

核爆電磁脈衝防護與運用

作者／陳岳揚少校

提 要

- 一、自1961年電磁脈衝被發現後，即受到相當之重視，其在軍事用途上的效能，更引起先進國家相繼的投注資源，進行研究發展。
- 二、電磁脈衝只對通電系統具嚴重破壞力，但對人體幾乎沒有直接傷害；此具「人道」的特性，在以資訊為首的現代戰爭中，更顯見出其重要性。
- 三、中共在「打贏資訊化條件下局部戰爭」的戰略思維指導下，對電磁脈衝武器的研究發展，更是不遺餘力。
- 四、核爆電磁脈衝具有在極短時間內產生相當大能量的特性，對於電子、通訊、軍事等各方面設備造成嚴重破壞，以致癱瘓戰力。
- 五、核爆電磁脈衝防護方法主要有屏蔽、濾波、接地、終端保護及網路加固等方式。

關鍵詞：核爆電磁脈衝、電磁脈衝、屏蔽

前 言

自1961年電磁脈衝被發現後，即受到相當之重視，使得各先進國家相繼的投注資源進行研究發展，並強化其作戰效能；因此在資電作戰為主的作戰型態中，電磁脈衝武器的運用將成為致勝的重要因素。電磁脈衝能在極短時間內，以電磁波的形式，將強大能量由爆點傳至遠處，在行進過程中，電磁脈衝會對電子、資訊、纜線...等設施產生熱毀效應，以致任務無法有效遂行，由於電磁脈衝對人體幾乎沒有直接傷害，而專以電子系統為摧毀對象，以癱瘓敵C4ISR（指揮、管制、通信、電腦、情報及監偵）系統為目的。

在此情境下，政府與軍隊的運作會因資訊化而遭癱瘓，整體作戰指揮機制變得全盲、全聾甚至全啞，導致無法有效拒止敵人之攻擊。因此有關電磁脈衝的運用與防護，已成為國防科技相繼研究的重點。

衡量未來高科技戰爭，各種科技武器，均提昇具備抗電磁脈衝之能力，以先行奪取「制電磁權」，進而主導戰場優勢；中共目前已擁有核武技術，其對「電磁脈衝」之研究也無時無刻不在進行，若敵於台澎防衛作戰中，先以電磁

脈衝之武器癱瘓我C4ISR系統，將使我作戰指揮與行動受制，亦可造成我國內政、經、軍、心恐慌，達到不戰而屈人之兵目的。因此，我們要如何加強電磁防護為我建軍備戰當前所不容忽視。

電磁脈衝之源起、產生方式及特性

一、電磁脈衝之源起

1934年，義大利物理學者費米（Enrico Fermi, 1901-1954）證實了以高速中子撞擊鈾原子，可引發原子核分裂，同時釋放出巨大的能量。美國於1945年以2枚原子彈，先後投置日本廣島、長崎，造成人員嚴重傷亡，建物遭摧毀達90%，此為核子武器的始祖¹。到了1958年，美國在太平洋上空進行第一次氫彈試爆，所產生的伽馬射線，刺激大氣中的空氣而產生大量電子流的電磁脈衝，如海嘯般地掃過半徑數百公里的區域，致使夏威夷群島的街燈全部熄滅，無線電導航系統中斷了18個小時，甚至於澳大利亞也遭到一定破壞²。直到1961年至1962年間，蘇俄及美國相繼進行多次的高空核爆試驗產生驚人的電磁脈衝現象，因此開始對電磁脈衝產生重視。1961年10月，蘇俄於北極新地島進行高空核爆，威力相當於5,800萬公噸黃色炸藥，所產生的電磁脈衝使美國設在阿拉斯加及格陵蘭的預警雷達以及4,000公里內的遠程通信系統即失靈並中斷24小時。美國在1962年7月於太平洋強森島(Johnson)上空248哩處，試爆一枚威力相當於萬噸黃色炸藥的核彈，使得800哩外夏威夷群島中的歐胡島路燈熄滅³。衡量未來高科技戰爭，各種科技武器，均提昇具備抗電磁脈衝之能力，以先行奪取「制電磁權」，進而主導戰場優勢。

二、電磁脈衝的產生

電磁脈衝炸彈是一種小型核武器，即微當量小型核武，所產生電磁脈衝，其效應將導致所謂的「C4ISR」陷入癱瘓，進而造成現代化戰爭過程中敵對一方戰力嚴重減損。電磁脈衝（Electromagnetic Pulse 簡稱 EMP），其產生乃一種大自然現象，於核爆、閃電、太陽黑子、導管效應及電器火花等狀況下均能產生（如圖 1 所示）。

