

自殺式攻擊的脈絡— 由日本帝國到無人機的美國艦隊防空

The Kamikaze Throughline: U.S. Fleet Air Defense from Imperial Japan to Drones

作者：泰勒·皮特洛夫 (Tyler A. Pitrof) 係美國「海軍歷史與遺產司令部」(Naval History and Heritage Command) 的歷史學家。

譯者：翟文中先生。

本篇取材自《海軍戰爭學院期刊》(Naval War College Review, Vol. 78, No. 1)，第78卷第1期，2025年冬/春季號，本文屬公開出版品，無版權限制。

提 要：

- 一、「二戰」末期，日本運用自殺飛機攻擊美軍軍艦，透過「數量」與「人力操縱機動」兩項特性的結合，使得美國海軍艦隊在其飽和攻擊下，承受倍於往昔的重大戰損。美軍行之多年的「多層防空系統」已不具太大效力，也開啟艦隊防空嶄新發展紀元。
- 二、「冷戰」期間，面對蘇聯超音速轟炸機及搭載的攻船導彈，美國海軍能夠預警與反應的時間遭到壓縮，必須於距艦隊儘可能遠處對兩者進行攔截。為進行反制，海軍引進「雄貓」戰機、「標準」飛彈與「神盾」戰鬥系統等高端武器，來回應蘇聯的遠端威脅。
- 三、當前，美國海軍在艦隊防空領域持續提升精進，尤其遠程接戰能力係其重點發展項目；然近期軍事衝突顯示，慢速且低可偵測性的無人機，已成為艦隊短、中程防禦必須處理的挑戰。美軍必須尋求一個較現有飛彈系統在彈藥與成本上可接受的解方，方能回應這類低端威脅。

關鍵詞：美國海軍、艦隊防空、神盾系統、自殺飛機攻擊

壹、前言

當前美國海軍的艦隊防空準則，旨在距離艦隊儘可能遠處接戰來襲戰機與武器。這種思維來自組織與操作航艦經驗，此安排可溯至「二戰」期間，由於航艦係一精密與重要的載台，若其遭到重創，損失

過於龐大，必須不計成本對其提供防護。1940年代早期，美軍航艦係由一個「多層防空系統」(layered air-defense system)進行保護，這防護網由艦載戰機、艦砲與自動武器共同組成；此體系在1944年前運作尚稱完備，同年稍早卻在對抗日軍自殺式攻擊時失效。海軍回應的選項，其

一是放棄昂貴與脆弱的大型航艦，改採小型、能力弱，但數量多且存活性較高的艦船；另一則是尋求在更遠距離、能更有效地攔截來襲目標，由於美軍擁有一支大型航艦編隊，遂選擇後者進行回應。

「二戰」後，海軍一再確認此一回應選項，且隨著新一代航艦的尺寸越來越大，遂不斷地尋求以更長程的防禦系統保護航艦編隊；而當代的「反介入/區域拒止」(anti-access/area denial, A2/AD)武器，如長程高超音速飛彈，僅是現代海軍歷史中一系列更快、更遠與更複雜威脅中的最新例子。美國海軍當前防空系統係由「E-2鷹眼」(Hawkeye)預警機、「神盾」(Aegis)防空雷達與「標準」(Standard)系列防空飛彈共同組成，且相當適應此一以高端武器因應高端作戰的場景。由於這些敘事說明、分析，往往忽略海軍防空架構設計時，隱含在高端威脅優先順序考量背後的思維過程與機會成本；對具組織的長程防禦與攔截系統而言，面對無人機與巡航飛彈系統展現出的問題，不僅是持續期較長的挑戰，且係重複、短暫與時間迫

切之威脅。

基於發現攻擊者為時甚晚，加上對方能持續長時間並大量分批進襲；因此，昂貴與難以重新裝填的飛彈系統，無法因應此種威脅，尤其是混雜有高端武器時。²故本文提出一個關於美國海軍艦隊防空史的概念性架構，而非採系統化或系統導向方式進行說明；且自1945年以來，海軍將遠程攔截置於壓倒性優先選項，並視為成功保護艦隊的最有效作法，導致回應短程威脅的防禦能力減損。影響所及，也形成了對低端威脅的短、中程防禦能力缺口，亦凸顯成功填補此罅隙的防空系統必須具備的要件，包括精度、殺傷力、發射速率以及大量備彈與易於裝填；換言之，持續強調飛彈為一切威脅來源的觀點，當前已經不合時宜。

現代海軍防空作戰的思維，可追溯至沖繩外海對抗日本自殺式飛機的作戰。事實上，日本自殺式飛機可視為海軍面對的最早「導引武器」，其採用的靈活戰術能對美軍發起飽和攻擊並迴避其防禦作為。美軍在「沖繩戰役」(Battle of Okinawa)

註1：海軍戰略家們持續對兵力結構的重大選項進行探討，例如為持續保有高端戰力而捨棄發展大型航艦，但此概念並未獲得眾人支持。近年來，相關辯論因回應新穎的反介入/區域拒止威脅成為熱門議題。「冷戰」與「後冷戰」時期討論，參見Norman Friedman, *Fighters over the Fleet: Naval Air Defence from Biplanes to the Cold War*(Naval Institute Press, 2016); Norman Friedman, *Naval Anti-aircraft Guns and Gunnery*(Seaforth Publishing, 2013); Malcolm Muir Jr., *Black Shoes and Blue Water: Surface Warfare in the United States Navy, 1945-1975*(Naval Historical Center, 1996); Sam J. Tangredi, *Anti-access Warfare Countering A2/AD Strategies*(Naval Institute Press, 2013); Thomas Wildenberg, *The Origins of Aegis: Eli T. Reich, Wayne Meyer, and the Creation of a Revolutionary Naval Weapons System*(Naval Institute Press, 2024)。

註2：儘管若干戰略家著手處理「非對稱威脅」問題，但因應當前威脅進行的兵力結構調整討論，大多數卻與回應反介入/區域拒止威脅雷同。參見Bryan Clark, and Dan Patt, *Hedging Bets: Rethinking Force Design for a Post-Dominance Era*, Hudson Institute, February 2024。

承受巨大戰損，促使其在艦隊防空做出兩項重大改變，其一是伴隨發展中的防空機砲近接引信的研發，從追擊(藉建立強大空中火網，壓制或驅離接近之敵機)轉為硬殺(透過直接標定將其徹底摧毀)；其二是擴大可用於攔截的時間與空間。兩項改變分別透過空載雷達的「凱迪拉克計畫」(Project CADILLAC)與防空飛彈的「大黃蜂計畫」(Operation BUMBLEBEE)予以落實。

隨著「冷戰」期間無人導引武器技術的快速發展，美國海軍在「二戰」推動的一系列武器與系統研發方案，最終研發出集成的現代化防空系統，包括預警機、「神盾」雷達與「標準」系列飛彈等，且都來自對抗日本自殺機的經驗啟發；然這種方式在中程與近接殺傷(close-in kill)面向付出了機會成本，更因資源與規劃不足，陷於停滯不前。當前，海軍的中程硬殺防禦主要仰賴現代化的5吋54倍艦砲與「改良型海麻雀發彈 RIM-162」(Evolved Sea Sparrow Missile, ESSM)；末端防禦則由「近迫武器系統」(close-in weapon systems, 以下稱CIWS)與「RIM-166滾體飛彈」(Rolling Airframe Missile, 以下稱RAM)，做為反飛彈防禦的最後手段。³

