

由「微波應用」淺析戰場 兵力癱瘓之研究

作者／張琪閔中校、陳培忠上校

提要

- 一、1962 年美軍在約翰斯頓島上空進行了核試驗，爆炸後距離試驗場 800 公里的檀香山市的防禦警報器全部爆裂，其與威克島的遠距離短波通信中斷，美軍的電子通信監視指揮系統也全部失靈。
- 二、美軍於「電磁珍珠港事件」後，研究發現微波電磁為自然界中一種無形能量，是我們肉眼無法辨識的特殊形式，除奠定了現代資訊社會的物質基礎，更激起了美軍將高能微波武器用於戰場的研究。
- 三、微波應用電磁脈衝武器是依靠特定技術產生電磁脈衝，在一定地區或目標周圍空間造成瞬間的強大破壞性電磁場，毀傷、癱瘓及殲敵力與敵方電子設備的一種新概念武器。
- 四、特別是近幾十年來，微波頻率、導能、超寬頻電磁輻射器與電磁脈衝武器的研發和運用為國際間軍事科技最為革新的競爭，正成加速的趨勢，運用於未來戰場作戰，殊值吾等深入探究。

關鍵詞：微波、腦電波、高能微波武器、電磁脈衝。

前言

1962 年 7 月，美軍在約翰斯頓島上空進行了當量為 140 萬噸的核試驗，核彈爆炸 1 秒鐘後，距試驗場 800 公里的檀香山市的數百個防禦警報器全部爆裂，歐胡島的照明變壓器被燒壞，檀香山與威克島的遠距離短波通信中斷。於此同時，距爆中心投影點 1,300 公里的夏威夷群島上，美軍的電子通信監視指揮系統也全部失靈。2003 年 3 月 26 日美軍使用高功率微波炸彈轟炸巴格達電視臺，爆炸時產生的電磁微波能量達數 10 億瓦，造成巴格達地區大面積停電，雷達、電腦、電話及廣播通訊陷入癱瘓，一些交通工具無法使用。是什麼原因導致了災難的發生呢？美軍調查小組事後發現，「元兇」原來是核爆試驗產生的高能電磁脈衝。這一偶然的發現，激起了美軍將高能微波武器用於戰場的興趣，特別是近 20 多年來，電磁脈衝武器的研發和運用正成加速的趨勢。

美國專門成立的一個電磁脈衝委員會近年曾發表一份有關美國對電磁脈衝



武器敏感性的評估報告指出：「一次由衛星或洲際彈道導彈在布拉斯加州上空 30 英里處實施的規模不大的電磁武器打擊，就會使整個美國、加拿大及墨西哥部分地區的電子設施全部失靈」。2002 年初，在「9 月 11 日調解委員會」提出首份「『基地』襲美調查報告」的同一天，巴特利特也提出了「電磁脈衝襲擊對美國的威脅評估」報告。報告宣稱：「我們國家有能力阻止國際恐怖分子最可怕的襲擊，但卻不知道美國所面臨的脈衝武器攻擊威脅有多大。」巴特利特在這份報告中說：「一旦遭到脈衝武器的襲擊，我們超級大國的地位將從此不保！」他強烈建議五角大廈將脈衝武器提升到國家戰略的高度，並加大研發與試驗力度。這份報告很快引起了白宮和五角大廈的重視。¹

何謂微波武器

微波武器也稱射頻武器，一般由微波發生器、天線、定向微波發射裝置及控制系統等組成。微波發生器用於發射微波電磁脈衝，天線將微波波束聚成方向性極強、能量極高的窄波束，定向微波發射裝置將電子束的能量或爆炸的化學能量轉換為微波能量。

微波武器通常在遠距離上對軍事目標和武器的光電設備進行干擾，在近距離上實施殺傷有生力量，引爆各種炸藥或直接摧毀目標。高功率微波武器是指發射功率在 100MW 以上，體積小、燃料的燃燒效率高，並可重複發射，在瞬間釋放出高功率的微波能量。對軍事目標(敵重要武器設施、雷達站及資訊等重要設施)能形成殺傷作用的微波電磁脈衝的功率密度一般為 $100\text{W}\sim 1\text{MW}/\text{m}^2$ 。微波作為武器使用，要求能在距微波輻射源 0.1~1km 以外達到這樣的功率密度微波武器(如圖一)。

微波武器的功能性

一、微波機理

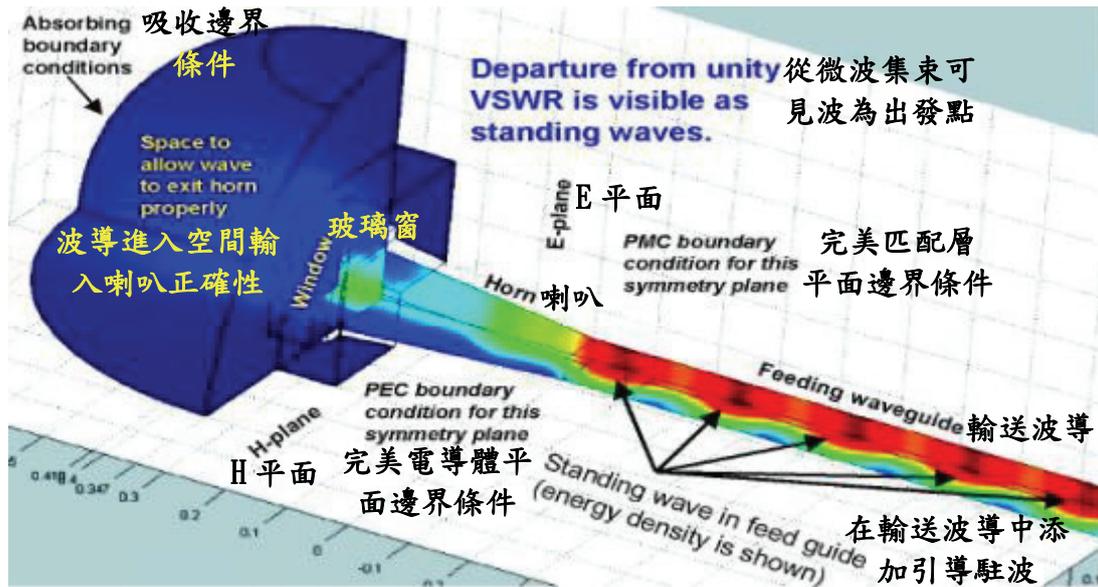
微波武器的工作原理，是基於微波與被照射物之間的分子相互作用，將電磁能轉變為熱能。其特點是不需要傳熱過程，一下子就可讓被照射材料中的很多分子運動起來，使之內外同時受熱，產生高溫燒毀材料。較低功率的輕型微波武器，主要作為電子對抗手段和「非殺傷武器」使用；而高能微波武器則是一種威力極強的大規模毀滅性武器。

二、微波組成

¹ 〈美軍計畫 2012 年全面裝備脈衝武器，搶在中俄之前〉，<http://mil.cnwest.com/>，民國 104 年 11 月 12 日。

微波武器，也稱射頻武器或電磁脈衝武器，它是利用高能量的電磁波輻射去攻擊和毀傷目標的，一般由微波發生器、定向發射天線及伺服控制系統等組成。微波武器，也稱射頻武器，一般由微波發生器、定向發射天線及伺服控制系統等組成。微波發生器用於發射微波電磁脈衝，定向發射天線將微波能量幾乎全部聚集到某個方向，伺服控制系統將天線指向某個需要的方向，²即可針對標定物實施癱瘓及摧毀。

圖一 微波武器模擬圖



資料來源：〈微波武器的 COMSOL Multiphysics 模擬〉，<http://CAECOMSOltech.simwe.com/>，2015 年 11 月 24 日。

三、微波發射功率

微波武器主要由高功率發射機，大型高增益天線和瞄準、跟蹤及控制等系統組成。微波能量密度達到 $0.01 \mu\text{w}/\text{cm}^2$ ， $-1 \mu\text{w}/\text{cm}^2$ 時，可使相應波段雷達癱瘓，達到 $10\text{w}/\text{cm}^2$ 至 $-100\text{w}/\text{cm}^2$ 時，可燒毀任何此波段的電子元件。並且還可以無視防禦和裝甲，直接殺死內部的工作人員。³