註¹ 謝進財，〈淺介 E-BOMBS 與防護作業之研析〉《海軍陸戰隊隊刊》，第 44 卷第 1 期，2001 年，頁 20-25。

註² 應天行，〈電磁脈衝武器與防禦〉《全球防衛雜誌》，第 218 期，2002 年 10 月，頁 43。

註³ 唐癭善，〈電磁脈衝(EMP)簡介〉《新新季刊》，第 13 卷第 3 期，1985 年 7 月，頁 18-26。



圖1 核爆電磁脈衝示意圖

資料來源：羅承烈，〈電磁脈衝之研究〉，http://www.lmcf.org.tw/Htm_F/defence/defence2.htm

依其產生的方式可區分為自然界及人為所產生的，所謂自然界的產生例如雷電電磁脈衝，它的產生原係一種自然現象，當空中帶電雲層堆積時，與地面間電場強度超過特定臨界值，就會產生局部的空氣絕緣崩潰，此一崩潰產生一個雲塊與地面之間瞬間大電流導通的路徑，並在路徑附近感應出高強度的雷電電磁脈衝(LEMP)⁴。由人工所產生的電磁脈衝區分為核電電磁脈衝及非核電電磁脈衝等兩種。第一為核爆電磁脈衝，是指在核爆後，所產生的 γ 射線，以光速由爆點向四周輻射，在其行進過程中，藉由康普頓效應與其周圍物質作用，將分子內的電子彈離其母體，向外飛馳，此大量帶負電荷之自由電子與帶正電荷之離子，產生強烈的靜電場，此稱為源區。此源區中之靜電場並不對外輻射，其後因自由電子運行途中，四周環境之不對稱而產生不同的電磁脈衝型⁵。第二為非核電磁脈衝，非核爆電磁脈衝彈藥作用時，起動電源的電容組或一個較小的磁通壓縮發生器先行放電，定子因而產生一個逐漸增強的磁場，當起動電流達到顛峰時，可高達 10 萬安培以上，由「炸藥透鏡平面波發生器」起爆炸藥，該發生器在炸藥中產生的均勻平面爆轟波陣面，在電樞中穿過炸藥進行傳播，當電樞在爆轟的作用下被擴張成與定子口徑相當時，磁場受到快速壓縮而產生強烈的電磁脈衝⁶。

註⁴ 蔡德平，〈電磁脈衝工作原理與模擬〉《新新季刊》，第 27 卷第 5 期，1999 年 10 月，頁 157。

註⁵ 同註 3，頁 18-19。

註⁶ 羅承烈，〈電磁脈衝之研究〉，http://www.lmcf.org.tw/Htm_F/defence/defence2.htm，頁 20-21。

三、核爆電磁脈衝的特性

核爆電磁脈衝的破壞效應，乃設備之電子電力總成中部份零件受到電磁脈衝能量侵襲而損壞（如半導體絕緣層、積體電路等被燒毀），進而造成整個設備系統功能失效，此為永久性損壞，故若未經修護措施即無法再行正常運作。至於電磁干擾使得設備發生功能紊亂、操作失常等各種故障狀況，此為暫時性的干擾，其特性為並不損毀零件，故僅需將系統電源關閉後，重新啟動就可恢復正常運作⁷。納其特性概分為以下幾點：

（一）涵蓋面積範圍廣大

核爆電磁脈衝武器的爆炸彈頭及電磁彈頭佔據武器較大空間，而其重量亦必需能配合投送載具（如導彈、巡弋飛彈、無人飛機），以決定其投送方式及引爆高度，由於投射誤差與殺傷半徑成反比，故可藉衛星定位(GPS)導引技術，以提昇投射精準度，精確地指向所欲攻擊目標，以擴大影響涵蓋範圍。電磁脈衝涵蓋面積，隨爆炸高度而增加，如在美國內布拉斯加州附近上空 90 公里處，引爆一枚核子武器，電磁脈衝威力將可涵蓋半個美國，而炸點若提升為 200 公里高空，則全美國之領土範圍均可被涵蓋，並包括部份墨西哥、加拿大在內；在歐洲上空 100 公里或 400 公里處，引爆一枚核子武器，包括英國在內的整個歐洲將為電磁脈衝威力所涵蓋；如在中國大陸地理中心蘭州上空 400 公里處引爆 100 萬噸級核子武器，則全大陸將為電磁脈衝威力所涵蓋⁸（如圖 2 所示）。

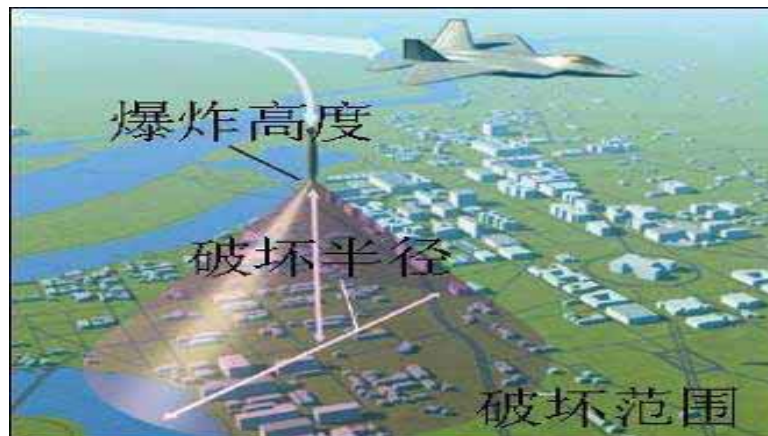


圖2 核爆電磁脈衝涵蓋範圍

資料來源：羅承烈，〈電磁脈衝之研究〉，http://www.lmcf.org.tw/Htm_F/defence/defence2.htm。

（二）時間短暫、能量大

核爆電磁脈衝武器引爆後，可於極短時間內達到最大強度，每公尺約為

註⁷ 馬榮華、何書明，〈電磁脈衝技術之軍事應用研究〉《砲兵學術季刊》，第 119 期，2004 年 5 月，頁 10-12。

註⁸ 許正一，〈電磁脈衝防護技術之探討－以天弓武器系統為例〉《陸軍砲兵季刊》，第 140 期，2008 年 2 月，頁 4-7。

1~1 萬伏特（視核武當量而定），整個脈衝約可持續 10^{-3} 秒，雖然非常短暫，但其能量在瞬間內釋放出來，對各種高精密裝備與設施，所造成的影響非常驚人⁹。

（三）頻率範圍寬廣

核爆電磁脈衝所產生的電磁波，頻率非常寬廣（約為 10KHZ-100MHZ），對極低頻(VLF)、高頻(HF) 極高頻(VHF)等無線通訊頻段影響甚大，而無線電通信器材所運用頻段，通常均在此頻率範圍內。

