



FOCUS

專題報導

● 作者/Christian Brose ● 譯者/周敦彥 ● 審者/黃依歆

新一代軍事事務革新

The New Revolution in Military Affairs: War's Sci-Fi Future

取材/2019年5-6月美國外交事務雙月刊(*Foreign Affairs*, May-June/2019)

人工智慧等科技將澈底改變戰爭的方式，但不會改變其本質。

(Source: US Army/David Vergun)

美軍建軍的基本假設在於自身永遠具有優勢，然集中投資並更新少數大型軍事載臺的作法，已不符未來的軍務革新趨勢，因此革新關鍵在於採用以量取勝的分散式系統，建立廉價有效的擊殺鏈，才是符合科技趨勢及對抗主要敵人的解方。

1898年，一位名叫布洛赫(Jan Bloch)的波蘭銀行家暨無師自通的軍事專家出版了《戰爭的未來》(*The Future of War*)乙書，這是他長期著迷於現代科技對戰爭影響的成果。布洛赫以令人驚嘆的先見之明預知無煙火藥、改進的步槍及其他新興科技，將如何顛覆對於戰爭性質與戰爭遂行的當代思維（然而布洛赫卻也犯了一個大錯：他認為現代戰爭的大規模屠殺將可怖到戰爭「變得不可能發生」）。

布洛赫所預見的即所謂「軍事事務革新」(Revolution in Military Affairs, RMA)——新科技的出現具有強大的破壞性，以致於超越了現有的軍事構想和能力，因此必須重新思考應如何、以何種工具，且由誰來遂行戰爭。這場革命今日正在上演。人工智慧、自主系統、無所不在的感測器、先進製造及量子科學等，將如同布洛赫所著迷的科技般徹底改變戰爭。然而，美國政府對如何運用這些新科技的思維並沒有趕上科技發展速度。

這特別令人不安，因為自1992年美國國防部官員首次警告即將發生「軍事科技革新」以來，華府就不斷疾呼改革，卻一直未能實現。這場所謂革命起源於1980年代蘇聯軍事計畫人員所稱的「偵察打擊複合體」(reconnaissance-strike complex)，隨後該革命在1990年代名為「網狀化作戰」、





2002年美國國防部長倫斯斐(Donald Rumsfeld)稱之為「轉型」(transformation)，而2014年國防部副部長沃克(Robert Work)則定調為「第三次抵銷戰略」(third offset strategy)。以上的基本概念都維持不變：新興科技將使全新的偵攻戰鬥網路得以立即加快偵測、目標標定及打擊威脅的進程，軍方稱之為「擊殺鏈」。

在2001年之後近二十年的戰爭中，未來軍事革新的想法變得不可信，因為在2011年起，國防開支的削減更進一步損害了此一理念。但在過程中，美國還浪費了數千億美元，試圖以錯誤方式實踐現代化。華府當初未能以系統性思考來購置更快速有效的擊殺鏈(若有，現在可能就已建立)，而是將經費用來更新舊有的軍事載臺，並祈求科技奇蹟的發生(當這些奇蹟沒有發生時，武器獲得通常就成為災難)。結果是美國的作戰網路並沒有表面上如此快速有效，原因在於美國近三十年以來一直都在與次要的敵人作戰，。

如果談到應該要認真面對即

將到來軍事事務革新的時機，那就是現在。目前形成的共識是，美國最優先的國防計畫重點應該是與擁有先進軍隊的大國競爭，主要是中共，而曾經迷人但危險的新科技，目前在未來的軍事優勢上是真實且不可或缺。高階軍事領導人與國防專家也開始同意(儘管他們太慢承認)，當美國面對這些威脅時，現正處於危險的落後階段。