近期出現的衝突顯示，海軍極可能在作戰行動中再次面對「飽和攻擊」，包含無人機與其他自主與半自主系統的中程、低成本與低可偵測威脅(low-observable threat)，將迫使美軍運用造價不菲、且數量有限的標準飛彈，或有限的ESSM來因應；由於不具短程防禦持續戰力，海軍艦隊曝險程度也大大增加。

貳、自殺飛機做為導引武器：沖繩外海經驗

一、1944年6月「菲律賓海戰」(Battle of the Philippine Sea)中，美軍「戰情中心」(以下稱CIC)的戰機引導與雷達射控，賦予海軍澈底摧毀日本海航戰機的能力。隨著傳統作戰手段的打擊能力退化，日本轉而採取一種非傳統武器-自殺式飛機(或譯為「神風」)；同年10月起，訓練不足的日軍志願者開始駕駛飛機刻意撞擊美艦，導致人員大量傷亡。1945年4月，「沖繩戰役」戰事陷入泥淖，日本遂利用美軍艦隊位置相對固定的機會，發起大規模的自殺攻擊；其後，日軍將飛機保留為預期中的美軍入侵進行準備，這項行動在戰爭結束前並未再發生。⁴

二、自殺飛機的大規模攻擊所以有效

註3：值得注意的，近迫武器系統近年能力獲得顯著地提升，可對小型水面目標進行接戰。另可參見繆爾(Malcolm Muir)對其他互補防禦系統的討論。Malcolm Muir Jr., *Black Shoes and Blue Water: Surface Warfare in the United States Navy, 1945-1975*(Naval Historical Center, 1996), pp.177~178。

註4：David L. Boslaugh, *When Computers Went to Sea: The Digitization of the United States Navy*(IEEE Computer Society, 1999), pp.49~54; Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.150~151。

，因其一旦成功命中，將對目標造成重大損害，此戰術削弱美國海軍的防空優勢，使其成功接戰機率提高。自殺飛機結合「數量」與「人力操縱機動」的特性，使自殺攻擊能交替地以「飽和」與「迴避」，突破美軍的偵測與追蹤；當自殺飛機接近美艦攻擊範圍時，美軍偏好採用的近接防禦性武器-自動機砲，並無法徹底摧毀來襲飛機，導致受損日機機體殘骸仍能撞擊美艦，造成損傷。

三、對美軍而言，CIC係「二戰」期間關於資訊處理的最重要發展，透過將各項情資整合至單一場所，能快速進行戰術決策。通常引導戰機攔截來襲威脅，需要接收觀測報告、紀錄相關資訊、決定如何回應，到下達執行命令，此流程最大缺點就是耗時過長。畢竟任何時刻，執行「空中戰鬥巡邏」(CAP)的飛機有限，來襲目標的距離、高度、空速與CAP飛機的位置等時間與空間維度，成為成功攔截的關鍵要素；且此流程適合追蹤大型機群，到1944年中期的太平洋戰場上的海空作戰，大體仍依此方式進行。

(一)日軍自殺飛機在接近目標時會分成多個小編隊，由多條軸線對美艦發起攻擊。此外，日本情報界亦逐漸知悉美軍系統與程序的若干限制因素(包括雷達、敵我識別及透過1-2頻道對戰機進行無線電管制等)；故當日機遭偵測後會遽變高度尾隨美機返航、或採用隱匿雷達訊跡等不同戰術，使得美軍CIC作業飽和(平均僅能同時追蹤2個目標)，並大幅增加突破防線攻擊美艦的日機數量。⁵更糟的是，一旦系統遭壓制後，海軍很快發現日機的自殺攻擊使得兩種近接防禦武器-「厄利空」(Oerlikon)20mm與「波佛斯」(Bofors)40mm機砲，不具太大效用。這兩型武器設計用於對付最遠4,000碼內的目標(前者為1,500碼)，⁶其高速對相對缺乏經驗的飛行員形成心理嚇阻(飛行員關切自身的性命)，而密集可見的防空火網，亦會影響敵機瞄準，迫使其過早或無效投彈，甚至放棄攻擊行動。⁷對意圖犧牲的飛行員而言，這種心理嚇阻效應甚難形成，加上20、40mm機砲對末端俯衝的自殺飛機，缺乏足夠的攔截能力，無法將其徹底摧毀或使其

註5：Boslaugh, *When Computers Went to Sea*, pp.55~56; Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.150~152; Nicolai Timenes, Jr., *Defense against Kamikaze Attacks in World War II and Its Relevance to Anti-ship Missile Defense, Vol.1, An Analytical History of Kamikaze Attacks against Ships of the United States Navy during World War II*(Operations Evaluation Group, Center for Naval Analyses, 1970), pp.66~74; Friedman, *Naval Anti-aircraft Guns and Gunnery*, pp.270~271; Timothy S. Wolters, *Information at Sea: Shipboard Command and Control in the U.S. Navy, from Mobile Bay to Okinawa*(Johns Hopkins University Press, 2013), pp.170~221。

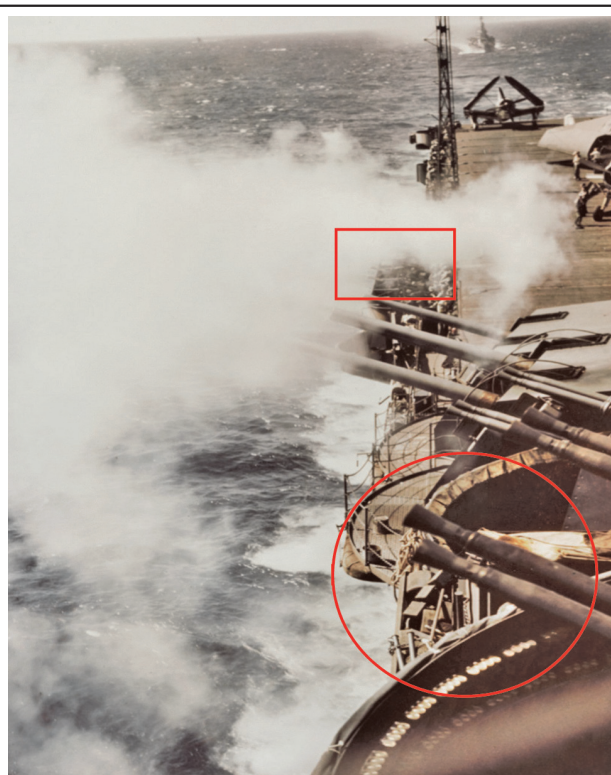
註6：雖然，20mm與40mm機砲的最大射程更遠(後者超過11,000碼)，但當時的防空射控無法在此等距離有效追蹤小口徑自動武器的彈道。因為這個緣故，40mm砲彈被設計在4,000碼至5,000碼間自毀(self-destruct)。參見John Campbell, *Naval Weapons of World War Two*(Naval Institute Press, 1985), pp.147~153。

