



頻譜管理 於電子戰作為 之研究

作者/黃維熙 技士

提要

頻譜管理之於電子戰有如國家之交通建設規劃，良好的交通規劃，可以提昇整體國家之經濟活力，而良好的頻譜管理也可全面提昇電子戰能力，國軍也進行自動化頻譜管理系統的建置，執行國軍的頻譜管理作業。而頻譜管理因應無線電裝備的進步及頻譜需求快速，需不斷調整其管理方式，如國軍近年來採用展頻設備，提高通訊安全及抗干擾能力，但也造成傳統頻譜管理之困難，本文中將介紹頻譜管理觀念及提供因應展頻設備的頻譜管理作為。

聯合作戰電子戰是未來戰爭的主要型式之一，美軍聯合電子戰組織中亦設立JFMO(聯合頻譜管理辦公室)，專門負責聯合電子戰頻譜管理之作為，可見頻譜管理在電子戰的軍事行動中是不可或缺的，而在聯合作戰電子戰中，如要維持頻譜管理工作順遂，指揮決策者及各聯戰參謀皆有頻譜管理的職掌及任務，本文中將介紹美軍在聯合作戰電子戰頻譜管理的作業方式並綜整頻譜管理於電子戰作為的重點及作法，以供讀者參考。

前言

一、1982年5月4日福島戰爭，雪菲爾號驅逐艦遭到阿根廷「超級軍旗機」以飛魚飛彈攻擊，因武器平台頻率管理問題，雷達、衛星通訊彼此干擾，據稱在受到飛魚飛彈的攻擊時，雷達是關閉的，導致了雪菲爾號驅逐艦的沈船及20個人的喪生，另美國因NTIA須移出235MHz頻譜，執行頻譜調整，最後移出SH-60B直昇機的資料鏈結頻段，發展新Ku頻段使用，花費 115,000,000美金，皆顯示不當的頻率指配將造成重大武器裝備的失效或經濟上的巨大損失。

二、現代戰場上軍事活動的範圍，已達到陸、海、空、太空、電磁頻譜、資訊六維，戰爭的型式也是在這六維的空間中混合運

用。電磁頻譜位居關鍵的角色，嚴重影響其它空間的成敗因素，頻譜管理也可謂是電子戰的序戰，當電子戰啟動時，如何確保我方的電磁頻譜運作，干擾敵方及支援電子戰作為，頻譜管理作為即影響了電子戰的成敗。

頻譜管理之概念

一、重要名詞

(一)頻譜管理(Spectrum Management)

是管制極為有限的資源——「頻譜」，來提供給最多使用者的程序，並利用頻譜工程、頻譜監控及頻率指配等技術來提供可用的頻譜，頻譜的使用可依頻率、地區及時間來區隔，以達成有效之運用。

(二)配置(allocation)

指建立一個具備特定功能的頻段，例如：像無線電廣播、固定式或移動式通訊等。當此特定頻段的使用者類型增多時，其用途將依任務特性再被區分為首要的任務、允許的任務、次要的任務等三個級別。在同一頻率使用計畫中，「首要任務」與「允許的任務」此二者等級相同，且首要的任務通常具有選擇頻率運用的優先權，而次要任務的運用則以不發生電磁干涉效應為前提。

(三)分配(allotment)

在軍事上，是將一組頻率指定給某個權責機關，負責指配任務，通常用於在某一特定地區或限制條件下使用。

(四)指配(assignment)

意指由適當授權單位在將某一特定頻率或頻道指定給某一無線站台或通信網使用，經過指配的頻率在特定區域內有受到保護的權力。

(五)頻譜管理與頻率管理(Spectrum management & Frequency management)區別

1. 頻譜管理

遵循電信法規，規劃管制全軍平戰演訓頻率需求，分析評估電磁環境，指配適當頻率（頻段）供部隊使用，以避免軍、公、民用頻率干擾，確保通裝使用效益。屬全頻段、全時域、全地區之頻譜資源管理。

2. 頻率管理

依據各別通信系統性能及部隊任務，檢討系統運作頻率需求，經申請獲得指配後，妥善分配與管制該系統各級通信網之頻率使用，避免相互干擾，確保戰術無線電網之通信暢通。

(六)頻率再用(Frequency Reuse)

理想狀況下，解決頻率衝突的方法，最

簡單的方法就是指配獨立的頻率給無線電台、通信網等使用，但實際上頻率的需求常是超過可指配的頻率。頻率計畫須提供單一頻率給多個無線電需求使用。為了避免彼此的干擾，常使用下列的方法：

1. 分時使用

在軍事行動中，排定時間的使用順序來共用一個頻率。

2. 分區使用

可使用距離或利用地形阻隔，作為區隔並使用同一個頻率。

如果要達到最好的頻率使用，管理者可經由傳播模式的計算，來評估在某一特定地區，以最少發射功率、天線增益或天線高度等作為，即可符合作戰的需求並提高頻率再用之效率。

(七)頻譜規劃

是指規劃頻譜資源的使用及負責配合作戰計畫的前置指配作業，通常是愈早愈好。軍方決策單位須建立整個規劃的程序以確認所有參與作戰計畫的無線電裝備皆納入規劃。

(八)戰場頻譜管理(Battlefield Spectrum Management, BSM)

所謂戰場頻譜管理係在作戰或演訓任務時，針對部隊間所使用之電磁通信頻段及其頻譜，所作的系統規劃與管理，以及必要的干擾協調與相關工程。在管理工作的權責上，通常是由各階層的通信官直接對主管其業務之頻譜管理指揮官負責，例如在師、軍團及軍團以上層級，其通信部門人員須負責完成日常的戰場頻譜管理工作，而頻譜管理者則是負責對其上級、下級與同級單位之間，以及其他單位參謀的協調工作，本報告

也側重在戰場頻譜管理的探討。

二、頻譜管理之層級

頻譜管理是由國際、國家、國防或民用、軍團等層級，由上而下管制頻譜資源之利用，在頻譜管理的觀念，下面的層級要參照上面層級所訂定之規範並據以擬定自己層級之頻譜分配表、業務及相關管理辦法，來達成頻率之最佳使用效率。

依據國際電信公約第48條：「各會員國對於其陸、海、空軍之軍用無線電設備保留其完全自由」。因此，世界各國之頻率分配莫不以軍用者為優先；開放民用者，於戰時也收歸軍用或政府使用。

