

從野戰防空之人攜式防空武器系統 戰史中研析航空器紅外線特性

作者：楊培毅士官長

提要

- 一、「人攜式防空武器系統」(MANPADS)飛彈的尋標器，均以紅外線偵測器為主軸所設計而成，並隨著科技發展，由單一的紅外線尋標器，進化至具有紅紫外線雙重尋標的功能，近期科技甚至已朝多項複合式導引尋標器的方向發展邁進，而不論 MANPADS 尋標器如何提升，都必須要能夠偵測得到目標所產生的紅外線「IR」熱能，本文針對航空器紅外線特性的研究，將有助於本軍野戰防空武器系統的運用。
- 二、美製天鷹戰機(A4-Skyhawk)原為以色列最易受 SA-7 型飛彈攻擊的航空器，而以色列在戰機引擎排氣管上做了延伸的小改造，縮小原本推進器尾焰紅外線(IR)能量的釋放，進而改變 SA-7 飛彈來襲的撞擊點，而造成 MANPADS 飛彈無法順利地攔截目標，這個發現也奠定了未來紅外線抑制系統(Infrared suppressor system ,IRSS)的發展基礎，更延續到世界各國對航空器存活率(aircraft survivability)的高度重視。
- 三、航空器經常遭受 MANPADS 攻擊，其執行的任務不外乎是空中密接支援(close air support)與戰場空中阻絕(battlefield air interdiction)，而它們的共通點就是必須將飛機保持低空飛行，以支援地面部隊的作戰任務，最明顯的案例，就以沙漠風暴戰史來說明，當盟軍與伊軍的地面作戰開始展開，戰機的空中支援任務增加，戰機受 MANPADS 攻擊與威脅隨之提高。
- 四、雖然 MANPADS 所設計的性能，並無限制於僅能在白晝使用，且實際理論上，紅外線尋標器獲得目標與背景熱源的對比強度，在夜間會比白晝強大許多，也就是說，飛彈在夜間鎖定目標的效果會比白晝佳，此乃因夜空的雲層，已不受日光的照射，而散發出多餘的紅外線，故飛彈受夜晚其他的熱干擾就比較少，理應夜間接戰的射效會比白晝佳，但事實上量化統計結果，卻顯示白晝的射效比夜晚佳。
- 五、若能打造出航空器的「紅外線特徵等級」(IRSL)值等於背景「等值光體輻射干擾」(NEI)值的話，則航空器就不會被紅外線尋標器飛彈擊中。

關鍵詞：MANPADS、紅外線抑制系統 IRSS、紅外線特徵等級 IRSL、尾焰 Plume。

壹、前言

紅眼(Redeye)飛彈乃美軍人攜式防空武器系統 (MAN portable air defense system, MANPADS)之始祖，¹西元 1967 年間，首次運用於戰場上，而本軍所使用的刺針飛彈乃屬其衍生型；隔年 1968 年，與美國對立的蘇聯，也同樣的發展出人攜式防空武器系統 SA-7 飛彈（如圖一），用以抗衡美軍防空勢力的擴展。MANPADS 飛彈之所以具有強大的殺傷力，其一是因為紅外線尋標器的「被動性能」，也就是當飛機遭到鎖定後，飛行員無法得知飛彈已經準備要向自己攻擊了，一旦飛彈發射後，飛行員可能也只有 6-8 秒的反應時間，甚至飛行員也無從得知飛彈來襲的方位，就已經遭飛彈擊毀了；其二，是因它的擊殺（hit-to-kill）能力，²這些能力都來自於導控優異的尋標器。而 MANPADS 飛彈的尋標器，均是以紅外線偵測器為主軸所設計而成，並隨著科技的發展，由單一的紅外線尋標器，進化至具有紅紫外線雙重尋標的功能，近期科技甚至已朝多項複合式導引尋標器的方向發展邁進，而不論 MANPADS 尋標器如何提升，都必須要能夠偵測得到目標所產生的紅外線「IR」熱能，本文針對航空器紅外線特性的研究，將有助於本軍野戰防空武器系統的運用。

圖一 蘇聯 SA-7 飛彈(上)與本軍刺針飛彈(下)



資料來源：John McEwen Crescent, "MANPADS Countering the Terrorist Threat," (Australian strategic policy institute), (June 2008), p3。

http://www.dfat.gov.au/security/MANPADS_counterind_terrorist_threat.pdf (2008/06/04)

¹ 韓昌運，〈野戰防空利器-刺針飛彈〉《陸軍砲兵季刊》（台南），第 150 期，民國 99 年第 3 季，頁 5。

² Mr. Anthony Lizza and Mr. Greg Czarnecki, "Low Vulnerability Technologies Building a Balanced Approach," Aircraft Survivability, (Arlington, United states), (1999), P14。

貳、人攜式防空武器系統參戰紀錄

一、人攜式防空武器系統戰史

(一) 東南亞戰役(South east Asia, SEA)

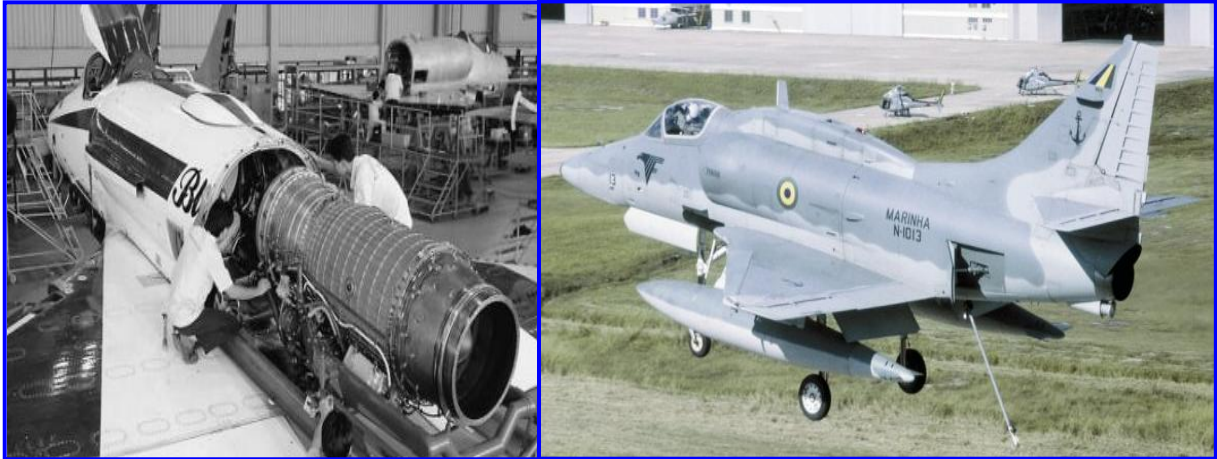
西元 1963 至 1973 年間，當時盟軍在東南亞戰役的軍事行動，全都重重地仰賴空中武力，但事實上美軍卻損失了難以估計的各式航空器，其主要威脅是來自各型各類的防砲武器(AAA)與雷達導引 (RF)地對空飛彈。在 1972 年間，SA-7 飛彈在戰場上寫下重要的里程，在紀錄中，SA-7 飛彈在擊毀過美軍 26 架航空器中，就有 20 架炸毀，而美軍 26 架航空器中，僅 3 架是屬於噴射機。³這個結果讓美軍做出了一個推測，SA-7 飛彈只能接戰低速飛行的空中目標；隨後美軍也研擬出反制 SA-7 飛彈的方法，反制手段就是當飛行員發現 SA-7 飛彈發射後，所出現的火箭推進尾焰與發煙軌跡之際，馬上適時地施放熱焰彈，以干擾飛彈的導引，在此次的熱焰彈戰術作為運用，成功地反制早期 MANPADS 飛彈；然而隨著 SA-7 飛彈性能提昇與配合無煙推進器的匿蹤效能，讓飛行員無法掌握熱焰彈施放的時機，因而讓熱焰彈的戰術運用毫無作為。