此一現實不僅僅需要科技上的革新，更需要思維上的革命。而這種思考必須更著重於美軍作戰方式而非其所使用的武器裝備。問題不在於國防經費不足，而是美軍目前被擁有戰略優勢的對手所反制。換句話說，美國正在打一場註定會輸的比賽。因此，問題不在於新科技如何提升美軍已經具備的能力，而是新科技如何能使美軍以新的方式遂行任務。如果國防官員不回答這個問題，則軍事事務革新仍會發生，只是獲益者將是其他國家。

美國仍有可能適應並取得成功，但所需的改革規模是浩大的。美國軍事力量的傳統模式

正在瓦解，就像百視達(Blockbuster)的商業模式在亞馬遜(Amazon)與網飛(Netflix)出現後一樣。由少量大型、昂貴、編員眾多、難以替換的系統所組成的軍隊，將無法在未來戰場上生存，在這些戰場上，成群的智慧機器將以前所未有數量和更快速度遂行攻擊。成功將需要一種不同類型的軍力，以大量的小型、廉價、可消耗及高度自主系統為主。美國擁有建構這類軍隊的資金、人力資本和科技，問題在於是否具有想像力和決心。

新科技·老問題

人工智慧和其他新興科技將改變戰爭方式，但是不會改變戰爭本質。無論是使用長弓還是電腦原始碼，戰爭總是暴力、具政治動機，並由移動、射擊與通信所組成——這是新兵在基礎訓練中必學的三個基本功。

戰爭中的運動需要隱藏與尋找(攻擊者試圖逃避偵測；防禦者嘗試偵測)，突穿與擊退(攻擊者試圖進入敵人空間；防禦者試圖阻止其進入)。但是當整個世界都在成為一個巨大感測

器時，隱藏與突穿(在戰爭中從來都不容易)即使不是不可能，也會更加困難。2016至2021年間，連上網路的設備(即所謂的物聯網)所產生的數據量增加了三倍。更重要的是，低成本商用感測器的激增，能夠從更遠距離，更精確偵測到更多事物，已然提供前所未有的全球即時監控能力。這在太空中尤其如此。在過去，發射衛星的高昂成本使得衛星規模龐大、昂貴，以及設計用在軌道上運行數十年之久。但是隨著進入太空的成本愈來愈便宜，衛星變得很像行動電話——大量生產的設備，使用幾年後就汰換。商業航太公司已經發射了數百顆小型、廉價的衛星。很快地，將會有成千上萬顆這樣的衛星，對全世界進行不間斷的監視。匿蹤科技只是在苟延殘喘。

目前最頂尖的感測器：量子感測器，其利用次原子粒子的奇異特性，例如它們能夠同時位於兩個不同的位置，最終可以探測到環境中的干擾，諸如飛機周圍空氣或潛艦周圍海水的位移。量子感測器可能是量子科學第一個有用的實際應

用，而這項科技還需要多年的發展時間。但是一旦量子感測器投入使用，任何目標都將無處可藏。

歷經數十年趨勢都朝著重質不重量的反方向發展後，未來戰場上運動會回歸到以量取勝的特徵，因為科技將能使更多的系統移動，並在更多不同地方保持移動的狀態。無處不在的感測器將產生呈指數型成長的大量數據，進而推動人工智慧的發展和運用。隨著機器的自主性提高，軍方將能夠以更小型與更低成本方式運用更多的機器。電力的產生與儲存與超音速推進的新發展，將使這些較小型的系統能夠比以往飛得更快更遠。例如，以前是部署一艘驅逐艦，而在不久的將來，就能看到數十艘類似飛彈駁船的自主艦艇，隨時準備在目標出現時進行打擊。

