

淺談美國F-35聯合打擊戰鬥機 (Joint Strike Fighter, JSF) (下)

尚景賢

二、整合式偵測系統

F-35戰機擁有最先進概念的整合式偵測系統，主要電子系統如下：

· 英國BAE公司的綜合電子戰系統。

· 諾斯羅普·格魯曼公司的

的AN/APG-81相位陣列雷達

。 · 多頻譜被動式光電共用

偵測系統(EODAS)。

· 光電目標標定系統

(EOTS)。

F-35戰機的綜合電戰系

統由英國BAE公司主導研發，

主要是以F-22戰機的電戰系

統為藍本，以有效降低成本並

能保有最佳性能的前提下之

下，評估規劃最佳設計以減少

一半的重量與成本為目標。所

以它完全與飛機的結構整合，

裝配遍布機身。除了可提供本

身自衛式電戰功能之外，還可

以透過資訊鏈路與僚機、預警

(指管)機等聯繫，俾獲得完

整的戰場場景資訊。在主動電

子反制部分，涵蓋雷達與光電

的頻譜，包括洛馬研發的光

電飛彈發射檢測傳感器、金

屬干擾絲投射器以及熱焰彈投射器。BAE還為

F-22戰機和F-35戰機研發一種新型警告接收

器，具有敵我識別能力，此一型警告接收器也

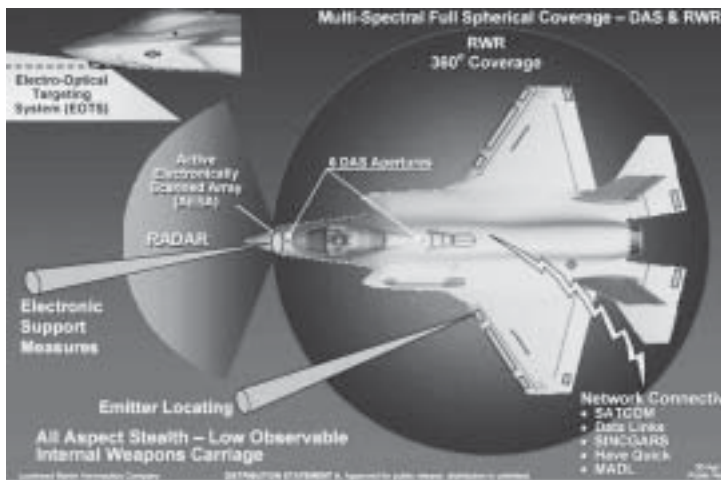
可能用於現役戰機的升級考量之上。

數位化AN/APG-81雷達是先進電子掃描



F-35戰機電子系統應用示意圖

資料來源：www.afwing.com/intro/f35/1.htm



F-35戰機雷達系統示意圖

資料來源：www.afwing.com/intro/f35/1.htm

(Advanced Electronically Scanned Array, AESA)主動式相位陣列雷達，而位於機鼻內的多功能整合式陣列天線則為雷達、數位化電戰與通訊系統之共用天線，天線上共有一千二百個發射/接收模組。與F-22戰機所使用的APG-77雷達相比較，它陣列面積尺寸和功率都要小很多，雖然對空測距距離遠不如F-22戰機，但在近乎同時執行空對地及空對空雷達模式，以及高增益電子支援措施及電戰干擾功能上，它的表現較佳。雖然它的空測距離遠遜於F-22戰機，但仍遠勝於F-18和F-16系列戰鬥機的脈衝都卜勒雷達。

APG-81的最大設計優勢在於對地工作模式，其使用之合成孔徑雷達地圖測繪(SAR)/地面移動目標指示(GMTI)/海上移動目標指示能力等空對地/空對海工作模式上的性能，遠超過F-22戰機的APG-77雷達的對地工作效

能。

此外，F-35戰機的APG-81雷達在成本和重量上都只有F-22戰機的二分之一，而且其工作壽命可望達到八千小時，與戰機的壽命一致。這個部分APG-81雷達的優勢明顯，也可以看出F-22戰機與F-35戰機在設計上的用途顯然不同。

除了雷達系統之外，由多頻譜被動式光電共用偵測系統(Electric Optical Distributed Aperture System)以及光電目標標定系統(Electric Optical Targeting System - EOTS)組成的被動式紅外線偵測系統(Distributed Architecture IR System - DAIRS)採用第三代紅外線系統的技术，解析度極佳，偵測距離與戰機用雷達不相上下，與雷達截長補短、相輔相成，使得F-35擁有優越的作戰能力。EODAS由嵌入機身的適形被動紅外線偵測器，分布在F-35的



