



FOCUS

專題報導

● 作者/John A.Tirpak ● 譯者/蕭光霽 ● 審者/黃坤銘

美空軍「下一代制空」計畫

Piecing Together the NGAD Puzzle

取材/2022年5月美國空軍月刊(*Air Force Magazine*, May/2022)

「下一代制空」計畫，主張發展具有次世代匿蹤能力之載人戰機，搭配可攜掛彈藥、監控戰場、遂行電戰且能攻擊陸基防空系統的無人機進行伴飛。

(Source: Mike Tsukamoto/USAF/Erin Baxter)

美空軍「下一代制空」計畫發展載人戰機、無人護航機及其他機型的混合機隊，因計畫內容涉及機密，外界難以一窺全貌。本文乃蒐整美空軍高層與航空產業相關消息，勾勒出「下一代制空」計畫系統家族之發展概況與未來遠景。



空軍之核心能力是制空。當主力戰機日漸凋零，未來是否堪負制空重任令人存疑。美空軍預判，2030年，F-22戰機將無法在空戰中存活，恐讓聯合部隊蒙受空中攻擊。要勝過中共殲-20戰機與其他敵方戰機，以及全球各地密布的陸基防空系統，發展空優戰機後繼機型已成迫切要務。

2018年迄今，美空軍共計挹注25億美元發展上述後繼機型——「下一代制空」(Next-Generation Air Dominance)系統家族。2025年，累積投入預算將達90億美元。雖然目前仍屬高度機密，但空軍已逐漸釋出部分「下一代制空」戰機的細節，而所謂的「系統家族」，即指家族內各型戰機將協同作戰，於作戰中奪取空優。「下一代制空」家族至少包括一架載人戰機與為數不明之無人機，並運用其他技術，包括載人/無人共用載臺、飛彈、艙艙與外接能力，部分項目亦能從太空遙控。部分護航機型攜掛感測器或武器，其餘機型則具備電戰或對地攻擊能力，如此可讓「下一代制空」戰機得以突穿敵防

禦措施，使戰場上任何目標都在劫難逃。

一年前，美空軍高層揭示2020年代末期與2030年代戰機的「4+1」計畫，要求階段性汰除F-22戰機。此舉出乎眾人意料。該項計畫之首要條件，就是「F-22戰機換裝『下一代制空』戰機」。

2021年5月，美空軍負責擘劃未來發展(前身為戰略、整合暨需求)次長希諾特(S. Clinton Hynote)中將於受訪時透露，F-22戰機服役近20年，面臨零附件老舊與無法性能提升的限制。

敵方先進感測器讓F-22戰機

無所遁形。1990年代，甚至早在1980年代末期，就使用全新塗料或採取積極作為對此「猛禽」(Raptor)式戰機進行改良，但也只能讓此型戰機苟延殘喘。2023會計年度，還編列3億4,400萬美元發展新型感測器，協助此型戰機銜接「下一代制空」戰機。希諾特中將表示：

「在相關領域，我方無法承擔太多風險。」

2021年，美空軍多次提及2023年將挹注「大量經費」於「下一代制空」計畫。2022會計年度，「下一代制空」計畫編列15億2,500萬美元，而2023會計



美空軍高層捨棄當前空中兵力結構，籌措「下一代制空」計畫所需經費，空軍部部長肯達爾(左一)出席眾議院軍事委員會，向列席委員說明年度預算支出規劃。(Source: USAF/Eric Dietrich)

年度則躍升為16億5,800萬美元。美空軍高層為籌措經費，寧願捨棄當前兵力結構，其中包括在2023年汰除部分機齡較高的F-22戰機。

早在2018會計年度，「下一代制空」計畫即納入預算編列，當時預算金額為2億9,500萬美元，2019會計年度列在「空優系統家族」(Air Superiority Family of Systems)項次，編列4億3,000萬美元。

美空軍編列2022會計年度預算的說法是，「下一代制空」計畫可「藉引進當前足以扭轉局勢之技術，確保我方未來持續享有空中優勢」。「下一代制空」計畫「並非單一載臺，美空軍著眼於填補現有戰力缺口，而非打造單一『次世代』戰機」。