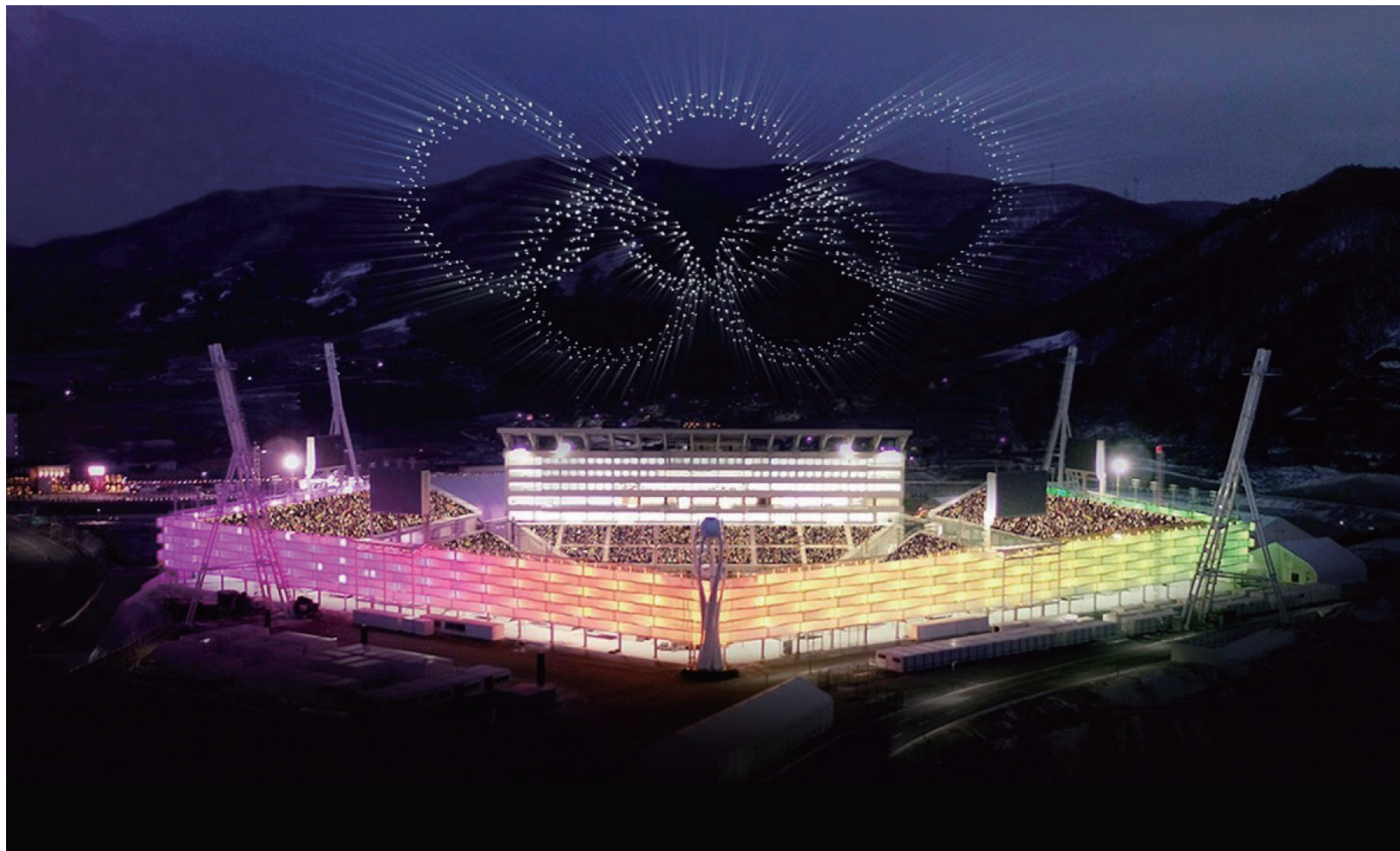
科技也將改變這些武器系統維持運動的方式。後勤——提供部隊食物、燃油和再補充的能力——向來是戰爭的限制因素。但是自主化軍隊燃料需求少且還不需要食物。先進製造的方法，如3D列印，可在需求地點