（四）具備「人道」特性

由於電磁脈衝對人體、機具、設施、結構幾乎沒有直接傷害，只對通電系統具嚴重破壞力，故其與中子彈破壞特性相較之下，即具備符合「人道」特性，近年來已引起先進國際間的極大興趣，並認為未來戰爭雙方不必在地面進行核戰，只要藉電磁脈衝武器，就可一舉摧毀對方整個指管系統，而獲致勝利¹⁰（如圖 3 所示）。

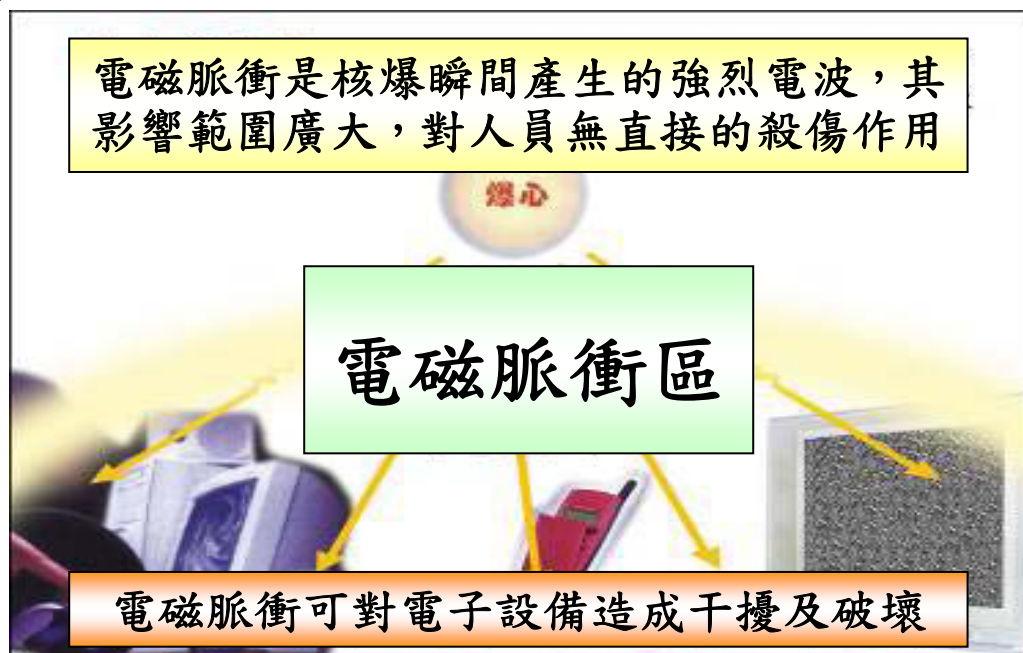


圖3 核爆電磁脈衝攻擊示意圖

資料來源：羅承烈，〈電磁脈衝之研究〉，http://www.lmcf.org.tw/Htm_F/defence/defence2.htm

電磁脈衝在原子武器上的應用

原子彈在空中爆炸時，其能量大約50%是爆風，35%是熱線，約5%是初期輻射線，剩下的10%是殘留輻射線及電磁脈衝，其中原子彈的能量分佈（如下表

註⁹ 張家豪，〈淺談電磁脈衝之發展〉，<http://www.shs.edu.tw/works/essay>，頁 10-12。

註¹⁰ 張連璧，〈電磁脈衝 EMP 防護模組之現在與未來〉《國防通信電子及資訊月刊》，第 2 期，2001 年，頁 20-25。

1所示)：

表1 能量分布分析表

能量形式	能量大小 (MEV)	相應的破壞效果
裂變碎片動能	162	爆風和熱線
瞬發中子動能	5	初期輻射線
瞬發射線	7	初期輻射線和電磁脈衝
衰變能(各為5MeV)	10	殘留輻射
衰變時所放出的中微子 (Neutrino)能	11	無