但在「下一代制空」家族中，至少有一架載人戰機，由無人機全程護航伴飛。2020年9月，美空軍前採購執行官羅普(Will Roper)透露，一款「下一代制空」的全尺寸飛行展示機已完成試飛，並婉轉指出該型機「打破多項紀錄」。羅普事後受訪時指稱，個人內心掙扎許久後才決定對外透露，要讓空軍這個大家庭安心，讓大家知道目前推動之數位工程「已有實質進展」。

羅普希望「下一代制空」計畫能夠促使傳統主要合約商與新創公司一同較勁，新型戰機不盡然要由擔綱設計之廠商建造。羅普預劃採小批量生產，每批數量為50至100架，單一機型完成後，以更先進的設計研發次款機型，每款新機型的研發週期約為五年。此種做法研發週期短，可取代

美空軍F-22戰機於1980年代完成設計，2005年成軍，但敵方感測器將於十年內突破其匿蹤能力。「下一代制空」家族的匿蹤能力必須「更上一層樓」。(Source: Betty Chevalier)





過往F-22與F-35戰機專案所採用的「贏者全拿」模式，將美空軍技術更新週期從數十年縮短為數年。美空軍目前尚未揚棄此做法，該做法與美空軍參謀長布朗(Charles Q. Brown Jr.)上將對空軍應「加速改變，以免失敗」(Accelerate Change, or Lose)的忠告緊密結合。

羅普當時表示：「我並不是說我們打造一種『電子模擬戰機』，並在我方建構的虛擬世界完成多次試飛。而是已經建造一架全尺寸展示機，並在現實世界中完成試飛。」

2021年5月，希諾特於受訪時指出，個人「對於『下一代制空』計畫進程相當驚訝」。希諾特陪同通過安全查核的國會議員參觀該型戰機時，來訪議員也對目前進展「印象深刻」。希諾特進一步指出：「我們必須讓計畫付諸實現，但仍有諸多未盡之處。」但該型機試飛員對「下一代制空」展示機賦予高度評價。

希諾特未公開「下一代制空」戰機之研發期程，但提及某些機型兼具載人/無人操作模式。

「下一代制空」戰機也不會以「一換一」方式汰換F-22戰機。

美空軍現有185架F-22戰機，希諾特的說法和羅普計畫內容相吻合——僅預劃先行採購至多100架的首款「下一代制空」戰機，接續再研發後續改良款。

雖然，希諾特不願「證實」第二款「下一代制空」戰機是否已投入研發。但後續的發展快速，讓「奠基我國工業基礎的優秀廠商，在後續機型設計階段可以再行競標，而非在首款機型進入後續維持階段後就將其拒於門外」。

羅普「下一代制空」計畫願景的一個重點是，量產機型全壽期不須長達30至40年，而是要將研發、成軍至除役的整個生命週期縮短為12至15年。前述做法係將作業維持費(一般而言，作維費占武器系統成本70%)調整至設計與採購階段運用。原有作業模式下，預算大多花費在飛機維修作業上，而非研發全新機種；羅普想要調整預算前後支用比例。零附件老舊過時幾乎對美空軍所有舊式武器系統帶來不良影響。希諾特表示，「下一代制空」計畫之目的在於鬆綁「廠商枷鎖」——此枷鎖讓原始製造商掌控戰機作業維持，重視性能提升與裝備維修，而不是發展全新專案。

相形之下，「下一代制空」計畫將不斷提升硬體與軟體。每次推陳出新，都會更上一層樓。羅普希望每五至八年就能有跨世代進展。

F-22戰機可掛彈攻擊地面目標，而「下一代制空」戰機亦具備此項能力。2021年6月，美空軍參謀長布朗上將於眾議院軍事委員會中指出：

「『下一代制空』戰機將具備某些空對地作戰能力，以確保其能夠在戰場存活，並讓我軍飛行部隊指揮官與聯合部隊有更多的作戰方案。」根據美空軍高層評論與相關產業訊息，不難梳理出「下一代制空」戰機的部分特性。

飛行性能

「下一代制空」戰機飛行高度與速度皆可媲美F-22戰機，亦即巡航高度可達6萬5,000至7萬呎，極速可達2.8馬赫。F-22戰機追求極高運動能力，但美空軍尚未透露「下一代制空」戰機是否能遂