(二) 贖罪日戰役 (Yom Kippur)

西元 1973 年，埃及與敘利亞攻擊以色列，以色列最後得到了勝利，在這場軍事衝突中，MANPADS 飛彈雖然不是主宰這次戰役的主要關鍵，而在造成以色列的損傷部份，也僅佔了極小部分，其主要原因是以色列運用了簡單卻非常有效的反制手段。A4-Skyhawk 戰機（如圖二）原為以色列最易受 SA-7 飛彈攻擊的航空器，而以色列在 A4-Skyhawk 戰機引擎排氣管上做了延伸的小改造，已縮小原本推進器尾焰紅外線(IR)能量的釋放，進而改變 SA-7 飛彈來襲的撞擊點，而造成 MANPADS 飛彈無法順利地攔截目標，這個發現也奠定了未來紅外線抑制系統 (Infrared suppressor system ,IRSS) 的發展基礎，更延續到世界各國對航空器存活率(aircraft survivability)的高度重視。

³ Kevin Crosthwaite, "MANPADS Combat History," Aircraft Vulnerability to MANPADS Weapons, (Washington, United state), (1999), p12。

圖二 A4-Skyhawk 戰機



資料來源：Jane's Aircraft Upgrades,” Boeing (Douglas) A-4 Skyhawk,” (JAU Jane's Aircraft Upgrades), (04-Feb-2013), p1。

[http://10.22.155.9:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAU_JAU_1454\(2013/02/04\)](http://10.22.155.9:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAU_JAU_1454(2013/02/04))

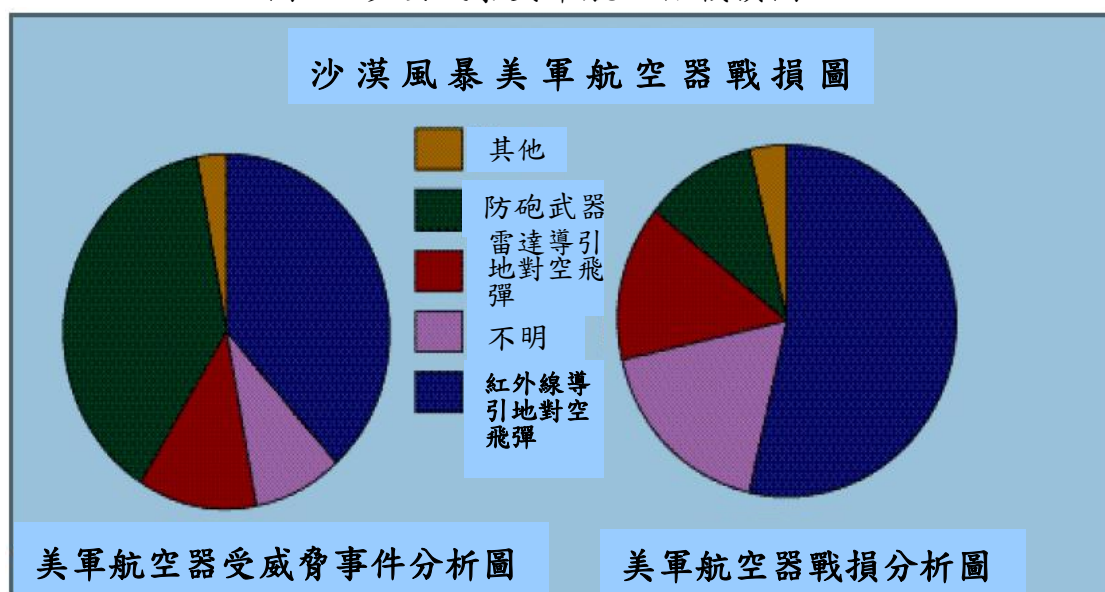
（三）阿富汗戰役（Afghanistan）

西元 1979 年，蘇聯以數個空軍及裝甲師侵略阿富汗，並且建立了傀儡政府，西元 1986 年，美軍提供先進的 MANPADS 給阿富汗，用以抵抗佔優勢的蘇聯空軍，所供應的武器有英製的吹箭(Blowpipe)與美軍的刺針(Stinger)飛彈等，據報導統計，有 340 枚刺針飛彈，擊落 269 架飛機。雖然蘇聯空軍在當時使用了紅外線干擾系統、引擎紅外線抑制系統與熱焰彈等反制方法，但 MANPADS 的威脅卻也大大的影響了蘇聯的侵略作為。舉例來說，Tu-16 與蘇凱 24 戰機的飛行員通常採 600M 至 1200M 的高度飛行，以執行各項任務，而在考量新式 MANPADS 的威脅，飛行員必須提高飛行高度至 3000M，以降低飛彈的命中精準度，同樣地，米格 24 與米格 25 戰機飛行員也儘量減少採用臨近攻擊的飛行方式；此外，為了避免 MANPADS 的攻擊，蘇聯空軍在起飛階段必須做高傾斜的爬昇，以快速地達到安全的飛行速度與高度，這樣的起飛方式，雖然為蘇聯降低了戰場的損失，卻也提高了飛安意外的風險。

（四）沙漠風暴（Desert Storm）

西元 1991 年，歐美各國組成盟軍，對抗佔領特威特的伊拉克，而盟軍空軍的損失，比當時所估計的還要少很多，圖三為沙漠風暴戰役期間，美國空軍所有航空器的戰損分析圖，由圖中得知，地對空的紅外線導引飛彈（IR SAMS）擊毀美軍最多的航空器。

圖三 沙漠風暴美軍航空器戰損圖



資料來源：Mr. Kevin Crosthwaite, “MANPADS Combat History,” Aircraft Survivability summer 1999 (Washington, United state), (1999), p12。

http://jaspo.csd.disa.mil/images/archive/pdf/1999_summer.pdf.(1999.06.07)

