

第一章主要國家軍事科技發展趨勢

美國、中國、俄羅斯、北約

黃恩浩、舒孝煌、許智翔、蔡榮峰¹

前言

軍事科技及國防工業發展，除與其國防安全的需要相關外，也仰賴各國本身經濟實力、科技研發與工業基礎支持，通常一個國防工業大國，本身亦具備雄厚的重工業、高科技產業、材料、金屬、資訊等等產業的基礎。

本章觀察主要國家國防與軍備科技發展趨勢。其中，美國不但具備完整國防工業基礎，並領導世界軍備發展潮流，除先進戰機、艦艇外，尚包括無人機、自動化科技、精準武器、飛彈防禦系統、情報、監視及偵察用電子裝備、各種動力及能源科技等等，並供應盟國武器裝備及技術。

俄羅斯師承過去蘇聯時代的軍事工業發展，在戰機、水面艦及潛艦、戰甲車、飛彈等有豐富發展經驗，雖然因經濟等因素限縮其軍事科技發展，但仍具優勢。中國過去依賴前蘇聯協助建立軍事工業基礎，近年拜經濟起飛之賜，快速發展國防工業，但其模仿、剽竊智財權等行為受到美國等西方國家批評。

北約國家多為中、小規模國家，其國防科技多有其歷史傳承，然因近年因高科技武器發展成本昂貴、技術風險高，因此多採國際合作方式，組成跨國軍事公司，或是由政府出面整合，採用相同標準，發展可供多國使用的共通化武器。

各國國防科技均朝向太空化、無人化、匿蹤化、智慧化與網路化等方面發展，顯示戰爭型態雖日趨多樣化，然高科技戰爭仍會是戰場主流。

壹、美國

美國的國防工業與科技基礎強大，主要來自其國內雄厚的工業基礎及科技實力，另也因為美軍常年在海外作戰，其軍事裝備結合戰場與實地操作經驗，能承受嚴苛戰場操作。美國在二戰時曾有民主國家兵工廠的稱號，並向包括台灣在內的盟國與友邦出售武器裝備，不但擴大市場規模，減低研發成本，同時也協助其友盟國家維護國家安全。

美國是民主國家，為爭取預算、接受國會監督，並讓友盟國家瞭解美國國防政策，每任美國總統一向會在其上任後及任期中出版有關國家安全、國防戰略等

¹ 黃恩浩，國防安全研究院國防戰略與政策研究所助理研究員，負責本章第壹、貳節部分內容；舒孝煌，國防安全研究院國防資源與產業研究所，負責本章第壹、貳節部分內容；許智翔，國防安全研究院先進科技與作戰概念研究所博士後研究，負責本章第肆節；蔡榮峰，國防安全研究院國防資源與產業研究所研究助理，負責本章第參節。

相關文件，因此觀察文件內容，可說明建軍備戰方向。

一、美國的國防政策

2017 年就任的川普總統 (Donald J. Trump)，已在同年 12 月公布《國家安全戰略》(National Security Strategy of the United States)，2018 年則陸續公布《美國國防戰略摘要》(Summary of the 2018 National Defense Strategy of The United States of American)、《核武態勢評估》(Nuclear Posture Review)、《中國軍事與安全發展報告》(Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2018)、《評估及強化美國國防工業基地與供應鏈彈性》(Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States) 等文件，說明川普領導下的美國政府對世界情勢、美國安全威脅、軍事能力等的看法。

(一) 國家安全戰略強調美國優先

2017 年 12 月 19 日推出的《國家安全戰略》，詮釋所謂「美國優先」，主要在於軍事及科技領域，其中包括確保軍事力量現代化、確保美軍取得最精良及創新之裝備、修正裁減聯合作戰部隊之決策並促使現代化及確保戰備能力、強化軍力整備具備全方位作戰能力、發展新的作戰構想，確保面對非傳統軍事衝突或無法完全掌握空、海、太空及網路優勢時仍能勝利、具備對抗非正規戰爭能力。

另外，報告還提到健全國防工業體系，並批評過去 20 年來，美國國防工業弱化，產品仰賴國內單一來源或是國外供應，若無法完全自製產品，美國會在高科技、網路安全及航太領域等基礎弱化。相關作為包括評估美國軍工業，確保國安重要物資來源穩定、供應鏈的脆弱點，並掌握未來科技；鼓勵國內產業投資，加強關鍵科技及製造能力，改善美製武器出口流程及規定，保護關鍵技術。美國也要維持核武優勢、確保核武存量、核武設施現代化，以保持穩定嚇阻力。美國應確保太空領域的自由使用，以保障通訊、金融、軍事、情蒐、氣候及航行安全。許多國家已獲得反衛星的不對稱能力，美國優先包括確保在太空領域領先，成立國家太空委員會，更新遠程探索目標，透過鬆綁及更新法規，促進商業太空活動；在太空探索維持領導地位，探索太陽系，加強公私部門及夥伴合作。

(二) 國防戰略摘要強調美軍需防範中俄

2018 年 1 月 19 日《國防戰略摘要》對美國國際安全環境與挑戰作整體評估，將中國和俄羅斯列為最重要的對手，指出它們對美軍構成的威脅已經超過恐怖主義。該報告認為，中國和俄羅斯的軍事發展已削弱美國在全球的軍事優勢，為因應對這一趨勢，美國必須增加國防支出，以使美軍能保持更強大、敏捷，以及維持在隨時應戰狀態。該報告強調美軍仍將持續從事反恐，但現在國家安全最主要焦點是大國競爭，也就是說美軍亦將盡全力防範與應對中俄兩國國際擴張。²

² “Summary of the 2018 National Defense Strategy of the United States of America: Sharpening the

該報告認為未來美軍要做到以下幾點才能保持軍事優勢，包括：1、將核武器現代化。2、投資太空和網路空間，並把這兩個領域當成戰爭領域。3、加大在電腦、通訊、情報和監控系統的投資。4、部署更多的飛彈防禦系統保護美國軍隊和美國本土。5、打造更具殺傷力的戰鬥部隊，有能力襲擊敵方的空中和導彈防禦系統。6、投資海、陸、空和太空部隊，使其遭遇到襲擊也仍然可以作戰並重聚軍力。7、在世界重要的戰略地點儲存重要的戰鬥武器和其他軍需物資。該報告還提到，美軍應該迅速將商業科技用於軍事，藉以提高人工智能和機器學習技術來確保美軍在世界上的優勢地位。

《國防戰略摘要》提到美國「將維持世界一流軍事力量、確保對美國有利之權力平衡、促進有利美國安全與繁榮之國際秩序」。這五項威脅可分為兩個層次，前者為中俄所構成之「大國戰略競爭」，後者則是不斷製造事端，影響區域穩定與安全之行為者。針對中俄兩個修正主義大國，更明指其「企圖推動快速軍隊現代化，以擊敗美國武力，並挑戰美國經濟領導地位」，以及「妄圖撼動北約安全體系」，必將成為未來最大的戰略競爭對手。³

《國防戰略摘要》明白提到，中俄都在利用其體制內的利益，破壞國際秩序，企圖創造一個與其獨裁模式相同的世界秩序。中國是以掠奪性經濟來威懾鄰國，同時在南中國海進行軍事化，影響航行自由；而俄羅斯是以侵犯鄰國的邊界，藉控制鄰國的經濟、外交和安全面向並造成威脅。另外，在流氓政權方面，北韓和伊朗堅持採取威脅地區乃至全球穩定的非法行動，並壓榨人民、破壞人權。在恐怖主義方面，例如：伊斯蘭國，黎巴嫩真主黨或基地組織等暴力極端主義，仍繼續在世界各地散播仇恨、破壞和平。⁴

在「因應戰略環境」、「強化聯盟關係」與「精進國防科技武器發展與獲得」之前提下，美國國防政策之對內目標在於，試圖擺脫目前美國戰略縮減現象，並重建軍隊優勢。這軍事戰略方向可視為美國軍事事務再革新；對外目標則在於驅使盟國共同承擔責任，讓美國領導下的國際安全體系得以繼續運行。為了因應未來從陸海空、太空與網路所有領域競爭，積極發展高階運算電腦、大數據分析工具、人工智慧、自主科技、機械人、雷射武器、高超音速武器和生物科技。預見前述科技趨勢已成為打贏未來各類型戰爭的必要條件，美國國防計劃將從三個戰略方向著手：

- 1、建立更精實的軍力：建立靈活的聯合部隊，再配合核打擊與網路作戰等能力，構成系統性的全面軍力。
- 2、強化同盟連結並建立新的夥伴關係：擬繼續在印度洋、太平洋地區努力打造盟友關係，強化建立一個自由、開放、包容和繁榮的印太地區的願景。

American Military's Competitive Edge, U.S. Department of Defense, 19 January, 2018, <https://dod.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2018-National-Defense-Strategy-Summary.pdf>。

³ <美國防戰略適應新興安全環境>，《青年日報》，2018年1月24日，<https://www.ydn.com.tw/News/274584>。

⁴ 同註1。

3、落實軍工複合體整合：結合民間，將美國的高科技與技術創新能量注入國防，這就表示美軍將推展更多的軍工複合體機制。

（三）改善採購流程以獲致加快獲致新裝備速度

美國國會已同意增加國防預算因應新戰略，包括網路安全、指管通情監偵（C4ISR）、飛彈防禦、核武、極音速武器、高能雷射、電子戰、太空，這些領域都是急迫需求。美國廠商已準備因應挑戰，發展相關新技術，包括：人工智慧、積層製造（Additive Manufacturing，即 3D 列印）、奈米科技（Nanotechnology）等。這些技術都已發展超過 10 年，現在開始運用在國防工業，並進入部隊開始服役。另外，國防產業也與非傳統國防夥伴聯合，將商用技術運用在國防工業，並由新創公司、小型產業及矽谷學習科技創新的速度。另外，美國要和盟邦保持合作，工業界則在國外尋找創意及靈感，強化創新及競爭力。

