

全球軍事變局 · 精選主題包

改寫現代戰爭的無人機： 超低成本的飽和攻擊， 讓美俄軍事霸權也接連栽跟斗

從烏克蘭到伊朗，解構低成本殺器背後的軍事思維與地緣賽局



編輯導讀 • EDITOR'S NOTE

讀懂不對稱作戰如何改寫勝負規則

現代戰爭向來是大國及其軍工複合體佔盡優勢的權力遊戲，畢竟一發巡弋飛彈或愛國者動輒就要數百萬美元，各種先進武器也都需要耗費大量資本與時間進行研發與驗證。然而在烏東戰場的泥濘與波灣國家的荒漠中，極其殘酷的現實卻向大國的決策者昭告：戰爭的舊有典範已然轉移。

本期精選的幾篇報導，從美軍裝甲旅如何在演習中慘遭烏克蘭無人機小組「獵殺全殲」談起；到五角大樓如何破天荒對敵國武器進行「逆向工程」；同時也介紹了家具設計師如何以材料學巧思跨界成為防務新星、以及中美如何在喜馬拉雅山的雪線上，進行無人機主導權的無聲對決。

我們想邀請您一同思考：當昂貴的武器系統不再是戰場上的勝利保證，國家與企業該如何在『廉價、敏捷且致命』的生存挑戰中，重新站穩防禦與進攻的立足點？這不只是軍事科技的更迭與創新，更是一場關於成本治理、進化迭代、國防民主、以及地緣政治博弈的全面轉向。

編輯提問

當昂貴的武器系統不再是戰場上的勝利保證，國家與企業該如何重新站穩防禦與進攻的立足點？

閱讀地圖 · CONTEXT MAP

五篇報導如何互相牽動

01

實戰警鐘與典範轉移

美軍裝甲部隊在演習中遭烏克蘭無人機部隊全殲，敲響五角大廈與北約盟軍的警鐘，暴露現代軍事組織對抗低成本無人機的能力缺口。

02-03

師夷長技以制夷

從伊朗「見證者」無人機引發全球仿製潮，到五角大樓親自「逆向工程」複製出低成本殺器，不對稱作戰的量產競賽全面展開。

04

軍工產業的生力軍

家具設計師跨界成為防務公司執行長，證明民間材料工藝正大幅縮短無人機量產工時，重組國防供應鏈的人才結構。

05

喜馬拉雅山的美中角力

無人機競逐從戰場延伸至喜馬拉雅山的民用應用，成為美中地緣政治圍堵與科技主導權角力的新戰場。

目錄 • CONTENTS

五篇精選，一次看懂全局

- | | | |
|----|---------------------------|----------------------------------|
| 01 | 美烏軍隊在演習中展開對決：烏克蘭無人機勝出 | 實戰警鐘 • TACTICAL LESSONS |
| 02 | 多國競相仿製伊朗致命的「見證者」無人機 | 以子之矛 • THE SPEAR |
| 03 | 美國對伊作戰殺手鐮是一款受伊朗啟發的無人機 | 師夷長技 • ASYMMETRIC RECONSTRUCTION |
| 04 | 重創俄軍的烏克蘭無人機出自一位90後家具設計師之手 | 民間重組 • INDUSTRIAL AGILITY |
| 05 | 中美在聖母峰競逐無人機主導權 | 邊疆無聲戰役 • GEOPOLITICAL EDGE |

01

實戰警鐘 • TACTICAL LESSONS

美烏軍隊在演習中展開對決：烏克蘭無人機勝出

這次慘敗帶來了烏克蘭戰場上關於短程無人機的教訓。這類無人機主導了俄羅斯和烏克蘭之間的衝突。

WSJ 報導 • 風傳媒編輯整理



一名烏克蘭軍人在烏克蘭東部前線附近操作無人機。圖片來源：美聯社

導讀

美軍半年一度的「聯合決心」（Combined Resolve）演習，由德州輪調歐洲的陸軍第一騎兵師裝甲旅，遭遇扮演假想敵的烏克蘭無人機精銳部隊，美軍竟以極快速度吃下敗仗。因為裝備精良、行進張揚的美軍裝甲旅揚起滾滾塵土後，很快遭到烏軍的偵察無人機鎖定與獵殺，整個部隊都遭到殲滅。

這場「美軍遭無人機慘電」的模擬對決，敲響了五角大廈與北約盟軍的警鐘。即便美軍近年投入數十億美元採購新型反無人機裝備，但北約歐洲盟軍最高統帥格林克維奇（Alexus Grynkewich）上將坦言，美軍至今未能掌握低成本小型無人機的實戰精髓。烏克蘭在四年半血戰所淬鍊出的整補改裝與戰術調整能力，更凸顯出美軍裝甲部隊的生存危機。

