

空權與國防
學術研討會論文集

作者

何修竹、何應賢、高基榮

許智翔、陳則佑、黃建遠

鄭詠儒、魯哲辰、蕭宏州

(依姓氏筆劃順序排列)

國防大學空軍指揮參謀學院編印

中華民國 111 年 10 月 01 日

序

自今年 2 月，俄羅斯入侵烏克蘭迄今已逾半年，世界各國懼於俄羅斯軍事報復，僅公開譴責但未直接介入兩國戰爭；8 月，美國眾議院議長裴洛西(Nancy Pelosi)訪臺，中共隨即在我周邊海域進行軍演，不但發射導彈越過我國上空、派遣無人機到外、離島偵察，更出動戰機、軍艦進逼海峽中線，從中共發布 7 處軍演區域及各項軍事行動來看，形同模擬封鎖臺灣。面對中共以軍事威脅打破現況，破壞區域和平穩定，英國著名〈經濟學人〉期刊亦提到中華民國必須成為敵方難以消化的目標「instead it will have to concentrate on becoming indigestible」。

二戰後，隨著航空科技的發展，奠定了空中武力在現代戰爭中的地位，掌握空權，獲取空優，已成為國防建軍的首要課題，再者隨著科技飛速發展及進步，亦改變了戰爭的型態及軍事作戰運用。本年度「空權與國防」研討會以「前瞻科技運用對未來空權發展之挑戰」為主題，雖受疫情影響未能舉辦交流，然承蒙各軍文學者不吝分享研究領域與成果，收錄彙整俄烏戰爭空中作戰對臺海防衛啟示、軍用無人機軍事運用模式與其價值、中共反輻射飛彈、航艦發展及其先進戰機威脅等研究，彙成本論文集付梓，藉此引領本院師生持續培養更宏觀學術視野及創新思維，以提供後續空軍訓練方向及建軍備戰之參考，特為之序。

空軍指揮參謀學院

少將院長 喬志弘

謹識

中華民國 111 年 10 月 01 日

目 錄

第一篇	俄烏戰爭空中作戰之觀察與對臺海防 衛的初步啟示	01
第二篇	軍用無人機偵測與反制技術	27
第三篇	中共反輻射飛彈發展與我反制作為之 研究一以防空飛彈部隊為例	55
第四篇	共軍航艦發展對我空軍威脅	81
第五篇	共軍先進戰機威脅下我空軍因應之道 ...	105

俄烏戰爭空中作戰之觀察與對臺海防衛的初步啟示

The Observation on the Air Warfare in the Russo-Ukrainian War and the implications for defending Taiwan

許智翔(Jyh-Shyang Sheu)
財團法人國防安全研究院助理研究員

摘要

2022 年 2 月下旬爆發的俄烏戰爭，迄今已進行超過 3 個月的時間。在其中，實力相對弱小的烏克蘭空軍、在對抗數量龐大且具備更先進能力的俄羅斯空軍時，仍能發揮高度韌性、持續存在於戰場上。這不僅植基於烏克蘭部隊高昂的作戰意志外，長時間在戰力防護與不對稱作為上投注的心力也同樣重要。同時，作戰進程也揭露出，俄國空軍目前作戰能力與西方國家相比，仍有不足之處。

對臺灣而言，由於軍力的高度不對稱，必須同時注意烏克蘭在空中作戰上，各種單位的運用方式與如何保存相對弱小的戰力，以使空軍能持續在戰事中扮演角色，也必須進一步強化相關的不對稱戰力投資。然而由於臺海作戰環境與烏克蘭相異甚大，我國所面對的中共軍事能力，也與俄軍有相當程度的差異，但烏國的作為仍有相當程度的參考價值。而從戰事發展亦可注意，不對稱戰力無法完全滿足烏克蘭作戰需求，也因此我國在軍力發展上，雖要全力強化不對稱作戰能力以「抵銷」(offset) 中共優勢兵力，卻也仍不能完全拋棄傳統作戰能力。

關鍵字：俄烏戰爭、空戰、不對稱作戰

Abstract

The Russo-Ukrainian war that broke out in late February 2022 has been already going on for more than three months. The weaker Ukrainian Air Force shows excellent resilience and keeping its presence in the battlefield against the mighty Russian forces. This is not only based on the high willing to fight of the Ukrainian troops, the long developments of force preservation and asymmetric warfare of the Ukrainian Armed Forces also play a crucial role. In addition, the war in Ukraine also shows several weak points of the Russian Aerospace Force and the gap of capabilities between Russian Aerospace Force and the modern Air Forces of the western Allies.

For Taiwan, the use of air and air-defense assets of the Ukrainian Air Force and how to maintain combat capabilities should be highly focused due to that Taiwan is facing similar military imbalance. The way how Ukrainian Air Force preserves its assets, and the advantages and disadvantages of asymmetric capabilities in the war in Ukraine could be important lessons for Taiwanese Air Force.

Keywords : Russo-Ukrainian War, Air Warfare, Asymmetric Warfare

壹、前言

俄烏戰事從 2022 年 2 月 24 日、俄羅斯對烏克蘭發動全面入侵開始，至 2022 年 5 月下旬已持續約 3 個月的時間，即使戰況陷入泥沼、仍未見俄國有退兵跡象。在戰事持續延宕、懸而未決之下，武裝衝突將可能如同 2014 年進行至今的烏東頓巴斯 (Donbas) 衝突般，繼續進行相當時間。然而相較之下，僅具備傳統武力、三軍缺乏足夠現代化先進裝備的烏克蘭武裝部隊實力，難以與常被視為世界軍力排名世界第二的俄軍相比，¹其中在空戰與防空部分，雙方空中實力更是難以相比。然而，時至今日仍可在網路公開情資 (Open-source intelligence, OSINT) 中，見到烏克蘭空軍不時升空與俄國軍機接戰、或進行密接支援等任務，更可注意到烏國防空系統亦持續對俄軍形成威脅。顯見在空戰上，烏克蘭武裝部隊展現出與地面作戰同樣的高度韌性，對於同樣面對兵力規模高度不對稱之巨大威脅的臺灣而言，俄烏戰爭空戰將極具參考與學習價值。本文將首先從俄烏雙方的不對等實力觀察開始，透過網路 OSINT 所提供的大量戰場資訊，嘗試探討以下多個面向議題：1. 烏軍在這場戰事進行中所遂行的航空戰力與防空戰力之戰力保存作為、以及其在戰場上持續對俄軍帶來威脅的作戰方式；2. 俄軍在空中作戰上顯漏的缺失；以及 3. 在臺海戰場的脈絡下，目前俄烏戰爭在網路 OSINT 可得之初步資料中，是否有能作為臺灣借鏡、加以高度重視評估，以及中共可能從中得到教訓之處。

貳、俄烏空軍與防空戰力比較

1991 年烏克蘭自蘇聯獨立時，其武裝部隊亦繼承了前蘇聯的大量裝備，曾擁有歐洲僅次於俄羅斯的第 2 大、全世界更排行第 4 的龐大軍力；然而，當俄羅斯於 2014 年進軍克里米亞 (Crimea) 及烏東頓巴斯 (Donbas) 地區時，烏國武裝部隊卻無法進行有效抵抗，時任烏國國防部長甚至稱該國僅有 6,000 名地面部隊完成作戰準備、僅 15% 軍用機能飛行、更只有 10% 防空系統能運作，可見其武備荒廢的程度。²

由於烏俄兩國緊緊接壤、陸地邊界長超過 2,295.04 公里，³加以 2014 年衝突致使烏克

¹ “2022 Military Ranking,” Global Firepower, last retrieved: May 17, 2022, <https://www.globalfirepower.com/countries-listing.php>.

² Nabi Abdullaev, “New Book Tells How Russia Took Crimea So Easily,” *The Moscow Times*, August 28, 2014, <https://www.themoscowtimes.com/2014/08/28/new-book-tells-how-russia-took-crimea-so-easily-a38847>.

³ “Related FAQs: How long is the Ukraine Russia Border?,” *The Ukraine Crisis*, Last retrieved: May 28, 2022, <https://ukrainecrisis.org/260840406-russia-ready-to-help-overcome-global-food-crisis-if-putin>.

蘭損失大部分的海軍兵力，⁴因此主要的對抗將在陸地與空中兩個領域進行。然而如比較兩國的陸空兵力，則可明白注意到雙方在空中武力上的不對稱程度，遠較地面部隊為高（見表 1）。

表 1 烏俄兩國空中與防空實力比較

	烏克蘭	俄羅斯
軍機（總計）	318 架	4,173 架
戰機	69 架	772 架
攻擊機	29 架	739 架
運輸機	32 架	445 架
直升機	112 架（攻擊直升機 34 架）	1,543 架

資料來源：“Comparison of Ukraine and Russia Military Strengths (2022),” Global Firepower, last Retrieved: May 25, 2022, <https://www.globalfirepower.com/countries-comparison-detail.php?country1=ukraine&country2=russia>.

正因戰力的高度差距，烏克蘭軍方在此場戰事的空中作戰方面，呈現：1.傳統戰力的巨大劣勢，以及 2.高度倚賴不對稱作戰裝備作為其主要打擊力量等 2 個特徵。

一、高度不對稱的航空與防空戰力

就裝備面而言，烏國空軍自 1991 年來未曾籌獲任何新戰鬥機，⁵與近年持續有新式裝備研發及投產的俄羅斯相比，戰力質與量的差異甚大。兵力數量上，烏克蘭空軍的空中兵力總共有約 318 架各式軍機、俄羅斯航太軍（Russian Aerospace Forces）⁶則有約 4,173 架，然而對烏克蘭而言，兵力上的不對稱事實上與日俱增：2014 年衝突時烏國空軍帳面上擁有約 221 架作戰機，然在 2022 年俄國全面入侵前後，其帳面實力僅存戰鬥機及攻擊機共約 98 架，而相較之下俄國空軍在 2014 年時則有約 1,389 架作戰機、但到了 2022 年入侵前後，戰鬥機與攻擊機卻已增加至 1,511 架。⁷換言之，即使烏克蘭在 2014 年衝突後逐步進行軍

⁴ Megan Eckstein, “After 2014 decimation, Ukrainian Navy rebuilds to fend off Russia,” *Defense News*, August 9 2021, <https://www.defensenews.com/naval/2021/08/09/after-2014-decimation-ukrainian-navy-rebuilds-to-fend-off-russia/>.

⁵ Paul Iddon, “Supplying Ukraine Russian-Built Military Hardware Will Help Kyiv And Enhance NATO Interoperability,” *Forbes*, April 3, 2022, <https://www.forbes.com/sites/pauliddon/2022/04/03/supplying-ukraine-russian-built-military-hardware-will-help-kyiv-and-enhance-nato-interoperability/?sh=6aaace4a3ba1>.

⁶ 2015 年 8 月 1 日，俄羅斯將「空軍」與「航太防衛軍」（Aerospace Defense Forces）合併為新的「航太軍」，整合運用航空與太空兵力。

⁷ “Comparison of Ukraine and Russia Military Strengths (2022),” Global Firepower, last retrieved: May 20, 2022, <https://www.globalfirepower.com/countries-comparison-detail.php?country1=ukraine&country2=russia>; Jonathan Marcus, “Ukraine: The military balance of power,” *BBC*, March 3, 2014, <https://www.bbc.com/news/world-europe->

事改革，並在此次俄國發動的全面入侵中收到實效，仍可以明確地注意到其空軍兵力仍舊逐年下滑。由於烏俄關係嚴重交惡，因此儘管烏克蘭在 2014 年後，盡各種可能手段、嘗試使空軍的舊式蘇聯戰機能升空作戰，然而零附件難以自俄羅斯取得，加上烏國本身在蘇聯解體後軍工產業的荒廢等因素，預估在 2030 年時大部份戰機都將無法使用。⁸事實上，因為零附件取得困難對妥善率造成的嚴重影響，而使得烏國空軍真正妥善、能投入戰場的兵力，很可能更遠低於公開資訊。

此外，數量占絕對劣勢的烏克蘭空軍，以裝備而言即使在「質」的層面，也同樣處於高度不對稱劣勢。同前所述，烏克蘭空軍主戰裝備是繼承自前蘇聯空軍的老舊第四代戰機，儘管近年曾進行提升，裝備性能仍大幅落後俄軍（見表二）：俄國發動全面入侵前的 2021 年底，烏克蘭空軍的主力為約 35 架 MiG-29 戰機、與約 35 架的 Su-27 戰機，⁹同時更未擁有具主動導引能力的中長程空對空飛彈（如俄製 R-77/北約代號 AA-12 等）；¹⁰除了 Su-27 及 MiG-29 外、烏國空軍主力還有具備較精準打擊與低空高速滲透、突穿敵空防能力的 Su-24 攻擊機，以及主要用於密接支援的 Su-25 攻擊機等機種，但由於冷戰結束後即未再有大幅的技術發展，僅有小幅性能提升。此外，烏克蘭空軍更缺乏機載的早期預警及管制能力、空中加油、資料鏈與聯網作戰能力、現代精準導引彈藥、空射巡弋飛彈及偵查、標定莢艙等各項現代空軍所需的能力與裝備。¹¹

相較於數量上的劣勢，技術上的全面落後可謂是在戰力對比上，對烏國更加不利的因素：儘管烏國在過去嘗試自力進行性能提升，構改的機種也在近年陸續交付烏克蘭空軍服役，¹²然關鍵核心技術與生產仍為俄國掌握。因此烏國自力進行的性能提升方案，與俄國在

26421703; “Why hasn’t Russia mobilised its vast air power against Ukraine?,” *Aljazeera*, March 2, 2022, <https://www.aljazeera.com/news/2022/3/2/why-hasnt-russia-mobilised-its-vast-air-power-against-ukraine>.

⁸ Stephen Blank, “Upgrading Ukraine’s Air Force could deter Russia,” Atlantic Council, April 6, 2021, <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/upgrading-ukraines-air-force-could-deter-russia/>.

⁹ 亦有資料顯示經過海外銷售、缺乏料件等損失，至 2019 年時烏克蘭空軍兵力仍保有 Su-27S/P/UB/UP 等各種 Su-27 戰機共 55 架。資料來源：Vladimir Trendadfflovski, “Ukrainian Su-27 Flankers on the Front Line,” *Key.Aero*, March 21, 2019, <https://www.key.aero/article/ukrainian-su-27-flankers-front-line>.

¹⁰ “Air Superiority Over Kiev: Can Russian Strike Fighters Eliminate Ukraine’s Air Defences Within 24 Hours?,” *Military Watch Magazine*, December 26, 2021, <https://militarywatchmagazine.com/article/air-superiority-kiev-russian-strike-fighters>.

¹¹ Stephen Blank, *ibid.*.

¹² 烏克蘭主力戰機/攻擊機均為繼承自蘇聯的機種，生產於 1980 年代中期至 1991 年間。由於戰機太過老舊，烏國在近年不僅必須嘗試恢復機隊妥善率、並為老舊戰機延壽外、更逐漸開始嘗試自力進行提升。根據烏國公開資料顯示，單就 2018 年而言，烏軍就取得 6 架改良雷達與導航系統的 MiG-29MU1；數架強化雷達（宣稱搜索距離增加 30%）、新式導航、控制、監視系統的 Su-27-1M，這種改良同時施於 Su-27 的各種型號；將瞄準系統由類比式改為數位化、新式無線電系統與反干擾裝置的 Su-25M1K 攻擊機；同時，也為

過往 30 年間服役的新式改良型戰機以及舊型機種的性能提升相比之下，其戰力強化的程度仍十分有限，而其提升後之實際效益，也待後續進一步評估。無論如何，單就裝備本身而言，烏國空軍的主戰航空裝備在性能上，與持續構改提升，具備較新感測器、電戰系統、較先進精準武器的俄軍戰機如 Su-30SM2、Su-35 等，同樣屈居於極度劣勢。

表 2 俄國入侵前烏克蘭空軍主要使用作戰機種¹³

類型	機種	數量	備註
戰鬥機	Su-27S/P/UB/UP	約 32-35 架	提升為 Su-27S1M/P1M/UB1M，2021 年底 2 架 Su-27UB 提升為 Su-27UP2M。 ¹⁴
戰鬥機	MiG-29	約 35-43 架	部分已升級為 MiG-29MU1
攻擊機	Su-24M/MR	約 12-23 架 ¹⁵	低空長程戰轟機/攻擊機
攻擊機	Su-25	17 架	部分升級為 Su-25M1K。
戰鬥無人機	TB2	至少 36 架	購自土耳其，烏國已取得自行生產授權

資料來源：”World Air Forces 2022,” *Flight Global*, November 25, 2021, <https://www.flightglobal.com/flight-international/how-afghanistans-fall-reshaped-world-air-forces-inventory/146576.article>; Air Superiority Over Kiev: Can Russian Strike Fighters Eliminate Ukraine’s Air Defences Within 24 Hours?,” *Military Watch Magazine*, December 26, 2021, <https://militarywatchmagazine.com/article/air-superiority-kiev-russian-strike-fighters>; Ukrainian Air Force ordered overhaul of two Su-27UB fighter jets totaling UAH 181 million,” *Militarnyi*, November 26, 2021, <https://mil.in.ua/en/news/ukrainian-air-force-ordered-overhaul-of-two-su-27ub-fighter-jets-totaling-uah-181-million/>; David Axe, “Where Are Ukraine’s Bombers?,” *Forbes*, April 7, 2022, <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2022/04/07/where-are-ukraines-bombers/>; David Hambling, “New Turkish Bayraktar Drones Still Seem To Be Reaching Ukraine,” *Forbes*, May 10, 2022, <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2022/05/10/new-turkish-bayraktar-drones-still-seem-to-be-reaching-ukraine/>.

除航空兵例外，烏克蘭的地面防空能力也同樣居於大幅度的不對稱劣勢。與空中兵力的狀況類似，儘管雙方運用的大量防空系統多由蘇聯時期的裝備衍生而來，如 9K330「道

Mi-24 與 Mi-8 等直升機隊配備電戰干擾等裝備。資料來源：Illia Ponomarenko, “Ukraine’s armed forces supplied with over 50 upgraded planes, helicopters in 2018,” *Kyiv Post*, January 2, 2019, <https://www.kyivpost.com/ukraine-politics/ukraines-armed-forces-supplied-with-over-50-upgraded-planes-helicopters-in-2018.html>.

¹³ 由於缺乏烏國官方說明，各方資料記載之各式機種保有數目有一定程度出入，本文嘗試彙整公開資料呈現之烏克蘭機隊兵力於表內。

¹⁴ 改良項目包含頭盔瞄準指示系統、新式導航與情報通資系統、自動發射熱焰彈等。資料來源：“Ukrainian Air Force ordered overhaul of two Su-27UB fighter jets totaling UAH 181 million,” *Militarnyi*, November 26, 2021, <https://mil.in.ua/en/news/ukrainian-air-force-ordered-overhaul-of-two-su-27ub-fighter-jets-totaling-uah-181-million/>.

¹⁵ 亦有部分資料認為烏國 Su-24 機隊兵力有 14-23 架。資料來源：David Axe, “Where Are Ukraine’s Bombers?,” *Forbes*, April 7, 2022, <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2022/04/07/where-are-ukraines-bombers/>.

爾」(Tor, 北約代號 SA-15)機動中低空防空飛彈、9K37「山毛櫸」(BUK, 北約代號為 SA-11/17)機動中程中空防空飛彈、或 9K35「箭-10」(Strela-10, 北約代號 SA-13)機動短程防空飛彈等,均可見於雙方作戰序列。然而俄軍所裝備者,均在冷戰結束後、隨著技術發展進行性能提升,戰力上已超越烏軍的舊型號甚多。同時,俄軍也已大量配備獨自研發的新式防空系統,如可針對低空短程到高空長程,S-400「凱旋」(Triumph, 北約代號 SA-21)系統,或是彈砲合一的「鎧甲 S1/S2」(Pantsir S1/S2, 北約代號 SA-22)機動近短程防空系統等。前述防空系統,都是在蘇聯解體後,俄羅斯獨立研發量產、大量配備,並針對技術發展,持續進行性能提升的先進防空裝備。

相較之下,烏克蘭所運用之防空系統在性能面上仍停留於冷戰後期,儘管有相當於早期愛國者系統的 S-300P/PS/PT,或是短程「山毛櫸 M1」(Buk-M1)等相對先進(1980 年代後期之技術水準)的裝備,與前述俄軍新式裝備相比,性能仍然嚴重不足。就 S-300 防空飛彈而言、烏軍所使用的型號並不具備廣域防禦能力,更缺乏多層防禦能力,難以比擬俄軍所用之新式改良型 S-300V4,同時由於烏克蘭過往更曾出售防空系統予美國與喬治亞等國家,致使其保有的 S-300 系統數量,實際上較蘇聯解體時更少,以至於烏國甚至必須在 2020 年時甚至必須讓老舊、缺乏機動能力的 S-125(北約代號 SA-3)防空飛彈重新恢復現役,然此類裝備在現代戰場上既缺乏作戰效率、也難以存活,很可能在開戰後不久就遭到俄軍壓制、摧毀。¹⁶

二、西方空防上的軍事援助因其能力而嚴重受限

西方在俄國入侵開始前,就已逐步交付大量武器裝備予烏國,然而絕大多數為輕兵器,或人攜式的反甲與防空武器如「刺針」或「西北風」等飛彈;重裝備諸如軍機、直升機或先進防空系統則十分難以取得。截至目前為止,在西方援助下、烏克蘭以透過取得飛機零附件等方式,增加了超過 20 架可用戰機,從東歐國家運用機種而言,很可能是 MiG-29;據報導指出,烏克蘭隨後更進一步取得 Su-25 攻擊機的零附件。¹⁷然而因為訓練、後勤等各

¹⁶ “Russia Just Destroyed Ukraine’s Air Defences in a Couple of Hours: Why Was it So Easy?,” *Military Watch Magazine*, February 24, 2022, <https://militarywatchmagazine.com/article/russia-just-destroyed-ukraine-s-air-defences-in-a-couple-of-hours-why-was-it-so-easy>.

¹⁷ David Axe, “The Ukrainian Air Force Just Got Bigger. Someone Gave Kyiv More MiG Parts,” *Forbes*, April 19, 2022, <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2022/04/19/the-ukrainian-air-force-just-got-bigger-it-seems-someone-gave-kyiv-more-mig-29s/>; Jack Detsch, “Inside a Major Nerve Center for Shipping Military Aid to Ukraine,” *Foreign Policy*, May 24, 2022, <https://foreignpolicy.com/2022/05/24/nato-ukraine-military-aid-germany/>.

方面體系的問題，以及俄羅斯的強烈威嚇，西方國家到目前為止、仍未提供歐美製的戰機予烏軍使用，儘管相關人員的訓練其實已可如重型地面裝備的援助般開始進行。

防空系統上，則如前述、儘管西方提供了相當多的不對稱防空武器，並發揮了相當之效果。然從烏克蘭難以取得較為中大型的防空系統的問題上，則仍可明顯注意到，目前西方國家軍事戰力在此方面的隱憂：後冷戰時期西方國家不僅大幅裁減其野戰防空部隊，在制空上、則主要將資源投注於空軍的定翼戰機上，直至近年大國競爭態勢再起，才開始重新將野戰防空與多層防空網的補齊，列為重要軍事投資項目。此種現象一方面使得西方在過往數年嘗試協助烏克蘭強化防衛進行軍事現代化時，難以在防空上提供更進一步的協助。¹⁸簡而言之，即使西方嘗試援助烏克蘭更多的防空系統，在刺針、復仇者等短程防空（short range air defense, SHORAD）外，如「愛國者」飛彈，可能僅有數量有限且難以輕易援助，並且幾乎不可能在短時間訓練烏軍運用先進大型複雜系統。正因如此，目前西方提供給烏克蘭的較大型防空系統中，仍以曾為東歐華約集團的東歐盟國使用之俄製系統、如斯洛伐克提供的 S-300 防空飛彈援助烏克蘭。¹⁹

值得注意的是，德國雖同意從軍火工業庫存中撥交 50 輛封存的「獵豹防空戰車」（Flakpanzer Gepard）援助烏克蘭，不過儘管獵豹式的性能仍能滿足當前烏國的作戰需求，卻因已除役多年、面臨庫存彈藥不足，²⁰且彈藥生產廠址所在國瑞士拒絕提供彈藥的狀況下遭遇困難。²¹近期，德國與美國分別宣布援助烏克蘭先進的中程防空飛彈系統，1 套德製 IRIS-T SL 防空飛彈、²²及 2 套 NASAMS 防空飛彈系統。²³這兩種防空飛彈系統均衍生自先進空對空飛彈系統，儘管是最新式西方防空飛彈，惟其援助的數量太少且相對上太遲，

¹⁸ “Russia Just Destroyed Ukraine’s Air Defences in a Couple of Hours: Why Was it So Easy?,” *Military Watch Magazine*, February 24, 2022, <https://militarywatchmagazine.com/article/russia-just-destroyed-ukraine-s-air-defences-in-a-couple-of-hours-why-was-it-so-easy>.

¹⁹ “Slovakia says it has given S-300 air defence system to Ukraine,” *Aljazeera*, April 8, 2022, <https://www.aljazeera.com/news/2022/4/8/slovakia-says-it-has-given-s-300-air-defence-system-to-ukraine>.

²⁰ 「獵豹防空戰車」雖因使用瑞士奧立岡（Oerlikon）35mm KDA 機砲，與我國天兵系統使用之 GDF 35mm 高射機砲使用同樣規格 35mm x228 彈藥，然「獵豹式」使用之彈藥因車輛進彈系統緣故因而有些微修改，致使仍需原廠為其特規生產。

²¹ Thorsten Jungholt and Gregor Schwung, “Der Gepard-Deal offenbart die zentrale Schwäche der deutschen Ukraine-Strategie,” *Welt*, April 27, 2022, <https://www.welt.de/politik/deutschland/plus238411091/Gepard-Panzer-Deal-offenbart-die-zentrale-Schwaeche-der-deutschen-Ukraine-Strategie.html>.

²² Rachel More, Alexander Ratz and Miranda Murray, “Germany to send IRIS-T air defence system to Ukraine,” *Reuters*, June 1, 2022, <https://www.reuters.com/world/europe/germany-send-iris-t-air-defence-system-ukraine-scholz-2022-06-01/>.

²³ Joe Gould, “US to send Ukraine advanced NASAMS air defense weapons in \$820 million package,” *Defense News*, July 2, 2022, <https://www.defensenews.com/pentagon/2022/07/01/us-to-send-ukraine-advanced-nasams-air-defense-weapons-in-820-million-package/>.

可能僅足以保護少數關鍵設施。此外，同前所述，西方國家過往對防空能力的相對不重視，使得歐美目前仍未大量採用此二系統；換言之，援助將難以從西方武裝部隊的庫存中撥交，而是必須由廠商訂購緊急生產，增加時間上的浪費。

三、烏克蘭以不對稱戰力支撐打擊戰力與防空能量

在俄國入侵前後，烏克蘭在西方的軍援、以及自身原先已備有的裝備儲備下，建立一定程度的「不對稱」作戰能量，就空中作戰而言，則包含了各型無人機的運用及大量輕型人員便攜式防空系統（Man-portable air-defense system, MANPADS）的投入。

（一）以偵打一體無人機作為關鍵空中打擊力量

無人機裝備可能是烏克蘭在這次全面入侵中，相對較具一搏實力的部份。持平而論，烏克蘭運用的無人機以小型機種為主，如 2014 年、在克里米亞與烏東危機爆發後，由民間志願者成立、並整合進烏克蘭參謀本部指揮體系下的「空中偵察」（Aerorozvidka）單位的活躍就是其一，²⁴而西方各國截至目前為止所援助的裝備也多以小型無人機為主，如美製「彈簧刀」（Switchblade）、波蘭製「戰友式」（Warmate）遊蕩彈藥（loitering munition），甚或中共品牌「大疆」（DJI）的商售多軸無人機等。然而就戰事目前為止的發展而言，烏克蘭近年籌獲、配備的大型戰鬥無人機（Unmanned Combat Aerial Vehicle, UCAV）在其空中作戰中，扮演了重要角色：其中烏國在 2021 年下旬取得的土耳其製「旗手式 TB2」（Bayraktar TB2）戰鬥無人機（unmanned combat aerial vehicle, UCAV），成為其空中打擊戰力的關鍵裝備之一。

「TB2」UCAV 是一種中空長航時（medium altitude and long-range, MALE）UCAV，其尺寸與我國自行研發的「銳鳶」無人機相近，根據其製造商土耳其拜卡（Baykar）公司的資料顯示，「TB2」飛行高度最大可達 25,000 呎、傳輸導控距離最大約 300 公里、空速為 70-120 節，可滯空 27 小時、最大起飛重量 700 公斤、具備 150 公斤酬載能力，可攜帶 4 枚雷射導控的精準武器。²⁵針對這種尺寸、酬載能力不如傳統定翼機的 UCAV 作戰需求，土耳其也研發了「微型導引武器」（Micro Guided Munition, MAM）系列供

²⁴ Alia Shoaib, “An elite Ukrainian drone unit exploits the cover of night to destroy Russian tanks and trucks while their soldiers sleep, report says,” *Business Insider*, March 21, 2022, <https://www.businessinsider.com/ukrainian-drone-unit-strikes-russian-targets-while-they-sleep-the-times-2022-3>.

²⁵ “Bayraktar TB2,” Baykar, last retrieved: May 21, 2022, <https://www.baykartech.com/en/uav/bayraktar-tb2/>.

UCAV 運用。²⁶

「TB2」無人機近年在中東、北非戰場如敘利亞內戰、利比亞內戰，及 2020 年發生於外高加索地區的「納戈爾諾-卡拉巴赫戰爭」(Nagorno-Karabakh War) 等各地戰事中大放異彩，在諸多缺乏定翼航空器戰力的的小國、或是非國家武裝團體中，此類「偵打一體」無人機扮演了「窮人的空軍」角色，儘管在面對現代化防空系統時仍會遭到擊落，然其不僅能對地面部隊、尤其車輛、火炮與地面陣地造成極大威脅，甚至在近年戰事中已能有效穿透先進俄製防空系統如「鎧甲」、「道爾」等機動防空飛彈的防禦、甚至在「納戈爾諾-卡拉巴赫戰爭」獵殺包含 S-300 在內的先進長程防空系統，²⁷其效益與戰力值得注意。

就近年來包含俄烏戰爭在內、「TB2」在各地戰場發揮的龐大效益不僅在作戰能力上，也在經濟層面上。2019 年當烏克蘭與土耳其簽訂採購合約，購買 6 架「TB2」以及相關之彈藥等各種設備時，花費了 6,900 萬美元；²⁸然就目前單機成本而言，一架平均約僅 1 至 2 百萬美元，²⁹這不僅顯示了這樣的機種在戰場上是一種「可負擔」(affordable) 裝備，亦即其成本相對低廉，其建軍、使用乃至於損失時都相對容易，而與其所摧毀的裝備相比，更是在經濟上具備極高「交換比」的重要裝備。在俄國全面入侵之前，烏克蘭實際上已在 2021 年 10 月運用「TB-2」摧毀烏東分離主義部隊的砲陣地，並致使俄羅斯加強對烏東邊境的部隊增援，升高情勢，可見 UCAV 在戰場上的威脅性。³⁰

(二)MANPADS 具極高不對稱戰力卻無法完全滿足空防需求

²⁶ “Roketsan’s Smart Micro Guided Munitions Boost Effectiveness of UAVs,” *Asian Military Review*, March 25, 2019, <https://www.asianmilitaryreview.com/2019/03/roketans-smart-micro-guided-munitions-boost-effectiveness-of-uavs/>.

²⁷ Linda Kay, “Some 23 Russian Pantsir Air Defense Systems Destroyed in Syria, Libya: Reports,” *Defense World*, June 9, 2020, <https://www.defenseworld.net/2020/06/09/some-23-russian-pantsir-air-defense-systems-destroyed-in-syria-libya-reports.html>; Altan A. Oyler, “Libya: A Catastrophe for Russia’s Pantsir S1 Air Defense System,” *Real Clear Defense*, June 19, 2020, https://www.realcleardefense.com/articles/2020/06/19/libya_a_catastrophe_for_russias_pantsir_s1_air_defense_system_115394.html; Adbdullah Bozkurt, “UN experts found Turkish Bayraktar drones in Libya were easily destroyed,” *Nordic Monitor*, February 21, 2022, <https://nordicmonitor.com/2022/02/turkish-drones-were-destroyed-in-libya/>;

²⁸ Burak Ege Bekdil, “Turkish firm to sell drones to Ukraine in \$69 million deal,” *Defense News*, January 14, 2019, <https://www.defensenews.com/unmanned/2019/01/14/turkish-firm-to-sell-drones-to-ukraine-in-69-million-deal/>.

²⁹ Paul Iddon, “Cheap And Combat-Tested: The Growing Market For Turkish Drones,” *Forbes*, July 26, 2021, <https://www.forbes.com/sites/pauliddon/2021/07/26/cheap-and-combat-tested-the-growing-market-for-turkish-drones/?sh=41d2c4247ce0>.

³⁰ “Buildup of Russian troops near Ukraine, Bayraktar drone in Donbas, vaccine mandates and more – Weekly Update on Ukraine #37, 25-31 October 2021,” Ukraine Crisis Media Center, November 1, 2021, <https://uacrisis.org/en/buildup-of-russian-troops-near-ukraine-bayraktar-drone-in-donbas-vaccine-mandates-and-more-weekly-update-on-ukraine-37-25-31-october-2021>.

自烏克蘭危機升高開始，西方國家就開始增援各式單兵精準武器，其中廣為北約盟國採用的美製刺針（FIM-92 Stinger）防空飛彈，就是援助重點之一。單就 MANPADS 而言，2022 年 4 月 7 日，美軍參謀首長聯席會議主席密利上將（Army General Mark Milley）就表示已有 25,000 枚防空飛彈已交付給烏克蘭。³¹就目前 OSINT 所見，供給予烏國的 MANPADS 並不僅刺針飛彈，還有包括法製「西北風」（Mistral）在內，各國的系統；而事實上，烏克蘭本身也仍擁有數量龐大的前蘇聯製 MANPADS，這些數量龐大的防空火力，能對低空、近距離進行密接支援或執行打擊任務的俄國軍機、直升機產生巨大威脅，由於俄軍相對上較不若美軍與西方國家般、使用大量具備較長射程的精準彈藥，MANPADS 的遍佈將對這些軍機造成更大威脅。截至目前為止、俄國空軍也確實遭到了相當程度損失。

必須強調的是，西方支援的大量 MANPADS 儘管讓烏克蘭地面部隊能有效防範來自低空的空中打擊，然其有限的射程及射高，亦顯示出此類系統在運用上的侷限性；不論是 MANPADS，或是使用腳架、較缺乏機動性但增加接戰效率的系統如雙聯裝刺針（Dual Mount Stinger）系統，事實上其機動能力也都因人力攜帶運用而受限，烏國雖有改裝輕型貨卡（pick-up）、裝載法製「西北風」（Mistral）防空飛彈，³²使其成為簡易機動防空系統的應急方式。然而此種改裝方式只是使 MANPADS 飛彈具備較好的機動性，飛彈本身的限制（如射程與射高），與缺乏更進一步的先進目獲、射控等作戰系統，使其無法完全滿足烏克蘭在防空作戰上的需求。正因此，較中長程、較先進的防空系統仍是烏國總統澤倫斯基（Volodymyr Oleksandrovych Zelenskyy）向西方請求援助的重點裝備。

參、烏克蘭的戰力保存與部隊運用

一、成功避免遭俄國第一擊癱瘓為烏國長時間抵抗關鍵

從俄軍發起入侵迄今的作戰進程回顧，可以注意到烏軍不論航空戰力如戰機、攻擊機等，或是防空部隊等各單位，由於相對良好的戰力保存作為，而能在絕對的不對稱劣勢戰

³¹ Phil Stewart and Idrees Ali, "Ukraine supplied 25,000 anti-aircraft weapons by US, allies-US general," *Reuters*, April 8, 2022, <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/ukraine-supplied-25000-anti-aircraft-weapons-by-us-allies-us-general-2022-04-07/>.

³² Emma Helfrich, "Ukraine Is Turning Fiat Trucks Into Mobile Surface-To-Air Missile Systems," *The Drive*, May 5, 2022, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/ukraine-turned-fiat-trucks-into-mobile-surface-to-air-missile-systems>.

場環境中生存，並維持相當程度的戰力能持續作戰。

在俄羅斯發動全面入侵的首日，其初期空中作戰方式事實上與後冷戰時期以來美國與西方盟軍發動的各場戰役相仿：以大量巡弋飛彈及彈道飛彈等遙攻武器（stand-off weapon, SOW）齊射等方式，摧毀烏國主要的陸基預警雷達、讓烏克蘭空軍「失明」，並攻擊了主要軍用機場的跑道等設施，妨礙烏軍戰機起降出擊，同時也摧毀了數個 S-300 長程防空飛彈陣地；³³然而具絕對優勢的俄軍並未能在隨後的作戰中徹底擊敗烏克蘭空軍，作戰進行 3 週後，美國國防部官員評估烏克蘭空軍機隊仍有約 56 架戰鬥機可用、換言之其機隊在三週猛攻下仍保存了 80% 的戰力，而美方認為防空飛彈系統的機動運用可能是其重要關鍵。³⁴

事實上，俄軍初期的打擊雖然摧毀了部分 S-300 系統，然而多數防空系統，如基輔周邊的防空單位仍大部分倖存；同前所述，烏克蘭運用的舊式蘇聯製防空系統包含了初期型號 S-300 長程飛彈、「山毛櫸-M1」甚至包括極老舊的 S-125 等，這些單位運用基輔的都會地形隱蔽，而各種 MANPADS 更是具備高度隱蔽性、難以透過精準武器空襲殲滅，而多年來嘗試現代化、並運用模擬器訓練各種交戰場景的烏克蘭防空部隊，也用舊式的 S-300 擊落了並非其原始設計預期對抗的新式巡弋飛彈。³⁵

俄軍入侵初期的關鍵戰鬥，其實正說明了防空單位在「第一擊」的當下能有效戰力保存的重要性。在攻擊的首日，俄軍冒險以大批直升機載運精銳特戰部隊與空降部隊、嘗試佔領位於基輔近郊霍斯特梅(Hostomel)的安托諾夫國際機場(Antonov International Airport)時，儘管曾有俄軍的 Su-25 攻擊機進行支援，不過從 OSINT 上的各種當日作戰影像來看，可注意到烏軍 Su-24 攻擊機與 MiG-29 戰機皆參與了當天的激戰，同時各種 MANPADS 與可能同樣參與交戰的機動短程防空系統，也造成了俄軍機群（包含 Ka-52 重型攻擊直升機等）的損失，³⁶應有 2 架 Ka-52 攻擊直升機及 3 架 Mi-8 運輸直升機在 MANPADS 的伏擊下損失。³⁷由於輕裝的俄軍奇襲部隊必須高度依賴空中支援，可以因此判斷烏軍航空單位

³³ Justin Bronk, "The Mysterious Case of the Missing Russian Air Force," RUSI, February 28, 2022, <https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/mysterious-case-missing-russian-air-force>.

³⁴ Illia Ponomarenko, "Ukraine's old air defense proves unexpectedly effective in combat," *Kyiv Independent*, March 16, 2022, <https://kyivindependent.com/national/ukraines-old-air-defense-proves-unexpectedly-effective-in-combat/>.

³⁵ Illia Ponomarenko, *ibid.*.

³⁶ Sebastien Roblin, "Pictures: In Battle For Hostomel, Ukraine Drove Back Russia's Attack Helicopters And Elite Paratroopers," *19fortyfive*, February 25, 2022, <https://www.19fortyfive.com/2022/02/pictures-in-battle-for-hostomel-ukraine-drove-back-russias-attack-helicopters-and-elite-paratroopers/>.