過去 5 年來，美國防部啟動數項重要武器計畫，但美國國防工業並未滿足期待。過去國防部投資在研究發展，特別是其需要的武器裝備，並與國防合約商緊密合作。但今日則是國防部尋求夥伴，包括傳統及非傳統公司，投資在新技術及以更快且更便宜的方式交貨。這意味國防工業要改變其投資及發展新產品方式，取代過去依賴年度性計畫循環以創造財務預測的模式，並需採取更精準的途徑進行評估。應依據精準評估做出戰略性投資選擇，避免依賴過度採購來彌補創新及成長的不足，同時也制定一連串戰略，形塑承擔風險以及創新的文化。⁵

新的安全挑戰使美國防部無法再循過去官僚途徑，等待多年以獲取新技術。美國國防部要工業界儘快發展新的技術，以反應轉變中的威脅。與其等待國防部投資計畫，這些傳統參與者應自我投資新系統，並面對其不確定性、提升舊系統性能。目前進行中計畫包括：席瑞亞內華達集團（Sierra Nevada）發展 A-29 輕型攻擊機，參與美國空軍「非發展輕型攻擊機平台」能力評估；波音公司（Boeing）與瑞典 SAAB 集團合作，以自有資源發展並生產 T-X 教練機的原型機；另外如洛克希德馬汀公司（Lockheed Martin），也聚焦於自動化系統及機器人等長程戰略性投資。

二、美國軍事科技趨勢

美國一向自詡擁有並掌握世界上最先進科技，藉投資實驗室、國防先進研究計畫署（Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA）及國防工業公司，⁶以秘密驅動創新技術，例如第二次抵銷戰略（Second Offset Strategy），包括：匿蹤戰機、精準武器及資訊化指揮管制系統。美國前國防部助理部長渥克（Robert O. Work）所稱第三次抵銷戰略（Third Offset Strategy），則包括：先進極音速武器、直接能武器（雷射）、AI 人工智慧等。為因應高科技戰爭趨勢，美國國防科

⁵ “Can Aerospace and Defense Companies Meet Their Great Expectations?” *Strategy+Business*, February 1, 2018, <https://www.strategy-business.com/article/Can-Aerospace-and-Defense-Companies-Meet-Their-Great-Expectations?gko=1ec59>。

⁶ “Defense Advanced Research Projects Agency,” DARPA, <https://www.darpa.mil/>。

技正朝向太空化、無人化、匿蹤化、智慧化與網路化方面發展，以下舉其要者說明發展趨勢。

（一）太空武器與太空戰

美國仰賴太空的程度高於其他國家，主要是部署各型氣象、導航及定位、通訊、光學或雷達影像偵察（Optical or Radar Imaging Reconnaissance）、電子情報蒐集（ELINT）、飛彈預警、監視、衛星追蹤以及科學研究等。過去也曾發展太空武器，1980 年代美國即已發展空射反衛星飛彈技術，曾以 F-15 戰機發射 ASM-135 反衛星飛彈（ASAT），摧毀一枚軌道高度 555 公里的衛星。2008 年，美國海軍以一枚標準 3 型飛彈（Standard 3）擊毀一枚失效的間諜衛星。目前美國除以擊落失效衛星避免落在人口稠密區為理由，並未特別運用太空進行部署。目前主要發展重心在彈道飛彈防禦科技，除強化對太空觀測能力，追蹤俄、中可能的殺手衛星發展外，也曾計畫在太空中部署雷射，用以對付彈道飛彈。

美國三個軍種都有自己的太空資源，美國空軍在 1982 年成立太空司令部，川普總統已下令成立太空軍（United States Space Force, USSF），美國防部已開始進行初步規劃。目前許多太空武器仍在概念化階段，包括仍在測試階段的 X-37B 無人太空梭、可重返太氣層的極音速飛機、太空無人機、雷射武器等；另外，新一代美國衛星也將思考可能在太空中遭遇敵方威脅，必需有自我保護能力，這是美國目前思考方向。⁷

（二）先進無人載具

美國在無人載具的發展及軍事運用，無疑地居於世界領先地位，其技術亦是世界最先進。美國無人機已在中東戰場上執行任務有 10 年以上，包括 MQ-9「死神」（Reaper）、MQ-1 掠奪者（Predator）等，結合偵打一體、透過衛星遠端控制、以及綿密的情監偵體系，對恐怖組織造成嚴重打擊，並減少人員及有人戰機的消耗，在反恐戰爭中居於重要角色。無人機且可進行長時間廣範圍的空域與海域偵察及監視任務，以及地球資源探勘、災害勘察等，耐航時間可長達 10 餘小時、甚至 24 小時以上毋需落地，透過資料鏈將資料下傳至地面站，減輕人力負擔，未來無人機角色將進一步發展。美國已嘗試運用無人機進行空中攔截任務，⁸海軍已決定發展 MQ-25 艦載無人空中加油機，增加艦載機作戰範圍、減少艦上機隊調度負擔，未來也可能衍伸為匿蹤無人打擊機，與有人戰機搭配執行任務。MQ-25 採用原來 X-47B 成熟的自動著艦技術，可以透過機對艦的雙向資料鏈偵測航行中航空母艦的位置，不斷修正著艦點，以便自動著艦。MQ-25 雖為加油機，但美國海軍已放棄原來發展「無人艦載空中監視打擊」飛機（UCLASS）的計

⁷ “US military prepares for the next frontier: Space war,” *CNN*, November 29, 2016, <https://edition.cnn.com/2016/11/28/politics/space-war-us-military-preparations/index.html>。

⁸ “MQ-9 Gets First Air-to-Air Kill in Training Exercise, Air Force Official Says,” *Military.com*, September 19, 2018, <https://www.military.com/daily-news/2018/09/19/mq-9-gets-first-air-air-kill-training-exercise-air-force-official-says.html>。

畫，而獲選的波音 MQ-25 設計擁有極佳的匿蹤外型，故未來仍有衍生為無人打擊機的空間。

除大型無人機外，地面部隊已廣泛運用小型無人機執行戰場偵察等任務。美軍也嘗試運用集群式攻擊 (Swarm) 技術，使用大量小型無人機進行攻擊敵人的「自殺」任務。美軍也嘗試在飛機上施放小型無人機，例如 2017 年 1 月時，國防部戰略能力辦公室 (Strategic Capabilities Office) 與麻省理工 (MIT) 的林肯實驗室合作發展，以 F/A-18 戰機施放林肯實驗室發展的 Perdix 小型無人機，投放後自動化操作，可實施集群式攻擊等任務。⁹國防先進研究計畫署也在 2018 年 4 月以 C-130 運輸機，施放較大的「小精靈」(Gremlins) 無人機，由運輸機貨艙內施放，在視距外對敵境執行任務，飛行時間達 24 小時，並可回收再使用。¹⁰

海軍也運用艦載小型無人機，例如 MQ-8「火斥候」(Fire Scout) 無人直升機，可在驅逐艦或巡防艦等級的直升機甲板上起降，擔任偵察任務。另外也在發展其他型式的大型無人機，例如應用傾斜旋翼概念的貝爾 (Bell) V-247，衍生自較早期的「鷹眼」(Eagle Eye)；國防先進研究計畫署與海軍研究辦公室 (Office of Naval Research, ONR) 的「戰術利用偵察節點計畫」(Tactically Exploited Reconnaissance Node, TERN)，¹¹是一種更小型的無人機，讓所有不同型式的水面艦都可成為情報、監視、偵察與戰鬥用途的無人機母艦，搭載能在中高度持續飛行的無人機，增加海軍作戰能力。

海上獵殺者 (Sea Hunter) 也是由國防先進研究計畫署與雷神公司合作發展的無人水面載具，被稱為無人潛艦獵殺者。因許多國家都發展難以偵測的潛艦，威脅美國海軍水面艦部署，為防範水下威脅，美國海軍決定發展這種無人載具，現已進行海洋測試，未來可能進行作戰測試。¹²

⁹ “F-18 Fighter Jets and UAVs Join Forces in Air Force Test,” *Engineering*, January 14, 2017, <https://www.engineering.com/DesignerEdge/DesignerEdgeArticles/ArticleID/14092/F-18-Fighter-Jets-and-UAVs-Join-Forces-in-Air-Force-Test.aspx>。

¹⁰ “This Is Our First Glimpse of a DARPA Gremlins Drone Being Launched or Recovered From A C-130,” *thedrive*, April 11, 2018, <http://www.thedrive.com/the-war-zone/20058/this-is-our-first-glimpse-of-a-darpa-gremlins-drone-being-launched-or-recovered-from-a-c-130>。

¹¹ “DARPA asks Northrop Grumman to build second TERN prototype UAV to fly from small surface ships,” *Military & Aerospace Electronics*, June 20, 2016, <https://www.militaryaerospace.com/articles/2016/06/uavs-small-surface-ships.html>。

¹² “Sea Hunter: inside the US Navy’s autonomous submarine tracking vessel,” *Naval Technology*, May 3, 2018, <https://www.naval-technology.com/features/sea-hunter-inside-us-navys-autonomous-submarine-tracking-vessel/>。



圖 1-1、波音公司 MQ-25 概念已獲海軍採用
資料來源：舒孝煌攝。

(三) 新一代空戰平台

美國在匿蹤技術運用上領先世界，未來第 6 代戰機將有比現在更先進的匿蹤外型，雷達截面積較現在的第 5 代戰機更低。目前諾斯洛普格魯門正在發展新一代匿蹤轟炸機，即 B-21，將會擁有全翼構形，攜帶現有重型及長程武器，進行長程飛行，用以取代已經老舊的 B-52 及 B-1 轟炸機。