F-35戰機座艙及多功能彩色液晶顯示幕

資料來源：www.airforceworld.com/index.html

機身各處，涵蓋機身周遭所有的方位，可實現三百六十度的環繞場景視覺效果，以圖像投射到頭盔護目鏡上，使飛行員能通過自己的眼睛，「穿透」各種障礙看到廣域的外景圖像。EOTS則是一個具高性能、輕型多功能系統，包括第三代凝視型前視紅外線（FLIR）系統，可以在防區外距離上，對目標進行精確探測和識別，它還具有高解析度成像、自動追蹤、紅外線搜索、雷射測距、標定、追蹤、導引等功能。

DAIRS讓F-35戰機處於低能見度或夜間時，也能像在白晝一樣地作戰，即使在無航管設備的情況下，搭配GPS後也能在惡劣天候起降。DAIRS並能進行地對空、對面掃視，所獲得的訊息經過處理、整合後便成為全方位、全自動的飛彈來襲警告（Missile Approaching Warning, MAW）。由於DAIRS功能之強大完整，必要時F-35可以關閉雷達，單靠DAIRS進

行偵測與作戰，避免因雷達開機而暴露位置，大幅強化匿蹤能力與存活率。F-35的系統將DAIRS與主動相位陣列雷達整合在一起運作，融合雷達測距精準以及紅外線在測量俯仰、方位角上極為精準的優點，再加上先進的航電科技與武器系統，讓F-35在空戰中掌握全局並享有先看（First Look）、先射（First shoot）、先殺（First kill）的絕對優勢。

三、先進座艙設備

F-35戰機最讓一般人津津樂道的就是近乎科幻的先進座艙配備，完全有別於傳統的戰機座艙設計，提供飛行員高科技、高性能、人性化的效能，可惜的是，這一款戰機很可能是最後一款載人戰機，取而代之的可能是目前世界各國爭相發展的無人戰機，所以它可能是最終、也是最佳的戰機座艙設計典範。

F-35戰機的座艙設計必須考量到用戶需要，不同於以往的飛機，它是由各國共同參與的計畫專案，所以必須考量適合於各參與國的飛行員角度進行設計。由於各國飛行員身高不同，F-35戰機座艙設計了可以根據飛行員體態從矮小（高一點四公尺、重四十五公斤）到高大（高一點九五公尺、重一百一十三公斤）進行調整。在駕駛桿和油門的設計則為了適應不同國家飛行員體型和臂長，F-35戰機右側的油門桿和左側駕駛桿的位置可以進行相對應的調整。而在高速機動的作戰中，飛行員可能無法接觸觸摸屏，那麼就可以通過油門桿和駕

駛桿上的控制器來操作顯示模式，實現手不離桿操縱的構想。F-35戰機的駕駛桿和油門桿設計具有主動調整功能，可以根據飛行包絡線和飛行模式為飛行員提供反饋。例如，垂直起降型在降落或者起飛時，飛行員可能對油門的控制過大或過小，這時主動調整的油門桿就會自動進行修正或者補償，飛行員可以感受到油門桿自動反饋的變化情形。

除了智慧化的油門和駕駛桿，F-35戰機還引進了語音控制系統的設計，在一般人的想像中，語音控制系統似乎比較快捷，更能適應空戰的要求，在某些科幻電影中，飛行員都用語言乃至於思維來控制未來戰機，但是在實際使用中，研究人員發現，語音控制的速度還不如指尖來得靈活快速。特別是在空戰中需要爭分奪秒作出決定的時候，駕駛桿上的按鍵要比語音控制效率更高。在F-35戰機的座艙中，語音控制設計應用的目的是取代大量鍵盤輸入工作，例如裝訂一大串數字的導航坐標、無線電頻率、最大航程油量等等。

無論羅盤、水準位置儀，還是速度表、高度表，老式的儀表系統在F-35戰機的座艙中消失了，取而代之的是一塊大型液晶顯示幕。與過去的MFD顯示裝置相比較，不但可以顯示更多的資訊，而且色彩更為豐富。由於液晶強度不如傳統的CRT顯示器，因此F-35戰機的顯示幕，實際是由兩塊20×25釐米顯示器組成。相比之下，F-22戰機一共裝備了三塊液晶顯示幕，兩塊17×17釐米和一块20×20釐米。在顯示面積上而言，拜科技快速發展所賜，較晚誕生的F-35戰機已經超過了F-22戰機，視覺效果當然進化許多。除了更大的顯示面積之外，為了減輕飛行員的操作負擔，F-35戰機的顯示裝置也創造性地使用了觸摸式操作技



