。 2. 現代戰爭之雛形。
第五代	20 世紀後期	1. 微型化電腦科技及精確導引武器的發展應用。 2. 未來高科技戰爭之技術起點。
第六代	現代至未來	1. 非接觸式作戰。 2. 主要戰場位於太空。 3. 以航空及太空武器為主。

資料來源：本研究整理。

貳、俄烏戰爭雙方資訊作戰運用

由於資訊作戰經緯萬端，本論文僅就太空作戰、電子作戰、網際作戰等三個面向進行研究，主要因為戰爭型態從過去的地面的二度空間，擴及天空的三度空間，已進入太空時代的四度空間，¹⁸乃至頻譜與網路空間，現代化戰爭已運用陸、海、空、天、頻譜、網路「六維」戰場，誰掌握資訊優勢(Information Superiority)，即能形成巨大的作戰潛力。

一、太空作戰

太空已成為資訊作戰領域的要素。今日所謂「資訊時代」，主要是利用太空推動此一重大發展所產生的結果。¹⁹隨著航太科技的日益進展，太空已成為繼陸、海、空之後的另一個戰爭制高點，各國對於太空權及太空軍事的理論與實務也快速的發展。以現今科技的發展，爭奪太空的控制權就能夠掌握「資訊優勢」，主要係因衛星等航太科技高度發展後，可應用於軍事用途上支援主作戰任務，掌控太空權致勝機率也愈高。

俄羅斯太空在軌運作衛星數量達 169 枚(如表 2、3)，全世界排名第三，僅次於美國及中國，顯示俄羅斯在衛星數量上遠超越烏克蘭。從兩次波斯灣、阿富汗戰爭、科索沃戰爭、利比亞戰事、近期的伊斯蘭國戰事、以及正在進行的俄烏戰爭等戰役之中，我們可以得知衛星通信、導航技術在遠距、精準之攻擊能力的運用上，發揮了淋漓盡致。

¹⁸ 傅慰孤，《高維戰略—看臺澎防衛作戰新思維》(臺北：全球防衛雜誌，2006 年 5 月)，頁 50；未來可能出現更高層次的作戰領域，甚至超越電磁領域與網路資訊等五、六度空間。

¹⁹ 里·阿米斯德(Leigh Armistead)，資訊作戰(Information Operations-Warfare and the Hard Reality of Soft Power)，國防部史政編譯室譯，2004 年，頁 151。

表 2 2020 年全世界在軌運行衛星數量統計表

	數量				總計
國家	美國: 1,007	俄羅斯: 164	中國大陸: 323	其他: 724	2,218
軌道	LEO: 1,468	MEO: 132	Elliptical: 56	GEO: 562	2,218

參考資料：<https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database>，2020 年 4 月 28 日。

表 3 2022 年全世界在軌運行衛星數量統計表

	數量				總計
國家	美國: 2,944	俄羅斯: 169	中國大陸: 499	其他: 1,240	4,852
軌道	LEO: 4,078	MEO: 141	Elliptical: 59	GEO: 574	4,852

參考資料：<https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database>，2022 年 3 月 14 日。

烏克蘭前為蘇聯時期航太工業中心，近年來未延續蘇聯期間太空投資，未有任何航天能力，俄羅斯在 2 月 24 日入侵烏克蘭導致烏國通信中斷後，因此向 SpaceX 提出低軌道通信衛星需求，獲得 Elon Musk 正面回應，並且全面開通烏克蘭地區低軌道衛星通信網路及提供 Starlink 網際網路終端設備，確保烏國通信網路正常，因俄羅斯攻勢不斷，烏國各項基礎設施也遭到摧毀，Elon Musk 將再提供太陽能充電設備，以幫助在無法正常供電的地方保持終端供電。²⁰加拿大航天公司 MDA Corp.將向烏克蘭提供合成孔徑雷達（Synthetic Aperture Radar, SAR）衛星偵察照片，SAR 偵照可避免天候限制，能全天候追蹤軍隊和設備的動向，用來對抗俄羅斯入侵的軍事行動中。²¹俄羅斯與烏克蘭雙方衛星部署及運用、特點、弱點如表 4 所示。雙方太空戰兵力相差甚多，然烏克蘭向多家企業提供衛星影像以取得相關衛照情資，這是首次有商用衛星影像、在大型戰爭中作為通訊與衛照資訊，用於提供烏克蘭敵軍隊動向扮演極為重要的角色。

²⁰ Elizabeth Howell, “Elon Musk's SpaceX sends more Starlink terminals, power supplies to Ukraine,” SPACE, 2022 年 3 月 12 日<<https://www.space.com/elon-musk-spacex-more-starlink-terminals-ukraine>> (檢索日期：2023 年 3 月 14 日)。

²¹ Mike Wall, “Canadian radar satellites to help Ukraine fight off Russian invasion,” SPACE, 2022 年 3 月 11 日<<https://www.space.com/canada-satellite-imagery-for-ukraine-russia-invasion>> (檢索日期：2023 年 3 月 14 日)。

表 4 雙方衛星部署及運用特弱點分析

俄羅斯	烏克蘭
衛星：169 枚 (偵察遙測：32 枚、通訊：83 枚、導航：28 枚、其它：26 枚)	烏克蘭無自建衛星 國際支援商用通訊：Starlink (美國)、 ²² Viasat(美國) ²³ 衛情國際支援廠商：EOS Data Analytics (烏克蘭)、 ²⁴ Planet(美國)、 ²⁵ Maxar(美國)、 ²⁶ BlackSky(美國)、 ²⁷ Capella Space(美國)、 ²⁸ MDA (加拿大)、 ²⁹ IAI(以色列)、ICEEYE(芬蘭)、Airbus(法、德、英) ³⁰
特點： 數量優勢，掌控制太空權。 弱點： 一、自 2018 年後，新型衛星發射數量減少，遠不及美國及中共，由本論文表 2 及表 3 比較發現，2020 年至 2022 年在軌運行衛星僅增加 5 顆。(另據研究統計 2018 年俄羅斯為 142 顆，中共為 202 顆，美國為 803 顆、另 2022 年中共為 499 顆、美國為 2,944 顆)。 二、GLONASS 全球定位系統多為 FDMA 舊型架構，易受電子區域干擾，影響其精準打擊能力。	特點： 一、各國商用衛星偵照能力讓俄羅斯部隊作戰線及補給線暴露，致地面部隊無法有效推進。 二、美國 Starlink 通信衛星數量龐大，且不易受俄國電子攻擊與干擾，提供基輔和前線指揮部、無人機等構聯，定位俄軍位置，隨時指揮烏軍部隊奇襲俄軍。 ³¹ 弱點： 一、俄國持續對各國以核戰略與經濟制裁施壓，不利後續作戰進程發展。 二、相關國際衛星公司及影像處理公司多受北約及美國政治情勢控制。

資料來源：本研究整理。

二、電子作戰

綜觀電子戰戰史，由於將電子戰導入戰爭，已迫使整個軍事領域，包含戰場經營、戰場觀念、武器裝備、訓練內容、作戰指導，甚至戰略構想、戰略指導及戰術作為均產生重大改變。美軍於波斯灣戰爭所獲經驗據而重新定義電子戰範疇，現今美軍與我國針對「電子戰」

²² 太空鎖定莫斯科艦 星鏈俄烏戰扮要角，《自由時報》，2022 年 4 月 21 日 <<https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/3898334>> (檢索日期：2023 年 2 月 25 日)。

²³ Viasat 詳細介紹了影響烏克蘭數千個調製解調器的 KA-SAT 網路攻擊，《Via Satellite》，2022 年 3 月 30 日 <<https://www.satellitetoday.com/cybersecurity/2022/03/30/viasat-details-ka-sat-cyberattack-that-affected-thousands-of-modems-in-ukraine/>> (檢索日期：2023 年 2 月 26 日)。

²⁴ “We Urge Satellite Imagery Firms and Space Agencies to Stand With Ukraine,” Earth Observing System, 2022 年 4 月 21 日 <<https://eos.com/stand-with-ukraine/>> (檢索日期：2023 年 2 月 28 日)。

²⁵ “Satellite photos reveal details of Russian invasion into Ukraine,” SPACE, 2022 年 2 月 25 日 <<https://www.space.com/satellite-images-planet-labs-russia-ukraine-invasion>> (檢索日期：2023 年 3 月 14 日)。

²⁶ “Russian military buildup in eastern Ukraine seen in satellite photos,” SPACE, 2022 年 4 月 13 日 <<https://www.space.com/russian-buildup-eastern-ukraine-satellite-photos>> (檢索日期：2023 年 2 月 21 日)。

²⁷ “BlackSky Sets New Standard for Agile Satellite Operations to Support Customers During Ukraine Crisis,” BlackSky, 2022 年 4 月 18 日 <<https://www.blacksky.com/2022/04/18/blacksky-sets-new-standard-for-agile-satellite-operations-to-support-customers-during-ukraine-crisis/>> (檢索日期：2023 年 2 月 21 日)。

²⁸ “Capella Space Publishes SAR Imagery Of The Ukraine-Russia Crisis,” stanews, 2022 年 2 月 28 日 <<https://news.satnews.com/2022/02/28/capella-space-publishes-sar-imagery-of-the-ukraine-russia-crisis/>> (檢索日期：2023 年 3 月 12 日)。

²⁹ “Canada's MDA providing Ukraine with satellite imagery to fight Russia,” REUTERS, 2022 年 3 月 9 日 <<https://www.reuters.com/world/canadas-mda-provide-sar-satellite-imagery-ukraine-help-it-fight-2022-03-08/>> (檢索日期：2023 年 3 月 12 日)。

³⁰ “Israel's Spacecom in talks with Ukraine's Space Agency on creating Ukrainian satellite communications system,” REUTERS, 2022 年 3 月 4 日 <<https://www.kyivpost.com/ukraine-politics/israels-spacecom-talks-ukraines-space-agency-creating-ukrainian-satellite-communications-system.html>> (檢索日期：2023 年 3 月 12 日)。

³¹ 警惕「星鏈」的軍事化應用野心及野蠻，《解放軍報》，2022 年 5 月 5 日 <<https://news.sina.com.tw/article/20220505/41767622.html>> (檢索日期：2023 年 1 月 30 日)。

定義已同步相同。^{32 33}

近年來，美軍於 2016 年 10 月簽署《聯合電磁頻譜作戰》(JDN3-16)條令紀要，³⁴另於 2020 年 10 月公布 2020 年公布美軍電磁頻譜優勢戰略，提出電磁頻譜發展的五大戰略目標，美軍認為，聯合電磁頻譜作戰(Joint Electromagnetic Spectrum Operations, JEMSO)任務領域由電磁頻譜利用、管理、攻擊和防護電磁環境四維度任務構成，以達成指揮官目標的相互協調的所有軍事行動，對聯合作戰的指揮控制、調整與機動、火力打擊、情報、防護、戰力發揮等有重大影響。

俄烏戰爭未開戰前，美國商用衛星 HawkEye 360 的衛星座 2021 年秋天開始收集 GPS 干擾信號，並持續標定訊號源位置。在俄羅斯於 2022 年 2 月 24 日入侵烏克蘭之前，烏克蘭附近的 GPS 干擾持續且不斷增加。³⁵在俄羅斯入侵開始前不久，分析人員在切爾諾貝利以北檢測到 GPS 干擾，表明將電子戰戰術融入俄羅斯軍事行動，以進一步降低烏克蘭的自衛能力。於 2021 年 11 月，HawkEye 360 還偵測到在盧甘斯克(Luhans)和頓涅茨克 (Donetsk) 地區附近的 GPS 干擾。根據公開信息，證實該地區無人駕駛飛機的運行因干擾而中斷。³⁶

可以從表 5 俄烏戰爭電子戰重大事件及特弱點分析可得到，俄羅斯 2 月 24 日軍事入侵烏克蘭至今，俄國軍隊已有多名將領接連陣亡，部分是跟通訊不安全有關。行動通信裝置帶來許多便利，同時擁有諸多漏洞及後門程式，容易受敵網軍入侵運用，並透過精準定位功能而掌握部隊動態，俄軍竊取「AirPods」就是一個透過行動裝置掌握敵軍例子。另俄烏戰爭顯示俄羅斯多維作戰欠缺協調與整合能力，致傷亡超過預期。故聯合作戰首重聯合 C5ISR 發揮，產生共同作戰圖像，並能共享情報，發揮聯戰效能。

³² 電子戰是使用電磁和指向性能量來控制電磁頻譜或攻擊敵人的軍事作戰。電子戰 (EW)在整個作戰環境中保護電磁頻譜(Electromagnetic Spectrum, EMS)內的聯合作戰和阻止對手作戰至關重要。Department of Defense United States, “Joint Publication 3-13.1-Electronic Warfare,” 2012/2/8, pp. vii.

³³ 國防部，國軍通資電要綱，100 年，第 3-16 頁。

³⁴ Joint Doctrine Note 3-16- Joint Electromagnetic Spectrum Operations · Washington DC: U.S. Joint Staff, 2016.

³⁵ AnusuyaDatta, “HawkEye 360 Detects GPS Jamming Along Ukraine Border Prior to Russian Invasion,” Geospatial World, 2022 年 3 月 4 日 <<https://www.geospatialworld.net/blogs/hawkeye-360-detects-gps-jamming-along-ukraine-border-prior-to-russian-invasion/>>(檢索日期：2023 年 3 月 7 日)。

³⁶ Debra Werner, “HawkEye 360 detects GPS interference in Ukraine,” Space News, 2022 年 3 月 4 日 <<https://spacenews.com/hawkeye-360-gps-ukr/>>(檢索日期：2023 年 3 月 12 日)。

表 5 俄烏戰爭電子戰重大事件及特弱點分析

俄羅斯	烏克蘭
一、Kh-31 反輻射飛彈開戰初期對烏克蘭境內的大量雷達設施進行攻擊，影響烏克蘭 S300 防空飛彈戰力發揮。 ³⁷ (2022 年 2 月 24 日)	一、土耳其製造的「旗手」TB-2 偵打一體無人機在與俄羅斯開戰前實施戰力保存，TB-2 對於俄軍構成了相當的威脅，導致大量的坦克、裝甲車等車隊遭到了重創。 ⁴⁵ (2022 年 2 月 27 日)
二、在俄羅斯於 2 月 24 日入侵烏克蘭之前，2021 年 11 月，烏克蘭附近(盧甘斯克和頓涅茨克地區(Luhansk and Donetsk)的 GPS 干擾持續且不斷增加，無人機的運作因干擾而中斷。 ³⁸ (2022 年 3 月 4 日)	二、偽基地臺(Dirtboxes; Stingray)讓俄羅斯部隊位置曝露。偽基地臺是一種大功率非法無線電通訊裝置，由無線電與電腦等組成系統，可以用來攔截智慧型手機訊號，達成入侵系統、監聽或是竊取資料的目的。 ⁴⁶ (2022 年 4 月 10 日)
三、俄軍加密通訊系統(ERA)無法運作，迫使使用民用通信及無線電系統，通信內容遭烏克蘭截聽，判俄軍指揮與通信系統有重大缺陷。 ³⁹ (2022 年 3 月 11 日)	三、1 萬餘個「星鏈」天線已送至烏克蘭，烏軍的空中偵察(Aerorozvidka)仍然可以透過星鏈終端設備建立通聯，並傳遞情報偵查資料，進而精準定位俄軍作戰裝備與部署陣地。 ⁴⁷ (2022 年 3 月 9 日)
四、2 月下旬美國衛星網路公司 Viasat 的 KA-SAT 網路遭受攻擊，衛星數據機遭破壞，致無法正常使用，KA-SAT 為烏克蘭軍隊與相關單位提供通訊網路連線。 ⁴⁰	四、烏克蘭無人機部隊運用 Delta 系統，可從一般的筆記型電腦登入，並結合來自無人機、衛星、各方感測器的影像。 ⁴⁸ (2022 年 4 月 18 日)
五、俄軍毀烏克蘭基地塔反讓新加密電話(ERA)無法運作，烏軍擊殺俄軍第 41 聯兵軍團參謀長格拉西莫夫(Vitaly Gerasimov)少將，烏克蘭國防部釋出的俄方對話，並且是因為通信出現問題，讓他不得不使用當地 SIM 卡，暴露行蹤，被烏克蘭部隊擊斃。 ⁴¹ (2022 年 3 月 9 日)	五、美國交付 120 餘架「鳳凰幽靈」(Phoenix Ghost)無人機，相當類似「彈簧刀」(Switchblade)無人機， ⁴⁹ 並強調最新的空中火力支援適用在烏東頓巴斯地區的戰役。 ⁵⁰ (2022 年 4 月 21 日)
六、俄羅斯軍隊軍事入侵烏克蘭多個城鎮後，竊取烏克蘭人的無線耳機「AirPods」後，遭烏軍用來追蹤俄軍部隊的所在位置與行蹤。 ⁴² (2022 年 4 月 9 日)	六、烏軍以無人機在空中偵蒐，發現哈爾科夫地區一處農舍藏有俄軍一座 GPS 干擾和無線電偵察站「R-330ZH Zhitel」，交由砲兵精準打擊俄軍電子作戰系統。(2022 年 5 月 11 日)
	七、5 月初，美國首次向烏克蘭提供電子戰干擾設備，俄軍經常使用電子干擾攻擊，以防禦敵方攻擊的

³⁷ 俄軍在烏動用了哪些飛彈？外媒給出精準分析，俄式精確打擊顯神威，《每日頭條》，2022 年 2 月 25 日<<https://kknews.cc/military/36qpnly.html>> (檢索日期：2023 年 2 月 28 日)。

³⁸ “HawkEye 360 detects GPS interference in Ukraine,” SpaceNews, 2022 年 3 月 4 日<<https://spacenews.com/hawkeye-360-gps-ukr/>> (檢索日期：2023 年 3 月 5 日)。

³⁹ 俄烏衝突期間頻繁使用不安全通信，俄軍指控系統缺陷凸顯，《頭條匯》，2022 年 5 月 25 日<<https://min.news/military/3b444217ad7668ca12904a4267ebb435.html>> (檢索日期：2023 年 2 月 28 日)。

⁴⁰ 烏克蘭遭俄國入侵時衛星網路被破壞 西方進行調查，《中央社》，2022 年 3 月 12 日<<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202203120201.aspx>> (檢索日期：2023 年 2 月 15 日)。

⁴¹ 俄侵烏毀基地臺自廢武功，反讓通話被截聽，《頭條匯》，2022 年 3 月 9 日<<https://tw.news.yahoo.com/俄侵烏毀基地臺自廢武功-反讓通話被截聽-120733407.html>> (檢索日期：2023 年 1 月 10 日)。

⁴² “Ukrainians are locating their devices on the territory of the Homiel region, Belarus, where part of the Russian army retreated,” Twitter, 2022 年 4 月 5 日<<https://twitter.com/franakviacorka/status/1511297092836278283>> (檢索日期：2023 年 2 月 27 日)。

⁴⁵ 戰鬥民族炮兵入烏最慘烈一仗：一個連被無人機吊打，彈藥殉爆全炸廢，《每日頭條》，2022 年 2 月 27 日<<https://kknews.cc/military/434rkxbx.html>> (檢索日期：2023 年 2 月 28 日)。

⁴⁶ 淺談烏俄戰爭之通訊竊聽科技大戰~ERA 加密電話失效與偽基地臺，《小丰子 3C 俱樂部》，2022 年 4 月 11 日<<https://tel3c.tw/blog/post/36195>> (檢索日期：2023 年 2 月 10 日)。

⁴⁷ 烏克蘭斷網恐斷國防系統，星鏈將成無人攻擊機最後信號連結管道，《The Central News Agency 中央通訊社》，2022 年 3 月 9 日<<https://www.inside.com.tw/article/27083-ukraine-starlink-russia-aerorozvidka>> (檢索日期：2022 年 5 月 2 日)。

⁴⁸ 馬斯克星鏈助威，烏克蘭無人機奇襲俄國怒尋反擊，《中央社》，2022 年 3 月 20 日<<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202203200083.aspx>> (檢索日期：2023 年 2 月 18 日)。

⁴⁹ 【武備巡禮】抗俄利器 美製彈簧刀無人機，《青年日報》，2022 年 4 月 11 日<https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=142987> (檢索日期：2022 年 5 月 20 日)。

⁵⁰ 神秘武器助陣！美國專為烏克蘭量身打造「鳳凰幽靈」無人機，《上報》，2022 年 4 月 22 日

七、俄軍「反無人機部隊」將配賦 Krasukha-2 陸基移動式電戰系統，干擾無人機導控系統，有效距離可達 250 公里，迫使無人機失控墜毀。⁴³ (2022 年 5 月 18 日) 八、為減少人員傷亡，俄軍運用最新式的「獵戶座無人機」(Kronshtadt Orion)攻擊烏克蘭武裝部隊。⁴⁴ (2022 年 4 月 10 日)	方式」。⁵¹ (2022 年 5 月 10 日) 八、烏克蘭擄獲了俄羅斯先進的電子戰 (EW) 系統 (Krasukha-4) 的機動指揮所，有助於各方瞭解俄羅斯電子戰技術。該系統不僅可以干擾空中雷達系統，甚至可干擾無人機使其失去控制，干擾距離可達 300 公里。⁵² (2022 年 3 月 23 日)
特點：兵力數量優勢，掌握制電磁權，作戰初期可擴張戰果。 弱點： 一、地面部隊未按戰爭節奏強行進入，不利電子戰作為。為確保空中戰力與減低人員戰損，俄軍開始使用偵打一體與攻擊型無人機，轉採較為保守且降低戰損的戰術作為。 二、因俄國軍隊已有多名將領接連陣亡，烏克蘭雖然無先進雷達系統，仍可掌握俄軍動態，判是部分是通訊保密不周延或被定位有關。	特點： 一、民間通信能力非屬主戰兵力不易受到重視，卻可在關鍵時刻發揮通資支援能力優勢，足顯示軍民融合科技價值。 二、烏軍相較俄軍的劣勢情況下，更倚賴無人機之運用，雖然威力不及造價數百萬美元的軍用無人機，卻照樣能摧毀俄軍裝甲車，烏軍在不對稱作戰中有更好的發揮。 弱點：武器操作訓練不足，相關後勤物資恐無法有效支撐作戰全程。

資料來源：本研究整理。

三、網際空間作戰

網際空間為資訊環境內之部分單元，須仰賴空中、地面、海上以及太空之實體空間，俄烏戰爭時至今日，雙方的資訊作戰，只能從公情資料獲得，其實在世界各國企業協助烏克蘭抵抗俄羅斯攻擊，不管是軍事、經濟或資安上的支援，也有不少駭客集團正鎖定俄羅斯相關資訊基礎建設展開各式攻擊。

俄羅斯於 2015 年起持續針對烏克蘭關鍵資訊基礎設施實施網路攻擊，⁵³其中包括電力、銀行、電信、政府部門系統等關鍵基礎設施，⁵⁴另外，微軟公布了俄羅斯針對烏克蘭所展開的網路攻擊報告，⁵⁵相關內容資料可以得到，至少有 6 個由俄羅斯的駭客集團鎖定烏克蘭發動多

<https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=142987> (檢索日期：2023 年 2 月 20 日)。

⁴³ 不再土法煉鋼！俄建置「反無人機部隊」電戰干擾器、近戰防空飛彈入列，《NewTalk》，2022 年 5 月 18 日 <<https://newtalk.tw/news/view/2022-05-18/756751>> (檢索日期：2023 年 2 月 28 日)。

⁴⁴ 俄羅斯新銳無人機擊毀烏軍裝甲車，但也遭擊落，《中時新聞網》，2022 年 4 月 10 日 <<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220410002735-260417?chdtv>> (檢索日期：2023 年 2 月 24 日)。

⁵¹ 俄烏戰爭以來首次！美提供烏克蘭電子戰裝備 抵禦俄軍干擾，《Newtalk》，2022 年 5 月 10 日 <<https://newtalk.tw/news/view/2022-05-10/752666>> (檢索日期：2023 年 1 月 31 日)。

⁵² “We managed to identify this bizarre "container", captured today by the UA forces near #Kyiv,” Twitter, 2022 年 3 月 23 日 <https://twitter.com/UAWeapons/status/1506306740421341193?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1506306740421341193%7Ctwgr%5E%7Ctwcon%5Esl_&ref_url=http%3A%2F%2Fhk.epochtimes.com%2Fnews%2F2022-03-26%2F53678475> (檢索日期：2023 年 1 月 31 日)。

⁵³ 第一起由惡意軟體造成的 6 小時大斷電，導致烏克蘭數十萬戶住家停電，《資安趨勢部落格》，2016 年 1 月 11 日 <<https://blog.trendmicro.com.tw/?p=16041>> (檢索日期：2023 年 2 月 27 日)。

⁵⁴ “Microsoft disrupts ‘Russian nation-state’ cyberattacks on Ukraine,” TECHNOLOGY, 2022 年 4 月 8 日 <<https://techmonitor.ai/technology/cybersecurity-russia-gru-fancy-bear-sandworm-ukraine-explainer>> (檢索日期：2023 年 1 月 28 日)。

⁵⁵ “Microsoft says Russia hit Ukraine with hundreds of cyberattacks,” BLEEP COMPUTER, 2022 年 4 月 27 日 <<https://www.bleepingcomputer.com/news/security/microsoft-says-russia-hit-ukraine-with-hundreds-of-cyberattacks/>> (檢索日期：2023 年 1 月 24 日)。

達 230 餘次的網路攻擊，經由歸納實體攻擊的時間點，網路攻擊亦是互相輔助，如針對軍方砲火攻擊目標同步發動網路攻擊。⁵⁶微軟還注意到網路攻擊和軍事行動之間存在著關聯性，駭客攻擊和入侵之間的時間與俄羅斯軍方導彈襲擊時間點非常接近。另外，微軟表示俄羅斯駭客針對烏克蘭數十家組織的破壞性攻擊(2022 年 2 月 23 日至 4 月 8 日期間近 40 次)中，32% 的攻擊直接針對烏克蘭政府組織，超過 40% 的攻擊目標針對關鍵基礎設施。

