中共無人機
對臺海作戰威脅與因應之研究

作 者 簡 介

謝佳良少校，佛光大學資訊學系學士、陸軍官校ROTC96年班、陸軍通校通資電正規班100年班；曾任連長、電子戰參謀官、教官，現任職於資通電軍資電訓測暨準則發展中心。

提 要

一、中共軍機擾臺頻次突破以往，無人機也成為中國侵擾周邊國家的手段，不僅消耗我國國防，造成兩岸情勢緊張，並對國安構成極大威脅。

二、中共借鑒美軍戰爭與研發經驗，對無人機投入龐大資源，在軍事戰爭中的定位，不僅是載台，更是武器，儼然成為未來戰場中最重要的作戰利器。

三、本文透過中共無人機發展與運用研究，探討對我國未來臺海軍事作戰影響，以供爾後我防衛作戰參考。

關鍵詞：中共無人機、無人機反制、不對稱作戰

前　　言

科技改變了戰爭型態，隨著「人工智慧」與「無人」技術逐漸發展，為全自動化的第七代戰爭悄悄揭開了序幕，不同類型的無人機與資電作戰結合應用，使作戰節奏更趨快速。

中共逐年增加共機擾臺頻次，並運

用無人機對其周邊國家進行侵擾行動，造成國際之間氛圍緊張，中共一邊以「速戰速決」作為對臺作戰目標，不僅頻繁騷擾施加壓力，同時制衡美國，使其無法介入臺海戰役。

中共軍力發展迄今，已朝具備全域作戰能力轉型，其中陸軍列裝新式直升機及遠程多管火箭、海軍列裝兩棲攻擊艦及鷹擊系列飛彈、空軍提升自製戰機性能及增加防空飛彈部署、火箭軍研發新式彈種、戰略支援部隊部署新式偵察、通信與「北斗三號」導航衛星，並研改新型無人機與各軍種結合運用，利用無人機「損小、效高」的優勢，將無人機「匿蹤、集群、偵打一體」的能力特性融入作戰運用、發展戰術戰法，以提升戰略威懾、全域作戰及資訊作戰能力。[1]

無人機用途非常廣泛，可執行偵察、監視、攻擊、破壞、擾亂、傳遞、導引武器與電子作戰等多項任務，在重視創新、高科技與不對稱思維的現代戰爭中扮演非常重要的角色。中共無人機從進口、仿製到自主研發，在21世紀後開始迅速發展，迄今已有多項自研無人機列裝部隊使用，透過大型航展以低價策略搶占第三世界國家的無人機市場，不僅帶動中共無人機的產學工業蓬勃發展，並且不斷研製新的系列與機型，成長迅速。本文探討中共無人機發展、能力與運用，反思我國未來臺海作戰所面臨的各項威脅與挑戰，並檢視當前能力與限制、逐步透過資源規劃與科技研究，以發展不對稱作戰能力。[2]

中共無人機發展與能力

中共無人機不僅適用於軍事領域，也可軍、民合用共同執行各項任務，其中軍用無人機的類型計有靶機、反輻射無人機、直升機、偵察機及攻擊機等，依能力限制可區分為戰略或戰術使用，再依航速、航時、升限、航程決定作業區域範圍的高低遠近，又因不同裝配酬載執行各項作戰任務。以下針對中共執行偵察與打擊任務的軍用無人機發展與能力說明(如表1、圖1)：

一、無人偵察機

中共西安愛生技術集團(西北工業大學)研製出ASN系列之無人機，屬軍、民合用無人機，可裝配合成孔徑雷達(SAR)、光學(EO)傳感器、電子戰(EW)、電子情報系統(ELINT)、地面目標識別(GTD)和通信中繼有效載荷，多屬地面部隊使用，可實施戰術偵察、目標校準及擔

1 國防部國防報告書編纂委員會編，《中華民國110年國防報告書》(臺北：國防部)，2021年10月，頁38。
2 許然博，〈中共無人飛行載具發展對我海軍威脅〉《海軍學術雙月刊》，第51卷第5期，2017年10月1日，頁115、116。

表1　中共軍用無人機類型表

類型 諸元	無人偵察機	中空長航時 戰術偵察	高空長航時 戰略偵察	無人攻擊機 偵打一體	高空高速 戰術偵打
起飛重量(KG)	小於800	大於1,250	15,000～20,000	1,100～4,200	大於4,400
最大航速(KM/HR)	220～320	180～290	大於600	215～370	大於600
續航時間(HR)	小於20	大於24	大於24	20～40	小於21
最高升限(KM)	7,000～10,000	7,000～8,000	15,000～25,000	5,000～9,000	12,000～20,000
最大航程(KM)	小於2,000	大於6,000	大於6,000	大於4,000	2,000～7,000
代表機型	VD-200 ASN-229A 彩虹-10	BZK-005 天鷹 彩虹-4 彩虹-5 TB-001 雙尾蠍D	神鵰	鷂鷹Ⅱ 翼龍Ⅰ 翼龍Ⅱ 翼龍-1E 翼龍-3	攻擊-11 彩虹-6 無偵-7 無偵-8 無偵-10 飛鴻-97A

資料來源：1.〈挑戰「死神」 陸翼龍無人攻擊機外銷搶市〉《中時新聞網》，2017年7月5日，https://www.chinatimes.com/realtimenews/20170705004427-260417?chdtv，檢索日期：2022年11月18日。

2.〈珠海航展8日登場 大陸「翼龍-3」無人機真機首度亮相〉《ETtoday新聞雲》，2022年11月6日，https://www.ettoday.net/news/20221106/2374121.htm，檢索日期：2022年11月26日。

3.晨楓，〈細節見真章 從攻擊11無人機可以看出的東西〉《觀察者網》，2019年10月22日，https://www.guancha.cn/ChenFeng3/2019_10_22_522214_s.shtml，檢索日期：2022年12月8日。

4.〈我國最新型「鷂鷹II」察打一體無人機，一能力勝過翼龍和彩虹系列〉《每日頭條》，2019年8月12日，https://kknews.cc/military/5rlygpk.html，檢索日期：2022年10月28日。

5.同文章註3。

6.〈可殲敵3千公里外 中國最新大型無人機曝光〉《東網》，2019年12月3日，https://hk.on.cc/hk/bkn/cnt/cnnews/20191203/bkn-20191203160559500-1203_00952_001.html，檢索日期：2022年11月20日。

7.〈續行時間20小時 彩虹-6無人機裝載300公斤偵察設備〉《ETtoday新聞雲》，2021年11月15日，https://www.ettoday.net/news/20211115/2116571.htm，檢索日期：2022年12月10日。

8.〈中國飛鴻-97A無人機亮相，美媒：充當五代機僚機還能反空空飛彈〉《每日頭條》，2022年11月19日，https://kknews.cc/military/bnqze86.html，檢索日期：2022年11月26日。

9.〈中國版全球之鷹，解放軍公開無偵-7大型無人機〉《科技新報》，2021年11月12日，https://technews.tw/2021/11/12/china-air-force-unveiled-its-latest-wz-7-long-endurance-drone/，檢索日期：2022年12月1日。

10.〈震撼！彩虹無人機家族航展宣傳片！(視頻)〉《央視軍事》，2022年11月6日，https://www.youtube.com/watch?v=nXGbg84xjjM&t=269s，檢索日期：2022年11月28日。

11.徐康榮、孫亦韜，〈中共運用無人載具對我海軍艦隊作戰影響〉《海軍學術雙月刊》，第52卷第5期，2018年10月1日，頁75。

12.〈解放軍新天鷹無人機 首飛成功！8成新技術 部分是世界首創〉《中時新聞網》，2018年2月13日，https://www.chinatimes.com/newspapers/20180213000069-260301?chdtv，檢索日期：2022年12月11日。

13.同文章註4。

14.〈VD-200垂直起降無人機　解放軍部署南海新利器〉《ETtoday新聞雲》，2016年4月8日，https://www.ettoday.net/news/20160408/676648.htm，檢索日期：2022年9月23日。

15.”ASN-229A Reconnaissance and Strike UAV”,China Military Drone Alliance, https://www.militarydrones.org.cn/asn-229a-reconnaissance-strike-uav-p00185p1.html (retrieved September 26,2021).