(一)國際層級

因為無線電的發明，引發各國在無線電通訊的廣泛使用，為規範全球無線電使用之秩序，1934年在聯合國轄下成立國際電信聯盟(International Telecommunications Union, ITU)專門管理無線電頻譜使用。有關國際電信聯盟發展之歷史及組織架構可參考<http://www.itu.org>的網址。

ITU專門處理跨政府間的通信規則之建立、協調及管理，並制定許多通信協定(如國際無線電規則，Radio Regulations)，供各國作為頻率分配使用之依據。ITU為確保無線電頻率的合理使用，並避免各國無線電台間發生妨礙性干擾，將世界劃分為三區(我國位於第三區)。我國雖非ITU之會員國，但因無線電涉國際性事務及基於立足國際社會之考量，也參照國際無線電規則第三區頻率分配表，以期許我國無線電頻率之使用能與世界各國和諧共存。

ITU並依各類無線電通信業務特性劃分為固定、行動、廣播……等37種業務，並實

施無線電頻率分配及無線電頻率指配之登記，供各國制定其國內規則參考。ITU為審議特定無線電通信問題，定期召開世界無線電會議(World Radio Conference, WRC)，會議決議則納入無線電規則修正版中。

(二)國家層級

每一個國家皆有不同的頻譜管理架構，主要是如何管理政府及非政府的頻譜使用，並且負責協調國際及鄰國的頻譜使用，管理的架構各有不同，以美國為例，是將政府及非政府的頻譜使用二元化分開管理，另如澳大利亞是非常民主化的制度，並未分為政府及非政府頻譜，全部由ACA(Australia Communication Authority)負責，但ABA(Australia Broadcast Authority)來管理廣播的執照，詳可參考<http://www.aca.gov.au/authority/aca.htm>。在日本是集中由MPHT(Radio Department of the Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications)管理，包括政府使用、公共安全及軍用頻譜。

以下介紹美國及我國的國家頻譜管理體系：

1.美國

美國國家頻譜管理工作是根據1934年所通過的聯邦通訊法案(Communications Act)，此法案規定全美國及其屬地的無線電頻譜資源利用均須被納入管理，也因此成為後來設置國家層級頻譜管理單位之源頭。在此法案中也同時律定一套二元化的管理體系，推動總統對電信與資訊相關議題之決策，管理架構如圖一。

國家電信資訊總署(National Telecommunications and Information Administration,

NTIA)便是政府之主管部門。至於面對國內電信及資訊業務的管理，美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)則提供一個典型的非政府機構思維模式(直接向國會負責)，作為NTIA在處理國內電信管理業務時的伙伴。由此可見美國在規劃其電信管理制度時的周延考量，關於內部各成員及運作情形，可參閱<http://www.ntia.doc.gov/>，<http://www.fcc.gov/>等網站。

2. 我國

我國原有的頻率管理行政體系，分為軍用及公、民用(非軍用)兩類，各為國防部及交通部所主管；自85年2月電信法修正後，依據現行電信法第48條規定：「無線電頻率、電功率、發射方式及電臺識別呼號等有關電波監理業務，由交通部統籌管理，非經核准，不得使用或變更；其管理辦法由交通部訂定之。……；軍用通信之調整，由交通部會商國防部處理之。……」。改由交通部為我國頻率的主管機關。唯實際的無線電台管理工作目前仍是分為軍用及公、民用(非軍用)兩大體系，其中軍用電台的設置及管理因有其特殊性與安全性考量，是由國防

部負責外，公、民用電台的管理則依「電信法」規定由交通部主管，並授權電信總局承辦相關電信監理業務。關於我國頻譜管理體系之發展及參考文件，可參考交通部電信總局網站<http://www.dgt.gov.tw/chinese/Frequency-management/frequency-management.shtml>。

(三)國防層級

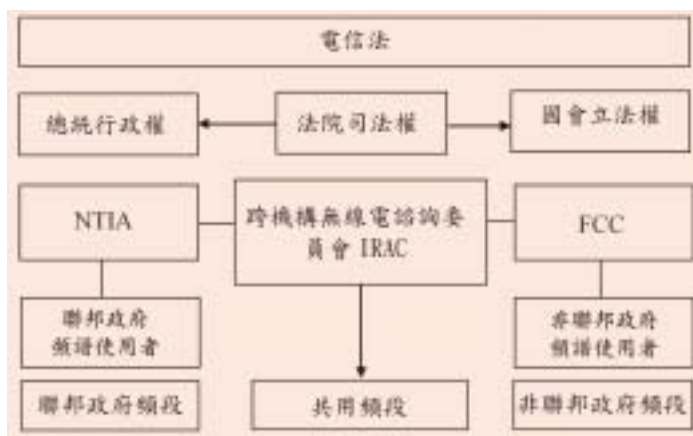
1. 美國國防頻譜管理

在國防層級的管理架構上，美國因其在世界皆有軍隊，除了考量在美國本土的軍用頻譜管理工作外，在國外更需考量與友軍協同作戰或聯合作戰的頻譜協調業務。其在頻譜管理的規劃及考量上較為嚴密，故以美國為例，介紹美國國防部管理頻譜之重要單位：國防部軍事通訊電子委員會MCEB及聯合頻率小組(Joint Frequency Panel, JFP)。

(1)國防部軍事通訊電子委員會

軍事通訊電子委員會(Military Communications-Electronics Board, MCEB)是美國國防部內負責協調各單位間有關通訊訊號事務的主要機制，它同時也負責國防部與政府其他部門的協調，甚至包括國防部與

其它國家間的協調與連繫。至於MCEB的位階，可從圖二所示美國軍事頻譜管理體系中得知，基本上它係直接受國防部長(Secretary of Defense)與參謀首長聯席會議(Joint Chiefs of Staff, JCS)的政策方向指導。在工作上，MCEB係推動國防部各單位執行有關頻譜管理的各項預劃事宜，並代表國防部向NTIA爭取有關國防用途頻譜資源的配置



圖一 美國國家頻譜管理體系圖①

① 交通部電信總局編，無線電波頻率資源規劃與管理，民國91年5月。

與分配(Allocation and Allotment)。根據國防部的命令，各單位在發展或採購用以發射或接收電磁信號的相關裝備前，必須在MCEB的指導下始得進行建案及履約步驟。由此可知MCEB獲得授權後，將以其專業領導的角色，在整個國防頻譜管理體系中，發揮極大的影響力。