在認知作戰方面，烏克蘭流傳在網路上的烏克蘭英雄事蹟故事，像是「基輔幽靈」、⁵⁷「蛇島烈士」故事、⁵⁸還有「烏克蘭收割機」、「亞速鋼鐵廠英雄」，⁵⁹創造烏克蘭人堅毅抗戰形象，以凝聚團結力量。基輔幽靈(Ghost of Kyiv) (另稱「基輔之鬼」、「基輔戰鬼」，烏克蘭語：ПривидКиєва) 是一個未能證實的米格-29 烏克蘭空軍王牌飛行員的綽號，據說「他在 2022 年 2 月 24 日的俄羅斯入侵烏克蘭基輔攻勢的空戰中擊落多達 6 架俄羅斯戰機」。「人們稱它為『基輔幽靈』... 這名烏克蘭空軍王牌成為了入侵的俄軍戰機的惡夢。」⁶⁰；另有 70 萬追蹤者的烏克蘭安全局 telegram 頻道也發布了這段影片。⁶¹儘管「基輔幽靈」可能只是都市傳說，但此傳聞仍大大地鼓舞了烏克蘭軍民士氣。⁶²2022 年 2 月 26 日，社交媒體上出現了一個類似基輔幽靈的都市傳說，綽號「烏克蘭收割機」(Ukrainian Reaper)，烏克蘭陸軍狙擊手佛羅迪米爾·弗斯特一等兵 (Pvt. Volodymyr Vist)，據說僅在一次戰鬥中就連續狙殺了 20 多名俄軍。⁶³

⁵⁶ 自俄烏開戰以來，至少有 6 個俄羅斯駭客集團針對烏克蘭發動逾 200 次攻擊，《中時新聞網》，2022 年 4 月 28 日 <<https://www.ithome.com.tw/news/150664>> (檢索日期：2023 年 1 月 24 日)。

⁵⁷ “ПРИВИД КИЄВА”: ПІЛОТ МІГ-29 ЗА 30 ГОДИН ЗДОБУВ 6 ПОВІТРЯНИХ ПЕРЕМОГ НАД ОКУПАНТОМ, ” 5.ua, 2022 年 2 月 25 日 <<https://www.5.ua/ukrayina/pryvyyd-kyieva-pilot-mih-29-za-30-hodyn-zdobuv-6-povitrianykh-peremoh-nad-okupantom-269346.html>> (檢索日期：2023 年 3 月 16 日)。

⁵⁸ 【烏俄戰事】烏克蘭全民動員的造神資訊戰，戰爭爆發初期，一段烏克蘭士兵在黑海軍事基地蛇島上面對敵軍寧死不屈的故事。幾天之後，烏克蘭官方在一個臉書貼文證實，這幾名士兵都還活著。他們被俄方帶走、成為戰俘。《臺灣事實查核中心》，2022 年 3 月 7 日 <<https://tfc-taiwan.org.tw/articles/7040?fbclid=IwAR1c7HtJdo0fIAfReV9UdaFGoDFS25sLbtSdupc7K6s5Iy55hAYq8vELqL8>> (檢索日期：2023 年 3 月 17 日)。

⁵⁹ 馬立波陷落 烏克蘭讚亞速鋼鐵廠守軍是當代英雄，《中央通訊社》，2022 年 5 月 17 日 <<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202205170412.aspx>> (檢索日期：2023 年 3 月 2 日)。

⁶⁰ “ISABEL VAN BRUGEN, Who is the Ghost of Kyiv? Ukraine MiG-29 Fighter Pilot Becomes the Stuff of Legend,” Newweek, 2022 年 2 月 25 日 <<https://www.newsweek.com/who-ghost-kyiv-ukraine-fighter-pilot-mig-29-russian-fighter-jets-combat-1682651>> (檢索日期：2023 年 3 月 16 日)。

⁶¹ “Stuart A. Thompson and Davey Alba, “Fact and Mythmaking Blend in Ukraine’s Information War,” The New York Times, 2022 年 3 月 3 日 <<https://www.nytimes.com/2022/03/03/technology/ukraine-war-misinfo.html>> (檢索日期：2022 年 3 月 17 日)。

⁶² 【烏俄戰事】烏克蘭全民動員的造神資訊戰，包括《德國之聲》查核團隊、美國查核網站《Snopes》都發布了查核報告，《德國之聲》還查證了多張號稱是基輔幽靈的露臉照片，發現照片都是「換臉」合成照，被移花接木的臉來自阿根廷律師，《臺灣事實查核中心》2022 年 3 月 7 日，<<https://tfc-taiwan.org.tw/articles/7040?fbclid=IwAR1c7HtJdo0fIAfReV9UdaFGoDFS25sLbtSdupc7K6s5Iy55hAYq8vELqL8>> (檢索日期：2023 年 3 月 17 日)。

⁶³ “If you liked the Ghost of Kyiv, you will love the ‘Ukrainian Reaper,’” 2022 年 2 月 25 日 <<https://www.marca.com/en/lifestyle/world-news/2022/02/26/6219989dca4741b8248b456e.html>> (檢索日期：2023 年 3 月 21 日)。

此外，烏克蘭又有新的都市傳說「頓內次克肥貓」(Chonker of Donetsk)，有別於「基輔之鬼」神出鬼沒的擊落戰機，讓俄軍聞風喪膽，「頓內次克肥貓」則是靠著創意與勇氣，專門偷走野戰廚房，重創了俄軍的後勤。⁶⁴

烏克蘭除了配合北約及微軟對抗俄羅斯網路入侵攻擊外，網際作戰方面也有進展。烏克蘭副總理暨數位轉型部長費多羅夫(Mykhailo Fedorov)表示，成立一支網軍以對抗俄羅斯網路攻擊。⁶⁵此 Telegram 群組招集全世界的駭客組建「烏克蘭 IT 大軍」(IT Army of Ukraine)，鼓勵以各種手段攻擊，包括國家級機構、銀行、商業機構、國營媒體，⁶⁶有超過 25 萬訂閱者。大致上說明：「根據之前攻擊的目標，如有成果，請不要停下來，另外，在目標中額外增加一組在全球制裁下進行採購的網站。請不要停留在以前的目標上！有一些公共採購平臺可以幫助俄羅斯人繞過我們的攻擊」。表 6 為俄烏戰爭網際空間作戰重大事件及特弱點分析。

表 6 俄烏戰爭網際空間作戰重大事件及特弱點分析

俄羅斯	烏克蘭
一、來自 NetBlocks 的資訊證實，自 2022 年 2 月 24 日起，烏克蘭的網路系統重大中斷。隨著俄羅斯部隊的推進，包括首都基輔在內的烏克蘭大部分地區隨後都出現了中斷情況。 ⁶⁷	一、微軟威脅情報中心在 2/24 日俄羅斯發射飛彈數小時前，偵測到一波對烏克蘭基礎建設的「破壞性」網路攻擊，微軟將之命名為 FoxBlade 的木馬程式，主要鎖定烏克蘭軍事機構、政府機關及製造業等單位。 ⁷⁵ (2022 年 2 月 24 日)
二、作戰初期俄羅斯網軍已對烏克蘭政府和軍方網路進行 DDoS 攻擊，藉由瞬間大規模的流量湧入，造成網路癱瘓，烏克蘭外交部、國防部和許多企業、銀行網站，經常無法使用。 ⁶⁸ (2022 年 2 月 24 日)	二、北約為協助烏克蘭抵抗俄羅斯網軍攻勢，派遣一支網路部隊，由波蘭、荷蘭、立陶宛、愛沙尼亞、克羅埃西亞和羅馬尼亞籍專家赴基輔。 ⁷⁶ (2022 年 3 月 1 日)
三、格魯烏沙蟲(Sandworm)等網軍運用 Cyclops Blink、FoxBlade 惡意程式進行網路與伺服器破壞。 ⁶⁹ 另一款資料破壞軟體 IsaacWiper 鎖定政府機關破壞資料，搭配滲透測試工具 Impacket 進行橫向移動，在部分受害電腦裡駭客也植入木	三、烏克蘭上下一心，持續全國總動員捍衛家園的信心與勇氣，烏克蘭人奮勇抗俄透過網路、傳媒告訴世界「大國武裝侵略並非無堅不摧、小國自我防衛並非不堪一擊；盟國提供的援助，也發揮關鍵作用」。 ⁷⁷ (2022 年 3 月 1 日)

⁶⁴ 新烏克蘭都市傳說「頓內次克肥貓」瘋傳 專偷俄軍野戰廚房，《ETtoday 軍武新聞》，2022 年 3 月 19 日 <<https://www.ettoday.net/news/20220319/2211774.htm#ixzz7O7YCOuy2>>(檢索日期：2023 年 3 月 21 日)。

⁶⁵ “Ukraine’s Volunteer ‘IT Army’ Is Hacking in Uncharted Territory”, Wired, 2022 年 2 月 27 日 <<https://www.wired.com/story/ukraine-it-army-russia-war-cyberattacks-ddos/>>(檢索日期：2023 年 3 月 15 日)。

⁶⁶ Patrick Howell O'Neill, “The propaganda war has eclipsed cyberwar in Ukraine”, MIT Technology Review, 2022 年 3 月 2 日 <<https://www.technologyreview.com/2022/03/02/1046646/the-propaganda-war-has-eclipsed-cyberwar-in-ukraine/>>(檢索日期：2023 年 3 月 15 日)。

⁶⁷ Gareth Corfield, “Ukraine hit by DDoS attacks, Russia deploys malware,” The Register, 2022 年 2 月 23 日 <https://www.theregister.com/2022/02/23/ukraine_ddos_russia_malware/>(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

⁶⁸ 烏俄網路大戰 專家：中國駭客也在臺灣埋了「數位定時炸彈」，《iThome》，2022 年 3 月 2 日 <https://futurecity.cw.com.tw/article/2464?rec=i2i&from_id=475&from_index=5>(檢索日期：2023 年 3 月 15 日)。

⁶⁹ “Microsoft disrupts ‘Russian nation-state’ cyberattacks on Ukraine,” TECHNOLOGY, 2022 年 4 月 8 日 <<https://techmonitor.ai/technology/cybersecurity-russia-gru-fancy-bear-sandworm-ukraine-explainer>> (檢索日期：2023 年 2 月 28 日)。

⁷⁵ 微軟移除攻擊烏克蘭伺服器的 FoxBlade 木馬程式、封鎖俄官媒，《iThome》，2022 年 2 月 24 日 <<https://www.ithome.com.tw/news/149594>> (檢索日期：2023 年 2 月 27 日)。

⁷⁶ “Ukraine hit by DDoS attacks, Russia deploys malware,” The Register, 2022 年 2 月 23 日 <https://www.theregister.com/2022/02/23/ukraine_ddos_russia_malware/>(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

⁷⁷ 【烏俄戰事】烏克蘭全民動員的造神資訊戰，《臺灣事實查核中心》，2022 年 3 月 7 日 <<https://tfc->

馬程式 RemCom。⁷⁰ (2022 年 3 月 13 日) 四、英國國家網路安全中心(National Cyber Security Centre, NCSC)警告，由沙蟲(Sandworm)駭客集團操作名為 Cyclops Blink 新惡意程式變種。主要癱瘓小型辦公室/家庭辦公室 (Small Office/Home Office, SOHO) 路由器和網路附加存儲 (Network Attached Storage, NAS) 設備。⁷¹(2022 年 3 月 13 日) 五、3 月 4 日俄羅斯軍隊攻擊了位於烏克蘭首都基輔的第七十二信息戰和心理戰中心。⁷² 六、3 月 4 日俄羅斯議會通過一項法律，對故意散佈有關軍方的「假」消息判處最高 15 年監禁，加劇了烏克蘭衝突的資訊戰與法律戰。⁷³微軟表示，Fancy Bear(APT28)已破壞了包括的水坑式攻擊攻擊，微軟懷疑攻擊者試圖建立對其入侵目標系統的長期權限，為俄羅斯對烏克蘭的入侵提供戰術情報支援，並獲取機敏資訊。⁷⁴(2022 年 5 月 28 日)	四、流傳在網路上的烏克蘭英雄事蹟故事，像是「基輔幽靈」、「蛇島烈士」、「烏克蘭收割機」、「頓內次克肥貓」、「亞速鋼鐵廠英雄」⁷⁸創造烏克蘭人堅毅抗戰形象，以凝聚團結力量。(2022 年 5 月 20 日) 五、烏克蘭副總理暨數位轉型部長費多羅夫(MykhailoFedorov)於 Telegram 群組招集全世界的駭客成立「烏克蘭 IT 大軍」(IT Army of Ukraine)，運用國際駭客組織不斷攻擊俄羅斯的政府網站、金融機構等、企業網站，企圖從網路空間致勝(如圖 6)。(2022 年 3 月 6 日) 六、全球最大駭客組織「匿名者」透過推特宣布，正式向俄羅斯展開「網路戰」，俄國宣稱已做好啟用內網系統準備，情況危急甚至與全球網際網路斷線。⁷⁹ (2022 年 3 月 2 日) 七、烏克蘭數位轉型部宣布超過 20 萬烏克蘭人使用「eVorog」、「eBopor」回報俄軍和軍事設備位置，幫助烏克蘭守軍重創俄軍。⁸⁰ (2022 年 3 月 30 日)
特點：兵力數量優勢，短期可擴張戰果。 弱點：敵暗我明，不易掌握網路戰敵軍數量與位置，且單一國家較易形成被攻擊重心，不利爾後戰果擴張，俄羅斯政治、經濟、軍事、民心判已受影響。	特點： 一、人民與國際駭客主動投入戰爭，數量大於俄羅斯網軍，企圖開闢「第二戰場」，欲出奇制勝。 二、網路戰致俄國作戰節奏混亂，已跳脫傳統陸、海、空軍思維。 弱點：作戰維度不同，難與主任務相輔相成。

資料來源：本研究整理

參、對我國之啟示

我國與大陸地區的地緣及政治關係，致使不可免於受遭受敵國資訊作戰的攻擊，國人應提高警覺，不斷加強資訊與網路新概念及充實戰力，才能鞏固國防安全；在日益昌盛的網路

taiwan.org.tw/articles/7040?fbclid=IwAR1c7HtJdo0flAfReV9UdaFGoDFS25sLbtSdupc7K6s5Iy55hAYq8vELqL8> (檢索日期：2023 年 3 月 17 日)。

⁷⁰ “IsaacWiper and HermeticWizard: New wiper and worm targeting Ukraine”, Welivesecurity.com, 2022 年 3 月 4 日 <<https://www.welivesecurity.com/2022/03/01/isaacwiper-hermeticwizard-wiper-worm-targeting-ukraine/>> (檢索日期：2023 年 3 月 15 日)。

⁷¹ “New Sandworm malware Cyclops Blink replaces VPNFilter,” NEWS, 2022 年 2 月 23 日 <<https://www.ncsc.gov.uk/news/joint-advisory-shows-new-sandworm-malware-cyclops-blink-replaces-vpnfilter>> (檢索日期：2023 年 2 月 27 日)。

⁷² 陳佳鑫，謝政霖，“澤連斯基才是真行家！俄烏「第二戰場」打響，俄羅斯無奈另闢蹊徑”，中國熱點, 2022 年 3 月 4 日< <https://chinahot.org/international/1059983/>>(檢索日期：2023 年 3 月 8 日)。

⁷³ 俄下議院通過法案 散佈俄軍相關「假新聞」最高可處 15 年徒刑，《公視新聞網》，2022 年 3 月 5 日< <https://news.pts.org.tw/article/570342>> (檢索日期：2023 年 3 月 9 日)。

⁷⁴ “Microsoft disrupts ‘Russian nation-state’ cyberattacks on Ukraine,”TECHNOLOGY,2022 年 4 月 8 日< <https://techmonitor.ai/technology/cybersecurity-russia-gru-fancy-bear-sandworm-ukraine-explainer>>，2022 年 5 月 28 日。

⁷⁸ 亞速鋼鐵廠烏軍任務完成？他揭不提「投降」真相，《中時新聞網》，2022 年 5 月 18 日< <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220518002020-260407?chdtv>>(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

⁷⁹ Euronews and Reuters,“ Ukraine war: Ukrainians announce the launch of an 'IT army' to fight off Russian cyberattacks,” BIZTECH NEWS, 2022 年 2 月 27 日< <https://www.euronews.com/next/2022/02/26/ukraine-war-ukrainians-announce-the-launch-of-an-it-army-to-fight-off-russian-cyberattacks>>(檢索日期：2023 年 3 月 15 日)。

⁸⁰ 烏克蘭聊天機器人立大功，逾 20 萬人即時回報俄軍動向，《自由時報》，2022 年 3 月 30 日< <https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3875101>> (檢索日期：2023 年 3 月 30 日)。

與資訊建設過程，不管是政府或是民間機構，都必須力行強化與防堵的要務，更是不待多言。

一、建立全民三位一體作戰信念

這場戰爭是由軍事大國發起的，一場針對國家主權「不對稱戰爭」，俄軍以精準打擊揭開了序幕，但時至今日已數月，仍無法達成其軍事目的，從克勞塞維茲-《戰爭論》說明戰爭性質具有所謂「三位一體」(Trinity)的特性：⁸¹人民(原始的暴力)、政府(政治工具的臣屬性質)、軍隊(或然率與機會的作用)的重要性，⁸²烏克蘭從總統到人民上下一心，持續全國總動員(三位一體)捍衛家園的信心與勇氣，烏克蘭人奮勇抗俄透過網路、傳媒告訴世界「大國武裝侵略並非無堅不摧、小國自我防衛並非不堪一擊；盟國提供的援助，也發揮關鍵作用」。烏克蘭軍民知道為國家生存發展而戰，為百姓安全福祉而戰；反觀俄羅斯軍人是否知道為何而戰？為誰而戰？值得吾人深思。孫子兵法始計篇提及的五事：「道、天、地、將、法」，其中道者為，令民與上同意，可與之死，可與之生，民不詭也，也就是控制和發揮人民的原始暴力，也證明建立全民三位一體作戰信念重要性，但孫子曰：「兵者，國之大事，死生之地，存亡之道，不可不察也」，說明「慎戰」的重要。

二、承受關鍵資訊基礎建設失能

由俄烏戰爭發現網路戰貫穿全程，作戰初期俄羅斯格魯烏沙蟲(Sandworm)等網軍已對烏克蘭政府和軍方網路進行 DDoS 攻擊，藉由瞬間大規模的流量湧入，造成網路癱瘓，烏克蘭外交部、國防部和許多企業、銀行網站，經常無法使用。

中共網軍已針對臺灣網站進行持續資料收集與監控，另外也針對特定監控對象，建構人際網路關係圖。而我國關鍵基礎設施運作均透過資訊與網路協助，相對也形成可能被攻擊的節點。若關鍵基礎遭受網軍入侵，如機場塔臺、雷達站、臺鐵、高鐵、醫院、發電廠、水壩等，不僅影響軍事、經濟、社會、心理等層面，國家安全將蒙受重大威脅，此乃戰爭前、中、後必然發生事件。

三、運用社群媒體約制正規攻擊

社群媒體 Facebook、Twitter、Telegram、TikTok 等相繼出現之後，我們開始把自己相關的資訊 PO 在網路上，改變了人與人之間互動的方式。烏克蘭運用網際空間及國際社群媒體力量，遂行戰略電子情報戰（含網路情報收集、傳情、策反）、心理戰、混合戰、認知作戰：

(一)全球最大駭客組織「匿名者」透過推特宣布，正式向俄羅斯展開「網路戰」，俄國宣

⁸¹ 作為總體現象，戰爭是一種顯著的三位一體：(1)原始暴力、仇恨和敵意，那都可視為盲目的自然力；(2)機會和機率的作用，而創造精神在其中自由活動；(3)作為一種政策工具，戰爭服從要素使其僅受理性的支配。

⁸² 這三方面的第一方面主要是和人民發生關係，第二方面為指揮官及其部隊，第三方面則為政府……理論若忽視三方面的任何一面，或企圖在其間固定一種武斷的關係，則將與現實衝突。

稱已做好啟用內網系統準備，情況危急甚至與全球網際網路斷線。

(二)流傳在網路上的烏克蘭英雄事蹟故事，像是「基輔幽靈」、「蛇島烈士」、「烏克蘭收割機」、「頓內次克肥貓」，創造烏克蘭人堅毅抗戰形象，以凝聚團結力量。

(三)烏克蘭副總理暨數位轉型部長費多羅夫(Mykhailo Fedorov)於 Telegram 群組招集全世界的黑客組建「烏克蘭 IT 大軍」(IT Army of Ukraine)，運用國際駭客組織不斷攻擊俄羅斯的政府網站、金融機構等、企業網站，企圖從網路空間致勝。

(四)烏克蘭數位轉型部宣布目前超過 20 萬烏克蘭人使用「eVorog」、「eBopor」回報俄兵和軍事設備下落，幫助烏克蘭守軍重創大量俄軍。

四、軍民融合建立太空空間備援

太空戰場是繼陸、海、空「三維」戰場後出現的「第四維」戰場，具居高臨下的戰略制高點優勢，能形成強大的作戰能量，可有效掌控制陸、制海、制空、制天及制電磁權，強化整體指、管、通、資、網、情、監、偵能力。在未來戰爭中，預期太空優勢將成為控制地面、海上與空中戰場的關鍵因素。⁸³

俄羅斯在 2022 年 2 月 24 日入侵烏克蘭導致烏國通信中斷後，因此向 SpaceX 提出低軌道通信衛星需求，獲得 Elon Musk 正面回應，並且全面開通烏克蘭地區低軌道衛星通信網路及提供 Starlink 互聯網終端設備，確保烏國重要節點通信網路正常，我國為多山地形，如通資電裝備受損可循烏克蘭管道獲得後續備援。

五、國家層級資訊作戰指揮體制

近年來很多基礎重大關鍵設施及企業公司遭駭客入侵或攻擊(含病毒攻擊、木馬程式等)事件頻傳，若遭受入侵或攻擊的是國家基礎或重要設施，那將可能會嚴重威脅到國家及人民居家安全，然而這些攻擊手法及惡意程式自然引起每個國家政府的高度關注。

面對中共網軍攻擊，我國可由數位發展部負責國家層級網路防護與安全工作，警政署刑事警察局、法務部調查局透過「民間網路攻擊力量」，負責整合產、官、學、民間專業人士，國安局與國軍相關單位負責攻擊與情報作為。

我方平時就應建立各項資訊系統安全防護網，建置安全通資作業環境，另須研發不易被破解之加密技術，確保資料安全，戰時則應以國家層級資訊戰指揮體制，結合資訊作戰與軍中 C5ISR 指管通情系統反制能量，達成迅速反應、快速回復的能力，以確保國家整體戰力。

⁸³ 羅傑·克里夫(Roger Cliff)，約翰·費(John Fei)，傑夫·哈根(Jeff Hagen)，伊莉沙白·海格(Elizabeth Hague)，艾瑞克·赫金伯翰(Eric Heginbotham)，約翰·史提廉(John Stillion)，21 世紀中共空軍用兵思想(Shaking the Heavens and Splitting the Earth: Chinese Air Force Employment Concepts in the 21st Century)，國防部史政編譯室譯印，2011 年，頁 87。

肆、結論

孫子兵法軍形篇：「善守者，藏於九地之下；善攻者，動於九天之上，故能自保而全勝也」，迄今已持續年餘的「俄烏戰爭」中，烏克蘭透過各國軍事及民間科技援助，結合衛星、資電作戰、無人機運用與反制，以劣勢軍力阻滯俄軍進犯。我可從中汲取經驗及探討共軍科技發展，做為我「不對稱作戰」建軍發展之借鏡。

平時面對共軍灰色地帶威脅，戰時面對奪制空、制海、制電磁權，制網路權，並運用精準定位與打擊已是未來作戰趨勢，聯合作戰體系於屆時必定倍受考驗，在資訊作戰支持下，運用去中心化指管配合分散式作戰(Distributed Operations)⁸⁴、訊跡管理(Signature Management)⁸⁵與敏捷作戰部署(Agile Combat Employment, ACE)⁸⁶必定貫穿全程，以利在戰略間隙間尋求機會之窗，提升作戰韌性。

⁸⁴ Priebe, Miranda, Alan J. Vick, Jacob L. Heim, and Meagan L. Smith, Distributed Operations in a Contested Environment: Implications for USAF Force Presentation. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2019. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2959.html.

⁸⁵ Dan Skinner, "Signature Management in Accelerated Warfare-Close Combat in the 21st Century," The Cove, 2020 年 1 月 29 日 < <https://cove.army.gov.au/article/signature-management-accelerated-warfare-close-combat-21st-century> >, 2023 年 9 月 3 日。

⁸⁶ 舒孝煌，「美國空軍 F-22 輪調，強化印太區域「敏捷戰鬥部署」」，國防安全研究院, 2023 年 4 月 11 日 < <https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=1604&typeid=32> > (檢索日期：2023 年 9 月 3 日)。

第一作者簡介

單位：國防大學空軍指揮參謀學院

級職：上校教官

姓名：潘宜輝

學歷：中正理工學院 85 年班

國防大學中正理工學院電子工程研所 94 年班

國防大學空軍指揮參謀學院正規班 98 年班

國防大學理工學院國防科學研究所 104 年班

經歷：教官、講座、助理教授

研究領域：深度學習、資訊隱藏、生物辨識、

資電作戰、空戰戰史、智慧作戰



第二作者介紹

單位：國防大學空軍指揮參謀學院

級職：中校教官

姓名：王乾恩

學歷：空軍官校飛專 90 年班

國軍電戰班 97 年班

國防大學空軍指揮參謀學院正規班 105 年班

經歷：情報官、電戰官、電參官

研究領域：資電作戰



第三作者介紹

單位：國防大學空軍指揮參謀學院

職務：中校教官

姓名：陳宗恒

學歷：空軍航空技術學院 94 年班

國防大學空軍指揮參謀學院 109 年班

經歷：電戰官、通信官

研究領域：智慧作戰、資電作戰



淺析中共火箭軍發展對我空軍 戰力防護之影響

Analysis of the impact of Chinese guide missiles on the security protection of the Air Force R.O.C

周昱豪(Yu-Hao, Chou)

國防大學空軍指揮參謀學院

摘要

2015 年 12 月 31 日，中共中央軍委將原第二砲兵更名為中國人民解放軍火箭軍，並提升為獨立軍種。近年來，中共東風型彈道飛彈對臺進行了大量部署，初期攻臺威脅主要來自中國解放軍火箭軍。火箭軍可能利用精準彈道飛彈攻擊我國政、經、軍重要目標，以削弱我國指揮及關鍵基礎設施的能力。中共積極推進國防和軍隊改革，按照「軍委管總、戰區主戰、軍種主建」原則，整合軍隊訓練和指揮體系，並根據不同彈道飛彈能力進行戰略部署和任務分配。

自 2016 年建立火箭軍以來，其積極參與各軍種聯合演習，注重一體化聯合作戰，並修訂和改進作戰方式，以實現「隨時能戰、準時發射、有效毀傷」的「實戰化訓練」目標。面對這個主要威脅，我空軍應秉料敵從寬原則，深入探討火箭軍組織結構、指管機制及對臺部署彈道飛彈種類、能力與限制，以便於戰時遭彈道飛彈攻擊時，我空軍能即時應對，並實施戰力防護作為，確保戰力完整，本研究目的在於探討這些問題，以作為空軍建軍備戰之參考依據。

關鍵詞：火箭軍、彈道飛彈、安全防護

Abstract

On December 31, 2015, the Central Military Commission of the Communist Party of China renamed the former Second Artillery Force to the Rocket Force of the Chinese People's Liberation Army and upgraded it to an independent service. In recent years, the Chinese Communist Party has deployed a large number of Dongfeng-type ballistic missiles against Taiwan. The initial threat of attacking Taiwan mainly comes from the Chinese People's Liberation Army Rocket Force. The Rocket Force may use precision ballistic missiles to attack important political, economic and military targets of our government and military to weaken our country's command and critical infrastructure capabilities. The CCP actively promotes the reform of national defense and the army. In accordance with the principle of "the Military Commission manages the overall affairs, theaters are responsible for fighting, and the military services are responsible for construction", it integrates the training and command system of the army, and conducts strategic deployment and task allocation based on different ballistic missiles capabilities.

