

# 國軍裝甲部隊跳頻無線電機發展之探討-與共軍比較 筆者/許弘達

## 提要

- 一、跳頻展頻為展頻 (Spread Spectrum, SS) 通信技術之一環，是近年來發展非常迅速的一項科技。
- 二、世界上第一個跳頻技術專利屬美籍奧地利女演員海蒂拉瑪(Hedy Lamarr)，從音樂曲譜的觀念出發，一張音樂曲譜就是一個跳頻序列，與名前衛作曲家安瑟(George Antheil)合作，設計一套跳頻通訊系統，並在 1942 年申請到名為秘密通訊系統的美國專利。
- 三、跳頻展頻通信技術發展初期係運用於軍事導引與保密通訊系統，然初期之發展甚緩慢且運用範圍較窄，直到第二次世界大戰後期，展頻技術成熟之觀念被應用於雷達抗干擾領域，近年來展頻技術之研究應用，除的雷達抗干擾與通訊安全外，更運用於降低能量密度、高解析度測距等技術。
- 四、跳頻展頻通信技術軍事通訊中發揮了不可替代的功效，且廣泛地運用於衛星通訊、移動通訊、微波通訊、全球定位、無線區域網路及個人通訊等領域。目前，隨著微電子技術、電腦技術和信號處理的研究發展，成本不斷降低，也逐漸向民用領域滲透。

**關鍵詞：**跳頻展頻、海蒂拉瑪、跳頻無線電機

## 壹、前言

跳頻通信為展頻技術之一環，是近年來發展相當迅速的一項通信技術，該發展初期只運用於軍事導引與保密通訊系統方面，且發展緩慢及運用範圍較窄，直到第二次世界大戰後期，展頻技術發展逐漸成熟後，被廣泛應用於雷達抗干擾領域，近年來展頻技術之發展應用，除了在雷達抗干擾與通訊保密安全外，也運用於高解析度測量距離等方面。

跳頻技術不僅在軍事通訊中發揮了不可替代的功效，相對廣泛地運用於衛星通訊、移動通訊、微波通訊、全球定位、無線區域網路及個人通訊等領域。而目前，隨著微電子技術、電腦技術和信號處理的結合發展，且成本不斷降低，故跳頻展頻技術也逐漸向民用領域滲透。<sup>1</sup>

## 貳、跳頻技術簡介

### 一、跳頻技術起源

世界上第一個跳頻技術起源是由美籍奧地利女演員海蒂拉瑪(Hedy Lamarr，如圖 1)所提出，跳頻技術一開始是從音樂曲譜的觀念出發，一首

<sup>1</sup> 陳國基，戰車車裝通信 37A 跳頻無線電機操作程序，裝甲兵學術季刊 209 期，97 年，第 1 頁

音樂曲譜就是一個跳頻序列，將多首曲譜融合就能增加其複雜性，因此與作曲家安瑟(George Antheil)合作，設計出一套跳頻通訊系統，並在 1942 年申請到名為「秘密通訊系統」的美國專利。

跳頻技術剛開始運用於軍事方面，是將事先設計好的亂碼來控制魚雷的信號頻率變動，以避免受到敵方干擾或偵測。並利用作曲家在音樂領域的訣竅，提出一種無線電頻率控制的方案，將發射的載波頻率轉換成一種預先安排好、看似隨機、非重複並具有正交性的跳頻序列跳變；就如同一枚魚雷攜帶一個完全同步的接收機，透過跳頻導引模式，可以隱密的從發射點一直被導引到擊中目標，而不易被干擾改變魚雷的攻擊方向。

圖 1、海蒂拉瑪



圖 2、SINCGARS 跳頻無線電機



資料來源：<http://www.mem.com.tw/ahdlele=2231>

資料來源：<http://www.mem.com.tw/article=476543>

## 二、跳頻技術發展過程

海蒂拉瑪(Hedy Lamarr)與安瑟(George Antheil)於 1942 年共同申請的跳頻技術專利，一直到 1963 年，美國海軍 Sylvania 的 BLADES 系統，才開始使用跳頻技術來對抗敵意干擾。

Sylvania 的 BLADES 系統全名為 Buffalo Laboratories Application of Digitally Exact Spectra，從 1955 年開始研製，於 1963 年安裝在美國海軍 Mt. McKinley 指揮艦上進行展示驗證，採用跳頻技術抗干擾作為。

