



淺析運用電子戰結合無人機 對現代化作戰影響之研究

作者簡介



方郁婷少校，陸軍後勤學校專業軍官班100年班、陸軍後勤訓練中心正規班106年班，曾任排長、後勤官、分隊長、副隊長、頻管官、電參官，現任國防大學陸軍指參學院學員。



李建鵬中校，理工學院正期87年班、海軍通信電子軍官正規班92年班、國管指參班101年班、國防大學資工所碩士108年班，曾任電子官、修護組長、通參官、資參官、電戰官，現任國防大學管理學院國管中心教官。

提要 >>>

- 一、2022年爆發俄烏戰爭迄今，烏克蘭運用了TB2及PD-1等無人機遂行戰場偵察與攻擊，有效捕捉俄羅斯地面部隊並進行獵殺，可見現今運用無人機遂行電子偵蒐乃至軟、硬殺手段之作戰能力，將成為現代化作戰戰力評估要素。
- 二、本研究簡述無人機起源及發展歷史，探討各國依據任務或作戰需求而產製多樣化、多元化及多功能化之無人機，進而分別闡述其作戰能力、運用限制以及現代化軍事運用之發展趨勢。
- 三、探究近年武裝衝突實例，從中研析運用無人機遂行電子戰作為，對現代化作戰帶來了「戰場空間透明」、「作戰運用多元」、「載具輕量靈活」及「智慧作戰能力」等面向之影響，亦對國軍電子戰發展策略有所啟發。
- 四、分析國軍電子戰戰力現況與限制，研提在戰略、戰術、戰鬥及戰技等各層

面之戰力需求，結合武裝衝突實例對國軍之啟發，提出國軍電子戰能力精進建議與發展策略，期可提供爾後建軍備戰及科技研發之參據。

關鍵詞：電子戰、無人機、現代化作戰

前言

自古以來，戰爭勝利重要條件之一，即為有效運用各種情報蒐集手段，瞭解敵軍的動態、意圖和資源分配，從人工間諜刺探、情報機構蒐集至技術情報截收，隨著科技不斷進步，情報蒐集手段已逐步走向科學化與電子化。《孫子兵法》云：「故用間有五：有鄉間、有內間、有反間、有死間、有生間。五間俱起，莫知其道，是謂神紀，人君之寶也。」¹回顧第二次世界大戰，由美、英盟軍利用德國在諾曼第海灘設置多部雷達特性，以載滿各種特殊金屬板、反射器之船艦與攜帶大量箔條之飛機，製造出大量機群的假象，掩護盟軍實施登陸，成功突破其防線。²此役後，世界各國便開始致力發展電子戰裝備，藉早期預警、戰場監控及制壓敵電子裝備效能等作戰優勢，提升戰場勝利公算。

2023年4月28日中共1架「TB-001」(雙尾蠍)無人機自中國福建省、廣東省交界出海飛入我國防空識別區西南空域，隨後一路飛至臺灣東南空域、東部空域，再自臺灣以北的空域穿越海峽中線後飛返中國沿海，共軍以偵打一體無人機進行繞臺飛行，除展現其強大續航及遠程操控能力，同時對全臺各項重要裝備及設施進行電子情報參數蒐集，意圖奪取區域內電磁優勢，對我甚具威脅。³依我國國防部公布之《中華民國112年國防報告書》指出，印太地區相關國家為因應目前全球緊張及危險情勢，亦逐步提升國防預算支出，並積極投入發展人工智慧(Artificial Intelligence, AI)、無人機與「電子戰」等相關技術，期以較低廉且能自動化之無人機系統，在無形之「電子戰」戰場環境中，發揮其作戰效益。⁴

面對軍事科技快速發展，「電子戰

1 沈傑、萬彤，《孫子兵法》(臺北：典藏閣出版社，2012年5月)，頁297。

2 萬濟人，〈聯合資電作戰優勢—電子戰運用與未來發展趨勢〉《國防雜誌》(桃園)，第20卷第8期，國防大學，2004年7月26日，頁52。

3 鄭樺，〈共軍44機艦擾臺TB-001無人機首度繞臺飛行〉，<https://www.epochtimes.com/b5/23/4/28/n13983805.htm>，檢索日期：2023年12月14日。

4 於下頁。



」及無人化等多元作戰型態，對陸、海、空作戰均帶來巨大影響，檢視「俄烏戰爭」中，無人機被雙方廣泛運用，規模及程度更是空前，不僅可執行戰場情報偵察及目標追蹤任務，亦能掛載精準武器及電戰莢艙等軟、硬殺武器設備，輔助及支援各種型態之作戰任務。有鑒於此，我國面對不斷威脅臺海和諧，且擁有世界最大無人機市場能量之中共，運用電子戰結合無人機之新興作戰模式，對現代化作戰所帶來之影響，殊值深省。本文以蒐整分析國內、外相關期刊、研討會文獻及軍方公開資料，分析國軍電子戰戰力現況與限制，研提在戰略、戰術、戰鬥及戰技等各層面之戰力需求，結合武裝衝突實例對國軍之啟發，提出國軍電子戰能力精進建議與發展策略，期可提供爾後建軍備戰及科技研發之參據。

無人機之發展與運用

無人飛行器(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)通常簡稱為「無人機」，可透過電磁波傳輸達成遠端控制及資訊(料)交換目

的，部分載具更搭載數據運算程式與智慧控制模組等自主飛行之關鍵技術，可肆應多種天候狀況並執行各項任務，大幅提升作戰能量。⁵第一次世界大戰後，因戰爭所導致的人員傷亡及經濟衰退，促使人們開始思考如何降低戰爭所帶來的損害，當時的英國航空學會便成立了專案研究小組，負責研製一種無需飛行員駕駛的小型飛機，替代有人駕駛的轟炸機，前往敵軍所在區域進行炸彈投擲攻擊，如此大膽創新的戰術思維，獲得世界各國的青睞與關注。⁶1933年費爾雷公司將有人雙翼飛機改裝成無人駕駛飛機「蜂王(DH.82B)」(如圖1a)，首次投入防空砲手射擊訓練使用，成功擔任靶機角色，並帶動世界各國開始積極研發量產無人靶機，降低訓練傷亡風險。⁷

美國泰勒·雷恩公司於1951年開發當時最先進且具備噴射引擎之無人靶機，製造出第一架無人偵察機「火蜂(BQM-34)」(如圖1b)，於越南戰爭期間獲得廣泛運用。⁸1960年美國海軍購置了一款無人反潛直升機「QH-50C」(如圖1c)，該

- 4 國防部，《中華民國112年國防報告書》(臺北市：中華民國112年國防報告書編纂委員會，2023年9月)，頁15。
- 5 David A. Deptula, Heather R. Penny, Christopher Olsen著，蕭光霽譯，〈美空軍無人機自主能力之分級〉《國防譯粹》(臺北)，第49卷第8期，國防部，2022年8月，頁32。
- 6 朱星名，《戰場新銳無人機》(北京：新華出版社，2015年1月)，頁4。
- 7 同註6，頁8。
- 8 諾曼·弗里德曼著，尹群譯，《美軍最尖端武器》(臺北：全球防務出版公司，2012年5月)，頁32。