Since the establishment of the Rocket Force in 2016, it has actively participated in joint exercises of various services, focused on integrated joint operations, and revised and improved combat methods to achieve the goal of "actual combat training" of "being able to fight at any time, launching on time, and effectively damaging". Faced with this major threat, our Air Force adheres to the principle of leniency to the enemy and conducts in-depth discussions on the Rocket Force's organizational structure, command and control mechanism, and the types, capabilities, and limitations of ballistic missiles deployed against Taiwan, so as to facilitate its response when attacked by ballistic missiles in wartime. , our Air Force can respond in a timely manner and implement combat power protection actions to ensure the integrity of combat power. The purpose of this study is to explore these issues as a reference for the Air Force's military build-up and war preparations.

Keywords: rocket force, ballistic missile, security protection

壹、前言

美國眾議院議長裴洛西於 2022 年 8 月訪問臺灣，這是自 1997 年時任議長金里奇之後，美國最高層級政治官員首次正式訪臺。此舉引發中共強烈反應，並發表聲明譴責，表示反對任何外國官員與臺灣進行任何形式的官方往來。¹隨即於 8 月 2 日深夜，新華社公告：「中國解放軍將於北京時間 2022 年 8 月 4 日 12 時至 7 日 12 時，在臺灣本島周邊海、空域，進行重要軍事演訓行動並組織實彈射擊」，²國防部隨後發布三軍進入強化戰備整備作為，各級部隊嚴陣以待，³裴洛西離臺後，共軍於 8 月 4 日由東部戰區於臺海周邊展開各項聯合軍事行動，在臺灣本島周邊劃設多處禁航區，將進行聯合反區域拒止與各式彈道飛彈試射軍事行動，共軍聲稱本次軍演重點為執行聯合封控、制空作戰、對海突擊、對陸打擊等演練，⁴此次演習較 1996 年臺海危機更為靠近本島，最近僅約 5.1 海里，足以展現對臺震懾之決心(如圖 1)。

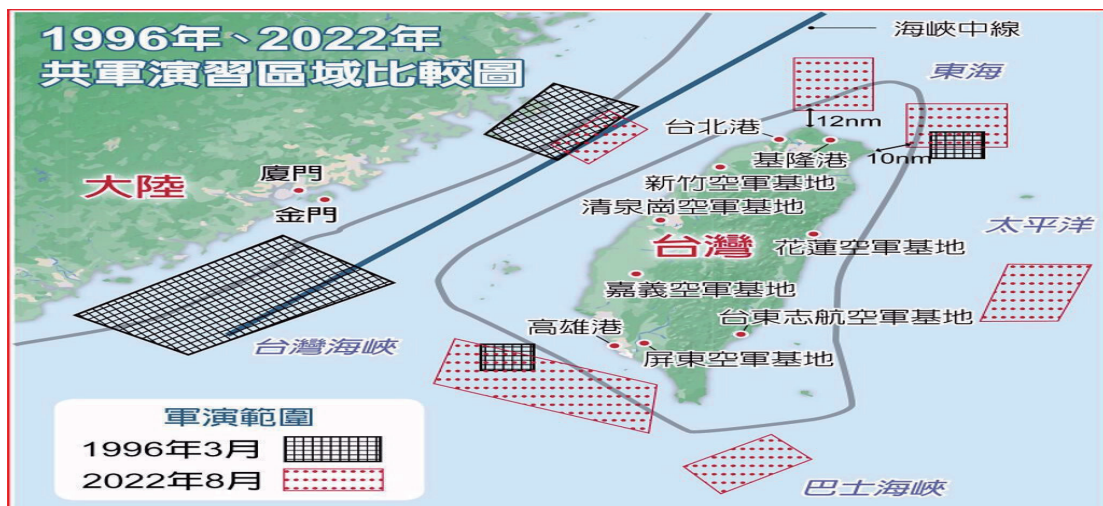


圖 1 演習區域比較圖

資料來源：黃麗蓉，〈共軍包圍臺灣軍演 他爆：接下來幾天要擔心「這件事」〉，中時新聞網，2022 年 8 月 6 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220806000734-260407?chdtv>，檢索日期：2023 年 5 月 2 日。

共軍環臺軍演對於身處海島國家的臺灣，無論是戰略物資石油、天然氣或是民生物資糧食等均有嚴重的影響力，然我空軍為防衛臺海第一線戰力，面對中共火箭軍第一擊彈落跑道是我空軍最主要之威脅，雖持續不斷將第一擊前之戰力防護及後續戰力發展視為重要作戰指

¹ 〈佩洛西訪臺：美國眾議院議長抵達臺北 白宮稱中國預備展示軍力〉，《BBCNEWS》，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/chinese-news-62388263>(檢索日期：2023.5.2)。

² 邱國強，〈共軍 4 日至 7 日在臺灣周邊 6 海域軍演射擊〉，《中央社》，<https://www.cna.com.tw/news/acn/202208020416.aspx>(檢索日期：2022.11.21)。

³ 遊凱翔，〈國軍強化戰備整備〉，《經濟日報》，<https://money.udn.com/money/story/7307/6505091>(檢索日期：2022.11.21)。

⁴ 謝文哲，〈中國軍演「小琉球僅離 9.5 公里」〉，《鏡週刊》，<https://www.mirrormedia.mg/story/20220805edi018/>(檢索日期：2022.11.23)。

導，不斷提升基地跑滑道搶修能力及強化基地防護作為，更在多次重大演習中開放戰備跑道演練，但由此次中共鎖臺軍演中不難發現，未來失衡的軍力不斷擴大，如此規模的演習及威脅將與日俱增，而空軍擔負臺海第一線，經年累月長期與共軍對峙更須知己知彼，故望藉研究中共現代化火箭軍武器裝備，列裝之各型彈道飛彈、效能，戰略意涵及打擊能力，並檢視我空軍現行防護措施及作為，是否可有效達成戰力保存及後續戰力發揚等需求，發現我不足之處，提出具體建議，以作為本軍參考依據。

貳、中共火箭軍發展

中共為積極推進軍隊改革和現代化建設，加強戰略威懾能力和軍事力量的整合，於 1966 年 7 月 1 日正式成立中國戰略戰術彈道飛彈部隊。據稱為了保持隱密，以免遭受國際輿論關切，此特殊部隊未採用「戰略導彈部隊」稱號，是由當時總理周恩來命名為「第二砲兵」⁵。第二砲兵部隊是一支由中央軍委直接指揮的戰略性獨立兵種，主要裝備是地對地戰略戰術彈道飛彈、負責核反擊戰略作戰任務。1985 年，中共中央總書記胡耀邦提出了建設現代化國防的口號，開始實施軍事現代化建設的戰略。1997 年，江澤民提出了“軍隊建設為中心”的新軍事戰略，加強軍隊組織體系和武器裝備現代化建設，⁶而後在 2015 年 12 月 31 日由國家主席習近平戰略指導下，將戰略戰術彈道飛彈的「二砲部隊」更銜為「火箭軍」，而火箭軍的成軍戰略概念是結合中共的近、遠程戰略轟炸機、彈道飛彈、潛艦及海上艦隊等部隊來威懾第一、二島鏈之對手，甚至打破美國對中共的太平洋戰略封鎖，⁷以下就火箭軍的組織、彈道飛彈戰略意涵及犯臺行動模式分析，執行相關探討(發展歷程如表 1)。

表 1 中共火箭軍發展歷程表

時期	發表人	重大戰略方針
1966	國務院總理 周恩來	正式成立中國第二砲兵部隊
1985	中央委員會 總書記 胡耀邦	提出建設現代化國防的口號，開始實施軍事現代化建設的戰略
1997	國家主席 江澤民	提出“軍隊建設為中心”的新軍事戰略，加強軍隊組織體系和武器裝備現代化建設
2015	國家主席 習近平	將戰略戰術彈道飛彈的「二砲部隊」更銜為「火箭軍」

資料來源：本研究整理。

⁵ 謝游麟，〈2015 年中共軍事改革後火箭軍發展之研析〉，《陸軍學術雙月刊》，第 57 卷第 575 期，2021 年 2 月，頁 78-80。

⁶ 田耕，〈新聞焦點：新成立解放軍火箭軍背景有多厚〉，《BBCNEWS》，https://www.bbc.com/zhongwen/trad/china/2016/01/160101_china_missile_force (檢索日期：2023.5.2)。

⁷ 馮國豪，〈臺海依舊戰雲密布〉，《中華日報》，<https://tw.news.yahoo.com/全球探索-2023年-臺海依舊戰雲密布-161334749.html> (檢索日期：2023.1.2)。

一、中共火箭軍組織

2022 年 10 月 24 日於美國空軍大學(US Air University)轄下的中國航空航天研究所公布《解放軍火箭軍組織》報告，披露中共火箭軍的基地座標，也包括部署，報告顯示中共火箭軍目前轄下共有 9 處基地，其中 6 處負責各類彈道飛彈作戰。分析研判自 2017 年以來，中共火箭軍看似增加了至少 10 個彈道飛彈發射旅，而火箭軍累計至今共有 40 個彈道飛彈旅，比 2017 年多出 35%，且仍在組建及部署新的彈道飛彈旅(如表 2)，在這些彈道飛彈旅中，約有一半具備核能力。⁸

表 2 火箭軍彈道飛彈旅番號駐地表

基地番號	單位	位置	武器類型	核武	備註
司令部		北京			
61 基地	司令部	安徽黃山			
	611 旅	安徽青陽	東風 21A	是	前東風 3A 旅
	612 旅	江西樂平	東風 21(A)	是	待蒐
	613 旅	江西上饒	東風 15B	否	傳統短程彈道飛彈部隊
	614 旅	福建永安	東風 11A	否	第 1 個東風 11A 旅
	615 旅	廣東梅州	東風 11A 或 東風 17	待蒐	第 2 個東風 11A 旅
	616 旅	江西贛州	東風 15	否	第 2 個東風 15 旅
	617 旅	浙江金華	東風 16	否	第 2 個東風 16 旅
	618 旅	待蒐	待蒐	待蒐	演習臨時編成旅
62 基地	司令部	雲南昆明			
	621 旅	四川宜賓	東風 21A	是	
	622 旅	雲南玉溪	東風 31A	是	前東風 21A 旅
	623 旅	廣西柳州	東風 10A	否	第 1 個東風 10A 旅
	624 旅	海南儋州	東風 21C/D	是	基地建造中
	625 旅	雲南建水	東風 26	是	可能第 3 個東風 26 旅
	626 旅	廣東清遠	東風-26	是	可能第 2 個東風 26 旅
	627 旅	廣東普寧	東風-17	待蒐	新旅基地區
63 基地	司令部	湖南懷化			
	631 旅	湖北荊州	東風 5B	是	
	632 旅	湖南邵陽	東風 31AG	是	從東風 31 升級
	633 旅	廣東會同	東風 5A	是	
	634 旅	湖南通道	東風 41	待蒐	新旅基地區
	635 旅	江西宜春	東風 10	否	第 2 個東風 10 旅

⁸ 美國空軍大學航空航天研究所，〈2022 年中國火箭軍分析報告〉，China Aerospace Studies Institute，2022 年 10 月 24 日，<https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/CASI/documents/Research/PLARF/2022-10-24%20PLARF%20Organization.pdf>，檢索日期：(檢索日期：2023.1.2)。

	636 旅	廣東韶關	東風 16	否	第 1 個東風 16 旅
64 基地	司令部	甘肅蘭州			
	641 旅	陝西韓城	東風 31A	是	第 2 個東風 31 旅
	642 旅	青海大通	東風 31 或東風 31AG	是	2019 年發現東風 31AG
	643 旅	甘肅天水	東風 31AG	是	第 1 個東風 31AG 旅
	644 旅	陝西漢中	東風 41	是	東風 41 基地
	645 旅	寧夏銀川	待蒐	待蒐	新旅基地區
	646 旅	新疆庫爾勒	東風 21C 或東風 26	是	2019 年與 2020 年發現東風 26
	647 旅	青海西寧	待蒐	待蒐	新旅基地區
65 基地	司令部	遼寧瀋陽			
	651 旅	遼寧登沙河	東風 21A	是	2019 年發現東風-26
	652 旅	吉林通化	東風 21C	是	東風-31A 在該區訓練
	653 旅	山東萊蕪	東風 21C/D	是	最近發現東風-21D
	654 旅	遼寧登沙河	東風 26	是	基地建造中
	655 旅	吉林通化	待蒐	待蒐	新旅基地區
	656 旅	山東萊蕪泰安	東風 31AG	待蒐	新旅基地區
66 基地	司令部	河南洛陽			
	661 旅	河南盧氏	東風 5B	是	
	662 旅	河南欒川	東風 5A/B	是	可能升級為東風-41
	663 旅	河南南陽	東風 31A	是	第 1 個東風-31A 旅
	664 旅	河南宜陽	東風 31AG	是	升級為東風-31AG
	665 旅	河南新鄉	待蒐	待蒐	新旅基地區
	666 旅	河南信陽	東風-26	是	第 1 個東風-26 旅

資料來源：〈2022 年中國火箭軍分析報告〉，China Aerospace Studies Institute，2022 年 10 月 24 日，<https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/CASI/documents/Research/PLARF/2022-10-24%20PLARF%20Organization.pdf>

二、中共火箭軍打擊能力

火箭軍具有穿越地形限制之面對面、面對艦等多元式打擊種類，依其不同射擊距離區分射程 1,000 公里以內為短程彈道飛彈(SRBM)；射程 1,000 公里至 3,000 公里為中程彈道飛彈(MRBM)；射程 3,000 公里至 5,500 公里為長程彈道飛彈(IRBM)；射程在 5,500 公里以上為洲際彈道飛彈(ICBM)等四類的飛彈，⁹均具有全天候作戰能力，並可依不同作戰目標之需求，選用一般常規或核子彈頭，¹⁰後續依各型彈道飛彈做介紹。

⁹ 陳振國，〈淺析中共 [火箭軍] 發展與運用〉，《海軍學術雙月刊》，第 55 第 1 期，2021 年 2 月，頁 85-100。

¹⁰ 趙雲山，《中國導彈及其戰略-解放軍的核心武器》（香港：明鏡出版社，1997 年），頁 153。

(一)彈道軌跡及導引：目前中共火箭軍的作戰能力朝對臺作戰、區域拒止及核威懾等三個面向發展，其現有之彈道飛彈，命中精度已因北斗衛星系統的精確導引而大幅提升，其飛行軌跡概可區分傳統軌跡(拋物線型)及乘波體軌跡(跳躍型)兩種，彈道飛彈導引系統是由慣性陀螺儀制導系統、GPS 與雷達區域相關重返段導引系統組成¹¹，主要用於助升段導引與配合完成重返段的導引，在彈頭下降的重返段經過多次相關位置的修正(圖 2)，如東風 15C 其命中精度 CEP(圓周誤差)已達 10 公尺左右。¹²

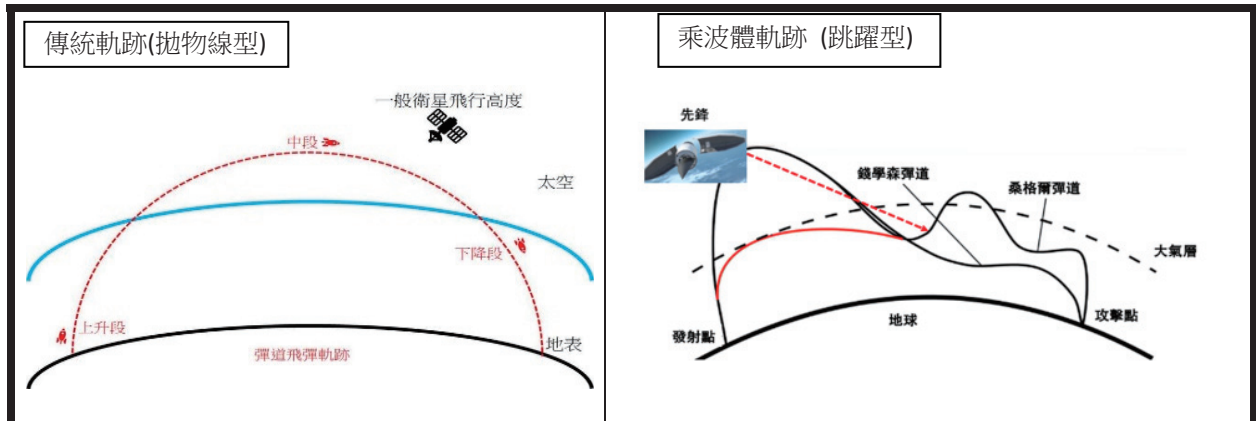


圖 2 彈道飛彈軌跡示意圖

資料來源：

1. 王志强，〈高超音速飛彈現況(上)〉，報科學，2022 年 6 月 28 日，<https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=40163>，檢索日期：2023 年 5 月 2 日。
2. 許智超，〈為何不用愛國者「攔截共軍飛彈」？專家 3 圖解答：浪費稅金〉，三立新聞網，2022 年 8 月 5 日，<https://www.setn.com/news.aspx?newsid=1157300>，檢索日期：2023 年 5 月 2 日。

(二)彈道飛彈總類：中共現役彈道飛彈(圓周誤差 100M 以下)計有東風 15 型、16 型、17 型、21 型、25 型、26 型、31 型、41 型等型號¹³，若不考量除役舊款之彈道飛彈，配合東風研改型共有 14 種型式¹⁴(如表 3)。

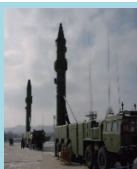
¹¹ 呂兆祥，〈中共對臺軍事武力發展對我防衛作戰之影響〉，《國防雜誌》，第 30 卷第 4 期，2015 年 7 月，頁 67-95。

¹² 致勝乘風，〈中國東風 15C 鑽地彈威力有多大〉，《每日頭條》，<https://kknews.cc/zh-tw/military/66m9env.html> (檢索日期：2023.2.2)。

¹³ 謝游麟，〈2015 年中共軍事改革後火箭軍發展之研析〉，《陸軍學術雙月刊》，第 57 卷第 575 期，2021 年 2 月，頁 67-90。

¹⁴ 陳振國，〈中共火箭軍戰術彈道導彈對我軍事之威脅與因應對策〉，《海軍學術雙月刊》，第 51 卷第 6 期，2017 年 12 月，頁 89-91。

表 3 火箭軍彈道飛彈裝備諸元表

代號	東風 15A	東風 15B	東風 15C	東風 16	東風 17	東風 21A	東風 21C
圖片							
彈頭總類	常規核彈	常規/集束核彈	鑽地彈	常規/集束核彈	常規核彈	常規核彈	常規核彈
飛行軌跡	拋物線	拋物線	拋物線	拋物線	跳躍型	拋物線	拋物線
最大射程(公里)	900	800	700	1,000	2,500	2,700	3,100
圓周誤差(公尺)	50	15	10	20	10	50	100
代號	東風 21D	東風 25	東風 26	東風 31	東風 31A	東風 31AG	東風 41
圖片							
彈頭總類	常規/反艦核彈	常規/多彈頭核彈頭	常規/反艦核彈	核彈 3 枚多彈頭	核彈 3 枚多彈頭	核彈 5 枚多彈頭	核彈 10 枚多彈頭
飛行軌跡	拋物線	拋物線	拋物線	拋物線	拋物線	拋物線	拋物線
最大射程(公里)	3,000	3,200	4,500-4,000	10,000	11,500	13,000	15,000
圓周誤差(公尺)	100	待蒐	100	100	100	100	100

資料來源：本研究整理。

(三)發射方式及載臺：區分陸基「井架發射」、「發射車」及「鐵路彈道飛彈發射」三類，其中「井架發射」需填充液態燃料，機動困難，以大型彈道飛彈為主，優點為具堅固之地下化建築及抗核子攻擊設計，遭敵攻擊後可執行反擊能力；「發射車」因體積小具強大機動能力，適用於不需填充之固態燃料彈道飛彈，可由發射車機動進入戰術陣地後短時間完成發射準備，發射之指管命令將以通信衛星為主；¹⁵「鐵路彈道飛彈發射」設計於不易於車載運送之洲際飛彈，如東風 41 型彈道飛彈，使用一般輪型載臺必須考量重量對橋梁和路面承重問題，須配合發展大規模的隧道和鐵路系統，利用火車發射和運

¹⁵ 麥田，〈中國火箭軍新戰術〉，《每日頭條》，<https://kknews.cc/zh-tw/military/mj588g.html> (檢索日期：2023.2.2)。

輸，並可視需要隱蔽於山洞之中。

三、火箭軍戰略意涵

反介入-區域拒止(Anti-Access/Area Denial，簡稱 A2/AD)是軍事戰略術語，旨在阻止外國軍隊進入並干涉國家利益，且運用彈道飛彈等現代武器系統，來防禦和打擊進攻方的海、空軍和地面部隊。依解放軍「核常兼備、全域懾戰」原則，火箭軍正持續完備核子及傳統常規精準打擊能力，接續分析火箭軍戰略意涵。¹⁶

(一)對臺起威懾作用：中共現主要短中程彈道飛彈逐漸汰換為新型東風彈道飛彈系列及各式空射、潛射彈道飛彈(圖 3)，總數約超過 2,500 枚以上，已具備對我關鍵基礎設施進行大規模精準打擊能力，現階段國軍反制能力，以天弓三型及愛國者三型飛彈為主要手段，於應急作戰階段時，可機動部署至機動陣地，惟因其系統設計屬於終端低空防禦，在面對彈道飛彈攻擊時反應時間較為短促，又因本島地狹人稠，重點設施眾多，相對顯得防空飛彈數量不足，無法有效反制威脅，且反飛彈作戰能力的鉅額投資，非我有限國防財力所能支撐，現臺灣反飛彈系統僅防護少數關鍵設施，對多數固定式基地、監偵、通信、後勤等設施缺乏有效防護能力，這是我防衛作戰的劣勢，也是必須正視的問題。¹⁷

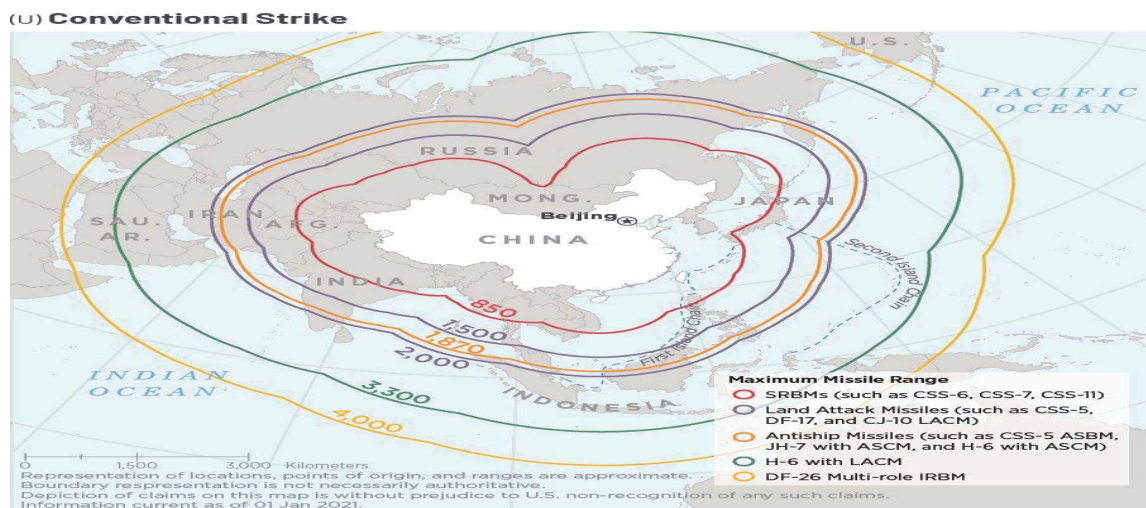


圖 3 火箭軍東風彈道飛彈射程示意圖

資料來源：王祥，〈美商業衛星發現疑似中共新導彈駐紮地〉，大紀元，2021 年 11 月 9 日，<https://www.epochtimes.com/b5/21/11/8/n13363238.htm>，檢索日期：2023 年 4 月 31 日。

(二)對友盟形成嚇阻：根據 2021 年美國國會報告指出，中共正在高速發展高超音速武器，

¹⁶ 葉德豪，〈臺海軍演「反介入/區域拒止」對壘〉，《香港 01》，

<https://www.hk01.com/%E5%9C%8B%E9%A%B%E5%88%86%E6%9E%90/802221> (檢索日期：2023.1.31)。

¹⁷ 李喜明，〈臺灣的勝算〉(臺北：聯經出版社，2022 年)，頁 71。

並大量投入試驗設施和工程技術，在北斗衛星定位支援下，中共已開始部署東風具反艦能力之彈道飛彈，未來將被視為對美軍航艦最大的威脅。中共還在發展一系列東風彈道飛彈，主要目的可能是為了在心理上對美方施壓。2019 年，中國首次公開展示了以東風 17 為載體的高超音速滑翔彈道飛彈¹⁸，這種彈道飛彈的速度數倍於傳統彈道飛彈，飛行高度超過 30 公里，射程大於 1,000 公里，超越了航母編隊防禦半徑和大多數飛彈攔截的高度。因此，這種彈道飛彈可用於打擊高價值、急迫性的敏感目標，可能成為未來改變戰場態勢的關鍵武器。¹⁹

參、中共火箭軍威脅分析

近年來中國火箭軍不斷開發各種類型的彈道飛彈，並配合新式裝備，其軍事實力突飛猛進發展迅速。火箭軍的投入作戰序列能夠幫助共軍提升作戰打擊範圍和遠距精準打擊能力。自 2000 年起，共軍意識到聯合作戰會隨著資訊化而改變，指揮系統從“聯合作戰”演變為“一體化聯合作戰”。2010 年，完成指管系統與海、空軍形成共同聯繫網路，²⁰並按照國家主席習近平“核常兼備、全域懾戰”的要求，通過“天劍”系列演習，配合海軍及各戰區演訓時機，採用“異地同步、多彈實測”模式，檢驗“精確打擊”與“全域攻擊”能力²¹。自成軍以來，中共火箭軍除了每年實彈發射、年度例行性各類演習外，還加強新式裝備更換和人員訓練任務。在各種極端天氣和地形環境條件下，結合複雜的電磁環境中進行演習。其實彈射擊不僅僅是展示實力，更需要針對彈道飛彈齊射狀況下如何保持精準度進行實戰訓練，²²以下分析其戰訓模式，探討中共火箭軍在攻臺行動中可能採用的模式。

