

中共戰機現代化對我之挑戰

The Challenge to Taiwan from the Modernization of PLA Fighters

袁崇峰 (Yuan, Chung-Feng)

國防部整合評估司海軍上校

摘要

近代戰機空戰，從飛行員戰技對決、防空火炮，到使用精準導引飛彈，已從視距內 (Within Visual Range, WVR) 朝向視距外 (Beyond Visual Range, BVR) 作戰發展，從單一領域 (如空對空、面對空) 朝向多領域的聯合防空，當前的空戰勝負，則取決於戰場態勢感知能力，也就是誰能先掌握敵機位置、追蹤並鎖定的一方，就擁有極大的優勢，並獲取勝利。從 2020 年迄今，臺海的天空儼然成為世上最熱鬧的區域之一，中共不斷的派遣軍機穿越我方 (臺灣) 的防空識別區，時而進入東部空域，雖未進入我方領空，但已造成緊張情勢，且頻次不斷升高，儘管目前我方沒有第五代隱形戰機，但在既有的戰機及防空火力下，我方優勢為何，實為國人最關心的事情，故本文就中共近代戰機發展的現況進行論述，並就我現有的反制作為進行評析，期能解答現有問題並提供未來發展建議。

關鍵詞：戰機、防空、指揮管制

壹、前言

中共自 90 年代起引進大量俄製的戰機，經多年技術轉移、試製及科技整合等手段，逐漸發展出具自我特色的戰機（如殲 20、殲 31 等），本文參考英智庫「皇家三軍聯合國防研究所」（RUSI）「俄羅斯與中國空中戰力趨勢」、「¹ 美智庫「戰略與國際研究中心」（CSIS）「中國殲 20 是否勝過其他隱形戰機？」² 及澳洲軍事專家專文「殲 20 原型機雷達截面積的初步評估」³ 等專文，就中共現有主力戰機，從發展、物理特性及武器性能等，探討我防空應對能力並提出所見，期能提出相關建議供未來參研。

表 1 中共近代戰機列表

年度	機種	仿製機種	數量	主要用途
1967	殲 6	米格 -19	退役	
1970	殲 7	米格 -21F-13	600	主戰機
1980	殲 8	米格 -21	45	攔截 / 偵察
1985	蘇 27	購自前蘇聯	76	打擊 / 對地
1998	殲 10		415	多用途
	殲 11	蘇 -27SK	440	空中
1994	殲轟 7		250	戰機
2000	蘇 30	購自俄羅斯	98	多用途

¹ Justin Bronk, “Russian and Chinese Combat Air Trends” (October 30, 2020), visited date: October 27, 2021, 《RUSI Whitehall Report》, <http://rusi.org/publication/whitehall-reports/russian-and-chinese-com-combat-air-trends-current-capabilities-and-future>.

² China Power Team, “Does China’s J-20 Rival Other Stealth Fighters” (October 22, 2021), visited date: October 27, 2021, 《China Power Project CSIS》, <http://chinapower.csis.org/china-chengdu-j-20/?lang=zh-hant>.

³ Carlo Kopp, “A Preliminary Assessment of Specular Radar Cross Section Performance in the Chengdu J-20 Prototype” (November 27, 2020), visited date: October 27, 2021, 《AIR POWER AUSTRALIA》, <http://www.ausairpower.net/APA-2011-03.html>.

年度	機種	仿製機種	數量	主要用途
2009	殲 15	蘇 -33	20	艦載機
2011	殲 20		50	戰機
2012	殲 31		1	戰機
2014	蘇 35		24	多用途重型
2016	殲 16	蘇 30 及殲 15	90	多用途重型

資料來源：作者參考 Justin Bronk, “Russian and Chinese Combat Air Trends” (October 30, 2020), visited date: October 27, 2021, 《*RUSI Whitehall Report*》, <http://rusi.org/publication/whitehall-reports/russian-and-chinese-com-combat-air-trends-current-capabilities-and-future>; China Power Team, “Does China’s J-20 Rival Other Stealth Fighters” (October 22, 2021), visited date: October 27, 2021, 《*China Power Project CSIS*》, <http://chinapower.csis.org/china-chengdu-j-20/?lang=zh-hant> 繪製。

