



● 作者/John A. Tirpak ● 譯者/周敦彥 ● 審者/丁勇仁

第五代彈藥特性

Fifth-Generation Weapons

取材/2023年3月美國空軍暨太空軍月刊(Air & Space Forces Magazine, March/2023)

雷神公司的游隼飛彈是一種袖珍的高速空對空飛彈，用於對抗無人機、巡弋飛彈及有人駕駛飛機。該彈種設計以經濟實惠為主要考量，該武器的輕量化有效地使戰機可攜帶的飛彈數量翻倍。

(Source: Raytheon illustration)



當美空軍投入戰鬥時，所使用的戰術武器都來自於1990與2000年代初期。其中許多武器甚至可以追溯到1991年的波灣戰爭之前。

然而，對手的防空系統，自從沙漠風暴行動以來變得更加難纏，30年前難以想像的事情——敵人能夠擊落、遮蔽或干擾來

襲的高速彈藥——現在則變得非常可能。潛在對手握有的高逼真度(High-fidelity)長程防空雷達及感測器的數量迅速增加，再加上新的攔截武器，使得攻擊防護嚴密的目標變得更加困難。

因此，需要有新一代的精準武器來強化打擊能力，並嚇阻

潛在的侵略者。

2021年10月，美空軍空中作戰司令部(Air Combat Command)司令凱利(Mark D. Kelly)上將表示，「我們需要第五代武器來匹配第五代空軍」，並將此類彈藥列為其五大優先事項之一。

不過，何謂「第五代」武器尚未有明確定義。凱利以第五代

美軍之戰術武器未能與時俱進，而對手之防空系統卻已獲得長足進步。因此美軍彈藥的未來發展已成為焦點，美官方人員預期彈藥發展趨勢將包括增加速度與射程、共用元件、匿蹤甚至具備協同攻擊能力。



戰機(F-22、F-35及B-2)為背景闡述其評論，這些戰機結合了匿蹤技術及融合感測器數據能力，以獲得狀況覺知優勢，但是這些載臺仍在使用為第四代戰鬥機所設計的武器。美空軍需要新型的彈藥，以充分發揮現代隱形戰機的所有能力。

我們需要第五代武器來匹配第五代空軍。
——空軍空中作戰司令部司令凱利上將

武器專案執行官兼空軍軍備處處長巴爾托洛梅(Jason Bartolomei)准將婉拒提供第五代武器的「明確」定義，但在2023年1月份的訪談中表示：「我們所談論的是確保美空軍擁有有效的武器來支援所需任務。」

巴爾托洛梅表示，「我很難強調任何特定的屬性」，並指出「自古以來」武器一直追求「相同的基本屬性」——可能是速度、殺傷力及奇襲——「而我們實現這些不同屬性的方式隨著科技的進步



而與日俱進。」

巴爾托洛梅認為，「我們只需要跟上對手的腳步，以及……技術環境的變化」。

空軍退役上校高辛格(Mark Gunzinger)為前美國國防部副部長，現任美國空軍暨太空軍協會(Air & Space Forces Association, AFA)米契爾航太研究所(Mitchell Institute for Aerospace Studies)未來概念及能力評估主任，高氏表示美空軍「的確面臨一個難題」。

高辛格表示，美空軍的機隊「規模太小、存活能力不足、射程不夠、殺傷力不足，無法應對目前被要求面對的那種衝突」。美空軍正在努力釐清「短程戰鬥機、長程轟炸機、[及自主]協同戰鬥機間之適當混合比例……它們的有效酬載應該是多少，作戰距離應該是多少，存活能力應該有多高，以及遠程打擊近與距離突穿的編配方式。」

根據高辛格的說法，同樣的問題也困擾著武器的組合。今天的精準導引彈藥庫儲「對於軍力相當的衝突而言數量太少……缺乏存活能力[以及]……偏向於較短的射程」。美空軍必須找到「射程、彈頭尺寸、存活能力、速度及[精準導引彈藥]成本間之甜蜜點(或者說平衡點)」。

在2021年11月的一篇題為〈負擔得起的質量〉(*Affordable Mass*)的論文中，高辛格敦促美空軍開發「一系列負擔得起的下一代中程(50至250哩)空對地精準導引彈藥，可供第五代戰鬥機及隱形轟炸機大量掛載。」

