

野戰防空運用無源雷達作戰效益之探討

作者：許正一

提要

- 一、國軍陸軍現役防空武器系統，均為採有源雷達系統構型之防空預警雷達系統，然因其功能運作所散發出的輻射源，可能成為敵反輻射武器攻擊的弱點，即使具有多重防護措施，未來國軍面對中共反輻射武器攻擊時，亦是一大隱憂與威脅，可能導致防空作戰中喪失指管能力。
- 二、無源雷達系統（亦稱為被動雷達系統）具備靈敏度極高的天線和接收機裝置，是一種不用發射機發射能量，而靠接受目標物本體或他源反射微波能量，以探測目標物的雷達系統構型。
- 三、無源雷達系統運用原理：（一）運用被探測目標自身之輻射源；（二）運用鄰近區域所發射之輻射源；（三）運用系統發射站之輻射源。
- 四、目前共軍 DWL002 無源雷達系統具備以下特性：一、隱蔽性好；二、探測距離遠；三、抗干擾能力強；四、機動性佳；五、工作頻帶寬；六、信號處理器能力強；七、定位精確度高。
- 五、國軍陸軍現役野戰防空武器系統計有樅樹、復仇者及雙聯裝刺針飛彈武器系統等 3 類；另預警雷達系統計有樅樹飛彈系統配賦萊茲雷達系統、復仇者飛彈系統配賦蜂眼雷達系統（PODARS Array Radar Set）、雙聯裝刺針飛彈武器系統配賦 PSTAR（Portable Search Target Acquisition Radar）雷達系統，擔任我國低空防禦作戰任務。

關鍵詞：有源、無源、雷達、防空、飛彈導引

前言

近期越南公開了自捷克引進的維拉系列無源雷達系統（圖一），引起了各方的關注，維拉系列雷達系統構型是具備相當優異反制隱形戰機能力之無源雷達系統，中共當年也曾計畫引進此種雷達系統，但最終礙於國際政治因素未能成行，不過卻未因此而阻止中共發展無源雷達系統的決心，根據相關展會及媒體報導資訊來看，中共已發展出一系列的無源雷達系統，並且與現有的防空系統相結合，形成了綜合防空體系，大幅度提升防空作戰效能。

國軍陸軍現役防空武器系統，均係採有源雷達系統構型之防空預警雷達系統，然因其功能運作所散發出的輻射源，可能成為敵反輻射武器攻擊的致命傷，即使具有多重防護措施，未來國軍面對中共反輻射武器攻擊時，亦是一大隱憂與威脅，甚至使國軍在防空作戰指管上喪失指管能力。

另大陸第五代隱形戰機服役後，為周邊各方帶來沉重空防壓力，國軍目前

整合整體雷達系統，將 X 波段長程預警雷達、C 波段的愛國者及天弓雷達系統、鷹式飛彈雷達系統及民航雷達等所有系統進行整合以應對殲 - 20；此外，中科院也正在研發無源雷達，利用殲 - 20 航跡必然會干擾天空背景輻射的原理來找出殲 - 20。¹故在反雷達系統技術發展有成的狀況下，如何在作戰過程中，取得制電磁權與制空權，並確保我防空預警雷達系統應有之作戰效能，可為吾人思考之課題。筆者即藉由中共無源雷達系統發展的概況，以敵為師，探討無源雷達系統在防空作戰上之作戰效益與價值。



圖一 「維拉 - E」雷達系統 (VERA - E)



圖二 塔馬拉雷達系統

資料來源：圖一引自《詹氏雷達及電子戰系統年鑑》，08-Oct-2009，<http://10.22.155.6:80>，106.11.12。圖二引自http://mil.huanqiu.com/world/2008-11/269617_4.html，106.11.14。

無源雷達系統源起與運用原理說明

傳統雷達系統原理是藉由雷達系統自身發射機輻射電磁波，當電磁波接觸到目標之後會產生反射效果，而雷達系統接收器接收到反射信號後，即可運用具備強大運算能力的信號處理機，計算出目標的相關資訊。無源雷達系統（亦稱為被動雷達系統）具備靈敏度極高的天線和接收機裝置，是一種不用發射機發射能量而靠接受目標物本體或他源反射微波能量，以探測目標物的雷達系統構型。²

一、無源雷達系統的源起

無源雷達系統的運用概念，源起於 1935 年英國人「羅伯特·瓦特」發現可利用英國廣播公司所發射的短波射頻，偵測到 10 公里外的英國轟炸機；另於二次世界大戰中，德國也曾實驗過「克萊思·海德堡」(Kleine Heidelberg) 防空預警雷達系統，但受限於當時雷達系統的信號處理機功能發展未臻完善，故無法

¹ 張國威，〈我天弓不如 S - 400 對付殲 - 20 沒轍〉《旺報》（臺北），<http://www.gpwd.mnd.mil.tw/Publish.aspx?cnid=716>，民國 107 年 3 月 23 日。