貳、威脅評估

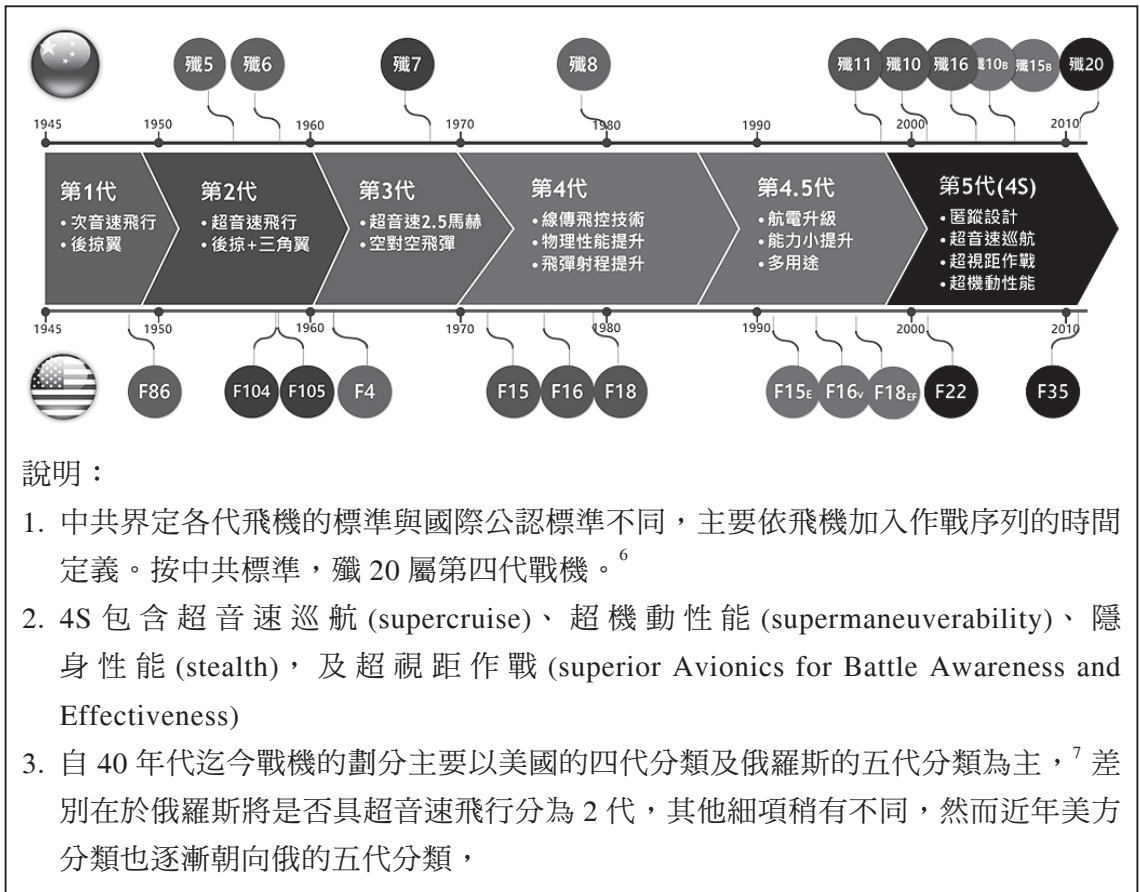
一、中共戰機運用現況

中共過去的戰機主要以空對空飛彈、機砲為核心武器，主要任務為攔截與攻擊空中目標，也可用於對地（對海）攻擊，然非首要任務，自美蘇冷戰後，考量世界戰機發展趨勢、武器運用多元性及後勤維保等，逐漸朝多用途設計發展，目前中共擁有約兩千餘架戰機，最多的單一機型仍為 J-7 系列，但配合軍事現代化將逐步由殲 10、殲 11 等 3 代戰機（俄版 4 代）取代，⁴ 故觀察中共近年戰機發展，各領域已漸追趕多數國家，甚至俄羅斯（中共戰機發展與西方國家對照圖如圖 1），⁵ 以下針對部分近代機種進行簡析：

⁴ Bronk, “Russian and Chinese Combat Air Trends,” p. 97.

⁵ Bronk, “Russian and Chinese Combat Air Trends,” p. 97.

圖 1 美「中」戰機世代區分圖



資料來源：參考 China Power Team, “Does China’s J-20 Rival Other Stealth Fighters” (October 22, 2021), visited date: October 27, 2021, 《China Power Project CSIS》, <http://chinapower.csis.org/china-chengdu-j-20/?lang=zh-hant>.

(一) 中共 2~3 代戰機

參考圖 1 的分類，中共第 2 至 3 代戰機在發展上較歐美國家晚，同時段美國早已發展出第 4 代戰機，中共還在進行 2、3 代機的換裝，代表戰機為殲 7 型及殲 8 型機，這兩款飛機都是在 60 年代仿製前蘇聯米格 21 (Mig21) 戰鬥機所產生的機種，其中殲 7 型產製上千架，服役時間最長、

⁶ China Power Team, “Does China’s J-20 Rival Other Stealth Fighters” .

⁷ 孔懷瑞, 「大陸研發第四代隱形戰鬥機的意義與影響」, 展望與探索, 第 9 卷第 10 期 (2000 年 10 月), 頁 93。

改裝容易且成本較低，除中共本身使用外，另外銷至北韓、巴基斯坦等國，算得上是便宜又好用的戰機，然近年已逐漸汰換，未來應會保留部分機型，如殲6改裝成為無人機，用以干擾雷達站、消耗敵人彈藥或其他作戰運用，⁸ 近日外媒曝光的照片與衛星影像間接證實這項改裝計畫，共軍在距離臺灣本島約四百餘公里的福建連城空軍基地放置大量殲六無人機，對我空防有一定程度挑戰，然而要在戰時大量起飛此老式機種，勢必也考驗共軍的調度與無人機控制技術，且此類無人機隊維護經費也不便宜。⁹

（二）中共第4代戰機

中共在第4代戰機發展起，本土自製的比例開始提高，透過持續籌獲俄製戰機、仿製俄製戰機（蘇27）及過去自身的使用經驗，進行部分小改款，並依工業發展及基礎技術的提升，試製具有自我特色的戰機，如殲10、11，此階段中共發展的戰機特色不但能使用俄製飛彈，亦可使用自產飛彈，然在關鍵的引擎技術上仍未獲全面突破，且雷達系統之偵蒐能力亦受質疑，但長遠看來，若大量四代戰機完成換裝後，仍將是可懼的戰力。

（三）4.5~5代

中共近年已逐漸減少向俄羅斯採購戰機，從蘇30約百餘架至蘇35約二十餘架，其原因為持續推動與俄羅斯的軍事交流，並逐漸提高自製率，在仿製的戰機上，換用少量自產高規格小型裝備（如雷達等），這種發展方式可普遍在商用型設備上看到，如手機及電器產品等，然此種改裝方式存在的問題，是整合和學理上的驗證，在商業裝備上可透過大數據分析及使用者回饋來研改，使產品趨完善，但在軍事上就沒這麼容易了，除部份外銷機型外，中共僅能從自己飛行員獲取使用經驗，不像歐美國家把飛機賣到全世界，可獲得更多使用經驗來研改。

值得注意的是澳洲學者麥可·佩洛西（Michael Pelosi）和卡洛斯·科普

⁸ 楊俊斌，「殲6改成無人機 70架部署武夷山」（2019年5月15日），2021年10月27日瀏覽，《中時新聞網》，<https://www.chinatimes.com/amp/newspapers/20190515000162-260301>。

⁹ Mike Yeo, “China shows off drones recycled from Soviet-era fighter jets” (October 20, 2021), visited date: October 30, 2021, 《Defense News》, <https://www.defensenews.com/global/asia-pacific/2021/10/20/china-shows-off-drones-recycled-from-soviet-era-fighter-jets/>.

(Carlos Kopp) 曾在 2011 年針對中共第五代隱形戰機殲 20 的外型進行匿蹤效果的光學模擬分析，並認為殲 20 除後方受限於引擎的技術影響隱身效果外，其他方向已能和美國 F-22 一樣達成低視度的設計目標，也就是基本上匿蹤的外型是符合學理的，儘管澳洲學者無法得知中共的塗料及細部設計，但也讓其擠身具備隱形戰機的國家之一（另兩國為美、俄）。中共從模仿到發展自己特色的戰機（如殲 20 及殲 31），雖本質上仍為模仿美俄隱形戰機，但已不再僅是外型相同，而是更大膽的換用「中國」製配備。

值得注意的是，中共近期曝光的殲 20 照片為雙座型，引起國際上引起許多猜測與議論，部分人士認為其非教練機或對地攻擊任務用途，而可能主要針對複雜電磁環境下的電子戰特殊任務，或未來擔任無人機指揮平臺，指揮多架忠誠僚機同時進行作戰。¹⁰

二、空對空飛彈

空對空飛彈是戰機在天上對決的拳頭，通常分為短程（20 公里以下）、中程（射程 20~100 公里）及長程（100 公里以上），中共雖有數量不明的俄製空對空飛彈（包含俄製 R73M 短程飛彈及 R-77 中程飛彈），但 50 年代已開始發展自己的空對空飛彈，稱為霹靂系列，從霹靂 1（PL-1）~21，其中霹靂 8 以前的型號已鮮少使用，以下針對中共目前出現在媒體上的飛彈摘述如次：

（一）短程空對空

目前以霹靂 8（PL-8）、霹靂 9（PL-9）型及霹靂 10（PL-10）等三款為主，射程皆在 20 公里以內，霹靂 8 及 9 為被動紅外線導引，近年似乎已能結合飛行員頭盔的瞄準方式，類同於美國「頭盔瞄準器與聯合戰術頭盔系統 (Joint Helmet-Mounted Cueing System)」，適用中共多種機型，霹靂 10(PL-10) 則為近年較先進的飛彈，曾掛載於殲 20 (J-20)，能力與美製響尾蛇 (AIM-9X) 功能相近，除對誘餌具有高度的反制能力，亦可結合飛行員頭