一、戰演訓練

(一)火箭軍與空軍攻防演習：自 2016 年 7 月開始，火箭軍為了增強實戰能力，與空軍合作，將試驗場模式轉換為戰場模式，實施彈道飛彈突擊攻防模擬，共計進行了 20 多場演習，發射近百枚各型彈道飛彈，演習中彈道飛彈旅全時待命，防空旅嚴陣以待，並由人工發射逐漸轉向自動控制發射，時間精度由秒轉向毫秒，可實現同時發射，精準突破和毀傷

¹⁸ 陳偉華，〈由中美南海戰略競爭反思攻守平衡理論〉，《遠景基金會季刊》，第 23 卷第 2 期，2022 年，頁 3-55。

¹⁹ 李喜明，《臺灣的勝算》（臺北：聯經出版社，2022 年），頁 225。

²⁰ 平可夫，《中央軍委最高地下指揮所的機密》，（加拿大：漢和信息中心，2011 年），頁 40。

²¹ 舒孝煌，〈由中共軍演檢視其飛彈打擊能力〉，《國防安全研究院》，<https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=427&typeid=25>（檢索日期：2023.2.8）。

²² 張國威，〈火箭軍啟動天劍演習〉，《中時電子報》，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20190816000062-260301?chdtv>（檢索日期：2023.2.7）。

目標，兩軍種攻防可共享數據。²³

(二)火箭軍與海軍聯合演訓：2014 年中共海軍與火箭軍部隊，曾聯合舉辦「聯合行動 2014」實兵演習。透過空、海軍聯合行動下，以洲際彈道飛彈(東風-41 型)為反介入武器，東風-21D 型彈道飛彈因具反艦能力，列為區域拒止武器，2016 年 4 月南海再實施軍演，解放軍海軍艦隊剛抵達指定海域，隨即通報「千里之外」的火箭軍基地後，數 10 枚新型彈道飛彈隨即進入發射狀態，²⁴2021 年 2 月解放軍南部戰區以海軍為主，編組 175 艦隊、聯合陸、空、火箭軍與戰略支援部隊等多軍兵種，在西沙群島建島海域實施大規模聯合兩棲登陸作戰演習，以增強快速反應，達到隨時能戰，準時能射之能力。²⁵

(三)火箭軍配合陸軍裝甲作戰：2018 年 8 月，解放軍西部戰區最強陸軍資訊化裝備的「拂曉雄關」旅與空軍、火箭軍在新疆地區進行聯合演訓。首次實現陸空協同攻擊，裝甲兵與火箭軍聯合行動。在模擬聯合作戰中，空軍與火箭軍扮演了戰役主力角色，而陸軍則是附屬力量。初始利用優勢的空中火力，打擊敵軍關鍵要害，摧毀敵軍的指揮、通信、後勤等重要設施，使其喪失抵抗能力。隨後，陸軍展開陸戰，消滅敵軍有生力量。²⁶

(四)天劍演習：天劍演習是火箭軍每年例行的重要演習。在 2018 年的演習中根據戰場需要隨機抽選多個發射單元，實施精準打擊或集群突擊，並配合快速連續轉換部署，逐步提高演訓強度，以鍛鍊整旅火力突擊、聯合火力打擊和全型號連續發射等作戰能力。此次演習的重點在於多元聯合演練，包括陸、海、空各軍種的合作，並採用多種形式，如特種作戰對抗以及彈道飛彈對抗等，以達最佳演練效果。²⁷

二、攻臺模式

依據前參謀總長李上將指出：「中國對美國而言是核小國，因為當美國擁有 5000 多枚核彈，而中國僅有 300 多枚，因此中國僅擁有被動的嚇阻能力。即使中國在戰事不利時使用核武器，也會無法扭轉戰局，因為如果中國對美國使用核武器，代表中國也將遭受全面毀滅。」如果中國使用核武器攻打臺灣，那麼對中國來說這是一場內戰，歷史上從未有人使用核武器

²³ 蔡瑞金，〈火箭軍演訓提升〉，《新華社》，http://www.mod.gov.cn/big5/power/2018-05/31/content_4815742.htm (檢索日期：2023.2.8)。

²⁴ 林濬為，〈中共火箭軍之研究〉(國防大學政治作戰學院政治學系政治研究所，碩士論文，2017 年)，頁 156。

²⁵ 林穎佑，〈遼寧艦加陸機繞臺，對臺灣島嶼封鎖〉，《巴士的報》，<https://www.bastillepost.com/hongkong/article/8316333> (檢索日期：2023.2.9)。

²⁶ 觀察者，〈「空地一體」還不夠我陸軍練習與火箭軍聯合作戰〉，《新浪軍事》，<http://mil.news.sina.com.cn/china/2018-08-07/doc-ihhkuskt1566650.shtml> (檢索日期：2023.2.9)。

²⁷ 鄭子健，〈解放軍火箭軍天劍系列演習主打多軍種對抗演練〉，《香港 01》，<https://www.hk01.com/%E5%8D%B3%E6%99%82%E4%B8%AD%E5%9C%8B/194016> (檢索日期：2023.2.9)。

打內戰或攻擊自己的同胞。此外，攻打臺灣後，中國還需要治理臺灣。因此，使用核武器只會增加仇恨，不符合中國的政治目標。中國使用核武器的目的是為了嚇阻美國干預，²⁸但現有的東風反艦型彈道飛彈聲稱具備反介入區域拒止能力，因此排除了核武器攻擊的可能性。根據「中共攻臺大解密」的內容，攻擊開始前就會降下大量彈道飛彈，用於攻擊防空設施、我空軍跑道、掩體(機庫堡)、指揮中心等目標，直到造成足夠的破壞為止。然後再配合其他軍種執行攻擊，²⁹從最近的天劍演習來看，火箭軍通常使用齊射方式，並運用衛星導航技術。預計火箭軍可能會使用不同的發射車或不同的發射基地，同時進行多波次攻擊(每波次的發射時間有些許間隔)，以精確打擊我方重要防禦目標。其整體攻擊模式如下：

(一)首波打擊發起：火箭軍為消耗我防空飛彈，預判使用庫存數量較多且較舊之東風 11 飛彈，並搭配少量的東風 15 和東風 16 飛彈，對我方空軍基地跑道、掩體(機庫堡)、戰備跑道、指揮中心(地下掩體)、飛彈部隊和彈藥庫等重要目標進行首波次打擊。

(二)多波次打擊：首波打擊後，火箭軍部隊進行彈藥裝填期間，利用衛星或無人機偵察我方重要目標的戰果³⁰，如果發現這些目標正在進行修護或跑道搶修等作業，則將在彈藥裝填完成後再次發起多波次打擊，直到中共認為已達到戰略目的為止。

(三)後續打擊：主要打擊結束後，火箭軍預計會暫時中止攻擊，並採取機動陣地轉移措施，同時運用衛星偵察和空中無人機評估攻擊效果，隨後將根據特定任務對目標實施後續打擊，例如對起飛戰機的機場、軍艦出港的港口或區域拒止等目標。這樣可以確保火箭軍持續掌握制空、制海權，並對後續作戰有利。

三、中共火箭軍對我空軍威脅分析

火箭軍彈道飛彈對我空軍打擊之重要目標，主要以我空軍跑道、掩體(機庫堡)、地下化設施(指管中心)、飛彈部隊、固定雷達站及油彈庫等重要目標，接續說明機場跑道、掩體及地下化設施遭受彈道飛彈攻擊的威脅分析。

(一)機場跑道設施：由於地理位置的限制，我機場被中央山脈區分為東西兩部。其中，東部的軍用機場包括花蓮、佳山和石子山基地，而西部軍用機場則有松山、新竹、清泉崗、嘉義、臺南、岡山及屏東等基地。以清泉崗機場為例，其特點是腹地廣闊，同時具備大型停機坪及多處機庫。如使用東風 15 或 16 集束子母彈(散布撒積長度 580 英尺，寬度

²⁸ 陳筠，〈中國會先亮“核牌”拒止美國〉，《美國之音》，<https://www.voacantonese.com/a/china-s-playing-nuclear-card-in-the-taiwan-strait-war-may-lead-to-self-destruction-20220412/6527464.html> (檢索日期：2023.2.9)。

²⁹ 易思安，《中共攻臺大解密》(臺北：遠流出版公司，2017 年)，頁 127。

³⁰ 于成森、蕭新武，〈中共反介入戰略對我防衛作戰影響之研究〉，《國防雜誌》，第 29 期，2014 年 5 月，頁 45-64。

390 英尺)攻擊機場的主跑道和滑行道長約 12,000 英尺的跑道，根據火箭軍彈道飛彈的誤差率 CEP，命中 6 枚集束子母彈，即可暫時使機場起降癱瘓。

(二)掩體及地下設施：我國空軍所採用的掩體或地下化設施，主要設計用於機庫堡及指揮中心使用。設計初衷在於當解放軍對我重要目標實施轟炸時，能夠避免炸彈碎片或爆炸震波損及我軍戰機及指揮中心的作業人員。³¹然而，隨著科技的推陳出新，這種設計觀念已經過時。現今，火箭軍所使用的東風 15 型彈道飛彈，可搭載「鑽地彈頭」，主要用於打擊掩體、鋼筋混凝土加固的永久工事、地下化設施和地下指揮中心。因此，我軍的機庫堡或地下化設施已經不再是安全的防禦措施。³²

肆、我空軍因應作為

我空軍主要任務是維護臺灣周邊海空域安全，並在戰時全力爭取制空權，與陸、海等友軍聯合作戰，以確保國土安全。根據 2022 年 8 月國防部發布的中共軍力報告書指出，到 2027 年，火箭軍將擁有對臺灣及第一島鏈範圍內目標實施遠距離精確打擊的能力。³³此外，中共解放軍在 8 月的軍演中，已模糊了海峽中線的存在，演訓區域也擴展至西太平洋，實質上對我國國防安全構成了威脅。³⁴為了有效發揮我空軍戰時的作戰效能，本研究發現我軍現行的「戰備整備、戰力保存及戰力恢復」能力有所不足。³⁵針對戰力防護不足及薄弱的問題，提出以下具體建議：以「量多、小型、機動、靈活、彈性、分散、精準、致命、高存活及強韌性」為方向，加強戰力防護能力，並進一步強化空軍的應變能力，以因應日益複雜多變的作戰環境。

一、提升空軍再反擊能力

(一)增加戰備跑道設置：目前我空軍的戰備跑道包括彰化、民雄、麻豆、仁德和佳冬等五處，但從「量多、靈活、分散」角度來看，緊急起降跑道數量仍然不足。³⁶由於主力戰機兩架編隊起飛需要的最短跑道寬度約為 40 公尺，而單機起飛所需跑道寬度則為 20 公尺。據交通部高速公路局規範，高速公路北上或南下平面路段的每車道寬度為 3.75 公尺，外路肩寬度為 3 公尺，左側路肩寬度為 1 公尺，總共為 15.25 公尺。因此，建議對單一北上或南下路段的寬度進行精確計算，以確定是否足以應付主力戰機的單機起

³¹ 謝游麟、葛惠敏，〈論戰爭型態之發展與因應〉，《國防雜誌》，第 30 期，2015 年 1 月，頁 79-99。

³² 刀哥故事，〈鑽地彈到底有多可怕〉，《每日頭條》，<https://kknews.cc/military/oyq828m.html> (檢索日期：2023.2.12)。

³³ 褚漢生，〈面對中共武統威脅我軍事戰略調整之戰略作為〉，《海軍學術雙月刊》，第 52 期，2018 年 2 月，頁 6-20。

³⁴ 張松筠，〈國防部 111 年中共軍力報告書出爐，詳列中國犯臺 8 種可能〉，《放新聞》，<https://www.fountmedia.io/article/162342> (檢索日期：2023.2.23)。

³⁵ 謝游麟，〈中共 [癱瘓戰] 思維與戰力發展研析〉，《國防雜誌》，第 24 期 2 卷，2009 年 4 月，頁 80-95。

³⁶ 陳振國，〈淺析中共 [火箭軍] 發展與運用〉，《海軍學術雙月刊》，第 55 期，2021 年 2 月，頁 85-100。

飛需求。同時，由衛照地圖發現，我國尚有高速公路具備長達 6,000 英尺(1,830 公尺)的直線路段，可避開高架道路、ETC 偵測器、橋墩和高壓電線，透過拓寬部分車道、拆除或重新放置路燈及告示牌，或新建花東縱谷戰備道等方式，增加單一北上或南下路段緊急戰備道的數量，從而提高戰時主力戰機的再出擊率。

(二)運用滑跳板輔助系統：在 1990 年代，美軍曾研究過使用仰角 9 度的滑跳板裝置來輔助 F-16 型戰機起飛，驗證出可以縮短起跑距離逾一半，³⁷然而，我機場跑滑道在戰時必定是火箭軍攻擊的重要目標。如果我軍自主研發並建立機動滑跳系統和機動攔截裝置，就可以有效地縮短現行戰機起降所需的最小距離(也就是縮短修復跑道所需的長度)。即使跑道受到敵彈道飛彈攻擊，也能減少跑滑道修復和救援所需的時間，讓戰機更有機會快速恢復起飛能力，投入作戰。

(三)強化搶修及快速恢復能力：根據國防部新聞稿，我國空軍已明確訂定跑道修復規範，並指出修復一個彈坑需要 2.5 小時，³⁸建議可根據這個標準推算遭受集束炸彈攻擊的各個機場所需的修復人力、玻璃纖維搶修包、修復機具和時間。此外，還需同時調派另一組人員和機具到現有戰備跑道進行修護、油彈補給、前進空中管制車和安裝機動攔機裝置等事項。如果評估人力、材料或機具不足，應擴編或列入優先購買項目，以提高搶修效率和韌性，減少最小起降帶修復所需總耗時，進一步縮短敵封鎖我機場跑道的時間。

二、籌購防空飛彈系統

依據國防部新聞稿所述，我國防空飛彈密度高居世界第二，顯示我國擁有強大的空防戰力，³⁹建議空軍可以估算在戰時面對火箭軍彈道飛彈的第一、二波次攻擊後，若飛彈數量不足，則應至少保護重要防護目標。此外，建議繼續爭取經費，以購買足量的防空飛彈系統和飛彈數量，並以「量多、小型、機動、靈活、彈性、分散、精準和致命」等方式來確保政府、經濟、軍事中心、機場跑道和其他重要防護目標的空防安全。⁴⁰同時，應建構重層攔截火網，以便中央指揮、空中、防空和情報戰力得以發揮。

³⁷ 談哥有話說，〈戰時滑跳起飛戰術可行嗎〉，《每日頭條》，<https://kknews.cc/military/8lml08n.html> (檢索日期：2023.2.24)。

³⁸ 周昇煒，〈空軍參酌美軍演習經驗務實提升跑道搶修能力〉，《中華民國國防部新聞稿》，<https://www.mnd.gov.tw/Publish.aspx?p=65009&title=%E5%9C%8B%E9%98%B2%E6%B6%88%E6%81%AF&selectStyle=%E6%96%B0%E8%81%9E%E7%A8%BF> (檢索日期：2023.2.16)。

³⁹ 吳姝璇，〈中共無人飛行載具發展對我防衛作戰威脅之研究〉，《陸軍學術雙月刊》，第 55 期 568 卷 2019 年 6 月，頁 81-99。

⁴⁰ 李喜明，《臺灣的勝算》（臺北：聯經出版社，2022 年），頁 197(檢索日期：2023.2.23)。

三、增建抗炸機庫堡

過去空軍對興建新型抗炸機庫的態度較為消極，除了國防預算長期不足之外，另一原因是因為空軍的作戰計畫是在中共犯臺徵候急遽升高時，立即將西部各空軍基地的戰機轉移到東部地下洞庫式機堡保存，⁴¹這樣的戰略規劃是合理的，因為一座機庫的建造成本非常高昂。然而，以美軍在敘利亞的軍事行動為例，以 59 枚戰斧巡弋飛彈對其空軍基地機庫堡執行轟炸，僅造成約 20 架戰機的損毀，其中 6 架是穿透機堡炸毀，粗估使用 59 枚戰斧巡弋飛彈僅造成基地 25% 飛行器的損失，⁴²這顯示抗炸機庫仍然具有一定的防護效益。因此，若國防經費允許，建議在空軍西部基地興建高強度的抗炸機庫，達到分散和高存活性等目的。

四、強化機動指管能力

當我們的空軍固定式偵蒐雷達網路和地下指揮所遭到火箭軍彈道飛彈攻擊時，偵蒐和指揮功能可能無法繼續運作。此時，我們需要具有「量多、機動、靈活、彈性、分散和高存活性」等特性的聯網化機動雷達和空中預警機來接管指揮，並運用多重備援的概念，即時監測和分析臺海周邊的動態情況，搭配空中指揮，提高戰場指揮效率，確保國家和民眾的安全。

伍、結語

孫子《九地篇》中提到：「用兵之法，有散地，有輕地，有爭地，有交地，有衢地，有重地，有泛地，有圍地，有死地」，且「善守者，藏於九地之下」，而現今我空軍指揮中心已完成地下化，並隨著本軍近期構建之訊跡管理概念，藉以提升戰場經營管理效能、建立各部隊防護安全機制，並同時維護我空軍戰力⁴³；另 2015 年，美國空軍提出「敏捷戰鬥部署」，其核心概念為「化整為零」，如將固定部署關島之各式主力戰轟機等，採小兵力至各基地實施分散部署，避免遭解放軍大規模彈道飛彈飽和式攻擊⁴⁴。反思美國如此強大之軍事霸權，都必須慎重考量共軍現今之威懾能力，故我空軍更應枕戈待旦，持續強化緊急分散部署等防護能力，藉以增加共軍目標獲得及選定之難度，俾提高我空軍作戰韌性，維持空軍持續戰力，期於關鍵時刻達「勝戰」之目的。

⁴¹ 紀永添，〈不是只有一機一庫這條路〉，《上報》，

https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=2&SerialNo=125485 (檢索日期：2023.2.23)。

⁴² 方玉龍，〈國軍機場建構機堡庫抗炸重要性之探討〉，《空軍軍官雙月刊》，第 218 期（2021 年 6 月），頁 55-56。

⁴³ 黃有縈，〈空軍訊跡管理會議 防杜滲透洩密〉，《青年日報》，

<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1604211&type=military> (檢索日期：2023.2.23)。

⁴⁴ 李旻皇，〈美國在菲律賓擴建軍事基地之意涵〉，《空軍學術雙月刊》，第 695 期，2023 年 8 月，頁 127。

作者介紹

單位：國防大學空軍指揮參謀學院

職務：空軍指揮參謀學院教官

姓名：周昱豪

學歷：空軍官校 99 年班、空軍軍官學校作參班 103 年班、
國防大學空軍指參學院 111 年班

經歷：飛行官、飛安官、作戰官等職務

研究領域：空中作戰



淺析共軍空軍智能化作戰發展對我防空部隊之影響

The Impact of the PLA Air Force's Intelligent Warfare Development on Our Air Defense Forces

盧昱帆(Yu-Fan, Lu)

國防大學空院指參 112 年班學員

林明智(Ming-Zhi, Lin)

國防大學空軍指揮參謀學院

摘要

美國眾議院議長裴洛西訪臺引發第四次臺海危機，共軍軍機船艦的肆意逼近，已嚴重壓縮我防禦縱深，俄烏戰爭爆發後，專家稱此役為「第一次世界網路大戰」，不再局限於傳統戰爭的實體性威脅，反而廣泛運用人工智慧融入作戰之中，觀察當前世界軍事潮流，未來戰爭中，智能化裝備、智能化指揮等作戰方式，將主宰戰場成敗，認知到過去傳統戰爭的威脅，已透過新一代國防科學技術進行轉變，共軍智能化作戰快速的發展，作戰模式與體系的改革，我防空部隊在未來戰場須面對的威脅，對其偵測與反制技術就顯得更為重要，本研究以文獻分析法廣泛蒐整中共空軍智能化發展、自主式無人機運用及導彈性能提升之運用，將針對中共空軍智能化作戰發展進程及我國防空部隊應處作為，獲取最大作戰效益，並提供後續建軍備戰的方向作為參考，建立創新思維以達成不對稱作戰之可能。

關鍵詞：智能化、人工智慧、防空部隊

Abstract

The visit of U.S. House Speaker Nancy Pelosi to Taiwan has triggered the fourth Taiwan Strait crisis, with the reckless approach of Chinese military aircraft and vessels severely compressing our defense depth. After the outbreak of the Russia-Ukraine war, experts have referred to it as the "First World Cyber War," which no longer confines itself to the traditional physical threats of warfare but extensively incorporates artificial intelligence into combat operations. Observing the current military trends in the world, it is evident that in future wars, intelligent equipment and intelligent command will dominate the success or failure on the battlefield. Recognizing that the threats of traditional warfare in the past have undergone transformation through the advancements in next-generation defense science and technology, the rapid development of the Chinese military's intelligent warfare and the reforms in its operational modes and systems pose significant challenges to our air defense forces. The detection and countermeasure technologies become even more crucial. This study adopts a literature analysis approach to comprehensively collect information on the development of the Chinese Air Force's intelligent warfare, the application of autonomous drones, and the improvement of missile capabilities. It will focus on the progress of the Chinese Air Force's intelligent warfare development and the appropriate responses for our air defense forces to achieve maximum operational benefits. It aims to provide guidance for future military preparations and establish innovative thinking to achieve possible asymmetric warfare.

Keywords: Intelligent warfare , Artificial intelligence (AI), Air defense forces

壹、前言

美國眾議院議長裴洛西訪臺引發第四次臺海危機，改變兩岸長久以來默認的「海峽中線」，這條於 1950 年代由美國劃定的界線，一直以來被視為兩岸軍事的活動邊界，僅在關係特別緊繃時才會偶而踰越，如今此默契已完全被打破，共軍軍機船艦的肆意逼近，已嚴重壓縮我防禦縱深，¹然而觀察當前世界軍事潮流趨勢，認知到過去傳統戰爭的威脅，已透過新一代國防科學技術進行轉變，就現實面來看，中共官方從未放棄武力犯臺，且中共軍艦遼寧號航空母艦與各式驅逐艦於西太平洋實施訓練已常態化，顯見中共已具備突破第一島鏈能力，加上共軍智能化作戰快速的發展，作戰模式與體系的改革，我防空部隊在未來戰場須面對的威脅，對其偵測與反制技術就顯得更為重要。

俄烏戰爭爆發後，專家稱此役為「第一次世界網路大戰」俄烏戰爭不再局限於傳統戰爭的實體性威脅，不再以槍枝火炮作為唯一武器，反而廣泛運用人工智慧融入作戰之中，從無人機運用、跨國 IT 駭客攻擊、區塊鏈促成加密貨幣捐款、到上千顆星鏈衛星系統突破戰地邊境等新型態戰爭方式，現代戰爭已轉變為以文明、智能科技、經濟等等資源進行國與國的對抗；因俄烏戰爭的發展，促使國人安全意識大為提升，國際也把焦點望向臺灣，如何「超前部署」面對共軍智能化作戰，萬一阻絕敵軍於境外不成，也須對入侵臺灣的想定做周全準備。

未來戰爭中，智能化裝備、智能化指揮等作戰方式，將主宰戰場成敗；²然而近年來中共總書記習近平對人工智慧展現的高度重視已引發了美國及其他國家國安部門的關切，中共「智能化」技術朝向運用於國防和軍隊建設各方面，諸如網路攻防就是以此技術實現對指定網路的攻擊及資訊竊取等作為，且可根據對方攻擊自動檢測漏洞安裝補丁，實現網路動態自愈；以「人工智慧」技術賦予信息化作戰體系自主性能力，與時俱進向智能化方向建設，以共軍為最大威脅的臺灣，更不可忽視其在臺海兩岸情勢發展的影響及在現代化改革途徑的進程，進而激發此研究之動機。

貳、智能化作戰發展

一、共軍智能化發展進程

中共國防和軍隊現代化建設「三步走戰略」是江澤民在 1997 年提出的中華人民共和國國防和軍隊現代化建設發展戰略，第一步從 1997 年至 2010 年期間，調整軍隊的規模、體制編制和政策制度問題，把軍隊員額壓縮到適度規模，建立起較科學的體制編制；第二步在 2010 年至 2020 年間，隨著國家經濟實力的增長和軍費的相應增加，重點於發展高技術武器裝備的

¹ 航空知識，〈認識解放軍 中共空軍如何竄出島鏈〉

² 青年日報，〈兩岸論壇 中共圖謀惹議人工智慧左右戰局〉，《青年日報》，2022 年 11 月 21 日，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1463063&type=forum>〉（檢索日期：西元 2022 年 11 月 1 日）

力度，完善武器裝備體系，全面提高部隊素質，延續以機械化為基礎，信息化為主導，廣泛運用信息技術成果，推進機械化及信息化複合發展和有機融合；³第三步，再經過三十年的努力，到二十一世紀中葉，在機械化、信息化的基礎上，才能把建設重點轉向智能化，實現國防和軍隊現代化，⁴為共軍智能化發展奠定堅實基礎，並運用威權專制政權的特性，採「軍民融合模式」獲得人工智慧科技，以下針對共軍智能化運用重要概念分述如下：

(一)智能化：中共「智能化」技術朝向運用於國防和軍隊建設各方面，諸如網路攻防，就是以此技術，實現對指定網路的攻擊、資訊竊取等作為，且可根據對方攻擊，自動檢測漏洞、安裝補丁，實現網路動態自愈，並以「人工智慧」技術賦予信息化作戰體系自主性能力，與時俱進，向智能化方向建設的過程。⁵

(二)智能化作戰：智能化涉及作戰各環節，包括情報處理、輔助決策、火力打擊、網路攻防、電子對抗等領域，以「人工智慧」技術滲透於作戰指揮、裝備、戰術等領域，從搜索目標、威脅評估、鎖定摧毀、效果評估，在作戰中實現無人化。

(三)無人化作戰系統：以「人工智慧」技術提升無人作戰系統的自主能力。在彈藥上配置必要的感測器和智能計算系統，始能自主感知、預測、規劃、決策，實現自身平臺與戰場C4ISR系統相結合，自主完成作戰任務。⁶