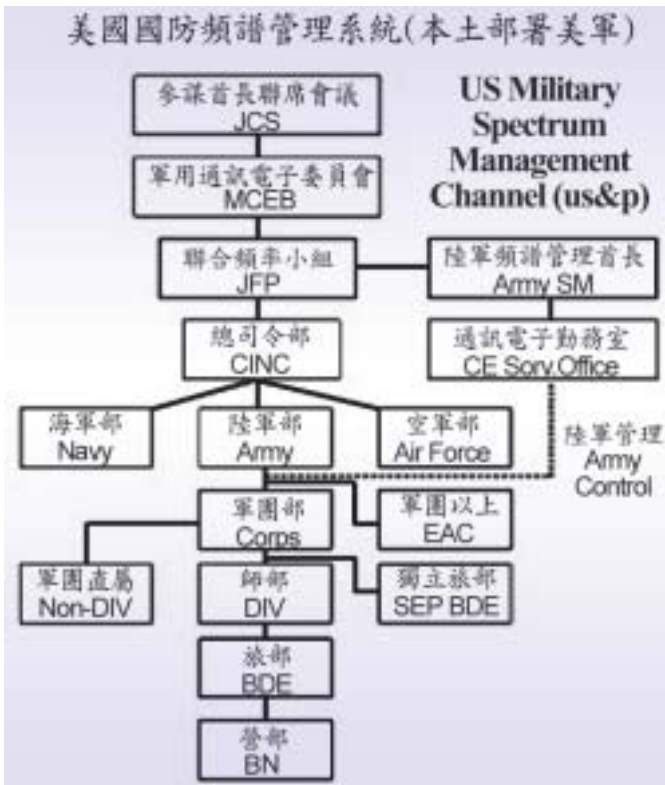
(2)聯合頻率小組

是美國國防部內有關頻譜管理的主要協調機制，為爭取國防用途之頻譜資源，在工作上經常須與NTIA之跨部會無線電諮詢委員會(Interdepartmental Radio Advisory Committee, IRAC)的頻率指派組(Frequency Assignment Subcommittee, FAS)保持密切的互動與連繫。在業務職掌上，JFP扮演MCEB的特業幕僚角色，並負責辦理MCEB交辦之審查、開發、協調、執行國防部內與頻譜管理相關之命令、研究、報告、建議案。至於其所負責之特業領域則包括：無線電射頻(Radio Frequency, RF)工程與管理、無線電波傳遞、電磁相容等。

2.我國國防體系

我國國防層級之主要執行機構為：通信電子資訊參謀次長室、資電作戰指揮部及各總部之頻管中心(組織架構如圖三)。

我國防之組織架構類似美軍之運作，但其規模及人員編組有很大的差異，如美國設立電磁相容性分析中心(Electromagnetic Compatibility Analysis Center, ECAC)來專責處理有關電信裝備或系統使用上所發生的電磁相容問題，各軍種皆有其獨立的頻管組織、工程支援組織等，我國因頻譜體系之建立較晚，專業組織的編組及人力尚待加強。



圖二 美國國防頻譜管理體系圖②



圖三 我國國防頻譜管理體系圖(作者繪製)

② 夏筱明，楊耀波，「戰場頻譜管理」，中正理工學院研究報告。

展頻技術對頻譜管理之影響

展頻技術在電子戰中有許多應用，主要在電子防護有很好的效果，並能提昇頻譜的使用效率，但傳統上頻譜管理方式無法適用於展頻技術。現在世界組織也針對展頻的發展積極規劃其頻譜的使用，如無線區域網路、個人通信等，國軍也積極引進展頻裝備以增強電子戰力。以下就展頻技術及頻譜管理說明之。

一、展頻技術介紹

擴展頻譜通信簡稱「展頻通信」。它是一種信息傳輸方式，因其信號(signal)所佔的頻帶寬度(Frequency Bandwidth)遠大於所傳信息必須的最小寬度，所以稱之為展頻通信。其頻帶的展寬是通過編碼(coding)及調變(modulation)的方法來達成的，並且與所傳信息數據無關。在接收端則用相同的數碼進行相關解調(Correlative Demodulation)來解展頻及恢復所傳信息數據。常用的技術有：直接序列展頻及跳頻展頻，展頻的優點如下：

- (一)頻譜的重覆有效運用，展頻可與已存在之窄頻系統重疊，且干擾降至最低。
- (二)展頻系統可減少多重路徑衰退的影響。
- (三)展頻可降低外界蓄意干擾，即反干擾。
- (四)展頻信號被偵測、截取的可能性低，以保通訊安全。

二、傳統頻譜管理對展頻技術的困難

- (一)在傳統上頻譜管理具有下列之觀念
 - 1. 頻譜是非常珍貴，須儘量節省使用。
 - 2. 將頻譜切分成許多頻道，管制使用。
 - 3. 限定特定的業務，管制發射功率。
- (二)但當展頻技術引進後，因為以往的固定業務使用固定頻道來加強頻率使用效率，儘

量使最多人用的方式會發生下列問題：

- 1. 展頻所使用的頻寬非常寬，但不會造成別人的干擾問題，如何核准使用。
- 2. 允許展頻裝備的使用，會造成雜訊水平之提昇。
- 3. 不易執行監控業務，不能執行監理業務來了解是否按核准的頻率使用。

三、對展頻裝備之頻譜管理解決方案

(一)指定特定頻段供展頻裝備使用

如果定頻及展頻設備的混合使用，會造成定頻設備的雜訊水平提昇，也會降低展頻設備的效率，如能指定特定頻段供展頻裝備使用，可利用展頻設備的特點並提高頻率使用的效率。

(二)在展頻裝備上須管制的發射功率並非頻率

可要求展頻使用者在可達成通訊情形下，使用最小功率，並考量對其它使用者之干擾限制，如美FCC規定，業餘展頻無線電的使用者只能限定發射功率在100W以下，超過1W的發射，就在必須有自動化功率管制功能，可在維持通路暢通後，使用最小功率及 $E_b/N_0 + I_0 \leq -23\text{dB}$ (E_b 是每一資料位元的能量， N_0 雜訊強度， I_0 鄰頻的干擾)，故對於展頻裝備的頻率管制作為，則可強調在一定功率下某固定頻段可直接使用，如超過某一發射功率才需報准使用，此核定功率需協同電磁相容之專業單位訂定。

