



軍事戰略

# 研析軍機換代之空權影響

軍事學碩士 耿志雲

提

要

自上世紀1950年代起，西、南歐洲大部分地區在「北約」組織(NATO)的集體防衛架構下，均以美製規格與訓練準則為主臬，各國的防務決策與裝備系統深受美國國防承包廠商的聯動，直接影響了各國裝備更新換代的週期與防務的強度，少數由歐洲自力研發的代表性機種，也隨著整體防務布局的需要，遵循了美式的裝備沿改規律，也有因為長年仰仗北美防空系統一體化的基礎，間接忽略了新機換裝的期程與建案，導致空軍戰力呈現停滯不前，甚至削減的現象。至於美國為持續領導亞太與歐洲防務以之結合國家利益，不僅透過F-35「聯合打擊戰鬥機」的合作研發與採購，維持高端軍用航空工業的穩定，也直接聯繫住亞太各盟國和「北約」各國的空權發展核心項目，並且藉此繼續向東推進「戰略前沿」，投入第一島鏈演習以期達到防堵中共、俄羅斯的戰略目的。

關鍵字：空權、防空、北約組織、作戰部署、戰略前沿、聯合打擊戰鬥機

## 壹、前言

英國皇家空軍先前所使用的「龍捲風」戰鬥機(Panavia Tornado)堪稱上世紀「冷戰」時代西歐航太工業的合作典範，為歐洲研製的戰鬥機樹立了「多功能」的各項定義；北美的皇家加拿大空軍現役主力戰鬥機CF-188「大黃蜂」(Hornet)則是直



接向美國採購之裝備，本文以近期英國、加拿大此二個均屬英語系的「北約」重要成員國的主力戰鬥機換代背景，與美國積極在亞太拓展第5代機作戰系統，投入盟國前沿基地部署與地區伙伴實戰演習之實例，研析2020年以降美國與盟國空權之權宜與部署樣貌與影響。

## 貳、龍捲風戰鬥機對英倫空權的影響

在英國皇家空軍服役達40年的「龍捲風」(Panavia Tornado)戰鬥機已於2019年3月底全面除役<sup>【註1】</sup>，環顧這一架堪稱「冷戰」時代歐洲航太界的經典之作，對於「北約」組織(NATO)數十年以降的空權思想演變也產生催化的影響，尤其對於「全天候」、「低空航路攻擊」、「空中偵察」等各項戰術科目的定義予以更新，為1980年代的歐洲在英國本土駐防的美國空軍F-111E/F之外，增加了一款突擊蘇聯防空系統的全功能超音速載具，也為日後的歐美「多功能戰鬥機」立下基本性能的指標，它在近40年服役期間的各階段性能升級，為機載的電子攻防場景創造了新的局面。

### 一、多重空用武裝的選配

從整合航空工業能量的層面分析，在1969年以標榜「多功能戰鬥機」(Multi-Role Combat Aircraft—MRCA)為表率的「泛歐航太集團」(即一般中文所稱的「潘那維亞」Panavia)公司，當年從歐洲防務合作的觀念興起，逐步展開聯合準則發展、戰術部署、聯合演訓，甚至到聯合研發、生產、行銷的策略，無一不對後來的「空中巴士」(Airbus／今EADS)等跨國航太集團產生深遠的影響。第1架「龍捲風」GR.1研改型是於1982年撥交英國皇家空軍第9轟炸機中隊<sup>【註2】</sup>，這時已可攜帶1,000磅級高爆炸彈、BL755集束炸彈、JP233跑道鋪面破壞彈、WE177戰術核彈等特種武裝，對當年的「蘇聯」歐俄前線各基地威脅驟增。數年稍後的GR.4，更能搭載各種北約組織通用的精準導引炸彈、可反掩體與反裝甲2功能的「硫磺石」飛彈、「鋪路」IV精準導引飛彈(通常搭配「閃電」III標定莢艙)，甚至「風暴之影」遠距遙攻飛彈執行深入敵境的中／低空高度航路，讓北約確立了先發制敵的傳統空權戰術運用能力。

誠如其「多功能戰鬥機」之名目，英國、德國、義大利三國聯合發展這架

---

註1 “Britain celebrates Tornado during farewell flypast”, Royal Air Force, Retrieved 2019/4/24, <https://www.raf-ff.org.uk/news/britain-celebrates-tornado-during-farewell-flypast/>。

註2 “Panavia Tornado IDS - History”, Aero Flight, Retrieved 2019/3/5, <http://www.aeroflight.co.uk/aircraft/types/type-details/panavia-tornado-ids.htm#History>。



載具基本目的在於執行可全天候採用地貌飛行模式對敵「阻絕打擊」(Interdiction Strike—IDS)任務，英國為本身的國防需要，另外研改了換裝長距離空對空雷達的防空型(Air Defense Vehicle—ADV)以因應北海上空的對俄羅斯轟炸機的攔截科目，換言之，「龍捲風」的多功能性能，取代了原本皇家空軍「打擊司令部」所轄的「V型」(火神號、勝利者)轟炸機、「海賊」輕型轟炸機(Blackburn Buccaneer)、「坎培拉」戰術轟炸偵察機(EE Canberra)等多項科目，讓繁複的機種後勤獲得簡化、升級和高效能，這也等於改變了二戰後歐洲各航太工業廠家試圖研發多種戰術飛機的戰略計畫，總計有228架IDS衍生型逐批撥交給皇家空軍<sup>【註3】</sup>。

### 二、機身構型研改的先驅

英國皇家空軍的「龍捲風」與其他兩國的不同之處，在於垂直尾翅基座的增設油箱，當局再依戰術屬性，區分為可行偵察的GR. 1A與搭載「海上鷹鷲」(Sea Eagle)反艦飛彈的GR. 1B，編配給不同任務的各飛行中隊<sup>【註4】</sup>。它的「雷達警示次系統」原本也是由三國聯合研發，義大利「馬爾可尼」(Marconi)太空防務系統公司與其合作下游各航電廠商(Elettronica)，更進一步為之研製以E-J波段工作的雷達警示裝備(RWR)，它融合了原本的ARI 18223/ARI 18228 RWR數位式水晶影像接收器與採用硬式佈線技術的邏輯控制器，警報可改從音頻發送與一具象限指針顯示。各使用國對於機載的自我防禦電子戰反制(ECM)系統規格各有所需，英國空軍為麾下的各長程打擊／對艦攻擊／戰術偵察機隊加裝了回應式噪音干擾器，及時發展出型號ARI 23246/1的「天影」自衛干擾莢艙。它搭載在左端機翼下的莢艙之內，能遂行探測與識別對手系統發射的各種脈波頻率，再以儲存的頻率向對手予以電磁壓制，接著自動以「聰明」階段啟動噪音干擾技術，讓對手在H-J波段內工作的雷達全部失效。長程防空攔截型ADV的雷達歸向式警示器(RHWR)由英國自行研發，型號稱為ARI 18241/1。