快速、廉價和輕易製造複雜物品，以減少對龐大、危險和昂貴軍事後勤網路的需求。

在更加深層的變化方面，太空本身將成為機動作戰的領域。到目前為止，為太空船加油幾乎是不可能的，而這限制了太空船繞行地球的能力。但是，如果太空船在飛行途中加油成為可能，還能在外太空建造和維修衛星、在軌道上處理數據，以及在太空中獲得資源和能源並在太空中使用(例如，藉由使用巨大的太陽能電池陣列或開採小行星)，太空任務將會減少對地球的依賴。太空船將能夠機動和作戰，而第一批軌道武器即準備投入戰場，況且實現此一目標的許多科技目前已經存在。

明日軍隊

無論從字面意義還是象徵性意義來看，科技也將從根本上改變軍隊攻擊方式。網路攻擊、通信干擾、電子戰及其他對系統軟體的攻擊，將至少變得和攻擊系統硬體一樣重要。借助於雷射、大功率微波及其他導能武器等新科技，射擊速率或



2018年平昌冬季奧運會上，大量裝有燈光的無人機排列成奧運五環會徽展演。(Source: Intel)

武器發射速度都將迅速提升。但是真正提高射擊速率的是智慧系統，其將徹底縮短從識別目標到攻擊目標之間的時間。這個未來戰場的危險凶兆已經於2014年在烏克蘭預演，俄羅斯從偵察無人機首次發現烏克蘭部隊，乃至發射精準火箭砲予以殲滅，僅僅耗費數分鐘的時間。

未來軍隊的攻擊距離也比今日更遠。最後，超音速彈藥(以超過音速五倍速度飛行的武器)和太空武器將能夠近乎即時打擊世界上任何一處的

目標。軍隊將能夠攻擊曾經被認為是庇護所的區域，諸如太空和後勤網路。未來將不會再有後方區域或是安全避風港。成群的自主武器系統不僅能夠在任何地方找到目標，也有能力施以精準攻擊。質與量兼具的軍事武器系統能力將會產生破壞性影響，特別是因為科技使得致命性武器的體積變小。

最後，軍隊溝通的方式將發生巨大變化。傳統的通信網路——軸輻式結構具脆弱的單點故障風

險——將無法生存。反之，科技將重要的通信功能轉型成網路邊緣運算法。每個自主系統都能夠處理並理解自己所收集的資訊，而不依賴指揮中心。這將能夠建立完全分散的網路，並具有彈性及可重新配置的特性。

科技也正在顛覆現行的指管模式。今日，所謂的無人系統仍需要數十人在遠端操作、維護及處理所蒐集的數據。但隨著系統自主化程度愈來愈高，一個人將能夠單獨操作大量的系統。2018年在南韓舉辦的冬季奧運開幕式，就為這項科技提供了預演場景，1,218架裝有燈光的無人機在平昌的夜空中協同飛行，形成錯綜複雜的畫面。現在想像一下類似的自主系統之運用，例如，壓制一艘航艦並使其無法運作。

此外，其他科技也將會改變軍事通信。以5G科技為基礎的資訊網路將能以明顯更快速度來傳輸大量資料。同樣地，上述強化軍用感測器的量子科學也將會改變通信和電腦計算能力。量子計算——利用次原子粒子的異常特性以指數型成長速度提高處理能力——可能將使加密方法變得無法破解，並使軍隊有能力處理大量數據及解決超出傳統電腦能力的問題。更令人難以置信的是，所謂的腦機介面(brain-computer interface, BCI)科技已經使人類能夠用神經信號來控制複雜的系統，諸如機器人義肢甚至是無人機。簡言之，人類操作者未來可能僅須透過思想就能控制數架無人機。

綜上所述，所有這些科技將取代幾十年來、甚至幾百年來關於軍隊運作方式的假設。接受和適應這些科技的軍隊將較其他軍隊占有優勢。而在

這方面，美軍遇到了大麻煩。

一場失敗的比賽

自冷戰結束以來，美國針對區域強權投射軍力的作法，是基於一連串關於衝突將如何發展的假設。美軍認為其部隊將能夠暢行無阻進入前沿陣地，並能在其所欲的時間展開作戰行動。該假設意味著其部隊將在許可作戰環境中執行任務，敵方將無法在任何領域挑戰其行動自由。美方還假設敵方可能擁有的任何數量優勢，都將被美軍的規避偵測、突穿防禦和攻擊目標的優越能力所克服。況且美軍在戰鬥中只會遭受極少損失。