³⁷ Jeremy Kofsky, "An Airfield too Far: Failures at Market Garden and Antonov Airfield," *Modern War institute at*

的即時參戰與防空系統未被壓制，是在烏軍地面部隊有效迅速的反擊外、阻止俄軍在第一時間奪佔機場的重要關鍵之一。同時，俄軍經常選擇夜間發動空中攻擊，其主要目的正是藉此方式減低烏克蘭防空單位的威脅，³⁸同樣說明了烏軍戰力防護作為在空中作戰上的重要性。

此外，烏克蘭在航空兵力的防護上也投注相當心力。當俄軍於 2022 年 2 月 23 日夜間開始發動奇襲攻擊烏克蘭各空軍基地時，大多數的烏軍戰機、攻擊機及機組人員、維保人員等，已疏散至相對安全的西部空軍基地、民用簡易機場，以及高速公路戰備跑道等地，³⁹因而能安然度過俄軍的第一擊。

值得注意的是，俄國的全面入侵發動時，亦傳出烏國空軍 Su-27 戰機飛至羅馬尼亞領空，在該國 2 架 F-16 戰機升空攔截後、將烏軍戰機護送至羅馬尼亞北部第 95 空軍基地降落，並在 2022 年 3 月 1 日返回烏克蘭。⁴⁰目前仍無法判斷該 Su-27 戰機選擇進入羅馬尼亞領空降落的原因，然而在俄羅斯未決心觸發北大西洋公約第 5 條、與北約國家發生武裝衝突的狀態下，此種方式亦是戰力保存的可能性之一。

二、保存空中作戰能力使烏國空軍具備作戰與士氣雙重意義

由於兵力的劣勢，烏克蘭空軍在高度保密的狀態下持續小規模參與作戰：不論是與數量佔據優勢的俄軍機群接戰，或是以僅有的少量架次支援地面部隊皆然。至 2022 年 3 月下旬，烏克蘭空軍作戰機仍有約 55 架，很可能仍能運用遭轟炸、然仍有足夠跑道供軍機起降的烏國西部機場持續作戰，並運用高速公路等地作為戰備跑道運用，儘管每日可能僅有 5-10 架次出勤，並且需在夜間空戰時、面對數量高達 5 倍的敵軍戰機。⁴¹換言之，在約 4 週的激戰後，烏克蘭空軍可能還保有約半數的實力可投入戰場運用，如考量烏國因缺乏戰機零附件、各種備料供應與補保上長期存在的問題，則實際上所遭遇的戰損則更低。由於俄軍具備強大的 SOW 長程打擊能力可襲擊烏克蘭各空軍基地，因此烏國戰機亦不可能完全

West Point, May 5, 2022, <https://mwi.usma.edu/an-airfield-too-far-failures-at-market-garden-and-antonov-airfield/>.

³⁸ Andrew E. Kramer, "How Ukraine's Outgunned Air Force Is Fighting Back Against Russian Jets," *New York Times*, March 22, 2022, <https://www.nytimes.com/2022/03/22/world/europe/ukraine-air-force-russia.html>.

³⁹ David Axe, "Where Are Ukraine's Bombers?," *Forbes*, April 7, 2022, <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2022/04/07/where-are-ukraines-bombers/>.

⁴⁰ Brett Tingley and Tyler Rogoway, "Su-27 Returning From Romania Will Likely Be The Last Fighter Ukraine Gets For Some Time," *The Drive*, March 1, 2022, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/44514/su-27-returning-from-romania-will-likely-be-last-fighter-ukraine-will-get-for-some-time>.

⁴¹ Andrew E. Kramer, *ibid.*.

躲避在機堡中避戰保存，故而能維持這樣的戰力不被擊潰、可說是其戰力防護的作為與兵力運用的方式得當。

近期西方媒體與代號「果汁」(Juice)的烏克蘭空軍 MiG-29 戰機飛官的訪談，揭露了烏克蘭空軍戰力保存的部分方式，以及當前空中作戰的部分特點：⁴²

- (一)在空戰上，俄軍擁有數量、雷達與電子戰系統、主動中長程空對空飛彈（包含較長射程與主動導引能力皆是勝過烏軍裝備之處）、預警機提供早期預警及指管能力、致使俄軍擁有較好的整體戰場覺知等全方位優勢。而其數量優勢，也使俄軍有時能以高達 10-12 比 1 的兵力優勢擊敗烏克蘭空軍，或在多處發動襲擊，使烏國空軍疲於奔命並以此耗損烏軍戰機。
- (二)由於主要軍用機場容易遭到打擊，因此烏克蘭在戰前已長時間投入以高速公路作為戰備跑道，及將民用簡易機場轉為備用空軍機場等 2 種方式，據稱開戰時已有足夠機場而較不使用戰備道。
- (三)開戰時烏軍成功將戰機緊急轉移至其他機場，減輕第一擊的損害，也導致部分烏軍飛官在戰事初期並無戰機可用，轉協助地面防禦。
- (四)戰機是烏克蘭整合式防空系統（Integrated Air Defense Systems, IADS）的重要部分。烏軍劃分交戰區，讓戰鬥機負責部分區域，然而為避免在空戰中過度耗損，烏軍戰機在以飛彈接戰外，也負責驅趕引誘俄軍戰機、使其進入地面防空系統獵殺區，或是以戰機獵殺俄軍直升機與無人機。在空戰行動中，缺乏中長程主動導引飛彈使烏克蘭戰機的接戰能力嚴重受限。
- (五)俄軍防空系統、尤其是 S-400 長程地對空飛彈在邊境或進入烏克蘭領土部署，是烏國空軍最大的威脅。烏國空軍嘗試盡可能低空飛行並運用有限之電子戰能力作為回應。值得注意的是，西方盟國的支援也強化了烏克蘭空軍的戰力防護作為，在美國高度 ISR 能力的情報支援下，烏克蘭實際上能在俄軍發動轟炸前，就將其目標基地的機群轉場、使俄軍無法捕捉摧毀烏國空軍兵力。⁴³

⁴² Thomas Newdick, "Ukrainian MiG-29 Pilot's Front-Line Account Of The Air War Against Russia," *The Drive*, April 1, 2022, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/45019/fighting-russia-in-the-sky-mig-29-pilots-in-depth-account-of-the-air-war-over-ukraine>.

⁴³ David Axe, "Ukraine's Air Force Is Back! But Who Knows For How Long," *Forbes*, April 19, 2022, <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2022/05/07/ukraines-air-force-is-back-but-who-knows-for-how-long/>.

儘管能升空迎戰的架次遠較俄國為低，同時數量佔絕對劣勢的烏國空軍也難以承受持續的裝備損失，然而維持空軍戰機的存在、與持續能參與戰鬥，本身正代表了國家面對大軍壓境下的韌性，並成為對軍民士氣的重要鼓舞，戰爭初期廣為流傳的空戰王牌「基輔幽靈」(The Ghost of Kyiv)傳說，正是此種存在價值的代表。⁴⁴換言之，空軍戰力保存，以及在戰場上的持續存在實際讓使烏國軍機成為一種意志象徵，對烏克蘭的持續抵抗提供了在實質戰力面以外、精神戰力上亦給予了重大輔助。

事實上，戰爭進入 2022 年 6 月後，儘管開戰已超過 4 個月，烏克蘭軍方仍持續宣布其空軍在戰場上的投入及戰果。除了 2022 年 6 月 8 日，烏軍宣稱自開戰以來、已經進行了超過 1,100 次空中攻擊 (group air raids) 以外，⁴⁵也持續有發動空襲對俄軍目標進行打擊的報告，如 2022 年 6 月 23 日由 Su-25 及 Su-24M 攻擊機群對俄軍前線與後勤發動攻擊，⁴⁶6 月 30 日同樣以 Su-24 及 Su-24M 發動了超過 10 次的空中攻擊，⁴⁷7 月 2 日空襲摧毀兩個俄軍指揮所、20 餘輛裝甲車輛、約 10 輛戰車等、及兩個彈藥庫等戰果。⁴⁸儘管戰果仍無法確認，但在 OSINT 上亦可注意到烏軍攻擊機持續在戰場上活動的相關資訊，在頓巴斯戰場情勢吃緊的現在，空軍帶來的攻擊與士氣輔助效益，對烏克蘭將更顯重要。

三、TB2 無人機已是烏國空軍對地打擊主力

與老朽化、兵力不足且缺乏現代化更新的有人戰機機隊相比，無人機逐漸成為烏克蘭在對地打擊上的新希望；在負責低空高速穿透打擊的 Su-24、密接支援的 Su-25 等戰機因作戰耗損，在戰場上逐漸銷聲匿跡的情況下，偵打一體的 TB2 不僅具備相對大量的數量、造價也遠較戰機為低，能承受一定程度耗損外、也能避免寶貴飛官的損失。

戰事發展迄今，TB2 再次證明自己的高度價值。不僅擊毀了大量俄軍地面裝備，並且獵殺了包含「山毛櫸-M1」⁴⁹在內的防空系統，顯示其有能力穿透俄軍的野戰防空。在各種

⁴⁴ “Why hasn’t Russia mobilised its vast air power against Ukraine?,” *Aljazeera*, March 2, 2022, <https://www.aljazeera.com/news/2022/3/2/why-hasnt-russia-mobilised-its-vast-air-power-against-ukraine>.

⁴⁵ “Since the start of the war, Ukrainian planes carried out more than 1,100 air strikes on Russian Forces,” *Ukrainska Pravda*, June 8, 2022, <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2022/06/8/7351367/>.

⁴⁶ “Ukrainian air forces strike enemy ammunition depot, armored fighting vehicles,” *Ukrainform*, June 24, 2022, <https://www.ukrinform.net/rubric-ato/3513927-ukrainian-air-forces-strike-enemy-ammunition-depot-armored-fighting-vehicles.html>.

⁴⁷ “Ukraine’s air force strikes invaders in Luhansk Oblast, delaying assault on Lysychansk,” *The New Voice of Ukraine*, July 1, 2022, <https://english.nv.ua/nation/ukraine-air-power-strikes-russian-forces-in-luhansk-oblast-russia-ukraine-war-50253744.html>.

⁴⁸ Valentyna Romanenko, “Ukrainian aircraft hard at work: 2 Russian ammunition depots and 30 pieces of equipment destroyed,” *Ukrainska Pravda*, July 3, <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2022/07/3/7356045/>.

⁴⁹ Dylan Malyasov, “Ukrainian Army strikes Russian Buk missile launchers,” *Defense Blog*, February 28, 2022,

靈活運用下，TB2 也曾用以摧毀正降落讓步兵下機的俄軍 Mi-8 運輸直升機，⁵⁰甚至用於擊毀俄軍黑海艦隊的小型艦艇，⁵¹並在獵殺該艦隊旗艦：光榮級巡洋艦（Slava-class cruiser）「莫斯科號」中扮演重要角色。⁵²

由於烏克蘭的主力舊式蘇聯製攻擊機隊即使不因作戰損失，在未來數年內也勢必將因老化及缺乏料件等因素，將必須逐步淘汰，而偵打一體無人機的高度作戰價值與相對低廉的價格，將使其在未來烏克蘭空軍中同樣扮演關鍵之攻擊角色。不過必須注意的是，TB2 之類的無人機目前雖可擔負各種 ISR 任務，以及攜帶精準武器發動打擊，卻仍無實際上進行空戰的能力，也因此烏克蘭仍需要維持其防空能力以協助 TB2 真正發揮其作戰效益⁵³。

除此之外，儘管 TB2 無人機在戰場上發揮相當大的作用，也因俄軍的電戰與反制手段而蒙受相當損失。⁵⁴交戰進程中的損失使得烏軍曾限縮 TB2 的運用以避免過多損失，⁵⁵儘管俄軍宣稱的擊落數已遠超過烏軍目前可能已取得的 50 架數量。⁵⁶然而此類無人系統就投入的資金以及其造成的殺傷能力而言，仍是本益比極高的關鍵裝備。

四、「西方化」亦是烏國空軍能有效持續作戰的重要因素

在 2014 年的衝突後，烏克蘭與西方密切合作、逐步進行部隊現代化與西方化迄今已 8 年。可以注意到烏克蘭空軍不僅與西方盟國進行聯合演習加強相互操作能力，其軍機的性能提升，也包括建立與北約戰機共同作戰的能力在內，而 2018 年 10 月 16 日在訓練墜毀

<https://defence-blog.com/ukrainian-army-strikes-russian-buk-missile-launchers/>.

⁵⁰ “Analysis: Ukraine uses Bayraktar TB2 drone to destroy Russian Mi-8 helicopter and troops,” *Army Recognition*, May 12, 2022, https://www.armyrecognition.com/ukraine_-_russia_invasion_conflict_war/analysis_ukraine_uses_bayraktar_tb2_drone_to_destroy_russian_mi-8_helicopter_and_troops.html.

⁵¹ Tayfun Ozberk, “Russian Serna-Class LCU Becomes The New Victim Of TB2 Drone,” *Naval News*, May 8, 2022, <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/05/russian-serna-class-lcu-becomes-the-new-victim-of-tb2-drone/>; Brett M. Eastwood, “Ukraine’s TB2 Drones: Can They Help Sink The Russian Navy?,” *19fortyfive*, May 3, 2022, <https://www.19fortyfive.com/2022/05/tb2-black-sea/>.

⁵² Sinan Tavsan, “Turkish-made drones likely involved in Moskva sinking,” *Nikkei Asia*, April 18, 2022, <https://asia.nikkei.com/Politics/Ukraine-war/Turkish-made-drones-likely-involved-in-Moskva-sinking>.

⁵³ Andrew E. Kramer, loc. cit..

⁵⁴ Parth Satam, “‘BYE-Raktar’! Russian Lead In Counter-Drone Warfare, With Experience From Syria & Crimea, Deflated Turkish TB2 Drones – Analysis,” *The EurAsian Times*, June 27, 2022, <https://eurasianimes.com/bayraktars-are-falling-turkeys-much-hyped-tb2-drones-are-losing-stream/>.

⁵⁵ Parth Satam, “Bayraktars Are Falling! Turkey’s ‘Much-Hyped’ TB2 Drones Are Losing Steam Against Russian Missiles As Ukraine Limits Their Usage,” *The EurAsian Times*, June 27, 2022, <https://eurasianimes.com/bayraktars-are-falling-turkeys-much-hyped-tb2-drones-are-losing-stream/>.

⁵⁶ 根據公開資料，烏克蘭截至 2022 年 6 月底已取得 50 架 TB2 無人機，土耳其拜卡公司雖有官方背景，然作為民營新創公司，其生產與交貨之相關資料仍具相當參考價值。資料來源：Ragip Soylu, “Ukraine received 50 Turkish Bayraktar TB2 drones since Russian invasion,” *Middle East Eye*, June 28, 2022, <https://www.middleeasteye.net/news/russia-ukraine-war-tb2-bayraktar-drones-fifty-received>.

的 Su-27UB1M「70 藍色」(70 Blue) 上，罹難的也包括美國加州空中國民兵中校，⁵⁷這顯示了烏克蘭空軍與西方的緊密合作。

這樣的「西方化」作為，實際上無形間在俄軍發動全面入侵時，讓北約國家能夠給予烏克蘭空軍大量的「無形戰力」輔助。在這場戰爭中，北約各國雖為避免爆發全面大戰而並不直接參與戰事，然而在入侵進行期間，有大量北約盟軍的預警機、電子作戰機在邊境活動，這些軍機固然是高度警戒戰區相關軍事活動、以避免戰火延燒至歐陸，⁵⁸然而也同樣可為烏克蘭提供必要情報，而這些能力在烏克蘭軍機逐漸更新、使其能與北約盟國共同作戰的狀況下更容易進行。正如前述美軍以其 ISR 能力協助烏軍戰機進行戰力防護般，北約各國實際上應為烏軍在各種作戰層面上提供了強大 ISR 能力輔助，使烏軍能發揮出較原先預期中更強的戰力，而過去 8 年致力的「西方化」作為，在此戰中收到實效。

肆、俄羅斯空軍與防空部隊運用上的問題與優勢

綜觀整場戰事截至目前為止的發展，值得注意的是包括對機場的打擊、由戰機與各種不同射程與載臺組成的 IADS 在內的多種手段，都無法完全壓制烏克蘭空軍。前述戰事首日的攻勢正是一例，烏軍藉由各種戰力防護、保存作為，使實力極為有限的空軍能持續維持作戰能力；然而烏軍得以保存、延續空軍在戰場上的存在，另一層面也有賴於俄軍在作戰上顯露出的各項可能缺失。

一、俄國空軍近年顯露出的能力特徵與缺陷

在俄烏戰爭方興未艾之時，美國蘭德公司 (RAND corporation) 在 2022 年 5 月發表研究報告，針對過往俄國空軍於 2015-2018 年間，在敘利亞戰場上投入之運用進行分析，認為俄軍的參戰雖確保了阿薩德 (Bashar al-Assad) 政權延續、及俄羅斯在該地區的地位，不過俄國的介入行動僅為有限的遠征任務、以海空軍為主，並可觀察到俄軍空中武力的運用上有以下幾點值得注意：⁵⁹

1. 俄國測試了分散式基地模式，以「軸幅式」(hub-and-spoke) 方式部屬，核心的樞紐空軍

⁵⁷ Illia Ponomarenko, loc. cit.; Vladimir Trendaflovski, "Ukrainian Su-27 Flankers on the Front Line," *Key.Aero*, March 21, 2019, <https://www.key.aero/article/ukrainian-su-27-flankers-front-line>.

⁵⁸ Lorne Cook, "NATO is using its 'eyes in the sky' to keep Europe out of Russia's war on Ukraine," *Business Insider*, April 9, 2022, <https://www.businessinsider.com/nato-awacs-keep-europe-out-of-russia-ukraine-war-2022-4>.

⁵⁹ Michael Simpson, et. al., "Road to Damascus: The Russian Air Campaign in Syria, 2015 to 2018," RAND, https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA1170-1.html.

基地配備定翼戰機、而分散之前線簡易基地部署直升機或可在類似環境惡劣地帶運用的 Su-25 攻擊機，藉以維持有限的遠征能力並解決主要空軍基地的擁塞問題、擴大軍力部署及提高操作上的反應速度，然也顯露出能力上的問題如基地保護不良，以及裝備高耗損率。

- 2.地理環境適合俄國空軍依賴旋翼機部隊作戰，但對手(ISIS 及敘利亞反阿薩德武裝陣營) 缺乏現代化防空系統與能力，難以判斷遠征能力是否能同樣運用在其他地區。
- 3.俄羅斯不願投資昂貴的精準導引彈藥、欠缺目標與穿透性之 ISR 能力、跨戰區空中加油能力等可能是其當前重要弱點。
- 4.在敘利亞的數年活動讓俄軍進行了聯合作戰計畫、運用概念(CONEMP)、前進基地與先進能力等調整與加強，其中對賦予 CONEMP 能力飛機的改良，如機載情報、監視、偵查(intelligence reconnaissance and surveillance, ISR)、早期預警與管制、指揮與管制(C2) 與指揮所角色等，可能會在未來衝突中發揮效用。

檢視俄烏戰爭過程，可以注意俄國空軍在戰場顯露出來的幾項弱點，其部分特徵即可在前述蘭德公司針對俄軍於敘利亞戰場之分析中發現：

- (一)欠缺足夠的 ISR 能力—此能力的缺乏，加上烏克蘭部隊相對良好的戰力防護與分散化、非線性的游擊/機動戰方式，讓俄軍難以及早偵知烏克蘭部隊的不對稱威脅、易遭伏擊，不僅使俄軍陸空單位遭遇大量損傷，更難以有效捕捉烏軍部隊動向加以殲滅。
- (二)精準導引武器數量不足—在入侵發生不久後，俄軍在敘利亞戰場上缺乏精準導引武器就已被視為是可能的潛在問題，而敘利亞戰場上更是已大量消耗有限的精準武器庫存，這不僅導致俄國空軍人員長期對精準打擊的理解與運用能力相對有限，也讓俄軍不論定翼還是旋翼機群在面對大量 MANPADS 威脅時，無法為地面部隊提供有效密接支援。⁶⁰2022 年 3 月底時，美國國防部官員也已認為俄軍的精準彈藥(包含彈道飛彈、巡弋飛彈等 SOW 或精準導引炸彈等直攻武器) 即將用罄，⁶¹並在隨後不斷傳出相關彈藥短缺之消息，⁶²而英國國防部長也表示俄軍自入侵的第二週開始，就已大幅減少精準彈藥

⁶⁰ Justin Bronk, loc. cit..

⁶¹ Idrees Ali and Phil Stewart, “Russia running out of precision munitions in Ukraine war- Pentagon official,” *Reuters*, March 25, 2022, <https://www.reuters.com/world/russia-running-out-precision-munitions-ukraine-war-pentagon-official-2022-03-25/>.

⁶² Eric Tegner, “John Ismay, “Russian Guided Weapons Miss the Mark, U.S. Defense Officials Say,” *New York Times*, May 9, 2022, <https://www.nytimes.com/2022/05/09/us/politics/russia-air-force-ukraine.html>; James

的使用。⁶³

(三)俄國空軍仍嚴重缺乏現代化作戰能力—儘管俄國空軍在敘利亞的多年經驗，已經使其初具現代化作戰能力的雛形，其空中優勢的未能建立，與欠缺預警、協調與計畫作戰的狀況，可能仍和其缺乏現代化作戰能力有關。這可能基於幾個因素：⁶⁴1.過去數年的作戰經驗主要仍集中在小部隊運用，作戰指揮官缺乏在高威脅的複雜空中環境中規劃、簡報與協調涉及數十甚至上百空中資產的大型行動之經驗；2.缺乏足夠飛行訓練、尤其是複雜環境與高級戰術訓練所倚賴的模擬器，而俄國空軍的前線實際飛行訓練多半在相對簡單的环境下進行，無法適應戰場，在這種情況下，就無法以原有的數量與技術優勢，搭配強大的地面防空單位徹底擊敗烏軍。此外，俄軍反覆被發現 Su-34 戰機飛官將民用的 GPS 接收系統（如 Garmin 等）固定在儀表上運用，⁶⁵這顯示了現代化導航能力的缺乏，儘管無法確認俄國自身的衛星導航系統是否可能遭到西方干擾，然而這樣的狀況更進一步限制俄國軍機的作戰能力。而事實上，由於過往就曾發現俄軍 Su-34 在敘利亞同樣使用美製商售 GPS 接收器，⁶⁶顯示俄國在相關現代化作戰能力上、仍距離西方國家有相當差距。

二、俄軍 SOW 攻擊無法徹底癱瘓烏國空軍

空戰上俄軍缺乏現代化作戰能力如缺乏預警、ISR 協調能力，以及規劃大規模複雜空中作戰能力等問題，固然使其無法有效捕捉、有效擊潰烏克蘭空中兵力，然而俄軍在空中作戰上更大的問題可能在於無法透過 SOW 的攻擊癱瘓烏國空軍。

同前所述，在 2022 年 2 月 24 日發起入侵時，俄軍在第一時間運用大量 SOW 打擊烏軍關鍵設施，而其中就包含了各大重要空軍基地與固定雷達系統。如以美國與西方式的攻擊手法，則俄軍理應在發動飛彈打擊、壓制防空系統後，隨即派遣配備精準彈藥或非精準

Beardsworth, “Explainer: Is Russia Running Low on Missiles?” *The Moscow Times*, May 17, 2022, <https://www.themoscowtimes.com/2022/05/17/explainer-is-russia-running-low-on-missiles-a77704>.

⁶³ The Rt Hon Ben Wallace MP, “Speech by Defence Secretary on Russia’s invasion of Ukraine,” Gov.UK, May 9, 2022, <https://www.gov.uk/government/speeches/speech-by-defence-secretary-on-russias-invasion-of-ukraine>.

⁶⁴ Justin Bronk, “Is the Russian Air Force Actually Incapable of Complex Air Operations?,” RUSI, March 4, 2022, <https://rusi.org/explore-our-research/publications/rusi-defence-systems/russian-air-force-actually-incapable-complex-air-operations>.

⁶⁵ Bill Bostock, “Downed Russian fighter jets are being found with basic GPS ‘taped to the dashboards,’ UK defense minister says,” *Business Insider*, May 10, 2022, <https://www.businessinsider.com/russia-su34-jets-basic-gps-receivers-taped-to-dashboards-uk-2022-5>.

⁶⁶ Dylan Malyasov, “Russian pilots use US-made GPS receivers during combat missions in Syria,” *Defence Blog*, last Modified: August 5, 2021, <https://defence-blog.com/russian-pilots-use-us-made-gps-receives-during-combat-missions-in-syria/>.

彈藥的攻擊機及多用途戰機如 Su-34、Su-30 等，在切斷其預警鏈後，進一步對機場等目標展開攻擊、壓制烏克蘭空軍，然而俄軍在周遭部署的數百架戰機卻多數時候未進一步出擊，⁶⁷其原因雖可能與俄軍初期的作戰規劃中，預期烏軍將僅進行有限度抵抗有關，

此外，彈道飛彈及巡弋飛彈等 SOW 對機場等關鍵設施的破壞能力或許需重新評估。根據烏克蘭政府宣稱，俄軍自發動入侵開始至 2022 年 5 月 24 為止，已對烏克蘭各大軍事、重要關鍵基礎設施等軍民目標使用 2,275 枚各式飛彈、共發動了 1,474 次飛彈攻擊，以及與 3,000 次空襲。⁶⁸一般來說，俄軍發動飛彈攻擊時所投射的，包括 9K720「伊斯坎達爾」（Iskander，北約代號 SS-26）短程彈道飛彈，及 3M-14「口徑」（Kalibr，北約代號 SS-N-27）攻陸巡弋飛彈，甚至曾動用由 MiG-31 戰機發射、最新式的空射極音速飛彈 Kh-47M2「匕首」（Kinzhal）等多種新式飛彈，不過在新式精準彈藥的高度消耗下，俄軍也已動用較舊型的 9K79「圓點-U」（Tochka-U，北約代號 SS-21）短程彈道飛彈。

然而，在大量的飛彈打擊與空襲下，數量與裝備性能完全劣勢的烏克蘭空軍不僅沒有遭到消滅，其活動也未因此而完全停止。首先，即使機場等設施在開戰首日就遭到襲擊，烏克蘭空軍卻能持續升空出擊接戰，這不僅有賴於前述的戰力保存與防護工作，實際上也顯示出儘管動用了逾 2,000 枚 SOW，仍無法徹底癱瘓烏克蘭機場的運作。由戰事延宕迄今的發展來看，可能代表著下列意涵：

- (一)由於俄軍是在逾 2,000 枚的 SOW 是分散在超過 3 個月的作戰中逐次投入，因此無法形成攻擊重心、難以給予烏國空軍致命打擊。
- (二)俄軍仍需將大量 SOW 投入打擊機場外的烏軍重要固定、半固定（如不具快速機動能力的 S-300 防空飛彈）目標，用以攻擊空軍基地的彈藥過少。如以開戰首日而言，美方評估俄軍發射的各種 SOW 計有 100 餘枚，⁶⁹這樣的數量在扣除機場以外的目標需求後，顯然不足以在開戰的第一時間內徹底癱瘓烏國空軍活動。
- (三)烏克蘭原有的重要空軍基地數量並不多，在開戰首日全國各地共有 11 個空軍基地及 1

⁶⁷ Justin Bronk, loc. cit..

⁶⁸ “Zelensky: Russia launches 2,275 missiles at Ukraine, carries out more than 3,000 airstrikes during war,” *Interfax-Ukraine*, May 24, 2022, <https://interfax.com.ua/news/general/834428.html>.

⁶⁹ Josh Smith, “Analysis: Russia's missiles see mixed results in Ukraine war as world watches,” *Reuters*, February 28, 2022, <https://www.reuters.com/world/europe/russias-missiles-see-mixed-results-ukraine-war-world-watches-2022-02-28/>.

個國際機場遭到空襲或飛彈攻擊，⁷⁰然民用簡易機場與高速公路戰備跑道的投入運用與戰力防護作為，將使俄軍原有的飛彈數量無法因應大幅增加的目標數。

三、俄國防空系統的整合與作戰效率似具一定問題

俄國現代化防空系統以及其 IADS 長時間為西方國家航空部隊所忌憚，而在此場戰事中對抗傳統航空載台如戰鬥機、攻擊機時，也確實展現其強大能力。甚至在戰事開始第二天，S-400 長程防空飛彈就在 150 公里距離外擊落了烏軍知名特技飛官奧克桑琴科退役上校（Oleksandr Oksanchenko）駕駛的 Su-27 戰機。⁷¹這些防空系統對於缺乏現代化電子戰裝備的烏克蘭舊式戰機極具殺傷力，然而如前所述，俄軍防空單位在面對烏軍的 TB2 無人機時，卻似乎沒有得到相對應之巨大戰果。

仔細審視烏俄雙方的作戰，可注意到威力最強大的長程 S-400 系統主要針對高空目標，⁷²在中空及低空活動的 TB2 可如同烏國空軍戰機般、以降低高度方式躲避此類武器襲擊。此外，烏克蘭 TB2 無人機飛手可能利用不平坦地形與建築物掩蔽，而俄軍機械化車隊的機動防空系統並非針對無人機防禦而設計、在推進時更會使原本完善的多層次整合防空網出現破綻，如裝甲縱隊在前進時並未有其野戰防空單位緊密伴隨、而是將防空車輛拋在後方，因此更容易受到 TB2 空襲，⁷³如考量俄軍發起全面入侵時、烏克蘭正開始進入地面部隊難以機動之融雪泥濘期，則更可能出現類似狀況。

伍、代結論：臺海戰場環境下可能作為借鏡之處

俄烏戰爭進行至 2022 年 7 月時已然進行超過 4 個月的時間，而戰火仍未平息。由於交戰雙方均高度重視資訊及宣傳作戰，因此目前透過 OSINT 所能取得的資訊仍然需要反覆評估與審視，以剔除目前公開資料中、較無參考價值的宣傳部分，此亦為戰爭進行當下、對進程及發展進行研究所需面對的主要限制與困難。然而超過 90 天的激戰、在當前發達的資訊環境下，已可取得相當多作戰上的重要資訊，而這場戰爭中的空中作戰，對於同樣面對強大敵人的臺灣而言，確實有諸多方面可作為我國借鏡。事實上，由於烏克蘭的主要空

⁷⁰ “Jane’s Analysis: Ukraine Conflict,” *Jane’s*, April 1, 2022, <https://www.janes.com/defence-news/ukraine-crisis/>.

⁷¹ “Russia’s S-400 Missile System Gains First Blood in Ukraine: Su-27 Shot Down 150km Away,” *Military Watch Magazine*, March 6, 2022, <https://militarywatchmagazine.com/article/russia-s-s-400-missile-system-gains-first-blood-in-ukraine-su-27-shot-down-150km-away-reports>.

⁷² S-400 依其使用飛彈而有不同射程。

⁷³ Kris Osborn, “Turkish TB2 Drones Are Ukraine’s Secret Weapon,” *National Interest*, March 16, 2022, <https://nationalinterest.org/blog/buzz/turkish-tb2-drones-are-ukraines-secret-weapon-201265>;

軍基地均在俄國能在短時間發動空襲或飛彈攻擊的距離內，因而就作戰縱深而言，相較於臺灣、烏國並未享有更多優勢，而相關之作為也因此對我國更具參考價值。

首先，烏克蘭方由於戰力的高度不對稱，因此在戰前開始已長期規劃其「傳統」戰力如戰鬥機、攻擊機等航空器，以及防空系統等的戰力防護作為。對烏克蘭空軍這樣兵力遠較對手弱小的部隊而言，能維持質量均劣的飛行單位不被輕易擊敗、持續出現在戰場上，本身就是維繫軍民士氣的重要因素。觀諸烏克蘭在空軍兵力的保存上，不論是民用簡易機場的大幅運用與平時就開始進行的轉場訓練，加上高速公路作為戰備跑道的廣泛運用，對臺灣而言都是已有投入進行的戰力保存作為。值得注意的是，在烏克蘭為其老舊蘇聯時代戰機、攻擊機進行的有限度性能提升中，部分公開資料顯示、其中亦包括了輔助軍機在簡易民用機場上起降所需之裝備，顯見相關準備在烏克蘭已進行多年。儘管臺灣已經在進行相關的作為，不過民用簡易機場的運用、戰備跑道的加強設立應可進一步強化，例如在花東縱谷等東部地區強化相關投資，以及預置相關的油、彈等物資有其絕對之必要與優先度。

此外，來自美國等西方盟國的情報共享也對烏克蘭的戰力保存至關重要；從前面與烏克蘭飛官的訪談中可知，盟國的情報可提醒烏國空軍轉場、避開可能的損失，就臺海防衛的角度而言，爭取更進一步的情報共享及資料鏈結、也將對國軍的戰力保存有極大幫助。

此外，烏克蘭空軍戰機的運用方式，也是值得觀察之處。兵力不足的烏國空軍必須將有限的戰機用在關鍵之處，儘管升空攔截俄軍戰機、攻擊機亦是烏國戰機的重要任務，然而僅擁有半主動中程空對空飛彈的烏國空軍，在空戰上面對數量同樣佔絕對優勢的俄軍戰機時，將難以取勝。因此可以注意到烏軍在空優的爭奪上，並不全然以有限的 MiG-29 及 Su-27 戰機、在嚴重劣勢下直接對抗俄國空軍戰機。從訪談中亦能注意到，烏國空軍也運用驅趕或引誘的方式，讓俄國戰機落入防空系統陷阱中加以獵殺，此種方式可能是遠較不斷進行空戰消耗、更加有效率的不對稱應用方式，對正在加強以陸劍二、弓三飛彈加強分層防空能力的我國而言，值得在未來能取得更多作戰細節資料時，進一步加以研析。

而在戰力防護上，可以從這場戰爭注意到，由於俄軍包含彈道飛彈及巡弋飛彈在內的 SOW，在本次戰爭中對烏國空軍基地與跑道造成的損害極為有限，並無法完全阻絕烏克蘭軍機的活動。此種情況固然可能是因為烏軍已進行良好的戰力保存，加以俄軍自開戰以來，

包含巡弋飛彈與彈道飛彈等長程遙攻彈藥的運用其實是分批逐次投入，並未形成足夠的重心；換言之，單次的 SOW 投射數量過少，或是攻擊過於分散，都可能是無法有效破壞機場的原因。儘管臺灣應可在未來進一步由此場戰爭的細節，重新探討與評估彈道飛彈與巡弋飛彈等 SOW 對機場、跑道等關鍵設施，可能的破壞力，就可更精準評估現有各主要基地在戰時的韌性。然而，同樣的問題也將會是中共從這場戰爭中學到的重要教訓，因此預期中共也將吸收俄軍在此戰中，未能徹底癱瘓烏國空軍、捕捉烏軍主力的教訓。

其次，我國與美國長時間的合作，以及同樣運用美製、法製等北約國家裝備，則是臺灣與烏克蘭不同的重要優勢，烏克蘭所能取得之 ISR 甚至電子作戰協助，對臺灣而言可能相對更容易取得；然而就此點而言，我國也應進一步爭取強化共同操作、合作演練的機會，唯有更多的情報資料共享、共同操作及演練能逐步常態化，才能在面臨危機時刻時、能有效運用相關資源。

此外，偵打一體 UCAV 與 MANPADS 等「不對稱」裝備的重要性，在此次戰場顯露無疑，除了我國應進一步強化投資此方面的能量、以收到類似烏國的類似不對稱戰果之外，也需考量防範中共的 UCAV 對我方的打擊，而俄軍不論舊式防空系統難以對抗 UCAV、或是部隊處於機動、推進狀態而使得原有的多層防空網出現破綻等問題，都需進一步加以考量與應對。中共發展無人機技術甚早，目前業已有多種不同形式的中大型 UAV、UCAV 服役，換言之這些系統將是我國必然面對的重大威脅，需及早因應之。

然而在探討這些作戰的同時，也需考量到地形上、作戰環境上的限制與問題。如烏克蘭 TB2 能襲擊俄國艦艇，甚至擊沈小艇，然而俄軍黑海艦隊本身戰力其實極為有限，以臺灣將面臨的作戰環境而言，龐大且具備「中華神盾」在內、各種多層防空系統的中共海軍，在完全無掩蔽的海面環境下要嘗試用類似的慢速 UCAV 發動攻擊，其難度將截然不同。此外，烏克蘭可從北約國家的綿長陸上國境、透過火車運輸的方式取得武器援助，然而臺灣四面環海、且在中共反介入/區域拒止（Anti-access/Area Denial, A2/AD）能力的影響範圍之內，這意味著類似的援助工作將難以在臺海爆發戰事時進行，國軍將可能需要盡可能維持海上交通線（SLOCs）的暢通與安全、或是在空中維持能取得運補的安全走廊，才有可能在戰時得到緊急補給，否則就必在承平時、或是爆發衝突前盡可能獲得裝備援助。最後，TB2 等 UAV/UCAV 儘管在戰場上也遭遇相當損失，然而與其成功摧毀、殲滅的各種裝

備相比，其本益比已顯示 UAV 為臺灣必須全力發展、配備的關鍵裝備，同時其相關戰損也表明 UAV 必須要有足夠數量、及其造價也應足夠低廉，才能因應戰場上的龐大消耗，而事實上「可消耗」(affordable)也正是西方目前發展無人機的重要方向。無論如何，未來關於俄烏戰爭的詳細戰訓，將在戰事告一段落後更易於取得，由於臺灣同樣面對龐大的不對稱大國對手，這場戰爭的教訓將可進一步為我國的防衛作戰提供寶貴經驗。

作者介紹

單位：國防安全研究院

職務：助理研究員

姓名：許智翔

學歷：德國杜賓根大學博士

研究領域：歐美軍事發展，中共軍事，戰爭史，兩岸關係，區域安全。



軍用無人機偵測與反制技術

Military UAV Detection and Countermeasure Technology

黃建遠(Jian-Yuan Huang)

國防大學空軍指參學院中校學員

何應賢(Ying-Hsien He)

國防大學空軍指參學院上校教官

摘要

軍用無人機的問世儼然改變戰場型態，以其獨特的優勢可以在高風險環境下執行各種作戰任務，從越戰、第一次波灣戰爭、科索沃戰爭、阿富汗戰爭、第二次波灣戰爭到近年的敘利亞、雙亞戰爭及俄烏戰爭等，我們不難發現，其對軍事領域影響程度的日益增加，各國均不得不相繼投入大量資源研發新型機及反制技術，顯示其在未來戰場之重要性。

本文以軍用無人機為研究對象，藉由探討現今各國軍用無人機偵測及反制技術兩個層面的發展現況與優缺點，並分析其軍事運用模式與其價值，歸納當前和未來戰場趨勢，以無人機、偵測與反制等三個面向綜整研究內容找出我國軍用無人機發展現況及相關窒礙，並提供我國未來反制軍用無人機相關具體作為與建議。

關鍵詞：軍用無人機、偵測技術、反制技術

Abstract

The advent of military drones has changed the battlefield. With its unique advantages, it can perform various combat missions in high-risk environments. From the Vietnam War, the first Gulf War, the Kosovo War, the Afghanistan War, the Second Gulf War to recent years, the Syria, the Sino-Asian War and the Russian-Ukrainian War, etc., it is not difficult to find that their influence on the military field is increasing day by day. Most countries have to invest a lot of resources in the development of new types and countermeasures technology, showing the importance of future battlefield.

This article takes military UAVs as the research object. By discussing the current development status, advantages and disadvantages of military UAV detection and countermeasure technology in various countries. And analyzing its military application mode and value, summarizes the current and future battlefield trends. To find out the development status and related obstacles of country's military UAVs with comprehensive research contents in three aspects: UAVs, detection and countermeasures. Providing our country future specific actions and suggestions of against military UAVs.

