



FOCUS

專題報導

● 作者/John A. Tirpak ● 譯者/蕭光霽 ● 審者/黃坤銘

美空軍長程打擊新紀元： B-21轟炸機

B-21: Shape of the Future

取材/2023年1-2月美國空軍暨太空軍月刊(*Air & Space Forces Magazine*, January-February/2023)

2022年12月2日，美空軍揭開二十一世紀戰略打擊主力機種B-21轟炸機之神秘面紗。本文綜整公開發表會中觀察所見，梳理該機相關公開資訊，對比B-2與其他轟炸機性能諸元，藉此預判B-21性能、特性及作戰能力。

NG7
NORTHROP GRUMMAN

U.S. AIR FORCE

(Source: US DoD/Chad J. McNeeley)

2022年12月2日，美空軍與美國諾格公司(Northrop Grumman)揭開34年來首架新型轟炸機B-21「突襲者」(Raider)1號神祕面紗，展開一個長程打擊能力新紀元。

B-21研發時間長達七年，預於2023年首飛。諾格公司稱此新型匿蹤噴射機為「首架第六代戰機」，而美國國防部長奧斯汀(Lloyd Austin III)於美加州帕姆戴(Palmdale)致詞時指出，該型機將是二十一世紀美空軍戰略打擊主力機種。

布幕揭開後，此架高度機密戰機首度公開現身，諾格公司接續將展開室外發動機試俾、滑行試驗(Taxi Test)，為首飛做好準備。該型機其他性能諸元(如預期性能、航程、掛彈量及匿蹤塗裝下的發動機數量)仍未公布，俾讓對手憑空臆測。

夜間在帕姆戴舉
公開發表會，就

是要刻意隱藏該型轟炸機細節。從現場燈光、受邀佳賓與陳展機之間隔、攝影相機與鏡頭種類及拍攝角度等規劃細節，即為限制專家透過現場觀察獲取相關情報。

美空軍規劃採購至少100架B-21，在未來十年汰換45架B-1與20架B-2。雖然美空軍全球打擊司令部(Global Strike Command)呼籲，轟炸機需求總數應為250架，然該型機與接受性能提升、換裝新發動機的75架B-52共同服役時，空軍轟炸機機隊總數僅為175架。目前，空軍仍堅稱首架B-21能於「2020年代中期」執行作戰任務。奧斯汀站在嶄新B-21機身前指出，該型機航程將超過其他各型轟炸機，並聲稱：「此型機不必駐防特定戰區，亦不需特定後勤支援，就能讓敵方目標承擔風險，而其匿蹤能力係奠基50年低觀測性(Low-Observable)科技進展，即便是尖端防空系統，仍難以偵測B-21。」

奧斯汀指出：B-21將具備「高精準度」投放傳

B-21問世讓美空軍再度重整轟炸機兵力。

(Source: Eric Lee)