機適用於艦艇起降，同時搭載深水炸彈及魚雷等攻擊武器，可稱之為第一架無人武裝直升機。⁹而於1990年代末期，因短、中程無人機受到天候環境影響甚鉅、無法執行多重任務及達成長時間偵察等問題陸續浮現，¹⁰故美國通用原子航空公司研製出中海拔、長航程之無人機「捕食者(MQ-1)」，除具備精良偵察與打擊能力，更逐步完成酬載設備性能提升及裝備量產，於2002年正式命名為「收割者(MQ-9)」(如圖1d)，而隨著無人機數量大幅提升，美國空軍復於2007年編成了第一支無人飛行器聯隊，無人機發展迄今已從最初的靶機，拓展至擁有偵察、監視、攻擊、目標導引與電子戰等多功能作戰載具。¹¹

一、各類型無人機簡介

縱觀世界各地多場戰爭，無論是情報戰、地面戰、防空作戰或反恐行動等單



a.DH.82B蜂王號無人靶機



b.BQM-34火蜂無人偵察機



c.QH-50C無人反潛直升機



d.MQ-9收割者無人機

圖1 各類型無人機

- 資料來源：1.〈CICC科普欄目—無人機百年發展史〉《壹讀》，2017年12月24日，<https://read01.com/zh-tw/zPEAmJ2.html>，檢索日期：2023年11月5日。
2.〈50年前無人機擊敗戰鬥機？美軍隱瞞一項試驗，F-4竟輸給「火蜂」〉《每日頭條》，2020年6月16日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/e5k35jz.html>，檢索日期：2023年11月5日。
3.〈60年前的美國QH-50艦載無人直升機〉《每日頭條》，<https://kknews.cc/military/9kxmImj.html>，檢索日期：2023年11月5日。
4.〈從MQ-1「捕食者」到MQ-9「收割者」，美軍無人攻擊機逐步更新換代〉《每日頭條》，<https://kknews.cc/zh-tw/military/ka4nn9b.html>，檢索日期：2023年11月5日。
5.作者彙整製圖。

一攻防作為，乃至於集群式、協同及聯合作戰等複合式戰場型態，無人機的作戰運用方式，隨著軍事科技與資訊網路技術逐步成熟。從戰場偵察監視、空戰攻擊及目標精準定位等行動，進而拓展至「心理戰」、「電子戰」及「網路戰」等無形化作戰趨勢，為現代化戰爭增加了複雜性與多

9 王強，《世界軍用無人機圖鑑》(北京：人民郵電出版社，2015年2月)，頁8。

10 同註8，頁82。

11 同註8，頁103。



變性。¹²近年來因應戰場需求，無人機產製的種類與數量日益增加，本段將針對無人機之「外型結構」、「諸元特性」、「自動化程度」及「任務用途」等四面向分類如後：

(一)就「外型結構」而言

無人機須應對各種環境或特殊型態任務，同時受限於地形限制，因此演化出「定翼型」及「旋翼型」等兩種常見之機翼型式，其差異分析如後(如表1)：¹³

1.定翼型：定翼型無人機具有類似翅膀之固定機翼，須依賴跑道或彈射裝置，運用滑行及輔助推進動力使空氣流動，進而產生壓力差，提供飛機起飛之爬升力。

2.旋翼型：旋翼型無人機通常擁有單個或多個螺旋槳，藉由螺旋葉片轉動產生向上升力，克服大氣壓力及機身重量，提供飛機原地爬升動能。

(二)就「諸元特性」而言

考量重量、速度、飛行高度及續航時間等性能諸元，密切影響無人機作戰運用方式，故可依性能諸元特性將無人機區分為1～5類(如表

2)。¹⁴茲將前述諸元特性摘述如後：

1.重量：無人機本體及酬載重量，攸關人員攜行及載台配置的便利性，其起飛方式、推進動力設備型式及環境適應能力亦同時受到影響，隨著重量增加，所需推進動力大，進而產生高油耗、高噪音等不利因素，然重型無人機較不受到惡劣天氣如強風之限制。

2.速度：就目前快節奏、多變化及高風險的作戰環境而言，戰場目標及任務型態依作戰進程疾速改變，亦考驗無人機應對各種戰場環境之能力，飛行速度與機動能力決定其運用彈性與戰場存活率。

3.飛行高度：初期多運用於敵情偵察及目標監控等任務，為避免遭敵軍發現，須同時擁有廣泛的偵察能力，匿蹤與高空飛行能力即為首要之先決條件，倘具備多種空層飛航作戰量能，便可擔負多重任務角色。¹⁵

4.續航時間：無人機之續航時間，通

表1 依外型結構區分無人機差異分析表

類型 \ 差異比較	起飛限制	續航力	承載力	滯空力	穩定度
定翼型	跑道、彈射裝置	較佳	較重	無	較高
旋翼型	原地起降	較差	較輕	有	較低

資料來源：作者彙整製表。

12 同註9，頁10。

13 陳貴春，《軍用無人機》(中國：解放軍出版社，2008年1月)，頁24～32。

14 Arjomandi, Maziar, et al. Classification of unmanned aerial vehicles. Report for Mechanical Engineering class,(University of Adelaide, Adelaide, Australia, 2006), p.7.

15 Ibid No.14, p.82.

表2 第1~5類無人機分類表

無人機類別	重量	飛行高度	速度	續航時間
第1類	0~20磅 (9.1公斤)	<1,200英尺 (370公尺)	<100哩 (190公里/小時)	1小時
第2類	21~55磅 (9.1~25公斤)	<3,500英尺 (1,100公尺)	<250哩 (460公里/小時)	1~2小時
第3類	55~1,320磅 (25~600公斤)	<18,000英尺 (5,500公尺)	<250哩 (460公里/小時)	2~10小時
第4類	>1,320磅 (600公斤)	<18,000英尺 (5,500公尺)	任何速度	10~24小時
第5類	>1,320磅 (600公斤)	>18,000英尺 (5,500公尺)	任何速度	24~48小時

資料來源：1.Dr. Maziar Arjomandi, "CLASSIFICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES", The University of Adelaide 2006, p.80.

2.基蒙·瓦拉瓦尼斯、喬治·瓦克塞萬諾斯，《無人機手冊》(無人機分類)，2020年3月1日，頁81。

3.王強，《世界軍用無人機圖鑑》(北京：人名郵電出版社，2015年2月)，頁14~17。

4.作者彙整製表。

常與飛航里程相互關聯，滯空飛行能力亦影響其作戰涵蓋半徑，若無人機具備長航程能力，則可依目標距離適度調整起降位置，並減少航行中途加油或降落次數，降低因任務中斷引發作戰失利情事。¹⁶

(三)就「自動化程度」而言

近年來軍事科技發展一日千里，無人機從全人工遙控方式，逐步結合「人工智慧(AI)」與「雲端運算」技術，進而發展出半自動與全自動等類型無人機，依自動化程度可區分0~5級：¹⁷

1.第0級：不具備自動化能力，全程須由操作人員透過遙控器或導控站下達指

令進行操控。

2.第1級：僅具有簡易自動化能力，飛航路線及安全仍由操作人員控制，無人機本身僅具單一自主功能，如維持飛行高度或位置等。

3.第2級：具有部分自動化能力，無人機可在有限度條件下自行控制飛行方向、高度及速度，惟無法自行感測外在意外

風險，仍須由操作人員監控。

4.第3級：能力與第2級無人機概等，差異在無人機可運用配載之自動化系統，提醒操作人員於必要時須介入干預飛行狀態，這一級無人機可在特定條件下自行執行任務。

5.第4級：具有高度自動化能力，在合適的環境及狀況下，無人機可依預先擬定計畫或內建規則飛行，不需操作人員干涉，且具有備用系統能力，可在故障時接替運作。

6.第5級：具備完全自動化能力，無人機在各種狀況下可以自我控制，惟目前

16 Ibid No.14, pp.81~82.

17 Tachinina, Olena; Lysenko, Alexander; Kutieпов, Vladyslav, "Classification of Modern Unmanned Aerial Vehicles", Electronics and Control Systems, Vol.4, No.74(2022), p.82.