(四)智能化戰爭：人類與機械相結合共同實施的現代化戰爭，對戰雙方以「人工智慧」技術為支撐的武器平臺，取代以往戰爭型態在戰場的拚殺，改善戰場上戰鬥員的戰場狀況覺知，降低人員傷亡及軍隊部署的成本，增進指揮官下達決心與快速傳達命令。

二、共軍智能化軍事運用

中共將人工智慧視為未來國家競爭力中重要的一環，甚至以此做為改變與美軍在全球軍力平衡的重要槓桿，中共軍事智慧化發展，廣義上是指在戰場上引入人工智慧、機器人、奈米技術、高超音速、無人自主系統及大數據分析等先進技術整合新科技的智慧化作戰，⁷中共實施軍事改革指導中運用人工智慧要項包括傳統武器裝備與人工智慧相互結合、發展自主性的無人載具與無人射控載臺、研發癱瘓性的不對稱作戰方式、建構人工智慧與網路作戰相互

³ 新唐人電視臺，2021/8/4。〈王赫：中共強調建軍百年目標釋放什麼信號〉，〈<https://www.ntdtv.com/b5/2021/08/03/a103181565.html>〉(檢索日期:西元 2022 年 11 月 9 日)。

⁴ 維基百科，2022/11/14。〈國防和軍隊現代化建設「三步走」戰略〉，〈<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/>〉(檢索日期:西元 2023 年 11 月 6 日)。

⁵ 陳津萍、劉宏淋、張貽智，〈中共提出「建軍百年奮鬥目標」意圖、內涵及影響〉，《國防雜誌》第三十六卷第三期，2021 年 9 月，頁 54。

⁶ 同註 5，頁 55。

⁷ 同註 1。

結合的新型戰略、意圖成立人工智慧科技軍種等。⁸目前研究大多聚焦於硬體，以下就上述軍事改革指導中針對中共空軍智能化發展、自主式無人機運用及火箭軍性能提升之運用說明。

(一)傳統武器裝備與人工智慧相互結合

為有效發揮現有及不符合現代化戰爭的傳統武力，將過時的超音速戰機米格-19、21、23 等裝備，重新加裝升級版的感測器、自主系統，以及加裝人工智慧演算法的程式軟體，增添無人駕駛功能；並配備全球定位系統的導引彈藥，使其射控系統具有智慧及精準的發射能力。⁹

面對共軍傳統戰機智能化的性能提升，提高共軍戰機戰力及數量，亦增加 共機頻繁逾越中線之頻率，超出我防衛之能量，我空軍各聯隊除每日固定巡航戰機外，尚須派遣警戒機緊急升空，另我防空飛彈部隊為因應此威脅狀況，提升飛彈單位戰備強化防空警戒，嚴重消耗我空防能量，增加後勤維保之負擔。

(二)發展自主性的無人載具與無人射控載臺

中共藉軍民融合運作，生產出量大、質精且廉價的自主式無人機群，研發定翼無人機的「蜂群」智能系統，可有效融合於共同作戰中，取得群集戰術情報，並分享所偵獲之威脅；自主式無人機因擁有全自主自動飛行能力，能透過自主式機器學習或深度學習的運算分式，獲得足夠的戰場資料與分析，且在戰場上，能夠協助人員在複雜戰場環境中找到目標，減少維修人力與戰鬥人員的傷亡，增大未來作戰的知覺能力。

共軍在無人機發展方面，未來可能在東部戰區設置無人機偵查情報中心，協調各軍種無人機，做任務之分配，另其地面部隊可能加速部署誘餌型或自殺型、攻擊型無人機，形成梯次隊形，面對我軍時優先採誘餌型或偵查型無人機，搜尋獲取我國防空系統資訊，次以自殺無人機實施防空制壓作戰，打擊我防空部隊，在打破缺口後，再使用大量無人機執行任務，以突破臺灣海峽對其兩岸的天然屏障，減少人員傷亡。

囿於小型無人機截面積小，我各型雷達偵蒐不易，相對更容易進入我領空範圍，我軍武器裝備部署及相關情資易遭偵知，已直接對地面及防空部隊造成威脅，我軍現行因應作為僅配賦步槍及短程捕捉槍，於可視距離內進行處置，反應時間及措施均不成熟。

⁸ 胡宏洋、胡敏遠，〈中國大陸人工智慧在軍事領域運用之研究〉，《空軍學術雙月刊》第六八五期，2021 年 12 月，頁 102。

⁹ 同註 8，頁 108。

(三)研發癱瘓性的不對稱作戰方式

利用遙控人工智慧來進行目標定位，飛彈效能的增強，以使其功能更加智能化，並結合更高水準的自動化，以增進作戰效能，提升「非接觸作戰」的能力，未來中共火箭軍的發展趨勢研判應為：一、加裝全球定位系統，增進精度，降低圓形公算誤差；二、戰略導彈隱形化、小型化；三、縮短發射準備與發射時間，提高導彈生產能力；四、發展多彈頭技術；五、發展誘餌助推火箭與彈頭誘餌，加強干擾與反干擾能力，如此大規模強化火箭軍能力，其實質以威嚇美國武攻臺灣為目的。¹⁰

共軍火箭軍透過智能化性能提升，相較對我國空防能力便是一大考驗，我國防空飛彈系統具有反飛彈能力僅愛國者飛彈及天弓三型飛彈，且天弓三型飛彈並無實戰經驗，故攔截效能有待驗證，面對兩岸武力之差距，共軍火箭軍精準度、射程的提升更凸顯出兩岸不對稱戰力的現況。

(四)建構人工智慧與網路作戰相互結合的新型戰略

人工智慧具有強大的資料處理能力，未來戰爭中，指揮員面對的是龐大且複雜，瞬息萬變的戰場資訊，人腦已經無法快速處理容納，共軍致力於軍事智能化發展，使武器裝備在戰場上地位從從屬關係上升為人類夥伴，人機高度融合，人的優勢與智慧機器的深度融合優勢互補，虛擬空間與現實空間平行一體、有人系統與無人系統協同作戰，透過人工智慧所創造的龐大數據鏈與共享，包括目標位置、空域敵情等信息，在實戰中都能藉人機協同作戰中及時共享。

共軍在人機協同作戰方面最頻繁運用便是無人機的使用，中共於浙江、福建、廣東等空軍基地陸續進駐新式戰機、無人機，且能夠結合北斗全球衛星導航系統提高整體空防戰術之運用，利用蜂群戰術，針對任務屬性不同攜帶不同的任務載荷，通過網路化協同作戰，完成戰場偵察、通信中繼、電子干擾或定點打擊等任務，從而實現無人機之間高度智能自主的協同作戰活動。¹¹然而面對共軍無人機多方面的運用，無疑就是消耗我大量的防空火力，因此戰管單位在賦予飛彈連接戰順序上應考量防空火力、武器射程及兵力有限狀況下，評估最大效益，以延長我防空有生戰力。

¹⁰ Ettoday，2011/12/27。〈中國戰術導彈現況〉，《痞客邦》〈[https:// sxvobbva.pixnet.net/blog/post/10818417](https://sxvobbva.pixnet.net/blog/post/10818417)〉（檢索日期:西元 2023 年 11 月 18 日）。

¹¹ 楊中英、王毓龍、賴傳龍，〈無人機蜂群作戰發展現狀及趨勢研究〉，《飛航導彈》，2019 年 5 月，頁 34；孫凱、崔學志，頁 210-211。

(五)意圖成立人工智慧科技軍種

共軍於 2015 年軍隊改革後成立了「中國人民解放軍戰略支援部隊」，下轄軍事航天部隊負責航天系統工作、網路空間部隊負責網路空間與信息安全、網路攻防、計算機網路系統、信息通信部隊是全軍指揮通信與信息保障主體責任單位，因應現代戰爭形態的變化，共軍的積極發展方向不再只侷限於臺海，更深的含意是能夠與其他世界強權相抗衡，科技軍種的成立，積極發展聯合作戰訓練，加速提升一體化聯合作戰能力，強化戰場經營指揮模式，運用科技軍種使作戰模式更具有機動性與靈活性，綜觀以上發展，影響的絕不只是防空飛彈部隊而是我軍未來建軍所要考量的重要因素。

參、對我防空部隊之影響

中共的智能化發展對我國最大的影響，就是新型戰爭型態的發展，就臺灣而言，中央山脈以東在過去一直被視為國軍戰力保存及後續戰力發揚的有利區域，中共在智能化發展後，以往原本稍具優勢的東部地區將可能也直接暴露在敵軍的攻擊威脅之下，也就是某種意義上我國失去了最重要的唯一戰略縱深。¹²臺灣本就是一海島國家，戰略縱深不足一直是我國的短板，尤其在中共建立起無人機攻擊群、強化火箭軍精準定位及軍隊智能化發展後，將全面嚴重威脅我防線，而面對這樣狀況的第一線部隊便是防空部隊。以下便從三個面向論述中共智能化發展後對我防空部隊的影響。

一、部署概況：

我國防空飛彈是一個複雜而且綜合的系統，由多種武器系統和情報監視設施所組成，兵力佈署密度堪稱世界前三，臺灣的防空部署是一個由多種武器系統和情報監視設施所組成的綜合性系統，以防範空中威脅為目標。長、短程防空部隊遍及臺灣各地區，並根據威脅情勢考量，以西半部為主要部署重點，東半部則採要點式的部署。防空武力的部署原則是以各系統的接戰能力和特性為基礎，配合重要的防護目標進行規劃，以確保有效的防護範圍和最大化的效能，維護領空的安全，目前投入部署的空軍管轄防空系統能力整理如下(表 1)：

¹² 呂炯昌，〈因李登輝「兩國論」失守的海峽中線〉，《MSN 新聞-今日新聞》，2019 年 4 月 1 日，<<https://www.msn.com/zh-tw/news/other/巷子內>〉因李登輝「兩國論」失守的海峽中線/ar-BBVtd3A>（檢索日期:西元 2023 年 2 月 16 日）。

表 1 我國空軍防空系統攔截能力表

系統 項次	愛國者三型	天弓三型	天弓二型	車載劍一	三五麻雀
偵蒐距離 (公里)	反機：170 反彈：252	反機：270 反彈：160	反機：270 反彈：160	反機：20 反彈：NA	反機：20 反彈：NA
攔截距離 (公里)	反機：3-70 反彈：3-20	反機：5-200 反彈：7-35	反機：5-200 反彈：7-35	反機：9-18 反彈：NA	反機：0.2-4.5 反彈：4
攔截高度 (公里)	反機：24 反彈：3-20	反機：24 反彈：3-20	反機：24 反彈：3-20	反機：6 反彈：NA	反機：5 反彈：3
部署方式	集中部署	分散部署	分散部署	要點部署	要點部署
備考	具機動能力	具機動能力	固定式	具機動能力	具機動能力

資料來源：本研究彙整

另在上表中所列各系統接戰的能力，部署考量的原因有以下幾點：

(一)火力銜接：防空飛彈火力銜接是指不同種類防空飛彈系統在防禦作戰中互相配合，以滿足不同作戰需求的一個過程，我國在防空部隊陣地選擇上考量各單位之間的火力銜接，力求達到形成大面積的複合殺傷區，儘可能的不留死角，這一點在早期鷹式陣地的配置上得到了充分體現，由於鷹式飛彈的有效射程約 40 公里左右，因此各連的陣地之間的距離便保持在 70 公里左右，這樣兩陣地之間便得到了良好的銜接。而隨著使用年限逐漸拉長，鷹式飛彈早已汰除或移交陸軍沿用雷達部分，現有的防空缺口則由天弓三型飛彈系統接替，在本島西半部防空火網仍能互相配合及信息分享形成一個完整的銜接狀態，而東半部則僅針對重要據點實施配置。

(二)縱深防禦：我國是一個海島型國家，擁有臺灣本土和大小外島，共計 121 個島嶼，目前，我國的防空系統因放列限制及戰略考量，部署在一些較大的島嶼上，例如澎湖、東引和綠島，延伸接戰距離形成了一個多層次的防禦火網。此外，各個防空系統具有不同的特性及攔截距離，可以針對要點進行有效的縱深配置，減少敵人可能突穿的風險，因此這種防空系統的配置可以提高我國的防禦能力，確保國土安全。

(三)要點配置：我國的防空飛彈部署看起來似乎是為了填補火力的缺口而進行平衡的分配，但實際上是有針對重要設施進行加強防護的考慮，在防空火力的銜接原則上，加強重要地點的防空部署，包括重要基地、政治和經濟中心等，以期在第一波攻擊後能夠保留更多的戰鬥力，這種部署策略可以提高我國的防禦能力，保護重要的國家資產和生命財產，並確保我國在戰爭爆發後能夠有效地進行反擊，透過這種方式，可以對抗威脅我國安全的各種敵對勢力。

二、反制作為：

我國自中共極力發展智能化作戰後，並以俄烏戰爭兩國為借鏡，為了穩定國內的輿論和民心，必須採取相對應的反制措施；然而面對中共不斷的挑釁行為，我國是否應該跟著聞雞起舞，也引來了部分的爭議，儘管我國的裝備和人員訓練再精良，但中共的軍力是我國的數倍，即使我國反制措施再有效，也經不起對岸的長期惡性消耗，但亦不能肆意任由逾越中線挑釁而無作為；然而，亦不能被其挑釁所動搖，必須針對違反國際法的行為採取果斷的反制措施，以保護國家主權和領土完整，因此，在反制措施的制定上，必須考慮多方面的因素，包括國防戰略、外交政策、國內輿論、民心情緒、國際局勢等等，才能制定出符合國家利益的反制策略，而除了運用戰機升空攔截外，防空部隊亦對應採取相關措施，經整理如下：

(一)防空部隊戰備調整：中共戰機不斷進入我防空識別區，肆意消耗我空防能量，我國防空部隊依強化防空警戒案實施戰備調整，提升整體防空戰力，加強戰備值勤，包括早期預警系統、防空武器系統、戰術指揮和控制系統等，提高自身的防空能力，以保障國家安全和領空主權。

(二)防空部隊駐地調整：對於中共極力發展智能化作戰和繞臺訓練後，根據國家的安全需求和軍事戰略考量，我國最明顯的動作便是實施防空武器系統的駐地調整，自 2017 年 1 月份起調整 2 個愛國者三型駐防花蓮及臺東基地，¹³強化東部地區的防空戰力；另在東部成軍 3 個天弓三型防空系統，¹⁴增強地區防空能力及加強戰略威懾力，以防範中共猝然自東部發起攻擊。

(三)武器系統汰換升級：我國舊有的的鷹式系統隨著使用逾年限，於 2023 年已完全淘汰；另固定式天弓二型亦實施性能提升，依期程全面換裝成機動式天弓三型接替其防空戰備任務，提高國家的防空能力和戰略威懾力，對潛在的對手起到壓制和遏制的作用；愛國者系統則是向美國購買提升為三型，¹⁵強化防空攔截能力；另 35 快砲系統則是升級可發射 AHEAD 彈頭，¹⁶增加對巡弋飛彈的攔截能力；這些都是為了提升我國對中共軍力快速成長帶來的威脅而做的效能或系統提升，使防空部隊更快地發現、追蹤和擊落來襲目標，大幅縮短反應時間，提高反應速度，以提高防空部隊的作戰能力和效率，確保能有更堅固的防空作戰能力。

¹³ 鍾元，〈因應中共戰略 臺愛國者飛彈近駐花蓮臺東〉，《大紀元新聞網》，106 年 3 月 1 日，〈<https://www.epochtimes.com/b5/17/3/1/n8862288.htm>〉（檢索日期:西元 2023 年 2 月 16 日）。

¹⁴ 游太郎，〈弓 3 近駐宜花東 反制共軍擾臺〉，《自由時報電子報》，2019 年 1 月 6 日，〈<https://news.ltn.com.tw/news/focus/paper/1259318>〉（檢索日期:西元 2023 年 2 月 16 日）。

¹⁵ 行政院新聞局，2010/10。〈第三章軍備整備〉，《98 年中華民國年鑑(中文版)》，頁 405。

¹⁶ 同註 16，頁 405。

(四)建置反制系統能力：我國除現有完整的防空武器系統，能夠對抗各種來襲空中威脅，但隨著敵方空中威脅的不斷增強，臺灣防空部隊仍需不斷進行技術更新和提升，防空部隊建制反制部隊，反制武器系統由中科院自行研發，以應對不斷變化的安全威脅。

三、對我影響：

中共自 1997 年起開始推行中共國防和軍隊現代化建設「三步走戰略」，將智能化融入軍事作戰中，且透過各類型聯合作戰方式，來增強本身的作戰能力和範圍，向全球展示自身武力發展，而附加的效果就是對周遭國家的影響，對我國而言，處於第一島鏈的中樞位置，面對中共威脅最為直接，就個人分析對我防空部隊造成之影響大致可區分五個面向說明：

(一)技術威脅：中共智慧化作戰採用了一系列高新技術，如人工智慧、大數據、雲端計算、無人系統等，這些技術的應用極大提高了中共作戰效能，形成了技術優勢，這對我防空部隊構成了技術威脅，我們需要儘快跟上時代發展的步伐，推動技術創新和應用，以提高我防空作戰能力。

(二)作戰方式變化：中共智能化作戰注重資訊化和網路化，形成了「三位一體」的作戰方式，即以網路資訊系統為中樞，以打擊系統和打擊手段互相配合為支撐，以實施分散化和靈活化的作戰為基礎，這種作戰方式對我防空部隊提出了新的挑戰，我們需要加強資訊化建設和網路防護能力，提高作戰適應性和反應能力。

(三)作戰規模擴大：中共智能化作戰採用了大規模作戰的戰略，形成了較高的作戰規模，對我防空部隊的作戰壓力也相應增大，為應對這種挑戰，我防空部隊需要加強聯合作戰，提高資訊共用和指揮協調能力，做好大規模作戰的準備。

(四)威脅來源多樣化：中共智能化作戰通過多種管道獲取情報和資訊，從而構成了多樣化的威脅來源，我防空部隊需要加強對威脅來源的分析和研究，加強對情報的收集和分析，以提高威脅預警和防範能力。

(五)打擊作戰士氣：中共智能化作戰利用各式精準武器和飛行器，不斷實施所謂的遠海長航或繞島航訓訓練，給我防空部隊帶來了巨大的軍事壓力。我們不能確定戰爭何時會發生，但中共當前所進行的繞島航訓訓練甚至武裝襲擊，讓我方的反應時間大大縮短。尤其是遠海長航訓練，更是提升了中共的整體作戰效能，對我國的防安全形成嚴峻挑戰。高頻度的訓練也必然造成人員的精神壓力，長期應對戰備的提升也使得人員高度警戒，可能會導致士氣低落和人員疲乏。¹⁷為此，前部長馮世寬先生甚至親自到指揮所內坐鎮

¹⁷ 吳明杰，〈共軍以戰代訓〉從每年 4 次暴增到 32 次 共軍頻繁繞臺透露出什麼訊息？>，《風傳媒》，106 年 12 月 18 日，<<https://www.storm.mg/article/373277>>（檢索日期：西元 2023 年 2 月 20 日）。

指揮，以確保人員士氣無虞。¹⁸在這種情況下，我防空部隊需要提高應對戰備的能力，加強訓練和演練，提高反應速度和精準度，確保部隊的戰鬥力和士氣，以應對任何可能的挑戰和威脅。同時，也需要加強與其他部隊的聯合協作，建立強大的作戰體系，以保障國家的安全和利益。

肆、未來因應作為

中共的智能化發展對我國最大的影響，就是作戰方式的改變加上雙方軍事能力的懸殊，使得原本稍具縱深優勢的東部地區也在無人載具研發、精準武器發展及航母遠海長航下變的岌岌可危，再加上搭配各型戰機執行任務便會形成巨大威脅，且考量中共成軍和科技研究的速度著實不容小覷，可能 5 至 10 年將會完善其反介入/區域拒止的力量，未來，我國可能會面臨來自四面八方的攻擊和孤立無援的境地，因此提前規劃和準備已經刻不容緩，對於我防空部隊而言，需要加強對中共智慧化作戰的研究和分析，瞭解其特點和趨勢，把握其威脅和機遇，加強技術創新和應用，提高作戰能力和反應能力，同時，也需要加強聯合作戰和情報分析能力，提高對威脅來源的預警和防範能力，以下就個人觀點提出幾點探討：

一、質量建軍：

隨著時代的發展，國防科技的進步已經從注重數量轉向質量，因此不能再將國家的安全寄望於數量上的優勢。因此，「質量建軍」已成為解決當前問題的最佳途徑，在《新戰略論》一書中，中共提出了「科技強軍，質量建軍」的發展戰略，¹⁹這也是近代中國軍事發展的基石，考慮到我國的科技發展現狀和國內情況，短期內追上對岸的軍事技術是不可能的，因此軍事採購已成為提高國防實力的首要選擇，即使有足夠的預算，我們仍然很難買到所需的武器，由於受到臺灣關係法第三條的限制，美國只提供臺灣所需的防禦物資和技術服務，²⁰而且我們的軍購渠道也受到美國的控制，例如，俄羅斯的蘇愷 27 戰鬥機採購案就是一個很好的例子。²¹但無論有哪些限制，就現階段，軍事採購始終是我國快速提升軍事實力的最快途徑，就國家安全需求、武器性能、成本和技術轉移等多個因素為考量，臺灣地區的防空系統更需考慮到國土狹小及周邊安全環境複雜的特殊情況，個人認為因應智能化作戰的發展，以色列的鐵穹防禦系統(近程)就相當適合我國使用，此系統具無人機防禦能力，採用雷達、光學和紅外線等

¹⁸ 新唐人亞太臺，〈共機繞臺馮世寬進衡指所 國防部：鼓舞士氣〉，《新唐人亞太臺》，2017 年 12 月 19 日，<<https://www.ntdtv.com.tw/b5/20171219/vedio/211913html?共機繞臺馮世寬進衡指所 20%國防部：鼓舞士氣>>（檢索日期:西元 2023 年 2 月 20 日）。

¹⁹ 吳明上等人，《新戰略論》，（臺灣：五南，2007），頁 491。

²⁰ United States, 1979/4/10. Taiwan Relations Act, Pub L. 96-8, P.2.

²¹ 阮大正，〈兩岸史話-臺俄軍事科技何做秘辛〉，《中時電子報》，2015 年 3 月 20 日，<<https://www.chinatimes.com/newspapers/20150320001064-260306?chdtv>>（檢索日期:西元 2023 年 2 月 21 日）。

多種技術檢測無人機，並通過電磁干擾、射擊和干擾等方式進行攻擊，若能購置將可配合天弓三型和愛國者三型組成層次的縱深防空防禦網，可大幅提升我防空作戰能力(表 2)。

表 2 防空系統防禦運用規劃表

系統	防禦距離		運用規劃
	反機	反彈	
天弓三型	5-200 公里	7-35 公里	中、長程
鐵穹防禦系統	5-70 公里		近程
愛國者三型	3-70 公里	3-20 公里	短程

資料來源：本研究彙整

二、厚植防禦：

鑑於我國土地面積狹小且現代衛星偵照技術的發達，各防空陣地的戰術位置很有可能已被敵方獲知，甚至被媒體大肆報導。²²在這樣空前透明的戰場環境下，如何確保我們的戰鬥能力延續已成為當前的重要課題，考慮到現代科技化作戰的趨勢，最有可能的第一擊攻擊是運用戰術彈道飛彈或無人機等先進武器，對我國的重要處所、雷達站和飛彈陣地進行攻擊，以癱瘓我們的指揮和反擊能力，因此，如何提高戰場存活率，²³並確保我們的戰鬥能力在攻擊面前持續存在，是當前的重要問題，我們需要運用現代科技，例如高精度定位技術和數據加密技術，以保護我們的防空陣地和軍事設施，同時，我們也需要不斷加強我們的情報收集和分析能力，以及快速反應能力，以應對突發事件，此外，我們還需要加強對各種新型武器的研發和應用，以提高我們的反擊能力和防禦能力，個人認為在強化我防禦措施的作為下可以朝兩個面向去發展：

(一)衛星干擾技術：考慮到中共已經研發出與美國 GPS 同級別的北斗衛星系統，該系統已於 2000 年開始使用和後續研發，並計劃在 2020 年完成全球覆蓋，²⁴定位精度預計可達到 5 米以內，意味著未來的精準打擊將更具危險性，尤其對於已經被偵測到的防空部隊而言，將是致命的威脅，因此，如果能夠將中科院自行研發的衛星干擾車配賦各防空部隊，²⁵通過變化干擾信號的頻率、相位、幅度等參數來增強干擾效果，同時採用靈活

²² 新唐人電視臺，〈驚！臺愛國者飛彈基地 谷歌 3D 地圖一覽無遺〉《新唐人電視臺》，2019 年 2 月 16 日，〈<https://www.ntdtv.com.tw/b5/2019/02/16/a102513368.html>〉（檢索日期:西元 2023 年 2 月 22 日）。

²³ 右灰文化傳播有限公司，〈21 世紀戰爭新趨勢恐怖攻擊：不對稱的戰爭〉（臺灣：右灰文化），頁 174，〈GOOGLE PLAY BOOKS〉，〈http://play.google.com/store/books/details/21世紀戰爭新趨勢恐怖攻擊_不對稱的戰爭?id=EwAiDAAAQBAJ&hi=en_us〉（檢索日期:西元 2023 年 2 月 22 日）。

²⁴ 新華社港臺部，〈中國「北斗」衛星導航系統擁抱全球〉，《風傳媒》，2018 年 12 月 31 日，〈<https://www.storm.mg/article/764068>〉（檢索日期:西元 2023 年 2 月 23 日）。

²⁵ 相振為，〈反制大陸北斗衛星！中科院「干擾車」亮相〉《TVBSNEWS》，2017 年 3 月 13 日，〈<https://news.tvbs.com.tw/politics/712997>〉（檢索日期:西元 2023 年 2 月 23 日）。

的戰術位置變化，從而達到破壞或延遲敵方偵察、侵略、導彈攻擊等戰術行動目的，將有助於提高其在戰場上的生存能力及維持戰力。

(二)軍事地下化：

由於我國幅員狹小，可供戰術發揚的位置有限，再加上中共衛星偵照技術不斷進步，因此除了發展衛星干擾技術，建構地下工事也是一個可行的選擇，以八二三砲戰期間所建構的地下工事為例，²⁶這些工事的建設有效確保了國軍在猛烈的砲火下仍能保留戰力和人員，因此，建構地下工事可以增加防空部隊的隱蔽性和生存能力，有助於在戰時有效地維持戰力。另外建設地下工事也是一種可行的選擇，可參考瑞典的穆斯克海軍基地和 F9 地下空軍基地（如圖 1）都是近年來為提升抗炸能力而重新啟用的地下軍事基地，這些地方的共同特點是建在堅硬的花崗岩層底下，²⁷這種想法可能早就有人提出，但直到以色列的六日戰爭後，各國才真正意識到軍事設施地下化的重要性和實用性，並開始進行籌備和規劃。²⁸

