

● 作者/Zachary L. Morris ● 譯者/黃國賢 ● 審者/林政龍

美軍無人機發展芻議

U.S. Drones: Smaller, Less Capable Drones for the Near Future

取材/2018年5-6月美國軍事評論雙月刊(Military Review, May-June/2018)

如果美軍決策者相信未來作戰環境將涵蓋競爭激烈的空域及電子戰，就應當部署體型較為小巧、造價低廉，以及功能較為精簡的無人機，俾利廣泛運用於戰術及作戰層級中，有效肆應未來衝突環境。

美國國防部自1950年代起開始在作戰行動中使用無人機，運用幅度之廣，幾近無役不與，包含針對敵軍的情監偵作為。¹ 人們將此類裝備稱為無人機(drone)、自動駕駛飛機(robot plane)、無人駕駛飛機(pilotless aircraft)、遙控載具(remotely piloted vehicle)、遙控飛機(remotely piloted aircraft)，以及其他各種稱謂，用以形容無飛行員在機艙內操控亦可飛行的航空器。² 美國國防部近來更將無人飛行載具(unmanned aerial vehicle, UAV)定義為：

一種具備動力，卻無需搭載操作人員的飛行載具。此種載具運用流體力學的力量提供上升力，能夠獨立自主飛行或藉由遙控方式飛行。此類載具為可拋式、回收式，以及可搭載致命性或非致命性酬載。³

無人飛行載具通常會被描述為一種單一的載具，包括裝設於載具上的監視感測器，或是將其描述為一套無人飛機系統(unmanned aircraft system, UAS)，組成單位通常包含三至六架飛行載具，一套地面控制站、數據鏈路、支援裝備，以及作業人員。⁴

儘管無人機的歷史淵遠，但卻直到最近十至十五年間才取得科技進步，才得以遂行當前的各種無人飛行載具任務。當科技與準則迅速演進並成為新戰力運用的一部分時，無人飛機系統在設計或作戰運用上，就會一如早期軍用航空器般處於革新階段。⁵ 美軍自1950年代開始使用的無人機，就已證明可免除飛行員冒著生命危險駕駛飛機的風險，同時也透過移除人類的飛行限制因素而強化了航空能力；時至今日，無人系統的採購與操作成本都較有人駕駛航空器來得更加低廉，不過這樣的情景或許將來會有所變化。⁶

2016年11月21日，在YouTube
網站上美陸軍「微型無人
機」形象廣告影片的螢幕快
照。(Source: US Army)

隨著無人飛行系統在國防預算中的配比持續升高，此等系統還會持續從國會及軍方謀取更多利益。鑑於近期預算限制，美國國防部的無人機計畫會在不久未來面臨兩個相當現實的選項，至於如何在二者間做出抉擇，端視其對戰略及作戰環境的認知。第一選項主張部署數量較少，但造價較高，同時功能更多的無人飛行器，例如RQ-4全球鷹(Global Hawk)及MQ-9死神(Reaper)無人機。第二選項則認為應當部署為數眾多的小型、低造價，同時功能較為精簡的無人機。

基於針對未來戰略及作戰環境所做的預測，包含競爭激烈的空域，美國應追求第二選項。只有不斷限制軍方一直想要籌獲較為先進且造價高昂系統的傾向，才能有助於未來研發存活率更高的系統，賡續維持當前高階裝備的作戰效能，使國防部有餘裕得以採購更多性能較低階的裝備，俾創造更大的作戰彈性。

筆者將本文區分四小節來闡述美國國防部應採納第二選項的正當理由。第一節檢視無人機所處的戰略環境與限制因素，以及高階無人機技術

所面對的競爭環境。第二節檢視無人機兵力結構的演進，以及未來軍方強調更高階性能的走向。第三節解釋無人機計畫預算的演進及未來所將面臨的預算挑戰。最後將於第四節內分析因應未來預算及戰略挑戰的可能解決方案。

戰略環境

就當前戰略環境而言，無人機儼然已居於美國國家安全戰略的核心地位，包含在地面從事反叛亂作戰，抑或於空中從事反恐行動任務。⁷ 無人機發展的起源在於提供戰術及作戰情監偵，但自2003年起，無人飛行載具轉而成為美國國防部及政府部門所屬意的反恐利器。當2002年掠奪者(Predator)無人機首度掛載攻擊武器之後，美國自此漸趨強調以空中打擊方式擊潰敵人。⁸ 直至2016年，美國在傳統戰場外使用無人機殲滅敵軍估計有4,000名作戰人員。⁹ 自2003年迄今，從未曾有一個國家能像美國一樣如此仰賴無人機來執行外交政策。美國能如此大幅採用無人機主要是因為在空域環境中無人能出其右，同時無人機也

