



## 新軍備競賽？

# 破解美國退出中程核武條約的迷思

張瑞軒

國防大學戰略研究所碩士

陸軍三三化學兵群上校指揮官

### 摘要

美國在 2019 年宣布廢止美蘇於 1987 年簽署的中程核武條約，各方認為此舉將導致新的軍備競賽，尤其是川普聲稱中共不在條約規範內，美國不該單方面自我限制，且退約後美國也旋即展開原先受限武器的測試。然而，本文主張，美國退出中程核武條約並不會引起軍備競賽，因為軍備競賽是否發生，是軍事科技與地理環境的結果，與條約的存廢無關。中程核武條約所禁止的武器，不是受條約所限才被迫銷毀裁撤，而是在核子相互保證毀滅之下本來就沒有必要。這點並不因為科技進步，或美國的主要對手從俄國變成中共而有轉變，且再就當前與可預見未來飛彈技術的發展、西太平洋地理特性與美國軍力發展選項來看，美國在西太平洋真正所需的軍力更是海基與空載的武器，也本來就不在中程核武條約的限制之內。

**關鍵詞：** INF 條約、彈道飛彈、巡弋飛彈、高超音速武器、軍備競賽、相互保證毀滅



## 壹、前言

美國在 2019 年 8 月 2 日，正式宣布退出美蘇 1987 年簽訂《中程核武條約》(Treaty between the U.S.S.R. and the U.S.A. on the Elimination of Their Intermediate Range and Shorter-range Missiles, Intermediate-Range Nuclear Forces, INF Treaty)。當時的條約規定雙方必須銷毀所有射程在 500 至 1,000 公里的短程，與射程在 1,000 至 5,500 公里中程陸基飛彈，包括彈道飛彈與巡弋飛彈，及其發射架與雷達等輔助設施，並且不得再進行飛彈試驗與製造，同時兩國保有彼此實地查核權利。<sup>1</sup>

多數輿論擔憂 INF 條約走入歷史之後，勢必打破區域原有的穩定而驅使各國之間進行波濤洶湧的軍備競賽。<sup>2</sup>尤其是川普聲稱中共不在條約規範內，美國不該單方面自我限制，且退約後美國也旋即展開原先受限武器的測試。<sup>3</sup>聯合國秘書長古特瑞斯 (Antonio Guterres) 表示，一旦失去制約開啟核子武器戰爭的關鍵機制，將大大提高其他核子彈頭飛彈競賽與威脅。德國外交部長馬斯 (Heiko Maas) 預言，失去軍備控制條約既有抑制效力後，接踵而來是新國際秩序湧動，將世界推向軍備競賽狂潮之中。<sup>4</sup>俄國總統普丁也表示，美國這樣做非常危險，俄國除了軍備競賽，別無他法；簽約時擔任蘇聯總統戈巴契夫 (Mikhail Gorbachev) 也認為，美國退出冷

---

<sup>1</sup> 簡恒宇，〈退出《中程飛彈條約》下一步 美國國防部宣布將研發新巡弋飛彈〉，《風傳媒》，2019 年 3 月 14 日，<<https://www.storm.mg/article/1054160>> (檢索日期：2019 年 11 月 4 日)

<sup>2</sup> 〈美國退出《中程飛彈條約》想幹嘛？BBC：美軍可能在關島部署中程飛彈，引發北京不滿〉，《風傳媒》，2019 年 8 月 7 日，<<https://www.storm.mg/article/1565915>> (檢索日期：2019 年 11 月 4 日)

<sup>3</sup> 北韓是另一個可能，但因為地理上的鄰近，美國在南韓的基地用 500 公里以內射程的短程飛彈就足以涵蓋北韓。另外，日本則根本不是 INF 締約國，完全可以發展、布署陸基中程飛彈對付北韓。

<sup>4</sup> 陳宜伶，〈美俄冷戰期「中程飛彈條約」告終 新一波軍備賽來臨!〉，《鉅亨網》，2019 年 8 月 3 日，國際政經版，<<https://news.cnyes.com/news/id/4364430>> (檢索日期：2019 年 11 月 4 日)



戰關鍵核子武器條約計畫，與達成核裁軍的努力背道而馳。<sup>5</sup>俄國外交部長拉夫羅夫 (Sergey Lavrov) 也警告，INF 條約遭破壞後，不能排除美俄《新削減戰略武器條約》(Strategic Arms Reduction Treaty, New START) 在續約方面會出現變數，其他軍控機制包括《全面禁止核試驗條約》(Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty, CTBT)、《不擴散核子武器條約》(Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, NPT) 造成極大破壞。<sup>6</sup>

對此，本文主張，美國退出 INF 條約並不會引起軍備競賽。這是因為，INF 條約所禁止的武器，不是受條約所限才被迫銷毀裁撤，而是在當時與目前的軍事科技與地理環境下，本來就沒有必要。本文首先回顧有關退出 INF 條約的相關研究，隨後介紹當前與可預見未來飛彈技術的發展，都無法動搖核子相互保證毀滅的穩固，這點不會因為美國的主要對手從俄國變成中共而有轉變，接著再就西太平洋地理特性與美國軍力發展選項，說明美國在西太平洋真正所需的是海基與空載軍力，本來就不在 INF 條約限制之內。

## 貳、文獻探討

美國退出 INF 條約究竟會有何後果？許多學者的確是認為會導致軍備競賽，例如基恩 (David W. Kern) 就提出美國退出 INF 條約是俄國得利，因為整個西歐處於威脅之中，且北約成員也開始質疑美國戰略嚇阻保證。<sup>7</sup>維爾肯寧 (Dean Wilkening) 認為不應破壞

---

<sup>5</sup> Jonathan Marcus, "Trump INF: Back to a Nuclear Arms Race?," *BBC News*, Oct. 22th 2018, < <https://www.bbc.com/news/world-europe-45942439> > (檢索日期：2019 年 11 月 4 日)

<sup>6</sup> 〈中導條約遭毀...美俄續約「新削減戰略武器條約」恐生變？〉，《世界日報》，2019 年 4 月 14 日，< <https://www.worldjournal.com/6231468/article-%E4%B8%AD%E5%B0%8E%E6%A2%9D%E7%B4%84%E9%81%AD%E6%AF%80%E7%BE%8E%E4%BF%84%E7%BA%8C%E7%B4%84%E3%80%8C%E6%96%B0%E5%89%8A%E6%B8%9B%E6%88%B0%E7%95%A5%E6%AD%A6%E5%99%A8%E6%A2%9D%E7%B4%84%E3%80%8D/> > (檢索日期：2019 年 11 月 4 日)

<sup>7</sup> David W. Kearns, "Political/Military Implications of a U.S. Withdrawal from the INF Treaty," *Facing the Missile Challenge*, Jun. 25th 2019, pp. 98-100.



#### 4新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

戰略穩定，冷戰期間美蘇之間軍備競賽不穩定，如「分導式多彈頭」（Multiple Independently Targetable Re-entry Vehicle, MIRV）洲際彈道飛彈威脅固定發射井生存，促使彼此強化飛彈發射井或部署機動洲際彈道飛彈，如今退出 INF 條約加上高超音速武器發展，將加劇軍備競賽，而且美國刻意拉下俄國及中共參與先進防禦競爭作為成本消耗戰略，刺激攻防競爭，也是軍備競賽經典形式。<sup>8</sup>

諾伊內克（Götz Neuneck）也認為，INF 條約告終，整體軍備控制框架將完全崩潰，新軍備競賽正在逼近，所謂相互保證穩定模式，必須站在相互信任基礎平臺，因此主張建立信任避免意外升級為災難性核子衝突的承諾至關重要。<sup>9</sup>奈勒（Jenny L. Naylor）指出儘管中共譴責美俄退出 INF 條約，但卻始終拒絕加入該條約，所以需要重新思考在全球管理核不擴散及軍備控制，建立多邊信任關係以保持戰略穩定。<sup>10</sup>

阿爾巴托夫（Alexey Arbatov）認為美俄放棄核武軍備控制狀態，正在進入新軍備競賽週期，過於注重技術突破獲得決定性優勢軍事理論，卻忽視加強軍備控制系統與制度以改善國家安全與國際戰略穩定，軍備控制歷史過程中，往往很難達成裁軍協定，卻很容易銷毀這些協定。<sup>11</sup>

然而，也有學者認為美國退出 INF 條約不會引起軍備競賽。例如克里斯滕森（Hans M. Kristensen）及科爾達（Matt Korda）針對 2019 年美國核力量研究報告（United States nuclear forces, 2019）提出 INF 條約退出並沒有引起軍備競賽，美國宣佈退出條約迄今，核子武器力量核心預算仍聚焦在大規模核武現代化計畫，持續替

---

<sup>8</sup> Dean Wilkening, “Hypersonic Weapons and Strategic Stability,” *Survival Global Politics and Strategy*, Vol. 61, No. 5, Oct. & Nov. 2019, pp. 129-148.

<sup>9</sup> Götz Neuneck, “The Deep Crisis of Nuclear Arms Control and Disarmament: The State of Play and the Challenges,” *Journal for Peace and Nuclear Disarmament*, Vol. 2, No. 2, 12th Dec. 2019, pp. 431-452.

<sup>10</sup> Jenny L. Naylor, “The Third Nuclear Age,” *Comparative Strategy*, Vol. 38, No. 4, Jul. 19th 2019, pp. 276-288.

<sup>11</sup> Alexey Arbatov, “Mad Momentum Redux? The Rise and Fall of Nuclear Arms Control,” *Survival Global Politics and Strategy*, Vol. 61, No. 3, Jun. & Jul. 2019, pp. 7-38.



換或升級所有核運載系統，以及美國國防部的指揮管制系統，因此美國核武庫核彈頭數量仍然保持不變。<sup>12</sup>

奧伯林 ( Henry Obering III ) 及海因里希斯 ( Rebeccah L. Heinrichs ) 認為由於 INF 條約禁止美國建立中程飛彈能力，讓中共無意中大量積累此類飛彈，可說是使美中之間實力愈來愈接近做出「貢獻」，因此主張美國退出 INF 條約發展防禦系統，並強調其與進攻不同，因為防禦能力愈強嚇阻力愈好且更有助於衝突管理，萬一仍無法達到嚇阻目的，飛彈防禦系統也有能力保護美國戰略資產及限制潛在突擊價值，並有助於美國捍衛其進入印太地區能力，與盟國合作共同維護和平。<sup>13</sup>

拉諾什卡 ( Alexander Lanoszka ) 認為美國退出 INF 條約有助於對抗俄國及中共之戰略嚇阻。冷戰時期 60 年代初，美國短程核彈部署靠近蘇聯的盟國境內，70 年代末蘇聯 SS-20 中程飛彈可打擊西歐目標，但無法打擊北美目標，暴露北約嚇阻態勢缺口，促成美蘇聯簽訂 INF 條約，所以條約可說是聯盟政治產物，而且中共更樂見美國把錢花得更昂貴且戰略價值令人存疑的飛彈防禦系統。<sup>14</sup>切科夫 ( Alexander D. Chekov ) 等學者認為俄國與西方各國之間長期和平並不是由於核子武器嚇阻力量，而是雙方不願意直接進行軍事衝突，由於美俄地理位置距離太過遙遠而使部署大型軍隊複雜化，戰爭或是使用核子武器並非是削弱對手最有效工具，如果政治精英決心發動戰爭，就沒有什麼能夠阻止，包括核子武器或是 INF 條約。<sup>15</sup>

綜合文獻對條約退出是否引起軍備競賽論點，正反兩方多處交鋒，不外乎「軍控機制、嚇阻穩定、自身利益」三大面向，然而，

---

<sup>12</sup> Hans M. Kristensen & Matt Korda, "United States Nuclear Forces, 2019," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 75, No. 3, 2019, pp. 122-134.

<sup>13</sup> Henry Obering III & Rebeccah L. Heinrichs, "Missile Defense for Great Power Conflict: Outmaneuvering the China Threat," *Strategic Studies Quarterly*, Vol. 13, No. 4, Winter 2019, pp. 37-56.

<sup>14</sup> Alexander Lanoszka, "The INF Treaty: Pulling Out in Time," *Strategic Studies Quarterly*, Vol. 13, No. 2, Summer 2019, pp. 48-67.

<sup>15</sup> Alexander D. Chekov & Anna V. Makarycheva & Anastasia M. Solomentseva & Maxim A. Suchkov & Andrey A. Sushentsov, "War of the Future: A View from Russia," *Survival*, Vol. 61 No. 6, Dec. 2019 & Jan. 2020, pp. 25-48.