² 胡來招，《無源定位》（北京：國防工業出版社），民國 93 年，頁 1。

精確的計算出目標情資。第一代無源雷達系統為 1960 年代所誕生的科帕奇雷達系統；第二代為 1970 年代中期所發展的拉莫那雷達系統，此時的拉莫那雷達系統性能已較第一代的科帕奇雷達系統進步許多；第三代為 1980 年代誕生的塔馬拉雷達系統（圖二），塔馬拉雷達系統已具有高效率的信號處理機及現代電子設備，³能於 500 公里半徑範圍內同時追蹤 70 個目標，含空中的隱形飛機及地面上的有源雷達系統。⁴

二、無源雷達系統的運用原理

雷達系統運作的核心功能，主要是利用電磁波來探測目標的情資。傳統雷達系統是依靠自身定向輻射電磁波，照射空中目標進行探測、定位與追蹤等軍事作為，此類雷達系統通稱為有源雷達系統（主動雷達系統）。無源雷達系統（被動雷達系統）是自身不發射電磁波，而是借助外部非協同式⁵的輻射源來進行探測與定位，因此無源雷達系統具有抗干擾、不易被敵偵測與摧毀之特性，功能特性分述如次。⁶

（一）運用被探測目標自身之輻射源：若被探測目標本身就是輻射源或是攜帶輻射源的狀況下，無源雷達系統即可利用探測目標自身輻射的電磁波進行探測和追蹤，自身輻射波來源可能來自飛機上的雷達系統裝置、通信器、答詢器、有源干擾機等電子設備。但若是目標物實施良好的輻射波管制時，縱使雷達系統具備靈敏的接收機裝置，亦無法發現目標信號，此為該型雷達系統之致命傷。

（二）運用鄰近區域所發射之輻射源：此類無源雷達系統工作原理即是透過接收機接收來自外部的非協同輻射源⁷（第三方）的直射波，照射目標後形成的反射波，經信號處理器計算目標訊息並消除無用信號與干擾，完成對目標的探測、定位與追蹤等軍事作為。

（三）運用系統發射站之輻射源：將發射站與接收站分別布署於不同地區工作，可保護並維持接收站持續訊號接收工作，通常會將發射站部署於遠離前線、隱蔽的後方，此種部署方式，可降低發射站遭敵反輻射武器攻擊之可能，增加其戰場存活率，此種系統功能運作、設計與戰術運用模式，可謂介於有源雷達系統與無源雷達系統特性之間，筆者將其歸納為「類無源雷達系統」，另亦

³防空預警雷達系統，運用發射機將能量強大的高頻信號輻射至空中，藉由輻射波反射信號定位空中目標之方位，而當反射波信號自空中四面八方湧進雷達系統接收器時，除須藉由信號處理氣強大的運算功能加以計算目標物的方位及速度等資料外，更須濾除無謂的雜質訊號，以節省雷達系統資源及提升作戰運用判斷效益。

⁴樂俊淮，〈雷達系統怪傑捷克維拉宣告隱形並非無敵〉，<http://news.xinhuanet.com/mil/2005-03/08/content-2667795.htm>，民國 106 年 8 月 28 日。

⁵非協同式，即是外部訊號源產生與內部接收機接收之相對過程，並非統一由中樞主控系統指揮，而是各自獨立運作，故依此非協同式原理，接收機接收外部訊號源時，則相對具有隱密性。

⁶〈隱形飛機能隱身多久〉，pc.yzdown.com/hot/science/military/2002/011.htm，106 年 8 月 28 日。

⁷同前註 3。

有文獻定義此構型為雙基雷達系統或多基雷達系統。⁸

中共無源雷達系統發展概況

中共自 70 年代起開始著手研究無源雷達系統構型，當時主要係利用民用廣播信號，對空中目標進行探測和研究，進入 1990 年代後，移動通信技術與設備蓬勃發展，相關研發單位，將研究領域擴展到利用 GSM 等移動通訊系統上，並且設立了研究部門，針對空中目標訊號進行深入實驗，並且為加快自產構型研究發展，又從烏克蘭引進了與維拉系統相近的鎧甲無源雷達系統（圖三），在自產技術與引進技術相輔相成下，為中共爾後無源雷達系統發展奠定了根基，成為催生未來 YLC - 20、YLC - 29 及 DWL002 等無源雷達系統的關鍵因素。⁹



