

電磁脈衝武器對砲兵部隊影響之研析

作者：李景民

提要

- 一、波灣戰爭已成為近代高科技應用作戰的戰例，高科技武器發展導致戰爭型態改變，促使戰爭思維、軍事組織與指揮管制等必須相應調整，尤當平時與戰時之界限逐漸模糊之際，探究如何將「新科技」成果精確運用且掌握先機進行軍事思維革新，將是未來戰爭勝負之重要關鍵。
- 二、電磁脈衝彈以強大電磁波，在不直接傷害人員的狀況下，可癱瘓指、管、通、情、監、偵系統；未來在軍事行動日益依賴於電子設備和武器系統的趨勢下，面對複雜電磁環境作戰，如何保護我方電子設備安全運作，已成為爭奪制電磁權、制空權及制海權的關鍵。
- 三、分析共軍未來局部戰爭及奪三權戰法，研判將先期使用電磁脈衝破壞目標地區內電子系統之重要節點，爾後輔行電子對抗手段，導致國軍通信中斷、雷達迷盲、指揮混亂，降低國軍作戰能力，開創戰勝契機。
- 四、砲兵部隊為地面火力及支援戰鬥部隊作戰之火力骨幹，然新式自走砲及多管火箭皆配有許多電子設備，極易受到電磁脈衝的損害，致使裝備無法遂行作戰任務。因應臺澎防衛作戰，砲兵部隊對於電磁脈衝防護應先期建立相關防護機制，使各項裝備正常運作，以確保作戰任務之達成。

關鍵詞：複雜電磁環境、電磁脈衝、防衛作戰、電子戰防護

前言

從孫子兵法謀攻篇可知，不經血戰就可屈服敵人的作戰意志，獲致完整的戰果，為用兵最高明的境界。美英聯軍於兩次波灣戰爭中（1991、2003 年），運用高科技的電磁脈衝武器，配合精準打擊及電子戰戰術運用，開戰初期即以電磁脈衝武器摧毀或癱瘓伊拉克指、管、通、情等系統，掌握戰場電磁頻譜絕對優勢，得以最少損耗將伊軍徹底摧毀。¹電磁脈衝武器在極短時間產生巨大能量，除造成軍事和民生設施嚴重破壞，更給軍隊及人民莫大的心理威懾。

基此，各國對高功率微波武器（High Power Microwave Weapon, HPMW）之研究及發展日趨重視，因此大幅改變以往作戰型態。1955 年開始由中國大陸導彈之父錢學森規劃中共戰略導彈發展計畫，波灣戰爭後，受高科技武器應用現代戰爭啟發，由中共解放軍理工大學首席教授周璧華領導，對「電磁脈衝」亦積極投入大規模發展研究，而被稱為中國大陸電磁脈衝研究領域的開拓者，其對

¹ 宋揚、劉趙云，〈電磁脈衝武器技術淺析〉《飛航彈道》（北京），第 2 期，2009 年，頁 2。

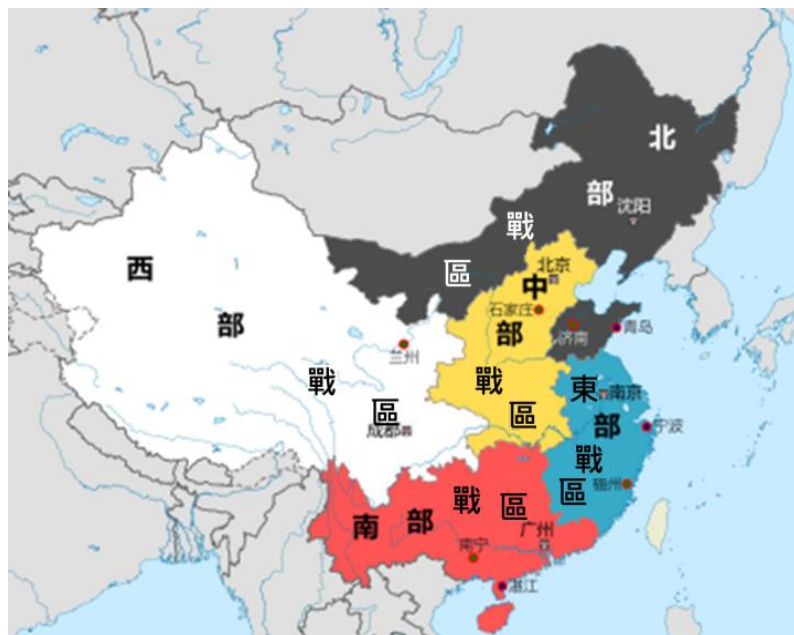
電磁脈衝彈頭開發和電磁脈衝防護研究投入大量心力，且在擁有核武、北斗衛星和長程精準導彈製造技術下，使兩岸軍力失衡產生嚴重傾斜。²

未來臺澎防衛作戰是一場高科技與戰爭藝術極大化的戰爭，砲兵部隊將處於「資訊及數位化戰場」、「複雜電磁環境」及「軍事武器高科技」三者相結合的複雜環境下作戰，因此，筆者以遭受電磁脈衝武器攻擊為場景，提出個人見解，探討砲兵部隊之防護作為，供砲兵部隊參考運用，期能對砲兵部隊未來於複雜電磁環境下作戰，有所助益。

