

復仇者飛彈系統以射向自動指引功能（STC）

執行精準實彈射擊之研究

作者：楊培毅

提要

- 一、射向自動指引（Slew to Cue, STC）係運用目獲雷達實施空中早期預警，透過數據連接飛彈武器平臺，使其飛彈射向早於敵進襲攻擊之前，能夠自動轉向目標位置以利執行接戰準備。美軍復仇者飛彈系統增加 STC 性能後，能改善人工接戰的缺點，提升 55% 接戰機會及 66% 命中率。
- 二、雷達系統本身功能多而複雜，但都具有一致性的基本功能，如操作頻段、對抗低空快速目標能力、目標速度涵蓋範圍、與追蹤精準度等，以操作頻段而言，國軍蜂眼雷達及美軍哨兵雷達均採用 X 波段的原因在於「高頻率窄波束」的運用，使能量集中在數個波束之中，因此能夠探測與追蹤到遠距離目標，且對目標有極佳的解析度
- 三、雷達於現地部署的效能，常受到地形的影響，而無法獲取完整的空中情資，然實彈場景是將雷達裝備設置在海岸線周邊，更因海岸線地形蜿蜒曲度變化極大，再加上沿岸山崖起伏變化，雷達偵搜效能容易受到地形遮障影響而產生雷達盲區，為消彌雷達偵蒐死界之缺點，雷達站應選擇地形高處且採多重配置的運用方式，將雷達偵搜區域相互重疊，以求空域情資的完整。
- 四、歷年復仇者飛彈系統實彈射擊使用的靶標計有 BATS 靶彈、1/5 縮小靶機與國造 69 式照明彈，為使前述靶標能讓蜂眼雷達穩定獲取其情資，必須再深入探討各個之飛行特性。1/5 縮小靶機可視為空中無人載具（UAV），因在國軍所規劃的射擊場景當中，靶機飛行高度維持於 250 公尺，係屬於極低空的飛行目標，而蜂眼雷達站的設置在海岸線周邊的山頂周邊，朝向水平輻射時，易受海面雜波影響而間斷地失去目標航機蹤跡，故為維持靶機不間斷的空中跡航，可加掛輻射增波器使雷達穩固偵蒐其航跡。
- 五、任何的實彈場景應避免將武器射向朝向人員，飛彈系統亦是如此，當復仇者飛彈系統一旦執行射向自動指引（STC），操作人員暫時失去飛彈塔的操作控制權，直到系統執行轉架完畢，或操作人員強制終止該項功能為止。

關鍵詞：復仇者飛彈系統、射向自動指引、雷達

前言

射向自動指引（Slew to Cue, STC）為先進的射控概念，此概念係以目獲雷達實施空中早期預警，透過數據連接一個或數個飛彈武器平臺，致使其飛彈之射

向更早於敵進襲攻擊之前，能夠自動轉向目標位置以利執行接戰準備。

復仇者飛彈系統於 1980 年由美國陸軍與波音公司共同參與研製而成，在當年堪稱是世界上唯一可實施行進間射擊的陸基防空武器系統（Land-Based Air Defense System），¹復仇者飛彈系統所使用的刺針飛彈，其參戰紀錄可追溯於 1980 年代阿富汗戰爭，而近十年軍事行動中，如 2001 年的 911 攻擊事件期間及波灣戰爭中，美軍均部署復仇者飛彈系統。²美軍復仇者飛彈系統於 1999 年開始搭配哨兵雷達（圖一），藉以增加自動射向指引功能，為美陸軍戰鬥前緣防空體系（Forward Area Air Defense, FAAD）增加接戰效能，³依現有研究資料顯示，美軍復仇者飛彈系統在增加 STC 性能後，能改善人工接戰的缺點，更提升 55% 之接戰機會與 66% 之命中率。⁴

國軍與中科院合作研發與哨兵雷達同等級的「點防禦相列雷達系統」（Point Defense Array Radar System, PODARS）及指管系統，並與復仇者飛彈系統整併，稱之為「蜂眼短程防空系統」（圖二），於 2015 年完成全軍部署與運用，在 2017 年的三軍聯合精準實彈射擊操演中，首度將射向自動指引（STC）功能結合復仇者飛彈系統進行實彈射擊，成功驗證射向自動指引之接戰時效（圖三）。筆者藉由比較美軍哨兵與本軍蜂眼雷達與復仇者飛彈系統 STC 性能，探討未來精準實彈射擊與復仇者飛彈系統之射向自動指引功能結合之需求，及考量靶標之選配與飛行進場方式的設計，為本研究討論之主要問題。



