

野戰防空新使命—C-RAM 初探

壹、作者：李秦強 中校

貳、單位：陸軍飛彈砲兵學校防空組

參、審查委員（依初複審順序排列）：

王述敏上校

黃君武上校

王先民上校

張鐘岳上校

肆、審查紀錄：

收件：100 年 06 月 16 日

初審：100 年 06 月 27 日

複審：100 年 06 月 27 日

綜審：100 年 07 月 13 日

伍、內容提要：

- 一、20 世紀末期之後，出現於「伊拉克」、「阿富汗」等戰場及「以色列」周邊地區；運用火炮、迫砲及無導引火箭等傳統短程彈道武器，突襲敵方地面目標的作戰方式，已成為具備「低成本、高威脅」特色的新型態空中威脅，且已被許多國家公認為新世紀戰場最具威脅性的攻擊手段之一。
- 二、反制火箭、火炮及迫砲（C-RAM）系統，旨在以多兵種、聯合反制敵曲射瞄準目標武器。目前世界各國已有多種 C-RAM 系統部署服役，且作戰成效不斐。
- 三、本論文試以當前及爾後 C-RAM 作戰型態及相應武器系統發展狀況為探討範疇，並淺析 C-RAM 武器系統於我台海防衛作戰中之可能運用。

野戰防空新使命—C-RAM 初探

作者：李秦強 中校

提要

- 一、20 世紀末期之後，出現於「伊拉克」、「阿富汗」等戰場及「以色列」周邊地區；運用火炮、迫砲及無導引火箭等傳統短程彈道武器，突襲敵方地面目標的作戰方式，已成為具備「低成本、高威脅」特色的新型態空中威脅，且已被許多國家公認為新世紀戰場最具威脅性的攻擊手段之一。
- 二、反制火箭、火炮及迫砲 (C-RAM) 系統，旨在以多兵種、聯合反制敵曲射瞄準目標武器。目前世界各國已有多種 C-RAM 系統部署服役，且作戰成效不斐。
- 三、本論文試以當前及爾後 C-RAM 作戰型態及相應武器系統發展狀況為探討範疇，並淺析 C-RAM 武器系統於我台海防衛作戰中之可能運用。

關鍵詞：C-RAM，陸基方陣，天盾防空系統

壹、前言

新科技的大量運用為現代戰爭帶來嶄新的面貌，也是促成近代軍事事務革命的重要原因；本世紀初之「伊拉克」及「阿富汗」等戰場，即是最具代表性的例證。新的戰爭型態也為今日戰場帶來許多不同於以往的新形式軍事威脅；其中，運用火炮、迫砲及無導引火箭等傳統短程彈道武器，以游擊戰形式，突襲敵方地面目標，已成為 1990 年代末期之後，新出現的空中威脅型態，且已被許多國家公認為新世紀戰場最具威脅性的攻擊手段之一。美國遂於 2003 年後，將火箭、火炮及迫砲(Rocket, Artillery and Mortar；RAM)攻擊，界定為防空作戰中的「內層」(inner tier)威脅項目。德國亦已於 2007 年，將火箭、火炮及迫砲反制能力，列為其未來主要陸基防空系統之內層火力單位必備戰力。¹ 而針對此類攻擊，發展相應之反制與防護作為，遂成為進入 21 世紀以降，新興之重要軍事課題。

在這樣的威脅情勢之下，愈來愈多國家開始重視「反制火箭、火

¹ Fabian Ochsner, 黃文啓譯, 〈火炮防空系統再起〉《國防譯粹》(台北), 34 卷 8 期, 國防部, 96 年 8 月, 頁 89~103。(取材自德國軍事科技月刊 Apr.2007)

砲及迫砲」(Counter-Rocket, Artillery and Mortar；C-RAM)武器系統發展。以期在遭受敵方火箭、火炮及迫砲等武器，以小型、非精準彈藥攻擊時，能具備預警、追蹤及接戰的能力。

本論文即試以新興之 C-RAM 作戰型態及相應之武器系統發展為範疇，探討當前及爾後可能發展，並概略研析 C-RAM 武器於我台海防衛作戰中之可能運用。

貳、RAM 威脅及 C-RAM 戰力需求

一、「火箭、火炮及迫砲」(RAM)攻擊特性

火箭(或簡易火箭)、火炮及迫砲等傳統武器，雖然未具備今日最先進之精準、遙攻等軍事科技，且殺傷、破壞威力較小。但是易於化整為零，可猝然對敵施以出其不意的襲擊；配合「打帶跑」(shoot and scoot tactics)等奇襲戰術，² 常令敵方難以先期施以制壓或有效及時反應，而產生極佳的突襲效果。除可廣收重挫敵軍士氣之效，若一旦擊中敵方指揮所、部隊宿營區或油、彈庫等後勤設施，仍可能造成重大戰損及人員傷亡。

由於極佳的隱密及機動特性，適合小部隊、甚至非正規武裝部隊使用。從「伊拉克」、「阿富汗」及「以色列」等地區交戰經驗發現，通常難以運用先制性反制措施來因應此類攻擊；而在敵方砲彈(火箭彈)發射後、至擊中我方目標前實施偵測及反制，則為現階段因應此類型攻擊較可行之反制方式。

