

從俄烏戰爭探討無人機反制作為對我之啓示

空軍少校 黃文彥 空軍中校 陳則佑

空軍上校 吳龍政

提 要

近代戰爭因無人機的發展進而改變作戰型態，尤以俄烏戰爭廣泛運用無人機堪稱不對稱作戰之經典，無人機運用與反制儼然已成為兵家必研課題。反觀中共無人機發展已列世界前茅，且頻繁以無人機入侵我外島上空及訓練空域，藉以對我實施灰色地帶與認知作戰，企圖削弱我民心士氣及抗敵意志，我應正視此威脅，以創新/不對稱作戰思惟突破桎梏。本文借鏡俄烏戰爭無人機反制作為，探討我軍對應中共無人機進襲之反制手段，諸如防空系統及電子戰裝備等軟硬殺手段，透過適當的資源投入，融合軍事和民用技術，研擬適合國軍建軍備戰的無人機反制作為，發揮不對稱作戰效益。

關鍵詞：俄烏戰爭、不對稱作戰、無人機反制作為、防空武器、電子戰

前 言

俄烏戰爭至2022年2月24日爆發至今，已逾兩年。俄烏戰爭的爆發跌破許多專家眼鏡，包括認為俄羅斯的理性決策，不太可能入侵烏克蘭，俄軍入侵烏克蘭後地面部隊的表現慘不忍睹、俄羅斯空軍未應地面需要實施空中支援，以及烏軍令人驚訝的堅決抵抗意志等。而俄烏戰爭是繼伊拉克戰爭後，最大型國與國之間的戰爭，期間出現許多戰術與裝備，都將成為未來世界各國軍隊戰備參考，並成為下一次大型戰爭的作戰形態趨勢¹，而引人注目的就是無人機載具在戰場上的攻防運用，俄軍的裝甲車及坦克都在戰爭中，遭

受烏軍無人機打擊，經過此次事件之後，讓許多國家的軍事專家開始重新檢視無人機時代在戰爭中實質的效益與意義。

所以，我們可以推論在未來在小至地區衝突；大至國家戰爭的戰術思維已發展成不對稱作戰的模式，此也將變成一種全新的作戰模式。在現今科技蓬勃發展的盛世，世界強國均著重無人載具的發展與研發，無人機具備機動性高、適應性高、統合性、體積小、用途廣泛、隱密性好、長滯空時間、可協同指管及有效減少人員傷亡等特點，適合執行高風險的作戰任務。SpaceX首席工程師暨創辦人馬斯克在2020年美國空軍舉辦的空戰研討會提到「戰鬥機時代已經過去，未來將是無人機

1 〈俄烏戰爭週年〉無人機攻防戰成趨勢「蜂群模式」應早作防範〉，《自由時報》，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4212884>。



的天下」²，所以無人機在未來極可能取代有人戰機，成為新時代的戰爭型態。

在我國112年國防報告書多次提出共軍運用無人機的字眼，無論是中共常態化侵襲態樣中的當面機場無人機兵力部署、無人機針對性情蒐作為、運用無人機執行遠海常航訓練、非軍事活動中運用無人機接近我外(離)島或本島遂行監偵及侵擾活動等，可見共軍已靈活運用無人機於軍事訓練；然而我軍近年也積極發展不對稱戰力，向美採購MQ-9B無人機，強化遠距偵蒐與預警效能；另外也積極開發無人機反制整合系統，以發揮整體作戰效益。

本文探討範圍為我國軍對於「俄烏戰爭無人機運用」及「共軍無人機反制」的因應作為，研究共同關聯及應處方法，並依據112年國防報告書序言：「備戰才能避戰，能戰才能止戰」之目標³，探討我軍防空兵火力針對中共無人機進襲未來籌備方向及作戰形態，以即時因應並做出有效的反制手段，先期防範敵軍威脅。

俄烏戰爭無人機運用及反制作為

在俄烏戰爭中，最引人注目的是無人機在戰場上的攻防運用。雖然說無人機的運用在俄烏戰爭中才明顯被世人所關

注，但早在雙亞戰爭中，無人機戰力就在戰場上被頻繁運用，被軍事觀察家認為是未來戰爭的主力⁴。換言之，在俄烏戰爭持續已逾兩年，雙方對於無人機運用及反制作為從戰爭初期到現在都有不同的變化，舉例來說，烏軍初期在使用旗手(TB-2)無人機取得很大的戰果，後來俄軍開始意識到反制無人機的重要性，開始著重在部署反無人機的電子干擾系統，確保軍隊在移動時免於遭烏軍無人機攻擊或偵察，以下將針對俄烏戰爭雙方無人機運用及反制武器作探討。

一、俄羅斯主要無人機介紹

俄烏戰爭中，俄羅斯使用多種無人機(UAVs)，這些無人機按照其用途可以大致分為偵察型無人機、偵打一體型無人機以及自殺式無人機(遊蕩彈藥)⁵(如表1)。

(一)偵察型無人機

1.Elron-3SW：搭配圖像強化顯示及紅外線影像系統，並具備夜視功能，可用全球導航衛星系統(GLONASS)或全球定位系統(GPS)支援導航飛行。

2.Orlan-10(海鷹10)：搭配EOS光學及紅外線顯示系統，並具備FPV攝像機。

(二)偵打一體型無人機

1.Orion-E(獵戶座)：搭配雷射導引的

2 Technews科技新報，〈看好軍用無人機未來發展，馬斯克：載人戰鬥機時代已經過去〉，<https://technews.tw/2020/03/02/aws20-elOn-musk/>。

3 國防部，2023。《中華民國112年國防報告書》臺北：國防部。

4 同註1。

5 〈DRONES OVER UKRAINE〉，《CNA》，<https://www.cna.org/our-media/indepth/2022/04/drones-over-ukraine>。

表1 俄羅斯主要無人機種類及性能

機型	性能	機型	性能
Eleron-3SW 	偵察無人機 最大起飛重量 (MTOW) 5.3 公斤 飛行高度 13,200 呎 最大航程 60 公里 飛行時間 100 分鐘	Orlan-10 (海鷹 10) 	偵察無人機 MTOW 15 公斤 飛行高度 16,500 呎 作戰範圍 110 公里 飛行時間 16 小時
Orion-E (獵戶座) 	偵打一體無人機 MTOW 1,150 公斤 最大航程 1,440 公里 飛行高度 24,600 呎 飛行時間 24 小時	Forpost-R (前哨) 	偵打一體無人機 MTOW 500 公斤 飛行高度 19,700 呎 最大航程 450 公里 飛行時間 20 小時
Mohajer-6 (遷徙者) 	偵打一體無人機 MTOW 600-670 公斤 飛行高度 25,000 呎 作戰範圍 2,000-2,400 公里 飛行時間 12 小時	Shahed-129 (見證者) 	偵打一體無人機 MTOW 400 公斤 作戰範圍 1,700 公里 飛行高度 24,000 呎 飛行時間 24 小時
Shahed-136 (沙赫德) 	遊蕩彈藥 MTOW 50 公斤 作戰範圍 2,500 公里	Zala KYB (神風) 	遊蕩彈藥 MTOW 3 公斤 飛行時間 30 分鐘 最大飛行距離 40 公里