四、微波運用於軍事作戰

微波武器通常在遠距離上對軍事目標和武器的光電設備進行干擾，在近距離上實施殺傷有生力量，引爆各種裝備或直接摧毀目標。

高功率微波武器可在瞬間釋放出高功率微波能量殺傷目標，是指頻率在 1GHz-300GHz，發射功率在 100MW 以上的可重複使用的電磁武器，具有發射

² 〈微波〉《臺灣維基》，<http://www.twwiki.com/wiki/%E5%BE%AE%E6%B3%A2%E6%AD%A6%E5%>，2015 年 11 月 19 日。

³ 呂泉，《現代感測器原理及應用》（天龍文創圖書出版公司，民國 95 年 11 月），頁 171。



天線增益高、天線驅動速度快及機動性強等特點。

一般為 $80\text{W}\sim 1\text{kW}/\text{cm}^2$ 對目標能形成殺傷作用的微波電磁脈衝的功率密度。作為殺傷性武器一般在近距離要達到這樣的功率密度才有作用，而作為防空武器至少要求作用距離達到 10km ，但是功率密度不一定要那麼大。⁴

五、微波手段

現勢作戰是集瞬息萬變、混亂狀況、不確定性於一體的不對稱作戰環境⁵，從美國 911 事件發生以來，各國均已重視不對稱武器威脅程度，從劫持人員、航空器到應急爆炸裝置都僅是不對稱手段之一，然而敵於作戰中將這些手段加諸於戰場，戰術變化更大，作戰企圖隱蔽性更大，但在戰場全互中使用不對稱手段仍有些風險與危害，首先必須要考量在於初期威懾效果、戰術目的與戰術價值，都要避免製造毀滅性、非軍事武裝人民死傷慘重情況，違反國際人道而受聯合制裁。

非傳統作戰下微波武器與視距內(外)可見武器裝備等屬大規模毀滅武器，在兩岸現存承平與非作戰中期，國內許多學者研判中共不會在攻臺階段中優先使用，作戰中更不可能投射於自己作戰利害區域內；但以微波武器而言，非持久性一種熱能導波，其殺傷效應就是能夠在非常短時間內，快速造成兵力大量傷亡，亦或以微波武器攻擊我島內週邊重要軍事目標(雷達、觀測站、機場導航控制及飛彈基地)、核電廠，造成短暫與長時間物質外釋失衡，癱瘓島內城鎮防禦體系⁶。另外微波武器之危害同樣具有殺傷效果，但致病潛伏期長，其效果最明顯，對作戰中兵力上的戰鬥人員個體，因其微波能量密度大小，將成為作戰中手段之一，會使戰況由漫長煙硝轉為快速殲敵之目的。微波武器特性是不採用「點」的攻擊方式，而是強調「面」的攻擊效果，所以在任何武器、兵力與裝備發展革新如何「尖端與隱形」，只要在一個區域內被衛星結合微波偵照罩住，都難逃其「天羅地網」鎖定與摧毀。

什麼樣的手段才能在作戰中比較具有不對稱作戰價值?「隱蔽性良好、便於製造、不易察覺、集注摧毀速度快、恐慌程度高及戰場指揮體系同時受到干擾。」而微波武器，其武器突擊性與威懾性夠，但影響範圍有限，A 至 D 表示的是在防區外發射電子攻擊廣域武器，其特點是完全廣域、高速飛行、攻擊多目標。從該圖中我們可以得到未來高功率微波的幾個發展方向(如圖二)。如以地面儀器控制結合衛星，則可能產生較大殺傷性!微波武器在非高微波射線強度範圍距離

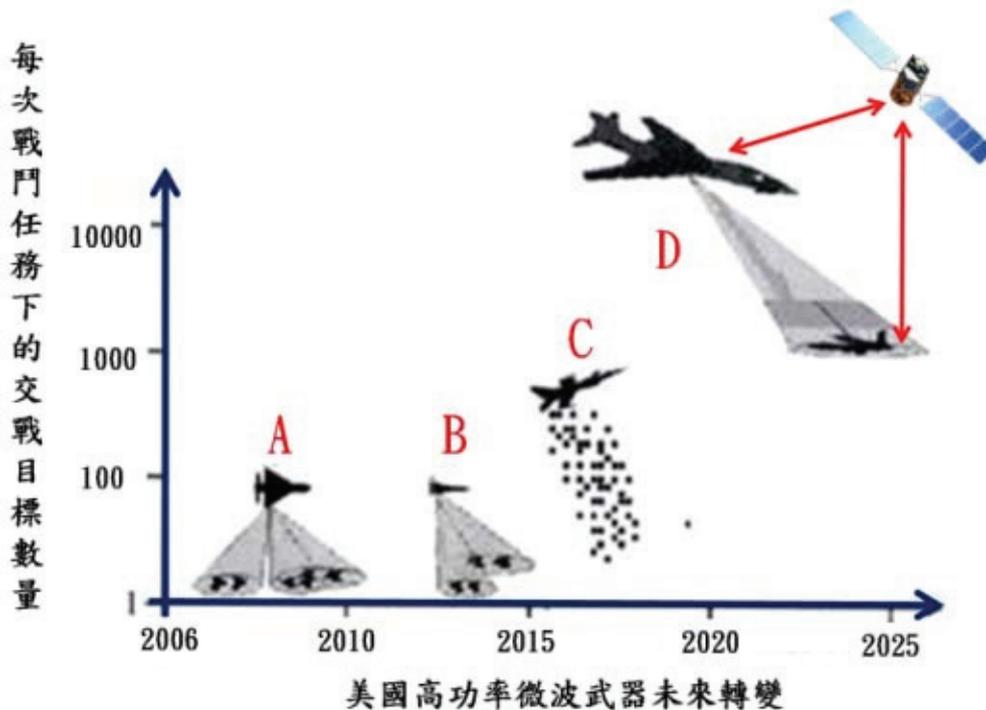
⁴朱國瑞，《科學發展》〈微波及微波的應用〉，第 395 期，西元 2005 年 11 月，頁 7-10。

⁵Anthony H.Cordesman, "The lessons of the Iraq War: issues relating to grand strategy," 2003.4, p.51.

⁶青年，〈新型戰爭的關鍵武器電磁脈衝〉，<http://www.youth.com.tw/db/>，民國 104 年 11 月 13 日。

條件下，是否會立即對人體致命傷害，在兩者合成下，其威力可以被設計，並可在局部受限下作戰，可預想獲得之作戰效果(擴散面及封鎖特定區域)。

圖二 高能微波武器



資料來源：參考〈高功率微波武器的研究現狀與發展趨勢〉，<http://www.360doc.com/>，2015年11月24日。

現行國際間運用微波武器的國家

一、美國方面

1987年，美國國防部把高功率微波武器列為五大關鍵技術之一。美國一直在研究利用微波技術摧毀敵方的作戰能力，主要進行寬頻帶、高功率微波武器和窄頻帶、定向衛星高能微波武器的研發；而美國的一些重要的發展計畫都列入了微波發展項目與專案，在發展高功率微波技術中，善於應用技術的美國，首先選定小功率和中功率微波武器，其功率比現有的電子干擾機提高了3至6個數量級。中功率微波武器只要有合適的重複頻率、頻帶寬度和脈衝形狀，就會得到比現行使用的電子干擾。美國現已在新墨西哥州的菲力普實驗室建立了高能研究和技術設備中心（HERTF），開發研究高功率微波發生器技術。美國在研發各種頻率的高功率微波源及可投射高功率微波天線方面具有重大進展。⁷

根據專家分析估計，實戰性微波武器中所需的高功率微波源規格為：頻率1GHz以上、功率大於1GW以上。美國軍方已提出多項微波武器應用概念，包

⁷張連壁，《電磁脈衝學與電磁屏蔽》，五南圖書出版公司版，民國95年11月，頁48-49。



括信息通信戰(Information Warfare, IW)、壓制敵方防禦(Suppression of Enemy Air Defence, SEAD)及自我防衛等。美國陸軍提出戰術微波武器要能裝在大型履帶戰車上,微波天線裝在直立的桅杆上,以利於最佳瞄準(如圖三)。空軍則要求武器體積小,並採用專用天線。海軍的艦載微波武器要求具有高功率、大天線和遠作用距離,對微波武器在重量、空間和功率等方面提出的限制條件較小。因此,海軍的微波武器極有可能在未來 20 年內首先投入作戰使用。

圖三 美軍微波武器壓制系統先進概念技術演示項目



資料來源：〈中國或用微波武器不留痕跡驅逐越菲船隻〉《文匯網》，<http://news.wenweipo.com/2015/07/27/I>，西元 2015 年 11 月 24 日。