Keywords : Military UAV, detection technology, countermeasure technology

壹、前言

觀察當前世界軍事發展趨勢，從首次大規模使用無人機作戰之貝卡山谷戰役、科索沃戰爭、波灣戰爭乃至近日爆發的俄烏衝突，均可發現無人機無所不在，戰場朝著無人化、智能化的方向深入發展後，有人機的交戰逐漸被軍用無人機取代，此種轉變帶來的影響就是大幅降低人員戰損與能更加有效爭取戰果，故世界各國看到其軍事潛力與運用之價值都競相投入相關研究，其未來將在更多領域被廣泛使用，此趨勢也代表軍用無人機就是未來戰場必須面對的威脅，如何有效對其實施偵測與反制就顯得至為重要；反觀我國在軍用無人機的發展及運用上還有很大的進步空間，如何在兩岸不對稱的武力威脅下，能尋求突破性的發展，本研究目的藉由探討無人機威脅方式並發掘偵測與反制技術盲點，從中找出我國因應之道。

本研究綜整近 10 年來以美國為首等先進國家軍用無人機偵測與反制技術進行探討，在無人機部分因其種類繁多，故僅探討在戰略及戰術層級之軍事運用，至於非軍事用途、微型、小型及多軸等戰鬥層級軍用無人機，不列入本專題研究之範圍；另由於軍用無人機資料皆列為各國機敏，資料取得實有其困難度，故以偵測及反制技術為主體蒐集公情進行整理、歸納、分析與比較，做系統性、邏輯性之分析後，從中探討我國發展現況及遭遇窒礙，並提供我國未來政策、偵測與反制技術等面向之相關具體作為與建議。

貳、軍用無人機概述

無人機最早出現於 1914 年，其用途是訓練用靶機，隨著電子技術進步，開始擔負偵察與其他軍事任務，越戰、中東戰爭及在 1991 年波灣戰爭以後，無人機更是飛速發展和被廣泛運用，直到現今各國均已意識到無人機在戰爭中的重要性，競相把高科技與新技術應用到無人機的研製與發展上，¹因應需求性不同也造就其種類更加多元化。本章節分就無人機的分類方式、特性、軍事運用方式與價值及發展趨勢等做一綜合概述。

一、分類方式

軍用無人機分類概略以起飛重量、飛行高度、留空時間、資料傳輸距離及應用範圍等做分類，另戰術與戰略型無人機分類條件是以留空時間是否超過 24

¹ 花火日報，〈無人機研發背景和研發歷程〉，《每日頭條》，2016 年 10 月 24 日，〈<https://kknews.cc/military/qzvzqb.html>〉(檢索日期：2021 年 1 月 12 日)。

小時以上。(詳表 1)

表1 戰術及戰略型軍用無人機分類表

類別	戰術型					戰略型	
航程	近距離	短距離	中距離	遠距離	續航能力	中距長航時	高空長航時
最大起飛重量 (公斤)	150	200	150~500	-	500~1,500	1,000~1,500	2,500~12,500
最大飛行高度 (公尺)	3,000	3,000	3,000~5,000	5,000	5000,~8,000	5000,~8,000	15,000~20,000
留空時間 (小時)	2~4	3~6	6~10	6~13	12~24	24~48	24~48
資料傳輸距離 (公里)	10~30	30~70	70~200	200~500	>500	>500	>2000
應用範圍	●偵察、監視和目標捕獲 ●探雷 ●搜索	●戰果評估 ●偵察、監視和目標捕獲 ●探雷	●戰果評估 ●偵察、監視和目標捕獲 ●探雷 ●核、生物和化學武器採樣	●戰果評估 ●偵察、監視和目標捕獲 ●通信中繼	●戰果評估 ●偵察、監視和目標捕獲 ●電子戰 ●通信中繼 ●核、生物和化學武器採樣	●戰果評估 ●偵察、監視和目標捕獲 ●電子戰 ●通信中繼 ●武器投放	●戰果評估 ●偵察、監視和目標捕獲 ●電子戰 ●通信中繼 ●助推段攔截運載火箭 ●機場安全防護

資料來源：王強，〈軍用無人機的分類〉，《世界軍用無人機圖鑑》，2015 年 2 月，頁 15-17。

二、特性

無人機發展與設計不需考量人員駕駛風險、生命維持裝備及座艙構型等「人」的限制因素後，只需考量任務導向及最大性能，因此衍伸了以下幾種特性：

(一)降低作戰成本

無人機代替有人機作戰，可有效避免人員作戰損失，從而降低作戰成本；另無論是單機成本、裝備體系成本、訓練維護保養成本及戰時使用成本等都大幅降低，這些因素使得無人機比同級別有人機的全壽命使用費用要低得多，同時作戰效能也大幅提升。

(二)延長作戰時間

無人機持續作戰時間僅受限於自身續航時間，而有人機受飛行員生理限制，最長滯空時間不超過十小時，且後期飛行員注意力和作戰效率逐步下降，無人機則無此限制，且日夜均可執行任務，可實現全時作戰，大幅提升作戰時間利用率。以美軍的 X-47B 型機為例，在空中加油後能持續作戰 100 小時，且戰鬥力不會隨時間衰減，故美軍也正在研發續航時間長達五年的免維護無人機，並隨著太陽能、高性能石墨烯及小型核能源等新型蓄電池技術突破，無人機續航時間將會進一步增加。²

² 袁藝、李志飛、朱豐，〈無人機與未來作戰芻議〉，《國防科技》，第 36 卷第 5 期，2019

(三)全域作戰模式

無人機的移動空間已可跨越水下、水(陸)面、空中及太空等介質，再配合陸基式、移動式載台或衛星等方式執行遠距遙控，進而達到全域作戰，以美空軍為例，其 2017 年「偵打一體」的無人機部隊已具備在世界各個關注地區全時段的巡邏能力，邁向全球化戰場，由此可發現限制作戰範圍之條件已從機型的飛行距離轉變成資料傳輸與遙控的距離，從美軍 X-37 型低軌道太空無人機出現(詳圖 1)、³美海軍黑翼無人機能從潛艦或其他水下平台實施作戰的潛射無人機等，⁴這些跨越了以往作戰高度與介質的飛行器，均表示未來作戰空間已模糊了原有界線趨向融合。⁵



圖1 X-37B 試驗機

資料來源：維基百科，< <https://zh.wikipedia.org/wiki/X-37%E8%A9%A6%E9%A9%E6%A9%9F> >(檢索日期:2022 年 1 月 12 日)。

三、軍事運用方式

在不受成本、時間及空間的限制下，其軍事運用方式有以下特點：

(一)多功能無人機

面對多變的戰場環境，單一功能的無人機已不符合實需，其裝備體系趨勢向單機多能化轉變，所扮演的角色也從原先以訓練靶機、偵察監視、通信中繼、誘餌等任務為主的支持裝備，轉變為以「偵打一體」攻擊任務為主的主戰裝備，

年 7 月，頁 37。

³ < X-37 試驗機 >，《維基百科》，< <https://zh.wikipedia.org/wiki/X-37%E8%A9%A6%E9%A9%E6%A9%9F> >(檢索日期: 2022 年 1 月 12 日)。

⁴ 陳成良，<獵殺利器！美軍要買 120 架「黑翼」潛射無人機>，《自由時報》，2021 年 3 月 10 日，< <https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3462782> >(檢索日期:2022 年 3 月 15 日)。

⁵ 袁藝，李志飛，朱豐，<無人機與未來作戰芻議>，《國防科技》，第 36 卷第 5 期，2019 年 7 月，頁 36-37。

⁶除了可以攜掛精準導引或反輻射飛彈對敵雷達或指管通訊陣地執行攻擊，亦可運用自殺式攻擊替代飛彈，抑或是超前部署做為遠距離摧毀來襲飛彈之防禦手段等。以美國及以色列為例，均有各式各樣因應作戰需求而發展出高中低空、遠中近程均能銜接搭配之多功能無人機。

(二)執行高風險任務

為了達到戰場透明化及摧毀敵重要目標等作戰目的，以往會因高危險性而放棄執行的關鍵任務，現今均可派遣無人機深入敵防空火網密集區去執行偵察或打擊的高風險任務。以美軍為例，2011 年 8 月在阿富汗戰爭中首次使用「掠奪者」無人機(詳圖 2)，擊斃蓋達組織二號頭目艾提亞，開創無人機於敵境執行獵殺任務先河後，美英法聯軍在敘利亞戰爭中，發展出「斬首」、「點穴」等重要作戰樣式，都是建立在以無人機執行任務基礎上。⁷



圖2 掠奪者無人機

資料來源：李志良，〈印度啓用向美租借 2「捕食者」無人機印媒：將部署在中印邊界進行監視〉，《新頭殼 newtalk》，〈<https://newtalk.tw/news/view/2020-11-26/499891>〉，(檢索日期:2022 年 1 月 26 日)。

(三)飽和式攻擊

飽和式攻擊是一種在短時間內採用大密度、連續攻擊使防禦方超過負荷的突防方式，從而引起全面崩潰。⁸以集群無人機為例，想像數以百計甚至上千的無人機攻擊航空母艦戰鬥群的情境，因數量太多導致艦隊防空系統為之癱瘓，這些無人機撞擊的衝力道雖然不至於讓航母沉沒，卻能廣泛的毀損設備與場地，使航母喪失飛機起降功能，必須退出戰場，達到癱瘓其作戰目的。⁹

⁶ 袁藝，李志飛，朱豐，〈無人機與未來作戰芻議〉，《國防科技》，第 36 卷第 5 期，2019 年 7 月，頁 37。

⁷ 陳亦偉，〈作戰無人機大對決 顛覆戰爭遊戲規則〉，《中央通訊社》，2020 年 12 月 1 日，〈<https://www.cna.com.tw/topic/newsworld/145/202012010004.aspx>〉(檢索日期:2022 年 1 月 26 日)。

⁸ 《維基百科》，〈https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A3%BD%E5%92%8C%E6%94%BB%E6%93%8A#cite_note-1〉(檢索日期: 2022 年 1 月 20 日)。

⁹ 羅慶生，〈國戰會論壇未來戰場無人化——打上一場的戰爭必敗〉，《中時新聞網》，2021 年 4

(四)電子戰

電戰無人機能在複雜電磁環境下執行作戰，可針對雷達、指管系統及各種電子裝備實施電磁參數偵蒐與干擾。誘餌無人機可攜掛雷達反射放大器或紅外線模擬器，誘使敵認為偵測到真實目標而開啟雷達執行攻擊，無論是誘敵暴露自身防空陣地位置供後續進襲兵力攻擊或掩護己方機群突防，在 1982 年「貝卡谷地戰爭」可發現運用各種電子戰無人機相互配合下的戰術，傳統之地對空防空飛彈已無法在電子戰中有效發揮其功用。

(五)通訊中繼

資訊化戰爭中，通訊系統是戰場指揮管制的生命線，也是敵我雙方攻擊的重點目標，可藉由高空長航時無人機擴展通訊網路距離，並可運用衛星直接與陸基終端鏈結，同時無人機通訊系統均具備多種加密傳輸技術，除了降低實體攻擊和遭遇干擾威脅機率，提高戰場生存能力外，另一方面可在遭到攻擊後更加快速恢復備用通訊鏈路功能，在網路中心戰中發揮著不可替代的作用。

四、發展趨勢

2021 年由美國海軍發布的「無人作戰架構」這份前瞻性的文件中表示，其將打造無人系統與有人系統組成的「混合部隊」，未來艦隊和陸戰隊航空兵力中，將分別有 1/3 和 1/2 由無人系統構成；中共 2019 年《解放軍報》一篇「無人作戰如何重塑作戰觀」的文章，¹⁰以及 2020 年中國電子科技集團發布 48 架定翼無人機同時起飛組成蜂群的視頻，這些訊息均顯示無人作戰技術已經從發想到逐漸成熟並引進至美軍與解放軍作戰體系中，¹¹關鍵技術介紹如後：

(一)隱形技術

現階段主要以特殊材料與外型設計這兩種方式來提升無人機隱形能力，藉由運用特殊材料在機身表面形成保護層或是燃料中添加化學藥劑等可以實現對

月 8 日，<<https://www.chinatimes.com/opinion/20210408000026-262110?chdtv>>(檢索日期：2021 年 12 月 30 日)。

¹⁰ 趙先剛，游碧濤，楊一楠，〈無人作戰如何重塑作戰觀〉，《解放軍報》，2019 年 7 月 11 日，<http://www.mod.gov.cn/big5/jmsd/2019-07/11/content_4845588.htm>(檢索日期：2022 年 3 月 18 日)。

¹¹ 羅慶生，〈國戰會論壇未來戰場無人化——打上一場的戰爭必敗〉，《中時新聞網》，2021 年 4 月 8 日，<<https://www.chinatimes.com/opinion/20210408000026-262110?chdtv>>(檢索日期：2021 年 12 月 30 日)。

雷達偵測、紅外線、光學、微波、音波及目視等各種綜合感測器的隱形，使無人機具有抗雷達偵測和目視偵察效果；而外形設計技術(詳圖 3)，則是在機身外型與各部分的連接處及傳動面進行綜合面處理，縮小雷達反射面避免形成角度增強反射，亦可採用相位對消技術，減小被雷達、紅外線和音波偵測設備等發現的概率。¹²



圖3 隱形外型設計以 F-117 型機為例

資料來源：《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/wiki/F-117%E5%A4%9C%E9%B7%B9%E6%88%B0%E9%AC%A5%E6%94%BB%E6%93%8A%E6%A9%9F#/media/File:F-117_Nighthawk_Front.jpg>(檢索日期:2022 年 1 月 12 日)。

(二)智能化技術

無人機智能化的基礎是飛行控制技術，包括感測技術、導航定位技術、飛行控制設計等，而要實現智能作戰的關鍵技術，則是多機指揮協調、雷達及火控系統與地面火力的協同作戰控制等技術，這些都需要無人機具備強大的系統處理能力，才能對戰場情況做出即時正確的分析 and 反應。例如在執行攻擊時，為了能夠做出正確的攻擊決策，通常需要在短時間內完成自主尋找及識別目標、決定攻擊優先順序及選擇適合武器等，均需要智能化技術到達一定水準以上才能做到。¹³

(三)數據鏈路技術

數據鏈路技術可將情報、指揮和武器系統等作即時構聯與智能處理，通過戰場態勢的資訊共享和武器運用的高效優化可有效解決戰場前後方之間的統一協調問題；另因數位訊號的特性是高頻寬、傳輸容量大且速度快，具有良好的可升級能力、較強的抗摧毀能力、靈活的組網方式和分布式資源共享等突出優點，目前典型的代表就是美國的通用戰術 Link 16 數據鏈及愛國者防空系統專用的武器 PADIL 數據鏈等(詳圖 4)。面對越來越複雜的武器平台和作戰單元，

¹² 呂信明，〈軍用無人機發展及對策〉，《國防科技》，第 34 卷第 1 期，2013 年 2 月，頁 4。

¹³ 呂信明，〈軍用無人機發展及對策〉，《國防科技》，第 34 卷第 1 期，2013 年 2 月，頁 4-5。

如何讓戰場所有元素協調高效運轉，成為考驗各軍事大國的重要課題。¹⁴

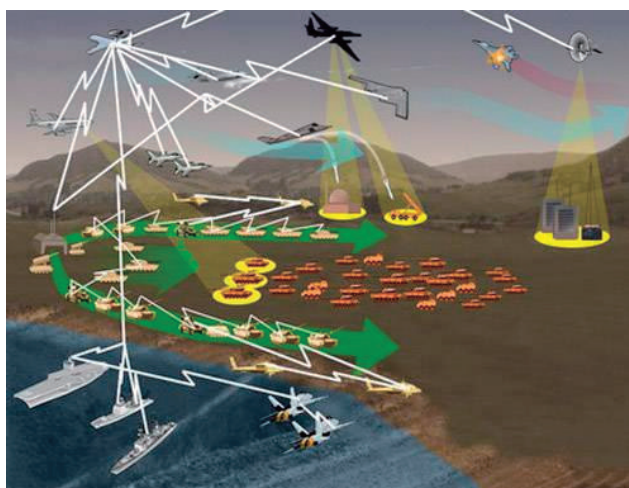


圖4 LINK-16 運作示意圖

資料來源：北緯 40°，〈Link 16 數據鏈技術的發展概況〉，《壹讀》，〈<https://read01.com/MLezJ.html#.Yl5t92hBybY>〉(檢索日期:2022 年 3 月 22 日)。

(四)新型作戰概念

上述關鍵技術相互配合後，無人機就具備自主編組、即時數據鏈結及協同有人機作戰等能力，並形成了「集群」、「母艦」及「忠誠僚機」等新型作戰概念。

1.集群作戰

「集群」是指無人機群空中自主組網，並通過數據鏈協同攻擊同一目標，並對敵實施飽和式攻擊，突破敵防禦嚴密的防空體系。¹⁵

2.母艦作戰

「母艦」是指空中載具釋放大量小型無人機實施集群作戰，以美國為例，於 2017 年其成功使用 3 架 F-18「大黃蜂」戰鬥機在空中釋放多達 103 架「山鵲」小型偵察無人機編隊飛行，¹⁶此種作戰方式可短時間迅速增加任務區的戰機數量，並能擴大偵察與預警區，讓敵方難以防禦；另母艦可以同時搭載不同類型的小型無人機，以發揮不同的效用，就如同滿載戰機和預警機的海上航母一樣，而其不同的價值在於只要任務能達成，這些相對廉價的無人機是可以犧

¹⁴ 解放軍報融媒體，〈數據鏈：信息化作戰的「神經中樞」〉，《每日頭條》，2017 年 5 月 26 日，〈<https://kknews.cc/military/5ag5xrl.html>〉(檢索日期: 2022 年 1 月 27 日)。

¹⁵ 譚傳毅，〈國戰會論壇無人機實戰快到超乎想像〉，《中時新聞網》，2020 年 12 月 18 日，〈<https://www.chinatimes.com/opinion/20211218001737-262110?chdtv>〉(檢索日期: 2021 年 12 月 27 日)。

¹⁶ 袁藝，李志飛，朱豐，〈無人機與未來作戰芻議〉，《國防科技》，第 36 卷第 5 期，2019 年 7 月，頁 38。

牲的，要是未來母艦變大，續航力更久，搭載更多戰力更強的小型無人機且都能回收再利用，未來在戰略上會扮演更舉足輕重的角色。¹⁷



圖5 C-130 運輸機回收 X-61「小精靈」小型無人機

資料來源：〈技術派美軍無人機空中回收成功，「空中母艦」誕生為期不遠〉，《北京新浪網》，
< <https://news.sina.com.tw/article/20211114/40558810.html>>(檢索日期:2022年4月1日)。

3.忠誠僚機

使用高級無人機充當僚機，既可降低有人機與飛行員的使用頻率和成本，又可發揮無人機的專長，並透過資料鏈的傳輸，忠誠僚機可與其它戰機即時共用情報；此外在空戰中，忠誠僚機可充當有人機的前鋒，在高威脅區執行偵察與打擊任務。¹⁸以美軍為例，2014年6月美陸軍升級「阿帕契」武裝直升機，使其飛行員能夠切換操控附近的「灰鷹」、「影子」等無人機，持續觀察無人機拍攝的即時畫面；美海軍提出了由F-35戰鬥機引導多架隱形無人機遂行超視距、網路化空中打擊和空戰的戰法和新型XQ-58的研發等(詳圖6)；法國也試驗了由「颶風」戰鬥機作為指揮機，控制4~5架「神經元」隱形無人機進行協同作戰，¹⁹均證明此種作戰方式為未來趨勢。

¹⁷ 楊幼蘭，〈陸試飛空中航母 可蛻變為戰略平台〉，《中時新聞網》，2021年4月8日，
<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20210408001892-260417?chdtv>>(檢索日期:2021年12月28日)。

¹⁸ 解放軍報，2020年10月23日，〈無人機集群作戰與反無人機集群作戰〉，《天天要聞》，
<<https://daydaynews.cc/zh-tw/military/867944.html>>，(檢索日期:2022年1月18日)。

¹⁹ 藝，李志飛，朱豐，〈無人機與未來作戰芻議〉，《國防科技》，第36卷第5期，2019年7月，頁38。



圖6 XQ-58 作戰示意圖

資料來源：戰略風格編輯部，〈F-15 掛「無人忠誠僚機」曝光只是前菜未來空戰 AI 無人戰機圍毆有人機？！〉，《戰略風格》，〈<https://strategy.style/archives/loyal-wingman-utap22-xq-58>〉(檢索日期:2022 年 4 月 3 日)。

參、偵測與反制技術探討

先進無人機系統將在未來作戰環境中展現戰略突防、全時作戰、有人無人協同及集群作戰等能力，故如何對其進行有效的偵測與反制技術就顯得極為重要，以下針對現有技術進行探討。²⁰

一、偵測技術

(一)發展現況

1.雷達技術

雷達工作原理是運用都卜勒理論藉由雷達發射機發射出一串短促脈衝式的電磁波照射目標，並利用雷達接收機接收從目標反射回來的電磁波，根據雷達發射電磁波和接收回波的時間差以及電磁波在空間的傳播速度，計算出雷達到目標的距離，而目標的方向則由雷達接收回波的天線指向角測出，由此即得到目標所在的空間位置，從而可對目標的距離、角度和速度進行跟蹤；隨著科技的發展，雷達的工作頻段將繼續向電磁頻譜的兩端擴展，並利用電腦管控雷達與濾波器，將使其操作、校準、性能和故障檢測的自動化，同時提升其自適應抗干擾能力；另相位陣列技術與雷達小型化可運用到更多的偵測載具上，後續研發重點將置於提高雷達對目標實際形象、尺寸大小、運動姿態、誘餌識別及抗反輻射飛彈摧毀的能力，並發展新的雷達體系如多站無源雷達、擴頻雷達、聲波雷達等。²¹

²⁰ 精益求精工匠，〈軍用無人機的分類和發展方向〉，《每天資訊》，2021 年 9 月 28 日，〈<https://iasui.com/zh-tw/sports/568500.html>〉(檢索日期:2022 年 1 月 24 日)。

²¹ 軍用雷達〉，《中文百科》，〈<https://www.newton.com.tw/wiki/%E8%BB%8D%E7%94%A8%E9%9B%B7%E9%81%94>〉(檢索日期:2022 年 1 月 30 日)。

2.無線電頻譜技術

無線電頻譜偵測技術包括多點定位與多點測向，無人機飛行的過程中，通過對其飛控系統與圖傳系統無線電訊號行監測，實現對目標無人機的精準定位，它優點是不受到無人機幾何形狀、材質以及周圍建築物的影響，不會產生電磁污染，因此該偵測技術常用於長期無人值守的防禦中；其缺點是需要多點定位，導致其定位的精度不高，對於經過加密處理的訊號進行破解需要花費大量的時間，不利於提升追蹤效率。²²雖然無線電頻譜偵測是一個切實可行的有效偵測手段，但如果無人機不發射無線電信號而處於「靜默」狀態，將無法使用電磁頻譜方法來偵測無人機。

3.光學技術

光學偵測主要是指利用可見光、紫外線、紅外線等技術的成像，對採集到的無人機圖像進行比對分析，進而確定目標無人機的種類、位置等訊息。光學偵測技術能夠有效地解決雷達偵測技術存在的偵測盲區問題，可以對近距離目標進行準確偵測，具有成本低及市場靈活性高等優點，但光學偵測技術在使用的過程中存在著偵測範圍窄、雜波和天氣對其影響很大，且在使用的過程中夜間效果較差。²³

4.聲學技術

聲學偵測技術是指對目標無人機在飛行過程中電機與螺旋槳工作時的聲波信號屬於特定頻率，通過採集環境的聲波信號與無人機音頻庫進行比對，來達到監測無人機的目的，具有成本低及安全性佳等優點，但在使用中存在目標偵測距離難以確定且較易受風的影響、複雜環境下的虛警問題及識別能力差等缺點。²⁴

(二)分析與比較

綜上所述，就各技術特性可得知，雷達技術因受環境影響較小，偵測距離較遠且表現較為穩定，也是目前運用較為成熟之技術，惟識別能力須仰賴電子參數資料庫的建立及主動輻射信號會影響安全性等缺點，而其餘技術均各有其

²² 卓、孫寶芬，〈無人機偵測反制技術研究應用與思考〉，《中國新通信》，第3期，2021年，頁1。

²³ 昌見、凌建壽、石凌飛，〈無人機探測與反制技術現狀及發展〉，《警察技術》，第3期，2019年，頁5。

²⁴ 光明、楊健、歐海英，〈無人機偵測反制技術與裝備發展研究〉，《武漢公安幹部學院學報》，第4期，2020年4月，頁1。

偵測特殊性，需要在特定條件下才能有效偵測到目標，其中光學與聲學等技術偵測距離相對較短且受環境影響較大，導致運用之侷限性，各類偵測技術優缺點詳表 2。

表2 各類偵測技術優缺點對照表

技術類別	原理	優點	缺點
雷達	運用都卜勒技術獲得無人機速度;運用濾波器區分無人機與其他運動目標	距離遠、精度高、幾乎不受天氣影響、晝夜效果均好、技術成熟度高	技術與成本高、識別性能差、主動輻射信號會影響安全性
無線電頻譜	接收、提取及分析偵測到之訊號並確定無人機及其物理特徵	成本低、容易實現	無法感知處於電磁靜默狀態下的無人機
光學成像	紫外線、可見光、近紅外線光譜成像等技術獲得圖像進行分析	成本低、視場靈活性較高	偵測範圍窄、雜波和天氣對其影響大
聲學	偵測聲音訊號並與音頻庫中的無人機聲學特徵進行比對	成本低、安全性佳	偵測距離難以確定且較易受風的影響，識別能力差、複雜環境下的虛警問題嚴重

資料來源：馬雯，叱乾小玄，〈反無人機技術發展研究〉，《航空兵器》，第 27 卷第 6 期，2020 年 12 月，頁 20。

(三)未來發展趨勢

1.複合式偵測系統

採用單一偵測方式適用範圍較為有限，因此未來將雷達、光學及聲學等多方式協同偵測的手段成為發展趨勢，通過多種偵測裝備協同互補工作，運用一點發現、多維追蹤概念，即時獲取目標位置，提高目標的發現概率，但對多目標的識別，仍是當前難題。²⁵

2.機動部署能力

據「軍事網」報導，美方研發一款名為「陸戰隊輕型防空綜合系統」(Light Marine Air Defense Integrated System, LMADIS)的新型反無人機系統(詳圖 7)，LMADIS 的核心是裝在越野車頂的 RADA RPS-42「主動電子掃描陣列雷達」系統，這種近程 S 波段雷達很敏感，能發現各式空中目標，如傳統的直升機與飛機，也能有效偵測發出微弱雷達信號的飛行器，如超輕型飛機或小型無人機等，²⁶能提升野戰部隊面臨無人機之即時偵測與打擊能力，並能依情資在特定區域

²⁵ 汪庭霽、黃偉寧、範振雄、武迎兵，〈無人機偵測技術方法研究〉，《中國無線電》，2017 年 11 月，頁 58。

²⁶ 江飛宇，〈雷神將研發微波相位砲對付無人機〉，《中時新聞網》，2019 年 9 月 24 日，<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220104002942-260417?chdtv>>(檢索日期:2021

或路線有效執行巡邏警戒任務。



圖7 LMADIS 越野車示意圖

資料來源：WIRED,2019.BRIAN BARRETT:The Marines' New Drone-Killer Aces Its First Real World Test, <<https://www.wired.com/story/iran-drone-marines-energy-weapon-lmadis/>>(檢索日期:2021 年 12 月 30 日)

3.多站無源雷達

無源雷達的技術主要是利用外輻射源來搜索空中目標，自身不發射任何訊號，其優點為偵測距離遠、高精度、可即時偵測多目標、全方位與全天候的監視與可安裝在移動式載具上。以美國洛克希德·馬丁公司研製的第三代「沉默哨兵」無源雷達系統為例，其可對 200 多個目標實現同時追蹤，並能區分出間隔 15m 的兩個目標，該系統還曾偵測到 250 公里外美國空軍的 B-2 隱形轟炸機；其缺點為無法準確控制外輻射信號的波形和發射方向，目標回波訊號受到較強的地雜波和多路徑干擾，故無源雷達系統進行微弱目標檢測時存在一定的困難，故干擾抑制技術成為無源雷達微弱目標檢測過程中急待解決的關鍵課題；另多感測器檢測的參數融合、超寬頻接收數據融合及多頻率同時輻射目標等技術更新，可提高無源雷達偵測追蹤的精確度和識別率。²⁷

二、反制技術

(一)發展現況

1.軟殺：

主要是通過數據通訊干擾、GPS 定位系統干擾、接管控制系統等手段，使目標無人機的電子零件失去作用，達到削弱戰鬥能力之目的。

(1)無線電干擾技術

年 12 月 21 日)。

²⁷ 天線射頻微波之家，<史上最全面的無源雷達乾貨>，《每日頭條》，2018 年 10 月 21 日，<<https://kknews.cc/zh-tw/military/p9mlzbz.html>>(檢索日期:2022 年 1 月 30 日)。

無線電干擾包括衛星訊號與操控訊號干擾兩種形式。其中衛星定位訊號干擾是目前進行無人機反制使用最廣的一種干擾手段，大多數無人機使用的是 GPS 衛星定位系統，所以通過對其衛星定位系統頻率的干擾來反制無人機。操控訊號干擾是指使用遙控訊號頻段進行反制，通過對目標無人機訊號跳頻的監測，實現對特定頻段的干擾，現階段因為無人機信號調頻範圍變得逐漸廣泛，需要借助即時頻寬較大的干擾設備，且對設備的反應速率要求較高。²⁸

(2)衛星定位誘捕及控制鏈路破解技術

衛星定位誘捕是指借助衛星發射虛假的位置信息，讓目標無人機判斷錯誤而降落在預設區域內誘捕，該技術的優點是能夠實現對無人機群的反制且低成本，能夠滿足長期無人值守的需求，但該反制技術的缺點是不能有效地對自主飛行的無人機進行反制。

控制鏈路破解技術是指將無人機加密訊號破解後，模擬無人機操控者發出控制信號，實現目標無人機的捕捉，但資訊技術的快速發展，使得無人機採用的通訊加密技術越來越複雜，破解的難度也在不斷提升。²⁹

(3)虛擬衛星導航技術

虛擬衛星導航技術基於無人機採用 GPS 衛星導航系統或者複合衛星導航系統進行三維飛行姿態精確控制的特徵，利用地面人造訊號對其發射位置、方向、速度、高度等三維特徵，將無人機從 GPS 導航系統中誘騙至虛擬衛星導航系統，從而實現對無人機的迫降、返航之手段。³⁰

2.硬殺

主要運用雷射、微波、火炮及飛彈等手段，直接摧毀無人機機載重要元件或本體，迫使其喪失作戰能力。

(1)雷射打擊技術

以雷射對目標無人機的重要元件進行破壞，一般以電池模組或控制電路為主要攻擊部位；雷射之殺傷力與功率成正比，其限制為每一次打擊只能摧毀一架目標無人機，且因現行設備具一定重量與體積，故須運用車載提高機動性。

²⁸ 張卓、孫寶芬，〈無人機偵測反制技術研究應用與思考〉，《中國新通信》，第3期，2021年，頁1。

²⁹ 張卓、孫寶芬，〈無人機偵測反制技術研究應用與思考〉，《中國新通信》，第3期，2021年，頁1。

³⁰ 國光明、楊健、歐海英，〈無人機偵測反制技術與裝備發展研究〉，《武漢公安幹部學院學報》，第4期，2020年4月，頁2。

(2)微波打擊技術

微波打擊是以大功率微波能量作用於目標無人機電路系統中，藉此破壞其電路元器件而喪失能力，其效果受到發射功率與範圍的影響。以武器製造商雷神公司為美國空軍生產的高功率微波武器「相位砲」為例，可以使用自己的雷達來偵測和跟踪威脅，然後改變功率模式，轉成強大微波攻擊目標，當高能微波束照射無人機時，會使之晶片過載而癱瘓。³¹

(3)傳統防空模式

以火砲或飛彈攔截目標無人機直接摧毀其本體，現今各國多具備此技術，惟飛彈造價成本相較無人機高出數倍，運用此方式較不符作戰效益。

(4)小型自殺式無人機

運用防空飛彈來防禦數量多、目標小、造價低的無人機並不划算，且無法防禦極低空的小型目標，因此美國雷神公司將開發小型自殺式無人機，整合到愛國者飛彈當中防禦來襲的小型無人機，此型無人機體積小、屬於消耗品且採用管式發射，它可以在陸、海、空等各式移動式載具上部署，具備良好之機動性。³²

(二)分析與比較

無人機相較於傳統武器取得容易且價格低廉，還可大量部署，而高功率雷射與微波武器製造的成本相對於傳統飛彈武器更低，在減輕國防經濟壓力及對敵人嚇阻考量下，這兩者是目前各國反制技術研發的主流，各類反制技術優缺點詳表 3。

³¹ 江飛宇，〈雷神將研發微波相位砲對付無人機〉，《中時新聞網》，2019 年 9 月 24 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190924004538-260417?chdtv>〉(檢索日期:2021 年 12 月 21 日)。

³² 盧伯華，〈防衛愛國者飛彈 美祭出自殺式神風無人機〉，《中時新聞網》，2019 年 10 月 22 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20191022003692-260417?chdtv>〉(檢索日期:2021 年 12 月 26 日)。

表3 各類反制技術優缺點對照表

技術類別	原理	優點	缺點	對抗集群能力
雷射/微波	對目標施加能量破壞或摧毀	精度高、附帶損傷小	效能受目標形狀、材料、距離影響較大且研發成本高	較好
干擾	運用大功率干擾訊號對目標無人機的控制訊號進行干擾，使之感測器、鏈路和全球定位系統失效或精準度大大降低，迫使其自行降落或返航	對抗低複雜度無人機效果顯著	難以應對高複雜度無人機，附帶損傷和電磁誤傷問題嚴重	好
火炮/導彈	傳統防空模式	技術成熟度高	成本昂貴、容易造成衍生災害	差
偽裝欺騙	運用光學、紅外線成像、聲學和電子欺騙技術等，將己方進行一定程度的偽裝，使對方無人機難以發現、作戰效能降低，進而使其作戰能力下降	對於需要人工控制或者接收指令的無人機效果較好	對技術要求更為複雜，且自主等級高的無人機效能很低	差

資料來源：馬雯，叱乾小玄，〈反無人機技術發展研究〉，《航空兵器》，第27卷第6期，2020年12月，頁20。

(三)未來發展趨勢

1.軟殺：

(1)大範圍反無人機防禦系統

以美國空軍研究實驗室於2018年開始研發名為THOR(Tactical High-power Operational Responder)反無人機設備為例(詳圖8)，可藉由發出短脈衝高功率的微波，一次性癱瘓範圍內大量來襲無人機的電子裝置，令其墜毀，其微波脈衝發射器可作360度旋轉並上下移動，應付來自不同方位的無人機。³³

³³ 志明，〈美國空軍海外測試 THOR 反無人機系統大範圍掃除威脅〉，《DRONES PLAYER》，2020年4月10日，〈<https://dronesplayer.com/anti-drone/%E7%BE%8E%E5%9C%8B%E7%A9%BA%E8%BB%8D%E6%B5%B7%E5%A4%96%E6%B8%AC%E8%A9%A6thor%E5%8F%8D%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E7%B3%BB%E7%B5%B1-%E5%A4%A7%E7%AF%84%E5%9C%8D%E6%8E%83%E9%99%A4%E5%A8%81%E8%84%85/>〉(檢索日期：2022年1月19日)。



圖8 美國空軍 THOR 反無人機系統

資料來源：志明，〈美國空軍海外測試 THOR 反無人機系統大範圍掃除威脅〉，《DRONES PLAYER》，2020 年 4 月 10 日<<https://dronesplayer.com/anti-drone/%E7%BE%8E%E5%9C%8B%E7%A9%BA%E8%BB%8D%E6%B5%B7%E5%A4%96%E6%B8%AC%E8%A9%A6thor%E5%8F%8D%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E7%B3%BB%E7%B5%B1-%E5%A4%A7%E7%AF%84%E5%9C%8D%E6%8E%83%E9%99%A4%E5%A8%81%E8%84%85/>>(檢索日期:2022 年 1 月 19 日)

(2)區域干擾系統

美軍在阿富汗、伊拉克戰場以及之後的對外干涉行動中，其大量使用無人干擾機對目標區域進行廣泛的導航訊號遮蔽，使被打擊地區的武裝力量無法使用衛星定位、導航和攻擊行動，惟其缺點是很容易被偵測並定位，並成為反輻射飛彈的目標，除了無人機部署區域考量外，其干擾系統能力直接影響此種作戰方式之成功率。³⁴

(3)無人機衛兵反無人機系統

以色列正研發可準確定位、消滅敵方無人機駕駛員的反無人機作戰系統，這套系統借助人工智慧技術，透過記錄敵方在空無人機航跡判斷其放飛地和駕駛員位置，同時使用雷達或其他感測器追蹤、定位目標無人機，惟無線電接收訊號距離限制與破解加密技術等問題尚待克服。³⁵

2.硬殺

(1)指向性能量武器

與傳統的動能武器相比，指向性能量武器能有效的對無人機機載電子裝備進行破壞，其中發展最快的技術是雷射及微波武器，未來重點將置於小型化、

³⁴ 老粥科普，〈美國怎樣才能干擾北斗衛星系統的信號〉，《人人焦點》，2020 年 8 月 26 日，<<https://ppfocus.com/0/a63b4bd.html>>(檢索日期: 2022 年 1 月 28 日)。

³⁵ 成高帥，〈以軍反無人機作戰瞄準操控員〉，《台海網》，2020 年 9 月 15 日，<<http://www.taihainet.com/news/military/hqjs/2020-09-15/2426764.html>>(檢索日期:2022 年 1 月 28 日)。

抗震性與高功率化，安裝於地面載具才能保持高度機動性，符合野戰部隊需求。³⁶

(2)AI 智能攔截技術

據 2021 年聯合國利比亞專家小組發布之報告，黎巴嫩政府與軍閥哈夫塔的民兵交戰過程中以 Kargu-2 無人機與滯空彈藥（loitering munitions）自主攻擊車隊與撤退士兵之描述可得知，未來無人機與滯空彈藥可設計在特定作戰區域盤旋待命，只要掛載適合之感測器，當偵測所設定目標出現後即可自主攻擊。³⁷

(3)整合舊式武器

2021 年《歐亞時報》報導，印軍已實際測試一款多重感測器模組與舊式波佛斯 L70 快砲整合的無人機反制系統，並在首次和第 2 次測試中皆成功擊落商用無人機目標，且第 2 次遭擊落的目標長度僅 60 公分；根據資料顯示該系統包含射頻、光電、雷達感測器，除能整合防砲等硬殺武器外，也配備軟殺用的射頻干擾器。³⁸

三、我國現況探討

我國軍用無人機偵測與反制技術主要來源有國軍採購、中科院及民間企業研製等三方面，然而國軍本身並無相關單位負責相關裝備研發，國內軍事裝備研製的部分大多仰賴中科院，國外則以軍購或商購的方式獲取其他國家的裝備；民間企業的技術則以近距離小型無人機偵測與干擾軟殺反制等商業取向為主要發展方向。現階段國軍防空體系偵測裝備仍是以有人機為主，針對中、大型無人機可運用反制硬殺手段有空中戰機掛載武器、海上艦載防空飛彈、陸地部隊防空飛彈、快砲等；軟殺手段則是以中科院研製的「無人機防禦系統」及民間企業研發的手持式干擾槍等反制裝備，僅能針對近距離無人機目標進行電子干擾與阻斷。以下為現行運用偵測與反制裝備概況：

³⁶ 江昱蓁，〈痛擊大陸軍用無人機日砸 44 億研發高功率雷射與微波武器〉，《中時新聞網》，2020 年 12 月 6 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20201206003360-260417?chdtv>〉(檢索日期:2021 年 12 月 14 日)。

³⁷ 中央社，〈聯合國報告：AI 無人機恐已能自行攻擊敵軍士兵〉，《中時新聞網》，2021 年 6 月 4 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20210604002355-260412?chdtv>〉(檢索日期:2021 年 12 月 14 日)。

³⁸ 蘇尹崧，〈對付新興空中威脅 印軍竟拖出二戰設計老武器〉，《中時新聞網》，2021 年 10 月 4 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20211004000011-260417?chdtv>〉(檢索日期:2021 年 12 月 31 日)。

(一)偵測技術：

1.搜索雷達：計有 AN/FPS-117、AN/TPS-77、GE-592、HR-3000 及 AN/TPS-75 等雷達站使用型號，均為水平方向 360°機械掃描，垂直方向電子掃描，偵測距離超過 400 公里，偵測目標以有人機為主³⁹，且因地球曲率影響遠距偵測高度以中高空層較佳，故低空為偵蒐的盲區；另大型無人機機體大小與有人機相仿尚能有效偵測，惟中小型無人機因雷達截面積相對較小偵測不易，若同時高度位於低空，則搜索雷達將無法發揮作用，須靠其他雷達填補偵測死角。⁴⁰

2.相列雷達：鋪路爪型(PAVE PAWS)雷達主要是針對長程飛彈提供早期預警，偵測距離約 1500 公里，無法有效偵測無人機；天弓系統的長白雷達偵測距離約 450 公里，⁴¹愛國者系統的 AN/MPQ-53 雷達偵測距離約 100 公里，⁴²兩者主要負責攔截高價值有人機與導彈等目標；⁴³CS/MPQ-90 型蜂眼雷達偵測距離約 40 公里，主要偵測低空直升機與無人機等目標。⁴⁴