惟與以往較大不同處，在於火箭、火炮及迫砲所使用之彈藥，其體積遠小於戰機等傳統空中威脅目標；具備更小的雷達截面積(radar cross section；RCS)或紅外線及可見光視頻。若僅以現有防空系統對其遂行偵測、追蹤及反制作為，已難以發揮令人滿意的效能。

二、C-RAM 戰力需求

「反制火箭、火炮及迫砲(C-RAM)系統，旨在以多兵種、聯合反制敵曲射瞄準目標武器。」³ 由於有效反制火炮及火箭攻擊，確保部隊及設施安全的作戰需求日漸殷切，近幾年來各先進國家已開始積極籌劃、研發，並部署相應之反制武器系統。

² 國防部，《國軍簡明美華軍語辭典》(台北)，民國 98 年 12 月，五版，頁 515。

³ Robert Lennox，曾祥穎譯，〈美國陸軍防砲戰備整備現況與未來展望〉《國防譯粹》(台北)，35 卷 11 期，國防部，97 年 11 月，頁 35。

例如美軍將此類武器系統稱之為「反制火箭、火炮及迫砲」系統 (Counter - Rocket, Artillery and Mortar ; C-RAM)，並認為此一武器系統應具備「構型發展、感測、警示、攔截、反應、指管、防護」(shape, sense , warn , intercept , respond , command and control, protect)等六項核心能力。此外，以荷蘭為首的 12 個北約國家也展開合作發展計畫，研發可反制火箭、火炮及迫砲類攻擊的武器系統，並命名為「反迫砲攻擊防禦系統」(Defence Against Mortar Attack ; DAMA)。且提出此類武器系統應具備「先期防範、偵測、警示、攔截、防護、反擊」(prevent , detect , warn , intercept , protect , attack)等六項核心功能的發展概念。⁴ 雖然目前不同國家或組織，對此類武器裝備名稱或技術細節定義仍稍有差異，但對於其應扮演的戰場角色及作戰功能認知則大致相當。而各類文獻或軍事期刊則多以「反制火箭、火炮及迫砲系統」；即「C-RAM」稱之。

總括而論，欲有效遂行對迫砲、火炮、火箭等小型、非精準彈藥反制作戰，在接戰程序上可大致區分為偵測與攔截等兩大部分。即首先須能有效偵測來襲的迫砲、火箭等彈藥，接著快速且有效率的完成目標諸元及接戰命令傳遞後，對來襲彈藥施以有效攔截。

(一) 偵測來襲彈藥

目前 C-RAM 武器系統之偵測設備，多以現有野戰防空雷達或野戰砲兵武器定位雷達、音響偵測系統、光電/紅外線偵感器等，實施性能提升後加以整合運用，使 C-RAM 防禦作為與傳統砲兵反火力戰及野戰防空或近迫防禦系統相結合。

但不論採取何種偵測手段，C-RAM 偵測系統之有效偵測距離，至少必須涵蓋攔截武器的最大射程、並賦予系統足夠的反應時間，才能確保接戰任務有效遂行。

1. 野戰防空雷達

早期野戰防空部隊使用的防空飛彈，因為射程較短、且多數使用紅外線等被動導引方式，大多沒有配賦雷達裝備、或僅額外配置搜索距離及功能有限之目標搜索或預警雷達系統；而傳統的防砲武器亦多

⁴ Rupert Pengelley, "Defending the stockade : C-RAM solutions come forward to reinforce the ramparts", International Defence Review , 07-Jun-2007 , <http://10.22.155.6:80>.

僅配備光學瞄準裝備。但是隨著野戰防空威脅日益複雜與嚴峻，為有利於防空情資與目標的早期掌握與精準打擊，不僅野戰防空系統彈、砲射程日漸增加，配賦精準射控雷達及距離更遠、功能更強的預警或目標搜索雷達的情形也日益普遍。

而野戰防空雷達系統對目標的偵蒐與追蹤能力，亦早已不限於傳統的戰機等空中目標；更以具備對巡弋飛彈、反輻射飛彈等小型、快速目標接戰能力為設計標準。野戰防空系統目標偵蒐及接戰能力的大幅提升，也為今日進一步建立 C-RAM 作戰能力，奠定良好的基礎。

例如由「萊茵金屬」(Rheinmetall)集團研發之「天盾」(Skyshield)防空系統，即為最佳例證。天盾防空快砲系統最初設計目的，係為因應近期反輻射飛彈等小型、快速目標，作戰能力迅速發展所形成的空中威脅。後為進一步滿足近幾年新增之 C-RAM 作戰需求，系統須具備更佳之小型空中目標偵測能力及更快之系統接戰反應速度，而特別在雷達靈敏度、假警報率(false alarm rate)及偵測距離等方面持續實施改良；目前已可成功針對 60 公厘迫砲彈實施偵測及反制。