16.〈用於反隱身作戰？陸「神雕無人機」網路再現行蹤〉《ETtoday新聞雲》，2018年3月26日，

https://www.ettoday.net/news/20180326/1137974.htm，檢索日期：2022年7月24日。
17.〈陸翼龍-1E無人機首飛秀亮點 要成陸版MQ-1C灰鷹〉《中時新聞網》，2022年1月22日，https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220122002152-260417?chdtv，檢索日期：2022年11月28日。
18.〈內地大型無人機「神雕」曝光〉《NOW新聞》，2015年7月3日，https://news.now.com/home/international/player?newsId=141870，檢索日期：2022年7月24日。
19.〈珠海航展亮點 無人機「國家隊」翼龍掛16導彈〉《聯合新聞網》，2022年11月8日，https://udn.com/news/story/7331/6748741，檢索日期：2022年11月30日。

任誘餌等任務，續航時間約8～16小時，依賴助推火箭發射，用降落傘回收。後續研發的ASN-229A無人機可實施偵察和精準打擊任務，續航時間達20小時，可搭載衛星通信(SATCOM)數據鏈路、可見光、紅外線(EO/IR)及微型精準導引武器，為地面部隊偵打任務增添戰力。

中共為提升無人機偵察效能，將偵察型無人機運用在船艦上，並發展垂直起降的功能，例如VD-200、「彩虹-10」偵察無人機，具有空中懸停能力，配有光學、雷射指示器，可運用雷射指示器鎖定目標，另可酬載對空武器和偵察吊艙，提升作業能力。

二、中空長航時戰術偵察無人機

中空長航時，指無人機可在3,000～9,000公尺的空域執行任務，並可持續飛行24～48小時。BZK-005、「天鷹」、「彩虹-4」、「彩虹-5」及TB-001「雙尾蠍」無人機(又稱TW-328)為此類型代表機型，裝配衛星通訊數據鏈路、通信中繼模組、光電吊艙、攝影機及合成孔徑雷達(SAR)，並可酬載多種炸彈、導彈，執行戰術偵察及打擊任務。

戰術偵打無人機「雙尾蠍」曾於2021年8月於東海上空遭日本自衛隊發現攔截，並公布其飛行軌跡示意圖及近距拍攝照片，該無人機屬重型長航時無人機，可在8,000公尺以內中空長航時作業，因配備衛星通訊數據鏈路，研判作戰半徑可達3,000公里以上，[3] 中共於2022年9月將「雙尾蠍」加入擾臺任務，後續推出4發動機型機種「雙尾蠍D」，大幅提升載運量能，對我國國防更具威脅。[4]

三、高空長航時戰略偵察無人機

高空長航時，指無人機可在9,000公尺以上的空域執行任務，並可持續飛行24～48小時，「神鵰」無人機為代表機型，無人機可在15,000公尺以上的高空進行戰略偵察，且續航時間長達40小時，可

3　舒孝煌、許智翔，〈共軍無人載具發展〉《2021國防科技趨勢評估報告－中共新世代軍事科技評估》(財團法人國防安全研究院)，2021年12月，頁120。

4　〈全球首款「4發」雙尾蠍無人機成功首飛　6倍載運量嚴重威脅臺海安全〉《新頭殼newtalk》，2022年10月26日，https://liff.line.me/1454987169-1WAXAP3K/v2/article/vXzvV95?utm_source=lineshare，檢索日期：2022年10月30日。

圖1　中共各型軍用無人機

資料來源：1.攻擊-2，同表1註1。
2.翼龍-3，同表1註2。
3.攻擊-11，同表1註3。
4.鷂鷹Ⅱ，同表1註4。
5.無偵-8，〈解放軍十一秀肌肉：無人機加長程飛彈，無人偵打體系成形〉《聯合新聞網－鳴人堂》，2019年10月4日，https://opinion.udn.com/opinion/amp/story/120746/4085562，檢索日期：2022年11月9日。
6.TB-001，同表1註6。
7.彩虹-6，同表1註7。
8.彩虹-7，〈國產各款新型無人機〉《文匯網》，2022年11月8日，https://www.wenweipo.com/a/202211/08/AP63696d9be4b016f20c82488d.html，檢索日期：2022年11月26日。
9.飛鴻-97A，同表1註8。
10.無偵-7，同表1註9。

配備衛星通信數據鏈路，執行偵察、情報蒐集和武器導引，同時具有打擊能力，可攜帶大量導彈和精準導引炸彈。

四、無人攻擊機

中共挹注大量資金與人才培育，無人機在科技研發與裝備改進後性能逐漸提升，將軍用無人機的功能由偵察、觀察及巡邏任務，發展至具有攻擊能力的無人機，並且能在發現目標後立即執行攻擊，創造「偵打一體」的作戰效能，同時透過珠海航展呈現其研發實力，吸引各國向其購買，藉此增加收入並提升外銷市占率。

中共結合中航工業、科研集團、民

間企業、航天與工業大學及飛機研究院等教研機構，陸續研製「彩虹」、「翼龍」及「鷂鷹」系列的攻擊型無人機，具有空中戰鬥能力，可獨立完成偵察與打擊任務，大幅縮減作業時間，另可酬載光學偵察、合成孔徑雷達(SAR)、電子戰及雷達目標模擬有效載荷，裝配數據鏈路和雷射導引導彈，為日後作戰開創更有利的態勢。從近年中共研製無人機發現，攻擊型無人機已有持續提升續航能力的趨勢，其中「鷂鷹Ⅱ」無人機續航時間已達長航時標準，對於未來作戰運用將更具威脅。[5]

五、高空、高速、戰術偵打

中共研製高空、高速並具有偵打一體能力的攻擊無人機，在近年已有顯著的成長，部分無人機運用先進的推進系統，例如噴射引擎、火箭發動機，以滿足高速條件，能在1萬公尺以上的高空飛行，搭配低雷達截面積的機身隱形匿蹤效果，可裝配酬載對地攻擊武器及精準導引武器，其運用目的並不在於持久作戰或進行長時間偵察，而是可以用於高速情報、監視和偵察(ISR)，並且鎖定特定目標，進行快速偵打，成為中共奇襲戰術的戰場利器。

2019年10月適逢中共建政70周年，進行大規模閱兵，展示東風17極音速飛彈、東風100超音速飛彈、鷹擊18/18A艦射和潛射反艦飛彈，以及攻擊-11「利劍」匿蹤無人機與無偵-8「暗劍」超音速無人機，顯示中共刻意展示威嚇臺灣與應對周邊局勢的戰術飛彈及具有高度匿蹤能力的高速無人機，將無人機偵察配合長程飛彈打擊，形成「無人偵打體系」，[6]不僅能加強武嚇力度，並能以此手段執行「反介入／區域拒止」(Anti-access/Area denil, A2/AD)戰略。[7]