圖一 哨兵雷達

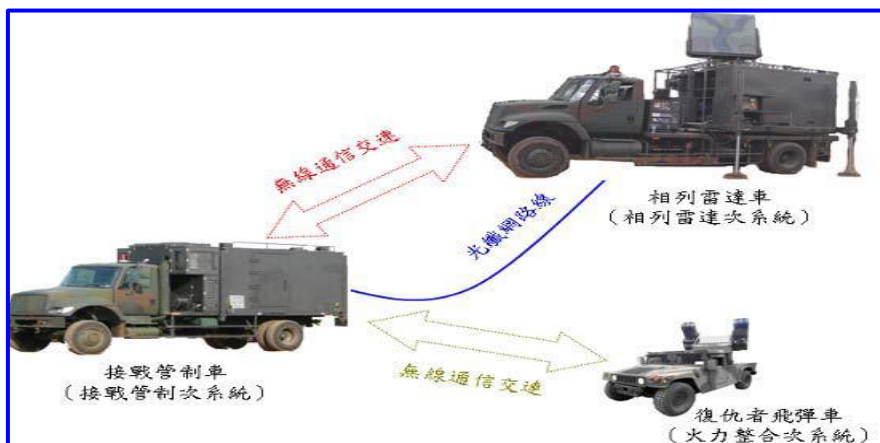
資料來源：Jane's C4ISR & MISSION SYSTEMS，〈AN/MPQ-64 Sentinel〉，<http://10.22.155.231/>

¹ Jane's Defence Weekly，〈AVENGER SAM SYSTEM〉，http://10.22.155.231/File/?File=&Gid=REC_01641601&Sess=8fc45637-37e6-4f3b-8727-456f0e6a44ee&IntSec=51tcDtBxmym6DEE0Y+T0vap1vR0=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(1991/10/12)

² JDW Jane's Defence Weekly，〈STINGER SAM〉，http://10.22.155.231/File/?File=&Gid=REC_01641603&Sess=7bcb6081-9170-4eef-9f0c-659b76467408&IntSec=/wB4EhOukNsuoKztC1pIYbjp9jw=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(1991/10/12)

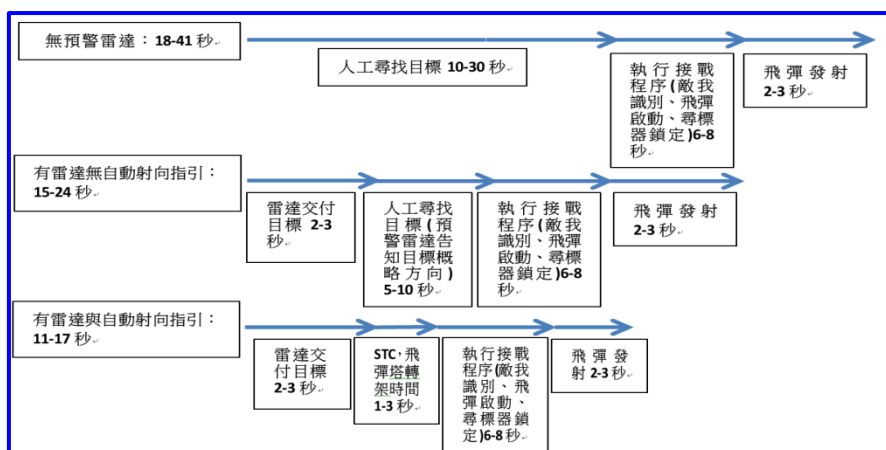
³ Jane's Missiles and Rockets，〈US 'Slew-to-Cue' Avenger upgrade proven in warfighting experiment〉，http://10.22.155.231/File/?File=REC_01679652&Gid=REC_01679652&Sess=73a545f1-000d-4fbc-b782-3330a34443ab&IntSec=c2kftV8c1oA1cgk4bnTPQ9k01w=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(2000/10/27)

⁴ Jane's Missiles and Rockets，〈AVENGER SLEW-TO-CUE BEGINS OPERATIONAL TESTING〉，http://10.22.155.231/File/?File=&Gid=REC_01680266&Sess=d924a08e-9abb-4c73-b0b6-dc473ecf8a56&IntSec=tLliBbGm/3POxKAWELAI M3dk5yI=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(1999/03/01)



圖二 蜂眼短程防空系統

資料來源：《陸軍野戰防空蜂眼預警雷達系統操作手冊（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國104年10月15日），頁1-1。



圖三 射向自動指引之接戰時效

資料來源：《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10日），頁8-2。

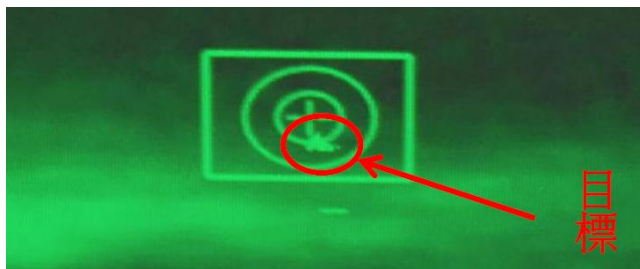
復仇者飛彈系統自動射向指引性能提升

一、復仇者飛彈系統自動射向指引性能提升概要

復仇者飛彈系統依官方資料顯示，雖可接戰旋翼機、定翼機、無人載具（UAV），甚至巡弋飛彈等空中目標⁵，但仍受限於須以傳統的人工方式，藉由前視紅外線接收器（FLIR）於視距內所獲得的目標影像（圖四），實施目標搜索、獲得、敵我識別、接戰與監控等防空任務；而為了讓系統更能夠攻擊小型目標與達到可全天候接戰之特性，雷神公司不斷地將刺針飛彈實施研改與性能提升，然飛彈科技不管從單一模式的紅外線尋標器，歷經紅外線、紫外線雙重尋