敵情威脅

未來中共若執意採取軍事行動為主要手段，評估其當前軍事實力及戰略規劃，已制定有效可行之攻臺方式。由共軍資料顯示，其登島作戰戰法強調「超常規編組、多維雙超、快速打擊及立體作戰」；另共軍為突顯其在未來戰爭中，聯合軍種具遠程作戰能力，於 2016 年 2 月將七大軍區合併為五大戰區，且二砲部隊正名為火箭軍，³往後將著重利用彈道導彈取得先勝之機，⁴研判其展開軍事行動前，由火箭軍對我指揮體系、政經樞紐、形象目標及軍事基地實施導彈攻擊，以電磁脈衝武器奪取「電磁頻譜使用權」，此作戰方式對數位化戰場和資訊化軍隊而言，來自電磁脈衝武器攻擊，無疑是瞬間全面癱瘓臺灣的隱形殺手。

圖一 中共人民解放軍戰區位置分配圖



資料來源：<https://zh.wikipedia.org>（檢索日期：2016年11月15日）

² 國防部，《中華民國 104 年國防報告書》（臺北），民國 104 年 10 月，頁 39。

³ 中國人民解放軍戰區，《維基百科》，〈<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E4%BA%BA%E6%B0%91%E8%A7%A3%E6%94%BE%E5%86%9B%E6%88%98%E5%8C%BA>〉（檢索日期：2016 年 11 月 15 日）

⁴ 陸軍砲兵訓練指揮部，陸軍 103 年聯合國土防衛作戰戰術戰法研討會-「三軍聯合泊地攻擊火力運用與整合之研究」。

因應高科技發展改變現代作戰環境，各類型電磁脈衝武器(Electro - Magnetic Pulse, EMP) 所可能帶來的危害，不單對於武器系統的損害，甚至對於民心、政治及經濟等勢必造成層次不等之破壞與影響。假設中共將以武力解決兩岸問題，未來使用彈道導彈（表一）搭載電磁脈衝彈頭對臺進行猝然攻擊，影響層面將非常廣泛。⁵因此國軍應對此武器有所認知及探討剋制之道，始能確保不因敵之電磁脈衝攻擊影響爾後作戰。

表一 中共彈道導彈性能諸元表

型別	導引方式	最大射程 (公里)	彈頭型式	推進 系統	誤差 (公尺)	性質	備考
東風 3/3A 型	雙補償慣性 導引	3100	1 - 3MT 核 彈	單節 液態	1000	MRBM	目前部署 6 個 旅，採固定發射 陣地，射擊準備 時間 120 - 150 分鐘，射程達中 亞、東亞、印 度。
東風 4 型	慣性導引	4000	3MT 核彈	二節 液態	無	MRBM	無
東風 4A 型	慣性導引為 CSS - 2 改良 型	7000	2 - 3MT 核 彈	二節 液態	1500	MRBM	目前部署 3 個 旅，採固定發射 陣地，射擊準備 時間約 60 - 120 分鐘。
東風 5 型	慣性、彈內電 腦導引性能 與美國太陽 神 11 相仿	7000	4 - 5MT 核 彈	二節 液態	1000	ICBM	目前部署 4 個 旅，採固定發射 陣地，射擊準備 時間 120 分鐘。
東風 5A 型	慣性、彈內電 腦導引	14500	多彈頭核彈	二節 液態	1000	ICBM	目前部署於第 814 旅，射程達 獨立國協全境 及美西地區。
東風 7 型 M - 7 型	慣性、指令導 引	180	500KG 高爆	二節 固態 液態	180	SRBM	由紅旗二號飛 彈改裝，屬外銷 型飛彈。
東風 15 型 M - 9 型	慣性、彈內電 腦導引	600	90KT 核彈 /500KG 高爆	單節 固態	100	SRBM	目前部署於江 西導彈旅，採機 動部署，對臺具 威脅性。
東風 11/11A 型 M - 11 型	慣性、彈內計 算機導引	300	90KT 核彈 /500KG 高爆	單節 固態	100	SRBM	目前部署於中 部戰區，採機動 部署，對臺具威 脅性。
東風 18 型	慣性、彈內計 算機導引	1000	高爆	二節 固態	150	SRBM	外銷伊朗等國。

⁵ 陳世瑤，《甕中之鱉與炸彈:西元 2010 年的意涵》（臺北：國防部空軍司令部譯印，民國 96 年 11 月），頁 461。

東風 21C/D 型	慣性、彈內計算機導引	1800	70KT 核彈 /250KG 高爆	二節固態	500	SRBM	目前部署 4 個旅，採機動部署。
東風 21A/B 型	慣性、彈內計算機導引	2850	250KT 核彈 /子母彈	二節固態	1800/3000	MRBM	目前部署 5 個旅。
東風 25 型	慣性導引	1800	250KT 核彈	二節固態	無	SRBM	測試中。
東風 31A/B 型	慣性、彈內計算機導引	3000 至 8000	100KT 核彈 /500KG 高爆	三節固態	無	ICBM	多彈頭核彈多彈頭(三枚)：5 - 10 萬噸/枚。
東風 41 型	慣性導引	12000 至 14000	5.5MT	三節固態	500	ICBM	2010 年完成部署，速度可達 25 馬赫。
巨浪 1/1A 型	無	1700/2500	200 - 300 KT 核彈	二節固態	無	潛射飛彈	CSS - N - 3
巨浪 2 型	無	8000 至 14000	無	三節固態	無	潛射飛彈	CSS - NX - 4 3 枚 25 萬噸分導式熱核彈頭或 6 枚 4 - 6 萬噸級分導彈頭。