(二)反制技術：

1.軟殺：

中科院研發的無人機防禦系統包含了射頻干擾系統及干擾槍等設備，運用無線電控制頻率干擾與阻斷等技術，在系統判別為危險目標後，射頻干擾系統可選擇全頻率或精準頻率瞄準無人機，干擾其衛星定位、影像傳輸及通訊功能，迫使無人機失去控制信號、自動返航、直接降落或空中旋停；若無人機旋停，則可搭配帶網無人機撒網補捉，最後將入侵無人機移至安全場所處置。⁴⁵

2.硬殺：

³⁹ 溫哥華的魚，〈淺析：臺灣空軍作戰實力，以及雷達的部署情況〉，《MdEditor》，2021 年 3 月 23 日，〈<https://www.gushiciku.cn/dl/12GVu/zh-tw>〉(檢索日期:2022 年 5 月 5 日)。

⁴⁰ 朱明，〈戰管雷達無法偵測無人機與巡弋飛彈離岸發電風機預警 3D 雷達成利器〉，《上報》，2019 年 11 月 6 日，〈https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=74835〉(檢索日期:2022 年 6 月 28 日)。

⁴¹ 〈台灣天弓防空飛彈〉，《百科知識》，〈<https://www.easyatm.com.tw/wiki/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E5%A4%A9%E5%BC%93%E9%98%B2%E7%A9%BA%E9%A3%9B%E5%BD%88>〉，(檢索日期:2022 年 5 月 5 日)。

⁴² 田德財，〈愛國者飛彈-地對空 射程 160 公里〉，《更生日報》，2019 年 2 月 18 日，〈<http://www.ksnews.com.tw/index.php/news/detail/1240033>〉(檢索日期:2022 年 5 月 5 日)。

⁴³ 溫哥華的魚，〈淺析：台灣空軍軍力如何？都有什麼傢伙式〉，《壹讀》，2021 年 2 月 5 日，〈<https://read01.com/zh-tw/BJPEe8M.html#.YnVOCtpByM8>〉(檢索日期:2022 年 5 月 5 日)。

⁴⁴ 海峽報導社，〈台軍「蜂眼雷達」移防東沙，揚言反制解放軍無人機與直升機〉，《壹讀》，2020 年 11 月 2 日，〈<https://read01.com/zh-tw/MJMkmkM.html#.YnW4bdpByM->>〉，(檢索日期:2022 年 5 月 5 日)。

⁴⁵ 軍事家，〈因應解放軍威脅 國軍反制無人機方案〉，《ETtoday 新聞雲》，2021 年 4 月 22 日，〈<https://forum.ettoday.net/news/1965259>〉(檢索日期:2022 年 5 月 4 日)。

國軍現行採「重層防禦」方式以傳統武器反制，目標距離本島由遠至近依序使用武器為空中戰機機砲與飛彈、海上艦載標一/二型防空飛彈、陸地刺針及鷹式短程防空飛彈與三五快砲等，攔截過程戰機掛載的視距外飛彈、天弓與愛國者防空飛彈因經濟效益考量，僅針對突穿防線或其餘手段無法即時攔截之必要目標執行攻擊，而非首選攻擊方式。⁴⁶

肆、研究發現與建議

藉由探討現今無人機偵測與反制技術發展現況後，發現我國與世界各國之水平有著一段很大的差距，不僅僅是技術上的落差，更值得深省的是重視度的不足，無論從無人機創新技術的研發或者許多戰役的實例來看，種種的跡象均呈現未來戰爭必定邁向無人化，而我國現有的軍事力量卻不足以面對這樣的戰爭型態，以下針對無人機、偵測與反制技術等面向進行論述研究發現與建議。

一、研究發現

(一)無人機面

軍用無人機具備降低作戰成本、延長作戰時間與全域作戰模式等特性，因這些特性除了逐步發展出多功能無人機取代有人機以外，另可在零人員戰損情況下更有效的執行電子戰與相關高風險任務；其衍伸出低成本但高成效的飽和式攻擊方式，可癱瘓敵人的防空系統；具有衛星通訊中繼功能的無人機已讓戰場的格局全球化，指揮管制不再侷限於該作戰區域內才能運作等特點，一再地證明其在軍事運用潛力與價值。

國軍現行服役僅有銳鳶、紅雀等兩款中小型偵察型無人機，⁴⁷向美購買的MQ-9B型無人機預於2025年交機、⁴⁸中科院研發的劍翔與騰雲無人機尚未進入量產階段形成有效戰力，在這期間的防空主力還是靠有人機去應對無人機的威脅，一旦中共其軍用無人機到達一定可靠度後，以往的繞台與遠海長航等例行性任務可能就會由其執行，無人員負荷因素考量的全時段疲兵戰術將會造成我

⁴⁶ 涂鉅旻，〈反制共軍無人機 國軍電子干擾、實彈擊落多管齊下〉，《自由時報》，2021年3月11日，〈<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/3464102>〉(檢索日期:2022年5月4日)。

⁴⁷ 〈中科院研發「大型無人機」可望量產，在台灣空軍成立「偵察中隊」〉，《經濟部工業局》，〈<https://www.casid.org.tw/NewsView01.aspx?NewsID=d4606881-6e15-46f2-8495-6e57858e129f>〉。(檢索日期:2022年6月27日)。

⁴⁸ 朱明，〈我4架MQ-9B無人機6月可獲美軍發價書 拚2025年交機添戰力〉，《上報》，2022年5月29日，〈https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=145754〉(檢索日期:2022年6月28日)。

國一線作戰人員沉重的負擔，各項訓練可能也會因此延宕，長久持續下來就會降低我國軍戰力，故我國應重視未來無人戰爭所帶來的衝擊，並思考有效因應之道。

(二)偵測技術面

從現行各國運用的偵測技術來看，遠距離偵測仍是以運用較為成熟的雷達技術為主，因其受環境影響較小，惟須注意在戰場中主動輻射信號會影響安全性此缺點；而光學與聲學等技術偵測距離相對較短且受環境影響較大，導致運用之侷限性；另無線電頻譜技術缺點唯無法感知電磁靜默的目標，綜合來說各技術均其偵測特殊性，需要在特定條件下才能有效偵測到目標，且要有效識別目標均需要資料庫的建立，故未來發展趨勢研判以複合式偵測系統、機動部署能力、多站無源雷達等為主要發展方向，在提高裝備戰場存活率同時以多種技術的方式來偵測無人機，降低遺漏或誤判的機率。

我國現階段的偵測裝備在起始部隊建構時面對的主要威脅是以有人機為主，故當現今無人機成為主要威脅目標時，無論是外形結構的匿蹤設計或者表面隱形塗層等技術，抑或是偵測裝備操作人員是否能精確的設定系統篩選參數等問題，均會導致我國面對此種威脅時無法有效且即時判別威脅種類或者誤判，將會在戰時造成嚴重後果，在近代運用無人機的戰爭中，從雙方戰損與戰果就可明顯看出優劣勢之差距，因此如何針對無人機建構有效的偵測手段是我國面臨且急需獲得解決的課題。

(三)反制技術面

現行各國運用之反制技術軟殺手段主要以無線電干擾及衛星定位誘捕為主；硬殺手段則以雷射、微波、傳統防空與小型自殺是無人機等，研判未來發展趨勢軟殺手段以大範圍反無人機防禦系統、區域干擾系統、無人機衛兵反無人機系統等因應集群威脅與即時反應為主要發展方向；硬殺則以指向性能量武器、AI 智能攔截技術、整合舊式武器等以低成本攔截為主要考量。

現階段我國的無人機防禦體系尚未完善，當代 C4ISR 的數位化聯合戰爭，其核心為指揮中樞，如果遭敵摧毀或斷鏈就將喪失應有的戰力，因此必須有強大的防空系統護衛，而智能無人機集群的任務，就是癱瘓防空系統，由後續的兵火力執行攻擊，因此國軍雖有研發騰雲與劍翔無人機及發展無人機防禦系統等作為，但還是需要後端人員即時操控，只能算是運用無人機作戰的範疇，而

不是無人戰爭；不過現階段最重要的是建立完善的無人機防禦體系，並且須對解放軍有正確的認知，除了可運用彈道飛彈攻擊我國高價值戰略目標以外，其軍用無人機的發展在具備隱身、低空、超音速突穿的能力後，已能擔負制空突擊、壓制防空等作戰任務，我國目前用於對抗無人機軟硬殺手段並不足以反制擁有此類能力的無人機。⁴⁹

二、建議

(一)無人機面

1.重視無人戰爭

相對美、中重視無人戰爭的發展，我國卻似乎還準備打上一代的戰爭，從國防部發布 2021 年版的《4 年期國防總檢討》內容對無人機幾乎沒有提到就可得知；另某些論述則主張讓我國成為「刺蝟島」，然而即便有再多的防空飛彈，在更大量的廉價無人機之蜂群攻擊下同樣會被癱瘓。⁵⁰

2020 年《外交家》(The Diplomat)雜誌一篇「台灣軍事能從雙亞戰爭中學到什麼？」的文章，即建議台灣吸取亞塞拜然運用無人機作戰的寶貴經驗，目前國防的現況是對坦克、潛艦與戰機等傳統武器投入資源太多，對前瞻性的軍事或戰爭研究太少，未來戰爭如果真的是無人戰爭，將使傳統武器無法在戰爭中發揮功效，就如同法國在二戰前耗費巨資打造的馬其諾防線。⁵¹未來的事雖然現在無法確定，但美軍與解放軍都已經在準備無人作戰，如果我國無法另闢新路，那也只能照著先驅的腳步從中累積經驗，無論是從最基礎的建置兵力或到最後實際投入戰場運用，過程中的部隊管理與人才培訓等都需要對此非常專業的人員才有辦法發揮其價值，這些都需要大量的資源投入才會有所成效，在軍事預算有限的情況下，更應該放下軍種本位主義，集結所有資源來建置一支專業化的無人機部隊，才能因應未來無人戰爭的挑戰。

2.衝突態樣改變

⁴⁹ 李文輝，〈中國隱形無人攻擊機曝光〉，《中時新聞網》，2021 年 4 月 28 日，〈<https://www.chinatimes.com/newspapers/20210428000075-260301?chdtv>〉(檢索日期：2022 年 1 月 13 日)。

⁵⁰ 羅慶生，〈國戰會論壇未來戰場無人化打上一代的戰爭必敗〉，《中時新聞網》，2021 年 4 月 8 日，〈<https://www.chinatimes.com/opinion/20210408000026-262110?chdtv>〉(檢索日期：2021 年 12 月 30 日)。

⁵¹ 埃瑞克·陳著，由冠群譯，〈臺灣能從雙亞戰爭中學到什麼〉，《洞傳媒》，2021 年 1 月 5 日，〈<https://taiwandomnews.com/%E7%84%A6%E9%BB%9E%E8%A9%95%E8%AB%96/2268/>〉(檢索日期：2022 年 1 月 29 日)。

當代在人道主義發揚下，無論戰爭或其他事故，對傷亡人數的關切都超過財產損失，但無人戰爭不同，即便損失數千架無人機或戰敗，零傷亡仍可接受，一個關鍵的例證是 2019 年 6 月，伊朗擊落美國 1 架價值 1.3 億美元的 RQ-4，但因美軍無傷亡，一向強硬的川普總統並未因此採取軍事報復，⁵²衝突模式改變以後，以往的處置方式已不合時宜，然而我國尚未有明確的準則規定讓在作戰第一線的部隊知道如何去因應，但中共無人機的威脅卻已經迫在眉睫。

隨著無人化戰爭趨勢越來越明顯，國軍現行之各項軍事準則與規定並沒有隨之修改，未來空軍飛行員很有可能面對的是共軍的無人機，當其穿越台海中线往我國領空逼近時，以應對有人機方式廣播驅離同時派遣在空機追監已不符合實況，甚至明知其為無人機，但是到達我國領空時是否一定得將它擊落？會不會給與中共一個開戰的理由？這些問題可能是平時我國作戰第一線人員爾後會面臨的困境，但是卻沒有任何明確的準則告訴這些人員該如何處置；從另一角度探討，若是在戰時，共軍以無人偵察機、無人艇和無人車等兵力，配合陸海空各型通信中繼站以蜂群戰術進襲，目前各軍種是否有將反蜂群無人作戰列入想定？⁵³許多的問題都需仰賴高層單位實際面對並重視問題之嚴重性與迫切性，給與下級單位明確指導，無論是否具備面對無人威脅的處置能力，但相關的「突發狀況應變處置規定」、「戰備規定」及「接戰規則」等準則修訂只是最基本應該要先做的，否則遭遇突發狀況作戰部隊是無所依據的。

(二)偵測技術面

1.自主研發與國外採購同時進行

因中科院雖具備相關技術，但研發新式且符合未來戰場的技術並非一蹴可幾，尤其我國起步的時機已落後先進國家數十年，其中的差距需要時間與技術突破來彌補，此時向國外採購適合的裝備來應對面臨的威脅也是相當重要的，尤其若有可借鏡的技術提升中科院的研發能量，將可增進國防自主性，但任一裝備的核心技術都是國家絕對保密的部分，最終還是得靠我國自身累積經驗同時廣納相關人才，才能有效改善技術與裝備軍依賴外國之困境。

⁵² 羅慶生，〈國戰會論壇未來戰場無人化打上一次的戰爭必敗〉，《中時新聞網》，2021 年 4 月 8 日，〈<https://www.chinatimes.com/opinion/20210408000026-262110?chdtv>〉(檢索日期: 2021 年 12 月 30 日)。

⁵³ 譚傳毅，〈022 導彈快艇+蜂群無人機 大殺器來了〉，《中時新聞網》，2021 年 5 月 7 日，〈<https://www.chinatimes.com/opinion/20210507000010-262110?chdtv>〉(檢索日期:2021 年 12 月 14 日)。

2. 著重機動與快速反應能力

戰爭爆發時預期我國固定式雷達陣地均是敵優先摧毀目標，故在研發或採購偵測裝備時應以具備機動功能為首要，舉例來說，以我國民間企業創未來科技公司於新加坡航展所展示的輕型無人機偵測雷達 T.Radar Pro 為例，其除了是 AESA 雷達以外，體積小且重量僅 15 公斤，具備收折便於攜帶等功能，⁵⁴該產品與法國國防企業泰利斯（Thales）研發的多任務地面觀察者 20（Ground Observer 20 Multi-Mission，GO20 MM）微型野戰雷達概念雷同，只需兩名士兵於五分鐘內即可快速架設運作，還加入機器學習能力，讓雷達能夠在複雜的地形中，分辨來襲飛彈、無人機和森林、動物等自然干擾物之間的差別；⁵⁵另美國陸軍「低速、慢速、小型無人機綜合防禦系統」（FS-LIDS）結合無線射頻、雷達、光學攝影機等複合式偵測技術，⁵⁶都可以做為我國未來發展方向之參考。

（三）反制面

1. 效仿美國陸軍無人機 6 層防空網

目前我國的防空概念是運用彈、機、砲武器建立防空火網，以敵之距離與高度來分配兵火力執行防禦，而此方式主要針對的目標是有人機，相對無人機體積較小或低空進襲雷達不易偵測的狀況就無法有效反制，面對此情況美國陸軍所設想 6 層防空網概念，是以低價及多量的方式對付無人機、火箭彈及土製火箭等這類價格低且難預料與偵測的目標，⁵⁷故在其設想的第一層為最低空的高機動保護系統，第二層為固體雷射砲，第三、四層則是機動防空技術，第五層為高能雷射戰術載具，第六層低成本遠程防空系統，藉由低成本具攔截高成效之裝備，層層削弱敵無人機進襲兵力同時我方防護兵力環環相扣，達到守護重要目標不被敵摧毀之目的。

2. 補強我國防禦體系弱點

⁵⁴ 中央社，〈新加坡航展 台廠商展示無人機偵測雷達盼增訂單〉，《中時新聞網》，2022 年 2 月 17 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220216005035-260412?chdtv>〉（檢索日期：2022 年 5 月 5 日）。

⁵⁵ Alan Chen，〈可偵測無人機，泰利斯開發小型野戰雷達〉，《TechNews 科技新報》，2021 年 11 月 4 日，〈<https://technews.tw/2021/11/04/thales-unveiled-its-new-go20mm-radar-system-that-can-detect-uav-for-infantry-regiments/>〉（檢索日期：2022 年 5 月 5 日）。

⁵⁶ 舒孝煌，〈無人機來襲怎麼辦？反制科技有效禦敵〉，《青年日報》，2022 年 2 月 10 日，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1482045&type=forum>〉（檢索日期：2022 年 5 月 5 日）。

⁵⁷ 江飛宇，〈美軍設想未來 6 層防空網 對付無人機威脅〉，《中時新聞網》，2019 年 9 月 15 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190915002713-260417?chdtv>〉（檢索日期：2021 年 12 月 14 日）。

相較之下我國防禦體系尚欠缺雷射武器與低成本防空飛彈，故可試著向美國海軍購買「固態雷射-技術成熟雷射武器系統驗證器 Mark 2 MOD 0」(Solid State Laser - Technology Maturation Laser Weapons System Demonstrator (LWSD) Mark 2 MOD 0)及以色列的鐵穹系統等，⁵⁸同時請中科院持續研發「雷護專案」及陸射劍二飛彈之可行性，⁵⁹建立價廉效高之防空體系，補足我國無人機防禦體系的弱點。

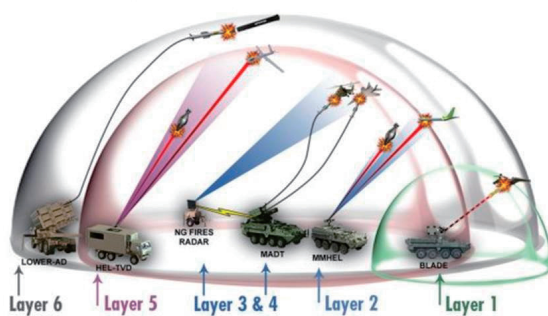


圖9 美國陸軍設想無人機 6 層防護網

資料來源：〈美軍設想未來 6 層防空網 對付無人機威脅〉，《中時新聞網》，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190915002713-260417?chdtv>〉(檢索日期:2021 年 12 月 14 日)。

伍、結語

從軍用無人機的現況與未來發展趨勢可看出，隨著各種技術的進步，因應各種作戰需求的無人機也隨之蓬勃發展，亦連帶作戰型態也跟著改變，如集群、母艦、忠誠僚機等新型作戰概念出現，一旦戰場面對此種威脅，偵測技術會走向複合式、機動及多站無源等能力；而反制技術的軟殺手段會趨向大範圍區域防禦、干擾與無人機衛兵等；硬殺手段則往指向性能量、智能攔截與整合舊式武器等方向發展，各種技術唯有與時俱進才能符合實際戰場需求。

無人機在不對稱的戰爭中，是相當重要的，故我國應該要統一整合，由一個專責的單位來負責，避免多頭馬車之現象，並且要集中資金與民間配合來共同研發，並確認我國在無人機發展上之方向，以期能於未來戰場上，奪回空優之主導權，在未來戰爭中，擁有無人機作戰優勢的一方更能占據主動，更有制

⁵⁸ 周辰陽，〈摧毀海上目標！美國海軍二度試射高能雷射武器成功〉，《聯合新聞網》，2021 年 12 月 16 日，〈<https://udn.com/news/story/6809/5966784>〉(檢索日期: 2022 年 5 月 16 日)。

⁵⁹ 林俊宏，〈尖端武器護台 4 輕易穿透鋼板 揭中科院極祕雷射武器〉，《鏡周刊》，2022 年 3 月 16 日，〈<https://www.mirrormedia.mg/story/20220315inv005/>〉(檢索日期: 2022 年 5 月 16 日)。

勝把握。

中共於 2021 年珠江航太展中發表了一系列新型無人機，不論其是否已進入測試或部署撥交其部隊使用，均可以看出中共是以世界無人機先進國家看齊甚而超越他們為其最終目標，中共所要建構的無人機部隊之作戰效益是不容我們忽視。相對於我國，政策上的不確定與國防建設的不連貫性與一致性，對我國國家戰略而言為害是相當大的，故我國應主動建立「打什麼，有什麼」軍事策略，而不要一直停留於「有什麼，打什麼」的消極性作戰方向，積極研發符合我國需求之各型無人載具，惟有國防獨立自主，方能不受制於人而制於人。

第一作者介紹

單位：國防大學空軍指參學院

職務：中校學員

姓名：黃建遠

學歷：空軍官校98年班

空軍作參班104年班

經歷：飛行官、飛安官、作戰官

研究領域：飛行作戰



第二作者介紹

單位：國防大學空軍指參學院

職務：上校教官

姓名：何應賢

學歷：陸軍官校82年班

陸軍砲校正規班87年班

中正理工學院兵研所95年班

空軍指參學院98年班

戰爭學院102年班

經歷：行參官、人參官、教官

研究領域：情報、作戰



中共反輻射飛彈發展與我反制作為之研究 -以防空飛彈部隊為例

The development of the CCP's anti-radiation missiles and the research on R.O.C Air Force countermeasures- illustrated by the case of anti- aircraft missile force

魯哲辰(Che-ChenLu)

國防大學空軍指參學院少校學員

陳則佑 (Chen-TseYu)

國防大學空軍指參學院中校教官

摘要

現代的戰爭型態已由傳統視距內交戰範疇轉變為電磁與視距外範疇，隨武器科技的發展，射程與精準度的提升，近代戰爭更可說是「每戰必電，無電必殆」，其中反輻射飛彈為電子戰攻擊中主要武器之一，對具備雷達發射源之裝備有相當大的威脅，故本研究以目前反制反輻射飛彈相關文獻進行分析，藉參考歷史戰役經驗及國外反制作為，檢視我空軍防空飛彈部隊現行之反制作為，探討可再精進之面向，適時提供建議，以增加整體防護能力，俾利提升戰時存活率，有效支援作戰全程。

關鍵詞：電子戰、反輻射飛彈、防空飛彈部隊

Abstract

The type of modern warfare has changed from the traditional field of war within the line of sight to the field of electromagnetism and beyond the line of sight. With the development of weapon technology and the improvement of range and accuracy, modern warfare can be said to be "every battle must be powered by electricity, and no electricity must be in danger." , among them, anti-radiation missiles are one of the main weapons in electronic warfare attacks, and they pose a considerable threat to equipment with radar emission sources. Therefore, this study analyzes the current literature on anti-radiation missiles, with reference to historical battle experience and For foreign countermeasures, examine the current countermeasures of R.O.C Air Force anti-aircraft missile units, explore areas for further improvement, and provide timely suggestions to increase overall protection capabilities, improve wartime survivability, and effectively support the entire combat process.

Keywords: Electronic warfare 、 Anti-radiation missile 、 Anti-aircraft missile force

壹、前言

隨著時代科技的進步，作戰型態的演進與變化，新一代戰爭中已無法與科技脫節，自從無線電的發明後，科學家開始研究電磁頻譜原理並發展出各式電子戰武器，自第二次世界大戰中即可看到電子戰的運用，例如無線電的加密與干擾技術、針對雷達搜索與工作原理，發展反制與干擾作為等；經由實戰的經驗與發展，電子戰作為漸漸受到先進國家的重視，最經典的戰役之一不外乎 1982 年第五次中東戰爭，以色列與敘利亞的貝卡山谷之役，以軍運用無人機與反輻射武器，造成敘軍失去防空作為，最終戰爭失敗，其發揚電磁頻譜的運用與展現尖端科技的演進，說明電子戰在現代戰爭中已是不可或缺之一環，甚至是戰爭勝利與失敗的關鍵。

電子戰攻擊中反輻射飛彈的運用在歷史戰役中皆扮演重要的角色，對具備雷達輻射源之目標更具致命的威脅，故本研究以反輻射飛彈對防空飛彈部隊之威脅與反制作為進行文獻分析，藉蒐集反輻射飛彈作用原理、中共反輻射飛彈發展現況、歷史戰役中該武器之戰術運用及國外近代反制反輻射飛彈等相關的資料，進行專題研究，除掌握中共現行反輻射飛彈之能力，進而瞭解中共對我軍之威脅程度，達到「知彼知己，百戰不殆」之目的，同時檢視我防空飛彈(天弓三型及愛國者)部隊現行反制措施，主動發掘防禦下隙，研擬精進作為，並適時提出建議以供參考運用，以增強我軍整體防護能力，俾利有效提升我防空飛彈部隊於戰時的戰場存活率，持續發揚防空火力，確保空優並有效支援戰事。

貳、反輻射飛彈的作用原理與概念

一、反輻射飛彈的作用原理

反輻射飛彈(Anti-Radiation Missile)也稱作反雷達飛彈(Anti-Radar Missile)，縮寫皆為 ARM，它是一種利用敵人雷達所發出的雷達波輻射源，為其搜索、追蹤、導引、歸向的依據，並進而將敵具輻射源的雷達裝備予以摧毀的武器。簡單來說就是能夠偵察出敵方雷達所發出的雷達波，並朝著雷達波發射源飛去，且能夠自動搜索敵人發出的雷達波，並加以破壞。¹其主要攻擊目標為敵方空中、海上和地面的各種防空雷達，包括預警雷達、目標指示雷達、地面控制攔截雷達、地對空飛彈之火控雷達、空中攔截雷達以及相關的載運體(如飛機、軍艦和地面雷達站)和操作人員，²予以壓制與摧毀敵方的防空搜索

¹ 黃恭婉，〈對地攻擊機及戰術運用〉，《先進武器戰術大剖析 2》（臺北：茱莉出版事業公司，1995），頁 46-47。

² 侯印鳴，《綜合電子戰-現代戰爭的殺手鐮》，（北京：國防工業出版社，2000）。

雷達或是防空武器系統，以降低我方執行空中攻擊任務的損耗，運用反輻射飛彈所執行的主要任務可分為制壓 SEAD(Suppression Of Enemy Air Defenses)與摧毀 DEAD(Destruction Of Enemy Air Defenses)。³反輻射飛彈攻擊原理主要是藉由飛彈搜索頭對雷達輻射源進行偵獲、識別和定位，然後導引反輻射飛彈跟蹤並鎖定該輻射源目標，對其實施攻擊。⁴

(一)反輻射飛彈系統的組成可分為攻擊導引和飛彈本體兩部分：

1.攻擊導引

攻擊導引裝置核心技術是高精度的測向和定位技術，多半採用電子偵察裝備，其自身不發射電磁波，而是透過接收雷達發射的電磁信號，測量其入射方位和特徵參數(如雷達信號頻率、脈波寬、脈波周期以及雷達參數的變化範圍及規律等)，確定雷達的類型和位置，並結合射控系統對該輻射源進行打擊。⁵

2.飛彈本體

各型反輻射飛彈主要原件概分為目標搜索頭(Seeker)、任務控制單元(Mission Control Unit)、導航與導引單元(Navigation Unit)、引信(Fuze)、彈頭(Warhead)、火箭推進段(Rocket Motor)、驅動原件(Actuator)(如圖 1)。⁶各組成分述如後：



圖 1 空射型反輻射飛彈組成

資料來源：Matra/BAe ALARM and Matra Armat, by Carlo Kopp, First published in Australian Aviation, June 1997

³ 壹讀，〈壓制與摧毀：談談美軍的「野鼬鼠」戰鬥機〉，《壹讀》，2015/10/20，〈<https://read01.com/0MaBoK.html#.YIN4bnhBzjI>〉(檢索日期：2021/11/4)。

⁴ 李俊成，〈防空飛彈部隊對敵反輻射飛彈攻擊時因應作為之研究〉，《陸軍學術月刊》，第 37 卷第 433 期，2001/9，頁 27-33。

⁵ 侯印鳴，《綜合電子戰-現代戰爭的殺手鐮》(北京：國防工業出版社，2000)。

⁶ Carlo Kopp, "Matra/Bae ALARM and Matra Armat," Australian Aviation, 1997/7, 〈<http://www.ausairpower.net/alarm-armat.html>〉(檢索日期：2021/11/4)。

(1)搜索頭

搜索頭通常採用寬帶微波被動探測定位系統，主要用於接收雷達的輻射信號，測量其入射方位，並具備多頻段載入能力。可藉由空中機載裝置獲取的雷達數據對飛彈搜索頭進行載入，或透過地面載入器先行載入多筆資料於飛彈搜索頭中。⁷如英國的 ALARM 反輻射飛彈，當在空中找不到目標時，飛彈就會爬升到預定高度(約 12000 公尺)搜索目標並開啟阻力傘。一旦搜索到目標，就會轉入無動力滑翔攻擊；當敵雷達改變參數時，根據載入的第二參數尋找敵雷達。若在資料庫中找不到現場對應的敵雷達參數，則可以在搜索頭資料庫中繼續查找對照，選擇適當的敵雷達進行攻擊，⁸如圖 2。

反輻射搜索頭還具備有抗雷達關機的記憶導引能力，即在雷達開機時首先用電腦計算改善測角精度，然後在雷達關機時計算出應跟蹤的軌跡座標，並採慣性導引方式控制，沿預測軌跡跟蹤的方法繼續跟蹤敵雷達，若雷達開機，則反輻射搜索頭則改用角跟蹤導引飛彈進行攻擊。例如美國的 AGM-88 反輻射飛彈，因具備可變頻率尋標器，可採多段開機，⁹攻擊方式(如圖 3)。

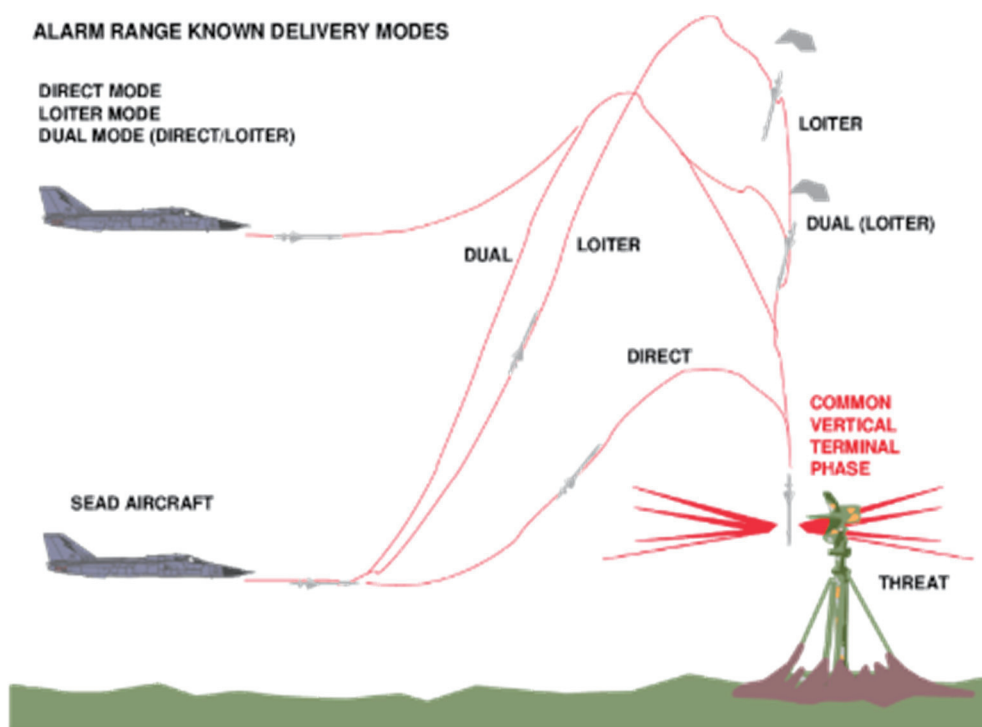


圖 2 ALARM 投放模式

資料來源：Matra/BAe ALARM and Matra Armat, by Carlo Kopp, First published in Australian Aviation, June 1997

⁷ 同註 2。

⁸ 黃恭婉，〈先進防空武器及運用〉，《先進武器戰術大剖析 1》，（臺北：茱莉出版事業公司，1995），頁 80-82。

⁹ 同註 5。

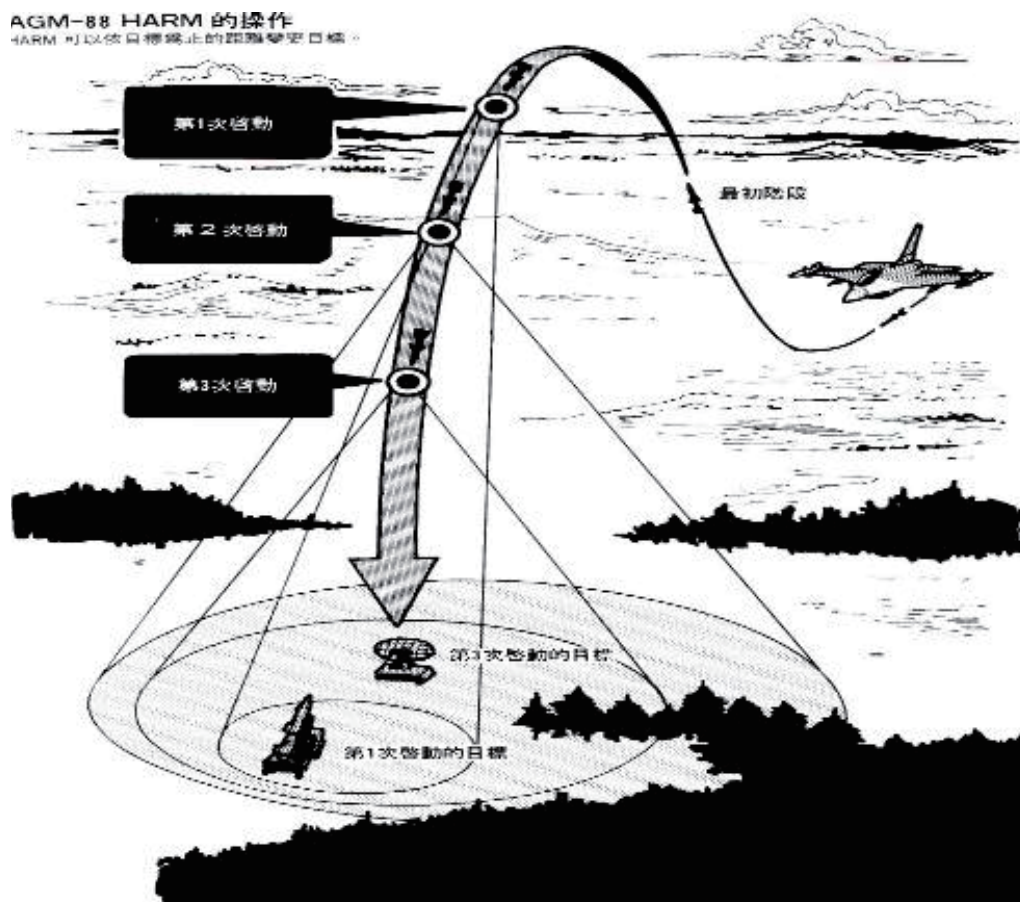


圖 3 AGM-88 作用原理

資料來源：軍事家特輯(空中武力運用大剖析)

(2)任務控制及導航單元

反輻射飛彈載體具備火箭推進器、發動機、控制、導航等裝置，並裝載被動式雷達導引裝置、慣性導航系統及 GPS 導航系統，確保目標搜索與追蹤能力。¹⁰

(3)引信及彈頭

反輻射飛彈一般採用近發引信及觸發引信相結合的裝置，並且搭配高爆彈頭，提高其殺傷及命中率。¹¹

(二)反輻射飛彈系統的工作原理

反輻射飛彈系統的工作可分為三個階段，即目標選擇、目標鎖定和飛彈攻擊，當反輻射飛彈搜索頭發現雷達輻射源，便將獲得資料與載入資料庫進行比對，經確認為所攻擊之雷達目標和參數測量後，藉此追蹤與鎖定該目標，最後由飛行人員完成武器發射。¹²

飛彈導引和搜索頭對雷達輻射源的方位測量一般採用干涉儀測向法與比幅測向法兩

¹⁰ 同註 2

¹¹ 李秉越，《飛彈概論》（臺北：空軍總司令部，1963）。

¹² 同註 2

者相結合的高精度的測向方法，反輻射飛彈的天線從不同方位接收到雷達輻射源信號，其天線接受到的信號頻率是一樣的，但振幅及相位卻是不一樣的。藉由振幅及相位差別的比對，得到雷達輻射源的方位訊息，¹³藉此完成目標的位置標定，使反輻射飛彈可對雷達輻射源進行精準打擊。

二、反輻射飛彈的運用概念

反輻射飛彈算是電子戰攻擊中的一種硬殺手段，其概念是運用反輻射飛彈對具備輻射源之目標執行打擊，以敵方雷達輻射的電磁訊號作為導引信號，跟蹤和摧毀敵雷達輻射源的一種摧毀性作為。通常與雷達干擾配合使用，直接攻擊敵方各種防空預警雷達及其火控雷達，使其雷達造成永久毀壞，達到有效制壓敵防空系統，掩護己方順利完成空中攻擊任務。¹⁴反輻射飛彈主要戰術運用作為如下：

(一)制壓敵防空系統，掩護任務機突防

藉由攜掛反輻射飛彈的戰機、電子干擾機與任務機的混合編隊，在電子干擾機的干擾掩護下，對敵方雷達實施攻擊，以掩護攻擊機執行空中打擊任務。¹⁵

(二)對空中預警機的反輻射攻擊

空中預警機除可搜索偵蒐範圍內的低空目標，還擔負著空中作戰的指揮控制任務，在現代戰爭中扮演重要角色，故成為敵對雙方的高價值攻擊目標，包含地對空、艦對空，空對空等新式反輻射飛彈，利用預警機上大功率預警雷達輻射的信號來導引這些反輻射飛彈直接攻擊敵預警機，以削弱或破壞其空中探測、指揮和控制能力，從而掩護任務機的低空或空中突擊。¹⁶

綜上所述，藉由反輻射飛彈的運用達到制壓敵防空及預警系統之目的，進而提升空中兵力突擊任務的成功率，其運用特點如後：

(一)反輻射飛彈是藉偵測敵雷達輻射源並採取直接攻擊方式，使其雷達裝備損壞，達到摧毀之手段。¹⁷

(二)攻擊速度快，從發射到攻擊目標僅需短短的時間(如表 1)。因而可能使敵

¹³ 同註 2。

¹⁴ 壹讀，〈壓制與摧毀：談談美軍的「野鼬鼠」戰鬥機〉，《壹讀》，2015/10/20 <<https://read01.com/0MaBoK.html#.Y1N4bnhBzjI>>，(檢索日期：2021/11/4)。

¹⁵ 資訊咖，〈電子戰飛機的類型有哪些？在現代空戰中能發揮多大的作用？〉，2022/3/24，<<https://inf.news/zh-tw/military/3239920e724f80a9db6c6bf3d653351e.html>>，(檢索日期：2022/4/11)。

¹⁶ 同註 5。

¹⁷ 孫杰譯，《最尖端武器 5-電子戰力》，(臺南：信宏出版社，1994)，頁 87。

雷達來不及關機就被摧毀。¹⁸

表 1 各反輻射飛彈最大距離飛行時間

Missile type	Ch-15P	Alarm	Ch-32P [Ch-22MP]	Ch-31PD Ch-31PM	Ch-58USzE Ch-58USzKE	Armiger	AGM-88 D Harm Block 6 / AGM-88E AARGM
Country	USSR	Great Britain	USSR	Russia	Russia	Germany	USA
Years of implementation	1988	1991	1995 [1975]	2002 / 2005	n.d.a. / 2007	2008	2003 / 2009
Flight speed [m/s]	1000 – 1100 max. 1700	320 max. 695	1190	600 – 700 / 600 – 700 max. 1000 / max. 1170	450 – 600 max. 1166	n.d.a. max. 1020	680 max. 2040
Minimum range [km]	40	8	n.d.a.	15 / n.d.a.	10-12	n.d.a.	n.d.a.
Minimum range flight time [s]	40 – 36 min. 23	25 min. 11	–	25 – 21 / – min. 15 / –	26 – 16 min. 8	–	–
Maximum range [km]	150	45 – 93	700	180 – 250 / n.d.a.	245	200	180 / 110
Maximum range flight time [s]	150 – 136 min. 88	140 – 290 min. 64	588	257 – 416 / – min. 180 / –	544 – 408 min. 210	– min. 196	264 / 161 min. 88 / min. 53

資料來源：Anti-Radiation Missiles vs. Radars, Stanisław Czeszejko Published 1 September 2013

- (三)反輻射飛彈具備攻擊方式靈活之特性，可對具雷達輻射源目標的各個方位進行攻擊，甚至是從目標正上方攻擊，例如：ALARM 反輻射飛彈。¹⁹
- (四)近代反輻射飛彈的搜索頭所涵蓋的頻率範圍很廣，無論是敵方的警戒雷達(頻率較低)或是飛彈的導引雷達(頻率較高)，均處於其攻擊範圍內，因此反輻射飛彈對各種具備雷達輻射源的目標都是一個相當大的威脅。²⁰
- (五)反輻射飛彈對雷達實施摧毀性打擊，屬一次性使用的消耗性武器，且所需技術指標較高。²¹

就以上這些特點表明，反輻射飛彈是未來制電磁權戰爭中不可或缺的武器之一，更是防空系統的重大威脅，因此藉本研究探討其反制作為，俾利我軍防空飛彈部隊於戰爭中可提升戰場存活率，有效支援整體防空。

參、中共反輻射飛彈發展現況

一、中共反輻射飛彈發展歷程

中共反輻射飛彈的發展，根據文獻及網情資料獲得，最早可從 70 年代開始追溯，當在越戰時期，中共曾參與抗美援朝，由於美國的 AGM-45「百舌鳥」反輻射飛彈曾讓當時的中國雷達部隊遭受許多攻擊，因此在抗美援朝結束之後，中共空軍司令部在 1976 年向當時的國防科工委建議研製一種全天候空對地反雷達戰術飛彈，可裝備在殲擊機、強擊

¹⁸ Stanisław Czeszejko, “Anti-Radiation Missiles vs. Radars,” International Journal of Electronics and Telecommunications, Vol. 59, No. 3, September 2013, PP. 285–291.