6新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

卻忽略分析武器技術背景以及戰略嚇阻效力究竟有何變化。本文主張，科技與地理因素，才是決定是否引發軍備競賽。在核子嚇阻穩固之下，INF 條約下射程等級的飛彈，並無法突破核子嚇阻的侷限而缺乏實戰價值才會被裁撤，儘管當代飛彈技術進步提高了傳統彈頭飛彈威力，也沒有改變此一相互保證毀滅的限制，也不會因為美國的主要對手從俄國變成中共而有轉變。尤有甚者，在西太平洋地理條件下，對美國來說要應對共軍軍力的成長，更是使用 INF 條約本來就沒有涵蓋的海基與空載武器才比較有利，故而退約並不會導致美中在西太平洋發生軍備競賽，因為條約在此本來就沒有設下限制。

### 參、飛彈技術進步的虛實

INF 條約簽訂後，飛彈技術仍然持續進展，尤其近期以來高超音速滑翔彈頭、超音速燃燒衝壓引擎頗受關注。然而，不光是這兩種技術完全可以應用在海基與空載等 INF 條約所不限制的領域，這兩者之一更是存在已久，之二也是尚在研發仍未實用化，且都所費不貲缺乏成本效益。反倒是全球衛星定位導引與電子零件製造技術進步，促成飛彈價格大為下降，才使 INF 條約所涵蓋的飛彈較有實用性。只是，這些發展都還是不會讓 INF 條約所涵蓋的武器，就能突破最終核子相互保證毀滅的限制，而這相互保證毀滅的穩固，才一直是限制軍備競賽的最主要理由，這點也不因為美國的主要對手從俄國變成中共而有轉變。易言之，若以為是因為高超音速滑翔彈頭、超音速燃燒衝壓引擎等技術發展，使得美國得退出 INF 條約急起直追，其實是錯誤認知。



## 一、高超音速滑翔彈頭

面對當今戰爭局勢瞬息萬變，在有限情報與計畫作為時間受迫下，軍事大國往往傾向選擇迅速作出反應，而非等待片斷訊息，因此，發展「全球即時打擊傳統武力」(Conventional Prompt Global Strike, CPGS) 成為當代軍事力量發展趨勢，<sup>16</sup>而其中關鍵就是飛彈飛行速度，如今高超音速飛行可說是當代新的隱身武器，各國也致力於發展高超音速飛彈。就飛彈推進動力而言可區分三種，其一，為「火箭助推」(Rocket-boosted) 彈道飛彈，以火箭發動機推進沿著彈道飛行，也就是典型的所謂彈道飛彈；其二，為目前積極發展「助推滑翔」(Boost Glide)，以火箭發動機加速到超音速，彈頭飛行器於大氣層進行滑翔返回地球表面，類似太空梭，技術早已經達到實用程度；其三，為「推升巡航」(Boost Cruise)，以火箭發動機加速到超音速，轉由進氣發動機持續高超音速巡弋飛行，尚待持續研發。<sup>17</sup>其中，彈道飛彈與高超音速滑翔彈頭 (Hypersonic Glide Vehicle, HGV) 都是採用火箭發動機，而所有彈道飛彈都能輕易以高超音速飛行，為何還要發展高超音速滑翔彈頭呢？其實，新武器系統優勢不僅止於速度，而是發射後改變路線與機動優異能力，不但可躲避飛彈防禦系統，同時接近目標時更能提高飛彈準確性。<sup>18</sup>相較彈道飛彈，高超音速滑翔彈頭不遵循拋物線軌跡，而且相對低空飛行，也就是海拔 20 至 30 公里 (12 至 19 英里) 飛行高度，並且以 5 馬赫以上速度飛行，從而大大降低及時探測可能性並增加攔阻困難度，就雷達地表偵察極限而言，從彈道飛彈重返彈頭撞擊前約 12 分鐘，也就是概約 3 千公里之外可探測到飛彈，

---

<sup>16</sup> Amy F. Woolf, "Conventional Prompt Global Strike and Long-range Ballistic Missiles: Background and Issues," Updated Dec. 16th 2020, Congressional Research Service, p. 49.

<sup>17</sup> Dr. Richard P. Hallion & Maj Gen Curtis M. Bedke & Marc V. Schanz, "Hypersonic Weapons and US National Security: a 21st Century Breakthrough," Jan. 2016, *Air Force Association*, pp. 5-9.

<sup>18</sup> Amy F. Woolf, "Conventional Prompt Global Strike and Long-range Ballistic Missiles: Background and Issues," Updated Dec. 16th 2020, Congressional Research Service, p. 2.



但是高超音速滑翔彈頭卻只能在撞擊前約 6 分鐘才可能獲得飛彈偵測預警（見**錯誤! 找不到參照來源。**），再者，即使地面雷達能夠偵測並跟蹤高超音速滑翔彈頭，由於攻擊最終目標與路徑也仍然未知（見**錯誤! 找不到參照來源。**），因此，遲來的目標雷達限制加上不可預知的飛行路徑，將大大壓縮遭受攻擊反應時間。<sup>19</sup>然而，雖然高超音速滑翔彈頭具備「高飛彈防禦穿透力、即時遠距打擊力、成熟既有動力技術」等優勢，但是，由於飛彈必須具備堅固材料與機械規格，抵抗飛行過程溫度超過攝氏 2 千度以上高溫，<sup>20</sup>因此單價極高只能打擊極少數目標，成本效益其實相當有限，仍然無法取代核子洲際彈道飛彈的嚇阻能力。<sup>21</sup>

## 二、超音速燃燒衝壓引擎

傳統渦輪噴氣發動機可以在 3-4 馬赫飛行速度，但要想取得更快速度飛行，就必須採用完全不同設計，也就是以超音速燃燒衝壓引擎（Supersonic Combustion Ramjet, scramjet）作為推進動力來源，可以達到 5-15 馬赫飛行速度，<sup>22</sup>這也就是上文所述的第三種類型。超音速燃燒衝壓引擎不同於傳統火箭引擎，燃燒衝壓引擎是從大氣中獲取空氣中的氧氣進行燃燒，要達到超音速先決條件，燃燒室進氣過程必須達到超音速流速，因此必須先以輔助火箭推進至超音速狀態後，隨後立即點燃衝壓引擎，達到高超音速飛行（見**錯誤! 找不到參照來源。**）。超音速燃燒衝壓引擎結合巡弋飛彈的操控性及準確性，同時具備如同洲際彈道飛彈長距離射程及超高速，使超音速燃燒衝壓引擎適合傳統彈頭攻擊任務；此外，相較

---

<sup>19</sup> Margot van Loon & Hayden Gilmore & Ritika Bhat, “Strategic Primer: Hypersonic Weapons,” *American Foreign Policy Council*, Vol. 6, summer 2019, pp. 2-4.

<sup>20</sup> Timothy M. Persons, “Science & Tech Spotlight: Hypersonic Weapons,” Sep. 2019, U.S. Government Accountability Office (U.S. GAO), pp. 1-3.

<sup>21</sup> Amy F. Woolf, “Conventional Prompt Global Strike and Long-range Ballistic Missiles: Background and Issues,” Updated Dec. 16th 2020, Congressional Research Service, pp. 2-5.

<sup>22</sup> Arthur C. Clarke, Nuclear Ramjet and Scramjet Propulsion, Nov. 19th 2020, p. 16.



傳統巡弋飛彈更不容易受到飛彈防禦系統的攔阻。<sup>23</sup>而根據不同引擎發動機在比衝量與飛行速度關係(見**錯誤! 找不到參照來源。**)，由於火箭發動機燃料消耗也包含氧化劑，而超音速燃燒衝壓引擎則從大氣中吸收氧氣，因此成本較為便宜；再者，高超音速巡弋飛彈由於飛行速度極快，次音速巡弋飛彈飛行 100 英里時，超音速巡弋飛彈已經飛行 800 英里，相較次音速巡弋飛彈具有 8 比 1 優勢(見**錯誤! 找不到參照來源。**)，<sup>24</sup>基於更快飛彈速度以及更廣攻擊覆蓋面積，透過既有視距外追蹤系統，大大提升武器攻擊能力。然而，雖然超音速燃燒衝壓引擎試圖在既有航太機械與材料工程領域豐富基礎之上，不斷進行研究開發，但是迄今仍然處於試驗階段，美國在 2013 年完成 X-51A 乘波者 (Waverider) 航空飛行器完成第 4 次成功試飛，達到 5.1 馬赫飛行速度，<sup>25</sup>目前依舊尚未達到量產部署的成熟技術階段，而且即便研發成功並量產服役，價格也仍會十分昂貴，成本效益仍不高。

### 三、全球衛星定位系統

由於衛星科技進展，飛彈具備衛星接收器可有效提升準確度，依照美國蘭德智庫研究報告指出，飛毛腿 (Scud) 彈道飛彈透過「全球定位系統」(Global Positioning System, GPS) GPS 輔助，整體飛彈圓形公算誤差可以提高 20-25% (見**錯誤! 找不到參照來源。**)，主要是因為 GPS 接收器提供準確位置以及速度值，有效降低彈道飛彈誤差兩個主要來源：「縱向加速度感測器」(Longitudinal Accelerometer) 以及「推進終止控制系統」(Thrust Termination Control System)；另外，飛行距離更遠洲際彈道飛彈，透過 GPS 輔助後對於提升飛彈準確度更為顯著，主要是因為慣性導引誤差來

---

<sup>23</sup> Margot van Loon & Hayden Gilmore & Ritika Bhat, "Strategic Primer: Hypersonic Weapons," *American Foreign Policy Council*, Vol. 6, summer 2019, pp. 8-10.

<sup>24</sup> Dr. Richard P. Hallion & Maj Gen Curtis M. Bedke & Marc V. Schanz, *Hypersonic Weapons and US National Security: a 21st Century Breakthrough*, Jan. 2016, Air Force Association, p.15.

<sup>25</sup> Dr. Richard P. Hallion & Maj Gen Curtis M. Bedke & Marc V. Schanz, *Hypersonic Weapons and US National Security: a 21st Century Breakthrough*, Jan. 2016, Air Force Association, pp. 9-10.



10新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

源在於初始方位角不確定性，GPS 於飛彈「推升階段」(Boost Phase) 輔助陀螺儀對齊正確方位角，尤其是價格較為低廉的初階等級慣性導引所產生粗糙角度數據，因此可以最大程度減少推進時慣性導引誤差影響，而在 1995 年，當時高階等級慣性導引系統要價 20 萬至 50 萬美元，換算 2020 年消費物價指數約為 34.7 萬至 86.7 萬美元，而低等級慣性導引卻只要 1 千美元，換算 2020 年消費物價指數約為 1 千 7 百美元，換言之，GPS 輔助慣性導引系統可以使整體飛彈成本大幅降低。再者，相較彈道飛彈，巡弋飛彈長時間飛行，更是凸顯慣性導引最大缺點，就是各種物理作用力影響系統陀螺儀及加速度感測器造成錯誤值，會隨時間而累積擴大，也就是「慣性漂移」(Inertial Drift) 造成巡弋飛彈相當大導航誤差(見**錯誤！找不到參照來源。**)，<sup>26</sup>因此，衛星導航系統不但可提升飛彈準確度，也可降低整體導引系統成本；再者，GPS 輔助「地形輪廓匹配系統」(Terrain Contour Matching, TERCOM) 或是 DSMAC 等飛行導引系統，可大幅減少影像與數據比對所需資料庫前置作業時間，如美國戰斧巡弋飛彈 Block III，相較前一代 Block II 性能規格，其主要升級項目之一為增加 GPS 導航系統，對於任務規劃所需時間從原本冗長 80 小時銳減為 1 小時即可完成作戰前準備。<sup>27</sup> GPS 看似問世已久，無甚特出之處，但其影響卻是最為深遠。因為少量極昂貴的飛彈其實在戰爭中所需的火力看來只是杯水車薪，GPS 大幅降低飛彈導引系統的價格，增加能採購的數量，反而才真能大幅增加飛彈的攻擊力。

---

<sup>26</sup> Scott Pace & Gerald Frost & Irving Lachow & David Frelinger & Donna Fossum & Donald K. Wassem & Monica Pinto, *The Global Positioning System: Assessing National Policies* (RAND Corporation, 1995), pp. 63-71.

