

● 作者/Edward A. Guelfi, Buddhika Jayamaha, and Travis Robison

● 譯者/黃文啟 ● 審者/彭耀祖

1架來自喬治亞州羅賓斯空軍基地
配備捕捉網的獵殺無人機，在2016
年內華達州拉斯維加斯舉辦的無
人機競賽中捕捉一架幻影III型無人
機。(Source: USAF/Wesley Farnsworth)

美軍的當務之急： 反制無人機戰略

The Imperative for the U.S. Military to Develop a Counter-UAS Strategy

取材/2020年第二季美國聯合部隊季刊 (*Joint Force Quarterly*, 2nd Quarter/2020)

全球無人飛行系統的擴散與運用正在改變作戰環境，美國必須制定周延之因應無人飛行系統戰略，方可有效肆應未來的軍事威脅。

軍力通常是由科技、兵力運用、組織程序和訓練等重要因素組成。¹ 然而，快速的科技變化、戰爭型態不斷演進，以及長期戰鬥對於軍事戰備水準產生的持續效應，都限制了美軍因應各種新興全球安全挑戰的能力。無人飛行系統(普遍稱為無人機)的廣泛運用，是在伊拉克自由作戰行動初期大量應急爆炸裝置出現後，聯合作戰部隊所面對的其中一項最嚴重新興挑戰。從近期國家和非國家行為者之間的衝突，以及諸如俄羅斯與中共等美國競爭者的武獲優先項目，都可瞭解美軍官兵在未來戰場上將會看到無人機受到廣泛運用。例如，俄羅斯及其所支持的分離主義份子，就運用各型無人機，在方興未艾的烏克蘭衝突中造成毀滅性效果。² 美軍在敘利亞無法長期確保3,500英尺以下空域的作戰控制權，致使所謂「伊斯蘭國」等極端組織，得以在此空域中遂行各種殺

傷與非殺傷性無人機行動。³ 未來，美國國防部研判中共在無人機方面的投資很快就會超越美國，其僅在研發方面就可能挹注超過100億美元，且在2023年以前就可在此領域奪得世界領先地位。⁴

六十多年來，美軍地面部隊首度發現自己遭到敵人空中攻擊時，無法有效反制。既有的防空系統已證明幾乎完全無法偵測或接戰慢速、低飛之無人飛行系統。⁵ 倘無法在所有衝突中消除此種作戰風險，將使美陸軍在面對國家或非國家敵人的無人機攻擊時異常脆弱。此種風險迫使美陸軍發展並執行一套較現有更周延之反制無人飛行系統策略，這套策略必須涵蓋軍備、組織和人員訓練。無人機是一種多領域的挑戰，因此強化美陸軍的反制無人飛行系統策略將可提供一套框架，來發展並整合所有反制手段以成為各種新興作戰概念。本文將闡釋



2020年2月，一名士兵於新澤西州麥格外爾-迪克斯-雷克赫斯特(McGuire-Dix-Lakehurst, New Jersey)聯合基地移動一架RQ-7B幻影無人飛行系統。

(Source: US Air National Guard/Matt Hecht)

無人飛行系統在科技傳布和運用型態方面的威脅，並提供各種反制無人飛行系統的建議方案，供軍事領袖參用。

威脅

科技傳布。冷戰時期因有必要持續監控蘇聯，促使美空軍及情報機關從1950年代末期開始研發無人飛行系統，而這些無人機科技在1960年代初期具體完成。⁶ 1960年代後半期，美國運用這些新科技監控中共的核武發展及防空戰力，並且在越戰期間用於執行戰損評估。⁷ 越戰結束後，美國致力將無人飛行系統融入其在歐洲對抗蘇聯的

軍事行動，以克服科技與空域方面的各種限制。⁸ 隨著時間演進，美國持續提升各項無人機科技，因此到了1990年代時已經成功開發出掠奪者無人機，提供野戰層級部隊可靠的持久性監控能力。⁹

1995年，美軍在波士尼亞戰爭期間，首度派遣一個掠奪者無人機中隊執行作戰任務，負責提供目標資訊、監控難民潮動向、以及提供戰損評估。¹⁰ 在發現無人機於困難地形和不利天候下可執行24小時持續監控任務的作戰優點後，美國國會將掠奪者無人機的預算增加超過一倍，並加速推動其他無人

飛行系統建案，此舉奠定了美國目前全球無人機隊和戰術運用的基礎。¹¹ 雖然美國在無人飛行系統運用方面首開先河，但無人機在過去廿多年間已普及到全世界。如今，已超過90個國家和非國家行為者擁有無人機戰力，範圍從小型商用無人機到更精密的軍事無人機。此外，目前至少已有16個國家擁有武裝無人機，尚有20個國家在試圖發展之。¹² 電子裝備和軟體科技的演進，加上不斷變化的戰爭特質等兩大因素，同時造就了民用和軍用無人機快速普及。今日，全世界已使用和刻正開發中的武裝和非武裝無人機就超過600種型式。¹³

現有無人飛行系統取得方便、造價低廉且功能強大，已影響其普及程度。小型、價廉且市場上可獲得的玩家型無人機普遍能力較低，但仍具備使某些團體便於取得情監偵能力，而此種能力往往能和更精密的軍用無人機相抗衡。例如，中國大陸「大疆創新集團」所製造的Mavic空拍機，雖然是一種市售的四軸飛行器，但其要價不到100美元，且能自動起降、依

輸入之GPS航線飛行、追蹤和跟隨移動物體，並可偵測與閃避障礙。¹⁴ 此種無人機的自主飛行水準，目前已超越美國空軍每架造價約1,700萬美元的MQ-9死神式無人飛行系統。¹⁵