⁵ Jane's Defence Weekly，〈AVENGER GOES WORLDWIDE〉，http://10.22.155.231/File/?File=&Gid=REC_01641704&Sess=17408793-5625-4113-853d-1c40075d45ba&IntSec=31NyUAXOHx5sSsUNGY12yp/72vs=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(1991/10/26)

標器，一直到影像式紅外線尋標器（IIR）的技術運用，也僅將單一枚刺針飛彈的命中率數值提高而已。復仇者飛彈系統傳統的人工接戰方式，不僅需要耗時的對空搜索，相對的更容易因此暴露飛彈陣地所在位置而遭受攻擊，甚至喪失最佳的接戰時機，進而影響飛彈的射效。美軍為了改善前述的接戰缺點，便於1996年開始著手復仇者飛彈系統與哨兵雷達的射控整合計畫，並在1999年成功地完成復仇者飛彈系統射向指引整合功能，在2000年至2005年期間，美軍的767套復仇者飛彈系統當中，就有574套系統已經完成自動射向指引(Slew to Cue)功能之提升。⁶



圖四 復仇者飛彈系統前視紅外線熱影像畫面

資料來源：作者自攝

國軍於民國89年透過軍購案，自美國獲得復仇者飛彈系統，於民國90年正式成軍，現為野戰防空主要戰力之一，然於成軍之初，因國防自主政策，未將哨兵雷達連同系統一併購置，故當時復仇者飛彈系統的接戰能力，僅限於視距範圍內，需透過前視紅外線接收器所獲得的目標影像，同樣地如前述再以人工方式實施目標搜索、獲得、敵我識別、接戰與監控等防空任務。然國軍與中科院自2000年至2011年耗費11年的研究，成功地自行研產出一套類似哨兵雷達功能的雷達，取名叫做「蜂眼雷達」，並於隔年開始將雷達與指管系統進入量產階段，終於在2015年完成全軍部署，係為所有野戰防空武器當中，最具現代化的防空武器系統。

二、國軍與美軍復仇者飛彈系統 STC 功能比較

復仇者飛彈系統射向自動指引（STC）功能取決於雷達的基本特性，筆者從雷達性能、STC 操作便利性、導引精度、機動與隱蔽性的角度，比較美軍哨兵雷達與國軍蜂眼雷達的同異之處。

（一）雷達性能比較（表一）：雷達系統本身功能多而複雜，但都具有一致性的基本功能，如操作頻段、對抗低空快速目標能力、目標速度涵蓋範圍、與追蹤精準度等，以操作頻段而言，兩套雷達系統均採用X波段的原因在於「高頻率窄波束」的運用，可以將能量集中在數個波束之中，因此能夠探測與追蹤

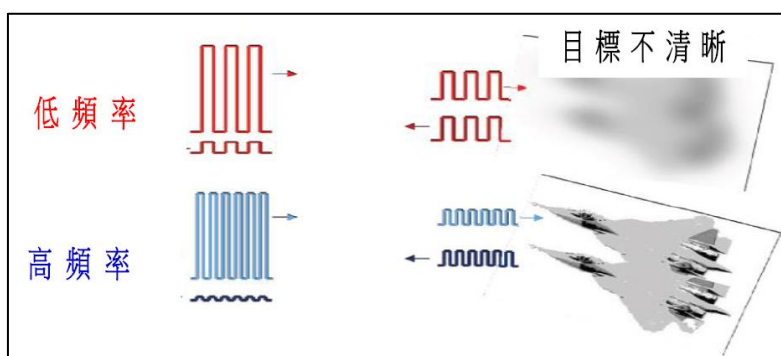
⁶ 同註四。

到遠距離目標，且對目標有極佳的解析度（圖五），所以 X 波段雷達大都著重於對空中目標的追蹤與識別能力⁷，其次這兩套雷達亦均使用搜索帶追蹤方式（TWS），能更容易將低空快速或滯空盤旋的目標從背景雜訊中過濾出來。從表一內容的綜合比較結果，除了在偵測範圍、放列/撤收時間方面外，美軍的哨兵雷達略勝本軍蜂眼雷達一籌，而其他的能力則是不相上下。

（二）STC 操作便利性比較：美軍當初原先在設計復仇者飛彈系統執行射向自動指引（STC）的方式，乃希望能夠透過射控整合器裡的快捷鍵來完成飛彈塔的轉架與接戰動作，但因當時的電腦傳輸科技以類比訊號為主，數位傳輸有極大的限制，無法做到最佳的理想化，但國軍復仇者飛彈系統在研製階段早已克服此項缺點，因此美軍復仇者飛彈系統在執行 STC 的程序上比國軍多一項程序（圖六），故國軍的 STC 操作便利性勝過美軍。

（三）STC 導引精度比較：復仇者飛彈系統自動射向指引（STC）精度比較，需要探討兩個面向，就是雷達指引飛彈塔完成轉架後之「方向指向」與「俯仰指向」，在美軍方面，STC 僅能做到「方向指向」階段，仍需再由射手依賴前視紅外線螢幕與手操器的控制，將飛彈塔之俯仰角帶到目標正確位置；然國軍復仇者飛彈系統執行 STC 功能，僅需射控整合器一快捷鍵就能將指向帶到目標正確位置，故國軍 STC 導引精度更勝於美軍（圖七）。