<sup>27</sup> Missile Defense Project, "Tomahawk," *Missile Threat*, *Center for Strategic and International Studies*, Sep. 19th, 2016, last modified Nov. 4th, 2019, <<https://missilethreat.csis.org/missile/tomahawk/>> (檢索日期：2020 年 12 月 30 日)



有了 GPS 當作導引系統的基準，也讓飛彈的運用彈性增加。譬如美國最先進戰斧巡弋飛彈 Block IV 具備雙向數據鏈路，在飛行中可接收地面導控站更新航向修正任務指令，於執行任務之前可預先傳輸高達 15 項不同攻擊目標清單，同時也可在飛彈升空後進行攻擊目標清單之選擇，也能利用雙向數據鏈路給予巡弋飛彈額外新攻擊目標，大幅提升飛彈武力運用彈性；此外，戰斧巡弋飛彈透過新增電視攝影機，攻擊直前指揮中心運用雙向數據鏈路獲得即時目標區影像，也就是前一波飛彈攻擊戰果，作為指揮官與參謀群損害評估參考，以利再度發動攻擊，甚至臨機更改選擇新目標，如此，戰斧巡弋飛彈可說是飛彈結合無人偵察機 UAV 優點，<sup>28</sup>具備多重效益之優勢。

#### 四、晶片技術進展與製造成本降低

除了 GPS 之外，飛彈價格能夠大幅降低的另一個主要關鍵在於，積體電路製程發展迅速，也就是電子元件微小化，由元件所構成電路或「晶粒」(Die) 也可隨之縮小，同樣面積晶圓生產晶粒數量增加，如此晶片製造成本降低；另一方面，由於元件變小，同樣晶片面積可塞入更多元件，提供更大設計空間提升晶片電路效能。<sup>29</sup>美國國防高級研究計畫局早在 2013 年就已經開發「定位、導航與定時微晶片」(Micro-PNT)，單一晶片包含三個陀螺儀及三個加速度儀的六軸「慣性感測器」(Inertial Measurement Unit, IMU) 以及高精度主時鐘 (Master Clock)，晶片小於 1 美分硬幣 (見**錯誤! 找不到參照來源。**)，並突破以往導航仰賴 GPS 系統，當 GPS 短時間內無效或受限時，在已知的 A 點與 B 點之間，透過晶片精確

---

<sup>28</sup> Missile Defense Project, "Tomahawk," *Missile Threat*, Center for Strategic and International Studies, Sep. 19th 2016, Last modified Nov. 4th 2019, <<https://missilethreat.csis.org/missile/tomahawk/>> (檢索日期：2020 年 12 月 30 日)

<sup>29</sup> 馬誠佑，〈積體電路中的靈魂—電晶體〉，《科技大觀園》，2019 年 7 月 15 日，〈<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sTHV.htm>〉 (檢索日期：2021 年 1 月 11 日)



12新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

可靠的「方向、加速度與時間」慣性導引三要素，Micro-PNT 慣性導航晶片成為提供飛彈精確導引之跨時代重要零組件，<sup>30</sup> 因此，隨著積體電路製程愈來愈精密，飛彈導引能力更加穩定，性能也更為優異。

電子技術進步使飛彈價格下降，以具代表性且自簽約時就持續發展生產的美國戰斧巡弋飛彈為例，於 1994 年以前，戰斧飛彈單價為 190 萬美元，換算 2020 年物價消費指數約為 338 萬美元，然而至 2021 年單價已降至 179 萬美元（見表），雖然戰斧巡弋飛彈整體成本大為下降，飛彈性能卻不斷突破且屢創新猷。

表 1 美國戰斧巡弋飛彈成本統計表

年份	1994 以前	1996	1999	2003	2006	2009	2012	2015	2018	2021
數量	3974	107	624	350	408	207	196	243	100	155
系統 總價	7549. 7	1198	4423	4370. 54	3730. 14	2802. 67	2976. 06	3174. 58	1873. 54	277.6 94
平均 單價	1900	1.12	0.71	1.25	0.91	1.35	1.52	1.31	1.87	1.79
2020 幣值	338	1.89	1.12	1.79	1.19	1.66	1.75	1.46	1.96	1.79
附記	幣值單位為百萬美元									

資料來源：作者整理美國國防部1995年至2021會計年度海軍武器採購預算書相關預算數據（Department of Defense, FY 1995-2021 Budget Estimates, Weapons Procurement, Navy）。

<sup>30</sup> “Extreme Miniaturization: Seven Devices, One Chip to Navigate without GPS,” *Defense Advanced Research Projects Agency*, Oct. 4th 2013, <<https://www.darpa.mil/news-events/2013-04-10>>（檢索日期：2021年1月11日）



## 肆、相互保證毀滅的穩定

即便 GPS 與電子零件製造技術進步，飛彈價格大減性能提升，INF 條約所涵蓋的武器效益提高，但這仍無法改變核子相互保證毀滅的穩定，美俄如此，美中亦然。1947 年冷戰開始，美國與蘇聯分別在 1959 年及 1961 年發展出最早洲際彈道飛彈，在此期間，兩國也發展反彈道飛彈系統保護洲際彈道飛彈基地，以確保先發制人第一次核打擊能力，為了制止戰略性武器競爭，促成 1972 年美蘇簽署 ABM 條約，維持既有相互保證毀滅，然而，1970 年美國義勇兵三型 (LGM-30, Minuteman III) 開發新技術，也就是分導式多彈頭，1 枚飛彈就有 3 枚彈頭，使得防禦成本大大增加，反飛彈系統效能更低，多彈頭飛彈使先發制人第一擊還是占優勢，其實，早在 1969 年美國尼克森政府已經認為應尋求與蘇聯協商，限制反飛彈防禦系統而不是限制分導式多彈頭技術發展，主要考量當時美國相較蘇聯在分導式多彈頭處於技術領先地位，另一方面雖然當時美國對於飛彈防禦系統已經開發部署數年，但是飛彈防禦系統發展顯然比部署分導式多彈頭更具消耗性，最後，美國決定尋求飛彈防禦系統的限制，而避免限制分導式多彈頭的談判目標。<sup>31</sup>因此，接著比較美國發展防禦系統陸基攔截器與洲際彈道飛彈成本，論證核子嚇阻態勢依然穩固。

美國為了防範 ICBM 對本國領土攻擊與威脅，每年持續投入大量預算部署「陸基中段防禦飛彈系統」(Ground-based Missile Defense, GMD)，並由數套「陸基攔截器」(Ground Based Interceptor, GBI) 組成，首先計算陸基攔截器單價，統計美國飛彈防禦局 (Missile Defense Agency, MDA) 會計年度預算書陸基攔截器「研究發展與測試評估」(Research, Development, Test & Evaluation, RDT&E) 及「採購」(Procurement) 預算，統計 2014 年至 2023 年陸基攔截器採購及所有研究發展與測試評估預算總金額為 709 億

---

<sup>31</sup> James Farquhar Cant, *The Development of the SS-20; a case-study of Soviet Defense Decision making During the Brezhnev Era*, University of Glasgow, May 1998, pp. 201-202.



9,949 萬美金，並依預算書概論 2015 年至 2023 年逐年建置總共 64 套陸基攔截器，換算陸基攔截器單價概為 11 億 929 萬美金(見圖)。

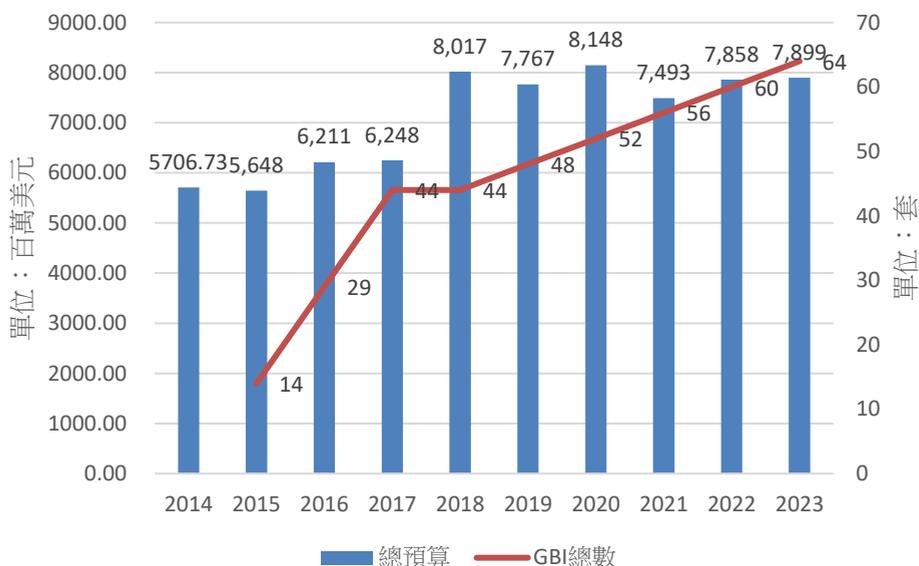


圖 1 2014 年至 2023 年美國 GBI 研製成本統計圖

資料來源：Department of Defense Fiscal Year Budget Estimates, Missile Defense Agency.

參照蘭德智庫研究報告《美國洲際彈道飛彈軍力的未來》(The Future of the U.S. Intercontinental Ballistic Missile Force)，<sup>32</sup>以美國主要洲際彈道飛彈義勇兵三型為分析對象，研發成本為 149 億美元，軍事設施成本為 1 億美元，而採購成本為 264 億美元(見表 2)，回顧義勇兵三型採購歷史數量為 794 枚，計算研發與設施攤提單一飛彈成本為 1,889 萬美元，加上平均採購單位成本(Average Procurement Unit Cost, APUC)，計算飛彈單價為 5,189 萬美元，但是，義勇兵三型彈道飛彈具備 3 枚分導式多彈頭，計算每枚彈頭成本為 1,730 萬美元，此為美國 2012 會計年度基準年幣值(Base-year Dollars for Fiscal Year 2012)。

<sup>32</sup> Lauren Caston & Robert S. Leonard & Christopher A. Mouton & Chad J. R. Ohlandt & S. Craig Moore & Raymond E. Conley & Glenn Buchan, “The Future of the U.S. Intercontinental Ballistic Missile Force,” (RAND corporation, 2014), p. 101.



表 2 美國義勇兵三型彈道飛彈研發、設施及採購成本統計表

	研發	軍事設施	採購	飛彈成本	彈頭成本
總計	14,900	100	26,400	51.89	17.3
平均	18.89		33		
附記	1.金額單位：百萬美元。 2.依 2012 年會計年度及生產物價指數 PPI。				

資料來源：Lauren Caston & Robert S. Leonard & Christopher A. Mouton & Chad J. R. Ohlandt & S. Craig Moore & Raymond E. Conley & Glenn Buchan, “*The Future of the U.S. Intercontinental Ballistic Missile Force*,” (RAND corporation, 2014), p. 101.

為利於比較陸基攔截器與洲際彈道飛彈成本，統一選擇 2015 會計年度作為比較基準，依照「美國勞工統計局」(U.S. Bureau of Labor Statistics)「消費物價指數通貨膨脹」(Consumer Price Index Inflation)換算，陸基攔截器於 2020 年單價為 11 億 929 萬美元，相當於 2015 年幣值為 10 億 495 萬美元，而 ICBM 於 2012 年單價為 1,730 萬美元，相當於 2015 年幣值為 1,784 萬美元，因此，為防禦洲際彈道飛彈攻擊，建置陸基攔截器必須付出 56 倍以上代價，何況是攔截根本無法達到百分百效能，攻守能量之間天差地別，完全不符合成本效益，換言之，發展陸基中段防禦飛彈系統仍然無法改變洲際彈道飛彈相互保證毀滅結果。

回顧 INF 條約簽訂的時代背景，當時美國部署潘興彈道飛彈及 GLCM 並非中央戰略武器系統，卻可用於對付蘇聯，潘興飛彈及 GLCM 飛彈系統能執行美國洲際彈道飛彈及戰略轟炸機相同任務，成為蘇聯新戰略威脅，但卻不受當時 SALT 及 START 等軍備控制條約限制，<sup>33</sup>就軍事規劃角度而言，對於蘇聯來說，中程核武僅能攻擊西歐北約各國，至於美國仍然必須仰賴洲際彈道飛彈，對美國來說，美蘇洲際彈道飛彈相互保證毀滅不變條件下，以中程核武條約消除蘇聯對西歐地區北約盟國的飛彈嚇阻，實際上就如同

<sup>33</sup> Stephen M. Meyer, “Soviet Theatre Nuclear Forces. Part II: Capabilities and Implications,” *Adelphi Series*, Vol. 24, No. 188, 1983, pp. 40-44.