美軍在阿富汗一度配備 ADS,美軍 2010 年一度在阿富汗戰場配置主動拒止系統(Active Denial System, ADS),但在很短的時間內便在當地指揮官的要求下禁用。《IHS Jane's 360》稱,ADS 未能在阿富汗實際運用,是因為顧慮到此類武器可能成為敵方負面宣傳的材料。當時也有報導指出 ADS 系統光是開機就需要 16 個小時,如果維持在開機狀態,所需燃料與成本幾乎是「天文數字」,根本無法投入實戰。雷神公司在 2011 年推出了改良版的 ADS「無聲衛士」(Silent Guardian),據稱體積更小、成本更低,有效射程可達 5.5 公里,但目前僅洛杉磯監獄配置了較小版本的「無聲衛士」。

二、中共方面

2014 年在北京舉行的國防科技航展上成果展中,中國保利集團(如圖四)在本屆珠海航展推出了一款裝設在一輛裝甲車上—WB-1 型「非致命定向能防暴拒止系統」微波武器。這種武器與美軍的主動拒止系統類似。「美國之音」認為 WB-1 更可能用於中國境內的維穩防暴。WB-1 非致命微波光束照準防暴系統,為運用

於中國群眾抗暴、爭取人權的行動高漲，社會秩序維持，向示威抗議民眾發射微波。透過發射微波光束，加熱人體皮膚上的水分子，讓人產生強烈的劇痛及難以忍受的灼燒感，逼使聚集人群逃離。然而這項武器曝光後，也引起更多中共鎮壓人權的批評。⁸無論是中國保利集團的 WB-1 或者是美軍的 ADS 系統，其原理都與微波爐類似。美軍的 ADS 系統是由雷神公司(Raytheon)研發，以 95GHz 的微波光束（波長為 3.2mm）照射目標，讓人體的皮膚表面產生難以忍受的灼熱感（約攝氏 58 度），使其主動逃離。在實際的人體測試中，沒有人能夠忍受 ADS 的攻擊超過 5 秒。因其微波穿透皮膚的深度少於 0.04 公分，只會讓目標產生劇痛而不會致命。⁹

圖四 中國 WB-1 微波武器系統



資料來源：〈中國研發微波武器，外媒：用於維穩或海洋爭端〉《文匯網》，
<http://curiolet.blogspot.com/2014/07/27/I>，西元 2015 年 11 月 24 日。

中共如何運用微波武器，引發各國猜測，《IHS Jane's 360》認為，就算保利公司研發出艦載版本的 WB-1，中國若拿來對付東海與南海鄰國，同樣可能在國際間引發負面批評。《今日俄羅斯》(RT)稱，WB-1 不太可能在沒有上級指示之下進行研發，但難以判斷追求新型軍武科技的中共方面對其如何定位。「美國之音」則認為，因為微波武器的爭議性，中共可能只會將這種武器作為一種對鄰

⁸新唐人，〈中國抗爭群起中共推微波武器維穩挨轟〉，<http://www.ntdtv.com.tw/b5/20150727/>，2015 年 11 月 22 日。

⁹風傳媒，〈中國研發微波武器外媒：用於維穩或海洋爭端〉，<http://www.storm.mg/article/37525>，2015 年 11 月 23 日。



國的威嚇，真正的運用對象是否是國內的大規模示威群眾，仍讓各國有所疑慮。

三、俄國方面

2001 年 10 月俄羅斯於馬來西亞 Lankagwi 國際海洋及航天展期間推出「Ranets-E」武器系統，這是世界第一套公開的微波（射頻）武器系統。該系統可造成來襲戰機與導彈的電子設備失效，又稱為電子零件的「超級殺手」。這種微波武器系統殺傷距離為 1~10Km，其規格為：峰值功率 0.1~1GW，脈衝頻率為 10~100Hz。

2015 年俄羅斯無線電技術集團在莫斯科國際航空展上推出了一系列新型電子戰系統。這包括一種可安裝在直升機上的新型干擾系統，以及一種大功率陸基干擾系統，能用來干擾得到廣泛使用的波音 E-3 空中預警與控制系統(AWACS)和其他使用 S 波段的雷達系統。

俄羅斯無線電技術集團，這種 Krasukha-2AWACS(如圖五)干擾系統是一種大功率微波武器，它足以破壞目標硬體，並將其安裝在卡車上，微波折射面板直徑 9 英尺（約合 2.7m）的拋物面反射器會聚集能量，該反射器和射頻信號發生器都安裝在一個可 360 度旋轉的平臺上，增加了微波散部面與角度，Krasukha-2AWACS 能自動運作，其電子偵察系統和數位射頻記憶體會分析目標信號。

圖五 俄軍 Krasukha-2 大功率干擾系統



資料來源：中新社，〈俄軍公開新型電子戰系統可干擾美軍預警機〉，<http://www.chinanews.com/mil/2015/08-31/>，2015 年 11 月 22 日。

俄羅斯對外透露，俄國技術公司(Rostec)旗下的聯合儀錶製造集團，該集團已經研究出一款名為「微波砲」的超高頻率微波武器，此「微波砲」射程超過 10Km，可使敵方飛機、無人機和高精度彈頭失靈。而此「微波砲」武器可搭配

「山毛櫸」¹⁰地對空導彈用於防空，另外還可檢測俄軍電子系統抗微波輻射能力。目前從技術性能來講，世界上尚沒有同類武器。

微波砲武器可利用高能量的電磁波輻射去攻擊和毀傷目標，與雷射武器相比，微波武器作用距離遠，受氣候影響小，火力控制方便，各國軍事專家們預測，隨著新技術、新材料的不斷發展，微波武器將會發揮愈來愈多的作用。¹¹

微波武器癱瘓戰場兵力蠱測

一、微波對人體腦部各知覺與肢幹傷害程度

(一)腦控主要傷害方面

腦控技術又稱電子腦控技術，以一種微波發射信號到受害者大腦，並接收受害者大腦信號，藉以灌輸思維、感官，知曉受害者記憶、思維的隱蔽技術，一微波能量大小可導致個人暫時性癱瘓或死亡，為人類未來終極迫害一種科技，其影響腦部有以下幾點：

1. 控制你日常的喜怒哀樂情緒。

2. 強行控制你的思維功能，雖然它們不能決定你思考的具體內容，但能通過控制大腦神經限制阻斷你的思考，不僅要控制你的情緒，還要盡力讓你的思想符合施害者的意圖；當你在思考問題時，它們會經常斬斷你的思路，堵塞你的大腦，等你的思想進入它們需要的內容後就通暢了，這是它們常用控制手段。

3. 影響你的思想並間接控制你的行動，惡化你指揮中樞，使你變得腦顱內暫時或長時間自閉，導控你盲目地從事另一種行為。

4. 他們控制你不協調，例如，在吃飯時噎一下，喝水時嗆一點，說話時突然卡住停了下來；軍事行動突然傾倒昏迷不起，四肢的動作不協調，走路摔倒；射擊操作時，做出自我傷害的動作等。

5. 制造正常狀態下身體的疼痛、腹瀉及嘔吐等；強化不適與肢體無力感。

(二)腦部各葉部方面

腦部四大葉—額葉 (Frontal Lobe)、頂葉(Parietal Lobe)、枕葉(Occipital Lobe)及顳葉(Temporal Lobe)各司其職，其中額葉主要跟推理、計畫、某些語言與運動 (運動皮質)、情緒及問題解決有關。可以利用左右額葉不對稱的特性來當做一種診斷工具，探討人員在進行作戰時，會對戰時景況出現什麼真實反應。

¹²有研究分析顯示，高緊張或亢奮會造成左額葉腦波電位顯著提高。¹³另右額葉

¹⁰ 〈9K37 飛彈〉《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/9K37> 導彈，2015年11月26日。

¹¹ 〈微波武器〉《互動百科》，<http://www.baik.com/wiki/>，2015年11月22日。

¹² R. Ohme, D. Reykowska, D. Wiener, and A. Choromanska, "Application of frontal EEG asymmetry to advertising research," *Journal of Economic Psychology*, vol.31, no. 5, 2010, pp.785-793.