尚無此類型無人機實例，未來期能運用「人工智慧(AI)」系統，提升其自主學習能力，以肆應多變之作戰環境。

(四)就「任務用途」而言

隨著戰爭型態趨向多元化，在軍事運用上可依據戰場需求將無人機區分為偵察(監視)型、戰鬥型、多功能型及電子戰型(含通信中繼)等四類(如表3)，分述如下：¹⁸

1.偵察(監視)型無人機：作戰全程擔負情報蒐集與地區勘測等戰鬥支援任務，其主要任務包含傳送即時監控畫面、偵測敵軍戰台部署狀況及掌握目標定位資訊等，並透過無線電或衛星鏈路傳輸手段，將相關戰場情資回傳後端指揮中心，作為後續行動決策及戰場傷損評估之參據。

2.戰鬥型無人機：此類型無人機可依任務需求安裝各式武器系統，如炸彈、導彈及火箭等，並結合搭載之先進感測器或導引系統，對地面、海上或空中等重要設施及高價值目標(如敵軍指管系統、預警雷達或機甲部隊等)

進行精準打擊或攔截，可有效降低飛行員所面臨的風險，並減少人員訓練或遠程導彈發射所需成本。¹⁹

3.多功能型無人機：為擴展無人機作戰涵蓋與使用範圍，許多先進國家將偵察(監視)型無人機施以改裝及優化，藉由加裝攻擊武器、感知工具及雷達系統等酬載裝置，從事反潛、反裝甲及反輻射等硬殺任務，如澳洲政府於「俄烏戰爭」中所提供烏軍的紙製無人機「Corvo PPDS」，除價格低廉外，更同時具備偵察、物資運輸及投擲小型炸彈能力；²⁰另部分類型可遂行氣象、核生化探測與目標、火力導引校正等戰場支援工作，展現其立體化作戰能量。²¹

4.電子戰型(含通信中繼)無人機：可

表3 以任務用途區分各國代表性無人機分類表

國家 類型	美國	以色列	中共
偵察(監視)	全球鷹 (RQ-4)	赫爾莫斯 (Hermes)	無偵系列
戰鬥	彈簧刀 (AeroVironment Switchblade)	哈比 (Harpy)	彩虹系列
多功能	收割者 (MQ-9)	哈洛普 (Harop)	BZK-005
電子戰 (含通信中繼)	灰鷹 (MQ-1C)	蒼鷺 (Heron)	WJ700

資料來源：作者彙整製表。

18 Ibid No.14, p.24.

19 經緯智庫，《全球無人機大圖解》(中國：電子工業出版社，2018年6月)，頁5。

20 陳成良，〈不是玩具！澳洲「紙板無人機」投入烏戰場價廉能投彈利消耗戰〉，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4229835>，檢索日期：2024年5月24日。

21 同註6，頁106。

掛載電戰系統或無線電中繼載台之戰略(術)型無人機，憑藉其卓越的機動與留空能力，可進入危險區域或近距離實施通信中繼、電子偵蒐及干擾等作為，一般常見目標以敵軍通信系統、地面雷達及空中航空器為主，藉以限縮其指管情傳能力，創造「電磁頻譜」優勢。²²

二、現代化軍事運用之能力與限制

廣義而言，「戰爭」即為兩個(含)以上之團體或組織，因為利益衝突或企圖達成某些目的，而進行鬥毆、攻擊及殺戮等武裝式戰鬥，在交戰的過程中，如何運用最有效率的手段獲得勝利，是各國一致認同的關鍵與目標。²³綜觀近期戰爭，無人機廣泛投入軍事運用，為現代化作戰帶來了前所未有的革新，以下將針對其普遍所見之能力與限制進行研析：

(一)軍事運用能力研析

1.偵察(監視)能力：戰場上精確的情報能提供部隊遂行高效率之行動，即時的情報更能加速部隊指揮官判斷與決策，這也是何以無人機初期發展多為偵察及監視等類型的原因。大多數無人機之偵察能力，是透過搭載的彩色／熱成像攝影機、紅外線／電子光學感測器或合成孔徑雷達等

相關高科技感知設備。²⁴就目前偵察無人機監視區域可達約10萬平方公里，甚至更廣，並藉由無線電或衛星通信鏈路，將訊息即時回傳至情報單位，互作戰全程扮演第三隻眼之角色。

2.火力攻擊能力：由於航空技術的快速發展，無人機在飛行高度、速度及酬載重量等能力均已大幅提升，除掛載基本偵察及監視等酬載裝置，同時可依據作戰需求，攜載數枚對空或對地(艦)等類型彈藥(常見如地獄火導彈及雷射制導炸彈)，並結合原有偵察能力，即時對目標進行攻擊或截擊等戰術行動，大幅縮減從目獲至打擊所需時間。

3.追蹤導引能力：近代無人機為滿足戰場需求，其視覺感知技術及GPS衛星導航系統已為必要設備，然前述設備除達成環境偵察及無人機位置標定外，亦可藉其特性同步遂行對特定目標追蹤及定位導引功能。例如，利用無人機進入敵軍區域對特定目標實施追蹤鎖定，並將位置資訊回傳打擊部隊提供火力發射導引，以提升射擊精準度。²⁵

4.通信中繼能力：資訊及網路的發展，使得現代化戰爭已邁向「全球化」趨勢

22 同註6，頁104、105。

23 孟繁宇，〈論述輿論戰與戰爭之關係〉《國防雜誌》(桃園)，第21卷第1期，國防大學，2006年1月27日，頁83。

24 Ibid No.14, pp.24~29.

25 於下頁。



，無形中擴大了作戰地境。美軍認為無人機的留空能力以及機動與靈活特性，若將其作為通信中繼點，則可大幅拓展通信傳輸距離。²⁶ 因此，當通資基礎設施遭敵攻擊損害時，運用加裝網路或無線電轉發設備的無人機，可替代低軌道衛星，依地形環境需求於空中形成通信中繼骨幹，延續或擴大傳輸範圍，強化戰場通信韌性。²⁷

5. 電子作戰能力：基於電戰系統受到距離與裝備性能限制，電子戰任務經常具有無法預測且高度之風險，如進入危險區域進行微弱訊號偵蒐，誘導敵軍防空雷達運作，抑或是以近距離對敵實施電磁干擾以獲致較佳效果等。因此在無人機上掛載電戰莢艙或電子干擾系統，藉其高靈活度、低成本及零傷亡之特性，有效掌握敵軍裝備參數，同時掩護我方攻擊行動，迫使敵陷入戰場迷霧，取得戰場電磁優勢。²⁸

6. 協同作戰能力：美國陸軍為尋求無

人機最佳作戰方式，於2014年不斷嘗試有人及無人機混合編隊之可行性，在當時運用最先進之阿帕契直升機(AH-64)系統平台，對距離110公里以外的灰鷹無人機(MQ-1C)實施導航及感測系統操控，並透過「數據鏈路」傳輸方式接收無人機影像，顯著提升了戰場環境感知能力，同時也降低飛行員傷亡之風險。²⁹ 復於美國國防部最新版之《無人系統整合路徑圖2017-2042》(Unmanned Systems Integrated Roadmap 2017-2042)內容指出，無人機在未來發展之關鍵項目，其中兩項為「互動性」及「人機協同」等領域，意味著有人機(系統)與無人機(系統)的協同作戰操作在未來將日益增加。³⁰

(二)運用限制

1. 航程及無線電傳輸距離受限：部分小型及特殊類型無人機囿於機體大小或功能需求，在續航動力、遙控傳輸及機翼載重等設備均受到限制，導致僅能在視距或固定範圍進行操控，且須進行充電(更換

25 Zheyuan Bi, Hualiang Chen, Jie Hu、Liang Liu, Jiang Yang, Cangfeng Bai, "Analysis of UAV Typical War Cases and Combat Assessment Research", 2022 IEEE International Conference on Unmanned Systems, (Guangzhou, China), 2022, p.1451.