資料來源：作者自行整理。

電磁脈衝武器特點及損傷效應

電磁脈衝武器是波灣戰爭後才嶄露於世之新式電子炸彈，然電磁脈衝武器發現應回溯至核武器發展，源於 1961 年 10 月，前蘇聯在新地島上空 35 公里處進行空炸核子試驗，除造成靠近爆心的一切皆被毀滅外，並對數千公里範圍內的電子系統產生衝擊，蘇軍地面的防空雷達被燒壞，無法探測空中飛行目標；數千公里外的通訊全部中斷，部隊 1 個多小時處於無法正常指揮狀態。⁶

目前人為電磁脈衝武器可分核爆電磁脈衝彈 (Nuclear Electromagnetic Pulse, NEMP) 與非核爆電磁脈衝彈 (Non - Nuclear Electromagnetic Pulse, NNEMP) 兩類，電磁脈衝彈是一種「乾淨」的第三代核武器，比傳統核彈減少其他四種效應 (衝擊波、光輻射、高熱輻射和放射性污染)，其強大電磁脈衝可由天線、電源線、電訊線路、孔洞和接縫等途徑，產生瞬間感應電流進入電子設備，使無防護的電子元件暫時失效或完全損壞，⁷導致電腦中的記憶體喪失儲存能力、重新開機或產生錯誤機碼等失能狀態，從而使整個作戰系統陷於癱瘓，予以致命打擊，以下就其特點及損傷效應說明。

一、特點

電磁脈衝武器是高科技發展下的新概念武器，與傳統武器相比，其損害原

⁶ 張連璧，《電磁脈衝學與電磁屏蔽》(臺北：五南出版社，民國 96 年)，頁 25。

⁷ 電磁脈衝彈，《台灣 Word》，<http://www.twword.com/wiki/%E9%9B%BB%E7%A3%81%E8%84%88%E8%A1%9D%E5%BD%88> (檢索日期：2016 年 11 月 9 日)。

理、殺傷、破壞能力及戰場運用方式等方面都顯著不同。獨特之處說明如後。⁸

（一）電磁脈衝涵蓋範圍大：電磁脈衝武器無法以飛機投放，係高能電磁波可被地面反射，傷害投彈之飛行載具，⁹而電磁脈衝武器的彈頭佔投射載具絕大部份空間，其重量設計亦需考量投射載具（如導彈、巡弋飛彈、無人飛機），決定其投射方式及空炸高度；另由於投射誤差與殺傷半徑成反比，必須運用衛星定位（GPS）導引，以精準指向攻擊目標，提升投射精準度，擴大其影響範圍。

（二）脈衝持續時間短、能量大：電磁脈衝武器產生的電磁脈衝，持續時間極為短暫，相同能量情況下，時間越短，代表電磁脈衝功率也越大，對電子設備無疑是毀滅性的損害。引爆後，爆點電場在極短時間（約 10⁻⁹）秒內達到最大強度，每公尺約為 1~10 萬伏特（依電磁脈衝彈頭尺寸或核當量而定），伴隨距離增加，迅速減弱，持續約 10⁻³ 秒，高能量瞬間釋放。從電磁脈衝模擬試驗中發現，C5ISTAR 系統¹⁰的電子零件極易受干擾和破壞，且電子設備越複雜（靈敏）越易遭損毀。

（三）耦合途徑多：電磁脈衝對電子系統或武器裝備的耦合效率，為評定電磁脈衝武器殺傷力之重要指標。依目標種類區分前門耦合及後門耦合等兩種模式，作用途徑複雜，增加電磁脈衝防護設計之困難度。

（四）殺傷目標多元：電磁脈衝武器堪稱「全方位殺手」，能使半徑數公里內的定翼機（旋翼機）、雷達、電腦、武器系統、通信器等電子設備無法正常工作，甚至造成無法修復之物理損傷。

（五）費效比高：波灣戰爭美軍首次採用「費效比」（投入設計費用和獲得效益的比值）高之 MK-84 攜載電磁脈衝彈頭，成功癱瘓伊拉克指、管、通、情等系統，創造作戰有利態勢，且製造非核電磁脈衝彈頭相較核電磁脈衝彈頭來的經濟，係因非核電磁脈衝彈頭由磁通量壓縮發生器（FCG）¹¹、磁流量產生器（MHD）及虛陰極振盪器（Vircator）組成（圖二），藉由高能炸藥爆炸，驅動磁流量產生器及虛陰極振盪器，以諧振方式產生高頻電波，藉由微波天線定向發射出電磁脈衝，損害敵方設備。

