



軍事國防

論戰爭的新領域 ～電磁頻譜

空軍備役上校 陳偉寬

提

要

咸信誰奪取了制電磁權，誰就奪取了戰場的主動權。電磁頻譜是目前人類唯一理想的無線資訊傳輸媒介，屬於國家所有，與土地、森林、礦藏等資源一樣，它既是一種稀缺的自然資源，也是經濟發展、國防建設和社會生活各領域不可或缺、無法替代的核心戰略資源。

電磁波是指迅速變化的電磁場在空間的傳播，人類從形成之日起便生活在電磁波的汪洋大海之中。電磁波輻射會對人體造成損傷，特別是會破壞電子設備，這是已被科學所證實，一些國家正在利用這一原理，研製威力巨大的電磁波武器。

21世紀，軍事技術仍在不斷進步，戰場空間也將會隨之進一步拓展。可以說，有形與無形的戰場將滲透到每一個角落，戰爭中的對抗無處不在。因而，在未來可能面對敵人的戰爭中，戰場環境比以往更加複雜。確值吾等探究！

關鍵詞：電磁波、制電磁權、電磁頻譜、戰場環境

壹、前言

現代戰爭中有句術語“兵馬未動，電子先行”。因為隨著電子技術的發展，戰爭的雙方要想取得制空權、制海權和戰場的主動權，必須首先在電磁頻譜控制方面



壓住對方，實施諸如電子偵察、電子干擾、電子欺騙、電磁壓制等有效手段，迫使對方在通信、指揮、控制上成為聾子和瞎子。因此，誰奪取了制電磁權，誰就奪取了戰場的主動權。



圖1

以科索沃戰爭為例。以美國為首的北

約，出動1000多架飛機對南斯拉夫進行了長達78天的空襲。為了保證空襲的順利進行，一開始，北約的EC-130S和EA-6B電子干擾/反雷達電子戰飛機首先對南聯盟實施了大規模、超強度的電子干擾，對南聯盟軍隊的指揮系統進行了兵不血刃的打擊，其中包括發射了電磁脈衝炸彈。^{【註1】}這種炸彈爆炸時產生的電磁脈衝，能使其殺傷半徑內幾乎所有的電子系統工程電子元件無法正常工作，甚至對隱藏在地下的電子系統造成傷害。

電磁頻譜是目前人類唯一理想的無線資訊傳輸媒介，屬於國家所有，與土地、森林、礦藏等資源一樣，它既是一種稀缺的自然資源，也是經濟發展、國防建設和社會生活各領域不可或缺、無法替代的核心戰略資源。目前，人類能夠利用的無線電頻譜在275吉赫茲以下，主要集中在30赫茲至40吉赫茲範圍內，而且絕大部分是在3吉赫茲以下，優質資源極其有限。因此，世界各國對其爭奪已經趨於白熱化。以衛星頻率軌道資源為例，被譽為“黃金導航頻率”80%的份額，被美國GPS和俄羅斯格洛納斯導航系統率先搶佔，世界各國不得不爭奪剩餘資源。電磁頻譜在經濟、軍事等領域的廣泛應用，加之資源緊缺的突出矛盾，使其逐漸從後台走向前線，電磁空間成為世界各國爭奪和博弈的重要戰場。

每年，美國總統專門發表事關電磁頻譜的《總統備忘錄》，主導國家和軍隊的電磁頻譜政策。英國政府在其發布的《21世紀的頻譜管理》白皮書中，明確提出引入頻譜定價、頻譜拍賣、頻譜貿易等手段，激勵頻譜資源的高效利用和新技術的研

註1 <當代戰爭新概念——資訊戰(圖)>，參見<http://big5.eastday.com:82/gate/big5/auto.eastday.com/epublish/gb/paper238/1/class023800014/hwz864124.htm>。檢索日期：民國104年12月22日。



發。【註2】

美國五角大廈正在起草將正式承認電磁頻譜，結合陸，海，空，太空和網路空間，成為戰爭的「領域」。【註3】因此電磁頻譜的管理與運用及反制，將是明天戰場上的重點。問題是我們很多基礎教育根本不碰電子學，造成高階時對此領域完全陌生，故撰本文拋磚引玉，供戰略研究者或