美軍現在無人機運用之廣可謂幾近無役不與，包含針對敵軍的情監偵作為。(Source: USN/Kelly Schindler)



在科技研發領域中亦具有支配性的優勢戰力。

然而，由於科技發展所帶來的便利性使全球市場不斷地增長，導致空中與電子戰環境的軍備競爭可能愈趨激烈，此種現象說明許多高階無人飛行系統顯然已逐漸不適用於未來的衝突環境。儘管無人機目前在反恐作戰方面仍扮演相當重要的角色，但在無人機反制方案持續推陳出新下，有可能促使目前戰略無人機計畫的未來用途受到限制。無人機在目前競爭激烈的空域環境中缺乏機動性、速率、匿蹤及武器性能。事實上在2003年3月，一場發生在由掠奪者無人機與飛行員駕駛戰機的空中接戰場合中，其激戰後的結果是掠奪者失事墜毀。¹⁰ 甚至在2015年時，一架掠奪者無人機還曾遭敘利亞阿賽德總統手下破舊不堪的防空系統擊落墜毀。¹¹ 最後，造價昂貴的高性能無人機亦曾於烏克蘭境內失聯，並迫使歐洲安全與合作組織將無人機觀測系統從該區域撤出。¹²

部署在烏克蘭境內的無人機，大多能夠成功發揮功效者，多數體積都是小型機種(翼展十呎，相當於美陸戰隊幻影[Shadow]無人飛行載具)，這些構型輕巧的小型無人機可藉由將觀測信跡調降至最低以提高戰場存活率，同時也可降低了折損的相關成本。¹³ 2011年，一架MQ-9死神無人機造價大約3,000萬美元，超過造價近5,500萬美元F-16戰機的一半以上。¹⁴ 大體而言，F-16戰機相較於MQ-9死神無人機是一架具備更多功能取向的戰機，光酬載能力就遠比MQ-9死神無人機高出四倍，並能夠執行各種MQ-9死神無人機無法遂行的任務。¹⁵ 因此，審酌目前無人飛行器的科技進程，顯然有人駕駛航空器更能在競爭劇烈的空



2011年，一架MQ-9死神無人機造價約3,000萬美元，超過造價近5,500萬美元F-16戰機的一半以上。

(Source: Air National Guard/Michael Quiboley)

域環境中提供更有價值的戰鬥力。由於競爭劇烈的環境有可能限制了當前大型無人機的用途，美國應當聚焦於在研發的同時限制採購成本，直到無人機的戰力更臻於成熟。

表 1 2003 年 2 月無人機兵力結構

無人飛行載具	盤存數量
全球鷹	4
掠奪者	48
先鋒	47
獵人	43
幻影	21
總數	163

(作者整理)

兵力結構

自2003年起，美國國防部已於各類任務中提高對於無人飛行載具的高度依賴，同時大幅擴編符合任務特性的無人機部隊兵力結構，並且增加各式戰力專案計畫。2003年，國防部僅擁有163

架無人機，機型也只區分為五種，詳如表1。¹⁶ 這163架無人飛行載具當時僅占美軍現役軍用飛機清單的1%。¹⁷ 2003至2012年間，無人機兵力結構擴增至7,494架。¹⁸ 基於無人機大幅擴張下，有人駕駛的軍用飛機自2003年占國防部所有軍機數量的99%，至2005年時降至95%，其後更於2012年下滑至僅剩59%。¹⁹ 從2007年至2012年間無人機加速成長的現象亦可反映出，時任國防部部長蓋茲(Robert Gates)在其任內非常重視將無人機運用於伊拉克及阿富汗的戰鬥任務。²⁰ 從無人機部隊兵力結構的擴編也反映出美軍強調利用無人機擴張其軍力範圍，因此無人飛行載具計畫也由2003年的五項，至2012年順勢成長為十七項。²¹