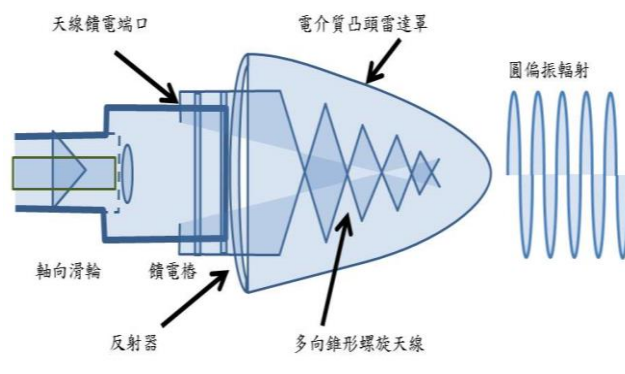
⁸ 同註 5，頁 33。

⁹ 同註 5，頁 8。

¹⁰ Dr. J. Phillip London, "The New Wave of Warfare – Battling to Dominate the Electromagnetic The Journal of Electronic Defense, Sep-2015,p68。(Command 指揮, Control 控制, Communications 通信, Computers 電腦, Combat Systems 戰鬥系統, Intelligence 情報, Target Acquisition and Reconnaissance 目標獲取和偵察)

¹¹ 安東尼·考德斯曼/黃淑芬、胡元傑譯，〈第二次伊拉克戰爭〉《國防部編譯》，民國 95 年 6 月，頁 387。（磁通壓縮發生器製造技術，最早應用於美軍的 MK-84 炸彈、AGM-86 巡弋飛彈及俄國的「阿特洛普斯」電磁脈衝砲彈。）

圖二 虛陰極振盪器天線



資料來源：作者參考虛陰極振盪器（Vircator）繪製，網址<https://tw.images.search.yahoo.com/search/images>。

二、損傷效應

電磁脈衝彈在目標區上方爆炸後，會輻射出高強度的電磁脈衝，對區域內不同類型的電子設備造成損害（表二），藉瞬間高感應電流癱瘓敵方指揮管制系統、雷達系統及通訊設備，令其目獲雷達、防空系統和通資電設備，致盲、致聾、致啞。其殺傷作用區分如後。¹²

表二 電磁脈衝武器殺傷能量與損害效果對照表

種類	殺傷作用	能量	效果
電子裝備	干擾作用	$0.01 \sim 1 \text{ W/cm}^2$	擾亂敵方通信及雷達系統
	軟殺傷	$10 \sim 100 \text{ W/cm}^2$	產生感應電流中斷運算及信息無法傳輸
	硬殺傷	$1 \sim 10 \text{ kW/cm}^2$	燒毀電子元件
有生力量	人員殺傷	0.5 W/cm^2	皮膚輕微灼傷
		20 W/cm^2	皮膚、眼睛燒傷
		$> 80 \text{ W/cm}^2$	人員死亡

資料來源：作者自行整理。

（一）干擾：同現代戰場干擾系統方式，其電磁波功率足以暫時擾亂或混淆電腦系統，干擾敵方通信和雷達系統等電子設備。當電磁脈衝輻射能量達 $0.01 \sim 1 \mu \text{ W/cm}^2$ 功率密度時，能干擾相應頻段上的目獲雷達、通信設備和 GPS 系統，使其無法正常工作。當功率密度達到 $0.01 \sim 1 \text{ W/cm}^2$ 時，導致雷達、通信設備和 GPS 系統內部元件性能下降或失效，嚴重時造成電子系統的晶片失能或燒毀。

（二）軟殺傷：當作用功率密度為 $10 \sim 100 \text{ W/cm}^2$ 時，透過天線、導線、金屬開口或縫隙進入飛彈、無人飛行載具、通信裝備、射控系統等系統內的電子

¹² 俞坤東、高貴清、張歐亞，〈基於 EMP 環境下的導彈作戰防護對策分析〉《現代防禦技術》，第 35 卷，第 4 期，民國 96 年 8 月，頁 17。

設備電路中，其電磁場於金屬目標表面產生感應電流，相關影響說明如後：1. 若感應電流較大，將使電路功能紊亂、出現錯誤碼、中斷運算或訊息傳輸，清除電腦儲存或記憶訊息等；2. 當瞬間感應電流極大時，則燒毀積體電路板元件，導致軍用裝備和武器系統失效。

（三）硬殺傷：硬殺傷屬有形戰場上實際戰鬥行動，使敵電子設備徹底損壞的方法。電子設備的摧毀與反摧毀著重於對高爆電磁脈衝彈的應用與防護、對電子干擾的應用與防護及對一般火力的應用與防護等 3 個方面，成為電子戰防護的主要項目。當功率密度為 $1\sim 10\text{ kW/cm}^2$ 輻射目標時，可瞬間摧毀目標，引爆飛彈、炸彈、核彈等武器。

（四）人員危害：電磁脈衝武器主要透過熱效應和非熱效應對人體產生殺傷作用。經美國和俄羅斯實驗後得知，當人員受到功率密度為 $3\sim 13\text{ mW/cm}^2$ 的電磁波束照射時，會產生神經混亂與行為錯誤。若頻率在 10 GHz 下，接受微波功率密度達到 $10\sim 50\text{ mW/cm}^2$ ，人員將發生痙攣或失去知覺。若照射飛行器駕駛員，可造成飛行器失事。若達到 100 mW/cm^2 時，人的心肺功能將會衰弱。熱效應則是高功率微波照射所引起，如 15 W/cm^2 的微波功率密度將會燒傷人體皮膚和眼睛，當達到 20 W/cm^2 時，2 秒可造成三度燒傷。當功率密度達到 80 W/cm^2 時，只需要 1 秒時間，就可造成人員死亡。從數據可知，電磁脈衝武器對戰場上的戰力構成了巨大威脅，無論是熱效應或非熱效應，都將對戰場存活率產生嚴重的影響。¹³