26 同註6，頁105。

27 曾怡碩，〈無人機與戰場通訊中繼〉《國防情勢特刊》(臺北)，第16期，國防安全研究院，2022年3月28日，頁29。

28 同註6，頁104。

29 舒孝煌，〈美軍未來無人機發展與運用概念〉《國防情勢特刊》(臺北)，第16期，國防安全研究院，2022年3月28日，頁6、7。

30 同註6，頁162、163。

電池)或油料補充等後勤補給作為，導致其無法執行遠距、長時或連續性之軍事作戰任務。³¹

2.電子偵蒐、干擾與網路攻擊：無人機大多倚賴無線電及衛星鏈路傳送行動控制命令與上下鏈資訊(料)，與此同時亦暴露了自身之電磁信號，易遭受敵軍防空雷達或電戰系統偵知，進而對其實施軟、硬殺如電子干擾及飛彈攻擊；甚或運用網路攻擊手段反制敵無人機，以網路駭客入侵系統方式，竄改飛航行程或操控命令，致使任務失敗。³²

3.缺乏決策判斷能力：縱然現今部分先進國家已開發具有部分自主能力無人機，且大量投入於現行軍事運用，然而目前機器學習、程式演算設計及「人工智慧(AI)」發展等相關技術，在其運用上仍未臻成熟，無論是攻擊目標選定、狀況判斷及突發事件等臨機決策處置能力，依舊須透過操作人員遠端輔助控制；³³以美國空軍2020年所進行的空中纏鬥實驗為例，由洛克希德馬丁公司(Lockheed Martin)及波音公司(Boeing)等8個相關國防團隊，共

同參與飛行員對抗「人工智慧(AI)」測試，最後人類飛行員以「5：0」的戰果完勝，參照前述案例顯示，即便具備「人工智慧(AI)」能力之無人機，在空戰纏鬥能力上仍待研發與精進。³⁴

4.法律及道德問題：由於軍用無人機在戰爭期間是由後端的「人類」進行操控，未來更逐步朝向具有自動化之功能發展，使其可在「無人」操控下抵達特定地點進行攻擊任務，此種跨區域且涉及平民生命安全之作戰行為，已受到各種國際公約考驗，如越境進入其他國家進行攻擊的合法性，涉及「主權法」及其他相關戰爭法條規範。而無人機對某項目標使用致命武器之正當性，則面臨「國際人道法」及「國際人權法」等面向爭論，「人權觀察(Human Rights Watch)」及「國際特赦組織(Amnesty International)」等組織針對美國在巴基斯坦的無人機行動之評論報告指出，各項打擊行動應適用的法律與道德規範，往往與行動方之意見分歧未能一致，顯見無人機運用所面臨之法律及道德問題仍待解決。³⁵

31 同註29，頁1、2。

32 同註5，頁34、35。

33 同註6，頁171、172。

34 舒孝煌、洪瑞閔，〈制空與防空作戰〉《2020國防科技趨勢年度報告》(臺北)，國防安全研究院，2020年12月29日，頁36。

35 約翰·傑克森著，國防部譯印，《無人機國度》(馬里蘭州：美國海軍學會出版社，2018年)，頁185～196。



運用無人機遂行電子戰作為之研析

殷鑑2022年4月俄海軍「莫斯科號」遭烏軍「海王星」反艦飛彈擊沉事件，據指出，烏軍除透過美軍及北約交換獲得的各種電子偵蒐情資外，另派遣TB2無人機於計畫海域實施目標監控與位置訊息回傳，並由導彈部隊予以擊毀，³⁶顯示傳統以軍種兵(火)力交鋒為主的二維作戰模式，已拓展延伸至空中及海上成為「多領域作戰」型態。美國亦在2021年所發布的《陸軍多領域轉型(Army Multi-Domain Transformation)》白皮書表示，其作戰概念包括了太空、空中、海洋、地面、網路、資訊及「電磁頻譜」的運用，明確指出新增的非致命武力如資訊戰、電子戰及網路戰等，為多領域作戰應重視的重要基礎。³⁷

一、電子戰簡介

美軍《聯合電磁頻譜行動(Joint Electromagnetic Spectrum Operations)》準則指出，在作戰環境中「電磁頻譜」屬於

一項不可或缺的機動空間，在未來面對越發複雜的電磁環境，有效掌握運用電磁頻譜，將是取得戰術與戰略優勢之關鍵，因此進而衍生「電子戰」此項無形的作戰模式。³⁸我國對於「電子戰」之定義，即運用電磁與指向性能量，以削弱、制壓或摧毀敵使用電戰能力，同時確保我軍能有效使用電磁頻譜之一切軍事作為，可視為軍事力量的倍增器，其運用方式可區分為「電子攻擊(Electronic Attack, EA)」、「電子戰支援(Electronic Warfare Support, ES)」及「電子防護(Electronic Protection, EP)」，其運用概念分述如後：³⁹

(一)電子攻擊(EA)

利用電磁能量、指向性能量及各類型反輻射武器，攻擊敵人員、裝備或設施，以削弱、制壓或摧毀其作戰能力。⁴⁰

(二)電子戰支援(ES)

依據任務或指揮官作戰指導，對戰場之電磁頻譜環境實施偵蒐、辨識、定位及鑑別其威脅型態，以作為後續執行電子戰作為或其他戰術行動之參

36 朱明，〈仿烏克蘭擊沉「莫斯科號」戰法運用無人機與反艦飛彈打癱中國航母戰鬥群〉，<https://today.line.me/tw/v2/article/LXEONG0>，檢索日期：2024年5月25日。

37 吳玉芳、莊國平、陳津萍，〈美國「多領域轉型」白皮書對我國防衛作戰之啟示〉《國防雜誌》(桃園)，第37卷第2期，國防大學，2022年6月，頁5～7。

38 U.S. Department of Defense, "Joint Electromagnetic Spectrum Operations (JP3-85)", (Joint Publication, May 22, 2020), p.V.