註7：Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.150~151。

改變撞擊航向。

(二)因日本自殺飛機係美軍首見的攔截挑戰，屬於導引武器特有的威脅，故在可用自動武器數量不足情況下，艦隊防空武器祇剩下重型5吋38倍徑兩用艦砲(最大射程達18,200碼，如圖一)，成為攔截自殺飛機的最有效手段。⁸該砲除爆炸威力更大外，主要優勢在於當時研發配備近炸引信的「可變時」(variable time, VT)砲彈；這種防空砲彈彈頭內嵌一個簡單無線電發射器，當偵測到足夠的發射訊號回波時就會引爆主炸藥，距離通常約在70英尺(21.3公尺)範圍內。⁹該艦砲被大量地配備於艦隊，並成為驅逐艦主砲(至少四門)及更大型軍艦副砲(通常配備更多)；然該砲配套使用的射控儀-「Mk37型」，無法應付近距離高速移動目標，且射速過低(每分鐘約15發)，難以有效反制。¹⁰

(三)美國海軍採取的權宜之計，係將執行雷達哨戒的驅逐艦部署在遠離艦隊水域、提高航艦戰機數量、將5吋艦砲與40mm砲使用的「Mk51」射控儀結合，並在艦上可用空間安裝更多的40mm機砲。這些



圖一：美軍「艾塞克斯級」(Essex-class)航艦5吋38倍徑砲射擊

說明：圓框為正在射擊的40mm砲管，方框為有人操作的20mm機砲。

資料來源：美國海軍歷史與遺產司令部。

措施雖削弱日本自殺飛機的效能，但日方因持續投入，平均僅需3.6名飛行員即可擊中一艘美艦，已較一次傳統攻擊所需的37名飛行員為低。¹¹美軍長期解決方案被認為應將要有更好的偵測、更好的CAP管

註8：「倍徑」係指砲管長度除內管直徑的倍數(非小口徑武器指稱的內徑)。因此，5吋38倍徑表示砲管內部直徑5吋，砲管長190吋。較長砲管通常具更遠射距與更佳精度。

註9：Buford Rowland(備役海軍少校)and William B. Boyd(備役海軍上尉), U.S. Navy Bureau of Ordnance in World War II(U.S. Navy Dept. Bureau of Ordnance, 1953), pp.278~279。

註10：到了二戰末期，5吋38倍徑艦砲有三種砲管標記(12/0、12/1與12/2)、十種砲座標記與133個改裝項目。Adelaide M. Madsen, An Aegis History(Naval Sea Systems Command, 1986), pp.1-5~1-6; Campbell, Naval Weapons of World War Two, pp.109~111, 139; Friedman, Fighters over the Fleet, pp.152~154; Friedman, Naval Anti-aircraft Guns and Gunnery, pp.272~274; U.S. Navy Dept., Anticraft Action Summary: Suicide Attack, April 1945, United States Fleet Headquarters of the Commander in Chief, COMINCH P-009, April 30, 1945, <https://www.history.navy.mil/research/library/online-reading-room/title-list-alphabetically/a/suicide-attacks-apr-1945.html>; Wildenberg, The Origins of Aegis, p.1。

註11：Friedman, Naval Anti-aircraft Guns and Gunnery, pp.244~247。

制，與研製一款比20、40mm機砲更具殺傷力且射程更遠的防空武器，其射速應較5吋砲更快；然即便武器具有一定效力，平均仍須300-400枚VT砲彈才能完成一次擊殺。¹²總體而論，這意味著要在離艦隊儘可能遠處與敵軍接戰，並研製一款最先進的近迫武器，俾因應較晚出現目標的保險措施。¹³

四、1944年日本開始進行自殺攻擊時，美國海軍開發空載雷達已近3年(即「凱迪拉克計畫」)。由於雷達的偵測距離受到地球曲率的限制，擴大偵測距離不僅需要更大功率，雷達所處位置亦需進一步的提高；因此，空載雷達的偵測距離遠較艦載雷達(偵測飛機距離低於100哩)為大，可大幅延伸艦隊偵測範圍，使CAP戰機能有更多時間攔截來襲飛機。由於雷達資料須直接傳送至艦上CIC，系統本身的限制也讓其效能受到影響；但該計畫仍於1945年時加速推動。「凱迪拉克」及其後續計畫中，其重要組成的空載雷達與戰情中心在戰爭結束前均未能完成部署；「冷戰」正式揭幕前的1940年代，更由於預算遭到

裁減，導致計畫因而延宕。¹⁴

五、即使運用CAP機反制更有效，但來襲自殺機仍可能造成防空系統飽和，這意味著軍艦需要較5吋砲射程更遠的防空武器；若能在更遠距離處接戰，海軍艦船僅需足夠攔截力使目標喪失功能即可，而非將其澈底摧毀。¹⁵作法如后：

(一)「二戰」期間改良防空武器的初步努力，係將「一戰」時的3吋50倍徑艦砲自動化，並配置VT引信；該砲在戰爭末期部署，係當時配備VT引信的最小(因此射速最高)口徑艦砲。¹⁶該型艦砲的有效射程不及5吋艦砲，為提高射程，曾嘗試將5吋38倍徑艦砲砲管加長至45倍徑，但是無法改善射速過低問題；因此，具備攔截力、長射程與高射速的防空艦砲在1940年代難於實現，即便有雷達射控協助亦然。

(二)兩項緊急研發計畫遂被啟動：其一為「航空局」(Bureau of Aeronautics, BuAer)負責的「雲雀」(Lark)計畫，旨在發展一款亞音速、波束導引(beam-riding)的艦對空飛彈；其二為「軍械局」(Bureau of Ordnance, BuOrd)主導的「大

註12：Campbell, *Naval Weapons of World War Two*, p.106; Timenes, *Defense against Kamikaze Attacks in World War II*, Vol.1, p.76。

註13：U.S. Navy Department, *Battle Experience: Radar Pickets and Methods of Combating Suicide Attacks off Okinawa*, March-May 1945, Unites States Fleet Headquarters of the Commander in Chief, Secret Information Bulletin 24, July 20, 1945, <https://www.history.navy.mil/research/library/online-reading-room/title-list-alphabetically/b/battle-experience-radar-pickets.html>; Friedman, *Fighters over the Fleet*, p.156; Friedman, *Navy Anti-aircraft Guns and Gunnery*, pp.259~260; Timenes, *Defense against Kamikaze Attacks in World War II*, Vol.1, pp.69~76。

註14：Edwin Leigh Armistead, "Naval Airborne Early Warning 1945-1985" (MA Thesis, Old Dominion University, 1993), pp.14~23; Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.158~162, 286; Friedman, *Naval Anti-aircraft Guns and Gunnery*, pp.270~274。

註15：Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.296~311。

註16：3吋50倍徑艦砲最大射程可達14,500碼。Ibid., p.156; Friedman, *Naval Anti-aircraft Guns and Gunnery*, pp.259~260; Muir, *Black Shoes and Blue Water*, pp.5~6, 27。

黃蜂計畫」，以發展一款衝壓噴射推進 (ramjet-powered) 的艦對空飛彈，有效射程約2萬碼。這兩項計畫因1943年德國研發導引武器而啟動，1945年初迅速成為海軍主要的反自殺飛機項目；然「雲雀」最終並未列裝部署，卻提供海軍防空飛彈重要設計經驗，至於「大黃蜂計畫」則因需革命性的創新技術，讓發展時間因此拉長，但卻促成海軍在「冷戰」初期首款艦用防空飛彈的部署。¹⁷