(五) 其他軍事衝突

MANPADS 在各式大小規模的軍事衝突上扮演著某一程度上的角色，在福克蘭群島戰役中，英國的吹箭就曾立下了擊毀 8 架輕型攻擊戰鬥機 Pucara。在黎巴嫩(地中海東岸的共和國)的恐怖份子也曾使用 MANPADS 攻擊美、法、以色列等戰鬥機。還有在厄立特里亞(非洲一國家)對抗衣索比亞，庫德斯坦對抗土耳其，以及波士尼亞內戰等，北韓也曾揚言要以 MANPADS 攻擊美軍在非軍事區(De-militarized zone, DMZ)的直昇機，另外在西印度群島的格瑞那達，美軍在那戰區縱使擁有絕對空中武力的霸權，其地面部隊仍須部署刺針團隊，以提升額外的防空武力。西元 1975 年，非洲西南方的安哥拉(Angola)上空，一架空中運輸機被 MANPADS 擊落，這是史上第一次非軍事戰鬥機被 MANPADS 攻擊的紀錄。西元 1994 年 4 月 6 日，中非共和國的一架民航機遭受 MANPADS 攻擊，機上搭載的盧安達總統與乘客全數罹難，這場蓄意攻擊點燃了東非圖西族(Tutsis)與胡圖族(Hutus)之間的內戰，造成種族之間的大屠殺，上萬民生還者變成難民。西元 1998 年 10 月 10 日，剛果境內一架波音 727 飛機，遭受 MANPADS 攻擊。西元 1970 至 2007 年間，據統計就有超過 40 起商用民航機受

MANPADS 攻擊事件陸續發生，⁴更高達 585 條以上人命的傷亡，這些攻擊大多發生在熱戰區(hot war zones)，且民航機的飛勤都與軍事任務有關，諸如援救支援與補給任務、撤離平民或運輸等。

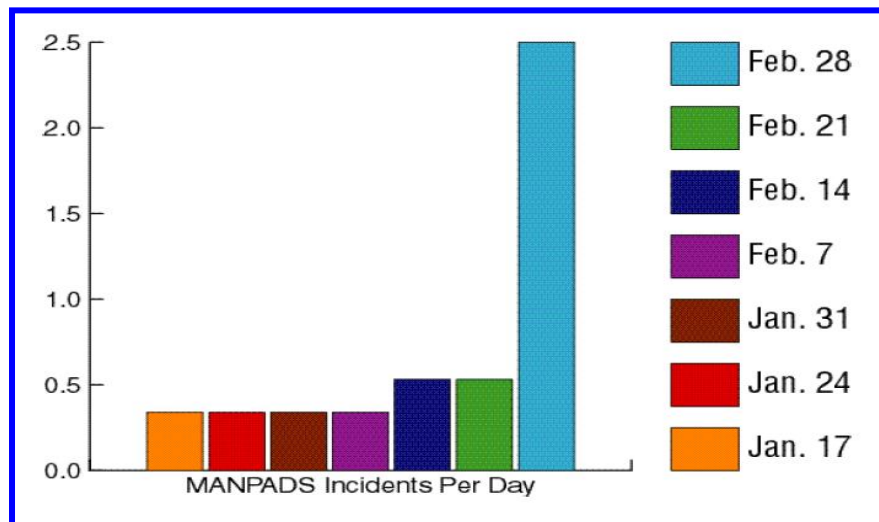
二、戰史分析

定翼機與旋翼機之所以經常遭受 MANPADS 攻擊，其原因討論如下：

(一) 任務性質

航空器經常遭受 MANPADS 攻擊，其執行的任務不外乎是空中密接支援(close air support)與戰場空中阻絕(battlefield air interdiction)，而它們的共通點就是必須將飛機保持低空飛行，以支援地面部隊的作戰任務，最明顯的案例，就以沙漠風暴戰史來說明，當盟軍與伊軍的地面作戰開始展開，戰機的空中支援任務也跟著進來了，伴隨而來的，戰機受 MANPADS 攻擊與威脅的事件也跟著增加，圖四記載了沙漠風暴戰爭期間，MANPADS 每日的攻擊事件，從每三天的一次攻擊，躍升到每一天約有 2.5 次的攻擊事件，乃因兩軍地面部隊由遠距離，縮短至近距交鋒時，請求空中支援後，受 MANPADS 攻擊所顯現的量化統計。

圖四 沙漠風暴戰爭期間，MANPADS 每日的攻擊事件量化統計



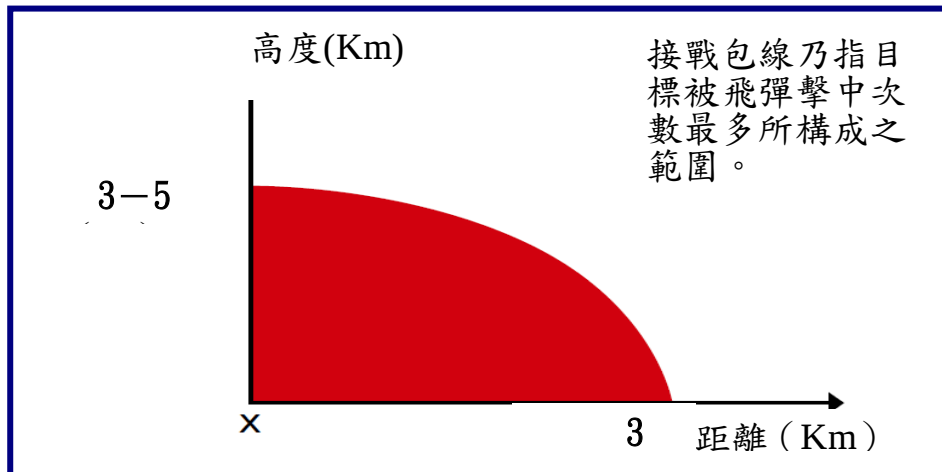
資料來源：同圖三來源。

圖五為 MANPADS 的接戰包線(Engagement envelope)，任何航空器只要進入紅色扇形區域內，就有可能遭受 MANPADS 從發射位置 X 點，將其擊落的危機；另外上述的民航機受攻擊時機，亦都共同發生在飛機起降期間。圖六的方格區塊內為民航機起降期間，最容易受

⁴ 楊培毅，〈紅外線(IR)飛彈的追瞄原理與特性-以刺針飛彈為例〉《陸軍砲兵季刊》(台南)，第157期，民國101年第2季，頁2。

MANPADS 之攻擊範圍。

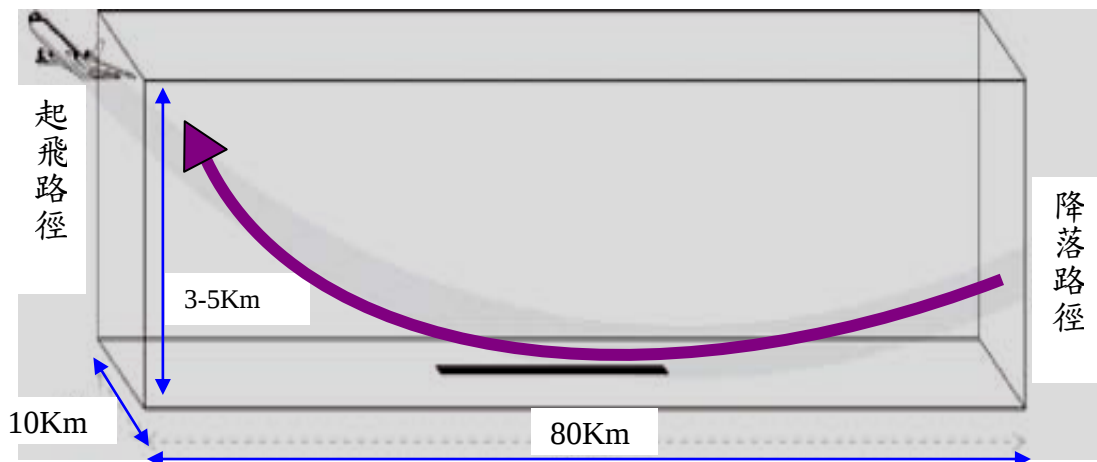
圖五 MANPADS 的接戰包線



資料來源：John McEwen Crescent, "MANPADS Countering the Terrorist Threat," (Australian strategic policy institute), (June 2008), p5。

http://www.dfat.gov.au/security/MANPADS_counterind_terrorist_threat.pdf (2008/06/04)