美國 6 代戰機的發展可能還言之過早。美國空軍「穿透性制空」(Penetrating Counter-Air) 及海軍 FA-XX 兩項計畫仍有待整合，但已開始發展未來關鍵科技，例如先進的多重可變循環發動機、機載雷射武器等。此外，美國空軍先進行現有戰機的性能提升，除決定為 F-22 進行性能升級，也考慮為 F-35 配備雷射武器。發動機大廠普萊特惠特尼 (Pratt & Whitney, PW) 計畫提升 F135 發動機推力，被稱為成長選項 2.0 (Growth Option 2.0, GO2)。這與未來在 F-35 配備直接能武器密切相關，美軍亦考慮為 F-35 配備極音速飛彈。



圖 1-2、美國 6 代戰機概念仍待整合
資料來源：波音公司。



圖 1-3、美售給英國的 F-35B 戰機

資料來源：舒孝煌攝。

（四）直接能（Direct energy）與電磁能（Electromagnetic）武器

雷射與電磁武器概念雖非新穎，確遲未實戰化。然不久的未來，這些武器將會實用化並開始部署。美國空軍曾將一架波音 747 客機改裝，改稱 YAL-1，做為空載雷射反飛彈系統的實驗平台，曾在 2010 年進行雷射測試，後因成本因素被取消。後來也曾在 AC-130 砲艇機上測試以雷射攻擊地面目標，稱為先進戰術雷射（Advanced Tactical Laser, ATL）。YAL-1 使用化學能雷射，國防先進研究計畫署與波音（Boeing）公司合作開發的雷射武器系統已經試射成功，將開始在船艦及軍用車輛上部署，正式名稱是「雷射武器系統」（Laser Weapon System, LaWS），曾於 2014 年在兩棲運輸艦龐斯號（USS Ponce）上配備雷射武器進行實驗。洛克希德馬汀公司的「高能雷射及整合監視及眩光器」（High Energy Laser and Integrated Optical-dazzler with Surveillance, HELIOS）則結合致命及非致命雷射，將可在 2020 年部署於海軍艦艇上。¹³

此外，美國防部也在發展可部署在陸地車輛上的固態雷射武器，包括波音的「高能雷射機動展示平台」（High-Energy Laser Mobile Demonstrator, HELMD）。未來雷射系統可更為緊緻化，搭載在史崔克輪型裝甲車上，機動性更佳。洛馬及雷神公司的團隊，目前聚焦於發展 100 千瓦的雷射，¹⁴其目的是用於對付「非對稱性威脅目標」，例如大批武裝無人機或快艇，造價便宜卻具有威脅性，若用導彈等高價武器對付這些威脅，付出的代價將過於昂貴。

¹³ “Star Wars At Sea: Navy’s Laser Gets Real,” *Breaking Defense*, December 10, 2014, <https://breakingdefense.com/2014/12/star-wars-at-sea-navys-laser-gets-real/>; “First Combat Laser For Navy Warship: Lockheed HELIOS,” *Breaking Defense*, March 1, 2018, <https://breakingdefense.com/2018/03/first-combat-laser-for-navy-warship-lockheed-helios/>。

¹⁴ “Lockheed-Dynetics team and Raytheon locked in battle to build 100-kilowatt laser for US Army,” *Defense News*, August 8, 2018, <https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/smd/2018/08/07/lockheed-dynetics-team-and-raytheon-locked-in-battle-to-build-100-kilowatt-laser-for-us-army/>。

美國海軍在 2015 年就發展電磁軌道砲 (electromagnetic railgun) 成功，使用與單極馬達原理類似的電磁軌道裝置推動「砲彈」，不需使用火藥，射速可達音速 7 倍，射程可提高至 100 公里以上，除穿透能力驚人外，砲彈成本還相對便宜，若未來船艦動力系統能解決電力供應問題，將可能實用化。

(五) 極音速武器及長程打擊武器

由於擔心在極音速武器競賽中落後，美國空軍已將其置於最高優先。¹⁵美國過去曾發展數種設計，包括「極音速技術載具-2」(Hypersonic Technology Vehicle 2, HTV-2)、「先進極音速武器」(Advanced Hypersonic Weapon, AHW)，用以進行其全球打擊計畫。相較於俄、中，美國發展時程雖已落後，但可以採不對稱途徑，如整合導引極音速武器的感測器技術，以維持優勢。

為了加速推進極音速武器發展，美國國防部在 2018 年增加極音速技術投資，包括美國空軍的 2,000 萬美元，預計在 2020 年進行「極音速傳統打擊空射滑翔武器 (Hypersonic Conventional Strike Weapon, HCSW) 飛行測試，以及 6,500 萬美元發展陸基型武器。2018 年 4 月，美國空軍授予洛克希德馬汀 (Lockheed Martin) 10 億美元合約，進行 HCSW 的設計、整合及工程支援，8 月 14 日再獲一筆 4 億 8400 萬美元合約，發展另一型「空射快速反應武器」(Air Launched Rapid Response Weapon, ARRW)。¹⁶

另外，美國空軍、國防先進研究計畫署及雷神公司 (Raytheon) 也合作推動戰術推進滑翔 (Tactical Boost Glide, TBG) 計畫，預計在 2023 年發展出原型。為推動極音速載具研究計畫，2018 年 10 月 4 日，美國空軍賦予空軍實驗室 GOLancher1 (GO1) 極音速載具 X-60A 的實驗機編號，這是一枚空射式液態燃料火箭，用以研究在極音速飛行時衝壓推進發動機 (scramjet)、耐高溫材料及自動控制等技術。¹⁷

¹⁵ “Russia and China are 'aggressively developing' hypersonic weapons — here's what they are and why the US can't defend against them,” *CNBC*, March 21, 2018.

¹⁶ “Lockheed Martin gets a second hypersonic weapons contract, this time for \$480 million, as the US tries to keep pace with Russia and China,” *CNBC*, August 14, 2018.

¹⁷ “U.S. Air Force Designates GO1 Hypersonic Flight Research Vehicle as X-60A,” *88th Air Base Wing Public Affairs*, October 4, 2018, <https://www.wpafb.af.mil/News/Article-Display/Article/1653238/us-air-force-designates-go1-hypersonic-flight-research-vehicle-as-x-60a/>。



圖 1-4、美國空軍發展中的極音速實驗載具 X-60A

資料來源：USAF。

表 1-1、三次抵銷戰略

	年代	背景	重點項目
第一次抵銷戰略	1950s	艾森豪總統時代，透過美國核嚇阻能力，反制前蘇聯傳統武力的數量優勢。	核武
第二次抵銷戰略	1970s	時任國防部長布朗（Harold Brown）要求發展高科技武器，對抗華約部隊在歐洲的部署。	精準武器、匿蹤科技、情監偵系統。
第三次抵銷戰略	2016~	時任國防部長卡特撥款 36 億美元進行先進科技及創新作戰概念研究。	極音速武器、直接能或電磁武器、AI 人工智慧等。

資料來源：舒孝煌整理自 NDU Press，<http://ndupress.ndu.edu/JFQ/Joint-Force-Quarterly-82/Article/793224/securing-the-third-offset-strategy-priorities-for-the-next-secretary-of-defense/>。

貳、中國

中國目前的大戰略是「強調國家利益的國際性，強調中國崛起背景下國家利益拓展的重要意義；強調主動性，要求把握在國家實力基礎之上的戰略主動權，為國家戰略利益的擴展服務。」¹⁸ 國際環境對中國的崛起相當重要，就建構中國國際安全環境而言，北京認為目前國際形勢正在演變，包括：國際實力對比、全

¹⁸ 王昆義，〈中國的國際戰略與一帶一路的形成〉，《台灣國際研究季刊》，第 12 卷第 3 期（2016 年秋季號），頁 24，<http://www.tisanet.org/quarterly/12-3-2.pdf>。

球治理體系結構、亞太地緣戰略局勢和國際經濟、科技、軍事競爭等，都正在轉變中。在可預見的未來，發生世界大戰的可能性不高，國際和平情勢仍會持續維持。然而，北京認為，美國霸權主義、強權政治和新干涉主義將會持續發展，各種國際權力和權益的再分配會趨於更競爭。此外，恐怖主義活動猖獗，民族宗教矛盾、邊界領土爭端復雜多變，小衝突不斷、危機頻繁仍是一些地區的常態，國際局勢依然面臨現實和潛在局部戰爭的危機。因此，確保國防與軍隊現代化乃是中國國防戰略的重要目標。

在 2017 年 10 月 18 日，習近平在中國十九大報告中指出，中國的國防與軍隊建設在面對國家安全環境的變化，和面對強國強軍的時代要求，必須全面貫徹新時代強軍思想，貫徹新形勢下軍事戰略方針，建設強大的現代化陸軍、海軍、空軍、火箭軍和戰略支援部隊，打造堅強高效的戰區合作指揮機構，建構中國特色的現代作戰體系。¹⁹該報告亦指出，為適應世界新軍事革命發展趨勢與國家安全需求，中國將提高軍隊建設的質量與效益，預計在 2020 年先基本實現機械化與信息化，以提升戰略能力；預計到 2035 年全面實現國防與軍隊的現代化，並成為世界一流軍隊。為了提升軍隊的質量，中國不僅將深化國防工業科技改革，也將強化軍民科技合作，建構一體化的國家戰略體系與能力。²⁰