參、早期飛彈時代與時間及空間的壓縮

一、1945年8月，自殺飛機威脅隨著「二戰」結束終結，由於美國國防預算萎縮，海軍支持先進計畫的研發能力亦相對降低；因此，「凱迪拉克」、「大黃蜂」與「雲雀」等計畫被明顯地放緩，並依其可能產出的最佳成果審慎地律定優先順序。儘管1945-1950年間經費拮据，研發計畫仍然持續進行，並致力於先進戰情中心系統與傳統兩用(對空/對海)艦砲的開發。「凱迪拉克」、「大黃蜂計畫」與戰情中心發展，三者最終成功地催生艦隊防空系統，艦船空中接戰的距離進一步地外推

。在兩用艦砲上，可靠性、重量與預算問題對其發展形成相當限制，致海軍無法獲得現代化具可靠性的近接武器。1950年代末與1960年代初，蘇聯噴射轟炸機與攻船飛彈的威脅，更進一步強化這種趨勢。

二、1946年，「凱迪拉克II」的空載戰情中心概念在陸基「B-17G」轟炸機驗證成功後，海軍軍令副部長即要求為現代戰機研製一款作戰用版本，並對艦用版本進行研究。囿於經費嚴重不足，海軍1949年時僅購入2架四引擎「洛克希德公司」(Lockheed Martin) Model-749「星座」(Constellations)飛機從事進一步測試。1952年，該構想最終在L-1049「超級星座」飛機上完成定型。此機型被稱為WV-2「警戒之星」(Warning Star)，係海軍首款「空中預警/戰情中心」(airborne early warning/ combat information center, AEW-CIC)平台，其毋須艦隊的協助即能直接指揮CAP戰機。該款飛機正式列裝服役前，海軍仍仰賴25架緊急改裝做為AEW-CIC測試平台的「B-17G」轟炸機(即PB-1W飛機)，1953年更在韓國外海為艦隊作戰提供支援。¹⁸

三、鑑於已有可用的改裝「B-17」轟

註17：Timenes, *Defense against Kamikaze Attacks in World War II*, Vol.1, pp.66-67; Wildenberg, *The Origins of Aegis*, pp.1-3。

註18：韓戰期間，美國海軍在朝鮮半島外海的持續軍事行動，再次凸顯了地面雜波妨礙艦載雷達及時偵測來襲飛機的危險。當時星座/超級星座飛機因尚未就緒或數量不足無法提供艦隊保護，改裝的B-17(PB-1W)遂接手執行此項任務。1953年初，根據第77特遣編隊的回報，飛機執行巡邏時間長達5小時。參見Armistead, "Naval Airborne Early Warning 1945-1985," pp.14-23; Commander in Chief U.S. Pacific Fleet, "Chapter 2: Chronology," in *Korea War: U.S. Pacific Fleet Operations*(Navy Department Library, 2007), pp.2-6。

炸機，加上戰後國防預算緊縮，復因「PB-1W」與「MV-2」在距友方空軍基地過遠時無法提供艦艇支援；因此，在1940年代末與1950年代初，艦載「空中預警/戰情中心」(AEW-CIC)項目優先排序降低。經折衝妥協後，在1950年代末決定將「道格拉斯公司」(Douglas)「天襲者」(Sky-raidiers)改裝成「AD-2W」飛機。該型飛機可在距任務編隊150浬處執行巡邏任務，最遠能偵測100浬外的來襲目標，但是存在若干盲區。在艦隊資料處理能力尚未更有效率前，AEW-CIC概念的能力已達其極限。¹⁹

四、1950年代末，「海軍戰術數據系統」(Naval Tactical Data System，以下稱NTDS)²⁰的研製使戰情中心資料處理能力更具效率，這是時任軍令部長伯克(Arleigh Burke)上將在電晶體用於電腦後所進行的「科技豪賭」(technological gamble)。該系統是一種有效「圖像保存器」(picture keeper)，用於解決自殺飛機的飽和攻擊問題，系統在艦載雷達持續搜索新目標的同時，透過記憶式或數位式戰術圖來追蹤目標軌跡。如此可消除標圖作業

時的人為疏失，節省目標識別與追蹤時間；但流程常因人員觀測、通信與彙整初始追蹤資訊而中斷。雖然，NTDS能與最佳武器配對用以對抗特定目標，但其本身不是武器系統，武器系統的決策與資訊仍須由人員以手動方式進行處理；然該系統可透過「空中戰術數據系統」(Airborne Tactical Data System，ATDS)與其他艦、機分享資訊，並追蹤已相連各載台的預估剩餘彈藥存量。²¹1956年，「格魯曼公司」的「E-1追蹤者」(Tracer)雙引擎飛機，即是以此系統做為核心，成為海軍首款高性能的艦載AEW-CIC飛機。²²

五、儘管海軍預期未來敵人不會採取日本自殺式攻擊戰術，其在1950年代末仍持續投入資源因應是類威脅，主要原因係噴射機的出現嚴重壓縮艦隊攔截空中威脅的時間與空間；雖然1960年代前美國對蘇聯海軍武器發展的情報明顯地不足，但從自身能力反推，美國海軍認為蘇聯不久後也將擁有超音速戰機。由於威脅目標能快速運動，可用於辨識與決策的時間變少，更遑論把飛機派至儘可能遠離艦隊的水域進行攔截。²³1955年，美軍預估有七成五

註19：海軍在韓戰與越戰期間焦點置於對岸投射火力，AEW-CIC飛機不足未被視為重大問題，因為手邊尚有WV-2飛機可資運用。Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.286~295; Friedman, *Naval Anti-aircraft Guns and Gunnery*, pp.270~274。

註20：關於NTDS整體發展，參見Boslaugh, *When Computers Went to Sea*。

註21：這個計畫最終成為「凱迪拉克」計畫，最初構想是建立艦與艦間的雷達資訊連結，而非空載雷達資訊交換。1944年，由於此計畫已超出當時技術水平，因而重新進行系統概念設計。參見Armistead, "Naval Airborne Early Warning 1945-1985," pp.14~16。

註22：Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.292~293, 322~326; Muir, *Black Shoes and Blue Water*, p.99。

註23：韓戰期間，防禦噴射戰機發起的快速攻擊係指揮官最關注問題，主因係戰場位置接近中國大陸與蘇聯。Friedman, *Fighters over the Fleet*, p.242。

的襲擊行動，在己方戰機進行有效反制前即已飛臨，艦隊的生存高度仰賴自身的防空能力。這個現實促使美軍支持更多的「最大潛在接戰距離」(longest potential engagement ranges)計畫。²⁴1966年，隨著美軍航艦開始對北越發起攻擊，「正面識別雷達諮詢區」(Positive Identification Radar Advisory Zone, PIRAZ)的建立，則提供了一個短期的解決方案，其角色類似「二戰」時部署在沖繩海岸外的雷達哨戒驅逐艦，配備「海軍戰術數據系統」(NTDS)的水面艦在敵岸與航艦之間建立屏衛，並提供該空域全時精確圖像。²⁵

六、AEW-CIC飛機的早期預警，加上NTDS提供的可靠追蹤，祇可視為艦隊防空解決方案的一部分。此外，高性能攔截機、防空飛彈與改良型傳統艦砲，亦是艦船在「冷戰」期間得以存活的關鍵因素；但最初海軍與國防部將防空飛彈(軍械局主導)與高性能攔截機(航空局研發)兩者，視為艦隊防空的競爭者而非互補資產，且係源自於研發成本巨大與兩局間的官僚敵意。²⁶短期而言，由於艦載戰機的能力受