圖六 民航機場易受 MANPADS 之攻擊範圍



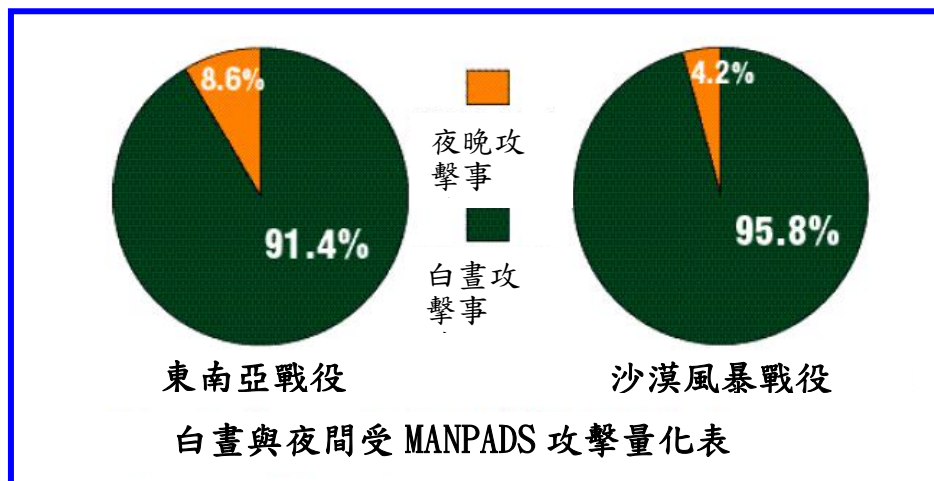
資料來源：同圖五來源，P6。

(二) 白晝與黑夜的限制

圖七記錄了東南亞戰役與沙漠風暴期間，白晝與夜間受 MANPADS 攻擊的量化統計，雖然 MANPADS 所設計的性能，並無限制於僅能在白晝使用，且實際理論上，紅外線尋標器獲得目標與背景熱源的對比強度，在夜間會比白晝強大許多，也就是說，飛彈在夜間鎖定目標的效果會比白晝佳，此乃因夜空的雲層，已不受日光的照射，而散發出多餘的紅外線，故飛彈受夜晚其他的熱干擾就比較少，理應夜間接戰的射效會比白晝佳，但事實上量化統計結果，卻顯示白晝的射效比夜晚佳。其理由有二，第一，當時戰場環境，地面的 MANPADS 人員缺乏完善的指管與早期預警系統，以及夜視裝備，僅以游擊方式攻

擊目標，故無法有效地預先部署射擊位置；第二，當時所使用的飛彈尋標器，均具有複合式導引的功能，最常見的就是紅紫外線雙重尋標的特性，通常加入複合式導引功能的飛彈，其主要目的是為了抵禦飛機（目標）的反制措施，也就是提昇飛彈反反制的性能。舉例來說，飛機所拋射出來的熱焰彈（誘標）與自體所散發的尾焰紅外線（IR plume）能量相近，因此才能夠達到誘騙紅外線尋標器的目的，而紫外線偵測器卻能夠區別目標本體與熱焰彈的不同，靠的是藉由日光照耀目標，所形成的黑影區塊（UV body）的不同來識別，若目標體積越大，所形成的黑影區塊亦會越大，而熱焰彈的體積，小至無法讓紫外線偵測器感應形成黑影，因此尋標器才不會受熱焰彈的誘騙，再加上夜晚缺乏大量的紫外線照射，無法讓飛彈在終端導引階段能夠精準得碰撞到目標。飛彈的紅紫外線雙重尋標的特性，雖然增加了自身反反制的能力，但卻也限制了夜間射擊的使用效益，⁵因此 MANPADS 飛彈才會有後續次代的研發。