圖2

國軍幹部們參考。圖1為EF-18G咆哮者電戰機從航母起飛，另圖2是上世紀70年代起用的艦用電戰系統SLQ-32。

貳、何謂電磁波頻譜

人們將電磁波依照使用的特性給予不同的波段名稱：

依照頻率低往高主要有無線電波、微波、紅外線、可見光、紫外線、X射線與γ射線。發現的順序則是可見光、紅外線(1800)、紫外線(1801)、無線電波(1888)、X射線(1895)、γ射線(1900)，最後於1930年產生微波。【註4】電磁波頻譜如圖3：

一、電磁波再認識：

電磁波並非新名詞或最新發現，但泰半人不知其所以然，值得我們重新再認識。有關研究報告表明，電磁頻譜每年可為國家經濟總量貢獻3至5個百分點

註2 <電磁頻譜：信息化戰爭之魂>，參見http://news.mod.gov.cn/big5/tech/2015-06/18/content_4590869_2.htm。檢索日期：民國104年12月13日。

註3 蘭寧利將軍，<電磁頻譜已成戰爭的新領域>，參見<https://www.facebook.com/orchidlanni>。民國104年12月12日。

註4 <電磁波頻譜>，《國立臺灣師範大學 物理學系》，參見<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html.php?htm=txt/light6>。檢索日期：民國104年12月13日。

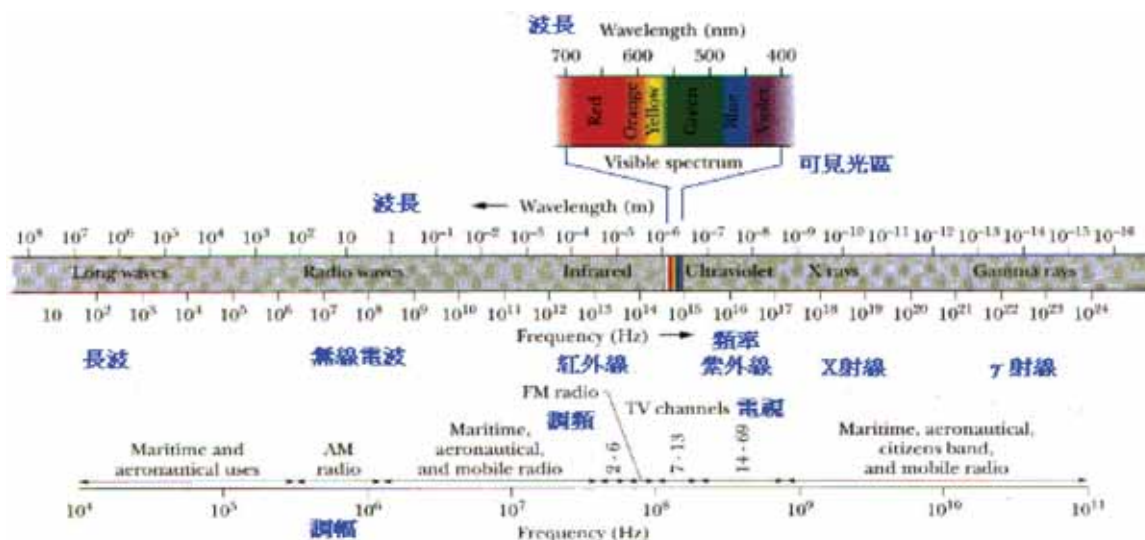


圖3 電磁波頻譜

。1995年至2011年，美、英、法、德等國家，為發展第三、第四代移動通信網，所拍賣的頻譜價值高達1300多億美元。俄、法、德、日、澳等國家競相完善相關法規，最大限度地維護本國的電磁頻譜空間利益，極力推進電磁頻譜資源市場化和國際化。【註5】

電磁波是指迅速變化的電磁場在空間的傳播，人類從形成之日起便生活在電磁波的汪洋大海之中。電磁波輻射會對人體造成損傷，特別是會破壞電子設備，這是已被科學所證實的，一些國家正在利用這一原理，研製威力巨大的電磁波武器。根據波長不同，電磁波通常可分為射頻(無線電頻譜)和光頻兩種。電磁波武器通常主要是指射頻段的武器。由於電磁波武器發射的是電磁波，它具有發射速度快【註6】、全天候能力強、穿透性好等獨特的優點，正越來越受到各國的高度重視。