39 《國軍聯合作戰要綱》(臺北：國防部，2022年8月)，附錄-66。

40 《電子戰教範》(臺北：國防部，2023年10月)，頁1-1。

據。⁴¹

(三)電子防護(EP)

為確保我軍人員、設施及裝備不因戰場區域內之各項電子戰作為，導致我作戰能力遭削弱、制壓或摧毀，所採取之主動或被動防護措施。⁴²

二、無人機遂行電戰作為戰例探討

傳統的戰場，通常由單一或數個有人駕駛船艦或飛機，在敵軍預警系統(如搜索雷達等)防護範圍以外進行情資蒐集、通信支援及電子攻擊等協同作戰任務。然而，隨著電子戰技術的進步，現今電戰系統之各項總成體積已趨向微型化，並結合多領域作戰概念的發展，將無人機運用於電子戰領域之案例繁多，本段以蒐整無人機遂行電戰作為之戰例，探討其戰術運用過程與效益。⁴³

(一)貝卡山谷之役 (Bekaa Valley)

敘利亞於1976年黎巴嫩內戰期間，派遣部分防空部隊進駐貝卡山谷，以部署密集之地對空防空飛彈陣地，支持巴勒斯坦解放組織抵抗以色列，如此極具威脅的軍事整備行動，對於曾經

在1973年「贖罪日戰爭」付出慘痛代價的以色列，不得不積極處置這些棘手之防空系統。

1982年6月以色列派遣「猛犬(Mastiff)」無人偵察機(如圖2)進入敘軍防空警戒範圍，並施放具備干擾及欺騙作用的干擾絲及箔條電子反制器材，迫使敵防空搜索雷達反應運作，對無人機發射大量導彈，與此同時，等候在旁的以色列F-15、F-16戰鬥機及F-4轟炸機，依據無人機回傳情資與指揮所命令，對敘利亞導彈陣地發起猛烈攻擊，並以E-2C鷹眼預警機及改裝波音707電戰機混和編隊，掩護戰機對敵機進襲反擊，此次戰爭敘利亞不僅損失約17座飛彈陣地，更損失了約80架戰機，反觀以色列只損失乙架無人機及2架



圖2 Mastiff猛犬無人機

資料來源：〈另闢蹊徑的以色列無人機〉《看中共新聞網》，2022年1月16日，<https://www.secrechina.com/news/b5/2022/01/16/992766.html>，檢索日期：2023年12月16日。

41 同註40。

42 同註40。

43 Erdemli, Mustafa Gokhan; Fisher, Edward, "General use of UAS in EW environment--EW concepts and tactics for single or multiple UAS over the net-centric battlefield", (Naval Postgraduate School, 2009), p.129.



F-15。⁴⁴

綜觀上述戰役，以色列巧妙利用猛犬無人機之被動式電子戰作為，透過釋放出的電子器材及電磁輻射反射原理，有效干擾及欺騙敘利亞防空部隊，優先掌握戰場電磁優勢，進而獲得壓倒性的勝利。

(二)沙烏地阿拉伯油田攻擊事件

葉門自1990年宣布統一以來，南、北雙方人民即因政治理念分歧、經濟蕭條及民主自由等問題，各種集體公開示威遊行或以網路串連方式發起之社會運動頻傳，當地的恐怖襲擊事件更是司空見慣，2011年隨著「阿拉伯之春(Arab Spring)」浪潮興起，「南方運動」及「胡塞運動」等國內武裝組織先後趁勢起義，使得葉門近20年來，持續處在混亂的內戰局勢當中。⁴⁵

2019年9月胡塞運動組織又以主權認同問題，運用無人機及巡弋飛

彈同步作戰方式，分別對其境內之阿布蓋格(Abqaiq)煉油廠及庫拉艾斯(Khurais)油田設施發起攻擊，據當時沙烏地阿拉伯國防部發言人指出，煉油廠及油田合計遭受18架無人機與7枚巡弋飛彈襲擊，實際參與的無人機類型包括「打擊者(Qasef-1)」、「薩曼德(Samad-3)」(如圖3)及不明型號等3類，⁴⁶不僅具備高空監測、遠程航行及精準打擊能力，其中不明型號無人機更搭載了電子反制設備，在聯合作戰初期，對沿途各式預警系統實施電磁干擾，為其他任務之無人機預先開闢了空中安



Qasef-1打擊者無人機



Samad-3薩曼德無人機

圖3 油田攻擊事件無人機

- 資料來源：1.〈成本低到可怕！無人機襲擊層出不窮！該如何防禦小型無人機襲擊〉《每日頭條》，2019年1月12日，<https://kknews.cc/military/2xnmamr.html>，檢索日期：2023年12月17日。
- 2.〈60年前的美國QH-50艦載無人直升機〉《每日頭條》，<https://kknews.cc/military/9kxm1mj.html>，檢索日期：2023年11月5日。
- 3.作者彙整製圖。

44 滕昕雲，〈貝卡山谷之役重創敘軍防空武力〉，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1286874&type=forum>，檢索日期：2023年12月18日。

45 林怡廷，〈民主浪潮退潮阿拉伯之春為何難以成功？〉，<https://www.cw.com.tw/article/5081381>，檢索日期：2023年12月17日。

46 謝志淵、洪安妮，〈2019年沙烏地阿拉伯油田遭無人機攻擊事件研究—論陸軍野戰防空〉《陸軍學術雙月刊》(桃園)，第56卷第573期，國防部陸軍司令部，2020年10月，頁46、47。

全走廊，順利潛入抵近目標區域，完成此次攻擊行動。⁴⁷

檢視本次攻擊事件，「胡塞運動」組織運用無人機操作電子攻擊(EA)，同時以其他戰鬥編隊對目標實施火力打擊，成功制壓了作戰地區內預警系統，使敵軍部隊僅能在被動或備戰未臻完善下，執行狀況應處或反擊行動，然前述之劣勢多以戰敗收場。

(三)第二次「納戈爾諾—卡拉巴赫」衝突事件

位於歐洲大陸高加索山區的「納戈爾諾—卡拉巴赫」地區，在亞塞拜然與亞美尼亞雙方種族長期理念分歧下，所衍生的歷次軍事衝突，終於在1994年俄羅斯的協商及斡旋後，雙方簽訂停火協議獲得喘息。然而，該區域的和平穩定，僅維持了近6年的時間，除了尚未解決的分離主義問題外，兩國內部隱藏的政治與經濟問題，更是觸發後續衝突之重要因素。⁴⁸

2020年9月，亞塞拜然以國境遭入侵滲透為由，向亞美尼亞「納戈爾諾—卡拉巴赫」邊界發起攻勢，擁有優勢軍力

的亞塞拜然運用了多種無人機，對敵軍各種軍事設施及武器裝備進行「降維打擊(Dimensionality Reduction)」，因此影響了戰爭節奏與進程。⁴⁹ 亞塞拜然軍隊為解決在地形上的劣勢，衝突初期利用改裝之An-2型無人機(如圖4a)發射模擬信號，使其看起來像具有威脅的航空器，引誘在「納戈爾諾—卡拉巴赫」邊界駐守的防空雷達運作，同時間派遣「拜拉克塔爾-TB2(Bayraktar TB2)」(如圖4b)及其他具有偵測能力之無人機，蒐集其雷達頻率與獲取防空陣地與設施位置，並將相關參數與情報資訊，透過「哈洛普(Harop)」反輻射無人機(如圖4c)電磁波追蹤能力，對亞美尼亞部隊多套近程防空及地對空導彈系統實施定點鎖定攻擊，逐步喪失其重要的預警與反制能力，最後亞美尼亞宣布投降，完成和平協議簽訂。⁵⁰