為了趕上技術的發展，同時也為因應對手的快速多樣化武裝，英國空軍在1980年代後半時期，將GR. 1型的自衛裝置分成兩個升級方向，其一、以任務電腦處理器與其容量的研改，可讓軟體的性能獲得增強，同時可以體現在「天影」莢艙與RHWR的協同作業性能上，如此將可加強戰鬥機對探測、識別與反制對手的雷達頻率；其二、以此更為緊密地把RHWR和「天影」系統整合，以便

註3 “BAE SYSTEMS delivers 100th mid-life upgrade Tornado GR4”, BAE Systems, 2001/10/17.

註4 ‘Air International’, April 2008, p. 24.



於各自有甚多獨立的項目發展，以期減低飛行機組員的工作量，同時縮短反制的操作反應時間。1988下半年時獲得英國國防部頒發第907號合約，並且將這件整合工程稱之為「雷神」(Thor)計畫，升級後的RHWR稱為RHWR-2，換裝新的數位化處理器、增量的記憶體(保有擴展的電磁發射頻譜資料庫)、與快速的編程上傳器，它可編寫新的去交錯演算法，能夠分析日益複雜的電磁脈衝序列，並且提供更準確的識別和電子頻率發射的匹配。運用這些新技術，英國空軍「龍捲風」機組員只需在飛行前任務簡報提示時，將航路資料輸入任務電腦的機匣，待登上機艙後將數位化資料鍵入電腦，航路中任何可能出現的對手防空信號資料，便能自動由英艙適時反制。

### 三、冷戰後的戰術發展演變

1991年的波灣戰爭「沙漠風暴」行動時，曾有2架GR.1遭伊拉克的防空飛彈擊落，另有2架GR.1遭防空火炮攔截，這場戰役顯示已歷時10餘年的低空高速突擊戰術，已經不能讓「龍捲風」暢行戰場上空無阻，因此，英國空軍改變先前所設定的機種戰術思想，將各種型號的精準導引炸彈能搭載於「龍捲風」機隊之上，從中層高度對敵實施精確定點打擊，以期增加生存性與戰鬥機的自我防護性能。事實上，作為「北約」組織首席成員的美國空軍在波灣戰爭之後很長的一段時間內，一直支持盟國的戰鬥機隊從低空改變成從中層高度的航路出擊，因為美國人認為現在的空權戰術風險平衡點已轉變成不利於盟國超低空突擊。這種觀點是基於對許多因素的分析，包括了飛行員的工作量，持續存在的地貌飛行操控或其他諸多地面障礙的危險因素，還有飛行機組員降低的警覺意識，以及識別與鎖定正確目標的困難，遭敵防空系統擊中的風險，甚至攻擊錯誤的目標或完全失鎖，以及對於高度密集的防空火炮地帶、便攜式防空系統(MANPADS)這些非常低技術層級的防空火網對於低空機隊的潛在因素。

由於實際的戰役經驗，讓英國皇家空軍的GR.4升級計畫明顯趨於與美國的空權思想發展一致，當局旋於2001年頒布實施，捨棄了低空突擊，改由中層高度航路執行出擊，新的GR.4型機隊標準配備了前視紅外線感應器、改良型的座艙操控介面廊板、飛行機組員可選擇佩戴夜視鏡、機載標定英艙和全球定位航行系統整合在一起，它的衍生型GR.4A偵察機配備搭載「猛禽」(RAPTOR)光電英艙。2009年時，英國為配合美國結束在阿富汗的反恐戰爭，曾部署了GR.4A到坎達哈的北約駐防基地，擔任國際維和部隊的空中力量，取代原本在當地的

---

註5 “II (AC) Squadron History - Current”, Royal Air Force, Retrieved 2011/12/4, <https://www.raf.mod.uk/our-organisation/stations/raf-marham/>。



圖1 英國皇家空軍2019/3/31除役的最後一批「龍捲風」GR.4機隊於1月25日紀念編隊。

資料來源：<https://www.raf.mod.uk/news/articles/royal-air-force-commemorates-iconic-tornado-fast-jet/>。

「澤鷲」(獵鷹)垂直起降戰鬥機，證實這批「龍捲風」均能有效擔任維和部隊的空中密接支援<sup>【註5】</sup>。考慮到MANPADS的威脅，英國皇家空軍當時提出了一項緊急的操作要求，為「龍捲風」GR.4A加裝了一具先進的紅外線反制莢艙(AIRCM)，技術上採用了模組化的反制莢艙組合(加裝了6具直向配置機匣)，包括2具向前投射的誘餌彈投擲器，與6具AN/AAR-57通用飛彈警示系統天線感應器，在座艙介面成功整合了AN/ALQ-213(V)電子戰處理系統，這套系統也等於證明了可以在空中密支科目(CAS)取代原本搭載在左機翼外側派龍的「天影2」莢艙，也曾在稍後2011年春季北約對利比亞的空襲行動中(Ellamy)，雷達威脅再次成為機載電子戰裝備的首要優先事項<sup>【註6】</sup>。(圖1)

### 參、大黃蜂戰鬥機對加拿大空權的影響

放眼世界二手軍備市場一直是開發中的國家主要軍備來源之一，尤其以使用美製裝備的亞太堪稱箇中典型，但值此隨著第5代戰鬥機與搭配的防情系統進行換裝之時，部分仍在服役的「熱機」卻也可能成為發達國家的過渡權宜之計，前不久，加拿大總理杜魯道(Justin Trudeau)內閣表示，皇家加拿大空軍為延續現役老舊的機隊服役壽命，同時在考量了國防預算等前提下、決定暫時不採購「波音」(Boeing)全新製造的F/A-18E「超級大黃蜂」(Super Hornet)戰鬥機，反而決定向澳大利