跳頻通信系統為避免頻率碰撞與干擾，如該頻道已被佔用，無線電機就會跳至另一個頻道，再重新開始這個序列。再發射資料時，他會跳到幾個不同頻道，以短脈衝的方式發射資料，減少干擾。跳頻技術的同步系統是一個非常重要技術，接收機本地頻率合成器的輸出跳頻必須與發送端頻率合成器產生的跳頻相同，才能進行相關解跳，使得接收到有用信號恢復成固定的中頻信號，以便從中解調出原始資料。

跳頻的同步由補獲與跟蹤組成，捕獲是使收發雙方的跳頻時差小於一

跳的時間寬度，跟蹤是使收發雙方的跳頻時間與頻率同步，達到接收系統正常工作要求精度。使用不同的尾隨跳頻序列，可確保接收同步到相對應的發射機上，如果頻率共享或離的很近，當兩台發射機隨機跳到同一頻率時，會產生相互干擾，在可用頻率範圍，與其他因素一起影響共同使用之波道數。

跳頻技術是戰術通信抗干擾技術中最有成效的技術。從 70 年代末第一部跳頻無線電機問世之後其發展趨勢銳不可當，80 年代世界各國軍事通信中普遍裝備跳頻無線電機，90 年代跳頻技術已經相當成熟。

以美國 Sincgars-V 和英國 Jaguar 戰術電台為代表的中速跳頻無線電機，即是目前外軍普遍裝備的跳頻無線電機。提高跳頻速度是對付跟蹤式干擾的有效方法，當提高跳頻速度之後，且駐留時間小於干擾機響應時間時，自干擾信號到接收機時，跳頻接收機已經在接收下一跳頻的頻率了，使得干擾失去了作用。

80 年代跳頻電台在 VHF 頻段的跳頻速率一般在 200 跳/s 以下，目前，新一代的 VHF 跳頻電台的跳頻速率已經大大提高，如法國的 TRC-950 跳速 300 跳/s，PR4G 跳速 400 跳/s。近年來，還出現了跳頻速度在幾千跳/s 的高速跳頻系統。高速跳頻數據系統有非常強的抗干擾能力，而且跳頻頻率駐留時間短，可以克服短波嚴重的多徑效應和嚴重衰落的影響，使數據傳輸速率得到較大的提高。

到了 1991 年波斯灣戰爭，美國陸軍及海軍陸戰隊緊急部署近 4000 部 SINCGARS(如圖 2)跳頻無線電機，法國、英國也使用 TRC-950(如圖 3)及 Jaguar-V(如圖 4)跳頻無線電機，有效的藉抗干擾措施保護盟軍正常的通訊，但是多國部隊的跳頻無線電機卻不能完全相容，甚至只能以定頻通訊方式通聯。直到了 1999 年的科索沃戰爭及 2003 年的伊拉克戰爭，多國部隊皆已克服不能相容的缺點，皆普遍採用跳頻技術。

圖 3、TRC-950 跳頻無線電機

圖 4、Jaguar-V 跳頻無線電機



資料來源：<http://www.mem.com.tw/article=1485>



資料來源：<http://www.mem.com.tw/article=25989>

### 三、跳頻展頻通信技術特性

跳頻與傳統的定頻通信方式相較，跳頻通訊具備具較佳抗干擾能力、較低截獲機率、具抗衰落能力、具多址組網能力、易與定頻通訊系統兼容及通訊靈敏度降低<sup>2</sup>等七個主要特性，分述如下：

#### (一)較佳抗干擾能力：

跳頻無線電機抗干擾的原理是打一槍換一個地方的游擊策略，使敵方搞不清我方的跳頻規律，因而具有較佳的抗干擾能力。然而，我方的跳頻指令是個偽隨機亂碼，其週期可長達五年甚至更長的時間。另一方面，跳變的頻率可以達到數千個。因此，敵方若在某一頻率上或某幾個頻率上施放長時間的干擾也無濟於事。