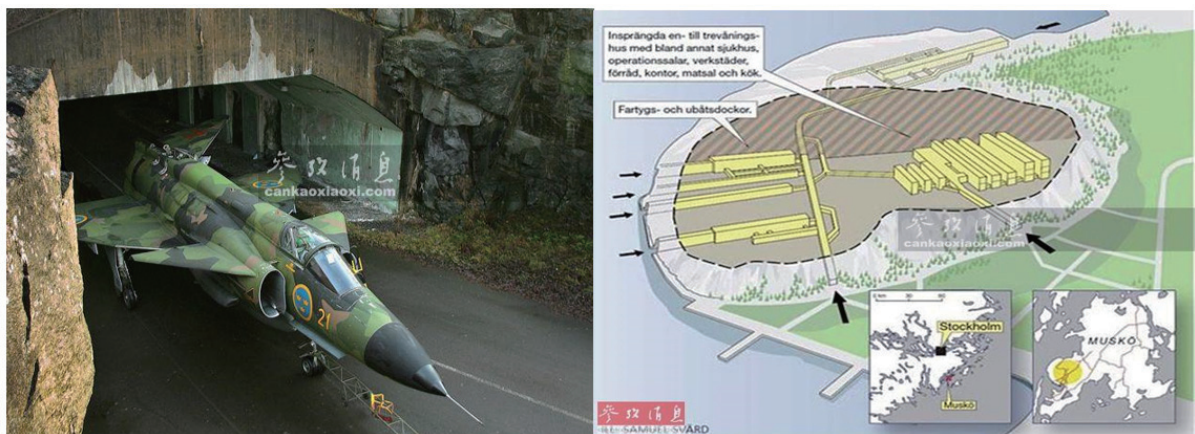


圖 1 瑞典穆斯克海軍基地及 F9 空軍基地示意圖

資料來源：<https://kknews.cc/military/xv6vg48.html>

對於我國來說，最適合的做法是在現有的基地下進行改建和增設地下防禦設施，由於土地所有權問題以及周遭民眾的抗爭意識，建設在原基地下是最好也是最為可行的辦法。此外，由於這些地點靠近重要防護目標，因此未來在後續作戰中也可更快地提供火力支援，以滿足作戰需求總的來說，建設地下防禦設施可以為我國提供一個更可靠的防禦系統，提升我國的國防能力和戰略威懾力，然而，這需要政府和軍方的長期投資和努力，以確保防禦設施的建設和運營的有效性和可持續性，這是我國在土地狹小、戰術發揚位

²⁶ 林慶銘，〈八二三戰役之研究〉，《軍事史評論》，第 25 期，2018 年 6 月，頁 84-85。

²⁷ 谷火平，〈25 年後瑞典重啟地下海軍基地，深挖地下 30 米，基礎設施一應俱全〉，《每日頭條-KKNEWS》，2019 年 10 月 21 日，〈<https://kknews.cc/zh-tw/military/j2rka8l.html>〉（檢索日期：西元 2023 年 2 月 24 日）。

²⁸ 韓春海，《中國準備的戰爭》（中國：外參出版社，2013 年），頁 31-33。

置偏少的情況下，提升防禦能力的最佳方案之一。

三、強化監控：

我國目前最主要的情資來源仰賴預警雷達和其他各型搜索雷達搜獲資料，雖說暫時能滿足我國的基礎需求，但難保戰時是否能應對。因此，我國應加強監控系統，以提高國家安全和軍事防禦能力，在這方面，我國可借鑒以色列和美國的經驗，採用複合式的監控系統，包括衛星監控、無人機監控、地面監控等，從而全面監控和掌握周邊地區的動態。另外還應加強電子情報作戰能力，以提高對敵方情報的收集和處理能力，並且將其應用於作戰中，提高作戰效能，可行作法如下：

(一)前推部署：就我國的防空火網部署現狀確實存在西密東疏的問題，主要是由於東部地形優勢以及實際人口較少等因素影響，造成只有宜蘭、花蓮和臺東等三處地區僅各配備了一套中長程天弓三型飛彈防空火力，而在中共發展智能化作戰的威脅下，補足東部地區的防空火網已成為當務之急。除了將東部一線做到能夠重層配置外，亦可參考鷹式飛彈系統部署至綠島的作法，在龜山島或彭佳嶼等離島前推部署防空陣地，增加警戒範圍和預警時間，同時強化東部地區的火網密度，以增加嚇阻能力。這樣可以提高東部地區的防空能力，增強防禦中共的能力。可以參考日本部署 ASM-3 對艦飛彈的例子，該系統部署於自大隅群島、奄美大島、沖繩島、宮古島及石垣島等地，依序形成一條連續的防護網，預警範圍被遠遠地前推，大大增加了預警及反應的時間。同時，在一定程度上也強化了對中共遠海長航艦隊的掌控能力，一但有緊急情況發生，即可立即處理。這是我國可以參考學習的防禦部署做法。(如圖 2)

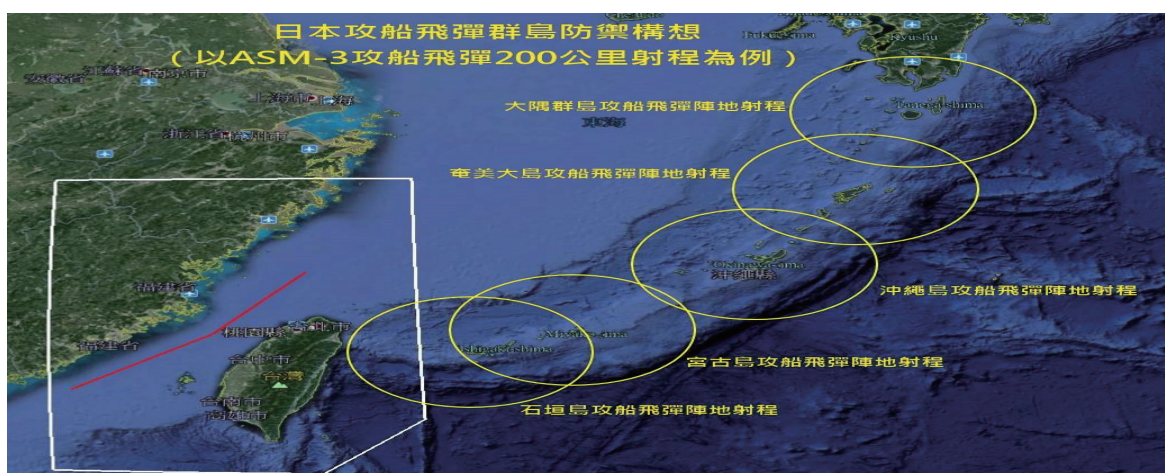


圖 2 日本對艦飛彈群島防禦圖

資料來源：<https://fnc.ebc.net.tw/FncNews/politics/74223>

(二)無人機配備：無人機具在此次俄烏戰爭中展現新時代作戰模式，具隱蔽性和高機動性、滯空時間長、易於操作、方便攜帶、不受地形限制、提供即時影像和全天候值勤等。各國為提高作戰效率和降低成本，都投入了大量預算研發各種無人飛行器。2019 年，中科院展示了劍翔反輻射無人機系統，該系統可由發射車載運無人機，增強機動力並進行部署，現已具備作戰能力，並已經確定投入量產，成為我國防力量的重要組成。劍翔系統可作為單獨作戰單元或整合為群體攻擊，其配置包括具有雷達參數分析和自動歸向能力的雷達波尋標器，該系統能夠偵測到敵方雷達信號後對輻射源進行高速自殺式攻擊，攻擊完畢後不回收。同時，該系統已具備飛越臺灣海峽的能力，可以對中共沿海陸基防空雷達進行反制攻擊。另我國目前的大型無人機僅有騰雲無人機一款，²⁹性能相較世界其他國家先進的機型尚有不足，故預劃於 2022 年至 2025 年向美軍採購 MQ-9B「高高空無人機系統」可長時間執行高空偵察和打擊任務，基於以上的考量，我國可以大量投入資源，或尋求與技術成熟國家合作研發，以取得更多的突破，可以使偵察無人機取代雷達搜索的盲區，並延伸偵察距離，從而增強防空部隊的預警能力。³⁰

四、實況軍演：

近年來，我國積極爭取參加亞太地區的聯合軍演，其原因在於缺乏外部刺激和因素，難以實質性地取得戰術戰法的突破或改善國際關係，這類開放的、非對抗性、不針對第三方、互利雙贏的多層次、多樣化的共同軍事安全合作模式，有助於降低國家間情勢的誤判和增進彼此的外交關係。³¹另外我們也必須承認我們的外交關係在這方面一直難以有實質進展，因此必須採取不同的方法。對此，我們可以參考對岸的作法，只要在不涉及領空主權問題的前提下，依法執行我們的維權工作，此外，我們還應該更具侵略性和攻擊性，以避免被對岸不斷騷擾和消耗的惡性循環所困擾。個人認為可執行的方向分述如下：

(一)積極防空，人員訓練：即便對它國飛機實施雷達鎖定存在可能造成衝突的風險，但在維護國家安全的前提下，應採取更積極的態度。例如，當他國飛機進入我國防空識別區且驅離無效時，可以使用雷達鎖定監視等手段，表明我國維護空防安全的決心，此外，應進一步加強各防空部隊獨立接戰的能力，增強人員臨戰經驗及應變能力，以在日益複雜的戰環境下有效發揮實戰效益。

²⁹ 蕭介雲，〈無人機研發成主流 對中國不對稱作戰反制實力增〉，《新新聞週刊》，第 1694 期，2019 年 8 月，頁 58-59。

³⁰ 劉芳棟、朱建良、張新亮、林偉，《機器人+正在席捲全球的機器人革命》（中國，中國鐵道出版社，2016 年），頁 183-184。

³¹ 王高成，《兩岸新形勢下的國家安全戰略(POD)》（臺灣，淡大戰略所，2009 年），頁 284-285。

(二)強化掩蔽，機動部署：我國幅員小且在中共發展北斗衛星導航系統完成部署下，防空部隊駐地恐早被偵知，所以更應強化部隊機動作戰能力及落實戰場經營及戰力保存演練，增加戰場存活率，便能多一分反擊的力量。在強化部隊機動作戰能力上，建議不再侷限於責任地區內作戰，而是到全島任一地區都可擔任戰備，所要克服的就是武器系統指管通聯介接的問題。這些資訊便建立在長期經營的兵要調查及陣地狀況，亦可透過各部隊共享資源，使得在戰時可立即啟用，強化戰場靈活性及機動性，增加戰場存活率。

伍、結論與建議

總體來說，近年來，中共空軍實施前出西太、東海警巡、南海戰巡、繞島巡航等全疆域訓練，即在呼應中央軍委會的實戰化訓練要求。³²明顯看出中共的企圖不僅是只有在亞洲地區，甚至往南的南海以及海上絲綢之路，都是它要爭取的範圍，這些觀察中共在吉布地設立軍事基地變可窺知一二，³³並逐漸發展成為「戰略空軍」提升遠程作戰能力，並因應戰略方向轉向海洋，尤其因應東海、臺海及南海等爭議區域，聚焦在海上的軍事作戰整備，透過在這些區域的實戰化訓練，展現智能化作戰成果，不僅執行戰場整備，更提升應對可能威脅的能力，³⁴以下針對中共智能化發展我防空部隊之因應作為提出結論與建議：

一、結論：

針對中共智能化快速發展，各項高科技武器研發不斷對我構成威脅，我們應該謹慎地監控中共的行動，但不要做出過度反應。這是因為，我國家目前的軍事力量與中共相比絕對不具備長期的對抗能力。此外，相對於我們一直採取的守勢作戰，過度反應反而可能會激怒對方，進而引發更具侵略性的挑釁行為。針對中共戰機不斷逾越海峽中線的行為，個人覺得應採取不涉及主權的回應，以維護國家主權，同時避免因過度強硬的回應引發對方更加侵略性的行為。儘管如此，我們仍然應該堅定地立足於國家主權立場，不斷向世界爭取支持和認同。不能因為中共的行為而被動地處於窘境，必須適度展現我們的決心，不論事態發展如何，我們都應該堅定地捍衛國家主權，然而就目前來說兩岸的軍事武力相差甚巨，我們無法在這方面取得優勢，但至少我們能夠參考中共維權的手段，在我國邊界、離島地域諸如南海諸島遂行軍事演習，縱使中共各項智能化發展對我產生之威脅，而我國採取展現維護主權的決心亦是一條可行之路。

³² 謝茂淞，〈研析中國大陸空軍的實戰化訓練〉，《空軍學術雙月刊》第 683 期，2021 年 8 月，頁 19。

³³ 陳德育，〈中共建立吉布地海外軍事基地之意涵〉，《海軍學術雙月刊》，第五十三卷第二期，2019 年 4 月，頁 128-130。

³⁴ 李開強，2016/11/5。〈空軍發言人：空軍繼續實施東海防空識別區空中警巡〉，《人民網》〈<https://military.people.com.cn/BIG5/n1/2016/1105/c1011-28837027.html>〉(檢索日期:西元 2022 年 11 月 18 日)。

二、建議：

然而面對中國智能化發展大幅擴充的軍備和飛彈攻擊的威脅，國軍應依「早期預警、快速反應、有效反制」的戰備整備目標，儘速構建低空層反彈道飛彈系統，並自力研發中、長程導彈，建立剋制敵人之道，才能以可恃戰力，達成我「有效嚇阻、防衛固守」的戰略目標，確保國家安全。³⁵至於防空部隊未來因應作為個人建議如下：

(一)自主研發：希望國家能在經費和預算挹注多投入防空武器自主研發的範疇，在美國拜登總統提出對臺軍售將限定「不對稱戰力」，彼此在不對稱戰力的認知差異，導致多項軍售案以不符合非對稱戰力原則為由被加以否決，因此國軍因應共軍現代威脅不僅要有創新思維，更應建立不對稱能力，建立起不對稱能力不會取代重層防禦擊敗共軍，但它可以阻止共軍充分使用正在開發的先進武器並削弱其效力之觀念，且有許多的因素受限於國際章約限制而無法有效的推展執行，³⁶惟有透過自主研發能夠提高國防能力確保國家安全，不依賴其他國家的技術和武器系統，從而實現獨立自主，促進臺灣的科技發展和進步，進而提高臺灣的國家形象，使其在國際上獲得更多的尊重和認可。

(二)建置反制無人機系統：未來，無人機將不可避免地融入空防作戰，加快防空力量構成和作戰樣式的改變，空域警巡、空情中繼、精確導引抗擊、無人機格鬥、群機對抗以及快速設障布防等立體全維的積極空防樣式將應運而生，面對共軍火箭軍智能化提升其精準打擊之能力，國軍應擴建廉價的空中誘餌機編隊群，使用大規模廉價且易操作之無人飛行載具，此編隊可由旋翼/多旋翼無人飛行載具、固定翼飛機，甚至構改老化戰鬥機成自動化無人飛行載具而組成的混合體，主要任務是在重要海域的海、空中建構密集立體防禦天羅地網、充當目標誘餌，可阻滯或誘敵之無人空中載具，以攔截破壞敵地對面或空對面武力，消耗共軍進襲的飛彈。

(三)強化電子反制能力：電子作戰正在逐步的抬頭，通過使用電子技術和電磁波譜的不同部分來干擾、破壞或控制對手的通信、雷達、衛星等系統，從而達到破壞敵方戰鬥能力的目的，是未來作戰中重要的一環，而且相比研發打擊或防禦武器，電戰武器的研發相較技術需求門檻較低，且可嘗試與民間企業合作，防空部隊為提升戰場存活率，可強化電子反制能力，破壞敵方的通訊、雷達等系統，降低對方的作戰效能，從而減少我方的戰鬥損失，並破壞敵方的情報獲取能力，從而提高我方的作戰保密性，保障作戰安全。

³⁵ Ettoday，2011/12/27。〈中國戰術導彈現況〉，《痞客邦》〈[https:// sxvobbva.pixnet.net/blog/post/10818417](https://sxvobbva.pixnet.net/blog/post/10818417)〉（檢索日期:西元 2022 年 11 月 18 日）。

³⁶ 林興盟，〈八一七公報不止六項保證 雷根備忘錄解密對臺軍售關鍵〉，《中央通訊社》，2019 年 9 月 18 日，〈<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/201909180032.aspx>〉（檢索日期:西元 2023 年 2 月 21 日）

(四)建立新觀念：綜觀中共空軍現代化的進程，為因應「空天一體、攻防兼備」戰略要求，期望發展成「戰略空軍」以打贏「信息化的局部戰爭」，不僅已在武器性能獲得成長，更針對人員素質與技能謀求精進，促使人員與武器的密切結合。³⁷防空部隊應以國際戰事為參考，面對不同戰場環境及文化教育，不對稱戰力發展不僅是在單純武器的對比，更著重於攻擊對象與不對稱戰力中建立相對「廉價、受損小、效益高、易執行」的作戰效益，打亂敵作戰節奏與速戰速決企圖，正視未來局勢，臺澎防衛作戰已面臨無人體系戰場，象徵新時代戰爭的來臨。

³⁷ 謝茂淞，〈研析中國大陸空軍的實戰化訓練〉，《空軍學術雙月刊》第 683 期，2021 年 8 月，頁 20。

第一作者介紹

單位：空軍指揮參謀學院

職務：少校

姓名：盧昱帆

學歷：陸軍砲兵學校 99 年班、陸軍砲兵學校正規
班 105 年班、空軍指揮參謀學院 112 年班

經歷：飛彈連副排長、排長、副連長、連長、營參謀主任

研究領域：鷹式飛彈、天弓三型飛彈



第二作者介紹

單位：空軍指揮參謀學院

職務：中校教官

姓名：林明智

學歷：空軍預官 90 年班、空軍指揮參謀學院 104 年
班、政大外交系戰略與國際事務碩士 107 年班

經歷：飛彈連排長、副連長、連長、營參謀主任、
行政參謀官、空院學員隊隊長

研究領域：聯合防空作戰



中美無人作戰飛行載具發展與趨勢之研究

Research on the development and trend of UCAVs in China and the U.S.

吳冠昇(Kuan-Sheng Wu)

國防大學空院指參112年班學員

吳俊緯(Jun-Wei Wu)

國防大學空軍指參學院

摘要

自航空器的發明開始，制空權的掌控已然成為贏得戰爭的關鍵因素，而航空器也逐漸從有人載具發展出無人飛行載具的型態，無人飛行載具具有成本低廉、滯空時間長等特點，逐漸成為戰爭中不可忽視的空中力量；而隨著中共迄今仍不放棄武力犯臺，舉凡透過認知作戰、運用軍用無人機、無人飛行氣球等，密集不間斷侵擾臺灣周邊海空域的行為，在近期甚至也運用聯合軍事威懾、灰色地帶襲擾、飛彈試射或設立禁航區，派遣軍機、艦逼近臺灣領海、領空，鑑此，我國此刻正面臨到前所未有的軍事壓力。

無人機的出現徹底的改變戰場上的思維與戰術運用，而中國在軍事方面迅速的崛起，已經讓美國無法忽視並且正式將其視為競爭對手，本次軍事專題盼藉由研究軍事實力最強的兩大國家中，關於軍用無人機發展的歷史、現況與未來趨勢，並從中找尋出對應的方式，據以在共軍不間斷的軍事脅迫中找出應對方式，確保我國領空安全。

關鍵詞：無人作戰飛機、灰色地帶、不對稱作戰

Abstract

Since the invention of aircraft, control of the airspace has become a critical factor in winning wars. Aircraft have evolved from manned vehicles to unmanned aerial vehicles, which possess characteristics such as low cost and long loitering time. Unmanned aerial vehicles have gradually become an indispensable aerial force in warfare. However, as the CCP continues to refuse to renounce the use of force against Taiwan, they have been incessantly conducting disruptive activities in Taiwan's surrounding maritime and airspace, employing tactics such as cognitive warfare, military drone usage, and unmanned aerial balloons. Recently, they have even resorted to joint military intimidation, grey zone harassment, missile testing, establishment of no-fly zones, and dispatching military aircraft and vessels to approach Taiwan's territorial waters and airspace. Therefore, our country is currently facing unprecedented military pressure.

The emergence of drones has completely changed the thinking and tactical application on the battlefield. China's rapid rise in the military sphere has made it impossible for the United States to ignore, officially designating it as a competitor. In this military research topic, we hope to study the history, current situation, and future trends of military drone development in the two most powerful countries in terms of military strength. Through this research, we aim to find corresponding strategies to cope with the continuous military threats from the Chinese military and ensure the security of our airspace.

Keywords : Unmanned combat aircraft 、 Gray zone 、 asymmetrical combat

壹、前言

自1890年代無人飛行載具概念被提出後至今，無人飛行載具歷經了相當漫長的研發與設計，從近代的戰爭中也越來越常看到各種不同功能的無人飛行載具穿梭在戰場中發揮影響力。在俄烏戰爭中，隨著戰事演進，俄軍裝甲車、坦克車遭受無人作戰飛行載具破壞被遺棄在路邊；自一戰以來，坦克在戰爭中一向扮演關鍵角色，無人飛行載具的出現讓許多專家開始重新檢視坦克在無人飛行載具時代的意義。¹

我們不難推斷在未來戰爭中「不對稱作戰的戰術思維」將成為一種全新的作戰模式，在科技日益發展下，無人飛行載具將具備群集性、機動性、適應性及資訊網路交互性的能力，且用途廣泛、體積小、價格低廉、可反覆回收使用、隱密性好、機動性高、可長時間滯空及降低人員傷亡等優點，適合執行高風險的任務，並能協同有人戰機執行作戰任務，甚至完全取代有人戰機。近年來中共國防預算逐年倍增，傾全國之力發展無人飛行載具，逐漸地縮短與美國、以色列等國之間的距離。現今中共依然未放棄以武力犯臺情況下，未來在臺海作戰環境若中共運用大量無人作戰飛行載具，以集群編隊的方式進襲，將對我空防造成極大威脅。

本文重點著重在分析中國與美國無人作戰飛行載具(Unmanned combat aerial vehicle)上的起源與應用，中、美兩國是全球軍事實力最強與軍事投資最多的兩個軍事強權，而無人作戰飛行載具是一種可以具備同等於有人攻擊機的性能、火力及航程，且具執行全天候作戰能力、作戰成本低、可排除人員疲勞因素及降低戰損率等優勢的攻擊型武器，綜觀無人作戰飛行載具自二次世界大戰以來幾場大型戰爭的使用，因具有隱匿性高、滯空長、操作簡易、攜行容易、機動性高、不受地形限制、可長時間值勤、提供即時影像、發射回收作業簡易與不受氣候因素影響等特性而獲得青睞，且各國為增加作戰效益及降低成本，也發展出維修簡單、單價低廉、多用途，具有自動飛行控制、即時影像及資訊傳輸等先進功能的旋翼型及定翼型無人飛行載具，隨著科技進步與無人飛行載具技術的改良下，更能看出無人飛行載具在現代社會各個領域中扮演愈趨重要與關鍵的角色。本研究將探討在不同時空背景下「中」、美兩國運用無人作戰飛行載具的發展目標及能力，運用官方公開文件、書籍、期刊、報紙、網路等資料，藉整理、歸納、比較等方式，藉此掌握無人飛行載具運用於軍事之演變，以及「中」美無人作戰飛行載具發展概況，最後論證無人作戰飛行載具之特點、未來趨勢與因應對策，期望能建構出以目前系統為基礎改良之建議。

因此，藉探討「中」美無人作戰飛行載具發展趨勢，彙整相關資料及文獻進行分析，並

¹ Techorange 科技橘報，〈【烏俄戰爭】無人機、大數據，烏克蘭與俄羅斯打響 AI 戰爭第一槍？〉，〈<https://buzzorange.com/techorange/2022/03/01/russia-ukraine-ai-war/>〉，(檢索日期：2022 年 3 月 1 日)。

分析在未來複雜的電磁作戰環境及中共不斷持續運用各種手段壓縮我生存空間的環境之下，我國在遂行整體防空作戰的考量中，針對無人機發展需具備何種能力、因應作為及研究方向，有效確保我空防安全，保衛國家之使命。

貳、無人作戰飛行載具的沿革與歷程

一、無人作戰飛行載具的沿革

隨著科技的進步及戰爭的需要，當人們逐漸意識到無人飛行載具的發展可以對戰場產生質的變化，就開啟了無人飛行載具研發的歷程，迄今為止可將發展分為五個階段(如表 1)：

(一)初始問世階段(西元 1900 年以前)

1849 年，無人機首次用於軍事用途，一位名叫 Franz von Uchatius 的奧地利砲兵中尉萌生在威尼斯發射載有炸藥的氣球的想法，於 7 月 12 日進行，但因風向不利失敗。

(二)研製開發階段(1900 至 1950 年)

1917 年，俄亥俄州代頓市的察爾斯·凱特林(Kettering)發明了無人駕駛的凱特林空中魚雷，綽號 Bug，魚雷的內部預設氣動和電氣控制系統沿著軌道運行的四輪小車發射，穩定地引導它朝向目標，並在到達預定的時間及高度後，藉由控制器將電路關閉，從而關斷發動機，而後其翅膀被釋放導致魚雷墜落到地面，將它所攜帶的 180 磅炸藥撞擊引爆。²英國皇家空軍因應第一次世界大戰，其飛行訓練學校進行了無人飛行載具的試驗，此時英國需要有效的方法來訓練飛行員，當時的空戰打靶練習通常是通過在載人飛機後面拖曳滑翔機來完成的，然而該方法未能提供與敵方戰鬥機進行實戰交戰的逼真模擬，作為回應，De Havilland 公司所設計的 DH.82B 蜂后(Queen Bee)無人飛機成為了一種為空中目標練習開發的低成本無線電遙控無人機，許多人認為它是第一款現代無人機。

(三)實戰運用階段(1950 至 1960 年)

由於南、北韓戰爭的爆發，美軍與北韓在海上進行長時間的戰火對峙，美軍運用了數千架無人飛行載具完成戰場偵察和校正，這也使得美軍砲火攻擊的準確度大大提升。另外美軍也使用小型無人直升機部署於各類型驅逐艦上，以其攜帶之武器，攻擊被標定的蘇聯潛艇，可謂為「空、海」作戰結合之實例，於是各國逐漸瞭解無人飛行載具運用於戰場之諸多好處與實際效用³；至此，可以發現無人機已逐漸自觀測、偵察的功能

² Kettering Aerial Torpedo “Bug” 〈<https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/198095/kettering-aerial-torpedo-bug/>〉(檢索日期：2023 年 3 月 21 日)。

