



FOCUS

專題報導

● 作者/Heather Penney

● 譯者/蕭光霽

● 審者/丁勇仁

載人——無人編隊： 協作戰鬥機

Crewed-Uncrewed Teaming:
The 5 Keys to Achieving Highly
Collaborative Combat Aircraft

取材/2022年12月美國空軍暨太空軍月刊

(*Air and Space Forces Magazine*, December/2022)





美空軍若要與中共在一場勢均力敵的衝突中對抗，目前仍欠缺決勝要件，而發展「協作戰鬥機」搭配載人戰鬥機，係為美空軍目前制勝之解方。文內敘述「協作戰鬥機」發展概況，強調讓作戰人員參與研發，與人、機編隊軟體開發等應受重視之項目，俾資美空軍領導高層構思相關決策時參考。

2022年2月16日，美空軍F-16在「對抗北方演習」(Cope North)中編隊飛越太平洋，驗證全新部署與機動作為。(Source: USAF/Yosselin Perla)



美空軍歷經多年裁軍，要與中共在一場勢均力敵的衝突中較勁，目前仍欠缺決勝必要之戰力、殺傷力及存活力。為解決前述劣勢，美空軍今日領導高層正為未來兵力構思重大決策，並對發展自主式「協作戰鬥機」(Collaborative Combat Aircraft, CCA)孤注一擲，俾能擴增美空軍作戰量能，除籌建更耐戰損且韌性更強之兵力組合外，亦使戰區指揮官能在作戰任務激增的情形下，保留戰略後援，進而能展開複雜作戰行動，讓敵防禦疲於應付。

雖然此舉大有可為，惟當前「協作戰鬥機」發展工作，仍主要著重於遂行各任務類型，而非在於瞭解載人與無人機系統並肩作戰時彼此協力之本質。「協作戰鬥機」實戰效能，將視其與人類組成團隊的契合程度而定。結合經驗豐富的作戰人員與技術精良的技術專家，模倣人類飛行編隊建構團隊契合的動態模式，此舉非常重要。如此可確保「協作戰鬥機」獲取最佳設定，能在戰場空間中與載人飛機協同作戰時發揮預期成效。

「協作戰鬥機」與遠端遙控之MQ-9「死神」(Reaper)或RQ-4「全球鷹」(Global Hawk)不同，後兩者係由飛行員使用衛星資料鏈操控，而「協作戰鬥機」將能自主運作，自主導航、飛行，並管理其機載感測器。「協作戰鬥機」可自主決定，獨立遂行各項任務；並能與戰場空間週遭的作戰人員進行編隊，使作戰人員有如飛行編隊中的任務指揮官，以指揮載人戰鬥機編隊的方式，來調度運用「協作戰鬥機」。

讓具備效能的「協作戰鬥機」成軍服役之關鍵，在於發展協調良好之人員與「協作戰鬥機」

編隊的軟體。此軟體不能在「協作戰鬥機」成軍後才完成研發，因為軟體必須與稱作「協作戰鬥機」之「大腦」的其他核心元件進行互動。要讓「協作戰鬥機」發展成功，必須同時將人類因素與其他所有自主能力發展項目，整合納入編隊演算法與軟體中。

所幸目前載人戰鬥機編隊可做為既有、高效之模型，讓技術專家開發「協作戰鬥機」編隊特點時據以仿倣。傳統航空器編隊，無論是戰鬥機兩機編隊或是大兵力編隊，皆有經過驗證之過程、程序及互動作法，以及其他編隊與管制之架構。此類編隊規範係經數十年實際環境的驗證與形塑，始符合人類行為模式。

然而在發展「協作戰鬥機」時，美空軍研究員、工程師及國防產業的技術專家之工作，多半著重於將人類與機器分離。此舉可讓研發自主能力的團隊，能針對「協作戰鬥機」相關之重要、基礎性之發展挑戰，例如自主飛行控制動態模式、飛行安全、作戰空間覺知，以及感測與機動性能等取得進展。因此，讓現役戰鬥機飛行員參與研發，以決定「協作戰鬥機」與人類互動之方式，以及人類需要何種資訊，方能使人、機互動在實際作戰中發揮效能。據康凱爾(Joe Kunkel)准將說法，目前已有飛行員參與研發。

「協作戰鬥機」編隊運用概念發展之成敗，以及對相關編隊功能之瞭解，將影響美空軍對於未來戰場空間遂行任務能否轉型成功。因此，讓作戰人員在早期計畫階段參與美空軍「協作戰鬥機」發展，對於塑造自主戰鬥機如何在戰場空間中與人類並肩作戰至關重要。