B-21 突襲者公開資訊

B-21首度公開時，刻意掩飾諸多巧思，然1988年B-2問世迄今超過34年科技進步仍可見一斑。

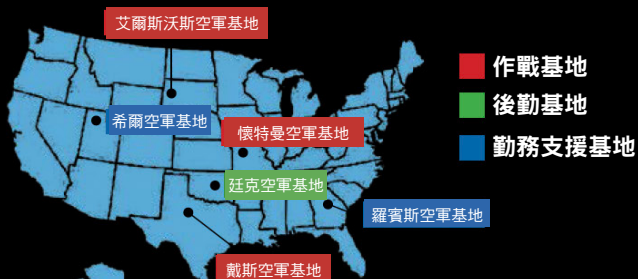
首飛日期

美空軍表示，B-21預於「2023年年中」首飛。1989年7月17日，B-2進行首飛(公開展示九個月後)。

機組組員

B-21有二員機組組員。依據合約，該機「可人工操控」，但目前無從得知該項性能是否符合預期。

B-21選勘基地



B-2

進氣道

B-2扇貝形進氣道開口較高，而B-21進氣口較為細長扁平，發動機扇葉也深藏於機身內，藉此降低雷達截面積。



酬載量

仍屬機密。B-21前身為遭到中止的「次世代轟炸機」專案，該案原定酬載量為3萬磅，而B-2武器酬載量為6萬磅。

發動機

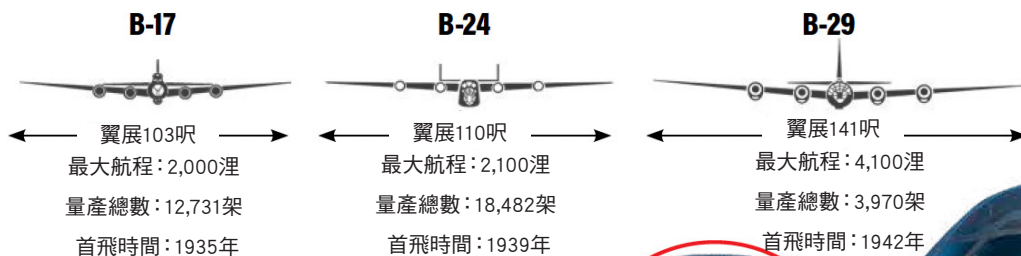
發動機供應商普惠(Pratt & Whitney，雷神子公司)尚未開發動機機型與數量。B-2安裝四具奇異公司(General Electric)F118-GE-100渦輪扇發動機。

縱向結構

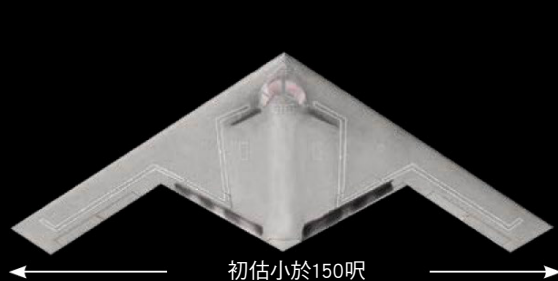
B-21縱向結構較B-2厚實，可容納更多燃油，掛載較多武器彈藥。

歷年長程打擊機型

各量產機型均為當時擁有最大航程的轟炸機機種。



(Source: Pash Parham, Eric Lee and Mike Tsukamoto)



翼展與尾部 如圖示。B-21尾部設計仍屬機密。從先前公開設計圖得知，B-21整體外形較B-2簡潔，且去除外翼後緣兩個鋸齒特徵。B-21精確尺寸仍屬機密，但與B-2比較後推估其翼展約150呎(比B-2翼展172呎縮小15%)，然因主翼後掠角度不明，難以精確估算。

機鼻

B-21機鼻「鷹喙部」較B-2扁長，與前風檔距離較遠。

標示

B-21主輪艙門有「ED」標示，代表該機未來測試地點加州愛德華空軍基地。鼻輪艙門印有序號00001，機鼻下方有諾格公司飛測之飛翼造型徽誌。美空軍全球打擊司令部、軍品司令部及第412測試聯隊所屬戰機座艙外窗後方則有低視度盾牌徽誌。