資料來源：自行綜整

反坦克飛彈(Vikhr-1V)，搭載數據鏈路、電子光學、紅外線、SAR及雷射測距鏡頭等系統。

2.Forpost-R(前哨)：搭配反坦克飛彈(X-BPLA)，搭載數據鏈路、電子光學、熱成像、電視攝影及雷射測距儀等系統。

3.Mohajer-6(遷徙者)：機翼下方有4個用於飛彈或炸彈插槽，機身下方有2個插槽，可搭配空對地、空對空飛彈、導引火箭、電子干擾和雷達探測等系統。

4.Shahed-129(見證者)：具備2個雙掛

載點，可搭配4枚彈藥，搭載光電、紅外線感測器及雷射測距儀等系統。

(三)遊蕩彈藥

1.Shahed-136(沙赫德)：可攜帶40-50公斤彈頭，針對即殺傷性、反裝甲、反工事及固定設施與反雷達輻射等攻擊種類，採控制接收模式天線(CRPA)及慣性導航⁶，俄軍最新的沙赫德系列的無人機，使用能破壞雷達偵測的複合材料或塗層，使得機身呈現黑灰色，有助於匿蹤或躲避雷達⁷。

6 Roberto J. Gonzalez，〈Drones over Ukraine: What the war means for the future of remotely piloted aircraft in combat〉，《The Conversation》，<https://theconversation.com/drones-over-ukraine-what-the-war-means-for-the-future-of-remotely-piloted-aircraft-in-combat-197612>。

7 於139頁。

2.Zala KYB(神風)：為滯空型遊蕩彈藥，可搭配高爆彈頭或破片彈頭，搭載光電及鏡頭導引系統。

二、烏克蘭主要無人機介紹

烏軍在俄烏戰爭中所用之武器裝備系統均透過國際上的外援獲得，而在戰爭初期，土耳其的TB-2(旗手)攻擊無人機，

在戰場上獲得很大的攻擊戰果。但隨著俄烏兩國經過戰爭的時間洗禮，雙方針對無人機的攻擊及防禦模式均有一定程度上進步。

烏軍在戰爭中運用的無人機大致分為偵察型無人機、攻擊型無人機、偵打一體型無人機及遊蕩彈藥等種類(如表2)。

表2 烏克蘭主要無人機種類與性能

機型	性能	機型	性能
Leleka-100	偵察型無人機 MTOW 5.5 公斤 最大航程 100 公里 最大飛行高度 5,000 呎 飛行時間 2.5 小時	A1-SM-Furia	偵察型無人機 MTOW 5.5 公斤 飛行時間 3 小時 最大航程 200 公里
Warmate (Warmate2)	遊蕩彈藥 MTOW 5.7 公斤 (二代 30 公斤) 飛行高度 990 呎 最大航程 200 公里 飛行時間 1 小時 具有蜂群能力	Spectator-M1	偵察型無人機 MTOW 5.5 公斤 飛行高度 12,000 呎 飛行時間 3 小時 最大航程 200 公里
SkyEye 5000	偵察型無人機 MTOW 90 公斤 飛行時間 7 小時 飛行高度 15,000 呎	TB-2	偵打一體型無人機 MTOW 700 公斤 最大航程 4,000 公里 飛行高度 25,500 呎 飛行時間 27 小時
Switchblade 300	遊蕩彈藥 作戰範圍 10 公里 飛行時間 15 分鐘	Switchblade 600	遊蕩彈藥 作戰範圍 40 公里 飛行時間 40 分鐘
R-18	8 軸攻擊型無人機 飛行距離 4 公里 飛行時間 40 分鐘 攜帶 5 公斤炸藥	UJ-22 Airbrone	攻擊型無人機 最大航程 800 公里 最大飛行高度 20,000 呎 飛行時間 7 小時
Phoenix Ghost (鳳凰幽靈)	遊蕩飛彈 構造與彈簧刀相似 飛行時間達 6 小時	Mavic 3(大疆)	偵察型無人機 飛行時間 43 分鐘 最大飛行距離 28 公里
M 30(大疆)	偵察型無人機 MTOW 4 公斤 最大飛行高度 23,000 呎 飛行時間 41 分鐘	M300 RTK(大疆)	偵察無人機 最大飛行高度 23,000 呎 飛行時間 55 分鐘

資料來源：自行綜整

三、俄烏無人機運用及反制作為分析

俄烏雙方無人機運用方面，根據戰場需求與可用資源靈活調整其戰術和策略，依其用途及運用方式分述如下：

(一)用途

1.低、中層：飛行高度約1萬8,000呎以下，通常為商用旋翼型或手持發射之小型無人機及配備通信傳導系統及小量武器系統之中型無人機，其主要運用為戰場監視與偵察、攻擊目標標定、小範圍攻擊、長時間監視及精準打擊等任務⁸。

2.高層：飛行高度1萬8,000呎以上，能夠在一般商用航班的飛行高度執行任務，主要運用為戰略偵察及通信中繼等任務⁹。

(二)無人機戰略及戰術運用

1.遠程戰略攻擊：雙方使用無人機對遠離前線的目標進行打擊。這些目標包括工廠、軍事基地和能源設施。例如：烏克蘭使用具長航程的無人機(RJ-22)攻擊距烏克蘭邊境約800公里之俄羅斯能源基礎設施，打擊俄羅斯的補給線和後勤¹⁰。

2.短程戰術攻擊：第一人稱視角(FPV)無人機的短程攻擊戰術發揮關鍵作用，其靈活性和低成本的特性不僅能執行

精準攻擊任務，還能避免防空雷達的偵知，成為前線部隊的重要武器。烏軍運用FPV無人機攻擊俄羅斯的車輛和其他軍事設備，俄軍則主要針對步兵和壕溝等防禦工事¹¹。

3.電子戰作為：俄軍使用海鷹10無人機搭配電子戰裝置干擾烏軍無人機的無線電頻率，使其失去控制能力，阻止無人機執行任務。

4.情報、監視與偵察(ISR)：無人機在蒐集情報和提供戰場資訊等方面發揮關鍵的作用。例如：俄軍使用無人機進行ISR和戰鬥任務，而烏克蘭則利用土耳其製造的TB2有效地進行打擊和偵察活動。

在俄烏戰爭經過兩年後，為符合戰場環境的需求，雙方對於無人機攻擊行動都有其對應作為，以下分析雙方對於無人機的反制作為：

(一)俄羅斯：針對烏克蘭無人機攻擊，俄羅斯採取一系列的防護和反制手段，旨在最大限度地減少這些攻擊對其軍事設施和人員的影響，反制措施主要集中在提高其空中防禦能力及電子戰能力(如表3)等。

7 THOMAS NEWDICK, 〈Our First Look Inside Russia's Shahed-136 Attack Drone Factory〉, 《THE WARZONE》, <https://www.twz.com/news-features/our-first-look-inside-russias-shahed-136-attack-drone-factory>。

8 〈How drone combat in Ukraine is changing warfare〉, 《REUTERS》, <https://www.reuters.com/graphics/UKRAINE-CRISIS/DRONES/dwpkeyjwkpm/>。

9 同註6。

10 同註6。

11 BOHDAN BEN, 2024/3/22, 〈FPV drone tactics reshape conventional trench warfare in Russo-Ukrainian War〉, 《EUROMAIDAN》, <https://euromaidanpress.com/2024/03/22/both-ukraine-and-russia-rapidly-increase-the-use-of-fpv-drones-challenging-conventional-trench-fortifications/>。