另外，跳頻無線電機的頻率受偽隨機亂碼控制而不斷改變，在每一個頻率的停留時間內，所佔信道的頻寬是很窄的。由於頻率跳變的速率非常快，因而從廣義上來看，跳頻系統又是個展頻系統，事實上，跳頻的頻寬就是頻率的數目與每個頻率所佔信道頻寬的乘積。由展頻通信理論可知，擴展頻寬的好處可以換取更好的信噪比。也就是說，如果擴展了頻寬，就可以在較低的信噪比的情況下，照樣可用相同的信息速率、較小的差錯概率來傳遞信息，甚至在信號被噪音完全淹沒的情況下，也能保持可靠的通信。由此可見，跳頻通信最突出的優點就是抗干擾性佳。

因此，在現今充滿威脅的電子戰環境中，跳頻通訊系統是一種能有效對抗頻率瞄準式干擾；若跳頻頻率數夠多、頻寬夠寬，亦能對抗寬頻帶阻塞式干擾；若跳頻速率夠高，更可有效地躲避頻率跟蹤式干擾。

#### (二)較低截獲機率：

基於載波頻率的快速跳變，將使敵方難以截獲訊號；即時敵方截獲了部分載波頻率，由於跳頻邏輯仍具有偽隨機特性，敵方也無法預測跳頻無線電機將要跳變到哪個頻率，所以敵方很難有效截獲到通訊訊息。

#### (三)抗衰落能力：

因為頻率的快速跳變，將具有頻率分集的效果，只要跳變的頻率間隔大於衰落通道的相對頻帶較寬，且跳頻時序寬度又很短，對於一般的頻率選擇時變性衰落通道而言，跳頻通訊系統就具有足夠的抗衰落能力。

#### (四)頻率利用率高：

由於頻率資源十分寶貴，因此，提高頻率利用率也是現代通信的基本要求之一。

跳頻通信可以利用不同的跳頻圖案或時序，可構成跳頻分碼多工系統，在一定頻寬內容納入多個跳頻通信系統同時工作，達到頻譜資源共享的目的，從而大大提高頻譜利用率。

---

<sup>2</sup>林俊霖，突破不相容瓶頸跳頻無線通訊開花結果，  
[http://www.mem.com.tw/article\\_content.asp?sn=0807300014](http://www.mem.com.tw/article_content.asp?sn=0807300014)，桃園，2008，第3~4頁。

### (五)易於實現分碼多址：

多址通信是指許多用戶組成一個通信網，網內任何兩個用戶都可達成通信，並且對用戶同時通信時又互不干擾。

應用跳頻通信可很容易地組成這樣一個多址通信網。網內各用戶都被賦予一個互不相同的地址碼，這個地址碼就像電話號碼。每個用戶只能收到其他用戶按其地址碼發來的信號才可判別出是有用信號，對其他用戶發來的信號，則不會被解調出來。

### (六)易與定頻通訊系統兼容：

從廣義角度而言，跳頻通訊系統是一種寬帶系統；從狹義角度看，其屬於一種瞬間窄頻帶系統；跳頻通訊系統亦可以固定的頻率通訊，所以能與普通傳統式的定頻無線電機通聯。

### (七)通訊靈敏度降低：

基於受到跳頻通訊系統本身通道切換時間變換、跳頻同步誤差損失、接收濾波器失真等因素的影響，跳頻通訊系統的訊號靈敏度會比定頻通訊來得低，一般而言，通常是差 3dB 左右。

## 參、國軍與共軍跳頻無線電機比較

目前國軍裝甲部隊所使用的跳頻無線電機<sup>3</sup>，大致上可分為背負型及車裝型兩大類共軍大致相同，下面就兩軍跳頻無線電機的技術特性<sup>4</sup>實施比較，藉由比較狀況，探討國軍未來跳頻無線電機精進發展之方向。

### 一、背負型跳頻無線電機比較

共軍所研發的 PRC-2188 背負型無線電機為新一代超短波跳頻抗干擾通信機，可提供單兵進行話音通信和數據傳輸。該無線電機能夠有效地實現定頻通信、定頻加密通信、跳頻通信及跳頻加密通信。此外該通信機能夠有效地保障在電磁干擾環境下迅速、準確、可靠的通信聯絡，滿足機械化部隊和軍隊現代化作戰的需要。