一、中國的國防政策

中國所有武裝力量是由中央軍事委員會所指揮，採「黨指揮槍」的軍事領導體系，在國家安全和發展戰略全局中具有重要地位和作用。中國主要奉行防禦性的國防政策，而「積極防禦」主要中國的傳統軍事戰略的重要思想，由毛澤東所創，但在不同時期，積極防禦軍事戰略方針的內容有所不同，而且根據形勢的變化而不斷發展。²¹在 2015 年的《中國的軍事戰略》白皮書，中國提出了「新形勢下積極防禦軍事戰略方針」作為中國的軍事戰略方針。其戰略重點是：立足打贏「信息化局部戰爭」，創新基本作戰思想，優化軍事戰略布局，堅持戰略指導原則。²²

根據 2015 年《中國的軍事戰略》白皮書內容，中國國防的方針包括有下列幾項：²³第一、服從服務於國家戰略目標，貫徹總體國家安全觀，加強軍事鬥爭

¹⁹ <習近平：決勝全面建成小康社會，奪取新時代中國特色社會主義偉大勝利——在中國共產黨第十九次全國代表大會上的報告>，《新華社》，2017 年 10 月 27 日，
http://www.gov.cn/zhuanti/2017-10/27/content_5234876.htm。

²⁰ 同註 18。

²¹ “Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People’s Republic of China 2018,” Office of the Secretary of Defense, May 16, 2018. p. 46-47.
<https://media.defense.gov/2018/Aug/16/2001955282/-1/-1/1/2018-CHINA-MILITARY-POWER-REPORT.PDF>。

²² “Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People’s Republic of China 2018,” Office of the Secretary of Defense, May 16, 2018. pp. 2, 45-46, 73.
<https://media.defense.gov/2018/Aug/16/2001955282/-1/-1/1/2018-CHINA-MILITARY-POWER-REPORT.PDF>。

²³ 中國國務院新聞辦公室，《中國的軍事戰略》，2015 年 5 月 26 日，
www.scio.gov.cn/zfbps/ndhf/2015/Document/1435161/1435161.htm。

準備，預防危機、遏制戰爭、打贏戰爭。第二、營造有利於國家和平發展的戰略態勢，堅持防禦性國防政策，堅持政治、軍事、經濟、外交等領域鬥爭密切配合，積極應對可能面臨的綜合威脅。第三、保持維權維穩平衡，統籌維權和維穩兩個大局，維護國家領土主權和海洋權益，維護周邊安全穩定；努力爭取軍事鬥爭戰略主動，積極運籌謀劃各方向各領域軍事鬥爭，抓住機遇加快推進軍隊建設、改革和發展。第四、運用靈活機動的戰略戰術，發揮聯合作戰整體效能，集中優勢力量，綜合運用戰法手段；立足應對最複雜最困難情況，堅持底線思維，紮實做好各項準備工作。第五、充分發揮人民軍隊特有的政治優勢，堅持黨對軍隊的絕對領導，重視戰鬥精神培育，嚴格部隊組織紀律性，純潔鞏固部隊，密切軍政軍民關係，鼓舞軍心士氣。第六、發揮人民戰爭的整體威力，堅持把人民戰爭作為克敵制勝的思維，拓展人民戰爭的內容和方式方法，推動戰爭動員以人力動員為主向以科技動員為主轉變。第七、積極拓展軍事安全合作空間，深化與大國、周邊、開發中國家的軍事關係，促進建立地區安全和合作架構。

2015年9月習近平宣布裁軍30萬，吹響軍改號角，11月在「中央軍委改革工作會議」上強調，深化國防及軍隊改革是實現「中國夢」、「強軍夢」的時代要求，其後軍改正式展開，目的在「實施領導管理體制、聯作戰指揮體制改革」，以及「實施軍隊規模和作戰力量體系、院校、武警部隊改革，基本完成階段性改革任務」。

習近平軍改的目的包括政治上的「擴權」及軍事上的「強軍」，前者是要軍隊「聽黨指揮」，拔除舊體系，強化共黨對軍隊的控制，後者是要軍隊「能打勝仗」，強化解放軍的作戰能力，除裁撤4總部、建立陸軍指揮機構、裁撤原7軍區，建立5大戰區，以簡化指揮層級、擴建新式軍兵種及專業部隊，如火箭軍與戰略支援部隊，強化聯合作戰及快速反應能力、縮短指揮鏈、由軍委直接指導戰區，戰區再指揮麾下軍種協同作戰，將有助提升其作戰效能。

二、中國軍事科技趨勢

在中國國防戰略的指導下，中國軍事武器裝備走向遠程精確化、智能化、隱身化、無人化特色之趨勢相當明顯，太空和網路領域已經成為各方戰略競爭的新高地，現代戰爭形態也已經朝向信息化發展。世界主要國家正積極調整國家安全戰略和國防政策，加速推進軍事轉型並重建軍事力量體系。這些尖端軍事技術和戰爭形態的變化，對國際政治與軍事發展產生重大影響，對中國軍事安全而言是全新的嚴峻挑戰。為打造世界級軍隊，中國國防部在2018年1月25日正式頒發《新軍事訓練大綱》²⁴，軍隊將致力於打造「實戰化、聯合化、科學化、規範化的訓練內容體系和相關制度機制」，在實現國防和軍隊現代化目標下，中國計畫在未來20年內將軍隊建設成世界一流軍隊。近期中國重要軍事科技發展趨勢如下列所示：

²⁴ 馮人恭、曹昆，〈首批新軍事訓練大綱正式頒發〉，《人民網》，2018年01月26日，<http://military.people.com.cn/n1/2018/0126/c1011-29787749.html>。

(一) 極音速滑翔飛行器

中國號稱發展世界上第一種實戰型極音速武器，其所採用的方式是「推進—滑翔」方式，其載具進入大氣層以極音速飛行時是無動力，即所謂「極音速滑翔飛行器」(Hypersonic Glide Vehicle, HGV)。其新一代彈道飛彈東風 17，射程可達 2,500 公里，若搭載此類彈頭，將大幅提升中國對於周邊地區軍事目標的打擊能力，同時西方飛彈防禦系統將很難攔截。2017 年時曾進行兩次試射，均成功命中目標。若擴展到更長程的東風 31/41 洲際彈道飛彈，就有可能將目標延伸至美、歐洲大陸。

(二) 先進飛彈系統

中國致力於長程、精準打擊武器發展，除戰略嚇阻能力，尚擁有傳統飛彈武力，包括東風 15 (CSS-6)、東風 11 (CSS-7)、東風 16 (CSS-11) 等短程飛彈；東風 21 (CSS-5) 中程飛彈，以及東風 26、東風 31 及 41 等遠程或洲際彈道飛彈，以及各種長程巡弋飛彈。更具代表性的是如東風 21D、東風 26 等可打擊海上大型目標如航空母艦的反艦彈道飛彈，雖然其效能仍被懷疑。此外，中國亦以終端彈道機動、匿蹤等方式，強化其飛彈彈頭生存性，使其更難攔截。在攻陸巡弋飛彈 (LACM)，包括鷹擊 63、長劍 20 (長劍 10 的空射型，射程達 1,500 公里)、攻地 88 等空射巡弋飛彈，數量約 200 至 300 枚。中國可能在開發更長程的巡弋飛彈的同時，也發展各型對地攻擊及砲兵精準武器。

(三) 反潛監測

中國近年不但建造新一代傳統柴電動力潛艦及核動力潛艦，也建立所謂「水下長城」，即在主要海域如南海及渤海灣等海域，以及第一島鏈重要海域部署「水下聲音監測系統」，被稱為中國版的「反潛聲納陣列系統」(Sound Surveillance System, SOSUS)。這套系統曾在 2016 年時「十二五科技創新成就展」展出，顯示其構建水下監測網的企圖，其目的毫無疑問是要偵測美國海軍潛艦在西太平洋的活動，除讓美軍在中國周邊的潛艦行動將會無所遁形，藉此保護其航空母艦戰鬥群及戰略飛彈潛艦在近海航行安全。

(四) 太空與反衛星作戰

中國正強化運用太空，其戰略支援部隊任務之一即為太空。2017 年中國在西昌衛星發射中心以長征二號丙火箭發射「遙感 30 號」第 3 組衛星，將遙感 30 衛星網組建完成，共有 13 枚衛星組成星群，類似美國海軍的海洋監視衛星系統，可透過電磁與光學等相關技術對美軍的全球行動進行嚴密監視，掌握美軍主要艦艇位置。遙感 30 號 01 及 02 組衛星也由長征 2 號丙運載火箭，均在 2017 年發射成功，²⁵分別由中國科學院微小衛星創新研究院和中國運載火箭技術研究院研

²⁵ <遙感三十號 03 組衛星發射 可監視美艦介入台海>，《聯合報》，2017 年 12 月 26 日，

製，測控任務由西安衛星測控中心、中國衛星海上測控部和北京航天飛行控制中心共同完成。

反衛星作戰是不對稱作戰的一種模式，中國已經部署了兩套公路機動反衛星飛彈系統，可能是 KT-1 和 KT-2A 固體燃料火箭，搭載 DN-1/2/3 彈頭，為一種動能殺傷攔截器 (Kinetic Kill Vehicle, KKV)，具備反衛星能力，覆蓋低中高三種軌道，因採用固體燃料，可機動部署及應急發射。中國也發展新一代運載火箭，可能為長征 9 號，可舉升 25 噸物體進入登月軌道，或舉升 70 噸物體進入近地軌道。

(五) 直接能及電磁武器

中國在直接能武器發展上正加快速度，2017 年中國科學院上海光機所「超強超短雷射」實驗裝置實現 10 拍瓦 (Petawatt) 輸出，可創造超強電磁場及超高能量，²⁶並計畫建造 100 拍瓦的設施。此一高能量的強雷射輸出，表面來看是為科學研究，但其技術也可轉用於軍事，並說明中國雷射裝置發展已有相當水準。中國也發展電磁軌道砲，並裝在 072III 型戰車登陸艦的前甲板上進行試驗，在此試驗上似領先美國。然而該武器顯然並非使用船艦本身主機提供電力，若中國未來水面艦艇主機能解決大量電力供應問題，就能實現艦砲反飛彈和超遠程水面精確打擊。