圖七 白晝與夜間受 MANPADS 攻擊的量化統計



資料來源：同圖三來源，P13。

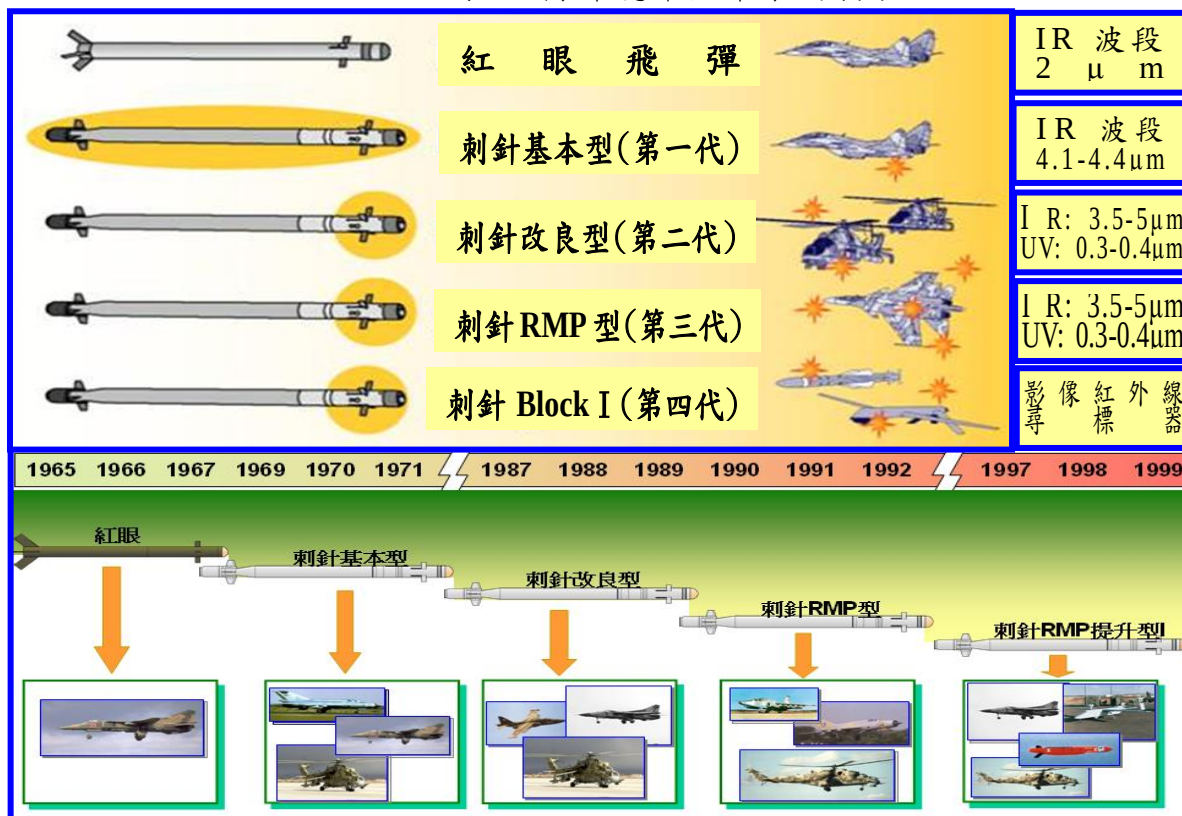
（三）目標性質

不論何種防空飛彈，所打的目標，一定都是空中飛行的航空器，而如前言所述，MANPADS 飛彈所要對抗的航空器，都有一個共通特性，就是航空器自身所產生的紅外線能量。而 MANPADS 飛彈依歷代的發展，所接戰的目標也跟著有不同的區別，其最主要的原因，乃因軍事科學家對航空器紅外線的認知與分析，都有不同以往的進步發展。簡單以刺針飛彈為例，紅眼飛彈因在戰場的表現不如預期中的理想，才有刺針飛彈的基本型（第一代）出現，而第一代紅外線尋標器的工作波段介於 4.1 至 4.4 μm ，因此限制僅能從目標後方或側方接戰；第二代以後的刺針飛彈，均在尋標器上做了科技的提昇，紅外線尋標器

⁵ Burn; Alan Alexander, "Aircraft defense system against manpads with IR/UV seekers," United States Patent, 2007.11.02. <http://www.patents.com/us-7523692.html> (2009/04/28)

工作波段為 3.5 至 5 μ m，讓飛彈具有全方位的接戰能力，並加入了 0.3 至 0.4 μ m 工作波段的紫外線尋標器，以提升飛彈反反制的性能；第三代提升尋標器對紅外線特徵的識別能力，更可接戰空中的小型目標，而第四代則加入了影像紅外線尋標器的概念，讓命中率更趨近於百分百。其歷代 MANPADS 飛彈的追瞄特性，不外乎就是對航空器紅外線能量的分析，所做的性能提昇，圖八為刺針飛彈歷年來的發展。

圖八 刺針飛彈歷年來的發展



資料來源：雷神公司來華簡報資料

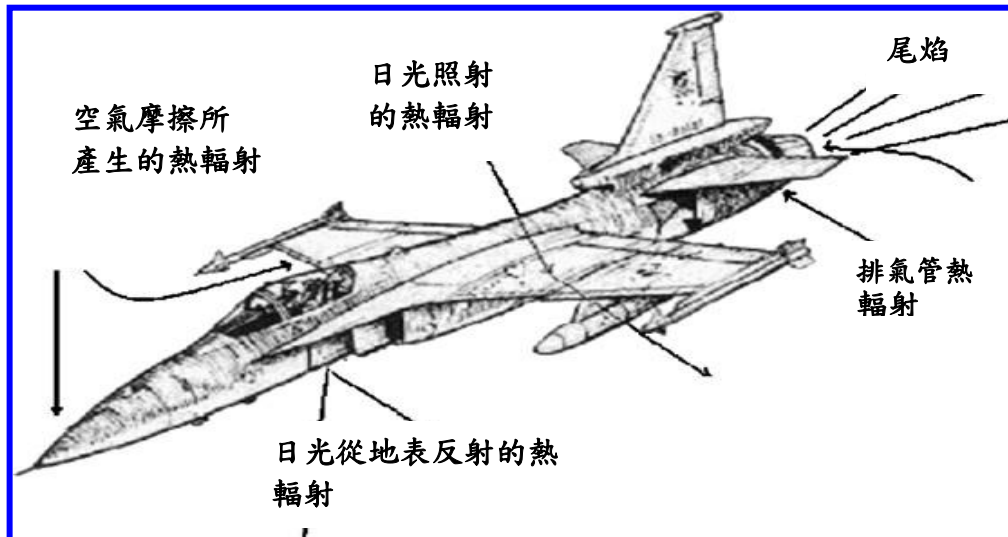
參、航空器紅外線特性

一、航空器紅外線特徵

紅外線尋標器(偵測器)的基本運作原理，就是能夠區別目標紅外線輻射與背景紅外線輻射的不同；學理上來說，紅外線尋標器必須能夠識別目標的紅外線特徵等級 (Infrared signature level, IRSI)。⁶IRSI 視目標的紅外線輻射與背景紅外線輻射的「相對誤差」而定，以單一目標而言，航空器的紅外線特徵如圖九，包含了後機身引擎部份(排氣管)、燃料通過引擎所產生的尾焰、機身與空氣摩擦所產生的熱機殼，白天陽光在機殼上的照射所產生的熱輻射，與日光從地表反射在機殼上所產生的熱輻射等。

⁶ Shripad P. Mahulikar, "Infrared signature studies of aerospace vehicles," Progress in Aerospace Sciences, (India), (2007), P. 220-221.

圖九 航空器的紅外線特徵

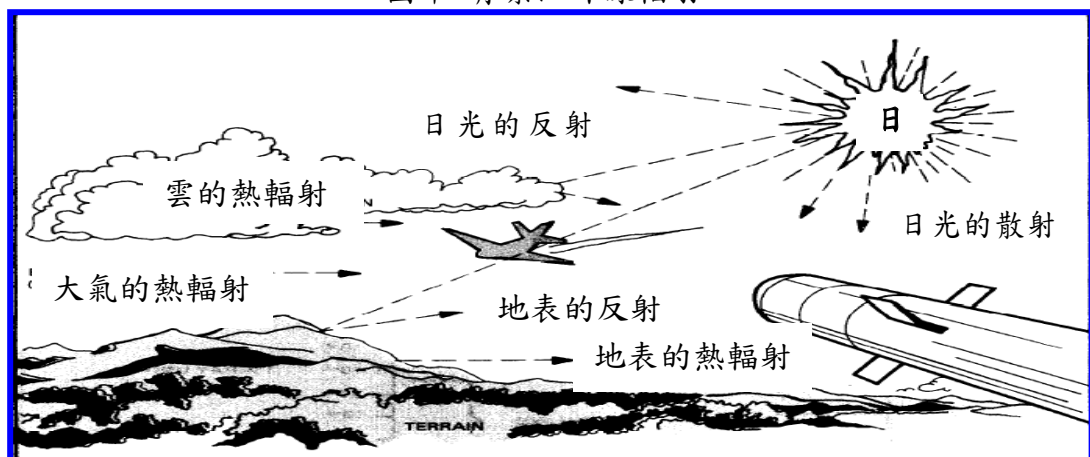


資料來源：Shripad P. Mahulikar, “Infrared signature studies of aerospace vehicles,” Progress in Aerospace Sciences, (India), (2007), p222。