¹³ G. Vecchiato, J. Toppi, L. Astolfi, F. D. V.Fallani, F. Cincotti, D. Mattia, F. Bez, and F. Babiloni, "Spectral EEG frontal



明顯跟焦慮有關，如看到戰場傷亡血腥、空中投彈爆裂及可怕的人員死亡面孔影像，其右額葉活躍的程度變大，¹⁴相映下人員喜、怒、哀、樂的心情與左額葉有關。¹⁵枕葉與視覺有關，著名的 Alpha(α)波也是由此起源，¹⁶當遇到熟悉面孔時，枕葉部分會引起較多的正 600f。¹⁷顳葉與知覺、聽覺刺激辨識及記憶(Hippocampus)有關。而在額葉，顳、頂葉及皮層下大腦地區的神經反應。¹⁸頂葉，其與觸覺、壓力、溫度及疼痛有關。將神經科學應用在人員各項戰鬥運動測量腦電波時，在額葉、顳葉跟枕葉的部位會有明顯增大，影響其參與作戰能力的意願因素中，作戰的本能受到外在微波或是戰場景況震懾，是比戰場兵力裝備數量顯得重要。¹⁹

(三)人體肢幹方面

微波武器是以高溫物體與低溫物體接觸，就有熱量從高溫物體流向低溫物體，使得高溫物體降溫，內能減少；而低溫物體升溫，內能增加，所謂熱的傳遞即是熱能的轉移。就微波一個粒子的熱能是：其中 f 是指自由度， T 指溫度， K 為波爾茲曼常數。²⁰例如，在理想氣體中的一個粒子有三個自由度，總熱能為在系統中所有粒子的熱能總和。因此，對於一個有 N 個粒子的系統， $U_{thermal}$ 只是總系統能量的一部分，一些能量不隨溫度而改變，如勢能、鍵能或不變質量 ($E=mc^2$) (其公式如下)。

$$U_{thermal,monatomic} = \frac{3}{2}kT. U_{thermal} = N \cdot f \cdot \frac{1}{2}kT.$$

由上述公式可以得知，微波熱能，經傳導由高溫至低溫移動，針對個體水分實施快速吸收、發熱與蒸發直至脆裂。而現今發射的微波可穿透皮膚 0.4mm，瞬間溫度為 54° 以上，這種程度足以使人產生痛感，會造成個體某種程度燒、灼

asymmetries correlate with the experienced pleasantness of TV commercial advertisements,” *Med BiolEngComput*, vol.49, no. 5, 2011, pp.579-583.

¹⁴J. Avram, F. R. Baltés, M. Miclea, and A. C. Miu, “Frontal EEG activation asymmetry reflects cognitive biases in anxiety: evidence from an emotional face Stroop task,” *Appl Psychophysiol Biofeedback*, vol.35, no.4, pp.285-292, 2010.

¹⁵Sharee N. Light, James A. Coan, Carolyn Zahn-Waxler, Corrina Frye, H. Hill Goldsmith, and Richard J. Davidson, “Empathy Is Associated With Dynamic Change in Prefrontal Brain Electrical Activity During Positive Emotion in Children,” *Child Development*, vol. 80, no. 4, 2009, pp.1210-1231.

¹⁶S. Palva and J.M. Palva, “New vistas for α -frequency band oscillations.” *Trends Neurosci*, 2007.

¹⁷D. Sun, C. C. H. Chan, T.M.C.Lee, “Identification and Classification of Facial Familiarity in Directed Lying: An ERP Study,” *PLoS One*, vol. 7, no. 2, e31250, 2012.

¹⁸G. Juckel, S. Karch, W. Kawohl, V. Kirsch, L. Jager, G. Leicht, J. Lutz, A. Stammel, O. Pogarell, M. Ertl, M. Reiser, U. Hegerl, H.J. Möller, C. Mulert, “Age effects on the P300 potential and the corresponding fMRI BOLD-signal,” *NeuroImage*, vol. 60, 2012, pp.2027-2034.

¹⁹J. d. R. Millan, R. Rupp, G. R. Muller-Putz, R. Murray-Smith, C. Giugliemma, M. Tangermann, C. Vidaurre, F. Cincotti, A. Kubler, R. Leeb, C. Neuper, K.R. Muller, and D. Mattia, “Combining brain-computer interfaces and assistive technologies: state-of-the-art and challenges,” *Frontiers in Neuroscience, Neuroprosthetic*, vol. 4, 2010, pp.161.

²⁰汪登龍，〈波茲曼常數(Boltzmann Constant)〉，<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=17201>，2015年11月26日。

傷等嚴重傷害甚至瀕臨死亡。²¹人體平常個體溫度 33° - 36° ，²²人體皮膚表層的溫度受器有三種，第一種是冷感受器(Cold Receptor)，第二種是暖感受器(Warmth Receptor)，第三種則是痛感受器(Pain Receptor)，這三種感受器皆分布於我們皮下很淺層的部位，可以很直接的感受到皮膚上溫度的變化。各個部位敏感的程度則是因為這三種溫度受器分布的密度而決定的，例如在嘴唇之下每 1 平方公分便有分布有大約 15 至 25 個冷感受器，而相較之下手指皮下每 1 立方公分便只有 3 至 5 個冷感受器，對冷熱的感受遲鈍了許多，在日常生活中您我最能體會到身體外，冷與熱的感受。

當然這三種感受器各司不同的職責，冷感受器會被激發的範圍通常是在較低溫的部分，大約是 7° 到 40° 左右；而暖感受器則是在較高溫的範圍，受激發的溫度範圍大約在 30° 至 50° ，痛感受器則是在極端的溫度時會被激發產生痛覺，在即熱與極冷的環境下似乎我們的感受是痛得不得了。²³

就生理上來說，人體各部組織，大都由水來支持；水份約占全身的百分之 70%。由此可瞭解到在微波導能集束，其微波熱能射擊到個體發熱，嚴重的癱瘓及摧毀性是相當具殺傷力，而微波導能傳導集束波及個體，其導能達到 225Hz，則全軀體肢幹受熱能負荷逕至頂點，由頭部至腿部、由低溫灼熱感逐至高溫發熱，造成各部組織隨溫度提升，個體受制能量(如圖七)也隨之孰劣，趨漸停止各種行為活動，²⁴微波其熱效應傳導能讓腦部錯亂與行動停止。

微波的非熱效應會使生物體在微波電磁場的作用下，使一些分子產生變形和振動，使細胞膜功能受到影響，使細胞膜內外液體的電狀況發生變化，引起生物作用的改變，進而可影響中樞神經系統等。微波干擾生物電(如心電、腦電、肌電、神經傳導電位、細胞活動膜電位等)的節律，會導致心臟活動、腦神經活動及內分泌活動等一系列障礙。

利用此效應，微波武器會使飛機、坦克、作戰行動的駕駛及戰鬥員產生煩躁、頭痛、記憶力減退、神經錯亂、心臟功能衰竭及肢幹不聽使喚等生理現象。

有研究表明，微波的功率密度達到 $13\text{mw}/\text{cm}^2$ 時，受攻擊者會出現思維混亂，從而導致武器系統失靈。當微波的功率密度為 $0.5\text{w}/\text{cm}^2$ 、單個脈衝釋放的能量達到 $20\text{J}/\text{cm}^2$ 時，會造成人體皮膚輕度燒傷；當功率密度為 $20\text{w}/\text{cm}^2$ 時照射 2 秒，可造成三度燒傷；當功率密度為 $80\text{w}/\text{cm}^2$ 時，僅 1 秒就可使人喪命。²⁵

²¹ 〈不可思議的美軍神秘武器(8)〉《獨家盤點》，<https://translate.googleusercontent.com/translate>，2015 年 11 月 26 日。

²² 黃福坤，〈衣服和絕熱/紅外線的應用〉，<http://www.phy.ntnu.edu.tw/class/demolab/index.html>，2015 年 11 月 26 日。