- (三)如展頻設備使用小功率，其偵蒐非常不易，建議取消其監控業務，如為大功率發射，則由發射單位自行記錄以備查。

聯合作戰電子戰之頻譜管理

現代資訊科技的快速發展，武器智能化

程度的提昇，都為聯合作戰提供了良好的發展平台。雖然在相關理念的推動過程中，仍可能面對「指管主導權」、「軍種本位主義」等扞格，但展望新世紀戰爭，聯合作戰已是不可避免的趨勢。

美國國防部更以聯合作戰戰力建構為施政重點，美國防部長倫斯斐曾指出，未來的戰場指揮官只需對目標施以迅速、精準以及具殺傷力的攻擊，而毋須在意該戰力究竟出自地面、海上或空中載台；五角大廈對各種軍事投資，更置焦點於計畫的跨軍種實用價值，以降低軍種重複投資的浪費，提高作業互通性，我國軍近年來的重大軍事演習，也將聯合作戰列為演習之必要項目，來驗證聯合作戰之組織及運作機制。

無論何種類型作戰，電子戰兵力皆需統一於戰場最高指揮官指導下管制，並應成立聯合電子戰管制中心，以有效運用電子戰資源支援作戰，故以下茲介紹美軍聯合作戰電子戰之運作架構及頻譜管理運作、職責及協

調機制，聯合部隊組織架構如下：

一、聯合作戰組織架構

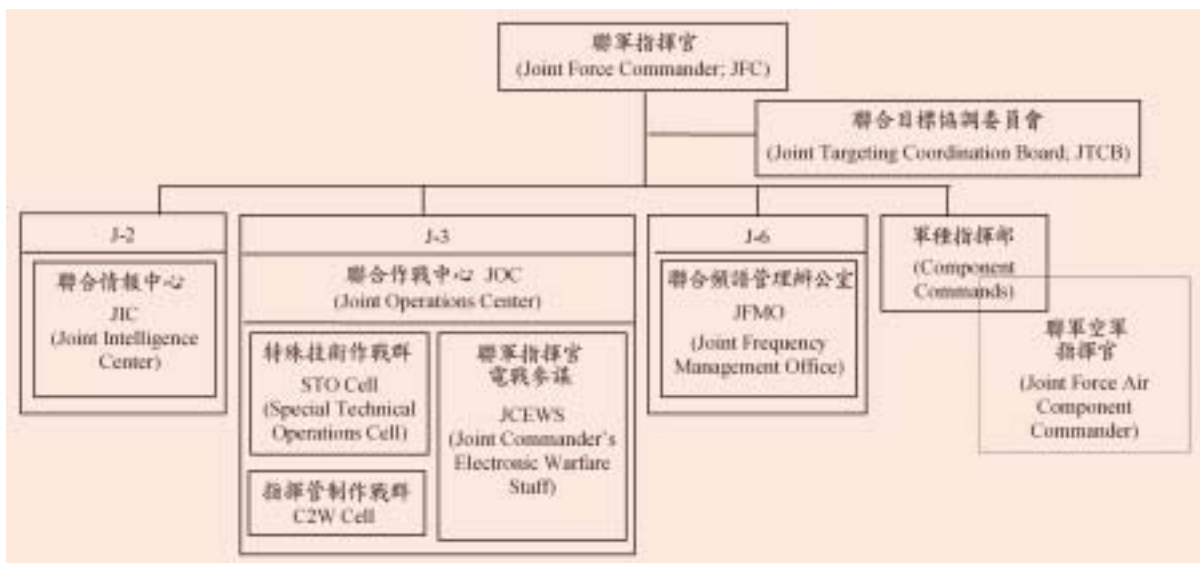
聯軍指揮官需依照作戰情況、各軍種能力及任務複雜性，建立指揮關係及授權予其下屬。雖然此架構會依情況而變，但通常聯合架構下之電子戰組織，仍依下列單位、人員及協定來發展。聯軍指揮官可配合當時的環境，做適當的修正。(圖四)

二、聯合作戰電子戰與頻譜管理工作

在聯合作戰電子戰中，參與單位負責與頻譜管理相關業務，說明如下：

(一)頻譜管理組織成立及指導發布—決策者

- 1.成立並發布頻譜使用之指導、聯合管制頻率表之程序及其它政策之指導。
- 2.建立獨立的頻譜管理架構包括聯合頻率辦公室及支援作戰計畫的頻譜管制程序，並負責下列任務。
- 3.保持各軍種在作戰、通訊中，能有效交換資料及獲得相關支援。
- 4.保持聯合頻率管理辦公室能因應任務



圖四 聯合作戰組織架構圖③

③ 吳政勳，「頻管工程分析軟體解析及其在電子戰上的應用」，2004年1月15日。

需求，可擴大編組。

5. 解決高層的頻率衝突問題。

6. 與外國友軍之保持良好的協調機制，以利配合聯合作戰中之頻譜支援。

(二)聯合頻率管理辦公室

1. 發展並發布頻率的使用計畫。

2. 協調聯二、聯三、聯六參謀及各軍種的輸入資料，以發展聯合管制頻率表，由聯三參謀核准。

3. 週期性更新並發布聯合管制頻率表。

4. 提供軍種頻譜使用上管理性及技術性的支援。

5. 頻率指配的核准機構。

6. 管理頻譜使用的資料庫，包括我軍、友軍、敵軍、中立國及公民用之頻譜使用資料。

7. 評估潛在的頻率衝突。

8. 協助及支援解決頻率衝突。

9. 負責協調與軍種、國家之頻譜管理權責單位。

(三)聯軍參謀(Joint Force Staff)

1. 聯軍參謀作戰官(J-3；聯三)。

(1)優先解決頻率衝突問題。

(2)向聯六參謀提供作戰計畫之頻譜使用需求。

(3)當頻譜管理單位無法運作，由聯三負責解決內部頻率衝突問題。

(4)提供作戰之概念。

(5)定義並解決潛在電磁環境對裝備、人員及油料等危險因素。

(6)指定受保護或禁用頻率，提供聯六加入聯合管制頻率表。

2. 聯軍參謀情報官(J-2；聯二)