座艙外窗

B-21座艙有二個梯形前窗與二個狹長邊窗，窗邊與機體堅固表面貼合。其座艙與B-2型機相比，似乎離機鼻更遠。

機身塗裝

B-21機身塗裝比B-2使用的AMS36118「砲艇灰」色調更淡。B-21機身塗裝可能是AMS36375「淺羅盤鬼魅灰」，有助於降低日間能見度與紅外線訊跡。

航程

仍屬機密。但美國國防部長奧斯汀指出，B-21航程超過「所有各型轟炸機」。此說法暗示B-21航程超過B-52的8,800哩。

B-2

單機造價

2010年幣值
2022年幣值

5億
5,000萬
美元

6億
9,200萬
美元

起落架

B-21雙輪起落架停駐時，機體較配備四輪起落架的B-2為高，或許是為了便於掛載武器與維護發動機。起落架艙門外形較B-2更為簡約。



B-21合約設定單機造價上限為5億5,000萬美元(2010年幣值列計)，約為當今6億9,200萬美元。美空軍表示，未來價格必定更低。

B-47

翼展116呎
最大航程：4,000哩
量產總數：2,049架
首飛時間：1947年

B-52

翼展185呎
最大航程：8,800哩
量產總數：744架
首飛時間：1952年

FB-111

翼展70呎
最大航程：4,100哩
量產總數：76架
首飛時間：1968年

B-1

翼展137呎
最大航程：7,455哩
量產總數：104架
首飛時間：1986年

B-2

最大航程：6,900哩
量產總數：21架
首飛時間：1989年



FOCUS

專題報導

統或核子武器之能力，並支援聯合部隊與盟軍執行「全般作戰任務」。

B-21在研發過程中已融入作戰韌性概念，奧斯汀預期該型機將是美空軍最容易遂行維保作業的轟炸機。

美空軍參謀長布朗(Charles Q. Brown Jr.)上將於記者會中透露，B-21將會是「高出勤率」機型，能夠「密集」執行飛航任務，與B-2截然不同，B-2執行單

次作戰任務後，須進行數百小時維護保養，以維持機身匿蹤性。

B-21具備開放式系統架構，因此「容易適應」戰場環境。諾格公司指出，該型機揚棄傳統「批次構改」(Block Upgrade)作法，改採「持續精進」(Continuous Improvement)系統性能模式。

此舉符合現代軟體發展步調，亦即軟體更新一旦就緒，馬

上就能上線使用。因此，奧斯汀表示，B-21能裝載「尚未問世」的武器彈藥。此外，機上感測器與電戰能力能夠蒐集情報、執行「戰場管理」(Battle Management)，並協同友邦與盟軍部隊進行「跨領域、跨戰區、跨國緊密整合」。

許多美方盟國指派代表出席發表會，凸顯美軍轟炸機在盟國作戰任務中之關鍵角色。皇家澳大利亞空軍司令奇普曼



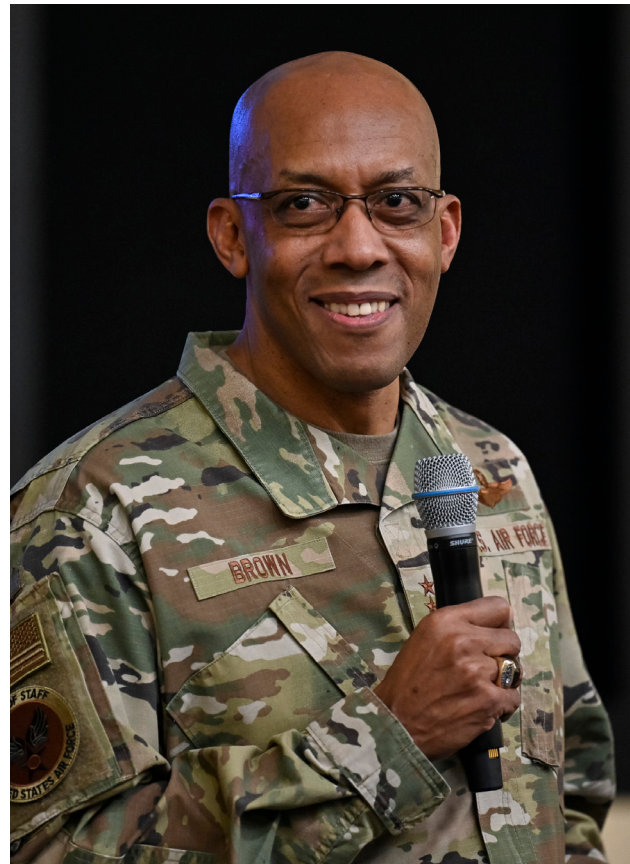
(Robert Chipman)中將與英國皇家空軍參謀長威格斯頓(Mike Wigston)上將同在與會之列。