16新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

核武裁減條約一樣，僅是單純減少美蘇雙方核武數量；誠然，INF 條約簽訂以來，飛彈技術是有了進步，價格下降性能提升，量變帶來質變，但這就使得這種武器在歐洲變得有實戰價值，因此得廢止條約來大力發展，進而產生軍備競賽嗎？並非如此。其實，INF 條約之所以簽訂並裁撤射程 500-5,500 公里的陸基飛彈，是因為這個等級武器對歐洲戰區美蘇（俄）並無必要。

假設八〇年代美蘇簽署 INF 條約下，蘇聯違反條約使用陸基中程核子武器對歐洲北約各國發動突擊，即便美國沒有此類等級飛彈可以還擊，最後還是逼迫美國以洲際彈道飛彈予以回擊；另一方面，基於 INF 條約規範陸基而未禁止海基及空載類型飛彈與發射器，歐洲戰區仍然可以使用潛艦及轟炸機載臺的中程核子飛彈予以回擊，換言之，即便陸基中程核子飛彈不對等情況下，雙方一旦爆發核武戰爭，終究是洲際彈道飛彈你來我往，最後還是落入相互毀滅下場。儘管 2019 年美國退出 INF 條約，似乎解開美俄陸基中程飛彈的束縛，但結果還是相互保證毀滅的恐怖平衡，不因條約存廢而有任何改變，這個道理在美中之間一樣適用。

## 伍、海基與空載替代方案

美國退出 INF 條約的重要理由，是指控中共不受軍控條約束縛，可以自由發展與部署陸基中程飛彈威脅美軍，但美國是否就需要同類的武器，才能恢復在西太平洋地區的軍力優勢？其實不然，因為必須考量的，除了武器本身的性質還有地理環境因素。美俄之間即便某一方以中程核子武器猝然攻擊對方，彼此還是逃不出洲際彈道飛彈報復的迴圈之中；美中之間除了這層核子相互保證毀滅的限制，戰場環境主要更是在西太平洋，於此除了少數小島並無處部署陸基飛彈，畢竟這茫茫大海並非歐洲大陸，侷限於叢爾小島部署陸基飛彈，機動與隱蔽都大為受限。換言之，美國在西太平洋地區本來就不適合部屬 INF 條約所限制的武器，從來就不受條約限制的海基與空載武器才比較合適，退約與否自然無關緊要。



## 一、海基替代方案

### (一) 核子潛艦的優勢

海基替代方案首推核子潛艦，當代先進核子動力潛艦具有高度隱密性，並擁有廣大海中空間執行戰備，衝突升高之際預先就位並持續待命，適合當作先期預防性反應武力，<sup>34</sup>美國海軍潛艦皆為核動力潛艦，相較一般非核動力潛艦具備極長時間於海中執行任務之優勢，如俄亥俄州級核動力彈道飛彈潛艦平均至少有 66% 時間在水下，海中巡邏可連續達 70 天，而離開水下實施人員更替與後勤整補至多 25 天，其中為了最大限度提升潛艦運用效能，潛艦設計三個大型物流艙口，提供大口徑補給以及維修孔，有效減少整補與維保時間，再者，核子動力於每次大修之間可以連續運行 15 年以上，<sup>35</sup>加上與日俱進的超級續航力與靜肅隱密性，如美國海軍新一代哥倫比亞級核子動力潛艦配備「全壽期核燃料芯」(Life-of-the-ship Nuclear Fuel Core)，使用壽命長達 42 年，相較以往需要長時間「更換核燃料與大修工程」(Engineered Refueling Overhaul, ERO)，更進一步提高潛艦使用效能；而哥倫比亞級核子動力潛艦配備「電力驅動推進組」(Electric-drive Propulsion System)，相較以往「機械驅動組」(Mechanical-drive System) 更為安靜。<sup>36</sup>另一方面，假定毫無準備狀態，依照潛艦平均巡邏航速為 37 公里/小時，分別以美國本土、夏威夷及關島海軍潛艦基地，計算達到戰斧巡弋飛彈射程之內的就位航程，所需馳援機動時間長則 8 日，短則不到 2 日，即可對準中國大陸上海或北京等重要目標構成飛彈武力

---

<sup>34</sup> John Keller, "Draper Lab to Provide Additional Guidance Systems for Trident Submarine-launched Ballistic Nuclear Missiles," *Military & Aerospace Electronics*, Feb. 25th 2020, <<https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14168506/guidance-systems-trident-ii-nuclear-missiles>> (檢索日期：2021 年 1 月 22 日)

<sup>35</sup> "SSBN-726 Ohio-Class FBM Submarines," *Federation of American Scientists*, Feb. 9th 2000, <<https://fas.org/nuke/guide/usa/slbm/ssbn-726.htm>> (檢索日期：2021 年 1 月 28 日)

<sup>36</sup> Ronald O'Rourke, "Navy Columbia (SSBN-826) Class Ballistic Missile Submarine Program: Background and Issues for Congress," Jan. 15th 2021, pp. 47-48.



18新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

威脅（見表 3）。當然，實際情況是美國海軍核子潛艦隨時於太平洋海域馳援完成就位準備，換言之，相較陸基中程飛彈武力，美國採用核子動力潛艦具備長時廣域高度隱密，且可持續戰備警戒待命之優勢。

表 3 美國潛艦海基替代方案時空因素分析表

華盛頓州基沙普海軍潛艦基地 (Kitsap Naval Submarine Base)					
	潛艦基地與 目標距離 (公 里)	Tomahawk Block III/IV 射程 (公 里)	就位航程 (公里)	平均航速 (公里/小 時)	馳援時間 (小時/日)
上海	9,140	1,700	7,440	37	201 小時/約 8.4 日
北京	8,630		6,930		188 小時/約 7.8 日
夏威夷珍珠港-希卡姆聯合基地 (Joint Base Pearl Harbor-Hickam)					
上海	7,950	1,700	6,250	37	169 小時/約 7 日
北京	8,150		6,450		175 小時/約 7.3 日
關島北極星點海軍潛艦基地 (Polaris Point Naval Submarine Base)					
上海	3,090	1,700	1,390	37	37.6 小時/約 1.6 日
北京	4,040		2,340		97.5 小時/約 4 日

資料來源：作者自行整理分析。



## (二) 核子潛艦飛彈武力能量

潛艦載臺於亞太地區具備可靠且隱蔽性佳之優勢，那麼潛艦酬載飛彈能量究竟如何？美國海軍三種不同類型潛艦，包括「核動力彈道飛彈潛艦」( Nuclear-powered Ballistic Missile Submarines, SSBNs )、「核動力攻擊潛艦」( Nuclear-powered Attack Submarines, SSNs )，以及「核動力巡弋飛彈與特戰武力潛艦」( Special Operations Forces, SOF, Nuclear-powered Cruise Missile Submarines, SSGNs )，<sup>37</sup>接著，分析各型潛艦酬載飛彈數量並提出更具優勢發展潛力之飛彈改良酬載方式。

### 1. 彈道飛彈

彈道飛彈武力能量主要為核動力彈道飛彈潛艦，美國海軍於 1974-1991 會計年度採購俄亥俄級核動力彈道飛彈潛艦( Ohio Class SSBNs )，於 1981-1997 年相繼服役成為核子嚇阻關鍵力量，目前總數 14 艘核動力彈道飛彈潛艦，最初設計每艘可以攜帶多達 24 枚核子彈頭的三叉戟潛射彈道飛彈( UGM-133A Trident D-5/D-5LE nuclear SLBM )，然而，由於軍控武器條約限制影響，每艘潛艦其中 4 枚發射管已經停止使用，同樣，儘管三叉戟潛射彈道飛彈設計可攜帶多達 8 枚分導式多彈頭，也是由於條約所限，每枚彈道飛彈的彈頭數量減少為 4 至 5 枚。<sup>38</sup>因此，美國海軍現役 14 艘俄亥俄州級核動力彈道飛彈潛艦，以每艘潛艦可用的 20 枚發射管，以及每枚彈道飛彈最大可搭載 8 枚 475 千噸( kT )核當量 Mk 5 彈頭，甚或是 12 枚 100 千噸核當量 Mk 4 核子彈頭，<sup>39</sup>如以 Mk 4 作為計算基準，美國海軍核動力彈道飛彈潛艦最多可同時提供 3,360 個不同攻擊目標的核子飛彈武力能量。參考《美國海軍船艦遠程年

<sup>37</sup> Ronald O'Rourke, "Navy Columbia (SSBN-826) Class Ballistic Missile Submarine Program: Background and Issues for Congress," Jan. 15th 2021, p. 1.

<sup>38</sup> "Navy asks Lockheed Martin to Build Additional Trident II D5 Submarine-launched Ballistic Nuclear missiles," *Military & Aerospace Electronics*, Jan. 23rd 2020, <<https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14075290/nuclear-missiles-submarinelaunched-trident-ii>> (檢索日期：2021 年 1 月 22 日)

<sup>39</sup> "Trident D-5 at a Glance," *Missile Threat*, Jun. 15th 2018, <<https://missilethreat.csis.org/missile/trident/>> (檢索日期：2021 年 1 月 22 日)



20新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

度建造計畫提交國會報告》(Report to Congress on the Annual Long-Range Plan for Construction of Naval Vessels) 潛艦計畫數量，逐年估算美國海軍 2021 年至 2045 年潛艦彈道飛彈數量，從 2021 年共 3,360 枚，往後受到俄亥俄級核動力彈道飛彈潛艦逐年除役影響，於 2030 年潛艦彈道飛彈武力能量降至 2,640 枚，而隨著 2028 年哥倫比亞級核動力彈道飛彈潛艦開始交付美國海軍，2041 年以後潛艦彈道飛彈武力最大能量維持在 2,304 枚（見圖）。<sup>40</sup>

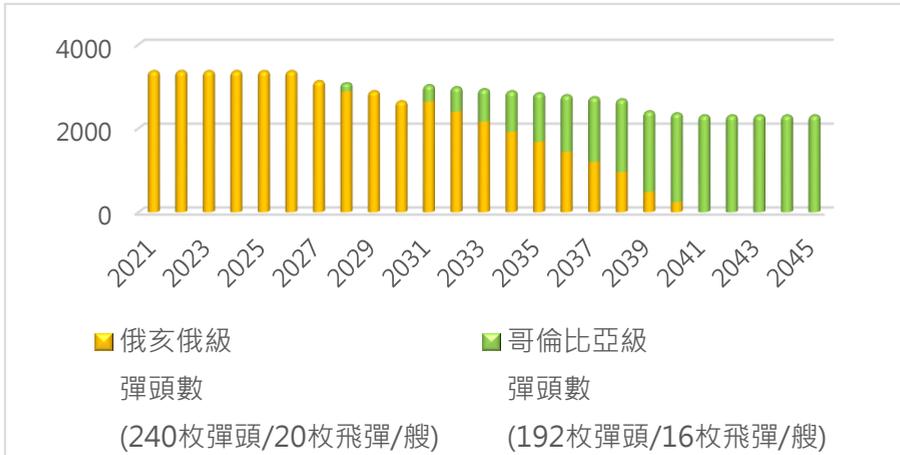


圖 2 2021-2045 年美國海軍 SSBNs 彈道飛彈彈頭數量統計圖

資料來源：”Report to Congress on the Annual Long-range Plan for Construction of Naval Vessels,” Dec. 9th 2020, p. 7.

## 2. 巡弋飛彈

巡弋飛彈武力能量區分核動力攻擊潛艦以及核動力巡弋飛彈與特戰武力潛艦。核動力攻擊潛艦包括洛杉磯級核動力攻擊潛艦 (Los Angeles Class SSNs)、海狼級核動力攻擊潛艦 (Seawolf Class SSNs) 以及維吉尼亞級核動力攻擊潛艦 (Virginia Class SSN) 共 3 種類型。首先是洛杉磯級核動力攻擊潛艦，美國海軍自 1970 年至 1990 年會計年度總共採購 62 艘洛杉磯級核動力攻擊潛艦，並於 1976 年至 1996 年相繼服役，配備 4 枚直徑 21 英寸魚雷管，可攜帶 26 枚魚雷或戰斧巡弋飛彈 (UGM-109C/E Tomahawk Block III/IV

<sup>40</sup> “Report to Congress on the Annual Long-range Plan for Construction of Naval Vessels,” Dec. 9th 2020, p. 7.