---

註6 Rhys Jones, "Old Tornado jets no crutch for Typhoon in Libya: pilot", Reuters, 2011/6/20, <https://www.reuters.com/article/us-airshow-eurofighter/old-tornado-jets-no-crutch-for-typhoon-in-libya-pilot-idUSTRE7511UH20110619>。



亞購買二手的性能升級版F/A-18A/B「大黃蜂」戰鬥機(Hornet)藉以填補戰力空缺<sup>註7</sup>，突顯加拿大政府對國防主力裝備更新換代的權宜與謬思。

## 一、空權戰力過渡的權宜

根據2019年1月《加拿大廣播新聞網》(CBC)的報導指出，加拿大政府已經完成與澳大利亞國防部的合約簽署，預計最快將在2019年4月交付第一批「大黃蜂」。未幾，旋於2月17日就接收了首批兩架來自澳大利亞空軍第3中隊的二手F/A-18A+「大黃蜂」機隊<sup>註8</sup>。依照加、澳二國本次合約共有25架，這批機隊將有18架F/A-18A+(包括少數F/A-18B+雙座機)會直接轉交加拿大空軍的現役飛行中隊，至於另外7架單座機，未來將由加拿大空軍轉為「測評機」，或者將用它們作為補充相關零件的「拆件機」之用。澳大利亞的這批「大黃蜂」在轉售加拿大前很早就獲得華府(Washington D.C.)允許，但是加拿大與澳大利亞卻一直到2018年11月才完成簽約，這其中當然含有國際政治和軍備轉售的多面作業期，能符合加、澳兩國的戰鬥機隊更新換代期程的互補性為基礎。這一點，在現代國際軍備市場中，算是一筆特殊的軍事交易。

加拿大國防部去(2018)年底在這筆軍購公佈不久後就曾表示：預計在2020年時可以補足所有F/A-18A+戰鬥機，完成既定「大黃蜂」機隊的更新與滿編。至於加拿大空軍所使用的型號，稱為CF-188A(單座)與CF-188B(雙座)。在基本的性能上相同，只待稍微修改高緯度地區的導航裝置，並且符合「北約」組織(NATO)的通用電戰裝備規範標準，就能擔任戰備飛行。

## 二、仰仗美製裝備的謬思

加拿大國防軍於1982年起、陸續接收98架CF-18A和40架CF-18B(從1984年起已因戰備和訓練折損了17架)，這138架與美軍陸戰隊F/A-18A/B基本性能一致的機隊<sup>註9</sup>，同時，選擇「大黃蜂」的歐洲國家還有西班牙、瑞士、芬蘭，所以可說這是美製戰鬥機在「冷戰」時代出售給非「北約」盟國的代表性軍備，它在加拿大也繼承了原本CF-104「星式」和CF-101B「巫毒教士」(Voo Doo)長程攔截機的任務，在北極圈附近的各座基地防禦前蘇聯來自北方的Tu-95、

註7 Andrew McLaughlin, "RAAF Hornet sale to Canada finalized", *australianaviation*, 2019/1/7, <https://australianaviation.com.au/2019/01/raaf-hornet-sale-to-canada-finalised-report/>。

註8 National Defence, "First Interim Fighter Jets Arrive in Cold Lake", *Canadian Armed Forces*, 2019/2/17, <https://www.canada.ca/en/departement-national-defence/news/2019/02/first-interim-fighter-jets-arrive-in-cold-lake.html>。

註9 "A history of Canada's CF-18 Hornets", *CBC*, 2017/3/2, <https://www.cbc.ca/news/canada/cf-18-hornets-1.1003648>。



Tu-22等長程轟炸機對北美領空威脅。1990年代它也曾參加波灣戰爭、1999年「北約」組織介入巴爾幹半島對南聯盟的空中巡航封鎖、2011年對利比亞空襲和圍堵伊斯蘭國(IS)等戰役，由於投射各種磅數型號LGB精準炸彈的屢建奇功，讓這批平常處於和平年代的加拿大「大黃蜂」也累積了不少實戰經驗。有鑒於此，加拿大國防部還曾在2001年將這批機隊實施性能升級強化，讓戰鬥機得以延長服役壽命。

這批數量恰好達一個飛行中隊的二手「大黃蜂」機隊合約金額，雖然粗估為9,500萬美元(約新台幣28億5千萬元)<sup>【註10】</sup>，但如果算入附帶的維修和作業費，總金額則上漲為5億美元(約新台幣154億元)<sup>【註11】</sup>。加拿大渥太華當局之所以要急著向澳大利亞購買二手「大黃蜂」機隊，除了猶如其國防部長石俊(Harjit Sajjan)所說，「加拿大空軍現有的戰鬥機數量不足，購買同款的大黃蜂，能減少換裝時間，解決軍方的『燃眉之急』」<sup>【註12】</sup>，此一說詞之外，其實也得力於澳大利亞的空軍機隊，長年駐防在乾燥空曠的大陸沙漠氣候之中，機身結構方能維持高妥善率的堪用程度，相對的，在撥交給加拿大空軍的同時，也不會受限於後勤經驗的傳承，的確可讓加拿大能無縫式補足「大黃蜂」戰鬥機中隊編制。至於加拿大聯邦審計辦公室審計長佛格森(Michael Ferguson)在2018年11月曾提出質疑，認為和加拿大幾乎同時啟用「大黃蜂」的澳大利亞，如今也面臨戰鬥機壽命臨界點，為何還要採購同型機？推敲其原因，在於盡管目前加拿大仍有76架性能尚未升級版的CF-188A/B「大黃蜂」戰機現役，但它的合格飛行員卻只有滿編的2/3，而且有經驗的資深飛官退役速度遠比新人完訓還快，因此，採購一個中隊澳大利亞的二手「大黃蜂」成了加拿大最合適的策略<sup>【註13】</sup>。

## 三、飛行訓練能量遞減

其次，從「北約」組織整體的空權戰力與裝備更新換代的角度的分析，加拿

註10 Greg Waldron, "Canberra confirms sale of 25 Hornets to Canada at A\$95 million", flightglobal, 2019/1/9, <https://www.flightglobal.com/news/articles/canberra-confirms-sale-of-25-hornets-to-canada-at-a-454867/>。