決定並定義敵方關鍵頻率，以保護友

軍的電子攻擊行動；提供敵方關鍵頻率給聯六，將之加入聯合管制頻率表。

3. 聯軍參謀通訊電子官(J-6；聯六)

(1)協助電子戰官，在作戰行動中整合電子戰，以確保友軍電磁頻譜使用時產生最小衝擊。

(2)因應作戰需求，必要時更新聯合管制頻率表。

(3)協調聯合頻率管理辦公室，對上報之干擾或破壞事件尋求軍種指揮層級之解決方案。

軍事行動中頻譜管理運作流程

軍事行動中的頻譜管理工作分為下列四個階段：事前規劃階段、計劃階段、部署階段及回復階段。

一、事前規劃階段

本階段著重於戰場上的資料收集作業，因頻譜管理工作有賴於精確及完整的頻譜資料，但資料收集及建置往往是一費時及辛苦的作業。而因未來作戰的型式將以聯合作戰為主，參與作戰的單位包括盟國或友軍的單位皆須將收集的資料輸入一資料庫中管理，才能達成資料的運用，資料的來源主要由平時頻管業務之資料及各參與軍種頻譜管理單位提供，可包括下列資料：

(一)國際、國家通訊法規及國防部頻率使用相關規定：如ITU-R、國家的頻率規範及分配表，國防部無線電使用規定、頻率分配表等重要頻率的使用規定。

(二)軍、公、民用頻率指配記錄資料庫包括站台的使用頻率、發射功率、天線高度、位置等資料；具有我軍、友軍、公民用等頻率指配使用資料，有助於在頻率指配、干擾排

除或電子戰作為，避免影響合法使用。

(三)管理性資料庫：頻率使用單位、網別、呼號、隸屬軍種、頻率需求用途。

(四)通電裝備資料庫：通電裝備的頻譜特性，如可用頻率範圍、頻寬、發射功率、天線型式、極化方向等。

(五)其他資料庫：將視工程分析工具的需求而建立(例如：地形資料庫、大氣資料庫)。

(六)頻譜現在及未來需求：考量現有戰場，配合作戰命令、通電裝備、各項通信網、作戰網及電子戰各項作為之頻率需求。

統一資料交換格式有助於資料的電子化及交流效率，如北約組織(NATO)的 SMADEF (Spectrum Management Allied Data Exchange Format)及美軍的標準頻率使用格式 SFAF(Standard Frequency Action Format)，以美軍為例，則使用頻率資源紀錄系統(Frequency Resource Record System)來管理所有頻率資源的使用狀況，並由MCEB頒布一標準的頻率使用資料格式(SFAF)以便於系統資料控管及資料交換。

二.計畫階段

本階段作業目的為聯合頻譜管理中心綜整指揮官的企圖、作戰計畫、通信、電子戰等各項作為之頻譜需求，擬定BSMP(Battle-space Spectrum Management Plan)戰場頻譜管理計畫，並發布至各軍種單位。

此計畫為作戰中頻譜管理之重要依據，BSMP包含的內容如下：

(一)頻譜管理的架構及每一個負責頻譜管理的單位。

(二)頻譜使用指導政策及管制流程。

(三)標準的訊息交流格式。

(四)頻率干擾回報及處理流程。

(五)頻率分配表可分為通信及非通信。

(六)可用頻率表。

(七)聯合管制頻率表。

三.部署階段

本階段工作重點是依BSMP的內容實際部署至各作戰單位，但在作戰中的階段也有不同狀態，如靜聽、攻擊、轉進等，也可能在不同的作戰狀態下有一個新的BSMP的計畫。實際作戰中各軍種的頻譜管理單位是在其作戰區中最能掌握即時頻譜的狀況，而頻譜管理中心則負責跨軍種頻譜管理單位的協調業務。

在依BSMP部署的執行過程中，很可能發生干擾情形，干擾的調查及排除是非常重要的，尤其是不明原因的干擾要能查明並記錄，以避免發生類似的事件。

在部署階段，各個頻譜管理單位負責的事務如下：

(一)聯合頻譜管理中心

1. 提供國家頻譜管理者對BSMP的建議。

2. 建立及維護與友軍參戰國家主管頻譜管理者良好的協調關係。

3. 提供聯合作戰指揮官對電磁頻譜環境的建議。

4. 解決各軍種頻譜管理單位間的頻率衝突問題。

5. 依最新狀況及各參戰軍種的需求及組織變更，而更新BSMP。

6. 儘量配合公、民用之頻譜管理規定。

(二)各軍種頻譜管理單位

1. 依聯合頻譜管理中心分發之BSMP部署。

2. 控管其負責之作戰區域的頻譜。

3. 解決所屬單位的頻率衝突問題。
4. 提供所屬單位指揮對電磁環境的影響及敵方電子戰作為對我方部隊的影響評估。
5. 提供頻譜管理中心對未來BSMP修訂的建議。

(三)各參戰部隊

1. 解決自己部隊無線電系統的干擾問題。
2. 遭遇干擾問題，向所屬頻譜管理單位提出干擾報告。
3. 反映戰場頻譜環境之變化提供給各軍種頻譜管理單位。

四回復階段

此階段的目的是交接準備，將現在戰場的頻率使用情形提供給將進入戰場的軍種或向新的管理者報告聯合頻率的使用情形，以便配合後續作戰作為。

各個頻譜管理單位負責的事務如下：

(一)聯合頻譜管理中心

1. 檢視並綜整各軍種之頻率使用情形。
2. 協調軍種訂定新的戰場頻譜管理計畫，以滿足新進軍種的需求。
3. 提供新的戰場頻譜管理計畫給新的管理者。

(二)各軍種頻譜管理單位

1. 檢視並綜整各軍種之頻率使用情形。
2. 向聯合頻譜管理中心提出新的戰場頻譜管理建議。

(三)各參戰部隊

1. 如無參與任務，向本軍種之頻譜管

理單位繳回使用頻率。

2. 通知本軍種之頻譜管理單位，停止使用指配頻率的時間，以便頻率提供其餘人員使用。

頻譜管理支援電子戰之作為

一、確保我方電磁裝備之運作順遂

在戰場上的作戰行動中，頻譜管理有一重要參考表格，就是聯合管制頻率表，本管制表的產生是須參照各軍種需求，並協調作戰及情報參謀有關頻率之特殊作業限定，最後須送作戰參謀確定後，才能予以發布，以美軍的聯合管制頻率表為例，如表一。