中共無人機在近幾屆中國國際航空航天博覽會中(簡稱「珠海航展」)，均有活躍的表現，在2021、2022年航展中，中共展出一系列的高空高速戰術偵打無人機，例如具備匿蹤功能可作為殲-20忠誠僚機(Loyal Wingman)的攻擊-11「利劍」以及飛鴻-97A無人機；無偵-7「翔龍」偵察機、無偵-8「暗劍」火箭動力超音速無人機以及由翼龍-10「風影」雙發動機版無人機改名為無偵-10列裝部隊使用；在「彩虹」全系列攻擊無人機展示中，從其中彩虹-6大型雙發動機無人機，與2022年展出的翼龍-1E、翼龍-3無人機發現，中共無人機不僅在承重、航速、續航時間及升限方面提升其偵打能力，在匿蹤能力、

5　同註3，頁121、122。

6　同註3，頁119、120。

7　羅納德・歐羅克、張恩美、道森著，童光復譯，《中共軍事現代化：戰略研析選擇》(國防部史政編譯室編譯處)，2014年11月，頁13。

多功能酬載與載彈量也投入相當多的研發心力。[8]

我們可從中共近年出產之無人機(如表2)中發現，中共軍用無人機在偵察型與攻擊型的類型中，先穩固其具備偵打一體的基本要求，使無人機不僅只有偵察的單一功能，可以做到發現目標後立即打擊，縮短作業時效；[9]其次提升續航能力，使無人機能在不同空域中執行戰略或戰術偵察掌握戰場；最後在既有機型進行性能提升，例如增加武器酬載運量、航速或是升限，並發展多樣具備高空、高速偵打能力的無人機，以肆應不同戰場任務所需，執行奇襲戰術。

中共無人機發展對臺作戰威脅

中共以國家軍事力量推動無人機產業，發展出多種不同類型與特性的無人機，近年來，中共持續對無人機性能進行研改與提升，不僅外銷各國市場，增加經濟收益，在作戰運用方面也相當多元，可與有人戰機搭配作業；或以反輻射武器使用；也可進行戰略戰術偵察、高速偵打、編隊攻擊；甚至能化作生物樣貌潛伏在空中、陸上及水域進行秘密偵察。此外更利用小型無人機價廉、量大之特性，發展蜂群戰術並加強偵打效能，在敵我資源成本不對等的條件下，使我防空能量與高價值目標深具威脅。

我國因有臺灣海峽作為屏障，在控制半徑受限情況下，小型無人機無法直接飛越臺灣海峽，另中共在衛星科技運用方面已屬成熟，一般而言也不需要特別使用先進的高價無人機闖入我防空識別區對我進行偵察任務，中共近年頻繁擾臺，除了測試我空軍反制作為，其主要目的為透過消耗戰大幅增加我國防成本，並結合認知作戰增加國人心理壓力，因此平時多以透過小型或低成本無人機對我防空識別區或外島地區進行襲擾。

2022年8、9月期間中共多次以小型民用消費級無人機襲擾金門營區，不僅接近營區運用相機拍攝官兵裝備及哨所陳設，更進一步拍攝兵棋圖台與戰情掛圖，挑釁意味濃厚，研判其主要行動目的為刺探我外島地面部隊反制能力、科技能量與應處作為，其次運用所獲情資透過社群媒體進行認知作戰，影響官兵及國人心緒，再其次的目的才為場勘情蒐，原因是小型無人機的機動能力非常靈巧，可靈活穿梭

8 〈珠海航展開幕多款新型無人機集中展出備受矚目〉《聯合新聞網》，2022年11月8日，https://udn.com/news/story/7331/6747878，檢索日期：2022年11月21日。

9 宋蔚泰，〈共軍運用無人飛行載具遂行「一體化聯合作戰」研析〉《海軍學術雙月刊》，第51卷第5期，2017年10月，頁146、147。

表2　中共近年出產之無人機型號及用途

項次	發表年份(西元)	無人機型號及名稱	用途
1	2018	鷂鷹Ⅱ	長航時偵打一體
2	2018	天鷹	中空長航時偵察
3	2018	彩虹-7(CH-7)	匿蹤無人攻擊機
4	2018	翼龍-10(風影)	高空高速偵察打擊
5	2019	攻擊-11(利劍)	高空高速偵察打擊
6	2019	無偵-8(暗劍)	高空高速偵察打擊
7	2019	TB-001(雙尾蠍)	中空長航時偵察
8	2021	無偵-7(翔龍)	高空高速偵察打擊
9	2021	彩虹-6(CH-6)	高空高速偵察打擊
10	2021	飛鴻-97(FH-97)	匿蹤無人攻擊機
11	2022	雙尾蠍D	中空長航時增載偵打
12	2022	飛鴻-97A(FH-97A)	無人忠誠僚機
13	2022	翼龍-1E	無人攻擊機
14	2022	翼龍-3	遠航程、重掛載、偵打一體

資料來源：1.同表1註2。
2.同表1註4。
3.同表1註6。
4.同表1註10。
5.同文章註3。
6.同文章註4。
7.同表1註9。
8.同文章註11。

於設施建物之間，只需數秒即可飛升至數百公尺的空中，升限甚至高達數千公尺，如使用專業級或企業級的新型DJI大疆無人機，其攝影性能具有內建4K以上畫素並擁有高達200倍混和變焦能力，不僅可對目標進行縮放並具有熱顯像或夜視功能，可在我們肉眼看不見的高空，對我們進行情監偵；此外，多軸旋翼機不僅可部署在高空用高倍率的攝影機掌握戰場，並可裝載爆裂物或有毒物質潛伏在目標住處待命攻擊，無須暴露在危險戰場，即可殺人於「無形」。

戰時中共可在攻擊發起前利用高空長航時無人偵察機對臺進行偵察，瞭解戰場經營並反制盟軍介入，其次以無人電戰機擔任機隊前導，伴隨大量性能普通的攻擊型無人機進襲，干擾我雷達及飛彈陣地影響追蹤鎖定效能，消耗我空軍攔截能量及地面防空彈藥，利用其損小、效高的優勢，對臺持續攻擊，以削弱我軍的「豪豬戰略」(Porcupine Strategy)，待取得空優後再以高空高速的無人機展開奇襲偵打，結合船艦及空中載台施放小型、低成本無人機進行編隊打擊，或以反輻射無人機、蜂群戰術對我軍予以重擊；除了透過境外進襲，境內運用特工人員藉由小型無人機

進行秘密偵察與破壞，摧毀我防空能量及高價值目標，以利實施斬首行動。以下針對中共無人機現行發展模式與控制技術運用實施分析說明：

一、多功能和模組化

中共在無人機領域的發展，雖然起步不如西方國家，但透過策略發展與規劃，在近幾年展現出非常豐碩的成果，除了既有的軍工企業領軍研製，進一步興起國內的無人機產業，不論在學術研究領域還是民間企業培養，都有相輔相成的作用。在2022年的全球前十大民用無人機企業中，中國企業不僅占了5家，其中DJI大疆新創公司的無人機參照美國法規設計，並刻意規避須註冊之規模打造，故受歡迎並廣為民眾使用，進而全面滲透民間企業，更是拿下全球消費級無人機將近70%以上的出口市占率，縱使美國發布制裁政策抵制，仍抵擋不了大疆無人機在市場上高性價比的優勢與魅力。

