

探討美軍電磁頻譜戰運用對國軍電子戰作為之啟發

作者/陳明鴻

提要

- 一、隨著科技的進步，「電磁頻譜」在國防方面的運用更加廣泛，美國國防部遂因應現代戰爭所需，重新審視傳統「電子戰」，在其基礎上增加電磁頻譜管理、控制等要項，進而修訂為「電磁頻譜戰」，以更加符合現代戰爭的運用條件。
- 二、美軍於2020年5月20日頒布了《聯合電磁頻譜作戰(Joint Electromagnetic Spectrum Operations 3-85)》，可看出美軍在組織架構、戰略運用均因應電磁頻譜作戰而有所改革，尤對電磁頻譜作戰領域的重視，強調電磁頻譜對戰場的影響，要主導戰場就必須掌控電磁環境。
- 三、本研究將由電磁頻譜戰的發展，了解其定義、技術及限制等，並探討美軍在電磁頻譜戰組織、裝備及戰術運用方式等改革，分析國軍現行電子戰部隊的組織、作法及相關裝備，參照美軍的改革，從而提出發展建議，作為我國軍未來朝向電磁頻譜戰發展方向之參考。

關鍵詞：電磁頻譜管理、電磁頻譜戰、電子戰

前言

美國國防部於2020年5月20日頒布《聯合電磁頻譜作戰JP3-85(Joint Electromagnetic Spectrum Operations 3-85)》強調電磁頻譜對戰場的影響，要主導戰場就必須掌控電磁環境，是決定勝敗的關鍵因素之一，¹同年10月29日發布「電磁頻譜優勢策略(Electromagnetic Spectrum Superiority Strategy)」亦指導美軍如何獲得電磁頻譜領域的優勢，²隨著科技演進，作戰方式的改變，其將傳統「電子戰」的作戰概念修訂成符合現代作戰需求，將其更名為「電磁頻譜戰」，重視在「電磁頻譜」³領域的管理和運用。

而美軍作為世界第一軍事強國，在電磁頻譜作戰領域之發展及運用更是

1 "Joint Electromagnetic Spectrum Operations(JP 3-85)", U.S. Department of Defense, 2020, p. v.

2 "Electromagnetic Spectrum Superiority Strategy", U.S. Department of Defense, 2020, p. i.

3 電磁頻譜是一個由頻率和波長特徵的振動電場和磁場組成的空間，包括所有電磁輻射的頻率範圍，其範圍從零到無限大，而電磁頻譜不同的頻段範圍，其電磁輻射與物質傳遞方式也會大不相同，就其特性，將頻率從低至高給予不同的名稱，分別為無線電、微波、紅外線、可見光、紫外線、X光和伽瑪射線。



領先各國，可參照其頒布之準則及策略作為國軍電子戰部隊未來建軍發展方向。從近期戰爭(如俄烏戰爭、以哈衝突)可看到在電磁頻譜運用的改變，已與過往不同，尤以面對中共威脅日甚，國軍為爭取「制電磁權」優勢，針對電磁頻譜領域作戰觀念及方式亦須有所成長及轉變。然現今國軍雖已整合三軍通資電戰力成立專責電子戰部隊，但作法仍延續傳統「電子戰」模式，且現行的作戰概念漸不符合當前作戰條件。

為使三軍部隊於戰時能具備電磁頻譜作戰能力，應依據各軍種作戰需求，發展不同的電子戰部隊及技術，強化多維電磁頻譜作戰能力，以確保電磁頻譜戰優勢。本研究以美軍「電磁頻譜戰」運用為主軸，參照《聯合電磁頻譜作戰(JP3-85)》探討美軍從電子戰轉變至電磁頻譜戰之組織、特性及任務方向，進而了解兩者的差異，掌握現代電磁頻譜戰的內涵，復以美軍改革作為，據以反觀國軍電子戰運用狀況，俾供我國軍電子戰發展之啟發。

電磁頻譜戰探討

一、電磁頻譜戰定義

傳統「電子戰」概念是運用裝備主動對敵執行搜索及攻擊，並防護我軍的軍事行動，⁴其「頻譜管理」僅就軍中所使用的電磁頻譜相關裝備，實施規劃與分配，可知傳統電子戰著重在裝備層面，以主動方式執行各項軍事作為。⁵

美國戰略與預算評估中心在2015年12月提出《決勝電磁波-重塑美國在電磁頻譜領域的優勢地位》報告中，首次表達出電磁頻譜戰的運用概念，說明現今「電磁頻譜」的作戰領域，泛指所有的「頻率」，不僅僅侷限在通信、電子及衛星等軍用裝備所使用的頻率，其範圍擴及其他型態，包含民用頻率，可預見運用資源之廣泛，故其更加重視電磁頻譜中每個頻率的運用和管理，以減少使用者在電磁頻譜之相互干擾，並將有限資源做廣泛和有效率運用。⁶

美國國防部更於2020年5月20日頒布《聯合電磁頻譜作戰(JP3-85)》，將電磁頻譜戰予以規範，對聯合電磁頻譜作戰、軍種電磁頻譜作戰的指揮體制、規劃和實施等進行了詳細描述與規範，使其相關的機構職能、工作機制、行動組織與執行等有效率的融為一體，⁷並明確指出其軍事運用核心，是以「電子戰」及「電磁頻譜管理」為主(如圖1)。

4 翟文中，〈美國海軍電子作戰的現況與展望〉《國防情勢特刊》，第30期，2023年08月15日，頁27-29。

5 徐榮駿、鄧宏年，〈美軍電磁頻譜作戰新概念-電磁機動戰發展與運用之研究〉《砲兵季刊》，第196期，2022年3月，頁5。

6 “Winning in the Gray Zone Using Electromagnetic Warfare to Regain Escalation Dominance”, Center for Strategic and Budgetary Assessments(CSBA),2015/12/1, pp. i-ii.

7 Ibid No.1, p. v-xiii.

圖1 電磁頻譜戰關係示意圖



資料來源：作者整理繪製，參考“Cyber Electromagnetic Activities FM3-38”，Department of the Army, 2014/2/12, p.5-1，。