鑑於美空軍領導高層所面對之巨大戰略挑戰，以及彼等對於發展各型「協作戰鬥機」的信心與投入資源，其中所涉利害關係過高，不容有一直拖延載人與無人系統整合問題之風險。為發揮「協作戰鬥機」未來作戰效能，讓作戰人員及早參與研發，瞭解「協作戰鬥機」編隊之情況非常重要。

美空軍瀕臨危機

美空軍投入研發「協作戰鬥機」，俾遂行兵力設計轉型，期能與勢均力敵的對手相抗衡，

取得勝利。「協作戰鬥機」技術目前尚未成熟，然美空軍領導高層正依其遠景擘劃未來兵力結構，以構思重大(或無法逆轉)之決策。美空軍刻正裁減作戰部隊，並在武器系統換裝前就先行汰除，甚至減緩採購新機進程，以控留經費轉為發展前述未來遠景之用。

此項戰略極具風險。美空軍今日淪落為史上(機齡)最老、(機隊)規模最小、(機務)妥善情況最差之窘境，係其現代化進程數十年來遭受延宕所致。歷經20年來步調緊湊之反恐與反

叛亂任務，導致各型機任務妥善率接連下滑，作業維持費不斷升高。即便時至今日，對於美空軍執勤之需要絲毫未減。作戰指揮官對美空軍戰力的要求持續增加，以肆應中共及俄羅斯之挑釁行為，但美空軍就目前規模已力有未逮。美空軍領導高層對於空軍「戰力日漸強大」，其規模可持續縮減之說法已是陳年老調。美空軍即便曾進行少數大張旗鼓之經費運用調整專案，過去30年來採購先進戰鬥機數量仍然過少。

美空軍今日擁有各型機中占

美空軍F-22與F-35戰鬥機及XQ-58A女武神(Valkyrie)無人機，在美陸軍猶馬(Yuma)測試場上空編隊飛行。載人與無人戰鬥機協同作戰，可協助美軍小規模兵力對抗旗鼓相當之威脅，以發揮更有效之嚇阻能力。(Source: USAF/James Cason)





比84%係在冷戰結束前設計，當時美國面對之威脅相較於印太區域與歐洲的現存威脅截然不同。對美空軍舊有戰鬥機進行性能提升，雖可維持效能，但僅能用在有利環境之任務遂行。美空軍現有大部分機型仍受制於現代防空系統。因此，美空軍在一場旗鼓相當之高強度衝突中，並不具備制勝必要之韌性與存活力。過去「規模更小、戰力更強」的目標，導致兵力脆弱，無法維持穩健之作戰步調，無法充分集中部隊遂行作戰，無法對敵施展複雜手段，或無法承受戰損。

嶄新兵力設計

中共的戰力與戰略現在對美軍舊有戰力與作戰概念構成前所未見之挑戰。在印太區域中以高步調、大規模軍事行動對抗中共，其所需的兵力能量更加龐大。美空軍首要面對之挑戰是運輸航程極長與作戰區域遼闊。距離意謂著時間，即使以次音速飛行，從日本嘉手納(Kadena)空軍基地前往臺灣週邊之目標區域需要1小時；從關島飛往臺灣則需要4小時。飛抵作戰區域的時間，決定執行與維持快節奏、大規模作戰行動所需之戰鬥機數量。

面對機數過少情形，指揮官要不是必須減緩作戰步調，就是要在前後攻擊行動間隔有所停頓，如此會讓敵人可趁機奪取或維持優勢。同樣地，作戰區域愈廣，要在多處同時發揮大兵力效果，其所需戰鬥機數量就愈多。計畫人員在作戰量能不足情況下，必須減少攻擊涵蓋面所用戰鬥機數量，或是縮減目標清單，以集中兵力對付部分目標，而捨棄其他目標。

因此，能否擊退中共在印太區域之侵略舉動，形成對當前美國國家安全步步進逼之威脅。顯然以量能換取更多戰力，對於美空軍不再是有效的兵力設計做法。其所需的是更多戰力，以及更大量能。無論美方武器系統有多先進，印太區域發生之衝突，須有充足數量之兵力得以因應。戰鬥機是無法同時分處兩地。