資料來源：本研究整理

由上表的資料可算出，原子彈各殺傷效果所佔的能量比例—爆風：約占爆炸能量的50%；熱線：約占爆炸能量的35%；初期輻射線：約占能量的5%；殘留輻射線：約占爆炸能量的9%；電磁脈衝：約占爆炸能量1%。上述殺傷破壞因素中，爆風、熱線、初期輻射線和電磁脈衝的作用時間通常發生在核爆炸後的1分鐘內，稱為暫態殺傷因素，只有殘留輻射線（放射性污染）的作用時間很長。普通核彈爆炸時，不僅殺傷人員，而且對周圍建築物、工廠設備等破壞範圍也很大，其放射性污染還使部分人員不能迅速進入被炸地區，因此，不利於軍事行動。但中子彈卻在很大程度上克服了這些缺點。中子彈最顯著的特點是強輻射、低當量和附帶殺傷小。中子彈的強輻射是與其附帶殺傷小相輔相成的。中子彈雖然有裂變反應，但其比例較小，所以，中子彈爆炸雖然也具有一般核武器的五種破壞因素，但其突出了初期輻射線這一因素，其他的殺傷破壞因素就很小了。由於放射性污染比較少，所以中子彈算是一種比較「乾淨」的核武器。中子彈爆炸時放射出的大量高能中子，可以穿透30厘米厚的鋼板，也可以毫不費力地穿透坦克裝甲、掩體和磚牆等，殺傷其中的人員而不損害其他設施。例如，當量為1000噸的中子彈，可以使200米範圍內的任何生命死亡，在800米~1000米內的人員，如不遮蔽就會在5分鐘內失去活動能力，在一兩天內死亡。中子彈的初期輻射線對坦克乘員的殺傷力相當於1枚當量為1萬噸的原子彈（相當於同當量的原子彈的10倍），而爆風對建築物的破壞半徑約為550米，不及原子彈的一半。如果適當增加爆炸高度，在核輻射殺傷半徑基本不變的情況下，還可以減少對建築物的破壞半徑。中子彈在爆炸時的放射性污染很輕，經過較短的時，部隊就可進入爆炸地區，這一點在軍事上具有重要的意義。至於中子輻射的徵狀，就與其它的輻射一樣：高能量的中子射線對人體的破壞作用相當大，當人

體受到中子射線的輻射劑量達到200~600雷姆時，人體造血器官如骨髓將遭到損壞，白血球將嚴重地減少，並出現內出血、頭髮脫落等症狀，傷者在兩個月內死亡的概率為0~80%；當輻射劑量為600~1000雷姆時，傷者在兩個月內死亡的概率為80~100%；當輻射劑量為1000~1500雷姆時，人體腸胃系統將遭破壞，發生腹瀉、發燒、內分泌失調等症狀，傷者在兩周內死亡概率幾乎為100%；當輻射劑量為5000雷姆以上時，將導致中樞神經系統受到破壞，發生痙攣、震顫、失調、嗜眠等症狀，傷者在兩天內死亡的概率為100%¹¹。

先進國家對核爆電磁脈衝之研究與運用

由於「電磁脈衝」對C4ISR系統威脅為各國所重視，並紛紛展開研究，以期獲致相關資料及防護方法，惟因受核武禁試國際公約之約束，無法從事實際之核爆，然為能獲得C4ISR系統相關電子零件防護效果，各國均陸續研製「電磁脈衝」各型模擬器，以發展出具抗電磁脈衝之零件及方法，並將之列為機敏資料，由軍方嚴密管制，禁止相關技術與資料輸出，僅就美國、俄羅斯國協及中共對電磁脈衝武器研究概況敘述如後¹²：

一、美國

美軍在1991年波斯灣戰爭期間，曾向伊拉克發射1枚具電磁脈衝破壞效能的戰斧巡弋導彈，攻擊伊軍指揮中心的電子系統。這次攻擊被視為電磁脈衝的一次實戰試驗。1999年之後，美軍在科索沃戰爭中再度使用，使南聯盟部份地區的各種通信設施、電子設備均受到不同程度的干擾和破壞，癱瘓達3個多小時；在伊拉克戰爭中，美英聯軍又使用該武器，對巴格達進行首輪攻擊，伊拉克的主要電子系統幾乎全被干擾，巴格達城市所有電子信號均被覆蓋，戰事在進行到第7天時，美英聯軍使用電磁脈衝彈攻擊伊拉克國家電視台，使其電視訊號中斷達3個小時¹³。由這3次戰爭中所使用的電磁脈衝彈不是靠核爆產生的，而是運用電子手段產生高能電磁脈衝（E-bomb非核爆電磁脈衝彈）（如圖4所示），因此和早期的「核爆電磁脈衝武器」有很大的區別¹⁴，未來必將成為資訊戰的重要武器。