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376042107000504> (2012/12/27)

而背景紅外線輻射如圖十所示，背景紅外線輻射的主要來源就是日光，因日光的四處散射(照耀)，所照到的任何物體都會形成反射，其程度就單看物體的反射率而定，舉例而言，日光照在水面與森林，所形成的反射強弱就有明顯地區別。而背景紅外線輻射，也就包含了日光的散射、日光照到雲、山與地表所形成的眾多反射，以及本身受日光照耀(加能)後，自身所散發出來的熱輻射，如夏日陽光照在地表柏油路，所產生的熱輻射，這些都是目標以外的背景紅外線輻射。

圖十 背景紅外線輻射



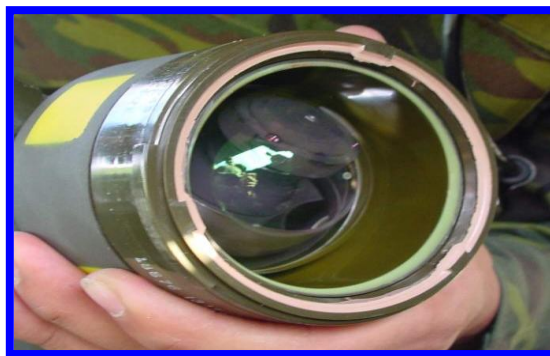
資料來源：DONALD J. DELANDRO, “stinger team operations,” 美軍野戰教範 FM 44-18-1, (Washington) (1984/12/31), p26。

http://armypubs.army.mil/doctrine/DR_pubs/DR_a/pdf/fm44_18_1.pdf
(2003/11/18)

紅外線尋標器的導引精準程度，也就取決於對目標紅外線特徵等級(IRSIL)的識別

能力比值了，對紅外線尋標器而言，背景紅外線輻射就是干擾，也就是「等值光體輻射干擾」(Noise Equivalent Irradiance, NEI)，背景 NEI 值若大於目標 IRSI 的話，飛彈就無法找到目標，反之，若目標 IRSI 值大於背景 NEI 值，飛彈就能精準的命中目標。而為了減少背景紅外線輻射的干擾，IR 飛彈的尋標器常以鎘碲或碲化銦、以及鎘碲化合物等材質做成尋標頭（如圖十一），用以過濾背景多餘的 NEI 值，藉此達到良好的目標鎖定效果；此外，運用氣體冷卻技術，讓尋標器降溫以提昇對目標紅外線輻射能量的靈敏度，這不僅增加了尋標器的偵測範圍，更因此達到全方位接戰的能力（早期 MANPADS 飛彈無法接戰正面近襲之目標）。⁷

圖十一 MANPADS—刺針飛彈尋標頭

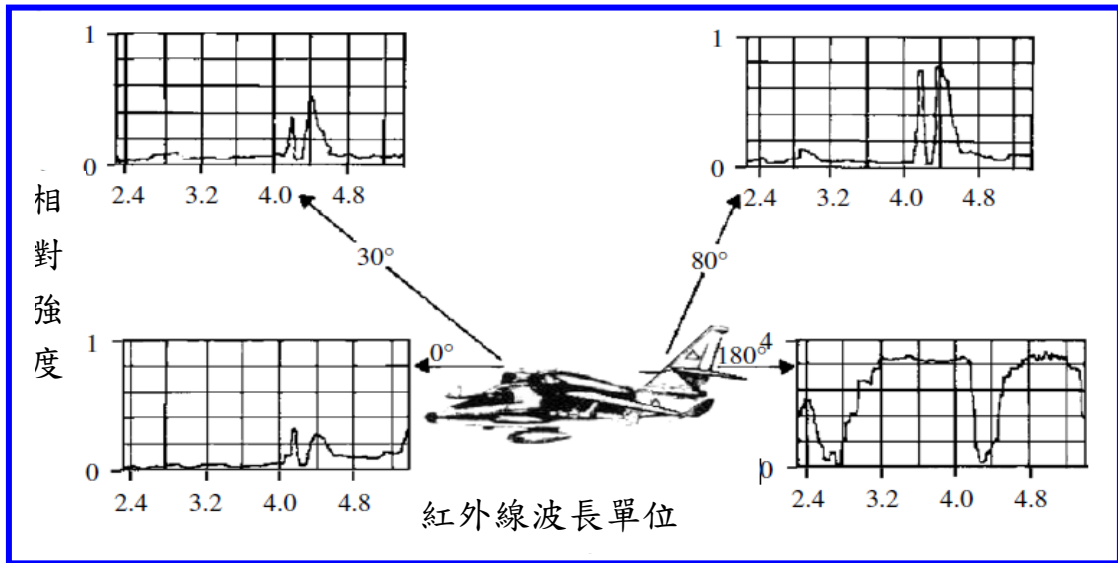


資料來源：陳信彬，《復仇者飛彈系統操作手冊（第二版）》（國防部陸軍司令部），民國 99 年 11 月 10 日，頁 4-36。

因飛彈尋標器之前視窗過濾了眾多的 NEI 值干擾，航空器的紅外線特徵，最主要僅剩下引擎排氣管與尾焰的熱輻射，其所散發出來的紅外線能量，通常介於 $3.5-5\mu\text{m}$ 之間，這也就是為什麼第二代以後的 IR 尋標器的工作波段，得要設定在 $3.5-5\mu\text{m}$ 之間的原因。圖十二明確的顯示，定翼機在各方位的紅外線能量散發程度，定翼機機首部位，所散發出來的紅外線能量強度，波長雖然可達 $3-5\mu\text{m}$ 的波段，但強度卻不高；而機尾部位有很強烈的紅外線能量散發，其強度約為機首的 20 倍以上。而圖十三顯示旋翼機 360 度的紅外線能量的散發情況；另外，值得一提的是，若能打造出航空器的 IRSI 值等於背景 NEI 值的話，則此等航空器是不可能會被紅外線飛彈擊中的。