圖三 烏克蘭「鎧甲無源雷達系統」

資料來源：《詹氏國際防衛評論雜誌》，July - 01 - 2000，<http://10.22.155.6:80>，106.11.12。

一、YLC - 20 無源雷達系統

YLC - 20 無源雷達系統是中國電子科技集團研發生產（圖四），又稱為雙站無源測向及定位雷達系統，使用測向及時差定位技術，用於進行目標監視、定位與識別，西元 2006 年 YLC - 20 無源雷達系統首次公開露面，其功能特性係屬典型的無源被動探測系統構型，設計上類似捷克的維拉系列無源雷達系統構型，YLC - 20 無源雷達系統的探測頻率範圍為 0.38 至 12GHz，可以對所有空中目標，不論是快速戰鬥機、慢速預警機或是低空之無人飛行載具，均可進行追蹤監視，¹⁰因其不須由自身本體發射輻射電磁波，不會被敵方電子戰偵察設備反測定位，故反輻射攻擊武器可謂對其是毫無用武之地，另其還具有快速機動作戰特性，可於 1 小時內，全系統機動至戰術位置，完成系統放列撤收。¹¹

⁸劉宴慈，〈從中共飛彈對我防空雷達系統之威脅談無源雷達系統〉《國防雜誌》（桃園），第 25 卷第 1 期，國防大學，民國 99 年 2 月 1 日，頁 136 - 137。

⁹<http://news.qq.com/a/20141109/017229.htm>，106.10.31。

¹⁰同前註 8，

¹¹中共研發部門還在針對美國的隱形戰機進行研究，開發如 YLC - 29 構型的無源雷達系統，它可利用空中目標反射的民用廣播信號，實現對目標實施追蹤與定位的功能，因為隱形戰機會透過無線電管制、不輻射或控制無線電信號方向，使無源雷達系統無法接收無線電信號而失去效能，不過隱形戰機無法控制民間廣播信號，故一樣會因為民間廣播信號照射到機體的反射信號，而被無源雷達系統探測到其目標位置。



圖四 YLC - 20無源雷達系統

資料來源：<http://news.qq.com/a/20141109/017229.htm>，106.10.31。

二、YLC - 29 無源雷達系統

從工作原理來講，YLC - 29 無源雷達系統（圖五）不發射電磁波信號，而是依靠被動接收目標物反射的輻射源信號，來進行目標物定位、追蹤及識別，而所謂「目標物反射的輻射源信號」指的是目標物自身對空探測雷達所發出的，也可以是其他輻射源照射到目標物所反射出來的，例如大量無線電廣播信號、電視台及手機基地台等發射的各種信號。目前，YLC - 29 無源雷達系統係採雙（多）基構型，單站亦可作業，除了自身不發射電磁波信號，可提高戰場生存力外，最大的優勢是可利用數量眾多的民用廣播信號作為探測源，¹²因此，YLC - 29 無源雷達系統可以對保持電磁靜默的目標進行定位、追蹤與識別，系統能力可同時對 200 批以上的目標實施探測，覆蓋範圍達 4 萬平方公里，對雷達反射截面積為 3~5 平方公尺的空中目標，探測距離可達 200 公里，另其亦具備快速與高機動性的作戰反應能力，能夠將其大口徑的雷達天線，於 20 分鐘內完成陣地撤收與放列，以因應戰場上瞬息萬變的作戰需求。¹³



圖五 YLC - 29無源雷達系統

資料來源：<http://news.qq.com/a/20141109/017229.htm>，106.10.31。

三、DWL002 無源雷達系統

在 YLC - 20 無源雷達系統的基礎上，中共又發展性能更優異的 DWL002 無

¹²據統計，全世界目前有上萬個各類廣播信號台和電視台，可提供充足的 50 - 800 兆赫的調頻廣播信號。

¹³<http://m.thepaper.cn/newsDetail-forward-1735752>，106.12.5。

源雷達系統（圖六），採用更先進的獨立脈衝信號處理機，可精確分析各種電磁輻射信號，並進行指紋式識別（Finger Printing），包括可對兩部同一型號的發射器各自發射的同類型信號，都可精確分析脈衝寬度內的信號特徵。¹⁴相比之下，傳統的情報監測系統，通常僅針對脈衝信號的脈衝寬度、間隔及重複頻率等參數，故只要掌握這些參數，就可以對這類信號源實施有效的電子干擾，而不需要做到區分同類型脈衝發射器所各自發射的同類信號。

DWL002 無源雷達系統係屬「多基」構型，¹⁵在該系統完成布署後，每個工作站都可以透過 GPS 或者其他衛星定位系統知道自身的空間位置，並得到與其他站之間的相對位置參數，如果目標發射或反射電磁波，多個工作站都會監測到電磁波信號，透過計算電磁波信號到達各站的時間差，即可計算出輻射源與各站的距離差。當然，該系統也可以和有源雷達系統相結合運用，如以雙基或多基方式布署無源和有源雷達系統，當外界電磁波輻射不存在或無法利用時，利用無源雷達系統接收己方有源雷達系統的直射信號與目標的反射信號，對目標進行探測，如此既可發揮無源雷達系統的隱蔽性，又可增強有源雷達系統的利用率。綜上所述，該構型無源雷達系統具備以下特性：一、隱蔽性好；二、探測距離遠；三、抗干擾能力強；四、機動性佳；五、工作頻帶寬；六、信號處理器能力強；七、定位精確度高。