近來，美國國防部仍維持規模相當強大的無人飛行器兵力結構與戰力，包含擁有為數超出7,500架的無人飛行載具，可於全球各地提供戰術、作戰及戰略優勢。美軍刻正依據無人機的作戰能力、機體構型、任務屬性與製造成本，加以整編為五大群體。²² 表2列舉九項最大規模的無人機計畫整合至國防部群體的兵力結構概況。第五群體代表最高階無人機所耗費的成本，第一群體則表示最低階無人機所耗費成本。²³ 目前空軍維持相對平衡的高低階混合戰力，海軍則強調較高階無人機的戰力，至於陸軍及陸戰隊對於無人機的選項則偏向部署較為低階的機型即可滿足其作戰需求。²⁴ 由於無人機初始設計的壽期為十五至二十年，

部分掠奪者及全球鷹系統已屆臨最大服役期限。²⁵ 然而，目前多數系統為2006至2012年間獲撥部隊使用，相對而言就顯得較為新穎。再者，由於無人機並未搭載飛行員，這點使得此等飛行器的服役期限更加延長，因為相較於有人駕駛的飛行器，無人飛行器的風險及成本都較小。

未來，美國國防部將規劃由現有的高低階飛行器混合平衡使用的狀態，改為強調較高階飛行器為主的戰力，此舉亦將導致無人機的作業成本逐年增加。空軍目前的計畫為漸次汰除掠奪者無人機隊，另規劃於2021年前增購七十五架死神無人機。²⁶ 儘管此舉採購成本將耗費近21億美元，但後續作戰及保修所增加的成本才是真

表 2 目前兵力結構概況

群體	機型	載具總數	地面控制站數量	每架大約成本(美元)
5	RQ-4 全球鷹	36	7	1 億 4,090 萬至 2 億 1,100 萬
	MQ-9 死神	276	61	2,840 萬
4	MQ-1 掠奪者	108	61	約 2,000 萬
	MQ-1 灰鷹	26	24	約 2,000 萬
3	RQ-7 幻影	364	262	1,110 萬
2	掃描鷹	122	39	10 萬
1	RQ-11 渡鴨	5,346	3,291	16 萬 7,000
	美洲獅小型無人機	39	26	25 萬
	T-Hawk 微型飛行器	377	194	-

(作者整理)

正要付出的高額代價。死神無人機中隊目前會計年度消耗的經費為1億6,000萬美元，相較之下，掠奪者無人機中隊會計年度支出則是7,000萬美元。²⁷ 由掠奪者換裝為死神無人機的兵力結構改變，後續作戰及保修所需增加的會計年度預算估計每年將逾5億5,000萬美元。尤有甚者，海軍已經投入超過14億美元於「無人戰鬥飛行系統驗證」(Unmanned Combat Air System Demonstration, UCAS-D)計畫，用以評估自航空母艦上操作無人戰鬥系統的技術可行性。²⁸ 美海軍亦持續發展「無人艦射空中監視暨打擊系統」(Unmanned



無人機所需的多項戰力，例如衛星通信網路，其實並未列計於無人飛行載具的預算成本中。

(Source: Federal Communications Commission)

Carrier-Launched Airborne Surveillance and Strike, UCLASS)，以決定如何從多種面向讓無人載具擁有足以取代有人駕駛戰機的能力。²⁹ 由此可見，擴張第五群體之外的其他無人機專案計畫，其所增加的經費甚至遠超出死神機種所增加的費用額度。

未來無人機的發展重點將指向提升數個特定能力，包含作業互通性、可靠性、自主性、發動機系統、空對空戰力及匿蹤性。³⁰ 這些特性極有可能大幅提高無人機的戰力與成本。1998年，美國國防部「暗星」(Darkstar)研究計畫顯示，區區一架具匿蹤效能的無人飛行載具終其壽限的花費就超出10億美元(採1998會計年度的幣值計算)。³¹ 從美軍先前增加其他無人機戰力方案的案例即可得知，未來無人機增加戰力所耗費成本將比有人駕駛機種還要來得昂貴許多。然而，這些未來戰力有可能使無人機於激烈競爭空域環境中，成為兼具實用性及存活率的必要利器。

預算

美國國防部迄今仍難以決定無人飛機系統預算有數項原因。首先，由於無人機為全套作業系統的一部分，整體組件包含地面控制站、地勤人員與操作手、通信和數據鏈路，以及各式飛行載具，因此相關預算成本經常遭到誤解。³² 無人機所需的多項戰力，例如衛星通信網路，其實並未列計於無人飛行載具的預算成本之中。其次，監控及評估的成本複雜度更高，因為軍種之間各有不同的預算協定事項，事實上部分無人機的成本也由情報預算來支付，而非僅編列於國防部預