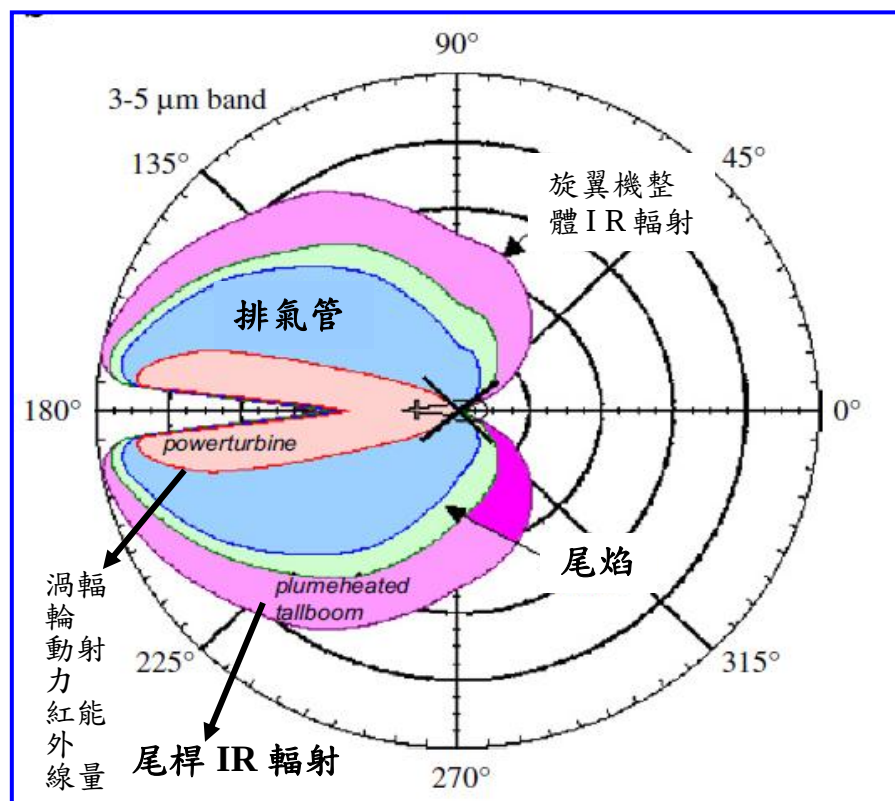
⁷ 同註 4，P 8。

圖十二 定翼機紅外線能量散發程度



資料來源：同圖八來源，P223。

圖十三 旋翼機紅外線能量散發情形



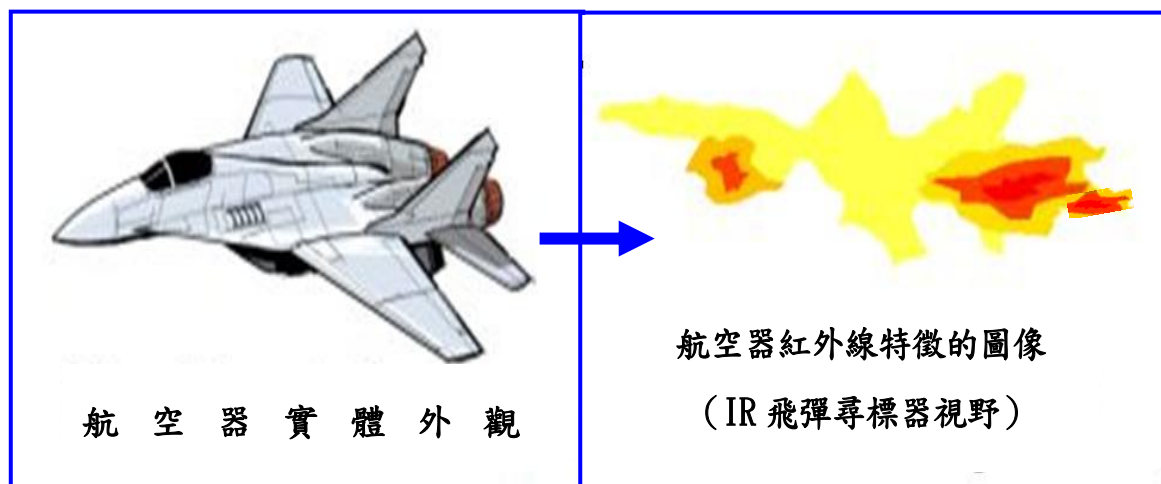
資料來源：同圖八來源，P223。

二、航空器尾焰 IRSI 分析

基本上，歷代 MANPADS 飛彈的性能提昇是跟著航空器發展有關，亦可說成先有「機」才有「彈」，因為 MANPADS 飛彈乃針對航空器的特性所設計，因此

MANPADS 飛彈區分一至四代，是因為航空器也有世代區別之分。對 MANPADS 飛彈而言，航空器的紅外線特徵，經過飛彈尋標頭過濾掉多餘的背景紅外線幅射干擾後，剩下的主要紅外線特徵，就僅為引擎排氣管的熱輻射與尾焰的熱輻射，而航空器尾焰的紅外線能量與範圍都遠遠地大於排氣管紅外線能量，因此 MANPADS 飛彈鎖定的航空器的主要依據就落在尾焰上，如圖十四，航空器造就這兩種紅外線輻射的特徵，就得依賴航空器的引擎，美軍將所有第二次世界大戰以後的航空器區分為四代，其航空器世代的分界線，就是以飛行的機動性能，與電子儀器設備來區分；航空器的引擎(發動機)從螺旋槳式，改變為噴氣式的動力後，就是航空器世代區別的開始。⁸然不管第一代還是第四代的航空器，他們所運用的動力引擎，全都是噴氣式引擎；又可因噴氣引擎作功的不同，大致可分為渦輪噴射引擎(Turbo-jet-engine, TJE)、渦輪風扇引擎(Turbo-fan-engine, TFE)與渦輪螺旋槳引擎(Turbo-propeller-engine, TPE)等三大類。

圖十四 飛彈尋標器接收航空器紅外線特徵的圖像



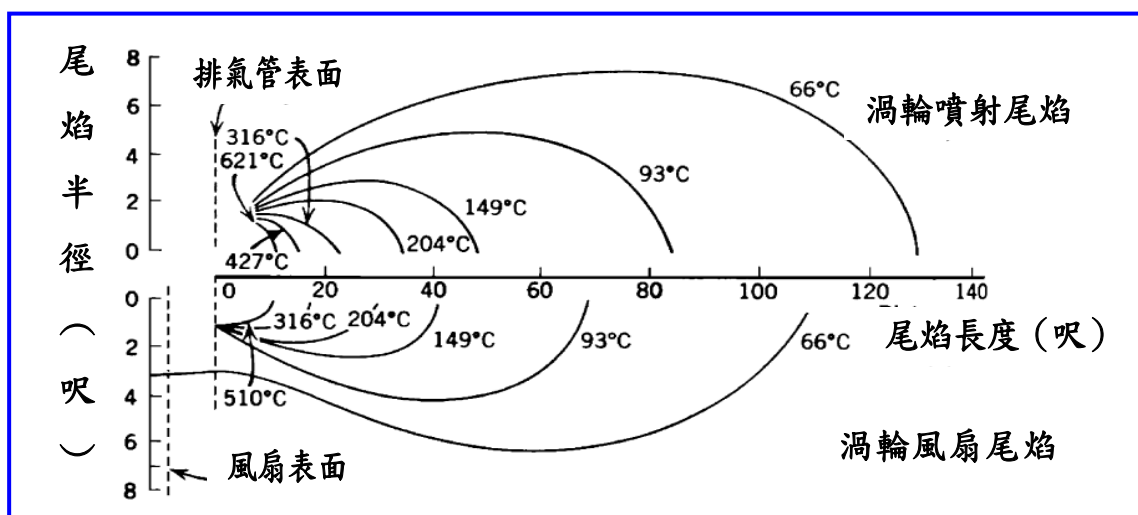
資料來源：Doug Jackson, “Missile Countermeasures,” Aerospaceweb.org, 29 August 2004, p6.