這些假設導致兵力整建著重於數量相對較少的大型、昂貴和難以替換的系統，並樂觀認為這些系統在接近目標時能不被偵測、射擊次數有限但極其精準，以及通信完全不會受到干擾。試想匿蹤戰機直飛入貝爾格勒或巴格達市中心的情景。更重要的是，這些系統依賴幾乎完全沒有防禦能力的通信、後勤和衛星網路，因為系統的設計前提是沒有任何對手有能力攻擊它們。

此一建軍規劃方向及其基本假設正受到質疑。過去二十年來，當美國一直專注於在中東地區打仗之際，其競爭對手——主要是中共，還有俄羅斯——一直在剖析美軍戰爭方式，發展所謂的「反介入/區域拒止」(anti-access/area denial, A2/AD)能力，以偵測美國在各領域的武器系統，同時用大量齊發的精準火力對美軍進行壓制。簡言之，美國的競爭對手正運用大量數百萬美元的武器來摧毀美國數十億美元的軍事系統。



中共還開始著手進行大型專案，旨在使自己成為人工智慧和其他先進科技的世界領導者。這項工作並非只以軍事為重點，每一項先進科技的大型專案都具軍事用途並有利於共軍，而且也都依循「軍民融合」兩用政策的發展方向。雖然美軍大多仍然將其數據視為引擎廢氣——無用的副產品——但中共正以威權主義的熱情將數據當作石油一樣儲備，以便推動自主化和智慧化的軍事系統，中共認為這些系統對於在未來作戰中取得優勢至關重要。

美國已然岌岌可危的地位正在迅速惡化。正如蘭德公司在一份2017年報告中所得之結論，「在合理的假設下，美軍可能會輸掉下一場戰爭。」同年，參謀首長聯席會議主席鄧福德(Joseph Dunford)上將直言提出警告：「如果美軍不改弦易轍，在短短幾年內將會失去在質與量上的競爭優勢。」

美國所面臨最大危險是傳統嚇阻能力的腐蝕。如果北京或莫斯科領導人認為其有可能會贏得對美國的戰爭，則他們將會冒更大的風險並善用其優勢。他們將採取行動，藉由營造華府是否會真的派軍保衛波羅的海、菲律賓、臺灣，甚至是日本或南韓的疑慮，不斷削弱美國對其盟國的承諾。他們為達目的將不擇手段，從強制性外交、經濟勒索到干涉他國內政。他們將會不斷強化其勢力範圍，使其威權意識形態、監控型國家及裙帶資本主義等特性更容易為人接受。換句話說，他們將嘗試軍事戰略家孫子所言，「不戰而屈人之兵」。

未來就在這裡

美國仍然認為藉由逐步升級其傳統軍事系統，可以在未來數十年維持優勢地位。這種作法或許可爭取時間，但不會讓美軍重新獲得對敵人的優勢。華府加倍堅決維持建軍現狀正中敵人下懷：



如果美國政府以相同方式再投入更多資金在同樣事務上，就只會在破產的同時替競爭者製造更多攻擊目標。

該是時候以不同方式思考了，美國國防規劃人員應該從採納更實際可行的假設開始。他們應該

假設，美軍將在競爭激烈的環境中對抗科技先進的對手，不可能在任何領域中規避敵人偵察，而且將在戰鬥中失去大量軍事系統。華府還必須摒棄一個想法，那就是軍事現代化的目標只是更新幾十年來所依賴的軍事載臺，諸如戰機和航艦。

軍務革新的目標應把重點放在建立與網路或擊殺鏈結合的系統。(Source: USN/Joe Bullinger)