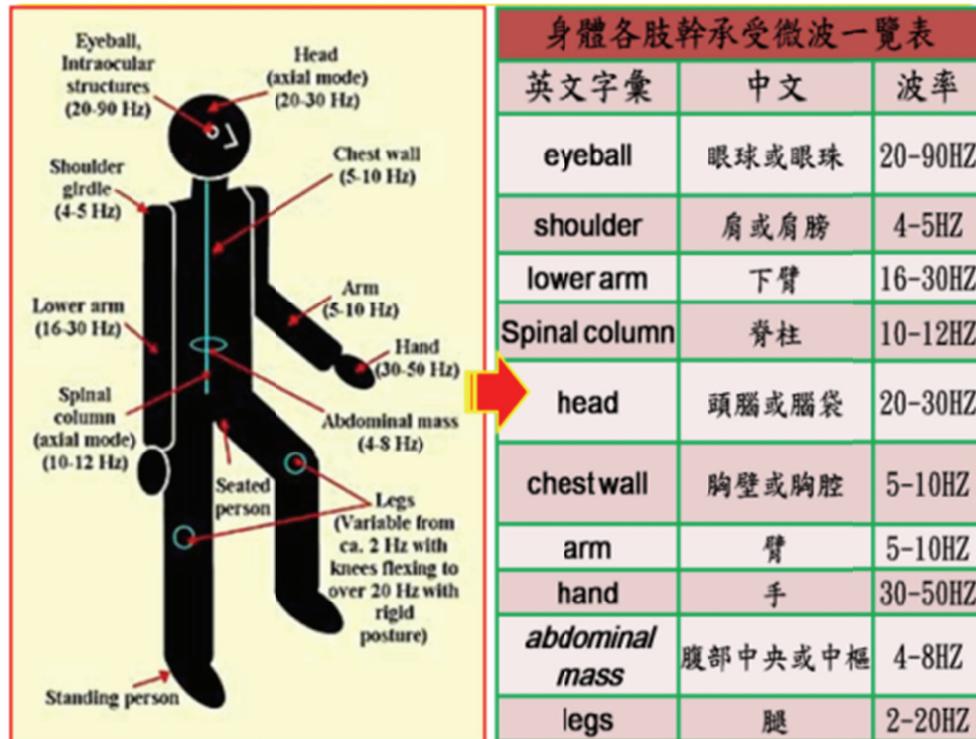
²³ 〈冷暖自知—談體表對溫度的感應〉，http://www.ylib.com/ws2008/images/10_b.pdf，2015 年 11 月 26 日。

²⁴ 同註 22。

²⁵ 〈不要小看微波爐揭祕微波武器〉《現代快報》，<http://tw.aboluowang.com/2010/0831/178893.html>，2015 年 11



圖七 身體各部軀幹承受微波受制能量對照表



資料來源：http://www.usa-anti-communist.com/ard-blog/Microwave_Hearing_Docs.php, 2015/11/26。

二、單一裝備微波方面

這種微波武器被美軍稱為「無聲衛士」²⁶，又稱「主動壓制系統」。過去十幾年來，美軍一直致力於這種系統的研發，用以應對群體性事件等騷亂局面。此武器可架設於「悍馬」軍車上，主體包括一塊大面積平板，能發射高能微波，人被「射中」後肌肉迅速抖動，進而引發劇烈灼痛感，為躲避「熱浪」襲擊，只有快速遠離，軍方因此達到驅散人群、平息騷亂目的。該單一微波系統的天線發射出能量為毫米波的聚焦射束，以光速傳播，可穿透 0.04cm(1/64 英寸)深度的皮膚，並產生難以忍受的灼熱感，使受害人本能地逃避或躲藏，一旦受害人移出射束照射範圍或操作者轉移射束照射方向，燒灼感隨即消失(如圖八)。

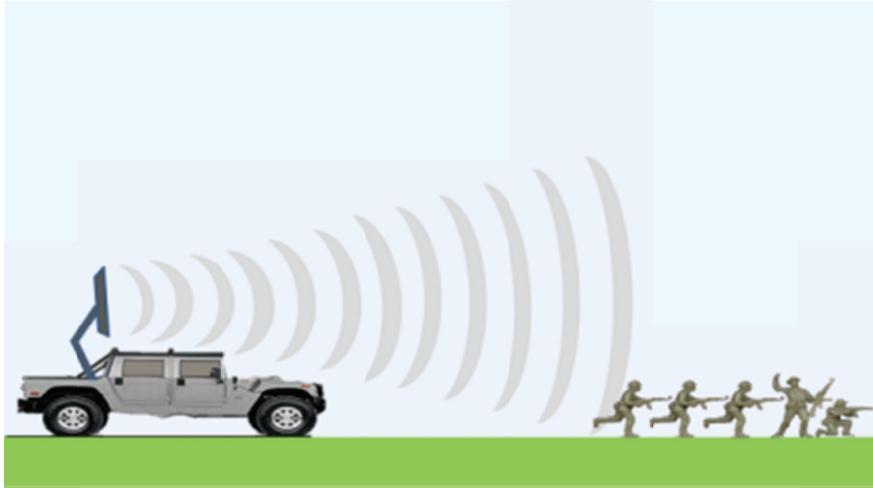
為深層探明毫米波對人體的損傷效應，美國雷錫恩公司進行了大量的操作測試，這些測試證實了該技術的安全性，並且確定安全照射與有害照射水準之間的顯著界限及角度(如圖九)，該系統可在很多場合下使用，包括海洋和沙漠環境。「無聲衛士」使用密閉包裝以防塵，並可在 51.6°C 環境下操作，其天線能夠承受住多發子彈的穿透，而系統性能卻幾乎不會降低，同時還可抵禦因雨水、灰塵和鹽霧導致的環境破壞。目前「無聲衛士」美軍已用於標準軍用戰術車輛運輸上，其具備的優點是：(一)提供可保護生命和資產的防護區域；(二)附帶毀

月 26 日。

²⁶ 〈致命防護系統，無聲衛士〉，<http://www.niubb.net/article/305301-1/1/>，2015 年 12 月 06 日。

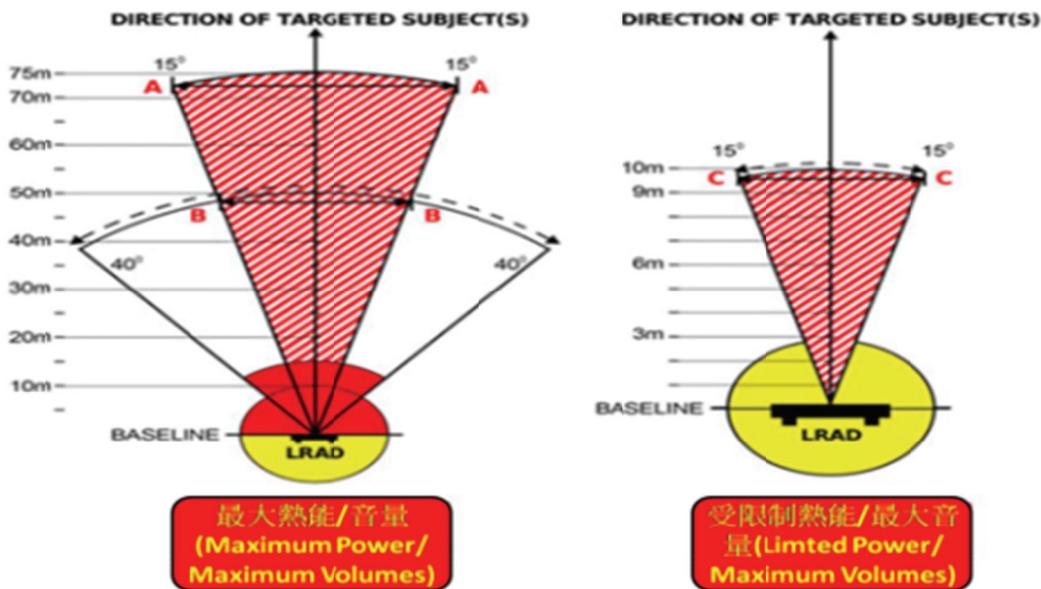
傷最小，提供確定意圖與逐步降低攻擊行為的及時能力；(三)不會造成身體傷害，防止傷亡；(四)提供遠高於現有非致命性系統的精確效能。使用毫米微波技術擊退人員及造成人身傷害，這種功能可使用在瞬息萬變戰場中，在不動用太多兵力下，先以拒止性與摧毀性武力，先制阻擋、懾止或擊退作戰中敵兵力。

圖八 單一裝備微波示意圖



資料來源：“Acoustic Weapons is what happens when you classify Acoustic Healing,” <http://www.brainsturbator.com/posts>, 2015/12/6。

圖九 微波界線角度示意圖



資料來源：羅莎莉 Bertell，〈HAARP-世界新秩序心靈控制和氣象戰武器〉，http://www.theforbiddenknowledge.com/hardtruth/haarp_mind_weather_control.htm，2015年12月6日。