電磁脈衝武器對防衛作戰之影響

砲兵部隊以發揚火力支援戰鬥部隊作戰為任務，而發揚火力端賴良好指揮管制和周密靈活的通信聯絡，且精準射擊亦必須藉測量、射擊指揮儀和情報傳遞等的綜合運用方可實施，然電磁脈衝武器若為臺澎防衛作戰，營造複雜電磁環境之戰場，將對砲兵遂行任務造成相當威脅。

一、電磁脈衝武器對地面部隊之威脅

現代化戰爭強調聯合作戰及五維空間一體的作戰模式，進入地面決戰時，藉 C5ISTAR 系統、通資網路和武器系統等構聯，執行地面部隊的指管、通聯、情報等作業。解放軍參考美軍在波灣戰爭經驗及中共高層「打贏高技術條件下的局部戰爭」之戰略指導，雖已捨棄過去以武力殲滅的焦土政策理念，¹⁴但仍未放棄對臺「以武促統」思維，依解放軍系統論觀點，未來戰場是以最低成本達到最大效益的「總體結構」破壞方式，針對臺灣政、經、軍、網路等重點實施

¹³ 王振杰、郭業紅，〈電磁輻射危害及對策〉《漯河職業技術學院學報》，第 8 卷，第 2 期，民國 98 年 5 月，頁 39。

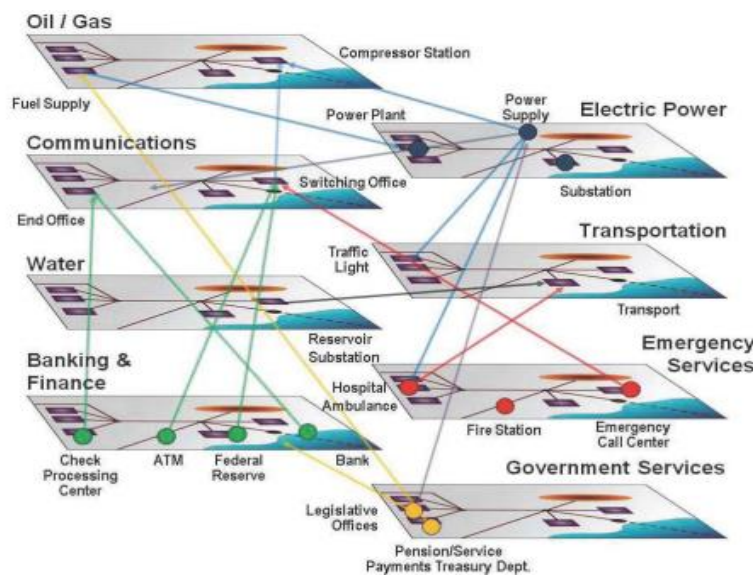
¹⁴ 焦土政策，《維基百科》，〈<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%84%A6%E5%9C%9F%E6%94%BF%E7%AD%96>〉（檢索日期：2016 年 11 月 15 日）

點穴（癱瘓）攻擊，¹⁵一則有利戰後收服人心與恢復基礎建設，二能避免國際輿論及防範第三國武力介入臺海戰爭。

探究火箭軍的導彈戰略以「核常兼備，威懾打擊」為要旨，對臺展現遠距精準打擊能力，首波以短、中程彈道導彈與巡弋飛彈組成，採東風 11（DF11）與東風 15（DF15）系列短程地對地常規導彈，依戰略任務搭載電磁脈衝彈頭，配合北斗衛星群，運用「衛星無線電測定服務」(Radio Determination Satellite Service, RDSS) 提供各類型導彈目標精確座標，向我方戰管雷達、防空系統、飛彈陣地、軍事要塞、高壓電塔、交通樞紐及軍政指揮中心實施重點破壞攻擊（如圖三），迅速癱瘓我方戰管及防空雷達系統、飛彈陣地、軍事基地及軍政指揮中心，在確認我軍喪失通信和指管能力狀況下，以各式可用海空輸具及空（機）降部隊配合，發起大規模登島行動，並結合特戰部隊展開「斬首」行動。

另外火箭軍於「東風 21D」（DF21D）中程常規導彈陣地，完成發射整備，以反艦導彈和電磁脈衝彈，拒止第三方航空母艦等大型艦艇介入第一島鏈海域，持續對外運用國際傳播媒體實施統戰及製造不利我方的國際環境，期能重挫我民心士氣和政府意志。

圖三 EMP 對各類基礎建設影響圖



資料來源：Dr. John S. Foster, Jr. et al., Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack: Critical National Infrastructures (McLean, VA: Electromagnetic Pulse (EMP) Commission, 2008),P12.