表3 俄羅斯主要反制無人機武器

武器種類	性能	武器種類	性能
地對空防空武器			
9K38 Igla	攜帶型防空飛彈 射高 3.2 公里 作戰範圍 5.2 公里 射速 2 馬赫 紅外線導引	9K333 Verba	攜帶型防空飛彈 作戰範圍 6.5 公里 射高 4.5 公里 射速 1.5 馬赫 光學、紅外線導引
			
Pantsir-S1(鎧甲)	近程防空飛彈 作戰範圍 18 公里 射高 15 公里 射速 2.3-3.8 馬赫 副武器 2A38 雙管高射砲	2K22 Tunguska	近程防空飛彈 作戰範圍 10 公里 射高 3.5 公里 射速 1.57 馬赫 無線電指揮制導
			
9K33 Osa	近程防空飛彈 作戰範圍 15 公里 射高 12 公里 射速 2.9 馬赫 命令視距導彈導引 (CLOS)	9K35 Strela-10	近程防空飛彈 作戰範圍 5 公里 射高 3.5 公里 射速 1.5 馬赫 雙模無源光對比 / 紅外線導引
			
9K37 Buk	中程防空飛彈 作戰範圍 45 公里 射高 2.5 公里 射速 3 馬赫 半主動雷達導引	9K330 Tor	近程防空飛彈 作戰範圍 12 公里 射高 6 公里 射速 2.5 馬赫 無線電及光學雷達導引
			
S-300 PMU-1/2	遠程防空飛彈 作戰範圍 120 公里 射高 27 公里 射速 3.5 馬赫 半主動雷達導引	S-400 TRIUMF	遠程防空飛彈 作戰範圍 380 公里 射高 30 公里 射速 3.5 馬赫 (半) 主動雷達導引
			
電子戰裝備			
Murmansk-BN	電子干擾 高頻無線電干擾系統 干擾範圍 5,000-8,000 平方公里 工作頻段 3-30MHz(HF)	RB-636AM2 Svet-KU	電子干擾 監控電磁環境、資訊攔截 作戰範圍 250-300 公里 頻段 25M~18GHz(VHF、UHF)
			
R-330Zh Zhitel	電子干擾 探測、跟蹤、干擾衛星通信及手機訊號 工作頻段 100MHz 至 2GHz	Krasukha-4	電子干擾 干擾機載預警和控制 S、X 與 Ku 干擾波段 射程 300 公里
			
RB-341V Leer-3	電子干擾 由干擾機和 Orlan-10 無人機構成 中斷數百公里的 VHF 和 UHF	Tirada-2	電子干擾 工作頻段 14GHz 至 3000GHz
			
Serp-VS5	反無人機系統 便攜式電子戰系統 範圍 5-20 公里 工作頻段 900MHz 到 5.8GHz	Strizh-3	電子干擾 工作頻段 2.4-5.6GHz 範圍 3 公里
			

資料來源：自行綜整

1.空中防禦系統：俄羅斯部署防空系統來攔截和摧毀入侵的無人機。這包括短、中及遠程防空系統，它們能夠對付不同高度和距離的空中目標；對於低空威脅，俄軍還會使用便攜式防空飛彈系統來攔截無人機。

2.電子戰與訊號干擾：使用電子戰設備干擾無人機的通信和導航系統，通過干擾無人機的GPS訊號或遠程控制訊號，使其偏離航線或迫使其降落。俄羅斯研發

和部署專門對抗無人機的系統，例如：Krasukha-2/4電子戰系統¹²，能夠抑制衛星導航和阻斷無人機的控制訊號；運用網路攻擊手段，針對無人機的控制系統和數據鏈路進行攻擊，破壞其功能¹³。

(二)烏克蘭：面對俄軍無人機進襲採取多種反制作為，涵蓋物理攻擊手段、電子戰和網路戰策略，主要反制無人機武器如表4。

1.空中防禦系統：運用各種防空系統

表4 烏克蘭主要反制無人機武器

武器種類	性能	武器種類	性能
地對空防空武器			
Piorun(閃電)	攜帶型防空飛彈 作戰範圍 6.5 公里 射高 4 公里 射速 2 馬赫 紅外線導引	FIM-92(刺針)	攜帶型防空飛彈 作戰範圍 4.83 公里 射高 3 公里 射速 2.2 馬赫 紅外線導引
Starstreak(星光)	攜帶型防空飛彈 作戰範圍 7 公里 射高 7 公里 射速 3 馬赫 SACLOS 雷射導引	Mistral(西北風)	攜帶型防空飛彈 高爆彈藥 作戰範圍 8 公里 射速 2.71 馬赫 紅外線導引
S-300 Grumble	中遠程防空飛彈 作戰範圍 200 公里 射速 6 馬赫 半主動雷達導引	2K12 Kub	短程防空飛彈 作戰範圍 24 公里 射高 1.4 公里 射速 2.8 馬赫 半主動雷達導引
MIM-104 Patriot(愛國者)	中遠程防空飛彈 作戰範圍 80-120 公里 射高 2.4-3.6 公里 射速 3.5-4 馬赫 主動雷達導引	IRIS-T	短中程防空飛彈 作戰範圍 12-80 公里 射高 8-30 公里 射速 3 馬赫 GPS+ 紅外線導引
NASAMS- II	短中程防空飛彈 作戰範圍 30-50 公里 射高 21-35.7 公里 射速 4 馬赫 雷達 + 紅外線導引	M142-HIMARS(海馬斯)	重量 16.25 公斤 單發、雙及四連發及六發齊射 最大射程 500 公里 作戰範圍 480 公里

12 〈Russia gears up for electronic warfare in space〉，《ISDC-NSS》，<https://www.thespacereview.com/article/4056/1>。

13 〈由俄烏戰爭觀察俄軍電子戰能力〉，《國防安全研究院》，<https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=544&typeid=27>。

電子戰裝備			
mandat-B1E R-330UM 	電子干擾 工作頻段 1.5-1000MHz 範圍 60-90 公里	Nota EW 	電子干擾 工作範圍 20 公里 L、S、C 及 X 波段射頻訊號 干擾 1 公里內的蜂巢通訊訊號
AUDS 	反無人機系統 戰略性的 C-UAS 系統 工作範圍 10 公里 工作頻段：Ku 波段	Anklav 	反無人機系統 工作頻段 400-2500MHz 干擾無人機操控通信頻道 工作範圍：定向天線 40 公里；全向天線 20 公里
KOLCHUGA RDF 360 	無源雷達系統 工作頻段 0.13-12GHz、0.3-18GHz 工作範圍 700 公里	AD G-6+ 	工作頻段 5.7-5.9GHz 工作範圍 3.5 公里 持續運作 20-40 分鐘 干擾無線電控制、GPS 導航和視頻數據傳輸
AD Counter FPV 	工作頻段 5.7-5.9GHz 工作範圍 3.5 公里 持續運作 20-40 分鐘 干擾無線電控制、GPS 導航和視頻數據傳輸		

資料來源：自行綜整

來攔截與摧毀進入其領空的俄軍無人機，這包括從便攜式地對空飛彈到先進的防空系統，如NASAMS- II 和S-300 Grumble 等；針對低空目標，則使用低空火炮或短程防空飛彈對其進行快速打擊。

2.電子戰干擾與網路戰策略：部署電戰裝置，干擾無人機控制訊號，使其失去控制或導航能力，甚至能接管無人機控制；通過發射假的GPS訊號來誤導無人機，使其偏離預定路線或降落；運用網路攻擊手段，對無人機的控制系統進行駭客攻擊，企圖從遠程接管或使其失效。