<http://www.aerospaceweb.org/question/electronics/q0191.shtml> (2004/08/29)

廣義的解釋，戰鬥機大都以渦輪噴射引擎為主，商用民航機與大型運輸機則採渦輪風扇引擎為動力，而旋翼機的動力當然就以渦輪螺旋槳引擎為主。尾焰的長度通常是航空器機身軸長的數倍，因此也是讓飛彈尋標器能夠鎖得住的主要依據，而在航空器的尾焰紅外線特徵等級(Plume IRSI)中，在尾焰的溫度、長度、半徑與尺寸大小上，渦輪噴射尾焰大於渦輪風扇尾焰，而渦輪風扇尾焰則大於渦輪螺旋槳尾焰，圖十五為渦輪噴射尾焰與渦輪風扇尾焰的比較。

⁸ YST,〈戰鬥機的分代〉(udn 網站，民國 100 年 06 月 05 日)，
[http://blog.udn.com/mobile/YST2000/5290400\(2011/06/05\)](http://blog.udn.com/mobile/YST2000/5290400(2011/06/05))。

圖十五 渦輪噴射尾焰（上）與渦輪風扇尾焰（下）的 IRSL 比較



資料來源：同圖八來源，P230。

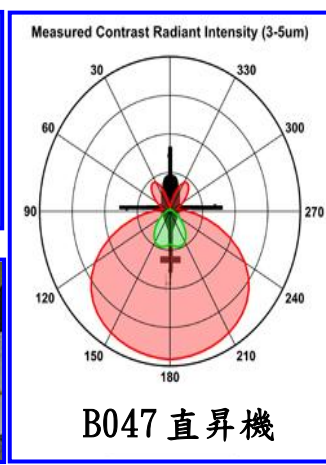
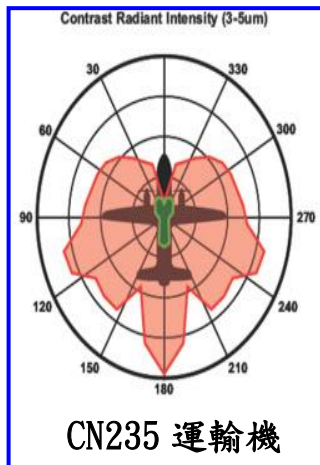
三、航空器之紅外線抑制系統（Aircraft Infrared suppression System, IRSS）

因航空器尾焰的紅外線能量是 IR 飛彈尋標器鎖定的主要依據，因此軍事科學家發現，只要可以改變航空器的尾焰特徵等級，也就能夠影響 IR 飛彈的命中率，這也就是現代的航空器都將紅外線抑制系統(IRSS)視為必要配備之一。美軍航空器在戰場上，因 MANPADS 飛彈所得到的教訓，⁹驅使美軍將所有航空器全面配置紅外線抑制系統，為的是抵制 MANPADS 飛彈的威脅，以提昇戰場上飛航的存活率。並隨著科技的進步，美軍經過無數次的測試與在實際戰場上的經驗，紅外線抑制系統可改變 MANPADS 飛彈的接戰包線與命中包線，簡單來說，以未加裝 IRSS 的航空器而言，飛彈對航空器的鎖定距離約在 6 至 7 公里之間；而在加裝了 IRSS 之後的航空器，飛彈卻無法鎖定同樣位在 6 至 7 公里距離的目標，其鎖定距離可能得往內縮至 3 至 2 公里以內，飛彈才能鎖得住目標，當然其命中率也就跟著降低。IRSS 改變了航空器原有的紅外線特徵「S」，若再搭配其他反制與干擾手段「J」，就達到完美反制紅外線飛彈的目的了，其所運用的理論不過是針對 MANPADS 這種紅外線飛彈的特性來影響飛彈的 S/J 比值。¹⁰但不管紅外線抑制系統做的多麼精良，航空器尾焰的紅外線特徵卻無法完全消失不見，圖十六為航空器渦輪風扇引擎與渦輪螺旋槳引擎，在安裝了紅外線抑制系統後，所散發出來的紅外線特徵範圍。儘管紅外線抑制系統可以改變航空器原有的紅外線特徵等級，然而隨著 MANPADS 飛彈的性能提昇，進入到第四代影像紅外線尋標器(IIR seeker)後，航空器的反制措施，對抗 MANPADS 飛彈的反反制能力，也面臨了科技上新的考驗。

圖十六 航空器安裝 IRSS 後的紅外線特徵（紅色：安裝前；綠色：安裝後）

⁹ Mark counc and Dennis Lindell, "Study on Rotorcraft Survivability," Aircraft Survivability summer 2010 (Washington, United state), (2010/07/26), p9。

¹⁰ 同註 4，頁 16。



資料來源：Davis, "Aircraft IRSS," Davis Engineering, 2012/12/27。

<http://www.wrdavis.com/CN235a.html> (2012/12/27)

肆、結語

中共空軍的主戰兵種為航空兵，其中包含 6 種型式的飛機：分別為戰鬥機(或殲擊機，中共空軍以 J 為代號)、對地攻擊機(強，代號 Q)、轟炸機(轟，代號 H)、戰轟機(殲轟，代號 JH)、運輸機(運，代號 Y)和偵察機(殲偵，代號 JZ)。¹¹這 6 款型式航空器的動力引擎，皆為噴氣式引擎，因此中共航空器的紅外線特徵，亦具備上述所談論的紅外線特徵，我野戰防空武力-「刺針飛彈」，為 MANPADS 飛彈系列之第三代防空飛彈，能有效對抗各式航空器與小型目標 UAV，更能抵制航空器推層出新的反制手段，雖然防空涵蓋範圍有限，但確實為我眾多防空武力的最後防線(last-ditch)，¹²假如中共決定對台動武，不論是採取全面進犯或封鎖行動，很有可能都會對台灣發動空中進攻戰役，¹³我將以聯合防空作為反擊戰術，運用戰機、防空飛彈、防砲武器，實施空中攻擊和多層攔截，以逐次擊滅敵機。在戰術運用上，則是以戰機配合防空飛彈形成制空優勢，迫使入侵的中共戰機必須保持低空飛行的情況，¹⁴以形成我戰術上的局部優勢。

作者簡介

楊培毅士官長，92 年士官長正規班第 23 期、94 年美國復仇者飛彈系統保修班；歷任砲兵雷達士、砲長、飛彈系統訓練儀保養士、光電模訓組副組長，現任陸軍飛彈砲兵學校防空組野戰防空小組士官長教官。

¹¹ Roger Cliff、John Fei、Jeff Hagen、Elizabeth Hague、Eric Heginbotham、John Stillion 著，黃文啟譯，《21 世紀中共空軍用兵思想》(台北：國防部史政編譯室，民國 101 年 9 月)，頁 48。

¹² John McEwen Crescent, "MANPADS Countering the Terrorist Threat," Australian strategic policy institute, June 2008, p3. http://www.dfat.gov.au/security/MANPADS_counterind_terrorist_threat.pdf (2008/06/04)

¹³ 同註 10，頁 251。

¹⁴ 無名氏，〈共軍新武器大觀〉(後勤學校研發室網站，西元 2004 年 08 月 10 日)，頁 8-9。
<http://10.52.88.207/log-manu/America-Rule/all-world-system/index-ch.htm> (2004/08/10)