二、電磁脈衝武器對砲兵部隊之威脅

電磁脈衝武器的應用為營造複雜電磁環境的作戰場景，對砲兵部隊更是造成全面性影響，其影響如後。

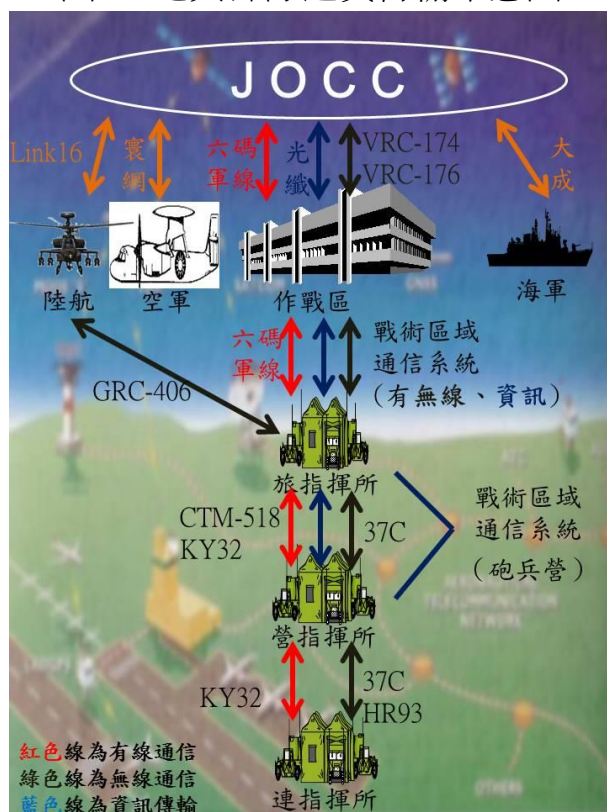
（一）目標獲得能力受限：無人飛行載具、目獲雷達及多功能雷觀機等砲

¹⁵ 謝游麟，〈中共「癱瘓戰」思維與戰力發展研析〉，《國防雜誌》，第 24 卷，第 2 期，頁 83。

兵新型目獲裝備，已取代傳統光學偵察器材，成為戰場上砲兵目標獲得的主要來源，若遭受電磁脈衝攻擊，其能量可透過金屬外殼、外露導線、天線等路徑，進入機內，導致各項目獲裝備性能失常，無法遂行任務。

（二）指揮管制能力嚴重削弱：火砲外殼均為金屬所製，為電磁脈衝的良好導體，新式的砲兵自走砲及多管火箭具備射令顯示器、彈道計算機、通信（圖四）及網路等多項電子設備，極易經導線與天線等路徑，受電磁脈衝高能量破壞，造成通信中斷、指揮失靈、諸元運算錯誤及行動失控的嚴重後果，不利砲兵部隊遂行作戰任務。

圖四 砲兵部隊通資傳輸示意圖



資料來源：作者自行整理繪製。

（三）火力打擊效能降低：未來臺澎防衛作戰，砲兵藉新式自走砲及多管火箭，在衛星定位、複合式導引和主動尋標的精準彈藥相互配合下，實施精準射擊，電磁脈衝可影響電離層之穩定性，迫使目獲雷達或彈藥尋標器，偵測目標位置與真實位置有所偏誤，甚至使雷達或尋標器信號中斷，降低精準射擊作戰效能。

（四）遲緩部隊機動能力：新式自走砲及多管火箭機動能力強，能迅速機動至指定位置發揚火力或完成油彈整補作業，惟大部分庫儲管理為露天儲放，無法有效防禦電磁脈衝，遭受攻擊時，將使火砲內精密電子元件故障或短路，亦可透過窗、孔、縫隙等路徑，對輪履甲車的行車電腦，以高感應電流使暫時失效或無法啟動，大幅限縮部隊機動能力，無法支援戰術行動。

三、剋制對策

臺澎防衛作戰其特質為「縱深淺、預警短、決戰快、外援難、不對稱、以小博大」之守勢作戰，國軍應本「防衛固守、有效嚇阻」之最高戰略指導原則，¹⁶以爭奪制空權、制海權及制電磁權為首要，反封鎖、反登陸為重點，發揮優勢作為，維護臺海安全。因此，運用 C5ISTAR 系統、各種武器系統及電子戰整體系統的有效整合與鏈結，為主宰戰場、獲得情資、指揮掌握和克敵致勝之重要關鍵，也是共軍首要打擊之重點。本研究認為砲兵部隊於防衛作戰中，現行可對電磁脈衝武器之防護作為方式如後。¹⁷

（一）屏蔽：屏蔽為應用於對電磁脈衝感應比較靈敏的微電腦（電子元件）、通信設備及武器射控系統，利用遮罩將電磁脈衝輻射環境隔離，減少電子設備及元件的耦合影響，為防護電磁脈衝之重要手段。如火協中心或野戰指揮所可利用混紡金屬銅絲的偽裝網，使作業設備置於一個類似導電的法拉第籠（Faraday cage）內，¹⁸減少電磁場對軍用設備的損害。

（二）濾波：濾波器由高電阻、低感電、高電容等無源或有源零件組成，而濾波是對特定頻段範圍的干擾進行限制，包括信號線（天線）和電源線濾波。然電磁脈衝屬寬頻干擾，對於特定頻率或單頻的無線電機，濾波器可有效抑制，其原理為由前門或後門進入的電磁脈衝能量，經電源連接線上濾波器，衰減通過電源線引入系統的電磁脈衝能量。自走砲、多管火箭、防空武器及輪型車輛，砲管、座艙門和頂蓋，都應選用鐵氧磁體製作之高阻抗濾波器，利用材料高介電、導磁的特性，衰弱電磁脈衝對微電腦、電路及載台的損害。