LACM)，艦首 (Bow-mounted) 還配置 12 枚飛彈管垂直發射系統 (Vertical Launching System, VLS)，因此，每艘洛杉磯級核動力攻擊潛艦巡弋飛彈最大攜行數量為 37 枚；其次是海狼級核動力攻擊潛艦，美國海軍分別於 1989 年以及 1991 年會計年度採購海狼級核動力攻擊潛艦，並於 1997 年以及 1998 年服役，原計畫生產 30 艘，但由於冷戰結束以及軍事與國防預算變化等考量，最後總共只生產 3 艘，配備 8 枚直徑 30 英寸魚雷管，每艘海狼級核動力攻擊潛艦巡弋飛彈最大攜行數量為 50 枚；最後是維吉尼亞級核動力攻擊潛艦，美國海軍於 1998 年會計年度採購第 1 艘維吉尼亞級核動力攻擊潛艦，於 2004 年開始服役，並分別於 1998 年至 2002 年會計年度第 1 批購貨合約採購 4 艘 (Block I Boats)、2004 年至 2008 年會計年度第 2 批購貨合約採購 5 艘 (Block II Boats)、2009 年至 2013 會計年度第 3 批購貨合約採購 8 艘 (Block III Boats) 以及 2014 年至 2018 年會計年度第 4 批購貨合約採購 10 艘 (Block IV Boats)；維吉尼亞級核動力攻擊潛艦設計理念，在於發展較海狼級核動力攻擊潛艦更便宜且更優異潛艦，以適應後冷戰時期任務，其潛艦可以在 4 個水平魚雷管與魚雷室攜帶 25 枚魚雷或是戰斧巡弋飛彈，艦首同樣配置垂直發射系統可攜帶額外 12 枚戰斧巡弋飛彈，因此，每艘維吉尼亞級核動力攻擊潛艦巡弋飛彈最大攜行數量為 37 枚。<sup>41</sup>

另外，美國海軍核動力巡弋飛彈與特戰武力潛艦是由俄亥俄級核動力彈道飛彈潛艦改裝而來，美國核子潛艦武力改裝緣起於 1994 年美國柯林頓政府《核態勢評估》提到，因應《第二階段削減戰略核武器條約》建議調整戰略核力量組成武力，其中包括俄亥俄級戰略核武器潛艦所需數量為 14 艘，這項建議促使當時採購總數量 18 艘俄亥俄級核動力彈道飛彈潛艦的前 4 艘 (SSBN 726-729)，轉換為核動力巡弋飛彈潛艦 (SSGN 726-729)，以充分運用這 4 艘潛艦所剩大約 20 年潛在壽命，同時也可擴充美國海軍在核動力攻擊潛艦戰力，遂於 2002-2008 年進行改造，每艘潛艦保留原來 24

---

<sup>41</sup> Ronald O' Rourke, "Navy Virginia (SSN-774) Class Attack Submarine Procurement: Background and Issues for Congress," Dec. 22nd 2020, pp. 5-9.



22新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

枚大口徑彈道飛彈發射管，其中 1 號及 2 號發射管改為海豹突擊隊特種作戰部隊船艙，3 至 24 號發射管改為可攜帶 7 枚戰斧巡弋飛彈發射組，改裝後俄亥俄級潛艦可攜帶多達 154 枚戰斧飛彈，以及 66 名海軍海豹突擊隊特種作戰部隊兵力。<sup>42</sup>整體而言，目前美國海軍洛杉磯級與海狼級核動力攻擊潛艦、維吉尼亞級核動力巡弋飛彈潛艦以及俄亥俄級改裝核動力彈道飛彈潛艦，總共可同時提供 2,497 枚戰斧巡弋飛彈精準武力能量（見表 4）。

表 4 2021 年美國海軍核子動力潛艦巡弋飛彈數量統計表

型號	數量	飛彈類型	魚雷管/ 飛彈數量 (枚)	艦首 垂直發射模組/ 飛彈數量 (枚)	飛彈 數量	小計	總計
洛杉磯級 Los Angeles Flight II/ III	29	UGM- 109C/E  Tomahawk Block III/IV	4/26	1/12	38	1,102	2,497
海狼級 Seawolf	3		8/50	-	50	150	
維吉尼亞級 Virginia Flight I/II/III/IV	17		4/25	1/12	37	1,105	
俄亥俄級 Ohio	4		-	-	154	616	

資料來源：“Chapter Three: North America,” *The Military Balance*, Vol. 120, No. 1, Feb. 2020, p. 49. Ronald O’Rourke, “Navy Trident Submarine Conversion (SSGN) Program: Background and Issues for Congress,” May 22nd 2008, pp. 1-3.

<sup>42</sup> Ronald O’Rourke, “Navy Trident Submarine Conversion (SSGN) Program: Background and Issues for Congress,” May 22nd 2008, pp. 1-3.



另一方面，美國海軍計畫在 2019 年至 2023 年會計年度第 5 批購貨合約採購 10 艘 (Block V Boats) 維吉尼亞級核動力巡弋飛彈潛艦，與以往潛艦不同，將於艦身 (Mid-body) 部位新增「維吉尼亞酬載模組」(Virginia Payload Module, VPM)，可用於儲存與發射戰斧飛彈或是無人水下載具 (Unmanned Underwater Vehicles, UUV)，維吉尼亞酬載模組為 4 管垂直大口徑發射管，總共可攜帶 28 枚戰斧飛彈，相較以往維吉尼亞級核動力潛艦，未來改造升級後潛艦飛彈總數將從 37 枚增加至 65 枚，增幅約為 76%，設計目的之一也是考量從 2026-2028 年逐年除役 4 艘改裝俄亥俄級核動力彈道飛彈潛艦，總共配置 616 枚戰斧飛彈，而未來採用維吉尼亞酬載模組計畫建造 22 艘，每艘潛艦增加 28 枚戰斧巡弋飛彈，總共增加 616 枚戰斧飛彈，剛好彌補飛彈能量缺口。<sup>43</sup>參考《美國海軍船艦遠程年度建造計畫提交國會報告》潛艦計畫數量，逐年估算美國海軍 2021 年至 2045 年潛艦巡弋飛彈武力能量，將從 2021 年的 2,609 枚，經過 2027 年 4 艘俄亥俄級核動力巡弋飛彈與特戰武力潛艦除役，2040 年以前 30 艘洛杉磯級核動力攻擊潛艦逐年除役，2038 年 4 艘海狼級核動力攻擊潛艦除役，2041 年至 2043 年 4 艘第 1 批維吉尼亞級核動力巡弋飛彈潛艦逐年除役，以及 2043 至 2046 年 5 艘第 2 批維吉尼亞級核動力巡弋飛彈潛艦逐年除役，至 2028 年達到最低 2,212 枚，當然，隨著 2026 年第 5 批維吉尼亞級核動力巡弋飛彈潛艦逐年交貨美國海軍，至 2045 年達到 4,120 枚歷史高峰，相較 2021 年潛艦飛彈武力，2045 年整體潛艦巡弋飛彈武力提升 58% (見圖)。整體而言，核子潛艦是對手幾乎無法捉摸的飛彈潛射平臺，加上三叉戟潛射彈道飛彈及戰斧攻地巡弋飛彈總共提供高達 4,849 個不同軍事目標精準打擊火力，因此，美國於亞太地區的海基替代方案具備「長時廣域高度隱密、持續戰備警戒待命、大量精準飛彈武力」優勢。

---

<sup>43</sup> Ronald O' Rourke, "Navy Virginia (SSN-774) Class Attack Submarine Procurement: Background and Issues for Congress," Dec. 22nd, 2020, p. 10.



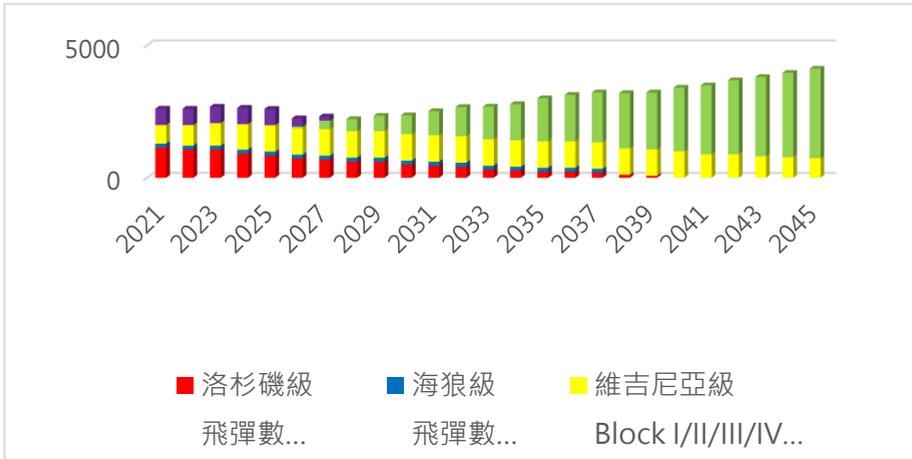


圖 3 2021-2045 年美國海軍 SSBNs 彈道飛彈彈頭數量統計圖

資料來源：“Report to Congress on the Annual Long-range Plan for Construction of Naval Vessels,” Dec. 9th 2020, p. 7.

### 3. 未來發展潛力

從海基替代方案分析來看，美國是否仍然必須以退出 INF 條約並重新發展陸基中程飛彈來提升戰力?其實，以現有武器裝備快速轉換才是更聰明的作法，設想美國海軍在核子潛艦最大酬載能量不變原則下，可以有三種不同發展選項，首先是替換彈道飛彈方案，俄亥俄州級核動力彈道飛彈潛艦所使用的三叉戟潛射彈道飛彈尺寸高 13.41 公尺，直徑 1.85 公尺，<sup>44</sup>替換成為中程高超音速滑翔彈道飛彈，如以目前中程彈道飛彈唯一量產部署的中共東風 17 彈道飛彈作為酬載模擬，其尺寸高 11 公尺，直徑約為 1.1 公尺，<sup>45</sup>裝填於俄亥俄級核動力彈道飛彈潛艦飛彈艙（Missile Compartment），空間長約為 36 公尺，<sup>46</sup>運用同樣飛彈艙空間換裝較小尺寸之東風 17 陸基中程彈道飛彈後，不僅單列飛彈發射管從原本 12 枚增加為 16 枚，採交叉排列設計後，飛彈發射管將從原

<sup>44</sup> “Trident D-5,” *Missile Defense Project*, Last modified Jun. 15th 2018, <<https://missilethreat.csis.org/missile/trident/>> (檢索日期：2021 年 3 月 8 日)

<sup>45</sup> “DF-17,” *Missile Defense Project*, Last modified Jun. 23rd, 2020, <<https://missilethreat.csis.org/missile/df-17/>> (檢索日期：2021 年 3 月 8 日)

<sup>46</sup> “Ohio-class Submarine,” *Wikipedia*, <[https://en.wikipedia.org/wiki/Ohio-class\\_submarine](https://en.wikipedia.org/wiki/Ohio-class_submarine)> (檢索日期：2021 年 3 月 8 日)



本 2 列增加為 3 列，估算酬載中程彈道飛彈數量可以從原有 24 枚提升至 43 枚 ( 見圖 4 )。

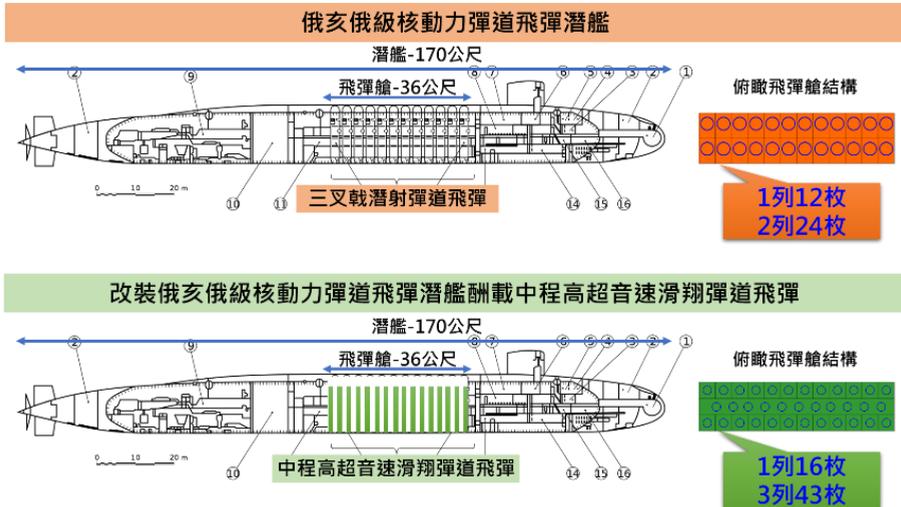


圖 4 俄亥俄級核動力彈道飛彈潛艦酬載改裝示意圖

資料來源：底圖來源為“Ohio-class Submarine,” *Wikipedia*, <[https://en.wikipedia.org/wiki/Ohio-class\\_submarine](https://en.wikipedia.org/wiki/Ohio-class_submarine)> ( 檢 索 日 期 : 2021 年 3 月 8 日 ) , 其 餘 為 作 者 自 繪 。