烏克蘭在反制俄羅斯無人機進襲方

面展現高度的適應性和創新能力，不斷地尋求和實施新的方法來保護其領空安全¹⁴。這些措施的有效性不僅取決於技術和裝備，還注重操作人員的訓練、戰術靈活性及與國際夥伴的合作。綜上所述，針對俄烏雙方的反制無人機手段依防空武器及電戰裝備等類型分析兩者之共同性與差異性(如表5)，並比較俄烏雙方的優劣點後加以整理(如表6)。

雙方雖然在防空和電子戰裝備的應用上有共同之處，都重視這些技術的戰略意義，但在技術水平、外部支援和戰術運用上存在顯著差異¹⁵。而這些反映俄烏兩

14 舒孝煌，〈俄烏雙方在戰場的無人機運用〉，上報，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=2&SerialNo=150976，檢索日期：2023年3月7日。

15 〈The Fall and Rise of Russian Electronic Warfare〉，《IEEE-Spectrum》，〈<https://spectrum.ieee.org/the-fall-and-rise-of-russian-electronic-warfare>〉。

表5 俄烏無人機反制作為差異比較表

種類因素	防空武器	電戰裝備
共同性	防空能力的重視：雙方都高度重視防空系統，深知制空權的重要性。這方面表現在雙方都擁有多層次的防空網，從近程到遠程防空系統。 多 功 能 性： 無 論 是 俄 軍 的 S-400 TRIUMF 及 Pantsir-S1， 還 是 烏 軍 的 IRIS-T 和 S-300 Grumble， 這些防空系統都設計來對抗多種空中威脅，包括飛機、無人機和飛彈。	電子戰戰略運用：雙方都將電子戰視為現代戰爭的核心的一部分，使用電子戰裝備進行通信干擾、情報收集及對敵電子設備的破壞。 戰術靈活性：雙方均展示透過電子戰裝備進行戰術靈活操作的能力，例如：通過電子干擾來影響敵方的通信和導航系統，以增強戰場的資訊優勢和作戰效能。
差異性	烏軍在防空系統的現代化和升級方面，受益於來自西方國家的支持，有助提升既有系統能力，特別是在目標識別和反應速度等。	裝備運用：俄軍的電戰裝備在整體戰術與戰略中佔有顯著地位；反觀烏軍則在特定情況下，才強調電子戰裝備的運用。 技術水平和創新：俄軍在電子戰技術方面具有自主研發和創新優勢；烏軍則依賴於改進蘇聯遺留技術和西方國家所提供的技術支援。

資料來源：自行綜整

國的國防策略、經濟能力和國際聯盟的不同，並對戰爭的後續進展產生的影響甚大。

探討我軍對中共無人機反制作為

一、中共無人機發展與運用

(一)無人機發展演進

「不對稱作戰」理論是美國於後冷

表6 俄烏無人機反制作為優劣比較表

特點國家	優	劣
俄羅斯	俄軍的電戰系統通常技術先進且功能多樣化，尤其在電子戰裝備方面具備明顯優勢，能夠執行廣泛的干擾和反干擾任務。	1. 俄軍武器較老舊，恐有妥善率等相關問題。 2. 電戰系統經常需要大量的維護和專業操作。
烏克蘭	1. 經過戰場驗證：所使用 IRIS-T 及愛國者防空飛彈系統，已在多次衝突中被證明是有效的。 2. 西方的整體援助：烏克蘭持續接收西方國家所提供的先進武器裝備，彌補首都及重要地區的防空火力涵蓋範圍。	1. 資源限制：烏克蘭在經濟與軍事預算上的限制較大，影響防空系統的維護、提升及整體作戰準備。 2. 烏克蘭的電戰系統依賴傳統技術。

資料來源：自行綜整

戰時期波灣戰爭中，基於已失去「相抗」的對手，在高度科技化戰爭條件下，提出的新戰爭思維，以應對激進份子、恐怖組織等武裝勢力的威脅，並適應未來可能的戰爭變局¹⁶。

自1996年起，經由以色列協助，開始大量生產開發全天候的無人機ASN-206。此外，除開發攻擊性無人機外，並向以色列購買哈比渦輪噴射無人機，還與其他國家進行技術合作，引進相關的核心技術，使無人機的研發成為中共航空工業的重要發展方向¹⁷。中共在發展無人機方面，除自主研發外，也藉仿造美國、蘇聯等國的無人機來加速發展進度，甚至在某些方面超越西方國家。

16 李皓；張瑞麟，2012/06。〈「不對稱作戰」之發展探討〉，《海軍學術雙月刊》，46卷3期，頁35-51。
17 謝佳良，2023/06。〈中共無人機對臺海作戰威脅與因應之研究〉，《陸軍學術雙月刊》，59卷589期，頁77-97。

(二)無人機現況運用

美軍將無人機系統區分為五種類型，依其重要特性、功能及性能諸元分析不同類型的無人機(如表7)。第四類及第五類分別為持久型與突穿型無人機，重量均達600公斤以上，此分類因應各軍種的不同作戰需求，或部隊特性而去選擇正確類型的無人機，地面部隊则需要的是第一類至第三類的無人機，用於戰場偵察、目標確認及空中火力支援瞄準等作業。

表7 無人機種類與性能分類表

類型	性能諸元	說明
第一類 微型/小型無人機	重量 10 公斤以下，飛行高度 1,200 呎以下，飛行速率低於 100 節。	手持施放，具備小型酬載的能力，於使用者視線範圍內運作。
第二類 小型戰術無人機	重量 10 公斤到 25 公斤，飛行高度 3,500 呎以下，飛行速率低於 250 節。	小型機身，低 RCS，中等航程與續航力，地面控制站於視野範圍內操作。
第三類 戰術無人機	重量 25 至 600 公斤以下，飛行高度 1 萬 8,000 呎以下，飛行速率低於 250 節。	不同載臺的航程與續航力差異甚大，較第一、二類需要更大的後勤支援。
第四類 持久型無人機	重量 600 公斤以上，飛行高度 1 萬 8,000 呎以下。	中高空作業，具備延伸續航與耐久飛行能力，需要起降跑道。
第五類 突穿型無人機	重量 600 公斤以上，飛行高度 1 萬 8,000 呎以上。	中高空作業，具有最大航程、續航力與空速，需要起降跑道。

來源：Army Techniques Publication 3-01.81, Counter-Unarmned Aircraft System Techniques。

(三)中共主要無人機分類(如表8)

1.KVD-001無人機(BZK-005無人機)：KVD-001是一種具有匿蹤能力的中高空遠程無人偵察機，機身承受力為主的薄壁式結構。主要用於執行偵察任務和搜集情報¹⁸。

2.無偵7(翔龍)無人偵察機：無偵-7是高空長航時的無人機，主要用於邊境偵察、領海巡邏等任務，類似於RQ-4全球鷹偵察機，具備目標偵查、評估、空中監視、情報蒐集及中繼通信等多種功能¹⁹。

3.無偵8高空高速匿蹤無人偵察機：具備航時長、高高空飛行、偵察範圍大、高巡航和匿蹤等特性，應用於軍事及民生領域²⁰。

4.攻擊11匿蹤型偵打一體無人機：前身為利劍無人機。採混合動力，能高空高速飛行，擁有遠航程和載彈能力大，可攜帶多種飛彈和炸彈，打擊地面和海上目標，未來可與殲20進行協同作戰。