中共藉由市場建立完整的產業鏈，培養上千家零組件廠商，在國家政策支持的環境下推動軍民融合項目，將商用無人機技術運用在軍事領域，積極研製軍用無人機，不僅擁有多家企業，更研製出多種可應用在不同領域的無人機，此外，中共利用其價格上的優勢，大量出口軍用無人機至第三世界的國家，形成正向的發展循環。

在運用與威脅層面，中共無人機已具備一機多能的特性，不僅能軍、民合用，在模組化的設計架構下能依照任務實需，將無人機機載設備透過通用的功能模組，進行不同裝配選擇與組合，在完成制定標準規範後，可採開放式系統架構，透過各種相容介面交換，即能在對臺作戰中按所搭載不同的監偵設備、武器裝備或電子戰裝置，實現無人機機體通用，除了透過無人機外掛機架與酬載量的性能提升以增加載彈量，並可結合有人戰機進行更多元的戰術運用，執行目標識別、自主打擊、精準導引、無線電中繼與戰果評估。

二、結合數據鏈路與衛星導控

數據鏈路為資訊化作戰的「神經中樞」，透過通信網路及資訊處理，將陸、海、空、天、電等各項作戰單元、武器、偵測及指揮系統，在戰場中實現一體化的聯合作戰，為加速數位化建軍，中共自21世紀初開始，即研發指揮管制及戰場偵測資訊系統，並建置全軍綜合型數據鏈路，裝載於機、艦、陸基等各式裝備，實現三軍聯合作戰的高速數據通信，功能與美國的Link-16數據鏈路相似，除了保密與抗干擾功能，並具備超視距的通信能力與跳展頻的特性。

中共珠海航展所展出的DTS-03戰術數據鏈路和航天長征國際貿易公司所公開的XS-3寬帶高速數據鏈路，在傳輸速率、容量、保密性及抗電子干擾技術，研

判已超過了Link-16，在組網技術方面，不需要固定設施即能自行組成網路，每個網路成員能夠迅速的進入網路和離開，更具備使用彈性。

小型民用無人機因成本低廉、動力受限，常作為偵察、監視及攻擊武器，一般不會特別裝設數據鏈路的功能，但可將數據鏈路結合運用在能容納小型無人機的無人機「空中航母」，透過數據鏈路指揮，構建「無人機集群作戰」與不對稱作戰手段，並利用衛星導控，使空中與地面「一體化指揮平台」的各項作戰單元提供高精度的同步狀態。2022年中共航展動態展示第五代隱形戰機殲-20的操作性能，而伴隨殲-20作戰運用的無人忠誠僚機議題也同樣備受關注，研判在作戰場景中，中共不僅能藉由大量舊型或較低成本的無人戰機先期消耗我軍空戰及防空能量，進一步透過數據鏈路建立多維空間的無人作戰體系，或以殲-20攜帶多架無人僚機，並統合其他水面及水下的作戰單元快速指揮情傳、進行快速打擊及作戰掩護，以企圖奪取臺海制空與制海權。[10]

三、集群技術智能化

集群技術不是單指無人機作為表演娛樂的編隊控制，而是將一群完成編隊的無人機酬載炸彈後，變成可對大範圍進行攻擊的移動導彈，如今中共集群技術已經成熟，不僅提升戰術編隊能力且控制數量不斷增加，集群無人機具有小型、價廉、量大、編隊等特性，施放後會依照自身設定的航線在空中進行戰術編隊，透過網路訊息，使編隊內的個體可以即時進行資訊溝通交換，彼此之間動作一致，形成統一群體，並且律定各機間隔距離與自主規避，執行共同任務，除了可以作為攻擊或偵察的手段，如果無人機本身攜帶足夠的彈藥，也能透過集群技術進行自殺式的飽和攻擊。

中共2017年完成119架固定翼無人機編隊飛行實驗，形成無人機原始蜂群，固定翼無人機具有飛行速度快、製成容易等特性，在價格方面也相對低廉，甚至可運用3D列印技術製作，也因定翼機飛行速度快、無法空中停滯等特性，操作難度較高，比旋翼機需要更複雜的集群控制技術，如今中共蜂群戰術已能集控數量龐大的小型無人機，可透過不同載台發射施放，如砲彈般發射，進入預定航道後展開機翼，鎖定目標進行戰術偵打，如本屆珠海航展首次展出車載蜂群武器系統，可發射1波次48架的蜂群無人機，每架無人機頭部皆裝有攝影鏡頭，可透過光學遙控進行精準打擊，並可在發

10 羅振瑜、吳慕強，〈中共數據鏈路發展與運用研析〉《海軍學術雙月刊》，第53卷第6期，2019年12月，頁107、109、112。

射後完成自動裝填，[11]研判中共蜂群戰術將實踐在不同機型、不同功能與不同體積大小的無人機集群，並持續往結合人工智慧發展，未來能使群體之間擁有自主作戰能力，沒有控制中心，運用仿生科技模擬計算生物群飛行為，能自行組建網路、自行溝通決策，架構彈性且能任意分散重組，即使編隊中無人機故障受損，也能適應環境場景自行修復編隊，不會相互干擾，甚至研究在實戰中透過「蜂巢」技術做到回收發射出去的蜂群無人機，大幅增加威懾能力，對我軍作戰造成極大威脅。[12]

四、仿生科技與腦機介面技術運用

仿生科技是以生物作為仿效的對象，透過仿生學(Biomimicry)的原理，借鑒生物的功能與特性，運用人造科技技術將生物的自然特徵進行仿效，例如可透過外部型態樣貌進行「型態仿生」；透過生物活動、運動、探索等功能進行「功能仿生」；透過生物視覺成像的過程進行「視覺仿生」；以及仿造生物體的肌肉、骨骼或形體進行「結構仿生」。

仿生無人機即是偽裝成自然生物的型態，仿效其運動方式，結合科技技術所研製的無人機，可分別在不同空間，以不同動物的形態進行秘密偵察。例如中共仿鳥撲翼型無人機「信鴿」，因體積微小、重量輕、隱蔽性佳，也沒有旋翼作動所產生的噪音，雷達不易偵測辨識，可成為敵特工運用的利器，潛入嚴密的管制區域執行秘密偵察或滲透任務，其機身搭載高解析度攝影機、全球定位系統天線，並搭配飛行控制系統和衛星數據鏈路，透過衛星通訊將所蒐集的情資影像即時回傳，另裝有抗震軟體，確保無人機飛行時攝像清晰穩定，不受撲翼振翅飛行影響，且因「信鴿」外型動作逼真與低噪音的特性，可以吸引鳥群比翼齊飛，即便被雷達偵獲，也容易騙過人眼，使人喪失警覺，達到欺敵的效果。[13]如今中共不僅將仿生技術運用在空中的無人機，在陸地與水下環境也多有成品發表，仿造成各種真實動物的外型與運動姿態，將秘密監視與偵察作業透過欺敵偽裝等包裝持續變化、發展與性能提升。

腦機介面技術(Brain-Computer Interface, BCI)早期應用於醫學，幫助癱瘓病患透過思想控制輔助設備。「腦機」指大腦和機器(如電腦設備)之間的溝通介