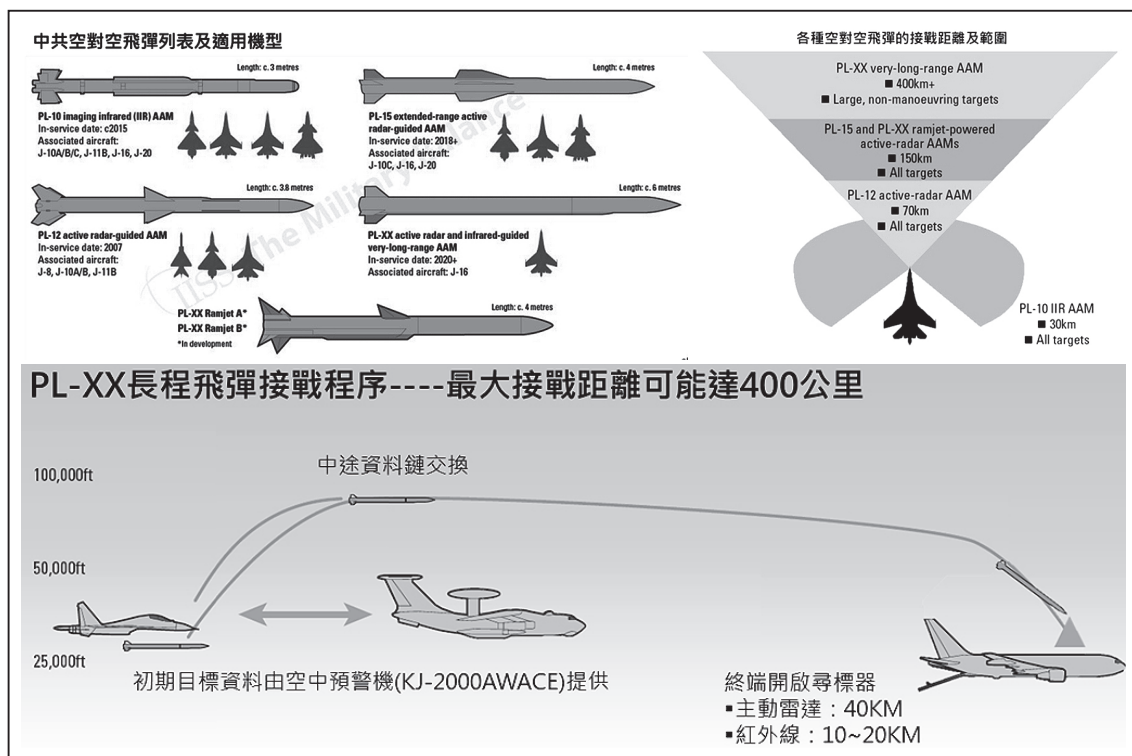
¹⁰ 盧伯華，「全球首架雙座殲 20 雙重功能：電子戰突防任務與無人僚機操控」（2021 年 10 月 27 日），2021 年 10 月 30 日瀏覽，《中時新聞網》，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20211029005628-260409?chdtv>。

盜瞄準器，及發射後鎖定等功能。¹¹

（二）中遠程空對空

包含霹靂 12 (PL-12)、霹靂 15 (PL-15) 及霹靂 X (發展中) 等三款，在霹靂 10 系列飛彈後，中共開始將主動電子掃描雷達應用於飛彈，開發雙模式的尋標器，並致力於提高飛彈的射程及機動性，¹² 這些本土製造的高性能飛彈，均具備超視距作戰能力，在射程上介於或超過美製 AIM-120 型飛彈，可更精準地擊中目標，直接對其他國家的空防造成威脅，雖然中共的發展相當快速，但實戰能力尚待觀察。

圖 2 中共空對空飛彈的分析



資料來源：參考 *The Military Balance 2018* (London: The International Institute for Strategic Studies, 2018), pp. 218-313.

¹¹ Bronk, "Russian and Chinese Combat Air Trends," pp. 7-9.

¹² Bronk, "Russian and Chinese Combat Air Trends," pp. 7-9.

表 2 中共自主第三代戰機摘重列表（俄版 4 代）

機型	說明		
殲 10	自力生產的輕型多用途戰機，在設計上普遍認為都參考了以色列獅式戰機的設計，具有現代化的駕駛艙、航電設備、數據鏈路及氣動力外型，性能接近美 F16 及瑞典獅鷲戰機 JAS39，在航電設計上引進外國技術，配合中共自產的中程空對空飛彈（如 PL11 及 PL12 等）可實現視距外接戰。		
衍生型號 A/S/B/C			
基本 諸元	作戰半徑 (Km/nm) 1,240/690	極速 (Mach) 2	精準飛彈 對空：PL8、10、11、12 對海/陸：YJ91、CM-102、C405KD
殲 11	殲 11 型戰機則為「中國版」的蘇愷 27 戰機，具優良的機動性與操作性能，並換裝「中國製」的 WS-10 發動機，除可使用俄製武器外，亦可使用中共自產武器，目前網路上對於中共的四代戰機普遍都認為雷達系統不具信心。		
衍生型號 A/B/BS			
基本 諸元	作戰半徑 (Km/nm) 1,500/810	極速 (Mach) 2.1	精準飛彈 對空：R77、27、73、60、PL8、12 對海/陸：Kh29、31
殲 15	殲 15 為中共艦載型的 4 代戰機，也是目前中共航母唯一的可用戰機，發展上參考蘇愷 27K（或稱 Su33 戰鬥機）並在殲 11B 的基礎上發展，為增加航母運用彈性，使用大量複合材料減少重量，並加強起落架強度，在氣動力及外型上稍作修改，部分機種採俄製 AL-31 發動機，其他採用中共自產 WH10H 發動機，為中共航母計畫的一環，其發展電戰機型稱為殲 15D。		
衍生型號 S/B/D			
基本 諸元	作戰半徑 (Km/nm) 1,270/815	極速 (Mach) 2.16	精準飛彈 對空：PL9、12 對海/陸：YJ62、YJ83、YJ88、YJ91
殲轟 7A/B	殲轟 7A/B 嚴格上並非空中兵力，發展初期因性能不優異，轉為海航的主要兵力，後期因有更現代化的選擇而停產，目前仍有 2 百餘架，主要設計用於進行戰役縱深攻擊，對海及對陸目標打擊，並可掛載電戰莢艙進行小規模電子戰，設計上強調航程和載彈量，但由於該型機性能算中等，機動性不足，僅能進行低強度空戰，低空突防，對現代化防空系統而言明顯不足，空戰的自衛能力較差，但此款戰機能使用多數中共飛彈、發展成熟且改裝容易，不落後但又不夠先進。		
基本 諸元	作戰半徑 (Km/nm) 815/440	極速 (Mach) 2.16	精準飛彈 對空：PL8、9、11 對海/陸：YJ83、YJ88、YJ91

資料來源：整理自 Bronk, “Russian and Chinese Combat Air Trends,” pp. 35-49.