美空軍顯然正朝著這個方向邁進。根據高階軍事領袖、智庫及業界專家的評論，第五代武器很可能具有一些共同的關鍵特徵：

匿蹤。為了突破現代防禦系統，武器必須具備低偵測性的特質，或者利用電子手段來隱匿，直到抵達交戰的最後階段。而且必須能夠抵禦電子攻擊及網路技術的欺騙。

更快速。一些第五代武器的速度非常快，因此即使被發現，也很難在擊中目標之前進行攔截。這就是目前正在研發中的極音速武器背後的概念。

射程更遠。從比現有武器更遠的距離進行打擊是一項至關重要的能力，以便在進入敵人武器的射程範圍之前發射。

彈體更小。為了保持隱匿性，先進的飛機必須在內置彈艙攜帶武器。小型化的電子設備及新型的推進方法可以使新武器的尺寸更小，增加每架飛機可攜行的武器數量。隨著美空軍開發協同戰鬥機，較小型的武器也必不可少——無人駕駛、自主的「僚機」可能比有人駕駛飛機體型更小，酬載量也更少。

模組化。美空軍已經向工業界徵求了「混合搭配」(Mix-and-Match)的武器概念，其中包括尋標器、彈頭及推進單元。模組化設計有望提高生產速度並降低成本，同時增加製造的靈活性。開放式架構則應該能夠更容易創造各種打擊選項。

協同作戰。部分第五代武器將能夠相互協作，以最有效的順序打擊目標；壓制防禦者、掩蓋其目標，或提高其存活力。美空軍正在試驗一些這樣的「群集攻擊」構想。新武器還將在前往目標的途中收集資訊，以供作戰部隊瞭解不斷發展的戰鬥情況。

數位化設計。現代化，以及電腦設計為主的模

組將使美空軍能夠通過數千種設計版本和選項，來達到武器能力及可生產性的最佳組合。

制定彈藥發展路線圖

美國空軍部長肯達爾(Frank Kendall)的七項「作戰要務」(Operational Imperatives, OIs)定義了空軍需要具備的能力，以向對手展示令人信服的嚇阻力，同時為戰爭的勝利奠定基礎。這些作戰要務的範圍從感

測器/武器網路到具有韌性的太空架構、新型B-21轟炸機及未來的戰術戰機系列等各個領域。

但是肯達爾也確認了支撐這七項作戰要務的三種能力。包括空運、電子戰及彈藥，肯氏稱之為「跨領域賦能者」(Cross-cutting Enablers)，因為幾乎涉及美空軍的所有任務，所以不能個別單獨考慮。一個由操作人員及採購人員所組成的團隊

已經奉派至這三個領域之中，旨在將此三種能力加以組織，並配合七項作戰要務將美空軍更廣泛的計畫相整合。

巴爾托洛梅是武器功能整合小組的共同領導人，該小組負責組織跨領域彈藥的工作。其目標是釐清彈藥的作戰缺口，並按照緊急程度進行補充。由此產生的計畫將成為預算制定的資訊，並從2024會計年度的總統預算需求開始。



2022年，美空軍空中作戰司令部司令凱利上將於Instagram上發布了這張F-22戰機發射AIM-260聯合先進戰術飛彈的概念圖像，首次正式讓人一窺此一新型武器。(Source: USAF illustration)



武器研發中： 目前正在研發的第五代武器有十種

美空軍正在探索一系列新的空對空及空對地武器，以滿足從直接打擊炸彈(Direct-strike Bombs)與遠距攻陸飛彈(Standoff Ground Attack Missiles)到長程空對空飛彈(Long-range Dogfight Missiles)等各種任務的需求。

並非所有裝備最終都會投入服役，但模組化是一致的主題，某些武器仍然可能加入庫存。

此清單是根據詢問的回饋、工業展簡報及預算文件所綜整。還有其他武器仍然被列為機密，也可能正在研發中。

空對空飛彈

AIM-260聯合先進戰術飛彈(Joint Advanced Tactical Missile, JATM)。此型雷達引導空對空飛彈將與已有30年歷史的AIM-120先進中程空對空飛彈(AMRAAM)大小相近，但是射程要遠得多。該飛彈由洛馬公司(Lockheed Martin)製造，於2019年首次亮相。此後幾乎沒有公開更多資訊，但是美空軍已經承認於2020及2021年進行了實彈測試。增加射程的聯合先進戰術飛彈超越了中共的「霹靂15」飛彈——霹靂15在很多方面都是模仿AIM-120先進中程空對空飛彈，將「先攻擊、先擊落」的優勢用來對付美國戰機。據說美海軍及陸軍正在與美空軍合作開發聯合先進戰術飛彈。