虛擬頭盔顯示器視屏範圍示意圖

資料來源：www.airforceworld.com/index.html

術。F-22戰機原型機上曾經使用過觸摸顯示技術，但由於相關技術還不成熟，所以正式生產型上並沒有使用這項技術，到了F-35戰機研發的時代，觸控螢幕技術及相關軟體發展已經相當成熟，機上所有的無線電通訊、任務系統電腦、敵我識別以及導航控制也都可以通過觸摸屏實現，讓飛行員可以從過去必須背誦、找尋、操作不同裝備及一大堆開關按鈕的複雜動作解脫，直接透過觸摸螢幕來解決。由於顯示面夠大，飛行員還可以依需要，自行設定和分割二個、四個或多個顯示幕畫面，顯示重要的資訊。

F-35戰機顯示介面的先進性是由其複雜的任務決定的。與爭奪空中優勢的F-22戰機不同，F-35戰機的任務涵蓋範圍更廣。飛行員不再是簡單的駕駛員，而是更高級的空中戰術決策者。F-35戰機的設計者認為，戰鬥機越來越複雜，向飛行員展示所有系統的情況和工作狀態只能使人疲於奔命。而做為空中決策者的工作介面，F-35戰機的顯示裝置突出態勢感知，確保飛行員能得到最為需要的資訊，而不是迷失在布滿機關的座艙裡。

大型液晶顯示器豐富的色彩為態勢感知提供了有效支援。例如友好的目標用綠色顯示，疑似目標用黃色，敵人用紅色，此外還應用到了藍色、紫紅色以及灰色來顯示不同子系統，比如燃料、飛行控制、還有武器。

F-35戰機是世界上首次使用虛擬頭盔顯示器的戰鬥機，安裝在頭盔上的顯示裝置直接把畫面投射在飛行員的面罩上。憑藉強大的運算處理能力，F-35戰機的虛擬頭盔顯示器真正實現在F-35戰機上，飛行員可以隨意向不同方向轉動頭部，獲取目標的即時資訊，然後進行瞄準攻擊。

飛行員只需轉動自己的頭部，而不是飛機的頭部來進行攻擊。虛擬頭盔顯示器還改變了傳統顯示器視場狹小的弊病。例如在使用前視紅外系統的時候，過去的傳統顯示器難以顯示真實位置上的紅外圖像，但虛擬頭盔顯示器就能夠做到這一點。虛擬頭盔顯示器還可以與F-35戰機的三百六十度紅外傳感陣列相聯，使飛行員看到後方的情況。

四、武器系統

F-35戰機和F-22戰機都採用內置彈艙，俾能有效匿蹤，但F-35戰機不同於F-22戰機，後者是一個空優戰鬥機，而F-35戰機是多用途戰鬥機。F-22戰機的彈艙容納不了像GBU-31和AGM-154這樣的一千磅級別（四百五十公斤）的對地攻擊武器。而F-35戰機的彈艙則必須能夠裝下這些大型彈藥。此外，由於F-35戰機設計的目的，具有強大的對地作戰功能，所以必須要能攜帶各式對地攻擊武器，總載重量在一千二百公斤左右。這還僅僅是在全匿蹤狀態下的掛載能力，若不考量匿蹤的狀況之下，機翼下派龍將可提供更多樣化的掛載功能。而戰機內建載油量計多達八點九噸，超出F-15雙發重型戰鬥機二噸以上，與SU-27相當。意味著F-35在執行大多數任務時，無需掛載副油箱，外部所有掛點均可掛載攻擊武器。雖然F-35戰機總載彈量不如F-15，但是其所具備的科技條件，搭配先進武器之後，作戰效能遠遠勝過現役各型戰機，理論上它具備攻擊二十二個空地目標的能力，現役戰機均望塵莫及。

F-35B戰機具備了機內攜帶兩枚微型聯合防空區外發射空地導彈，也能夠掛載八枚小型巡航導彈（SMACM），能夠在各種天氣情況下打擊移動目標的能力，射程達四百五十公里。