若美空軍決定未來空戰中，尤其針對太平洋戰區而言，空中續航力與武器酬載量比機動能力重要，那麼「下一代制空」計畫中主要機型的外觀，就可能迥異於傳統戰機。圖中，一群無人護航機與一架外觀類似B-21轟炸機的「下一代制空」戰機進行編隊飛行。(Source: Mike Tsukamoto/USAF/Greg Davis)

行近距離空戰。若戰機配備先進感測器與精準飛彈(如F-35戰機)，就能對尾隨敵機發射飛彈。「下一代制空」戰機或許會捨棄絕佳空中機動能力，以換取更大容量油箱，以及提升武器酬載。

2017年，空戰司令部前司令卡萊爾(Herbert “Hawk” Carlisle)上將推測，「突穿型戰機」(Penetrating Combat Aircraft)發展據信會納入「下一代制空」計畫，可能與B-21轟炸機相似，具有龐大主翼與大容量油箱，航程可涵蓋太平洋戰區全境，而且掛彈量更大。

2022年3月，年度預算公開時，美空軍計畫暨專案次長納洪(David S. Nahom)中將指出，美空

軍過去聚焦歐洲與俄羅斯，戰機研發亦以此為主軸，但「下一代制空」戰機則全然不同。納洪在受訪時指出：「我方過去從未發展航程遍及太平洋全境的戰機，所以此型機應為首例。」

近期，其他軍種高層亦指出，「下一代制空」戰機應有兩種機型，一種適合太平洋戰區長程作戰需求，另一種可投入幅員較小的歐洲戰區遂行作戰。

匿蹤能力

大部分軍方官員絕口不提「下一代制空」戰機的匿蹤能力。部分官員則表示，若戰機飛行速度



夠快，即便行蹤曝露，敵方守軍仍無法以飛彈及時攔截，這樣就可考量用速度來換取匿蹤能力。

另一方面，近年美軍高層官員提出嚴重警告，中共恐具備偵測美方第五代戰機之能力。空戰司令部司令凱利(Mark D. Kelly)上將經常提到匿蹤「並非隱形」，且匿蹤飛機進入特定距離內就會被偵獲，因此需要具備近迫電子干擾功能以確保安全。

業界消息稱，與當前第五代戰機相比，「下一代制空」戰機更難偵測，其雷達截面積相當於一顆BB彈大小。「下一代制空」戰機匿蹤能力並非針對少數搜索雷達頻段而設計，其能在多種不同頻寬感測器面前展現較佳匿蹤性能。

近期數月，有人拍下F-22與F-35戰機，甚至是出道較早的F-117戰機，外觀有不尋常的發亮金屬鈹件，某些甚至包覆全機。美空軍並未說明其用途，但或許是在測試第五代戰機可能採用的性能提升套件，或者是「下一代制空」戰機的某種匿蹤材料。

2010年代中期，美空軍官員曾公開提及，可能為次世代戰機打造一款具備電子干擾功能，名為「突穿型電子攻擊」(Penetrating Electronic Attack, PEA)機的護航機。雖然後續就沒有相關討論，但干擾型護航機必會納入「下一代制空」系統家族。

感測器

當前第五代戰機配備「主動電子掃描陣列」(Active Electronically Scanned Array, AESA)雷達，能夠迅速跳頻，其電子發射可減少發現及追蹤之時間。在「下一代制空」系統家族中，載人機可能不會配備主動電子掃描陣列雷達，而改由護航機提供該項功能，讓載人機較不易遭敵偵獲。

「下一代制空」戰機當然會配備紅外線搜索與追蹤(Infrared Search-and-Track,IRST)系統，用以識別敵方匿蹤戰機的熱源。該系統是F-22戰機規劃採用的一項感測器性能提升方案，不久前還有人發現該型機機翼下方掛載匿蹤纖細外形之筭艙。美空軍不會討論是項筭

艙，而該筭艙前端似乎有一個透明介電質(Dielectric Transparency)。

發動機

「下一代制空」戰機必須在無空中加油機支援的情況下，深入敵境作戰。為達成上述目標，該型機須配備大容量機身油箱，以及具備低油耗的特性。

2007年起，美空軍挹資數十億美元在「調適型發動機換裝專案」(Adaptive Engine Transition Program, AETP)，以發展推力更大、燃油效率更佳的發動機。此型發動機必須能滿足各種任務需求，有時候需要更大「轉彎與加速」動力，或是以低油耗來進行巡航。其他相關技術包括零附件積層列印(Additive Printing)、調適性密封膠與耐高溫陶瓷，讓發動機能在比渦扇發動機更高溫的環境下運作。