限，防空飛彈取得有利態勢；但到了1960年代初，海軍意識到蘇聯「Tu-16」亞音速轟炸機能在艦隊武器射程外發射攻船飛彈後，防空飛彈即不再擁有明確優勢。在此時刻，飛彈技術、噴射機攻擊對防禦時間與空間的壓縮，以及對威脅進行確認、追蹤與標定均耗時甚長；因此，當敵方大量飛彈發射後，幾乎無法找到有效方法攔截因應。²⁷此種威脅等同於自殺機攻擊重現，故需在敵機發射飛彈前，於遠處即運用攔截機或長程防空飛彈反制；倘攔截失敗，飛彈末端飛行時仍須將其澈底摧毀，此刻中程接戰的重要性遂大幅滑落。

(一)儘管1950年代初至中期，美國戰機噴射引擎發展存在弱點，然多個攔截機計畫已邁入技術成熟階段；尤當海軍「北極星潛射彈道飛彈」(Polaris submarine-launched ballistic Missile)計畫被置於最高優先時，導致海軍其他計畫出現嚴重資金排擠。²⁸這些攔截機計畫中，「航空局」在1950年代末認為最有前景的係新款「飛彈手」(Missileer, F-6D)戰機與「鷹式」(Eagle)飛彈。「道格拉斯公司」

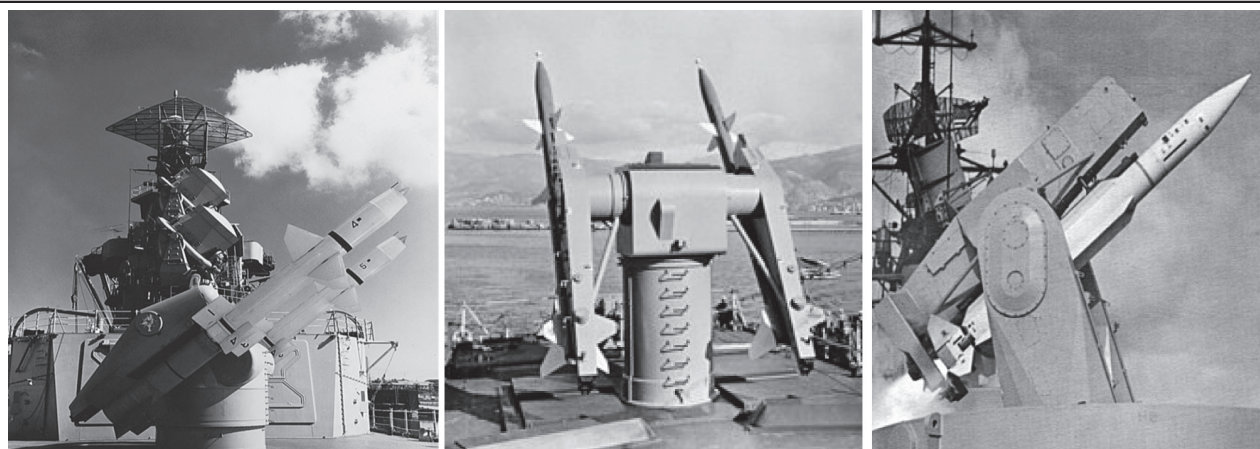
註24：Ibid., pp.296~310。

註25：Garette E. Locker, "PIRAZ," Proceedings, April 1969, pp.143~146。

註26：1840年代至1966年，美國海軍岸上機構係以「局」(bureaus)為單位組建，涵蓋招募、造船、醫療與飛機製造等各項業務。這些單位領地意識強烈且獲得國會支持，導致了關於計畫與權限的頻繁內鬥。基於這個緣由，美國國防部長麥拉馬拉(Robert McNamara)於1966年解散了此系統，其冀望以一個較和諧的系統取而代之。Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.312~321; Tyler A. Pitrof, *Too Far on a Whim: The Limits of High-Steam Propulsion in the US Navy*(University of Alabama Press, 2024), p.15。

註27：Muir, *Black Shoes and Blue Water*, pp.73~77。

註28：Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.213~215, 244~263, 270; Glenn E. Bugos, *Engineering the F-4 phantom II: Parts into Systems*(Naval Institute Press, 1996), pp.14~16。



圖二：美軍「大黃蜂」計畫三種不同型式飛彈

說明：「小石城」號(CL92, Little Rock)輕巡洋艦搭載「塔洛斯」導引飛彈(圖左)；波士頓號(CAG-1)重型飛彈巡洋艦上的「獾犬」防空飛彈(圖中)；1970年安裝於伯克號飛彈驅逐艦(DDG-15)上的「韃靼」飛彈(圖右)。

資料來源：參考美國海軍歷史與遺產司令部；〈RIM-2獾犬飛彈〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/RIM-2%E3%B9%B4%E7%8A%AC%E9%A3%9B%E5%BD%88>；〈RIM-24導彈〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/RIM-24%E5%AF%BC%E5%BC%B9>，檢索日期：2026年1月2日，由作者彙整製圖。

的「F-6D」係一款大型、亞音速與長滯空戰機，可在艦隊最外層空域長期執行警戒；該機配備高性能雷達與射程80哩的「鷹式」(Eagle)飛彈，可用於反制在強力干擾與誘餌保護下的蘇聯轟炸機，並在其向美軍艦隊發射飛彈前予以摧毀。由於雷達需在高干擾環境下作業，加上飛彈擁有超長射程，這套系統成本昂貴，約27.3億美元(以1960年幣值計算)。²⁹

(二)「大黃蜂」計畫在1950年代中期演化成為三種不同型式飛彈(包括RIM-8塔洛斯【Talos】、RIM-2獾犬【Terrier】與RIM-24韃靼【Tartar】，通稱為3Ts，如圖二)，以解決艦隊遠程防空問題，反制突穿CAP防禦下的敵方戰機。

1. 速度3馬赫的「塔洛斯」飛彈係「

大黃蜂計畫」直接衍生出的長程飛彈(初始射程為50哩，1960年射程提升超過100哩)。由於飛彈與導引系統體積龐大，僅能部署於大型巡洋艦。

2. 「獾犬」飛彈速度1.8馬赫，射程10哩，雖然存有明顯缺陷，然因憂心蘇聯超音速轟炸機威脅，於1950年代中期倉促部署。

3. 「韃靼」飛彈於1958年服役，速度1.8馬赫，其將「獾犬」飛彈第二級火箭移除，由於體積減小故可部署於驅逐艦與其他輕型護衛艦，該型飛彈射程僅8.7哩。

4. 這三型飛彈體型龐大、結構脆弱，且對環境敏感，必須於碼頭進行補給與裝填，惟其速度均較當時任何型式艦載戰機

註29：Freidman, *Fighters over the Fleet*, pp.312~317。

快(戰機極速約1馬赫)。³⁰

(三)「軍械局」係「航空局」在應對艦隊防空問題上的預算競爭者，其「3Ts」較「飛彈手」戰機與「鷹式」飛彈方案，更加複雜、高價且可靠性差；更糟的是這三型彈需要各自系統進行人員訓練，結果形成了三條獨立的訓練管道(隨著各艦進行升級，這些管道又被進一步分隔)。再者，其龐大體積與緩慢費時的裝填流程，意味著艦船可攜行數量有限。最後，飛彈的半主動尋標器會限制射速，因為射控雷達必須持續「照明」(illuminated)目標直至命中。1950年代末，「軍械局」對這些缺陷提出解決方案，此即「泰豐」(Typhon)飛彈，係以全新整合的雷達與飛彈系統取代「3Ts」；彈速4馬赫、射程200哩，能追蹤高度10萬英尺(約3萬480公尺)目標。如「大黃蜂」計畫般，「泰豐」飛彈係一開創性嘗試，這意味著隱藏其後的係巨大經濟與時間投資(以1960年幣值計算約59.7億美元)。³¹