目前正在研製的電磁波武器有微波波束武器和電磁脈衝武器(又稱微波炸彈或電磁脈衝彈)兩類。微波波束武器是指利用定向輻射的高功率微波波束來殺傷破壞目標的一類武器。由於這類武器的技術複雜，目前還沒達到實用階段。微波波束武器可攻擊的目標非常之多，可以殺傷人員，可以攻擊任何裝備了現代化電子設備的武器系統，特別是能夠攻擊隱身武器裝備。對人員的殺傷，其殺傷機理分為“非熱效應”和“熱效應”兩類。非熱效應是指當微波照射強

註5 <電磁頻譜：信息化戰爭之魂>，參見http://news.mod.gov.cn/big5/tech/2015-06/18/content_4590869_2.htm。檢索日期：民國104年12月13日。

註6 導彈最快的飛行速度未超過3萬千米/小時，而電磁波發射速度為3億米/秒。



度低時，使導彈和雷達的操縱人員、飛機駕駛員以及炮手、坦克手等的生理功能紊亂(如煩躁、頭痛、記憶力減退、神經錯亂以及心臟功能衰竭等)，導致武器系統失靈。在20世紀70年代，美國就曾多次抗議前蘇聯用微波照射美國駐莫斯科大使館，使其工作人員的健康受到損害。熱效應是指在高功率微波照射下，人的皮膚灼熱，眼白內障，皮膚內部組織嚴重燒傷和致死等。前蘇聯的研究人員曾把山羊當作“活靶”，進行強微波照射試驗，結果1公里以外的山羊頃刻間“飲彈身亡”，2公里以外的山羊頃刻喪失活動功能而癱瘓倒地。

二、隱型武器裝備的“剋星”：

對各種武器系統的破壞，主要是破壞武器系統中的電子設備，使其喪失作戰效能。當微波功率較小時，可以干擾相應頻段的雷達、通信、導航設備的正常工作；功率稍大時，可使探測系統、C4 I(Command, Control, Communications, Computers, & Intelligence)指揮、管制、通信、電腦及情報系統和武器系統設備中的電子元器件失效或燒毀；功率較大時，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、裝甲車輛等內部，破壞各種敏感元件，如傳感器和電子元器件，使元器件產生狀態反轉、擊穿，出現誤碼、記憶信息抹掉等；功率極高時，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或炸藥。對隱身武器裝備的攻擊，主要是由於隱身武器為了減少對雷達波的反射，採用了能夠吸收雷達波的材料，另外還在裝備表面塗有能夠吸收雷達波的塗料，使之達到隱身的目的，但遇到強度比雷達波高出幾個數量級的微波波束武器，情況就大不一樣了。輕者瞬間被加熱，導致機毀人亡；重者會立即化為一縷青煙。而現有的普通武器裝備主要由金屬材料構成，它們對微波能量吸收較少，故微波波束武器摧毀隱身武器要比摧毀普通武器容易得多。所以說微波武器一旦投入戰場，必將成為各種隱身武器裝備的“剋星”。

參、電磁波脈衝彈分類與應用

首先探討何謂電磁脈衝？電磁脈衝(Electro-Magnetic)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，其中核爆所產生的 γ 射線，以光速由爆點向四周輻射，和空氣中的氧、氮原子相撞擊，而產生帶負電的電子，致形成極強的電磁場(俗稱電磁脈衝)，故核磁脈衝又稱為「電磁脈衝」。^{【註7】}

電磁脈衝具有涵蓋面積大、時間短暫、能量大等特性、頻率範圍廣，可造成系



統損壞或干擾(短路)；由於電磁脈衝是以電磁波的型態發射，任何金屬導體(如飛機、船艦、坦克、飛彈、雷達、電纜線等)均能接收電磁脈衝，並將能量傳送至內部，導致電子組件產生不正常反應。

一、種類：電磁波脈衝彈有兩種，一種是透過非核反應手段產生電磁波脈衝的常規電磁波脈衝彈，這一種有效打擊半徑只有數百公尺；而用核爆反應產生電磁波脈衝的是電磁波脈衝核彈，它是屬於核子武器的一種，更精確一點分類是它屬於『第三代核武』【第三代是--美國、俄羅斯、英國、法國、中國大陸等五大核子強權國家，因為觀察到前兩代核武引爆時產生的各種特殊效應(如：電磁波、高能中子輻射、衝擊波)，然後開發出僅具備其中單一效應作殺傷能力，但大幅減少以往核武會殘留長期輻射污染程度的核武，另外還包括了中子彈、衝擊波彈等等】。^{【註8】}