表 3 中共自主第 3 代至 4 代戰機摘重列表（俄版 4.5 代至 5 代）

機型	說明		
殲 16	自蘇 30MMK 戰機及殲 11BS 改善而來，為中共 4 代戰機（俄版 4.5 代），以取代殲轟 7 性能之不足，其性能接近美 F15E，具空戰管制能力，能提供其他戰機相關資訊並進行接戰管制，配備主動電子掃描雷達（AESA）可進行多目標接戰及掛載莖艙擔任電戰攻擊機，具有酬載大、超視距攻擊能力及強大的對陸和對海打擊能力，雙輪主起落架的設計亦可在惡劣環境下起降，唯一的缺點是體積太大。		
衍生型號 A/S/B/C			
基本 諸元	作戰半徑 (Km/nm) 1,850/999	極速 (Mach) 2.4	精準飛彈 對空：PL8、9、10、12、15 對海/陸：YJ62、YJ83、YJ91
殲 20	部分學者認為此型戰機是中共透過間諜活動，及模仿美 F22 及 F35 下發展的戰機，鴨翼、垂尾及 DSI 進氣道、隱身設計、收納彈艙及複合材料，機體較大（與 F22 比較），具有大的燃油量及機體空間可容納彈藥、發動機與油料，發動機可能使用俄土星集團的 AL-31（Su-27 戰機發動機）或自產 WS-10 發動機，故引擎動力可能不足，不見得能進行超音速巡航，在後方的 RCS 值也可能較高，另有報導指稱中共計劃在未來換裝 WS-15 發動機，它讓殲 -20 在不開啟後燃器的情況下持續超音速巡航，且消耗較少燃油並飛行更遠的距離，目前主要用途為奪取制空權、區域拒止，或重要目標打擊等。		
衍生型號 S/B/D			
基本 諸元	作戰半徑 (Km/nm) 1,200~2,700 648~1458	極速 (Mach) 2.5	精準飛彈 對空：PL10、12、15 對海/陸：雷石 6
殲 31	目前可知訊息不多，僅有瀋陽飛機工業集團獨資建造，可能因目前中共航母尚在測試階段，或尚有其他技術（如電磁彈射）發展中，亦可能中共內部對科技發展沒信心等，在設計上朝短場起降發展（同美國 F35B）或航母起降版（同美國 F35C），目前可能僅有原型機，並運用 3D 列印製造，為學習歐美國家並降低製造成本試行，僅知布局恐類似美國 F35，且中共海空軍對這機型並無高度興趣。		
基本 諸元	作戰半徑 (Km/nm) 1,250/999	極速 (Mach) 1.8	精準飛彈 對空：PL12、15 對海/陸：未知

資料來源：整理自 Bronk, "Russian and Chinese Combat Air Trends," pp. 35-49.

三、制海（攻船）飛彈

制海戰力雖然本文主要研究，但考量我國艦隊防空亦為整體防空中重要一環，海上艦艇的存在對中共威脅甚鉅，勢必為中共戰時打擊主要目標，故本段針對中共戰機制海飛彈簡述，目的為瞭解中共空中兵力對海打擊的能力。

中共在 50 年代即開始自前蘇聯引進攻船飛彈技術並予以國產化，並在 60 年代完成初步設計稱為「上游」系列的飛彈，初期功能已具備次音速、慣性及主動雷達導引等基本功能，並列裝於艦艇及陸地，然距離較短（如上游一型射程僅有 50 公里）且精準度不足，後續發展的「海鷹」系列甚至大量出口至北韓、伊朗等國，並持續演進成近代使用的「鷹擊」系列，也提升了命中率等問題，綜觀中共各型制海飛彈，無論在距離、雷達搜索方式都跟得上世界先進國家的腳步，且鷹擊 82 亦有實戰經驗，若搭配戰機運用，足以威脅我海上艦艇（列表如表 4）。

表 4 中共空射型制海飛彈列表

彈藥名稱	射程 公里（哩）	速度 (Mach)	中途導引			終端導引	載具
			慣性	衛星	資料鏈		
鷹擊 -81	50(27)	0.85	●			ARH	殲轟 7
鷹擊 -83J/K/KH	160~250 (86~135)	0.9		●	●	ARH	殲轟 7、轟 6
鷹擊 -62AGD	300(162)	0.9	●	●	●	ARH	轟 6H/6K
鷹擊 -12A/B	200~400 (108~216)	1.5(巡航)3(終端)	●	●	●	ARH	轟 6G/K/J、殲 16
鷹擊 -91	150(81)	3.5			●	ARH/PHG	J10C、JH7、J15、J16

資料來源：參考 Bronk, “Russian and Chinese Combat Air Trends,” pp. 35-49.

四、小結

檢視中共近代的戰機發展，從早期的採購、技術轉移後的自製、逐步提高自製率並進行本土化的小改款，到發展自己特色的戰機，雖然從設計到製造幾乎可達成 100% 的自製，但從細節中不難發現，許多戰機的設計元素仍是參考目前先進國家的設計，未發現真正不同於其他國家的先進設計，且目前在發動機的技術上仍有存疑，而另一項重要的關鍵，則是如果要支持如此龐大且不同種類的戰機群，共軍是否有足夠的後勤能量、維保措施及設施來維持，若否，則這些戰機不過只是門面好看，但沒有發動戰爭本錢的兵器，畢竟打仗打後勤，能否持續作戰，抗衡外軍將是共軍未來的挑戰。

參、我國現有監打能力簡析

一、對空目標的監控

我國現有防空監視能力約由十餘處三十餘種不同的雷達分布在臺灣本島及外離島，包含 GE-592、AN/FPS-117、AN/TPS-75(V) 及 AN/TPS-117 等型號構成防空監視網，¹³ 在固定站有盲點時亦可透過機動雷達車、空中預警機（E-2T/K）或海上航行的軍艦來補足，並透過縝密的網路架構（寰網、LINK16 等）及複式作戰中心網管，在平時已可掌握各式空中威脅，¹⁴ 其中鋪路爪長程預警雷達（PAVE PAWS）更可對 2,500~5,000 公里內，截面積 10 平方公尺的目標進行追蹤，較小的飛彈亦有 1,500 公里的預警距離，即使戰時固定雷達站被摧毀，亦可由數個機動雷達車接替，可堪稱世界數一數二綿密的防空網，且我國近年因敵情威脅，在「防衛固守、重層嚇阻」的軍事戰略下，致力各種戰力保存作為，除持續強化現有設施的備援及整合能力

¹³ 劉潔妍，「俄媒盤點台軍防空戰力：5 千餘枚防空導彈不容忽視」（2014 年 4 月 25 日），2021 年 10 月 30 日瀏覽，《人民網》，<https://tw.people.com.cn/n/2014/0425/c14657-24942575.html>。

¹⁴ 陶本和，「空軍作戰升級寰網納入愛國者 屏東山區增設雷達站」（2020 年 8 月 31 日），2021 年 10 月 30 日瀏覽，《ETtoday 新聞雲》，<https://tw.appledaily/politics/20200831/CGOOZO346BA4PIVH4VB753AWQY/>。