(四)儘管海軍圈外人提出「『飛彈手』戰機/鷹式飛彈」與「泰豐」互補做為

艦隊防空的概念，但兩者的成本皆過於昂貴，最終在麥拉馬拉(Robert McNamara)任命為國防部長早期即被取消。其實在1960年代初，「3Ts」已逐漸陳舊過時(因為蘇聯「Tu-16」轟炸機的攻船導彈能力持續增長)，但海軍能用於水面遠程攔截的也只有這些防空飛彈。「麥克唐納公司」的「F-4幽靈式II」(Phantom II)戰機服役後，空中攔截任務就交由其負責，該型機戰力強大，該公司於1953年主動提案研發，其延續了超音速攔截的舊有構想，惟不具「『飛彈手』戰機/鷹式飛彈」的滯空能力或飛彈射程；因此，該型機須仰賴現有裝備提供即時的AEW-CIC資訊，方能執行攔截任務。³²

七、1950年代至1960年代，防空計畫置重點於遠程攔截，認為這是成功機率最高的作法，中程與近接防禦系統與概念的發展遂陷於停滯，艦砲仍是唯一服勤與發展的武器。艦隊在1960年代仍持續仰賴「二戰」時的自動3吋50倍徑砲(如圖三)；³³由該砲衍生的3吋70倍徑與5吋54倍徑砲，則因預算挪用發展長程防空飛彈與攔截計

註30：儘管這些飛彈的射程隨著時間略增，但其整體能力並未相應地提升。另一方面，1950年代戰機引擎問題一直困擾著海軍當局，1960年代搭載J-79引擎(飛機速度達到兩馬赫)的麥克唐納F-4幽靈式II型戰機問世後，這個問題才獲得根本性解決。Madsen, *An Aegis History*, p.1-6; Muir, *Black Shoes and Blue Water*, pp.66-67, 85, 99-104。

註31：Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.314-317; Madsen, *An Aegis History*, pp.1-6-1-12; Thomas C. Hone, Douglas V. Smith, and Roger C. Easton, Jr., "Aegis-Evolutionary or Revolutionary Technology?," in *The Politics of Naval Innovation*, ed. Bradd C. Hayes(美國海軍上校)and Douglas V. Smith(美國海軍中校)(U.S. Naval War College, 1994), pp.45-46; Muir, *Black Shoes and Blue Water*, pp.104-106; Wildenberg, *The Origins of Aegis*, pp.93-101, 132-137, 141-150。

註32：Bugos, *Engineering the F-4 phantom II*。

註33：至此，3吋50倍徑(Mk22砲座)的射程為14,500碼，射速為每分鐘40至50發，完全無法因應高速威脅，即使以可快速追蹤的Mk 63艦砲射控系統進行導引時亦然。Muir, *Black Shoes and Blue Water*, pp.24-25, 145。



圖三：美軍巡洋艦進行雙聯裝3吋50倍徑砲射擊

說明：後方為一座5吋38倍徑雙聯裝砲座後部。
資料來源：美國海軍歷史與遺產司令部。

畫(部分原因來自於其高度的政治可見度，當時「北極星」計畫主導著海軍預算)而放緩。雖然這兩型砲最終仍列裝服勤，但可靠性太差，加上射速慢與射程近的缺點，3吋70倍徑砲很快就被放棄，5吋54倍徑砲(Mk42砲座)被生產並廣泛部署逾25年，成為1970年代海軍唯一近接防禦艦砲系統，之後該砲的反水面與火力支援角色，逐漸凌駕防空任務之上。³⁴

註34：3吋70倍徑(Mk 26砲座)砲係專門為提升射速進行設計，射速為每分鐘80至100發，由於經常出現卡彈問題，在1950年代末開始部署於少數艦船後遂被快速替換。5吋54倍徑砲的發展歷程更複雜，初期將Mk 16/0砲管安裝於Mk 39砲座，設計係以延伸射程進行考量(射程25,900碼，5吋38倍徑砲射程僅18,200碼)，射速維持於每分鐘15發。5吋54倍徑Mk 18(Mk 42砲座)砲則放棄增程改採高射速設計，每分鐘能發射40至50發砲彈。由於自動裝彈機可靠性不足，此型艦砲射速無法達到預期目標。此艦砲結合Mk 68射控系統(具搜索與追蹤雷達)，經數位化升級後服役至2000年代初。Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.312~317; Friedman, *Naval Anti-aircraft Guns and Gunnery*, pp.303~311; Madsen, *An Aegis History*, pp. I-5~I-6; Muir, *Black Shoes and Blue Water*, pp.24~26, 106, 177~179。

總體來說，1960年代初美國對蘇聯威脅的情報(如發展偵測美艦的長程巡邏機與改良攻船導彈)逐漸改善，但海軍仍沿用1945年因應自殺飛機攻擊的相同思維來建構艦隊防空系統。海軍將接戰區外推距離艦隊更遠處，被視為成功攔截的最佳作法，並將長程防禦計畫置於排序前端項目，即便這些計畫耗時長且所費不貲。蘇聯噴射轟炸機的出現對艦隊防空作戰的時間與空間形成壓縮；加上海軍強調兵力投射，必須支持美軍地面部隊在亞洲的行動，這是當時因應空中威脅的一個合理回應。由於此選項增加了長程攔截與防空飛彈的政治能見度，自然排擠投入發展中、近程防禦系統的資源。

肆、高端系統因應高端威脅

一、1967年10月21日，以色列海軍驅逐艦「艾拉特號」(INS Eilat)在埃及塞得港外海，遭多枚蘇聯製P-15「白蟻」(Termit；北約將其命名為冥河)攻船導彈擊中後沉沒；由於受到岸上地面雜波干擾，該艦在遭擊中前不久，才在雷達幕發現來襲飛彈，根本沒有時間使用艦砲對其進行反制。事後儘管美軍知悉此型飛彈的存

在，卻仍對結果感到震撼，因「艾拉特號」是一艘經現代化改裝的軍艦，而艦隊防空現況則令人感到深度不安；且除名稱不同外，該事件是自殺攻擊危機的重現，只是這次事件更令人擔憂。再者，由於航艦的建造成本日增，加上其明顯的脆弱性，都凸顯海軍無法承受任何一次攻擊。³⁵