再者是替換第 3 節發動機彈頭方案，三叉戟潛射彈道飛彈第三節火箭尺寸高 3.27 公尺，直徑 2.05 公尺，<sup>47</sup>內部發動機主體直徑約為 0.72 公尺，<sup>48</sup>周圍 MK 5 核子彈頭尺寸高 1.75 公尺，直徑 0.5 公尺，<sup>49</sup>美國國防部刻正投入大量預算研發高超音速武器，包括海軍「傳統武力即時打擊」( Conventional Prompt Strike, CPS )、陸軍「遠距高超音速武器」( Long-Range Hypersonic Weapon, LRHW )、空軍 AGM-183「空射快速反應武器」( Air-Launched Rapid Response Weapon, ARRW )、國防高級研究計畫局「戰術推進滑翔器」( Tactical Boost Glide, TBG )、「作戰火力」( Operational Fires,

<sup>47</sup> “Trident II D-5 Fleet Ballistic Missile,” *Globalsecurity.org*, < <https://www.globalsecurity.org/wmd/systems/d-5-pics.htm> > ( 檢 索 日 期 : 2021 年 3 月 9 日 )

<sup>48</sup> John R & Harvey & Stefan Michalowski, “Nuclear Weapons Safety: The Case of Trident,” *Science & Global Security*, Vol. 4, 1994, p. 266.

<sup>49</sup> “The W88 Warhead,” *Nuclear Weapon Archive*, Oct. 1997, <<https://nuclearweaponarchive.org/Usa/Weapons/W88.html> > ( 檢 索 日 期 : 2021 年 3 月 9 日 )



OpFires) 與「高超音速吸氣式武器概念」(Hypersonic Air-breathing Weapon Concept, HAWC),<sup>50</sup>其中發展最快為進入試驗階段 AGM-183 空射快速反應武器與戰術推進滑翔器,參考測試圖片以及 B-52 掛載飛彈尺寸,估計戰術推進滑翔器彈頭長約為 1.5 公尺,寬約為 0.6 公尺,弧形厚度約為 0.2 公尺,如搭載於三叉戟潛射彈道飛彈第三節發動機,彈頭採花瓣型方式排列,估算最大酬載量將從原有 8 枚 MK 5 提升至 16 枚戰術推進滑翔彈頭;最後是替換第 2 與第 3 節發動機彈頭方案,參考中共東風 17 飛彈圖片與相關資料,估計高超音速滑翔彈頭長度約為 4 公尺,寬度約為 0.9 公尺,弧形厚度約為 0.4 公尺,<sup>51</sup>保留三叉戟潛射彈道飛彈第 1 節火箭推進發動機作為中程飛彈射程所需,並騰空第 3 節加上第 2 節火箭,總長共 6.15 公尺作為酬載空間,彈頭同樣採花瓣型排列方式,估算高超音速滑翔彈頭最大酬載量可達 6 枚(見圖 5)。上述所提方案目前雖然不在美國海軍作戰規劃範疇,但其所帶來作戰效益,不僅無須牽動退出既有軍備控制條約所帶來外交與盟友的巨大衝擊,也可以在美國海軍原有強大核子潛艦基礎上,以相對低廉巡弋飛彈迅速提升實質戰力,更不需要花費大量國防預算,重新額外建置作戰效益令人置疑的陸基中程飛彈武力。

---

<sup>50</sup> Kelley M. Saylor, “Hypersonic Weapons: Background and Issues for Congress,” Updated Dec. 1st, 2020, pp. 4-5.

<sup>51</sup> Norbert Brügge, “The Striking Similarity of Some Chinese and Pakistani Solid Fuel Missiles,” Jun. 24th 2020, <<http://www.b14643.de/Spacerockets/Specials/Pakistan-China/index.htm>> (檢索日期:2021年3月9日)





圖 5 三叉戟潛射彈道飛彈改裝滑翔彈頭示意圖

資料來源：底圖來源為“The W88 Warhead,” *Nuclear Weapon Archive*, Oct. 1 997, <<https://nuclearweaponarchive.org/Usa/Weapons/W88.html>> (檢索日期：2021年3月9日)。

Lockheed Martin, “Lockheed Martin Releases New Rendering of Its AGM-183A Air-launched Rapid Response Weapon (ARRW) Showing Hypersonic Glide Warhead,” *Defpost*, Feb. 29th 2020, <<https://defpost.com/lockheed-martin-releases-new-rendering-of-its-agm-183a-air-launched-rapid-response-weapon-arrw-showing-hypersonic-glide-warhead/>> (檢索日期：2021年3月9日)。

Steve Trimble, “USAF Stages ARRW Captive-Carry Test, Merges DARPA Payload,” *Aviationweek*, Aug. 9th 2020, <<https://aviationweek.com/defense-space/missile-defense-weapons/usaf-stages-arrw-captive-carry-test-merges-darpa-payload/>> (檢索日期：2021年3月9日)，彈頭設計裝置示意部分為作者自繪。

## 二、空載替代方案

### (一) 戰略轟炸機的優勢

空載替代方案首推戰略轟炸機，首先，戰略轟炸機具備長航程以及空中加油能力，於西太平洋執行任務時，能以關島甚至在中程飛彈威脅涵蓋範圍之外的夏威夷為基地，匿蹤科技也使戰略轟炸機媲美核子潛艦高度生存性，雖說無法像潛艦多日就位待命，但由於飛行速度快，加上優異酬載能量，可以在相同時間內多次往返基地補充彈藥，而大幅增加持續打擊力（見表）；再者，雖然高度靈活航空母艦可滿足遠程打擊需求，然而，如果考慮運補因素，航空母艦提供戰鬥機所需燃料量相對有限，進而限制戰鬥機深入敵方



領土，其戰略觸角僅限於敵國沿海地區，且航空母艦所屬戰鬥機武器掛載能力非常有限，必須以多架次方能達到單架戰略轟炸機飛彈酬載攻擊能量。<sup>52</sup>

表 5 美國空軍戰略轟炸機基本資料表

型號	無空中加油航程 (公里)	極速 (馬赫)	酬載量 (磅)
B-52	14,080	0.86	70,000
B-1B	11,928	1.2	75,000
B-2	9,600	0.95	60,000

資料來源：Jeremiah Gertler, “U.S. Air Force Bomber Sustainment and Modernization: Background and Issues for Congress,” Jun. 4th 2014, p. 16.

美國如以戰略轟炸機酬載巡弋飛彈作為亞太地區陸基中程飛彈替代方案，同樣也必須考量美中之間地理時空因素，依照轟炸機概略飛行速度為 1 千公里/小時，分別以美國本土、夏威夷及關島空軍戰略轟炸機隊基地，計算在巡弋飛彈射程之內，轟炸機往返攻擊目標與基地之間彈藥補給航程，以不包括補給時間情況下所需飛行時間，也就是攻擊間隔時間，長則 18 小時、短則不到 2 小時，即可對準中國大陸上海或北京等重要目標構成連續飛彈武力威脅（見表 6）。因此，相較陸基中程飛彈武力，戰略轟炸機具有遠距快速往返攻擊及匿蹤飛行深入敵後之優勢。

<sup>52</sup> Jeremiah Gertler, “U.S. Air Force Bomber Sustainment and Modernization: Background and Issues for Congress,” Jun. 4th 2014, p. 25.



表 6 美國轟炸機空載替代方案時空因素分析表

北達科他州邁諾特空軍基地 (Minot AFB)					
	空軍基地與 目標距離 (公里)	AGM-86B 射程 (公 里)	補給來回航 程 (公里)	航速 (公里/小 時)	往返戰場 (不含補 給) 時間
		AGM-86C 射程 (公 里)			
上海	10,190	2,400	15,580	1,000	15.6 小時
		1,110	18,160		18.2 小時
北京	9,520	2,400	14,240		14.3 小時
		1,110	16,820		17 小時
夏威夷珍珠港-希卡姆聯合基地 (Joint Base Pearl Harbor-Hickam)					
上海	7,950	2,400	11,100	1,000	11.1 小時
		1,110	13,680		13.7 小時
北京	8,150	2,400	11,500		11.5 小時
		1,110	14,080		14 小時
關島安德森空軍基地 (Andersen AFB)					
上海	3,000	2,400	1,200	1,000	1.2 小時
		1,110	3,780		3.8 小時
北京	3,940	2,400	3,080		3.1 小時
		1,110	5,660		5.7 小時

資料來源：作者自行整理分析。

## (二) 戰略轟炸機飛彈武力能量

以美軍西太平洋軍力部署角度而言，相較陸基飛彈，戰略轟炸機具備快速往返整補與大量飛彈酬載特性，且匿蹤戰略轟炸機之飛彈成本極具優勢。接著，區分非穿透型及穿透型兩類戰略轟炸機之飛彈酬載效能。

### 1. 非穿透型戰略轟炸機

非穿透型包括 B-52 同溫層堡壘 (Stratofortress) 戰略轟炸機及



30新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

B-1B 槍騎兵 (Lancer) 戰略轟炸機，2021 年 B-52 戰略轟炸機數量為 74 架，B-1B 戰略轟炸機為 59 架；飛彈酬載效能方面，B-52 戰略轟炸機外部設計兩側掛架各安裝 6 枚 AGM-86 空射巡弋飛彈，其內部旋轉發射掛架 (Rotary Launcher Assembly, RLA) 可攜帶 8 枚飛彈，每架 B-52 戰略轟最大可搭載 20 枚空射巡弋飛彈；B-1B 戰略轟炸機是目前所有美國空軍轟炸機型中具有最大酬載能力，原先設計掛載 24 枚飛彈，2020 年 11 月美國空軍對該轟炸機已成功試驗 AGM-158 JASSM 聯合空對地防區外飛彈最大酬載能量，除了既有兩個炸彈艙 (Bomb Bay) 共掛載 24 枚飛彈外，外掛架 (External Pylons) 經過改裝後再額外搭載 12 枚飛彈，這使 B-1B 戰略轟炸機總酬載量高達 36 枚巡弋飛彈，<sup>53</sup>相較 F 系列戰鬥機攜行巡弋飛彈數量至多 2 枚巡弋飛彈，凸顯戰略轟炸機投射飛彈武力之優勢。估算目前美國空軍非穿透型戰略轟炸機數量，最大可同時提供 3,604 枚空射巡弋飛彈精準武力能量 (見表 1)。因此，美國空軍非穿透型戰略轟炸機具有飛彈精準且高酬載量之優勢。<sup>54</sup>

表 1 美國空軍非穿透型戰略轟炸機飛彈能量統計表

型號	數量	飛彈類型	飛彈數量	小計	總計
B-52	74	AGM-86B AGM-158	20	1,480	3,604
B-1B	59	AGM-158	36	2,124	

資料來源：Jeremiah Gertler, "U.S. Air Force Bomber Sustainment and Modernization: Background and Issues for Congress," Jun. 4th 2014, pp. 15-16. Flight International, "World Air Forces 2021," Dec. 4th 2020, p. 32.

<sup>53</sup> Kyle Mizokami, "Watch a B-1B Lancer Carry a Cruise Missile on the Outside for the First Time," *Popular Mechanics*, Nov. 27th, 2020, < <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a34789047/b-1b-lancer-cruise-missile-test-video/> > (檢索日期：2021 年 2 月 2 日)

<sup>54</sup> Jeremiah Gertler, "U.S. Air Force Bomber Sustainment and Modernization: Background and Issues for Congress," Jun. 4th 2014, pp. 15-16.