（四）機動與隱蔽性比較：美軍哨兵雷達的機動方式，係以尾車裝掛於悍馬車後方，以牽引的方式來行機動能力，體積約為蜂眼雷達的 1/3 倍（圖八），在部署運用與偽裝以及隱蔽的執行上，有較大的機動性與彈性空間；而蜂眼雷達是裝於 3.5 噸載重車上，因此，常侷限於地形、山路與無法以直升機吊掛的方式而限制其部署與運用。






圖五 雷達採用窄波束以利獲得較佳的解析度

資料來源：KURT HEINE and DR. PHIL REINER, “MODER RADAR,” Fires (Fort Sill, OK), (2106/11-12), P33.<http://sill-www.army.mil/firesbulletin>. (2016/11-12)

⁷ C4ISR & MISSION SYSTEMS: LAND, 〈AN/MPQ-64 Sentinel〉, http://10.22.155.231/File/?File=REC_01504697&Gid=REC_01504697&Sess=669cacbf-c5db-41e0-b8dc-c49a94c5b44b&IntSec=QYixpMYO9e3NlcNpkhCR+yEl/QY=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(2017/01/25)

表一 國軍蜂眼雷達與美國哨兵雷達

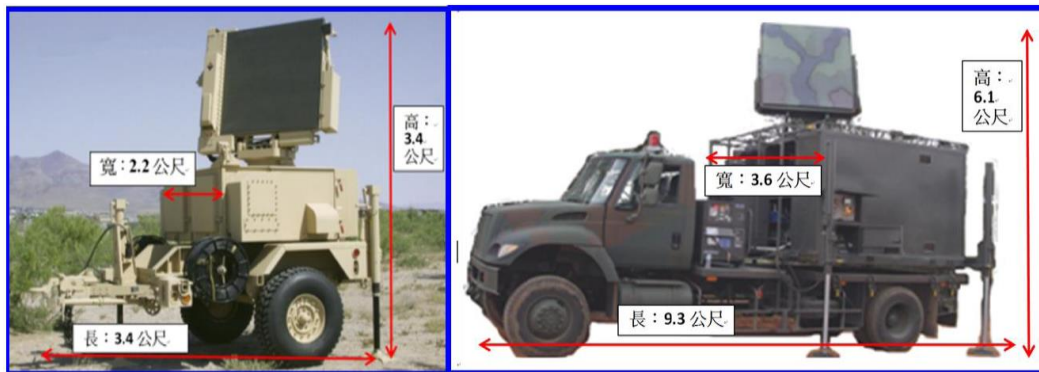
區分	 PODARS 蜂眼雷達	 MPQ-64 哨兵雷達
操作頻段	X波段(8至12.5GHz)	X波段(8至12.5GHz)
對抗低空快速目標能力	搜索帶追蹤(TWS)	搜索帶追蹤(TWS)
目標速度涵蓋範圍	3馬赫	3馬赫
追蹤精度	距離：20公尺 方位/俯仰：0.2度	距離：40公尺 方位/俯仰：0.2度
偵測距離 偵測高度	距離：54公里 高度：10公里	距離：75公里 高度：15公里
搜索俯仰角	-10度至+60度	-30度至+65度
放列 / 撤收	15分鐘 / 10分鐘	15分鐘 / 5分鐘
目標處理能力	64個目標	50個目標
載具	3.5噸戰術輪車	悍馬車 / 尾車

區別	程序 1	程序 2	程序 3
我軍	 快捷鍵，即可執行 STC。	飛彈啟動/鎖定/飛彈發射	無
美軍	 快捷鍵	 再搭配手操器始可執行 STC	飛彈啟動/鎖定/飛彈發射

圖六 國軍與美軍復仇者飛彈系統執行 STC 便利性比較

區別	STC 導引精度比較
我軍	
美軍	 俯仰誤差

圖七 國軍與美軍 STC 導引精度比較



圖八 國軍蜂眼雷達與美國哨兵雷達規格比較

資料來源：表一、圖六、圖七、圖八為筆者依據現有資料製作

復仇者飛彈系統 STC 功能與實彈射擊場景結合之考量

復仇者飛彈系統因彈種特性屬於被動式紅外線飛彈，具備射後不理、自動導向、射程遠（最遠可達 13 公里）等特性，⁸為維護實彈射擊安全考量，不宜在臺灣內陸地區射擊，應以沿海地區朝海外射擊為最佳；然考量復仇者飛彈系統需與雷達構聯以執行 STC，故為求取海上空中情資，蜂眼雷達的位置亦應該開設於海岸線周邊，再來就是將歷年實彈射擊刺針飛彈所使用的靶標選配，納入復仇者飛彈系統與蜂眼雷達之間來相互分析考量。

一、雷達部署方式

雷達於現地部署的效能，常受到地形的影響，而無法獲取完整的空中情資，而實彈場景是將雷達裝備設置在海岸線周邊，更因海岸線地形蜿蜒曲度變化極大，再加上沿岸山崖起伏變化，雷達偵搜效能容易受到地形遮障影響而產生雷達盲區，為消彌雷達偵搜死界之缺點，雷達站應選擇於地形高處且以多重配置的運用方式（圖九），將雷達偵搜區域相互重疊，以求得空域情資的完整。