5.TB-001偵打一體無人機(雙尾蠍)：首款4具發動機大型無人機，能執行自主攻擊、偵察和搜索等任務。

6.攻擊2(翼龍2)偵打一體無人機：配有V型尾翼和腹鰭，採用可伸縮起落架。機翼共三個掛載點，可掛載火箭彈、炸彈

18 〈五天內無人機兩度繞臺，解放軍出現新型偵查戰術〉，《科技新報》，<https://technews.tw/2023/05/03/plas-bzk-005-drone-circled-taiwan-again-in-five-days/>，檢索日期：2023年6月7日。

19 〈無偵-7 首度高空飛越宮古海峽，日本自衛隊戰機升限不夠只能仰拍〉，《科技新報》，<https://technews.tw/2023/01/03/pla-wz7-drone-across-miyako-strait-for-the-first-time/>，檢索日期：2023年3月7日。

20 〈美媒：中國無偵8速度可達7馬赫 是全球唯一的高超音速無人機〉，《中時新聞網》，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20211206004943-260409?chdtv>，檢索日期：2023年3月7日。

表8 中共主要無人機種類與性能

機型 種類	性能及用途	機型 種類	性能及用途
彩虹 4 號  (CH-4) 突穿型	偵打一體型無人機 飛行高度 26,200 呎 MTOW 1,330 公斤 最大飛行距離 3,500 公里 滯空時間 38 小時	翼龍 II 型  (GJ-2) 突穿型	偵打一體型無人機 MTOW 4,200 公斤 飛行高度 29,500 呎 滯空時間 20 小時
彩虹 5 號  (CH-5) 突穿型	偵打一體型無人機 飛行高度 23,000 呎 MTOW 3,300 公斤 最大飛行距離 7,000 公里 滯空時間 40 小時	無偵 -7  (WZ-7) 突穿型	偵打一體型無人機 MTOW 7,500 公斤 飛行高度 65,600 呎 最大飛行距離 7,400 公里 滯空時間 10 小時
無偵 -8  (WZ-8) 突穿型	偵打一體型無人機 機重 5,000 公斤 最大飛行高度 164,000 呎 最大飛行距離 2,000 公里	獵鷹  (WJ-700) 突穿型	偵打一體型無人機 MTOW 3,500 公斤 飛行高度 49,200 呎 滯空時間 20 小時 高空高速、長航時
BZK-005  突穿型	偵打一體型無人機 飛行高度 24,600 呎 MTOW 1,500 公斤 滯空時間 40 小時	TB-001  突穿型	偵打一體型無人機 飛行高度 26,000 呎 MTOW 2,800 公斤 最大飛行距離 6,000 公里 滯空時間 35 小時
攻擊 -11  (利劍) 突穿型	攻擊型無人機 (匿蹤) MTOW 10,000 公斤 最大飛行距離 4,000 公里 滯空時間 6 小時	CH-95  突穿型	偵打一體型無人機 MTOW 650 公斤 飛行高度 23,000 呎 最大飛行距離 250 公里 滯空時間 20 小時

機型	性能及用途	機型	性能及用途
種類		種類	
彩虹 -817 	遊蕩彈藥 重量 0.8 公斤 最大負重 0.3 公斤 滯空時間 15 分鐘	CH-901 	偵打一體型無人機 飛行高度 1,475 呎 最大飛行距離 10 公里 滯空時間 2 小時
小型		戰術型	
機型	性能及用途	機型	性能及用途
種類		種類	
ASN-209 	偵察型無人機 飛行高度 16,500 呎 MTOW 320 公斤 最大飛行距離 200 公里 滯空時間 10 小時	ASN-301 	攻擊型無人機 飛行高度 13,200 呎 最大飛行距離 280 公里 滯空時間 4 小時
戰術型		戰術型	
機型	性能及用途	機型	性能及用途
種類		種類	
哈比 	攻擊型無人機 飛行高度 10,000 呎 MTOW 125 公斤 最大飛行距離 600 公里 滯空時間 2 小時	WZ-2000 	偵打一體型無人機 MTOW 1,700 公斤 飛行高度 59,000 呎 最大飛行距離 800 公里 滯空時間 3 小時
戰術型		戰術型	

資料來源：自行綜整

及空對地飛彈，前機身衛星天線提供與地面站之間的資料傳輸²¹。

7.彩虹4無人機：由彩虹3無人機研改而成，可執行遠距離偵察任務，且能對地面目標實施攻擊。

8.彩虹5偵打一體無人機：具備動力大、載重大、長航時、遠航程及可掛載多種武器等性能，大幅提升其可靠性及安全

性，亦可與彩虹3、4做高低搭配，並向下指揮無人機，進行各種作戰任務及編隊，達到聯合作戰效益²²。

9.CH-901無人機/巡飛彈：主要組成為無人載具、發射器及控制單元等，具備完整偵察設備及地面實時傳輸能力。主要裝配營連級單位，執行戰術偵察與攻擊任務²³。

21 〈翼龍2無人機銷售火熱〉，《天天要聞》，<https://daydaynews.cc/zh-hant/military/363599.html>。

22 吳妹璇，2019/12，〈中共無人飛行載具發展對我防衛作戰威脅之研究〉，《陸軍學術雙月刊》55卷568期 頁81-99。

23 〈既是無人機又是巡飛彈中國CH-901性能遠超哈比〉，《中華網》，<https://kknews.cc/zh-tw/military/ovybkp.html>。

二、我軍對應無人機反制作為

由於無人機在現今戰場上所造成的威脅，近年世界各個國家都像雨後春筍般發展出反制無人機的應對策略，美軍認為空中威脅中最有破壞力的就是無人機，並對其研擬、制定一套《反無人機系統戰略》用以在作戰中應對；俄軍也將防禦無人機的作戰任務做為重要任務，並在敘利亞的戰場演練反制無人機戰術戰法；英軍更是將反制蜂群無人機的手段列為軍事戰略發展的重中之重，並利用射頻抑制裝置干擾蜂群無人機指管鏈路的作戰方法²⁴。

因應中共近年來多次以無人機侵擾與偵察我金門、馬祖等地區戰術要地，針對小型無人機襲擾，國防部依112年國防報告書中的「無人機指管及任務規劃介面整合」及「無人機反制系統整合」等發展策略²⁵，制定《反制無人機方案》²⁶及執行「遙控無人機防禦系統」及「無人機反制系統」等建案²⁷。

(一)反制無人機方案：針對小型無人機可使用「無人機防禦系統(UDS)」以電子干擾方式進行反制；中、大型無人機依國軍整體防空機制，採重層防禦模式進行

反制，運用防空飛彈、機砲及快砲等武器系統攻擊目標，惟考量經濟成本效益，通常防空陣地或武器依交戰規則，僅以射控雷達保持追蹤監視²⁸。

(二)「遙控無人機防禦系統」及「無人機反制系統」：在軍事要地及重要軍事設施營區建立遙控無人機防禦及反制系統，目的藉由系統裝備能力針對入侵之無人機實施偵搜、干擾等手段，提升反制成效²⁹。

(三)無人機防禦系統的作戰流程中，先以雷達與光學裝置對進襲無人機目標進行偵測，尋獲目標後運用多頻段干擾器實施電磁干擾，或由地面部隊單兵操作電子干擾槍(如圖1)，對接近之無人機發射干擾電波，迫使無人機失去控制後墜落或依保護機制執行返航作業³⁰。