## 2. 穿透型戰略轟炸機

穿透型戰略轟炸機雖然也可以掛載如 AGM-158 等巡弋飛彈，但是就成本效益而言，此類機型更適用於單價僅數萬美元的小直徑炸彈 (GBU-39/53, Small Diameter Bomb, SDB)，或是較巡弋飛彈成本更為低廉的聯合直攻炸彈 (GBU-31/32/38)，透過高空投放滑翔而獲得上百公里射程，不但具備攻擊機動軍事目標能力，其圓形公算誤差更達到 3 公尺，能大幅降低單位目標攻擊成本與有效提升作戰效益，如小直徑炸彈單價成本為 3.8 萬美元，而 AGM-158 聯合空對地防區外飛彈單價成本則為 141 萬美元 (見表 8)，<sup>55</sup>兩者相差 37 倍之多。因此，相較陸基中程飛彈武力，穿透型戰略轟炸機具有飛彈成本更為低廉之優勢。

表 8 美國空軍導引炸彈與巡弋飛彈單價分析表

類別	Joint Direct Attack Munition	Small Diameter Bomb	Small Diameter Bomb II	AGM-158A/B Joint Air-to-Surface Strike Missile
總預算	2585.73	644.53	2092.84	4018.6
總數量	74,363	16,748	9,739	2,847
單價	0.035	0.038	0.215	1.41

計價單位：百萬美元

資料來源：John R. Hoehn & Samuel D. Ryder, “Precision-guided Munitions: Background and Issues for Congress,” Jun. 26th, 2020, pp. 10-19.

<sup>55</sup> John R. Hoehn & Samuel D. Ryder, “Precision-guided Munitions: Background and Issues for Congress,” Jun. 26th 2020, pp. 6-12.



美國空軍 B-2A 幽靈 (Spirit) 戰略轟炸機以及次世代的 B-21 突襲者 (Raider) 戰略轟炸機，B-2A 幽靈戰略轟炸機是美國空軍唯一遠距穿透且具備低可觀測 (Low Observable, LO) 能力之戰略轟炸機，於 1997 年部署並於 2003 年全面執行戰備任務；<sup>56</sup>另外，美國空軍刻正開發與試驗 B-21 突襲者匿蹤戰略轟炸機，起源於 2004 年空軍次世代戰略轟炸機 (Next-Generation Bomber, NGB) 計畫，最初將取代 B-1B 與 B-2A 轟炸機，並可能在之後取代 B-52。<sup>57</sup>轟炸機數量方面，1969 年美國空軍計畫生產 250 架 B-1A 戰略轟炸機，以替代逐年老化的 B-52 戰略轟炸機，然而，該計畫幾經波折，1981 年將最初 250 架 B-1A 預算分割成為 100 架 B-1B 以及 132 架 B-2A 戰略轟炸機，但是 132 架 B-2A 戰略轟炸機採購數量在冷戰結束後刪減至 75 架，最終在 1991 年決定再刪減成為 21 架，而目前 2021 年美國空軍 B-2A 戰略轟炸機數量為 19 架；<sup>58</sup>另外，在飛彈酬載效能方面，B-2A 幽靈戰略轟炸機設計可掛載巡弋飛彈最大數量為 16 枚，<sup>59</sup>以各掛載點帶有 4 枚 GBU-39 小直徑炸彈計算，單架小直徑炸彈酬載數為 64 枚，因此，以目前美國空軍執行戰備 (Number Combat Ready) 之穿透型戰略轟炸機，總共可提供 1,216 枚小直徑炸彈精準武力能量。

參考美國空軍未來戰略轟炸機部署規劃，預於 2032 年所有 B-1B 與 B-2A 轟炸機將退役，在此之前每年將生產 15 架 B-21 轟炸機交付美國空軍，初期生產目標為 100 架 B-21 轟炸機。<sup>60</sup>美國空軍評估戰略轟炸機總數量至少應在 220 架，才能足以達到國家防禦戰略 (National Defense Strategy, NDS) 之總體目標，<sup>61</sup>因此，在

---

<sup>56</sup> Jeremiah Gertler, "U.S. Air Force Bomber Sustainment and Modernization: Background and Issues for Congress," Jun. 4th 2014, pp. 15-29.

<sup>57</sup> Jeremiah Gertler, *Air Force B-21 Raider Long-range Strike Bomber*, Nov. 13rd, 2019, pp. 1-9.

<sup>58</sup> Flight International, "World Air Forces 2021," Dec. 4th 2020, p. 32.

<sup>59</sup> Jeremiah Gertler, "U.S. Air Force Bomber Sustainment and Modernization: Background and Issues for Congress," Jun. 4th 2014, pp. 15-16.

<sup>60</sup> John A. Tirpak, "The Raider Takes Shape," Dec. 1st, 2019, < <https://www.airforcemag.com/article/the-raider-takes-shape/>>( 檢索日期:2021 年 3 月 2 日 )

<sup>61</sup> John A. Tirpak, "A New Bomber Vision," *Air Force Magazine*, Jun. 2020, p. 14.



戰略轟炸機退補平衡條件下，推估 2029 年至 2032 年 B-1B 戰略轟炸機以及 B-2 戰略轟炸機分別以每年 10 架及 5 架逐年除役，當然，B-21 戰略轟炸機也將於 2032 年達到 100 架，並可能於 2035 年達到 145 架，如此加上既有 B-52 戰略轟炸機數量 74 架，使得美國空軍戰略轟炸機總數量維持於 220 架之目標；另外，未來 B-21 戰略轟炸機酬載量為 3 萬磅以上，為目前 B-2A 戰略轟炸機酬載量 6 萬磅之一半，<sup>62</sup>推估單架 B-21 戰略轟炸機酬載小直徑炸彈數量為 32 枚，以此基準逐年估算美國空軍 2021 年至 2045 年非穿透型及穿透型戰略轟炸機最大酬載巡弋飛彈及導引炸彈武力能量，從 2021 年的 4,820 枚，隨著 B-1B 與 B-2A 戰略轟炸機除役及 B-21 戰略轟炸機可及時交付美國空軍，預判 2035 年以後可達到同時提供 6,120 枚空射巡弋飛彈與導引炸彈精準火力之能量(見圖 6)。整體而言，相較陸基中程飛彈武力，美國採用戰略轟炸機作為替代方案，具備「遠距快速往返攻擊、匿蹤飛行深入敵後、飛彈精準高酬載量、更為低廉飛彈成本」之優勢。

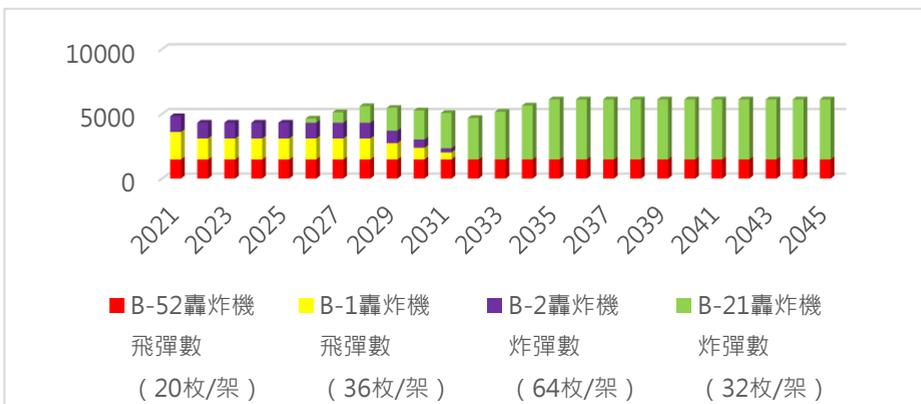


圖 6 2021-2045 年美國空軍轟炸機飛（炸）彈數量統計圖

資料來源：Tobias Naegele, “Air Force & Space Force Almanac 2020,” *Air Force Magazine*, Jun. 2020, p. 14 & pp. 112-113.

<sup>62</sup> John A. Tirpak, “The Raider Takes Shape,” Dec. 1st, 2019, <https://www.airforcemag.com/article/the-raider-takes-shape/>.



## 陸、結語

論及美國退出 INF 條約，許多人擔心廢約會引起軍備競賽，但在核子相互保證毀滅的嚇阻依然不變的條件下，軍備競賽如同不斷膨脹擴張的泡沫般，看似巨大卻是吹彈可破。當年，美蘇簽署 INF 條約就可謂先射箭再畫靶，彼此早已機關算盡、深知在歐洲地區部署再多陸基中程飛彈也是無關勝負，才索性簽約禁止此類武器。INF 條約簽訂以來，即使飛彈價格下降性能提升，也還是不會使中程飛彈具有扭轉乾坤的實戰價值。畢竟，廢止條約並大力發展此一等級的飛彈，一時之間好似能相對於對手能取得優勢，但最終仍無法突破相互保證毀滅，還是徒勞無功。

另外，一般認知往往受到美國前總統川普的政治語言吸引，誤以為美國單方面受限於條約而吃虧，但本文正本清原予以駁斥。不諱言，中共是不受 INF 條約限制，全力發展的各類陸基中程飛彈的確也是有對美軍造成威脅，但如果美國真的必須在形式上圍堵中共崛起，因為西太平洋以海洋為主的地理特性下，使用作戰效益相對高的核子潛艦與戰略轟炸機才是更佳選項，INF 條約本來就沒有涵蓋這些海基與空載的武器，美中就算發生軍備競賽，其實也與條約廢止無關。

簡言之，並不是新科技之下，美國有了新的戰略選擇因此可大膽退出 INF 條約；也不是因為美國的主要對手從俄國變成中共，所以需要退出 INF 條約。INF 條約所涵蓋的武器本來就是徒勞無功；即使科技進步使飛彈成本下降性能提升，也沒有辦法突破核子相互保證毀滅；INF 僅限陸基飛彈的條款，更是本來就沒有限制美國發展新科技、佈署有效益的海空武器。以上所述，才是 INF 條約及美國退出的實情，許許多多相關的誤解與訛傳，真應到此為止。

美國退出 INF 條約，真要說有什麼影響，其實只是美國不同軍種的資源分配之爭。美國陸軍及海軍陸戰隊有意藉著退出條約發展陸基飛彈，來建立本身打擊能力，此舉雖然不利於美國全體預算分配達到長遠戰略規劃目標，但卻是美國軍種本位主義搶食預



算大餅的長年陋習。<sup>63</sup>究竟這種慣性是否仍然持續下去，還是他們這次能夠摒除彼此間的門戶之見，萬眾一心追求整體實際效益，則值得後續觀察與追蹤。

---

<sup>63</sup> 楊仕樂，〈2020 美國國防授權法、中程核武條約、與美臺關係〉，《戰略安全研析》，第 160 期，109 年 2 月，頁 33-34。



## 參考文獻

### 中文

楊仕樂，2020/2。〈2020 美國國防授權法、中程核武條約、與美臺關係〉，《戰略安全研析》，第 160 期，頁 32-33。

網際網路

馬誠佑，2019/7/15。〈積體電路中的靈魂－電晶體〉，《科技大觀園》，  
〈<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sTHV.htm>〉

簡恒宇，2019/3/14。〈退出《中程飛彈條約》下一步，美國國防部宣布將研發新巡弋飛彈〉，《風傳媒》，  
〈<https://www.storm.mg/article/1054160>〉。

### 英文

#### 一、專書

Arthur C. Clarke, 2020/11/19. *Nuclear Ramjet and Scramjet Propulsion*, NPRE 402 Intro to Nuclear Engineering.

David W. Kearn, 2012. *Political/Military Implications of a U.S. Withdrawal from the INF Treaty*, Facing the Missile Challenge.

David W. Kearn, Jr., 2012. *Facing the Missile Challenge: U.S. Strategy and the Future of the INF Treaty*.

Dr. Richard P. Hallion & Maj Gen Curtis M. Bedke & Marc V. Schanz, 2016/1. *Hypersonic Weapons and US National Security: a 21st Century Breakthrough*, Air Force Association.

2020/12/4. *World Air Forces 2021*, Flight International.

James Farquhar Cant, 1998/5. *The Development of the SS-20; a Case-study of Soviet Defense Decision Making During the Brezhnev Era*, "Department of Politics University of Glasgow.

Jeremiah Gertler, 2019/11/13. *Air Force B-21 Raider Long-range Strike Bomber*, pp. 1-9.