三、視距內二維空間方面

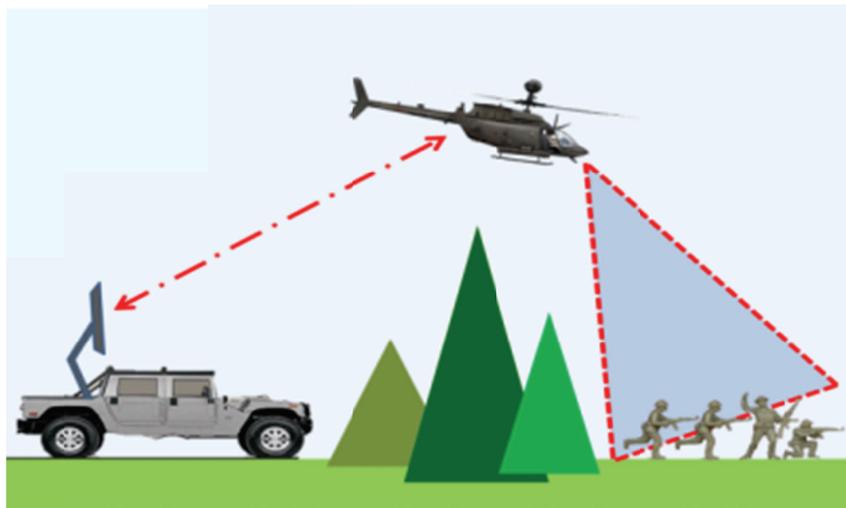
二維空間或二度空間（Second Dimension）是指 X 軸和 Y 軸所組成的平面



空間，只在平面延伸擴展。²⁷而在軍事運用方面則是兵種間聯合作戰中一環，在統一指揮、長短相輔及彈性運用等指導原則，結合兵種部隊功能，在一個指揮官指揮下，各司其職，適切編組，肆應諸般作戰狀況，克敵制勝，²⁸世界各國軍事武器，經科技不斷演變及創新發展已具備由二維能力轉成三維能力。

現行部隊運用二維裝備執行當前任務，均以直升機及多軸飛行載具結合路上部隊實施視距偵搜，由視距空間距離上測量角度及面積，將視距影像偵照由遠處偵搜端傳至近處遙控載台實施分析，以便掌握當前敵徵候兵力、裝備及可受幅員大小，進行微波量發射，以先制當前敵兵力(如圖十)。就現在作戰過程中，兵種間各式裝備武器先導之能量、能力及控制性，將帶來兵力的衝擊，如能及刻嗅著數公里外即將到來的敵軍，則能運籌帷幄決勝千里，使全般作戰不致陷如泥沼中與敵膠著，將全軍投入無法預警作戰中，猶孫子兵法中列舉軍隊在作戰行動中可能遇到的六種特殊地形，針對地形條件提出作戰指揮要領。他也分析因將領的指揮失誤會導致「走、弛、陷、崩、亂、北」六種失敗的局面，強調將帥要知天、知地、知彼、知己，深刻瞭解自己軍隊編制屬性及其兵種間聯合作戰，就可以獲得最大的勝利。

圖十 二維微波示意圖



資料來源：”Acoustic Weapons is what happens when you classify Acoustic Healing,”
<http://www.brainsturbator.com/posts>, 2015/12/6。

四、視距外三維空間方面

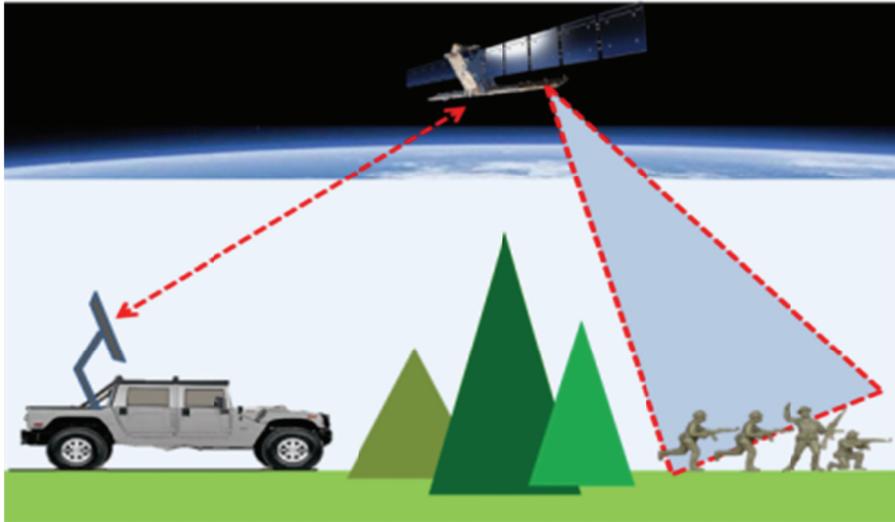
三維空間或三度空間 (Third Dimension)，是指由長、寬、高三個維度所構成的空間。未來戰場上的維度空間作戰，不僅是水面上、水面下、陸地上及大

²⁷ 〈二維空間〉《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/>，2015年11月26日。

²⁸ 《陸軍作戰要綱-第一篇總綱》(陸軍司令部，民國88年1月1日)，頁1-29。

氣層以外作戰，而是處於多維空間作戰(如圖十一)。而高能微波武器(HPM)，²⁹是直接利用電磁波能量進行殺傷與摧毀目標的利器，藉由外太空衛星先期對地面偵照，對接敵運動中行進軍隊，先行實施情報偵蒐，並將所獲得相關資料傳至地面接收控制台或載具，進行快速分析敵情及偵蒐資料分析、估算當前兵力大小，來決定微波武器匯聚的微波束射輻(如圖十二)區域與發射強度，達到奇襲之效，先制癱瘓當前敵兵力，以創造勝兵先勝之利基。

圖十一 多維微波示意圖



資料來源：Acoustic Weaponsis what happens when you classify Acoustic Healing,”<http://www.brainsturbator.com/posts>, 2015/12/6。

圖十二 微波固定/非固定構造一覽表

型式	LRAD2000X"	LRAD-RX"	LRAD1000X"	LRAD500X"	LRAD300X"	LRAD100X"
運用 (applications)	固定式構造 (fixed infrastructure)	固定式構造 (fixed infrastructure)	固定式構造 (fixed infrastructure/large vehicle)	非固定式大傳播構造 (large vehicle)	非固定式中傳播構造 (medium to large vehicle)	手持式 (handheld /Man portable)
分貝(dB)	162	153	153	149	143	137
射程 (RANGE)	8,900+m	3,000+m	3,000+m	2,000+m	1,500+m	700+m

資料來源：參考整理自”Acoustic Weaponsis what happens when you classify Acoustic Healing,”<http://www.brainsturbator.com/posts>, 2015/12/6。

²⁹ 《國軍軍語辭典(92 修訂版)》(國防部，民國 93 年 3 月 15 日)，頁 9-5。



五、腦控武器開啟「無聲戰爭」

未來戰爭是以勝兵先勝而後求戰敗兵先敗而後求戰，雙方兵戎相接時，以「不戰而屈人之兵」為最高境界，「必以全爭於天下」，即最好的戰略是在達成勝利的時候，天下還能保持「完整」，也就是以最小的代價取得最大的勝利。目前流行的電子戰或許能在某種程度上達到這種效果，但電子戰也存在成本高昂、有一定危險的局限性，而腦控武器是以「攻心為上」，直接影響控制人的思想，有著更明顯的優勢。目前「腦控武器」主要分為三類：電磁波武器、聲波武器及光波武器。其中電磁波武器又被分為電場、磁場、微波及其他類型電磁波武器；聲波武器包括次聲波武器及超聲波武器；光波武器則主要是紫外線、激光武器。在冷戰時期，俄羅斯及一些西方國家曾從效果最大化方面考慮追求致命性，如讓敵方士兵大腦受強烈刺激，甚至引誘敵軍士兵自殺。現代意義上的「腦控武器」的方向是從人道主義考慮，「化敵為友」，讓敵軍放下武器投降，免遭肉體消滅。³⁰

微波武器未來發展趨勢

一、可能使用方式及其優勢

在未來戰爭中，微波武器最可能的使用方式可分五種：

- (一)用於攻擊通信中心或由雷達控制的防空武器系統。
- (二)充當防空武器使用。
- (三)做為飛機的自衛式干擾裝置。
- (四)直接通過火砲等發射，對付敵方的地面電子設備。
- (五)殲敵與暫時性癱瘓敵方作戰中單兵個體。