註¹¹ 同註7，頁4-5。

註¹² 同註7，頁10-15。

註¹³ 畢雲皓，〈電磁脈波炸彈〉《尖端科技軍事雜誌》，第180期，2004年，頁60-66。

註¹⁴ 彭政雄，〈鞏固台灣命脈打贏第三波戰爭-全面提升國軍電磁脈衝防衛能力〉《國防雜誌》，第21卷第5期，2006年，頁24-26。

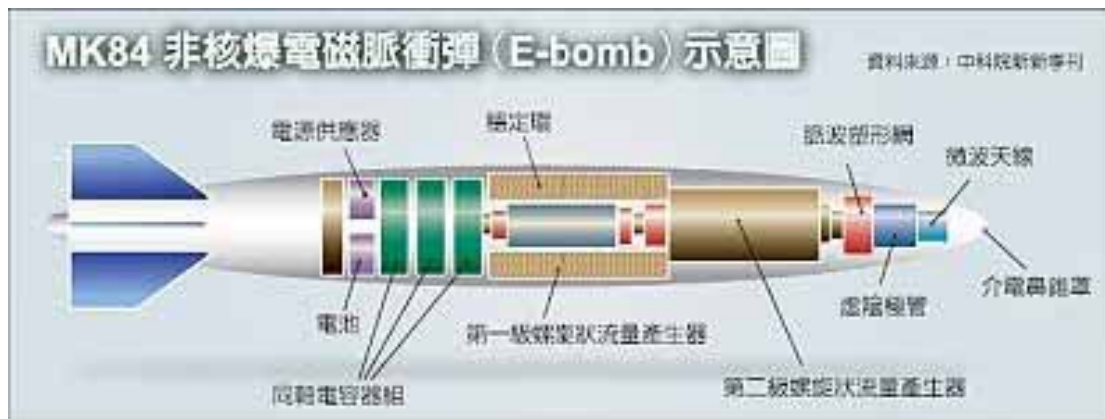


圖4 非核爆電磁脈衝炸彈剖面示意圖

資料來源：張家豪，〈淺談電磁脈衝之發展〉，<http://www.shs.edu.tw/works/essay>，頁 14-15。

二、俄羅斯國協（前蘇聯）

前蘇聯對於核爆電磁脈衝的研究係由設於烏克蘭的亞德曼斯特(Aldermanster)核武研究中心（簡稱AWRE），負責從事抗電磁脈衝阻隔微晶片及電磁脈衝武器之研發。該中心亦建有大型的電磁脈衝固定模擬器，藉以測試系統遭電磁脈衝威脅時的存活率。判俄羅斯國協在面對電磁脈衝戰爭已胸有成竹，其C4ISR系統之電子裝備，已經考慮到抗電磁脈衝之相關措施，且防護技術居領先地位；據悉其所研發之電磁脈衝炸彈引爆後，可釋放出一百兆焦耳的能量，對北約組織國家的C4ISR系統已構成極大之威脅。

三、中共

中共自首次實施核子試爆後（1964年），即對電磁脈衝效應有相當的體驗，其「總參」通信部已成立專責單位，根據歷次核試資料，就空中核爆對通信電子系統之影響作深入研究。80年代中共為進一步取得電磁脈衝破壞力試驗數據，航天部曾向美國Maxwell公司洽購大型電磁脈衝模擬系統，但未獲美國輸出許可；其「總參」第61研究所已研製完成電磁脈衝模擬器，模擬高空核爆所產生的電磁脈衝，以供研究電磁脈衝之破壞力；然為因應未來戰爭，中共除引進（竊取）先進國家微型核武技術外，並聘請前蘇聯之核武專家，為其研發及改進核武技術。1996年7月，中共完成第一枚微量型核彈試爆（千噸以下），此舉震撼各核武先進國家，並咸認共軍已具備電磁脈衝作戰之能力¹⁵。

我國現行對核爆電磁脈衝破壞之防護作為

註¹⁵ 陳勝昌，〈電磁脈衝運用及防護之研究〉《陸軍學術月刊》，第1卷第3期，2009年6月，頁8-9。

面對核爆電磁脈衝威脅，國軍多年前已進行相關準備，並針對防護電磁脈衝攻擊進行「脈護計畫」。該計劃於2001年開始進行，即利用金屬、防護網或其他電磁波吸收材料作為衡山指揮所的外部屏障，以反射或吸收電磁波的方式，在電磁脈衝波穿透前加以吸收，並透過接地網路將其電磁能導向地下，藉以防護指揮所內各項指管設施。

「脈護計畫」至2002年時研發進度未如預期，其因乃美國拒絕對台出售關鍵的脈波電流輸入測試系統，使我國無法獲得關鍵科技，進而轉向歐洲地區尋找商源，由此顯見電磁脈衝防護於理論上很簡單，但於實際執行層面卻非如此。

然國防部於2004年時依據美軍MIL-STD-188-125等相關規範，策頒「國軍電磁脈衝防護作業須知」，國軍各單位可依「電磁脈衝屏蔽系統檢核表」進行自我檢核¹⁶，並建立國軍電磁防護測試規範，以規劃設計及驗證測試各種防護成效，並配合國軍電磁脈衝防護政策，評估國防部及三軍重要指管中心、陣地、載台等重要軍事設施，電磁脈衝防護能力、需求規劃以及執行工程改善與測試驗證。電磁脈衝防護測試驗證系統包括暫態電磁場輻射系統、脈衝電流注入系統、連續波照射系統、屏蔽效值驗證系統等，可測知各種基地型或是機動型設施，對於電磁脈衝的輻射或是傳導性侵襲，是否有足夠的防護能力¹⁷。分別說明如下：

一、電磁場模擬器

模擬電磁場輻射系統，對於通資電裝備進行電磁脈衝的防護能力測評，檢測是否能抵抗高空核爆電磁脈衝攻擊。

二、連續波照射系統

模擬產生連續電磁波的系統，可測知各種基地型或機動型設施的電磁脈衝響應頻譜，進而檢測是否有足夠的電磁脈衝輻射屏蔽防護能力。

三、屏蔽效值測試系統

可模擬產生連續電磁波的照射系統，可在不同的頻段下，測知各種設施、載具之殼壁、門、窗及通氣口等局部區域之電場與磁場的屏蔽效果，檢測是否有足夠之電磁脈衝輻射屏蔽防護能力，以作為屏蔽防護能力之參考。

四、電磁脈衝電流注入系統

模擬電磁脈衝對纜線之感應電流，可測知各種設施對於電磁脈衝傳導性侵襲，是否有足夠之防護能力。我國就現今電磁脈衝防護有效作為與成本考量之下，乃採取「因地制宜」與「分層防護」為原則；因地制宜原則就是考量設施所在地理環境，就其自然環境對電磁脈衝屏蔽而規劃，並設計出最佳電磁脈衝