註11 Murray Brewster, "Used Australian fighter jets could cost \$1.1B: Parliamentary budget officer", CBC, 2019/3/1, <https://www.cbc.ca/news/politics/pbo-fighter-jets-1.5036942>。

註12 CBC News, "Canada could be flying Australia's used F-18 fighters this summer", CBC, 2019/1/4, <https://www.cbc.ca/news/politics/australia-f-18-jets-deal-1.4966564>。

註13 The Canadian Press, "Highlights from the auditor general's 2018 fall reports", CBC, 2018/11/21, <https://www.cbc.ca/news/politics/auditor-general-federal-2018-fall-reports-highlights-1.4912853>。



大政府想藉由30億美元(新台幣926億6千萬元)，讓現役「大黃蜂」戰機延壽和購買澳大利亞的二手同型機種，但這筆經費就不僅不足以改善空軍戰鬥力，反而有可能讓加拿大空軍戰鬥力遲滯不前，因為加拿大當年並不是參與F-35「聯合打擊戰鬥機」的策略夥伴國，如今，當各個研發夥伴國開始接收F-35時，加拿大卻無法透過工業合作計畫或其他的軍事合作開發項目，取得美國第5代戰鬥機與防情系統的同等級能量<sup>【註14】</sup>，雖然加拿大空軍只在2個聯隊內各編制了3個戰鬥機中隊，但實際情況是只有2個中隊的「大黃蜂」可正常戰備出勤，而且加拿大本來就是「北約聯合噴射機飛行員訓練計畫」的重要成員<sup>【註15】</sup>，大部分的飛行訓練場站與課程也都在境內薩克其萬省「摩斯顎」(CFB Moose Jaw)基地實施，如果自身的飛行員培訓數量都不能滿足「北約」的標準，就可能連帶影響其他盟國參訓飛行員的飛行培訓進度。

加拿大空軍目前只在第3和第4聯隊編制了CF-18「大黃蜂」戰鬥機中隊，部分在1990年代經過性能升級版的稱之為CF-188，第3聯隊座落於法語區的魁北克省(Quebec's Saguenay region)巴哥特維里基地，只有一個第425中隊仍在飛行CF-188，至於第4聯隊駐防在亞伯達省(Alberta)舉世聞名的「冷湖」(CFB Cold Lake)基地，編制了第409和410兩個中隊，當地從1980年代起就是「北約」組織非常重要的多功能訓練基地，周邊規劃成各種演習區和空對地靶區，澳大利亞的二手機就是先撥交予第410中隊以便補足編制。

#### 四、二手機隊與性能沿改的平衡

反觀美國曾在1980年代為扶植新加坡空軍的建軍能量，曾以1架1美元的象徵性價格，出售予獅城150架二手封存的A-4B與A-4C機身，進行性能升級和結構加強之後成為A-4SU，這是近代美國二手戰鬥機轉售盟國的前例<sup>【註16】</sup>，這批戰鬥機因為換裝了大推力的通用電氣(GE)F404-GE-100D渦扇發動機，當局號稱比原本J65發動機增加了29%的推力，節省了30%的起飛時間，最大速度達到1,130 km/h，30,000呎巡航速度也達到826 km/h<sup>【註17】</sup>，但這批延壽的「天鷹」

---

註14 Lee Berthiaume, "Plan to buy more fighter jets puts Canada on hook for bigger share of F-35 costs", CBC, 2019/1/30, <https://www.cbc.ca/news/politics/canada-pays-more-f35-program-1.4999240>。

註15 "NATO Flying Training In Canada (NFTC) Now Operational", defense-aerospace, Retrieved 2019/4/24, [http://www.defense-aerospace.com/article-view/release/2584/canada-opens-nato-pilot-training-center-\(july-7\).html](http://www.defense-aerospace.com/article-view/release/2584/canada-opens-nato-pilot-training-center-(july-7).html)。

註16 Wynn (Captain Hook) Foster, "Douglas A-4 Skyhawk Production History : Singapore A-4S/A-4SU", a4skyhawk.org, Retrieved 2012/3/8, <https://web.archive.org/web/20120322005143/http://a4skyhawk.org/2c/productionhistory.htm>。



圖2 第1批2架皇澳空軍F/A-18A「大黃蜂」機隊於2019年2月16日飛送撥交皇家加拿大空軍飛行測試中心(AETE - CFTC)。

資料來源：<http://airsoc.com/articles/view/id/5c6ca1f7c4263ccc15b95a3b/canada-receives-first-two-raaf-classic-hornets>。

卻受到大推力發動機的震顫效應對機身結構的影響，也提前劃下了服役的句號。因此可見，以戰鬥機為代表的二手軍備，不僅只是地區軍事力量的供與平衡，也是航太系統工程的能力考驗。

此外，據美國《空軍時報》(Air Force Times)2018年02月23日報導，繼美軍在前一年傳出F/A-18C和T-45C戰鬥機駕駛艙缺氧後，近期澳洲澳大利亞空軍也宣布，現役的F/A-18F「超級大黃蜂」戰鬥機與波音EA-18G「咆哮者」電子戰飛機，似乎也面臨和美國一樣的座艙「缺氧危機」<sup>【註18】</sup>。由於座艙內的供氧系統運作問題，連帶引起飛行員高空飛行時身體不適，當局擔心會影響或者危害飛行員體適能健康，目前已與美國海軍合作，進行深入調查。事實上，F/A-18系列並非唯一出問題的機型，包括F-35A聯合打擊戰鬥機也曾在2017年6月發生好幾件「缺氧危機」，還有海軍的T-45C「蒼鷹」高級教練機也曾出現因

註17 Robert O. Rahn, "A-4 Technical data", Skyhawk.org, Retrieved 2011/2/4, <https://web.archive.org/web/20080329003734/http://www.skyhawk.org/2c/techdata.htm>。

註18 Meghann Myers, "Nothing scares Hornet pilots more than losing oxygen - and it happens all the Time", Navy Times, 2016/5/8, <https://www.navytimes.com/news/your-navy/2016/05/08/nothing-scares-hornet-pilots-more-than-losing-oxygen-and-it-happens-all-the-time/>。