二、1960年代末期，美國海軍開始以「RIM-66A標準」飛彈(如圖四)替換「韃靼」飛彈，此型彈與先前各型飛彈性能相當，但可靠性更佳(雖然仍需返港裝填)；近接防禦仍由5吋54倍徑砲擔綱，老舊艦船則由5吋38倍徑與3吋50倍徑砲負責。各艦以「海軍戰術數據系統」(NTDS)將武器進行數位鏈結，並分享目標追蹤資訊，藉「空中戰術數據系統」(ATDS)及1964年服動的「E-2鷹眼」AEW-CIC機與艦載機構聯。1960年，「『飛彈手』戰機/鷹式飛彈」計畫被取消，後繼「F-118B」戰機研發亦在1968年中止，CAP空中掩護則由「F-4」戰機搭配射程僅27哩的「AIM 7E-麻雀」(Sparrow III)飛彈執行。儘管海軍擁有更佳的裝備能偵測威脅並引導戰機，但在敵機發射飛彈前僅具備有限接戰能力；一旦敵方發射飛彈攻擊，「3Ts」與「標準」飛彈僅能攔截少量飛彈，其主動尋標器亦不適合接戰小型、快速移動目標。³⁶



圖四：美軍「伯克號」(DDG-51, Arleigh Burke)驅逐艦

說明：艦艏單管5吋54倍徑Mk 45砲座，後方為垂直發射系統，上層白色圓頂為近迫武器系統；小圖為美軍「貝里號」(DDG-52, Barry)驅逐艦垂發系統發射「標準」飛彈。

資料來源：美國海軍歷史與遺產司令部。

三、美國海軍在「泰豐」計畫取消後，於1963年啟動「先進水面飛彈系統」(Advanced Surface Missile System, ASMS)計畫，最初構想是開發飛彈與追蹤系統；但研發期間，為維持偵測、接戰與控制分散運作，導致反應時間與飽和門檻受限，促使系統設計者儘可能進行整合，遂產出全新高度整合的武器與感測器套件。該系統可在最低人工資料處理情況下，同時追蹤並接戰多個目標；雖然成本迅速攀升，但1970-1971年時任海軍軍令部長朱瓦特(Elmo Zumwalt)上將視其為艦隊防空的未來。隨著「艾拉特號」沉沒，他更深信「ASMS」非常重要，儘管新型飛彈的組件被取消，改採增程版的RIM-66變型型號；其追蹤組件亦在1970年代中期被重新

註35：Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.358~363; Hone, Smith, and Easton, "Aegis—Evolutionary or Revolutionary Technology," p.43; Muir, *Black Shoes and Blue Water*, pp.153, 168~169。

註36：Friedman, *Fighters over the Fleet*, pp.317, 342~348; Friedman, *Naval Anti-aircraft Guns and Gunnery*, p.311; Madsen, *An Aegis History*, pp.IV~32; Muir, *Black Shoes and Blue Water*, pp.177~179。

設計成為「神盾戰鬥系統」(Aegis Combat System)，且不再是單純的防空系統。1983年，系統首次裝備在「提康德羅加級」(Ticonderoga-class)飛彈巡洋艦。³⁷

四、「神盾系統」大幅提高飽和攻擊門檻，「標準」飛彈及其後繼者亦改善中程攔截能力，但仍有以下難題：

(一) 近距離接戰導引武器

1. 對極短距離(6英里【約9.5公里】或更近)來襲目標進行反制，最初係由「通用動力」(General Dynamic)公司製造、1969年引進(直到1980年始進行作戰部署)的20mm「近迫武器系統」(Close-In Weapon System, CIWS)處理。CIWS是一個自主系統，其設計在飛彈撞擊目標前的最後數千碼處將其引爆，³⁸而「RIM-116滾體飛彈」(RAM)則強化CIWS能力(1992年後開始廣泛部署)；但艦砲做為末端防禦效能的疑慮依舊存在。

2. 需要填補長距飛彈與末端防禦間缺口的唯一計畫，係1976年引進的RIM-7「海麻雀」(Sea Sparrow)飛彈，實際上是由Mk-63「艦砲射控系統」(Gun Fire Control System, GFCS)導引的艦射型「海麻雀」III型飛彈。該款飛彈的引進，讓海軍能繼續使用5吋54倍徑砲(1974年改裝新式

Mk-45砲座)，這是18年來首次重新設計的海軍艦砲系統，Mk-45並不代表海軍重拾對艦砲執行防空任務的信心。Mk-45及Mk-86艦砲射控系統主要做為兩棲火力支援；因此，該系統採用每分鐘16-20發的較低射速，換取機械的可靠性，接戰空中目標則列為次要任務予以保留。³⁹

(二) 接戰長程轟程機

1974年，海軍引進「格魯曼公司」的F-14「雄貓」(Tomcat)戰機(如圖五)與「AIM-54鳳凰」(Phoenix)飛彈，解決接戰敵長程轟程機問題，並具有在100哩外攔截敵轟炸機的能力。採納概念與「航空局」提出的「『飛彈手』戰機/鷹式飛彈」方案一致，儘管超音速戰機的滯空時間較短；但其前身與神盾戰鬥系統相似，「雄貓」戰機與「鳳凰」飛彈的造價亦相當昂貴。當F-111B戰機研發計畫面臨失敗時，「格魯曼公司」於1967年主動提出未經邀請的替代方案，此計畫在海軍努力推動下最終完成。本案成功的關鍵來自「雄貓」戰機具有艦隊攔截與打擊護航兩項能力，足以因應蘇聯穩定成長的轟炸機與攻船導彈威脅。⁴⁰

五、不同於過去，未部署且被視為國防經費競爭者的「泰豐」飛彈與「『飛彈

註37：Hone, Smith, and Easton, "Aegis-Evolutionary or Revolutionary Technology," pp.45, 49-51; Madsen, An Aegis History, pp.i-ii, IV-7-IV-9, IV-16-IV-40; Wildenberg, The Origins of Aegis, pp.175-208。

註38：Muir, Black Shoes and Blue Water, pp.177-179。

註39：Ibid., p.166。

註40：Friedman, Fighters over the Fleet, pp.356-358, 382-385。

手』戰機/鷹式飛彈」兩項計畫，支持「神盾戰鬥系統」與配備「鳳凰」飛彈的「雄貓」戰機的軍令部長朱瓦特上將，就認為這兩項計畫具互補性；尤當海軍參謀部門重組、軍械局與航空局解散後，公開宣示將更加容易。透過部署這兩種裝備，海軍能以更系統化途徑建構防空概念。1980年代，艦隊防空被稱為「外層空中戰鬥」(Outer Air Battle)，「E-2」AEW-CIC飛機做為艦隊外層屏衛，並引導「F-14」戰機對轟炸機進行反制；另對突破戰機防線的轟炸機或飛彈，將由配備「神盾戰鬥系統」的艦船以「標準」飛彈在儘可能遠處接戰；CIWS與電子干擾、施放金屬絲則做為最後防禦手段。當「標準」飛彈取代「3Ts」、「神盾系統」接戰距離也進一步外推，讓「鷹眼」與「雄貓」機能部署於更遠的空域。

六、1980年代末，海軍引進「垂直發射系統」(Vertical Launch System, VLS) 大幅提升神盾艦的飛彈發射速率，更強化遠處攔截來襲飛機與飛彈的能力；然這將造成庫存彈藥的快速消耗，且由於系統僅需動用少量飛彈即可因應，返港重新補給就不再是一個問題。⁴¹此刻，蘇聯海航兵力包括攜行先進攻船導彈的「Tu-22M3」超音速轟炸機(北約稱Backfire-C，逆火