¹⁶ 同註 15，頁 10-15。

¹⁷ 同註 8，頁 20-23。

防護作為。而分層防護原則是就設施內裝備，依其重要性、機敏性與脆弱性，分區分層配置，以最佳化成本而達到全防護之目的¹⁸。以下以天弓武器系統電磁脈衝防護為例：

（一）屏蔽層建立

天弓武器系統主要裝備，如戰術中心、相列雷達、照明雷達、垂直發射架、通信中心及發電機等均採掩體化設施（除機動發射架外）¹⁹，可避免裝備直接暴露於外部與電磁脈衝能量產生感應電流，破壞內部電子設備。露儲裝備部分現行防護措施，可參考愛國者防空飛彈系統，連戰術控制中心於天線外部即配置有電磁波壓抑器，可壓抑過多電磁能量，避免內部電子裝備損壞²⁰。

（二）避雷與接地

天弓武器系統接地設計係，將電力、裝備及避雷系統均予以接地（如圖5所示），可避免雷擊電流經地線迴路傷及裝備，以及雷擊脈波所感應誘發突波電流竄入纜線及電子裝備，並且於各裝備電源及訊號纜線裝置避雷防護模組（如圖6所示），可壓抑過量突波電壓電流²¹。



圖 5 接地銅板及地線

資料來源：許正一，〈電磁脈衝防護技術之探討-以天弓武器系統為例〉《陸軍砲兵季刊》第140期，2008年，頁4-7。



圖 6 避雷防護模組

資料來源：許正一，〈電磁脈衝防護技術之探討-以天弓武器系統為例〉《陸軍砲兵季刊》第140期，2008年，頁4-7。

（三）光纖線路運用

因光纖係在光纖導管內傳導，電磁脈衝對其並無影響，故無感應及干擾問題²²，如天弓武器系統照明雷達之控制中樞（主控制器），即配置有光纖介面卡及介面盒（如圖7、8所示），可將雷達重要訊號傳導及參數監控透過光纖線路傳

註¹⁸ 陳文禮、何志誠，〈電磁脈衝武器與防護概論〉《新新季刊》，第32卷第2期，2005年，頁10-15。

註¹⁹ 陸軍總司令部印頒，《愛國者控制系統戰術控制中心操作手冊》，2000年，頁14-18。

註²⁰ 同上註。

註²¹ 陸軍總司令部印頒，《天弓武器系統操作手冊》，1993年，頁12-15。

註²² 陳志柔，〈中共信息戰簡介〉《砲兵學術雙月刊》，第108期，2000年，頁20-25。

送至主控制器²³，增加訊號傳導穩定性以避免受到干擾。



圖7 光纖介面盒外觀圖

資料來源：許正一，〈電磁脈衝防護技術之探討-以天弓武器系統為例〉《陸軍砲兵季刊》第140期，2008年，頁4-7。

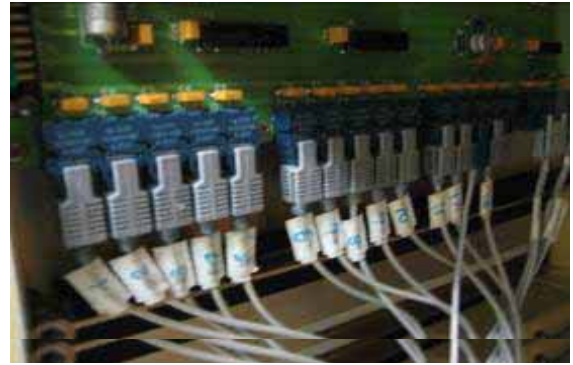


圖8 光纖介面盒內視圖

資料來源：許正一，〈電磁脈衝防護技術之探討-以天弓武器系統為例〉《陸軍砲兵季刊》第140期，2008年，頁4-7。

電磁脈衝屏蔽防護方式

其實在電磁脈衝防護的作法上，就是多層防護的觀念。善加利用天然環境作為屏蔽的最外層保護，再於機敏裝備區進行電磁脈衝防護二次工程，以確保設施的屏蔽防護，為達到有效防護之目的，建議事項如后²⁴：