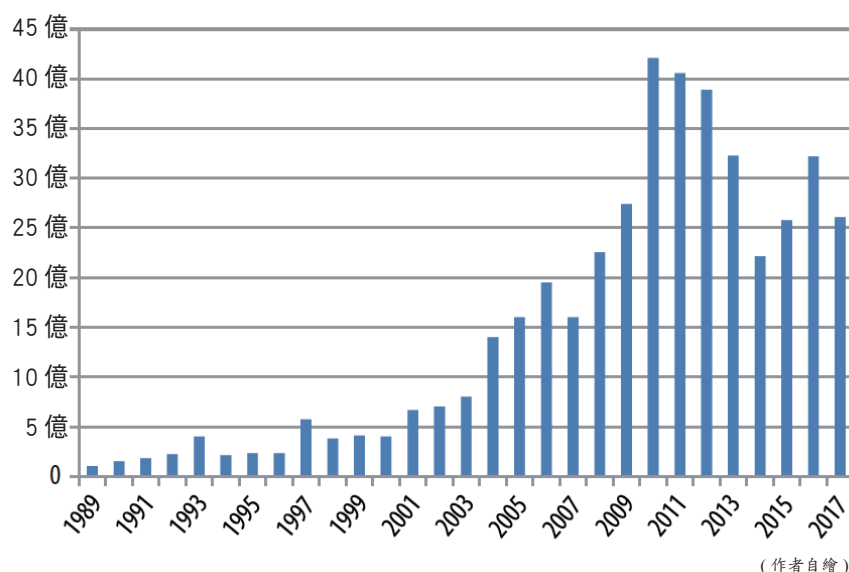


圖 1 無人飛行系統採購預算總額
(以當年度幣值美元計算)

算當中。³³ 第三，作戰及保修成本更難以發現，而且通常只能勾稽大型無人系統。³⁴ 最後，某些無人機的機密預算根本無法確認，例如空軍RQ-170哨兵(Sentinel)計畫是一直隱藏到該型無人機墜毀於伊朗境內中才曝光。³⁵ 因此，本文也只能大致聚焦於那些大型無人機的直接預算。

1989至2017年間無人機的採購預算——就總體預算而言具有代表性的時段——逐年搭配兵力結構的擴編而大幅提升，優先權也同步跟著調高。圖1顯示自1989年至2017年間的採購成

本。雷根政府期間曾強力主張發展更高階的無人飛機系統，要求推展力道要明顯大於前任政府的執政團隊，因此使得無人機從最初的實驗計畫轉變為採購計畫。³⁶ 圖1凸顯出無人系統隨著2003年美軍攻打伊拉克及2007年蓋茲部長於年中表達重視後，逐漸提高其重要性。

³⁷ 美國國防部從1989至2000年間總共約斥資40億美元打造無人飛機系統，並自2001年起估計增加390億美元採購經費。³⁸ 儘管成本逐年攀升，2011年無人飛機系統的預算約僅占美國航空器採購總預算的8%。³⁹ 然

而，未臚列於該圖當中的預算資料為逐次攀升的作業與後勤保修成本，其中還排除了各型研發及採購計畫經費。

從美國國防部現今預算直到未來2021年的「中程國防計畫」(Future Years Defense Program, FYDP)，已具體描繪出無人載具計畫所將面對的諸多挑戰。圖2僅說明第四及第五群體無人機的中程國防計畫。⁴⁰ 首先，無人飛行載具中隊的作業及保修成本在100億美元的年度經費中占了大多數比例，若持續轉變為較大型及具備更多功能的無人機只會徒增更多成本比例，正如每支死神無人機飛行中隊每年所消耗的成本為1億6,000萬美元，相較之下，掠奪者無人機年度花費的成本則是7,000萬美元。⁴¹ 再者，全球鷹機隊每年消耗於作戰及保修成本大約4億4,000萬美元。⁴² 國防部預期在海軍「無人艦射空中監視暨打擊系統」上將挹注相近或更高的作戰成本。在國防部目前的預算限制下，面對逐漸攀升的作戰及保修成本正意味著，目前想要提升無人機更高階戰力的計畫根本不切實