當務之急反而是必須把重點放在如何籌購能與網路或擊殺鏈結合的系統，以獲致特定的軍事成果，諸如空優或制海。最後，軟體僅為支援硬體的舊觀念必須翻轉：未來軍隊之良莠將取決於其軟體的品質，尤其是在人工智慧方面。

以這些新假設為基礎的軍隊會是什麼樣子？首先，部隊將擁有大量較小型的系統：成群的智慧型機器把偵測、移動、射擊和通信的功能，從脆弱的單點故障結構，轉型成龐大分散的網路邊緣運算法。這種作法將使競爭對手成本增加，因為他們將無法再專注於少數的大目標，而是需要在更大空間中標定許多目標。

其次，這些系統將是廉價和消耗性的，因此在戰鬥中更能夠承受大規模的損失。如果競爭者摧毀這些美國系統所耗費的時間和金錢，比美國更換這些系統來得多，則美國終究會獲勝。

最後，這些無人化與自主化系統會達到道德上可接受的程度。維護人類在機器內的人身安全與舒適度是昂貴的，而且沒有人願意付出損失人命的最終代價。自主系統在運用與損失方面的成本都更為低廉。它們還能使人類不必再從事機器能做得更好的工作，諸如處理原始感測器數據，或在軍事系統之間分配任務。人類將從這種工作中解放出來，這對於管理現代戰場的數量與速度上至關重要，而且使人類能將更多精力放在所欲戰爭結果的道德決策上。如此一來，更多的自主性不僅可以提高軍事效能，還可以讓更多人比以往更關注戰爭倫理。

建立這種軍隊不僅是令人嚮往的，在科技上也將是可行的。美軍已經有一些致力於發展未來部

隊的計畫，從低成本自主飛機到無人水下載具，這些系統可以組成一個人工智慧的系統網路，比傳統軍事計畫具有更強的彈性與能力。迄今，雖然這些系統都沒有像F-35聯合打擊機或維吉尼亞級潛艦等傳統載臺那樣強大，但是它們的成本僅是九牛一毛。目標不應該是購買更多的個別載臺，反而是建構速度更快的擊殺鏈。目前投資在一個傳統武器系統的經費可以購買數十個自主化系統，而這些系統的加總能夠實現優勢能力。

這種軍事目的——主要仰賴成群小型、低成本的自主化系統，可以在所有領域中取得優勢——不會挑起戰爭。這是嚇阻戰爭，藉由證明美國能夠摧毀其競爭者在任何領域戰場投入的任何軍力，用比對手更快速廉價的方式補充戰損，並以不怕耗損方式持續戰鬥至取得勝利。為戰爭做好準備之目的，仍然是永遠不必打仗。

欠缺想像力

這樣的軍事現代化不可能一蹴可幾。自主系統可能在未來一段時間內要依賴傳統系統，包括航艦。但即便如此，也必須對傳統系統的配置與操作方式進行重大改變。有些國會和行政部門的領導人希望進行這些改變，這很令人振奮。但是，如果這種轉變失敗——令人憂心的是可能性很高——很可能是因為道德性反對以外的其他原因。道德原因是當前爭論的焦點，反對者試圖以「禁止殺戮機器人」觀點或是阻止商業科技公司提供這種科技給美軍。

這其中存在許多嚴肅的道德考量。人工智慧等先進科技的軍事應用需要冷靜的辯論，但該辯論



成群小型、廉價的自主系統，能取代大型軍事載臺成為美軍的優勢。(Source: USN/John Paul Kotara)

不應簡化為人類與機器控制間的二元選擇。如果框架明確，決策者面臨許多科技與道德問題都可以在現行法律和實際作為的範圍內得到解決。例如，「活躍敵對行動地區」(areas of active hostilities)的法律概念，即在有限的地理區域內將使用暴力的門檻降低，這可以為致命性自主武器所造成的道德困境提供有用的解方。