2. 反砲兵雷達等其他偵測系統

經過長期發展，反砲兵雷達早已成為現代砲兵反火力戰中的要角，而近年來反砲兵雷達在 C-RAM 方面的實際運用案例也所在多有。如美國陸軍將 TPQ-36/37 反砲兵雷達，換裝為運用主動式相列技術；在反砲兵(迫砲)定位方面具備更先進性能的 EQ-36「反火力目標雷達」(Counterfire Target Acquisition Radar；CTAR)，以提升在 C-RAM 方面的整體偵測能力。美國海軍陸戰隊則計畫以同時具備砲兵反火力戰武器定位功能、與戰場空中監視能力的新型「地/空任務導向雷達」(Ground /Air Task Oriented Radar；G/ATOR)，取代其原有之 TPQ-46A 火砲定位雷達，期能將砲兵反火力定位能力與防空及 C-RAM 系統偵測能力加以整合，形成新的戰力。在歐洲，則有紳寶(Saab)微波系統公司，整合其原有之長頸鹿(Giraffe) 3-D 防空雷達與亞瑟(ARTHUR)反砲兵定位雷達後，發展出可執行指管及火協作業；並同時具備 180 公里、360 度全方位防空，及 20 公里反彈道武器偵測能力之「長頸鹿砲兵火力雷達」(Giraffe Fires Radar；GFR)，成為 C-RAM 作戰基礎。



圖一、紳寶(Saab)微波系統公司研製成功之「長頸鹿砲兵火力雷達」(Giraffe Fires Radar，GFR)系統

資料來源：Jane's International Defence Review，[http：//10.22.155.6:80](http://10.22.155.6:80)，21-May-2009。

此外，也有在 C-RAM 系統中納入反砲兵音響偵測系統，以加強 C-RAM 系統對來襲目標偵測能力者。如美軍將「UTAMS 自動化音響偵測及標定系統」(Unattended Transient Acoustic Measurement and signatures intelligence System)，整合至 C-RAM 系統中，用以輔助測定敵方砲位、並提供來襲彈種、砲彈落點等預測資訊。而由歐洲多國共同研製的反迫砲防禦系統(DAMA)，則整合以色列製「ARTILOC」或法國製「SMAD」火砲音響偵測系統，以強化 DAMA 系統之目標偵測能力等，皆屬此類運用。⁵

⁵ Rupert Pengelley, "Defending the stockade : C-RAM solutions come forward to reinforce the ramparts", International Defence Review, 07-Jun-2007, [http：//10.22.155.6:80](http://10.22.155.6:80).

(二) 攔截來襲彈藥

1. 管式火炮(快砲)

為提升傳統管式火炮在現代空中威脅環境下的戰場適應性，不致為日趨多樣的空中攻擊方式，及日益精良的空用武器系統淘汰。世界各國在致力提高防砲武器射速之外，改良或研發新的快砲彈藥，則是賦予防砲新生命的另一努力方向。

且為有效因應具備「低成本、高威脅」特色之火箭、火炮及迫砲攻擊。經過各國一番戮力改良後，已具備現代化作戰能力、但仍具有相對較低「擊殺成本」(cost to kill)的各式防空快砲，遂成為各國發展 C-RAM 系統攔截武器時之較佳選項。

運用快砲為攔截武器的 C-RAM 系統中，最廣為人知的應屬美製「陸基方陣武器系統」(Land-based Phalanx Weapon System；LPWS)。此系統由各國海軍廣為採用之海基型「方陣近迫武器系統」(Phalanx Close-In Weapon System)研改而來。除此之外，運用快砲為 C-RAM 攔截武器的其他類似運用，還包括德國採用原為天盾防空系統所使用的「千禧」(Millennium) 35 公厘快砲，作為其獨力發展，功能類似美軍 C-RAM 系統的小口徑彈藥反制系統「NBS」的攔截武器。

除了上述廣為各國採用的中、小口徑快砲之外，在大口徑火炮方面，德國還針對其新研發成功、配備「自主式火炮模組」(Autonomous Gun Module；AGM)之 155 公厘/52 倍徑，代號「Donar」的自走榴砲系統進行研改。採取全自動射控接戰模式，並使用改良高爆彈藥，以 155 公厘口徑榴彈破片擊殺來襲之火箭、火炮或迫砲彈，成為另一種不同的管式火炮 C-RAM 作戰構型。

2. 火箭或飛彈

衡諸 C-RAM 武器系統發展現況，對於投入 C-RAM 武器研發的諸多國家而言，過高的擊殺成本已成為選擇防空飛彈系統為 C-RAM 攔截武器時，極重大的窒礙因素。因此，為兼顧接戰效能與擊殺成本，多數國家係將現有防空快砲、或已服役之近迫防禦快砲系統，加以修改整合後，運用為 C-RAM 系統之攔截武器。

但也非全無例外，地處中東地區、現正積極從事 C-RAM 武器系統研發的以色列，即獨樹一格地並未以一般慣用之快砲系統作為其

C-RAM 攔截武器。例如以色列自行發展的「強穹」(Iron Dome) C-RAM 武器系統，即以採用「成本設計法」自力專案研發；具備低造價、耐用、低擊殺成本特色的「塔米爾」(Tamir)飛彈系統為攔截武器，執行 C-RAM 作戰任務，就是較為特別的構型設計。