（三）接地：接地是藉電子設備通過適當設計和途徑與地面連接，提高電子設備電路穩定性，有效抑制外界電磁場的影響，避免機殼（體）上累積過多電荷，導致瞬間放電而造成干擾和損壞，可視為基礎、有效且廉價的防護方法，目前普遍應用在雷擊防護。自走砲、多管火箭及防空武器載台，外殼均為金屬所製，以金屬棒與地面連接，可建立低電阻路徑，將電磁脈衝能量有效引入地面，減少對電子設備或射控系統之損害。

（四）終端保護：終端保護是在設備終端與設備主機之間，加裝適當的電磁脈衝保護組件或突波器，減少耦合進入設備前端的能量。對於砲兵部隊的戰、技術射擊指揮儀、射令顯示器及通信裝備，加裝突波抑制器或高電阻濾波器，遭電磁脈衝攻擊時，感應電流透過電源饋線、電纜導線或天線傳導至突波抑制器或高電阻濾波器，有效降低傷害程度，維持裝備運作效能。

¹⁶ 同註 2 頁 73。

¹⁷ 周璧華，〈電磁脈衝及其工程防護〉（北京：國防工業出版社，民國 92 年 1 月），頁 275。

¹⁸ 法拉第籠，《百度百科》，<http://baike.baidu.com/view/424444.htm>（檢索日期：2016 年 12 月 5 日）。

（五）光纖網路：光纖由純度極高的二氧化矽製成，包含內、外兩層的纖芯和包層，相較傳統銅質電纜，對電磁脈衝或電磁干擾（EMI）的敏感度極低；另光纖網路（Fiber）具傳輸高速率、信號密度高，且不受電磁干擾及串線干擾的優點，未來砲兵部隊通信鏈路應全面光纖化，確保平戰時各項情資及指揮管制能如實如質傳遞。

研究發展與建議

《孫子兵法》有云：「善守者，藏于九地之下；善攻者，動于九天之上」，其意涵在能保留決戰能力的一方，便可伺機打破敗機，獲得最後勝利。基此，當前國軍砲兵部隊應加強地下火砲陣地之構築，方能在共軍運用各種導彈對我軍事指揮所及政經中心，進行飽和攻擊時，仍能保存完整之戰力。因此，預想在電磁脈衝威脅下作戰，如何作好戰力保存及恢復裝備效能，實為我未來建軍備戰重點，僅此提出五點建議供參考運用，俾提升聯合作戰效能。

一、電磁脈衝課程納入兵監教育

各級幹部對核武威脅雖已有基本認識，相關單位亦積極研發各種防護（禦）技術及措施，惟對電磁脈衝之損害及防護知識仍顯不足，亦無建立相關防護措施與標準作業程序。對傳統戰略、戰術方面之戰（演）訓，不應拘限於過去訓練的窠臼，在軍事課程想定特別狀況中，應新增遭受敵核電磁脈衝攻擊時之處置與戰術作為相關課程，確保無通資條件下遂行作戰。

電磁脈衝課程全面納入兵監施訓，將電磁脈衝原理及防護方法納入現有防化、生、核戰術及兵科準則中，並結合圖上戰術、戰鬥教練及沙盤推演，模擬核戰狀況下之戰術行動，研析緊急應變處置模式，培養通材之軍（士）官使具備防化、生、核作業常識，同時具備電磁脈衝防護之素養，確保武器系統正常運作以遂行作戰。

二、電磁脈衝想定納入訓練項目

國軍策定相關訓練計畫時，應以多種軍事及國家安全威脅、執行多樣化任務能力為核心，著眼部隊統合戰力之發揮，突顯複雜電磁環境下作戰的重要性，俾提高部隊聯合作戰能力。

藉由聯訓基地建構「電磁輻射測試」及「聯合訓練模擬」系統，驗證複雜電磁環境下的部隊指揮程序演練及情報傳遞訓練，在近似實戰的複雜電磁環境中，檢驗砲兵部隊如何在無通信裝備下指揮、機動和發揚火力，並將複雜電磁環境下作戰視為軍事訓練中的重要課題，仿真複雜電磁環境下，演練如何確保系統運作及無通資之指管手段。

三、自主發展遠程防空武器系統

性能優異的防空系統應包括多功能的遠程雷達、機動迅速的發射武器平台

及系統公司設計的戰場管理（含武器控制中心）等三部分。遠程雷達系統負責追蹤接近的射彈（導彈、榴砲、迫砲、直升機與無人載具武器系統）並分析其彈道資料，旋即將訊息傳至戰場管理（含武器控制中心），據以運用科學計算來決定是否發射攔截飛彈。

另外研析與多種飛彈防禦系統組件共同運作之可行性，如愛國者飛彈、宙斯盾彈道飛彈防禦系統，利用高機動性發射載台，快速進入發射位置，並補強愛國者飛彈在大氣層內防禦和宙斯盾防禦系統在大氣層外防禦的盲區，早期對搭載電磁脈衝彈頭的彈道導彈予以攔截，提高爆炸高度，減少電磁脈衝效對目標地區的影響，爭取部隊的準備時間。

四、強化通資電裝備防護功能

在未來戰場上，數據資料鏈路為砲兵部隊獲得情資、有效遂行指揮管制及發揮火力任務之首要，陸軍應秉持強化戰備作為，考量地面部隊作戰需求與火力運用指導，權衡通資裝備全壽期規劃、戰場防護能力及國防預算等因素，整合民間科技，建置具完整防護功能的指、管、通、情、資訊系統並能構連海、空數位數據傳輸鏈路，保障複雜電磁環境下，仍能保持通聯傳輸功能，發揮兵力、武器系統有效戰力。