電磁脈衝彈是非傳統、非殺傷性武器，是損毀電子裝備與供電系統的利器。今日戰爭的運作核心是指、管、通、情、偵、監、電腦(C4ISR)系統，作戰使用的是高科技武器系統，這些系統的核心部份主要由性能先進的電子元件與組件構成，電磁脈衝彈正是摧毀指管通情偵監電腦與高科技武器系統的最有效的彈藥，即使隱蔽在地下工事中的電子設備也不能倖免。電磁脈衝彈可分為弱核爆電磁脈衝飛彈、非核爆電磁脈衝炸彈(或砲彈)與大功率射頻武器三類。弱核爆電磁脈衝飛彈是利用彈道飛彈投送低核當量核子彈頭在目標區的適當高空爆炸、而對廣大的地面目標區產生強大的電磁脈衝損毀效果；非核爆電磁脈衝彈主體是炸藥式爆炸電磁脈衝彈頭，裝置於飛彈、炸彈、或砲彈中，投射至目標區附近引爆，而對有限的局部目標區產生電磁脈衝損毀效果；大功率射頻武器主體係一台能重複產生瞬間高能量射頻微波的裝置，裝置於戰術飛機或無人駕駛飛機上，飛至目標附近，對目標發射瞬間大功率射頻微波而損毀目標，其優點為可以重複使用，而咸知美國早已擁有弱核爆電磁脈衝飛彈、非核爆電磁脈衝飛彈和大功率射頻武器。

電磁脈衝彈的電磁波能量被耦合到與雷達或通訊裝備相連接的天線上時，就經由天線進入這些雷達或通訊裝備稱為前門耦合；或電磁脈衝彈的電磁波能量透過連接裝備的導線、電源線，或屏障不良的機架，以及具有孔洞的機殼等進入這些裝備稱為後門耦合，然後將大量能量聚集在敏感的晶片、線圈、電子

註7 蕭介雲，〈新型戰爭的關鍵武器——電磁脈衝彈〉，青年日報96年3月27日，第3版。

註8 〈軍武狂人夢〉，參見<http://mbox.hchs.hc.edu.tw/~military/index2.htm>。



元件、電子組件與裝備上，使其產生噪音、錯亂、失效或永久損壞，使這些裝備暫時失能或永久損毀。

二、非核爆電磁脈衝彈概念及作用：

非核爆電磁脈衝彈通常係將非核爆電磁脈衝彈頭裝置於巡弋飛彈、炸彈或砲彈內，利用軍艦、戰機投放或火炮發射的彈藥。它的基本原理是利用非核爆電磁脈衝彈頭內火炸藥的爆炸，壓縮彈頭內磁通壓縮發生器或磁流體動力學發生器而產生瞬間大功率電磁脈衝，目前磁通壓縮發生器則已應用於美軍的MK-84炸彈與AGM-86戰斧巡弋飛彈。^{【註9】}

爆炸激勵磁通壓縮發生器的基本概念是利用其高爆炸藥的爆轟壓力迅速地壓縮其定子產生的磁場，將大部份的炸藥能量轉換為電磁能，它能夠在數十至數百微秒時間內產生數億至數十億焦耳的電能，比雷閃放電的電流還高出多倍。

磁通壓縮發生器有螺線型與錐型兩種，非核爆電磁脈衝彈頭通常多採用前者，因為其構造甚為緊湊與易於製造。螺線型磁通壓縮發生器的外形為圓柱形，磁通壓縮發生器主體係被用為電樞的一段圓柱形銅管。該銅管內裝有高爆速炸藥，管外的周圍是銅導線做成的螺線型線圈，它們構成磁通壓縮發生器的定子。該定子繞組分為幾段，並作一些特殊設計，以使電樞線圈的電磁感應達到最佳。為了增強所產生的電磁脈衝能量，彈藥內多採用二級或三級磁通壓縮發生器，例如美軍的MK-84炸彈就採用二級式。非核爆電磁脈衝彈內除了磁通壓縮發生器，還有引爆裝置、電池、電源電容組、供電控制器、炸藥透鏡平面波發生器、同軸負荷線圈、平衡環等。