表一 聯合管制頻率④

Priority	Type	Function	Frequency	Time Protected	Location(s)
1	Taboo	Net	xxxx MHz	All	MV246857
5	Protected	Shape Cmd	yyyy MHz	230400 to 232200	II Corp Area
7	Guarded	E/IW Net chk	zzzz MHz	211800 to 221800	MV3985

(一)禁用頻率(Taboo Frequencies)

基本上乃指一些重要任務頻段，於其表定操作時段內，絕不容許我方其它用途者之執意排擠(Deliberately Jammed)或任何干擾效應的發生，這些任務內容包括：國際救難呼叫訊號(International Distress)、任務停止訊號(Stop Buzzer)、安全警示(safety)及管制(controller)訊號等。在時段管制上，此類頻率通常保有較長時間；然若戰場形勢發生變化，則其使用管制可經由當初下達命令的總部予以解禁。

(二)保護頻率(Protected Frequencies)

係指一些用於遂行特定任務的頻段，例如：承指揮官之命進行與敵軍之電子戰對抗。故於其表定操作時段內凡經識別後將受

④ 同註②。

到保護，絕不容其他用途者在未經同意或許可下不慎佔用排擠(Inadvertently Jammed)與干擾。由於電戰任務的重要性，故通常也保有相當高的優先權；然若經其它用途或任務提出「絕對必要」的異動需求時，這些頻段仍可經相關單位間協商後分享出去。在時段管制上，此類頻率通常係有時間限制的，並隨戰場形勢變化與承指揮官之命作週期性或例行性變動與更新。

監護頻率(Guarded Frequencies)乃屬敵軍所使用之頻段，經我方偵知被利用於遂行干擾其通信任務，以及持續偵蒐相關電訊資情之用。故在時段管制上，此類頻段通常是隨敵方的使用異動而作調整，並由我方電戰官主動進行其追蹤與更新向戰場指揮官彙報。當指揮官在衡量戰術敵情偵蒐與我方必要通訊需求間之得失利弊與優先順序後，有時可將此類頻寬釋出，改為我方其它戰術任務的使用。

二、戰場上之電磁干擾排除

頻率指配基本的要求是依照作戰需求、地形及裝備的限制，提供使用者一個免受干擾的頻段，但可能因頻段的擁擠造成頻率干擾，原則上除非有嚴重干擾才會重新指配可用頻率。在戰場上的電磁干擾通常指嚴重干擾。

在軍事行動中，通信電子裝備遭受到電磁干擾的問題，來源包括我方裝備、電子戰作為或敵方的電子攻擊措施，如何快速回傳干擾情形，並排除干擾問題，降低受干擾的影響，是電子戰作為中電子防護的重要一環。

一般來說，干擾可能來自通訊裝備(如非刻意的友軍或敵軍的通訊機和雷達)，及

非通訊裝備(例如焊接機或車輛引擎之馬達與發動機)，而干擾排除工作應盡可能由最基層單位完成，至於頻譜管理人員則負責：我方干擾源無法立即消除的協調與仲裁建議，或敵方干擾源消除之因應策略的建議，供戰場指揮官下達決定。通常在獲知我方基層單位無法消除干擾後，頻譜管理人員須即刻進行以下作為：

(一)尋求本部電戰官協助，找出電磁干擾的確實來源。

(二)針對我方干擾訊號產生者，提出其裝備位置或頻段之調整建議。

(三)針對干擾訊號特徵，提出若本部繼續工作其最大可能忍受限度。

(四)提出若欲規避干擾訊號，必須調整本部頻譜分派的因應作法。

有時候電戰官也可能在基層受干擾，即向上提報前已偵測到具敵意的干擾訊號。遇此情況上述干擾消除的四個步驟，應循(四)、(三)、(二)、(一)方式逆向實施，以先確保本部之有效通訊。有關電磁干擾的問題解決，仍以在基層直接處理為主，在高層則以跨單位的協商與仲裁為主。

通常基層頻譜管理人員必須先根據本部的頻管資料庫，迅速查出干擾源是否為友軍頻段。而系統操作和保養人員則必須先行辨識以下四個問題：干擾是否為自然現象？或是人為因素所造成的？干擾程度是否只是輕微效應？或是將嚴重導致通訊功能的完全喪失？頻譜管理人員須持續負責使干擾的影響程度降至最低。

三、配合情報電子戰(IEW)提供電戰參謀支援

降低或去除我軍電磁衝突(de-confliction)乃促成電磁頻譜最佳化利用的一個重要

過程，此一工作需要戰場頻譜管理和情報電子戰人員，相互間的密切協調與默契。由於戰場頻譜管理人員的工作基本上是制定頻率管理計畫，而情報電子戰人員的工作則是取得戰鬥優勢及遂行必要的電子戰反制作為。故戰場頻譜管理人員必須管理電磁頻譜，以利在最小限制下足以應付情報電子戰的任務需求。此外，戰場頻譜管理人員須充份瞭解友軍的情報系統和電戰裝備，並成為情報電子戰任務的一環以降低電磁衝突。由於在前節中所提到的聯合管制頻率表(Joint Restricted Frequency List, JRFL)，僅係用以避免共通頻道內的相互電磁干擾，故為減少電磁衝突，戰場頻譜管理須同時具備自動化能力，以及通盤掌握本部電磁裝備之特性，方能進行頻段鄰接(Adjacent Channel)、電波調諧(harmonic)、交互調制(inter-modulation)等工作，以降低或排除友軍單位間之任何型式的電磁干擾。

在降低或去除電磁訊號衝突的過程中，必須先針對下列各項資料予以蒐集彙整：

- (一)戰鬥命令的形式。
- (二)現行及未來操作模式的戰術群組。
- (三)所用通信電子網示意圖(包括裝備與天線型式、頻譜需求等)。
- (四)電子通信網所需發射功率與訊號涵蓋範圍。
- (五)裝備互擾評析及所欲降低衝突之通訊電子裝備。
- (六)目前尚無法掌控與運用已知不好頻段(Bad Channel)。
- (七)我方所擬使用之干擾機頻率或頻帶表。
- (八)敵軍所使用之電磁頻譜。
- (九)盡可能隨電離層環境而更新之戰區地面