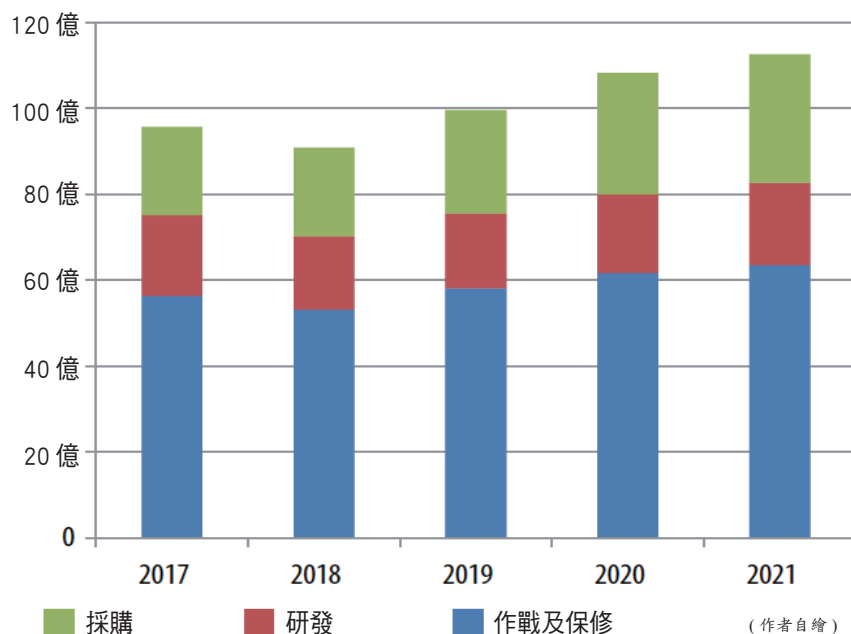


圖 2 未來國防計畫無人飛機系統預計支出經費概算統計
(第四及第五群體/幣值:美元)

際。

其次，美國國防部期待中程國防計畫用於挹注研發及採購的經費，每年能以40至50億美元的幅度成長。如此一來，實際可採購載具的經費將受到排擠，而使能夠提供的數量亦將隨著訂單變少及科技裝備更加先進而逐年遞減。其他規模較大的投資計畫，例如空軍「遠程打擊轟炸機」(Long-Range Strike Bomber, LRS-B)也會使得無人機的全般構想更為複雜，同時也會排擠小型及新穎機型的研究與採購計畫。⁴³ 空軍提

高研究及採購金額的動作，有可能會加劇原本就已經相當吃緊的總統計畫預算緊張關係，因為如此一來就會超出2011年預算控制法案(Budget Control Act, BCA)中，曾經明訂中程國防計畫總體預算不得超過1,070億美元(2016年幣值)的預算限制。⁴⁴

從一個高階無人機感測套件的重大案例中，就可得知為何美國國防部需要提高研究及採購成本。第二代全球鷹無人機感測酬載的預算佔了該型無人載具約54%製造成本。⁴⁵ 感測

器成本不斷提高的主因在於供需平衡之基本法則。即使國防部持續高升需求及提升戰力期待，卻欠缺同等功能的商用感測器，但無人機感測器的採購程序，在降低成本方面所面對的挑戰其實並不多。⁴⁶ 再者，由於逐漸提高的成本及預算限制，提高了每架飛機所耗成本，因此訂單數量也會跟著降低。在2012會計年度預算中，全球鷹無人機的採購數由二十二架銳減為十一架，此舉亦造成構建全球鷹部隊所需經費提高了11%。⁴⁷

權宜之計

未來問題核心在於2011年的預算控制法案設定了預算成長的門檻，而軍方對提高特定高階無人飛機系統戰力的企圖也仍相當強烈。除非預算能夠增加，否則未來無人飛機系統的需求將存在兩個合理選項，而適切選擇大多取決於決策者如何界定作戰環境與無人飛機系統的需求。

第一個選項主張部署為數較少，但更昂貴且功能更多的第四或第五群體無人機，例如

全球鷹或死神。⁴⁸ 國防部刻正規劃執行該選項，也就是以在2021年前添購七十五架死神無人機的方式，讓死神無人機機隊的兵力結構擴編逾25%。⁴⁹ 為了達成增加死神無人機數量的目標，空軍計畫於2018年汰除所有108架掠奪者無人機。⁵⁰ 然而，為了平衡掠奪者無人機年度編列6億3,000萬美元的作戰及保修預算額度，空軍所能維持的機隊編制大約為四支死神無人機中隊，每支中隊編配十二架死神無人機。⁵¹ 再者，編制四支中隊的結果將導致空軍無力承擔每支死神無人機中隊需斥資約3億5,000萬的採購成本。⁵² 因此，如果經費限制的上限毫無調撥空間，空軍或許只能在整個中程國防計畫的期程內完成二至三個中隊採購作業。整體而言，採取此選項的結果就是刪減108架掠奪者無人機，換取添購最多三十六架死神無人機種。