奧斯汀在會中感謝美國國會兩黨對於B-21的支持，盛讚諾格公司員工在新冠肺炎封鎖期間，如期「達成此項艱鉅工程」。

美空軍高層官員雖有出席發表會，卻未在會中致詞。美空軍部部長肯達爾(Frank Kendall)會後受訪時指出，因為自己出任現職前曾與諾格公司有業務往來，因此必須迴避本專案相關活動。但肯達爾表示，奧斯汀想要強調B-21不僅是空軍新機型，也屬國家聯合計畫。此型轟炸機不但能以傳統方式前推美國與盟國之長程戰力，亦是國家



2022年12月2日，美軍在加州帕姆戴舉辦B-21對外公開儀式。B-21設計構想是在未來高度威脅環境中執行任務，維繫美國空中持久戰力。
(Source: USAF)



美空軍參謀長布朗上將指出，B-21出勤率高，可密集執行空中任務。(Source: USAF/Eric Dietrich)

核三角之一環。

某位資深國防官員指出，美國國防部發表最新版《中共軍力報告書》(*Military and Security Developments Involving the People's Republic of China*)後數日，B-21即推出發表，兩者之間恐非巧合，前述報告書詳述要點：

- 中共洲際彈道飛彈數量迅速增加；
- 中共空軍可能擁有新型匿蹤轟炸機；
- 中共對加入現今戰略武器條約不感興趣。

之所以命名為「突襲者」，係為了紀念第二次



世界大戰著名的杜立德突襲機隊(Doolittle Raiders)，在戰時對日本發起首波反擊。日本領導高層當時自以為天高皇帝遠，絲毫不受美軍威脅，因此前項空中攻擊任務令其震驚。奧斯汀指出，杜立德突襲機隊「展現美國空中武力之所及」，B-21一旦成軍，也具備同樣能力。

此新型轟炸機係由美空軍快速戰力辦公室(Rapid Capabilities Office, RCO)在高度保密情況下進行研發，並精簡武獲流程，減少監管層級，由辦公室主任逕向美空軍高層提報執行進度。預估單價壓在7億美元左右，大幅低於通膨調整後之B-2造價，獲得美國國會兩黨領袖稱許，能夠如期在預算金額內滿足作戰需求。諾格公司從研發之初即採用數位工程，開發該型機「數位分身」(Digital Twin)，以利後續變更設計與性能提升。

布朗指出，數位模型相當精確，應能減少驗證飛行趟數與實機飛測時數。

諾格公司執行長華登(Kathy Warden)表示，B-21設計過程時間緊迫，經過數千次數位設計優化而來，並在新興戰力初出茅廬時「迅速融合新技術」。

美空軍武獲執行官韓特(Andrew Hunter)指稱，儘管B-21合約旨在研發「可人工操控」之戰機——也就是戰機可在有人或無人操控情況下飛行——但「顯然研發焦點」為有人操控(至少目前如此)。此外，競標過程中，B-21匿蹤優點使其雀屏中選。

雖然該型機公開發表時，儘量隱蔽戰力相關部位，但從某些特徵得知，該型機並非像某些批評者口中的「B-2.1型機」。雖然B-21外觀與B-2相

似，但仍有以下差異：

- 翼展雖不如先前推測，但較B-2小。另外，機翼後掠角度目前尚無法判定。
- 機身較B-2深且寬，可能是為裝掛更多武器與燃油預留空間。B-2機頭「喙部」明顯較B-21扁平且長。
- 與B-2扇貝形進氣道相比，B-21進氣道顯得更小，道口幾乎緊貼機身上層蒙皮。前述設計可隱藏發動機風扇葉片，減少雷達截面積。據某位空氣動力學者透露，B-2可能運用「庫塔效應」(Kutta Effect)，亦即經過航空器前緣之上升氣流，會貼附機身表面流入進氣道，而非由道口上方掠過。
- 雖然B-2表面相當平整，但B-21更加平滑，B-21表面經過打磨、接縫毫無凸起，連座艙罩窗邊緣也毫無例外。專案官員指出，諾格公司採用遮蓋膠帶與填隙材料(Tape and Caulk)整平B-2表面，使用匿蹤性更佳、更易維護的新材料。
- B-21梯形前方外窗與非常態邊窗，顯示其造型經過詳細計算，以大幅減低雷達訊跡。美空軍曾指稱，B-21邊窗有助於空中加油作業，亦可協助飛行員於起降時目測飛行高度。
- B-21停駐時，起落架略高於B-2，可能是為了讓作業人員易於掛載武器彈藥與維護發動機，而機身下方起落架亦比B-2更向中間靠攏。
- B-2全機身採暗灰色塗裝——嚴格來說是AMS36118「砲艇灰」(Gunship Gray)，適合在夜間隱匿執行任務；B-21則是淺灰色塗裝，可能採用AMS36375「淺羅盤鬼魅灰」(Light