³ 《航特部 101 戰術戰法研討會內容》，(臺北：國防部)，民 102 年 7 月，頁 19。(檢索日期：2023 年 3 月 21 日)。

演進為多用途、作戰化的飛行載具。

(四)廣泛使用階段(1960 至 1990 年)

隨著航空科技的更進一步發展，以色列成功地自行研發出無武裝輕型無人飛行載具，1982 年的「加利利和平」戰爭中，利用無人飛行載具進行照相偵察，透過掌握敵方防空飛彈基地位置進而採取適當的誘敵與搜索的行動。由於能有效的偵測到敵方之作戰參數，使得以軍得以贏得壓倒性勝利。無人飛行載具至此一時期，已達到全方位使用於陸、海、空戰場上。⁴

(五)技術運用階段(1991 年迄今)

過去這二十餘年裡，隨著航空科技突飛猛進及日益更新下，無人飛行載具邁入高技術運用階段。⁵1991 年波灣戰爭，以美國為首的多國聯合作戰部隊，成功的使用「先鋒」無人飛行載具進行戰場的空中偵察、戰損評估、射擊校正、射擊目標賦予及通信中繼等任務，並在第一時間提供後勤指揮所大量真實的戰場圖片及情報資料；在沙漠風暴行動中，美軍發射專門設計之小型無人飛行載具作為誘餌藉以欺騙敵方的雷達系統；近期美軍於伊拉克與阿富汗作戰時，也部署了戰術型高空無人飛行載具「全球鷹」(RQ-4 Global hawk)，⁶執行兵力防護任務並偵測圖像，提供近一萬五千餘張情報表供指揮官做出正確判斷；1996 年，當美國開發「掠奪者」(MQ-1 Predator)無人機後，這個無人飛行載具平臺以前所未有的方式將武器化無人機帶到了戰場。「掠奪者」成功的在許多危險、不確定的戰區實施情蒐、偵察、目標標定等任務，其裝配合成孔徑雷達，可提供 4 英吋解析度的影像，具全天候作戰能力，除了強化戰場影像即時視訊的傳輸功能，還可以運用遠距武器執行精準打擊任務。⁷

⁴ 《航特部 100 戰術戰法研討會內容》，(臺北：國防部)，民 100 年 07 月，頁 24。(檢索日期：2023 年 3 月 21 日)。

⁵ 《航特部 102 戰術戰法研討會內容》，(臺北：國防部)，民 102 年 07 月，頁 15(檢索日期：2023 年 3 月 21 日)。

⁶ 康曉嵐，2020/6。〈無人飛行載具在防衛作戰運用的探討〉，《戰略與評估》，第十一卷第一期。(檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

⁷ 葉原松，2018/6。〈無人飛行載具遂行 海上監偵任務之研究〉，《海軍學術雙月刊》，第五十二卷第二期。(檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

表 1 無人作戰飛行載具的沿革表

階段	年代	用途
初始問世階段	1900 年以前	1849 年奧地利砲兵中尉萌生載有炸藥的氣球想法，後因風向而失敗。
研製開發階段	1900 至 1950 年	1.1917 年美國俄州 Kettering 發明空中魚雷，攜帶 180 磅炸藥撞擊引爆。 2.英國 De Havilland 公司設計蜂后(Queen Bee)無人遙控飛機，為空軍空中交戰練習使用。
實戰運用階段	1950 至 1960 年	美軍於南北韓戰爭，運用數千無人飛行載具完成戰場偵察和校正，提升砲火攻擊準確度。另使用小型無人直升機，攻擊蘇聯潛艇。
廣泛使用階段	1960 至 1990 年	以色列以無武裝輕型無人飛行載具進行照相偵察，在 1982 年「加利利和平」戰爭中得以贏得勝利。
技術運用階段	1991 年迄今	1.1991 年波灣戰爭，美國「先鋒」無人飛行載具進行空中偵察、戰損評估、射擊校正、射擊目標賦予及通信中繼等任務。 2.沙漠風暴行動，美軍發射小型無人飛行載具欺敵。 3.阿富汗戰爭，美軍「全球鷹」(RQ-4 Global hawk)，執行兵力防護任務並偵測圖像。 4.1996 年美國開發「掠奪者」(MQ-1 Predator)無人機，於各戰場實施情蒐、偵察、目標標定等任務。

資料來源：本研究整理。

二、無人作戰飛行載具的戰略運用

無人飛行載具裝載可攻擊性武器，並用於軍事用途上，被歸類為無人作戰飛行載具(Unmanned Combat Aerial Vehicle 無人作戰飛行載具)，目前已可替代有人駕駛的戰機執行部分任務，可執行情報蒐集、監視、偵察、近距離空中支援、貨物和補給、通信中繼等任務，在傳統作戰中指揮官往往需要派出兵力蒐集大量情報，並過濾錯誤資訊，才能作出決策；而在現代化的戰爭中，機會轉眼即逝，運用無人作戰飛行載具可低成本，高效率的方式降低傷亡及損耗，並且可以獲得更加即時且完整的戰況與戰果，並透過更高的任務成功率，讓其在戰場上能見度越來越高，不論是共軍針對國內疆域採用無人機進行偵察任務，或是美軍在科索沃戰爭、阿富汗及伊拉克戰爭等皆獲得非常卓越的成果，因此如何運用無人作戰飛行載具，執行偵察搜索、掌握動態、精準打擊及戰果評估等任務需求，已是世界各國軍事發展中不可忽視的一環，也顯示出無人作戰飛行載具在各國軍事裝備上的重要性逐年升高。

目前無人作戰飛行載具的運用除了執行聯合情監偵及精準打擊任務的戰鬥層級之外，美軍亦朝向取代有人戰機執行空中加(授)油、空對空作戰任務、戰略轟炸、戰鬥管理和指揮與控制、壓制和摧毀敵方防空系統及電子戰等軍事面向研究，以下僅就無人作戰飛行載具在戰場上更多元的用途與影響做介紹：

(一)空中加(授)油：在遠距、長航程的任務中，特別是在遠離空軍基地的地方，使用空中加油能夠為其他飛機增加其航程並延伸戰略打擊的距離，而在高風險的地區中，透過無人加油機可以降低載人加油機執行任務的風險。目前美國海軍正在對 MQ-25「黃貂魚」艦載無人加油機進行評估與相關採購；⁸美國國防高級研究計劃局也進行了研究，以測試 RQ-4 全球鷹無人機作為長航時空中加油平臺的適用性。

(二)空對空作戰：在早期無人作戰飛機發展概念中，就曾試圖以空戰任務與敵機交戰並試圖摧毀它們。如海軍的無人艦載監視與打擊 (Unmanned Carrier-Launched Surveillance and Strike ,UCLASS) 計劃旨在開發外型趨近戰鬥機大小且具輕型打擊能力的無人作戰飛機；⁹近幾年波音公司試圖將忠誠僚機加入與有人戰鬥機的編隊中協同作戰。¹⁰這種編隊概念來自美國空軍對空中武力編隊系統的研究與來自 Skyborg 計劃，該系統並在正在澳洲進行試驗，¹¹其他概念則是藉由更自主的系統與模型，透過全面的傳感器和戰鬥管理系統來提供目標指定，讓無人作戰飛機得以在有人作戰戰機或轟炸機抵達空域之前執行廓清或先期制壓的任務。

(三)戰場搜救與傷患後送：自戰場定位和救出遭擊落的人員，稱為戰場搜救及空中傷員後送，任務過程中，人員可能需要長時間處於高威脅的環境，由於其耐受度和受限空間的影響，無人飛機系統在特定環境中具有不需要機組人員接替及執行搜索任務時不容易被發現的優勢。無人飛機系統使軍方能夠將無人機部署在比有人機更靠近前線的位置，從而有效減少定位和疏散人員所需的時間；儘管有上述的優點，但依然有載人飛機無法取代的地方，就是在傷員後送任務中將傷員運送到治療設施的過程中需要時間，而搜救部隊可以將傷員安置在機上直接進行醫療救援，缺少機組醫療人員會妨礙在飛行

⁸ 觀察哨，2021，6/17。〈攻擊型「黃貂魚」，不能只做加油機，美國海軍開發 MQ-25 的新能力〉，《每日頭條》，〈<https://kknews.cc/zh-tw/military/6rxp8rq.html>〉(檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

⁹ 軍事，2015，1/9。〈美國海軍將組建艦載無人作戰飛機導入小組〉，《人民網》，<http://military.people.com.cn/BIG5/n/2015/0109/c172467-26358376.html>。

¹⁰ 軍事動態，2020，12/21。〈波音「忠誠僚機」進行高速滑行測試 明年將進行首飛〉，《自由時報》，〈<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3387670>〉(檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

¹¹ 軍事，2020，12/21。〈忠誠僚機人工智能無人飛行系統取得重大進步〉，《搜狐》，〈https://www.sohu.com/a/455179676_630614〉(檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

期間提供搶救。¹²

(四)貨運和補給：軍方在貨運和補給任務中使用了無人機系統，例如美國海軍陸戰隊在阿富汗的行動中使用了旨在取代地面運輸部隊，名為 K-MAX 的無人直升機。¹³在此行動中 K-MAX 無人直升機經由導控飛行到偏遠的前哨基地，運載重達 6,000 磅的補給品。

¹⁴美國海軍也試驗了一種小型無人飛行系統，名為 Volansi VOLY 10，可在 15 英里的範圍內運送 20 磅的貨物。¹⁵此外，美軍也測試了一種名為 Silent Arrow 的無人駕駛滑翔機系統，從 C-130 Hercules 運輸機投射出，當在 25,000 英尺釋放時，可運送重達 1,650 磅的貨物，¹⁶並能滑翔大約 40 海浬距離。

(五)電子戰：無人作戰飛機可配備干擾敵方電子設備的射頻干擾設備，作為電子戰攻擊平臺打擊敵人；消耗性無人飛機適合於電子戰，因為干擾設備需要足夠的功率來干擾電子設備。當飛機干擾對手的無線電頻率時，其電磁信號會增加；與不發射高功率無線電頻率的常規飛機相比，敵人可以更容易地偵測到進行電子作戰的無人飛機。因此，如果敵人為了應對干擾的影響而選擇摧毀飛機，無人飛機可以大幅降低有人駕駛飛機所需面臨的風險。儘管美國尚未公開討論使用無人作戰飛機進行電子戰，但美國國防部已為此任務開發了巡航導彈，這些導彈基本上設計為一次性消耗的載具。例如，空軍開發了微型空射誘餌(MALD)和微型空射誘餌干擾機(MALD-J)，這些空射巡航導彈旨在模擬出更大的飛機雷達截面積並誘使敵人誤解為真飛機，藉以干擾敵方的防空系統其獲取雷達參數。¹⁷

¹² See, inter alia, Paul Scharre, “Left Behind: Why It’s Time to Draft Robots for CASEVAC,” War on the Rocks, August 12, 2014, at <https://warontherocks.com/2014/08/left-behind-why-its-time-to-draft-robots-for-casevac/>; and Mandy Langfield, “Unmanned K-MAX performs first casevac,” AirMed & Rescue, April 30, 2015, at <https://www.airmedandrescue.com/latest/news/unmanned-k-max-performs-first-casevac>. (檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

¹³ U.S. Congress, Senate Committee on Armed Services, Subcommittee on Seapower, Marine Corps Ground Modernization and Naval Aviation Programs, 116th Cong., 1st sess., April 10, 2019, p. 49, at https://www.armedservices.senate.gov/imo/media/doc/19-38_04-10-19.pdf. (檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

¹⁴ Matthew Cox, “Marine Corps Wants to Upgrade its K-MAX Pilotless Cargo Helicopters,” Military.Com, April 10, 2019, at <https://www.military.com/daily-news/2019/04/10/marine-corps-wants-upgrade-its-k-max-pilotless-cargohelicopters.html>(檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

¹⁵ Brett Tingley, “Drone Makes First Autonomous Aerial Delivery Between Two Military Vessels,” The Warzone, August 4, 2021, at <https://www.thedrive.com/the-war-zone/41838/drone-makes-first-autonomous-aerial-delivery-between-two-military-vessels>(檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

¹⁶ Brett Tingley, “Autonomous Resupply Gliders Made Successful Deliveries On Their First Overseas Deployment,” The War Zone, February 2, 2022, at <https://www.thedrive.com/the-war-zone/44111/autonomous-resupply-glidersmade-successful-deliveries-on-their-first-overseas-deployment>, and Silent Arrow, “Silent Arrow® Autonomously Delivers 1,026 Pounds of Cargo,” press release, January 31, 2022, at <https://silent-arrow.com/news-%26-media/f/silentarrow%C2%AE-autonomously-delivers-1026-pounds-of-cargo>(檢索日期：2023 年 2 月 9 日)。

¹⁷ 中國航空報，2018，12/18。〈小型空射誘餌美軍最新空射誘餌彈展望〉，《中國航空新聞網》，〈<https://www-cnnnews-com-cn.translate.google/2018/1218/186620.shtml>〉(檢索日期：2023 年 3 月 1 日)。

總結來說，無人作戰飛行載具消除了飛行員的操作風險與獲得滯空能力的提升，不僅可以延長航空器的留空時間，以取得更多聯合情監偵的成果，避免飛行員不必要的執勤與耗損，更彈性的任務分配與賦予，雖然就目前為止，無人作戰飛機的整體技術還未能夠完全取代有人駕駛飛機，但整體來說，無人作戰飛機的技術歷經數十年來的研發與應用，已經取得了很大的進展，且變得越來越可靠，預測在 AI 與大數據的輔助之下，不久的將來，許多原本由有人駕駛戰機所進行的任務將會由無人作戰飛機來執行。

參、中美無人作戰飛行載具發展概況

一、中共無人作戰飛行載具分析

2012 至 2022 年航展成果不難看出，中共在無人機領域上投注了大量資源，並期許透過國產自製與外銷手段強佔軍武市場，迄今為止在無人作戰飛機的外銷總額已僅次於美國，為全球第二大的輸出國家。中共現役主要發展機種，說明如後：

(一)偵察型軍用無人機(如表 2)：

- 1.ASN-209：西安愛信科技集團有限公司研製的多用途戰術無人機，具全天候執行任務能力，航行時間達 10 小時，可執行空中偵察、戰場監視、目標定位、校正火炮射擊、戰場評估、邊境巡邏等任務，¹⁸且配備電子戰傳感器後能執行電子攻防作戰。ASN-209G 型為中國首款出口至海外國家的無人機型。
- 2.長虹-1 型(無偵-5)：是中國北京航空學院於 1972 年首飛，1980 年通過設計定型所研製的一種高空、高亞音速無人駕駛偵察機，它使用可見光照相機從 5 個視窗進行晝間高空攝影偵察任務，該機由一架運輸機攜帶於空中放飛，用降落傘回收，¹⁹最大滯空時間為 3 小時。
- 3.翔龍(無偵-7)：該無人偵察機全機長 14 公尺，翼展 25 公尺，機身高約 5 公尺，正常起飛重量 6,800 公斤，任務有效載荷 600 公斤，巡航高度為 18,000 至 20,000 公尺，巡航速度超過 700 公里/小時，其作戰半徑可達 2,500 公里，續航時間最大 10 小時，其隱形設計可有效降低雷達截面積，並可執行情報監視、戰略偵察及通信中繼等任務，並具備引導彈道飛彈攻擊目標的能力，該型機可為反艦彈道飛彈及巡弋飛彈等指定目標，有「航母殺手」之稱的東風-21D 導彈。據資，翔龍無人機已經實戰化列裝，其公布具

¹⁸ 蔡志銓，2021/5。〈中共強化無人飛行載具發展及我海軍因應之作為〉，《海軍軍官學術期刊》，第 40 卷第 2 期。(檢索日期：2023 年 2 月 4 日)。

¹⁹ 軍事，2017，11/1〈第一代國產無人機無偵 5 系仿自美軍 能高空拍照進行地面偵察〉，《每日頭條》，〈<https://kknews.cc/zh-tw/military/ez958aq.html>〉(檢索日期：2023 年 3 月 11 日)。

有引導反艦彈道飛彈攻擊大中型軍艦的能力。²⁰並於後續證實翔龍無人機已被噴上中國空軍的深灰色塗裝，其機身尾部也出現了軍徽圖案，說明翔龍無人機已正式服役。

- 4.BZK-005：為哈爾濱飛機工業與北京航空航天大學聯合設計的一種力中高空遠程無人偵察機，機長大約 10 公尺，翼展可達到 20 公尺，續航時間為 40 小時最大搭載重量 150 公斤，²¹可以攜帶一個相當大型化的光電夾艙及光學鏡頭，具備長程的偵察任務、圖像傳輸及遠程打擊等能力。

表 2 中共偵察型軍用無人機性能諸元表

武器裝備名稱	性能諸元
ASN-209	性能：全天候執行任務能力、續航 10 小時、具電子戰能力。 用途：空中偵察、戰場監視、目標定位、校正火炮射擊、戰場評估、邊境巡邏等任務
長虹-1 型 (無偵-5)	性能：高空(亞音速)無人偵察機、續航 3 小時。 用途：晝間高空攝影偵察任務。
翔龍 (無偵-7)	性能：巡航速度超過 700 公里/小時，作戰半徑達 2,500 公里，續航 10 小時，具隱形功能。 用途：情報監視、戰略偵察、通信中繼。
BZK-005	性能：續航 40 小時，最大載重 150 公斤，配備大型光電夾艙及光學鏡頭。 用途：長程偵察任務、圖像傳輸及遠程打擊等能力。

資料來源：本研究整理。

(二)偵打一體無人機(如表 3)：

- 1.翼龍系列：翼龍系列無人機(翼龍-1、翼龍-2、翼龍-3)是中國成都飛機設計研究所研製的偵打一體化、多用途無人機，主要負責偵察、監視和對地打擊等任務，具有全自主水平起降和巡航飛行能力、空地協同能力、地面接力控制能力，可按使用需求裝載多型光電/電子偵察設備以及小型空地精確打擊武器。²²
- 2.利劍(攻擊-11)：為中國瀋陽飛機設計研究所設計、成都航空工業集團生產的大型隱形無人攻擊機，其最明顯的特徵，就是尾部的排氣口整體流線化，並修改進氣口設計，大幅提高躲避雷達能力，可搭載 2 枚 2,000 磅彈藥，並透過衛星資料鏈，在遠離中國大陸的地方執行長程的偵察及監視任務，也可對陸、海上目標精準打擊。²³

²⁰ 軍武新知，(「無偵-7」曾擾臺空域 中國宣稱比美軍「全球鷹」還強)，《自由時報》，〈<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4172447>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 1 日)。

²¹ 百科知識，(BZK-005 型無人機)，《維基百科》，〈<https://www.jendow.com.tw/wiki/BZK-005>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 1 日)。

²² (翼龍無人機)，《中文百科》，〈<https://www.newton.com.tw/wiki/%E7%BF%BC%E9%BE%8D%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F/10644337>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

²³ (進化！陸利劍無人機隱形功力大增)，《中時新聞網》，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20191002001285-260417?chdtv>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

3.彩虹系列：為中共外銷的無人機型，其彩虹三號是偵打一體化的無人機，著重於中空與超低空下執行偵察與打擊任務，頭部採用鴨翼設計，尾部配有後置的螺旋槳，配合較寬的機翼面積，能夠有效提高無人機的飛行氣動性能，降低油耗同時增加航程，並可攜帶光電設備及 AR-1 型空對地飛彈。彩虹四號與三號技術水平相似，²⁴不過其任務用途是定位在中空長航時的偵察打擊任務，同時提高了掛載能力，運用空對地飛彈實施精準打擊。彩虹五號則大幅增加了其掛載能力，²⁵6 個翼下掛點可以輕易地掛載 6-8 枚空對地飛彈，如果採用複合式掛架，酬載量可增加至 16 枚飛彈或是精確制導炸彈，可以持續巡航超過 35 小時，作戰半徑突破了 5,000 公里並配備通訊指揮系統，可與其他無人飛行載具混合編隊、聯合攻擊及指揮小型無人機執行集群作戰。彩虹六號的研發徹底捨棄了螺旋槳設計，改採用背部的兩具渦扇噴氣式發動機提供推力，時速可以超過 800 公里，更扁平的機頭與機身設計，可有效提升高空高速飛行的適應力，作戰半徑超過 6,000 公里，同時因為不同的推力設計，其酬載能力可以達到 2 噸甚至更多，可以對敵方目標實施強大的火力打擊。²⁶彩虹七號是中共最新研製的高空長航程隱身無人機，外形類似美國的 B-2 隱身轟炸機，該機採用了飛翼式佈局，同時減少了垂直尾降低了阻力，並增加了航程，內置彈艙的設計，酬載量約 2-3 噸左右，並可依作戰需要選擇配置反輻射飛彈、空對地飛彈、遠程炸彈或反艦飛彈，適用於高價值目標打擊任務。²⁷

4.TB-001 雙尾蠍：四川騰登科技公司研發的「TB001」作戰偵察無人機，具備 4 具發動機，外觀號稱是目前最大型，代號「雙尾蠍」又被稱為「TW328」。該款無人機可攜帶大量導彈、炸彈，雙向通訊距離半徑可達到 3000 公里，「TB001」最大起飛重量為 2.8 噸，總翼展為 20 公尺，長 10 公尺，高 3.3 公尺，在高度 8000 公尺的最大航程約 6000 公里，攜帶 1 噸有效載荷時，續航達 35 小時。最大載彈量達 24 枚，更可攜帶單發重量更大的精準導引武器，包括 250 公斤導引炸彈。²⁸

²⁴ (彩虹四號無人機)，《維基百科》，〈<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%BD%A9%E8%99%B9%E5%9B%9B%E8%99%9F%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

²⁵ (彩虹五號無人機)，《維基百科》，〈<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%BD%A9%E8%99%B9%E4%BA%94%E5%8F%B7%E6%97%A0%E4%BA%BA%E6%9C%BA>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

²⁶ (驚艷！最新款彩虹-6 無人機首次公開亮相)，《人民網》，〈<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2021/0930/c1011-32244312.html>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

²⁷ (大陸彩虹-7 無人機亮相珠海航展 具隱形可攜導彈)，《經濟日報》，〈<https://money.udn.com/money/story/5603/6764579>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

²⁸ (解放軍「最大無人機」雙尾蠍曝光！3000 公里外殲滅敵人)《ETtoday 新聞雲》，〈<https://www.ettoday.net/news/20191204/1593785.htm>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

- 5.飛鴻 97：為一款新型的中程高速偵打一體隱形無人機，外觀上與殲-20 戰機相似，其機首下方也有與殲-20 機首下方類似寶石型凸起結構，研判應是光電瞄準系統(Electro-optical targeting system,EOTS)。飛鴻-97 具備隱身、先進光學系統與電子偵察能力，在 1,000 公里作戰半徑內快速抵達戰區，機身採用機背進氣，兩具發動機噴口進行隱形處理，機腹彈倉最多可容納 12 枚飛鴻-901 巡飛蜂群無人機，這意味飛鴻-97 可作為長機，在空中投放小型無人機可對目標實施智能化、集群化的密集精確打擊。²⁹
- 6.ASN-301：為中國自以色列進口哈比無人機後基於其基礎，所自行研製的國產型反輻射無人機，採用了機動的車載發射系統，一臺車可攜帶 6 架，由地面站臺導引，機身長 2.5 公尺，翼展 2.2 公尺，總重約 200 公斤，能夠以每小時 220 公里的速度飛行，續航時間約為 4 小時，可預先儲存 8 個目標數據，當探測到目標之後，立刻朝向目標俯衝，其採用炸藥引信，可以產生無數破片，攻擊半徑可以達到 20 公尺，達到摧毀目標的成果。³⁰最大的特點是機動靈活，能夠有效的制壓敵方雷達進行破壞或迫使其關機。

表 3 中共偵打一體軍用無人機性能諸元表

武器裝備名稱	性能諸元
翼龍系列 (1、2、3 型)	性能：具全自主水平起降、巡航飛行、空地協同、地面控制等能力，按需求裝載多型光電/電子偵察設備以及小型空對地精確打擊武器。 用途：偵察、監視和對地打擊等任務。
利劍 (攻擊-11)	性能：大型隱形無人攻擊機，搭載 2 枚 2,000 磅的彈藥。 用途：長程偵察與監視任務，對陸、海上目標進行精準打擊。
彩虹系列 (3、4、5、6、7 型)	性能：續航 35 小時、作戰半徑 5,000 公里，配備光電設備、反輻射飛彈、空對地飛彈、遠程炸彈或反艦飛彈，7 型具隱型能力。 用途：高(中)空長航偵察、高價值目標打擊任務。
雙尾蠍 (TB-001)	性能：通訊距離 3,000 公里、最大航程 6,000 公里、續航 35 小時，可配備精準導引武器。 用途：精準打擊任務。
飛鴻 97	性能：作戰半徑 1,000 公里，機腹彈倉可容納 12 枚飛鴻-901 巡飛蜂群無人機，具隱身功能。 用途：中程高速偵打一體隱形無人機、蜂群戰術。
ASN-301	性能：仿以色列哈比無人機，續航 4 小時，具反輻射能力。 用途：採用炸藥引信，攻擊半徑達 20 公尺，執行制壓、破壞雷達或迫使其關機。

資料來源：本研究整理。

²⁹ (飛鴻 97 或是殲 20 忠誠僚機，隱形多用途能力突出，又走在美國前面)《壹讀》，〈<https://read01.com/zh-tw/y688kNE.html#.ZDIMBHZBw2w>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

³⁰ 軍事，(反輻射無人機 天生雷達殺手)，《人民網》，〈<http://scitech.people.com.cn/BIG5/n1/2017/0809/c1057-29459273.html>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 1 日)。

二、美國無人作戰飛行載具分析

美軍越來越重視無人機的研發及應用，技術上克服了許多項實質應用上的缺陷，軍事戰略上進一步明確了無人機的地位和作用，這不僅將鞏固美軍未來戰爭中的技術優勢，也為「亞太再平衡」戰略提供重要支撐，以下僅就美軍現役無人機進行介紹(如表 4)：

(一)MQ-9 收割者偵察無人機：早期以 RQ-9 編號、代名為「掠食者」(Predator)，由通用原子航空系統公司為美國空軍、美國海軍和英國皇家空軍開發。簡述 MQ-1 的編號意義，M 為 Multi-role 的縮寫字，代表其任務是多用途，Q 係無人飛行系統(Unmanned Aircraft System)的代號，9 係指該型機的研發序列。³¹MQ-9 的渦輪螺旋槳發動機具有 900 馬力，效能為 MQ-1 的三倍。此外，它的載彈量更大，裝備 6 個武器掛架，可搭載海爾法飛彈和 500 磅炸彈，同時裝備電子光學設備、紅外線感測系統及合成孔徑雷達，具備更強 ISR 和對地攻擊能力，並能在作戰區域停留數小時，更加持久地執行任務。³²