亞塞拜然靈活將舊型且功能單一之運輸機，改裝成擁有偵察及誘餌特性之無人機，在高風險、高傷亡及高成本的戰爭環境中，進行情報蒐集與欺騙任務，迫使戰況趨於我暗敵明，並結合武裝部隊打

47 張羣，〈胡塞披露襲擊沙特油田細節：電子戰無人機開路 噴氣式無人機主攻〉，<https://kknews.cc/world/vlbe2ay.html>，檢索日期：2023年12月17日。

48 全球防衛雜誌，〈高加索戰爭的啟發：無人機作戰下，地面防禦的課題〉，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120902/5045781>，檢索日期：2023年12月17日。

49 江珮歆，〈降維打擊後的升維思考：從太平洋北岸加拿大與南島臺灣兩地的原住民傷痛談起〉，<https://www.thenewslens.com/article/172896>，檢索日期：2024年1月16日。

50 Ibid No.25, p.1450.



a. An-2型無人機



b. TB2無人機



c. Harop哈洛普無人機

圖4 「納戈爾諾—卡拉巴赫」衝突無人機

- 資料來源：1.〈亞塞拜然An-2雙翼機改成無人機偵察與誘騙砲火〉《中時新聞網》，2020年10月4日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20201004003430-260417?chdtv>，檢索日期：2023年12月17日。
- 2.〈納卡衝突一戰成名旗手式TB-2無人機〉《青年日報》，2021年5月31日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1374331&type=military>，檢索日期：2023年12月17日。
- 3.〈大國競逐現代化無人機作戰中共解放軍後來居上〉《風傳媒》，2017年9月20日，<https://www.storm.mg/article/333681?page=2>，檢索日期：2023年12月17日。
- 4.作者彙整製圖。

擊能力，摧毀敵軍通信及重要設施等作戰重心，迫敵失去戰場優勢。此衝突事件再一次驗證了利用無人機遂行「電子戰支援(ES)」及「電子攻擊(EA)」所帶來的優勢與重要性。

三、對現代化作戰之影響研析

美國「戰略與預算評估中心(

Center For Strategic And Budgetary Assessments)」

在2015年提交給國防部的報告中指出，掌控戰場電磁頻譜已逐漸成為現代化作戰之關鍵領域之一，包含戰術性電子戰作為中，具有攻擊意味的電磁輻射干擾及訊號模擬欺騙等主動性戰術行為，以及透過技術提升或強化設施材質(材料)之被動式電子防護措施，均屬於「電磁頻譜戰」的一環。⁵¹惟執行電子戰等系統裝備不單是成本高昂，更是存有高風險之首要攻擊目標，因此被視為低成本及有人機替代品，可在危險環境執行任務且存活率較高之電戰

無人機，便成為世界各國積極拓展的方向。

鑒此，本段彙整前述之近期實際戰例內容及相關文獻資料，針對「戰場空間」、「裝備載具」、「系統功能」及「戰鬥編隊」等關鍵面向，研析無人機遂行電戰作為對現代化戰爭之影響，分述如

51 黃彥銘，〈國軍「電磁頻譜戰」未來發展之研析—以美軍為例〉《陸軍通資半年刊》(桃園)，第137期，陸軍通信電子資訊訓練中心，2022年4月1日，頁4。

下：

(一)高速機動監控能力，戰場空間更加透明

美軍在911事件期間對於叛亂分子善於操作的作戰手段有新的發現，其恐怖組織為避免暴露行蹤，常隱匿於山區、地下碉堡或城市角落等不易偵察地區，且以多點陣地經營方式，可視戰況躲藏並迅速轉移位置，若以有人戰機或特工人員進行跟監，可能會因為長時間工作而產生精神疲勞及人員傷損等風險狀況。⁵² 因此，具備精細偵察(測)、高速機動及長時監控能力的偵察型無人機，就非常適合運用於此類型任務；近期南海及東海區域主權爭議不斷，印太地區周邊國家也陸續開始運用無人機進行海上監控與電磁參數偵蒐等任務，無人機的情報蒐集與高速長時運作能力，促使戰場空間逐漸步入透明化與擴大化。⁵³

(二)多重任務複合功能，作戰運用更加多元

美軍在阿富汗及伊拉克戰爭時期，為全面性的蒐集情報、即時執行目標攻

擊與戰場監控等任務，投入大量透過人員操控的多功能無人機，並且發揮了重要作用。⁵⁴ 回顧現代化戰爭，因電磁、網路及太空發展所衍生的新興威脅，當前的電子戰型態同步大幅轉變，用於執行信號情報偵察的單一性能無人機，已不能滿足作戰需求。以色列著名的「艾爾塔(Elta Systems)」系統公司，在近期開發了一種整合式的情報定向系統，可結合各式無人機進行通信情報掃描、攔截、測量、定位、分析及分類等任務；⁵⁵ 另美國研發的「全球鷹(RQ-4)」偵察無人機，在某次測試任務中，自加州空軍基地起飛，全程未控制其飛行模式下，自主飛行跨越太平洋，降落於澳洲愛丁堡基地。⁵⁶ 由上述案例推測，具有部分自主化與多功能偵蒐能力之電子戰無人機，才能肆應現今多變的複雜電磁環境。

(三)裝備載具微型發展，各型戰場靈活運用

傳統電子戰系統由於高功率輸出需要及頻段涵蓋範圍大等限制因素，造成其裝備體積龐大，必須由大型載具搭載

52 Harun Talha Ayanoglu著，周敦彥譯，〈印太地區無人機未來發展〉《國防譯粹》(臺北)，第49卷第10期，國防部，2022年10月，頁80、81。

53 同註52，頁81。

54 同註6，頁192、193。

55 Stefan Nitschke著，柴惠珍譯，〈無人機電戰系統發展〉《國防譯粹》(臺北)，第44卷第1期，國防部，2017年1月，頁95。

56 同註6，頁193。



以維持其正常運作，常見載具以空中有人駕駛之電戰機、海上改裝之電戰艦艇及地面上各種搭載人員設備之機動車載較為普遍，其機動性差且易遭偵測攻擊。而隨著半導體元件技術急速進步，電子戰系統元件亦朝向微型化發展，如美國軍火商諾格(Northrop Grumman)公司就曾在2013年，將自行研發的微型電子戰酬載元件，配備在「蝙蝠(BAT)」微型無人機上進行測試，性能表現不亞於大型無人機。⁵⁷ 由此可見，在未來變幻莫測的戰場環境，電子戰系統將朝向具備輕巧與微型化之特性，降低被偵知機率，同時可靈活運用於各種型態戰場。

(四)人工智慧技術導入，混和編隊提升戰力

隨著無人機在各種作戰領域的使用，各國軍隊編制與任務編組也將其列入戰鬥序列中，如同前述之各項戰例，電子戰無人機在團隊作戰過程中，利用電子干擾手段，迫使敵軍防空雷達系統作動，提供我軍掌握情資與目標鎖定的機會，成功擔任誘餌、欺騙及情報偵察等助攻角色。

然而，在瞬息萬變的戰場中，缺乏自主判斷能力的無人機，較難提供進一步的貢獻。因此，美國空軍自2019年起，陸續將具有「人工智慧(AI)」之無人機結合有人機進行伴隨作戰測試，期將人類難以處理的問題與威脅(如執行電子干擾等)，交由低成本且具有快速反應能力之無人機實施處理，降低飛行員須負擔的風險。⁵⁸ 另外，中共近期針對無人機之「集群作戰」方式，融入了誘騙干擾、滲透偵察及偵打一體等先進電子戰技術，無疑是企圖透過數十架甚或是數百架之無人機，在戰場同時遂行不同面向之戰術行動，以創造制勝先機。⁵⁹