燃油問題導致缺氧<sup>【註19】</sup>，就連F-22「猛禽」戰鬥機也都曾傳出駕駛艙缺氧的問題<sup>【註20】</sup>。由於戰鬥機各種系統的科技過於精密且複雜，任何一個單位出問題，要找出其癥結點，不僅經費龐大、也要不少時間，為了達到飛行員在出飛行任務的安全，美國軍方現已和航太總署聯手，盡快想辦法解決此一隱憂。以期維護美國國防大廠在全世界的穩定商譽。(圖2)

## 肆、F-35實戰訓練之策略

美國目前將亞太地區視為21世紀的大國博弈前沿熱區，日前，澳大利亞、日本與南韓訂購的F-35聯合打擊戰鬥機均已開始部署，尤其是日本航空自衛隊已於2019年3月29日假本州北部的三澤基地(Misawa)編成了第一個F-35A中隊，正式延用了「第302飛行隊」的部隊番號<sup>【註21】</sup>，這也象徵美國在亞太地區的第一個F-35用戶已達成了初步作戰能力(IOC)。南韓的第一架F-35A是在2018年3月28日就從洛馬公司位於德州的沃斯堡工廠「滑出」，當局已經派出機務和飛行員在美國路克基地參訓了一年，今年還會有8架F-35陸續撥交<sup>【註22】</sup>。美國的亞太盟國目前已經接收了40架F-35A機隊，根據2014年度的軍售合約已達70億美元，所有機隊將在2021年前交付完成。

### 一、F-35針對防空系統的訓練想定

日本計畫購入總數147架F-35系列機隊，其中42架為可以從「出雲」級輕型航艦起飛的F-35B，當局打算採購較新的生產批量構型，以便與其他的艦載直升機一起作業<sup>【註23】</sup>。與此同時，鄰近的南韓也在3月底迎接了第一批2架F-35A的到防，編隊採用橫越太平洋的飛送交機直接部署在首爾北邊140公里忠

---

註19 Megan Eckstein, "Navy Rules Out Suspected Physiological Episodes Cause While Super Hornet Rates Grow in 2019", USNI News, 2019/4/4, <https://news.usni.org/2019/04/04/navy-rules-out-contamination-as-physiological-episodes-cause-focused-on-air-pressure-as-super-hornet-rates-still-high>。

註20 "Report to Congress: Out of Breath - Military Aircraft Oxygen Issues", USNI News, 2017/6/28, <https://news.usni.org/2017/06/28/report-congress-breath-military-aircraft-oxygen-issues>。

註21 Franz-Stefan Gady, "Japan Air Self Defense Force Stands Up First F-35A Lightning II Fighter Squadron", The Diplomat, 2019/4/1, <https://thediplomat.com/2019/04/japan-air-self-defense-force-stands-up-first-f-35a-lightning-ii-fighter-squadron/>。

註22 FWBP Staff, "South Korea celebrates F-35 'roll out' at Lockheed's Fort Worth plant", Fort Worth Business, 2018/3/28, [http://www.fortworthbusiness.com/news/south-korea-celebrates-f-35-roll-out-at-lockheed-s/article\\_9b7607dc-32e3-11e8-ad00-d74a50668767.html](http://www.fortworthbusiness.com/news/south-korea-celebrates-f-35-roll-out-at-lockheed-s/article_9b7607dc-32e3-11e8-ad00-d74a50668767.html)。

註23 Joseph Trevithick, "Lockheed Offers Japan Access To F-35 Code As Part Of Stealth Fighter Proposal: Report", The Drive, 2019/4/23, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/27601/lockheed-offers-japan-access-to-f-35-code-as-part-of-stealth-fighter-proposal-report>。



清北道的清州基地，根據《韓聯社》的報導，南韓國防部計畫署官員說，當局期待F-35能加強空軍全面的作戰能力，以便回應「鄰國」（日本、中共、俄羅斯）同樣也在換裝之中的匿蹤戰鬥機的空權，防禦來自各個方面的威脅<sup>【註24】</sup>。

F-35聯合打擊戰鬥機(JSF)的性能都融入了開發機載任務軟體的增強，每個版本的軟體都在於提升飛機的技術性能。作為新興F-35發展計畫的一部分，各種試射工程均進一步發展了發射「大離軸」武器(可超越飛行員視覺角度)的能力，讓它具有摧毀多種空對空目標的能力，不只對視距的正前方的目標。像AIM-9X飛彈搭配了敏捷的推力向量控制，而且飛彈的性能可與先進頭盔(或安裝在頭盔上的同步顯示器)一起使用，以便獲得更寬廣的攻擊範圍<sup>【註25】</sup>。美國空軍的F-35A正在使用「開放空域」的射程以及用電腦模擬訓練各種戰鬥任務，藉以對抗中共J-20和俄羅斯Su-57的技術，這也是一種為因應2020年以及之後的敵對威脅做好準備的方法。這種測試目的還考量到潛在的下一代系統或尚未出現的威脅。

## 二、擬妥2020年以降防空對應技術

為考量俄羅斯和中共製造的系統已經擁有可以改變頻率的數位化防空飛彈，而且在操作方式上非常敏捷。地面的彈、砲防空威脅是一個棘手的問題，因為現在的防空系統可以看到數百英里以外的飛機，此外，現役的和未來的整合式防空系統使用更快的電腦，它們聯網的更佳，而且可在更廣泛的電磁頻率範圍內進行探測。這些特性再加上能夠在更遠的距離探測敵機的性能，使得多數的防空系統能夠越來越能即時探測到包括匿蹤飛機的在空目標，在某些情況下還可以搭配使用觀測雷達長時間預警。據俄羅斯的新聞報導，「匿蹤」技術對新銳防空系統其實無所遁形。此外，根據美國《國家利益》報導稱，俄羅斯正在研製一種能夠在距離達125英里的距離摧毀匿蹤目標的S-500系統<sup>【註26】</sup>。

美國空軍的目的是為與俄羅斯或中共等實力相近的競爭對手做好潛在接戰的應變準備，其實美國更加擔心的是必須面對從俄羅斯或中共手中購買防空技

註24 Franz-Stefan Gady, "First 2 Republic of Korea Air Force F-35A Stealth Fighters Arrive in South Korea", The Diplomat, 2019/4/2, <https://thediplomat.com/2019/04/first-2-republic-of-korea-air-force-f-35a-stealth-fighters-arrive-in-south-korea/>。