以色列是目前軍用無人飛行系統最大的出口國，擁有過去卅年來國際銷售額60%以上的市佔率。¹⁶ 但在2010到2014年間，僅有2.5%的出口是武裝型無人機，因此大多數對外出售的無人飛行系統都是用於偵察任務的無武裝系統。¹⁷ 然而，武裝型無人飛行機的出口數量正不斷增加，因為愈來愈多國家積極投入發展無人飛行系統。尤其，中共在出口廉價、可攜帶武裝的無人機方面，正快速成為全球領導者。¹⁸

商用型無人飛行系統的傳布速度比軍用型無人機快，因為後者價格較高且需要較多基礎設施支援，同時還受到現有國際武器貿易協定的限制。¹⁹ 商用系統在整體安全環境的取得便利性與傳布程度，導致軍事因應手段變得更為複雜，因為這些無人機通常擁有和小型軍用無人機不相上下的能力，且可輕易改裝為軍事用途。²⁰ 下一代商用無人機科技將使這些系統更容易改裝為軍用無人機，亦刻正開發如蜂群運用等新操作概念。²¹ 因此，隨著無人飛行系統持續進步和傳布，商用和軍用無人機的分野將變得更模糊，更加提高作戰風險。

軍事領袖必須瞭解各型無人機的能力與限制，方能發展出有效反制措施。目前，美國國防部依據各系統的規格、速度和作戰距離，將無人機區分為五大類。²² 此種分類方式雖然有助於區別特定系統在戰術或野戰層級的潛在用途，但卻無法

為瞭解無人飛行系統的兩大特質提供方向，因為這兩大特質與可能之戰場運用有關：分別為可獲得性或方便性，以及支援特定系統運用所需之科技與基礎設施。依這兩大特質，無人飛行系統可分為四大類型：分別為玩家型無人機、中型軍用和商用無人機、大型軍事專用無人機，以及匿蹤戰鬥無人機。²³ 上述各類無人機均有其特殊能力和限制，可做為如何反制的依據。

玩家型無人機是大眾可從許多管道購得的機型，通常價格不到3,000美元。這些系統有些已經預先組裝完成，有些則需自行組裝；然而，它們都不需要接受操作前訓練，也毋須任何基礎設施支援。中型軍用和商用無人機因價格與基礎設施等需求條件，並非可以輕易取得。然而，這些系統通常都是由某些國家出售或轉移給其他國家的軍隊和非國家行為者。大型軍事專用無人飛行系統包含偵察型和武裝型等兩種，由於此類系統的價格與基礎設施需求，鮮少是大型軍隊以外的行為者所能操作。匿蹤戰鬥無人機使用精密度高的抗干擾和低視度等科技，只有製造此種系統的國家才有。目前，美國是唯一已知使用匿蹤無人飛行系統的國家；然而，許多國家亦刻正發展匿蹤戰鬥無人機。²⁴

運用型態。無人機的精密度日益提升，能遂行從監控到致命攻擊等任務，既可做為投射系統，亦能當成造價低廉的精準導引武器。當前對於人工智慧和蜂群戰術能力的推動與發展，顯示未來可能是大量小型且低廉的系統可用在對抗如美陸軍等更強大兵力時，並且獲得局部優勢。²⁵ 現有商規無人飛行系統的傳布、精密度和武裝化等

趨勢，意味著任何國家或非國家行為者都可取得這種科技，且很可能以新穎方式運用之。不僅如此，無人機的運用可能存在戰略灰色地帶，因為國際上對於無人飛行系統運用在危機或衝突中具備之認知，截然不同於傳統人駕式飛機在類似狀況下的運用情形。²⁶

更廣泛運用無人機會徹底改變各種軍事作戰概念，以及國家在衝突中的交戰方式。這些系統本身存在的戰略模糊性，讓某些行為者有更多可用的軍事選項，在那些多個交戰對象都宣稱擁有空域控制權的灰色地帶衝突或類似競爭性環境中更是如此。無人機可降低諸如侵犯其他國家領域等相關行動的風險，因為在操作這些系統時不會讓飛行員遭遇生命危險。但由於沒有人類擔任飛行員，也降低了某些國家在入侵行動中使用武力反制無人機的風險。此種交互作用的近期例證發生在2014年，土耳其擊落一架疑似俄羅斯派遣之無人飛行系統，而據報導敘利亞在2015年亦曾擊落一架美國的掠奪者無人機，這兩次事件均未造成情勢升高或報復行動。²⁷ 對於非國家行為者來說，無人機可以提供原本他們無法獲得的軍事戰力。²⁸ 例如，俄羅斯支持的烏克蘭分離主義分子，就曾使用無人機替砲兵部隊偵察射擊目標。²⁹ 另一例證發生在2016和2017年間，伊斯蘭國極端組織曾使用小型武裝無人機對伊拉克部隊發動空襲。³⁰

美軍地面部隊所面對的戰術與野戰層級風險程度已經大幅增加，因為包含俄羅斯、中共、伊朗和北韓在內超過23個國家，據悉都擁有或正在發展武裝無人機戰力。³¹ 擁有無人機戰力的敵對非

國家行為者清單也在快速增加，目前已有諸如伊斯蘭國、黎巴嫩真主黨和哈瑪斯等恐怖組織，以及葉門胡塞運動叛軍等叛亂團體。³² 在非洲，博科聖地組織近年來也開始在奈及利亞和卡麥隆等國的跨國界攻擊行動中使用武裝無人機。³³ 最後，由於伊斯蘭青年團(al Shabaab)與黎巴嫩真主黨的關係密切，這個恐怖組織開始使用無人機進行恐怖行動恐怕只是時間早晚問題。³⁴