(三) 長期發展趨勢

現今世界各國對於 C-RAM 武器系統的發展策略，就短期目標而言，為能迅速有效滿足作戰需求，並且在節約研發及作戰成本考量下，大多係將現有防空快砲、或用於海軍艦艇近迫防禦的高射速火砲加以改良後，與經過性能提升的野戰防空雷達或反砲兵火力偵測系統，整合成為立即可用、且性能合乎作戰需求的 C-RAM 武器系統。不僅具備對火箭、火砲及迫砲攻擊的精確預警能力，且建構多層次攔截火網，可進一步追蹤、接戰(攔截、摧毀)來襲的敵方砲彈及火箭彈，滿足當前迫切的戰場需求。

除此之外，對於 C-RAM 武器系統的未來發展與作戰運用，某些國家則有更長遠的規畫及發展策略。

1. 運用雷射等導能武器

正如美國等國家，並未滿足於當前既有的 C-RAM 武器發展成果。就長遠發展而言，正致力於將 C-RAM 武器系統與雷射等導能武器的未來研發計畫相結合，期能發展出性能更佳的 C-RAM 武器。且計畫進一步將 C-RAM 導能武器與反砲兵及野戰防空作戰系統整合，發展出具備更完整作戰能力，能擔任多元戰場角色的未來新武器，持續確保戰場優勢。

2. 採取全自動接戰模式

由於火箭、火砲及迫砲攻擊距離短且彈藥體積小，可大幅壓縮敵方偵測及目標獲得距離，致攻擊預警時間緊迫。欲有效因應此類攻擊，C-RAM 武器宜與野戰防空系統及反砲兵火力，整合為單一自動化指管(火協)機制。除應有效結合作戰區域內各項情偵來源及反制戰力，一旦判定遭受火箭、火砲及迫砲攻擊時，系統應儘可能採取全自動接戰模式，以利縮短反應時間，提昇接戰效能。

3. 適當採取先期防範及被動防禦措施

當評估作戰地區內可能遭致敵火箭、火砲及迫砲攻擊時，即應因

時、因地制宜，對重要防護設施採取諸如加強偽裝、煙幕遮障、加裝被動防護裝甲等先期防範及被動反制措施，藉以補強諸般主動防禦手段之外的防護效果。

參、各國 C-RAM 武器系統發展具體成果

一、美國

(一) 百夫長機動式陸基方陣武器系統

為有效滿足伊拉克及阿富汗戰場作戰之美軍及聯軍，對於反制「火箭、火炮、迫砲」攻擊之急迫需求，美國約自 2004 年開始全力發展 C-RAM 武器系統。目前主要係將原本廣泛使用於海軍艦艇近迫防禦的「方陣近迫武器系統」(Phalanx Close-In Weapon System；Phalanx CIWS)，加以改良後安裝在「重型高機動戰術卡車」(Heavy Expanded Mobility Tactical Truck A3；HEMTT)上，成為陸基衍生型「機動式陸基方陣武器系統」(Mobile Land - based Phalanx Weapon System；MLPWS)，並重新命名為「百夫長」(Centurion)系統。⁶ MLPWS 的攔截武器系統係由最新型式的海軍方陣系統(Block 1B 型)改裝而來，採用美製 M61A1「火神」(Vulcan)、6 管轉膛式 Gatling 20 公厘機砲，並搭配新型「自爆式高爆燃燒曳光彈」(M246/M940 high-explosive incendiary tracer round self-destruct ammunition；HEI-T-SD)。每分鐘射速可設定為 3000～4500 發，且自身配備目標偵追雷達及前視紅外線偵感器，⁷ 可自動針對威脅目標執行搜索、追蹤、排序及目標賦予。

除此之外，美軍並已完成百夫長系統與美陸軍現役「前方地區防空指管系統(Forward Area Air Defense Command and Control system；FAAD C₂I)」整合，使百夫長系統成為美國陸軍戰區整體防空作戰系統的一部分。⁸ 提昇戰區防空整體指管效能，縮短反應時間，並強化 C-RAM 接戰能力。百夫長系統已於 2006 年中，開始在伊拉克戰場美、英兩國部隊部署，用於陸上戰場高價資產防護。且已有多次成功攔截接戰經驗，實際作戰效能良好，可滿足 C-RAM 作戰需求。

⁶"Centurion Phalanx Block 1B" , Jane's Land-Based Air Defence , 07-Jun-2010 , <http://10.22.155.6:80> , 100.3.3。

⁷ 近迫武器系統：水面艦艇最後一道防線，國防譯粹，國防部，34 卷 1 期，96 年 1 月，頁 38～45。

⁸"FAAD" , Jane's Land-Based Air Defence , 08-Feb-2010 , <http://10.22.155.6:80>。



圖二、美製「百夫長」(Centurion)機動式陸基方陣武器系統
資料來源：Jane's Land-Based Air Defence (Raytheon)，<http://10.22.155.6:80>，07-Jun-2010。

(二) 雷射武器系統

除現已完成作戰部署，服役於伊拉克及阿富汗戰場的百夫長機動式陸基方陣 C-RAM 系統外，美國將其 C-RAM 防禦系統發展的長期目標放眼於雷射等新式武器的運用，目前正積極致力雷射武器在 C-RAM 防禦領域應用的相關研發。據國際軍事期刊報導，⁹ 其「雷射區域防禦系統」(Laser Area Defense System；LADS)，係使用光子纖維雷射(photonics fibre laser)，已成功完成截擊 60 公厘口徑迫砲彈的實戰測試。預計此一雷射武器系統未來除可擔任 C-RAM 防禦任務外，並可同時擔負對無人飛行載具、水(漂)雷及各式無裝甲陸上機動載具之接戰任務，作戰角色多元。此外還有使用固態雷射(solid-state laser)系統、目前正處於原型機測試階段的「利爪」(TALON)車載式陸基雷射防空系統，¹⁰ 預計可用於反制包括火箭、火炮、迫砲，及其他如無人飛行載具、攻陸巡弋飛彈等空中攻擊在內的多功能防禦任務。

二、德國

⁹ Christopher F Foss, "Shooting guard: air defence system-C-RAM", Jane's Defence Weekly, 23-Nov-2009, <http://10.22.155.6:80>.