(二)MQ-1C 灰鷹(Grey Eagle)：是一種中高度、長航時的無人機，它是由通用原子航空系統公司(GA-ASI)為美國陸軍開發的，作為通用原子公司 MQ-1 捕食者的升級版。它是在 MQ-9 收割者無人戰機的基礎上，應美軍未來空戰需求而後續開發的新機型。³³其初始代號為掠奪者 C 型(Predator C)，即：MQ-1 掠奪者(Predator)系列無人機的第三個發展型號。其能夠以最高 150 哩的速度在 25,000 英尺的高度飛行至少 27 小時。³⁴可攜掛四枚地獄火導彈，以及光電傳感器、合成孔徑雷達和通信中繼，機頭下方還配備了 AN/AAS-52 多光譜瞄準系統。感應器可以融合紅外線圖像，並在執行第二次掃描時使用 SAR 掃描和檢測地形變化，如輪胎痕跡、腳印和埋藏的簡易爆炸裝置。

(三)MQ-4C 海神高空無人偵察機：係美國海軍研製的高空長航時無人偵察機。³⁵旨在為廣闊海洋和沿海地區提供實時情報、監視、反潛偵察及搜救等任務，³⁶。MQ-4C 的設計建

³¹ 許邁德，〈【武備巡禮】MQ-9 無人攻擊機〉，《青年日報》，
〈<https://tw.news.yahoo.com/%E6%AD%A6%E5%82%99%E5%B7%A1%E7%A6%AE-mq-9%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%94%BB%E6%93%8A%E6%A9%9F-160000277.html>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

³² (MQ-9 無人機)，《中文百科》，〈<https://www.newton.com.tw/wiki/MQ-9%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F/9085377>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

³³ "Gray Eagle MQ-1C Unmanned Aircraft System". International Insider. 12 March 2020. (檢索日期：2023 年 4 月 24 日)。

³⁴ U.S. Army, "MQ-1C GRAY EAGLE UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM (UAS)," press release, November 5, 2021, at https://asc.army.mil/web/portfolio-item/aviation_gray-eagle-uas/. (檢索日期：2023 年 4 月 24 日)。

³⁵ GAO-15-342SP DEFENSE ACQUISITIONS Assessments of Selected Weapon Programs" (PDF). US Government Accountability Office. March 2015. p. 115. Archived (PDF) from the original on 24 September 2015. Retrieved 15 July 2015. (檢索日期：2023 年 2 月 24 日)。

³⁶ Royal Australian Air Force Reactivating Squadron to Operate New MQ-4C Tritons, <
<https://news.usni.org/2023/03/03/royal-australian-air-force-reactivating-squadron-to-operate-new-mq-4c-tritons>> (檢索日期：2023 年 2 月 24 日)。

立在 RQ-4 全球鷹的元素之上，包括對機身和機翼的加固、除冰和防雷系統。³⁷這些能力允許飛機在需要時穿過雲層下降，以便更近距離地觀察船隻和海上其他目標。傳感器套件允許通過收集有關船舶速度、位置和分類的信息來跟踪船舶。³⁸

(四)RQ-4 全球之鷹高空無人偵察機：係美國諾斯羅普·格魯門公司研制的高空長航時無人機，也是目前為止美國空軍乃至全世界最先進的高空無人偵察機。其飛行高度約在 60,000 呎，機身長 47.6 呎，翼展 130.9 呎，起飛重量 3,2250 磅，可續航 42 小時，最大航程高達 26,000 公里，透過攜帶了先進的雷達傳感系統，將可見光波和熱成像光波偵察系統巧妙地結合起來，能夠實現白天黑夜 24 小時不間斷的偵察，且這種雷達系統受複雜天氣影響非常小，通過軍事衛星能夠以極快的速度傳輸。

表 4 美軍無人機性能諸元表

武器裝備名稱	性能諸元
收割者 偵察無人機 (MQ-9)	性能：續航 30 小時，搭載海爾法飛彈和 500 磅炸彈，配備電子光學、紅外線感測系統及合成孔徑雷達，具 ISR 和對地攻擊能力。 用途：執行偵察及監控任務，對地進行精準打擊。
灰鷹 (MQ-1C)	性能：續航 27 小時，攜掛地獄火導彈及毒蛇攻擊制導炸彈，配備光電傳感器、合成孔徑雷達及通信中繼。 用途：偵察、監視、捕捉目標，並識別偽裝和穿透掩蓋物實施打擊。
海神高空 無人偵察機 (MQ-4C)	性能：續航 30 小時、作戰半徑 15,000 公里，可全天候執行海上偵蒐任務。 用途：情報、監視、反潛偵察及搜救任務。
全球之鷹高空無人 偵察機 (RQ-4)	性能：高空無人偵察機，最大航程 26,000 公里、續航 42 小時，可全天候執行偵察。 用途：偵察任務。

資料來源：本研究整理。

肆、無人作戰飛機的未來發展與因應

一、聯合情監偵與協同作戰

在美國軍方早已時常提及的一種被稱為「忠誠僚機」的概念，其目的為無人作戰飛機可以替有人飛機協同進行任務，美國空軍的 Skyborg 計畫正是源自於這種概念下所誕生，旨在支持這種無人/有人作戰飛機的新型作戰概念，並期望建立能夠自主收集數據和執行多項任務如目標識別及電子戰的無人飛機系統，以增強戰場態勢與環境感知能力，並輔助戰機完成任務。2020 年美國空軍公開的合約中揭露，Skyborg 計畫將無人機設計成為低成本、可重複使

³⁷ Aviation Week and Space Technology 18 June 2012(檢索日期：2023 年 2 月 24 日)。

³⁸ MQ-4C Triton: Persistent Maritime Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Archived 16 April 2014 at the Wayback Machine(檢索日期：2023 年 2 月 24 日)。

用的平臺，並且能夠在戰鬥中快速部署。³⁹同時還具有「開放式架構」的設計，允許藉由各式感測器、通信裝備和其他技術的模組化方式所構成。⁴⁰Skyborg 中的載具也可以與其他無人作戰飛機配合，例如女武神 XQ-58A 無人機(如圖 1)，一種具備匿蹤、低成本、中長程、次音速，專為執行自殺任務而量身打造的無人作戰飛機，能夠攜帶多達四枚 GBU-39B 小直徑炸彈及一枚 250 磅對地炸彈，美國空軍已經與 F-22 和 F-35 戰鬥機協同進行了聯合任務測試。並且後續還嘗試使用 XQ-58A 無人機執行電子戰、信號情報、反無人機和聯合情監偵等不同任務。



圖 1 「XQ-58A 女武神」(XQ-58A Valkyrie)

資料來源: U.S. Air Force, available at <https://www.af.mil/News/Photos/igphoto/2002617611>

隨著無人作戰飛機所賦予的任務越來越多元，想要在日益複雜的電磁作戰環境下完成任務，就需要依靠許多不同類型的有人/無人作戰飛機共同組成作戰系統與編隊，協同完成任務。在全域作戰構想下，無人作戰飛機需要與其他有人飛機執行聯合協同作戰，需要藉由大量的資料通信傳輸來達成通聯、取得即時的情報與戰況分析，並藉由數據鏈路的方式實現聯合作戰能力，同時在任務過程中還要注意到敵人電戰干擾，確保任務過程中各項數據資料傳輸均可被安全加密，並提高網路通信的抗干擾和防截獲能力。另人工智慧與大數據的發展，包括感測技術、衛星導航定位、飛行控制設計、研製更加耐航且省油的發動機等技術突破將會是實現無人機能夠逐漸成熟的關鍵原因，無人作戰飛機的限制將越來越小，尤其現今通過大量採用群體智慧理論及人工智慧的相關技術，無人作戰飛機已可實現主動識別目標，排定優先攻擊順序，選擇武器並執行攻擊決策；甚至可由高階無人作戰飛機擔任領隊，與數十架或數百架的低階無人作戰飛機組成集群，⁴¹攜載各種導引彈藥或高爆炸彈，由地面導控人員控制高

³⁹ Joseph Trevithick, "The Fight For the Air Force's 'Skyborg' Artificial Intelligence Equipped Drones Has Begun," The Drive, May 19, 2020, at <https://www.thedrive.com/the-war-zone/33567/the-fight-for-the-air-forces-skyborgartificial-intelligence-equipped-drones-has-begun>. (檢索日期：2023 年 3 月 14 日)。

⁴⁰ Department of Defense, Fiscal Year (FY) 2022 Budget Estimates, Air Force Justification Book of Research, Development, Test and Evaluation, Volume I, p. 214, at https://www.saffm.hq.af.mil/Portals/84/documents/FY22/RDTE_FY22_PB_RDTE_Vol-I.pdf?ver=DGijGVofWq4jnTnOLuU5Bg%3d%3d. (檢索日期：2023 年 3 月 23 日)。

⁴¹ JOSEPH TREVITHICK, THOMAS NEWDICK, TYLER ROGOWAY, "Stealthy XQ-58 Drone Busts The Networking Logjam Between F-22 And F-35," <https://www.thedrive.com/the-war-zone/38168/stealthy-xq-58-drone-busts-the-networking-logjam-between-f-22-and-f-35> (檢索日期：2023 年 4 月 3 日)。

階無人作戰飛機指揮作戰，利用無人機集群飛行的控制系統，組成無人轟炸機群前往至目標區執行攻擊任務，採逐次、分批對多個目標實施攻擊，不僅能摧毀及破壞敵方目標，且能大幅消耗目標區防空武力，並降低我方人員傷亡風險。

二、軍用無人作戰飛機劣勢與窒礙

時至今日，無人機的主要運用模式大多仍以單一平臺獨立執行任務，一方面是由於先前技術發展尚未能突破，以至無法有效在過於複雜的環境下進行，另一方面是目前的技術模式雖能滿足處在低威脅環境下的偵察監視與反恐任務需要，但由於單兵作戰的方式在戰場上生存力和任務成功率相對較低，隨著電磁環境及防空飛彈的部署與反制措施逐漸成熟，單一作戰的模式將難以應對高強度的環境與作戰。軍事技術的快速發展，加上現代戰爭的形式已變成系統與系統之間的對抗，朝向多維度的全域作戰。無人作戰飛行載具用於軍事作戰任務的使用，與其他一般無人飛行載具相比，其所面臨的限制更加嚴格和複雜，以下是無人作戰飛行載具所面臨的主要限制：

(一)法律和道德限制：無人作戰飛行載具的使用涉及到國際法和道德問題。例如，使用無人作戰飛行載具進行無差別殺傷或未經授權的跨國攻擊可能會引起國際爭議和指責，這往往牽涉到人道主義與人權議題，特別是執行作戰任務時如果誤擊平民，將可能涉及戰爭法的疑慮，對於決策者與執行者也會造成心靈上的負荷。

(二)技術限制：無人作戰飛行載具需要具備高度自主飛行和作戰能力，並包含要求能夠在大雨、濃霧、大陣風與不穩定氣流等極端、惡劣的戰場環境下運作，並且能確保其穩定性符合需求，因此這需要運用先進的技術和系統，包括自主導航、高精度感測器和通訊系統等精確度的要求。

(三)安全限制：無人作戰飛行載具的使用必須嚴格控制，以避免發生事故和誤傷。此外，無人作戰飛機尚未具備足夠的防禦能力，當被敵人的飛彈鎖定時將能夠輕易地被擊殺，例如於 2014 年在伊朗首次亮相的「Khordad 3 型」防空飛彈，就是一種該國自行研發且可以藉由公路移動的車載防空系統，其「革命衛隊」(IRGC)曾用此飛彈來擊落美國的「全球鷹」無人作戰飛機，因此可見，成熟的無人作戰飛行載具必須能夠有效避免被對手攻擊和干擾，進而提高其生存率與任務達成率。

(四)通訊限制：無人作戰飛行載具需要能夠與地面控制站臺保持良好的通訊，藉以接收指令、傳送數據、導航和狀態報告；天候情況不佳時，除了飛行載具上的傳感器受到影響，對於無線電信號的傳輸也容易遭受氣候及地形的影響干擾通信，造成操作上的干擾；此外，世界各國也正朝向反制無人機的技術做研發，如果使用信號屏蔽、電子戰干

擾、雷射激光等方式，傳輸的通訊可能會受到干擾或中斷，進而導致無人作戰飛行載具失控或掉落。

(五)維修和支援限制：無人作戰飛行載具的使用需要專門的維修和支援系統。然而，在國防預算有限制的情況下，部分系統在前線可能難以實現該裝備的完整妥善率，而這可能會影響無人作戰飛行載具的可靠性和人員的維修能力。

(六)操作限制：無人作戰飛行載具操作員需要接受嚴格的訓練，以確保他們能夠熟練地操作和控制無人作戰飛行載具。此外，無人作戰飛行載具操作員還需要遵守特定的程序和指導方針，以確保無人作戰飛行載具的安全和有效性，特別時長航程的作戰任務，操作人員需要全神貫注，目不轉睛地觀測，如果在複雜的戰場環境中還需要考量武器運用、作戰評估與攻擊考量等，操作人員須接受專業與特別的軍事訓練，以防止身、心靈的過度負荷造成創傷與心理疾病。

三、反制軍用無人作戰飛機之作為

面對無人飛機系統(UAS)蓬勃的發展，除了裝備性能、通訊傳輸與任務賦予更加多元的情況下，一些小型的無人作戰飛機可以以更節約、低成本的方式取得，以更有效率的方式對敵人進行情報、監視和偵察任務，且更不容易被偵測與擊落。因此，反制無人作戰飛機的方式也逐漸變成各國軍事專家需要注意的顯學，⁴²目前全球已逐漸研發出多種方法可以用來檢測敵方或未經授權的 UAS 存在，第一種是藉由光電、紅外線或傳感器來感測目標的外型、熱源及頻率等多面向的特徵來感測目標；第二種方法是使用雷達系統，然而，由於現在的無人作戰飛機均朝向隱形及減少雷達截面積的設計趨勢，使用雷達系統進行偵蒐並不能完整的偵測到新型無人作戰飛機；第三種方法是識別用於控制無人作戰飛機系統的無線電信號，通常使用射頻傳感器並加以攔截或干擾，上述方法可以提供更有效及分層的檢測能力，一旦成功檢測到不明無人作戰飛機將可執行反制作為，透過電子戰的干擾作為有效的中斷無人作戰飛機與其操作員的通信鏈路，其干擾設備可以由單兵一人處理，重量可輕至 10 磅，因此可以隨身攜帶(如圖 2)，也可以重至數百磅並安裝在固定位置或安裝在機動車輛上。還可以使於槍枝、捕捉網、指向性能量、傳統防空武器系統或甚至訓練有素的動物(例如老鷹)來干擾或摧毀無人機。2014 年，美國海軍在龐塞號船塢登陸艦(AFSB-15)上部署了第一個，也是迄今為止唯一可操作的指向性能量武器，⁴³即雷射武器系統 (Laser Weapon System, LaWS)。LaWS 是一

⁴² CONGRESS.GOV, “Department of Defense Counter-Unmanned Aircraft Systems (IF11426)”<https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=IF11426>(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

⁴³ Robert Johnson “America Has Never Had A Ship Like The USS Ponce” Sep 23, 2012 <https://www.businessinsider.com/photos-uss-ponce-2012-9?op=1#even-the-most-cutting-edge-technology-only-goes-so-far-out-here-as-many-boats-the-ship-encounters-are-made-of-wood-and-wont-show-up-on-radar--a-large->

個 30 千瓦的雷射武器原型，具備攻擊間隔短、高破壞力及能夠同時執行反制無人作戰飛機的任務。美國海軍還計劃於 2021 年在普雷貝爾號驅逐艦(DDG-88)上部署名為 ODIN 的光學反射器來干擾無人作戰飛機的傳感器及 60 千瓦的 HELIOS 雷射武器。⁴⁴



圖 2 單兵執行反制無人機任務

資料來源:<https://www.military.com/daily-news/2020/01/15/newpentagon-team-will-develop-ways-fight-enemy-drones.html>.

綜上所述，隨著科技日新月異的發展，我們可以歸納出現代軍用無人作戰飛機的發展趨勢具有以下特徵：

- (一)隱形化：隨著軍用雷達技術的發展，各國所能偵測涵蓋的範圍越來越遠，精確度也有所提升，無人機要能夠順利地執行各項被賦予的任務，就必須降低被偵蒐及被地面防空武器擊落的可能性。現行所採用的技術為使用複合材料和光滑及乾淨的外型來降低 RCS 值，藉此減低雷達偵測距離以及紅外線信號(熱源)，而隨著科技發展，下一代隱身技術將採用等離子匿蹤技術來減小其反射截面積，提高無人機的生存率。
- (二)智能化、集群化：隨著人工智慧的快速演進，軍用無人機智能化的發展是一個無法避免的趨勢，在高速運算的基礎下，軍用無人機將擺脫過往僅能執行單一任務的特性，可以藉由感測器、接收器及數據鏈路等不同來源進行高速運算與判斷，並且尋找出最有利方案來應對瞬息萬變的戰場環境，根據當時態勢主動判斷、搜索及尋找攻擊目標，達成類似人類一樣進行「判斷」與「決策」的行為，以有效完成任務。同時，各國對軍用無人機的集群化發展也投入大量研究，相信在不久的未來，大型、高階的軍用無人機將能攜帶與偕同軍用無人僚機，建立起更完整及強大的火力與擊殺網，進而顛覆傳統的作戰思維，改變戰場樣貌。

part-of-security-is-visual-identification-33 (檢索日期：西元 2023 年 4 月 2 日)。

⁴⁴ 江飛宇，〈美軍普雷貝爾號驅逐艦 2021 年安裝雷射砲〉，《中時新聞網》，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190523003657-260417?chdtv>〉，(檢索日期：2023 年 3 月 3 日)。

(三)訊息化：衛星技術的發展也為數據鏈路傳輸提供了更即時、快速地傳遞，隨著低軌衛星與 5G 基地臺的部署，光纖、微波通信、衛星中繼的功能將在軍用無人機上得到廣泛應用，軍用無人機可以擁有更全面的戰場影像、訊息傳輸的能力及穩定的導航品質，這也將提供戰場指揮官建立共同作戰平臺，對於作戰指揮、資訊分析與評估長時間、全天候的任務時，有了更多的考量。

隨著戰爭型態的改變，各式各樣的無人機出現在軍、民用領域，改變了航空器的應用與發展，更在軍事方面更帶來致命性、決定性的影響；軍用無人機可依據其不同特性與酬載，進行更大範圍的偵察、預警、擊殺與通信中繼等任務，然而在更加複雜的電磁環境之下，情報與訊息的取得將更加複雜，偵察與反偵察、電子反制與電子反反制的手段將更加困難，且軍用無人機現今的戰術運用已非常靈活，戰場上可執行偵照和干擾，也能發射精準彈藥進行打擊；既可作為誘餌機，也可針對目標執行自殺攻擊，透過微型空射誘餌，小型無人機可以在雷達屏幕上產生假目標，干擾指揮官的決策，並對防空火力的目標分配產生極大影響。隨著共軍不斷利用灰色地帶派遣有/無人機的混合編隊襲擾我空域，甚至穿越臺灣南、北面水道至東面進行環臺的軍事威懾下，我國的防空與空域範圍將不斷被限縮，要如何應對共軍的進襲已成為我軍刻不容緩的議題，除了持續強化聯合情監偵的能力，有效掌握在空有人/無人機的動態，還可持續利用隱、掩蔽作為進行機動部署，增加戰場存活率及迷惑敵人，最後我國仍需持續研發新式偵蒐雷達與防空武器，藉軍民融合儲備能量，以加速發展進程來應對共軍不斷擴張的犯臺企圖。

伍、結論

在揭露的資料中我們可以得知，美國與其他先進國家紛紛致力於發展無人飛行載具，而中共不僅花費鉅資採購外國技術之外，同時積極研發國產自製衍生機型，其無人飛行載具技術已直追美國，雖然其穩定度及作戰應用的實力仍有待商榷，但是自 2020 年中旬起，中共已屢次派遣有人機搭配無人機侵擾我周邊海空域，除了進行不同機種混和編隊，務實強化共軍在複雜戰場環境的協同作戰能力，並運用了無人機執行聯合情監偵與通信中繼的傳遞，大幅壓縮臺海縱深、加劇對我空防之威脅，使臺海情勢升溫。當今共軍無人飛行載具研發已有相當成果，其配合海、空、天、網軍的多維作戰運用下，正企圖消弭我抗敵意志，以及產生戰略嚇阻效果。面對中共無人系統偵察與遠程攻擊能力的發展，將使臺海防衛壓力大幅增加，因此我國有必要採取應對措施，建立即時的防禦與反擊無人機系統，以掌控戰場態勢、扭轉被動的局面。而軍用無人作戰飛機之研發與運用，更為現代化戰爭開啟了一個新領

域與方向，世界各國為了減少人員折損率、提升戰場存活率，皆紛紛朝向無人化平臺方向發展，挾科技技術提升整體部隊安全，並藉由成本較低的替代方案，先行派遣無人飛行載具到前線進行任務，藉此有效降低人員意外的發生。未來戰爭型態的展現包括信息化、兵力、機動部署、防護和保障力在內的整體作戰攻防對抗，戰場將更加透明，作戰決策行動更接近實時，視距外精確打擊已無所不在，無人作戰飛機將部分取代有人作戰載具協同完成作戰任務。

我國在軍事武力上的投資永遠不可能超越中國，也因此更需要集中效率扶植高精密產業與建立出不對稱戰力的觀念，藉此達成嚇阻中共進犯的野心，而不對稱戰力即是建立出一群機動、分散、精準、致命的小東西，致力發展出高存活力、機動性高、致命性強並且負擔得起的裝備，⁴⁵無人機的發展恰好符合了我國所遭遇的困境及機遇，因此我國已於 2022 年 8 月成立亞洲無人機 AI 創新應用研發中心，並向各民間廠商拋出 3,000 架無人機訂單需求(軍用商規無人機需求包括監偵型、目獲型、微型、陸用型及艦載型無人機)，預於明年 7 月將各型原型機交付中科院測試，未來將依照屬性不同分配到不同軍種、進行遠距偵察任務使用。而結合上述所提及的限制與發展趨勢，在中、美等國皆致力於發展朝向匿蹤(高存活率)、模組化(方便維修)、訊息化的情況下，筆者建議我國可以朝以下進行布局：

(一)發展衛星科技，強化傳輸能力：無人機的操作離不開導控，我國具有極佳的晶片製程與科研能力，應與國外交流、加速太空領域的發展，使無人機擁有自主的導引能力，或建立我國專屬的加密通信及導航系統，延伸滯空時間強化聯合情監偵能力。

(二)持衡建構不對稱戰力：我國應持續研發低成本、高機動性且致命的武器來強化防禦能力，如日前中科院開發的劍翔無人機即是成功的案例，應持續利用低成本的武器來換取高價值裝備的損壞或是抑制其功能，來達成有效嚇阻之目的。

(三)無人機偕同編隊：無人機正是因為其低成本、高機動、無生理限制等因素可有效降低人員負荷，如可建立起無人機群的編隊，就可以減緩共軍對我國空域襲擾時所造成的軍事耗損，派遣無人機執行對峙與跟監等任務，並加強發展數據鏈路與資訊傳輸能力，可以有效完善共同作戰圖像與協助指揮官決策，甚至可以利用有人機結合迅安武管指令指揮無人機擔任誘餌，分散敵軍火力並藉此減低人員傷亡機率；惟建構無人機部隊需要長時間的培育地面導控及後勤修護人員，非一時半刻可以組建完成，我國應盡快審視部隊編裝並重新規劃，建立可恃戰力。

⁴⁵ 李喜明，《臺灣的勝算》，（出版地：新北市，出版者：聯經，出版年：2022），頁 319。

臺灣本島四周環海，且現代戰爭離不開制空、制海、制電磁等三權的掌握，為健全無人機工業發展，我國政府已透過創新，內外融合等方式逐步建構完整的無人機系統產業體系及供應鏈，民用領域須持續改良無人機載具為相關產業提供發展，促進該領域的創新與應用，軍方則持續朝向無人機自主研製，將無人機/有人機混合編隊飛行等新技術列入研發重點，以滿足高科技信息化的現代戰爭中聯戰的基本需求，最後應加速統合運用軍、民間相關科技融合，賡續研發符合我國防衛作戰運用之無人作戰飛行載具，並持續因應共軍威脅研擬反制措施，納入國軍各類型實戰演訓驗證，並落實檢討精進，以確保我國領空、海主權完整維持國軍戰力不墜，達成捍衛家園之目的。

第一作者介紹

單位：國防大學空軍指揮參謀學院

職務：少校學員

姓名：吳冠昇

學歷：空軍官校 101 年班

情報參謀軍官班 106 年班

空軍官校正規班 107 年班

經歷：飛行官、情報官、作參官

研究領域：飛航安全、聯合情監偵、資電作戰



第二作者介紹

單位：國防大學空軍指揮參謀學院

職務：中校教官

姓名：吳俊緯

學歷：軍事情報學校專軍班 91 年班

空軍國電班 102 年班

空軍指參正規班 104 年班

經歷：特電官、特修官、情報官、教官

研究領域：情報概論、聯合情監偵、共軍研究



國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

空權與國防學術研討會論文集 = Air power and national defense academic seminar / 王立杰, 吳冠昇, 吳俊緯, 林明智, 周昱豪, 潘宜輝, 盧昱帆. -- 初版. -- 桃園市 : 國防大學, 民 112.10

面 ; 公分

ISBN 978-626-7080-87-0 (平裝)

1. CST: 空防 2. CST: 國家安全 3. CST: 文集

599.607

112015823

書 名：2023 空權與國防學術研討會論文集

著作權人：國防大學

發行人：劉志斌

作者：王立杰、吳冠昇、吳俊緯、林明智、周昱豪、潘宜輝、盧昱帆
(依姓氏筆劃順序排列)

總審訂：陳黃榮

副審訂：黃進華

執行編輯：陳信宏

封面設計：陳鋒璋、陳琬宜

展售處：五南文化廣場 網址：www.wunanbooks.com.tw

地址：400 臺中市中山路 6 號

電話：/(04)22260330

國家書店

網址：www.govbooks.com.tw

地址：104 臺北市松江路 209 號 1 樓

電話：/(02)25180207

出版者：國防大學

網址：www.ndu.edu.tw

地址：334 桃園市八德區興豐路 1000 號

電話：/(03)3801110

印製者：國防部軍備局生產製造中心第 401 廠北印室

其它類型版本：無

出版日期：中華民國 112 年 10 月

初版一刷

定價：285 元

印製數量：135 冊

ISBN：978-626-7080-87-0

GPN：1011201238



本著作係採用創用 CC「姓名標示-非商業性-禁止改作」

3.0 臺灣授權條款