不足外，亦逐步將許多固定設施（陣地）機動化，因應未來的威脅。¹⁵

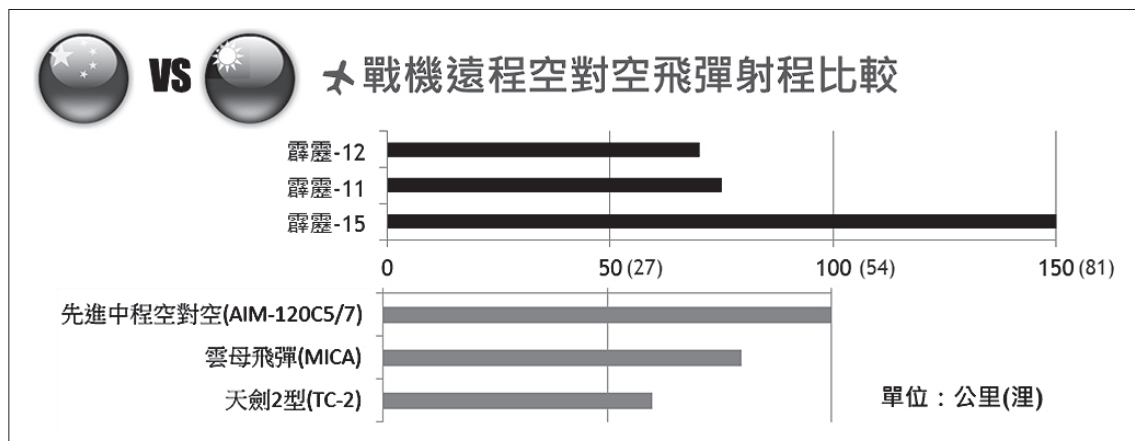
二、打擊手段

在空防上，我國擁有三百餘架各式戰機，並有陸基的天弓（一、二、三型）飛彈、鷹式飛彈、愛國者（一、二、三型）飛彈等，海上的防空力量則有基隆級、成功級、諾克斯及拉法葉艦構成的艦隊防空網，總計五千至六千餘枚的各式防空飛彈打擊距離從最近 2 公里到最遠 200 公里，¹⁶ 早已使我國成為世界上高密度防空飛彈防護國家之一（次於以色列、新加坡及卡達），另有為數不少的野戰防空（如刺針飛彈、復仇樹樹飛彈等），在火網上是非常綿密的力量，足對中共產生強大的威懾力。¹⁷

三、弱點

儘管中共戰機的偵搜雷達能力仍待查證，但就空對空飛彈的射程而言，距離已超過我國現有戰機飛彈（空對海狀況相同），因此從圖 3 的比較中，憑藉單一武器在戰場上取得勝算並不高，即使看得到也不見得打得到。

圖 3 我國機載對空飛彈射程遠低於中共最先進的空對空飛彈



資料來源：參考 Bronk, “Russian and Chinese Combat Air Trends,” pp. 35-49.

¹⁵ Rupert J. Hammond-Chambers, *The Balance of Air Power in the Taiwan Strait* (USA: US-Taiwan Business Council, May 2010), pp. 3-38.

¹⁶ 陶本和，「空軍作戰升級震網納入愛國者 屏東山區增設雷達站」。

¹⁷ 吳尚書，「台灣有世界密度最高的防空飛彈嗎？」(2019年3月20日)，2021年10月30日瀏覽，<https://taronews.tw/2019/04/13/294637/>。

因此我國防空偵打能力能否發揮的關鍵，除「眼睛（雷達）」是否於戰時存活，並提供正確資訊給數量龐大的彈藥外，其次是如何有效進行目標的分配及打擊，節約彈藥，美軍為達成整體聯合防空的目的，早在 2002 年即提出「整合式空中與飛彈防禦概念」，發展網狀化架構，強調「即連即戰」，並做到情報分享、彈性編組、靈活接戰與簡化程序等能力，¹⁸ 雖然當時的時空背景主要以建立全球的飛彈防禦機構為主，但時至今日儼然成為美軍防空作戰發展的目標，在 2020 年 6 月，國會要求將以色列採購之鐵穹（Iron Dome）近程防空系統納入美國空中與飛彈防禦架構。我國陸海空防空系統來自不同系統及年代，整合難度大於美軍，若無法有效整合，不但無法發揮成效，甚至會浪費資源，非常可惜。

肆、運用商用軟體進行量化模擬評估

本研究量化模擬運用具備大量公情數據庫的英商 Matrix Games 公司「Command：Modern Operations，以下簡稱 CO」商用兵棋軟體針對前面的論述進行分析，並設計簡單場景以驗證前述假設，期能在既有資源下獲得較佳的兵力運用，場景計分為「僅有戰機的空對空交戰」及「戰機搭配陸基防空飛彈交戰」兩種，並增加小規模兵力做進一步的研究，想定設計如下：

一、假定條件、限制因素及基礎設定：

- （一）場景僅包含表 5 兵力，其他兵力及環境天候因素均不納入考量。
- （二）各武器系統性能均為商用系統內建的參數，部分武器數據無法修調（如系統內建天弓三型飛彈用於反制彈道飛彈，無法打擊對空戰機）。
- （三）基礎設定：
 1. 時間設定：各場景設定為 60 分鐘。
 2. 地點：4 對 4 戰機交戰：海峽中線及澎湖群島上方；敵對我預警機打擊：海峽中線、澎湖群島上方至臺東空域。

¹⁸ 翁予恆，「美軍 AIAMD 攔截網 飛彈防禦一體化」（2021 年 1 月 30 日），2021 年 10 月 30 日瀏覽，《青年日報軍事論壇》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsinsidePage?chapterID=1325363>。

表 5 場景設計兵力

戰機						
兵力	主要偵蒐雷達		對空飛彈			
	型式	偵蒐距離 公里 (哩)	型式	射程 公里 (哩)	攜行量	命中率
F16V BLK70/72	AN/APG-83	296 (160)	AIM-120	111 (60)	4	95
			AIM-9X	27 (15)	2	95
J20B	未知	370 (200)	PL15	174 (94)	4	90
			PL10	20 (10.8)	2	95
地面兵力						
天弓 2 型機 動飛彈	長白	296 (160)	天弓 1 型	102 (55)	4	80
			天弓 2 型	204 (110)	6	85
C4ISR						
E2-K	AN/APS-145	648 (350)				
	AN/ALR-73 被動偵測系統	926 (500)				