二、電磁頻譜戰技術發展

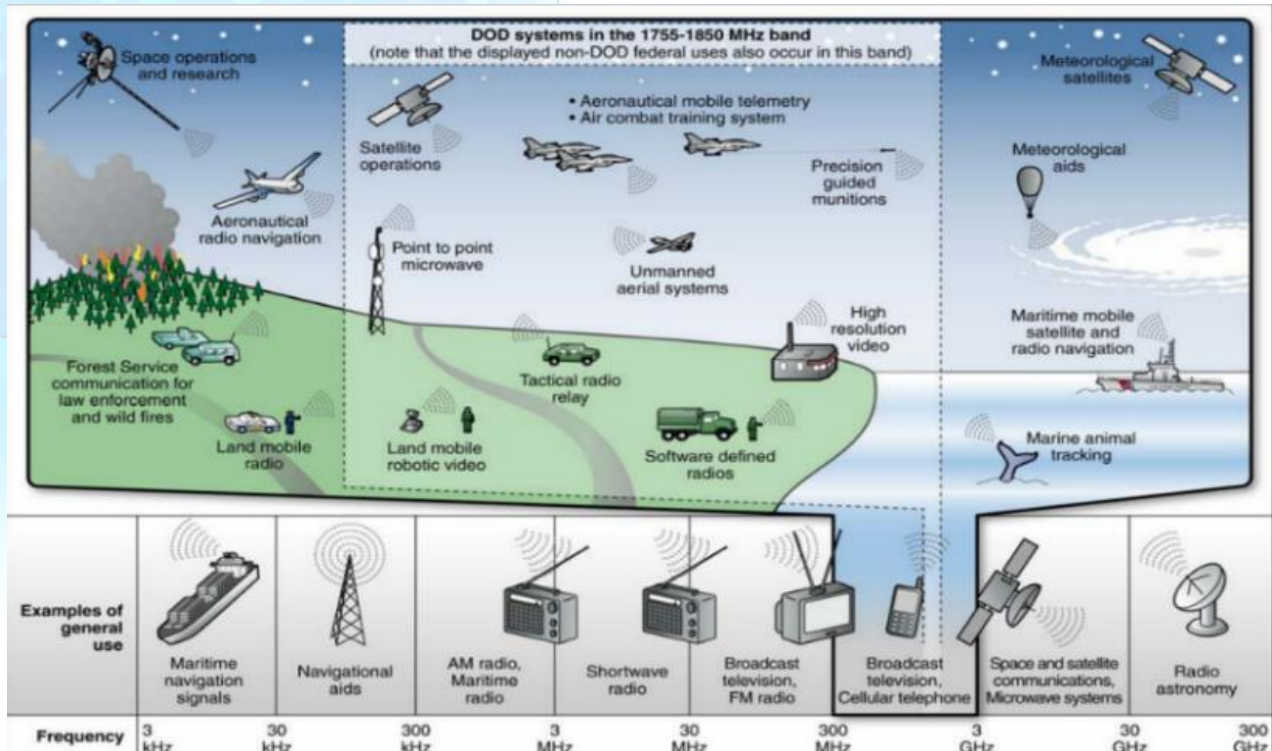
科技的進步，使電磁頻譜在軍事行動的運用上，不僅是利用電磁輻射和指向性能量來控制或攻擊敵方電磁頻譜的行為，⁸美軍最早在2009年就提出了「電磁頻譜戰」基本概念，另於2020年5月20日正式頒布「聯合電磁頻譜作戰JP 3-85(Joint Electromagnetic Spectrum Operations 3-85)」，⁹將電磁頻譜戰予以規範，並應用於通信(陸地、衛星通信)、狀態意識(雷達系統、無源雷達、信號情報、紅外線感測器)、低頻段通信的水下潛艇及數據鏈路連接武器系統等軍事作為(如圖2)。¹⁰可運用的「電磁頻譜」資源也擴大到更高的頻段(SHF-EHF)，其軍事行動亦一直在進步，綜觀美軍發展可分為四個階段，分述如次。

8 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》，第137期，2022年4月1日，頁6。

9 Ibid No.3, p. v.

10 壹讀，〈美國電磁頻譜的軍事應用綜述〉，2021-3-31，<https://read01.com/BJ5em0z.html>，(檢索日期:2023年1月8日)。

圖2 美國國防部在(1755-1850MHz)頻段中之用途



資料來源：U.S. Government Accountability Office, Spectrum Management: Federal Relocation Costs and Auction Revenues, May 2013, p.6, <https://www.gao.gov/assets/660/654794.pdf>. (檢索日期：2023年11月8日)

(一)主動與被動階段

19世紀末無線電發明開始，其大規模軍事應用在第一次世界大戰時期，無線電臺是作為主要軍事部隊指揮軍事行動及引導火力的重要手段，並使用被動測向裝備對敵方的無線電信號實施定位或監聽，¹¹另於1930年「雷達」開始投入於戰場上，主動輻射電磁波藉由目標反射的電波來確認其位置，惟當時可運用頻段為高頻(High Frequency, HF)，¹²需要直徑數公尺的天線才能達到高效率輻射。¹³可見本階段可描述為主動網路和被動偵測措施，主要是運用雷達及無線電臺，採主動方式，探測敵方及作為部隊間協調指揮運用，另藉由偵蒐測向系統，被動偵測敵方雷達和通信輻射信號，進而探知敵動態。

(二)主動與主動階段

隨著技術進步，戰爭節奏速度加快，除了要截獲敵方電磁傳輸，同時也要阻斷這些傳輸的需求越來越高，且當時技術提升，使電磁頻譜作戰系統的頻寬更寬、功率更大、波形也更為複雜，因此主動干擾技術之運用為當時其電

11 芯語，〈美電磁頻譜戰作戰概念解析〉，2022-05-15，<https://www.eet-china.com/mp/a131769.html>(檢索日期：2023年11月10日)。

12 高頻指頻段由3MHz到30MHz的無線電波。

13 Ibid No.6, p.5.

子作戰的重點，¹⁴因此陸續發明各類干擾設施，並投入作戰使用，使其阻斷敵方信號或製造假訊號，遲滯敵軍作戰行動。然而，隨著時間推移，雷達偵蒐、地對空導彈和反艦巡航導彈在其複雜性和數量上之增長，使這種主動對主動的軍事行動越來越難以持續，因此也開始探索不同之電子戰方法。¹⁵

(三)匿蹤與低功率階段

該階段開始各種反射措施的運用，例如使用匿蹤塗料、降低船艦與飛機各項發射系統之功率等特徵，美國更於1970年研製出首架匿蹤飛機「夜鷹」，利用雷達回波特性的特性，將飛機輪廓和表面反射波的稜邊數量及構造等重新設計，大幅降低雷達截面積數據，使敵雷達誤判，進而達到對雷達之匿蹤能力。而到了1980年，美國海軍驅逐艦及空軍戰鬥機也都透過改變外觀的設計，並使用被動或低功率偵測和通信系統來降低被偵蒐定位之可能。¹⁶

(四)低功率與低截獲率階段

經歷了上述階段發展，其「電磁頻譜戰」在科技及技術發展下，各型武器載具如戰機、船艦等，均具有一定偵蒐及攻擊能力，除了使其可以攻擊敵人，也可以藉由低功率與低截獲率來提升戰場存活率，也顯示其進展到了低功率與低截獲率的階段。¹⁷

三、電磁頻譜戰限制

電磁頻譜是自然環境的一部分，其電磁輻射是一種物理現象，而自然(如地形、天氣、大氣條件、海況、發射機、電力線、靜電)和人為因素都會影響電磁輻射以及使用它的組織和系統，且其用途受到物理、政策和當前技術之限制，且由於用途廣泛，使其可用資源更加受限。此外，電磁頻譜的使用須遵守國際條約以及國家法律，更加限制了電磁頻譜之可用性。¹⁸

當前民間和軍事組織不斷地尋求在相同或相鄰的頻段中傳輸和接收電磁能量，導致電磁發射器的數量和密度相應增加，無數使用者(例如手機和無線網路供應商、數位媒體)繼續擴大其頻寬需求，減少軍事行動的電磁頻譜區域，這種擁擠狀況，會導致對接收器之電磁干擾，中斷、阻礙或以其他方式，降低或限制依賴電磁頻譜的系統、電子和電氣設備之有效性能。¹⁹

美軍聯合電磁頻譜戰研析

一、美軍電磁頻譜戰組織

14Ibid No.6, p.8.

15Ibid No.6, p.11.