¹⁰ "Talon", Jane's Land-Based Air Defence, 20-Oct-2010, <http://10.22.155.6:80>.

(一) 奧立崗天盾 35 AHEAD 系統

有鑒於美製「百夫長」MLPWS 系統已獲得美、英等國部隊廣泛採用，且發揮不錯的 C-RAM 作戰效能。德國也於 2007 年間，開始投入 C-RAM 武器研發，希望能發展出自己的 C-RAM 系統。初期係以「萊茵金屬」(Rheinmetall)公司研製、主要為野戰防空用途之「天盾 35 防空系統」(Skyshield 35 AHEAD air defence system)為基礎，實施性能研改，期能將「天盾 35」系統接戰能力提升至 C-RAM 作戰層次。

除傳統防空任務外，天盾 35 防空系統原設計係著重於反制如「高速反輻射飛彈」(High-speed Anti-Radiation Missile；HARM)等雷達截面積較小的快速目標，並具備先進火控系統、新式「奧立崗 35/ 1000 型」35 公厘快砲及採用「先進有效命中及摧毀彈藥」(Advanced Hit Efficiency and Destruction，AHEAD)等特色。此系統採用之「AHEAD」彈藥，以「空炸彈藥」(Air Burst Munition，ABM)方式，配合新型「奧立崗 35/ 1000」型、35 公厘快砲使用，射速可達每分鐘 1000 發。射擊時，砲彈通過砲口前端即完成每發 AHEAD 彈藥引信計時器的設定，並將預炸點(時間)定在目標前方數公尺處自動起爆，藉由射出內裝之圓柱體次子彈形成彈幕、擊毀目標。由於不同於傳統感應式近炸引信的起爆作用原理，使用 AHEAD 彈藥不僅具備較佳的抗干擾能力，配合其砲座射控電腦及每發砲彈中預置的次子彈，可有效攔截各型定、旋翼機等傳統空中目標外，對應用日趨普遍、威脅日益嚴重的巡弋飛彈、反輻射飛彈、無人載具、精確導引炸彈等小型快速目標，也能發揮極佳的攔截效能。

後為滿足新增之 C-RAM 作戰需求，即以原有系統接戰能力為基礎，進一步改良此系列快砲火控系統及 AHEAD 彈藥性能。於強化雷達系統對小型來襲目標偵測及接戰能力，並改良原 35 公厘 AHEAD 砲彈內裝次子彈配重及材質後，成為具 C-RAM 接戰能力之「奧立崗天盾 C-RAM 系統」(Oerlikon Skyshield C-RAM system)。

一套完整的天盾 C-RAM 快砲系統包含一部採貨櫃式設計的指管車廂、2 套火控及監視單元，以及 6 座 35 公厘口徑「千禧」轉膛式快砲(Millennium Gun ,GDM-008)。快砲最大射程約 4000 公尺，系統

放列時，6 座 35 公厘口徑快砲配置於防護地區外圍。2 套火控及監視系統則置於防護地區內制高點，以確保系統能獲致最佳監視及目獲效果，提供防護地區 24 小時、全天候、360 度全位向之 C-RAM 防護。此外，「天盾 C-RAM 系統」亦強化系統機動部署能力，系統內各項主件裝備均可以輪型載具載運或直接以直升機吊掛運輸。



圖三、「萊茵金屬」(Rheinmetall)公司研製成功之「奧立崗天盾 35 AHEAD」C-RAM 系統

資料來源：Jane's Land-Based Air Defence，[http：//10.22.155.6:80](http://10.22.155.6:80)，21-May-2009。

經實測驗證，天盾 C-RAM 系統已可有效接戰 8000 公尺距離外發射之 82 及 120 公厘口徑無導引迫砲彈，以及 107 公厘口徑火箭彈。¹¹另據美、德兩國在此快砲系統完成性能提升後，分別進行的實測結果顯示，對高速反輻射飛彈及迫砲彈等具備極小雷達截面積之來襲目標，分別可在 6~4 公里範圍內完成偵測及攔截，具備令人滿意的 C-RAM 作戰能力。完成性能提升後，奧立崗天盾 C-RAM 系統接戰能力已符合德國國防部規劃，成為具備防空及反制火箭、火炮及迫砲

¹¹ Christopher F Foss, "Shooting guard:air defence system-C-RAM", Jane's Defence Weekly, 23-Nov-2009, [http：//10.22.155.6:80](http://10.22.155.6:80).