長程交戰武器(Long-Range Engagement

Weapon, LREW)。此型飛彈是另一個先進中程空對空飛彈可能的後繼者或聯合先進戰術飛彈的輔助武器。據報導，長程交戰武器由雷神公司(Raytheon)製造，是一種尺寸較大的飛彈，只能在戰鬥機外部掛載，用途可能是在遠距離擊落敵方的空中預警系統、加油機或轟炸機。

模組化先進飛彈(Modular Advanced Missile, MAM)。此型飛彈可能是AIM-9X短程空對空飛彈的後繼者，將具有可堆疊的推進單元及可互換的尋標器。模組化先進飛彈由波音公司(Boeing)製造，其合約也支援其他公司的計畫，例如袖珍空對空飛彈(Compact Air-to-Air Missile, CAAM)、增程空對空飛彈(Extended-Range Air-to-Air Missile, ERAAM)及長程空對空飛彈(Long-Range Air-to-Air Missile, LRAAM)。增程空對空飛彈/長程空對空飛彈可能是雷神公司長程交戰武器的競爭對手。

游隼飛彈(Peregrine)。雷神公司的構想是將先進中程空對空飛彈的性能與更長的射程相結合，彈體則可縮小一半。雷神公司於2022年12月獲得美空軍研究實驗室資助研發游隼飛彈；之前是一個自籌資金專案。

CUDA飛彈。CUDA飛彈是洛馬公司的提案，美空軍研究實驗室於2019年小型先進能力飛彈(Small Advanced Capabilities Missile)計畫下開始評估，該型飛彈的尺寸將比先進中程空對空飛彈

小一半，並使用一種獨特的推進系統，藉飛彈周圍的推進爆發來控制其飛行方向。

極音速飛彈

AGM-183A空射快速反應武器(Air-Launched Rapid Response Weapon, ARRW)。空射快速反應武器是美國空軍進入極音速領域的基礎——速度超過音速五倍以上。該型飛彈用於打擊高價值或移動目標，因為攻擊速度及遠程打擊至關重要，並採用火箭加速至極音速，俟火箭分離後再滑翔攻擊目標。洛馬公司在一連串的失敗後已經累積了幾次成功的飛行測試，但是美空軍官方對計畫生產的數量閉口不提。洛馬公司的合約中包括必須證明此型飛彈生產是可以負擔得起的。一架B-52轟炸機可以在其機翼派龍上攜帶四枚空射快速反應武器。B-1B轟炸機及F-15EX戰機也可能配備此型飛彈。

極音速攻擊巡弋飛彈(Hypersonic Attack Cruise Missile, HACM)。雷神公司於2022年9月贏得了競標，預計在2027年左右達到初始作戰能力。該飛彈是一種對地攻擊武器，採用吸氣式推進、超音速燃燒衝壓發動機，尺寸小到足以配備於戰機上；傳言稱F-15EX戰機將是可能的載臺。武器的發展是以美空軍和國防先進研究計畫局(DARPA)的極音速吸氣武器概念計畫(Hypersonic Air-breathing Weapon Concept, HAWC)為基礎。

對地攻擊武器

突穿攻擊武器(Stand-in Attack Weapon, SiAW)。美空軍於2022年5月向L3哈里斯公司

(L3Harris Technologies)、洛馬公司及諾格公司(Northrop Grumman)授予了突穿攻擊武器的競爭性合約。該武器旨在壓制/摧毀敵方防空系統，取代自1980年代使用迄今的高速反輻射飛彈(High-speed Anti-Radiation Missile, HARM)。作為清除防禦雷達和地對空武器的開路武器，突穿攻擊武器將在其目標清單中納入彈道飛彈發射器和其他具有時效性的目標。該型武器必須能配備於F-35戰鬥機的武器艙內。一旦選定了合約商，預計將在2026年具備作戰能力。

遙攻武器(Stand-off Attack Weapon, SoAW)。美空軍於2022年9月正式宣布了遙攻武器的競爭合約，明確表示正在尋找多個供應商來生產所選擇的設計，並打算擁有這種設計。空軍沒有透露對於遙攻武器的射程要求；該型飛彈可能是一種低成本的遠程武器，以填補AGM-158增程型聯合空對面遙攻飛彈(Joint Advanced Surface Standoff Missile - Extended Range, JASSM-ER)及其近親AGM-158C長程反艦飛彈(Long Range Anti-Ship Missile, LRASM)的不足。