16同註5，頁8。

17同註5，頁8-9。

18Ibid No.1, pp.1-2~1-3.

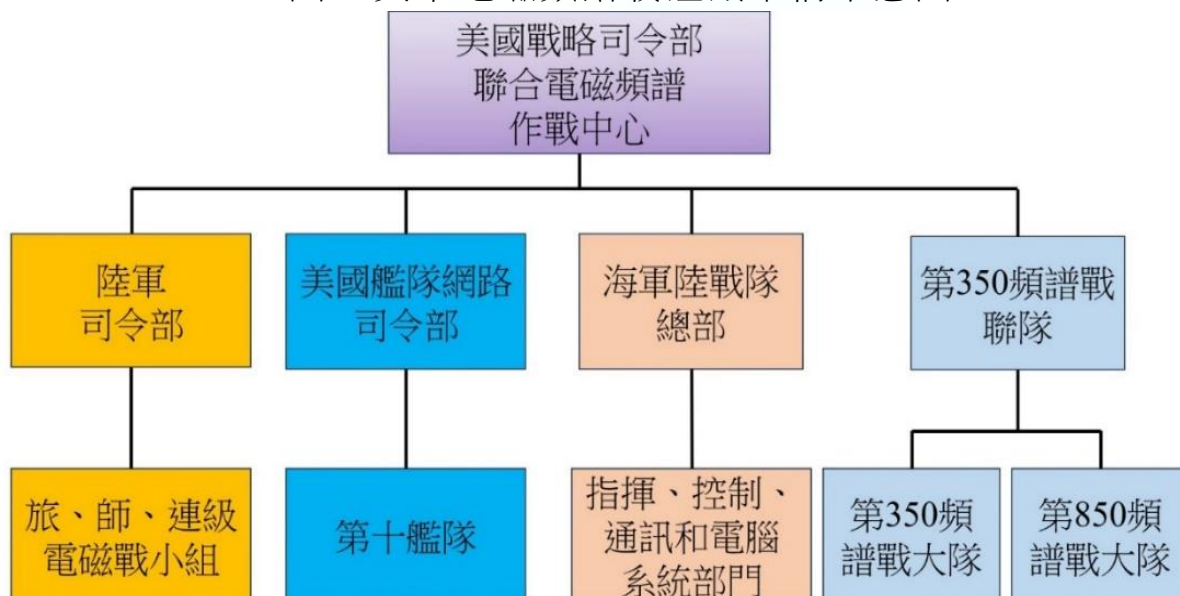
19Ibid No.1, p.1-3.

美軍首重聯合作戰，但其武裝力量編制中，電磁頻譜戰沒有獨立的建軍序列，而是納入各軍種建制規劃及管理，使其更能支援軍種作戰，將其效益最大化，有效支援聯合作戰任務。

(一)聯合電磁頻譜作戰組織與權責

美國戰略司令部是執行聯合電磁頻譜作戰中具戰略指導及指揮權責的首要組織，為了確保電磁頻譜可用性、完整性和彈性，於2023年7月26日成立「聯合電磁頻譜作戰中心」，其職責是透過聯合訓練、規劃、作戰支援和評估來實現電磁頻譜優勢，為美軍提供不間斷的通訊、資訊共享，促進電磁頻譜作戰之即時態勢感知、協調和同步；另各軍種依其作戰特性，在其組織架構體系中，編制所屬電磁頻譜戰部隊，使其符合軍種作戰需要，確保美國軍隊的戰略優勢(如圖3)。²⁰

圖3 美軍電磁頻譜戰組織架構示意圖

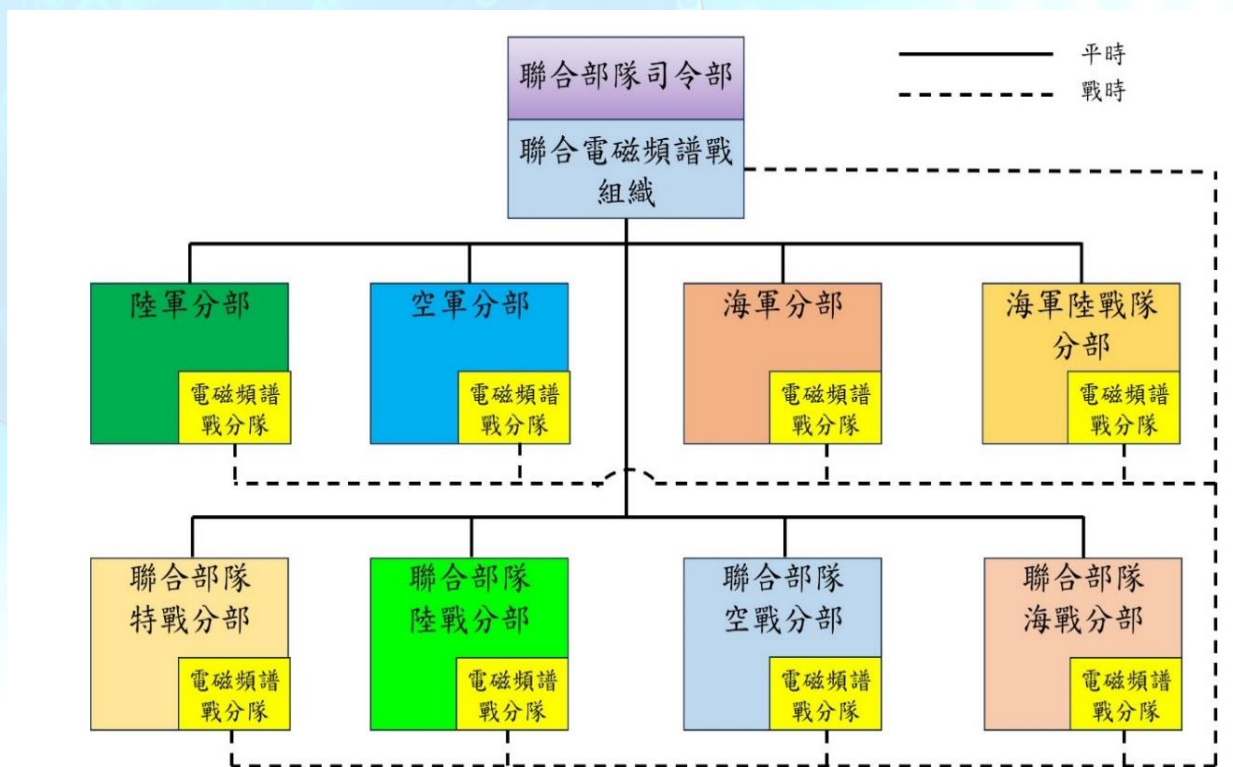


資料來源：作者整理繪製，參考美軍 JP3-85。

美軍作戰區域涵蓋全球，於各作戰區均設立一聯合作戰司令部，並於內部常態設立「聯合電磁頻譜戰小組」，作為電磁頻譜戰的主要參謀單位，負責管制作戰區內電磁頻譜戰規劃、協調、執行和評估，惟其組成和設置可能因各作戰區司令部作戰需求而有所差異；另下轄各軍種作戰單位亦會建立專責管制電磁頻譜單位，平時由各軍種作戰地區分區管制，但戰時由司令部聯合電磁頻譜戰小組直接作戰管制(如圖4)。