(六) 匿蹤戰機及轟炸機

中國在作戰飛機上有快速發展，成都飛機公司研發的殲 20 戰機已開始少量生產及服役，可能仍在進行小規模修改與驗證。該機採用前翼設計，具優異匿蹤外型，具有三個彈艙，可能使用中國自製的電子掃瞄雷達。另一瀋陽飛機公司負責發展殲 11B、殲 16，以及海軍的殲 15，其 FC-31 目前僅 2 架原型機，有報導指出解放軍對殲 15 不滿，可能另選艦載機。但 FC-31 目前並未被解放軍接受，仍僅是瀋飛所自行發展。²⁷中國自製戰機最大問題為發動機，不但限制其性能，甚至影響飛安。中國另發展運 20 運輸機，與 IL-76 類似，若順利服役，將提升中國武力投射能力，另外中國也傳聞在發展轟 20 大型匿蹤轟炸機，外型可能接近美國 B-2 轟炸機或是 X-47B 實驗機的放大版，亦可增加中國將打擊力量投射至西太平洋，不過技術挑戰必然甚高。

(七) 海軍新航空母艦、驅逐艦、兩棲突擊艦

中國海軍近年朝向藍水發展，除持續派遣艦艇遠赴亞丁灣參與護航行動，獲取遠洋作戰經驗外，也發展新式大型水面艦艇 055 型，配備垂直發射系統及大型相位陣列雷達，未來除獨自進行作戰外，可做為海軍航空母艦戰鬥群的護航艦使

<https://udn.com/news/story/7331/2895627>。

²⁶ <上海“超強超短激光”實現 10 拍瓦放大輸出>，《新華網》，2017 年 10 月 28 日，
http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/www.xinhuanet.com/mrdx/2017-10/28/c_136711400.htm。

²⁷ <殲 15 事故頻日媒曝艦載機缺陷>，《青年日報》，2018 年 7 月 8 日，
<https://www.ydn.com.tw/News/296002>。

用。中國自行建造的國產航艦已經下水，並已進行達 3 次海試，但似尚未有艦載機起降跡象。中國已在葫蘆島興城基地進行陸上彈射起飛試驗，顯示中國下一艘航艦有可能採用彈射系統，增加航艦作戰效率。但目前最大問題是艦載機，殲 15 戰機仿自俄 Su-33，性能仍不可靠。若不能解決艦載機問題，航艦將無法發揮作戰效率。另中國正建造 075 兩棲突擊艦，搭載約 30 架直升機，具直通式泛水甲板，可搭載氣墊登陸艇，排水量達 4 萬噸，建造數量可能為 3 艘。若建造完成，將對其兩棲登陸作戰模式造成極大改變。²⁸

（八）無人機發展

中國無人機已有長足化發展，並出售給中東國家。除軍用外，中國也已是民用無人機最大輸出國，其無人機型別多元，且可執行各種不同任務。在 2018 年 11 月於廣東珠海舉辦的「中國國際航空航天博覽會」（一般稱為珠海航展）展出多種無人機及無人飛彈快艇，另有「彩虹 7」匿蹤無人機，具極佳全翼匿蹤外型，據稱可用以穿透敵防空網，打擊高價值目標。其外型類似美 X-47B，日本媒體批評該機一望即知是盜竊智財權的成果。中國另也展出各種不同型式的集群式無人機系統。其中較大型的「蜂群」無人機系統，有大型的 MR-150 及小型的 MR-40 兩種，均為 4 軸式無人機，搭載反戰車火箭，可用以對敵地面目標進行集群式攻擊。另外也有具匿蹤外型的 JY-300 無人預警機，與彩虹 4 型大小相當，可進行長時間對空偵測及預警。除此之外，尚有多型具類似傾斜旋翼設計的無人機，應可供在船艦上操作。除此之外，中國已有多型大型無人機，如翔龍無人機，具有菱形機翼，可用於長程中繼目標標定；利劍無人機，亦採匿蹤外型，與彩虹 7 型外觀近似；多種中型無人機如彩虹 3、彩虹 91、92、901、刀鋒、ASN 系列等多種型式，可能多達數十種，甚上百種以上，然種類雖多，未必表示能如美軍中東戰場那般順利遂行作戰任務。

參、俄羅斯

俄羅斯受其地緣條件影響，國防向來將擴大防衛縱深，視為保護其國界安全之重要基礎，針對周邊各國採取不同策略來謀取其國家安全利益。在與北約對峙的西界，須防止接壤的烏克蘭、白俄羅斯倒向西方。在南方則交好土耳其與伊朗，並干涉敘利亞，同時透過政軍經合作維持在中亞之影響力。在遠東，持續以北韓無核化與北方四島等議題作為對日籌碼、藉由軍演與共同開發合作案來聯合中國對抗美日，同時也不忘維持對蒙古、北韓之雙邊關係牽制北京。

俄羅斯在冷戰後與美國之間的戰略制約基礎，不斷受到美國所開發之反飛彈防禦系統侵蝕，而北約東擴與中國軍事現代化，以及俄國自身戰略武器老舊，都為其防務帶來挑戰。再者，2014 年俄國占領克里米亞遭西方經濟制裁以來，俄國

²⁸ <可變身輕航母陸 075 兩棲攻擊艦年底亮相>，《中時電子報》，2017 年 10 月 25 日，
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20171025002814-260417>。

經濟動能趨緩，在投入資源受到限縮的情況之下，實現軍民兩用的戰略性武器現代化，發展「創新不對稱」能力成為當前最重要的課題。

一、俄羅斯國防政策

俄羅斯並沒有發表國防白皮書之慣例，然其與之功能相近的官方報告書，為不定期對外發布的《俄羅斯聯邦國家安全戰略》(National Security Strategy of Russian Federation)以及《俄羅斯聯邦軍事準則》(The Military Doctrine of Russian Federation)，同樣具有戰略方向擬定、指導國防建設方向之功能。兩者目前最新版本分別為《2014年俄羅斯聯邦軍事準則》²⁹以及《2015年俄羅斯聯邦國家安全戰略》。³⁰

《2014年俄羅斯聯邦軍事準則》將北約東擴視俄國主要的外部軍事威脅，尤其是外國部隊、反彈道飛彈系統之部署持續近逼其邊界，已成為首要考量。如何防止外部因素導致俄國社會與軍隊失序、確保戰略核武優勢，儼然成為軍備重點。《2015年俄羅斯聯邦國家安全戰略》明確點名美國及其盟國企圖干預俄羅斯內政與外交的獨立性，試圖藉著在政治、經濟、軍事、資訊四個方面圍堵俄國來維持西方對全球事務的主導權。俄國自認所處安全環境，正因大國對於天然資源的爭奪持續惡化，並特別指出北極為競爭重要區域。³¹此外，由於衛星裝備老化與火箭發射問題，2014-2015年俄羅斯長程彈道飛彈太空預警能力曾出現近一整年的缺口，一度被認為是重大國防危機。³²

為突破西方2014年以來在經濟與安全上的包圍態勢，俄羅斯未來國防資源的挹注將有兩大重點：一為以軍事工業發展帶動工業現代化與科技創新、注重軍民兩用之科技，並重振軍火出口。³³二於「戰略核三角」(nuclear triad)持續投入能量，為確保北約無法削弱其戰略打擊能力。

二、俄國軍事科技趨勢

2018年2月則通過《俄羅斯2018-2027武器綱要》(The Russian State Armament

²⁹ 2014年12月25日俄羅斯總統普丁簽署通過，俄文版參見

http://64.mchs.gov.ru/upload/site53/document_text/002/534/218/ihgiu.rtf。英文版參見 <https://rusemb.org.uk/press/2029>。

³⁰ 2015年12月31日俄羅斯總統普丁簽署通過，原版參見

<http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/l8iXkR8XLAtxeilX7JK3XXy6Y0AsHD5v.pdf>。

³¹ 呼應2013年2月20日俄羅斯總統普丁簽署通過的《2020年前俄聯邦北極地區發展戰略與國家安全保障戰略》(The Development Strategy of the Arctic Zone of Russian Federation and National Security for the Period Up to 2020)。英文版參見

<http://www.iecca.ru/en/legislation/strategies/item/99-the-development-strategy-of-the-arctic-zone-of-the-russian-federation>。

³² “Russia's Satellite Nuclear Warning System Down Until November,” *The Moscow Times*, June 30, 2015, viewed September 30, 2018, <https://themoscowtimes.com/articles/russias-satellite-nuclear-warning-system-down-until-november-47799>。

³³ 俄國2013-17年軍火出口相較於2008-12年，大幅衰退7.1%，參見“Trends in international arms transfers, 2017,” *SIPRI*, viewed March, 2018, viewed September 29, 2018 https://www.sipri.org/sites/default/files/2018-03/fssipri_at2017_0.pdf。

Programme 2018 – 2027)，³⁴該報告具體指出未來 10 年俄國軍備發展趨勢。³⁵俄國未來 10 年將投入 19.3 兆盧布（約 3570 億美元），按照《俄羅斯 2018-2027 武器綱要》來建設國防資源；其中除約 1 兆盧布用於建設軍事基礎設施，其餘全數投入研發採購與後勤維修。³⁶其中，戰略武器、極音速武器、戰略預警系統，更是重中之重。