圖六 DWL002無源雷達系統

資料來源：<http://www.twword.com/wiki/DWL002%E8%A2%AB%E5%8B%95%E6%8E%A2%E6%B8%AC%E9%9B%B7%E9%81%94%E7%B3%BB%E7%B5%B1>，106.10.31。

國軍陸軍野戰防空武器暨雷達系統發展概況

國軍陸軍現役野戰防空武器系統計有槲樹、復仇者配置於及雙聯裝刺針飛

¹⁴其工作原理，因為標準的方波脈衝、三角波脈衝等都只在理論上存在，而實際的脈衝形狀受到電子元件工藝及製造質量的影響，即使同一型號的脈衝發射器之間也都會有些微的差異，而 DWL002 無源雷達系統就可針對這些差異進行分析，精確定位目標物的情資。

¹⁵DWL002 無源雷達系統可依據其作戰任務，區分為雙基式、三基式或多基式，如果欲完成二維定位（例如對地面或水面目標），則至少需要 3 個偵察接收站來實施聯合探測，各個偵察接收站之間的距離，最大可達 50 公里，運用微波通信系統，使各站之間的訊息得以互相傳遞。

彈武器系統等 3 類，擔任低空防禦作戰任務；另預警雷達系統，樅樹飛彈系統配賦萊茲雷達系統、復仇者飛彈系統配賦蜂眼雷達系統(PODARS Array Radar Set)、雙聯裝刺針飛彈武器系統配賦 PSTAR (Portable Search Target Acquisition Radar) 雷達系統，期能早期獲得敵航空器進襲情資，發揮防空預警功能，進而發揚武器系統火力。各武器系統單元(含雷達系統)介紹及說明，分述如次。

一、樅樹飛彈系統

樅樹飛彈系統(Chaparral Guide Missile system)自走式地對空飛彈系統，使用 MIM-72 系列飛彈(圖七)，載具為 M730 履帶車，1969 年進入美國陸軍服役，於 1990 年到 1998 年間陸續撥交國民兵使用。樅樹飛彈系統由飛彈、發射站及履帶車 3 大部分組成，¹⁶雖然裝備已成軍使用多年，逐漸面臨消失性商源及老舊等問題，但透過國軍精良的人員訓練與裝備維保等作為，歷年三軍精準彈藥實彈射擊仍締造極高命中率之佳績。萊茲雷達系統主要係偵測低空飛行器(圖八)，並透過敵我識別器實施目標物識別(區分敵機、友機或不明機)，將訊息以無線電傳送方式傳遞至樅樹飛彈系統內，以利操作手掌握當前的空中預警情資，先期實施追蹤監視、敵情判斷並實施威脅評估，以利防空作戰任務遂行。¹⁷

二、復仇者飛彈系統

復仇者防空武器系統(Avenger Air Defense Weapon System)(圖九)，主要以攻擊敵人具威脅性之低空無人飛行載具、高速定翼機及旋翼機等航空器為目的，並具有輕便、全天候(日／夜間)與不良天候限制狀況下均可實施作戰的防空飛彈武器射擊系統。復仇者飛彈系統飛彈塔具有全方位轉動的能力，利用裝載於悍馬車上的陀螺儀穩定系統，使射手能夠於行進間鎖定目標並發射飛彈，或是將復仇者置於一定點位置，然後使用遠端控制系統實施射擊操作，以提高人員戰場存活率，復仇者飛彈系統所配附的武器系統包含二個飛彈發射架以及一挺 M3P 式五〇同軸機槍。¹⁸

蜂眼系統是由蜂眼雷達系統(PODARS Array Radar Set)(圖十)、蜂眼指揮管制中心及美製復仇者火力單元(Avenger)共同組成一個以連級為單位的戰鬥體系。全系統皆屬車載式武器裝備，機動力強、作戰半徑大、作戰幅員廣，符合陸軍野戰防空部隊使用之短程低空防空武器。蜂眼雷達系統屬三維(方向、距離、高度)雷達系統能偵追空域範圍內之定翼機、旋翼機、無人載具及巡弋飛彈，並將空中目標動態即時傳遞至蜂管中心供指揮所人員運用。蜂管中心向上連接空軍防情系統獲得遠程防空情報，與友軍蜂眼系統通連獲得近程防空情

¹⁶ 〈陸軍樅樹飛彈系統操作手冊〉《桃園：國防部陸軍司令部》，民國 105 年 11 月，頁 1-1~5。

¹⁷ 〈陸軍萊茲雷達系統操作手冊〉《桃園：國防部陸軍司令部》，民國 90 年 10 月，頁 1-1~3。

¹⁸ 《陸軍復仇者飛彈系統操作手冊(第二版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月)，頁 1-1、1-2