20U.S. Strategic Command Stands Up Joint EMS Operations Center”, U.S. Strategic Command, <https://www.stratcom.mil/Media/News/News-Article-View/Article/3471149/us-strategic-command-stands-up-joint-ems-operations-center/>, (檢索日期:2024年1月5日)。

圖4 聯合電磁頻譜戰指管圖



資料來源：作者整理繪製，參考美軍 JP3-85。

(二)美各軍種電磁頻譜戰部隊現況

1.陸軍：在旅級以上至司令部層級編設網路電磁小組，負責整合網路及電磁戰任務，執行網路空間和電磁頻譜作戰行動，使陸軍能夠防護己方和保衛友軍網路，並保護人員、設施和設備，而在師級部隊戰鬥支援營中擴編一專責連級電磁頻譜單位；另在營級單位建立電戰連，每個軍事情報連中也建置專屬電磁戰排，並在多領域特遣隊成立支隊，負責戰場電磁態勢感知、通信信號偵察等任務。²¹

2.海軍陸戰隊：美國海軍陸戰隊總部設立頻譜辦公室為所有需要戰術和非戰術通訊以及非通訊頻率指配請求的部隊、設施提供行政電磁頻譜管理支援和協助，消除電磁頻譜衝突，以利海軍陸戰隊特遣部隊指揮與控制更加容易，有效支援作戰遂行。²²

3.海軍：美國艦隊網路司令部是戰略指導和戰術執行之間的橋樑，以計畫、協調、同步和評估與下級部隊有關的電磁機動戰爭行動，另美國第十艦隊是其直屬艦隊，執行電磁作戰規劃、監視、指揮、評估、溝通、協調和執行

²¹舒孝煌，〈美國陸軍多領域作戰下的電子戰〉《國防情勢特刊》，第30期，2023年8月15日，頁15-16。

²²Ibid No.1, pp. II-17~18.



行動，以實現指揮和控制，對指定的部隊進行作戰管制。²³

4.空軍：美空軍在作戰司令部特設電磁頻譜管理辦公室，並於2021年6月25日成立「第350頻譜戰聯隊」，由第350頻譜戰大隊和第850頻譜戰大隊組成，旨在支援空軍電磁頻譜的整合和現代化，為作戰人員提供攻擊、機動和防禦的優勢。²⁴

綜上可見美軍對電磁頻譜戰的重視程度，從組織架構中做出許多調整，甚至在國防部內建立一個專責戰略單位，雖然沒有因此對其額外成立一個軍種，但各軍種仍然在其組織體系內建立專責電磁頻譜戰單位，並於各司令部編制專責人員，使其達到有效支援聯合作戰之目的。

二、美軍電磁頻譜作戰概念

美軍自2015年以來受到美國戰略與預算評估中心智庫提交各種電磁頻譜戰相關報告影響，將電磁頻譜作戰概念列為發展最優先項目，也因應不同作戰環境需求，漸漸產生新的作戰概念，開發新式裝備與能力，以下列舉幾項美軍在「電磁頻譜戰」發展較為完善之作戰概念：

(一)藉由被動或多載台偵蒐方式研判敵位置

採用低功率的工作模式，降低遭敵雷達偵知可能，進而在電磁頻譜中獲得相對性的作戰優勢，同時要減少遭敵反偵測的可能，其目的就是使用被動模式或偵蒐系統獲得敵人位置(如圖5)，運用概念區分三種方法，²⁵分述如下：

1.被動模式探測目標位置：將有人或無人偵蒐裝備分散部署，以偵蒐敵的輻射源信號，經過網路整合後，透由系統分析定位及識別，確定敵方發射源位置，全程未輻射任何電磁波，降低遭敵發現的機率，若是目標僅在收到感應器提示後才會輻射信號(如射控雷達)，可藉由輻射欺騙信號，誘導敵雷達的啟動，然後進行定位。

2.主動到被動偵蒐模式：將主動輻射載台和被動偵蒐載台分散部署，運用一個載台輻射電磁波或紅外線等能量，並再反射一個雷達頻率或紅外線後關閉，然後藉由部署各處的被動偵測裝備實施接收，針對其參數實施分析，判斷敵人位置，降低遭敵偵測或反偵測之風險。

3.低偵測/低探測雷射：使用雷射裝備進行多態或單一載台偵測模式，運用模式類似雷達，惟雷射相較於雷達信號，其波束更緊密聚焦，不具電磁波

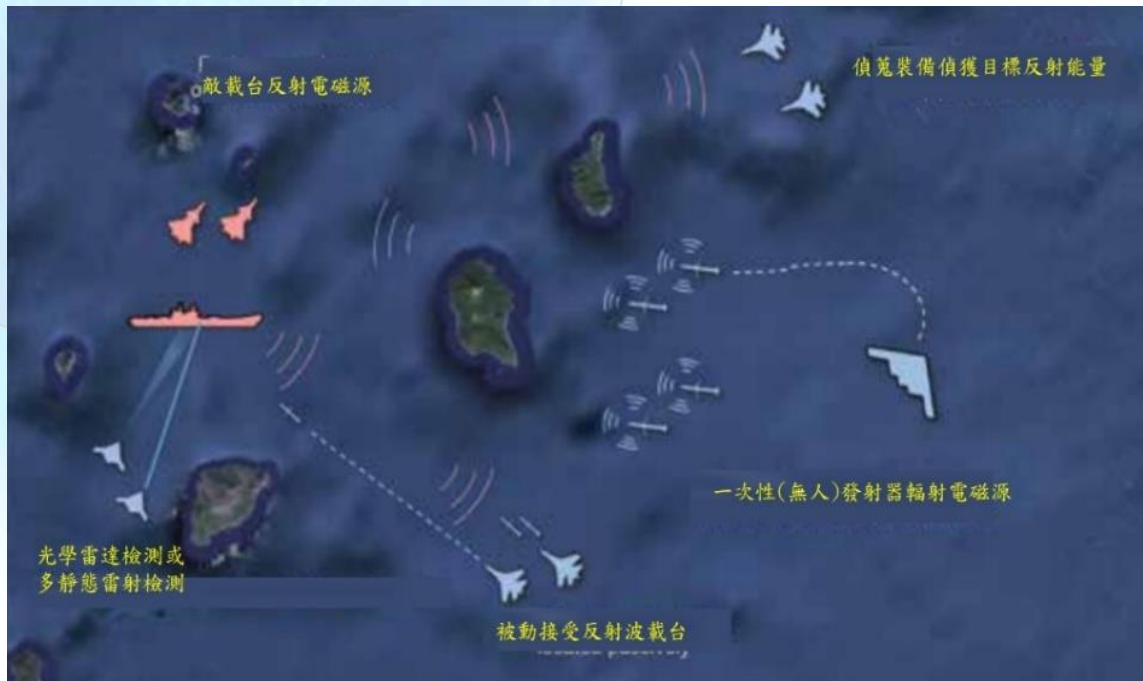
23U.S. Fleet Cyber Command MISSION & VISION”, An official website of the United States government , <https://www.fcc.navy.mil/ABOUT-US/MISSION-VISION/> (檢索日期:2023年12月21日)。

24350th Spectrum Warfare Wing OUR MISSION”, An official website of the United States government , <https://www.350sw.af.mil/About-Us/Our-Mission/> (檢索日期:2023年12月21日)。

25Ibid No.6, pp.20-21.