備註：系統內建距離為哩 (nm)，表內公里為筆者換算。

資料來源：作者自行整理。

二、僅使用戰機進行空戰：

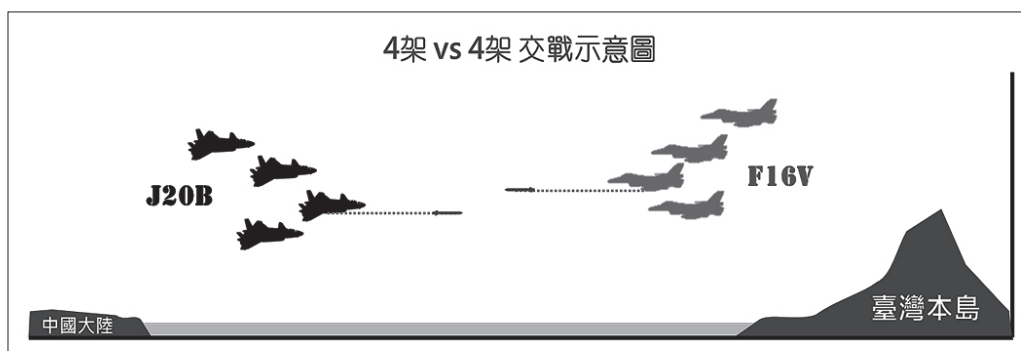
(一) F16V (BLK70/72) 對抗殲 J20B：

在海峽中設定的空中偵巡區進行敵我 4 架對 4 架的空中交戰，在 CO 軟體測試下，F16V 平均戰損約 3.6 架次，J20B 戰損約 1.4 架次，觀察系統的交戰過程，發現即使雙方戰機的雷達偵測距離相近，¹⁹ 但掛載遠程對空飛彈的 J20B 戰機可在較遠距離獲得制空優勢，而這個結果同上方的質化論述。²⁰

¹⁹ 系統預設 F16V (BLK70/72) 的 APG-83 雷達偵測距離為 160 哩，J20 的主動雷達為 200 哩。

²⁰ 系統預設 AIM-120C-7 的射程為 60 哩；PL-15 的射程為 94 哩。

圖 4 紅軍 J20B 對抗藍軍 F16 場景示意圖

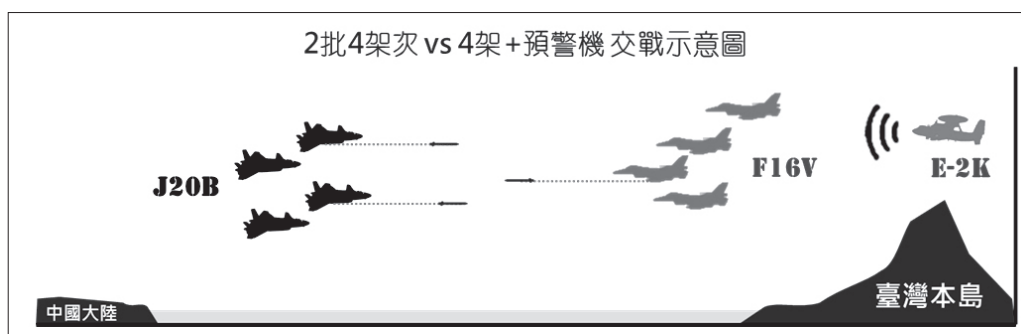


資料來源：作者自製。

(二) F16V (BLK70/72) 搭配 E-2K 預警機：

本場景紅軍以 J20B 成功擊落藍軍 E-2K 預警機，使藍軍喪失空中指管通信能力，此場景設計由 F16V 戒護位於東部的 E-2K 預警機，由 J20B 編隊 2 批 4 架次對 E-2K 預警機及 F16V 進行攻擊，觀察發現，即使藍軍的預警機能在 J20B 飛出大陸海岸後就發現其蹤跡，但限於空對空飛彈射程，J20B 仍有較高勝算並多次擊落藍軍預警機。

圖 5 紅軍打擊藍軍預警機示意圖



資料來源：作者自製。

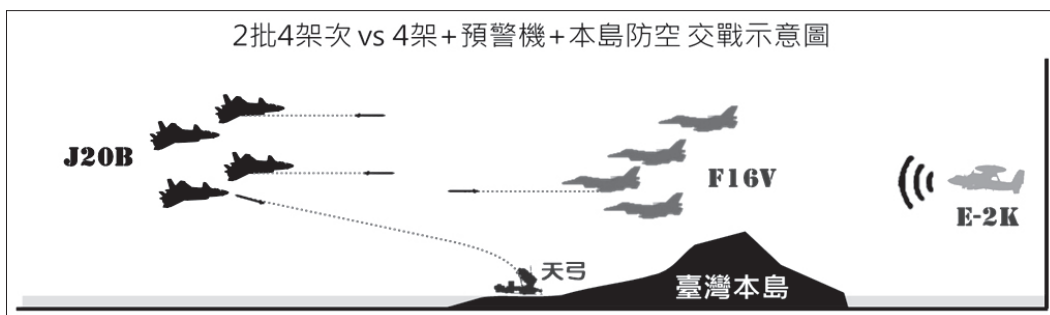
二、多重手段的防禦

(一) F16V (BLK70/72) 搭配預警機下，增加本島機動防空飛彈

本場景下，E-2K 預警機能及早偵知來襲的 J20B 外，且地面的防空飛彈可進行首批接戰，接下來 F16V 則可對來襲的 J20B 進行打擊，即使 J20B 擁

有射程較遠的空對空飛彈，但在此種無預期的多重打擊下，使 J20B 喪失擊落 E2-K 預警機的功能，而 F16V 的戰損減少至 2.5 架，在藍軍具備共同圖像下更減少為 0.3 架，J20B 戰損率高達 3.8 架，顯示戰時維持 C4ISR 的重要性，此亦驗證在防衛作戰下「重層」的意義除逐次消耗敵戰力外，更能提高戰力的存活率。

圖 6 紅軍打擊藍軍預警機（藍軍增加本島防空）示意圖

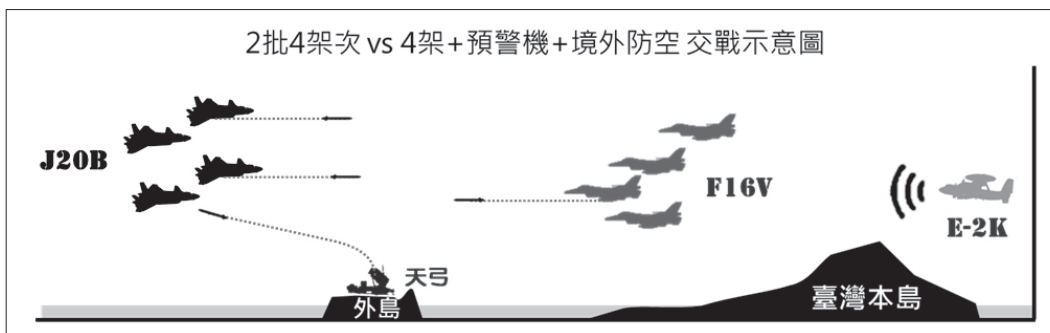


資料來源：作者自製。

（二）機動防空飛彈調整至境外

將前述的機動防空飛彈調整至境外，增加藍軍防禦縱深，使 F16V 的戰損減少至 1.2 架，而 J20 的戰損增加 3.2 架，在具備共同圖像下藍軍戰機可保持無戰損，並成功完勝來襲 J20，在此配置下，幾乎沒有一次 J20B 能成功打擊藍軍預警機，這個結果更加反映出防禦縱深的必要性，無論是外島或海上兵力均能在戰時對敵空中目標產生威脅，降低敵存活率。