三、國軍現有無人機反制武器

我軍針對無人機的反制武器，不外乎是防空飛彈及火砲，依照國軍防空武器的性能大致可分為短程30公里、中程30公里至100公里、遠程則為100公里以上。短程防空武器目前有三五快砲及車載劍一、麻雀飛彈、陸劍二型、刺針飛彈等近程防

24 〈反無人機空防作戰新特點〉，《中國國防報》，2022年7月26日，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2022/0726/c1011-32485825.html>，檢索日期：2023年3月15日。

25 同註3

26 黃國倫，〈共軍無人機威脅劇增 國防部首度公開反制方案〉，《中央社》，2021年3月11日〈<https://www.rti.org.tw/news/view/id/2093934>〉(檢索日期：2024年2月5日)

27 廖英雁，〈反制無人機，2024年院編版國防預算的計畫這麼列〉，2023年9月4日，〈<https://vocus.cc/article/64f5cd1afd897800016a6101>〉(檢索日期：2024年2月5日)

28 同註26。

29 同註27

30 同註27



圖1 我國反制無人機槍及無人機反制系統示意圖

空飛彈；中程防空武器自鷹式飛彈退役後，僅剩海劍二型及未來的NASAMS-II等防空飛彈；遠程防空武器則有愛國者系列、天弓系列及標準二型等防空飛彈(如表9)。

四、對應中共無人機反制手段

從2017年美軍陸戰隊形跡管理概念準則³¹中，地面部隊在野戰時，針對進襲的無人機制定三大反應對策，分別是紅眼、鷹眼及長弓等動作，其中紅眼是警告

部隊已經目視無人機；鷹眼重點於部隊隱蔽及分散；長弓則是啟動無人機反制程序，在20分鐘內將敵方無人機驅離、干擾或擊落。

在面對中共無人機的威脅，可以從短程、中程及遠程等三個層面來制定反制措施：

(一)短程反制措施

1.電子戰裝置：部署攜帶式或車載式電子干擾器，針對無人機的控制頻道或GPS信號進行干擾，使其失去導航能力。

2.物理攔截：使用短距離防空系統，如近程防空飛彈及火炮，來擊落進襲的無人機。

3.網投系統：部署專門設計來捕捉和控制無人機的網投系統，適用於低速、低飛行高度的無人機。

(二)中程反制措施

1.雷達偵測：運用雷達系統進行無人機的早期偵測和追蹤，即時識別威脅，為反制行動做好準備。

2.中程防空系統：部署地對空飛彈系統，對中程內的無人機進行攔截。

3.電子戰應對：進行更複雜的電子戰操作，包括破解和接管無人機的控制信號，將威脅轉化為我方資源。

(三)遠程反制措施

1.長程監視：利用高空無人偵察機和衛星資源，對潛在的發射區域和控制站進行長時間監視，提前發現威脅。

31 〈被偵測、等同被鎖定、等同被殺害...美軍反無人機原則與程序〉，《尖端科技軍事雜誌社》，〈<https://www.dtmndatabase.com/News.aspx?id=964>〉(檢索日期：113年3月28日)

表9 國軍主要防空武器裝備與性能

距離	作戰範圍			
	4~16 公里			
短程	武器名稱			
	三五快砲	車載劍一	麻雀飛彈	陸劍二型
				
	刺針防空飛彈			
				
中程	作戰範圍			
	30 公里			
	武器名稱			
	海劍二型		NASAMS- II (未來)	
				
遠程	作戰範圍			
	100 ~ 200 公里			
	武器名稱			
	愛國者二型	愛國者三型	天弓一型	天弓二型
				
	天弓三型	標準二型		
				

資料來源：參考〈俄烏戰爭無人飛行載具運用對我整體防衛作戰之啟示〉，《空軍學術雙月刊》，696期，頁68。

2.遠程防空系統：部署地對空飛彈系統，對遠程內的無人機進行攔截。

3.網路戰：針對控制無人機的網路基礎設施進行網路攻擊，目的是破壞敵方的指揮控制系統，減少其發射無人機的能力。

中共無人機進犯我國領土的多為突穿型或持久型無人機，此類無人機應採取硬殺的手段，我遠程防空武器進行雷達追蹤或攻擊，而戰術型以下的無人機則採取軟、硬殺的手段，可用電子干擾或近程防空火炮進行反制。換言之，對於中共無人機的威脅需有綜合的反制手段，如分層化的防空體系、良好的電戰能力及多頻譜的偽裝與隱蔽作為。

五、未來反制武器發展趨勢

以我國現行無人機反制武器而言，除防空武器以外，還有中科院所研發的無人機防禦及反制系統，但這些反制系統都針對小型單一無人機作為標準，對於大型無人機較無相關對應措施。鑒於現今世界各國都在研究反制無人機的方法³²，以總體來看，主要反制無人機的手段概括電子干擾阻斷、火炮飛彈硬殺攻擊、高功率微

波武器及高能量雷射武器攔截等四種類型。

(一)電子干擾阻斷為最有效且最直接的反制手段。無人機無論大小或功能，都需要依靠通信鏈路進行操作及遙控，而通信最怕的就是電磁干擾，像美軍陸戰隊的輕型防空防禦系統，就是一種針對無人機所進行的電子干擾系統，運用偵測、跟蹤及識別等程序，最後以電子攻擊手段，迫使無人機迫降³³。

(二)傳統防空火力所組成的攔截火網，是目前戰爭中應對無人機的主要作戰手段，在俄烏戰爭中雙方的無人機都有被對方防空武器擊落的紀錄。

(三)雷射武器：雷射攻擊目標物的成功與否取決於雷射系統的電磁功率及能量集中度(質量)，針對空中目標通常使用的是固態雷射，而目標的表面材質不同，影響著雷射武器的攻擊成效，雷射需要照射到攻擊目標才會產生破壞效果，所以時間是雷射攻擊成功的關鍵因素³⁴，針對無人機可使用此種雷射武器³⁵。

(四)高功率微波武器可應對未來無人機蜂群戰術，透過固定方位的輻射式高功

32 王臻明，2023/7/9，〈反制無人機的新選擇：雷射與微波武器的發展現況〉，《鳴人糖》，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120873/7223381>。

33 舒孝煌，2022/02，〈無人機來襲怎麼辦？反制科技有效禦敵〉，《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1482045&type=forum>。

34 〈5萬瓦轟天雷！美陸軍接收首批四套DE M-SHORAD 雷射防空系統〉，《自由時報》，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4441360>〉(檢索日期：113年3月29日)

35 〈Countering military drone swarm threats via directed energy〉，《Military Embedded Systems》，〈<https://militaryembedded.com/unmanned/counter-uas/countering-military-drone-swarm-threats-via-directed-energy>〉(檢索日期：113年4月22日)

率的電磁波攻擊無人機的電子系統，其作用距離遠、火力控制較容易³⁶。

俄烏戰爭對我軍之啟示

俄烏戰爭發展至今，無人機突出的表現震驚世界，而我國身處地緣戰爭威脅的風險中，在發展無人機產業，同時也需考量反制及應處作為。在無人機



圖2 史崔克裝甲車的DE M-SHORAD防衛系統



圖3 雷神公司高能雷射武器系統 (HELWS)示意圖



圖4 EMP產生的力場擾亂敵方電子設備示意圖

突擾下，為了增加反制無人機的成功機率，發展重點應為「初期威脅辨識」及「威脅分類的效益」。所以，我國需將「情監偵」(Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, ISR)及「射控系統」(Fire Control System, FCS)加以整合運用，透過雷達、無線電、光學、紅外線等感測器，蒐集及整合情資，再經「AI人工智慧」計算比對，判斷侵襲無人機型式、可能行動等行為後，提供反制建議，這樣的操作模式不僅縮短威脅評估至決策下達的時間，同時降低基層部隊人員的負擔，將是最有效益的反制模式³⁷。綜上所述，就以下述三個面向來探討：