「旁波瓣」現象，可精確調整檢測目標所需的最低雷射能量，不容易被檢測。

圖5被動和多載台偵蒐與定位示意圖



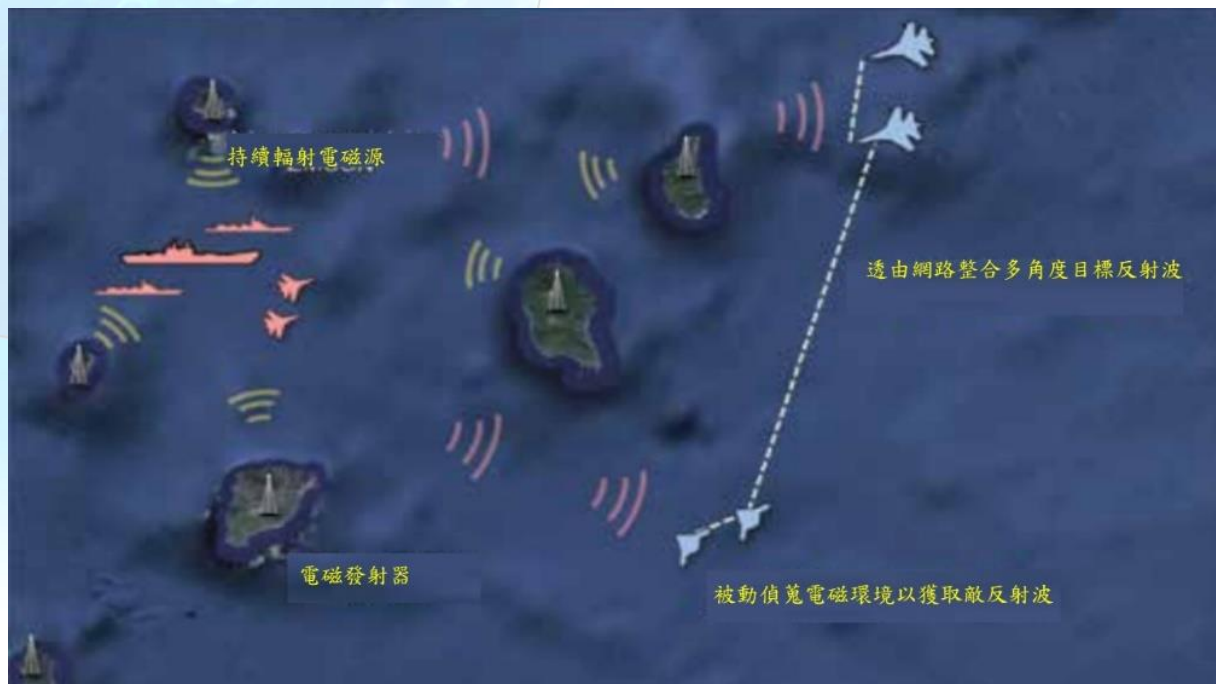
資料來源：作者參考《Winning in the Gray Zone Using Electromagnetic Warfare to Regain Escalation Dominance》Center for Strategic and Budgetary Assessments(CSBA),2015/12/1、徐榮駿、鄧宏年〈美軍電磁頻譜作戰新概念—電磁機動戰發展與運用之研究〉《砲兵季刊》，第196期，2022年3月，整理製圖。

(二)藉由環境電磁反射能量定位敵位置

主要掌握區域內存在已知的電磁頻譜進行分析，藉此將來自敵方通信系統或其他輻射源(如無線電、雷達等)區分，甚至是運用太陽的輻射能量經由目標產生之反射波，經被動裝備偵蒐，計算出能量差，判斷其目標位置(如圖6)，類似於多個靜態偵蒐系統偵測目標，若在缺乏發射源的情況下，可以使用多個網路化之接收器來評估潛在目標不同方面的回波，但須考量電磁環境特徵及其主要電磁頻譜運用系統，為了使這種技術提供準確之位置情報，必須要充分掌握該作戰區域的電磁環境。²⁶

²⁶宋吉峰，〈無聲無息的戰爭：電磁頻譜作戰的未來發展〉《海軍學術雙月刊》，第五十一卷第一期，2017年2月，頁64。。

圖 6 被動偵蒐定位示意圖



資料來源：作者整理製圖，參考“Winning in the Gray Zone Using Electromagnetic Warfare to Regain Escalation Dominance”, Center for Strategic and Budgetary Assessments(CSBA),2015/12/1, p21。

(三)在敵「反介入/區域拒止」區域執行任務

「反介入／區域拒止(A2/AD)」²⁷能力隨著武器精度、射程和數量的提升，其範圍不斷擴大，這迫使雙方將進行遠距作戰，隨著距離加大，主動偵蒐裝備也需要在高功率下進行長時間、長距離搜索，增加許多風險。而現階段電磁頻譜作戰方式，將越來越依賴被動式雷達，但由於被動、長程偵蒐裝備提供的目標資訊較不準確，仍需要使用雷射或紅外線偵測裝備建立精準之目標資訊才能進行攻擊。

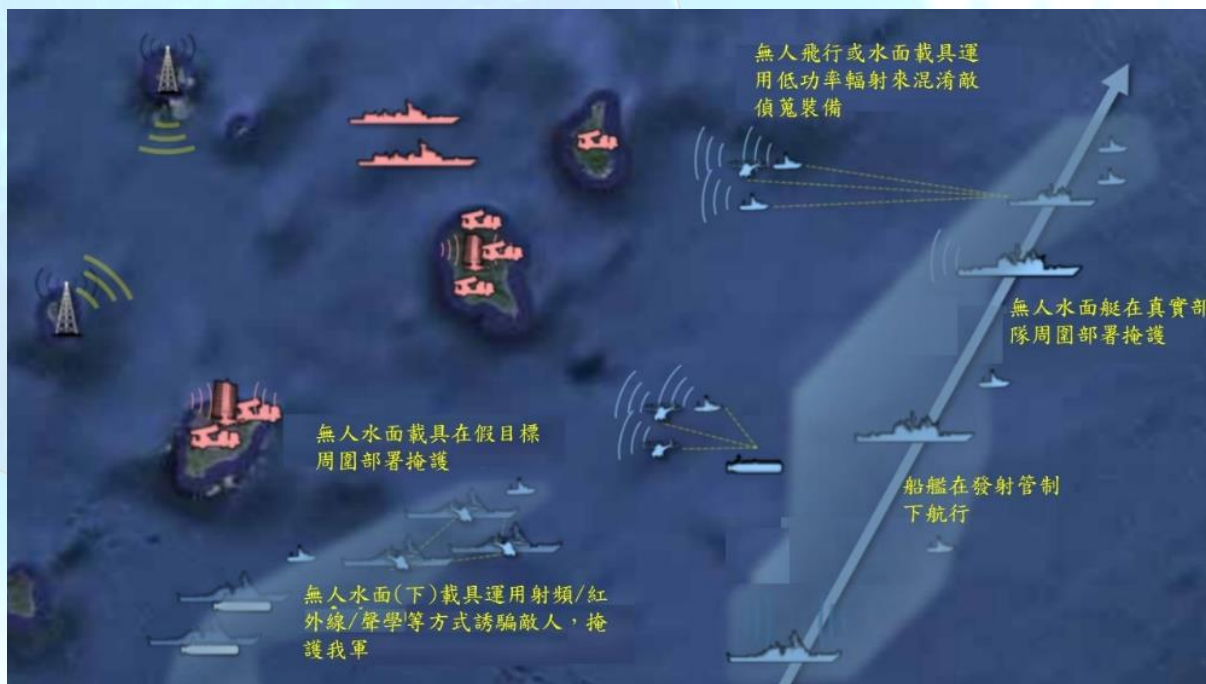
因此美軍在敵「反介入區域拒止」作戰中，運用主動和被動偵測裝備的組合對敵實施反制。²⁸為了降低遭敵探測之風險，可使用無人載具發射低功率的輻射信號或雷射，以此反制或混淆敵偵蒐裝備，降低敵主、被動偵蒐裝備的靈敏度，且可以將誘餌系統配備在無人載具上，模擬美軍武器系統的電磁頻譜特徵，使敵方偵蒐裝備誤判(如圖7)，掩護主要作戰部隊遂行作戰任務。²⁹