11 〈珠海航展開幕！一段中國無人機視頻讓美媒驚了！(視頻)〉《快看資訊》，2022年11月8日，https://www.youtube.com/watch?v=Viy64ac9V-8，檢索日期：2022年11月28日。

12 張瑞釗，〈無人機蜂群與作戰雲概念〉《新新季刊》，第50卷第2期，2022年4月，頁94、96。

13 〈無人機偽裝信鴿 中國監控新招〉《自由時報》，2018年6月26日，https://news.ltn.com.tw/amp/news/world/paper/1211829，檢索日期：2022年11月8日。

面，可直接在使用者大腦與外部機器設備之間建立連線，不須經由四肢或身體控制，僅透過測量腦波神經訊號、提取訊號特徵，再轉換成機器指令操控複雜的系統，使機器變成人體的一部分。[14]

中共近年透過各項學術交流會，展示中共腦機介面技術結合生物醫學、電腦技術及通訊工程的研究成果，不僅能看到中共在生物醫學與雷達探測技術發展，在無人機集群控制技術方面也能結合腦機介面進行編隊飛行，雖然目前這項技術要成為軍事運用還有很大的進步空間，控制半徑及作業範圍有限，而想要擁有完全控制腦中數千億個神經元的技術，也還有很長遠的研究之路，但不可否認的是創新高科技技術正在不斷的進步與突破，並且逐步改變我們所認知的世界，研判中共將持續發展腦機介面技術，並搭配集群控制與仿生技術，將小型無人機以我們肉眼不易察覺的姿態出現在我們生活周遭，或潛入我國關鍵基礎設施，從事情蒐或進行秘密破壞任務，使其成為特工作業的運用工具，進一步侵蝕國防屏障。

對國軍反制無人機威脅建議

中共軍事無人機已不僅是偵蒐載台，倘若經過武器酬載裝配，即可成為大量、低成本的攻擊型或自殺型武器，也可利用小型、不易偵獲的無人機，作為敵特工秘密偵蒐或破壞手段，摧毀我高價值目標，此外，無人機也能以優於有人戰機的性能，充斥在低空、中空，甚至於高空，對我全面進襲，為了避免我軍精準武器消耗，樽節彈藥資源，建議國軍因應當前威脅應處作為如下：

一、整合預警能量，結合共同作戰圖像

即使無人機類型眾多，但都有其能力限制，要反制各類型無人機，首先須整合各種預警搜索系統能量，完成頻譜管理與電磁相容分析規劃，達到和諧共用的狀態，使其成為一個高效偵蒐、情資共享的預警防護網，並將雷、截情偵獲訊息結合共同作戰圖像，提供指揮官最新戰場情資以掌控戰局，提高戰場透明度，擴大作戰成效。

二、強化戰場經營，提升整體防空

《孫子兵法》有云：「凡先處戰地而待敵者佚，後處戰地而趨戰者勞。故善戰者，致人而不致於人。」資通電軍負責國軍電磁頻譜管理，平時執行國軍通信監察、電子參數蒐整及干擾源測證等作業，實施戰場經營，並維護通信紀律，以掌握臺海機艦動態及電磁頻譜運用，故建議平時加強軍種合作強化戰場經營，使電戰部

14 Michael Joseph Gross，〈改造人？美軍神經技術研究發展〉《國防譯粹》，第46卷第1期，2019年1月，頁28、29。

隊能在不同陣地進行作業、規劃與量測，與軍種密切支援，提升防護效能，戰時依令派遣電戰計畫官及部隊管制官進駐各作戰區電子暨網路作戰小組，掌握轄區內頻譜使用狀況，依戰況提供指揮官轄區現有電戰部隊運用建議與效益分析，並依空軍作戰指揮部(JAOC)及各作戰區防空作戰管制中心(TAAOC)指揮兵火力運用，對敵進行軟、硬殺作為，以遂行整體防空。

例如運用電戰部隊協助各軍重要目標防護，透過平時戰場經營活用戰術陣地，規劃適切作業場域，運用衛星定位導引反制系統，對敵無人機、精準導引武器及戰術導彈實施反制，使敵喪失精準攻擊效能，提升戰場存活率與重要設施安全，結合軍種能量，遂行戰力保存，以利爾後軍種聯合作戰。

三、將無人機納入部隊作戰運用

無人機納入部隊作戰運用，其主要目的在於使部隊建構與無人機搭配作戰的能量，使無人機不僅只是用於情監偵，更要形成打擊戰力，[15] 例如南韓的陸軍機械化步兵師團「猛虎部隊」，除了既有的高強度精實訓練，也運用小型無人機鎖定目標，以利人員精準射擊，被稱為南韓的「未來部隊」，[16] 此外，地面作戰部隊也可運用旋翼型無人機作為擾敵、制敵的手段，即使在城鎮、山區等容易隱藏掩蔽的環境，仍可輔助地面作戰部隊指揮管制，加強目標掌握與戰場監視，或可搭載小型炸彈，作為奇襲的作戰手段。

隨著共軍武器智能化、無人戰具納入運用及登陸作戰戰法改變，強化聯合作戰高度協同行動，並朝「多域快速打擊，癱瘓指揮鏈結」發展，[17] 我軍可將小型、價廉、大量的定翼機或反輻射無人機用於反登陸作戰，於機翼掛載炸藥，以俯衝自殺攻擊的形式對灘岸目標採取低成本、高威脅的打擊，進一步朝向無人機獨立編隊或集群作業發展，採用以量取勝的策略，建立不對稱戰術運用，可大幅提升威懾戰力。[18]

多軸式旋翼機因酬載量較大，具有多功能運用的特性，如可攜行炸彈，於戰場中搭配其他武器進行戰術運用；亦可作

15 Christian Brose，〈新一代軍事事務革新〉《國防譯粹》，第46卷第9期，2019年9月，頁5～14。

16 〈南韓的「未來部隊」！韓陸軍猛虎部隊首度與美軍聯合演習〉《TVBS新聞網》，2023年1月14日，https://news.tvbs.com.tw/amp/world/2017869，檢索日期：2023年1月14日。

17 陳俊丞、吳光中，〈共軍兩棲合成旅突擊登陸戰法之研究——以2020年東南海域聯合登島演練為例〉《陸軍學術雙月刊》，第58卷第583期，2022年6月，頁48、49。

18 William Matthews，〈新典範：無人飛行載具遂行集群作戰〉《國防譯粹》，第44卷第6期，2017年6月，頁21、23。

為運輸工具，對位處偏遠且路程艱辛區域的單位進行補給；[19]或規劃運用在複雜地形通信部署受限環境執行通信中繼任務。

垂直起降型無人機或無人直升機因不需起飛跑道，則可配置於船艦或崎嶇地形執行在空巡邏、搜索，擔任通信中繼、支援電子作戰或物資運輸任務，亦可集群酬載武器進行戰術運用。

2021年我國「騰雲二型」大型無人機完成起降測試，在導航、電戰及掛載等功能較前一代均有顯著提升，具備自動起降、衛星導控、電子參數偵蒐及干擾能力，能在日夜間進行空中影像監視偵察、氣象觀測及空中中繼任務，對於國防自主的能力有很大的進步，不僅未來列裝部隊能與有人戰機共同執行任務，更能提升空中電子作戰能力。[20]