¹⁹ 西陸星，〈電子作戰、與反輻射飛彈〉，《西陸網》，2009/9/11，<<http://club.xilu.com/emas/msgview-821955-4426484.html>>，(檢索日期：2021/11/4)。

²⁰ 侯印鳴，《綜合電子戰—現代戰爭的殺手鐮》，(北京：國防工業出版社，2000)。

²¹ 沈順根，《神秘的電子戰導彈戰》，(北京：兵器工業出版社 1998)。

機與轟炸機上，用於對飛彈導引的火控雷達和高炮陣地雷達等電磁輻射源攻擊的武器。1978 年中共參考當時美國百舌鳥的設計概念(透過 AIM-7 麻雀飛彈的基礎構改成百舌鳥)，故當時運用 PL-4A 飛彈進行研改，稱為「風雷 7 號」；然因 80 年代之後，中共為了支援改革開放經濟建設，國家削減軍費，科研經費不足，於 1981 年終止「風雷 7 號」反輻射飛彈的研製。²²

1980 年代，由於反輻射飛彈在當時引起相關部門的高度重視，中央軍委正式決定研製反輻射飛彈武器系統，其研發名稱為「鷹擊-5」的反輻射飛彈，具體研製工作由上海機電二局負責。為降低系統技術難度，在「紅旗-61」飛彈的基礎上改進，保留「紅旗-61」的整體設計，只是將導引系統改變成被動雷達導引方式。1984 年「鷹擊-5」反輻射飛彈完成首批樣品彈的試製，並在同年由轟-5 掛載進行試射取得成功。但是由於「鷹擊-5」抗干擾能力差、導引系統頻率覆蓋範圍窄、命中率低、對付相位陣列雷達能力不足、威力不夠等缺點。雖在 90 年代前期完成定型試驗，但作戰需求指標已經落後，無法應付具備遠射程的第三代防空飛彈武器系統，因此並未進行量產。但其研發技術為中共建立了厚實的基礎，後來中共引進俄羅斯的 Kh-31P 反輻射飛彈，加速了中共反輻射飛彈自行研製的進程。²³

中共的電子戰概念真正的發展可以說是從 1991 年波灣戰爭之後，看到聯軍在作戰中廣泛且靈活的運用科技電子裝備，除掌握伊拉克部隊即時動態，並運用電子戰手段，有效制壓敵軍的防空系統，進而奪取空優，最後獲得勝利；因此中共對此更投入大量國防預算，提升軟硬體技術，針對空射型飛彈的發展方向，中共採取所謂的「飛彈三元」概念，也就是以機載空對地飛彈、反輻射飛彈、以及巡弋飛彈做為未來建軍的理想目標。²⁴

1990 年代中共自俄羅斯引進 Kh-31P 型反輻射飛彈，引進後發現其偵測雷達輻射波與導引飛彈的搜索頭並不如預期，主因為前蘇聯所研發該飛彈時，受限於電子技術不成熟，電路設計多為電子管構造，且為達覆蓋不同頻段，發展出多種的導引頭，運用上必須依作戰任務不同，更換不同工作頻率的導引頭，導致作戰運用時靈活性較差；故中共在後續仿製過程中，為使該型反輻射飛彈適應新的作戰環境，運用本身在微電子技術方

²² 突擊，〈中國反輻射飛彈起家是從「拆」開始：殲-8 戰鬥機差點成打雷達利器〉，《每日頭條》，2018/12/27，〈<https://kknews.cc/military/j5j3v5l.html>〉，(檢索日期：2021/11/4)。

²³ 迷彩派，〈反輻射飛彈的發展及對抗措施〉，《壹讀》，2017/5/23，〈<https://read01.com/zh-tw/A37zdR.html#.YXUjwPpBxPZ>〉，(檢索日期：2021/11/4)。

²⁴ 陳永全，〈中共反輻射飛彈發展與反制作為之研究－以三五快砲部隊為例〉，《國防雜誌》，第 20 卷第 8 期，2005/8，頁 69-75。

面的研究成果，改進 Kh-31P 之缺點，採用涵蓋頻率範圍更寬的導引頭，提升作戰靈活性。此新型導引頭是集成電路構造，其體積也較小，有助於增加飛彈燃料的攜帶量，有效提升反輻射飛彈之射程。該型飛彈於 2007 年仿製構改成功，代號名為「鷹擊-91」。²⁵

隨著科技技術進步與成熟，中共自完成「鷹擊-91」後，仍持續研發新式反輻射飛彈，例如 2012 年中共於珠海航展上所發表的「LD-10」反輻射飛彈，該型飛彈是在「SD-10」中距離空對空飛彈的基礎上研發製成。其射程約為 80 公里，彈頭重達 20 公斤。該型飛彈不但體積較「鷹擊-91」小，並且採用主被動雷達複合式導引系統，提升在作戰時的抗干擾性與精確性。²⁶中共針對反輻射飛彈的研究與發展不斷精進，更於 2016 年發表「CM-102」反輻射飛彈，是一種超音速反輻射飛彈，可由戰鬥機、轟炸機所攜帶，摧毀敵方各種雷達、無線電設備，特別是用於壓制敵方的防空武器系統的雷達設備，且具備作戰使用靈活、武器發射包線寬、命中精度高及彈頭威力大等特點，²⁷可見中共仍持續研製射程更遠，命中率更佳及殺傷更大的反輻射武器，以實現其奪取制電磁權制壓敵人的目的。

表 2 中共反輻射飛彈發展進程

演進發展年代 型別	風雷7號(1979)	鷹擊5(1980)	Kh-31P(1990)	YJ-91(2002)	LD-10(2012)	CM-102(2016)
飛彈樣式						
射程	18公里(PL-4A)	2.5 - 12 公里	110公里	150公里	100公里	100公里
最大速度	2.2馬赫	3 馬赫	3.5馬赫	3.5馬赫	4ma	待控
導引系統	半主動雷達	SARH / ARH	慣性制導，被動雷達	被動雷達導引/ 主動雷達導引	慣性制導+數據鏈修正+主動雷達終端制導	被動式寬頻制導技術
引信	無線電引信和壓電引信	近發式	近發式+觸發引信	近發式+觸發引信	近發式	待控
工作頻段			2到18GHz	2到18GHz	2到18GHz	2到20GHz頻率
彈重	150 公斤	320 公斤	600 公斤	600 公斤	199 公斤	待控
彈長	3.235 米	4 米	4.7 米	4.7 米	3.5 米	待控
彈徑	190mm		360mm	360mm	200mm	待控
翼展		1.166 公尺	0.91米	0.91米	0.67米	待控
彈頭	高爆炸藥，重30公斤	42 公斤高爆炸藥	90公斤高爆炸藥	90公斤(殺傷爆破/聚能裝藥)		80公斤
發動機	固體火箭發動機	固體燃料火箭	組合式固體火箭/衝壓發動機	一體化固體火箭衝壓發動機	固體雙推力火箭發動機	固體雙推力火箭發動機

資料來源：本研究作者自行整理

²⁵ 每日頭條，〈鷹擊-91(YJ-91/C-901)高速反輻射/反艦飛彈特寫記〉《每日頭條》，2017/10/13<<https://kknews.cc/military/o8mxlpg.html>>，(檢索日期：2021/11/4)。

²⁶ Defense Updates, “SD-10A and LD-10 Missiles at Zhuhai Airshow 2012,” 2012/11<<http://defenseupdates.blogspot.com/2012/11/sd-10a-and-ls-10-missiles-at-zhuhai.html>>，(檢索日期：2021/11/4)。

²⁷ 加特林，〈中國 CM-102 反輻射飛彈，專克美國「愛國者」地空飛彈〉，《每日頭條》，2016/10/31<<https://kknews.cc/military/599xo98.html>>，(檢索日期：2021/11/4)。

二、中共現行反輻射飛彈作戰能力

依據文獻資料蒐集，中共現行反輻射飛彈作戰能力可區分為機載空射型、陸基型及無人機等範疇，就任務屬性上可針對不同目標，採取不同的武器運用，各類型武器運用分述如後：

(一)機載空射型反輻射飛彈

現代新型的反輻射飛彈，基本上具備超音速、遠航程、高精度、導引頭具備多頻段的搜索能力且具有複合式導引的能力，可對抗許多反輻射飛彈的作為手段，如面對敵人的末端干擾、煙霧、紅外線干擾等，這就像是矛與盾的對決，各方都會不斷思考新的對抗方式，就現行的發展，講求射程遠，可在敵人防空武力的威脅外發射反輻射飛彈，提高戰機與人員的存活率，超音速的攻擊，使敵方不易攔截；反輻射飛彈典型作戰指標包含最大速度 3 馬赫左右、有效殺傷半徑 25-50m、動力採用雙推力固體式火箭發動機、導引段採用被動雷達尋標、接收機體制以超外差方式、工作頻段 2~18GHz、天線形式分為平面螺旋天線和陣列天線、波束寬度 50°~60°、跟蹤角度 4°~8°、炸藥段以破片殺傷為主，採用雷射近炸引信、命中精度 5~10m(CEP)左右、飛彈導引頭作用距離大於雷達的作用距離；²⁸此反輻射武器通常並不會單獨使用，就歷史戰役經驗，通常會伴隨電戰機，先期壓制我方雷達偵蒐，再壓縮我反應時間與距離，與此同時，到達敵可發射之距離時，將對我造成嚴重損害，故我軍應加強反制作為以提升戰場存活率。²⁹

(二)陸基型反輻射飛彈

例如中共的 FT-2000，其可針對預警機、電子偵察機、電子干擾機等目標進行有效打擊，該型反輻射飛彈全長 6.8 公尺，彈徑 0.466 公尺，長徑比 14.6，彈頭重為 130 公斤高爆彈，重量 1.3 噸，反輻射尋標器偵測範圍可探測 2 至 18GHz（S-Ku 波段）的電磁波，採被動雷達尋標導引，具記憶與干擾歸向功能。射程範圍方面 12 至 100 公里，有效射高分別是 3 至 20 公里；現代戰爭中，空中預警機在整個戰場當中擔任 C4ISR 整合指揮與作戰管制的關鍵角色，除偵蒐距離遠外，亦可將戰場情況即時回傳給作戰中心或是出擊的任務機，具備指管與武管指令鏈路的傳遞，使作戰更有效率，然中共陸基型反輻射飛彈就是針對空中預警機、電子偵察機及具備高功率雷達發射源的機載進行反制的武器，該型飛彈與 S-300PMU1 具有設計相同的發射車，且能夠共用雷達，因此在作戰運用上靈活

²⁸ 同註 5。

²⁹ 孫杰譯，《最尖端武器 5-電子戰力》，（臺南：信宏出版社，1994）。

性高。³⁰此類飛彈對我預警機威脅甚大，故應妥適安排預警機之戰術位置及透過情資以掌握其部署位置，以確保我任務機的安全。

(三)反輻射無人機

其特點為成本低、體積小、遠航程、耐航時間久；因體積小並具備匿蹤技術，將使敵不亦發現目標，達到攔截困難，航程遠且耐航時間久，可於敵目標區上空盤旋，使敵人不致輕易開啟雷達。反輻射無人機作戰高度為 4000 公尺、巡航速度 215 km/h、最大俯衝攻擊速度大於 462km/h、最大俯衝攻擊角大於 80°(通常位於敵防空雷達的盲區位置)、待機時間可達 2.5h(攻擊 400 公里外目標時)、頻率覆蓋範圍 0.5~40 GHz、命中精度 5m(CEP)、引信具有雷射近炸與觸發碰炸、有效殺傷半徑 25-50m，主要攻擊目標為警戒雷達及火控雷達等。³¹對我軍之各防空雷達陣地均構成嚴重威脅，特別是反輻射無人機具備 GPS 定位系統時，使我不易防禦。

上述為中共現有之反輻射飛彈與武器運用概述，其種類與型號甚多，故本研究僅探討中共機載型反輻射飛彈為主，依上節所論述內容，中共現行主戰機種如殲轟-7、殲-8、殲-10、殲-11、殲-11B、殲-15、殲-16、殲-20 皆可攜掛空射型反輻射飛彈(YJ-91、LD-10、CM-102)，除殲 20 受限於彈艙空間，無法掛載 YJ-91，餘皆可攜掛，射程最遠可達 150 公里；另 SU-30 及 SU-35 型機可攜掛向俄羅斯所購買的 Kh-31P 反輻射飛彈，射程為 110 公里。中共空射型反輻射飛彈射程約 110-150 公里，並可對具備輻射源目標進行有效打擊；若未來戰事開打，敵透過情蒐等手段，先行掌握我各固定(機動)雷達或飛彈陣地的準確位置，並運用導彈攻擊，使我軍喪失耳目，失去目標偵蒐及預警功能，同時輔以電戰機壓制我在空警戒機、預警機及防空飛彈部隊之雷達功率，此時，敵若攜掛上述武器對我實施精準打擊，將對我防空飛彈部隊造成極大威脅，故不可不深究探討其對應之道，俾利遂行有效之反制作為，以提升戰場存活率。

肆、戰史例證探討反輻射飛彈之威脅

第二次世界大戰後，隨著航空與太空技術、導彈技術、電子與光電技術及火控技術的快速發展，其中又以光電和雷達控制的精確導引武器開始投入戰場，使 C4ISR 系統成為戰場一切活動的神經中樞，並發展出多維作戰環境及聯合作戰概念，促使戰爭型態發

³⁰ 中國網，〈FT-2000 反輻射防空飛彈：預警機殺手，首創以地制空〉，《每日頭條》，2015/8/21 <<https://kknews.cc/zh-tw/military/ybv2eg.html>>，(檢索日期：2021/12/18)。

³¹ 侯印鳴，《綜合電子戰-現代戰爭的殺手鐮》，(北京：國防工業出版社，2000)。

生重大的改變，³²本研究就以下歷史戰役進行探討其反輻射飛彈對戰爭之影響。

一、越戰

在 60 年代越南戰場上，由於北越首次使用精準導引的防空武器 SA-2 和 SA-7 地對空飛彈對付美軍的空中優勢，從 1965 年 3 月美軍實施滾雷空中進攻戰役到 1975 年 4 月，越軍每發射 8~11 枚 SA-2 導彈就可擊落一架美戰機，致使美軍戰機的損失率達 14%，美軍意識到現代防空飛彈於戰場運用對任務成功影響甚鉅，故為應付地對空飛彈的威脅，最有效的手段就是電子戰，以確保飛機存活率及奪取空中優勢，³³自此美軍發展的重點如後：

(一)強化戰機電子戰自衛能力

各型戰機加裝雷達預警接收機、自衛式電子戰系統以及研製機載紅外線警告器、紅外線干擾器、干擾絲與火焰彈，有效提升飛機存活率。³⁴

(二)研發電子干擾機

EB-66 和 EA-6A，具備可同時偵察與干擾，電子干擾機的電子設備比較完善，可對地面各種警戒、追蹤、火控和飛彈導引雷達實施偵察和干擾。³⁵

(三)反輻射飛彈在越戰扮演重要的角色

在越南戰爭中，美空軍研製出 AGM-45 百舌鳥反輻射飛彈，並建立特種航空兵部隊，代號「野鼬鼠」，他們專門用反輻射飛彈為其戰鬥、轟炸機群提供掩護，³⁶也可直接攻擊具有輻射源的目標，諸如北越的防空飛彈 SA-7 陣地等，這種飛彈在越南戰爭中發揮了顯著的作用。美軍認為反輻射飛彈是空軍對敵防空制壓最重要的電子戰武器。³⁷

美軍在越南戰爭中，妥適運用電子干擾機、戰機攜掛反輻射飛彈和機載自衛式電子戰系統，統合運用電子戰支援、防護與攻擊，以有效降低戰損，提高任務的成功公算，故可知電子戰中運用反輻射飛彈已視為現代戰爭中不可或缺的一環。

二、以敘戰爭-貝卡山谷之役

1982 年 6 月，以色列為了摧毀部署在敘利亞貝卡山谷的 SA-6 導彈陣地，運用電子戰

³² 同註 2。

³³ 兵器知識，〈越南戰爭中的美軍反輻射飛彈〉，《每日頭條》，2021/2/23。〈<https://kknews.cc/zh-tw/military/m9yjgo6.html>〉，(檢索日期：2022/1/16)。

³⁴ 資訊咖，〈電子戰飛機的類型有哪些？在現代空戰中能發揮多大的作用？〉，2022/03/24，〈<https://inf.news/zh-tw/military/3239920e724f80a9db6c6bf3d653351e.html>〉，(檢索日期：2022/4/11)。

³⁵ 孫杰譯，《最尖端武器 5-電子戰力》，(臺南：信宏出版社，1994)。

³⁶ 黃恭婉，〈先進防空武器及運用〉，《先進武器戰術大剖析 1》，(臺北：茱莉出版事業公司 1995)，頁 80-82。

³⁷ 孫杰譯，《最尖端武器 5-電子戰力》，(臺南：信宏出版社，1994)。

作為戰爭的主導，並以敘利亞的 C³I 系統和 SA-6 導彈陣地為主要攻擊目標，實施強烈電子干擾制壓和反輻射飛彈攻擊，致使敘利亞 19 個地對空飛彈陣地全部被摧毀，81 架飛機被擊落，而以色列作戰飛機則無一損失，創造了利用電子戰遂行防空制壓而獲得輝煌戰果的成功戰例。³⁸其戰爭特點如後：

(一)戰前組織周密的電子情報偵察

在戰前一段時間，以色列多次派遣小型無人偵察機在貝卡山谷上空飛行充當誘餌，引誘敘利亞發射 SA-6 地對空飛彈攻擊，以查明 SA-6 導彈導引雷達的頻率等技術參數和確切的配置位置，以軍在黎巴嫩及敘利亞的邊境上，設立了許多電子偵察站和監視哨，這些電子偵察站和監視哨把截獲到的有關敘利亞的雷達、導彈、通信、指揮方面情報，傳送給以軍 C³I 指揮中心處理。因此戰前以色列就透過各種偵察手段，獲得了敘利亞雷達陣地及防空系統的大量情報。空襲開始後，以軍派出裝有電視攝相機的偵察兵無人機進行即時偵察，不斷把敘利亞飛彈陣地的即時戰場訊息傳給 E-2C 預警機和波音 707 電子干擾飛機，隨後派遣偵察兵無人機，引誘敘軍火控雷達開機，為以軍地面的狼式反輻射飛彈提供敘軍雷達的頻率等數據。³⁹

(二)縝密的電子戰戰術運用

以色列空襲敘軍飛彈陣地時，空襲機群分為高、中、低三層進行攻擊：第一層高空是遠在地中海上空的 E-2C 預警機和波音 707 電子干擾飛機，E-2C 預警機作為空中 C³I 系統自始自終控制這場空戰，並與以軍 C³I 指管中心、地面雷達站、空中戰鬥機和無人偵察機不斷的聯繫，一旦發現敵機就立即把數據傳給戰鬥機，準確地引導戰鬥機到最佳的攻擊航線和角度；波音 707 電子干擾飛機用於擔負遠距離偵察和支援干擾任務。機上裝有雷達、通信和光電偵察裝備，S 和 C 頻段兩部雷達干擾機以及高頻和超高頻通信干擾機等，這些電子設備能夠對 20 種雷達和通信設備進行截獲、分析、定位並實施有源和無源干擾，⁴⁰破壞敘軍火控雷達、地對空指揮通信，使敘軍飛彈無法發射，並使空中戰機與地面之間的無線電通信中斷，得不到地面有關航線和攻擊的指令。第二層中空是擔任空中掩護的 F-15 戰鬥機編隊，利用其先進的機載雷達和電子設備，填補 E-2C 預警機因地形起伏而造成的雷達和指揮的盲區。第三層是 F-16 和 F-4 戰鬥攻擊機群，他們在 E-2C 預警機和

³⁸ 滕昕雲，〈貝卡山谷之役-重創敘軍防空武力〉，《青年日報》，2020/11/15，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1286874&type=forum>〉，(檢索日期：2021/11/4)。

³⁹ 同註 2。

⁴⁰ 同註 2。

波音 707 電子干擾飛機的干擾制壓下發射百舌鳥及標準反輻射飛彈、AGM-65 小牛雷射導引炸彈、集束炸彈等徹底摧毀敘軍的防空陣地。⁴¹

(三)運用多種自衛電子戰手段

為了確保任務機自身的安全，以色列所有的戰鬥機都攜帶了能對付 SA-6 及 SA-7 等雷達和紅外線導引飛彈的自衛式電子戰系統，提供飛行員預警信號，並自動引導電子干擾機，對航線上的各種飛彈、火炮威脅實施制壓性和欺騙性干擾，確保任務編隊能夠安全突破防線。⁴²

以色列在敘利亞上空展現電子戰完美的搭配運用，包含偵察、管制、干擾及摧毀任務的完美配合，可認為是綜合應用各種電子戰手段的經典戰役，特別是以色列運用情監偵，搭配電子干擾與運用反輻射飛彈摧毀敘軍引以為傲的防空系統。⁴³；這場戰役中運用反輻射飛彈作為摧毀敘軍防空系統的主力，同時強調此戰役中，掌握情資與即時戰況，正是以色列取得勝利的關鍵所在。

三、美利衝突

1986 年 3 月美國對利比亞實施的草原烈火行動，其中也是綜合運用多種電子戰手段，使利比亞雷達看不到、指揮失靈、飛彈失控，在整個衝突中，利比亞的防空飛彈火控雷達更換了 5 種頻率均被 EA-6B 截獲，並將截獲到的火控雷達信號的頻率等參數即時傳送給預警機，並即時傳遞該信號給當時攜掛 AGM-88A 的 A-6 及 A-7 攻擊機，以有效攻擊利比亞的防空雷達系統，為美軍攻擊機群開闢了安全的空中走廊，並取得了最後的勝利。⁴⁴

美利衝突是一場電子戰貫穿全程的戰役，除了電子戰支援外，同樣運用了反輻射飛彈做為硬殺的武器，使利比亞喪失防空，此戰役始終在於電子技術的較量，沒有制電磁權能力就沒有制空權，沒有制空權就會失去制海權，這就是現代戰爭常規。

上述戰役乃探討反輻射飛彈於戰爭中的運用對防空系統的威脅程度，就戰爭的影響層面可明顯看出，倘若無防空作為，將肇致無比大的代價；反輻射武器的運用可說從越南戰爭開始，隨科技發展運用在不同的戰爭當中，如 1991 年波灣戰爭至現代雙亞戰爭，

⁴¹ 黃恭婉，〈先進防空武器及運用〉，《先進武器戰術大剖析 1》，（臺北：茱莉出版事業公司，1995）。頁 80-82。

⁴² 侯印鳴，《綜合電子戰-現代戰爭的殺手鐮》，（北京：國防工業出版社，2000）。

⁴³ 滕昕雲，〈貝卡山谷之役-重創敘軍防空武力〉，《青年日報》，2020/11/15，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1286874&type=forum>〉，（檢索日期：2021/11/4）。

⁴⁴ 抄書性質的戰史研究，〈進擊的鋼鐵長城 - 1986 年草原烈火行動淺談〉，《VOCUS》，2021/9/13，〈<https://vocus.cc/article/613ebe32fd8978000145865a>〉，（檢索日期：2021/12/18）。

從反輻射飛彈發展到反輻射無人機，然而戰爭絕對不會僅靠使用單一武器就可獲得勝利，必須透過情報蒐集、偵搜及綜合電子戰運用等諸般手段，對敵實施有效攻擊，方能獲得有利態勢；現代戰爭已離不開電子戰的範疇，然反輻射飛彈不過是電子戰攻擊中硬殺手段的其中一項，就像是上述的許多戰役是透過綜合的電子戰手段來進行攻擊，是連貫性與整體性的武器運用，我們必須瞭解實際作戰環境並藉透過戰史的例證，明白防空部隊的威脅與重要性，方能隨時代進步與武器科技的提升，提出更有效的防禦作為，供我防空部隊參考運用。

伍、國外反制反輻射飛彈之作為

根據文獻蒐集，國外的反制反輻射飛彈之作為可概區分為兩種模式，分別為主動與被動，分述如後：

一、主動模式

透過搜索雷達或是火控雷達針對反輻射飛彈主動攔截摧毀，以降低或削弱反輻射飛彈對雷達的損害。例如：藉由愛國者的相位陣列雷達鎖定目標對其實施遠程攔截，中程攔截由鷹式飛彈對其實施截擊，最後一道防線則由方陣快砲實施攔截摧毀。⁴⁵

二、被動模式

可分為預警系統（ARM Alarming System）、干擾（Jamming System）、機動（motivation）及誘標（Bait system）：⁴⁶

（一）預警系統（ARM Alarming System）

藉由不同國家的預警雷達進行截收所提供或是透過美軍 AN/TPS-43E 預警雷達提前警示，以利火控雷達可迅速關機或是準備藉由其他反制作為實施應對。⁴⁷

（二）干擾（Jamming System）

藉由相關的干擾技術，來干擾反輻射飛彈的搜索導引頭及引信，來造成反輻射飛彈偏離目標或是引信提前引爆；此技術通常與預警系統技術同時使用，以達到最佳防禦效果。⁴⁸

（三）機動（motivation）

⁴⁵ Lian Weijie, "Discussion of radar anti-anti radiation missile technology-alarming plus decoy system," China Astronautics and Missilert Abstracts, Vol.3, No.1, July 1995, pp.18-26.

⁴⁶ Stanisław Czeszejko, "Anti-Radiation Missiles vs. Radars," International Journal of Electronics and Telecommunications, Vol. 59, No. 3, September 2013, PP. 285-291.。

⁴⁷ Stanisław Czeszejko, "Anti-Radiation Missiles vs. Radars," International Journal of Electronics and Telecommunications, Vol. 59, No. 3, September 2013, PP. 285-291.

⁴⁸ 郭芳源，〈反輻射飛彈及其反制方法〉，《新新雙月刊》，第21卷第4期，1993/7，頁89。

對雷達裝備增強裝甲能力，並提升其機動性能，透過早期預警系統警示，當收到警示時立即撤收雷達裝備，脫離部署陣地，藉以防禦反輻射飛彈之攻擊(如圖 4)⁴⁹。

(四)誘餌 (Bait system)

包含雷達誘標及紅外線誘標，放列於導引雷達周邊，透過雷達誘標所發出與雷達相同的頻率與波長，藉由峰值的概念，誘導反輻射飛彈偏離正確目標；相關文獻亦探討藉由使用隨機的相位和幅度重疊傳輸信號不斷變化，來對反輻射飛彈產生白噪聲，從而增加跟蹤誤差或失去跟蹤能力。分離誘標的傳輸系統具有相同的功率、頻率和 PRF 相同但相位不同的代碼和幅度變化迅速，使反輻射飛彈無法鎖定輻射源，同時搭配誘標放列最佳的位置，以使反輻射飛彈錯失目標來降低損害。⁵⁰

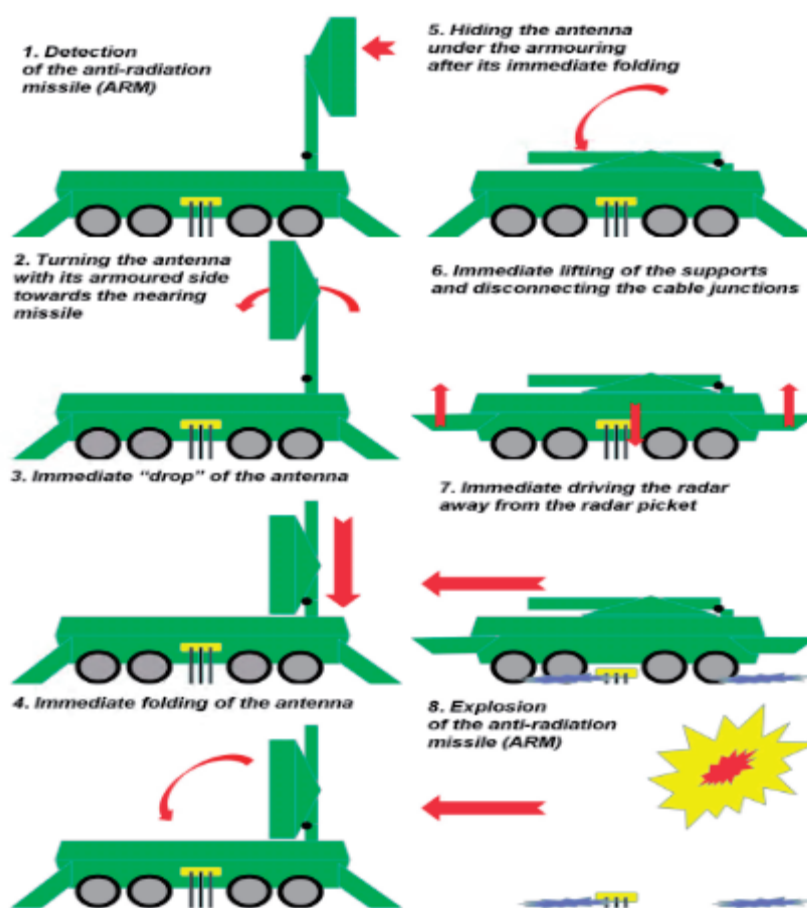


圖 4 機動雷達車威脅反應動作圖

資料來源：Anti-Radiation Missiles vs. Radars, Stanisław Czeszejko Published 1 September 2013

⁴⁹ Stanisław Czeszejko, "Anti-Radiation Missiles vs. Radars," International Journal of Electronics and Telecommunications, Vol. 59, No. 3, September 2013, PP. 285–291.

⁵⁰ Emadi, M., A. Jafargholi, M. H. S. Moghadam and F. Marvasti, "NEW ANTI-ARM TECHNIQUE BY USING RANDOM PHASE AND AMPLITUDE ACTIVE DECOYS," Progress In Electromagnetics Research, PIER 87, 2008, pp. 297–311.

陸、我防空飛彈部隊反制作為

本研究係以天弓三型及愛國者防空飛彈部隊為例，探討我防空飛彈部隊現行針對反輻射飛彈之反制作為，分述如後：

一、天弓三型飛彈部隊

天弓三型飛彈部隊現行針對反輻射飛彈威脅之反制作為可區分為兩種模式，分別為主動防禦與被動防禦：

(一)主動防禦

天弓三型防空飛彈具備偵測、追擊接戰各型目標；當目標藉由相列陣位雷達送入之目標資料，透過選擇接戰功能，即可接戰目標，該系統具備可自動辨識各威脅目標之功能，故可針對反輻射飛彈進行主動攔截；⁵¹其系統目標偵測屬全自動，若遭遇反輻射飛彈威脅時，可透過威脅告警系統，藉由手動、自動等方式對威脅目標實施接戰。⁵²

(二)被動防禦

乃利用雷達誘標車進行被動式防禦，該部隊部署方式可區分為集中與分散部署，主要部署裝備包含戰術中心車、相列雷達車、雷達誘標車等；戰術中心車可提供雷達誘標車裝備同步輻射所需之信號，且具備電子反反制功能。⁵³雷達誘標車用於誘離敵方之反輻射飛彈，使之偏航以保護相列雷達不致受到直接攻擊；雷達誘標車具足夠之輻射強度，其有效輻射功率，足以涵蓋相列雷達之平均旁波強度，具與相列雷達相同之多頻道及相同之多種波形特徵，可佈署雷達誘標車至適當位置，形成輻射整合源以混淆敵方反輻射飛彈之歸向角度，導致反輻射飛彈偏離，進而達到目標防禦之效果(如圖 5)。⁵⁴

⁵¹ 吳明杰，〈不靠 F-35 戰機！漢光兵推 天弓三型飛彈接戰 精準擊落犯台共機〉，《YAHOO 新聞》，2017/5/15。
<<https://tw.news.yahoo.com/%E4%B8%8D%E9%9D%A0f-35%E6%88%B0%E6%A9%9F-%E6%BC%A2%E5%85%89%E5%85%B5%E6%8E%A8-%E5%A4%A9%E5%BC%93%E4%B8%89%E5%9E%8B%E9%A3%9B%E5%BD%88%E6%8E%A5%E6%88%B0-%E7%B2%BE%E6%BA%96%E6%93%8A%E8%90%BD%E7%8A%AF%E5%8F%B0%E5%85%B1%E6%A9%9F-004620536.html>>，(檢索日期：2022/4/14)。

⁵² 國家中山科學研究院，〈天弓三型飛彈〉，2022/3/16<https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=11&catalog=28>，(檢索日期：2022/3/21)。

⁵³ 同註 58。

⁵⁴ 莊鎧毓，〈「犧牲打神器」 誘標雷達車現台北街頭〉，《TVBS 新聞網》，2021/09/30<<https://news.tvbs.com.tw/politics/1596303>>，(檢索日期：2022/3/21)。



圖 5 雷達誘標車作用圖

資料來源：本研究整理

雷達誘標的概念是運用反輻射飛彈尋標器搜尋訊號源的原理，是比較雷達訊號的振幅、相位，經過計算之後去定位雷達的位置，在雷達附近部署雷達誘標，這個誘標所發出的訊號，會使得反輻射飛彈收到一個和真正雷達波加總的電磁訊號 (如圖 6)，這個訊號不是真正雷達波的訊號，若反輻射飛彈用這個訊號去計算雷達的位置，將得到一個錯誤的結果，導致錯失正確目標位置的結果。⁵⁵

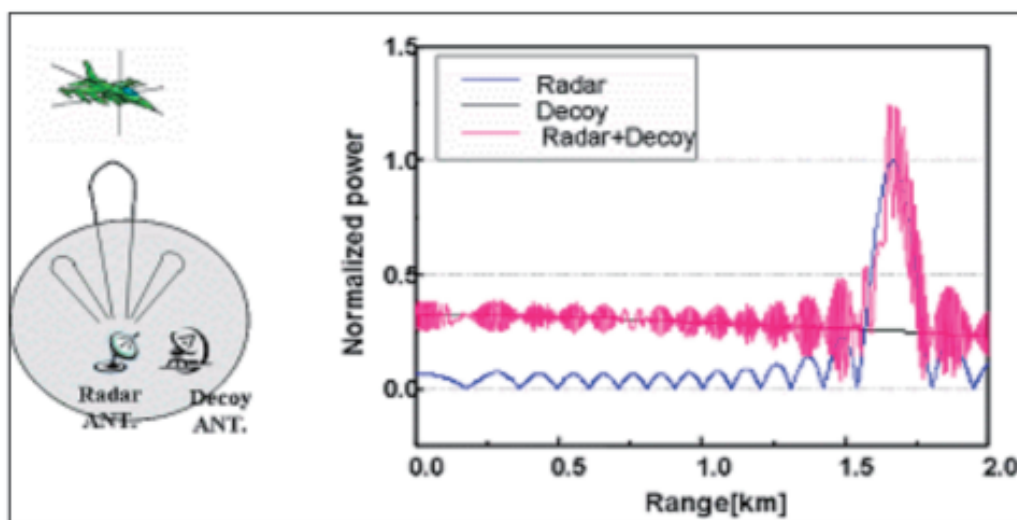


圖 6 ARM 末端所截收誘標信號與雷達主訊號的射頻

資料來源：A Method of Radar Protection from ARM with Active Decoys, Joong-Soo Lim, Gyoo-Soo Chae, Min-Nyun Kim Cheonan-City, Choongnam, Korea, Baeksoek University

⁵⁵ 郭芳源，〈反輻射飛彈及其反制方法〉，《新新雙月刊》，第 21 卷第 4 期，1993/7。頁 89。

二、愛國者飛彈部隊

愛國者飛彈部隊現行反制反輻射飛彈之作為，依公情資料，主要是以飛彈主動攔截，以直接擊殺方式摧毀，避免消極、被動反制作為；當發現反輻射飛彈或載具警示時，藉由開啟追蹤目標模式，同時開啟跳頻等模式，並更改接戰模式為自動後，自動攔截反輻射飛彈的威脅。⁵⁶

愛國者飛彈最主要的導引方式叫做 TVM(Track Via Missile)，顧名思義就是透過飛彈來進行目標的追蹤，屬於半主動導引方式(如圖 7)。一旦相位陣列雷達偵測到目標，便會以雷達波照射該目標，並計算出目標位置，然後導引飛彈飛向目標。飛彈首先根據程式導引飛向目標，然後經由雷達傳送修正信號給飛彈，使之能夠依照攔截目標的路線飛行。當飛彈接受到目標反射回來的電波時，會將其轉成目標資訊傳送到地面控制站。地面控制站收到訊號後，透過射擊管制電腦計算，計算出修正值，再將這個修正資訊傳送給飛彈以修正飛行路線，以有效攔截反輻射飛彈或戰術導彈。⁵⁷

⁵⁶ 黃恭婉，〈先進防空武器及運用〉，《先進武器戰術大剖析 1》，(臺北：茱莉出版事業公司，1995)，頁 80-82。

⁵⁷ 同註 56。

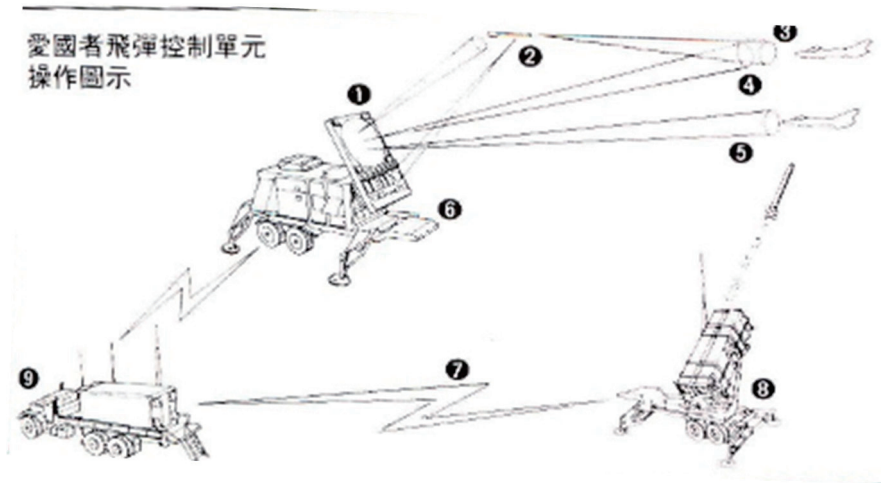


圖 7 愛國者飛彈控制單元操作圖

資料來源：軍事家特輯(先進武器戰術大剖析 1)

- 1：飛彈追蹤以及飛行指令通信鏈。
- 2：飛彈傳回報告通信鏈。
- 3：TVM 追蹤。
- 4：目標追蹤以及 TVM 照射。
- 5：搜索以及發現目標。
- 6：搜索、發現目標、敵我識別、追蹤、電波照射與飛彈通信。
- 7：發射機的指向、飛彈發射前各種數據資料輸入、發射信號。
- 8：飛彈發射。
- 9：目標追蹤、發射警告、TVM 的導引等。

柒、未來精進作為

雷達是現代戰爭的耳目，無論是空中、海上或是陸地上的目標，都必須依賴雷達偵蒐及預警，從 1965 年越戰、1982 年以敘貝卡山谷之役、1991 年波灣戰爭、1999 年科索沃戰爭及 2003 年第二次波灣戰爭，皆可看到攻擊機群在作戰之初，必先運用反輻射飛彈破壞敵方雷達偵測系統，癱瘓其防空火力，進而深入敵境發動作戰攻勢。可見防空系統在戰爭中扮演相當重要的關鍵因素，特別是防空部隊的搜索及火控雷達，沒有雷達的輔助該系統就無法發揮戰力，敵人就可輕而易舉的登門踏戶；藉由歷史戰役的研究，明白反輻射武器在戰場上的威脅，甚至攸關戰爭的勝負，故本研究透過瞭解國外的反制反輻射飛彈的作法，反觀我國之應對方法，進而研擬出最佳的防禦作為，精進作為建議如後：

一、具備戰區飛彈防禦的概念

國外相關文獻提及其防禦作為具備多層攔截的概念(如圖 8)，透過遠、中及近程飛彈攔截網，搭配飛彈雷達預警，採主動防禦方式，即時對反輻射飛彈甚至戰術導彈等目標實施攔截；⁵⁸我防空部隊應建立目標轉交機制，當遠程防空火力無法負荷接戰目標時，必須交由中程防空火力接替攔截任務，若仍突穿則可運用近程防空火力，如 35 快砲、20 機砲甚至是方陣快砲實施攔截，惟應考量雷達性能及目標傳遞能力，是否能夠鎖定超音速之反輻射飛彈並迅速轉移至其他防空部隊接戰，最後配合誘標雷達或是干擾裝備實施防禦，以降低遭反輻射飛彈之損害。



圖 8 美國戰區飛彈防禦示意圖

資料來源：美國戰區飛彈防禦綱要

二、發展高功率微波武器

高功率微波定向發射武器可發射千兆瓦級脈衝功率的微波射束能量，以接近光波的速度直接照射目標，可燒毀飛彈導引裝備等電子元件，使其造成永久性的損傷而失效。高功率微波源是利用把電子束的動能轉變成輻射電磁能；⁵⁹透過將高功率電磁能聚焦方式，使微波能量集中，以此高能量照射目標，藉此破壞或擾亂其電子訊號或裝備，使其不能正常工作，從而降低反輻射武器的作戰效能。⁶⁰若微波輻射能量很強且能集束高度集

⁵⁸ 曾祥穎，1993。《美國戰區飛彈防禦綱要》。國防部。

⁵⁹ 同註 2。

⁶⁰ 陳奇雄，〈反輻射飛彈能夠摧毀高功率（射頻）微波武器嗎？〉，《MP 頭條》，2017/1/26，〈<https://min>。

中，可瞬間引爆飛彈彈頭或燃料段，破壞整個武器系統，若能發展此類防禦武器，將能大大提升防空雷達的戰場存活率。⁶¹

三、加強愛國者飛彈部隊防護能力

依據目前公開資料蒐集，我國愛國者飛彈部隊目前除前所述的防禦功能外，未建置被動式雷達誘標等相關防護裝備，僅靠本身防空系統的攔截能力進行防禦，若遭遇敵對其實施飽和攻擊或是彈藥填裝過程，將造成防護罅隙，使敵有機可乘；有鑒於愛國者屬美式裝備，相關資料屬於機敏性，關鍵振幅、相位及變頻技術未能透露，無法與中科院所研發之被動式防禦裝備共同運作，其提升防護力的作法有二：

(一)強化周邊防禦能力

加強愛國者防空部隊周邊防護的兵力，如於防空雷達陣地建置方陣快砲系統或調整35快砲部隊至愛國者部隊相關有利戰術陣地，既可共同執行防空任務，亦可協助防護愛國者防空雷達陣地，適時運用天兵雷達搭配AHEAD彈執行攔截反輻射飛彈之威脅，⁶²降低反輻射飛彈之危害並有效提升防禦能力。

(二)增加被動防禦裝備

美軍愛國者防空部隊針對反輻射飛彈威脅，除主動攔截防禦外，亦具備相關被動防禦之裝備，包含誘標技術及干擾技術等能力，⁶³惟我國尚未配備此類被動式防禦裝備，可藉由裝備提升案時，適時提出購買需求，以強化整體防禦能力，若能購置相關裝備與技術必能強化愛國者飛彈部隊本身的防禦效能。

四、強化雷達機動及裝甲強度

防空飛彈部隊主要任務為攔截戰術彈道飛彈、巡弋飛彈及戰機等目標，係屬於主動防禦作為，若當該陣地飛彈用罄，卻無足夠時間重新裝填或是接獲命令必須緊急轉移時，則必須採取被動式防禦作為，可參考前述之國外作法，透過雷達預警系統，當截獲反輻射飛彈訊號時，立即撤收雷達裝備，將雷達天線保護於抗炸裝甲內，迅速離開部署之戰術陣地，期能降低反輻射飛彈之攻擊危害，故建議強化雷達裝備之裝甲強度，增加抗炸能力，減低遭敵攻擊損害，並參考國外概念，構改雷達收放方式，減少撤收放列的

news/zh-tw/military/5484912b8c4e0ace39ce49e56f2a7eaf.html>，(檢索日期：2021/10/23)。

⁶¹ 同註2。

⁶² 陳永全，〈中共反輻射飛彈發展與反制作為之研究－以三五快砲部隊為例〉，《國防雜誌》，第20卷第8期，2005/8，頁69-75。

⁶³ OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE, 2019 MISSILE DEFENSE REVIEW (U.S. Department of Defense, 2019), pp.32-34.