各國軍事專家認為，電磁脈衝武器之所以前景看好，主要是因為相對其他武器所具有的一系列獨特優勢。首先，電磁脈衝武器的能量從起爆點呈錐形向外延伸，在傳輸過程中不受天氣因素等影響，威力損失小而覆蓋範圍廣，對於精確定位技術的依賴性很低，遠比制導炸彈、反輻射導彈或常規炸彈效率高。另外，也是隱形武器的剋星。隱形武器在於靠吸波材料吸收電磁波，從而減少反射而降低暴露概率。普通雷達發射的電磁波因能量弱可以被吸收，但電磁脈衝武器的能量密度極大，瞬間就能使用頻波讓隱形目標的溫度急劇上升而「原形畢露」。

其次，微波武器主要造成電子設備和設施的毀傷，對於人員方面，輕者造

³⁰ 〈美俄被指責研究「腦控武器」受害者集體申訴〉，<http://news.ifeng.com/mil/>，2015年8月6日。

成煩躁不安、頭痛、記憶力減退；重者造成內成肌膚燒傷、局部組織損傷或死亡，但一般而言無強烈副作用。因此，從國際法規範上來看更加人道，使用起來顧忌也更少。

二、攻擊目標選擇

目前世界上少數國家已經開發微波運用，具體有實戰價的非核電磁脈衝武器，茲可分為以下四類：

(一)電磁脈衝彈

是一種利用大功率電磁脈衝直接殺傷破壞目標或使目標喪失作戰效能的非核電磁脈衝武器。這種武器由飛機或導彈在空中實施發射並引爆後，其強大的脈衝功率，可將敵目標整個電子設備瞬間摧毀。

(二)非核高能電磁脈衝武器

是利用炸藥爆炸壓縮磁通量的方法產生高功率電磁脈衝的電磁脈衝武器，其原理是將炸藥的化學能瞬間轉化為巨大的脈衝電磁能，並對敵電子戰系統進行軟殺傷。

(三)高能電磁脈衝發生器

能發射頻帶很寬的電磁脈衝，可瞬間大範圍覆蓋目標系統的響應頻率。³¹擬將小型高功率微波砲裝在巡弋導彈中，利用類似聚光罩的天線，將高功率微波能量匯聚起來並發起攻擊。

(四)爆炸驅動磁通壓縮輻射器

是近年研製的一種新型電磁脈衝武器，它已成為目前適合於炸彈應用的最成熟的技術。³²據外電透露，美國，目前已研製成功如手提箱大小的一種武器，可由突擊隊員攜帶潛入敵國，實施遙控引爆造成混亂。

三、先發制敵發展與實現

美國空軍研究實驗室托馬斯·馬塞羅少將(Thomas Masiello)說：「其性能確鑿無疑…技術也可行，空軍已經在戰術方面部署了這種操作系統。」CHAMP微波武器項目經理凱斯·高樂曼(Keith Coleman)認為，這項技術標誌「現代戰爭的新時代。」他說：「不久的將來，這種軍事技術可以做到在地面先鋒部隊或戰鬥機進攻前，就能讓敵電子信息系統完全失靈。」目前該微波武器項目處於保密狀態，但專家認為微波導彈配備電磁脈衝砲。也就是利用超強微波爐生成集束能量，導致目標電子設備電壓激增，受攻擊的設備保護器還未來得及

³¹美軍在研的高能炸彈驅動電磁脈衝發生器近年來不斷取得突破性進展。高功率微波砲是另一種電磁脈衝武器，它能像探照燈或手電筒射出的光束一般，瞬間擊毀電子目標系統。

³²一部大型爆炸驅動磁通壓縮輻射器生的電流要比一次典型的雷擊生電流大10-1,000倍，該輻射器可由制導炸彈或巡航導彈投擲，目前已可實現小型化研製生。



發揮作用，即被摧毀。美國空軍成功研製微波導彈，可以摧毀電力系統，而不會造成人員傷亡和建築物的損壞。³³

2012年，飛機製造商波音公司成功測試了該微波武器。它在1小時內摧毀了一個軍事基地的所有計算機。在波音公司的實驗中，該導彈低空飛過猶他州測試和培訓範圍，對準7個目標放出電磁脈衝，永久摧毀設備的電子系統。波音公司表示測試非常成功，甚至記錄此次試驗的相機也不能使用了。美國空軍成功研製微波導彈，可以摧毀電力系統，但不會造成人員傷亡和建築物的損壞。

四、運用於非傳統中暴動行為

而從微波武器殺傷原理上看，電磁脈衝武器對電子設備有著獨特的破壞力，即使用電磁脈衝武器摧毀目標所用能量，要比利用衝擊波和彈片摧毀目標所需的能量小數萬倍。另對作戰中行動兵力更具有甕中捉鱉與手到擒來等先期掌握先制特性。

五、微波武器未來使用於戰場上五大目標

(一) 殺傷人員

這一殺傷微波機理分為「非熱效應」和「熱效應」。³⁴非熱效應指微波照射強度低時，使導彈和雷達的操縱人員、飛機駕駛員及砲手、坦克手等的生理功能紊亂（如煩躁、頭痛、記憶力減退、神經錯亂及心臟功能衰竭等）。微波的功率密度達到 $13\text{mW}/\text{cm}^2$ 時，武器操縱人員的工作狀態會發生變化，導致武器系統失靈。熱效應指在高頻率微波照射下，人的皮膚灼熱，眼睛白內障，皮膚內部組織嚴重燒傷和致死等。

(二) 破壞作戰中資訊電子裝備

破壞各種武器系統中的電子設備，使其喪失作戰效能，又稱非核電磁脈衝效應。當微波的功率密度為 $0.01\sim 1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 時，可以干擾相應頻段的雷達、通信及導航設備的正常工作； $0.01\sim 1\text{W}/\text{cm}^2$ 時，可使探測系統、 $C^4\text{I}$ 系統和武器系統設備中的電子元件失效或燒毀； $10\sim 100\text{W}/\text{cm}^2$ 時，高頻率微波輻射形成的瞬變電磁場可使金屬表面產生感應電流，通過天線、導線、電纜和各種開口或縫隙耦合到衛星、導彈、飛機、艦艇、坦克及裝甲車輛等內部，破壞各種敏感元件，如感測器和電子元件，產生狀態反轉、擊穿、出現誤碼、記憶資訊抹掉等。強大的電磁輻射會使整個通信網路失控。強大的電磁輻射會使整個通信網路失控，這是因為大脈衝功率超過敏感元件的額定值，設備會因過載而造成永久性

³³〈美國微波導彈先發制敵摧毀設備不傷人〉《大元報》，<http://www.epochtimes.com/b5/15/5/28/n4444629.htm>，2015年11月19日。

³⁴ Feng J, Meng Q, Liu Y, et al. "Condensation reaction of acylolins with urea without solvent under microwave irradiation. Organic preparations and procedures," 1997, 29:687-689.

毀傷。如果輻射的微波功率足夠強，則裝備外殼開口與縫隙處可以被電離，從而變成良導體； $10^3\sim 10^4\text{W}/\text{cm}^2$ 時，會在很短的時間內使目標受高熱而破壞，甚至能夠提前引爆導彈中的戰鬥部分或炸藥。

(三)攻擊隱形武器

隱形武器除了具有獨特的氣動外形設計、減少雷達反射波之外，更重要的是採用吸波材料，吸收雷達探測的電磁波。如美國 B-2 隱形轟炸機，機體採用吸波材料，表面塗則有吸波塗層。高功率微波的強度和能量密度要比雷達微波高幾個數量級，它產生脈衝頻帶遠遠超過吸波塗層的帶寬，足以抵消這種隱身效果。高功率微波武器攻擊隱形飛機，輕者機毀人亡，重者甚至使武器即刻熔化。高功率微波武器還能破壞反輻射導彈的製導系統，使導彈跟蹤偏離制導航向。

(四)戰爭力量走向資訊化、智慧化

戰爭力量是可直接、間接用於戰爭的各種力量的統稱。資訊化戰爭，自然離不開資訊化、智慧化的武器裝備和資訊化軍隊。資訊化武器裝備是在機械化裝備基礎上發展起來的，如 C^4 ISR 系統、精確制導武器、資訊戰裝備和各種高技術作戰平臺等。它們都是知識高度密集型的戰爭工具，因而具備傳統戰爭工具無法比擬的性能、功能、作戰能力和效果。同時，它們作戰效能的高低和發揮程度，直接受到資訊、資訊系統和資訊能力的制約。而資訊化軍隊是指資訊化武器裝備武裝起來的資訊時代軍隊，其一體化的程度將空前提高，整體作戰能力更強大，強調作戰能力的優化組合，各軍種都是聯合作戰力量的一部分；同時，兵力規模將趨於小型化，組織形式更加靈活多樣，指揮體制也轉變為扁平網路結構，俾實施資訊共用，縮短資訊流程，以滿足指揮決策要求。