二、復仇者陣地選擇與射界的設定

復仇者飛彈系統實彈射擊的射場規劃，係依據「美軍射擊靶場教範 AR-386」相關內容而定，⁹以下區分射擊陣地與刺針飛彈射程安全分界說明。

（一）射擊陣地偵選與幅員縱深之需求：射擊陣地的偵選需要有足夠幅員、縱深以利規劃各項設施，並且能避開建物及人群聚集處，為求得良好射界及視野，靶場前、側方應避免有山突、建物或高塔，尤其特別注意附近村落及住宅區，以能遠離人群聚集區為優先考量，確保意外發生時人員安全，對於靶場對外通聯道路，應以便於人員管制為選定考量，以能有相關管制設備如交管哨所、

⁸ 陸軍後勤指揮部，《本軍精準彈藥「飛彈射擊安全規範」中譯本》，14 章 5 節-刺針導引飛彈，http://www.alc.army.mil.tw/FrontUser/MODLRD/Default.aspx?PATTEN_ID=4&M_MENU_ID=1&S_Menu_ID=29&TH_Menu_ID=0&FO_Menu_ID=0。(2014/10/02)

⁹ GERALD B O' KEEFE, Range Safety (Headquarters, Department of the Army, Washington, DC,2014), P158. http://www.apd.army.mil/pdffiles/p385_63.pdf.(2014/04/16)

衛兵哨點及預設通信及電源線路為佳，利於實施靶場人、車安全管制。而陣地的幅員縱深需求，取決於射擊線上所需放置之裝備數量與設施的構築而定，依歷年的射擊經驗參數，射擊陣地一字排開至少需要 600 公尺以上的幅員距離與 150 公尺以上的縱深距離（如圖十），以利提供各項安全管制措施。

（二）刺針飛彈射程安全分界：刺針飛彈射擊所涵蓋區域的界定是根據飛彈的最大射程而定，故整個刺針射場分為射擊區、衝擊區（Impact area）、次要危險區 A、遠方次要危險區 B 與主要射擊危險區 F（圖十一）共五個區域。

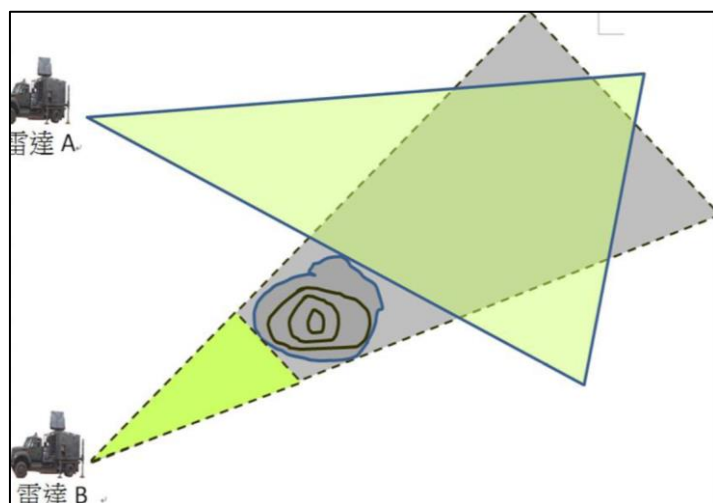
1.射擊區：射擊區的劃分乃取決於以射擊陣地為基準點，各從左右海岸線向內縮 45 度角之後，所剩餘的角度既為射擊區，射擊區為目標接戰區域，該角度不可小餘 20 度，以提供飛彈與空中靶標有充裕的飛行空域，簡言之，飛彈所要追擊的空中靶標必須限制在射擊區域內飛行，以免飛彈因射後不理追擊熱源超出射擊區而影響危安。

2.衝擊區（Impact area）：衝擊區（亦可稱撞擊區）主要在提供射擊區內之飛彈在發射之後，因撞擊目標所產生爆炸之碎片及殘骸所需要的空間，衝擊區包含射擊區及兩側各 45 度角之區域，並向下延伸至飛彈最大射程。然若靶標為穩定盤旋之航空器（如靶機），則射擊區之兩側可自海岸線各至減少 40 度。

3.次要危險區－A 區：A 區為側面之次要危險區域，是衝擊區內彈頭爆炸影響範圍之邊緣區域，包含衝擊區外側各 50 公尺之區域並向下延伸至飛彈最大射程，也可稱之為側方緩衝區。

4.遠方次要危險區－B 區：B 區為遠方次要危險區域，是衝擊區內飛彈沿追擊方向飛行之邊緣區域，亦為彈頭爆炸影響範圍，包含衝擊區及 A 區外緣 100 公尺之區域，也可稱之為遠方緩衝區。