註25 Kris Osborn, "F-35 Joint Strike Fighter Soon to Be Armed with AIM-9X Missile and JDAM", National Interest, 2017/5/25, <https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/f-35-joint-strike-fighter-soon-be-armed-aim-9x-missile-jadm-20841>。

註26 TNI Staff, "Russia's S-500 Air Defense System: An F-35, F-22 or B-1 Bomber Killer?", National Interest, 2018/6/10, <https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/russias-s-500-air-defense-system-f-35-f-22-or-b-1-bomber-26216>。



術的對手(例如中東國家)。F-35採用了稱之為「開放式架構」的設計，這意味著它可以在新威脅出現時快速整合各種新機載武器、軟體和航空電子技術。美國空軍選用這架飛機的一個關鍵原因是潛在威脅仍在繼續發展，美國和盟國的空軍必須在這種持續發展的威脅環境中生存，否則就無法達成美國希望實現的具體戰略目標。F-35讓美國空軍未來能夠穿透對手防空網並且投擲精準打擊武器，在編隊中與其他友軍在空單元共享這些情資。所謂的「開放空域」射程範圍內對抗對手最新銳威脅的訓練，是測試F-35對抗當前和未來高端防空系統的好辦法，在預測高科技軍事裝備快速發展的未來威脅時，美國空軍首要工作在於建立數值模型和實戰模擬(Modeling and Simulation)。制敵的科研技術工作必須與時俱進才是M&S的目的，鑒於敵人科技發展的速度，讓美國空軍很難突破同時仿製這些威脅的技術。

美國空軍也已從2018年度的第一批「武器學校教官班」展開下一代防空系統的威脅應對課程。從維吉尼亞州「蘭利」空軍基地飛來的F-22編隊與F-35共同在內華達州「奈利斯」空軍基地訓練各種想定的作戰場景，F-35搭載的AN/APG-81「主動電子掃描陣列雷達」(簡稱AESA)讓它能用嵌在機身上的合成孔徑系統顯現空中和地面的圖像，AESA雷達也讓F-35有更好運用電子戰能力的機會，F-35的現代化是採用模組化設計系統，隨著敵情的變化，可以運用新軟體進行升級，可以更新AESA雷達、電子攻擊和防護等技術，以及機載電腦的計算處理速度，以期跟上對手不斷的變化。機載雷達與電子對抗的設計課目其速度超過每小時1,100英里，能夠達到1.6馬赫，據美國空軍官方的資料透露，F-35在和F-15或F-16對抗時還施展了一系列跨世代的性能。總體而言，美國空軍計畫購買1,763架多功能的F-35A，這一個採購的數量最終將佔美國空軍大約2,000架現役各個型號戰鬥機隊中很大一部分【註27】。

### 三、第4批量構型任務軟體的部署

美國空軍稍早計畫宣布他們的F-35用最先進的軟體(稱為3F)運行，而空軍已經在研發第4批的任務軟體，將在2020年或2021年完成部署。在第一批任務軟體撥交之後，F-35將以兩年為定期增加新的軟體，以保持領先於潛在對手的威脅。被美國空軍稱為「Block IV軟體」(第4批量構型)預算資金的第一部分，大約為1,200萬美元，已編入2014年的預算。這種第4批量構型任務軟體將

---

註27 Tyler Rogoway, "The Air Force's Elite Weapons School Has Given The F-35 A New Nickname", The Drive, 2018/5/17, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/20914/the-f-35-has-a-new-nickname-given-to-it-by-the-usafs-most-elite-pilots>。



圖3 日本組裝的F-35A已於2019年3月29日假三澤基地編成第302飛行中隊。未來日本將陸續採購總數達147架，供應航空與海上自衛隊使用。

資料來源：<https://www.mod.go.jp/asdf/equipment/sentouki/F-35/images/gallery/f35img0003.jpg>。

包括一些獨特搭配的武器可資運用，包括英國製造的機載武器，與F-35的用戶盟國想要在自己的戰鬥機上採購的一些其他歐洲國家製造的武器，例如AIM-132或IRIS-T飛彈<sup>【註28】</sup>。當然，第4批量構型任務軟體還將擴充美國戰鬥機衍生的機載武器包絡線。它的發展計算當中有很大一部分是研究從2020年到2040年代以及之後歷年F-35可能面對的各種敵對防空系統和武器。

在武器方面，第4批量構型任務軟體最終將使F-35能夠發射高端武器系統，例如：「小直徑炸彈II」和GBU-54雷射精準導引炸彈，這兩種空投炸彈都可以在移動中摧毀特定的目標，像是加固的碉堡和飛機庫掩體等。尤其是「小直徑炸彈II」使用一種被稱之為「三模式」的炸彈尋標頭的技術，從紅外線，毫米波和雷射導引中選擇戰區中最有效果的技術。這些光電傳輸感應器的組合，可以讓機載武器在各種天氣條件下追蹤和摧毀移動中的目標。這些新銳的第4

---

註28 “F-35 Block 4 jet fighter could become killer for the Navy with Small Diameter Bomb II, Aim 9X Block II”, Military Aerospace, 2019/2/18, <https://www.militaryaerospace.com/articles/pt/2019/02/f-35-lock-4-small-diameter-bomb-ii-aim-9x-block-ii.html>。



批量任務軟體將基於前一代的任務軟體再研發衍生版。目前的Block 2B版任務軟體建立在增強的模擬武器選用、Link-16/Link-22數據鏈路性能上，它和早期Block 2A版本軟體融合在感應器的性能整合之上。F-35的部門主官曾表示，Block 2B版本軟體將使JSF能夠執行基本的近距空中支援空戰任務，可以發射AIM-120C/D AMRAAM(先進中程空對空飛彈)，JDAM(聯合直攻炸彈)或GBU-12(雷射導引精準炸彈)。在Block 2B版本軟體發展之後，Block 3i版本還進一步提高了空戰的戰鬥能力，Block 3F將大幅度提高壓制敵對防空飛彈系統的能力<sup>〔註29〕</sup>。Block 3F也將增加F-35的武器投射能力，讓它能夠投射「小直徑炸彈」、500磅級的JDAM和美國空軍海軍都同時部署的AIM-9X追熱紅外線近戰空對空飛彈。同樣在2021年時美國亞太各盟國的F-35也都會具有同樣的戰備能力水準。(圖3)