非核爆電磁脈衝彈作用時，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。^{【註10】}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。其電磁脈衝的有效範圍當然不能與弱核爆電磁脈衝彈相比，有效範圍只有幾十公尺至幾百公尺，但已足以損壞爆炸點附近飛機、艦船、飛彈、雷達、通訊系統與武器系統中的電子元件與主件，而使它們失去功能。

三、電磁脈衝的防護：

註9 <電磁脈衝炸彈--核爆電磁脈衝武器的類型>，參見<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20060207000013KK20044>。檢索日期：民國104年12月17日。

註10 同上註。



電磁脈衝有較大的強度與較寬的頻譜，因此防護很困難，且防護裝置的經常維護保養格外重要。由於電磁脈衝彈對資訊系統危害甚大，各國無不盡力尋找防護措施，目前較有效的防護方法有兩種：【註11】

- (一) 利用屏蔽裝置阻止電磁脈衝穿入，同時在所有穿過屏蔽的導線上施加防護措施，使電磁脈衝無法達到設備內部的敏感元件。
- (二) 設計、製造特殊的線路與元件，使其能承受電磁脈衝，或者當感受到電磁脈衝時，能自動切斷設備，以阻止電磁脈衝穿入。

但以戰爭武器發展的速度來看，要徹底防護電磁脈衝的攻擊，恐怕仍緩不濟急。

四、電磁脈衝武器運用經驗：

電磁脈衝武器是一種利用核爆炸或其他方法產生的能量相當於幾十個閃電的強電磁脈衝來破壞敵方雷達、通信系統和武器系統中電子設備等的一類武器。電磁脈衝武器包括核電磁脈衝彈和非核電磁脈衝彈。1961年10月，前蘇聯在新地島上空35千米處進行空爆核試驗，不料氫彈不僅毀滅了爆心附近的一切，還對數千千米範圍內的電子系統產生衝擊，蘇軍地面的防空雷達被燒壞，無法探測空中的飛行目標；數千千米長的通信中斷，部隊1個多小時處於無法指揮狀態。【註12】無獨有偶，1962年，美國在太平洋的約翰斯頓島上空進行空爆核試驗後，距約翰斯頓島1400千米之遙的檀香山卻陷入一片混亂。防盜報警器響個不停，街燈熄滅，動力設備上的繼電器一個個被燒毀……當時人們並不能解開這個謎。後來經過幾年的研究，才發現這是氫彈爆炸所產生的電磁脈衝造成的惡果。核電磁脈衝彈就是利用核爆炸產生的高強度電磁脈衝對目標的電子線路和元器件構成嚴重破壞的電磁脈衝武器。這是一種以增強電磁脈衝效應為主要特徵的新型核武器。非核電磁脈衝彈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，目前已有國家裝備了這種武器。【註13】電磁脈衝武器爆炸時可以發出能量高達數百萬瓦的電磁脈衝，且頻域寬，從極低頻到超高頻，因此可破壞大範圍內一切正在使用的軍用和民用電子、資訊、通信系統，摧毀可能被敵人用來發射導彈的電子控制設備，癱瘓敵國重要地區的電力輸送網、通信網(包括收音機和手機)、電視網等，破壞其正常的生產和

註11 蕭介雲，〈新型戰爭的關鍵武器——電磁脈衝彈〉，青年日報96年3月27日，第3版。

註12 〈高空核爆〉，《-台灣Wiki》參見<http://www.twwiki.com/wiki/%E9%AB%98%E7%A9%BA%E6%A0%B8%E7%88%86>。
檢索日期：民國104年12月18日。

註13 同上註。



生活，給民眾帶來巨大的心理壓力。例如，1999年3月24日北約對南聯盟的轟炸中，美國使用了尚在試驗的電磁脈衝武器，使南聯盟部分地區各種通信設施癱瘓了3個多小時。在眾所周知的伊拉克戰爭中，美軍在對伊拉克國家電視台的空襲中再次使用了這種炸彈，結果使得伊拉克電視台轉播信號被迫中斷。薩達姆的地下指揮控制設施可能也成了這種炸彈的重要打擊目標。另外在巷戰中，美軍使用這種炸彈，將會很快破壞在城市建築物中的伊軍武器系統，卻不會使城市建築物和平民住宅遭到巨大破壞，更不會造成大量無辜平民的傷亡。有人提出，18世紀是陸戰時代，19世紀是海戰時代，20世紀是空戰時代，21世紀將是電子戰時代。作為電子戰中的利器，電磁波武器必將在未來戰爭中發揮出它的神奇效能。【註14】