而未來戰場的電磁環境日趨複雜，勢必嚴重影響通資傳輸品質，故應全盤檢討經費挹注於頻譜分析儀及探測器，強化資電作業編組，詳實各作戰區電磁參數之量測及調查，重新建立電磁參數資料庫，確保武器載台及通資設備之有效結合。

五、武器裝備設計採模組化

為提升臺澎防衛作戰期間砲兵部隊後勤維保效能，不論自主研發或軍需外購上，未來在精進自走砲、多管火箭、防空武器系統、射擊指揮系統和通資等裝備方面，應朝模組化方向發展，於平時，可大幅減少料件籌補問題，同時亦能達成武器系統模組化之目標；於戰時，若解放軍採導彈和電磁脈衝彈混合攻擊方式，國軍於承受第一波電磁脈衝攻擊後損壞之武器系統，可即時維修或更換模組，迅速恢復裝備妥善，爾後肆應戰況發展進入射擊位置，發揚火力，遂行作戰任務。

結語

電磁脈衝武器為未來臺澎防衛作戰戰場中不可忽視之威脅，而電磁脈衝防護更是維繫臺灣政、經、軍、心穩定之必要手段。現行使用之砲兵武器裝備及戰鬥系統，應通盤檢討變更裝備或系統設計的效益與武器全壽期規劃為前提，以採用屏蔽、濾波、接地、終端保護及更換光纖等方式，強化電磁脈衝防護效能；另為徹底解決電磁脈衝威脅，應朝向武器裝備模組化研發與納入兵監教育

訓練方式，強化砲兵各級部隊對電磁脈衝防護能力與認知。

面對中共持續發展電磁脈衝武器、加強電子戰攻防實力及擴張軍備，未來若運用電磁脈衝彈襲臺，砲兵部隊將必遭受電磁脈衝攻擊之害。因此惟有深入研析電磁脈衝武器，強化屏蔽防護作為，積極建造地下具電磁防護之堅固掩體工事或將自走砲、多管火箭及防空武器系統隱藏於坑道中，肆應未來制電磁權戰爭可能帶來之破壞，始能有效解決當前砲兵部隊所面臨之困境及提升防衛作戰之效能。

參考文獻

- 一、宋揚、劉趙云，〈電磁脈衝武器技術淺析〉《飛航彈道》（北京），第 2 期，2009 年，頁 2。
- 二、《中華民國 104 年國防報告書》，（臺北：國防部，民國 104 年 10 月）。
- 三、陸軍砲兵訓練指揮部，陸軍 103 年聯合國土防衛作戰戰術戰法研討會－「三軍聯合泊地攻擊火力運用與整合之研究」。
- 四、《維基百科》，中國人民解放軍戰區，〈<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E4%BA%BA%E6%B0%91%E8%A7%A3%E6%94%BE%E5%86%9B%E6%88%98%E5%8C%BA>〉（檢索日期：2016 年 11 月 15 日）。
- 五、陳世瑤，《甕中之鱉與炸彈：西元 2010 年的意涵》（臺北：國防部空軍司令部譯印，民國 96 年 11 月）。
- 六、張連璧，《電磁脈衝學與電磁屏蔽》（臺北：五南出版社，民國 96 年）。
- 七、電磁脈衝彈，《台灣 Word》，<http://www.twword.com/wiki/%E9%9B%BB%E7%A3%81%E8%84%88%E8%A1%9D%E5%BD%88>（檢索日期：2016 年 11 月 9 日）。
- 八、Dr. J. Phillip London, " The New Wave of Warfare – Battling to Dominate the Electromagnetic The Journal of Electronic Defense, Sep – 2015,p68。
- 九、安東尼·考德斯曼著，黃淑芬、胡元傑譯，《第二次伊拉克戰爭》（臺北：國防部編譯，民國 95 年 6 月）。
- 十、俞坤東、高貴清、張歐亞，〈基於 EMP 環境下的導彈作戰防護對策分析〉《現代防禦技術》，第 35 卷，第 4 期，民國 96 年 8 月。
- 十一、王振杰、郭業紅，〈電磁輻射危害及對策〉《漯河職業技術學院學報》，第 8 卷，第 2 期，民國 98 年 5 月。
- 十二、《維基百科》，焦土政策，〈<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%84%A6%E5%9C%9F%E6%94%BF%E7%AD%96>〉（檢索日期：2016 年 11 月 15 日）。
- 十三、謝游麟，〈中共「癱瘓戰」思維與戰力發展研析〉《國防雜誌》（桃園），第 24 卷，第 2 期。

十四、《中華民國 104 年國防報告書》（臺北：國防部，民國 104 年 10 月）。

十七、周璧華，《電磁脈衝及其工程防護》（北京：，民國 92 年 1 月）。

十八、《百度百科》，法拉第籠，<http://baike.baidu.com/view/424444.htm>（檢索日期：2016 年 12 月 5 日）。

作者簡介

李景民少校，陸軍官校 93 年班、砲兵正規班 196 期、國防大學理工學院應用化學研究所碩士，歷任排長、副連長、人事官、後勤官、兵器組教官、連長，現就讀國防大學陸軍指揮參謀學院。