## 伍、F-35C加入航艦戰鬥群

到2025年時，美國海軍的艦載機聯隊，將由F-35C、F/A-18E/F「超級大黃蜂」、EA-18G「咆哮者」電子戰飛機、E-2D「鷹眼」戰鬥管理與管制飛機、MH-60R/S直升機與MV-22B/C「魚鷹」可傾旋翼機等可上艦的後勤飛機共同編組<sup>〔註30〕</sup>。美國海軍的第一架艦載型F-35C也已展開空中機動、武裝整合、「週期性」飛行任務，不久前已展開其他從尼米茲級航艦起飛的作戰科目，標誌著預定於2021年部署的F-35C的首次運行試驗。

### 一、以F-35C推動新的作戰概念

正式運行測試是一個18年以上的期程，在飛機進行運行測試的同時，F-35聯合計畫辦公室將繼續支援階段性的性能改良和這架空中系統的現代化。戰鬥演習會有F-35C與F/A-18E超級大黃蜂、E-2D鷹眼監視飛機和EA-18G咆哮者電子戰飛機的聯合任務，這些目的都旨在幫助美國海軍準備如何導入F-35C以改變戰鬥，影響戰區戰略和推動新的作戰概念。這些任務包括「防禦性反擊」和「反潛」戰等等，正式運行測試將一直持續到秋季，以確保新飛機能夠完全執行全方位的作戰行動。艦載型F-35C的出現，目的在為美國海軍提供更多的作戰

註29 James Drew, "F-35 locked and loaded with improved Block 3i software", Flight Global, 2016/5/9, <https://www.flightglobal.com/news/articles/f-35-locked-and-loaded-with-improved-block-3i-software-425098/>。

註30 Kris Osborn, "Navy Plans New Carrier Attack Strategy with F-35C", Defense Maven, 2018/12/6, <https://defensemaven.io/warriormaven/sea/navy-plans-new-carrier-attack-strategy-with-f-35c-dv6txvjM306G92misLMgvA/>。



攻擊彈性，並提高從航空母艦打擊對手複雜的防空系統之能力。如果陸地基地遠離戰區附近，這種能力還可以讓航行中的航艦就近看住各個目標。

F-35C首次將匿蹤攻擊技術帶入艦載機隊，這種條件進一步使海基攻擊行動能夠攻擊敵方先進的防空系統，並且在極端高威脅的環境中發揮作用。某些在美國東海岸舉行的戰鬥演習，大幅強調了F-35C的武器庫，它們包括GBU-32和GBU-12精準炸彈，AIM-120和AIM-9X空對空飛彈和25公厘機砲。這許多測試和評估還確保了飛行員能夠在夜航時正確使用頭盔式顯示器，旨在提供「低亮度」條件下更加逼真的狀態，例如月光很少或暗夜的天氣。對F-35C的評估還包括改良「聯合精確進場和著陸系統」(JPAL)的精確降落技術的努力。JPALS計畫於2019年展開，與GPS衛星導航系統配合使用，為固定翼和旋翼飛機提供準確、可靠和高度整合的導航功能。美國海軍的資料稱JPALS是一種具有抗干擾保護功能的差分式GPS(differential GPS)系統，可確保飛機在惡劣天候中的任務連續性，可提供飛機精確進場和降落的能力。

## 二、提高航艦飛行安全裕度

海軍艦載型的F-35C具有51英尺翼展、加固起落架、堅固結構和耐用塗層，專為艦載條件而設計。它的航空電子設備提供飛行員藉由Link-22環形資料鏈路對戰場空域情資的實時掌握。它能發射兩枚AIM-120空對空飛彈和兩枚2,000磅級的JDAM。根據美國海軍的資料，F-35C可以達到1.6馬赫的速度，作戰半徑超過1,200海哩。未來，F-35C將能夠投擲「小直徑炸彈II」(SDB II)這是一種現在正在研發的高科技武器，能夠使用三模式導引尋標頭遠距離追蹤和摧毀移動目標。系統廠商雷神(Raytheon)的研發單位說，SDB II使用毫米波、雷射和紅外線導引技術，現在已經在F-35上進行了測試。在接下來的5年中，美國海軍計畫接收多達60架或更多的新戰鬥機【註31】。

F-35C採用了一項名為「三角飛行路徑」(Delta Flight Path)的新技術，可以更輕鬆地降落在航艦甲板上，測試飛行員和工程師稱，F-35C的三角飛行路徑技術在飛機在接近航空母艦時，明顯減少了飛行員的操作量，同時提高了航艦進場階段的安全裕度，並且減少了降落距離，飛行員必須考慮風速，大氣條件和船速。飛行員沿著船的飛行甲板上被稱為「新鮮透鏡」的黃燈亮起，以幫助飛機進場的軌跡，這稱為滑行斜坡。在一篇美國海軍先前發布的描述為「

註31 Kris Osborn, "A 'New' F-35 Is Coming: The Stealth Fighter Will Get Even More Deadly", National Interest, 2019/4/2, <https://nationalinterest.org/blog/buzz/new-f-35-coming-stealth-fighter-will-get-even-more-deadly-50282>。



海軍航空視覺」(Navy Aviation Vision)的文件中，F-35C被描述成同時為機隊提供強大的戰鬥機作戰能力組合。在這一項操作測試前，F-35C經過多輪測試，以推展所謂的「航空母艦整合和認證」，美國海軍軍官透露，此舉乃為了將新飛機無縫式整合到航艦載台和艦載機飛行聯隊中【註32】。

### 三、陸戰隊艦載型的實戰部署

在2019年3月的南海軍事演習中，美國在靠近菲律賓海岸僅230公里(140英里)附近部署了陸戰隊的「胡蜂號」兩棲攻擊艦(LHD 1)，此地稱為「斯卡伯勒淺灘」(Scarborough Shoal、Scarborough Reef，黃岩島)附近的菲律賓漁民看見似乎是美國大型的軍艦航抵此一水域，F-35B從距離漁船大約5公里(3英里)處的攻擊艦上降落、起飛。實際上，「胡蜂號」已經和菲律賓海軍在蘇比克灣和南中國海國際水域一起訓練了好幾天。這艘「胡蜂號」參加了一年一度的美—菲「肩並肩」演習(Exercise Balikatan)，側重於海上安全和兩棲能力，以及通過軍事交流實現多國協防，除了演習的區域位置之外，「胡蜂號」在南中國海的部署可能額外引起鄰近各國的注意，因為今年的「肩並肩」演習是第一次將兩棲攻擊艦與陸戰隊的新銳F-35B結合在一起的新科目【註33】。F-35B是可短場起飛和垂直降落的聯合打擊機衍生機型。象徵著亞太美軍力量在自由開放的印度太平洋地區軍事能力的提高【註34】。