作戰能力之「營區防護系統」(Camp Protection System, CPS)。¹²天盾 C-RAM 系統隨即於 2009 年開始，陸續部署於德國本土及阿富汗戰場德軍部隊使用，作為重要基地、設施之 C-RAM 防禦武器，並已納為德國陸軍新世代陸基防空系統「SysFla」的一環。

(二) DONAR C-RAM 系統

除已完成研發部署之 35 公厘「奧立崗天盾」C-RAM 快砲系統，德國另正研究以大口徑火炮彈藥遂行 C-RAM 任務之可能。目前以其新開發成功的「DONAR」型、155 公厘口徑/52 倍徑自走榴砲為改裝對象，進行 C-RAM 作戰任務研改。試圖以發射少量大口徑砲兵彈藥方式(155 公厘口徑)，取代小口徑快砲彈幕射擊，攔截來襲火箭、火炮、迫砲等目標。但其運作方式則與小口徑快砲射擊彈幕，攔截來襲敵方彈藥大同小異，係偵測並計算來襲砲彈彈道及飛行時間等參數、並決定我方執行 C-RAM 防禦任務火炮適當發射時間後，朝敵彈道中的預期攔截點發射改良型 155 公厘口徑高爆榴彈。以設定預炸方式，藉由爆炸破片擊毀來襲敵方砲彈。目前此種攔截方式已通過初步測試，可成功接戰 60 公厘口徑迫砲彈。¹³



¹² Fabian Ochsner, 黃文啓譯,〈火炮防空系統再起〉《國防譯粹》(台北), 34 卷 8 期, 國防部, 96 年 8 月, 頁 89~103。

¹³ "DONAR 155mm/52-calibre self-propelled artillery system", Jane's Armour and Artillery, 24-Feb-2011, <http://10.22.155.6:80>.

圖四、德製「DONAR」、155 公厘/52 倍徑自走榴砲系統

資料來源：Jane's Armour and Artillery，<http://10.22.155.6:80>，24-Feb-2011。

三、義大利

為滿足義大利陸軍在因應 C-RAM 方面可能的作戰需求，歷經數年發展後，義大利「奧圖-美拉若」(Oto Melara)公司也已完成「豪豬」(Porcupine) C-RAM 武器系統研製。

一套完整的「豪豬」C-RAM 武器系統包含一個指揮管制站、一部 3-D 目標雷達及四組火力單元。其中 3D 目標搜索及追蹤雷達可執行多目標追蹤及高優先接戰目標排序；指揮管制站則負責將目標分配至適當的火力單元，並遙控指揮各火力單元接戰來襲目標。火力單元係選用美製 M61A1 型、「火神」20 公厘機砲，射速設計為每分鐘 3000～6000 發，火力單元並配備光電紅外線追蹤系統，具全天候作戰能力。系統並可藉由擴充火力單元的數量，擴大防護區域或處理更高強度的攻擊。

豪豬系統經驗證已可有效摧毀 60 公厘迫砲彈等目標，對來襲目標的接戰距離約 1000 至 1500 公尺。此外，尚可藉由與其他武器系統或雷達偵測系統整合，提升整體作戰能力。¹⁴

相較於其他國家在 C-RAM 領域的發展成果，義大利製「豪豬」C-RAM 武器系統的最大特色就是重要主件裝備刻意輕量化，因此更利於在陸上、海面、空中等作戰空間快速部署。

四、以色列

由於特殊的地理位置及政治、領土等因素，以色列與鄰近國家之間一直存在衝突與磨擦，甚至數度兵戎相見，動用武力解決彼此之間的紛爭與歧見。雖然近年來以色列在幾次區域戰事中均獲得勝利，但邇來卻經常為來自鄰近地區敵對勢力或國家，不斷發動的火箭攻擊所苦。這些敵對勢力或國家，在這些攻擊行動中所運用諸如「卡秋沙」(Katyusha)、「卡薩姆」(Qassam)等型火箭彈，雖然型式老舊、構造簡單，且射程短、精度不佳。但是頻繁的火箭攻擊對以色列造成的影響

¹⁴ Christopher F Foss, "Shooting guard: air defence system-C-RAM", Jane's Defence Weekly, 23-Nov-2009, <http://10.22.155.6:80>.

，早已超越軍事層面，對其國內重要政、經設施，甚至人民生命財產安全均帶來重大損害，威脅的嚴重性已擴大為國家生存等國安層面問題。因此以色列對 C-RAM 防禦需求的迫切性，與美、英等國在伊拉克及阿富汗戰場面對的情勢又有極大差異。

有鑒於此，建構積極有效的短程火箭防禦系統，已成為以色列近年國防工業發展優先項目之一。且由於近期周邊敵對勢力多以火箭彈對以色列發動攻擊，因此目前其發展 C-RAM 防禦系統，係設定以敵方最常使用的「卡薩姆」(Qassam)等火箭類武器為主要反制對象。



圖五、迦薩(Gaza)地區回教「哈瑪斯」(Hamas)組織使用之「卡薩姆」型(Qassam)簡易火箭。(右圖為改良型 Qassam)