Compass Ghost Gray)，顯示美空軍規劃B-21於日間高空航行，機身美空軍軍徽以低視度塗料漆於座艙後方，但無法判定其隸屬單位，可能隸屬「快速戰力辦公室」與空軍全球打擊司令部。

B-21展示發表會的後方廠房，尚有五架不同產製階段的。韓特指出，發表會上的六架B-21將納編為測試機隊，並於飛測完時投入作戰。

目前已知B-21可攜掛兩型武器：B61-12自由落體核子炸彈(Nuclear Gravity Bomb)與AGM-181型長程遙攻(Long-Range Standoff, LRSO)飛彈。美空軍很少透露雷神公司長程遙攻飛彈相關訊息，該型飛彈最初掛載於B-52，接續才是B-21，俾在敵方科技不斷演進的情況下，讓B-21具備匿蹤、遙攻之作戰能力。

諾格公司稱呼B-21為「第六代」戰機，但並未明確定義。一般認為，第五代戰機具備匿蹤性能，配備先進感測器與處理器，能夠整合各項資料，具備前所未有狀況覺知(Situational Awareness)能力。預判「第六代」係指匿蹤性能、感測器、數位處理及資料整合能力均更上一層樓。第六代亦可能意指其他戰力，如無人駕駛或搭載雷射或高功率微波等導能武器(Directed Energy Weapon)。

專案成立之初，美空軍即表示B-21將成為長程打擊「系統家族」之核心機種，前述家族囊括一系列蒐集戰場情資之獨立載臺或網路，支援B-21遂行任務。目前尚無從得知載臺類型，包含構聯衛星能力、轟炸機發射誘餌、干擾器及情蒐無人機等。某些載臺可能擔任前導，以混淆或制壓敵

防空。

B-21原名為B-3，但2016年，美空軍部時任部長詹姆斯(Deborah Lee James)女士，將其定名為「B-21」，以強調該型機係美國二十一世紀首款轟炸機，並命名為「突襲者」，以紀念杜立德突襲機隊。

在許多方面，B-21是B-2專案提前終止的產物。美空軍原計劃生產132架B-2，但1997年，美國國會考量俄羅斯傳統威脅趨緩，航空器建造成本升高，將預算額度控留為20架(之後調整為21架)，其中部分原因是諾格公司依據合約，急於興建具備高產能廠房，加速量產新機。專案終止時，僅量產原定架數的六分之一，每架必須均攤較高的生產機具成本。

然而，諾格公司仍繼續為B-2發展匿蹤技術，此時美空軍也展開「次世代轟炸機」(Next-Generation Bomber, NGB)專案，並借助諾格公司現有匿蹤技術達成專案目標。前述機種暱稱為「2018轟炸機」(2018 Bomber)，因為在空軍轟炸機隊日漸老化、敵人防空系統日新月異的情況下，許多研究與轟炸機發展規劃皆明確指出，美軍須在2018年量產全新轟炸機。然而2008年，美國國防部時任部長蓋茨(Robert Gates)取消「次世代轟炸機」專案，認為該專案籌建之戰力過於「出類拔萃」，專案預算恐無法交付所需架數。蓋茨指示空軍另起他案，並將單價列為關鍵績效指標。自此以往，2018年成軍規劃付之一炬。