「調適型發動機換裝專案」有兩款發動機：奇異航空(GE Aviation)公司XA100型與普惠(Pratt & Whitney)公司XA101型。2021年秋季，兩款發動機進入測試階段。未來兩年，將進行耐用性與其他項目測試。兩家



圖中未來戰機概念款顯示，無論無人或載人「下一代制空」戰機，均不具備尾翼，以減低雷達截面積。雖然美空軍與美海軍共享「下一代制空」技術，但其目的並非發展如F-35之聯合戰機，並量產數千架。「下一代制空」計畫建造一系列機型，各機型量產50至100架，每五至八年推出全新構型。空軍亦期待吸引小型企業以數位設計參與競標。(Source: Mike Tsukamoto/staff; Boeing)

廠商皆稱已達美空軍目標——增程25至30%且加速力增強18%。為達前述目標，兩型發動機必須輸出4萬5,000磅推力。兩者也將比現今戰機發動機輸出更大電力，以供電戰系統或導能武器(Directed-Energy Weapon)使用。

雖然廠商未進一步說明，但仍表示專案發動機可提升戰機

匿蹤性，很可能是透過降低發動機熱源來達到前述目的。

美空軍官員與業界人士表示，「調適型發動機換裝專案」一向是針對「下一代制空」計畫量身訂做。經過測試與調校後，案內發動機可望於2027年量產，剛好可以安裝在「下一代制空」計畫第一批量產機型。此刻，空軍亦考慮將此型發動機技術，

運用在第四批次(Block 4)的F-35戰機上。

關於2023會計年度「調適型發動機換裝專案」預算編列情況，美空軍部部長肯達爾(Frank Kendall)受訪時指出：「空軍將持續相關研發工作……新型發動機研發成本相當高，空軍將試圖與其他軍種合作，期能籌措足夠經費推動研發進程。」F-35戰機聯合專案辦公室主任菲克(Eric T. Fick)中將指出，就現行F-35戰機多國合作規定，「若要與眾不同，就得付費」；若美軍要在F-35A型戰機安裝非標準型發動機，就須獨自負擔研發費用。2023會計年度，空軍在「調適型發動機換裝專案」項下編列3億5,400萬美元預算，為2022年度的三倍。

美海軍擁有類似「下一代制空」計畫的專案，國防部官員早已表示，海軍理當會使用美空軍專案研發的發動機。

武器系統

● 空對空攔截飛彈(Air-Launched, Aerial-Intercept missile, AIM)：「下一代制空」戰機主要武器，很可能



是目前洛馬公司生產之AIM-260A型「聯合先進戰術飛彈」(Joint Advanced Tactical Missile, JATM)。2019年，聯合先進戰術飛彈於美空軍產業會議(Air Force Industry Conference)中首度亮相，可對抗中共霹靂-15(PL-15)長程空對空飛彈，重拾美軍在空戰中「首射即首殺」(First Shot, First Kill)的獨霸地位。2021年9月，空戰司令部司令凱利上將在美空軍協會年會中表示，空軍需要「第五代武器」來武裝第五代戰機。

凱利指出，當前武器會弱化匿蹤優勢。若匿蹤戰機進入所有航空器皆無所遁形之區域內，擁有匿蹤能力就毫無意義。中共霹靂-15飛彈射程約80哩，所以AIM-260飛彈射程應該會更遠。凱利相信「『聯合先進戰術飛彈』辦得到」。

為維持匿蹤性能，「聯合先進戰術飛彈」勢必要裝載於F-22戰機機腹。這就表示，其彈體大小應與F-22戰機目前主要武器AIM-120A型「先進中程空對空飛彈」(Advanced Medium Range Air-to-Air Missile, AMRAAM)相仿。

「聯合先進戰術飛彈」可能配備紅外線或毫米波雷達等多模式尋標器。凱利表示：「即使『先進中程空對空飛彈』性能優異，但我方已物盡其用。」美空軍已在佛羅里達州埃格林(Eglin)空軍基地測試「聯合先進戰術飛彈」，然目前尚無航空迷目擊或拍攝到測試過程，可顯示該型飛彈外觀與「先進中程空對空飛彈」極為相似。此舉透露洛馬公司試圖縮小彈體零組件，俾裝載更多推進劑。該型飛彈可能搭載