第一種選項還是有可能成為一個可行的方案選項，但前提是反恐主要任務可維持在無人可敵的空域環境之下。然而，審視當今無人機在此競爭激烈的環境中已然不合時宜，因此想要以改變任務形態的方式來對抗戰力更加強大的敵人，其實是會限制這些載具所能發揮的功用。

第二個選項則是主張部署許多體型較為小巧、低造價及功能較為精簡的無人飛行載具，並交由當地的戰術及作戰指揮官負責管控。⁵³ 依循該行動方案的數項措施，既可維持目前高階無人機戰力，同時亦能持續針對未來的兵力擴編計畫打好基礎。首先，在中程國防計畫的既定期程中讓大多數掠奪者無人機隊繼續服役。配套措施則是限制死神無人機種的購置期程，僅在失去現役掠奪

者無人機時再行添購，而限制較高階機型的擴張也能提供一些經費，並用於研究及測試更先進的無人機計畫。持續研究特定無人機計畫將可促進未來空域競爭環境下新式機型的系統發展，等到預算限制降低時，便可提供美國多種不同的發展選項。再者，限制高階無人機的擴展亦可讓美國聚焦於拓展小型戰術無人機計畫的兵力架構與戰力。

如果決策者今日相信未來作戰環境包含競爭激烈的空域及電子戰，就像發生於烏克蘭的無人機失聯事件，則此等選項可作為正確且符合成本效益的解決方案。近期事件顯示由於較大體型先進無人機的觀測信跡較大且更加依賴複雜的通信網路，因此反而更加脆弱。2011年，伊朗曾公開宣稱擊落一架機密的美國RQ-170匿蹤無人機。⁵⁴ 甚至在2012年6月就發生美國德州大學奧斯丁(Austin)團隊僅花了不到1,000美元，就成功從國土安全部手上奪取了一架掠奪者無人機的控制權。⁵⁵ 最後，歐洲安全與合作組織於2016年8月停止所有無人機在烏克蘭的作戰行動，主要原因為三架等同於第四群體的無人機曾於6月及7月遭擊落墜毀。⁵⁶

體型較大的無人機經證實成本更高且存活率較低，而小型無人機則展現出可繼續於烏克蘭境內進行情資偵蒐及提供戰術覺知給指揮官。⁵⁷ 因此，直到高階科技(例如匿蹤、高速、自主性及機動力)獲致提升，不然體型較小、價格較便宜的無人機更可在這競爭激烈的環境中提供更佳方案選項，主因是此等機型較不易遭敵偵測，一旦遭到擊落時折損金額也較為低廉。

未來無論決策者選擇哪一種策略方案，都還是會有多個選項能適用於這兩種情境。首先，美國國防部在現有預算限制下切莫繼續規劃拓展較高階的無人機計畫。立竿見影的效果包含減少死神無人機擴編及延長了部分掠奪者無人機隊的壽命。其次，在不同軍種之間提高系統的通用性應可撙節相當可觀的經費。舉例而言，陸軍灰鷹(Grey Eagle)及空軍的掠奪者無人機近來已有80%的通用性，唯一不同之處則是空軍掠奪者機種搭載了效能更佳且較昂貴的感測器。⁵⁸

更進一步而言，海軍「廣域海上監視」(Broad Area Maritime

Surveillance, BAMS)系統及空軍全球鷹無人機基本上都是同一款機型，只是配備不同的感測器。⁵⁹ 然而，海空軍卻各自有其機型的維修廠、地面站及訓練流路。⁶⁰ 美國國防部可將各型載具加以標準化，其涵蓋範圍包括研發、採購及作戰與保修，至於維修料件的部分，則可要求各軍種將地面站、訓練及數據鏈結加以統一，同時強化軍種間的作業互通性，如此一來便可有效降低成本。

結論

鑑於取得防空及電子戰特定能力的國家與非國家行為者與日俱增，當前高階無人機的成

本效益及功能卻江河日下。美國應聚焦於維持當前戰力並致力於提升較低階無人機所具備的戰力，同時著眼於未來戰力的研發。美國國防部如能採納此計畫，則可在現有預算限制下有效運作，同時亦可維持彈性的戰力需求，持續發展概念性戰力方案以肆應未來作戰需求。大部分計畫都應聚焦於發展體型較小、造價低廉，同時存活力較強且足堪耗損的戰術型無人機，直到科技進步及預算提高並有能力製造具備存活力更高的高階無人機為止。所以美國不應將這些體型小巧且為數眾多低階無人機的作戰效能白白浪費掉了，應當將其有效運用於戰術及作戰層級當中，以肆應未來衝突環境。