圖五：美軍「雄貓」戰機監控蘇聯「Tu-95」海上巡邏機

資料來源：美國海軍歷史與遺產司令部。

-C)，形成倍於往昔更快與更遠威脅。當1980年代，美國海軍改採攻勢「海洋戰略」(Maritime Strategy)，規劃戰爭爆發時可對蘇聯的側翼進行施壓，此時壓制與防禦其轟炸機力量仍為海軍計畫者的優先考量；這也被視為美軍沖繩外海戰鬥的延續，並應在儘可能遠離艦隊處接戰，最好是在飛機起飛前將其摧毀。⁴²

伍、對現代防空作戰的啟示

「冷戰」結束後，「神盾戰鬥系統」與「標準」飛彈家族持續進行性能提升，包括執行「戰區彈道飛彈防禦系統」(Theater Missile Defense System, TMD)，然仍未有全新的整體性艦隊防空途徑出現，美國海軍雖持續以高速、遠距接戰的

註41：John Kiprian DiEugenio, "The Creation of the Maritime Strategy: The U.S. Navy, National Strategy, and the End of the Cold War," (PhD Dissertation, University of North Carolina at Chapel Hill, 2023), pp.264~269; Friedman, Fighters over the Fleet, pp.382~391。

註42：Friedman, Fighters over the Fleet, pp.280, 382~385。



圖六：美軍「RIM-162」進化型海麻雀飛彈 (ESSM)

資料來源：Alan Chen，〈取代海麻雀，美國與11盟國共同開發新型艦射防空飛彈〉，科技新報，2025年9月2日，<https://technews.tw/2025/09/02/us-navy-and-other-10-nato-members-are-developing-essm-successor/>，檢索日期：2026年1月6日，由作者彙整製圖。

飛彈做為防空武器；惟因防禦空間與時間遭嚴重壓縮，致使艦隊近接防禦不切實際。因此，研發能於儘可能遠處偵測與攔截（由戰機來執行）的能力，遂被列為高度優先，並由「神盾系統」導引的「標準」飛彈來處理攔截漏失目標。2004年，海軍以一款中程防禦武器「改良型海麻雀」（RIM-162 Evolved Sea Sparrow Missile，ESSM，如圖六）飛彈取代「海麻雀」飛彈，此改良型對導引與推進（推測可能具有較大射程）系統進行提升，且一個垂直發射單位可裝載4枚ESSM飛彈，較「標準」飛彈便宜且攜行數量更多，但面對大量

低端威脅時，其與「標準」飛彈都有相同限制，需要繁複裝填流程、且占用VLS空間。⁴³美艦大多數仍以CIWS、RAM與反制措施，做為最後一道近接防禦武器；至於5吋54倍徑（Mk-45砲座及後續5吋62倍徑，Mk-45 MOD 4砲座），主要做為水面攻擊之用，雖具對空接戰能力，但其在設計時並未包括此用途。⁴⁴

近期各地的軍事行動中，不時出現攻擊軍艦的其他各種方式，慢速、低空可偵測且廉價的無人機，已成為短、中程防禦必須處理的低端威脅，軍艦需要一個比現有飛彈系統在彈藥與成本上限制更少的解方；況且此武器必須能像對付自殺飛機般澈底摧毀來襲目標，否則即使攔截成功，碎片殘骸仍會造成軍艦受損。

由於射程與殺傷力無法有效反制自殺飛機，海軍先後放棄「厄利空」20mm與「波佛斯」40mm機砲，亦未能解決摧毀短、中程目標的問題。「二戰」期間，儘管具VT引信的3吋50倍徑砲成功填補近接防禦角色，但以3吋70倍徑與5吋54倍徑（特別是Mk42砲座）的後續型艦砲，用來對抗短、中程威脅確實極不可靠；至於當前廣為部署的中程5吋54倍徑Mk45（通常為單管砲）艦砲，自動模式下射速僅每分鐘16-20發

註43：“Evolved Seasparrow Missile Block I(ESSM)(RIM 162D),” America’s Navy, October 21, 2022, <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2168978/evolved-seasparrow-missile-block-1-essm-rim-162d/>，檢索日期：2026年1月15日。


註44：“Mk 45-5-inch 54/62 Caliber Guns,” America’s Navy, September 20, 2021, <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2167864/mk-45-5-inch-5462-caliber-guns/>，檢索日期：2026年1月15日。

，在20枚砲彈發射後，射速將更慢(現已由Mk34艦砲武器系統進行導引，使其更適合執行多功能任務)。1950年代以來，僅有CIWS與近年的RAM係針對近接防禦來發展與部署的武器系統，兩者設計係在艦船遭命中前數秒內引爆來襲目標，而非直接將其澈底摧毀；尤當先進武器擁有高速優勢時，CIWS與RAM在極短距離接戰，即使能成功地擊落來襲目標，其碎片殘骸仍會對艦船造成嚴重損害。

因此，對美國海軍而言，能在中程使「晚現」(late-appearing)威脅目標失能，或在近距離將其澈底摧毀，應是最優先考量；此領域從自動化的3吋70倍徑與早期5吋54倍徑砲除役以來，除ESSM外未有任何實質進展。面對各式低端與高端日增飽和攻擊的威脅，海軍應重新思考近接防禦的其他選項，畢竟「神盾戰鬥系統」面對較慢且較晚才被偵測到的敵方威脅，其接戰時間與空間，並未因此受到太大壓縮。

陸、譯後語

作者以「二戰」末期的日本自殺飛機做引子，對「冷戰」迄今美軍艦隊防空的發展做了深入剖析，涵蓋作戰概念發展、敵方威脅確認與武器裝備競爭等不同面向，這些因素對當前艦隊防空能力的形塑影響深遠。過去，戰機及其攜行的攻船飛彈

係艦隊防空的主要挑戰，近年隨著無人機與高超音速飛彈的技術成熟，軍艦正面對來自高、低端空中威脅的雙重挑戰；惟當前以飛彈做為主要防禦手段的回應方式，就成本與數量進行考量，均非合理解決方案。畢竟面對這類中、近程來襲目標，若無法將其澈底摧毀，其碎片與殘骸仍會對軍艦形成相當程度的損傷；因此，對我國海軍而言，美軍發展艦隊防空兵力的考量與經驗，應可做為我方建構艦隊防空借鏡，此為翻譯本文主要目的。 

作者簡介：

泰勒·皮特洛夫(Tyler A. Pitrof)係美國海軍歷史與遺產司令部(Naval History and Heritage Command)的歷史學家。2020年，他於馬里蘭大學取得歷史學博士學位；2020年至2022年間，皮特洛夫成為美國海軍官校「1957年班海軍遺產博士後計畫」研究員。他的新作《過猶不及：美國海軍高速蒸氣推進的限制》(Too Far on a Whim: The Limits of High-Steam Propulsion in the US Navy)於2024年付梓，其亦是兩本專題學術著作的共同作者，並為海軍軍令部長辦公室提供多篇簡報與文章。

譯者簡介：

翟文中先生，退役海軍上校，海軍軍官學校74年班，淡江大學國際事務與戰略研究所碩士85年班。曾任國防部參謀本部情報參謀次長室、國防部戰略規劃司、國防部整合評估司與國家安全會議，並擔任美國能源部Sandia國家實驗室訪問學者，現服務於國防安全研究院國防戰略與資源研究所。