報。蜂管中心將獲得的火力分配及目標接戰，透過通信機直接分別對各復仇者防空班下達接戰命令，各復仇者防空班受命後飛彈車會執行「自動射向指引」（Slew To Cue, STC）動作，¹⁹將發射塔射向直接指向空中目標所在位置，射手再透過追瞄程序遂行接戰。²⁰

三、雙聯裝刺針飛彈系統

雙聯裝刺針飛彈系統（圖十一）係一定點、半固定式、低（超低）空之防空武器，採用紅外線熱源對目標實施追蹤，具備射後不理能力，另其模組化結構之設計，使裝備具維修容易、快速與妥善率高之特性。系統主要組件有刺針飛彈總成、俯仰托架總成、飛彈冷卻系統、發射腳架總成、敵我識別系統、瞄準具總成及電池電力系統。²¹

人攜式搜索預警雷達系統（Portable Search Target Acquisition Radar）簡稱PSTAR 預警雷達系統（圖十二），為美國洛克希德馬丁公司於 1988 年生長的二維預警雷達系統，提供偵蒐空域範圍內之空中目標位置（方向、距離）予地面短程防空武器使用。²²陸軍於 2003 年自美引進多部，運用於野戰防空任務。

PSTAR 預警雷達系統搭配雙聯裝刺針飛彈和雷情顯示器，構成完整的人攜式短程防空系統。PSTAR 預警雷達系統是由 6 大組件組成，平時各裝備分別儲存於各自的攜行箱。如需執戰備、演習及訓練任務時，由操作手自各攜行箱中取出裝備後，再行合力組裝成一套完整的雷達系統作業系統，不用時再拆卸各組件後置回攜行箱。

PSTAR 預警雷達系統負責偵蒐作戰地區內空中目標（定翼機、旋翼機），並將偵測到的目標情資用 37C 無線電機以廣播方式向外發射訊息。雙聯裝刺針飛彈班用 37C 無線電機接收，再顯示於雷情顯示器畫面上。防空班長觀看顯示器畫面後，研判空中目標未來走向，對射手下達接戰命令，射手即轉動發射架開始追瞄目標遂行接戰。PSTAR 預警雷達系統僅做目標的偵蒐而無作戰指揮管制功能，簡單說雷達系統只要將目標告知防空班後，任務就算結束，後續所有接戰動作皆由防空班獨立完成。²³

¹⁹復仇者飛彈車具「自動射向指引」功能，中科院在研發蜂眼系統時，為能與飛彈車自動射向指引功能相銜接，有效發揮其作戰功能，於是在飛彈車中加裝「火力整合次系統」，負責將蜂管中心傳來的目標訊息與復仇者陣地位置，經過反覆計算求出空中目標正確位置後，復仇者飛彈車即自行轉動發射塔將射擊方向指向目標，再由射手依接戰程序追瞄目標遂行接戰。

²⁰《陸軍野戰防空蜂眼雷達系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月 24 日），頁 1-1。

²¹《雙聯裝刺針飛彈操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 96 年 6 月），頁 1-1~1-3。

²²《PSTAR 預警雷達系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 92 年 10 月 16 日），頁 1-1~4。

²³韓昌運，〈蜂眼雷達系統取代人攜式雷達系統可行性研究〉《砲兵季刊》（臺南），民國 104 年 6 月，第 169 期，頁 26。



圖七 柳樹飛彈系統



圖八 萊茲雷達系統



圖九 復仇者飛彈系統



圖十 蜂眼雷達系統



圖十一 雙聯裝刺針飛彈系統



圖十二 PSTAR 預警雷達系統

資料來源：圖七至圖十二為作者自行拍攝整理製作

四、小結

國軍陸軍現行野戰防空武器系統所搭配之預警雷達系統，其構型與運用原理皆屬有源雷達系統類型，故一旦戰爭發起，勢必須承受敵反輻射飛彈攻擊等電子戰手段，屆時很可能因此失去雷達系統早期預警之功能，而陷入僅能單兵運用紅外線武器特性實施獨立作戰，而使防空戰力發揮大打折扣，效益分析說明如表一。

針對此一未來防空武器作戰運用上可能面臨之窒礙及隱憂，觀察中科院在過去幾年間，已配合歐美的軍事科技發展趨勢，進行「收發分離多基雷達」的研發工作，此型雷達即為無源雷達構型，將可結合相列雷達，構成主動、被動的多基架構雷達，放大不明飛行物的雷達截面積，進而持續追蹤、鎖定。中科院現已完成 2 套「收發分離多基雷達」系統（圖十三），並於 107 年進行先期測試評估，若未來各項測評數據均符合研發預期及作戰需求，將可大幅提升國軍防空武器系統戰力。²⁴