圖 5、國軍 CS/PRC-37C 跳頻無線電機 圖 6、共軍 PRC-2188 跳頻無線電機



資料來源：作者自行拍攝



資料來源：<http://www.cnweapon.com/article=5335>

<sup>3</sup>張弘毅，陸軍 CM11/12 戰車操作手冊(第 2 版)，陸軍司令部，民 103 年，第 4-1 頁。

<sup>4</sup>詹凱驊，陸軍 37 系列跳頻無線電機操作手冊，陸軍司令部，民 100 年，第 1-2~1-3 頁。

表 1、國軍與共軍背負型跳頻無線電機比較表

	國軍	共軍
品名程式	CS/PRC-37C	PRC-2188
頻率範圍	30.000~87.975MHz	30.000~87.975MHz
波道間隔	25KHz	25KHz
波道數	2320	2320
預置波道數量	8 組	10 組
電源電壓	11~15.8VDC	14.4VDC
發射功率	低功率：0.01W 中功率：0.5W 高功率：5W	小功率：1W 大功率：10W
發射距離	低功率：500 公尺 中功率：5 公里 高功率：15 公里	小功率：10 公里 大功率：30 公里
跳頻速率	300 次/秒	500 次/秒
數據傳輸	75/150/300/600/1.2K/2.4K /4.8K/9.6K/19.2K(BPS)	75/150/300/600/1.2K/2.4K /4.8K/9.6K/19.2K(BPS)
外型尺寸	243*87*366(含電池)	210*78*285(含電池)
重量	7.5 公斤	4.1 公斤

資料來源：作者自行整理製作

## 二、車裝型跳頻無線電機比較

共軍所生產的 VRC-2189 車裝無線電機是新一代超短波跳頻抗干擾通信機，可安裝在共軍坦克、裝甲車、砲兵自行武器、武裝直升機以及海軍艦艇上，進行話音通信和數據傳輸。該無線電機能夠有效地實現定頻通信、定頻加密通信、跳頻通信及跳頻加密通信。此外該通信機能夠有效地保障在電磁干擾環境下迅速、準確、可靠的通信聯絡，滿足機械化部隊和軍隊現代化作戰的需要。

圖 7、CS/VRC-191C 跳頻無線電機



資料來源：作者自行拍攝

圖 8、VRC-2189 跳頻無線電機



資料來源：<http://www.cnweapon.com/article/=4354>

表 2、國軍與共軍車裝型跳頻無線電機比較表

	國軍	共軍
品名程式	CS/VRC-191C	VRC-2189
頻率範圍	30.000~87.975MHz	30.000~87.975MHz
波道間隔	25KHz	25KHz
波道數	2320	2320
預置波道數量	8 組	10 組
電源電壓	24~28VDC	26VDC
發射功率	低功率：0.01W 中功率：0.5W 高功率：5W 50W 功率：50W	小功率：1W 中功率：10W 大功率：50W
發射距離	低功率：500 公尺 中功率：5 公里 高功率：15 公里 50W 功率：50 公里	小功率：10 公里 中功率：30 公里 大功率：50 公里
跳頻速率	300 次/秒	500 次/秒
數據傳輸	75/150/300/600/1.2K/2.4K /4.8K/9.6K/19.2K(BPS)	75/150/300/600/1.2K/2.4K /4.8K/9.6K/19.2K(BPS)
外型尺寸	404*231*352(含電池)	270*260*220(含電池)
重量	26.6 公斤	17.5 公斤

資料來源：作者自行整理製作

#### 肆、國軍跳頻無線電機精進之建議

##### 一、擴大頻率範圍

頻率範圍是指跳頻通訊系統工作的頻段，也就是當下這個時隙到下一個時隙間頻率變換最大的範圍；通常軍用陸空協同通訊頻段為 30~88MHz、民航機與軍航機通訊頻段為 108~156MHz、海空協同通訊頻段為 156~174MHz。

目前我國軍使用頻段為 30~87.975MHz(50~56MHz 及 76MHz~90MHz 將釋出商用)，所涵蓋的頻段範圍非常狹小，然而近年來各國所推出的跳頻無線電機幾乎都具有全頻段跳頻能力，所以頻率範圍越大代表下一瞬間載波頻率變動的範圍也越大，抵抗寬帶或部分頻帶干擾的能力也越強，干擾方也就越不容易偵測或干擾，所以最好能在整個工作頻率範圍內進行頻率跳變。