John A. Tirpak, 2020/6. *A New Bomber Vision*, Air Force Magazine.

Lauren Caston & Robert S. Leonard & Christopher A. Mouton & Chad J. R. Ohlandt & S. Craig Moore & Raymond E. Conley & Glenn Buchan, 2014. *The Future of the U.S. Intercontinental Ballistic Missile Force*, RAND Corporation.

Scott Pace & Gerald Frost & Irving Lachow & David Frelinger & Donna Fossum & Donald K. Wasseem & Monica Pinto, 1995. *The Global Positioning System: Assessing National Policies*, RAND Corporation.



Tobias Naegele, 2020/6. "Air Force & Space Force Almanac 2020," *Air Force Magazine*.

2020/12/4. *World Air Forces 2021*, Flight International.

## 二、期刊論文

Alexander Lanoszka, 2019/Summer. "The INF Treaty: Pulling Out in Time," *Strategic Studies Quarterly*, Vol. 13, No. 2, pp. 48-67.

Alexander D. Chekov & Anna V. Makarycheva & Anastasia M. Solomentseva & Maxim A. Suchkov & Andrey A. Sushentsov, 2019/12- 2020/1. "War of the Future: A View from Russia," *Survival*, Vol. 61 No. 6, pp. 25-48.

Alexey Arbatov, 2019/6-7. "Mad Momentum Redux? The Rise and Fall of Nuclear Arms Control," *Survival Global Politics and Strategy*, pp. 7-38.

Dean Wilkening, 2019/10-11. "Hypersonic Weapons and Strategic Stability," *Survival Global Politics and Strategy*, pp. 129-148.

Götz Neuneck, 2019/12/12. "The Deep Crisis of Nuclear Arms Control and Disarmament: the State of Play and the Challenges," *Journal for Peace and Nuclear Disarmament*, pp. 431-452.

Hans M. Kristensen & Matt Korda, 2019. "United States Nuclear Forces, 2019," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 75, No. 3, pp. 122-134.

Henry Obering III & Rebeccah L. Heinrichs, 2019/ Winter. "Missile Defense for Great Power Conflict: Outmaneuvering the China Threat," *Strategic Studies Quarterly*, pp. 37-56.

John R. Harvey & Stefan Michalowski, 1994. "Nuclear Weapons Safety: The Case of Trident," *Science & Global Security*, Vol. 4, p. 266.

Jenny L. Naylor, 2019/7/19. "The third nuclear age," *Comparative Strategy*, Vol. 38, No. 4, pp. 276-288.

Kyle Mizokami, 2020/11/27. "Watch a B-1B Lancer Carry a Cruise Missile on the Outside for the First Time," *Popular Mechanics*, <<https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a34789047/b-1b-lancer-cruise-missile-test-video/>>

Margot van Loon & Hayden Gilmore & Ritika Bhat, 2019/Summer. "Strategic Primer: Hypersonic Weapons," *American Foreign Policy Council*, Vol. 6, pp. 2-4.

Newhouse John, 2001/7. "The Missile Defense Debate," *Foreign Affairs*, Vol. 80, No. 4, pp. 97-109.

Stephen M. Meyer, 1983. "Soviet Theatre Nuclear Forces. Part II: Capabilities and Implications," *Adelphi Series*, Vol. 24, No. 188,



pp. 36-39.

### 三、研討會論文

R K Seleznev, 2017/11/21-24. “History of scramjet propulsion development,” Aerophysics and Physical Mechanics of Classical and Quantum Systems 11th International Conference, Moscow, Russian Federation, p. 2.

### 四、官方文件

Amy F. Woolf, 2020/12/16. *Conventional Prompt Global Strike and Long-range Ballistic Missiles: Background and Issues*, Congressional Research Service, p. 49.

Jeremiah Gertler, 2014/6/4. *U.S. Air Force Bomber Sustainment and Modernization: Background and Issues for Congress*, p. 25.

John R. Hoehn & Samuel D. Ryder, 2020/6/26. *Precision-guided Munitions: Background and Issues for Congress*, pp. 6-12.

Kelley M. Saylor, 2020/12/1. *Hypersonic Weapons: Background and Issues for Congress*, pp. 4-5.

2020/12/9. *Report to Congress on the Annual Long-range Plan for Construction of Naval Vessels*, p. 7.

Ronald O'Rourke, 2008/5/22. *Navy Trident Submarine Conversion (SSGN) Program: Background and Issues for Congress*, pp. 1-3.

Ronald O'Rourke, 2020/12/22. *Navy Virginia (SSN-774) Class Attack Submarine Procurement: Background and Issues for Congress*, pp. 5-9.

Ronald O'Rourke, 2021/1/15. *Navy Columbia (SSBN-826) Class Ballistic Missile Submarine Program: Background and Issues for Congress*, pp. 47-48.

Timothy M. Persons, 2019/9. *Science & Tech Spotlight: Hypersonic Weapons*, U.S. Government Accountability Office (U.S. GAO), pp. 1-3.

### 五、網際網路

*Arms Control Association*, <<https://www.armscontrol.org/reports/2019/USnuclearexcess>>.

Cbade, 2010/9/3. “Submarines,” *Reddit*, <[https://www.reddit.com/r/submarines/comments/cg0qjj/in\\_a\\_full\\_strike\\_configuration\\_a\\_n\\_ohioclass\\_ssgn/](https://www.reddit.com/r/submarines/comments/cg0qjj/in_a_full_strike_configuration_a_n_ohioclass_ssgn/)>.

2020/12/4. “Conference Outcomes of the FY 2021 National Defense Authorization Act,” *Center for Arms Control and Non-pr*



- oliferation, <<https://armscontrolcenter.org/conference-outcomes-of-the-fy-2021-national-defense-authorization-act/>>
- 2019/4/6. “Gliding missiles that fly faster than Mach 5 are coming,” *The Economist*, <<https://www.economist.com/science-and-technology/2019/04/06/gliding-missiles-that-fly-faster-than-mach-5-are-coming>>.
- 2020/6/23. “DF-17,” *Missile Threat, CSIS missile defense project*, <<https://missilethreat.csis.org/missile/df-17/>>
- Dr Carlo Kopp, 2012/4. “Boeing GBU-39/B Small Diameter Bomb I, Raytheon GBU-53/B Small Diameter Bomb II,” *Ausairpower*, <<http://www.ausairpower.net/APA-SDB.html>>.
- 2013/10/4. “Extreme Miniaturization: Seven Devices, One Chip to Navigate without GPS,” *Defense Advanced Research Projects Agency*. <<https://www.darpa.mil/news-events/2013-04-10>>.
- John A. Tirpak, 2019/12/1. “The Raider Takes Shape,” <<https://www.airforcemag.com/article/the-raider-takes-shape/>>
- John Keller, 2020/2/25. “Draper Lab to provide additional guidance systems for Trident submarine-launched ballistic nuclear missiles,” *Military & Aerospace Electronics*, <<https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14168506/guidance-systems-trident-ii-nuclear-missiles>>
- Jonathan Marcus, 2018/10/22. “Trump INF: Back to a nuclear arms race?,” *BBC news*, <<https://www.bbc.com/news/world-europe-45942439>>.
- Jon Lake, 2018/4/23. “Combat Debut for AGM-158B JASSM-ER,” *Name of the Newspaper*, <<https://armadainternational.com/2018/04/combat-debut-for-agm-158b-jassm-er/>>
- Joseph Trevithick, 2018/10/22. “Navy Wants New 'Seawolf-Like' Attack Submarines to Challenge Russian And Chinese Threats,” *The Drive*, <<https://www.thedrive.com/the-war-zone/24363/navy-wants-a-new-seawolf-like-attack-submarines-to-challenge-russian-chinese-threats>>
- Lockheed Martin, 2020/2/29. “Lockheed Martin Releases New Rendering of Its AGM-183A Air-launched Rapid Response Weapon (ARRW) Showing Hypersonic Glide Warhead,” *Defpost*, <<https://defpost.com/lockheed-martin-releases-new-rendering-of-its-agm-183a-air-launched-rapid-response-weapon-arrw-showing-hypersonic-glide-warhead/>>
- Missile Defense Project, 2018/6/14. “Missiles of the United States,” *Missile Threat, Center for Strategic and International St*



40新軍備競賽？

破解美國退出中程核武條約的迷思

*International and Public Affairs*

- udies*, < <https://missilethreat.csis.org/country/united-states/>>.
- Missile Defense Project, 2018/6/14. “Missiles of Russia,” *Missile Threat, Center for Strategic and International Studies*, < <https://missilethreat.csis.org/country/russia/>>.
- Missile Defense Project, 2018/6/14. “Missiles of China,” *Missile Threat, Center for Strategic and International Studies*, < <https://missilethreat.csis.org/country/china/>>.
- Missile Defense Project, 2018/6/15. “MGM-140 Army Tactical Missile System (ATACMS),” *Missile Threat, Center for Strategic and International Studies*, < <https://missilethreat.csis.org/missile/atacms/>>.
- Norbert Brüggge, 2020/6/24. “The striking similarity of some Chinese and Pakistani solid fuel missiles,” < <http://www.b14643.de/Spacerockets/Specials/Pakistan-China/index.htm> >
- 2019/12/11. “Summary: House-Senate Conference Agreement on FY 2020 National Defense Authorization Bill (S.1790),” *Center for Arms Control and Non-proliferation*, < <https://armscontrolcenter.org/summary-house-senate-conference-agreement-on-fy-2020-national-defense-authorization-bill-s-1790/>>
- 1997/10. “The W88 Warhead,” *Nuclear Weapon Archive*, < <https://nuclearweaponarchive.org/Usa/Weapons/W88.html> >
- 2019/11/4. “Tomahawk,” *Missile Threat, Center for Strategic and International Studies*,” *Missile Defense Project*, < <https://missilethreat.csis.org/missile/tomahawk/>>
- 2020/1/23. “Navy asks Lockheed Martin to build additional Trident II D5 submarine-launched ballistic nuclear missiles,” *Military & Aerospace Electronics*, < <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14075290/nuclear-missiles-submarinelaunched-trident-ii>>
- “Ohio-class submarine,” *Wikipedia*, < [https://en.wikipedia.org/wiki/Ohio-class\\_submarine](https://en.wikipedia.org/wiki/Ohio-class_submarine)>
- “SSBN-726 Ohio-Class FBM Submarines,” 2000/2/9. *Federation of American Scientists*, < <https://fas.org/nuke/guide/usa/slbm/sbn-726.htm>>.
- 1997/10. “The W88 Warhead,” *Nuclear Weapon Archive*, < <https://nuclearweaponarchive.org/Usa/Weapons/W88.html> >
- 2018/6/15. “Trident D-5 at a Glance,” *Missile Threat*, < <https://missilethreat.csis.org/missile/trident/>>
- “Trident II D-5 Fleet Ballistic Missile,” *GlobalSecurity.org*, < <https://www.globalsecurity.org/wmd/systems/d-5-pics.htm> >



“B-52 Stratofortress Factsheet,” *U.S. Air Force official website*, < <http://www.af.mil/information/factsheets/>>.

“B-1B Lancer Factsheet,” *U.S. Air Force official website*, < <http://www.af.mil/information/factsheets/>>.

“B-2 Spirit Factsheet,” *U.S. Air Force official website*, < <http://www.af.mil/information/factsheets/>>.

Wu Riqiang, 2015/3/1. “Limit Missile Defense or Expand It? A Chinese Response,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, < <http://thebulletin.org/2015/03/limit-missile-defense-or-expand-it-a-chinese-response/> >.



## New Arms Race?

# Busting the Myths about U.S. Withdrawal from the Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty

---

CHANG, JUI-HSUAN

Master's degree from Institute of Strategic Studies, National Defense  
University

### Abstract

In 2019, the US declared to withdraw from the Intermediate-Range Nuclear Forces, INF treaty that signed in 1987. People were worried that it would cause a new arms race. This article argues that, there will not be an arms race after the end of INF treaty. Arms races are not stopped by treaties but are the results of military technology and geographical environment. This research will explore this argument by analyzing the development of missile technology and emphasizing the restraining force to arms race from nuclear deterrence. The development of sea-based and air-based weapons are more comparative advantage under the western Pacific Ocean geography in U.S.-China. There will not be an arms race after the end of INF treaty to develop the land-based missiles.

**Keyword:** INF treaty, Arms Race, Mutual Assured Destruction, Strategic Deterrence, Offense–Defense Theory.