此戰區是不容美軍以「機數較少、戰力更強」的方式因應。為載人戰鬥機增加成本低廉的「協作戰鬥機」做為幫手，對美空軍領導高層迎合印太區域作戰需求，不啻為一重大舉措。國防產業研究指出，運用受到管



一架安裝「空中博格」自主核心系統之克拉托斯(Kratos)公司製UTAP-22戰術無人機，自美國佛羅里達州廷德爾(Tyndall)空軍基地發射升空。「空中博格」專案目標係將全任務自主能力，與可承受戰損、成本低廉的無人空中載具整合，俾實現載人與無人機編隊能力。(Source: USAF)

控之「協作戰鬥機」與載人戰鬥機編隊的配比，可以1架載人戰鬥機搭配6至7架「協作戰鬥機」。若讓「協作戰鬥機」脫離管控，以支援範圍更廣之任務組合，而非專屬於某單一任務長機，其能力倍增效果更大。無論「協作戰鬥機」是否受到控制、脫離管控或形成群集(Swarmed)，皆能達到美空軍對戰力倍增之期望，只要獲得必要數量，就能執行快節奏的作戰行動，以達到在遼闊太平洋區域的作戰需求。

美空軍部科學諮詢委員會(Scientific Advisory Board)正在研究協作戰鬥機搭載「分散式且可依任務攜掛不同之感測器、武器與其他任務裝備」的各種選項，以將之納入「下一代制空」(Next Generation Air Dominance, NGAD)族系。

前述之任務組合可構成敵方在目標獲得之困難，同時強化載人戰鬥機之作戰節奏及集中兵力之能力。葛雷生(Tim Grayson)博士是現任美空軍部部長特別助理，曾任美國防先進研究計畫局(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)戰略科技室(Strategic Technologies Office)主任，彼指出「協作戰鬥機」可以不同的方式操控與運用。

彼稱：「外界可能認為『協作戰鬥機』載具之能力，係受『下一代制空』計畫之成果啟發而來，但運用時不會搭配『下一代制空』戰鬥機。事實上，至少是在部署運用初期，『協作戰鬥機』由其他載臺發射與操作。而隨後在戰鬥中，變化為新編隊，甚至組成新團隊，其指揮與管制權限可能由另外不同之載臺負責。我們已從『下一代制空』與B-21型機的部分研究中知曉……也就是說，對

於擔任前鋒與後衛者的角色，可進行動態組合與搭配。」

美空軍部部長肯達爾(Frank Kendall)亦對「協作戰鬥機」興趣濃厚。肯達爾在(2022年)1月19日於新美國安全中心(Center for a New American Security)舉辦之論壇中表示：「以單架載人戰鬥機操作多架無人機組成編隊之技術是美空軍已著手執行的專案，該技術已漸趨成熟，讓我相信此絕非荒唐想法。」事後不久在另一場合，彼稱：「對本人而言，顯而易見的是我們已蓄勢待發，並朝此發展領域大步邁進。」

美國防先進研究計畫局之「空戰評估」(Air Combat Evaluation, ACE)計畫兩階段總結指出，人類要能信任「協作戰鬥機」採取「複雜的戰鬥行為」，俾能改進所謂的層次框架，以定義人類與「協作戰鬥機」之互動。

為達成目標，技術發展顯然要著重於透過無人機採取可靠、連貫之自主運動，以建立人類對其之信任。洛馬公司之「擁襲者I、II」(Have Raider I and II)之性能展示，期望展現人工智慧控制之航空器能在動態環境中有效自主導航。據專案經理懷特孔(Shawn Whitcomb)表示，讓安裝「擁襲者」的「可遂行全般作戰任務之F-16無人戰鬥機，進入複雜度逐步升高的狀況，以測試其系統在變化萬千的作戰環境中之適應能力。在首次性能展示中，由人工智慧操控的F-16無人戰鬥機，在編隊中載人長機陪隨下，遂行攻擊任務，再返航與載人戰鬥機編隊。第二次性能展示時，由「擁襲者」之人工智慧遂行空對地攻擊任務，對變化中之威脅環境自主應變。



FOCUS

專題報導

波音公司之MQ-28A「幽靈蝙蝠」(Ghost Bat)，即澳大利亞版「忠誠僚機」(Loyal Wingman)前身，就是為了「研究自動化與自主能力之程度、人工智慧的運用，以及人機編隊的概念等因素。但波音公司專案經理的願景顯然更遠：除驗證機體外，還要驗證全系統：包括指揮介面、感測器模組化套件、維護期程、資料鏈及相關軟體。」「幽靈蝙蝠」於2022年3月底完成其基本飛行測試的第二階段。