俄羅斯、中共和伊朗都擁有武裝無人機戰力，而且這些國家也已經證明自己在運用小型戰術無人機方面的作戰創新性。這些國家在近年各項衝突中已凸顯出無人機運用對於提高現代衝突複雜性的影響程度、作戰創新行為、擴散效應以及上述實力相當的競爭者會如何試圖利用美軍的各種弱點。綜述以上因素，俄羅斯、中共和伊朗的行為與能力顯示出美陸軍未來在所有區域的潛在衝突中會遭遇到敵人哪些可能行動。³⁵

俄羅斯快速推動無人機開發和武獲計畫，包含採購以色列製的無人飛行系統，同時投資國內自製專案。³⁶ 在其於2014年入侵克里米亞半島和烏克蘭東部時——後者普遍被外界認定為是第一場交戰雙方都使用無人機創造決定性戰果的武裝衝突——俄羅斯及其代理人運用戰術無人機提供情監偵目標資訊支援砲兵部隊射擊。這些小型載臺所傳送的即時情報，提升了瞄準目標位置精確度、縮短反砲兵射擊時間，並且強化射擊任務的殺傷力，³⁷ 而其次2014年7月發生的情況，俄羅斯還運用此種手段殲滅了4個烏克蘭陸軍旅級部隊，當時他們正準備對俄羅斯所支持之分離主義團體補給線發動跨國界攻擊。³⁸

相較於俄羅斯在無人機戰術運用所展現之創新作為，伊朗則是偏好追求技術提升。伊朗從數十年前與伊拉克作戰期間，就開始推動無人機發展計畫，現在已是中東地區該項技術最成熟的國家之一。³⁹ 伊朗也證明自己有意願將先進無人機科技分享給該地區的其他組織。據報導，伊朗曾派遣見證者129型(Shahed-129)無人機至伊拉克和敘利亞執行任務、提供無人機科技給予黎巴嫩真主黨和哈瑪斯，甚至可能提供葉門胡西族叛軍多種無人機，並

將先進無人機科技與俄羅斯分享。⁴⁰ 美軍曾在敘利亞作戰時摧毀2架攻擊美軍地面部隊的伊朗製無人機。這些事件凸顯出伊朗持續擴大其無人機發展計畫，並且將無人機當成反制美軍優勢武力的不對稱武器。各種報導指出伊朗製無人機曾出現在巴基斯坦、敘利亞和整個波斯灣地區。這些無人機也已經成為伊朗在面對嚴厲國際制裁下仍擁有先進安全能力的科技展示主要項目。⁴¹

西方軍事分析家與高層領袖目前仍不瞭解中共無人飛行系

統在支援軍事用途方面的發展程度；然而，證據顯示，中共所採取之各項作為是令人憂心的主因。某些專家認為，共軍無人機發展作為，置重點於蜂群科技、更大的酬載與作戰距離，以及人工智慧技術的整合等。在某份美國會所要求的報告中，分析家強調，中共自製無人飛行載具的數量和型式仍在不斷增加，僅在2016年珠海航空展就展出了5款新載臺。⁴² 中共似乎也預期，低科技無人機蜂群結合高科技人工智慧，將成為未來衝突中的最佳武器選項，

2017年11月在德國主導的「阿提米斯打擊」(Artemis Strike)多國防空演習中，美軍第7防空砲兵團在希臘夏尼亞北約飛彈射擊場發射愛國者飛彈接戰目標。(Source: US Army/Jason Epperson)



且足以反制包含美國在內的任何軍隊。中共在發展無人飛行系統上所挹注的心力，顯示出其認定此種科技在未來潛在衝突中之重要性與地位。⁴³

除了敵對國家的作為外，非國家行為者近年來運用無人機的情況，也顯示出這些團體可以用快速和相對容易的方式襲擾其他裝備精良的軍隊。無人機對於這些團體的魅力在於「其所擁有之破壞力和敵人可掌握之投射距離。」⁴⁴ 現今小型商用無人機，讓諸如伊斯蘭國等團體，得以部署空中情監偵兵力並提供空中密接支援的能力。非國家行為者使用小型無人機始於2004年，當時黎巴嫩真主黨開始使用無人機挑戰以色列軍隊。⁴⁵ 非國家行為者所使用的無人機在日後持續演變，並證明其有能力執行複雜的攻擊行動。例如，在耗時將近一年之久的光復摩蘇爾(Mosul)戰鬥行動中，伊拉克安全部隊頻頻遭遇武裝無人機攻擊，導致其解放伊斯蘭國控領據點的其他各項作為遭到延滯。⁴⁶ 其中令人憂心的是，非國家行為者在運用戰術無人機方面日益複

雜且具破壞性。黎巴嫩真主黨運用這些系統從事監控、散播宣傳、武裝攻擊及各種自殺攻擊。⁴⁷ 俄羅斯國防部近日指出，2018年1月時，俄軍曾在敘利亞西部遭遇「自製無人機蜂群」的攻擊。據該部表示，俄軍在克梅米迷空軍基地(Khmeimim Air Base)和塔土斯(Tartus)海軍基地遭遇13架攜帶小型炸彈的無人機發動複合式攻擊，造成人員傷亡及設施毀損。⁴⁸ 這些蜂群型態的攻擊極具威脅性，因為現有硬殺防禦系統很難有效對付靈活的小型無人機，而蜂群無人機更會澈底壓垮多數現役反制措施。⁴⁹