四、加強重要目標防護，反制小型無人機威脅

面對小型無人機威脅，應立即採取反制手段，小型無人機因價格低廉，具有損小、效高的特性，能透過集群編隊控制技術並搭載致命性攻擊武器，或以仿生技術加以隱蔽，躲過雷達的偵測辨識，成為敵特工秘密偵蒐或滲透破壞的利器，因此，應統合現行多項系統手段進行逐層防禦與反制，例如雷達、偵測系統、小型飛彈、電子反制系統、雷射、電子圍籬、誘餌以及隨身攜帶的反制武器，如電子干擾槍、霰彈槍等，其中以雷達、偵測反制系統進行遠程的偵蒐與反制，並規劃運用其他手段逐項進行不同距離的軟、硬殺反制。

囿於小型無人機成本低廉且高機率穿透近迫防空武器系統彈幕間隙，故硬殺手段效益極低；軟殺手段無彈藥成本、無彈幕間隙且小型無人機抗干擾能力較差，可運用無人機防禦系統與固定式電子干擾圍籬作為反制手段，無人機防禦系統運用小型AESA雷達或射頻感測器進行目標偵測，透過射頻干擾使目標失去功能，或以光學、紅外線(EO/IR)追蹤器捕獲目標後再以雷射予以摧毀，逐層控制如泡泡般形成區域防護罩；電子干擾圍籬則如同警監管理，可透過無人機身分識別，阻隔無人機進入禁航區。

中共迄今雖朝向全人工智慧蜂群技術發展，惟其關鍵技術尚未成熟，在集群控制與仿生技術仍有其限制與弱點，無人機須在群體間不斷透過訊息交換協同控制，仰賴核心控制技術同時與多個地面控

19 Eli Tirk and Kieran Green，〈共軍運用無人機支援後勤任務〉《國防譯粹》，第48卷第9期，2021年9月，頁69、70。

20 〈中科院宣布「騰雲機」明年戰測 活動部署保防官盯媒體〉《聯合新聞網》，2022年11月15日，https://udn.com/news/story/10930/6767720，檢索日期：2022年12月2日。

制站通信，才能維持集群型態。資通電軍負責國軍電子戰偵蒐、反制與支援任務，協助各軍進行重要目標防護，運用資電作戰軟殺手段，將主要集群節點控制信號干擾阻斷，即能使集群能力失效崩潰甚至全數墜毀，且因小型無人機控制半徑受限，遠程機動與防護能力較差，須藉由其他飛機載運至打擊範圍才能進行攻擊，因此應透過軍種協同作戰，在無人機編隊施放前先期反制其載台，阻斷火力發揚。[21] 仿生無人機為求真實，在體型與動能都受到很大的限制，雖然不易被雷達偵獲，但仍容易受到環境天候影響與電磁波干擾，除透過無線電進行偵測，現階段仍須輔以人員警戒，以避免遭敵特工破壞。

五、地面部隊反制小型無人機創新作為

隨著無人機性能發展與進步，在單兵操作反制裝備中，以往能反制低樓層高度的捕捉網發射槍或是步槍射擊手段現已不適用，面對當前小型無人機的威脅，建議提升部隊電子戰能量，逐步滿足營區配置電子干擾槍以符合實需，例如平時將干擾槍配賦於營區一分鐘待命班，作為營區安全防護緊急應變措施，對小型無人機進行非摧毀性攻擊，或可對重要目標設置小型無人機防禦系統，以阻斷小型無人機和操控者之間的控制信號，使其失控墜毀或呈現迷航狀態，以應對無人機威脅；戰時旅、營級野戰指揮所開設期間，亦須配賦電子干擾槍，以阻止無人機在空偵察或作為攻擊武器投擲爆裂物。[22]

面對小型無人機的威脅，各國亦運用光電感測、無線電波干擾、雷射武器與小型防空飛彈等技術，開發出不同的無人機反制系統，例如以色列的「聰明殺手」、「鐵梁雷射飛彈防禦系統」、中東杜拜油田的「無人機干擾網」、美國的「AUDS反制無人飛行器防禦系統」以及「沉默弓箭手」；中共除了發展無人機能力，亦於航展中首次展出反無人機體系，例如「FK3000防空武器系統」、「天網車載式無人機防控系統」、「LW-30激光防禦武器系統」、「ZR-1500多用途無人化智能防禦武器系統」以及「HQ-17AE近程防空飛彈武器系統」，顯現除了運用無人機進行戰術偵打，在無人機防禦工作準備也不容輕忽。[23]

在創新應用方面，可規劃將既有機

21 〈如何反制無人機集群作戰〉《人民網》，2020年4月16日，http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2020/0416/c1011-31676209.html，檢索日期：2022年12月12日。

22 Warren W. Choi & Olivia A. Garard，〈如何反制小型無人機〉《國防譯粹》，第45卷第7期，2018年8月，頁56、57。

23 〈大陸航展中國特色反無人機體系 張網「捕蜂」〉《中時新聞網》，2022年11月11日，https://www.chinatimes.com/amp/realtimenews/20221111002240-260409，檢索日期：2022年12月4日。

動武器裝備與無人機反制系統結合運用，例如美國陸軍規劃將小型無人機偵測系統、高能雷射或高能微波等裝備設計裝載在部分裝甲車上，使其具有機動戰術運用與小型無人機偵蒐反制能力，提升戰場存活率，[24] 此外，不論遇到何種機體大小的無人機編隊都極具威脅，倘若地面部隊遭遇無人機採編隊自主攻擊，則須立即採近程緊急處置方式反制，如火砲硬殺反制或採緊急疏散掩蔽，以確保人裝安全。

因應未來新世紀建軍備戰的思維建議

中共無人機不僅類型眾多且性能優異，藉由多功能及模組化設計，以肆應各種任務需求，並透過數據鏈路與衛星導控，結合仿生科技與集群控制技術，研判中共無人機未來將持續朝向人工智慧領域發展，將各型無人機透過蜂群戰術成為戰場上的神兵利器。

無人機反制措施不應僅止於系統目獲或電磁干擾，除了能把不速之客驅離之外，更應具備將其摧毀的能力，我國可借鑒各國抵禦無人機的方式，統整科研能量，強化電戰反制，建立摧毀性攻擊武器，以提升威懾戰力，此外在各軍種與電戰部隊分別建立作戰環境所需的電戰反制手段，彼此交互合作重層防禦，樽節硬殺武器，反制敵人進襲，提升戰力防護，為後續作戰開創有利態勢，因應中共無人機對臺海作戰之威脅，提供我國建軍備戰規劃建議如下：

一、提升無人機產業發展，制定開放式系統架構

我國無人機發展起源，始於中科院航空所於民國85年科專計畫開發無人機複材關鍵技術，爾後因應各軍種作戰任務需求進行主導研發與量產工作，陸續研製「銳鳶」、「天隼二型」無人偵察機；可單兵操作的「紅雀」、「藍鵲」、「翔鳶」小型無人偵察機；可垂直起降的「魔眼」單旋翼無人直升機；可反制敵方飛彈陣地、雷達站或反制誘敵雷達開機搜索的「劍翔」反輻射無人機以及「騰雲」大型無人機，[25] 可運用於戰場經營、區域監測、戰術偵蒐、反恐任務、通信中繼、電子作戰、反制雷達攻擊以及戰場偵察等任務，並透過技術轉移整合國內產業鏈，建立無人機研製能量，以落實「國機國造」的國防自主政策。[26]