中共覬覦黃岩島的戰略意義，因為它將成為鞏固北京對南中國海的鐵腕政策的具體實務成果。中共意圖在黃岩島附近創造一個大的「戰略三角」，包括位於西北部西沙群島的永興島和南部的南沙群島前哨站，讓北京有能力在南海監管防空識別區(ADIZ)。這樣一個「戰略三角」的影響，將使整個地區都受到中共的雷達、飛彈和防空網的壟罩，對於美國和日本的戰略規劃影響巨大，並且可能改變南中國海地區的權力關係。但是，中共強行接管南海島礁以進行造島的任何決定都可能遭到美國、菲律賓和其他亞洲國家的抵制。為了阻止中共在黃岩島附近的行為，美國海軍去年1月在該地點12海浬(22公里)內派出了一艘飛彈驅逐艦，作為它更支持「航行自由行動」(FONOPs)的一部分，也繼續在

---

註32 Dan “Dog” Canin, “Semper Lightning: F-35 Flight Control System”, Code One, 2015/12/9, [http://www.codeonemagazine.com/f35\\_article.html?item\\_id=187](http://www.codeonemagazine.com/f35_article.html?item_id=187)。

註33 USS Wasp (LHD 1) Public Affairs, “USS Wasp, SPMAGTF 4 Arrive in the Philippines for Exercise Balikatan”, U.S. 7th Fleet, 2019/3/31, <https://www.c7f.navy.mil/Media/News/Display/Article/1801132/uss-wasp-spmagtf-4-arrive-in-the-philippines-for-exercise-balikatan/>。

註34 Ryan Pickrell, “A US warship loaded with F-35 stealth fighters was apparently spotted near a disputed area in the South China Sea”, Business Insider, 2019/4/9, <https://www.businessinsider.com/us-warship-loaded-with-f-35s-was-spotted-near-scarborough-shoal-2019-4>。



圖4 搭載F-35B和MV-22B參加2019年美國—菲律賓「肩並肩」訓練演習的「胡蜂號」(LHD 1)兩棲攻防艦。

資料來源：<https://www.dvidshub.net/image/5233038/uss-wasp-lhd-1-operations-sea>。

南中國海和世界其他海域開展相同的部署【註35】。華府譴責北京在南中國海的行動，包括建造人造島嶼，其中一些島嶼是軍用機場和先進武器的所在地。美國擔心這些前哨可被中共用於限制他國船隻在航道的自由航行，其中包括每年約3兆美元的全球貿易重要海上通道，所以勢必定期在該海域開展「航行自由行動」。未來還可能會見到陸戰隊F-35B和海軍F-35C與其他艦載機一起在南中國海演習的機會。(圖4)

### 陸、結語—新世代機隊將改變歐亞防務型態

歐洲與亞太各國目前正值新世代戰鬥機與防空系統的更新換代週期，以美國製造的高端裝備長年已深入國防工業影響防務決策甚巨，在新世紀地緣博弈的對抗中，通過裝備研發、工業合作、聯合演習等名目，勢必逐漸彰顯美、俄兩強在國際利益中的介入份量，將為世界「多極化」政治增添新的籌碼，發展中國家基於成本考量與工業實力，其軍備換裝與建軍程序必將朝向外購之途，尤其在核心技術，以便

---

註35 Ankit Panda, "US Navy Conducts First Freedom of Navigation Operation of 2019 in South China Sea", The Diplomat, 2019/1/8, <https://thediplomat.com/2019/01/us-navy-conducts-first-freedom-of-navigation-operation-of-2019-in-south-china-sea/>。



節省負擔達到目標，同時也可滿足階段性國防需要，拉近若干國際友好勢力之支持立場，箇中細膩之操作頗值得我國深思。

## 參考資料

1. Frawley, Gerard. The International Directory of Military Aircraft. Fyshwick, Australian Capital Territory, Australia: Aerospace Publications Pty Ltd., 2002.
2. Naval Aviation Vision, 2016-2025 - Navy.mil
3. Aeroguide 21: Panavia Tornado F Mk 2/Mk 3. Ongar, UK: Linewrights Ltd. 1988.
4. Allen, Calvin H. and W. Lynn Rigsbee. Oman Under Qaboos: From Coup to Constitution, 1970 1996. London: Routledge, 2000.
5. Clark, Richard B. Air Power and Desert Storm. Darby, Pennsylvania: DIANE Publishing, 1993.
6. Cordesman, Anthony H. Gulf Military Forces in an Era of Asymmetric Wars, Volume 1. Westport, Connecticut: Greenwood Publishing, 2007.
7. Cordesman, Anthony H. The Iraq War: Strategy, Tactics, and Military Lessons (CSIS Significant Issues Series). Westport, Connecticut: Praeger, 2003.
8. Cox, Sebastian and Peter Gray. Air Power History: Turning Points from Kitty Hawk to Kosovo. London: Routledge, 2002.
9. Donald, David. "Lossimouth Strike Wing". World Air Power Journal, Volume 33, Summer 1998, pp. 104 113. London: Aerospace Publishing.
10. Donald, David and Christopher Chant. Air War in The Gulf 1991. Oxford, UK: Osprey Publishing, 2001.
11. Eagles, J.D. "Preparing a Bomber Destroyer: The Panavia Tornado ADV." Putnam Aeronautical Review (Naval Institute Press), Volume 2, 1991, pp. 88 93.
12. Koch, Christian and David E. Long. Gulf Security in the Twenty-First Century. London: I.B. Tauris, 2003.

---

## 作者簡介

軍事學碩士 耿志雲

學歷：國防大學復興崗政研所中共解放軍研究組軍事學碩士。經歷：國際電子戰協會 Association of Old Crows 會員、軍事科技雜誌作者。