反制無人機威脅的建議事項

美國的政策不僅必須處理今日的各種問題，同時還須擁有足夠彈性，以肆應明日的種種挑戰。一部周延的反制無人飛行系統策略，必須解決不同型式無人飛行系統所構成的迥異威脅。其亦必須提供各種解決方案，以因應潛在國家與非國家行為者所構成的各種無人飛行系統挑戰。美陸軍目前的

反制無人飛行系統戰略並未達到此一要求。本文所討論的內容顯示，美國的敵人正在不斷學習與調適，但美陸軍卻無法跟上步調。俄羅斯在烏克蘭運用無人機的作戰方式、伊朗的無人機科技傳布作為、中共對於發展全類型無人機戰力的重視，以及非國家行為者使用無人機方式的演變，都顯示美陸軍計畫人員必須預料到無人飛行系統將在未來衝突中廣泛運用。無人機科技的改變和敵人準則的不斷修改，顯示出美陸軍必須從近年歷次衝突中學習經驗(一如俄羅斯)，並認清戰爭型態不斷變化的特質，需要更好的武獲流程和訓練，才能有效反制無人飛行系統的威脅。

在全球反恐戰爭期間，美陸軍依據預算分配優先順序，決定以遠距防空系統為主軸，並大幅精簡與裁撤短程防空系統。據指出，這項政策是當年決策高層咸認為美空軍現在和未來的戰力，皆足以擊退任何空中威脅並確保空中優勢，所採取的計畫性風險承擔行為。⁵⁰ 但隨著這項決策背後的假定事項已經證明失效，裁撤短程防

空系統意味著美陸軍現在必須依賴日漸老舊的防空和飛彈攔截系統，去反制所有無人飛行系統威脅。⁵¹ 由於戰術型無人機的傳布，就成本、系統可用數量，以及欠缺反制慢速、低飛無人機之能力等條件而言，運用先進空中與飛彈防禦系統反制無人機已完全不適切。

近年來，以色列國防軍曾運用其建置之美製愛國者飛彈，反制一架來自敘利亞入侵以國領空的小型無人機。以軍發射多枚單價300萬美元的愛國者二型飛彈，卻未能擊落該目標。⁵² 這次事件凸顯出運用有限的戰區層級防空武裝來對付戰術型無人機，不僅成本上無法負荷，且在技術上具有困難度。⁵³ 前美陸軍訓練暨準則司令部司令柏金斯(David Perkins)上將曾在2017年的演說中表示，「如果我是敵人，我就會想『好，我只要用所有錢到eBay網站去買一架300美元的四軸飛行器，就可以消耗掉所有愛國者飛彈。』」⁵⁴ 假如愛國者和刺針飛彈(單價分別為300萬美元和3萬8,000美元)仍是反制無人機的主要防禦手段，敵人就有可能採取像伊斯蘭極端組織在敘利亞對付俄羅斯軍隊的手法，消耗掉造價高達數以億計的戰區層級防空能量。如此低成本的行動卻可能造成整個作戰地區曝露於後續空中攻擊的危險之中。

雖然美陸軍已經採取多項作為，改善其反制無人飛行系統戰力，但這些作法仍然不夠充分。其近年來已開始要求陸軍軍品司令部翻修原本規劃全部銷毀的舊型復仇者系統，以增加常備部隊可使用的短程防空系統數量。這個作法雖然立意正確，但復編短程防空飛彈系統需要時間，機動打擊部隊在其復編前仍然十分脆弱。美陸軍

還採取其他多項作為，包含訓練和編配機動打擊部隊刺針飛彈組，以及提升刺針飛彈性能，以改善其反制戰術型無人機的效能，希望藉此彌補戰能力罅隙。⁵⁵ 然而，這個解決方案已經證明缺乏效果。美陸軍過去在1990年代也曾試圖整合刺針飛彈組，然而高層國防官員卻指出這項作為的結果「並不理想，因為我們發現打擊部隊士兵所發射的刺針飛彈，至少有八成是在敵人已經摧毀我軍多數部隊後所採取的報復行動。」⁵⁶ 隨著無人機威脅持續演變，用於反制這項威脅的解決方案也必須跟著變。

當前無人機的威脅已經複雜到不是任何單一解決方案可以消弭。美陸軍的反制無人飛行系統戰略，必須提供兼顧延續和周延作法的架構，以結合各種人員、軍品和軟體解決方案。其必須採取創意方式，運用這三大行動主軸的所有手段，奪回作戰主動權。在人員行動主軸方面，美陸軍必須重新訓練所屬部隊，在充斥無人機的環境中競爭、戰鬥並取得勝利，在贏得反偵察戰鬥時，重新調整部隊編組方式，以因應反制無人機需求中日益增加的項目。在軍品解決方案主軸上，美陸軍必須持續推動既有工業時代武獲程序的改革作為，藉由建立與企業夥伴的官民夥伴關係，促成快速、創意與獨立技術解決方案。最後，美陸軍必須尋找既有以及新興商用科技，以發掘各種可快速配合，並與既有系統相容之創新性軟體解決方案共同部署之反制無人飛行系統手段。如果找不到如此科技，美陸軍就必須率先主導發展有效之反制無人機系統。最近剛剛成立的美陸軍未來司令部(U.S. Army Futures Command)，其任務就