美空軍研究實驗室(Air Force Research Laboratory, AFRL)的「機外感測站」(Off-Board Sensing Station, OBSS)實驗機，具備凌駕於展示性能外之潛力。美空軍研究實驗室的研究目標係要「研發具有開放性架構(Open Architecture)的航空器概念，並進行飛行性能展示，期能達成投入市場迅速、採購成本低廉、壽限不長、無需廠庫層級修護，以及野戰保修考量因素不多等目標」。通用原子公

司與克拉托斯公司皆取得1年合約，以延續「空中博格」技術發展的相關選項。

載人與無人之對比

美空軍面對一場勢均力敵之衝突，欠缺飛行員訓練與養成之必要量能。遭受戰損後，美空軍恐要遞補遭受擊落之飛行員；但是現有機數過少，美空軍甚至已無法克服飛行員已短缺多年之問題。各型機數量減少及妥善率降低等問題，對美空



美國國防先進研究計畫局之「長射」(LongShot)專案，係用以研發空射型無人機，該機可掛載多枚空對空武器。通用原子公司、洛馬公司及諾格公司皆取得該型機之初期發展合約。(Source: DARPA)

軍能否提供新進飛行員作戰存活與致勝所需之訓練時數形成挑戰。勢均力敵之衝突中戰損率高，只會使兵力消長的壓力加劇。

此刻，當前電腦處理能力、資料鏈、軟體程式及自主能力發展與日俱進，也形成轉機。美空軍現在能推出由「協作戰鬥機」編隊之團隊，解決空軍兵力設計上的主要罅隙，使其任務組合的作戰力量倍增，從而反制中共系統毀滅戰略。「協作戰鬥機」亦將能擔任執行任務的重要角色，經得起戰損且任務執行率高，能增加接戰複雜度，並讓敵人付出相當代價。要讓「協作戰鬥機」有規模地達成前述要求，就須在不受人員控制站管制情況下運作，以排除傳統遙控航空器之限制。不僅如此，無人機還要能在複雜環境下有效作戰，無需人員直接操控其飛行系統或感測器，同時能在電子頻譜受到干擾的戰場空間中與人類並肩作戰。此舉堪讓美空軍符合未來作戰所需。

「協作戰鬥機」能讓美空軍發展嶄新作戰概念，統合載人戰鬥機與無人機所長，達成作

戰目標。人類直覺、跨領域思考及情報，仍將為任務成功要件，然有「協作戰鬥機」為伴，能讓人員專注於重要的認知工作，如處置突發狀況及管理戰場空間作戰。

人類與「協作戰鬥機」組成的團隊，可降低人員遭受之風險、增加作戰致勝的潛能，以及挫敗敵人作戰戰略。因為計畫官與任務指揮官皆能承受「協作戰鬥機」較高之戰損率，就能對承擔風險採取不同思維。「協作戰鬥機」在兵力組合中與載人戰鬥機編隊時，可採更激進之運用做法，例如當作「飛彈標靶」，吸引敵人空對空或地對空飛彈。只要採購「協作戰鬥機」數量充足，「協作戰鬥機」在作戰中遭受折損，即使折損數量很大，卻不必然會對特定任務執行、兵力長期存續，或是對整場戰爭構成嚴重影響。「協作戰鬥機」戰損的接受程度，或許可視為是附帶優勢，讓敵人付出代價，這是所有競爭戰略上之重要特點。

「協作戰鬥機」可澈底改變指揮官衡量戰損的看法，因為「協作戰鬥機」可為經驗豐富

之飛行員減少風險。人類之認知、觀點、直覺及其他無法量化的能力，仍為作戰致勝關鍵。而另一項因戰損所致，卻未受重視之問題，就是前線部隊作戰經驗的流失。由「協作戰鬥機」部隊承受戰損，就能保護作戰人員，通常可左右作戰與戰術運用之成果。再者，當折損「協作戰鬥機」時，接手的另一架仍具有相同能力，因為「協作戰鬥機」與人類不同，人員技能依訓練與經驗不同而異，而機器只要進程式更新即能取得新技能。

必要條件

無疑的是，美空軍各實驗室與國防業界團隊對於「協作戰鬥機」相關之重要與基礎性挑戰，如自主飛行控制動態模式、飛行安全、戰場空間覺知、戰術決策，以及感測與運動性能等，均有長足進展。美空軍必須特意將人因工程列為開發「協作戰鬥機」的首要原則，並注意五項必要之廣義編隊概念，俾達成作戰人員在複雜與艱難戰場空間中之作戰需求：