圖 7 紅軍打擊藍軍預警機（藍軍增加境外防空）示意圖



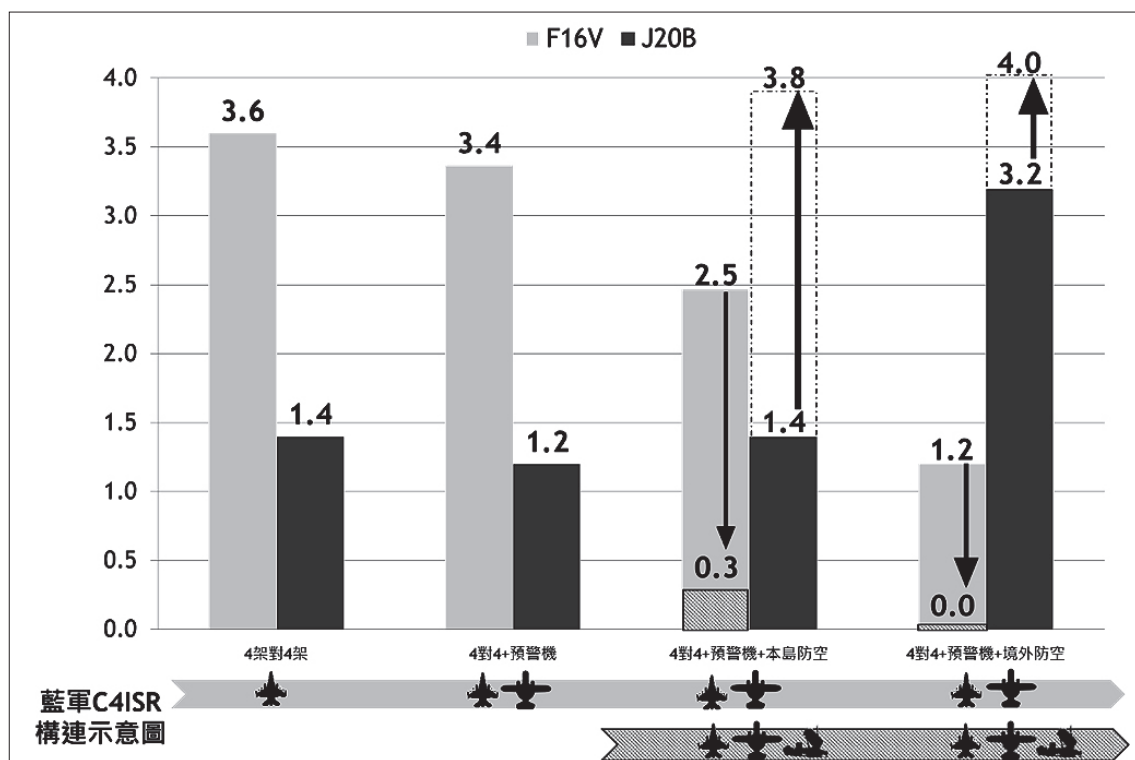
資料來源：作者自製。

三、小結

由以上模擬得知，儘管武器射程不如敵方，但在適切兵力配置下，我仍能降低損失，使敵任務失敗，故戰時我能「維持對敵偵知的戰場透明度」及「清楚知道我還有哪些打擊手段」至關重要。C4ISR 及機動防空部隊的戰力保存，加上足夠的防禦縱深有利於藍軍應變，並在聯合防空及火力打擊下，以不對稱的兵力發揮重層攔截之效。

本研究由商用軟體所進行的驗證，若欲運用在軍事上，仍建議使用設定更縝密的兵棋系統，如「合成化戰區作戰研究模式 (Synthetic Theater Operations Research Model, STORM)」或「延伸性防空模擬模式 (Extended Air Defense Simulation Model, EADSIM)」等，較能獲得更趨近於實戰狀況下的評估。

圖 8 戰機交戰損失狀況統計



資料來源：依模擬之數據由作者自製。

表 6 系統場景模擬之成果

	4 架對 4 架		4 對 4 + 預警機			4 對 4+ 預警機 + 本島防空						4 對 4+ 預警機 + 境外防空					
						部分共同圖像 (僅空中兵力)			完整共同圖像			部分共同圖像 (僅空中兵力)			完整共同圖像		
	J20B	F16V	J20B	F16V	E2K	J20B	F16V	E2K	J20B	F16V	E2K	J20B	F16V	E2K	J20B	F16V	E2K
1	3	4	2	3	0	0	1	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0
2	0	4	0	4	1	3	4	1	4	0	0	4	0	0	4	0	0
3	0	4	1	4	1	4	±	θ	3	2	0	4	1	0	4	0	0
4	2	3	2	3	0	1	2	0	3	2	0	4	1	0	4	0	0
5	1	4	1	4	1	3	3	0	4	0	0	3	1	0	4	0	0
6	2	3	1	4	1	2	2	0	4	0	0	3	2	0	4	0	0
7	2	4	1	3	1	2	2	0	4	0	0	3	2	0	4	0	0
8	1	4	1	4	1	2	2	0	4	0	0	4	2	0	4	0	0
9	2	2	2	2	0	1	2	0	4	0	0	4	1	0	4	0	0
10	0	4	1	4	1	1	3	0	4	0	0	3	1	0	4	0	0
11	3	3	0	4	1	3	4	0	3	1	0	3	1	0	4	0	0
12	1	4	2	3	1	0	2	0	4	0	0	3	2	0	4	0	0
13	1	4	2	3	0	1	4	1	4	0	0	1	2	0	4	0	0
14	0	4	0	4	0	0	1	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0
15	2	4	0	4	1	1	4	1	4	0	0	3	2	0	4	0	0
16	2	3	2	3	1	1	3	0	4	1	0	3	0	0	4	0	0
17	3	4	1	4	0	1	3	0	4	0	0	3	2	0	4	0	0
18	2	3	2	0	1	2	3	0	4	0	0	3	4	θ	4	0	0
19	2	3	1	4	1	1	3	0	4	0	0	3	0	0	4	0	0
20	0	4	2	3	1	2	2	0	2	1	0	4	0	0	4	0	0
21	0	4	0	4	0	2	1	0	θ	θ	θ	3	1	0	4	0	0
22	4	θ	1	2	1	3	4	0	4	1	0	4	1	0	4	0	0
23	2	3	2	4	0	1	2	0	4	0	0	3	0	0	4	0	0
24	2	1	1	4	0	1	1	0	4	0	0	4	3	0	4	0	0
25	2	4	2	4	0	2	4	1	3	1	0	3	3	1	4	0	0
26	2	4	2	4	1	2	4	0	4	0	0	4	1	0	4	0	0
27	0	4	1	2	0	1	3	0	4	0	0	2	1	0	4	0	0
28	1	4	3	3	θ	0	1	1	4	0	0	4	2	0	4	0	0
29	2	4	1	4	1	2	1	0	4	0	0	3	1	0	4	0	0
30	1	4	2	3	0	1	2	0	3	0	0	1	3	0	4	0	0
平均	1.4	3.6	1.3	3.4		1.5	2.5		3.8	0.3		3.2	1.3		4.0	0.0	