和空中電波圖。

(十)情報電子戰單位所計劃部署之裝備特性與頻譜印記。

(十一)承指揮官之令所訂定的頻段使用優先順序初始表(此乃因多套電磁裝備部署於戰區內時，由於配置非常接近而可能無法避免一些必然的干擾，所以當裝備間頻譜配置有所衝突時，必須建立一個使用優先順序，據以重新分配所需頻譜資源)。

(十二)不可變的或通常使用固定頻率的通信鏈路(例如急難事件呼叫、國際救災頻率及航空管制，這些須納在聯合管制頻率表中)。

(十三)聯合管制頻率表和維持通連作業順暢的方法(通常聯合管制頻率表必須不斷更新，其內容尤應包含頻率使用單位之再部署計畫、電子戰計畫的變更、敵軍電子戰準備作為的變更等)。

上述降低電磁衝突的彙整資料，除可提供情報電子戰人員有關我軍頻譜指配與發射地點的即時資料庫外，尚可藉此資訊迅速將我軍排除在辨識敵方電磁發射點及使用裝備的行列之外，以減少不必要的額外作業。此外當友軍不慎使用敵方頻率，並足以影響我情報電子戰成效時，上述資料(特別是JRFL表中所列數據)也可用以協調我方戰場頻譜管理人員，重新調整該友軍之頻譜指配作業計畫。根據上述資料，我方情報電子戰人員尚可據以偵知敵軍電子反制作為、其電磁發射點之定位與使用頻譜範圍、預測和建議頻管人員那個友軍單位的通訊電子系統將無法遂行其任務、何時應採取迴避戰術行動或何時應開啓他們的電子反反制對策(Electronic Counter-Counter Measures,ECCM)等。在獲得情報電子戰人員的這些建議後，頻管人員

則將此建議個別通知該友軍單位。在大多數情況下，此舉將可使友軍省下許多不必要的裝備測試(因為有可能遭敵電子反制而被誤判為裝備損壞)，以及落入敵軍情報電子戰的圈套。最後，若當戰場頻譜管理人員與情報電子戰人員，對降低電磁衝突的作法持不同意見時，通常則由其上級單位進行協調與仲裁。

四提供電戰效益評估

因為現代作戰的型式日益複雜，軍用無線通訊的技術及應用不斷的提昇，頻譜的需求有爆炸性的成長，需有自動化的頻譜管理工具提供戰場快速的頻譜管理需求及支援電子戰作為，針對一般頻管系統皆會包括工程分析的功能，惟因各系統的運作需求不同，分析的功能也不相同。

以下以法國ATDI公司發展之HTZ WARFARE頻管工程分析軟體，以範例型式介紹如何實施電戰效益之評估。

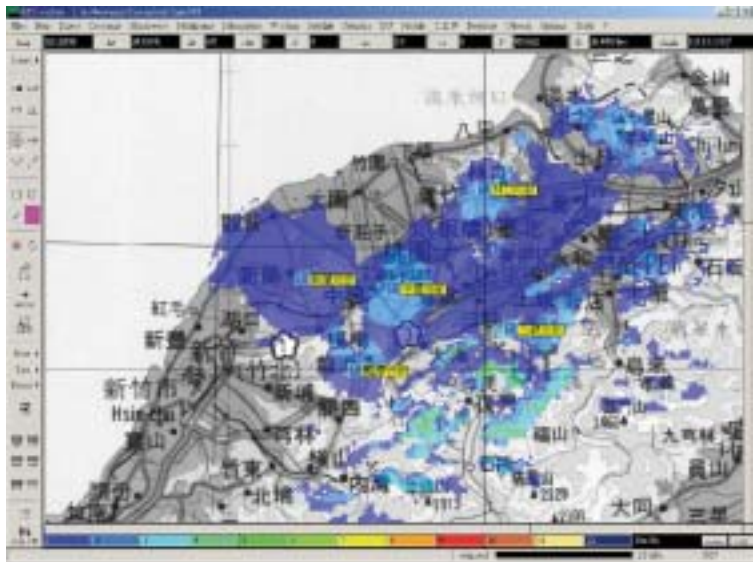
(一)範例一：選取最有效干擾站台位置

針對敵VHF通信站台位於林口、新屋、中壢、三峽及龍潭等地，欲架設一干擾站台，使能干擾最多通信網，利用此工具，可輸入干擾器的發射功率、天線高度、信號干擾比等值，以執行干擾器選址功能。