表一 野戰防空武器系統各型雷達系統介紹與分析

裝備名稱	萊茲雷達系統	PODARS 蜂眼雷達系統	PSATR 雷達系統
所屬系統	懈樹武器系統	復仇者武器系統	雙聯裝武器系統
飛彈種類	懈樹飛彈	刺針飛彈	刺針飛彈
構型	有輻射源（主動型）	有輻射源（主動型）	有輻射源（主動型）
小結	綜觀國軍現役野戰防空武器系統所配賦雷達系統，均採用有源雷達系統（主動式），運作過程須朝向目標物發射輻射源，現階段應變作為不外乎採取雷達系統關機，或實施射頻管制（僅開放有限度頻道，供測試、教育與訓練之用，保留戰備頻道，避免射頻頻譜遭敵偵蒐破解），故除非已具備優異反制能力或提升電子戰防護能力（輻射管制）外，屆時戰爭一旦爆發，必定首先成為敵反輻射武器精準攻擊目標，而喪失作戰能力。		

資料來源：作者自行整理



圖十三 中科院自主研發無源雷達

資料來源：<http://www.gpwd.mnd.mil.tw/Publish.aspx?cnid=716>，民國107年5月13日。

²⁴羅添斌，〈多基雷達 抓得住共軍匿蹤戰機〉《自由時報》（臺北），<http://www.gpwd.mnd.mil.tw/Publish.aspx?cnid=716>，民國 107 年 5 月 13 日。

野戰防空武器暨雷達系統運用效益與未來發展建議

一、運用效益

（一）飛彈武器系統（單兵）獨立作戰

刺針飛彈乃為紅外線導引飛彈，具有被動尋標、自動導向與射後不理之三大特性，所謂「被動尋標」係指飛彈尋標器的鎖定因子為目標物所散發的熱源，攻擊方（飛彈尋標器）僅能被動的等待被攻擊方提供鎖定因子（目標物熱源）。空中的任何航空器為了提升其飛行性能，都得依賴效能極大的動力引擎，因此相對的也會產生極高的溫度，紅外線導引飛彈主要就是依據這個理論所研製出來的，因為航空器引擎會產生極高的溫度，只要讓飛彈尋標器感應的到目標因高溫而產生的紅外線波長，就可以鎖住目標，這就是被動尋標的意思。然相對的，若目標溫度不足，飛彈尋標器也就無法鎖定目標。

其次，自動導向與射後不理之特性有連帶關係，紅外線導引飛彈靠的就是追蹤目標的熱源，目標熱源往哪個方向移動，飛彈就跟著往哪個方向移動，飛彈本身與發射載台並無提供操作人員可以控制飛彈飛行的裝置，因此只要將飛彈擊發出去，飛彈本身就依自身科技所賦予的特性，不受任何控制的往熱源飛行而去，這就是自動導向與射後不理的原理。²⁵故即便戰鬥序列裝備並無配屬防空預警雷達系統，實施指揮管制與目標接戰導引，戰術運用上仍可遂行單兵獨立戰鬥，達到防空火力發揚之目的，惟效果會大打折扣。

（二）飛彈武器與預警雷達系統聯合作戰

以現行野戰防空武器系統而言，均輔以預警雷達系統遂行早期之目標追蹤及監測，以期達到禦敵機先之目的。以復仇者飛彈系統所配賦之蜂眼雷達系統聯合運用為例分析，復仇者飛彈系統是一種短程防空飛彈，利用飛彈上的紅外線尋標器（IR Seeker）偵追目標，導引飛彈。紅外線尋標器是一種被動式的感應器，感測距離易受天氣、雲層高度、空氣中 CO₂濃度及水汽濃度影響而大幅變化。在天氣晴朗或空中水汽稀薄時，其對目標的感應距離可達 12 公里；當天氣不好時，對目標的感應距離會縮短，嚴重影響到復仇者飛彈的攔截距離。

另依據美國海軍陸戰隊的模擬測試分析指出，復仇者飛彈系統在有雷達及指管系統支援下執行接戰，命中成功率可提高。整合指管系統及雷達三維資訊，可提供武器載台對目標方向及仰角導引，提供戰場覺知及自動指引功能，亦可提升作戰效益。²⁶

蜂眼雷達系統具有完整之自動化作戰指管功能，從防空警報、戰備狀況、

²⁵楊培毅，〈提升本軍野戰防空實彈射擊安全之作為－以刺針飛彈為例〉《砲兵季刊》（臺南），第 168 期，砲訓部，民國 104 年 2 月，頁 46。

²⁶雷神公司，〈強化中華民國短程防空建議〉，民國 92 年商情簡報資料，P28－34。

裝備連線狀態、目標分配、火力單元接戰情形等各項作戰指管命令，均以按鍵下達，或文字自動顯示各種訊息，提示指揮官當前部隊狀況，在作戰指管功能上可達自動化作業之目標，克服語音通信方式下達各種指管命令所造成之不便。同時具備自動威脅評估及目標分配能力，適時建議指揮官決心下達，即便遭遇敵以多批多架次多方向之飽和攻擊時，仍不致造成指管混亂之情況，故系統具備人工接戰與自動接戰兩種指管模式，可自動分配目標或人工介入，以因應戰場之變化。綜前所述，輔以預警雷達系統聯合運用，實可使防空武器火力發揚發揮加乘之效果。²⁷