27 「反介入／區域拒止(A2/AD)」指岸基雷達和通信網路、防空導彈、巡弋飛彈等武器，可對敵方的船艦、飛機及其他投送兵力載具實施遠端打擊的區域。

28同註8，頁9。

29同註8，頁65。

圖7 欺騙、迷惑及反制作戰示意圖



資料來源：作者整理製圖，參考“Winning in the Gray Zone Using Electromagnetic Warfare to Regain Escalation Dominance”, Center for Strategic and Budgetary Assessments(CSBA),2015/12/1, p.23。

三、小結

美軍對電磁頻譜戰之組織改變和戰術運用，在組織架構未將其列為獨立軍種，而是由戰略到執行層級的單位擴編許多與其相關之專責單位，因此國防部及各軍種(含所屬)亦增加及調整相關編制，使人事運用及指揮權責更為簡明，各軍種指管及戰術戰法運用符合作戰需求。美軍雖然對電磁頻譜戰重視，但仍保持其作戰原則，以支援作戰為主。

美軍以「低功率或被動模式」為主軸，發展出不同的作戰方式，凸顯了在支援、偵蒐和防護方面的多用途，甚至在「反介入/區域拒止」區域中，亦能發揮作戰效能，進而提升作戰運用方式，並符合各軍種作戰的需求。

在電磁頻譜運用領域，不再單純運用武器產生輻射，進而對敵人實施偵測及攻防作為，而在管理和運用該領域的一切資源，如採用多重被動模式，於隱藏自己之狀態下探測敵人動態，並可藉由無人載具運用低功率信號，對敵實施反制，可看出當前美軍電磁頻譜戰朝多元方向發展。

對國軍電子戰運用之啟發

一、國軍電子戰部隊現況探討

(一)國軍電戰部隊組織

國軍作戰組織及架構依敵情威脅與任務等多重面向規劃，以遂行聯合作戰任務，在國防部參謀本部通信電子資訊次長室(以下簡稱通次室)的戰略指導下，於2017年7月1日整合三軍通資電能量，成立資通電軍指揮部，³⁰其架構依性質將其區分為政策與計畫階層、管理階層及執行階層。由國防部通次室主導政策及計畫，依國家安全並參照敵情威脅及作戰能力，建構電子戰戰略，並指導作戰、情蒐訓練整備等作為，依據敵可能行動、國內法律及國際法，制定電戰規範及策頒計畫等事務，以明作戰權責與能力限制；而資通電軍指揮部屬管理階層，負責電戰全般業務之政策指導與推行，其下轄電子戰部隊為執行單位，由電子作戰中心及所屬各電戰中隊組成，依上級指導統整規劃電子戰戰力及運用，其所屬部隊負責執行電子戰攻擊、防護及支援等作為。

(二)國軍電戰能量及運用

國軍利用電磁能量和定向能量來控制電磁頻譜或攻擊敵方之裝備方法，依其運用區分為偵蒐、攻擊及防護等三種，以下針對各項功能說明。

1.偵蒐作為：區分為「信號偵蒐」及「目標搜索」兩種方式，信號偵蒐係指運用被動偵蒐裝備對當面雷達輻射源及中國大陸沿海通信信號實施偵測分析，且海、空軍機艦載具，亦可搭載相關裝備(如電戰莢艙、艦載電子戰系統等)執行偵蒐、比對及紀錄雷達信號；³¹然就當前目標搜索裝備均為主動式裝備(如雷達)，僅輻射方式有所差異，在作戰區域內易遭敵偵測其電磁訊跡，進而成為敵首要攻擊目標。³²

2.攻擊作為：現行國軍運用電磁頻譜作為攻擊手段之裝備，除空軍電子戰干擾機，³³考量其操作條件隸屬空軍外，餘均由電子作戰中心掌握，所述裝備均採高功率輻射方式，對敵實施電磁反制，遲滯敵電磁頻譜相關系統運作，支援我軍作戰任務。³⁴惟受限裝備種類及數量，僅空地兩用，致聯合作戰支援受限，無法全面滿足各軍種作戰所需。

3.防護作為：各次級聯合作戰指揮中心配賦簡易型定位導引防護系統，架設於重要防護目標周邊，可對GPS信號實施干擾、阻斷，影響精準武器攻擊成效，且部分雷達陣地設置雷達主動誘標系統，³⁵亦能有效反制敵反輻射武

30〈【隊徽圖誌】資通電軍指揮部 數位屏障〉，《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1592348&type=immediate>，(檢索日期:2023年10月26日)。

31游鎮誠、蔡俊傑，〈淺談臺灣海空預警精進作為研析〉《空軍軍官雙月刊》，第225期，2022年8月，頁69-70。

32孫亦韜，〈艦隊電子戰運用作為之研究〉《海軍學術雙月刊》，第四十七卷第四期，2013年8月，頁76。

33〈神秘天干機性能提升案暫緩 靜候新政府上台翻身〉《風傳媒》，<https://www.storm.mg/article/115384>，(檢索日期:2023年12月21日)。

34同註8，頁14。

35《國家中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=260&catalog=10，(檢索日期:2024年2月4日)。

器之攻擊，確保我軍海、空情掌握。另海、空軍機艦載具，亦配賦自衛式電子戰系統，³⁶可偵測敵雷達威脅信號，提升戰機艦存活率，惟在面臨新式反艦及反輻射飛彈威脅，相較於其他國家近年發展的先進系統，不僅可與戰鬥管理系統介接，同時具備自動運算，迴避航向及干擾彈發射規劃等功能，³⁷面對新式武器的防護力逐漸不足，相對提高人員及裝備之風險。

國軍將電子戰部隊統管制運用，使各軍種缺少了電子戰主動反制能力，就電戰戰術作為之運用效益及戰術靈活性侷限，並隸屬不同軍事編制，其指管方式相對不夠明確，再加以各軍種作戰需求有所差異，間接提高作戰支援困難度。國軍主要電戰裝備平時僅通信偵蒐及干擾裝備配屬作戰區執行戰演訓操演運用，餘裝備統由資通電軍掌管，運用於電磁頻譜偵蒐、測向、定位、分析及信號監察等，惟其亦須支援海、空軍運用，致電戰支援能量有限；³⁸而於戰時可依戰況將各項裝備指揮權限轉移，部分裝備由聯合作戰指揮中心負責指揮，然部分由資通電軍或作戰區管制(如表1)，因各作戰區配賦裝備類型不同，亦需支援陸、海、空軍使用，使其指管權責複雜且不明確，使其電戰裝備恐難以有效支援作戰。³⁹