全球精準攻擊武器(Global Precision Attack Weapon, GPAW)。此武器於2020年秋季問世，很可能是要取代聯合直攻彈藥(JDAM，美空軍的直接攻擊、全球定位系統引導炸彈系列)。美空軍希望擁有小型、輕量的武器，能夠打擊地表目標及加固或深埋目標，而且要負擔得起大量籌購。這種武器應該具有先進的感測器及一定程度的自主性。全球精準攻擊武器將採用開放式架構，並與先進及傳統飛機相容，並具備「座艙選擇彈頭的功能」。



AGM-183A空射快速反應武器是一種極音速飛彈，用於遠距攻擊高價值目標，照片中顯示該飛彈於加州愛德華空軍基地(Edwards Air Force Base)準備掛載於B-52轟炸機進行飛行測試。(Source: USAF/Giancarlo Casem)

巴爾托洛梅亦是該團隊職司採購的聯合主席，而美空軍未來規劃部門(Air Force Futures)負責武器開發與需求的巴克利(Christopher Buckley)上校則是職司營運的聯合主席。

巴爾托洛梅表示，彈藥發展規劃之目的是成為一份「持續發展的文件」，將隨著各種計畫的進展、可用的資金及威脅的

演變而不斷更新。

巴爾托洛梅指出，在感測器、推進裝置及特效技術方面的突破日新月異，而該計畫可能仍會高度保密。

巴爾托洛梅表示，「我們生活在一個動態的環境中，事情正在不斷變化……比我想像的更頻繁……任何人都不會感到自在」。

這個計畫的前景著眼於未來五年，並將像中共這樣的對手正在發展的能力納入考量範疇。

巴爾托洛梅表示，除了「非常用心地真正整合及緊密聯繫」運營與採購工作外，彈藥的研發在很大程度上依賴合約商及科技界，以利美空軍瞭解未來發展的可能性。他並補充，目標

將是定義「新型任務武器組合(Mission Sets)所需的正確能力，以及所需的正確數量」。

美空軍部長肯達爾的特別助理，負責監督作戰要務及跨領域團隊的葛雷生(Timothy P. Grayson)在回復問題的電子郵件中表示，擴充軍方的彈藥庫存至關重要。

葛雷生寫道，「大量的兵棋推演和分析顯示，美國彈藥的庫存能力、容量和升級能力有限，對我們的軍隊構成了風險」。

葛雷生表示，美國需要一種空對空及空對地武器的「經濟實惠組合」，「能夠提供所需的能力及數量，以保持對中國(步步進逼的挑戰)的競爭優勢」。

混合搭配

巴爾托洛梅認為以模組化元件(包括尋標頭、推進系統及彈頭/打擊效果)的方式來開發新武器「很有價值」，這些元件可以各種組合方式相整合，以應對不同種類的目標。他展望未來的武器將會「更加的開放及模組化」。

巴爾托洛梅解釋道，與業界討論主要集中在「我們如何劃分技術子系統……如何實現介面」模組化。這也可能在「我們大規模生產彈藥的能力」方面得到回報。

巴爾托洛梅表示，模組化也可能產生更多「合適」的武器來解決小型而關鍵的目標群。巴氏認為，「你可以看到……我們未來的武器有這兩種特性」。

模組化的方法提供了機會，使更多武器元件加入競爭的行列，這可能會吸引新的競爭者進入市

場，擴大工業基礎，並在危機時大幅提升潛在產能。

烏俄戰爭已經突顯了這樣的風險，因為美國提供的大部分武器都來自其戰爭庫存。這些武器的汰舊換新將是一個漫長的過程，在某些情況下，如果零件長期停產，幾乎就只能束手無策。

更多的供應商也有助於防範「供應商鎖定」(Vendor Lock)，即軍種對於某一系統的升級與消耗品須依賴單一合約商。

葛雷生表示，美空軍將「從專有的、供應商鎖定的解決方案」過渡到應用「數位工程、開放系統架構及敏捷軟體開發」的解決方案。

葛雷生補充道：「美國打算提高其工業基礎能量，以滿足庫存需求，並在與實力相當的敵手發生衝突時能夠持續作戰，包括在整個戰役中擁有足夠的火力。」

能量不足的挑战

高辛格表示，在太平洋區域的戰爭中，美空軍的任務可能是打擊「數以萬計的目標」。這意味著「你必須擁有大量且價格實惠的武器」。

高辛格提及，一些遠距武器的單位成本為每發200萬美元，而空射極音速武器的單位成本甚至高達每發1,400萬美元(更不用說自地表發射的極音速飛彈預期每發成本在4,000萬至5,000萬美元之間)，就經濟上而言，依賴這些武器是不可行的。高成本飛彈可能適用於「價值非常高且具時效性的目標」，但是不能成為作戰的主要手段。