是希望加快武獲程序，因此該司令部可以主導這些作為。此司令部在這些行動主軸所獲得的初步成果，可以讓美陸軍在無人機科技和反制無人機作為等方面獲得躍進提升的機會。⁵⁷

美陸軍必須將主要重點置於人員行動主軸，因為就短期性反制無人飛行系統效益而言，這可說是最重要的一部分。此舉需要重新恢復在激烈競爭無人機環境中極為必要但卻已經萎縮的防空作戰技能。防空技能和訓練退化的原因，在於過去數十年來美軍一直都在沒有任何挑戰的空域中遂行反叛

亂作戰行動。美陸軍原本會訓練部隊官兵遂行主動與被動防空的必要野戰技能。主動手段包含偵知與接戰敵機等任務項目；被動防禦手段則包含偽裝、掩蔽、設施強化、疏散和機動等技巧，以反制敵空中攻擊。⁵⁸ 就其工作績效而言，美陸軍已開始恢復上述技能的相關訓練。⁵⁹

就立即反制敵無人機威脅而言，恢復採用並嚴格貫徹各項被動防禦標準是一項低成本的快速解決方案。2014年7月駐防瑟倫諾比利亞(Zelenopillya)的烏克蘭軍隊如果曾採取被動防空手段，俄軍攻擊所造成的嚴

重程度就會降低許多。美陸軍必須像當年伊拉克與阿富汗戰場出現應急爆炸裝置威脅後所採取的作法，開始挹注於商用無人機系統的駐地訓練配套項目。當其瞭解這些裝置的危害程度後，立即就整合各種用於訓練前進部署單位的方法，使其瞭解如何反制並消弭此一威脅。美陸軍也在三大戰鬥訓練中心的最後期末鑑測課目中，驗證部隊的整備水準。相同作法也應用在反制無人飛行系統的訓練上。

敵方任何無人飛行系統臨空偵察的情況，已不能再被輕視為無關緊要的騷擾，而應立即向指揮官回報，因為部隊必須主動接戰，同時盡速脫離，以確保全身而退。針對敵方無人飛行系統的硬殺選項，從簡單到複雜各有不同，但截至目前為止已證實最有效的方式，往往必須結合傳統硬殺和新興的軟殺選項，才能獲得反制無人飛行系統的聯合重層效益。也是基於此種作法，以下所有建議均應納入考量。沒有任何單一行動主軸足以獨力擊敗或壓制此威脅。美陸軍和聯戰部隊必須重層運用



2017年5月，奉派部署至中東地區的未爆彈處理人員正在操作大疆創新科技的無人機Mavic Pro。(Source: USMC/Shellie Hall)

上述行動主軸，才能在新的反偵察戰鬥中獲致所望戰果。

商用與軍用無人機界線已然模糊，使美陸軍必須和工商界夥伴共同合作，以研究並瞭解這些系統的未來潛力。由於目前非國家行為者對於此種科技商業開發的依賴，主要是結合製造商(包含外國製造商)的力量，若能自業界瞭解上述相關訊息，將使美陸軍理清系統變化的未來方向與各種潛在威脅。當敵人開始在戰場上運用這些系統前，這種先期瞭解可以讓美陸軍獲得發展適切處理作為的時間。如同美陸軍副部長近期宣布有關陸軍未來司令部成立的消息時所言，「我們必須在那些重要組成單位或社群的合作方式上採取更靈活之作法。」他也強調「整個國防部確實已經在1990年代就放棄了眾多所屬系統工程人才，這已是武器系統開發部門的艱鉅挑戰，因為現在國防部內完全沒有如此建制能力。」⁶⁰

美陸軍未來司令部是尋找和發展反制無人機軍品解決方案的理想機關。美陸軍必須確保該司令部獲得適切人力和必要

授權，以成為一個能改革目前已無法跟上現代科技變革腳步之武獲制度單位。美聯合特戰司令部與SOFWERX創新中心的關係，就是美陸軍更廣泛軍品合作行為應具之參考模式。該中心是一個官民合作科技發展中心，近期正準備主辦一系列無人機競賽，以瞭解這些系統和裝備對於聯合特戰司令部可創造多大利益。⁶¹ 這種政府和民間合作的模式，可替更多傳統陸軍部隊帶來好處，並提供一個極佳管道來發展無人機及設計反制無人機方法。

雖然敵用無人機系統就全

球涵蓋面而言仍屬新興科技，但對於商用乃至軍用重疊範圍會產生重大影響的領域，仍然持續改善以自主飛行、更佳續航性能和定位科技等方面為重點。目前僅有少數商用無人機可以在沒有預設飛行路線的輔助下飛行，但這種科技正隨著商用人工智慧的應用軟體發展而快速問世。定位科技的進步也對軍隊形成重大挑戰。在此一領域經營的企業，其公開目標都是發展可以在沒有全球衛星定位系統輔助下自行確認位置的系統。⁶² 將上述所有先進科技項目結合至一架商用載臺上



2017年9月於佛羅里達州坦帕市SOFWERX創新中心所舉辦的「雷霆無人機科技展」期間，現場人員正在操作無人機。(Source: USAF/Barry Loo)