## 二、提高跳頻速率

跳頻速率是指跳頻無線電機載波頻率跳變的速率，通常以每秒鐘載波頻率跳變的次數表示，如 hops/sec。

跳頻速率與抗跟蹤式干擾的能力有相關。跳頻速率越高，其抗跟蹤式干擾的能力就越強。跳頻速率會受到通訊通道與電子元件工藝水平的限制，通常，在高頻 (HF) 頻段，跳頻速率一般在 50hops/s 以下，在特高頻(VHF) 頻段，跳頻速率一般在 100~2,000hops/s 之間，低速跳頻在 100hops/s 以內，中速 100~1,000hops/s、高速將大於 1,000hops/s，工作於更高頻段的跳頻系統，如易利信 (Ericsson) 通訊所推出的藍牙技術，工作在工業、科學、醫療(Industrial Scientific Medical, ISM) 頻段，亦即 902~928、2,400~2,483、5,725~5,850MHz，跳頻速率為 1,600 餘跳，另美國聯合戰術情報分配系統 (Joint Tactical Information Distribution System, JTIDS)，工作在 L 波段 (1G~2GHz)，跳頻速率高達 76,923hops/s。

## 三、研發手持式跳頻無線電機

目前國軍手持式無線電機僅有 HR-93 無線電機，由於 HR-93 無線電機工作方式為定頻通信，並無法與 37C 系列跳頻無線電機跳頻模式實施通聯，這樣結果造成要與 HP-93 通聯時，37C 跳頻無線電機只能切換至定頻模式，因此容易遭受通信上的干擾及截收等通信攻擊進而影響通信安全，然而共軍新一代手持無線電機「1187A 型手持式超短波跳頻無線電機」(如圖 10，技術特性如表 3) 已具備跳頻通信功能，因此建議國軍能迅速研發新式手持跳頻無線電機並量產撥發至部隊使用，以彌補通信安全上的不足。

圖 9、國軍 HR-93 手持式無線電機



資料來源：作者自行拍攝

圖 10、共軍 1187A 手持式跳頻無線電機



資料來源：<http://www.cnweapon.com/article=75653>

表 3、共軍手持式超短波跳頻無線電機技術特性

品名程式	共軍 PRC-1187A 型手持式超短波跳頻無線電機
頻率範圍	30~87.975MHz
信道間隔	25KHZ
存儲信道數	10
供電電壓	鋰電池 7.2V
外型尺寸	65×180×50(毫米)
重量	0.6 公斤 (含電池)
載波功率	大功率：2W 小功率：0.5W
通信距離	大功率：15 公里 小功率：5 公里
跳頻速率	500 次 /秒
數傳速率	75/150/300/600/1.2K/2.4K/4.8K/9.6K/19.2K(BPS)

#### 伍、結論

跳頻技術目前正處於不斷發展的階段，世界各國競相研究跳頻技術和研發跳頻無線電裝備，目前已研製出種類繁多的跳頻無線電機，然而跳頻無線電機的抗干擾性佳、隱蔽性好等突出優點使得跳頻技術具有良好的發展前景。

在軍事科技發展趨勢下，美國和其它國家都在加緊研究數位跳頻自適應通信技術，利用現代高速發展的微處理和計算機技術，提高了跳頻無線電機的抗干擾性和可靠性。在複雜電磁對抗環境中，運用跳頻無線電機組成通信網是抗干擾的重要方法之一，因此跳頻技術是通信中極具發展潛力的一個領域，在未來軍事通信上將扮演重要的角色，滿足了現代軍事上對通信聯絡隱蔽性和保密性的要求。

## 參考文獻

- 一、陳國基，戰車車裝通信 37A 跳頻無線電機操作程序，裝甲兵學術季刊 209 期，97 年。
- 二、林俊霖，突破不相容瓶頸跳頻無線通訊開花結果，[http://www.mem.com.tw/article\\_content.asp?sn=0807300014](http://www.mem.com.tw/article_content.asp?sn=0807300014)，桃園，2008。
- 三、張弘叡，陸軍 CM11/12 戰車操作手冊(第 2 版)，陸軍司令部，民 103 年。
- 四、詹凱驊，陸軍 37 系列跳頻無線電機操作手冊，陸軍司令部，民 100 年。

## 筆者簡介



姓名：許弘達

級職：士官長教官

學歷：陸軍高中 92 年班、陸軍通校士官高班 95 年班、陸軍專校士官長正規班 98 年班、陸軍專校連士官長督導長班 99 年班。

經歷：曾任組長、副排長、連士官督導長，現任陸軍裝訓部總教官室通信組教官。

電子信箱：軍網：hongda52099@webmail.mil.tw