（一）戰略武器

水下部分，「亞森」級（Yasen-class）與「北風之神」級（Borei-class 995A/995B）戰略核子潛艦將陸續服役。2025 年將可搭載 32 枚巡弋飛彈的 885 型「亞森」級（Yasen-class）多用途攻擊核潛艦，從現有的 1 艘增加至 7 艘。2024 年後，「北風之神」A 型（995A）與「北風之神」B 型（995B）戰略核子潛艦將從現有 3 艘提升到 8 艘，每艘搭載 16 枚「布拉瓦」潛射洲際彈道飛彈（Bulava，北約代號：SS-N-32）；單枚布拉瓦飛彈可攜帶威力達 150 千噸黃色炸藥的多目標核彈頭或 10 枚極音速彈頭，也就是說每艘北風之神潛艦將能發射 160 枚高超音速武器，確保美國飛彈防禦系統無法攔截；其中一半或將部署在太平洋艦隊。

空中部分，未來 10 年將量產 Tu-160 轟炸機來維持戰略投射能力。原本備受矚目的匿蹤轟炸機 PAK-DA 受限於預算，其量產將延至 2027 年後。此外，30 架服役中的 Tu-22 M3 逆火式（Backfire）超音速轟炸機，也將於 2020 年前升級為 Tu-22 M3M。Tu-95MS 熊式（Bear）戰略轟炸機以及 Tu-160 海盜旗（Blackjack）戰略轟炸機，則將進行發動機、電戰系統與武器裝備升級，並配備彩虹設計局（Raduga）發展的，具匿蹤外型的新式 Kh-101/ Kh-102 巡弋飛彈。

長程巡弋飛彈方面，主要是以射程 4,500 至 5,500 公里的 Kh-101 巡弋飛彈逐漸汰換射程 3,000 公里的舊型 Kh-55 巡弋飛彈，能夠搭載核彈頭的版本 Kh-102，也將取代原有的 Kh-555。

洲際彈道飛彈方面，可攜帶 3-6 枚核彈頭的「亞爾斯」洲際彈道飛彈（Yars/RS-24），最遠射程可達 11,000 公里，目前 73 枚已陸續服役，預計將在下一個十年完全取代「白楊」（Topol）與「白楊 M」（Topol-M）洲際彈道飛彈。而原本倍受矚目、以陸基鐵路系統發射的「邊界」洲際彈道飛彈（Rubezh/RS-26）研發計畫，則因經費遭「先鋒」極音速飛彈排擠，遭延後至 2027 年。³⁷第五代重型液態燃料

³⁴ Арматы, “Сарматы' и 'Цирконы': каковы приоритеты госпрограммы вооружения до 2027 года,” TASS, January 30, 2018, viewed September 30, <https://tass.ru/armiya-i-opk/4911274>。

³⁵ 根據儘管掌管國防工業的俄羅斯副總理羅戈辛（Dmitry Rogozin）的說法，這份每 5 年出版一次的報告，原訂於 2016 年完成，礙於 2014 年俄羅斯遭西方經濟制裁、石油價格下跌等因素影響，遲至今年才出版，參見“‘What froze Russia-NATO council and how a missile dispute impacts sanctions,’” TASS, 2018 February 26, viewed September 29, <http://tass.com/pressreview/991544> 以及“‘Putin signs new State Armaments Programme,’” Jane’s 360, 2018 February 28, viewed September 29, <https://www.janes.com/article/78235/putin-signs-new-state-armaments-programme>。

³⁶ “The Russian State Armament Programme 2018 – 2027,” NATO Defense College, May 3, 2018, viewed 2018 September 29, <http://www.ndc.nato.int/news/news.php?icode=1167>。

³⁷ “Avangard hypersonic missiles replace Rubezh ICBMs in Russia’s armament plan through 2027,”

戰略飛彈「薩爾馬特」(Sarmat/RS-28)，重 200 噸，投射重量 10 噸。³⁸2017 年 12 月完成首次試射、2018 年進行多次發射實驗，預計最遲 2021 年服役。2018 年 3 月 1 日普丁在國情咨文中，即曾提到「薩爾馬特」飛彈。³⁹

(二) 先進極音速武器

莫斯科企圖將極音速飛彈類型與數量多元化，來抵銷美國近年來藉飛彈攔截系統所帶來之戰略優勢。對於各國現有防空系統來說，大氣飛行速度 20 馬赫的「先鋒」先進極音速飛彈 (Avangard)、10 馬赫的「匕首」先進極音速飛彈 (Kinzhal/KH-47M2)、8 馬赫的「鋁石」先進極音速反艦飛彈 (Zircon)，⁴⁰皆難即時防禦。俄國宣稱「先鋒」不僅能躲避戰略衛星偵測，還能實施精準打擊。⁴¹

(三) 戰略預警系統

目前服役中的「聶伯」(Dnepr) 飛彈預警雷達共設置於四處：西伯利亞的伊爾庫斯克 (Irkutsk)、哈薩克的巴爾喀什 (Balkhash)，北極圈內的莫曼斯克 (Murmansk) 和克里米亞的塞凡堡 (Sevastopol)，其中塞凡堡一處年久失修。俄羅斯當局改設新型「沃羅涅日」長程飛彈預警高頻雷達系統 (Voronezh-SM)，偵測高度達 8000 公里，偵測範圍最遠 6000 公里，可加強防衛縱深。俄羅斯全境「沃羅涅日」雷達的部署數量由 2017 年的 4 具提高到 2018 年底的 10 具，算是完成「沃羅涅日」雷達網之初步建置。未來隨著部署地點增加，俄國本土的長程飛彈預警系統將更加完備。⁴²

在未來十年內，俄國下一代全球長程彈道飛彈預警衛星網「統一太空系統」衛星系統 (ESK Satellite System，以下簡稱 ESK 衛星系統) 能否順利取代陸續退役的「眼睛」衛星系統 (Oko Satellite System)，將是莫斯科所關心的國防重點項目。⁴³由俄「彗星中央科學研究院」(TsNIKOMeta) 研製的 ESK 衛星，屬於「凍原軌道衛星」(Tundra Orbit)，⁴⁴能在敵方彈道飛彈起飛後迅速偵測，並預先計算

TASS, March 22, 2018, viewed 2018 September 30, <http://tass.com/defense/995628>。

³⁸ “Russia preparing Plesetsk spaceport infrastructure for Sarmat ICBM flight tests,” TASS, July 20, 2018, viewed September 30, 2018, <http://tass.com/defense/1014234>。

³⁹ 《俄國防部完成洲際彈道導彈「薩爾馬特」的系列彈射試驗》，《俄羅斯衛星通訊社》，2018 年 7 月 18 日，<http://big5.sputniknews.cn/military/201807181025912696/>。

⁴⁰ “Russia’s hypersonic Zircon anti-ship missile reaches eight times speed of sound,” TASS, April 15, 2017, viewed September 30, 2018, <http://tass.com/defense/941559>。

⁴¹ “US intelligence reports: Russia’s new hypersonic weapon will likely be ready for war by 2020,” CNBC, May 15, 2018, viewed September 30, 2018, <https://www.cnbc.com/2018/05/15/russia-hypersonic-weapon-likely-ready-for-war-by-2020-us-intel.html>。

⁴² “Ideal Place’: Russia to Deploy Next Gen Missile Warning Radar in Crimea,” *Sputnik International*, August 19, 2017, viewed September 30, 2018, <https://sputniknews.com/russia/201708191056602007-russia-crimea-radar/>。

⁴³ ESK 為俄文「ЕдинаяКосмическаяСистема」之縮寫，意思為「統一太空系統」。

⁴⁴ 凍原軌道衛星有著較高傾角、高橢圓的地球同步軌道，軌道周期為一個恆星日 (Sidereal Day)，具有「遠地點駐留」(apogee dwell) 的特性，參見 <http://www.americaspace.com/2013/10/18/sirius-rising-proton-m-ready-to-launch-digital-radio-satellite-into-orbit/>。

其飛行軌跡參數與打擊地點，並同時透過戰鬥指令傳輸系統，將反擊命令迅速發布給負責防禦的反彈道飛彈部署基地，爭取有效反制之時間。⁴⁵2012 至 2017 年間，北約已知俄羅斯發射的軍事衛星共有 55 枚，其中多半是汰舊換新。俄國第一顆 ESK 衛星於 2015 年 11 月被送入軌道，俄國官方宣布將在 2021 年完成至少 10 枚 ESK 衛星發射，完成 ESK 衛星系統初步建置。然而北約觀察，由於發射進度落後，建成時間點可能延後。⁴⁶

（四）新一代作戰飛機

俄羅斯空軍作戰飛機發展已落後美國，甚至中國。其新一代戰機已命名為 Su-57，已進行多次試飛，具有一定程度匿蹤設計，並具有機腹彈艙。但與美國的 F-22、F-35 或是中國的殲 20 戰機相較，顯然在減少雷達反射截面積設計上較不出色。目前俄羅斯僅小規模採購，有報導指俄羅斯官方承認該型機失敗，不確定該機是否會進入量產。⁴⁷俄羅斯仍在採購 Su-30SM，其數量甚至較 Su-35 多，可能反映其預算不足窘況。不過也有報導稱，俄正尋求建造新航空母艦，並發展新戰鬥機，有可能類似 F-35，具備垂直／短場起降技術。⁴⁸

肆、北約各國

自蘇聯解體以來，原先以對抗蘇聯華約集團為其核心使命的北大西洋公約組織(North Atlantic Treaty Organization, NATO)之定位開始轉變，其所處的安全環境變得極為多元且複雜。不論是在巴爾幹地區及阿富汗的維和工作，還是 911 事件等，皆顯示當前北約面對的安全環境不同於以往。