政策制定者面臨真正的挑戰是如何將人類意圖灌輸給智慧型機器，但這並不是一個新的問題。雖然這項新科技將帶來道德困境，但它也將

有助於解決這些難題。自主系統將使人類能夠花更少時間在瑣碎的問題上，把更多時間拿來處理道德問題。比起一個受到驚嚇的19歲人類，智慧型機器可能更有能力分辨戰車和一般車輛。對於要信任機器來執行傳統上人類的任務，美國人自然會產生焦慮感。但現在更危險的是，美國人的行動太慢且信任感不夠，尤其是中共和俄羅斯著手行動時的道德考量比美國更少。除非華府願意單方面將這種優勢拱手讓人，否則不能讓自己因為錯誤的問題而陷入癱瘓。



如果美國沒能從軍事事務革新中獲益，問題將不在道德原因上，而是普遍存在於國內各機構規避風險、安於現狀的心態。美國前國防部部長蓋茨(Robert Gates)在其自傳《職責》(*Duty*)一書中解釋了原因：

軍事部門以五年為基礎規劃預算，大多數採購計畫從決策到交貨需要數年甚至幾十年的時間。結果，預算和計畫一次就被鎖定許多年，而每個軍事部門都運用官僚詭計，無不在致力於維持這些計畫的完整和財源。製造裝備的公司、這些公司僱用的華府遊說團體，以及那些工廠所在的州或地區的國會議員等都是共犯結構。任何對這些長期計畫的威脅都是不受歡迎的。

這是亞利桑那州(已故)共和黨參議員馬侃(John McCain)所稱的「軍/工/國會複合體」，其生計完全仰賴以傳統方式研發、生產、獲得、操作及維護的傳統國防系統。

這個複合體中的一些人現在似乎贊同使用先進科技，因為他們仍然不將這些科技視為威脅。在過渡時期，先進科技確實只是用來支援而非取代傳統系統。但是，隨著傳統系統支持者開始將智慧型機器視為這些系統的替代品，他們將會抵制變革。因為精通現行制度而獲得權力的官僚不願意改變。軍機飛行員和戰艦水手也不希望像工廠工人一樣，讓工作被智慧型機器搶走。靠販售傳統系統賺進數十億美元的武器商不樂見既有商業模式崩壞，就像計程車業面對優步(Uber)與來福車(Lyft)的態度一樣。由於所有抵制皆不可避免

地轉化為不滿的選民，因此國會議員將有巨大的動機阻礙變革。

克服這些障礙將會需要政府最高層領導人制定明確的優先事項、驅使抗拒機構做出改變、重新訂定獎勵機制及重塑機構文化。這些期望或許太高了，尤其目前華府正處於政治動盪中。在五角大廈、國會和私部門中有許多具有能力、善意的領導人知道美國國防計畫需要改變。但是，最了解問題的領導者往往缺乏足夠權力來解決問題，而那些最有權力的人不是不了解問題，就是不知道如何處理問題。

這也指出了一個更廣泛的問題：美國從根本上缺乏想像力。美國領導人完全不相信自身可能會被擠下世界軍事霸權的地位，這不是在遙遠的未來，而是很快就將發生。他們沒有改變現狀所需的遠見或急迫感。如果這種態度占上風，則改變就可能不是來自協調一致的計畫，而是災難性失敗的結果，例如美國在重大戰爭中敗陣。然而，若到那個時候，改變路線可能為時已晚。軍事事務革新將不會是美國用來嚇阻戰爭與支持和平的趨勢，而是美國受到毀滅的原因。

作者簡介

Christian Brose係安德瑞爾公司(Anduril Industries)戰略主管、卡內基國際和平基金會高級研究員，並曾任美國參議院軍事委員會幕僚主任，他即將出版一本有關未來戰爭的書籍。本文節錄自他2018年8月提供給阿斯本戰略小組(Aspen Strategy Group)的報告。

Copyright © 2019, Council on Foreign Relations, publisher of *Foreign Affairs*, distributed by Tribune Content Agency, LLC.