時間，提升雷達機動能力，於必要時可迅速轉移陣地，⁶⁴俾利持續發揚防空戰力。

捌、結論與建議

透過本研究資料的收集與撰擬，發現許多與「中共反輻射飛彈與我反制作為」相關的議題與文獻資料都在 2005 年之前發表，許多當時候提出的防禦構想與概念，現今仍有部分受到技術發展的限制，但部分已實現在實際運用當中，然反輻射武器的攻防概念就像是矛與盾，有了新式的攻擊方式，就會研究發展出其對應之道，現今的反輻射飛彈已發展至第三代，⁶⁵主要技術可分為飛彈的射程、彈頭的威力、搜索導引頭的工作頻段及飛彈導引的方式等，都是未來開發出第四代或是第五代反輻射飛彈的重要因素，但隨著時代與科技的演進，武器與日俱新，反輻射飛彈起始設計的概念已被廣泛運用，除了空對地的反輻射飛彈外，亦發展出地對空、空對空及反輻射無人機等，對具備雷達輻射源之目標具有極大之威脅，當然防空飛彈部隊所放列之相位雷達陣地也不例外。

根據中共現行的反輻射飛彈之能力與我防空部隊的反制作為，經過研究探討，考量現代戰爭都是重視多維戰場與聯合作戰，並非僅僅受單一武器威脅而已，故對我方而言，要能避開此威脅，必須採主動式防禦，掌握敵情，妥適派遣我機驅離進犯敵機，主動接戰目標，使敵攻擊困難，就研究所獲得的資料分析，中共反輻射飛彈對我最具威脅的射程約 150 公里，然我軍防空飛彈射程可達 200 公里，需要擔心的是敵可能採取電子戰手段，壓制我軍雷達偵蒐距離，取得發射反輻射飛彈的先機，因此必須透過聯合防禦的概念，掌握敵情，綿密協調與雷達預警，針對進襲目標與飛彈威脅，採多層次攔截打擊，方能有效達到反制反輻射飛彈的目的。

建議我軍防空飛彈部隊，可透過十年建軍構想之各項建軍備戰及研發需求，參考本研究所提出之精進反制作為，研發新式反制反輻射飛彈系統裝備，並藉由武器裝備提升案，購入所欠缺之被動式防禦裝備，以強化防空飛彈部隊整體反輻射飛彈之防禦能力，期能避免出現防禦罅隙，俾利發揮整體防空作戰效能，確保戰力不墜。

⁶⁴ Stanisław Czeszejko, "Anti-Radiation Missiles vs. Radars," *International Journal of Electronics and Telecommunications*, Vol. 59, No. 3, September 2013, PP. 285–291.

⁶⁵ Lian Weijie, "Discussion of radar anti-anti radiation missile technology-alarming plus decoy system," *China Astronautics and Missilert Abstracts*, Vol.3, No.1, July 1995, pp.18-26

第一作者介紹

單位：國防大學空軍指參學院
職務：少校學員
姓名：魯哲辰
學歷：空軍官校飛行常備軍官班100年班
空軍作參班106年班
經歷：飛行官、情報官、裁判官
研究領域：作戰支援



第二作者介紹

單位：國防大學空軍指參學院
職務：中校教官
姓名：陳則佑
學歷：空軍航校指職軍官89年班
國防大學空軍指揮參謀學院106年班
經歷：攔管官、攔管長、武選長
研究領域：資電作戰



共軍航艦發展對我空軍威脅

The development of the Chinese military aircraft threatens our air force

何修竹 (Hsiu-Chu ,Ho)

國防大學空軍指揮參謀學院中校教官

高基榮 (Chi-Jung ,Kao)

空軍第四聯隊第 22 作戰隊少校作參官

摘要

依國軍「防衛固守、重層嚇阻」的軍事戰略指導及「戰力保存、整體防空、聯合制海、聯合國土防衛」之作戰進程，我空軍任務貫穿全程，從起始戰力防護所執行的戰備轉場、整體防空及聯合制海，到聯合國土防衛，我空軍都扮演相當重要的角色，而面對現況共軍軍機不斷跨越臺海中線，對我西線預警縱深及反應時間壓縮，我們更應極力探討共軍航空母艦(Aircraft Carrier)未來發展，並部署於東部海域時臺灣將面臨何種困境。

而如今共軍積極發展航空母艦（後續簡稱：航艦），打破舊有敵我憑藉臺灣海峽對峙的模擬戰場圖像，航艦的機動性可靈活部署於臺灣周遭海域，使原本的西部威脅源轉換為全島四面八方皆為艦載機攻擊軸向，航艦更化身為移動式的空軍基地，為艦載機執行整補作業，並暗藏奇襲的能量。藉此研究探討其艦載機之作戰能力，並配合其航艦各項負載、彈射能力，與美軍現役航艦比較並分析出目前艦載機戰力對我空軍威脅程度區分，目的使我軍人員了解未來的防空威脅，作為訓練方向及建軍備戰之參考。

關鍵詞：共軍航艦、藍水海軍、艦載機、A2AD、聯合截擊

Abstract

According to the military strategic guidance of the National Army of "defense and deterrence" and the combat process of "combat strength preservation, overall air defense, joint sea control, and united land defense", the mission of our Air Force runs through the whole process, from the initial combat strength protection to execution. Combat readiness transition, overall air defense and joint sea control, to the United Nations homeland defense, our air force plays a very important role, and in the face of the current situation, the Chinese military planes continue to cross the middle line of the Taiwan Strait, and the depth of early warning and response time for our western line is shortened. The dilemma Taiwan will face when it develops and deploys its aircraft carrier in the eastern seas should be vigorously discussed.

Today, the Chinese Army is actively developing aircraft carriers, breaking the old simulated battlefield images of confrontation between the enemy and the enemy through the Taiwan Strait. In order for the carrier-based aircraft to attack in all directions on the island, the aircraft is transformed into a mobile air base, performing repair operations for the carrier-based aircraft, and concealing the energy of surprise attacks. This study discusses the combat capability of its carrier-based aircraft, and in conjunction with its various loads and ejection capabilities, compares it with the US military's active ships and analyzes the current threat level of the carrier-based aircraft to our air force. The purpose is to make our military personnel understand the future air defense threats, as a reference for training directions and military preparations.

Keywords : Chinese aircraft carrier 、 blue water navy 、 carrier aircraft 、 A2AD 、 joint intercept

壹、前言

近代著名的航艦突襲事件就屬 1941 年「珍珠港事件」。二十一世紀前的國家戰爭型態，大多僅限於國與國之間地緣關係所造成的陸地上爭鬥，而艦載機的發展徹底打破此框架，除了可長途跨越高山等障礙，抵達預期的目標，更從傳統的海軍船艦發射的艦砲武器，延長其攻擊距離到達戰機所及之作戰半徑，並配合海軍拿下制海、制空權。

自 2013 年起，共軍第一艘航艦遼寧號開始交付海軍，¹緊接著仿製遼寧號的自製航艦山東號也於 2018 年 5 月試航，引起了世界各地情報及專業人員的關注。²對外界透漏的訊息是，遼寧號的服役是一種綜合國力的展現，甚至是擠身為世界大國的強權象徵，對於海上作戰範圍延伸及擴展已非以往可比擬，在戰略威脅、戰術打擊及政治操縱上都有更多手段可運用，搭配運用艦載機，將可以製造出更多戰術作為，若不研究其能力及未來發展，並擬定因應之道，將對我領空預警、防空部隊部署及防衛固守戰略發展將造成不利態勢。

鑒於共軍海軍現代化的快速發展，從第一艘航艦遼寧號的購入到第二艘自製航艦山東號，並於 2018 年底已著手建造第三艘航艦，³不難看出共軍積極打造一支具有現代化作戰能力的藍水海軍(Blue-water navy)，⁴然而想將航艦轉變為類似美國的航艦戰鬥群，基本上必須具備航、潛、護的聯合作戰力，而如今（2022 年）共軍對於潛艦及水面作戰船艦的數量發展已勝過美國海軍，⁵如傾力強化其航艦數量及作戰能力，勢必有更多的載台能搭載更多艦載機，其所延伸的作戰半徑視同延伸了威脅範圍，對我空軍作戰空域及有利空域位置防護將更為困難，除了面臨原有的東南沿海輪戰基地各型戰機外，航艦部署位置及艦載機動態，將對我防衛重心、屏障及作戰幅向造成改變，除了壓縮我東部預警縱深外，更有可能直接對我東部戰力保存之洞庫、機場造成制壓，形成我軍腹背受敵之態勢，希藉此研究，針對共軍航艦性能、艦載機能力及未來發展探討，以及對我空軍作戰造成威脅程度分析。

本研究將探討共軍海軍發展過程，並藉由官方發表的國防白皮書，研究海軍戰略的轉變，著重於艦載機數量、彈射能力、動力，分析航艦性能及攻擊型艦載機能力，並與美軍

¹ 楊念祖，〈中共海軍「遼寧號」航艦巡航臺海周邊的意義〉，《展望與探索》，第 15 卷第 2 期（2017 年 2 月），頁 12。

² 馬煥棟，〈析論中共航艦發展之影響與作戰能力限制〉，《海軍學術雙月刊》，第 55 卷第 4 期（2021 年 8 月），頁 86-99。

³ 高崇傑；曾陳祥，〈面對中共航艦戰鬥群發展論海軍因應作為〉，《海軍學術雙月刊》，第 53 卷第 5 期（2019 年 10 月），頁 75-90。

⁴ 將僅具備近岸防禦能力的海軍，國際上稱為「黃水」海軍，把具備近海巡弋能力的海軍稱為「綠水」海軍，而把具有遠洋作戰能力的海軍稱為「藍水」海軍。王信力，〈中共海軍發展航艦之探討〉，《展望與探索》，第 8 卷第 6 期，2010 年 6 月，頁 53。

⁵ 陳亮智，〈評析美國國會近期有關中國海軍發展報告〉，《國防安全雙週報》，2020 年 5 月 21 日，頁 6。

最新型福特號航艦相較其戰力，了解目前作戰能力與美軍差異，評估其戰力對我空軍的影響，再分析未來發展及運用方式，最後由上述內容分析對我軍威脅程度、影響層面及建議作為。

貳、共軍海軍發展之演進

一、共軍海軍崛起

航艦的發展對於一個國家將會賦予全新的定義：「國家利益的維護及一個崛起中大國象徵」。中國大陸利用其成熟的反向科技，向烏克蘭購買航艦後進行逆向工程的研究，⁶並從中獲取知識後發展屬於海軍的航艦，相關的發展計畫及研究正刻不容緩的進行中，而航艦的發展就是一個國家延伸其領土及海上霸權的重要工具，以中國大陸國土的地理位置而言，海岸線連綿千里，如要延伸其海上控制範圍及權力，航艦的發展及巡航距離將會是其關鍵。一個強大且可以巡弋遠離母港水域的航艦戰鬥群(CVBG：Carrier Battle Group)，需要的不只是一艘航艦，而是要各式艦艇（核動力潛艦、驅逐艦、護衛艦、掃雷艦及補給艦）、各式艦載機（戰轟機、預警機）的組合並編隊航行，⁷而共軍海軍是如何崛起，整個建軍發展的戰略思維將會是其重要關鍵。

然而最初中國大陸的航艦發展並不是透過自身開發，而是在 1988 年時向烏克蘭購買「瓦良格號」庫茲涅佐夫級的航艦，利用建造海上娛樂中心、賭場的名義購入，開啟了共軍的航艦發展史，使海軍進入了全新的領域。但是在俄羅斯對於軍事機密及裝備嚴格輸出管制下，導致共軍在對於航艦的技術一直無法藉由逆向工程加以仿製，核子動力的技術方面一直無法突破，導致共軍只好轉變技術仿製對象，轉向放棄向俄羅斯學習，而向現今世界海上霸權美國學習技術，期能突破其瓶頸。

(一)「近岸防禦」階段（1949年-1970年代末期）

1949年初期，中國大陸領導人毛澤東指出：「我們應當爭取組成一支能夠使用的空軍及一支保衛沿海沿江的海軍。」⁸在此政策下，在1950年5月於北京成立「海軍領導機關」負責海軍的建設，藉此利用專責機關來負責並建設海軍，自1955年至1960年間，相繼組建了南海、東海和北海艦隊，⁹將中國大陸東面所面臨的海洋，分成了三個區塊，初步訂定了戰

⁶ 李亞明，〈從中共「遼寧號」服役探討其海軍發展戰略意涵〉，《安全治理學刊》，第1期，2020年7月，頁87-89。

⁷ 蔡裕明，〈透析中共發展航艦的戰略意圖與威脅〉，《青年日報》，2006年6月18日，第3版。

⁸ 李松林，祝志男著，〈中共和平解決台灣問題的歷史考察〉（北京：九州出版社，2012年5月1日），頁117。

⁹ 謝游麟，〈中共海軍戰略轉型之意涵與影響〉，《海軍學術雙月刊》，第51卷第3期，2017年7月，頁35。

略防禦部署。而共軍海軍初始建立憑藉於蘇聯的援助與指導。初期的兵力及戰略構想是針對臺灣威脅所設計，以輕快的兵力為主，適合沿海作戰的小型巡邏艇、潛艦部隊及魚雷快艇部隊搭配陸軍部隊實施反登陸作戰，作戰範圍在海岸線40浬以內，¹⁰這些小型的艦艇排水量大約在100噸左右，以小機群、小編隊，打擊分散迫使敵軍分散，削弱敵軍火力。

在「近岸防禦」階段海軍發展成果，主要受到1960年代期間，中國大陸國家戰略發生變化，將國家戰略重心置於國土西部和北部的陸地區域，當時共軍海軍所能獲得的資源及預算相較降低；加上1966至1976年間的「文化大革命」加大阻擾共軍海軍，其海軍計畫發展飛彈及潛艦等現代化進程皆受到波及。在其現代化作為受限情況下，整體海軍戰力均不足以在近海行使制海權，而此時海軍巡防艦與大型驅逐艦正在建造，這些船艦雖然有能力航行至領海邊緣執行作戰，但由於缺乏防空飛彈及飛機掩護下，因此共軍在「近岸防禦」階段維持了將近30年之久。¹¹

(二)「近海防禦」階段（1980年代初期-2013年）

1980年代以後，總體國際局勢趨緩，時任中國大陸領導人鄧小平推動「改革開放」政策，經濟重心由內陸轉移至沿海，因應沿海經濟活動的大幅增加，對於海上資源的輸入需求日益增加。¹²1982年時任共軍海軍司令員劉華清主張海軍現代化，故提出了由「近岸防禦」轉變為「近海防禦」，將其海上兵力發展轉變為爭取制海權、海域管制、兵力投射與戰略嚇阻，¹³將海岸線40浬以內的「近岸」轉變為第一島鏈內的「近海」，作戰範圍延伸至300海浬。¹⁴

而此時共軍逐漸擺脫蘇聯的艦艇發展方式，在新一代的導彈驅逐艦上開始使用西方的指管系統及設備，此時共軍積極發展海軍的現代化，發展的進度已經遠遠超過其陸軍及空軍的建設。¹⁵

海軍原本的任務，本是協同陸軍及空軍進行防禦及反侵略戰爭，保障自身領土完整，而在此階段海軍逐漸走向近海乃至於遠海。並將其戰略轉變由「維護領土完整和國家統一」進而到「維護海洋權益、延伸其作戰範圍」，對應海上可能發生的局部戰爭，並遏止和預防

¹⁰ 范進發，〈解析中國海軍三大發展階段：航艦核潛打造藍水海軍〉，《人民網》，2014年8月12日，〈<http://big5.huaxia.com/zt/js/2004-74/hjxgpl/4023222.htm>〉(檢索日期：2022年2月2日)。

¹¹ 黃麟添，〈中共航母戰力在海權上之運用及影響〉，《海軍學術雙月刊》，第51卷第2期，2017年4月，頁96-113。

¹² 謝游麟，前揭文，頁36。

¹³ 廖文中，〈中共軍事論文集〉（臺北：中共研究雜誌社，2001年1月），頁95。

¹⁴ 劉華清，〈劉華清回憶錄〉（北京：解放軍出版社，2004年8月），頁437-439。

¹⁵ 陳育正，〈中國大陸海軍軍事現代化對亞太安全的威脅〉，《展望與探索》，第14卷第5期，2016年5月，頁68-70。

來自海上的侵略。¹⁶

(三)從「近海防禦」向「近海防禦與遠海護衛結合」(2013年後)

在2012年舉行的中國共產黨第十八次全國代表大會上，時任國家主席胡錦濤提出，要將中國大陸建設成為能夠維護國家海洋權益的「海洋強國」，推行海軍現代化建設不遺餘力。¹⁷

2015年《中國的軍事戰略》白皮書裡透露，其海軍將由「近海防禦」向「近海防禦與遠海護衛結合」轉型，意味著共軍海軍實現其建立「遠洋海軍」的目標。¹⁸

自2016年起共軍海軍及空軍軍機不定期地繞行臺灣本島及穿越宮古海峽飛行、航行活動，除了驗證自身是否有能力突破第一島鏈並推向第二島鏈之外，還不斷的延長航程並持續加強其訓練頻率，加快發展以「航空母艦」為基礎的「遠洋海軍」。說明海軍是以發展航艦達成其海軍戰略轉型的目標，進而維護國家主權及利益。共軍海權戰略發展區分三階段計畫實現，2020年前，第一階段掌控東海、南海以及黃海等海域，逐步拓展到全部領海和經濟海域區；2030年前，第二階段逐步控制整個東亞的廣大海洋地區包括西太平洋和印度洋；2050年前後，第三個階段拓展到全球公海並成為全球性的海上強權。¹⁹共軍海軍逐步走向「大縱深、遠距離、全方位」的海洋能力之世界海軍強權邁進，為此新戰略，共軍需要更多新戰術、先進的軍艦和強而有力的航艦編隊群以擴大作戰縱深。為此海軍還需要發展更多的航空兵力以及護衛艦來強化航艦戰鬥群，以及發展更先進C⁴ISR和持續作戰能力以便在更複雜的海戰環境中生存。²⁰

二、海權思想下的共軍海洋戰略

馬漢的海權論主要概念集中在一個概念：交通。馬漢堅信一個海權國家必需具備巨大的經濟基礎及能力、強力且遠長程的海軍與分布廣的殖民地（或海外基地），海權的建立依賴海外基地和港口；中國大陸企圖掌控印度洋與南海之間的關鍵海上航線，唯一的辦法是藉由「一帶一路」(B&R: One Belt and One Road)建立一連串海軍港口及據點，²¹這也是中國大陸為什麼極力建造海外基地的主要原因，為了使艦隊能有中途可供補給的據點，也因

¹⁶ David Muller 著，李長浩譯，〈中共之海權〉（臺北：國防部史政編譯室），1988年10月，頁8-9。

¹⁷ 廖民生、劉洋，〈新中國成立以來國家海洋戰略的發展脈絡與理論演變初探〉，《太平洋學報》，第27卷第12期，2019年12月，頁91-92。

¹⁸ 中華人民共和國國務院新聞辦公室，〈軍事力量建設發展〉，《中國的軍事戰略》，2015年5月，頁14-15。

¹⁹ 曹少滋，〈中共意欲走向藍水 海洋戰略南轉〉，《青年日報》，2009年10月30日，第7版。

²⁰ 陳昭羽，〈日本海上自衛隊應對中共海軍威脅之研究-以潛艦發展戰略為例〉，《海軍學術雙月刊》，第53卷第6期，2019年12月，頁70。

²¹ 李永義，〈淺析中共「一帶一路」戰略意涵〉，《樹德科技大學學報》，第19卷第2期，2017年7月，頁77。

此引發了西方各界對「珍珠鏈」戰略的疑慮。共軍海軍近年加強艦隊的遠洋訓練，藉由參與維和行動執行「亞丁灣護航任務」，²²組織編配護航艦隊強化訓練，並藉航經南海進入印度洋活動，彰顯中國大陸積極往海洋發展的企圖心。²³

馬漢的「海軍戰略論」第五章裡提到，船艦離開本土時應取得「永久位置」，永久位置意指「作戰基地」，而最佳作戰基地的選擇就是島嶼。但是長久以來，中國大陸對於島嶼的經營一直未重視，直到「一帶一路」的政策。²⁴

習近平推動海軍須於2025年實現戰略轉型，加快建設海洋強國、「一帶一路」建設，²⁵因此北京在2013年開始推動「一帶一路」建設，企圖在南海、南太平洋及印度洋建立了海軍的軍事基地，未來更有可能配合航艦的巡弋執行補給。航艦的巡弋在區域內代表強權及象徵捍衛主權，可展現在經濟、能源、軍事等方面，確保能源運輸的安全無虞，對中國大陸的經濟發展是必要的，然而良好的經濟發展能夠支撐海軍所需的經費。況且在日益複雜的東海與南海爭議上，強大的航艦戰鬥群對領海主權的捍衛，甚至是對抗美國的圍堵，更為有利。

國家與國家的相對關係就是外交，而行使外交的方式必須藉由國與國的接觸，海上的關係就是一種軍事外交上的接觸，而為了在外交上取得國家的最大利益，最好的方式就是武力的延伸，而海上軍事外交的武力延伸最好的代表就是航艦戰鬥群，可以使自身成為區域內的強權，擁有移動性的領土及武力，達到區域內的威懾效果以及外交上的最大利益。

由此可知，一帶一路的發展也與海權主義的彰顯有相當大的關係，必須透過和軍事力量相互結合，以維護在整條經濟航線上的外交、軍事、經濟，共同維護所謂「國家安全與利益」。

三、共軍航艦發展現況

(一)遼寧號航空母艦（原瓦良格號）

遼寧號航艦的前身為前蘇聯海軍的庫茲涅佐夫元帥級航空母艦，1988年11月25日下水，於1990年改名為瓦良格號。蘇聯解體以後，後續無設備供應與財政撥款，在1992年1月中斷建造封存，處於未完工的狀態擱置。²⁶1998年澳門創律旅遊娛樂公司以私營名義購買了瓦

²² 王崑義，〈淺析美「中」當前海上安全戰略發展〉，《青年日報》，2009年3月3日，第7版。

²³ 李承禹，〈中共非戰爭軍事行動的具體概念與能力剖析〉，《復興崗學報》，第100期，2011年10月，頁80。

²⁴ 曹少滋，〈中共意欲走向藍水 海洋戰略南轉〉，《青年日報》，2009年10月30日，第7版。

²⁵ 謝奕旭，〈中共自製航艦海試及後續航艦發展觀察〉，《陸委會大陸與兩岸情勢簡報》，2018年6月，頁24。

²⁶ China Power Team，〈中國第一艘航艦遼寧號與其他國家的航艦相比，實力如何？〉，《China Power》，2018年4月，〈<https://chinapower.csis.org/aircraft-carrier/?lang=zh-hant>〉（檢索日期：2022年2月6日）。

良格號未完成的船體。



圖 1 被拖回至中國大陸途中的瓦良格號

資料來源：白虎堂，〈當初買回瓦良格號航艦，烏克蘭還幫了中國一件事〉，《每日頭條》，〈<https://kknews.cc/zh-tw/military/lr3r429.html>〉(檢索日期：2022 年 2 月 8 日)。

拖回中國期間歷經幾番波折，最終於2002年3月3日抵達大連港，船體於大連港擱置兩年後於2004年8月由中國大陸買下，²⁷隨後「瓦良格」由中船改建完成並交付共軍海軍。並在大連港進行了船體、雷達和電子系統等一系列的現代化改裝。於2012年9月，瓦良格號被塗以阿拉伯數字「16」的舷號，公布該艦命名為「遼寧艦」，²⁸交付共軍海軍。



圖 2 遼寧號

資料來源：盧伯華，〈美情報部門獲得多少中共首艘國產航艦機密？〉，《中時新聞網》，2018 年 6 月 28 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20180628003809-260417?chdtv>〉(檢索日期：2022 年 2 月 8 日)。

(二)山東號航空母艦

正式命名為「中國人民解放軍海軍山東艦」，舷號為「17」，該艦源自於共軍遼寧號航艦的改裝經驗後，透過逆向科技，自主設計、發展、建造的一艘常規動力航空母艦，型號

²⁷ 郭添漢，〈中共航母發展與未來影響〉，《國防雜誌》，第 28 卷第 2 期，2013 年 2 月，頁 79。

²⁸ 張國城，〈從現實主義看中國航母的外交和軍事影響〉，《臺灣國際研究季刊》，第 9 卷第 3 期，2013 年秋季，頁 138。

為002型。該艦是共軍第一艘自製航艦，編列的第二艘航艦。²⁹

2019年12月17日，山東艦在海南某軍港交付海軍。從航艦艦橋設計來看，山東艦比遼寧艦更短、更小；飛行甲板和機庫也經過重新設計，容積和體積比遼寧艦更大。因此，山東艦停放艦載機數量比遼寧艦多，每波次艦載機的出動頻率也會有所提高。³⁰



圖3 山東號

資料來源：江飛宇，美國分析師：〈山東號比俄國航艦更優〉，《中時新聞網》，2019年12月23日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20191223004371-260417?chdtv>〉(檢索日期：2022年2月16日)。

對於兩艘航艦，美媒「國家利益」國防編輯於文中表示，「山東艦」只是中國「遼寧號」的翻版，³¹航艦的功能是要夠利用海軍的機動性，及艦上艦載機的作戰半徑，形成更遠的軍力投射，但以目前「山東艦」的配置，美國國防情報局(DIA)的中國軍事能力報告，內容提到說中國的航艦所使用的艦載機升空方式還是以滑躍起飛(Ski-Jump)主，此方式大大限制了戰機起飛時的油量限制以及所攜帶彈藥量。

而航艦的戰力要有所發揚，端看其艦上所有的艦載機數量及能力，而搭載的艦載機屬於雙發動機的重型戰機，如沒有相關彈射技術發展，將無法有效增加其艦上搭載量，因重型戰機在滑躍起飛模式所需要的甲板空間較高，無法縮減而增加其艦載量，以增加有生空中武力。

航艦數量目前遠不及維持單一區域的常態性訓練，如要維持單一局部區域的常態性部署航艦，至少需要3艘航艦來維持，以利在其中一艘整補、一艘保養維修、一艘還能常態性

²⁹ 馬煥棟、蔡雋庭，〈從中共遠海訓練探討核攻擊潛艦運用與未來發展〉，《海軍學術雙月刊》，第55卷第1期，2021年2月，頁71-73。

³⁰ 施孝瑋，〈山東號成軍，解放軍航艦戰力全年無休〉，《NOWnews 今日新聞》，2020年1月7日，〈<https://www.nownews.com/news/3866428>〉(檢索日期：2022年2月22日)。

³¹ 楊宏基，〈寫在中國大陸進入「雙航艦」時代之後〉，《New talk 新聞》，2020年10月3日，〈<https://newtalk.tw/news/view/2019-12-25/345397>〉(檢索日期：2022年2月23日)。

於海上巡行。³²因此，目前的遼寧號航艦主要是擔負起人員海上航行訓練，艦載機飛行員執行換裝訓練的任務，主要訓練位置為渤海及黃海，而山東號則以象徵性捍衛南海主權為表徵，在南海執行訓練。

(三)福建號航空母艦

命名為「中國人民解放軍海軍福建艦」，舷號為「18」，於2022年6月17日舉行下水儀式，排水量高達8萬多噸，並配備3具電磁彈射器，可稱為世界上第一艘配備電磁彈射的常規動力航艦。³³該艦源自於共軍山東號航艦的艦造後，自2016年2月開始規劃、設計及建造，採用平直的甲板，³⁴估計會引進新型固定翼艦載機；由艦體外觀評估大於山東號航艦，判斷可搭載更多數量的固定翼飛機及燃料，未來將配置燃料管線及電器裝備等調整，預估2~3年內會交付海軍。

據共軍海軍新聞發言人劉文勝大校說明，「統籌考慮維護國家主權、安全、發展利益需要，以及航空母艦運用特點、港口保障條件，科學選擇福建艦部署地點。」³⁵官方的公開說明沒太多參考價值，反觀遼寧號隸屬於北部戰區海軍、山東號隸屬南部戰區海軍，而推論福建號可能部署於東部戰區海軍。



圖 4 福建號

資料來源：同註33。

³² 王臻明，〈中國航艦 001A 油耗驚人 軍事專家：巡弋 4 天就要回港〉，《自由時報》，2019 年 6 月 6 日，〈<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/2814617>〉(檢索日期：2022 年 2 月 25 日)。

³³ 楊幼蘭，〈陸曝福建號航母主要任務 最快 2 年內交付海軍〉，《中時新聞網》，2022 年 6 月 18 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220618002245-260417?chdtv>〉(檢索日期：2022 年 6 月 24 日)。

³⁴ Franz-Stefan Gady, "China Kicks Off Construction of New Supercarrier", *thediplomat.com*, January 05, 2018, <https://thediplomat.com/2018/01/china-kicks-off-construction-of-new-supercarrier/>. Last Accessed on June 28, 2022.

³⁵ 趙熹，〈為何命名福建艦？福建艦將部署在哪裡？海軍回應〉，《新浪網》，2022 年 6 月 17 日，〈<https://news.sina.com.tw/article/20220617/42049372.html>〉(檢索日期：2022 年 6 月 18 日)。

參、共航艦綜合能力分析

一、作戰能力分析

福建號雖已完成下水儀式，但距離交付海軍、發揮戰力的時間預估要2-3年，因此本研究暫時以服役的航艦作為分析。山東號整體能力受到常規的動力系統和艦載機發射系統不足的限制，本研究針對共軍山東號航艦與美海軍最新服役的福特號航艦比較，藉此了解其戰力差距及未來可能發展，及目前戰力會對臺灣整體防衛作戰造成多大的影響。

(一)彈射起飛模式

山東號採取的是傳統滑跳起飛模式，而美軍的福特號所採用的是最先進的電磁彈射技術，滑跳起飛需藉由飛機本身發動機的推力，在短時間、短距離內推動飛機達到起飛速度，而彈射起飛是艦載機在彈射器的輔助下提高滑行速度，縮短起飛所需要滑行距離的起飛方式，使其短時間內達到離艦起飛速度。彈射起飛的綜合性能優於滑跳起飛，主要原因：滑跳起飛一般需要將航艦艦艏轉向逆風的航向，容易延誤戰機起飛；受到戰況影響大，滑跳甲板一旦遭到損傷，整個航艦失去投射的能力，況且滑跳起飛的重量受到限制，影響了戰機的航程和戰鬥能力。彈射起飛最大的好處就是可以在6-7級甚至更高的海況下將戰機起飛，而且可以同時起飛多架次。³⁶

而配備新型電磁彈射系統及降落阻攔制動裝置，能夠進行更加有效率的落地及起飛操作，並降低艦體耗損，大幅強化了航艦的艦載機起飛頻率，使戰力能夠銜接。因此，「福特級」航艦每日可供戰機起降220架次，比起「尼米茲級」航艦蒸氣彈射系統的160架，提升33%。³⁷增加的艦載機出勤率也代表投射能力的增加，也代表航艦整體戰力的擴張。³⁸而滑跳式起飛的山東號僅有一半不到，出擊率和單一時間點內的艦載機升空數量不到福特號的三分之一，戰力的相比就是1比3。

俄羅斯官媒透露共軍殲-15仿造俄製蘇愷-33型戰機技術，其發動機和機體重量的缺陷嚴重限制運作效能；空載殲-15重17.5噸，而滑跳式艦載機起飛限制不得大於20噸，限制戰機無法攜帶重型的反艦與攻陸武器。反觀美軍大型艦載機「F-18超級大黃蜂」空載機14.5噸，彈射起飛承載重量可達30噸。³⁹

³⁶ 新聞編輯，〈航空母艦滑躍起飛和彈射起飛有什麼區別〉，《每日頭條》，2018年10月11日，〈<https://kknews.cc/military/6bvbl3p.html>〉(檢索日期：2022年2月27日)。

³⁷ 盧文豪，〈美國新一代「福特」級航艦發展及戰略意涵探討〉，《海軍學術雙月刊》，第52卷第1期，2018年2月，頁56。

³⁸ 盧文豪，前揭文，頁58-59。

³⁹ 程木蘭，〈「山東號」過台海 曝中共戰力難敵美艦〉，《大紀元》，2019年12月30日，〈<https://www.epochtimes.com/b5/19/12/30/n11753936.htm>〉(檢索日期：2022年3月3日)。

(二)動力系統

航程不足是當前常規動力航艦不得不面對的難題，也是共軍目前已服役航艦的一大隱憂，直接關係著航艦艦載機數量、彈藥數量、人員配置以及整體重量限制，也導致其戰鬥力與福特號核動力航艦有著天壤之別。

「福特級」航艦配備了2具新型A5W核動力裝置，可滿足新一代航艦全電力負荷、電磁彈射器以及高能武器等系統的需求。新系統最大的特點是更簡單，組件更少且更可靠，維護、人力及所需空間更小。據估算，A5W核動力裝置在服役期（約50年）內只需更換一次燃料，大大降低了維護的周期與成本，該裝置除了可提供龐大的推進功率外，還可以為大型主動相位陣列雷達、機電系統提供充足的電力。⁴⁰

而山東號依然面臨著在出港訓練後不到 10 天即需回港整補，燃油存放佔了整體大部分空間，大大影響所能乘載之艦載機數量，在續航力、戰鬥力的方面，自然難以和美國最新型福特號航艦相比擬。

二、艦載機作戰能力分析

除了和美軍福特號航艦相較之下，艦載機的戰力也是左右航艦戰力的一項重要關鍵。福特號艦載機數量種類眾多，有戰轟機、電戰機、直升機及預警機，相當於一個空軍聯隊可獨立作戰的戰力，各指管體系和防空武力相當齊全，不論攻勢作戰或守勢作戰皆能在完整指揮體系下執行，雖然共軍第三艘航艦（福建號）已於2022年6月17日下水，但距離形成戰力可能需要2至3年，⁴¹因此本研究僅探討山東號上目前具有攻擊戰力之殲擊機（殲-15），與美軍福特級航艦上所搭載之F-35型機及F-18大黃蜂戰機相比。

航艦的最佳攻擊手段就是艦載機，艦載機的作戰半徑也影響了航艦的威脅範圍，三型機的作戰半徑皆相似，但在此條件下，如能以較高的巡航速度滯空最久，那(F-35)將會有最大的戰力。

航艦是所謂攻勢作戰的一種武力延伸，自然需要其空對面打擊能力，但由於動力及滑跳甲板影響，戰機無法攜帶太多油料及彈藥，嚴重影響了其攻擊力，故殲-15型機僅能攜掛對空彈藥執行作戰，用於艦隊區域防禦，倘若攜帶空對地（艦）武器，勢必要犧牲機身油量來符合起飛重量限制，故打擊能力將無法與其他兩型機相比。

⁴⁰ 盧文豪，前揭文，頁 59。

⁴¹ 楊幼蘭，前揭文。

表 1 山東艦、福特艦評比表

共軍山東艦 VS 美軍福特級		
艦級	002 型航艦	福特級航艦
舷號	17	78
重要年份	動工：2013 年 下水：2017 年 服役：2019 年	動工：2009 年 下水：2013 年 服役：2017 年
滿載排水量	約 7 萬噸	10 萬噸
艦長	315 公尺	337 公尺
艦寬	75 公尺	78 公尺
艦載機	約 40 架 包括： 殲 15 戰鬥機 36 架 直-9、直-18 直升機 6 架	超過 75 架 包括： F-35C 戰鬥機 F/A-18E/F (超級大黃蜂)戰鬥機 E-2D (鷹眼)預警機 EA-18G (咆哮者)電戰機 H-60R/S (海鷹)直升機
起飛方式	滑躍起飛	電磁彈射起飛
動力	傳統動力	核子動力
註：山東艦為推測數據		

資料來源：本研究整理自 naval defence industry,“Gerald R Ford Class – US Navy CVN 21 Future Carrier Programme”, *naval-technology.com*, May 3,2021, <https://www.naval-technology.com/projects/gerald-r-ford-class/>；naval defence industry,“Kuznetsov Class (Type 1143.5) Aircraft Carrier”, *naval-technology.com*, May 3,2021, <https://www.naval-technology.com/projects/kuznetsov/>.