依據美國「全球火力(Global Firepower)」網站所公布的年度全球軍力報告中顯示，位居前三名的國家分別為美國居首、俄羅斯次之及中共排名第三，⁶⁰ 被視為世界兩大勢力國家的美國及中共，為了在現代化戰場取得電磁環境優勢，近期積極發展「電子戰」無人機(如表4)，期能以投入極小化的「兵力」成本，獲得最大化的戰場優勢。

57 同註55，頁91、92。

58 同註29，頁10～12。

59 陳津萍、徐名敬，〈中國大陸無人機「集群作戰」發展之研究〉《空軍學術雙月刊》(臺北)，第680期，國防部空軍司令部，2021年2月，頁72。

60 謝宜哲，〈全球軍力榜美國排第一和第二名只差0.0002 臺灣排在這名次 有一項贏中國〉，<https://tw.news.yahoo.com/全球軍力榜美國排第一和第二名只差0.0002臺灣排在這名次有一項贏中國89-041123638.html>，檢索日期：2023年12月18日。

表4 美國及中共「電子戰」無人機發展概況

國家	項目	無人機類型	發展概況與功能	服役時間
美國		捕食者(MQ-1)	1.搭載多功能電子戰系統(MFEW-AL)。 2.提供指揮官電磁頻譜圖與即時傳輸數據能力。 3.具電子攻擊及電子戰支援能力。	預計2025年進行測評。
中共		飛鴻(FH-95)	1.具備「電抗察打」多用途能力。 2.可遂行多機協同進行電子對抗任務。 3.可於複雜電磁環境下實施電子偵察定位及多源的綜合偵察。	已於2019年交付需求單位。

資料來源：1."US Army Testing Drone-Borne Electronic Warfare Capability" The Defense Post，2023年9月22日，
https://www.thedefensepost.com/2023/09/22/us-army-electronic-warfare/?expand_article=1，檢索日期：2023年12月18日。
2.〈從中共航天「飛鴻」系列看中共無人電戰系統發展〉《國防安全研究院雙週報》，第61期，2022年8月26日，頁71。
3.作者彙整製表。

對國軍電子戰運用之啟示

面對中共積極不斷的推動軍事改革與武力擴張，不僅逐年挹注國防預算提升裝備科技能量，並於2024年4月將前「戰略支援部隊」改編組織為「信息支援部隊」，由中央軍委會直接指揮，以信息作戰與行動為主軸，其中包含遂行電磁頻譜監控、偵蒐及干擾等電子戰手段，企圖進一步奪取戰場制電磁權之優勢；反觀國軍現有電子戰部隊，其主要作業能量仍集中於資通電軍指揮部，且僅能有限度支援海、空作戰，餘以支援地面作戰為其主要任務，就遂行聯合作戰層面的廣度及深度而言，仍有值得探討與精進之處。

一、需求分析

在複雜且多元化戰爭環境中，作戰

概念的基礎不外乎「戰略」、「戰術」、「戰鬥」及「戰技」等四個層面，綜觀前述之戰例與其對現代化作戰影響，本段將針對國軍電子戰部隊現況暨需求分析如後：

(一)戰略層面——全島頻譜常態監控，欠缺聯合電偵機制

通盤檢視現代化軍事武器裝備，無一不藉由「電磁頻譜」，達成定位、導引、追蹤及偵測等多種戰術機動與作戰任務。換言之，透過廣泛蒐集多種武器裝備參數，即可有效掌握其能力與限制，強化電子戰參數資料庫外，亦能統合多項情資推測敵未來行動，提供指揮官重要決策之參據。國軍電子戰部隊首要任務，在適時提供電子攻擊之軟殺支援，且在「為干而偵」的基礎理論下，進行電磁參數蒐集與



分析；基此，我國現行電磁情報蒐集模式，大多依據軍種作戰需求，運用轄屬「固定式站台」常態(長時)偵蒐為主，而以機動式載台為輔，將偵獲參數分由獨立系統完成分析與研判任務。就整體電子戰情報作業程序(指導、蒐集、處理、運用)言，欠缺聯合電磁參數偵蒐作業機制，串聯前端偵測部隊(器材)，統合、歸類及處理多方情資來源，並透由共同平台即時提供各級部隊作戰運用。

(二)戰術層面——電戰裝備構型有限，難以充分支援作戰

我國在地理位置上，四面環海且南北縱長大於東西橫寬，另有中央山脈切割東西交通要道，就目前國軍電子戰部隊現有電戰系統裝備多數構型為「陸基型裝備」而言，部署戰術陣地範圍受限，東、西向相互支援作戰較為不易，且偵蒐距離及干擾範圍受到裝備架設高度及地形環境遮障限制。就作戰全程運用而言，依階層(段)需求與現有能量，提供軍種部隊適切之電子戰作為，如整體防空作戰階段，對一定空層內之空中目標，實施有限度偵蒐、干擾或欺騙；聯合截擊作戰階段，以掩護我軍近岸輕快兵力遂行戰術行動為主要支援任務；聯合國土防衛階段，則對登陸敵軍指管機能，實施削弱及擾亂，前述電子戰攻防手段，皆受電戰裝備構型限制，難以全面支援各項作戰需求。惟本研究前

文引述之戰爭實例已明確揭示，未來戰爭將走向「多維度戰場空間」模式發展，因此單一構型之電戰裝備將難以肆應未來立體化作戰型態。

(三)戰鬥層面——陸基載台龐大鈍重，機動轉移彈性不足

國軍電子戰部隊於戰爭初期，首要任務為「戰力保存」，以確保部隊在第一時間攻擊後仍存有戰力，次依作戰需求轉移至戰術陣地，針對敵情即時作出適當之反應判斷，執行適切之電子反制手段後，再立即迅速轉移至預備位置，避免遭敵偵知打擊。爰此，電戰裝備的機動與靈活性，攸關其戰場存活率。我國電戰系統為有效掌握電磁頻譜環境，且同時保有一定干擾成效，在當前無線電訊號特性及物理條件原理的限制下，由各種天線、電力系統及內部作業設備等多種精密儀器組合而成，其載台型式以大貨車最為常見。然則，龐大鈍重的裝備載具，以及耗時、繁瑣的系統架撤程序，致使電子戰部隊遂行戰術作為時，除須考量道路、地形限制及隱(掩)蔽效果外，在作戰時效方面，冗長的先期準備作業與撤收轉移工作等因素，將為可否即時支援作戰或提升部隊存活率之首要考量。

(四)戰技層面——戰場頻譜瞬息萬變，人工應處時效不彰

在資訊網路及軍事科技快速發展的今日，戰場頻譜優勢已成為兵家必爭之

鑰，舉凡通信頻率捷變、衛星傳輸鏈路或雷達系統技術的進步，無形中加速了作戰節奏，延伸了戰場空間，同時也壓縮了部隊面對突發狀況的應處時間；換言之，能掌握複雜電磁環境，即時執行反應制壓的一方，便可取得左右戰局勝負之重要關鍵。回顧過去國軍電子戰實戰訓練，無論目標偵蒐監控、電子攻擊、欺騙，抑或是衛星定位干擾，在系統裝備操作、資料分析研判及功能模式設定等基礎技能，除遵照相關準則依據，應處慣常之戰備任務外，若遇緊急或特殊狀況，則須仰賴操作人員完成人工判讀與狀況處置，就快速變化的電磁環境，且資訊量龐大而複雜的戰場而言，單靠人力進行反制作戰的方式，將備受考驗。