說明：平均數係每個場景測試 30 次，刪除異常極端數據（灰色雙刪除線）後之平均值。

資料來源：作者自行繪製。

肆、既有因應與未來發展建議

未來戰爭只憑單一武器，如飛機對飛機或飛彈對飛機等，已非趨勢，我國策略應朝落實整體防空及提升機動戰力建置，以下為我國既有因應與未來發展建議：

一、既有措施的因應

（一）整體防空整合技術高，且所費不貲但絕對必要

我國各型雷達（戰機、軍艦及陸基），籌獲年代不同，來源不同，故防空情資整合上勢必花費甚高，且國軍已致力多年發展共同作戰圖像，不應放棄。過去有部分學者批評戰時雷達遭摧毀後，C4ISR 根本無法作用，故建議我節約預算，但反觀近期中共在灰色地帶的艦機運用看來，建構整體防空確有其必要性，只有在平時絕對掌握臺海空域及敵方的空域狀況，方能提升我應變縱深。

（二）確認每個環節的認知差異有助於指揮決策

目前我各單位所搜獲的情資雖已同步於相依指管平臺，但中間仍有不同程度之處理步驟（如相異系統資料匯入後之處理），在尚未達成介面即時情資下，作戰指揮官應了解每個環節的限制與能力，如資料交換的時間差、交換方式及辨識等，有助於避免誤判情勢，或下達不合理的命令（如不瞭解整體作業流程下，要求在時限內完成某項辨證），其次可嘗試運用人工智慧（AI）協助辨識及指管，提升作戰中心人員速度。

（三）戰機運用及籌獲的不同思維

我 F16 機型未來為三型主力戰機中數量最多的機種，此型機雖為 3 代半（或 4 代戰機），但因此型機高靈活度的性能、先進的航電、飛控系統，使這型戰機成為世上最優秀的單引擎超音速多用途戰機之一，且全球已有 25 國 4 千餘架的戰機服役中，較少消失性商源，維持相對容易，優秀的性能已超過世界多數戰機，高性價比甚至讓美軍考量未來持續採購此機種，²¹ 我國

²¹ Dylan Malyasov, "U.S. Air Force seriously discusses F-16 order" (January 21, 2021), visited date: October 30, 2021, 《DEFENCE BLOG》, <https://defence-blog.com/news/u-s-air-force-seriously-discusses-f-16-order.html>.

資源有限，在國造機種尚未發展成熟前，應充分讓本型機與其他武器（或戰機）搭配運用達最大效益。

（四）政策上的大力支持

如前述不同來源的雷達及防空系統，在資訊交換上勢必會遇到困難，當各廠商在機敏資訊及關鍵技術需釋出時，單憑國防部之力，著實不易達成，此時即需要政府強力介入，要求各合約商提供相關技術，俾利整合建立合宜的介接機制、資料共享協定或開放性架構，以利整合與開發。

二、未來發展建議規劃

即使在戰時不一定能掌握完整制空權，但若防空能力讓敵人不敢輕易派遣戰機至我領空，不但能提高我戰力保存的程度，亦對敵造成強大心理威懾，相關建議如下：

（一）近程可建立共識並下達整合決心

我國已有世上數一數二密高的防空飛彈，近期應在既有基礎上下達決心，發展世界偵察最綿密的防空網，將打擊手段提升為世界前茅，發展規劃可參考以色列「箭式」防空系統（Arrow-2、Arrow-3 兩種飛彈）、大衛投石索，及鐵穹等 4 層次近中遠程防空系統或美「陸軍空中與飛彈防禦架構」的三層防空網，²² 設立如美方專案辦公室，專責整合空中與飛彈防禦，以現有設施整合為主，將現有的困難逐項列出，逐步解決各層級問題，並規劃中遠程發展建議，以推動整合執行。

（二）中程應加強網狀機制及高效指管手段

網狀化的指管及監偵機制，可提升戰時存活性，要達成此能力需安全且高速網路的硬體，與即時的數據計算。在複試配置的寬頻網管下，語音、圖像及資料交換將不再是問題，而目標識別可仰賴無人機或人工智慧（AI），透過長期深度學習讓 AI 展現辨識的能力，軍事上的實際運用，初期可將系統識別當做作戰中心指揮官的參考，減輕指揮官下達決策的時間。

²² 王能斌，「以色列成功測試『大衛投石索』防空飛彈」，（2020 年 12 月 23 日），2021 年 10 月 30 日瀏覽，《青年日報軍視界 NEWS》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=132490&type=international>。

廣布機動雷達及指管平臺於全島，並整合前線部隊的資訊流，如以色列埃比特系統（Elbit Systems）公司的「服部 X」（HattoriX）人工智慧（AI）目標系統（TAS），²³ 即可將前線部隊獲得的目標與附加訊息（圖像、影片與描述等）傳送至指管系統，使小區域成為小作戰單位，在密集的網管機制下發揮高作戰效益。

（三）遠程提升防空應變能力，並逐步發展適合臺灣的手段

持續發展或籌獲不同偵蒐方式的機動偵蒐雷達，如米波雷達、合成孔徑雷達等，將多重手段偵獲之不同頻譜資訊，結合 AI 或合成孔徑雷達製圖（SAR mapping）等技術進行辨識，並提供接戰手段建議，提升預警及反應時間。這種 AI 的應用甚至在平時就可結合我國兵棋推演，在演習時運用「人對 AI」或「AI 對 AI」的方式練兵，提高人員應變能力。

伍、結語

從以上的綜合分析可知，我國雖然在戰機數量上並不如中共，且沒有第五代隱形戰機，然而從歷史上的戰史得知，戰爭從來不是數量多的一方，或具先進科技的一方必定會獲勝，那些只是致勝關鍵之一，更何況戰時的空域是有限制的，不可能同時在空中有如此多的戰機，因此數量上並不構成威脅，而隱形戰機也並非完全都不會被發現，只是雷達截面積較小，因此未來在我方的戰場上，只要我們能掌握地理上的優勢並發揮所長，定能具體實現「防衛固守，重層嚇阻」的戰略指導，為我國創造巨大的勝機。

中共戰機的現代化已對我構成威脅，畢竟沒有空權，更不可能有海權，而陸上作戰也將會暴露在敵砲火下，我須在平時絕對掌握空權，建構高存活、使敵難應付的防空戰力及指管機制，使其不敢輕易飛越我領空，才能真正嚇阻敵人，並在作戰效益及成本考量下發展符合臺灣空防模式的兵力配置，讓兵力運用達最大效益，實現「以小搏大，以弱擊強」之不對稱戰術。

²³ 郭正原，「以色列『服部 X』目標獲得系統向西歐 8 國展示」（2021 年 2 月 2 日），2021 年 10 月 30 日瀏覽，《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1320409&type=international>。