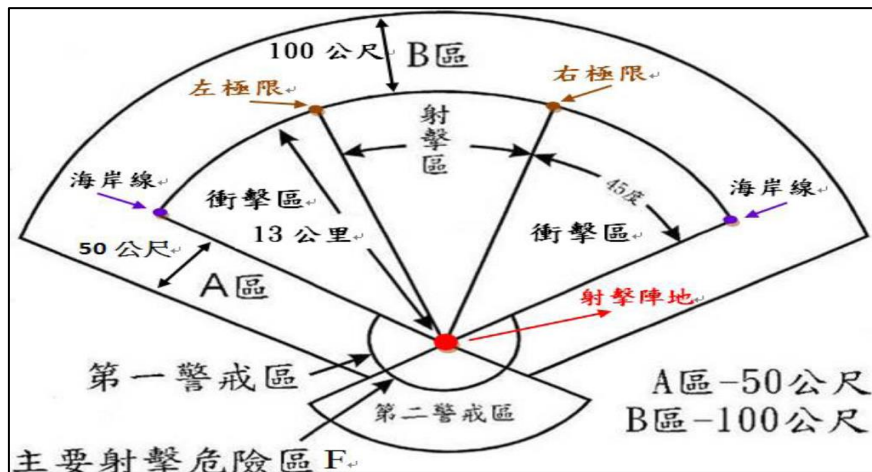
5.主要射擊危險區－F 區：F 區為射擊陣地向後延伸之射擊危險區。



圖九 雷達多重配置消彌雷達偵搜死界示意圖
資料來源：作者自繪



圖十 射擊陣地幅員縱深需求
資料來源：作者自繪



圖十一 刺針飛彈射程安全分界

資料來源：作者參考文獻繪製GERALD B O' KEEFE, Range Safety (Headquarters, Department of the Army, Washington, DC,2014), P159. http://www.apd.army.mil/pdf/files/p385_63.pdf. (2014/04/16)

三、射擊靶標的選配

依歷年復仇者飛彈系統實彈射擊所使用過的靶標計有 BATS 靶彈、1/5 縮小靶機與國造 69 式照明彈（圖十二），為使前述所列之空中靶標能讓蜂眼雷達穩定獲取其情資，必須深入探討各別飛行特性。

（一）國造 69 式照明彈：經由 120 迫砲發射，藉由降落傘懸掛以自由落體方式緩慢下降之空中靶標，其燃燒與滯空時間約 60-80 秒，熱源體積會隨時間消逝而逐漸剝落縮小，照明彈熱源特性雖可被紅外線飛彈鎖定與攔截，但國軍復仇者所使用的刺針飛彈具備紅/紫外線雙重尋標功能，初起的鎖定與飛行導引，係依賴尋標器內的紅外線感應元件來控制作動，而在飛彈接近目標熱源之前一秒，將切換成由紫外線感應元件來控制飛彈的終端路徑來攔截由紫外線所成影

的目標本體，¹⁰簡言之，刺針飛彈就是「追熱不打熱」；此外，因照明彈的雷達截面積（RCS）會隨著燃燒時間而趨近於無，故不適合復仇者飛彈系統執行 STC 功能與接戰射擊。

（二）BATS 靶彈：由中科院研製而成，以 3 至 5 管之 D70 火箭推進器（圖十三）發射與產生大量紅外線熱源，飛行方式成拋物線路徑，滯空時間僅有 26 至 28 秒，射程約 3 公里，常用以模擬巡弋飛彈的攻擊，亦為國軍復仇者飛彈系統年度實彈射擊的主要接戰訓練靶標；然因滯空時間極為短暫，透過雷達獲取情資後再進行分析，傳達給指管車將目標分配給復仇者飛彈系統執行 STC 接戰之際，靶彈早就已過了接戰時限而掉入海中，故 BATS 靶彈亦不適合復仇者飛彈系統執行 STC 功能接戰。

（三）1/5 縮小靶機：依歷年實彈射擊經驗，接戰過的 1/5 縮小靶機型式計有 SU-25 靶機、BANSHEE 靶機、火蟻靶機等（圖十四），皆有以下相同的特點，可採遙控飛行方式模擬定翼機的攻擊路徑，如盤旋、俯衝、爬昇，臨近攻擊等方式之戰術飛行，限定靶機飛行的空間運用方式彈性較大，其動力來源係來自自身的發動機噴射引擎或螺旋槳引擎，滯空時間可達 30 分鐘以上，並可加掛熱源系統供紅外線飛彈接戰。而要讓復仇者飛彈系統執行 STC 功能，就得再朝以下幾點方向討論，靶機偵測訊號與雷達受海面雜波影響、靶機飛行區域限制、系統安全轉架的管制。

1. 靶機偵測訊號與雷達受海面雜波影響：1/5 縮小靶機可視為空中無人載具（UAV），因在國軍所規劃的射擊場景當中，靶機飛行高度維持於 250 公尺，係屬於極低空的飛行目標，而蜂眼雷達站的設置在海岸線周邊的山頂周邊，朝向水平輻射時，容易受海面雜波影響而間斷地失去目標航機蹤跡，故為維持靶機不間斷的空中跡航，可加掛輻射增波器（圖十五）讓雷達穩固偵蒐其航跡。

2. 靶機飛行區域限制：靶機飛行區域的管制將有助於靶場射擊安全的維護，礙於刺針飛彈屬於射後不理之特性，必須限制靶機於靶場所規劃出來的「射擊區」內（圖十六）飛行，以免飛彈攔截目標後所產生之破片散發危害至地面建物或人員，此外，靶機起飛後的飛行航路亦應避免於地面部隊之正上方位置，應保持離射擊陣地 1.2 公里以上之距離，以免進入雷達盲區，無法讓復仇者飛彈系統有效執行射向自動指引（STC）接戰。