冷戰結束後北約的戰略思想經歷三次轉變，1991 年時開始透過與過去對手的合作擴大與改善歐洲的安全，並減少核武運用；1999 年時的戰略構想則藉由廣泛的安全定義，重視政治、經濟、社會與環境等層面，面對後冷戰時期包含恐怖主義、種族、人權、經濟及大規模毀滅性武器的擴散等新時代威脅。911 事件之後，恐怖主義與大規模毀滅性的威脅成為重中之重，北約再次調整其結構與能力。2010 年里斯本峰會中提出的「主動接觸、現代國防」(Active Engagement, Modern Defence)，為目前北約的核心戰略概念，並延伸出三大核心任務「集體防衛」(collective defence)、「危機管理」(crisis management) 及「合作性安全」(cooperative security)。

近年包含敘利亞內戰及烏克蘭危機等事件影響，西方與俄羅斯的關係日趨惡

⁴⁵ “Russia’s Soyuz launches EKS Missile Warning Satellite, ends Year-Long Military Launch Gap,” *Space Flight 101*, May 25, 2017, viewed September 30, 2018, <http://spaceflight101.com/soyuz-successfully-launches-second-eks-satellite/>。

⁴⁶ “The Russian State Armament Programme 2018 – 2027,” p.5, NATO Defense College, May 3, 2018, viewed September 29, 2018, <http://www.ndc.nato.int/news/news.php?icode=1167>。

⁴⁷ “Russia Basically Just Admitted Its Next-Generation Stealth Fighter Is A Failure,” *Business Insider*, July 13, 2018, <https://taskandpurpose.com/su-57-stealth-fighter-failure/>。

⁴⁸ “Russia Wants New Aircraft Carriers and a New Fighter Jet That Has Something in Common with the F-35,” *National Interest*, September 14, 2018, <https://nationalinterest.org/blog/buzz/russia-wants-new-aircraft-carriers-and-new-fighter-jet-has-something-common-f-35-31247>。

化，然而在歐洲長時間裁軍與縮減國防預算情況下，美國開始敦促歐洲各國增加軍費支出。在 2014 年的北約威爾斯高峰會中，各國達成設立快反部隊「高度戰備聯合特遣隊」(Very High Readiness Joint Task Force, VJTF) 及各國將逐步提高國防預算至 GDP 的 2%，其中 20% 費用投入主要裝備投資等各項協議以應對當前問題。然而在軍事投資上各國的進展不一，美國川普總統上任後更對此加強施壓，如於 2018 年 7 月的北約布魯塞爾高峰會上要求盟國將軍費提高到該國 GDP 的 4%，並引發內部的不和諧。然而在內外的不同壓力之下，北約各國在軍事科技上仍各擅勝場，持續推出新技術與優異裝備，本報告將近期美國以外北約國家的軍事科技發展集中於此節呈現。

一、北約防衛政策

北約透過諸如個人自由、民主、人權、法制等共同價值觀為基礎，確保其成員國之安全；除了捍衛領土之外，在必要時投射價值至外部，管理與預防危機，穩定衝突結束後之情勢並支援重建。然而其安全政策必須隨著當前複雜的安全形勢不斷變化；如同前述 2010 年的戰略原則，北約目前的三個核心任務主軸仍將傳統的集體防衛放在首位，這項任務在近年北約與俄羅斯關係惡化後更形重要。集體防衛代表當對其中一個盟友的攻擊等於對所有成員國的攻擊，這項原則載於北約成立的「華盛頓條約」(Washington Treaty，又稱「北大西洋公約」North Atlantic Treaty) 第五條，該條文並在 911 事件後首次被援用。除此之外，北約在後冷戰時期有過多次集體防禦行動，並在 2014 年針對俄羅斯兼併克里米亞及因應伊斯蘭國等威脅加強集體防禦，增設多國快反部隊並前進部屬至波羅地海國家及羅馬尼亞等地；2016 年之後更將網路防禦視為其新的任務場域之一。

二、北約的軍事科技趨勢

北約近期的軍事科技發展，除具有歐洲特殊的地緣政治需求、也反映歐洲的國防需要。另外，由於對未來戰場的預測有其相似性，並需考量與美國的協同作戰，北約各國在軍事科技上的發展也可尋得與美俄等強權接近的脈絡。近期歐洲國家科技的若干趨勢如下：

(一) 下一代戰機

當前歐洲「六代戰機」的概念已逐漸地浮上檯面。若干軍事工業公司或集團，例如：貝宜集團(BAE System)與瑞典 SAAB，及法德兩國的航空工業等目前皆有類似構想，強調整合的「未來空中戰鬥系統」(future combat air system, FCAS)概念。2018 年 7 月在英國法茵堡航空展 (Farnborough Airshow) 所展出由貝宜聯合多家廠商推出的「暴風」戰鬥機概念即是一最佳範例，運用無人駕駛、人工智慧控制、與機器學習打擊目標、甚至與無人機系統等聯合等最新科技趨勢，讓未來的戰機不再僅是單一戰機，而是融合包括有人與無人等裝備在內的「系統」。貝宜的設計保留雙垂直尾翼，主翼則採用類似三角翼的概念，機翼後緣有雙重後掠

角，並採用雙發動機。若干軍事武器科技評論其比較類似歐洲版的五代半戰機。

然而，該戰機的先進之處不在於它的外型，而是其整體航電及武器設計，以及生產與後勤補給等。貝宜公司便指出，其未來戰鬥機的概念應該包括先進動力及推進系統、自動化地面支持系統、數位化生產程序及自動化機器人等設計與元素。在機體上則是先進無線射頻感測器、新一代飛控系統、平衡的可生存性設計、分散式多重光譜感測器、整合式感測器及下一代反制措施、以及擴增實境（Augmented Reality）座艙等等。

英國是接著法國與德國的計畫與合作發展新戰機之後，第二個提出新一代戰機的歐洲國家。近年英法開始共同開發 FCAS，然由於英國在 2016 年決定脫歐而無以為繼，法國與德國因此決定共同開發下一代戰機；⁴⁹而英國和義大利曾經在龍捲風戰鬥機、颱風戰鬥機、及 F-35 戰鬥機等計畫上有過緊密的合作，許多軍事科技公司與集團認為貝宜公司這樣的合作發展構想，應該可以獲得歐盟的支持，推出暴風式戰機，並認為可能爭取到包含瑞典、日本、土耳其等其他盟國支持計畫。貝宜的暴風戰機研發團隊包括 MBDA 所提供空載雷射武器概念，李奧納多在蘇格蘭的研究工廠除進行雷射研究之外，也投注發展無人機控制的技術，勞斯萊斯則準備發展下一代的動力系統。而法德方面的 FCAS 則在 2018 年 4 月柏林航展上正式簽署協議由法國達梭（Dassault）與德國方面的空中巴士集團合作進行，並由法德國內多家航空、電子與發動機等企業參加進行合作；⁵⁰然法德合作的計畫目前仍不若貝宜的暴風機計畫般，已展出等比例的概念模型。保守來看，這些北約國家所計畫合作研發的第六代戰機仍須十餘年以上的研發、測試才可能實際進入量產服役，故而各計畫的合作與構形仍可能在未來經歷多次變更。

相較於著眼未來戰場的第六代戰機計畫，同屬北約國家的土耳其的第五代匿蹤戰機 TFX 計畫案已開始多年。從目前公佈外型看，為具有相當程度匿蹤設計之雙發重型戰鬥機，土耳其方面於 2018 年 10 月 31 日並決定採用美國通用電氣（General Electric）的 F110 引擎。⁵¹

⁴⁹ Pierre Tran, "France and Germany agree to jointly build new generation fighter jet," *Defense News*, July 14, 2017, <https://www.defensenews.com/air/2017/07/14/france-and-germany-agree-to-jointly-build-new-generation-fighter-jet/>。

⁵⁰ "Dassault Aviation and Airbus join forces on Future Combat Air System," Dassault Aviation, April 25, 2018, <https://www.dassault-aviation.com/en/group/press/press-kits/dassault-aviation-airbus-join-forces-future-combat-air-system/>。

⁵¹ BurakEgeBekdil, "General Electric beats Rolls-Royce to power Turkey's indigenous fighter jet," *Defense News*, October 31, 2018, <https://www.defensenews.com/industry/2018/10/31/general-electric-beats-rolls-royce-to-power-turkeys-indigenous-fighter-jet/>。



圖 1-5、法國達梭公司展出的新一代戰機概念 NGF

資料來源：Dassault，

<https://www.dassault-aviation.com/en/group/news/euronaval-2018/>。

（二）強化傳統裝甲部隊

近年由於來自俄羅斯的威脅增加，加以俄國新式的 T-14 Armata 戰車的研發，使得北約歐陸各國雖然擁有如豹 II (Leopard 2)，雷勒克 (Leclerc) 等高性能主力戰車，裝甲部隊仍有提升的必要。德國克勞斯—馬費—威格曼 (Krauss-MaffeiWegmann, KMW) 與法國 NEXTER (原 GIAT 地面武器工業集團) 兩大地面武器公司所合組的 KNDS (KMW+Nexter Defense Systems) 在 2015 年成立，以開發德法下一代主力戰車為目標。雖然在 2018 年歐洲防務展 (EuroSatory 2018) 中曾展出以豹 II 車體結合雷勒克砲塔的混合戰車，然此款車僅為概念，而非實際產品。⁵² 同時德國萊茵金屬 (Rheinmetall) 公司亦於 2016 年時宣布其正在研發下一代 130 公厘滑膛戰車砲，預估其發射穿甲彈的穿甲能力比現有 120 公厘/55 倍徑戰車砲多出 50%，能有效對抗俄國的新式主戰車。⁵³ 此外，北約各國目前亦有多種主動防禦系統 (Active Protection Systems, APS) 推出，以對抗現代戰場極度發達的反戰車武器。