資料來源：資料來源：Jane's Missile and Rockets，<http://10.22.155.6:80>，01-Nov-2004。

(一) 強穹 C-RAM 防禦系統

針對此一威脅特性，以色列採取重層防禦的概念。其自力研發完成的「強穹」(Iron Dome)系統，已成為擔任低空層 C-RAM 防禦任務的運用選項之一。此系統並已於 2007 年，成功完成攔截 3 枚 122 公厘口徑火箭彈的最後測試任務，爾後預計配賦以色列空軍防空部隊及陸軍野戰砲兵部隊使用，反制來自於南部「迦薩」(Gaza)及北部「黎

巴嫩」(Lebanon)地區的火箭攻擊。

相較於美、英等其他國家所使用或研發完成的各式 C-RAM 武器系統，以色列「強穹」系統較特殊之處，除特別針對反制火箭威脅設計外。另一重要特色係以具備耐用、低擊殺成本等特色的「塔米爾」(Tamir)飛彈系統為攔截武器；而非一般較常見的運用快砲或近迫武器系統，執行對來襲火箭的攔截任務，可說完全針對以色列自身特殊防衛需求量身打造。¹⁵

一個配賦強穹系統的連級作戰單位，由一個戰鬥管理中心、一部多功能雷達，以及 3 座機動型飛彈發射架組成。系統執行攔截任務時，由以色列自製 EL/M-2048 型多功能雷達對來襲火箭等目標執行偵測及追蹤，並快速計算來襲彈道及彈著點。若評估來襲敵火箭可能造成我方防護區域或重要防護資產直接威脅時，即發射並導引飛彈執行攔截任務。系統內的每具飛彈發射架可承載 20 枚以色列自製、低成本但具備碰炸能力的「塔米爾」型飛彈。強穹系統並可經由其戰鬥管理中心，直接與以色列國防軍的火力管制中心相連結，擴充其指管及作戰能量。

(二) 魔盾砲兵火箭反制系統

以色列在 C-RAM 方面的努力尚不僅於此，為因應周邊敵對勢力持續增長的火箭攻擊能力，以色列還研發出以火箭彈為攔截武器的「魔盾」(Magic Shield)砲兵火箭反制系統(Counter Artillery Rocket Fire system；CARF)，專門用於反制性能較佳的改良式「卡薩姆」及制式 122 公厘口徑「卡秋沙」火箭(原為前蘇聯製多管火箭，後技術移轉伊朗、敘利亞等國)。

魔盾砲兵火箭反制系統由三層防禦網組成，最外層使用以色列自製 LAR-160 型(160 公厘口徑)無導引火箭為攔截武器，並搭配改良型 TPQ-37 反砲兵雷達。執行任務時，由 TPQ-37 雷達提供敵方火箭來襲即時警報，並依據來襲火箭彈道計算敵方火箭發射位置及可能彈著點。若評估來襲敵火箭可能命中我方重要目標時，魔盾系統即立刻發射配備高爆彈頭的 LAR-160 型無導引攔截火箭，以近炸破片方式擊毀來襲目標。

¹⁵"Iron Dome", Jane's Land-Based Air Defence, 30-Mar-2011, <http://10.22.155.6:80>.

魔盾系統的第二層防禦網，採用裝有以色列自製「彈道修正系統」(Trajectory Correction System；TCS)包件的 LAR-160 或「ACCULAR」等型「彈道修正火箭彈」為攔截武器。彈道修正火箭彈發射後，由地面指揮站計算出擊中目標所需的彈道修正量，並對在空且具備彈道修正能力的導引火箭發出修正命令，藉由彈道修正包件及火箭彈體前方配賦之雙向氣動噴嘴修正彈道，提高 LAR-160 等型火箭攔截精度。第一層及第二層攔截網係由同一射控系統指揮，第一層無導引火箭攔截失敗的目標，則交由第二層具備彈道修正功能的導引火箭賡續實施攔截。¹⁶

魔盾系統的最內層則是以被動防禦手段，提供我方重要資產末端防護。藉由在重要設施頂部(屋頂)，裝設被動防護裝甲等被動防護設施，吸收最後仍不幸遭漏網火箭擊中時的爆炸或彈頭動能，以期獲得最周延的防護效果。

肆、C-RAM 系統於台海防衛作戰中之可能運用

C-RAM 武器系統最初發展的緣起，係肇因於美軍及多國聯合部隊在伊拉克及阿富汗戰場，不斷遭受當地不同派系民兵或反對勢力武裝力量，以迫砲、俄製(或簡易)火箭等武器襲擊，造成人員及油、彈等後勤補給的損傷。不僅因防不勝防而疲於奔命，且相當程度地影響作戰行動的推展。相同的情形也發生在中東的以色列，且更有甚者；由於以國與周邊敵對勢力或國家之間直接接壤，無天然地理屏障可為緩衝。除邊境以軍駐防部隊及軍事設施外，還造成以色列後方地區平民百姓，及民生、經濟等重要設施重大損害，而深以為苦。

雖然伊拉克、阿富汗戰場的多國聯軍；或是深入周邊阿拉伯世界佔領土地的以色列部隊，都屬於深入敵境，取得戰果後、續留敵方國境內的佔領軍。處境及作戰態勢與台海採守勢作戰的我國軍部隊不盡相同，但 C-RAM 武器系統的作戰概念與實際戰場功能仍值得吾人借鏡與仿效，並進一步部署運用於台海戰場。

一、結合國際軍備發展趨勢，賦予野戰防空新使命

現今我野戰防空作戰任務，與中、長程防空飛彈部隊已有明確劃

¹⁶ Rupert Pengelley, "Defending the stockade : C-RAM solutions come forward to reinforce the ramparts", International Defence Review, 07-Jun-2007, <http://10.22.155.6:80>.