作者簡介

Zachary L. Morris少校現為堪薩斯州列芬沃斯堡(Fort Leavenworth)陸軍指揮參謀學院學員。他畢業於西點軍校，擁有喬治城大學碩士學位，並曾三度派駐阿富汗支援持久自由作戰行動(Operation Enduring Freedom)。

Reprint from *Military Review* with permission.



海軍廣域海上監視系統及空軍全球鷹無人機基本上都是同一款機型，只是配備不同的感應器。(Source: USN/Northrup Grumman)

註釋

1. Congressional Budget Office (CBO), *Options for Enhancing the Department of Defense Unmanned Aerial Vehicle Programs* (Washington, DC: CBO, September 1998), ix, accessed 11 December 2017, <https://www.cbo.gov/sites/default/files/105th-congress-1997-1998/reports/uav.pdf>.
2. Jeremiah Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, CRS [Congressional Research Service] No. R42136 (Washington, DC: CRS, 3 January 2012), 1.
3. Ibid.
4. Ibid.
5. Ibid., 6.
6. Ibid., 1.
7. Iran G. R. Shaw, "The Rise of the Predator Empire: Tracing the History of U.S. Drones," *Understanding Empire* (blog), 2014, accessed 13 December 2016, <https://understandingempire.wordpress.com/2-0-a-brief-history-of-u-s-drones/>.
8. "The General Atomics MQ-1 Predator (Predator A) Unmanned Aerial Vehicle (UAV)/ISR Drone," Military-Factory, last updated 1 December 2017, accessed 12 December 2017, http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=46.
9. Shaw, "The Rise of the Predator Empire."
10. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 5.
11. Missy Ryan, "U.S. Drone Believed Shot Down in Syria Ventured Into New Area, Official Says," *The Washington Post* (website), 19 March 2015, accessed 23 January 2018, https://www.washingtonpost.com/world/national-security/us-drone-believed-shot-down-insyria-ventured-into-new-area-official-says/2015/03/19/891a3d08-ce5d-11e4-a2a7-9517a3a70506_story.html.
12. John Hudson, "International Monitor Quietly Drops Drone Surveillance of Ukraine War," *Foreign Policy* (website), 28 October 2016, accessed 11 December 2017, <http://foreignpolicy.com/2016/10/28/international-monitor-quietly-drops-drone-surveillance-of-ukraine-war>.
13. Patrick Tucker, "In Ukraine, Tomorrow's Drone War Is Alive Today," *Defense One*, 9 March 2015, accessed 11 December 2017, <http://www.defenseone.com/technology/2015/03/ukraine-tomorrows-drone-war-alive-today/107085/>.
14. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 22.
15. Ibid., 23.
16. Christopher Bolkcom and Elizabeth Bone, *Unmanned Aerial Vehicles: Background and Issues for Congress*, CRS No. RL31872 (Washington, DC: CRS, 2003), 5.
17. Ibid., 7.
18. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 8–9.
19. Ibid., 9.
20. Robert M. Gates, *Duty: Memoirs of a Secretary at War* (New York: Alfred A. Knopf, 2014), 129.
21. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 8.
22. Dyke Weatherington, "Current and Future Potential for Unmanned Aircraft Systems," Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics (OUSD [AT&L]), Unmanned Warfare briefing, 15 December 2010, 4–5. See also Department of Defense (DOD), *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038* (Washington, DC: DOD, 2013), 5.
23. 表2資料是由各項來源綜整而來，力圖呈現精準的全貌。原始資料來源數字各有差異，但仍完成各家來源的並列比較。各群體及該型無人飛行載具所屬群體源自Weatherington, "Current and Future Potential for Unmanned Aircraft System," 4–5。群體一至群體三資料來源為Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 8。群體四至群體五資料來源為CBO, *The U.S. Military's Force Structure: A Primer* (Washington, DC: CBO, July 2016), 125。死神與掠奪者無人機採用相同的地面控制站。
24. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 6.
25. CBO, *Unmanned Aerial Vehicle Programs*, xiii.
26. Jeremiah Gertler, *The Air Force Aviation Investment Challenge*, CRS No. R44305 (Washington, DC: CRS, 17 December 2015), 2.
27. CBO, *Military's Force Structure*, 100.
28. Jeremiah Gertler, *History of the Navy UCLASS Program Requirements: In Brief*, CRS No. R44131 (Washington,