建立能夠發揮協作戰鬥機與載人戰鬥機兩者間之編隊概念，以獲致極大戰力。協作戰鬥機之效能並非僅在於機載武器與感測器，而主要在於是否能與人員相互合作編隊。美空軍尚未擬定並述明自主「協作戰鬥機」於戰場空間中，擔任僚機時所具備優勢之作戰概念。因此，目前尚無從得知協作戰鬥機如何遂行作戰及機動，或是運用協作戰鬥機與人員編隊時作法之潛在優勢。要發揮協作戰鬥機所有的潛能，美空軍必須針對作戰人員如何與協作戰鬥機合作並利用其特質，擬定編隊作戰概念、編隊概念的運用，以及戰術、技術與程序(Tactics, Techniques, and Procedures, TTP)。然後必須提供相關人員健全、真實環境之訓練，以熟練相關戰術，並對協作戰鬥機能在高

強度戰場空間中所能提供之必要作戰優勢產生信心。

讓作戰人員參與研發「協作戰鬥機」，以確保彼等瞭解「協作戰鬥機」如何在戰場空間執行任務。自主與機器學習程式難以理解已眾所周知，無法為作戰人員清楚述明。作戰人員如不瞭解協作戰鬥機如何思考、決策，以及採取特定動作的原因，就無法預判這些自主僚機之舉動。讓作戰人員參與協作戰鬥機研發，可協助他們認識與熟悉協作戰鬥機，同時有助於增進他們瞭解協作戰鬥機發展之前因後果。如此能改善飛行員的能力，以利用自主僚機的長處與特質，並減少飛行員在複雜與高強度戰場空間中的折損。

作戰人員必須能依靠協作戰鬥機之自主能力。



波音公司MQ-28A「幽靈蝙蝠」即澳大利亞版「忠誠僚機」的前身。該專案係用以瞭解自主能力與人機介面運作方式，同時波音公司試圖探究指揮介面、感測器模組化套件、維護期程、資料鏈、軟體及其他更多項目。

(Source: Australian Ministry of Defense)

若欠缺評估協作戰鬥機即時性能及精確度之方法，作戰人員將難以判斷其自主僚機的可靠度。此項考量遠比傳統美國國防部作戰軟體驗證測試項目，或是對「遭駭客入侵可能性」之關注還要重要。人員必須要有信心，其自主僚機能夠在空中持續安全機動、有效擔任僚機任務、對戰場空間有精確且共通之瞭解，及時分享關鍵情資、保持相同戰術優序、聽命於人員的控制一如同僚機接受長機的指揮一並依作戰人員期望與需要採取行動。

作戰人員必須要在不斷變化的任務中確實管控協作戰鬥機。作戰人員在電磁頻譜干擾環境中，敵人會攻擊資訊網路以阻擋或崩潰我方整體兵力之指揮與管制，所以須擁有可靠且韌性強之

做法來控制協作戰鬥機。協作戰鬥機要能在資料鏈遭到阻斷或故障，無法通訊之突發(最壞)情況下，仍能持續有效運作以達成任務。另外，人員要能依據戰場空間所需，尤其是當人員任務負荷過重，以及當遭遇無法逆料之奇襲或混亂情勢，不斷調整對於其自主僚機之管控。

任務負荷必須讓作戰人員游刃有餘。作戰人員在其座艙中，對其協作戰鬥機僚機間之溝通、協同作戰與管控的阻礙應降至最低，就算在複雜戰場環境中其任務負荷增加之情況下，仍應如此。如果管理協作戰鬥機僚機，造成作戰人員分心無法遂行其主要任務，而危及任務達成時，作戰人員就不會認為協作戰鬥機可發揮效用。這些值得關注的範圍，不僅在於飛行控制機制，還包括溝



2021年6月24日，一架通用原子公司MQ-20復仇者(Avenger)無人機返航美國加州幻象場(El Mirage Field)機場。MQ-20無人機成功參與愛德華(Edwards)空軍基地舉辦之橘旗(Orange Flag)21-2演習，對機載之空中博格自主核心系統進行測試。(Source: General Atomics)