一、改善現有之接地網路系統。

二、善加利用天然之屏障如山洞、覆土層或設施地下化（如圖9、10）。

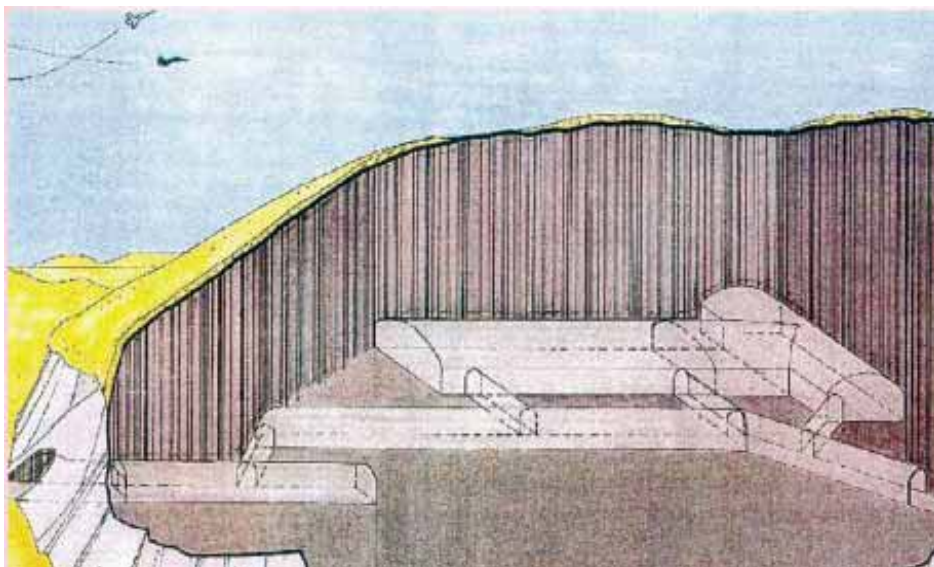


圖9 利用山洞坑道之整體防護設計

資料來源：蔡德平，〈電磁脈衝工作原理與模擬〉《新新季刊》，第27卷第5期，88年10月，152頁。

註²³ 同註19，頁6-10。

註²⁴ 張衍智，〈固定設施對電磁脈衝防護之具體作為〉《陸軍通資半年刊》，第102期，2003年5月，頁17-25。

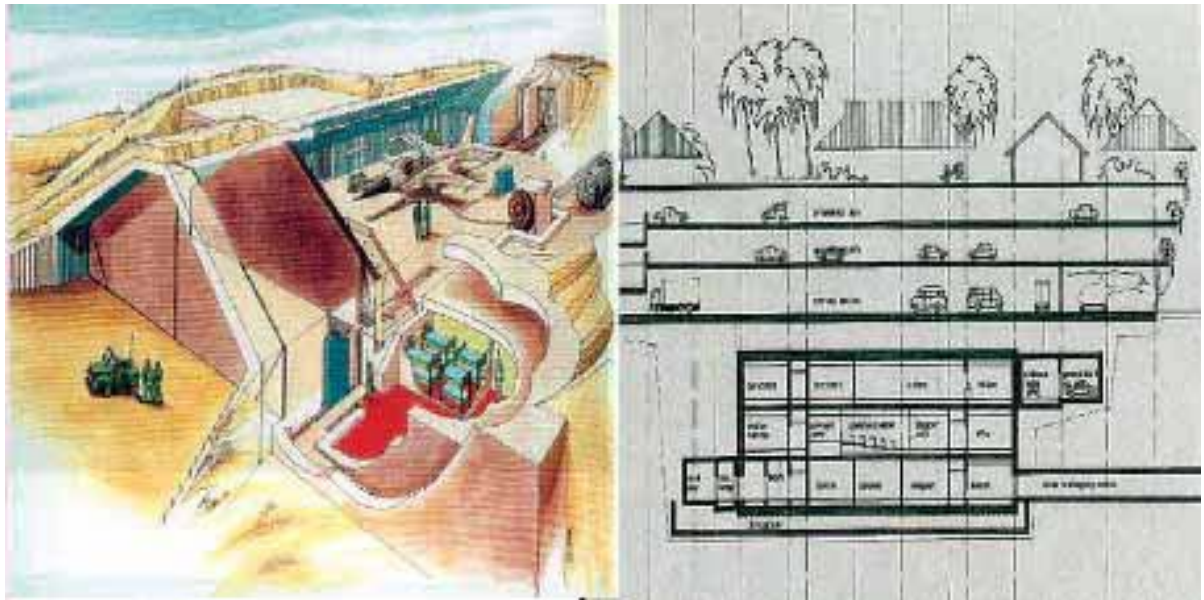


圖 10 核生化抗炸防護及地下化工

資料來源：蔡德平，〈電磁脈衝工作原理與模擬〉《新新季刊》，第27卷，第5期，民國88年10月，頁150。

三、軍事設施依其任務需求，將機敏裝備分類並集中，以進行隔離室建構之二次防護工程(如圖 11)。



圖 11 電磁脈衝屏蔽隔離工程

資料來源：唐癩善，〈電磁脈衝(EMP)簡介〉，《新新季刊》，第13卷，第3期，民國74年7月，頁20-21。

四、電力系統、雷達、通信系統需加裝突波保護器（如圖 12）。

五、將置放於隔離室內之機敏裝備，加裝突波保護器與濾波器等保護元件，或以光纖取代易受干擾之傳統纜線。



圖12 MOV截波器

資料來源：張連壁、張福安、蘇文寬、謝立人，《電磁脈衝學》（出版地：出版社，2004年8月），頁16-17。

電磁脈衝威脅評估

決定電磁脈衝破壞的程度，主要取決於電磁脈衝能量傳遞到目標的多少而定，由於電磁脈衝是以電磁波之型態發射與傳播，因此任何金屬導體（如飛機、軍艦、電纜線與天線...等）均能接收電磁脈衝並將能量傳輸至物體內，內建電子系統（記憶體、積體電路、邏輯電路...等）均可能超載而燒毀以致於無法正常運作，對於愈先進、複雜的裝備影響愈大，其影響如后：

一、電力線及有電線的影響

電磁脈衝很容易使電纜感應超過最大容忍限度的電壓值，其結果會產生火花或短路現象而導致線路上各式終端設備（如電源供應器、交換機等）易遭受燒毀。

二、無線電的影響

電磁脈衝其頻譜可涵蓋大部分軍、民用無線電通信波段，且無線電機的大型天線是電磁脈衝良好的蒐集體，在強大電場影響下，將使無線電系統受到嚴重破壞。電磁脈衝能量可藉由外露天線、地線等路徑，進入電路中，造成元件燒毀、短路，進而使系統失效。