- DC: CRS, 3 August 2015), 3.
29. Ibid.
 30. Information from Weatherington, *Current and Future Potential for Unmanned Aircraft System*, 7; Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 16.
 31. CBO, *Unmanned Aerial Vehicle Programs*, xviii.
 32. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 13.
 33. Ibid.
 34. Ibid., 31.
 35. Teal Group Corporation, “World Unmanned Aerial Vehicle Systems,” *Air Force Magazine* (2014): 1, accessed 11 December 2017, http://www.airforcemag.com/DRArchive/Documents/2014/July%202014/UAV_study.pdf.
 36. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 2.
 37. Gates, *Duty*, 129. 圖1內容綜整不同的資料來源。1989至2007年，參見Ed Wolski, “Unmanned Aircraft Systems,” OUSD (AT&L) Unmanned Warfare briefing, 9 January 2009, 4. 2008至2017年，參見OUSD (Comptroller)/Chief Financial Officer, *Program Acquisition Cost by Weapon System* (Washington, DC: DOD, 2010–2017). 相關數字資料採用最近一期*Program Acquisition Cost by Weapon System*中所載過去年度的資料。舉例而言，2017年度發行資料回溯2015年度數據。各期的頁碼各不相同，但所有各期資料可連結下列網址查詢，<http://comptroller.defense.gov/Budget-Materials/Budget2017/>。「當年度」幣值參採特定會計年度，不列計通膨因素。有時候會被人稱之為「現值貨幣」(current dollars)。當美國國防部發行時未表明是「持續會計年度幣值」(constant FY dollars)時，通常會採用現值貨幣——但國防部鮮少對此說明清楚。「持續」幣值意味著會依據某特定年度進行調整。先前年度的幣值通常在轉換為現值貨幣時會加以調升，藉以反映通膨因素造成的幣值下跌。
 38. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 13.
 39. Ibid., 14.
 40. 圖2資料涵蓋各項資料來源，並且藉由其他現有資料加以修訂。然而，大多數作戰及保修成本的計算資料來源為CBO, *Military's Force Structure*, 100, 125. 採購及研發的計畫經費支出主要來源為 Teal Group Corporation, “World Unmanned Aerial Vehicle Systems,” 2.
 41. CBO, *Military's Force Structure*, 100.
 42. Ibid.
 43. Gertler, *The Air Force Aviation Investment Challenge*, 3.
 44. CBO, *Long-Term Implications of the 2016 Future Years Defense Program* (Washington, DC: CBO, 2016), 2.
 45. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 15.
 46. Ibid.
 47. Ibid., 10.
 48. Ibid., 15.
 49. Gertler, *The Air Force Aviation Investment Challenge*, 2.
 50. CBO, *Military's Force Structure: A Primer*, 125.
 51. Ibid. 目前每支掠奪者無人機中隊年度支出預算為7,000萬美元，也就是九支中隊合計支出6億3,000萬美元。每一支死神無人機中隊使年度作戰及保修成本增加1億6,000萬美元。因此，四支死神無人機中隊年度所增加的作戰及保修成本將會變成6億4,000萬美元。
 52. 以目前單一死神系統的價格約為2,840萬美元來預估採購成本。假設每一中隊編制12架，則每一中隊無人機採購經費將高達3億4,080萬美元。
 53. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 15.
 54. Clay Dillow, “Iran Puts Its Captured RQ-170 Drone on Display,” *Popular Science* (website), 8 December 2011, accessed 11 December 2017, <http://www.popsci.com/technology/article/2011-12/video-iran-puts-its-captured-rq-170-drone-display>.
 55. Colin Lecher, “Texas Students Hijack a U.S. Government Drone in Midair,” *Popular Science* (website), 28 June 2012, accessed 11 December 2017, <http://www.popsci.com/technology/article/2012-06/researchers-hack-government-drone-1000-parts>.
 56. Hudson, “International Monitor Quietly Drops Drone Surveillance of Ukraine War.”
 57. Tucker, “In Ukraine, Tomorrow's Drone War Is Alive Today.”
 58. Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, 6.
 59. Ibid., 29.
 60. Ibid.