通、協調及其他任務整合項目。

建議事項

由於自主僚機對美空軍未來兵力設計十分重要，協作戰鬥機技術目前尚未臻成熟，亦尚未受到整體作戰人員的完全支持。國防產業與美空軍各實驗室目前主要著眼於劃分任務，以分進合擊方式，解決開發自主「協作戰鬥機」時的諸多複雜技術問題。儘管時有斬獲，惟目前工作的發展與瞭解仍忽略協作戰鬥機應如何與載人戰鬥機編隊，以成功達成任務。

讓作戰人員參與協作戰鬥機研發，美空軍就能

產生信心，並確保協作戰鬥機能有效進行特定編隊功能以遂行任務。基礎的編隊舉措，能讓協作戰鬥機發展成功，也能相互配合其他任務，而不會使該型機服役後功能受限。瞭解、規劃及解析人員在載人編隊中彼此互動與整合之方式，可對人、機編隊動態模式如何架構，甚至是協作與編隊方式如何演進，提供初步且重要的觀點。

為達成前述目標，美空軍領導高層必須採取以下做法：

- 1.對人員與「協作戰鬥機」團隊進行最佳編隊。
- 探究人類與協作戰鬥機有關的主要強、弱項，以建立人員與協作戰鬥機之正確編隊。



洛馬公司投資1億美元發展編隊技術，讓如F-35戰鬥機之載人戰鬥機，以及如「極速賽車手」(Speed Racer)之無人機協力達成任務。(Source: Lockheed Martin)

- 發展運用、戰術、技術及程序等概念，以在運用此類編隊時能截長補短。
 - 仿照已驗證的人員與人員戰鬥編隊的互動模式，將編隊互動輸入電腦程式。
 - 透過持續測試與訓練，使「協作戰鬥機」編隊動作純熟。
2. 讓作戰人員參與協作戰鬥機研發，使其瞭解協作戰鬥機於戰場空間如何執行任務。
- 讓作戰人員參與研發協作戰鬥機之可解釋性機器學習使用者介面(Explainable Machine Learning User Interfaces)。
 - 開發互動式任務規劃、任務演練及任務歸詢工具，以支援持續學習，讓協作戰鬥機性能與編隊行動更臻完善。
3. 建立作戰人員信心，讓作戰人員能信任協作戰鬥機不會脫序。
- 為作戰人員研擬方法與程序，以評估協作戰鬥機行動的即時完整性、性能及精確性。
 - 提出作戰人員對於協作戰鬥機運算法嚴整性與資料安全性之意見回饋。
 - 編隊中之飛行員必須能評估與監控協作戰鬥機戰場覺知情況，以找出協作戰鬥機遭遇未知情況時，需要補救之行動。
4. 確保在不斷變化之任務中，作戰人員仍能管控協作戰鬥機。
- 編隊中各機應能在遂行任務過程中，彈性與適切地轉換不同管控模式。
 - 協作戰鬥機必須主動並立即與人員建立通聯，以確保管控。
 - 美空軍必須將韌性強之構連能力，列為發展

編隊能力之技術優先項目，並為協作戰鬥機研擬通訊中斷協定。

5. 確保任務負荷讓人員仍能游刃有餘。

- 技術專家必須與作戰人員通力合作，發展直覺式的人員介面。
- 協作戰鬥機之指揮管制介面必須與作戰人員武器系統之作戰飛行程式完全整合。

自主航空器在戰場空間中不會取代人類。訓練精良且表現卓越之飛行員，在勢均力敵之高強度衝突中，人員素質仍將是必要優勢，因為其具備靈活性、適應力、直覺，以及不可言喻之人類特質。然協作戰鬥機除能協助人員達成任務外，也還有其他更多潛能。協作戰鬥機確能讓美空軍戰力倍增，只要其編隊作戰概念、軟體、介面及其他作戰能力均能正確完成研發。

作戰人員將是此次轉型的關鍵。在極度不確定且不斷變化的戰鬥環境中，惟有作戰人員能對編隊行動的要求，提供獨到之見解。為發揮協作戰鬥機的所有潛能，美空軍領導高層、政策制定者及技術專家必須置重點於發展人員與協作戰鬥機的有效編隊，在積極發展協作戰鬥機的同時，側重於建立人員與協作戰鬥機編隊之靈活性。若事與願違，其風險不僅是打造出的協作戰鬥機能力欠佳，更會在下一場戰爭遭受挫敗。

作者簡介

Heather Penney女士為美國空軍暨太空軍協會智庫米契爾研究所資深研究員。

Reprinted by permission from *Air and Space Forces Magazine*, published by the Air and Space Forces Association.