（三）小結

綜前所述，野戰防空武器系統沒有預警雷達系統輔助，僅利用紅外線武器特性，遂行單兵作戰，雖亦可行，但火力發揚效果卻是大打折扣，然如復仇者飛彈系統，輔以先進蜂眼雷達系統實施聯合作戰運用，雖然提升了戰力的發揮，但亦埋下了遭受敵反輻射武器攻擊之威脅因子，一旦戰爭發生，敵方勢必用盡其電子戰諸般手段，干擾或摧毀我方預警雷達系統，故若能輔以無源雷達系統作為備援手段，²⁸以彌補失去現役有源預警雷達系統時之防空預警罅隙，持恆發揚我野戰防空武器之防空火力，達到嚇阻進犯、殲敵於空中之防空任務。

二、未來發展建議

綜前所述，野戰防空現行雷達系統均係以有源雷達系統構型為主，為彌補戰爭發生時，失去現役有源預警雷達系統時之防空預警罅隙，筆者研擬甲、乙、丙三種方案因應並予以分析比較，敘述如后（綜合分析如表二）。

（一）甲案：不改變現行任何武器系統裝備，僅加強人員單兵作戰訓練，以保失去現役有源預警雷達系統輔助目標監測及導引時，單兵作戰仍可以發揮相同戰力之發揮。

（二）乙案：仍以現行有源雷達系統構型為主，另增加無源雷達系統構型為輔，以因應有源雷達系統構型遭受敵反輻射武器等電子戰手段攻擊時，無源雷達系統構型可接續遂行防空目標早期監測及射向導引之任務，確保防空火力發揚順遂，以達到多重防護之效果。

（三）丙案：將現行有源雷達系統委商研請中研院、中科院或民間廠商等進行構改，轉換為無源雷達系統構型。²⁹

²⁷曹哲維，〈蜂眼雷達系統於野戰防空運用之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 158 期，砲訓部，民國 101 年 10 月，頁 11。

²⁸瑞士於 106 年 11 月所提出之「空防 2030」構想中表示，該國正積極關注被動式雷達不發射電波以偵測目標之系統特性，因其係藉由蒐集包括廣播及電視訊號等民用商用電波的波形，來描繪出目標空域的動態，由於本身並不會發射任何訊號，因此被敵方偵知的可能性微乎其微，乃此一構型雷達的一大優勢，瑞士國防部發言人卡柏馬登表示，該國「空防 2030」專案團隊正積極評估與洽商該構型雷達，有希望將其納為瑞士空防的主要架構一部分。簡文菁、傅台鳳，〈瑞士強化空防屬意被動式雷達〉《青年日報》（臺灣），民國 107 年 5 月 11。

²⁹無源雷達系統仍然有很大的缺陷，飛機上的火控雷達一般是 X 波段，部分武裝直升機甚至使用頻率更高的 Ku

（四）小結：甲案無法滿足未來戰爭電子戰趨勢之需求，人員遂行單兵獨立作戰，可發揚之防空火力效能畢竟有限；另丙案，將現行有源雷達系統構型進行研改，因本體構型功能原理差異甚大，發射機及信號處理器等關鍵組件，研改所需經費及人力成本過大且不易，不符經濟投資效益；故筆者建議採乙案為宜，既可保留現有有源雷達系統構型戰力，又可以無源雷達系統構型補強不足，達到 50%+50%等於 100%之效益，較符合國防經費運用及國土防衛作戰之需求。

表二 因應方案綜合分析比較表

因應方案綜合分析比較表			
擬案 比較因子	甲案	乙案	丙案
所需經費預算	佳	佳	不佳
	不須另外採購、僅需加強人員教育訓練投資經費	不須大量採購，僅需適量補充，經費預算較節省	構改難度高，需投入大量研發與改良經費預算
可否提升戰力	不佳	佳	不佳
	無法滿足未來作戰需求	可滿足未來作戰需求	無法滿足未來作戰需求
執行難易度	佳	佳	不佳
	僅需加強人員教育訓練，可執行性高	僅需適量採購，可執行性高	構改難度高，可執行性低
備考	綜合評估經費預算、執行難易度及戰力可否提升等因子， <u>乙案</u> 較佳，較符合國防經費運用及國土防衛作戰之需求。		

資料來源：作者自行整理繪製

結語

未來台澎地面防衛作戰，面對的必是中共「多批次、多層次；不同方向，同一時間」的不對稱「空襲與反空襲」戰場景況，在中共逐年提升其空中武力，在武器系統「時效、精準、遠距、有效」的三軍全方位聯合立體作戰下，「空間無限寬廣，戰力無遠弗屆，時間急速壓縮，勝負決於頃刻」的境地，³⁰野戰防