後續專案稱為「長程打擊轟炸機」(Long-Range Strike Bomber, LRS-B)，依2010年幣值計算，單機造價必須低於5億5,000萬美元。2015年，諾



B-21可掛載B61-12自由落體核子炸彈(如圖)與AGM-181長程遙攻飛彈。(Source: USAF/Devan Halstead)

格公司擊敗波音(Boeing)與洛馬(Lockheed Martin)團隊，取得「長程打擊轟炸機」合約。

美空軍時任採購執行官、美國國防部現任武獲暨維持次長(Undersecretary of Defense for Acquisition and Sustainment)拉

普蘭特(William LaPlante)宣稱，空軍若要建造100架全新轟炸機，以2010年幣值換算，單架造價將達5億1,500萬美元。

在擰節預算前提下，諾格公司放緩腳步建造B-21，一年產量以15架為上限。拉普蘭特指

出，萬一年度採購預算突遭大幅刪減，專案也不至於大受影響，在預算波動期間也能維持專案執行彈性。

倘若專案未能如期如預算執行，諾格公司亦同意削減實質獲利。本專案採用「成本加成」



(Cost-Plus-Type)合約，但首批量產仍以「固定價格」合約計價。

以2010年幣值列計，本項專案斥資214億美元。2023年美國國防部預算需求書中，美空軍指出，迄2027年止，總計編列195億3,600萬美元量產B-21。各年度分年預算需求如次：2022年1億800萬美元(國會通過)、2023年18億美元、2024年35億美元、2025年44億美元、2026年46億美元、2027年50億美元。另外，各年度交付架次規劃仍未對外公開。

唯有美空軍參謀長能下令變更B-21作戰需求，但自合約簽定迄今，歷任參謀長均未調整需求。「開放架構」作法排除需求變更之必要性，隨時可以進行性能提升。

諾格公司指出，B-21受惠於諾格公司「超過30年研發打擊與匿蹤技術所累積經驗」。相關技術除源於B-2外，尚包括YF-23戰機原型機、次世代轟炸機、AGM-137三軍遙攻飛彈(Tri-Service

Standoff Missile)、「默藍」(Tacit Blue)匿蹤驗證機及其他許多機密專案。諾格公司表示，B-21應用「全新製造技術與材料，確保B-21具備突穿反介入/區域拒止系統之能力」。

諾格公司亦在發表會上展出目前相關專案成果，其中包括與洛馬合作打造機身中段之F-35、美海軍E-2C型「鷹眼」(Hawkeye)空中預警管制機、美空軍RQ-4「全球鷹」(Global Hawk)情監偵

無人機衍生型——美海軍MQ-4C型「崔萊頓」(Triton)無人機、B-2，以及在航空母艦上自主執行任務之X-47無人匿蹤飛翼式驗證機。

根據相關報導，為接替「全球鷹」無人機，諾格公司產製RQ-180匿蹤、高空情監偵無人機，其外觀據稱與B-21相仿。

雖然B-21問世象徵B-2即將功成身退，但諾格公司高層強調B-2仍可進行機身結構延壽，繼續服役至2050年代，待後續相關製程就緒、零組件成本降低時，B-2就能仿造B-21進行性能提升。

美空軍暨太空軍協會智庫米契爾航太研究所(Mitchell Institute for Aerospace Studies)指出，B-2型機提早除役將帶來不必要風險，並主張空軍應儘可能保留轟炸機能量，以持盈保泰反制中共與日俱增威脅。

該研究所在近期某項報告中指出：「為建立二十一世紀必要兵力結構，在B-21大量部署、足以肩負關鍵任務，機隊戰力與能量滿足作戰需求前，美空軍應考量留用B-1B型與B-2機隊，逐步進行現代化與性能提升。」

米契爾航太研究所表示，量產B-21讓「美空軍轟炸機兵力逐漸成長茁壯。另外，藉由留用B-1B型、B-2及B-52，逐步進行現代化與性能提升，加上額外添購B-21」，美空軍應能維持至少270架轟炸機兵力，符合美國《國防戰略》要求。

版權聲明

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