三款戰機皆配有相位陣列雷達及視距外的空對空飛彈，其殲-15和F-35及F-18的雷達能力相似，但F-35具有如同F-22的匿蹤功能，而F-18有具備強大的電子干擾技術，雖然殲-15擁有較高的載彈量，但在空中的交戰裡，利用雷達搜尋敵機有些難度，優異的飛彈性能將無用武之地，加上美航艦上有其E-2D空中預警機，可早期偵獲敵機，提供更多的戰術作為。

綜合比較後，共軍艦載機相較美軍艦載機將無法發揮有效戰力，因其科技發展懸殊，以上還尚未探討飛行員素質。美海軍從建軍後從連續的戰爭中去進化、檢討及改進，而共軍海航兵正處於啟蒙階段，可以說是師父打學徒的角色對抗。艦載機數量上，福特號可搭載高達75架的艦載機，山東號僅有36架，⁴²數量甚至不到一半，故目前山東號及遼寧號上的艦載機，可能是過渡時期發展的航艦。

雖然共軍船艦如同「下水餃」般列裝，但是都未經過實際作戰，只能以具有指標性、實戰驗證的美軍航艦當標竿，暫不評估共軍第三艘航艦，以現役航艦戰力與美艦比較下，戰機以80%妥善率來估算出擊率，在一天內約有80~100架的艦載機投送能力，而在補給艦

⁴² 盧伯華，〈艦載機暴增 50%？陸山東艦恐只比遼寧艦多 2 架〉，《中時新聞網》，2019 年 12 月 24 日，<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20191224000010-260417?chdtv>> (檢索日期：2022 年 3 月 10 日)。

的運作下約有1~2星期的海上運作能力，雖艦載機的機種及性能雖不如美軍，但是也勉強具備達50%的美戰機戰鬥強度。狹隘性的評估共軍航艦部署東海、臺海及第一島鏈附近海域，添加一次燃料足以滿足一個星期以上的作戰需求，也因為補給的需求，目前的航行趨勢不會離開第一島鏈太遠，情資的掌握尚不困難，但是光是一天之內的戰機投送數量就足以壓制我軍任何一個空軍聯隊的作戰能量，對空軍的負擔沉重；再者從中國大陸機場起飛的預警機、轟炸機及殲擊機聯合下，可以弭補情蒐、指管及攻擊的任務，國軍「東線無戰事」的夢想將由共軍航艦來粉碎。

三、共軍航艦未來發展

共軍要建立遠洋海軍，以航艦為核心發展成航艦戰鬥群，仿造美軍模式完成航艦作戰編制，必須要有巡洋艦、驅逐艦、護衛艦、核潛艇及補給艦組成，⁴³並且在巡弋地點附近擁有補給基地，如同美軍在西太平洋的各基地、港口一樣。航艦必須要有投射空中及海上兵力的能力，相當於將陸上的防空及空中攻擊能量建立於海上，因此要有完整的指揮及管制中心，⁴⁴以及在戰時可即時接替的備援任務，假如航艦需要於境外作戰，單一航艦戰鬥群是不夠的，必須要有兩個以上的戰鬥群相互支援其指揮管制系統。而共軍自2011年開始進行航艦的測試與訓練，並開始自主研製航艦，雖目前只是處於起始階段，但種種跡象皆可看出，這些都是他們欲推動遠洋海軍的證明，並積極朝此目標實現。

共軍建造航艦計畫可能會和海軍的戰略目標配合，欲判於2030年完成3至4艘航艦的建造，依美軍的航艦建造及所執行任務來看，若要維持1艘航艦長時間擔任其巡邏及戰備任務，至少需要建造3艘，暫不與美軍相比，假設只於第一、第二島鏈做區域的巡邏，維持自身航路安全、近海防禦及南海主權的象徵巡邏，這些尚是足夠的。倘若擔任全球任務，除了利用一帶一路方式建立其所望地點的軍港，有完整的補給地點外，至少須建造6艘，才可使航艦成為其戰力，滿足海軍遠洋戰略的目標。⁴⁵

依據水面艦建造的形式研判，共軍訂定了相當遠大的目標，但以發展現況及美軍的比較後，還有相當大的進步空間，的確還無法和世界上擁有航艦的國家相提並論，對西方國家甚至於美軍海外基地應還不構成威脅，但若從發展的速度與應用的方式，確實對臺海及南海的區域穩定，造成一定的嚇阻效果。

⁴³ 鄭大誠，〈中共的航母戰力〉，《自由時報》，2007年2月13日，第15版。

⁴⁴ 孫亦韜，〈中共海軍編隊活動對美國「印太戰略」之影響與挑戰〉，《海軍學術雙月刊》，第55卷第1期，2021年2月，頁53-54。

⁴⁵ 謝奕旭，〈中共自製航艦海試及後續航艦發展觀察〉，《陸委會大陸與兩岸情勢簡報》，2018年6月，頁26。

探討共軍航艦可能之發展趨勢，不外乎是動力、彈射系統以及艦載機的研製。這三個主要因素，都是未來共艦發展的重點，三項發展都是相互有關的，改變航艦動力將可以增加航程、艦載機數量及供應彈射裝置所需動力，倘若彈射系統沒有改進、艦載機的改良和動力系統的改良也無法支援，而艦載機需要彈射裝置的改進及艦載空間的擴大來增加其戰力，故可從後續研發的航艦看出其端倪，並推斷出航艦研製的規劃，但就目前這三項因素，最主要的是目前技術上無法支援，如要以美軍作為效法，這三項是缺一不可，共軍在研發路途上仍有很大的精進空間。

四、共軍航艦可能運用方式

(一)聯合作戰能力驗證

共軍遠海長航及繞島航行已慢慢轉變成頻繁的西南空海域襲擾，以筆者的工作性質分析，判斷與北斗衛星定位、遠距指管、跨區飛行的驗證有著密不可分的關係，在繞島的批次減少、西南空域頻次增加，意味著當前的常態襲擾，除了驗證多機組合的聯合作戰能力外，其飛行軌跡末端（如圖5），似乎隱約地為另一種海上戰力鋪陳。共軍航艦穿越第一島鏈已不是新聞，但是在海軍戰略的變革下，海軍被賦予著重「縱深作戰、攻勢作戰、聯合作戰、非對稱作戰」的能力，⁴⁶而共軍航艦戰鬥群毫無疑問的是海上主要戰鬥力量，共軍海軍除了履行著「打出去」的任務，也扮演著海上聯合作戰體系的核心。

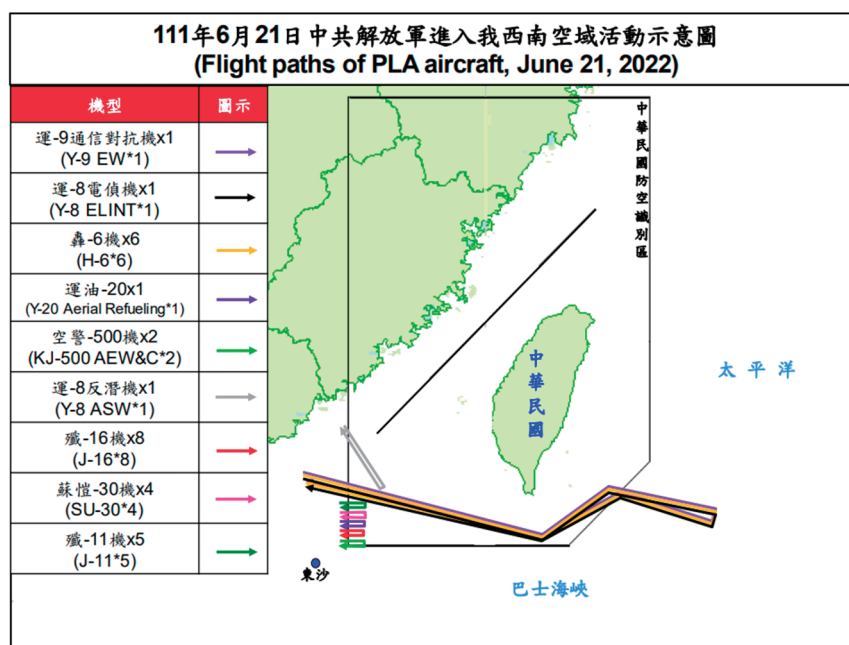


圖 5 中共解放軍進入我西南空域活動示意圖

資料來源：中華民國國防部，〈我西南空域空情動態〉，《即時軍事動態》，2022年6月21日，〈<https://www.mnd.gov.tw/Publish.aspx?p=79991&title=國防消息&SelectStyle=即時軍事動態>〉(檢索日期：2022年6月22日)。

⁴⁶ 麥克雷諾茲編；黃國賢譯，〈中共軍事戰略演進〉（臺北：國防部政務辦公室），2020年7月，頁107-109。

(二)由演轉戰

共軍遠海長航及繞島航行已變成常態訓練，而目前兩艘航艦的出港訓練還不屬常態，大多是至第一島鏈執行小型短時間軍演，尚無法執行常態性訓練，因此可推斷，如航艦數量持續增加，甚至動力系統有突破性的進步，屆時航艦將由短時間出海訓練轉變為常態訓練，如同現今繞臺趨勢一般，屆時必定會以臺海周圍作為其常態訓練的範圍或長時間駐紮於臺灣周圍海域，而如果突然由演轉戰，搭配上長程轟炸機及陸基導彈，使我軍防不慎防，對於我軍防守層面，除了須顧慮西部沿岸重要設施，更需留意其航艦動態，勢必擴大我防守範圍區域、縮短預警時間及增加我空防壓力。⁴⁷

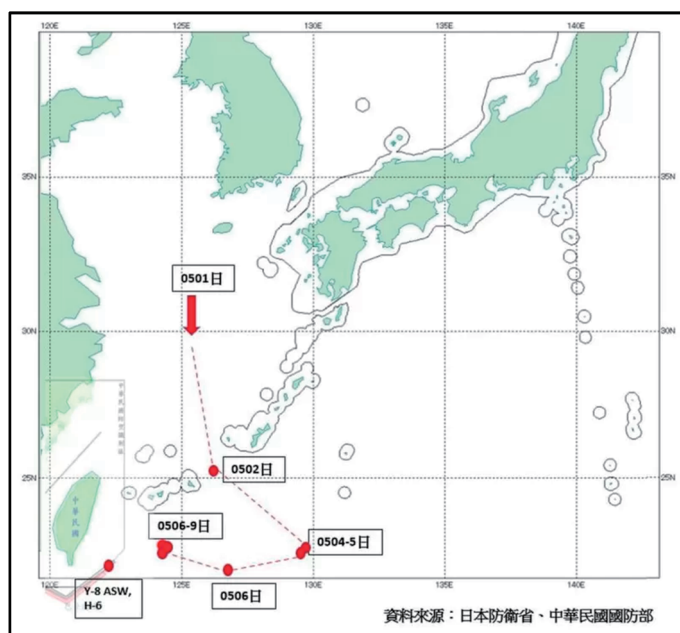


圖 6 「遼寧號」航艦近期航跡圖（2022 年 5 月）

資料來源：本尼，〈中國航母遼寧艦再入西太平洋舉行歷年最大演練 印太地區美中台角力持續〉，《BBC NEWS》，2022年5月12日，〈<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/chinese-news-61404373>〉(檢索日期：2022年5月30日)。

(三)反拒止、反介入

假設境外勢力介入第一島鏈，最具壓迫的就是航艦戰鬥群。航艦的巡弋相當於一個國家軍力及領土的延伸，而中國大陸想控制第一島鏈內或南海的任何突發，所需的是利用航艦向外延伸勢力，阻絕任何介入勢力，不一定要與其對抗，達成威嚇效果或拖延支援時間即可，再配合位於中國大陸沿岸的陸基型中、短程導彈，可有效對於任何想介入第一島鏈內的國家，形成空中及海上的威脅；而共軍航艦的發展將可強化反拒止、反介入的重層包圍網。以共軍目前軍力雖無法與美軍於海上抗衡，但如果共軍航艦部署於第一島鏈附近，

⁴⁷ 涂鉅旻，〈中國遼寧號西太平洋演訓 國防部：均掌握應處〉，《自由時報》，2022 年 5 月 10 日，〈<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/3921477>〉(檢索日期：2022 年 5 月 11 日)。

南、北各一個航艦戰鬥群形成封控（第三艘航艦可能部署在東海，阻滯美、日的聯合兵力），勢必將會形成一定的威嚇效果，而周邊國家對於臺海周遭的共軍勢力侵入，態度將會有極大改變，我軍將處於孤立無援之態勢。

肆、未來對我空軍威脅

一、對我預警影響層面

（一）預警雷達與預警機

我空軍所向美方購買 E-2 空中預警機，其雷達涵蓋範圍彌補地面雷達不足，減低因地球曲度影響所造成低空涵蓋死角，假設戰時陸基雷達遭破壞，可以作為接替。不論是平時或戰時皆部署於中央山脈以東區域為主，避開共軍沿岸防空飛彈，並利用其高度延伸搜尋海上及預警共機動態，必要時指揮管制我軍在空機執行作戰。因此在戰時，空中預警機必定是我軍必須守護的高價值目標。

假設共軍航艦部署於臺灣東部海域，將對我空中預警機待命位置形成壓縮，且護衛艦配備的防空飛彈也會對預警機形成威脅，我預警機將無法利用其中央山脈的天然屏障來預警共軍動態，倘若航艦艦載機和中國大陸沿岸機場起飛之戰機，同時東、西面進襲，將對我預警及指管能力形成重大負荷，而我空軍戰機掩護預警機將同時應對多方進襲之敵機，對我防空作戰將會產生混亂及疲於奔命。

（二）防空飛彈部隊

在共軍航艦還未成軍之前，我軍防空飛彈的部署主要是單幅向，而部署於西部地區較多，然而艦載機的出現將打破此規則，將從多軸向進襲，造成背後受襲的情況。甚至利用佯攻戰術來對我重要軍事設施執行攻擊，利用航艦的機動巡弋特性，縮短艦載機的航程來對執行任務的戰機執行補給或中繼。也有可能利用機群戰術來消耗我防空飛彈存量，利用小隊、多批方式，針對現有部署之防空飛彈死角來進行攻擊，對於我防空部隊的戰力將產生重大威脅。

（三）戰鬥機部隊

空軍目前警戒位置及空中戰鬥巡邏位置均以西、南部空域為主，對於共軍東部戰區輪戰基地起飛之飛機執行警戒、監控並掌握其動態，警戒待命之機場也以西部機場為主，東部為輔，較具立即反應能力之戰鬥機部隊也以西部為主，而東部僅花蓮及台東。如航艦繞臺至東部海域形成常態，我東部空防將成為脆弱區，也可能成為敵航艦艦載機的突破口，然東部機場反應時間將比西部機場縮短許多，且警戒兵力數量也比不上西部，預警及反應

縱深明顯不足。

二、對我制空作戰影響

制空作戰如同戰力保存作為，互整個作戰全程，將空中的戰力部署、投射在預擬的海空域裡，壓制、摧毀敵人的有生戰力，進而達到空中的主導權，俾利空軍及友軍進行地、海面的攻擊行動。從兩次世界大戰到波灣戰爭、科索沃戰爭裡可證明，取得制空權是對戰爭行動最有效也是最有力的行為，以下就敵航艦戰鬥群對我軍制空作戰影響之分析。

(一)防空飛彈部隊

臺灣東部地形的限制，導致防空飛彈部隊主要部署於西部地區，期能攔截西面來襲之敵機、導彈。憑藉中央山脈的天然屏障，東部的防空飛彈部隊部署數量相對於西部，精簡許多，然如今作戰軸向由單面向轉變成任何軸向均可能為敵艦載機進襲之方向，以往想掌握的制空作戰空域增加了東部海、空域，如果敵軍進襲方向選由東部來襲，剛好是我軍的地面防空脆弱之處。因此必須加強東部地區防空部隊數量，變更以往的既有思維，調整部署，以防東部機場、雷達站遭敵破壞，確保我軍有生戰力。

(二)戰轟機部隊

現階段我軍戰鬥機部隊部署於西部地區有數個地點，而東部僅有 2 處，在戰力保存階段所執行之戰備轉場，憑藉東、西向之防禦縱深，以東部機場為主要戰機轉降之基地，也是我軍發起後續作戰行動的戰力來源，然而共軍航艦戰鬥群的部署，打破了此防禦縱深。整體防空階段，敵機可直接忽略臺灣西部之防空網，直接從東部海域發起對我軍戰力保存之地點執行攻擊，隨著敵航艦持續發展，未來艦載機將可攜掛射程更遠之遙攻武器，並於我防空識別區外對我東部機場執行攻擊，壓縮我軍防禦縱深，直接打擊我軍的戰力投送。未來聯合制海的打擊目標將不會只有敵登陸船團，而是要額外派遣兵力應對敵航艦戰鬥群，相當於我軍戰機必須對付一座海上的移動機場加上數個移動陣地的防空飛彈（意指海上護衛艦）執行打擊，對我戰鬥機部隊壓力將會形成等比級數的增加。

(三)反制作戰任務

反制作戰對空軍而言，是「削弱敵有生戰力、阻滯敵之攻勢為目的，迫敵延後攻勢發起時機或阻滯其軍事行動。」⁴⁸空軍建軍備戰的考量，不論是攻勢作戰或是守勢作戰，反制作戰的目標物選擇大多是機場跑道、雷達站、防空陣地、指揮所等陸地上目標，縱使選擇

⁴⁸ 國防部空軍司令部，〈反制作戰〉，《空軍戰術作戰教範》，2020 年 9 月，頁 14-15。

海上目標，也沒遭遇過對應「海上的移動機場」的經驗。為了壓制敵航艦戰鬥群所帶來的威脅，而增取局部空優，其單位時間投入的空軍兵力可能多達全兵力的三分之二（大部分的空軍兵力在於奪取制空權，而非打擊船艦），除了成效可能不如預期外，屆時起飛的空軍兵力將要面對敵陸上機場起飛的殲擊機，還要分神對應敵航艦之艦載機威脅，對單位時間內空優奪取將會是嚴重的考驗。

(四)聯合作戰任務

空軍除了跨作戰全程的打擊、支援任務外，在聯合作戰裡扮演著重要的角色，尤其是臺灣四面環海的地理環境下，首波遭遇的敵人會出現在海、空域，通常由空軍的兵力進行對應。除了接應友軍的空援申請外，空軍奪取制空權的本務，會因為多軸向的威脅源而喪失數量優勢。縱使部署於西面的防空飛彈部隊及戰鬥機部隊成功地攔截、摧毀來自西面的敵襲，對於極可能部署於東、南面海域的航艦戰鬥群襲擊，恐怕是疲於奔命；再者以聯合作戰名義下的行動（例如對進襲登陸船團打擊），任務執行成效會因敵航艦戰鬥群地部署而有抵銷的作用，屆時敵艦載機作戰半徑及護衛艦防空飛彈射程將涵蓋東部海、空域，我軍兵力運用失去彈性和緩衝的空間，相較之下遂行制空作戰將力不從心，進而無法支撐聯合作戰。

三、對我任務達成影響

目前共軍航艦發展之缺陷而言，就屬定翼型的預警機及空中加油系統。因為航艦執行境外打擊，必須依靠其空中預警機來擔任空中指管、偵獲的角色，但至今還未見機種服役，最主要的原因是大型定翼機起飛速度過慢，滑跳的距離不足以使其加速到起飛速度。共軍正在研製之艦載型空警-600 型機，⁴⁹屆時如果部署於航艦上，將可以使其突破第一島鏈，延伸其航艦作戰範圍及半徑。

此外，共軍現役空中加油機（轟油-6、IL-78 及運油-20）的加油能力支援艦載機十分有限，因艦載機於執行任務時，常因為各種情況導致無法落艦執行加油整補，而必須依賴空中加油來延長滯空時間，申請陸上基地緊急升空的加油機來實施加油，可能是遠水救不了近火。

殲-15 夥伴加油機在 2019 年完成同型機的空中加油訓練，2020 年更是完成夜間加油的測試，提高了殲-15 滑跳起飛的出擊率和克服載彈的限制。⁵⁰但共軍航艦的編配殲-15 數量

⁴⁹ 楊俊斌，〈空警-600 現身 航艦感知範圍倍增〉，《旺報》，2021 年 1 月 7 日，〈<https://www.chinatimes.com/newspapers/20210107000125-260301?chdtv>〉（檢索日期：2022 年 3 月 20 日）。

⁵⁰ 歐錫富，〈中國加油機機隊〉，《財團法人國防安全研究院》，2021 年 4 月 28 日，〈https://indsr.org.tw/tw/News_detail/3364/中國加油機隊〉（檢索日期：2022 年 3 月 22 日）。

本來就不多，如果還騰出額外的飛機數量來應付空中加油，勢必壓縮其他攻擊的任務架次，在協助應急回收的飛機外，有必要研發其他固定翼的艦載加油機。

綜合上述觀點及分析，現階段我軍可能還未感受到共軍航艦的立即威脅，但是在各項技術達成水準並克服裝備的限制後，敵航艦戰鬥群將會是一個刺痛、難以忽略的存在，更勝於西南空域的機、艦襲擾。第三個航艦戰鬥群的成立後，戰略部署及戰術應用的手段增加，難保仿效美軍使用「雙航艦」的策略，彌補艦載機的不足及投送的狹隙，進而擴大艦隊防空、增加打擊火力及聯合後勤補給，勢必影響對我軍執行反制作戰的成功效益；況且敵航艦的部署，除了反介入的目的外，現階段已具備聯合火箭軍、空軍、海航兵、火力投送能力，對國軍的整體防空、聯合制海作戰效益，已達抵銷的作用。

伍、結論與建議

一、結論

共軍的航艦發展在歷程中遭遇了各種困難，如果未來持續改善其缺陷並提高技術層次，航艦的威脅只會越來越大。而臺灣其地理位置與中國大陸有其政治、種族、文化上種種衝突，在第一島鏈內最嚴重的地緣戰略衝突點，而距離最近、作戰縱深被先天的環境所限制，如果敵航艦在臺灣西半部作戰，其支援補給、雷達預警甚至防空作戰可由內陸來供應，一旦航艦發展成熟後部署於東部海域，對我國戰略構想面臨重大的挑戰，東部戰力保存計畫將必須縝密思考，而我軍是否也應該改變其戰略構想及空軍戰略，因應敵情的提升，以達有效的防禦方式來抵禦敵威脅。

我國必須強化自身國防科技發展，先自救才有向國際聲援的空間，即使中國大陸的不斷打壓我國國際地位，而我們必須有自己的生存之道，增加國際媒體的曝光率，例如利用防疫成果的軟實力，去宣揚臺灣的民主思想，與中國大陸的集權政治形成強烈的對比，獲取更多國家的支持與認同，讓國際間知道臺海問題不是中國內政的問題，而是國際間、印太區域安全的重要課題。如此在面臨危機時，才有機會得到國際間的關注和幫助，也可以在此國際輿論壓力下，防止臺海武裝衝突發生。

二、建議

綜上所述，歸納幾點建議提供我軍處置作為：

(一)持續加強情報蒐集作業

建構軍事衛星發展能力，增加對共軍的兵力及部署的情資蒐集、分析及研判，判敵可能攻擊行動，有效禦敵機先、爭取作戰預警及防衛縱深，掌握敵整體作戰行動。

(二)落實戰力防護作為

自共軍衛星部署完成後，其偵照時間及涵蓋能力讓我軍事重要設施無所遁形，除了地下化之外，建議重要戰略設施採用智能匿蹤材質，使敵無法掌握重要軍事設施位置，並增加車載機動設施的比例，減低共軍偵照作為及防禦敵導引式飛彈精準打擊。

(三)編列特別預算籌購新式攻擊性武器

在現代高科技戰爭中，不能單靠防禦來嚇阻敵人的進攻，而是具備威嚇的攻擊能力，其關鍵就屬具有長距精準打擊效能的武器（如美軍的增程型魚叉飛彈），甚至能對於源頭（航艦）執行制壓，迫使敵軍不敢輕舉妄動。

(四)發展創新/不對稱戰力

以自主研發「匿蹤飛彈輕型護衛艦」沱江艦為例，我軍應採用「創新/不對稱」思維，持續研發相關具有反制作戰能力的武器裝備，並在共軍兵力增長的同時，以「關鍵性節點打擊能力」作為研發的目標，持續的朝小而精、小而強的方式，展現自身防衛能量。

(五)機動反艦飛彈反制敵船團

持續增購或研發反艦飛彈，利用其高速及精準功能，對敵船團造成威脅，讓敵無法越雷池一步，未來隨敵航艦發展及航行區域，建議可機動部署於臺灣東部，對其航艦戰鬥群形成威脅，造成其嚇阻力量。

(六)確保東部基地戰力保存及發揮

我軍執行戰力保存作為是將有生戰力移轉至有利機場（基地），運用中央山脈之天然屏障為我防空部隊減少威脅源，減少彈道飛彈、巡弋飛彈的直接打擊，但天然屏障無法阻擋轟 6 型機或艦載機對東部機場執行制壓。為了加強東部機場防護能力，建議增加防空飛彈部隊的部署，維持及保護我軍有生戰力，確保後續火力發揚。

(七)提升空射型反艦飛彈訓練

在戰備整備面向，建議我軍將飛行員普遍提升反艦（魚叉）飛彈資格，以銜接未來的魚叉飛彈增程型。不同於 2022 年「俄烏戰爭」，我軍在作戰進程裡有極高機會執行海上的截擊作戰，故強烈建議強制執行魚叉飛彈資格普訓，並修改訓練規定，納入新進人員基礎換訓課目之一，唯有平時增加訓練，維持人員熟練度，俾利戰時任務派遣順遂。

(八)提高聯合海上作戰頻度

歷年來國軍藉由大大小小的演訓裡，強化三軍的聯合作戰機制，並逐步建立整體作戰圖像，但是在頻率及強度上尚有不足，甚至有著軍種角色定位上的爭執，以及對跨軍種的裝備及限制因素不夠透徹，就算是聯合不同軍種執行任務，也未見 $1+1 \geq 2$ 的效果。各軍種

的忠旨、訓練及戰力不容質疑，但是在聯合行動時，因為不熟悉、疑惑而有所保留的操作，在複雜及艱鉅的戰場上很容易變成一盤散沙；唯有提高彼此學術交流、軍種認知及實兵演練的頻率和強度，才能抗拒未來的已知龐大威脅。

共軍航艦發展具有系統及指標性，未來勢必是海權及戰略發展的焦點，但共軍對於海權戰略的轉變較晚，直到航艦的成軍才有明顯的定位，也因此艦隊運作、彈射系統、動力系統及艦載機的研發還未達高威脅的水準，還有一段磨合期，我軍必須利用此空檔來審思未來的空軍戰略，檢視未來的威脅，發展適合的戰略思維，籌購對應的裝備，重視人才的培訓及維持，縮短彼此的差距並掌握抗衡的要素。

第一作者介紹

單位：國防大學空軍學院
職務：軍事作戰組 中校教官
姓名：何修竹
學歷：空軍官校91年班
空軍指參學院103年班
經歷：飛行官、情報官、試飛官、分隊長
教官
研究領域：空軍戰術、戰略



第二作者介紹

單位：空軍第四聯隊第22作戰隊
職務：少校作參官
姓名：高基榮
學歷：空軍官校99年班
空軍指參學院110年班
經歷：飛行官、飛安官、作參官
研究領域：空軍戰術、軍用航空器



共軍先進戰機威脅下我空軍因應之道

The way our Air Force responds under the threat of advanced fighter jets

鄭詠儒(Yung-JuCheng)

國防大學空軍指參學院中校學員

蕭宏州(Hong-ZhouXiao)

國防大學空軍指參學院上校教官

摘要

共軍空軍戰略由「國土防空」轉向「攻防兼備」的思維，積極發展先進戰機，且習近平在十九大政治報告中修改三步走戰略發展期程，在2050年把人民軍隊全面建成世界一流軍隊，從近年來中共的遠海長航就不難發現，共軍空軍戰力依其戰略發展，陸續研發出第四代與第五代等先進戰機，從戰術空軍跨入到戰略空軍的門檻，武器裝備朝向遠程精準化、智能化、隱身化、無人化趨勢發展。共軍空軍先進戰機發展下，對我空軍在爭取局部空優上已產生極大的威脅，我空軍應當省思在有限的國防經費下，建構精準遠距打擊能力，強化嚇阻效益，並提升戰場存活率，確保有效戰力，以符合我「重層嚇阻」的戰略指導。

關鍵詞：國土防空、三步走戰略、重層嚇阻

Abstract

The strategy of the PLA Air Force has shifted from "homeland air defense" to "the thinking of having both offensive and defensive". In order to build an astonishing military power in 2050, Xi Jinping has revised the period of three-step development strategy in the Political Report of the 19th National Congress of the Communist Party of China, and actively developed advanced fighter aircraft. It is not difficult to find out the PLA Air Force has developed the fourth and fifth generations of advanced combat capabilities in accordance with its strategic development process, making the air power shift from tactical air force to the strategic air force, the weapons and equipment toward long-range precision, intelligence, stealth, and unmanned trends by observing the Long-Distance Training in eastern waters of Taiwan.

However, it has posed a great threat to Taiwan Air Force in competing air superiority in homeland defense to against the development of advanced fighter jets by the PLA Air Force.

It is very important to our Air Force to construct precise long-range strike capability and strengthen deterrence effect to increase survival rate in battlefield and maintain effective combat power to comply with our strategic guidance of " heavy layers of defense "

Keywords:Homeland air defense 、 The three-step development strategy 、 Heavy layers of defense

壹、前言

中國空軍軍力近年來快速發展，除從俄羅斯引進高科技武器外，並強化其軍事工業自主研發力量，尤其習近平視其空軍為「戰略性軍種」，對於軍事戰略指導與國家安全發展具有決定性的作用與影響，其改革備受矚目。¹

面對中國空軍戰略由毛澤東時期的「國土防空」朝向胡錦濤指導的「空天一體、攻防兼備」轉型，²依靠先進的軍事武器打贏高技術的局部戰爭，自2012年習近平接任中共中央軍事委員會主席後，積極深化國防和軍隊改革，企圖實現其強國夢、強軍夢。從中共的各類先進戰機的現形，已宣告中共軍事工業科技的重大提升並體現其空軍戰略思維，對於亞太空中優劣形勢的轉變與失衡。然共軍先進戰機發展現況、能量效益、列裝成軍等方面，對我國臺海防衛以及防空作戰已造成強力衝擊與威脅。

本文所要闡述的部分在於從各篇期刊論文採文獻分析方式探討共軍空軍戰機發展歷程，迄今所具備的能力，本文所定義的先進戰機，主要以共軍八十年代後期所發展的有人戰機(第四代與第五代戰機均屬之)，對我國三型主力戰機造成的威脅及地面防空之影響，並提升我空軍防衛作戰能力，面對共軍威脅下，我空軍如何有效因應並發展不對稱作戰思維之道，正如「孫子兵法」所述：「以正合，以奇勝」。³主要從研究面向如下：中共先進戰機發展已趨愈成熟，且已逐步列裝於各大戰區形成戰力，預以本研究針對共軍空軍先進戰機發展的能力，瞭解對我空軍之威脅程度。未來我空軍面對共軍先進戰機威脅如何因應，探究我反制能力發展之目標及方向，精進我因變制變作為，創造我空防戰力優勢，使共軍不輕易發起戰爭以達到「防衛固守，重層嚇阻」的軍事戰略。

貳、共軍先進戰機演變

一、共軍空軍沿革與發展

共軍空軍在軍事政策的改革開放，國家迅速的發展，現今空軍戰略思維已由「國土防空」正朝著「攻防兼備、空天一體」目標前進，在軍隊建設上，靠科技強化軍事力量發展，重視質量建設，武器裝備方面也力求迅速趕上，發展超視距攻擊；致力於空對地精準制導武器研發，以適應現代化戰爭。回顧共軍空軍建軍發展史，在波灣戰爭後，中共體認到世界當前軍事變革和高技術戰爭的意義，在空軍戰略上開始有了轉變。為適

¹ 李建文，「戰略空軍的新航跡」，解放軍報，2018年5月9日，版1。

² 何應賢，2014/5。〈共軍發展殲-20 隱形戰機對我聯合防空作戰之影響〉，《國防雜誌》，第29卷第3期，頁2。

³ 郭玉福，《當孫子兵法碰到36計》（臺北：大利文化股份有限公司，2006年），頁60。

應戰略轉型與武器發展要求，於九十年代後期購買了蘇愷-27、蘇愷-30 新式戰機，除了對外採購武器與技術合作外並致力於先進戰機自製研發，從主戰機機型（殲-10、殲-16、殲-20 及殲-31 等）與輔戰機機型（轟-6、運-20、空警-2000 等）各種類型的飛機不斷推出，其中也不乏無人機研製，藉由與先進國家武器裝備採購與技術轉移的方式，提升中共自主研發能力並在航空技術上有長足的發展與突破，達到世界先進水平，使共軍空軍戰力大為提升，攻防兼備能力快速增強，對於空軍戰略的轉型具實質的意義，成為一支攻防一體化的現代化技術軍種。

(一)沿革

中國共產黨自創建以來，藉由各種培育與儲備航空人才的機會，派遣多名共產黨黨員在國共合作期間，參加由孫文先生和新疆軍閥盛世才共同創辦的航空學校，學習航空技術。隨後於 1946 年中共中央成立了東北民主聯軍航空學校，培養未來航空事業人才。培養過百飛行人員和 500 多名航空技術人員。1949 年 3 月中央軍委航空局成立，同年 10 月蘇聯同意了對中國空軍的援助計劃，售予中國各類型飛機計 434 架，派遣專家協助中共建立六所航空學校，遂於 1949 年 11 月 11 日成立中國人民解放軍空軍司令部。⁴

(二)發展

中共自建國之初，主要以建立嚇阻美蘇對中共本土攻擊與防止其他國家侵略，並防範當時以「反攻大陸」⁵為軍事戰略企圖的中華民國政府，一直以國土防衛，以防衛作戰任務為主要戰略指導，此時共軍的建設以大陸軍為主架構，海、空軍的作戰構想，僅是在於輔助陸軍作戰保障勝利，其兵力部署及武器裝備多以防衛作戰為主，此階段共軍空軍則以殲擊機攔截敵機入侵國土，呈現出內向型國土防衛的人民戰爭思想。⁶中共深受美軍在波灣戰爭的表現，啟發新的作戰觀念，體認推動軍隊現代化的需要，並隨著經濟改革創造財富提供了共軍軍事現代化的資源，適應調整中共軍事戰略並革新軍事事務，而有「中國特色的新軍事變革」，共軍調整過往的人民戰爭的戰略指導，強調軍事準備未來的重點在於「打贏一場高技術科技下局部戰爭」。⁷防禦思想轉向外向型的積極防禦，

⁴ 中國文化研究院，2019/11/14。〈解放軍空軍：雄鷹展翅，志向藍天〉〈<https://chiculture.org.hk/tc/china-today/2381>〉（檢索日期：2022 年 1 月 17 日）。

⁵ 唐飛，2016/4。〈「乾坤一鏡」-空軍照相偵察機部隊史（一）〉，《空軍學術雙月刊》，第 651 期，頁 122。

⁶ 劉宜友，2008/6。〈對中共「軍事轉型」之研析〉，《國防雜誌》，第 23 卷第 3 期，頁 76。

⁷ 張萬年，〈當代世界軍事與中國國防〉，（北京：軍事科學出版社，1999 年），頁 182-186。

同時強化海、空軍及二炮部隊遠距接戰、精準打擊。⁸加強信息化條件下作戰並致力於「攻防兼備」空中作戰力量的建設，重點發展新型先進戰機、防空制導武器與加強指管系統建設。隨著戰略環境的改變，積極防禦思想引導建軍與備戰方向，2017年第十九次全國代表大會中，中國國家主席習近平提出在本世紀中葉要把人民解放軍全面建構成「世界一流軍隊」的目標。⁹

(三)現況

中國解放軍殲-20 匿蹤戰機於 2011 年 1 月 11 日首次試飛迄今，¹⁰於 2017 年 9 月由中國國防部發言人對外宣布「殲-20 匿蹤戰機已正式列裝於空軍」，¹¹部署在我國當面主要威脅戰區(東部戰區)，並從 2020 年 9 月 30 日於珠海航展上，更刻意首次展出使用國產發動機的殲-20 匿蹤戰機，與大批自行研製發展的先進戰機(電戰機殲-16、運輸機運-20 與多款自製無人機彩虹-6、翼龍及翔龍等)，綜觀各類型先進戰機發展，共軍空軍已轉型為首戰、主戰與獨立作戰的軍種，具備「打贏一場控制範圍內之高科技信息條件下的局部戰爭」。中共國防戰略在改革後進行了數次重要的轉變，其目的就是「追求現代化與世界強權」的地位，歷經二十餘年的現代化調整，共軍在質與量成為東亞地區的軍事強權代表，共軍經歷多次改革後，軍力日漸強大，在國際上擁有更多可運作的空間與籌碼，醞釀著中共爭奪世界霸權的野心。

二、戰略思維轉變

中共各時期國家安全戰略及空軍戰略發展(如表 1)，依軍改期程規劃，推動各方面建設及軍力改革，回顧其各時期軍事戰略發展，空軍戰略從「國土防空」轉向「攻防兼備」思維，並確立「空天一體、攻防兼備」空軍戰略，並朝向現階段「反介入戰略」的演進。¹²參照我國空軍作戰要綱，空軍戰略的定義為：「空軍戰略屬軍事戰略範疇，為建立空軍力量，藉以創造與運用有利狀況，以支持軍事戰略藝術，俾得在爭取所望目標時，能獲得最大成功公算與有利之效果」。¹³因此，探討中共空軍發展，同時對各個時期

⁸ 同註 6，頁 76。

⁹ 防衛研究所，《中國安全戰略報告 2021-新時代的中國軍事戰略-》(東京都：防衛研究所，2020 年)，頁 2。

¹⁰ 過子庸，2016/9。〈中國大陸殲 20 戰機近期發展之研析〉，《國防雜誌》，第 31 卷第 3 期，頁 31。

¹¹ 閻嘉琪，〈國防部：殲-20 飛機已列裝部隊〉，《人民網》，2017 年 9 月 28 日，<<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2017/0928/c1011-29565705.html>>(檢索日期:西元 2021 年 10 月 25 日)。

¹² 袁更生，2012。《中國空軍現代化發展-以無人飛行載具為例》。新北：私立淡江大學國際事務與戰略研究所碩士論文，頁 9。

¹³ 國防部空軍司令部，《空軍作戰要綱第二版》(台北：國防部空軍司令部，2006 年)，頁 1-3。

之空軍戰略發展有概略認識。

(一)毛澤東時期「人民戰爭」

隨著中華人民共和國成立，中國人民解放軍空軍於 1949 年 11 月以東北民主聯軍航空學校為基礎成立了中國人民解放軍空軍司令部。¹⁴自建政以來，當時在毛澤東「人民戰爭」思想指導下以陸軍為主體，空軍為從屬角色，中共空軍在大陸軍的思想基礎上建軍，為陸上作戰創造有利的條件，當時空軍的任務便是以「國土防空」為主，沒有明確的戰略方向。1954 年空軍與防空軍合併，此一階段的空軍兵力結構上以防禦型之防空兵力為主要戰力，¹⁵中共空軍形成了國土防空型的體制編制，主要擔任國土防空、戰場阻絕及對支援陸、海軍作戰等戰術空軍的任務，直到毛澤東去世後，中共科技發展與國內外情勢的改變，空軍在戰略方針上開始有的轉變。