二、策進作為芻議

電戰部隊於作戰全程，負責即時提供電子戰支援，且須在分秒間面臨反輻射飛彈等致命性武器威脅，扮演著影響戰場勝負之重要角色。在印太地區各國逐年增加軍事預算，並積極投入研發各類先進軍事科技武器狀況下，我國軍應考量敵情威脅與未來作戰需求，發展適切之電子戰戰力及戰術戰法，本研究提出四點策進作為建議如下：

(一)強化電偵作業量能，健全作戰指管機制

近期國際部分區域情勢升溫，各國新世代戰具亦逐一問世，從前端裝備感

測器(Sensor)情資獲得，中端指管命令及資訊傳達(C2)，至後端武器載台(Shooter)執行打擊任務階段等一連串作戰行動，皆透過電磁頻譜這項有限資源進行整合與運作，致使「電磁頻譜戰」逐漸成為現代化戰爭趨勢。國軍部隊除應具備基礎電子防護能力外，應建構「國軍聯合電戰指管系統」，自「戰力保存」階段起，互作戰全程，將各軍種偵蒐裝備(如機、艦電戰系統及電戰部隊電偵系統等)所獲電磁情報參數，藉由系統平台彙整歸納分析，即時提供各級指揮官戰場截情情資，作為武器載台(軟、硬殺攻擊)選用之參據，並透過指管系統直接指揮前端打擊部隊(如防空、岸置飛彈或電戰部隊電干系統)進行攻擊，進而完善情報鏈與指揮鏈機制，以達成「軍種聯合、兵種協同」作戰目標。

(二)研發電戰無人載具，支援三軍各型作戰

近年來，隨著無人機在全球各區域戰爭中廣泛被運用，從2022年「俄烏戰爭」及2023年「以哈衝突」，利用無人機遂行偵察與攻擊的作戰方式，為地面部隊帶來相對的空中優勢，並突破過去傳統戰場人與人的接戰模式。電戰無人機擁有成本低廉及自主化的關鍵優勢，在複雜電磁環境中可扮演全方位角色，尤以最具風險的電子攻擊任務，相較於有人電戰機而言，更能獲得先進國家的青睞。展望未來，



我國若能研發取得各類型電戰無人載具，如電戰無人飛機，藉其滯空快速移動特性，同時具備較佳視野之優勢，於整體防空作戰階段，可迅速接近空中目標(如敵戰機、無人機等)，實施目標監控、電子干擾或火力打擊等行動，以掩護我空軍戰機出擊、轉場及各部隊防空安全等；於「聯合制海」階段，得以替代人員進入危險洋流或陌生海域搜索，充分掌握戰場訊息變化，並對敵艦艇、船團或無人載具等雷達系統，依任務需要及威脅等級予以干擾或欺騙等反制作為，遲滯敵軍航渡及換乘行動，以利我遂行截擊作戰。

(三)導入人工智慧技術，爭取決策先制優勢

當今兩岸情勢持續對峙，中共總書記習近平更在二十大報告中強調：「不放棄武力犯臺」，⁶¹我們不得不承認，未來可能面對一觸即發的戰爭，一旦中共發起登陸作戰攻勢，在天然屏障臺灣海峽的限制下，將以「突擊、快速」為作戰宗旨，對我關鍵要點及重要設施進行癱瘓與破壞，期以速決方式獲得最終勝利。

面對中共強大之武力威脅，我國應秉持「機動」、「遠距」、「精準」作戰原則，即時給予適當之反應、反制手段

，以逐次削弱敵軍戰力，遲滯其攻擊行動。鑑此，國軍在未來發展籌獲各類型電戰系統時，應突破舊有思維導入「人工智慧(AI)」關鍵科技，如自動反制能力或自動預警功能等，可於「聯合反制」作戰階段時機，預警時間不足之狀況下，運用智慧化電戰系統及裝備之輔助，處理短時間偵蒐取得的大量且複雜資訊，將當面威脅或不明目標區分等級，並快速提供最佳(適)化之決策建議，以落實即偵即干作為，同時輔助我主戰部隊遂行反擊任務，發揮不對稱作戰關鍵戰力。

(四)裝備模組輕量設計，活絡編隊肆應地形

古往今來，鮮少聽聞一場戰爭僅藉由砲火攻擊或區域封鎖等間接作戰方式，達成最終戰略目的，優勢一方仍須採取灘頭登陸及斬首行動等實質手段，制壓敵軍部隊、占領國土範圍，始可稱之為取得戰爭勝利。然我國地形主要由山地、丘陵、盆地、台地及平地等多種地貌組成，交雜的城鎮與零碎的地形，考驗雙方部隊機動能力，是外線作戰之劣勢，同時可視為內線作戰之優勢。國軍電戰部隊應貫徹「防衛固守、重層嚇阻」之軍事戰略指導，具備肆應多種地形之守勢作戰能力，除持續開發輕型及模組化之新型電戰系統外，

61 黃子杰、張梓嘉，〈美國務卿示警習加速統一時間表 陳明通：中共武力犯臺不會贏〉，<https://news.pts.org.tw/article/605433>，檢索日期：2024年2月28日。

亦可視需求將原集中於同一載台的天線、電力系統，分別調整由較輕量化載具搭載，縮小裝備體積、減輕車體載重，提升機動能力與小組編隊彈性，同步減少部隊整備時效，期能藉小群多路快速反應能量，於聯合國土防衛作戰階段，即時對登陸之敵實施電戰反制作為，擾亂其指管通連系統，破壞其登陸編隊，並協同守備、打擊兵力遂行「國土防衛」作戰任務，以達戰略持久之目標。

結 論

依據前文淺析之現代化作戰趨勢而論，若近代崛起的「無人機」是部隊奇兵，那「電子戰」就可稱之為戰場上隱形的殺手。戰爭制勝之關鍵，常取決於奇襲戰術運用與無形沙場的較量，古往今來均是如此。觀察共軍近年的軍事組織改革、先進科技發展及軍力版圖擴張等積極建軍行為，推測其未來用兵理念與作戰能力將順應現代作戰趨勢，朝向「四無戰爭」（無形化、無人化、無聲化及無邊化）發展，除不定期在臺海周圍海域進行針對性軍事演練與恫嚇行動外，更多次在南海區域安全造成威脅。⁶² 臺灣位處第一島鏈地緣要點，肩負影響印太地區國際線交通安全與

經濟穩定發展重要責任，應汲取現今戰爭所提供的珍貴經驗，正視各作戰層面（戰略、戰術、戰鬥、戰技）的不足與缺陷，持續透過國際軍事科技交流及國防自主戰力研發，拓展「無人載具」能量及「電子戰」戰力，並在「防衛固守，重層嚇阻」軍事戰略構想下，研擬創新的作戰思維，建構多層次防護戰力，強化防衛作戰韌性。⁶³

(113年5月15日收件，113年6月3日接受)

62 楊太源，〈中共軍改後各軍種戰略發展可能之變化〉，<https://www.faps.org.tw/article-ap-2108-5819>，檢索日期：2024年2月21日。

63 同註4，頁23。