五、匿蹤設計部分

F-35戰機的匿蹤設計參考F-22戰機很多技術與經驗，其RCS(雷達反射面積)分析和計算，採用整機電腦模擬(綜合了進氣道、吸波材料/結構等的影響)，比F-117A的分段模擬後合成更先進、全面和精確，同時可以保證機體表面採用連續曲面設計。當F-35戰機武器採用內掛方式時，匿蹤優勢將更明顯。

在紅外線匿蹤方面，從一些資料可推斷出該機在推力損失僅有百分之二至百分之三的情況下，將尾噴管三至五微米中波波段的紅外線輻射強度減弱了百分之八十至百分之九十，減少了紅外線對空飛彈的可攻擊區。

F-35戰機的匿蹤設計，不僅減少了被發現的距離，還使全機雷達散射及紅外輻射中心發生改變，導致來襲飛彈的脫靶率增大。這樣該機的主動干擾機、光纖拖曳式雷達誘餌、先進的紅外誘餌彈等對抗設備也更容易奏效。根據有關模型進行計算，取F-35戰機的前向RCS為0.1平方公尺，與十平方公尺的情況比較，在其他條件相同的情況下，前者的超視距空戰效能比後者高出五倍左右。

六、動力系統部分

F-35戰機飛機早期量產型的動力系統為普惠公司生產的F135渦扇發動機，它是裝備在F-22戰鬥機上的F119-PW-100發動機的改進型號。其最大推力達131.4千牛頓。超過了F119-PW-100的最大推力(約115.8千牛頓)多達百分之十一點五。F135的最大軍用推力達到131千牛頓，而F119-PW-100的最大軍用推力僅為118千牛頓。因此，F135是有史以來推力最強大的戰鬥機發動機。

F135使用F119的核心機，配合高效的六級高壓壓縮機，一級高壓渦輪和高效的風扇

(由十一個二級的低壓渦輪驅動)。F135採用了BAM系統公司的全權數位式發動機控制系統(FADEC)，為了提高發動機的可靠度和維護度，F135大量採用外場可替換部件(MRO)，其零部件數量比F119減少了大約百分之四十。

常規起降型(CTOL)F-35戰機空機重十三點一五噸，其內燃油攜帶量大約為八點一六噸，其內部彈艙可攜帶八枚SD-20炸彈；F-35的空機重量約為十八點一四噸，其內燃油攜帶量約為九點三七噸。其內部彈艙也可攜帶八枚GBU-39或SDB炸彈。可見中型的F-35戰機和重型的F-22在重量/內燃油航程和載彈量上的差距並不大。

伍、結語

美國曾一再提出，未來兩岸軍事出現朝向中共傾斜的現象，我國在中共強大的軍事武力



F-35戰機機身彈艙

資料來源：www.airforceworld.com/index.html

威脅下，勢必要將F-16戰機升級，或購買研發新一代戰機，維持臺海局部空優。在新時代武力的發展上，我國必須要有進一步積極的作為，諸如下一代戰機、電戰系統、各式飛彈、C4I等武器系統裝備的研發，參與先進國家研發專案或採購，以獲得新裝備與新科技，否則勢必會無法跟上各先進國家的腳步，被時代所淘汰。況且，中共現正積極發展其下一代高性能匿蹤戰機，我方應及早規劃因應準備，而F-35戰機的設計功能，應該是未來我國空防主力戰機之首選之一，雖然面對外交與軍售的重重困難險阻，美方同意軍售之可能性不高。但是，我們當以積極之作為突破困境，及早規劃不斷提出需求，多方面努力爭取，仍有曙光乍現之機會。

隨著科技飛躍的進步，掌握陸海空權對世界的影響也在不斷的轉變，F-35戰機上所搭載的各項科技技術，可說是作為現今戰機最先進科技的指標。將來F-35戰機更會搭配低成本自主攻擊系統(Low-Cost Autonomous Attack System, LOCASS)及無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)在戰場上運用。然而也有人提出F-35戰機或許是最後一款載人戰機，將來戰機可能會由如美國現正進行的X-45、X-47無人戰機所取代，將戰爭推向另一波新的軍事事務革命。許多專家認為，評估未來戰爭的勝敗不單從戰機匿蹤、火力等戰力指標論定，而是要以資訊獲得的良窳為核心。因此，世界各國莫不以網狀化作戰、資訊戰為國防重要發展項目，我們應深切體認此一發展趨勢，深耕經營，戮力以赴，達到科技先導、資電優勢的發展目標。(完)

註：未標明資料來源之圖片，均取自維基百科。