表1電戰裝備運用分類表

功能	裝備名稱	支援運用
通信偵蒐	偵蒐系統	作戰區
	跳頻通信偵蒐車	JOCC
通信反制	通信干擾系統	作戰區
	跳頻通信干擾系統	JOCC
電子偵蒐	寬頻電子偵蒐系統	資通電軍
	機動VHF/UHF、微波頻段偵蒐系統	資通電軍
電子反制	電子干擾系統	資通電軍
衛星反制	定位干擾系統	JOCC

資料來源：劉維福，〈聯兵旅部隊電子戰能力發展之研究〉《陸軍通資半年刊》，第 135 期，2021 年 4 月 1 日，頁 31。

二、國軍電子戰發展芻議策略

國軍可以借鏡美軍電磁頻譜戰的準則及其作戰運用方式，藉以審視我國軍作戰環境及各軍種作戰所需，制定國軍電子戰未來發展方向，方可建立有效

36同註8，頁14。

37洪御祥，〈海軍電子戰戰術戰法研討－以未來整備方向為例〉《海軍學術雙月刊》，第五十三卷第二期，2019年4月1日，頁81-82。

38劉維福，〈聯兵旅部隊電子戰能力發展之研究〉《陸軍通資半年刊》，第 135 期，2021年4月1日，頁30。

39同註32。

支援各軍種作戰所需的電磁頻譜作戰能量，建議策略如下：

(一)結合國家發展政策、有效運用可用頻譜

我國於2022年8月27日成立數位發展部主要負責全國無線電頻譜、資訊安全、網路及線路等相關業務及協助公私部門數位協調等事宜，其中涉及電磁頻譜管理事宜，⁴⁰國軍平時應與其合作，分析國內電磁頻譜環境，彙整頻率使用現況及需求，建立「電磁頻譜資料庫」，供各作戰區網管中心頻率管制作業運用，確保地區頻率和諧，避免相互干擾，另於戰時可作為頻率調配之依據，亦可透過該部數位工具，使國軍在遇到各種不利情況時，通訊網路能正常運作並迅速恢復，作為與各界協調中樞，可藉此與各界建立戰時頻譜資源運用機制，以利戰時指管暢通。

臺灣地小人稠越來越多的科技運用到電磁頻譜，再加上建築林立阻隔(反射)電磁波，形成一個複雜電磁環境，⁴¹然國軍可藉由「電磁頻譜資料庫」掌握作戰區域電磁頻譜環境，並藉由電磁頻譜管理，加強電子參數防護作為，確保各項電子參數安全，以降低敵先期偵知風險，並納入發展無源雷達、多基雷達等設施運用，對我軍形成有利態勢，以利後續作戰任務遂行。

(二)檢視三軍作戰需求、建構聯合電戰能量

國軍依「防衛固守，重層嚇阻」軍事戰略指導，以不對稱作戰思維，依「整體防空、聯合截擊、聯合國土防衛」之作戰進程，⁴²就敵情變化，各軍種均有其戰術戰法之運用，空軍為爭取制空權之主要戰力，提供遠程防空預警情報；海軍統籌海上防衛作戰，以獲取制海權為目的，陸軍是海、空軍發揮戰力之重要保障及地面決勝的主要戰力。⁴³為達前述目標，應分別籌建各軍種電戰裝備，建立海、空電磁攻擊能量，降低敵搜索、射控等雷達能力，增加我軍電磁偵蒐能力，搜索敵使用頻譜參數，納入電子情報運用，強化電磁防護效能，避免遭敵影響我情、監、偵及指管功能，並由三軍司令部優先針對其作戰方式及特性，將現行電戰能量納入各部隊發展運用，研發新式電戰裝備，完善三軍組織架構。

近期媒體報導國防部調整「第四軍種」編制⁴⁴及共軍將戰略支援部隊拆分重組軍事航天、網絡空間、信息支援三大兵種等新聞解析，可見其戰略、

40〈資源管理〉，《數位發展部》，<https://moda.gov.tw/digital-affairs/resource-management/356>，(檢索日期:2024年3月28日)。

41複雜電磁環境：指在一定戰場空間內，由空域、時域、頻域、能量上分布著數量繁多、樣式複雜、密集重疊動態交互的電磁信號構成的環境。

42〈中華民國112年國防報告書〉，民國112年9月，頁63。

43謝游麟，〈三軍在國軍聯合作戰之地位與應有作為〉《國防雜誌》，第二十六卷第二期，2011年4月1日，頁70。

44〈資通電第四軍種構想結束〉，《聯合新聞網》，<https://udn.com/news/story/10930/7850482>，(檢索日期:2024年5月10日)。

戰役、戰術層級分工不明確等問題，⁴⁵其中相互間指管方式亦是國軍當前面臨的關鍵，故應以現行三軍指管系統為基礎，整合三軍電磁頻譜戰能量，建立「聯合電戰指管系統」，作為各軍種對電戰部隊指管手段，並運用於聯合作戰協調支援運用，使指管權責更加明確，讓各軍種均能掌握所屬電戰部隊運用狀況，在戰術上更具靈活性、變化性和彈性，最終可在多兵種、多裝備及多作戰環境下，達成指管暢通，發揮聯合作戰戰力，遂行聯合防衛作戰任務。

(三)導入新型偵蒐裝備、多元運用電戰手段

我國位於中共「反介入/區域拒止」戰場空間內，作戰初期我國軍雷達站必為首要攻擊目標，藉此癱瘓我國海、空搜索能力，國軍當前攻擊及偵蒐手段均為主動式作為，面對反輻射武器易遭偵知破壞，若以中科院研發「收發分離多基雷達」⁴⁶的軍用雷達技術為基礎，加深「無源雷達」之研發，可運用其體積小、機動性大等優點，隱身於作戰環境中不被敵偵知，且本身不具輻射需求，減少頻率資源運用，因此可部署在常規雷達無法部署的地區，增加部署彈性，其能追蹤匿蹤戰機、巡弋飛彈及戰術彈道飛彈更是其價值所在。⁴⁷若將其整合「空中無人載具」運用，可增加涵蓋範圍及偵測精準度，亦可對敵無人機提前預警，進而運用電戰裝備(或火力打擊)對其實施干擾之反制(或摧毀)作為，使其無法發揮戰力，另可運用「低截獲率雷達技術」，針對既有各型雷達裝備實施構改，增加敵偵蒐雷達信號困難度和使反輻射導彈導引頭無法截獲和識別，提升戰場存活率。

觀察近期戰爭(如俄烏戰爭、以哈衝突)可知電子戰戰術已無固定運用方法，凡是電磁頻譜領域的運用都可歸納為電戰之一種手段，其方式多元化，運用空中、水面、地面或無人載具，藉由輻射電磁波，攻擊敵電磁頻譜裝備，造成戰況複雜，使其指管困難進而削弱下達決心之能力，甚至作為誘標運用。新型偵蒐裝備採被動方式對目標進行搜索，除降低遭敵偵知和攻擊風險外，可在敵電磁反制情況下，持續對目標進行搜索，同時運用低截獲率雷達，在被動雷達缺乏目標信號或目標進入信號盲區時補其不足，並藉由其輻射信號，恢復被動雷達系統目標偵蒐、定位功能之餘，可相當程度地增加主動式雷達的戰場隱蔽性及存活能力，提升電戰運用的靈活變化，產生更多戰術運用可行性。