一、發展多層次無人機反制手段

目前我國對於無人機的發展起步比較晚，相較於其他世界強國，我國尚在開

36 〈Leonidas High-Power Microwave (HPM) System, USA〉，《Army Technology》，〈<https://www.army-technology.com/projects/leonidas-high-power-microwave-hpm-system-usa/?cf-view>〉(檢索日期：113年4月22日)

37 張子鴻，〈關鍵基礎設施反制無人機之困境〉，《國防安全研究院》〈<https://indsr.org.tw/focus?typeid=26&uid=11&pid=2659>〉，(檢索日期：113年4月22日)

發階段，鑒於俄烏戰爭的借鏡與考量，我國未來對應無人機的反制手段須朝下列幾點發展：

(一)完善整體防空火力，強化火控雷達偵蒐能力

未來國軍增購的NASAMS中短程防空飛彈系統，可補足我中程防空火網，完善整體防空火力；另針對各類防空飛彈之射控雷達需優化其偵蒐範圍及精準度，例如Skynex車載式機動防空系統³⁸，搭配X-TAR3D戰術雷達，採集成式X波段，扇形主動搜索功能，配合GDM-008-MK3機砲，屬於高自動化設備，可有效消滅低空來襲的無人機。

(二)優化空中載具多重偵測技術

在偵監識別方面，無線電、紅外線、雷達、光學、聲響等感測器蒐集及整合資訊。以無線電訊號偵蒐，可針對飛控和圖資傳送訊號頻譜進行分析，達到對無人機的偵測與辨識³⁹。

(三)建構多層次防禦，反制無人機威脅

1.「硬殺」與「軟殺」並行：成本較低廉的中小口徑火砲，亦為摧毀無人機的手段，例如德軍針對2023年北約「高度

戰備聯合特遣部隊」(VJTF)需求，即整合「拳師」裝甲車及遙控武器站、40公厘榴彈機槍與反無人機雷達，使基層機械化部隊具備對抗小型無人機的能力⁴⁰。而美國洛克希德馬丁「先進高能項目測試系統」(ATHENA)，使用雷射武器做為低成本的反制無人機工具。而低成本的小型無人機，本身也可以做為反制手段，運用雷達偵測敵方無人機入侵路徑與方向後，再升空與其撞毀或炸毀⁴¹。

2.整合資訊反制無人機：反制無人機的程序，大致可先由早期威脅辨識啟動，透過無線電、紅外線、雷達、光學、聲響等感測器蒐集及整合資訊，再進行威脅分類，由現有無人機特徵資料庫查詢，並進行人工智慧辨別確認，最後才進行降低威脅或反制作為，包括干擾、欺騙、捕捉、利用動能擊落等「硬殺」與「軟殺」手段⁴²。

(四)發展新概念武器

指向性武器已由「新概念」步入實戰應用，被先進國家列為應對無人機蜂群威脅的重要裝備。美、俄等國都將雷射與微波武器作為未來反制無人機指向性武器發展的重點⁴³。未來模組化、小型化及新

38 〈德國萊茵金屬發表Skynex卡車型機動防空砲〉，《中時新聞網》，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20211114002973-260417?chdtv>〉(檢索日期：113年3月29日)

39 茂柏，2023/04，〈建構多層次防禦？反制無人機威脅〉，《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1575884>。

40 同註39。

41 同註32。

42 同註39。

材料的運用，是指向性武器改善發展的方向；無人機反制系統未來將會重視一體化，將偵測、干擾和攻擊集於一身；標準化，制定通用技術標準，提高系統擴展性。

二、提升電戰干擾能力

目前我國電戰干擾能力有限，對於無人機的干擾手段與裝置甚少，後續參考俄烏戰爭雙方的電戰裝備，提出以下幾點建議：

(一)技術更新和升級：隨著技術的快速發展，新型的電子干擾設備持續出現。因此，定期更新和升級電戰設備以保持技術優勢是必要的。這包括引入更先進的無人機干擾技術、電子攻擊設備以及提升電子偵察和監視能力。

(二)情報收集與敵方能力分析：了解敵方的電子戰能力和策略對於有效進行電子干擾至關重要。收集和分析敵方電子戰設備的性能、使用頻率、干擾方法等，以制定針對性的對策。

(三)多元化的電子戰策略：不依賴單一的電子戰策略或技術。應發展多種干擾技術和戰術⁴⁴，包括電磁干擾、網路攻擊、心理戰等，以對抗敵方多樣化的威脅，例如俄軍的Serp-VS5、Strizh-3、烏

軍的AUDS、Anklav等反無人機系統，由於體積小，影響範圍大，我國可部署在基地、港口、重要軍事要地等，建立干擾通道，有效阻斷敵無人機通信、指管頻道。

(四)加強網路安全和防護：在進行電子干擾的同時，保護自身的通信和資訊系統免受敵方電子攻擊也同樣重要。加強網路安全措施，提高資訊系統的抗干擾能力和恢復能力。

三、精進情監偵及智慧決策系統

在戰爭時期，即便擁有再精良武器，仍需看得到才有辦法發揮戰力。依據俄烏戰爭的作戰戰略，可發現雙方對於情監偵方面的能力略顯不足，如果烏克蘭沒有星鏈系統通訊技術的支援，那戰局將呈現一面倒的情況。所以加強部隊監偵能量尤為重要，以下提供三點建議：

(一)強化空中情監偵作為與電戰裝備戰術運用：因應共軍在太平洋和臺灣周邊持續增加空中偵察力度，我應更加重視偵察和電子戰的重要性。

1.整合多源信息系統：通過整合雷達、衛星、無人機等多種偵測手段收集的信息，利用先進的數據分析技術對信息進行融合處理，提高偵測的準確性和反應速度。

43 Alan Chen, 2024/04. 〈低成本防空未來，各國高功率雷射武器開發現況〉，《科技新報》，<https://technews.tw/2024/04/10/high-energy-laser-weapon-development/>。

44 Zachary Kallenborn, 〈SEVEN (INITIAL) DRONE WARFARE LESSONS FROM UKRAIN〉，《Modern War Institute at West Point》，<https://mwi.westpoint.edu/seven-initial-drone-warfare-lessons-from-ukraine/>。