(二)鄧小平的「現代條件下局部戰爭」

提出為結合現代化的軍事戰爭，「首先要有強大的空軍」，發展全新的空軍軍事思想、軍事素養、提升科技水準、武器裝備質量，轉變為以「應付局部戰爭」之作戰思維，基於發展高科技的現代化戰爭就須有經濟實力作為支撐，以經濟發展為核心，提升整體國家經濟力量，同時在軍事方面執行精兵政策減少軍隊數量、提升質量，依現代化的要求，改革軍隊體制編制與健全制度。鄧小平指導國防建設應從以往「早打、大打、打核戰」作戰狀態的轉變到相對和平時期的軍隊建設上，認為今後發生的戰爭可能是局部性的戰爭。然局部性戰爭則包括：侷限於小規模的邊境衝突；外島與領海的衝突；空中猝然攻擊；防禦敵人對我領土蓄意的局部入侵；對敵境內實施「懲罰性反制」的攻擊，以對抗侵略與威脅並捍衛主權與正義等。共軍空軍由國土防空型空軍轉型成能夠打贏「現代化條件下局部戰爭」新世代空軍。¹⁶但共軍空軍戰略實質上仍是以國土防空的思維為主。

(三)江澤民打贏「高科技條件下局部戰爭」

江澤民時期的戰略思維受波灣戰爭影響甚鉅，目睹伊拉克軍隊遭美軍運用高科技武器裝備擊潰的事實，高科技武器運用雖然在江澤民等中共領導者及軍隊領導中引起爭論，惟在當時認為人心向背與軍人素質仍是決定戰爭勝敗關鍵因素。¹⁷直至 1993 年，時任

¹⁴ 許劍虹，〈解放軍空軍的日本淵源〉，《中時新聞網》，2016 年 11 月 1 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20161101005878-260417?chdtv>〉(檢索日期:西元 2021 年 12 月 22 日)。

¹⁵ 張力，2014/11。〈中國空軍戰略轉型歷程：從零到空天一體攻防兼備〉，《中國新聞週刊》，第 683 期，頁 8。

¹⁶ 同註 9，頁 8。

¹⁷ 蔣順學，《鄧小平新時期國防建設軍隊建設理論研究》(北京：軍事科學出版社，1992 年)，頁 28。

中央軍委的江澤民指出為打贏「高科技條件下局部戰爭」，加速共軍的質量建設，要求軍隊建設從數量上轉向質量的效能，從人力密集轉向科技密集，意識到現代戰爭需仰賴高科技武器與技術的重要性，領會到指揮、管制、通信、資訊、情報、監視、偵察(Command、Control、Communications、Computers、Intelligence、Surveillance、Reconnaissance,C4ISR)是戰爭致勝關鍵因素，指示著手建設現代化的人民空軍必須兼具攻擊與防禦的作戰能力，以空天為戰場，使空天與資訊技術結合，空天力量貫穿作戰全程，使現代空軍成為戰爭的主導力量，轉變成積極防禦的攻勢型態空軍戰略思維，著重於新型先進戰機、核武與航太發展。

(四)胡錦濤打贏「信息化條件下局部戰爭」

在科索沃戰爭（1999 年）、阿富汗戰爭（2001 年）、伊拉克戰爭（2003 年）的影響下，胡錦濤主政的中央軍委在 2004 年提出「信息化條件下局部戰爭」，高科技條件下局部戰爭向信息化條件下局部戰爭轉型，當時高科技武器仍延續著機械化戰爭的模式，堅持以信息化為主導，強化信息化與機械化複合式發展，建設具有信息化的中國空軍，著眼發展一支攻防兼備的空中作戰力量，重點發展新型先進戰機、防空制導武器與強化指揮管制系統。依據《中國空軍百科全書》所述：「2004 年，中央軍委會……建立空軍『空天一體、攻防兼備』的戰略。」¹⁸，確立了「空天一體、攻防兼備」為空軍戰略思維，朝向整合太空資訊與作戰，建立更具攻勢戰力的新軍隊發展。¹⁹

(五)習近平新三步走戰略

自習近平主政以來，延續著積極防禦的戰略思維模式，因應國際情勢發展及與處理周邊國家局部軍事衝突，對國防及軍隊現代化實施軍改，加速了部隊信息化改造，以實現「強軍夢」的目標。²⁰2015 年中國國防白皮書指出空軍的戰略應朝向「空天一體、攻防兼備」的要求發展，由國土防空型朝攻防兼備型轉變，建設信息化軍隊，適應信息化作戰，打贏信息化戰爭，武器裝備朝向遠程精準化、智能化、隱身化、無人化趨勢發展。在十九大政治報告中修改三步走戰略發展期程，確保 2020 年在機械化與資訊化建設取得重大進展；力爭 2035 年實現國防和軍隊現代化；2050 年把人民軍隊全

¹⁸ 中國人民解放軍空軍，《中國空軍百科全書》（北京：航空工業出版社，2005 年），頁 57。

¹⁹ Roger Cliff 等作，黃文啟譯，《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)（臺北：國防部史政編譯室，2012 年），頁 8。

²⁰ 劉聲東，〈堅持富國和強軍相統一努力建設鞏固國防和強大軍隊〉，《解放軍報》，2012 年 12 月 13 日，版 1。

面建成世界一流軍隊，²¹實質上仍為打贏「信息化條件下局部戰爭」戰略指導的延伸。

表1 共軍各時期戰略一覽表

時期	戰略指導	空軍類型	發展重點
毛澤東時期	人民戰爭	國土防空型	防禦性的殲擊航空兵、高射砲兵
鄧小平時期	現代條件下局部戰爭	國土防空型	軍事思想、軍事素養、精兵政策
江澤民時期	高科技條件下局部戰爭	攻防兼備型	新型先進戰機、核武與航太
胡錦濤時期	信息化條件下局部戰爭	攻防兼備型	新型先進戰機、防空制導武器與強化指揮管制系統
習近平時期	新三步走戰略	攻防兼備型	遠程精準化、智能化、隱身化、無人化

資料來源：本研究整理。

三、先進戰機發展現況

中共空軍依照「空天一體、攻防兼備」戰略要求，由「國土防空」型朝「攻防兼備」型轉變，全面朝向戰略預警與投送、空中打擊、防空反導、空降作戰、資訊對抗與綜合保障等能力發展。²²不過 20 世紀八十年代前的中共空軍，雖然在空軍戰略方針上有戮力奮起與追求現代化的意圖，但受限於武器老舊與人員訓練不足都顯得力不從心，不過 1991 年波灣戰爭發生後，美軍現代化空軍戰力的運用，刺激中共重視空中武力的整建，中共在軍事裝備現代化的過程中區分「對外採購及合作」（如表 2）與「內需自主研發」（如表 3）兩種途徑發展，現今中共空軍所研發的先進戰機已陸續列裝部隊，逐漸形成

²¹ 呂理立，2020。《習近平軍隊改革後的中共共軍戰略發展》。新北：私立淡江大學國際事務與戰略研究所碩士在職專班論文，頁 26。

²² 謝游麟，2019/8。〈析論「軍改」後中國大陸空軍之發展〉，《空軍學術雙月刊》，第 671 期，頁 93。

戰力，並著重於先進戰機的研發如：對地攻擊、戰略轟炸、戰略運輸等機型的發展、建立偵察與空中預警機種與空中加油技術等面向。

表2 對外採購與合作生產戰機一覽表

國家	項 目	類型	備考
俄羅斯	蘇愷-27、蘇愷-30、蘇愷-35、伊爾-76運輸機、伊爾-78加油機、圖-154	對外採購	
	殲-8、殲-11 A (蘇愷-27技術授權)、米格-31、蘇愷-27(國產組裝)	合作生產	
以色列	殲-10	合作生產	六四天安門後終止
	空警-2000空中預警與運輸技術	技術合作	美國施壓中止合作
美國	殲-8提升航電系統	合作協助	六四天安門後終止

資料來源：本研究整理。

表3 內需自主研發戰機

機型	型號	備考
主戰機種	殲-7、殲-8、殲-10、殲-11(B型以後)、殲-16、殲-20、殲-31	殲-20、殲-31具備匿蹤打擊能力
運輸機種	運-20	戰略投送能力
	運油-20	遠距作戰能力
預警機種	空警-2000、空警-500、空警-200	空中指揮管制
電戰機種	殲-16D	電子作戰能力
轟炸機種	轟-6	強化戰略轟炸

資料來源：本研究整理。

四、現今能力

共軍空軍依其戰略思維發展與高科技戰爭的啟發，積極從國土防衛型轉向攻防兼備型，發展與攻防兼備型的戰略要求相互適應的新時代空軍革新作為，並具體從武器、教育、訓練、體制、後勤等方面建設，至今已呈現了豐碩的成果，從戰術空軍朝向戰略空軍邁進，盤點今日共軍空軍改革後所具備的能力。

(一)匿蹤打擊能力

從殲-20 戰機(如圖 1)為共軍空軍最新的戰機(第五代戰機)，其服役使共軍進入匿蹤時代，除具匿蹤能力，可掛載霹靂-15 飛彈，藉超視距長程攻擊能力攻擊射程超過 200 公里，依其匿蹤能力可執行突襲攻擊並透過搭配遠距攻擊，作戰半徑超過 2000 公里，可有效監控臺灣及臺海美軍動態執行打擊任務，甚至可執行戰區打擊、遠程與持續空中攔截能力、遠距離空戰與戰區監視任務，已具備跨越第二島鏈執行戰略性攻擊能力。



圖 1 殲-20 戰機

資料來源：《維基百科》，< <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%AD%BC-20>>，(檢索日期:2022 年 1 月 18 日)。

(二)電子作戰能力

美軍的 EA-18G 曾在模擬對抗演習中，有效干擾最先進的 F-22 匿蹤戰機，使其無法成功執行任務。由於共軍空軍缺乏可執行戰場快速攻擊及脫離等攻勢作戰的防空壓制電戰機，對此，為了爭奪戰場的制電磁權，共軍空軍借鏡 EA-18G 的實戰演習經驗積極發展電戰機研改出殲-16D 電戰機(如圖 2)。殲-16D 戰機具有類似 EA-18G 咆哮者的功能，有效執行防空與空中制壓任務。「殲-16D 新式電子作戰機」於 2022 年 1 月首次出現於我國西南空域對我實施襲擾，為中國解放軍首次自主成功開發的超音速電戰機，被視為爭

奪戰場空中電磁權的利器。²³



圖 2 殲-16D 戰機

資料來源：盧伯華，〈殲 16D 電子戰機肩負攻台重任 功能強過百枚東風導彈〉，《中時新聞網》，2021 年 10 月 1 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20211001000626-260407?chdtv>〉(檢索日期:西元 2022 年 1 月 18 日)。

(三)遠距作戰能力

共軍空軍第三、四代先進戰機先後服役，其作戰半徑已大幅提升，並同步發展預警機(空警-500 如圖 3)、加油機(運油-20 如圖 4)等型機強化空中指揮系統與延伸戰機打擊航程，彌補了過去轟油-6 空中加油能量不足的缺點，提供空中加油，大幅增加共軍的空中作戰彈性，強化其整體戰力，使空中進攻力量得以向第三島鏈延伸，同時對我空軍在東部執行戰力保存與東部防務威脅加劇，²⁴也可針對美軍執行「反介入/區域拒止」(Anti-Access/Area Denial, A2/AD) 作戰任務，²⁵成為真正的「遠征型空軍」。

圖 3 空警-500



資料來源：《維基百科》，〈<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A9%BA%E8%AD%A6-500>〉，(檢索日期:2022 年 1 月 18 日)。

²³ 呂炯昌，〈巷仔內／爭電磁權！美中發展電戰機〉，《今日新聞》，2022 年 1 月 25 日，〈<https://www.nownews.com/news/5698669>〉(檢索日期:西元 2022 年 1 月 26 日)。

²⁴ 王臻明，〈空中加油機增戰機作戰半徑——運油-20 對台灣的新威脅〉，《公視新聞網》，2021 年 12 月 21 日，〈<https://news.pts.org.tw/article/559629>〉(檢索日期:西元 2022 年 12 月 26 日)。

²⁵ 同註 2，頁 4。



圖 4 運油-20

資料來源：小微鏡，〈運 20 加油機首度曝光，攜帶燃油 75 噸，可同時為 8 架殲 20 加油〉，《每日頭條》，2019 年 10 月 12 日<<https://kknews.cc/military/gp8qxq8.html>>（檢索日期：西元 2022 年 1 月 18 日）。

(四)戰略投送能力

運-20 為當前中國最大型的軍用運輸機種，於 2013 年 1 月完成首飛後，2016 年 7 月正式入列服役，飛行距離最遠可達到 7,800 公里（人員運輸），可承攬中國國內緊急危難運輸任務與執行亞洲地區的戰略與投送救援物資，未來換上自製引擎渦扇-20 可大幅增加酬載量，提升快速遠端投送能力，雖在數量仍遠落後於美俄兩國，因應戰略空軍指導勢必持續增加大型運輸機數量，提升運輸能力，以真正達到戰略空軍要求。²⁶

五、小結

中共由於經濟的開放，使其經濟能力大為提升，奠定中國軍事現代化的基石，同時共軍在面對美國強權發展及國家戰略轉型的壓力下採取「對外採購及合作」與「內需自主研發」兩種途徑發展軍事裝備的現代化，展開了次世代戰機的研發，建立戰略投送與打擊、空中指揮偵察及多層次防空於一體的現代空軍體系，迄今共軍空軍已具備匿蹤打擊、電子作戰、遠距作戰、戰略投送等能力，尤其近年來在我國周邊海空域實施遠海長航等演訓，對我國安全產生極大的威脅與影響。

參、對我空軍作戰之威脅與影響

一、我空軍部隊現況

(一)空中兵力

因應不同任務需要發展出各種類型的作戰飛機，主要可區分為戰鬥機、轟炸機、攻擊機、偵察機、電戰機和多型作戰保障機種。而我國空軍目前主要作戰機種以 F-16 戰機、M2000-5 幻象戰機及 IDF 經國號等三型主力戰機。

²⁶ 軍聞社，〈「輕鬆運載「陸戰之王」黃皮運-20 換裝 4 台渦扇-20〉，《ETtoday 新聞雲》，2021 年 7 月 1 日，<<https://www.ettoday.net/news/20210701/2019800.htm>>（檢索日期：西元 2021 年 12 月 26 日）。

1. F-16 戰機為我國目前服役數量最多的機種，憑藉其優異性能且售價相較低廉，為眾多國家所採用，總生產數量現已接近 4,000 架。我國自 1997 年起向美國採購的 F-16A 及 F-16B 型戰鬥機，迄今以鳳展專案為代號提升的 F-16V(Block20)與新購 F-16(Block70)型，均具配備主動相位雷達(AN/APG-83)，探測距離較當前使用的機載雷達(AN/APG-66)至少增加達 30%，大幅提升偵蒐半徑，有利於應對敵人的匿蹤戰機威脅，可搭配最新一代的 AIM-9X 響尾蛇飛彈，所謂 X 型，配合頭盔使用，讓飛行員不一定需朝著對方發射，藉由聯合頭盔瞄準系統(Joint Helmet Mounted Cueing System,JHMCS)「眼睛瞄到哪，飛彈就飛到哪」，與搭配 AIM-120 遠距空對空飛彈，其他升級部分尚有先進的數據鏈路提升狀況警覺即早預警、數位駕駛艙與自動地面防撞系統增加飛行安全保障，總體戰力提升 1.8 倍，²⁷具備與共軍先進戰機抗衡的能力。

2. M2000-5 幻象戰機為我國於 1992 年向法國達梭公司購入之空優型機種，為一種戰鬥機專司執行制空作戰任務，由於換裝了先進的 RDY(Radar Doppler Y 型)射控雷達與整合式電戰系統，同時具備中程空對空雲母飛彈，憑藉著其射後不理的作戰性能，大幅提高了制空能力，專職高空攔截任務。自返國後便被視為王牌空優機，然近年共軍新型戰機(第四代)陸續服役在性能逐漸提升下，M2000-5 幻象戰機的性能勢必無法滿足未來臺海作戰需求。²⁸

3. IDF 經國號為我國是「自製防禦戰機」，是一款執行防空任務的輕型戰鬥機，因配備天劍二型空對空飛彈，其射程可超過 70 公里，具備視距外空中作戰能力。同時為了滿足未來作戰的需要，分別於 2009 年與 2013 年執行翔展計畫，但空戰能力仍無法與共軍新型戰機殲-10B 與殲-11D 抗衡，中科院則致力提升 IDF 經國號的空對地的作戰能力，搭配掛載精確導引炸彈及由天劍二型研改的反輻射飛彈與萬劍彈等攻擊武器，已轉變為對地攻擊的反制角色。²⁹

(二)地面防空

我國防空密度僅次於以色列位居世界第二，³⁰各型防空飛彈系統遍佈，不過憑藉著

²⁷ 邱立玲，〈美國 F-16V 戰機攻擊性極強 連中國殲 20 都不一定占上風〉，《信傳媒》，2019 年 3 月 13 日，〈<https://www.cmmedia.com.tw/home/articles/14629>〉(檢索日期:西元 2022 年 1 月 26 日)。

²⁸ 曄暉，2017/2。〈試談幻象 2000 後繼機〉，《尖端科技雜誌》，第 390 期，頁 12。

²⁹ 同註 30，頁 13。

³⁰ 呂昭隆，〈僅次於以色列 台灣防空飛彈密度 世界排名第二〉，《中時新聞網》，2021 年 8 月 17 日，〈<https://www.chinatimes.com/newspapers/20210817000932-260118?chdtv>〉(檢索日期:西元 2022 年 1 月 15 日)。

中央山脈天然屏障，部署則有西重東輕的現象，我空軍地面防空主要以重層部署原則為配置，以增加接戰縱深，有效打擊來襲目標，維護領空安全。

1. 中、長程防空主要以愛國者飛彈與天弓飛彈系統擔綱防空任務。其中愛國者飛彈系統共計有 9 個連級單位與 3 個營資料處理中心，平時以擔任反飛彈任務為主，並依防空需求適時擔任反機任務。隨著天弓三型飛彈量產，未來將設有 12 個連級單位，現階段東部的防空以天弓三型飛彈系統為主，逐步將西部固定式天弓飛彈系統，全面提升為具機動的天弓三型飛彈系統，提升戰場存活率，並具有反飛彈能力，可彈性靈活運用。

2. 短程防空以陸基麻雀飛彈與車載劍一系統為主要防空武器，部署在各空軍基地與高山雷達站周邊提供要點防空，一旦共軍戰機突破我中長程防空火網，則由短程防空系統執行攔截任務，防護雷達站與基地安全，確保空軍戰力。

二、對我戰機威脅

過去我空軍空中兵力因具備精良的部隊訓練和擁有先進裝備，故還能瞰制臺海上空，建立以少勝多的不敗之地位，且 80 年代的共軍空軍多以老舊的殲-7 戰機為主要裝備，尚無法對建構完善防空網支援的我國空防系統構成嚴重威脅。但我空軍的作戰優勢，隨著共軍空軍先進戰機陸續部署後，逐漸地被削弱，形成兩岸空軍戰力嚴重失衡的現象。

(一)超視距威脅

先進戰機機載雷達必須具備多目標追蹤與攻擊能力，以提高戰鬥機作戰效能，為達此目標需仰賴成熟與可靠的雷達系統。基此，西方先進國家皆將主動相位陣列雷達為新世代戰機列裝首選。³¹共軍非常注重發展超視距空對空飛彈，藉由超視距空對空飛彈可讓第四代機具備對抗第五代機能力，以殲-11 為例，升級配載先進主動電子掃描陣列雷達（Active Phased Array Radar,AESA）搭配超視距空對空飛彈霹靂-12，跳脫以往的「正面對決」作戰模式，使共軍空軍首次擁有不亞於世界發展趨勢的「視距外空戰能力」(Beyond Visual Range,BVR)。³²後續共軍先進戰機機載雷達均搭配主動電子掃描陣列雷達(AESA)提升視距外作戰能力(如表 4)，搭配霹靂-15 射程更可達 200-300 公里。

³¹ 同註 2，頁 9。

³² 全球防衛雜誌，〈台灣空防迫切危機：中共殲-10 戰鬥機對台海均勢的影響〉，《鳴人堂》，2020 年 10 月 28 日<<https://opinion.udn.com/opinion/story/120902/4967040>>(檢索日期:西元 2021 年 12 月 30 日)。

表 4 超視距威脅能力

機種	速度	先進雷達	遠距 空對空飛彈	對地攻擊能力
殲-10C	1.8馬赫	有源相列雷達	霹靂-12	鷹擊-91 反輻射飛彈
殲-11	2.35馬赫	有源相列雷達	霹靂-12	Kh-31 反輻射飛彈
殲-16	2.15馬赫	有源相列雷達	霹靂-15	鷹擊-91 反輻射飛彈
殲-20	2.5馬赫	有源相列雷達	霹靂-21	LS-6 滑翔制導彈
殲-31	1.8馬赫	有源相列雷達	霹靂-15	LS-6 滑翔制導彈

資料來源：本研究整理。

(二)匿蹤威脅

殲-20 及殲-31 等型機經長期研改發展後，匿蹤效果雖不及 F-22 優異，但殲-20 匿蹤能力與所配備的附加系統已達國際公認「第五代」飛機的標準。所謂第五代飛機是具備匿蹤、超音速巡航和高度整合的航電設備等能力特性的軍用飛機。殲-20 便是中國首款自主研發且符合此標準的飛機，匿蹤特性使我現有主戰機種難以偵測發現，匿蹤戰機在空戰上具「早對手發現、先對手攻擊與摧毀」的能力，對不具有匿蹤能力的戰機形成壓倒性優勢，對我國主力戰機構成極具威脅的威懾力與打擊力。³³

三、對地面防空影響

我國因戰略指導以採防禦手段為建軍備戰方向，致力於各類型防空飛彈武器，部署強化遠距精準能力，防空系統密度堪稱世界第二，共軍空軍先進戰機陸續列裝服役，對我防空系統在防禦上產生極大的影響。

(一)喪失制電磁權

殲-16D 新型電戰機為共軍自研殲-16 戰機系列中唯一具備完整的電戰能力，可與其他戰機構成較整體性的航空電子戰體系，主要任務是執行電戰壓制，破壞我軍訊息獲取

³³ 張謙，〈陸專家：殲 20 對非匿蹤戰機有壓倒優勢〉，《YAHOO!新聞》，2018 年 2 月 24 日，
<https://tw.news.yahoo.com/%E9%99%B8%E5%B0%88%E5%AE%B6-%E6%AE%B220%E5%B0%8D%E9%9D%9E%E5%8C%BF%E8%B9%A4%E6%88%B0%E6%A9%9F%E6%9C%89%E5%A3%93%E5%80%92%E5%84%AA%E5%8B%A2-032831536.html> (檢索日期:西元 2022 年 1 月 13 日)。

能力，癱瘓我方雷達及電子系統設備等電磁系統功能，且其於 2022 年 1 月首次侵擾我國西南防空識別區，以藉實戰化訓練強化電子作戰能力，未來在形成戰鬥力後，對我防空飛彈武器與戰管雷達預警能力，先實施干擾或制壓手段，再由戰鬥機執行陸地目標攻擊，掌握制電磁權，並主導戰場主動權。³⁴

(二)縮短防禦縱深

臺灣海峽平均寬度約 180 公里，共軍空軍戰機約僅需 6 至 10 分鐘即可飛抵臺灣本島上方，天然環境上作戰縱深早已不足，我國在取得先進戰機不易狀況下，僅能強化地面防空武力藉重層部署，縱深配置爭取防禦縱深，然共軍空軍先進戰鬥機兼具有中低空機動特性與超音速巡航能力，已大為壓縮我作戰縱深，不易防守。

(三)壓縮預警時間

殲-20 無疑是嚴重威脅我空防的首要共軍打擊利器，防空武器作戰指導為早期預警、即早接戰為原則，對於匿蹤功能產生極小的截面積值(Radar Cross-Section,RCS)，以單機或小批機群的方式自遠端進行突防，採先發制人攻擊我重要指揮中樞與戰略目標。並迫使我預警雷達與火控雷達等防空系統失去早期預警功能與即早接戰能力，在我防空武器偵獲前，早已落在殲-20 匿蹤戰機攻擊範圍內，對我政、軍指揮中心、通信中心、雷達、機場、防空飛彈陣地進行攻擊採取斬首行動，執行戰略突襲任務。³⁵

四、小結

共軍空軍在支撐其軍事戰略上，從人員訓練及編裝體制與武器裝備已進行全面性改革，裝備武器上無論從國外採購與自主研發更是有長足的進展，特別是在自主研製方面，均能與世界一流的國家並行，武器性能也擠身為先端，軍事上硬實力已逐步滿足其朝向「空天一體、攻防兼備」的戰略邁進，現階段透過遠海長航與實戰化訓練增進軟實力，創新戰法以支持其戰略發展，跨出第一島鏈的封鎖、延伸第二島鏈、觸及第三島鏈，中國在東亞地區藉由一帶一路的經貿政策發展勢力、剽竊美國先進技術，且有逐步逼近，甚至超越美國的態勢，當前習近平的「戰狼外交」政策也讓美國深感威脅，並重新檢視「島鏈戰略」，希望圍堵中國積極對外擴張的勢力與防止崛起的野心。我國處在於第一島鏈重要的戰略位置核心，自然成為了美國防堵中國勢力擴張的首要防線。面對於中共

³⁴ 呂炯昌，〈步步進逼！共機擾台首見殲 16D 專家示警：未來攻台先鋒〉，《今日新聞》，2022 年 1 月 25 日，〈<https://www.nownews.com/news/5698393>〉(檢索日期:西元 2022 年 1 月 26 日)。

³⁵ 孔懷瑞，2011/10。〈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，頁 112。

的擴張，從轟炸機、電偵機等機型單一機種的遠程航行到聯合機群實戰化的訓練，頻繁在我國防空識別區(Air Defense Identification Zone, ADIZ)西南區域襲擾，我國應重視共軍空軍先進戰機發展對我產生威脅，採取因應之道。

肆、我空軍因應作為

因應中共戰力發展與臺灣海峽空域的限制，我國空軍須採取建軍備戰方向與思考對應作為，靈活戰術運用，維持臺灣地區局部的空中優勢，而我空軍現行武器裝備，除刻正性能提升的 F-16 型機外，餘主力戰機服役年限均已超過 10 餘年，亟需在戰力上有所提升，才足以抗衡共軍空軍先進戰機威脅，建構「重層嚇阻」的可恃戰力，因地制宜建構符合我國需求的戰略部署，如孫子曰：「昔之善戰者，先為不可勝，以待敵之可勝。」掌握主動權，增加我空軍作戰靈活用兵思維，反制共軍空軍各型先進戰機對我威脅。

一、空中兵力

欲抗衡共軍空軍的威脅，我空軍各型主力戰機須進行必要程度的升級，以因應日後的詭譎多變的敵情，及未來可恃的威脅，強化制空作戰提升空防戰力，我國國防報告書在制空作戰規劃就提到：籌購 F-16V 新式戰機及提升現役 F-16A/B 型戰機性能，強化整體空中戰力。³⁶我國無須與中共進行軍備競賽，但也要建立足夠的防衛能力。

(一)提升先進機載雷達

目前我主力戰機性能提升，最大的差異之處在於 F-16 戰機換裝新型主動相位陣列雷達(AN/APG-83)，大幅提升了偵搜距離，即可從更遠距離掌握各種航機動態，更迅速做好相應的準備，對於共軍匿蹤戰機的威脅更有利於去應對。另提升我國自製的 IDF 經國號可參照 F-16 戰機性能提升，針對機載雷達性能與航電系統全面升級，強化空戰能力。至於 M2000-5 幻象戰機因維護不易、飛行成本高與未來建軍需求多方考量下，以維持現況並致力於提升可用機妥善率，擔任具優勢的高空作戰任務。

(二)增加遠距精準能力

我國空軍現行各型主力戰機遠距攻擊武器射程(如表 5)，F-16 戰機的 AIM-120 飛彈最遠射程超過 100 公里、M2000-5 幻象戰機中程雲母飛彈為 80 公里、IDF 經國號天劍二型為 100 公里，³⁷射程平均在 100 公里，相對於共軍空軍殲-10 與殲-11 搭載的霹靂-12 飛

³⁶ 鍾元、吳旻洲，〈面對中共威脅 台灣先進的 F-16V 作戰隊成軍〉，《大紀元》，2021 年 11 月 19 日，〈<https://www.epochtimes.com/b5/21/11/18/n13384661.htm>〉(檢索日期:西元 2022 年 1 月 27 日)。

³⁷ 宋磊，〈AIM-120 與台灣空防實力〉，《自由時報》，2019 年 3 月 11 日，〈<https://talk.ltn.com.tw/article/paper/1273162>〉(檢索日期:西元 2022 年 1 月 25 日)。

彈射程超過 100 公里、殲-16 與殲-20 掛載自用型霹靂-15 飛彈更可達 200 到 300 公里射程距離，相較之下我國遠距攻擊武器就相形見拙，故應提升各型戰機遠距打擊能力，可發展大幅增程的空射型飛彈、對敵實施精準打擊，利用遠距射程和射後不理能力做到先發制人的攻擊效益，建構視距外攻擊能力，延伸戰略防衛作戰縱深。

表 5 空對空遠距攻擊武器能力表

國家	主力戰機	空對空 遠距攻擊武器	射程距離
中華民國	M2000-5	雲母飛彈	80公里
	IDF經國號	天劍二型	100公里
	F-16	AIM-120飛彈	100公里
中國	殲-10	霹靂-12飛彈	150-200公里
	殲-11	霹靂-12飛彈	150-200公里
	殲-16	霹靂-15飛彈	200-300公里
	殲-20	霹靂-21飛彈	300公里
	殲-31	霹靂-15飛彈	200-300公里

資料來源：本研究整理。

二、地面防空

(一)建構多重雷達網

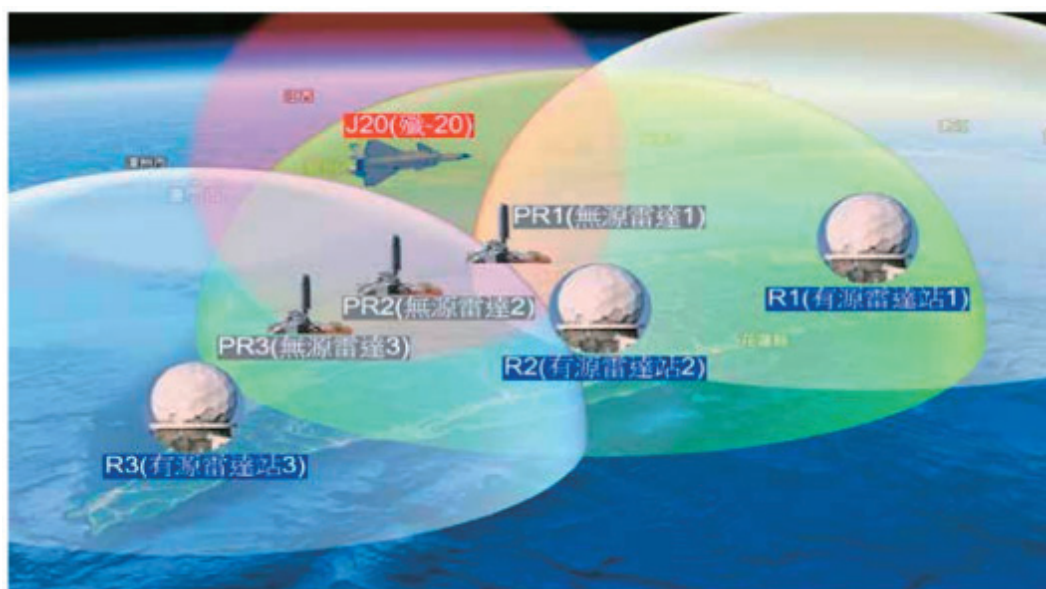
1.強化早期預警

近年來共軍匿蹤技術及無人飛行載具科技的迅速發展，面對共軍匿蹤戰機殲-20 具備匿蹤、超音速能力的威脅已壓縮我防空預警時間，達到「穿透性制空(Penetrating Counter-Air,PCA)」概念。³⁸即使在我國防空系統完整的狀況之下，共軍仍可空中突入我方空域作戰，先行對重要軍事目標攻擊。雷達網組成可提升防空雷達存活性及反匿蹤能力增加預警時間，在區域內建置多種頻段的雷達系統(如現有的有源雷達搭配無源雷達如

³⁸ 曾震宇，〈穿透性制空：一個全新空中作戰概念〉，《光明日報》，2021 年 11 月 21 日，<https://news.gmw.cn/2021-11/21/content_35325990.htm>(檢索日期:西元 2022 年 1 月 29 日)。

圖 5)，各雷達系統彼此間可獨立作業或共享偵測資訊，利用無源雷達多點偵測，提供目標參數，有源雷達則能準確定位、引導武器摧毀目標，交錯重疊構成複合性多層次的防空預警網。³⁹

圖 5 多重雷達網-無源雷達運用



資料來源：劉昱呈，2021/8。〈建置無源雷達對提升國軍防空預警能力之研究〉，《陸軍學術雙月刊》，第 57 卷第 578 期，頁 60。

2.對抗電子戰能力

面對於殲-16D 電戰制壓要能發揮功效，其中關鍵因素在於電子參數資料庫的建立，我空軍現行雷達均為有源雷達，雷達參數易遭共軍蒐獲，若可建立無源雷達偵測網，平時可運用擔任預警功能，使共軍電戰情蒐效益大為降低，同時降低電子戰軟殺效能與硬殺攻擊。

(二)建置雷達誘標，提高戰場存活

地面防空系統主要區分預警與攔截兩種手段，均須運用各類型雷達系統擔任耳目，對防空系統最具威脅的武器無疑是反輻射飛彈，藉由建置雷達誘標可欺騙來襲飛彈感應系統，使來襲飛彈在攻擊目標外引爆，解除防護目標威脅；且可與透過部署位置及同步操作，讓受防護雷達不被反輻射飛彈偵獲，達到被動防護目的，提高戰場存活率。⁴⁰

三、未來發展趨勢

面對共軍的威脅與逐年提高國防預算進行建軍發展，已有與美軍互別苗頭進行軍備競賽的意味，更說明中國的強軍夢戰略思想，共軍近年先進戰機的發展及威脅日甚一日，

³⁹ 劉昱呈，2021/8。〈建置無源雷達對提升國軍防空預警能力之研究〉，《陸軍學術雙月刊》，第 57 卷第 578 期，頁 64。

⁴⁰ 高智陽，2021/11。〈孤獨的蒼穹守望者〉，《亞太防務雜誌》，第 161 期，頁 36。

持續建構戰略空軍體系，不斷的研製新型戰機，不管是質與量均已超越我國，造成嚴峻的考驗，我國在有限的國防經費下，也應當思考建立不對稱作戰，無須參與中國軍備競賽，重點式的建軍發展，強化嚇阻能力。

(一)增加「遠程打擊」能量

我國在 2021 年公布的《國防報告書》提到現階段的建軍重點六大面向內不論在各作戰進程與各軍種建軍整備，均以建立遠程打擊能量為首要，我空軍應全力籌獲 F-16 型機所裝配的「AGM-88B」空對面反輻射飛彈、「AGM-154C」遠距遙攻精準彈藥、「AGM-84H」空對海飛彈等精準打擊能力。

(二)強化「源頭打擊」能力

針對我現有的制壓攻擊武器「雄昇」飛彈、「萬劍」飛彈在現有的基礎上，賡續研發增程型與精準能力，有效打擊敵作戰重心及關鍵要害，建立打鳥不如打巢的攻勢作戰思維，攻擊就是最好的防禦，可運用先制與奇襲作戰理念，爭取主動權掌握共軍重點要害。

(三)完善整體防空體系

增加無人機預警偵測手段(採購美國 MQ-9B「海上衛士」無人機)。運用無人機系統具可長時間滯空與全時監偵能力，彌補高空監偵能力，⁴¹完善高空與遠程預警，可有效增加預警範圍與效能，未來爭取掛載武器，偵打一體，兼具攻擊能力，可適時支援作戰任務並達到嚇阻敵人的效果，另外籌建天弓二型飛彈（性能提升）、天弓三型陸基防空飛彈、愛國者二型飛彈（性能提升）及愛國者三型飛彈等武器系統，提高我軍重要防護目標安全。

(四)智慧型偽裝設施

科索沃戰爭中，南斯拉夫於戰前加強軍事設施偽裝及重要物資分開屯儲與隱（掩）蔽等措施，有效防範北約空襲未造成重大損失。鑑此，我軍事設施可運用新型智能隱形材料與背景融為一體，降低攻擊效果。另將重要設施（裝備）採地下化掩蔽，如將空軍基地地下化，除可增加基地抗攻擊能力，同時可確保戰力的發揮。⁴²

四、小結

我國假想敵一向都是中國，近年來由於中國總體國力大幅成長，我國如何面對與因

⁴¹ 涂鉅旻，〈反制共軍 我建置 7 大打擊武器〉，《自由時報》，2021 年 9 月 1 日，〈<https://news.ltn.com.tw/news/politics/paper/1470171>〉(檢索日期:西元 2022 年 1 月 29 日)。

⁴² 同註 2，頁 21。

應，已是燃眉之急的課題，且共軍仍以武力犯臺為促使兩岸統一的手段之一，致力於各種武器裝備發展，先進戰機的研發，遠距遙攻的導彈部署，積極走向世界擴展勢力，我空軍建軍發展即使有前述各項防禦作為，也有可能在兩岸開戰之際，即承受重大損害，我仍應階段性的逐步調整作戰思維，檢視整體防衛建軍規劃，籌建符合我國情的武器裝備。

伍、結論與建議

一、結論

現代科技進步快速，新科技及新技術會改變作戰形式與效果。共軍為實現其新時期空軍戰略，因應未來戰爭需求，各種先進戰機陸續成軍是勢在必行的過程，以符共軍作戰所需，反觀我國亦正值擘劃第五代裝備與戰力的建構，積極因應對岸傾斜的戰力與嚴峻的空情，省思建構足以嚇阻的戰力，強化聯合防空作戰效能、增強空軍承受攻擊能力以阻制共軍空襲、加強我國終端防禦措施，確保防空戰力完整與發揮，攸關聯合防衛作戰成敗關鍵。

二、建議

因應未來的發展走向與世界潮流，遠距精準、智慧化、無人化、電子作戰則是我國未來建軍發展的方向，現階段國軍各項武器裝備籌獲途徑以自主研製為優先，以因應區域敵情威脅改變或評估具迫切性，且短期無法自製的建案項目或可快速提升戰力之武器裝備，籌獲方式可由國內外商購及軍購方式獲得，以快速形成戰力，將汲取經驗及技術，以提升國防自主實力，達成先進武器裝備自研自製之能力，並結合全民國防總力，期能建立可恃戰力，嚇阻敵軍進犯。持續強化聯合指揮機制、精進聯合戰力規劃及戰術戰法、整合資電作戰、更新武器裝備、後勤維保、精神戰力及後備儲能等戰力，慎選攻擊目標，集中戰力於敵人作戰重心與關鍵要害，創造有利戰場環境，達成作戰目標，未來持續以提升我國防衛能力為導向，進而快速建構國軍重層防衛之嚇阻戰力。

第一作者介紹

單位：國防大學空軍指參學院

職務：少校學員

姓名：鄭詠儒

學歷：陸軍官校97年班

陸軍砲兵學校正規班102年班

經歷：排長、副連長、作戰管制官、連長

研究領域：防空作戰



第二作者介紹

單位：國防大學空軍指參學院

職務：上校教官

姓名：蕭宏州

學歷：空軍官校88年班

空軍作參班94年班

空軍指參班102年班

經歷：飛行官、情報官、分隊長、作戰長、

聯參官、大隊長

研究領域：空中作戰想定



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 /何修竹等作.

-- 初版. -- 桃園市 : 國防大學, 民 111.10

面 ; 公分

ISBN XXX-XXX-XXXX-XX-X(平裝)

1. 空權與國防 2. 不對稱作戰 3. 反制技術 4. 文集

599.607

110016330

書名：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：何修竹、何應賢、高基榮、許智翔、陳則佑、黃建遠、鄭詠儒、魯哲辰、蕭宏州（依姓氏筆劃順序排列）

總審訂：喬志弘

副審訂：楊政忠

執行編輯：陳東麟

封面設計：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)3732025

印製者：國防部軍備局生產製造中心第401廠北印所

其它類型版本：無

出版日期：中華民國111年10月

初版一刷

定價：350元

印製數量：135冊

ISBN：XXX-XXX-XXXX-XX-X

GPN：XXXXXXXXXX



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