一旦成真指日可待——勢必讓潛在敵人擁有世界上最先進軍用無人機的商業版。美陸軍因而必須與能提供此種情況預警資訊的工業夥伴合作，或許還能左右出現的時機。

研擬反制無人飛行系統戰略的最後一項行動主軸，是在美陸軍既有旅級戰鬥部隊的架構下，整合人員、軍品解決方案和系統軟體。建立這些解決方案的第一步，需要為既有系統研發可協助偵測和追蹤無人機的軟體。現有空中追蹤系統已經可以追蹤較大型的野戰層級無人機，因此重點應置於偵測體積較小的戰術無人飛行系統，因為後者的紅外線和電磁信號較弱且雷達截面積較小。不僅如此，美陸軍必須挹注資金發展現有和未來感測器所使用的軟體，使其能更有效偵測戰術無人機。目前充滿不確定的預算環境，幾無可能採購新式雷達系統，而過去武獲失敗案例也顯示，美陸軍不應將有限預算挹注於專用的反無人機雷達。相反地，其應發展更好的軟體供既有雷達使用，諸如AN/MPQ-64哨兵雷達和AN/TPQ-53雷達系統等。後者這種雷達原本就是用在追蹤火箭、砲彈和迫擊砲彈，但美陸軍已開始測試其追蹤無人機的能力。現代雷達的其中一項優勢，就是主動電子掃描陣列功能。⁶³ 擁有此種功能的雷達已證明其比舊式系統擁有更多能力，因此針對這些系統開發戰術無人機追蹤軟體，可毋須發展新雷達系統的另類解決方案。

現任參謀首長聯席會議主席密利(Mark Milley)上將認為，「身為軍事專業人員最重要的職責之一，就是想清楚未來武裝衝突的本質。」他也強調，任何型式的固定陣地，因易遭偵蒐，皆是敵方

列為必須設法摧毀的致命目標。⁶⁴ 此類目標資訊在未來大部分極可能都是由敵方無人機所提供，其中甚至還有部分能自行發動攻擊。近年來國家和非國家行為者所參與的歷次衝突，以及美國的敵人積極獲得無人機等情況，在在印證此一現實狀況。雖然近年來的衝突已可一窺這些威脅和過往的經驗教訓，但就長期作戰風險來看，美陸軍仍然存在弱點，因為敵對的國家和非國家行為者，仍會持續進行無人機傳布和運用。美國和運用各種無人機之敵人再次出現的長期地緣政治角力、無人機科技在所有作戰地區的快速擴散，以及將無人機納入有效攻勢行動之作戰概念，都使發展並貫徹依據人員、軍品與軟體解決方案設計之反制無人飛行系統策略，成為美陸軍未來的要件。此策略將可為美陸軍武獲流程改善作為提供一套框架，以更有效運用新興科技，並發展出周延之人員訓練計畫，將這些科技加以整合，透過更好的作戰方式重新取得主動權。美陸軍在過去十年耗資數億美元，建立並打造一支可在地面領域作戰、主宰和戰勝的部隊，但某些資源條件遠遠不如美國的國家和團體，卻在無人機戰法的新競技場上挺身挑戰美國的地位。美陸軍必須想方設法消除此種威脅，否則就可能面臨輸掉下一場戰爭的風險。

作者簡介

Edward A. Guelfi少校現任美陸軍第11野戰砲兵團第2營副營長；Buddhika Jayamaha博士現任美國空軍官校教師；Travis Robinson中校現任美陸軍第11野戰砲兵團第2營營長。

Reprint from *Joint Force Quarterly* with permission.

註釋

1. Stephen Biddle, *Military Power: Explaining Victory and Defeat in Modern Battle* (Princeton: Princeton University Press, 2006).
2. Phillip A. Karber, “‘Lessons Learned’ from the Russo-Ukrainian War: Personal Observations,” draft, Johns Hopkins Applied Physics Laboratory and U.S. Army Capabilities Center, July 2015, 12, available at <<https://prodev2go.files.wordpress.com/2015/10/rus-ukr-lessons-draft.pdf>>.
3. Mark Pomerleau, “How \$650 Drones Are Creating Problems in Iraq and Syria,” *C4ISRNET*, January 2018, available at <www.c4isrnet.com/unmanned/uas/2018/01/05/how-650-drones-are-creating-problems-in-iraq-and-syria/>.
4. Ian McPhedran, “U.S. Predicts 42,000 Unmanned Chinese Military Planes by 2023,” News Corp Australia Network, July 8, 2015, available at <www.news.com.au/world/asia/us-predicts-42000-unmanned-chinese-military-planes-by-2023/news-story/b9b5bc52967c7347cb977f9b3460f98f>.
5. Pomerleau, “How \$650 Drones Are Creating Problems in Iraq and Syria.”
6. Thomas P. Ehrhard, *Air Force UAVs: The Secret History* (Arlington, VA: Air Force Association, July 2010).
7. Drone conducted 93 percent of damage assessments following Operation *Linebacker II*. See also Ehrhard, *Air Force UAVs*, 9, 28.
8. Ehrhard, *Air Force UAVs*, 32-33.
9. Frank Strickland, “An Insider’s Perspective on Innovation During Fiscal Austerity: The Early Evolution of the Predator Drone,” *Strategies in Intelligence* 57, no. 1 (March 2013), 6; Richard Whittle, *Predator: The Secret Origins of the Drone Revolution* (New York: Henry Holt & Co., 2014).
10. Arthur Holland Michel, “Drones in Bosnia,” Center for the Study of the Drone, Bard College, New York, June 7, 2013, available at <<http://dronecenter.bard.edu/drones-in-bosnia/>>; Elizabeth Becker, “Crisis in the Balkans: The Drones; They’re Unmanned, They Fly Low, and They Get the Picture,” *New York Times*, June 3, 1999, available at <www.nytimes.com/1999/06/03/world/crisis-balkans-drones-they-re-unmanned-they-fly-low-they-get-picture.html>.
11. Michel, “Drones in Bosnia”; Strickland, “An Insider’s Perspective on Innovation During Fiscal Austerity,” 3.
12. Matt Fuhrmann and Michael C. Horowitz, “Droning On: Explaining the Proliferation of Unmanned Aerial Vehicles,” *International Organization* 71, no. 2 (Spring 2017), 397-418.
13. Lynn E. Davis et al., *Armed and Dangerous? UAVs and U.S. Security* (Santa Monica, CA: RAND, 2014), 7-10; *United States Army Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS) Strategy Extract* (Washington, DC: Army Capabilities Integration Center, 2016), 5.
14. More information on the DJI Mavic can be found at Web site of SZ DJI Technology Co., Ltd., available at <www.dji.com/mavic-air?site=brandsite&from=nav>.
15. James Drew, “USAF to Automate MQ-9 Takeoffs and Landings,” *Flight Global*, May 4, 2016, available at <<https://www.flightglobal.com/news/articles/usaf-to-automate-mq-9-takeoffs-and-landings-424975/>>.
16. George Arnett, “The Numbers Behind the Worldwide Trade in Drones,” *The Guardian*, March 16, 2015, available at <www.theguardian.com/news/datablog/2015/mar/16/numbers-behind-worldwide-trade-in-drones-uk-israel>.
17. Ibid.
18. Kyle Mizokami, “For the First Time, Chinese UAVs Are Flying and Fighting in the Middle East,” *Popular Mechanics*, December 22, 2015, available at <www.popularmechanics.com/military/weapons/news/a18677/chinese-drones-are-flying-and-fighting-in-the-middle-east/>.
19. Andrea Gilli and Mauro Gilli, “The Diffusion of Drone Warfare? Industrial, Organizational, and Infrastructural Constraints,” *Security Studies* 25, no. 1 (February 2016), 50-84.
20. Ben Watson, “The Drones of ISIS,” *Defense One*, January 12, 2017, available at <www.defenseone.com/technology/2017/01/drones-isis/134542/>; Michael C. Horowitz, Sarah E. Kreps, and Matthew Fuhrmann, “Separating Fact from Fiction in the Debate over Drone Proliferation,” *International Security* 41, no. 2 (Fall 2016), 7-42.
21. Alexis C. Madrigal, “Drone Swarms Are Going to Be Terrifying and Hard to Stop,” *The Atlantic*, March 7,