直接攻擊目標的碰炸式彈頭，而非使用破片攻擊，此舉亦可增加推進劑之儲存空間。

- **先進模組化飛彈**：依據美空軍預算書，「先進模組化飛彈」(Modular Advanced Missile, MAM)係另一款高度機密系統，該型飛彈預計在2023年進行「運動性能測試」(Kinematic Test)。此型飛彈似乎可替換彈頭與尋標器，作為空對空或空對地飛彈，亦可配備「堆疊式」與模組化推進系統，以延長飛彈射程。

- **長程接戰武器與長程空對空飛彈**：雷神公司「長程接戰武器」(Long-Range Engagement Weapon, LREW)與波音公司「長程空對空飛彈」(Long-Range Air-to-Air Missile, LRAAM)可能實際上就是「先進模組化飛彈」，因為兩者皆具模組化特性，可加裝推進劑來延伸射程。

- **游隼與古達**：2019年，雷神公司投入經費，成功研發「游隼」(Peregrine)飛彈，並宣稱該型飛彈尺寸僅為「先進中程空對空飛彈」的一半，但速度更快、射程更遠。由於其體型較小，戰力又可媲美「先進中程空對空飛彈」，適合搭載於「下一代制空」系統家族護航機上，成為「下一代制空」的機載武器。洛馬公司「古達」(Cuda)飛彈彈體與游隼飛彈大小相仿，但擁有獨特控制系統，亦是洛馬公司針對美空軍研究實驗室(Air Force Research Laboratory)小型先進戰力飛彈(Small Advanced Capabilities Missile)專案而開發的武器系統。

某些飛彈可能規劃用於「下一代制空」家族的後續構型或後繼機種上。2021年9月，凱



利於美空軍協會舉辦的航太與網路大會(Air, Space & Cyber Conference)上表示：「我們投入全部心力，逐一解決問題，而不瞻前顧後，同時考慮其他面向，我們必須放眼未來。」凱利指出，中共甚至在武器系統成軍前，就開始發展後續構型。

- **極音速武器**：極音速武器(Hypersonic Weapon)不侷限攻擊地面目標。過去十餘年來，美國國防部高階官員持續推廣吸氣式極音速系統，當作未來空對空武器之載具。凱利堅稱：「極音速系統飛行速度快，能減少發射至擊中目標的飛行時間。但必須確定我方武器接戰距離，等同或超過敵方武器系統射程。」

- **導能武器**：美空軍自衛高能雷射驗證器(Self-protect High-Energy Laser Demonstrator, SHiELD)專案所研發的筭艙，可以發射150千瓦的集中光束。雖然前述筭艙是空軍目前現

有雷射系統，但並非最終解決方案。業界消息指出，空軍期望發展雷射系統，作為未來空戰系統之標準配備，至少要能干擾或摧毀來襲飛彈之尋標器以保護友機。

其他技術

2019年，美空軍前參謀長古德芬(David L. Goldfein)退役上將指出，「下一代制空」系統將具備「五項關鍵技術」，但不會全數「應用於單一載臺」，也不會同時完成研發測試、投入量產。古德芬並未列舉前述五項技術，但事後暗指為發動機、武器系統、感測器、人工智慧與構聯能力等。

合約廠商

2021年，洛馬公司執行長泰柯列特(James D. Taiclet)與諾格公司(Northrop Grumman)執行長沃登(Kathy J. Warden)於財報會議受訪時表示，雙方皆投入發展可應用於「下一代制空」計畫之相關技術。洛馬公司航空部門執行副總裁鄔瑪(Gregory M. Ulmer)接受本刊訪問時指出，認為該公司「臭鼬工廠」可在發展載人與無人機隊編組上扮演重要角色。

只要美空軍未調降機密等級，「下一代制空」計畫仍會維持高度機密。美空軍部長肯達爾援引過去冷戰期間慣例，表示不願透露未來戰機的外型與特徵，以免讓美方對手「搶先」發展反制手段。



美空軍前參謀長古德芬推估「下一代制空」系統將具備「五項關鍵技術」，但不會同時完成研發、測試與量產。

(Source: USAF/Jerry Saslav)

版權聲明

Reprinted by permission from *Air Force Magazine*, published by the Air Force Association.