或 Ka 等波段，這些火控雷達的發射波束極為狹窄，而且一般是低旁波瓣雷達，換句話說，即使在十分理想的條件下，無源雷達系統相距較遠的兩個接收站，接收到同一部火控雷達信號的可能性並不大，而如果兩個接收站距離太近，時差和角度差測距定位的精度就會受到影響，精度就更值得商榷，甚至現有有源雷達，使用先進的射頻管理，具備掃描速度快、瞬間峰值功率低、頻率變化快和超低旁波瓣等特點，更難被無源雷達系統所截獲，所以無源雷達現有技術，雖有其優點，但亦有缺點待克服，仍無法完全取代有源雷達系統。

³⁰曾祥穎，〈野戰防空於台澎地面防衛作戰中之地位〉《陸軍月刊》（桃園），第41卷第476期，陸軍司令部，民國9

空武器存活率與機動性較中高空飛彈系統高，且掩蔽與隱蔽性良好，對敵空中威脅可發揮防不勝防之奇襲效果。面對中共航空器高科技之發展，有賴我野戰防空部隊自動化發展的建置及短程防空火力之整合，以有效嚇阻敵空襲。當前野戰防空武器（檟樹系統）正值轉型評估之際，依打、裝、編、訓之建軍備戰理念與敵情威脅，思考未來會面臨什麼狀況的防空戰場，而我們需要什麼性能的防空武器與指管雷達系統，始能因應瞬息萬變的戰爭型態，隨著科技的進步，無源雷達系統運用已相當廣泛，諸如反輻射飛彈、巡弋飛彈、無人飛行載具等均屬其應用範圍，其所蘊含的軍事運用價值值得吾人參考與運用。

參考文獻

- 一、胡來招，《無源定位》（北京：國防工業出版社），民國93年。
- 二、向敬成、張明友，《雷達系統》（臺：北五南圖書公司），2004年7月。
- 三、Merrill Skolnik，左群聲等譯，《雷達系統導論》（北京：電子工業出版社），2006年7月。
- 四、丁鷺飛、耿富录，《雷達原理》（西安：西安電子大學出版社），2002年6月。
- 五、劉宴慈，〈從中共飛彈對我防空雷達之威脅談無源雷達系統〉《國防雜誌》（桃園），第25卷第1期，國防大學，2010年2月。
- 六、李秦強，〈被動雷達系統簡介〉，《砲兵季刊》（臺南），第152期，砲訓部，2011年3月20日。
- 七、曹哲維，〈蜂眼雷達系統於野戰防空運用之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第158期，砲訓部，2012年6月20日。
- 八、韓昌運，〈蜂眼雷達系統取代人攜式雷達系統可行性研究〉《砲兵季刊》（臺南），第169期，砲訓部，民國104年6月20日。
- 九、曾祥穎，〈野戰防空於台澎地面防衛作戰中之地位〉《陸軍月刊》（桃園），第41卷第476期，國防部陸軍司令部，民國94年4月。
- 十、樂俊淮，〈雷達系統怪傑捷克維拉宣告隱形並非無敵〉，<http://news.xinhuanet.com/mil/2005-03/08/content-2667795.htm>，民國106年8月。
- 十一、〈隱形飛機能隱身多久〉，pc.yzdown.com/hot/science/military/2002/011.htm，民國106年8月。
- 十二、張國威，〈我天弓不如S-400 對付殲-20沒轍〉，<http://www.gpwd.mnd.mil.tw/Publish.aspx?cnid=716>，民國107年3月。
- 十三、羅添斌，〈多基雷達 抓得住共軍匿蹤戰機〉，<http://www.gpwd.mnd.mil.tw/Publish.aspx?cnid=716>，民國107年5月。

- 十四、雷神公司，〈強化中華民國短程防空建議〉，民國92年商情簡報資料。
- 十五、〈陸軍復仇者飛彈系統操作手冊（第二版）〉（桃園：國防部陸軍司令部），民國99年11月。
- 十六、〈陸軍檳樹飛彈系統操作手冊〉（桃園：國防部陸軍司令部），民國105年11月。
- 十七、〈雙聯裝刺針飛彈操作手冊〉（桃園：國防部陸軍司令部），民國96年6月。
- 十八、〈陸軍野戰防空蜂眼雷達系統操作手冊〉（桃園：國防部陸軍司令部），民國99年11月。
- 十九、〈PSTAR預警雷達系統操作手冊〉（桃園：國防部陸軍司令部），民國92年10月。
- 二十、〈陸軍萊茲雷達系統操作手冊〉（桃園：國防部陸軍司令部），民國90年10月。

作者簡介

許正一少校，中正理工 87 年班、國軍電子戰參謀軍官正規班 96 年班，國防管理學院法研所碩士 95 年班，歷任陸軍砲兵訓練指揮部防空教官組，現任職於國防部軍備局生產製造中心 205 廠工務中心。