(四)自主軍購雙軌並進、提升科技研發預算

45〈解讀解放軍組改戰略意涵〉，《聯合新聞網》，<https://udn.com/news/story/7339/7912654>，(檢索日期:2024年5月10日)。

46收發分離多基雷達：機動型被動接收系統，具有先進之相位陣列架構，採用中科院開發之同步、數位波束合成及平行處理器技術，利用多角度目標偵測能力，接收端遠離發射端，且不輻射信號，對抗電戰干擾及反輻射飛彈攻擊具有相對優勢。

47劉宴慈，〈從中共飛彈對我防空雷達之威脅談無源雷達〉《國防雜誌》，第二十五卷第一期，2010年1月27日，頁141-142。

武器獲得對國家安全具有極大影響，世界各國針對電磁頻譜戰裝備的進出口是嚴格管制，因應中共崛起在國際地位及影響越來越重要，致使我國要獲得新式裝備不易，考量當前局勢，因採「自製」與「軍購」雙軌並進，除持續向友邦國家購置武器裝備外，並依據未來國軍作戰需要，投入研發所需技術，累積科技能量，奠定國防自主之基礎。

電磁頻譜戰裝備的戰力與能力難以驗證，不似硬殺武器裝備，無法直接摧毀敵人的民生、軍事設施或部隊，也無法在各項演習中看到其效果，致使在國防預算的爭取上失去競爭優勢，但科技進步是一日千里，不可不重視，冀增加研發費用，引進尖端科技，擴大民間及學術機構合作，匯集軍民力量，縮短研發期程，期建立自立自主之軍備能力。

結論

「電磁頻譜」領域在近代運用範疇，以大幅擴展在你我日常生活中，美軍將傳統電子戰重新審視更改為電磁頻譜戰，不僅在裝備運用，更擴及該領域的技術管理、部隊編制及國防科研方向，期掌握電磁頻譜先機，確保戰時「制電磁權」之優勢。

近年國軍整合三軍通資電能量，欲將其資源最大化運用，反而使三軍作戰缺乏獨立的電戰支援，甚至造成三軍對電戰方面的認知匱乏及戰術運用不足，各式相關武器設施均採主動輻射運用，易遭敵偵知攻擊，缺乏應變手段。

本研究提出四個建議作為國軍未來電子戰發展之參考，當前各項發展應著重在軍種作戰需求，才能更直觀的發展其需要的電戰能量，且配合國防自主發展相關裝備，期能完善三軍電戰能量，達到支援聯合作戰之目的。

參考文獻

中文部分

一、官方文件

〈中華民國112年國防報告書〉，民國112年9月，頁63。

二、期刊專題

(一)翟文中，〈美國海軍電子作戰的現況與展望〉《國防情勢特刊》，第30期，2023年08月15日，頁27-29。

(二)徐榮駿、鄧宏年，〈美軍電磁頻譜作戰新概念-電磁機動戰發展與運用之研究〉《砲兵季刊》，第196期，2022年3月，頁93-111。

(三)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》，第137期，2022年4月1日，頁04-21。

(四)舒孝煌，〈美國陸軍多領域作戰下的電子戰〉《國防情勢特刊》，第30期，2023年8月15日，頁11-26。

(五)宋吉峰，〈無聲無息的戰爭：電磁頻譜作戰的未來發展〉《海軍學術雙月刊》，第五十一卷第一期，2017年2月，頁61-73。

(六)劉維福，〈聯兵旅部隊電子戰能力發展之研究〉《陸軍通資半年刊》，第135期，2021年4月1日，頁24-39。

(七)游鎮誠、蔡俊傑，〈淺談臺灣海空預警精進作為研析〉《空軍軍官雙月刊》第225期，2022年8月，頁62-80。

(八)孫亦韜，〈艦隊電子戰運用作為之研究〉《海軍學術雙月刊》，第四十七卷第四期，2013年8月，頁67-81。

(九)洪御祥，〈海軍電子戰戰術戰法研討－以未來整備方向為例〉《海軍學術雙月刊》，第五十三卷第二期，2019年4月1日，頁69-86。

(十)劉宴慈，〈從中共飛彈對我防空雷達之威脅談無源雷達〉《國防雜誌》，第二十五卷第一期，2010年1月27日，頁141-142。

(十一)謝游麟，〈三軍在國軍聯合作戰之地位與應有作為〉《國防雜誌》，第二十六卷第二期，2011年4月1日，頁70-82。

三、網際網路

(一)〈【隊徽圖誌】資通電軍指揮部數位屏障〉《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1592348&type=immediate>，2023年06月10日。

(二)〈美軍電磁頻譜戰發展及現狀〉《搜狐》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1522591>，2021年06月01日。

(三)〈美國電磁頻譜的軍事應用綜述〉《壹讀》，<https://read01.com/BJ5em0z.html>，2021年3月31日。

(四)〈美電磁頻譜戰作戰概念解析〉《芯語》，<https://www.eet-china.com/mp/a131769.html>，2022年5月15日)。

(五)〈神秘天干機性能提升案暫緩靜候新政府上台翻身〉《風傳媒》，<https://www.storm.mg/article/115384>，2016年5月9日。

(六)〈產品介紹-電子系統-誘標〉《國家中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=260&catalog=10。

(七)〈資源管理〉，《數位發展部》，<https://moda.gov.tw/digital-affairs/resource-management/356>。

(八)〈資通電第四軍種 構想結束〉，《聯合新聞網》，<https://udn.com/news/story/10930/7850482>。

(九)〈解讀解放軍組改戰略意涵〉，《聯合新聞網》，<https://udn.com/news/story/7339/7912654>。

英文部分

一、官方文件

(一)“Joint Electromagnetic Spectrum Operations(JP 3-85)”, U.S. Department of Defense, 2020/05/22.

(二)“Electromagnetic Spectrum Superiority Strategy”, U.S. Department of Defense, 2020.

二、期刊

(一)Bryan Clark/Mark Gunzinger, “Winning in the Gray Zone Using Electromagnetic Warfare to Regain Escalation Dominance”, Center for Strategic and Budgetary Assessments,2015/12/1.

三、網際網路

(一)“U.S. Strategic Command Stands Up Joint EMS Operations Center”, U.S. Strategic Command , <https://www.stratcom.mil/Media/News/News-Article-View/Article/3471149/us-strategic-command-stands-up-joint-ems-operations-center/>。

(二)“U.S. Fleet Cyber Command MISSION & VISION”, An official website of the United States government , <https://www.fcc.navy.mil/ABOUT-US/MISSION-VISION/>。

(三)“350th Spectrum Warfare Wing OUR MISSION”, An official website of the United States government , <https://www.350sww.af.mil/About-Us/Our-Mission/>。

(四)“Spectrum Management: Federal Relocation Costs and Auction Revenues, May”, U.S. Government Accountability Office , <https://www.gao.gov/assets/660/654794.pdf>。

作者簡介

陳明鴻少校，空軍航空技術學院99年班、國軍電子戰正規班104年班、國防大學空院指參班113年班，曾任分隊長、後勤官、情報官、副隊長、隊長，現任資通軍指揮部電子作戰中心電戰一隊中隊副中隊長。