高辛格表示，「提高速度可能是一部分的解決方案」，「但還有其他方式來達到我們在高度競



爭的威脅環境中所需要的生存能力」。

高辛格估計，美空軍的武器只夠進行10到14天的中高強度打擊。

高辛格指出，「當然……我們必須保留一些存量」，以防另一場衝突爆發，並補充：「我們必須增加庫存。」

根據高辛格的分析，「最佳的平衡點在於中程武器」，「這可以讓你用最低的成本獲得最大效果」，高氏補充，「也使你能夠維持攻擊密度，持續對敵人施壓」。如果每48小時才進行一次攻擊，對手就有時間恢復，因為攻擊「對敵軍系統沒有壓力」。只有持續的打擊才能維持壓力。彈藥存量必須具備規模，才能夠承擔快速結束衝突的成本。

葛雷生表示，武器庫存需要「正確的組合」，包括「負擔得起的遠距離和近距離武器，並具備足夠的數量和能力，以利在實力相當的衝突中取勝」。這種組合必須長期維持，「這樣我們就不會在開發新武器時留下能力或數量的罅隙」。

葛雷生表示，商情徵詢、業界日及其他業界在軍火領域的交流「對於進程而言都至關重要……並有助於驗證假設，確定開發與部署時程表、生產能力及維持需求的現實性」，以幫助美空軍做出有關武器方面的決策。

大規模生產

美國國防部負責採購與維持預算的次長拉普蘭特(William LaPlante)表示，彈藥生產需要重新考慮，以滿足預期的戰時需求。拉氏於去年10月在波托馬克軍官俱樂部發表講話時表示，五角大

廈最近接受了「及時」的武器供應，因為這在虛假的「承平時期」環境中是合理的。拉氏亦表示，當預算緊張時，武器也成為一種方便的支付工具。

拉普蘭特指出，然而，隨著現在與中共可能的衝突風險增加，彈藥生產具有新的意義。

拉普蘭特斷言，「生產力就是嚇阻力」。

拉普蘭特表示，美國與其軍事夥伴國及盟國應該擁有多個能夠大規模生產武器的工廠。武器不僅需要具備「作業互通性，而且要可以相互更換」。拉氏補充說，美國及其盟國不能依賴可能在供應鏈中出現潛在單點故障的工廠或供應商；有更多模組化設計的武器可以幫助降低這些風險。

高辛格對此表示同意，他說「我們需要所有人齊心協力」，北約與其他合作夥伴所生產的武器「能夠在不同戰場之間移動，並提供盟國或聯盟的任何成員使用」。

拉普蘭特也提出警告，切勿「發展過多的武器原型」卻沒有足夠的產量。實驗室中的武器並不具備嚇阻力。

拉普蘭特表示，五角大廈和美國國會一致認為，產能必須擴大，但是「我們將不得不為此付出代價」。這將意味著購買軍方最終可能不需要的武器。「你必須分散風險」。

迫切感

高辛格擔心國家缺乏「迫切感」，並認為當今緊急大量生產能力的不足是「令人不安的」。

高辛格認為，過去的假設是「在投入戰鬥之前，我們會有一些時間擴大生產；[或者]我們可



L3哈里斯公司、洛馬公司及諾格公司都在競爭研發遙攻武器，美空軍期望用來壓制及摧毀敵方防空系統。該飛彈將取代高速反輻射飛彈，對抗日益精密的整合防空系統，而且尺寸必須能夠容納於F-35戰鬥機的武器艙內。

(Source: Northrop Grumman illustration)

以花六個月的時間完成戰鬥部署，而且在開始行動之前會有充足的庫存」，但現在情況已非如此。

高辛格表示，「我們用來衡量軍力及武器庫存的假設……已不復存在。」「我們將沒有時間擴建軍力。戰爭猝不及防。而且不會是小規模的。我們將面臨自第二次世界大戰以來從未見過的作戰損耗。」

高辛格表示，中共能夠看到

美國所面臨的問題，並有動機「通過消耗」來取勝。「就美國在全球的軍事態勢而言幾乎是無所不在，必須[在彈藥方面]進行大量投資，但可以做得很有智慧。」

高辛格對美空軍的建議是「最大程度利用今天能買到的東西」，包括匿蹤遙攻武器及中程武器，但要「盡其所能」推動下一代武器的發展。

高辛格表示，「現在是購買的

時候了」，「我們不得不行動。我們的武器存量太低，我們沒有合適的搭配組合，但我們的一些計畫可以在短期內有所幫助。千萬不要把問題拖到未來。」

版權聲明

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