三、雷達系統的影響

電磁脈衝可影響電離層之穩定性，當雷達波在通過此一被擾亂之區域時，傳播途徑會彎曲，造成所確定的位置和實際位置有所差異，嚴重時甚至產生吸收作用，使雷達信號中斷。更嚴重的是雷達接收發射模組將受到強大脈衝而燒

毀。

四、資訊系統的影響

迅速而確實之情報資訊，對軍事作戰而言，特別明顯而重要，其對「搶先」和「控制」在時效上已至分秒必爭之程度，惟有靠容量大而迅速的資訊（電腦）系統來分析、研判、處理，方能達到上述目的；但電磁脈衝卻能夠破壞（消除）儲存在半導體記憶器內的資料，或者將裝置有「微處理器」之控制系統的功能破壞，造成整個資訊處理中心癱瘓，資訊無法傳遞（或傳遞錯誤的資訊），因而使指揮官耳目被切斷或誤判，無法迅速下達決心，而延誤作戰時效。電磁脈衝防護之方法與電磁干擾(EMI)及雷擊波防護原則雖概同，但電磁脈衝因具上昇時間快、能量大之特性，一般防範電磁干擾及雷擊波之裝置，尚無法有效達到防護之目的；然在「沙漠風暴」的波灣戰爭行動中，以美國為首之多國聯軍，其通信系統已經採用具吸收電磁脈衝能力之緩衝器電路，以強化抗電磁脈衝干擾效果，可見電磁脈衝已運用於高科技的戰爭中，其雖不能直接獵殺敵人，但卻可加速戰爭目的之達成，甚至決定戰爭的勝負，影響之大難以估計。

五、損害影響研判

電磁脈衝極小的能量就能對電子儀器造成很大的傷害²⁵（如表2），而表3中亦說明武器裝備若一旦遭受電磁脈衝攻擊時，對航空器、艦艇、陸軍攻擊武器及通信設備等，均會受到相當程度的損壞；另在民生經濟等相關體系遭受電磁脈衝攻擊時，均受到嚴重的影響²⁶（如表4）。

表2 電子元件所能承受的電磁脈衝能量

感應能量 (焦耳)	可 能 損 害
10^{-7}	微波二極體燒毀
10^{-6}	線性積體電路產生不正常工作或燒毀
10^{-5}	低功率電晶體不正常工作或燒毀
10^{-4}	CMOS積體電路、中等功率電晶體、二極體及電容器損壞
10^{-3}	JEET、SCR高功率電晶體及薄膜電阻損壞
1	真空管燒毀

資料來源：唐癩善，〈電磁脈衝(EMP)簡介〉《新新季刊》，第13卷第3期，2003年7月，頁18-19。

註²⁵ 同註5，頁18-26。

註²⁶ 鍾堅，〈電磁脈衝攻擊〉，<http://www.hle.com.tw/bookmark/nature/08/08-02.asp>，頁15-17。

表3 電磁脈衝對武器裝備之衝擊研判

	裝備設施	裝備使用中	裝備停用中
航空器	線控操控戰機	極嚴重	嚴重
	機械操控戰機	嚴重	中度
	直升機	中度	輕微
艦艇	飛彈巡防艦	極嚴重	嚴重
	攻擊潛艦	潛航無影響	嚴重
	飛彈巡邏艦	中度	輕微
陸軍	主戰坦克	嚴重	中度
	自走榴砲	嚴重	中度
	防空飛彈	極嚴重	嚴重
通用	觀通（電子）裝備	極嚴重	嚴重
	傳統火砲、防砲、岸砲	無影響	無影響
	步機槍、機砲	無影響	無影響

資料來源：馬榮華、何書明，〈電磁脈衝技術之軍事應用研究〉《砲兵學術季刊》，第119期，2004年，頁10-15。

表4 電磁脈衝對民眾日常活動之影響

體制與體系	攻擊瞬間	攻擊後一日	攻擊後一週
電力供應	極嚴重	嚴重	中度
油品供應	極嚴重	嚴重	嚴重
用水供應	中度	中度	輕度
民防體系	極嚴重	極嚴重	極嚴重
政府體系	極嚴重	極嚴重	嚴重
治安體系	嚴重	中度	輕度
交通體系	極嚴重	極嚴重	嚴重
醫療體系	嚴重	中度	中度
金融業界	極嚴重	極嚴重	極嚴重
商企活動	嚴重	中度	輕微
傳播媒體	極嚴重	極嚴重	嚴重
教育體系	輕微	輕微	輕微
註：攻擊效應分類以極嚴重、嚴重、中度、輕微、無影響五分法劃分。			

資料來源：馬榮華、何書明，〈電磁脈衝技術之軍事應用研究〉《砲兵學術季刊》，第119期，2004年，頁10-15。

結論

孫子曰：「昔之善戰者，先為不可勝，以待敵之可勝；不可勝在己，可勝在敵」，電磁脈衝效應，雖佔核爆全部能量極小部份，但其破壞距離卻甚遠，對C4ISR系統傷害極大，為下一世紀高技術條件下之癱瘓戰，亦為戰爭勝負關鍵之利器。故各國對電磁脈衝研究及防護技術日趨考究與重視，以期在遭電磁脈衝侵襲後仍能維持C4ISR能力，俾在電磁脈衝的侵襲下，仍能遂行戰爭指導，贏得勝利。

作者簡介

陳岳揚少校，中正理工學院專 27 期、通資電學校正規班 165 期；曾任排長、副連長、連長、後勤官、教官，現任職於陸軍工兵學校戰工組教官。