3. 系統安全轉架的管制：任何的實彈場景應避免將武器的射向朝向人員，飛彈系統更是如此，當復仇者飛彈系統一旦執行射向自動指引（STC），系統將暫時無法由人員對飛彈塔行使操作控制權，直到系統執行轉架完畢，或操作人員

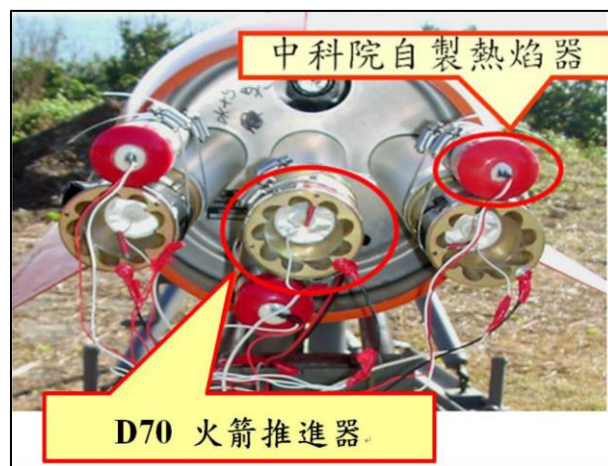
¹⁰ Burn; Alan Alexander, 〈Aircraft defense system against manpads with IR/UV seekers〉 <http://www.patents.com/us-7523692.html> (2009/04/28)

強制終止該項功能為止。然在實彈場景上，復仇者飛彈系統上裝掛著「實彈」執行 STC，再加上操作人員於飛彈塔內的座艙裡，對移動目標進行接戰時，人員容易產生與外部環境脫節的空間迷失，更容易將飛彈塔轉向人員與地面設施的方向，所以系統安全轉架的管制就有必要的存在。基於系統執行 STC 期間是全自動化來完成飛彈塔的轉架，管制措施方面可將空中目標的飛行路徑，如前面所述的安排於「射擊區」內，以避免飛彈塔轉向人員與設施方向，再者，靶場安全軍官亦可藉由復仇者飛彈系統上的遠端控制單元（如圖十七）的遙控功能，管制或終止飛彈塔的轉向失誤。



圖十二 復仇者飛彈系統實彈射擊空中靶標

資料來源：許正一，〈野戰防空射擊靶標選擇之研究〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第156期，民國101年3月20日，頁7。



圖十三 D70 火箭推進器

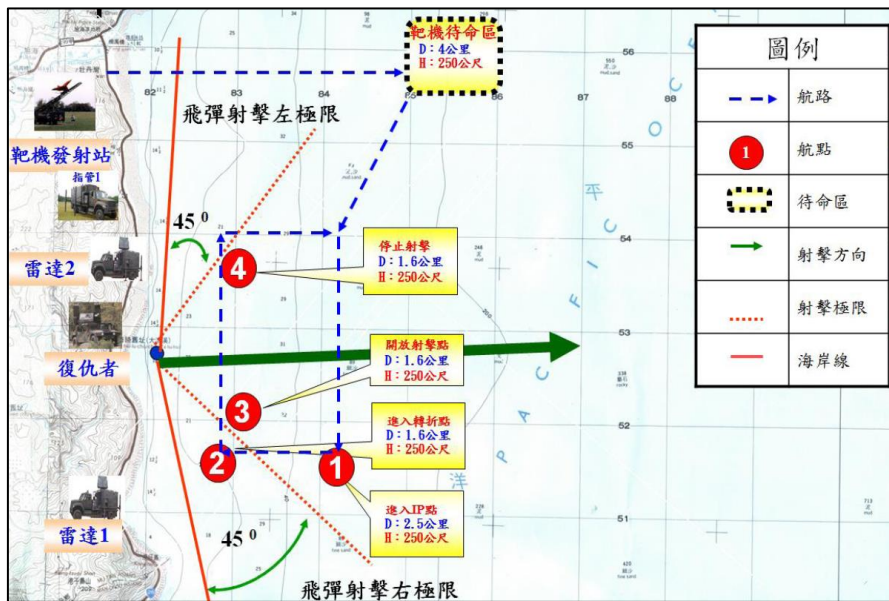


圖十四 野戰防空實彈射擊各式 1/5 縮小靶機

資料來源：圖十三、圖十四為作者拍攝



圖十五 靶機加掛輻射增波器



圖十六 靶機飛行區域限制



圖十七 遠端控制單元

資料來源：圖十五、圖十六、圖十七為作者拍攝或製作

結語

野戰防空實彈射擊從以往陸軍主導的「神弓操演」驗證射擊訓練，演變成近三年來所執行的「三軍聯合精準實彈射擊」，以達到灘岸殲敵的作戰場景，在射擊陣地、雷達站與射擊時序安排，以及陸海空域的射場等方面，亦從陸軍獨立運用變成須與空軍、海軍與陸航等友軍單位，共同運用相同的射場與時序，因此雷達指管與復仇者飛彈系統的部署與戰術運用就受到極大的限制，例如：為求取最佳的空中情資，而將雷達部署於地形之至高點，容易形成被敵所攻擊的目標；在友軍單位射擊期間，也會管制蜂眼雷達的開設與輻射；在空軍的戰鬥機射擊課目，也會限制復仇者飛彈系統執行 STC；陸航阿帕契攻擊直升機的射擊場地與復仇者飛彈系統共用同一射坪，時序壓縮無充足時間讓靶機飛行與排練 STC 等窒礙因素，都將造就任務執行的困難度，為於有限射序內與友軍各單位共同在同一射場內執行實彈射擊，更為防止誤擊事件之肇生，故筆者撰文復仇者飛彈系統 STC 功能與實彈射擊場景結合之考量要項，提供野戰防空部隊參考運用，以利未來實彈射擊任務之遂行。