24 Scott R. Gourley，〈美陸軍創新作為〉《國防譯粹》，第47卷第4期，2020年4月，頁13。

25 林昱甫、李家崧、吳昌翰、洪雅芳、馬鈞文，〈無人機系統發展趨勢〉《新新季刊》，第50卷第2期，2022年4月，頁17、18。

26 陳欣倫，〈UAV納入陸戰隊情監偵運用之研究〉《海軍學術雙月刊》，第51卷第2期，2017年4月1日，頁39～41。

然而，也因為我國軍用無人機是由各軍種提出需求及研製規劃，經國防部審查後以專案形式交由中科院進行研發，故多為煙囪式架構設計，[27]軍事科技缺乏專門研發機構加以統合，難以肆應變化快速的環境與需求，加上國內無人機法規嚴格規範無人機投保、操作規定及飛行空域等限制，在配套措施不完善、過度將無人機定位於專業領域，大幅降低消費娛樂使用者的意願，不僅在知識與認知基礎無法普及，也限制消費性市場的發展潛力，因此軍民產業之間較難形成正面循環。

2022年8月我國正式成立「亞洲無人機AI創新應用研發中心」，建立「無人機國家隊」，由中科院航空所帶頭領軍與雷虎科技、經緯航太、中光電智能機器人公司、臺灣希望創新公司、尚皇科技、瑋元科技、田屋科技及中華無人系統應用發展協會(CUSADA)等8家無人機廠商與單位，透過「無人機產業創新與研發測試驗證推動計畫」，整合產官學研能量開發軍工體系的無人機，[28]未來不僅能有效提升國防自主技術能力、降低對國外技術的依賴，同時也是開創民間新興產業市場的契機，使國防企業參與交流研究，維持國防產業能力，帶動經濟效益並提升關鍵技術，使軍民產業形成正向循環。[29]

現代戰爭致勝關鍵，已不侷限在高科技軍武競賽，而在於哪一方能優先取得不對稱作戰優勢，[30]創新技術應用發展能改變戰爭型態，未來我國結合產官學研能量，統一制定標準規範，達到多功能和模組化，軍民合作發展開放式系統架構，透過各種相容介面交換，即可搭載不同設備執行不同任務，實現無人機機體通用，並結合部隊作戰應用，提升集群技術，發展適用各軍種的戰術戰法。

二、強化無人機系統辨識能力，提升戰場透明度

匿蹤無人機具有低雷達反射截面積(RCS)的優勢，能在雷達不易偵測的條件下，大幅增加防空辨識的難度。面對匿蹤無人機的威脅，可運用多基雷達多角度目標偵測能力，提升國軍對空中威脅目標早

27 許晉熒，〈無人飛機系統之共通型地面導控站技術探討〉《新新季刊》，第48卷第1期，2020年1月，頁108、115。

28 〈中科院組無人機國家隊 8家進駐〉《中時新聞網》，2021年1月22日，https://www.chinatimes.com/realtimenews/20210122005502-260410?chdtv，檢索日期：2022年12月4日。

29 〈亞洲無人機AI創新應用研發中心揭牌 無人機國家隊成軍〉《經濟日報》，2022年8月13日，https://money.udn.com/money/amp/story/5612/6535094，檢索日期：2022年8月24日。

30 彭智麟，〈建構國軍「不對稱」戰力之研究〉《海軍學術雙月刊》，第55卷第6期，2021年12月1日，頁101、102。

期預警，多基雷達可部署多處電磁波接收器，藉由接收不同方向的輻射源，將發散的電磁波訊號，進行偵蒐、測量與處理，以找出匿蹤目標，且多基雷達可與相位陣列雷達搭配使用，放大雷達可視的雷達截獲率，以提升偵蒐效能。

美軍依無人機的大小與性能，由小至大將無人機分成5種類別，其中1、2類為小型無人機，因生產製造成本較低，大多為非政府組織機構即可發展研製，故商用無人機大多為1、2類。1、2類小型無人機，因具有體積小、低雷達截獲率的特性，而難以被傳統雷達偵獲，主動相位陣列雷達(AESA)相較舊型雷達系統具有更多的能力，不論是可靠性、抗干擾或是目標更新率都有絕對的優勢，在系統辨識能力方面，可研發協助偵測和追蹤小型無人機的軟體，透過既有設備軟體性能提升，可分擔設置獨立反制小型無人機專用雷達所產生的經費壓力。[31] 此外，隨著主動相位陣列雷達技術與RF CMOS半導體製程技術日益成熟，為反制小型目標的威脅，各國雷達均以體積小、高性能及可擴充等特性發展，使反制手段具有成本合理、易於維修且具可靠性。[32]

無人機反制技術日新月異，透過各項技術搭配運用，使反制手段變得更加多元，除了雷達偵測、射頻感測及運用可見光、熱影像等目獲追蹤技術，都卜勒微處理器(Micro-Doppler Processing)也是一項重要的反制技術，原因是小型無人機大多屬於螺旋槳飛機，而旋翼是小型無人機必備的升力或動力來源，除了旋翼機具有單軸或多軸旋翼，在定翼機的前機身或後機身也具有旋翼，都卜勒微處理器即是利用旋翼的轉速特徵，偵測無人機螺旋槳葉片的都卜勒效應，進一步完成識別與追蹤。[33]

三、研發高能雷射與高能微波武器

高能雷射武器為新興軍事科技技術，具有光速傳輸及抗干擾之特性，擁有精準打擊、可多次使用、無須裝填及成本低廉等優勢，自1960年代迄今已有許多國家陸續進行研製，不僅研發出威力強大的雷射，在不對稱戰術運用層面，也將雷射武器朝向體積輕便、價格低廉及使用普及等趨勢提升發展。

無人機已是現在戰爭中常見的不對

31 Edward A. Guelfi, Buddhika Jayamaha, and Travis Robison，〈美軍的當務之急：反制無人機戰略〉《國防譯粹》，第47卷第8期，2020年8月，頁72。

32 王睿深、蔡世哲，〈微小目標偵蒐雷達之技術發展〉《新新季刊》，第48卷第3期，2020年7月，頁131、132。

33 Thomas Withington，〈無人機與微型都卜勒雷達〉《國防譯粹》，第49卷第6期，2022年6月，頁94、95。

稱作戰手段，透過微型、量大、價廉、集群等技術特性，造成防空威脅，使高價值目標防不勝防，而雷射武器正是反制無人機的策略之一，透過雷射反制，可直接摧毀小型無人機或干擾大型無人機的光電感測系統。

雷射武器並非毫無缺點，雷射容易受天候及環境影響而造成衰減，攻擊能力也會隨著距離增加而效能遞減，我們可借鑒世界各國雷射武器發展狀況，[34]包括雷射性質、功率大小及使用場域，探討出適合我國發展的雷射武器類型及作戰效益，例如我國可發展功率10～30千瓦(KW)適用於空基、海基及陸基載台的雷射武器，不僅可作為攻擊武器，面對無人機的空中威脅，也能提升自衛與防禦能力。[35]