(五)戰爭模式趨於體系化、精確化

隨著武器裝備的發展，戰爭規模也日益擴大，戰場從平面向立體空間擴展：由陸地到海洋再到空中和太空，從有形空間到無形的電磁與資訊空間，已形成陸、海、空、天、電數維一體、有形空間與無形空間相互交融的新型作戰環境。這種網狀化戰場是大縱深、高立體，前後方區別淡化，時空觀都發生重大變化，既有傳統的空戰、海戰、陸戰、電子戰，更會出現全新的以網路攻擊為主的資訊戰。依靠資訊網路的支撐，透過資訊的有序流動，所有作戰空間內的作戰行動真正地融合為一體。

六、微波武器未來使用於戰場上癱瘓兵力

(一)遠距離視距外殺傷力

微波的波長範圍在 0.1mm 到 1m 之間，頻率範圍是 300MHz 到 300GHz。



在空中以光速沿直線傳播，幾十公里的距離能夠瞬時到達，沒有時間延遲，且具有穿透、反射、吸收三個特性。利用其特性，微波武器會使飛機、坦克等駕駛員產生煩躁、頭痛、記憶力減退、神經錯亂及心臟功能衰竭等生理現象，瞬即影響到人員暫時性癱瘓或死亡。

(二) 身體局部慢性吞噬

未來戰場因科技轉型嶄新之故，打贏一場高科技局部下戰爭是未來作戰趨勢，而微波的集束熱傳導，藉由人員操控及偵測系統操作人員分析，得知當時戰場景況，在敵方不知情的狀況下，使敵接觸到一個聚集有大量微波集束，所需熱能傳波量，再讓傳導由皮膚觸感進入人體深層器官遭受到極高電壓(5萬-10萬伏)的破壞、灼傷、或休克、心智擾亂等個體影響，嚴重甚至會造成死亡。如果微波功率很強，生物組織吸收的微波能量多於生物體所能散發的能量，引起該部位體溫升高，這時局部組織將產生一系列生理反應，如使局部血管擴張，並通過熱調節系統使血液循環加速，組織代謝增強，白細胞吞噬作用增強，促進病理產物的吸收和消散等皆為慢性吞噬一環。

(三) 近接距離人員殺傷

近接武器可透過攜行式槍枝發射微波光束，加熱人體皮膚上的水分子，讓人產生強烈的劇痛及難以忍受的灼燒感，使聚集人群產生癱瘓，而其武器有效使用半徑為 80 公尺，加大發射功率後，可達到 1 公里。其系統可運用在近接要點防禦與作戰中攻擊。另其系統未來還可安裝在船艦上用於執行海上維權、反海盜等任務。

結論

從以上探討，顯現以高科技武器為主的戰爭已經悄然降臨。因為高科技戰爭作為一種新的戰爭型態，正處在急劇發展的過程之中，許多特徵還沒有充分顯示出來，人們對其內在本質的聯繫還不可能有更深刻的認識，所以要全面深刻地揭示出高科技戰爭的基本特點，目前尚存困難。資訊化是當前全球普遍發展的趨勢。資訊科技所影響的層面是全方位的，涵蓋政治、經濟、社會等等人類所有的活動。就當前資訊科技發展與國家政治的關係而言，相關研究大都集中在資訊科技對於民主政治的影響、國家資訊科技政策方向、電子化政府的建構，以及資訊科技在政治學研究的應用等面向。然而，資訊科技所影響的範圍是全球性的，深入到每一個國家、每一個區域，因此也會對國際社會造成相當程度的衝擊，進而觸動國際政治發展的新趨勢。³⁵

³⁵關中，〈資訊科技與國際政治發展趨勢〉，國政研究報告，<http://www.airitilibrary.com/Publication>，西元 2015 年

進言之，現代高科技的飛速發展及其在軍事領域的廣泛應用，極為強烈地衝擊著傳統的作戰理念、作戰方式、方法和作戰指揮系統與體系。美國未來學家托夫勒對此發展趨勢曾作出預言：第三次浪潮文明正在賦予戰爭以全新概念。³⁶透過現代高科技的滲透與衝擊是全過程、全方位及全時間性，這使得現代戰爭插上了「高科技」、「資訊化」的翅膀，在此一背景下，高科技主導下的資訊化作戰指揮正在悄然發生新變革，值得我們重視。

參考文獻

- 一、呂泉，《現代感測器原理及應用》(天龍文創圖書出版公司，民國 95 年 11 月)。
- 二、朱國瑞，《科學發展》〈微波及微波的應用〉，第 395 期，2005 年 11 月。
- 三、張連璧，《電磁脈衝學與電磁屏蔽》(台北：五南圖書出版公司版，民國 95 年 11 月)。
- 四、李銘杰，《圖解生命科學》(香港：城邦集團有限公司，民國 101 年 11 月)。
- 五、〈第一篇總綱〉《陸軍作戰要綱》(陸軍司令部，民國 88 年 1 月 1 日)。
- 六、吳仁傑，《新譯孫子讀本》(三民出版，民國 90 年 2 月 10 日)。
- 七、《國軍軍語辭典(92 修訂版)》(台北：國防部，民國 93 年 3 月 15 日)。
- 八、吳仁傑，《新譯孫子讀本》(台北：三民出版，民國 90 年 2 月 10 日)。
- 九、施芝華，《孫子現代版》(上海：古籍出版社，西元 2004 年 7 月)。
- 十、Anthony H.Cordesman, “The lessons of the Iraq War: issues relating to grand strategy,” 2003/4.
- 十一、R. Ohme, D. Reykowska, D. Wiener, and A. Choromanska, “Application of frontal EEG asymmetry to advertising research,” *Journal of Economic Psychology*, vol.31, no.5, 2010.
- 十二、G. Vecchiato, J. Toppi, L. Astolfi, F. D. V.Fallani, F. Cincotti, D. Mattia, F. Bez, and F. Babiloni, “Spectral EEG frontal asymmetries correlate with the experienced pleasantness of TV commercial advertisements,” *Med Biol Eng Comput*, vol.49, no. 5, 2011.
- 十三、J. Avram, F. R. Baltes, M. Miclea, and A. C. Miu, “Frontal EEG activation asymmetry reflects cognitive biases in anxiety: evidence from an emotional face Stroop task,” *Appl Psychophysiol Biofeedback*, vol.35, no.4, 2010.

12 月 6 日。

³⁶阿爾文·托夫勒(Alvin Toffler)《未來的衝擊》，智庫百科，[http:// wiki.mbalib.com/zh-tw](http://wiki.mbalib.com/zh-tw)，西元 2015 年 12 月 6 日。



- 十四、Sharee N. Light, James A. Coan, Carolyn Zahn-Waxler, Corrina Frye, H. Hill Goldsmith, and Richard J. Davidson, "Empathy Is Associated With Dynamic Change in Prefrontal Brain Electrical Activity During Positive Emotion in Children," *Child Development*, vol. 80, no. 4, 2009.
- 十五、S. Palva and J.M. Palva, "New vistas for alpha-frequency band oscillations," *Trends Neurosci*, 2007.
- 十六、D. Sun, C. C. H. Chan, T.M.C. Lee, "Identification and Classification of Facial Familiarity in Directed Lying: An ERP Study," *PLoS One*, vol. 7, no. 2, e31250, 2012.
- 十七、G. Juckel, S. Karch, W. Kawohl, V. Kirsch, L. Jager, G. Leicht, J. Lutz, A. Stammel, O. Pogarell, M. Ertl, M. Reiser, U. Hegerl, H.J. Möller, C. Mulert, "Age effects on the P300 potential and the corresponding fMRI BOLD-signal," *NeuroImage*, vol. 60, 2012.
- 十八、J. d. R. Millan, R. Rupp, G. R. Muller-Putz, R. Murray-Smith, C. Giugliemma, M. Tangermann, C. Vidaurre, F. Cincotti, A. Kubler, R. Leeb, C. Neuper, K.R. Muller, and D. Mattia, "Combining brain-computer interfaces and assistive technologies: state-of-the-art and challenges," *Frontiers in Neuroscience, Neuroprosthetic*, vol. 4, 2010.
- 十九、Feng J, Meng Q, Liu Y, et al. "Condensation reaction of acylloins with urea without solvent under microwave irradiation Organic preparations and procedures," 1997.