除了重達 60-70 噸的西方高性能主戰車外，北約各國近來亦持續有廠商研發重量較輕的戰車，以因應可能難以操作主力戰車的作戰地形。除早先瑞典 CV-90 衍生之搭載戰車砲的版本外，2018 年歐洲防務展中與奧地利、西班牙合作研製的 ASCOD 等步兵戰鬥車亦推出衍生之中戰車，土耳其 Otokar 也推出一搭載 105mm 戰車砲、可使用砲射飛彈的 TULPAR 輕戰車。⁵⁴ 另外，萊茵金屬公司針

⁵² Nicholas Fiorenza, "EuroSatory 2018: KNDS presents joint Franco-German tank demonstrator," *Jane's 360*, June 13, 2018, <https://www.janes.com/article/80889/eurosatory-2018-knds-presents-joint-franco-german-tank-demonstrator>。

⁵³ "EuroSatory 2016: Gun for future tanks," *Jane's 360*, June 13, 2016, <https://www.janes.com/article/61205/gun-for-future-tanks-es2016d1>。

⁵⁴ "EuroSatory 2018: Latest innovations in tracked and wheeled armored vehicles," *Army Recognition*, June 21, 2018, https://www.armyrecognition.com/eurosatory_2018_official_news_online/eurosatory_2018_latest_in

對機械化步兵市場需求推出了該公司宣稱第一款針對未來戰場設計的步兵戰鬥車 KF-41 Lynx，在設計時就納入高度模組化概念，以針對不同的需求更換其裝備，同時在防禦面上亦考量對簡易爆炸裝置（Improvised Explosive Devices, IED）等武器的防禦，以及搭配主動防禦系統等設備。該公司正以此積極參與美國正在進行的下一代戰鬥車輛（Next-Generation Combat Vehicle, NGCV）計畫。

（三）歐洲無人載具與反無人機技術

歐洲在小型無人機上有一定發展之外，在大型飛行無人機方面，當前值得注意的已發展一段時日的大型匿蹤戰鬥無人機，如法國達梭公司過去開發的 Neuron 及英國的 Taranis 等，並持續與各國廠商合作發展下一代無人戰鬥空中載具（Unmanned Combat Air System, UCAS）。2018 年 10 月下旬該公司在歐洲海事防務展（Euronaval 2018）中除了展出下一代戰機 NGF 外，亦表明無人空戰系統將可能與有人戰機連結；⁵⁵空中巴士（Airbus）集團亦於 2018 年 9 月測試無人機與有人飛機的整合。⁵⁶除了航空系統之外，地面無人載具 UGV（unmanned ground vehicle, UGV）亦是當前積極發展的領域之一，其中包含愛沙尼亞 Milrem 自行研製以及其與歐洲各國廠商共同研發的系統在內，目前已可見到多種無人地面載具產品，並能涵蓋偵、監、後勤，甚至搭載武裝與敵人交戰等任務。雖目前對於無人機、甚至 AI 操控無人機搭載武器攻擊等領域仍有道德與倫理上的疑慮與討論，然目前此領域的發展仍然十分蓬勃。

與無人載具相對的，則是反無人機技術。由於當前各種高價精密以及小型廉價的無人機受到大量採用，已可預見其將成為未來戰場上的其中一支主角之一。其中小型無人機具隱密性、廉價，如能發展集群式攻擊技術，則除了能進行精密複雜的任務外，龐大數量與其低廉造價，將使得以防空飛彈攻擊在成本效益上極度不划算。萊茵金屬公司的 Skyranger 防砲車以及 MBDA 的 CAMM（Common Anti-Air Modular Missile）飛彈即考量了對抗小型無人機的需求。但除此之外，目前已有各種專門對抗無人機的方式出爐，例如藉由「干擾槍」以發送干擾訊號、切斷無人機與控制機構的連線；除了以切斷敵對無人機控制訊號的方式進行干擾外，亦有廠商開發專門用於捕捉無人機之無人機系統。

（四）歐洲下一代海上作戰系統

除了陸空裝備外，北約主要國家的海上裝備目前也正開始進行下一階段裝備更新。當前焦點為英國的「全球作戰艦」（Global Combat Ship）⁵⁷，「全球作戰艦」由貝宜公司發展，為一高度模組化、具多任務彈性及升級空間的大型巡防艦，並

novations_in_tracked_and_wheeled_armored_vehicles.html。

⁵⁵ “Dasault Aviation Presents Rafale Successor Concept At Euronaval Exhibition,” *Defense World*, October 24, 2018. <http://www.defenseworld.net/news/23559#.W-Pq25MzaUk>。

⁵⁶ “Airbus conducts MUT test flights,” *Shephard Media*, October 4, 2018, <https://www.shephardmedia.com/news/uv-online/airbus-conducts-mut-test-flights/>。

⁵⁷ 英國海軍給予其所採用的版本 Type 26 級巡防艦之型號名稱。

已獲澳洲及加拿大青睞。除此之外，英國海軍尚在計畫另一較小型的 Type 31e 型巡防艦，然其仍在接受各方初期投標之階段，仍有極高不確定性。

法國除近年與義大利合作的 FREMM 巡防艦外，目前正在進行 FTI 中尺寸巡防艦的研發，此約 4000 噸級的模組化多功能巡防艦預計，將取代剩餘的拉法葉級 (Classe La Fayette)。2018 年 10 月的歐洲海事防務展展出的 FTI 巡防艦已重新設計外型增加匿蹤能力，並將高度數位化，藉各種先進的智慧模組及感測器為核心，設置數位戰中心遂行系統管理及內部保護。⁵⁸法國在該展會場也宣布開始新式航艦計畫的研究階段，此艦未來將搭配目前研發中的次代戰機，用以取代目前服役中之戴高樂號航艦 (Charles de Gaulle)，然而此型艦艇的雛形仍待法國方面研究。⁵⁹德國當前也正在進行下一代多用途作戰艦艇 MKS 180 的競標工作，預計將可能造出較現有薩克森級 (F124 Sachsen Klasse) 巡防艦更大型的主戰艦艇，並預計加強網路安全等考量。但由於先前 F125 級巡防艦的建造問題，使德國海軍宣布其造船巨擘蒂森·克魯伯海洋系統 (Thyssen Krupp Marine Systems) 與呂森 (Lürssen) 必須退出競標，為其他可能的歐洲各地競爭者敞開大門。⁶⁰

此外，如同日本將在接下來的新型柴電潛艦中使用鋰電池一般，法國海軍集團 (Naval Group) 於 2018 年 10 月下旬宣布研發成功高性能與高安全性，可供傳統柴電潛艦運用的鋰離子 (Lithium-ion) 電池，提供兩倍的能量以及更短的充電時間。潛艦用鋰離子電池技術如發展成熟，將能透過更長的操作時間以加強其隱蔽能力與作戰範圍，大幅增加柴電潛艦戰力。⁶¹該集團並推出十分前衛的 SMX31 電力驅動潛艦概念艦，該艦由鋰電池供電，取消帆罩、擁有一獨特、受抹香鯨外型影響而設計的船體，將槳葉置於船的兩側，並搭配大量武裝及無人載具，然其構想與設計在實際發展及操作上的效益仍有待驗證，短期內難以成為實際服役的作戰系統。⁶²

⁵⁸ Luca Peruzzi, "Naval Group details FTI capabilities and programme development," *European defence review*, October 28, 2018, <https://www.edrmagazine.eu/naval-group-details-fti-capabilities-and-programme-development>。

⁵⁹ Xavier Vasseur, "Euronaval 2018: France Officially Launches Aircraft Carrier Renewal Program," *Navy Recognition*, October 23, 2018, <https://www.navyrecognition.com/index.php/news/naval-exhibitions/2018/euronaval-2018/6594-euronaval-2018-france-officially-launches-aircraft-carrier-renewal-program.html>。

⁶⁰ "Thyssenkrupp und Lürssen gehen bei Bundeswehrauftrag leer aus," *Spiegel Online*, March 2, 2018, <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/kampfschiff-mks-180-thyssenkrupp-erhaelt-keinen-bundeswehr-auftrag-a-1196136.html>。

⁶¹ "Introducing Naval Group's new Lithium-ion batteries system for submarines," *Navy Recognition*, Oct. 24, 2018, <http://www.navyrecognition.com/index.php/news/naval-exhibitions/2018/euronaval-2018/6625-introducing-naval-group-s-new-lithium-ion-batteries-system-for-submarines.html>。

⁶² H I Sutton, "SMX-31 future submarine concept: 'The Electric,'" *Covert Shores*, October 31, 2018, <http://www.hisutton.com/SMX-31.html?fbclid=IwAR0Z6Nhr5hNc30Ozt43EtmRPCKLFaGNSqNuLWK1oJ3FXE9vO1mzi3lCyyEc>。

小結

本章介紹世界各主要國家，包括美國、中國、俄羅斯以及北約軍事科技發展趨勢。其中，美國仍是世界軍事科技最先進國家，美國也是民主國家兵工廠，其武器、裝備、彈藥或是軍事技術，多輸出其盟國及友邦。其中，台灣也以美製武器為主要作戰裝備。川普總統上任後強調發展軍備，確立「美國優先」，以因應中國及俄羅斯挑戰。因此，具備先進科技的武器裝備發展有復甦之勢。然而，美國也在改革國防採購體系，以加快採購速度，並減低成本，目的亦是強化軍備。

其他國家科技亦不容忽視，各國均針對其戰略環境及作戰需要，運用適當技術，發展適合其國情的武器系統。中國、俄羅斯傳統武器載台技術如飛機、水面艦等仍然落後美國，雖有創新概念，部分科技仍受限制，主戰裝備發展尚無法挑戰美國。因此，研發武器裝備主要方向，在於創造對美國及西方精良武器備的不對稱優勢，如彈道飛彈、巡弋飛彈及先進極音速武器，這已構成對美國及其盟國的挑戰。