2.投資研發新型電子戰設備：開發能夠干擾、欺騙和摧毀敵方電子設備的技術，如先進的干擾機和網路戰工具，以削弱敵方的信息優勢和指揮能力。

3.訓練專業電子戰部隊：建立專門的電子戰部隊，對其進行針對性訓練，包括敵我識別、電子干擾技術、網路攻防等方面，提高部隊的電子戰實戰能力。

(二)立體防禦網的建立

1.優化雷達覆蓋：通過在關鍵地區部署多層次、不同範圍的雷達系統，包括長距離預警雷達和短距離戰術雷達，確保無盲區覆蓋，形成密不透風的監測網。

2.發展多功能一體化防空系統：研發和部署能同時應對飛機、飛彈、無人機等多種威脅的綜合防空系統，提高防禦效率和靈活性。

3.加強聯合作戰能力：提高各軍種之間的協同作戰能力，確保空中、地面和海上防禦系統的有效整合，形成聯合防禦態勢。

(三)先進雷達技術

1.研發隱形目標探測雷達：投資研發新型雷達技術，如量子雷達、多靜態接收技術等，提高對隱形飛行器的探測能力。

2.推進雷達網路化：通過建立雷達網路，實現雷達資源的共享和動態調配，提高雷達系統的整體效能和抗毀能力。

3.採用人工智慧輔助決策：利用人工智慧算法對雷達數據進行實時分析，能夠快速識別威脅，提高決策的速度和準確性。

結語

中共已大量運用各種型式的無人機，在我海、空域執行演訓巡邏等相關活動，無形中已對我國家安全造成威脅。從俄烏戰爭無人機反制作為的研究發現，我國可透過以下幾點作為未來發展方向：

一、強化多層次防禦網反制手段

(一)結合使用高技術和傳統的軍事手段來保護國家安全和軍事設施，融合新興技術如雷射系統與傳統的防空砲彈，創建一個全面的防禦策略來對抗從低技術到高技術的各種無人機威脅；另統合多項系統手段進行反制，此策略涉及整合多種防禦系統，如雷達、偵測系統、小型飛彈及電子反制系統，以建立全面的防禦網。例如：結合使用空軍電子掃描陣列雷達(AESA)進行空中監視和偵測，與地面或空中發射的小型飛彈系統協同作業，以應對來襲的無人機。

(二)採用軟硬殺結合策略，結合使用電子干擾(軟殺)和雷射武器(硬殺)等非摧毀性和摧毀性手段，提高對抗無人機的靈活性及效果。例如：電子干擾可以用來使無人機導航失效，而雷射武器則能直接摧毀入侵的無人機。

二、發展先進反制技術

(一)小型無人機防禦系統，發展專門針對小型無人機的防禦系統，使用先進的AESA雷達或射頻感測器進行快速偵測，並通過射頻干擾或高能雷射迅速摧毀目標。這種系統能有效地對抗低成本、低飛

行高度的無人機威脅。

(二)電子干擾圍籬，建立一個電子干擾的防護網，防止無人機進入重要的禁航區或敏感地區。例如：在政府建築或軍事基地周圍設置電子干擾裝置，以創造一個安全的「無人機禁飛區」。

(三)透過AI技術整合運用，提高威脅檢測與識別、強化動態跟蹤、發展自動反制部署及建置數據視覺化共同圖臺等，提升戰場管理的效率與能量。

三、建置反制蜂群無人機系統與深耕電子反制能力

(一)針對蜂群戰術的反制，鑑於敵對國家可能發展全人工智能的無人機群集技術，我國需要開發能夠干擾和破壞這些蜂群控制訊號的能力。例如：使用遠距離電子戰設備對無人機群的通信節點進行精確干擾，阻斷其協同作業能力。

(二)強化電子戰偵察和反制，透過增強電子戰偵察能力，迅速發現和評估無人機群的威脅，利用先進的電子反制技術在無人機進入關鍵區域前對其進行有效干擾及摧毀作為，以阻止其執行偵察或攻擊任務。

參考文獻

一、中文部分

(一)專書

1.何修竹，何應賢，高基榮，許智翔，陳則佑，黃建遠，鄭詠儒，魯哲辰，蕭宏州著，〈空權與國防學術研討會論文集〉(國防大學，2022/10月)。

2.保羅·蓋耳盟培茲著，〈無人機起飛〉，謝孟瑜譯，(晨星出版社，2022年10月)。

(二)官方文件

1.國防部，〈112年國防報告書〉(臺北：國防部，2023年)

(三)期刊論文

1.宋吉峰，〈從「作戰效益」分析美軍新飛彈防禦概念〉，《海軍學術雙月刊》，第52期，2018年6月。

2.Jonathan B. Bell；黃文啟，2023/05。〈反制群集：無人機作戰之戰略考量與契機〉，《國防譯粹》，50卷5期，頁34-49。

3.謝佳良，2023/06。〈中共無人機對臺海作戰威脅與因應之研究〉，《陸軍學術雙月刊》，59卷589期，頁77-97。

4.鄧忻傑；Edward A. Guelfi；Buddhika Jayamaha，2021/06。〈The Imperative for the U.S. Military to Develop a Counter UAS Strategy〉，《陸軍學術雙月刊》，57卷577期，頁69-93。

5.呂吉利；邱志典；陳則佑，2022/10。〈中共無人飛行載具蜂湧式攻擊對我防空部隊之影響〉，《空軍學術雙月刊》，226期，頁2-17。

6.蔡凌漢，2022/10。〈無人飛行載具對艦艇戰術之運用〉，《海軍學術雙月刊》，第五十卷第二期226期。

7.何昶逸；彭群堂；鄧有鑫，2023/10。〈俄烏戰爭無人飛行載具運用對我整體防衛作戰之啟示〉，《空軍學術雙月

刊》，696期，頁57-75。

(四)網際網路

1. 〈車載劍一防空飛彈系統〉，《國家中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=89&catalog=29。
2. 〈彩虹四號偵打一體無人機導彈攻擊畫面曝光〉，《中國軍網》，http://81.cn/big5/jskj/2014-11/14/content_6222054.htm。
3. 〈「彩虹」-5中空長航時察打一體無人機〉，《每日頭條》，<https://kknews.cc/military/vpqmkk4.html>。
4. 〈共軍現役最大無人機越海峽中線「TB-001」偵察兼作戰威脅大〉，《自由時報電子報》，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/4052962>。
5. 〈攻擊-11混進20家族 環時驚曝這可能才是真實身分〉，《中時新聞網》，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20211005002586-260417?chdtv>。
3. 〈Mugin-5 Pro 5000mm Carbon Fiber UAV Platform〉，《Mugin UAV》，<https://www.muginuav.com/product/mugin-5-pro-5000mm-carbon-fiber-uav-platform/>。
4. 〈ASN-301 / JWS-01 anti-radiation drone〉，《GlobalSecurity.org》，<https://www.globalsecurity.org/military/world/china/asn-301.htm>。
5. Zachary Kallenborn，〈SEVEN (INITIAL) DRONE WARFARE LESSONS FROM UKRAINE〉，《Modern War Institute at West Point》，<https://mwi.westpoint.edu/seven-initial-drone-warfare-lessons-from-ukraine/>。

二、外文部分

(一)網際網路

1. 〈China's high-speed, armed reconnaissance drone completes maiden flight〉，《south china morning post》，<https://www.scmp.com/?module=masthead&pgtype=article>。
2. 〈HESA Shahed 136〉，《Spec Ops Magazine》，<https://special-ops.org/hesa-shahed-136-kamikaze-drone/>。

作者簡介

黃文彥少校，空軍航空技術學院專業軍官100年班、情參班105年班。曾任預報長、資網官、氣參官、國防大學空軍指揮參謀學院113年班。

陳則佑中校，空軍指職軍官89年班、作參班97年乙班、國防大學空軍指揮參謀學院106年班。曾任攔管官、攔管長、作戰官、武選長。現任國防大學空軍指揮參謀學院中校教官。

吳龍政上校，陸官專科86年班、陸砲校防空正規班90年、國防大學空軍指揮參謀學院99年班、國防大學戰爭學院104年班。曾任連、營、旅長。現任國防大學空軍指揮參謀學院上校主任教官。