除了運用雷射武器，透過高能微波武器照射，不僅能干擾無人機接收系統，並且能做到直接打擊摧毀無人機的電子設備，使其燒燬或過載癱瘓，對敵方造成毀滅性攻擊。高能微波武器與雷射武器都具有光速傳輸的性質，但不同的是，雷射武器通常做為硬殺使用，須透過高能聚焦及精準打擊，才能有效摧毀目標，而高能微波武器，則以干擾或燒燬電子元件為主要攻擊方式，通常做為軟殺使用，同樣是摧毀式攻擊，但高能微波武器造成破壞所需能量卻遠比雷射小了許多，因此可裝載至更多載台使用，甚至可配裝無人機作為攻擊武器，此外，微波武器攻擊範圍比雷射廣，但造價和研發成本卻相對更小，因此，高能微波武器也成為各國武器研發的選擇。

以日本為例，因中共已成為無人機大國，日本顧慮中共若以無人機酬載炸彈或化學武器作為攻擊手段，將會造成巨大危害，為反制中共無人機威脅，於2021年編列國防預算研發車載高能雷射與艦載微波武器，並朝小型、高功率等目標進行研製，考量電子反制能多次運用，樽節火砲飛彈及精準武器攔截的成本，減輕國防經費壓力。[36]

不僅日本投入電子反制研究，美國空軍也運用這項技術反擊伊朗無人機集群戰術，[37]建議各軍種汲取美國、日本發

34 陳思武，〈高能雷射武器發展現況〉《新新季刊》，第48卷第2期，2020年4月，頁34、42。

35 舒孝煌、洪瑞閔，〈制空與防空作戰〉《2020國防科技趨勢評估報告》(財團法人國防安全研究院)，2020年12月，頁49、50。

36 〈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16日，https://www.chinatimes.com/realtimenews/20201206003360-260417?chdtv，檢索日期：2022年12月12日。

37 〈美空軍非洲驗證殺手索爾 反擊伊朗無人機集群戰術〉《中時新聞網》，2020年12月19日，https://www.chinatimes.com/realtimenews/20201219004193-260417?chdtv，檢索日期：2022年12月12日。

展高能雷射與高能微波武器經驗，規劃作戰運用將反制武器用於反無人機自衛式干擾，並考量其作戰效益與研製成本，發展反制技術，以擴大防禦範圍，提升可恃戰力。[38]

四、電子參數整合與籌建新式電戰裝備

電子參數為電子作戰的核心，電戰部隊平時除執行作戰環境頻譜管理，仍須透過聯合軍種演訓情資交流並結合雷達目獲情資，逐步更新參數資料庫，戰時結合陸海空通信與電子反制措施，限縮敵作戰半徑及遲滯敵之指管，並透過衛星定位反制，確保制電磁權優勢。

因應電戰環境改變，中共在衛星發展、集群技術、數據鏈路與仿生科技日漸成熟，並結合大數據、機器學習與辨識技術，朝向人工智慧發展，無人機衛星導控訊號具有展頻抗干擾及加密傳輸等特性，不易偵蒐與研判。電戰裝備屬於機敏技術，也是高價值目標，無法籌購，應加強國防自主，持續發展自動辨識與追蹤定位系統，鎖定威脅目標，縮短作業時效，並提升反制效能，如增加跳頻能力、雷達誘騙技術及衛星定位反制，以癱瘓敵偵打能力，影響其作戰節奏。電戰消耗低廉，可多次使用，提升電戰反制能力，可減少彈藥損耗，樽節硬殺成本，不僅能達到擾敵、滯敵，並能為軍種後續作戰保存反擊戰力。

五、電戰部隊建立摧毀性攻擊能量

電子戰部隊與部隊電子戰的任務與需求均不相同，部隊電子戰的反制能量以自衛式干擾為主，而電子戰部隊則以旁立式干擾為主，兩者相互合作可形成複合式電磁屏障，建立重層防禦，除了高能雷射武器能直接打擊摧毀無人機，對電子戰部隊而言，更適合發展高能微波，配合火協作戰運用，透過瞬間高功率的指向性能量，燒燬其電子元件，假如將雷射反制比喻為一把步槍，高能微波武器就有如霰彈槍的功效，除借鑒美、日兩國發展高能雷射及微波武器反制無人機，中共現已將其手段運用在人體殺傷，或用於反制電子設備、雷達、航母、飛彈，甚至是衛星，[39]並具備運用低當量核武創造高能量電磁脈衝的技術，以實踐「反介入／區域拒止」戰略，甚至能以單一武器達成同時拒止多重領域的目標，[40]我國此刻面臨中共武力威脅，在軍力不對等的條件下，更應提升作戰能量。

38 FALK，〈美國海軍高能雷射武器〉《全球防衛雜誌－軍事家》，第433期，2020年9月，頁39。

39 吳俊憲、蘇園展，〈共軍雷射武器發展對我影響與應處作為〉《海軍學術雙月刊》，第52卷第6期，2018年12月1日，頁125、126。

40 舒孝煌、許智翔，〈創新作戰〉《2019國防科技趨勢評估報告》(財團法人國防安全研究院)，2019年12月，頁76。

六、綿密教育訓練強化威脅應處

因國情不同，各國對於無人機的威脅認知程度也不同，以我國為例，小型無人機大多用於娛樂領域，雖有被用於不法用途，但尚未出現恐怖攻擊等致命威脅；反觀中東國家及恐怖組織已將小型無人機作為攻擊武器、攻擊載具或是未爆彈使用，我國應加強教育訓練，普及無人機反制觀念，瞭解無人機的能力與威脅，具備相關知識預判威脅源的潛在意圖，並瞭解可能造成的危害。

小型無人機因體積小、不易被發現，且價格便宜、容易取得，可從事多種用途，並可攜帶致命性攻擊武器，雖能運用火砲彈藥反制，但作戰效益成本不符，應透過教育訓練，建立電戰反制的觀念，使國軍部隊具備分辨威脅與反制應變的能力，減少人員傷亡。

其次無人機的運用並非僅有接戰與打擊，亦可酬載電戰武器進行電磁作戰，對我通信指管及雷達、防空系統實施干擾，因此應運用演訓時機，加強與電戰部隊科目演練，使官兵熟悉「黑暗作戰」場景，強化官兵危機應處，並提升電磁頻譜運用能力。[41]

結　　語

共機頻繁入侵我國防空識別區，運用高頻次惡意襲擾的消耗手段，造成臺海情勢緊張，也破壞國際之間的和平，而隨著中共無人機發展，不僅衝擊以往軍事戰略構想，同時也顯現電戰戰力的重要性，不論是重要目標防護、戰場經營、教育訓練及戰術研究，都需要各軍種間相互合作，並運用電戰反制手段，阻止敵人使用消耗戰術，樽節各軍種精準武器。

中共極力推展無人機研究，提升其作戰能力，並發展多項技術運用，同時進行人工智慧與集群研究，結合衛星導控與數據鏈路技術，發展無人偵打的戰術戰法，對我臺海作戰影響甚鉅。我國應強化國防自主，透過專門研發機構將軍事科技加以統合，提升無人機產業發展，摒除傳統煙囪式系統架構，將無人機系統以「模組化、可更替」為原則設計，並統合軍、民研究資源持續發展電戰技術，籌建電戰裝備，此外，電戰部隊應建立摧毀性攻擊能量，結合軍種自衛式干擾，以形成複合式防禦屏障，同時汲取各國無人機研發與反制經驗，將無人機納入部隊作戰運用，發展國軍適用的戰術戰法，以打造重層防衛及嚇阻戰力，遏止中共武力犯臺。

(111年11月7日收件，112年2月22日接受)

41　Daniel Stefanus，〈未來電磁戰爭〉《國防譯粹》，第44卷第9期，2017年9月，頁59、60。