肆、我應有的戰略新思維一代結語

21世紀，軍事技術仍在不斷進步，戰場空間也將會隨之進一步拓展。可以說，有形與無形的戰場將滲透到每一個角落，戰爭中的對抗無處不在。因而，在未來可能面對中共的戰爭中，戰場環境比以往更加複雜。

電磁頻譜是一種稀缺的戰略資源，我們對其開發、使用和管控遠遠落後於西方發達國家。如不盡快迎頭趕上，勢必會使我軍喪失打贏未來信息化戰爭的先機。至於電磁頻譜有多重要？聽聽國際學術權威和軍事專家怎麼說：【註15】

—電磁頻譜和子彈一樣重要。

——電磁頻譜將是唯一能支持機動作戰、分散作戰和高強度作戰的重要載體，是未來戰場上影響戰爭勝負的重要因素。再者，電磁頻譜資源有多稀缺？請看這樣一組數據：

國際電信聯盟規劃的可利用電磁頻譜範圍為10kHz-400GHz，但受技術水準限制，目前使用率僅佔其68%。其中，3GHz以下為最優頻譜，應用空間趨於飽和，中國大陸78%以上的民用無線電設備和大部分軍隊用頻武器裝備都集中在這個頻段；3GHz-10GHz為好用頻譜，應用更廣泛，但競爭更激烈，其用於衛星定位導航的80%已被發達國家率先搶佔；10GHz-60GHz為可用頻譜，技術日漸成熟，各國已虎視眈眈；其餘為待開發頻譜，還不能為人類所用。【註16】可見一斑。

註14 資料來源：http://www.pladaily.com.cn/big5/pladaily/2003/04/16/20030416001183_IT.html。檢索日期：民國104年12月13日。

註15 梁蓬飛、吳旭、李強，〈尋總參某電磁頻譜管理中心仿真室的先鋒之路〉，參見<http://military.people.com.cn/BIG5/n/2015/0715/c172467-27305170.html>。



在戰爭中，敵我雙方軍隊的作戰活動，也總是要在一定的空間內進行。在什麼地方打最有利？怎樣利用空間特點才能更好地贏得作戰勝利？這些也都是戰爭籌劃時必須思考的基本問題。

不同的社會條件下，戰爭行動的空間特點也有很大的不同。在冷兵器戰爭時期，軍隊主要以步兵和騎兵為主構成，作戰行動更多發生在陸地上。雖然這一時期在江、河、湖、海上也曾經發生過很多次戰爭行動，但規模相對較小。到了熱兵器戰爭時期，由於海軍的發展，出現了很大規模的海戰，海洋和陸地一樣成為重要的戰爭空間。【註17】

而在機械化戰爭時期，由於飛機的發明和空軍的建立，戰場向立體化發展，空中成為新的大規模作戰的活動空間。到了信息化條件下，戰爭的相關空間更加擴大，作戰行動在充斥於陸地、海上、空中三維物理空間的同時，太空領域、電磁頻譜等領域的對抗也非常激烈。值得正視與關注者。

作者簡介

空軍備役上校 陳偉寬

學歷：空軍官校56期、戰爭學院77年班畢業；經歷：飛行分隊長、中隊長、戰略教官、作戰組長、指管主任、大隊長、準則處長、空軍戰略組主任教官等職。目前為空軍學術月刊主筆、國防雜誌審查委員、國防大學國防管理學院講座及中華戰略學會研究員兼戰略學刊編輯；研究領域為：國家安全、國防事務與軍事(科技)戰略等。

註16 <解放軍新裝備未過電磁體檢 廠家求通融被拒>，《華夏經緯網》，參見<http://big5.huaxia.com/thjq/jsxw/dl/2015/07/4482856.html>。檢索日期：民國104年12月13日。

註17 <寸土必爭：人類未來的戰場無處不在>，參見<http://books.sina.com/bg/funny/lifestyle/excerpt/sz/rw/2013-05-15/0834468196.html>。