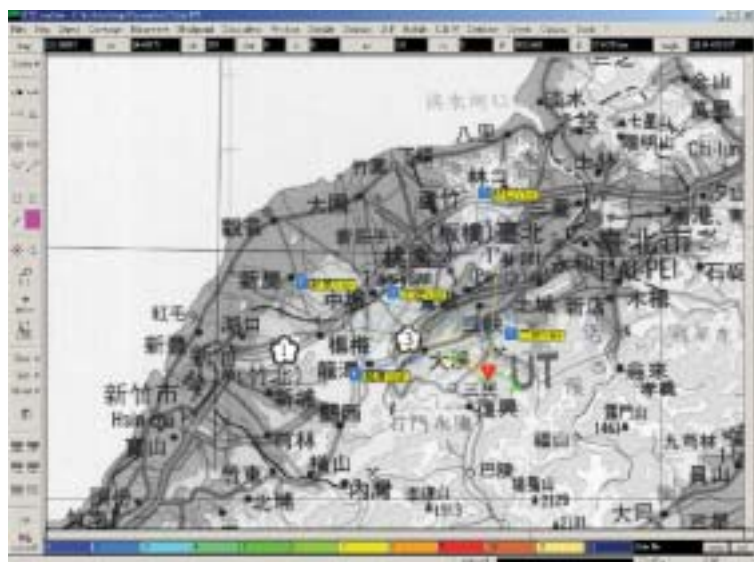
執行結果可由圖五之不同顏色碼顯示可干擾的站台數的地區範圍。

再由可干擾最多通信網台的地區範圍中，依戰術需求及地理、交通狀況選址，選址後如圖六：

(二)範例二：利用干擾雷達作為，開出飛行通廊



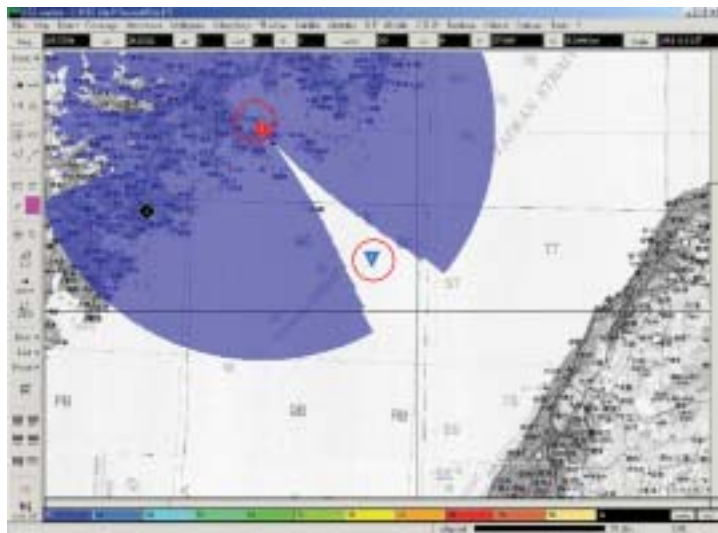
圖五 干擾器選址功能執行結果⑤



圖六 擇點部署干擾器站台⑥

⑤ 同註③。

⑥ 同註③。



圖七 利用干擾雷達作為，開出飛行通廊⑦

針對空用干擾機護衛我方戰機在深入敵方陣地的時候可以不被敵之雷達偵測，利用此工具，執行雷達偵測涵蓋及受干擾之模擬，圖七是干擾機干擾一座雷達的模擬結果；依圖顯示，可開出的一通廊行進，我方戰機大約可晚95公里的行程才會被偵測到。

結論

一、國軍頻譜管理長期規劃及引進先進無線電裝備

我國因時空因素，籌獲許多各國通電裝備，其頻譜之使用較為零亂，國軍應就頻譜管理之政策，因應頻譜之最新發展如IMT2000、3G以上頻段開放等問題，建立國軍頻率分配表，提供長期頻譜規劃之指導，可提供無線電裝備之籌獲依據及發揮頻譜利用的使用效益，另可引進先進無線電裝備使用展頻、壓縮等技術，提高頻率使用效率及提昇電子戰能力。

二、通訊電子參謀、電戰參謀、情報參謀的協同作業

在電子戰聯合作戰中，指揮決策者、電戰參謀(參三)、通訊電子參謀(參六)及情報參謀(參二)各有其頻譜管理之任務，如聯合管制頻率表的製作，排除干擾的作為，電子戰情資皆需要聯參的協同作業才能完成。故在平時，即要建立此標準作業程序，並加強頻譜管理運作的訓練及驗證，才能於戰時發揮電子戰之戰力。

三、頻譜交換資料的標準化及電子化

戰場資訊的流通速度可決定戰爭之成敗，戰場頻譜的使用更是快速變換，如何收集最新的頻譜使用狀況，並快速支援指揮官作戰決策，則取決於各頻譜監控單位及作戰單位能有一標準電子化之頻譜交換格式，再配合現代資訊網路才能達成，參考美軍也有SFAF的標準格式，提供各自動化的頻管工具輸入，達成快速的資訊交換，以掌握戰場的頻譜，是值得國軍借鏡。

四、自動化頻管工具的建立、應用及人員訓練

自動化頻管工具可協助目前複雜之頻譜管理工作及電子戰效益評估，也是現代頻管人員必備之工具，但因頻管工具牽涉之參數多，如裝備、天線及地理位置等，操作人員不易熟練，故頻管人員須加強自動化頻管工具之訓練才能達成提昇頻譜管理之效益。

參考資料

- 一、「21世紀的頻率管理」，通信電子學術季刊，第八十九期，民國88年8月。
- 二、電子戰整備委員會，「聯合電子作戰

⑦ 同註③。

(Electronic Warfare Operations In a Joint Environment)」。

三國軍頻譜管理編組運作指導綱要。

四張明德，「由美國陸軍戰術電戰部隊編裝看我國陸軍電子作戰能力」(一)、(二)、(三)，尖端科技，2003年5-7月。

五Department of the Army, "Spectrum Management", Field Manual FM 24-2, 21 August 1991.

六Department of the Army, "Communications-Electronics Management System", Field Manual FM 24-22, 30 June 1977.

七CCEB, "Guide to Frequency Planning", ACP190(A), April 1996.

八CCEB, "Guide to spectrum Management in Military Operation", ACP 190(B), May 2003.

九Spectrum Planning Directions Team Business Directions Group Spectrum Management Agency, "Proposed Spectrum Management Framework for Spread Spectrum Devices Spectrum".

十Richard M. Nunno, "Review of Spectrum Management Practice", Regional and Industry Analysis Branch, 30 August 2002.

十一United State General Accounting Office "Spectrum Management in Defense Acquisitions", DC20548, 30 April 2003.

十二MCEB 7, "Frequency Resource Record System, Standard Frequency Action Format", 31 December 2003.

十三The Aerospace Corporation, "Critical Issue in Spectrum Management for Defense Space System", 28 March, 2002.

十四Olov Carsson, "An Integrated System Com-

puterized Spectrum Management", Radio communication seminar, 10 November 2000.

十五Department of Defense, "Management and Use of Radio Frequency Spectrum", No. 4650. 1, 24 June 1987.

十六Department of the Army, "Army Management of the Electromagnetic Spectrum", Army Regulation 5-12, 1 November 1997.

十七Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction, "Joint Operation in the Electromagnetic Battle Space", CJCSM 3320.01A, 30 September 2002.

十八Direction Operational Test & Evaluation, "E3 and SM Assessment Guide for Operational Testing", 13 June 2001.

十九"Advanced wireless Technologies and Spectrum management Taylor Reynolds ITU Strategy and Policy", 5 July 2004.

二十Air Force, 「Radio Frequency(RF) Spectrum management」, Manual 33-120, 3 April 2002.

二十一Report and Order, FCC 99-234.

二十二"Technical Comparison of Frequency Hopping and Direct Sequence Spread Spectrum", http://www.qsl.net/n9zia/wireless/fhss_vs_dsss.html.

作者簡介

黃維熙技士，國立交通大學應用數學系、國立清華大學應用數學所碩士。曾任雷射武器預警系統計畫承辦人、電子戰第二階段關鍵技術發展計畫承辦人、頻管計畫承辦人。現任國防部軍備局中山科學研究院資訊通信研究所技士。