- 2018, available at <www.theatlantic.com/technology/archive/2018/03/drone-swarms-are-going-to-be-terrifying/555005/>.
22. Micro-tactical, small tactical, tactical, persistent, penetrating. See *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY 2013-2038* (Washington, DC: Department of Defense, 2014), available at <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a592015.pdf>>.
23. Kelley Sayler, *A World of Proliferated Drones: A Technology Primer* (Washington, DC: Center for a New American Security, June 2015), 8, available at <<http://drones.cnas.org/reports/what-are-drones/>>.
24. For the details on the capabilities, limitations and technological trends of these four categories of drones, see *ibid.*
25. *Ibid.*
26. Michael C. Horowitz, Paul Scharre, and Ben FitzGerald, *Drone Proliferation and the Use of Force: An Experimental Approach* (Washington, DC: Center for a New American Security, March 2017), available at <<http://drones.cnas.org/reports/drone-proliferation-use-force/>>.
27. Orhan Coskun, "Turkey Shoots Down Drone Near Syria, U.S. Suspects Russian Origin," Reuters, October 16, 2015, available at <www.reuters.com/article/us-mideast-crisis-turkey-warplane-idUSKCN0SA15K20151016>; Missy Ryan, "U.S. Drone Believed Shot Down in Syria Ventured into New Area, Official Says," *Washington Post*, March 19, 2015.
28. Horowitz, Kreps, and Fuhrmann, "Separating Fact from Fiction in the Debate over Drone Proliferation," 7-42.
29. Sydney Freedberg, Jr., "Russian Drone Threat: Army Seeks Ukraine Lessons," *Breaking Defense*, October 14, 2015, available at <<http://breakingdefense.com/2015/10/russian-drone-threat-army-seeks-ukraine-lessons/>>.
30. Michael S. Schmidt and Eric Schmitt, "Pentagon Confronts a New Threat from ISIS: Exploding Drones," *New York Times*, October 11, 2016, available at <www.nytimes.com/2016/10/12/world/middle-east/iraq-drones-isis.html>; Watson, "The Drones of ISIS."
31. Davis et al., *Armed and Dangerous?* 9.
32. Peter Bergen, Melissa Salyk-Virk, and David Sterman, *World of Drones* (Washington, DC: New America Foundation, November 22, 2019), 4, available at <www.newamerica.org/in-depth/world-of-drones/3-who-has-what-countries-armed-drones/>.
33. Simon Ateba, "Boko Haram Terrorists Now Using Drones in Nigeria and Cameroon," *The Nigerian Voice*, September 4, 2017, available at <www.thenigerianvoice.com/news/256790/boko-haram-terrorists-now-using-drones-in-nigeria-and-camero.html>.
34. "Nigerian Army Links Boko Haram to Hezbollah," *Sahara Reporters*, May 30, 2013, available at <<http://saharareporters.com/2013/05/30/nigerian-army-links-boko-haram-hezbollah/>>.
35. Karber, "Lessons Learned" from the Russo-Ukrainian War," 12.
36. Nicholas Clayton, "How Russia and Georgia's Little War Started a Drone Arms Race," *PRI*, October 23, 2012, available at <www.pri.org/stories/2012-10-23/how-russia-and-georgias-little-war-started-drone-arms-race>.
37. Karber, "Lessons Learned" from the Russo-Ukrainian War," 12.
38. Shawn Woodford, "The Russian Artillery Strike that Spooked the U.S. Army," *Mystics & Statistics* blog, March 29, 2017, available at <www.dupuyinstitute.org/blog/2017/03/29/the-russian-artillery-strike-that-spooked-the-u-s-army/>.
39. Ariane Tabatabai, "Iranian Drone Program," *Bulletin of the Atomic Scientists*, October 12, 2017, available at <<https://thebulletin.org/decades-making-iranian-drone-program11185>>.
40. Levi Maxey, "Next-Gen Drones: Making War Easier for Dictators and Terrorists," *The Cipher Brief*, December 12, 2017, available at <www.thecipherbrief.com/next-gen-drones-making-war-easier-dictators-terrorists>; John Kester, "Russian Drone Tech May Include Help from Iran," *Foreign Policy*, October 5, 2017, available at <<http://foreignpolicy.com/2017/10/05/russian-drone-tech-may-include-help-from-iran/>>.
41. "U.S. Shoots Down Second Iran-Made Armed Drone Over Syria in 12 Days," *The Guardian*, June 20, 2017, available at <www.theguardian.com/us-news/2017/jun/20/us-iran-drone-shot-down-syria>.