分。且受武器射程等作戰能力限制，係以要點或隨伴地面部隊運動，提供低空防空火力掩護為主要任務。

在這樣的前提之下，如何在既有作戰環境中，提供防護目標對各式空中威脅更完整、周密的防護，遂成為野戰防空部隊未來繼續努力精進的重要方向。藉由 C-RAM 作戰能力的建立與運用，野戰防空部隊在爾後台海防衛作戰中，除傳統之防空戰力外，尚可因此具備對共軍無人飛行載具、攻陸巡弋飛彈，乃至於火箭及各式火砲彈藥之反制能力。以主動防禦方式，提供我方機場、港口、指揮所、通信節點、油彈補給品儲存區等重要政、軍、經目標，完整因應共軍從空中攻擊至地面砲火打擊之全般防護。在未來持續推動的兵力整建過程中，為野戰防空部隊找到新的戰場定位與出發點。

二、整合野戰砲兵反火力戰及野戰防空制空作戰，發揮統合戰力

於有效提升我野戰防空部隊現有防空武器作戰能力至 C-RAM 層次，具備精準、快速的火力偵測、定位能力後，若進而再與砲兵反火力戰充分整合，共同建置偵測及指管(火協)系統；或透過快速且有效率的指管、情傳，與野戰砲兵分享情資，將偵獲之敵方砲位資訊，迅速提供野戰砲兵部隊，共同執行反火力打擊任務。在有效提供陸上重要防護目標更周延的敵火防護之餘，更可藉由全新作戰架構及戰術、戰法的發展與運用，發揮野戰砲兵及野戰防空部隊統合戰力，共同在台海防衛作戰中，扮演更多元、彈性的新角色。

伍、結語

配備精密現代化武器的聯軍地面部隊，在伊拉克及阿富汗兩大戰場的作戰傷亡中，有極大比例係來自於作戰地區內戰力不對等的火箭及迫砲等攻擊所造成。而週邊地區敵對回教派系武力，對以色列發起的大規模火箭攻擊，更令以國軍方投入大筆預算建立的「愛國者」等先進反飛彈系統束手無策。¹⁷ 火箭、火砲、迫砲等武器，雖稱不上是現代高科技裝備，卻仍可能在現代化戰場中為敵方帶來嚴重威脅。發展能有效反制此一攻擊方式的武器系統，已成為新的地面防禦作戰趨勢。

¹⁷ Robert Lennox，曾祥穎譯，〈全球化防空與飛彈防禦〉《國防譯粹》（台北），第 34 卷第 8 期，民國 96 年 8 月，頁 12-19。

且為有效肆應日趨複雜的防空作戰環境，現代化的野戰防空系統已不能僅以精準接戰定、旋翼機等傳統空中武器載台為滿足。應更進一步具備能有效因應雷達截面積極小或低空進襲之巡弋飛彈、無人飛行載具，甚至迫砲、火箭等小型地面彈藥威脅之能力，才能有效面對日漸複雜多元的戰場威脅形式，滿足新的作戰需求。綜觀今日世界先進國家野戰防空作戰發展的最新趨勢，除了繼續致力於擴大目標獲得及武器射程涵蓋等方面的性能精進、具備優異之反彈與抗飽和攻擊作戰能力、與戰區高/低層飛彈防禦系統間的情資共享與作戰整合之外；提供執行反恐或傳統區域地面作戰部隊，對於包括「火箭、火炮與迫砲」等攻擊在內的低空威脅之全般防護能力的建立，都已是野戰防空系統適應現代戰場作戰型態轉變的必然發展方向，以期能提供地面作戰部隊更完整、有效的戰場防護。

為因應日新月異的防空威脅型態，我野戰防空部隊理應朝向配賦高性能雷達及射控裝備、使用新式高射速快砲及智慧型彈藥、建立數位化區域指管及火力整合系統、以及採用彈、砲整合之野戰防空武器系統構型等方向發展。¹⁸ 這些現代化野戰防空系統應具備之戰力特色，亦恰與近五、六年來發展成形的 C-RAM 武器作戰性能相容。在這些戰力基礎上，可進一步發展出具備充分 C-RAM 作戰能力的新世代野戰防空兵力，順利迎接新的挑戰。使野戰防空部隊在我整體防空作戰體系中，能確實彌補戰機及中、長程防空戰力罅隙，稱職扮演最後守門員的角色，全面達成有效確保地面部隊作戰行動安全及重要資產防護之作戰目的。

作者簡介：

李秦強中校，中正理工學院機械系 77 年班，國防管理學院資源管理研究所碩士，歷任飛彈保修廠廠長、飛彈群組長，現任職於飛彈砲兵學校防空組主任教官，台南永康郵政 90681 附 14 號信箱。

¹⁸ 李秦強，〈淺談當前台海作戰環境下之野戰防空需求〉《砲兵季刊》（台南），第 147 期，民國 98 年 11 月，頁 1-22。