參考文獻

- 一、Jane's Defence Weekly，〈AVENGER SAM SYSTEM〉，
http://10.22.155.231/File/?File=&Gid=REC_01641601&Sess=8fc45637-37e6-4f3b-8727-456f0e6a44ee&IntSec=51tcDtBxmym6DEE0Y+T0vap1vR0=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(1991/10/12)
- 二、JDW Jane's Defence Weekly，〈STINGER SAM〉，
http://10.22.155.231/File/?File=&Gid=REC_01641603&Sess=7bcb6081-9170-4eef-9f0c-659b76467408&IntSec=/wB4EhOukNsuoKztC1pIYbjp9jw=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(1991/10/12)
- 三、Jane's Missiles and Rockets，〈US 'Slew-to-Cue' Avenger upgrade proven in warfighting experiment〉，
http://10.22.155.231/File/?File=REC_01679652&Gid=REC_01679652&Sess=73a545f1-000d-4fbe-b782-3330a34443ab&IntSec=c2kftVV8c1oA1cgk4bnTPQ9k01w=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(2000/10/27)
- 四、Jane's Missiles and Rockets，〈AVENGER SLEW-TO-CUE BEGINS OPERATIONAL TESTING〉，
http://10.22.155.231/File/?File=&Gid=REC_01680266&Sess=d924a08e-9abb-4c73-b0b6-dc473ecf8a56&IntSec=tLliBbGm/3POxKAWEI AIM3dk5yI=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(1999/03/01)
- 五、Jane's C4ISR & MISSION SYSTEMS，〈AN/MPQ-64 Sentinel〉，
http://10.22.155.231/File/?File=REC_01504113&Gid=REC_01504113&Sess=9851f984-e2e8-4cad-83a6-0c5fe3f9098a&IntSec=9BdbZXHm0YDtcsDKeLrW4CpVb1Y=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(2014/08/28)

- 六、林家賢，《陸軍野戰防空蜂眼預警雷達系統操作手冊（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，中華民國 104 年 10 月 15 日）。
- 七、陳信彬，《陸軍復仇者飛彈系統操作手冊（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，中華民國 99 年 11 月 10 日）。
- 八、Jane's Defence Weekly，〈AVENGER GOES WORLDWIDE〉，
http://10.22.155.231/File/?File=&Gid=REC_01641704&Sess=17408793-5625-4113-853d-1c40075d45ba&IntSec=3lNyUAxOHx5sSsUNGY12yp/72vs=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。（1991/10/26）
- 九、KURT HEINE and DR. PHIL REINER, “MODER RADAR,” Fires(Fort Sill, OK), (2106/11-12) .
<http://sill-www.army.mil/firesbulletin>. (2016/11-12)
- 十、C4ISR & MISSION SYSTEMS: LAND，〈AN/MPQ-64 Sentinel〉，
http://10.22.155.231/File/?File=REC_01504697&Gid=REC_01504697&Sess=669cacbf-c5db-41e0-b8dc-c49a94c5b44b&IntSec=QYixpMYO9e3NIcNpkhCR+yEl/QY=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。（2017/01/25）
- 十一、陸軍後勤指揮部，《本軍精準彈藥「飛彈射擊安全規範」中譯本》，14 章 5 節-刺針導引飛彈。
http://www.alc.army.mil.tw/FrontUser/MODLRD/Default.aspx?PATTEN_ID=4&M_MENU_ID=1&S_Menu_ID=29&TH_Menu_ID=0&FO_Menu_ID=0。（2014/10/02）
- 十二、GERALD B O' KEEFE, Range Safety（Headquarters, Department of the Army, Washington, DC,2014），P158. http://www.apd.army.mil/pdf/p385_63.pdf. (2014/04/16)
- 十三、GERALD B O' KEEFE, Range Safety（Headquarters, Department of the Army, Washington, DC,2014），P159. http://www.apd.army.mil/pdf/p385_63.pdf. (2014/04/16)
- 十四、許正一，〈野戰防空射擊靶標選擇之研究〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第 156 期，陸軍砲兵訓練指揮部，民國 101 年 1 月。
- 十五、Burn; Alan Alexander，〈Aircraft defense system against manpads with IR/UV seekers〉，<http://www.patents.com/us-7523692.html>。（2009/04/28）

作者簡介

楊培毅士官長，85 年士兵轉服士官，86 年領導士官班 5 期，89 年野砲士高班 8 期，92 年士官長正規班 23 期，93 年英語儲備訓練班，94 年美國復仇者飛彈系統保修班，遠東科技大學應用外語系學士，現任職陸軍砲兵訓練指揮部防空教官組。