42. According to the *Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2017* (Washington, DC: Department of Defense, May 15, 2017), 29, "China displayed five airframes: the Wing Loong I, Wing Loong II, WJ-600A/D, Yunying Cloud Shadow, and the CH-5 (Rainbow 5)."
43. Emily Feng and Charles Clove, "Drone Swarms vs. Conventional Arms: China's Military Debate," *Financial Times*, August 2017, available at <www.ft.com/content/302fcl4a-66ef-11e7-8526-7b38dcaef614>.
44. Brian A. Jackson, *Evaluating Novel Threats to the Homeland: Unmanned Aerial Vehicles and Cruise Missiles* (Santa Monica, CA: RAND, 2008), xv.
45. Avery Plaw and Elizabeth Santoro, "Hezbollah's Drone Program Sets Precedents for Non-State Actors," *Terrorism Monitor* 15, no. 21 (November 10, 2017).
46. Jamie Crawford, "Report Warns of ISIS Developing Drones for Chemical Attacks," CNN, October 20, 2016, available at <www.cnn.com/2016/10/20/politics/terrorist-groups-and-drones/index.html>.
47. Plaw and Santoro, "Hezbollah's Drone Program Sets Precedents for Non-State Actors."
48. David Reid, "A Swarm of Armed Drones Attacked a Russian Military Base in Syria," CNBC, January 11, 2018, available at <www.cnbc.com/2018/01/11/swarm-of-armed-diy-drones-attacks-russian-military-base-in-syria.html>.
49. Madrigal, "Drone Swarms Are Going to Be Terrifying and Hard to Stop."
50. Randall McIntire, "The Return of Army Short-Range Air Defense in a Changing Environment," *Fires Bulletin* (November-December 2017), 5.
51. Barry Pike, Program Executive Officer, Missiles and Space, statement, *On Fiscal Year 2018 Priorities and Posture of Missile Defeat Programs and Activities: Hearing Before the Subcommittee on Strategic Forces, Committee on Armed Services, United States House of Representatives*, 115th Cong., 8 (2017).
52. Callum Paton, "Iran Drone No Match for U.S. Patriot Missile as Israel Blows Hezbollah Aircraft Out of the Sky," *Newsweek*, September 2017, available at <www.newsweek.com/iran-drone-no-match-us-patriot-missile-israel-blows-hezbollah-aircraft-out-sky-667570>.
53. "IDF Fails 3 Times to Bring Down Drone over Golan," *Times of Israel*, July 17, 2016, available at <www.timesofisrael.com/idf-we-tried-and-failed-3-times-to-bring-down-drone-over-golan/>.
54. Alexandra Larkin, "How Do You Shoot Down a \$200 Drone? With a \$3 Million Patriot Missile," CNN, March 16, 2017, available at <www.cnn.com/2017/03/16/americas/drone-shot-by-patriot-missile-trnd/index.html>.
55. McIntire, "The Return of Army Short-Range Air Defense in a Changing Environment," 5-6.
56. Interview with senior Defense official, February 2017.
57. Jen Judson, "Army Futures Command Taking Charge of Conjuring Up New Capability," *Defense News*, March 24, 2018, available at <www.defensenews.com/digital-show-dailies/global-force-symposium/2018/03/24/army-futures-command-taking-charge-of-conjuring-up-new-capability/>.
58. Christopher L. Spillman and Glenn A. Henke, "The New Threat: Air and Missile Defense for Brigade Combat Teams," *AUSA Magazine*, February 17, 2017.
59. Anne Chapman, *The National Training Center Matters*, 1985-1993 (Fort Eustis, VA: U.S. Army Training and Doctrine Command, 1997), 26.
60. Judson, "Army Futures Command Taking Charge of Conjuring Up New Capability."
61. Michael Bottoms, "SOFWERX: A Smart Factory of Innovation Helping the Warfighter," U.S. Special Operations Command Office of Communication, February 2, 2018, available at <www.socom.mil/pages/SOFWERX-A-smart-factory-of-innovation-helping-the-warfighter.aspx>.
62. Judson, "Army Futures Command Taking Charge of Conjuring Up New Capability."
63. Sydney J. Freedberg, Jr., "Drone Defense: Army Anti-Artillery Radar Tracks UAVs," *Breaking Defense*, June 27, 2016, available at <https://breakingdefense.com/2016/06/drone-defense-army-anti-artillery-radar-tracks-uavs/>.
64. David Barno and Nora Bensahel, "Three Things the Army Chief of Staff Wants You to Know," *War on the Rocks*, May 23, 2017, available at <https://warontherocks.com/2017/05/three-things-the-army-chief-of-staff-wants-you-to-know/>.