今年早些時候，美國陸軍部隊在德國的一場軍事演習中與烏克蘭無人機操作員對陣。結果美軍表現不佳。

據知情人士透露，在這次代號為「聯合決心」(Combined Resolve)的演習中，烏克蘭的無人機部隊輕鬆發現並擊敗了從德州胡德堡(Fort Hood)輪換過來的美軍部隊和裝甲車。

這次演習，加上美國在伊朗的傷亡事件，暴露了美國在無人機面前的脆弱性——而多年以前，美國曾率先將無人機系統作為戰爭的必備要素。美國是利用長程無人機作戰的先驅。五角大樓(Pentagon)最近已斥資數十億美元採購新的無人機和反無人機技術，並組建了專門的操作部隊。

儘管如此，今年在中東，美軍一直難以防禦伊朗的長程無人機，這些無人機已造成美軍士兵傷亡和飛機被毀。

在德國的這次慘敗帶來了烏克蘭戰場上關於短程無人機的教訓。這次於4月和5月舉行的演習，旨在檢驗來訪部隊在小型前線無人機擴散的環境下進行作戰和防禦的能力，這類無人機主導了俄羅斯和烏克蘭之間的衝突。

舉辦「聯合決心」這類演習的目的，正是為了讓部隊能夠體驗真實的作戰環境。近年來，駐歐陸軍領導人利用手頭現有的烏克蘭部隊，讓他們參與進來，在模擬戰場上透過實踐，將他們來之不易的技能傳授給美國及盟國部隊。其期望是，失敗是具有教育意義的。在英國和瑞典的演習中，烏克蘭部隊也輕鬆獲勝。

「在美國，你無法獲得這樣的訓練，」北大西洋公約組織(North Atlantic Treaty Organization, 簡稱：北約)最高軍事

領導人、空軍上將亞歷克薩斯·格林克維奇(Alexus Grynkeiwich)說。他表示，在北約部隊與烏克蘭軍隊進行演習後，「變化是顯著的。」

智庫戰略與國際問題研究中心(Center for Strategic and International Studies)的學者埃利奧特·科恩(Eliot Cohen)說，近期的戰場經驗表明，各類無人機對現代戰爭都至關重要。

他說：「美國軍方掌握這一點至關重要，但不幸的是，到目前為止，情況似乎並非如此。」

「聯合決心」是半年一度的演習，側重於大規模地面作戰行動，輪換的美軍部隊在演習中使用由地面部隊、直升機、無人機和其他軍事資產支援的裝甲師。

知情人士稱，約3,500名美方人員參加了此次演習，主要來自第一騎兵師第三裝甲旅戰鬥隊。他們的任務是攻擊一個由該陸軍訓練場的假想敵部隊(OPFOR)防守的陣地，而這支部隊又得到了烏克蘭無人機系統部隊第412團(又稱「復仇女神」(Nemesis))的增援。

據一位陸軍官員稱，這支輪換部隊配備了標準的電子戰和反無人機系統。該陸軍官員表示，配備了最新裝備和戰術的新型機動旅戰鬥隊在演習中表現要好得多。

據聽取了演習簡報的美國官員和一名參演人員透露，烏克蘭無人機操作員在演習中殲滅了一個美國裝甲旅。

據上述參演人員稱，參演部隊派出的重型裝甲車在行進中揚起塵土，很容易被烏克蘭的偵察無人機發現。此人說，緊隨這些

偵察無人機之後的是投擲炸藥的無人機和第一視角(FPV)無人機，後者在戰鬥中會直接撞向目標。

此類演習很少使用實彈。無人機通常懸停在車輛上方或飛得足夠近，以便觀察員判定其完成一次「獵殺」。

一位聽取了演習簡報的美國官員說，烏克蘭無人機獵殺美軍車輛的速度太快，以至於這些車輛不得不作為新單位被派回演習，即「重生」(re-spawned)，以使演習得以繼續。

在為期兩週的交戰中，美軍反覆進行了這一訓練想定。上述陸軍官員說，隨著輪換部隊在疏散、隱蔽和使用電子戰方面變得更加嫺熟，他們的表現有所提高。該官員稱，烏克蘭人還在演習中途轉換陣營，幫助美軍進攻性地使用無人機技術，他們也有效地做到了這一點。

在與俄羅斯近四年半的戰鬥中，烏克蘭軍隊已成為無人機作戰專家，操作員及其支援部隊現在能夠熟練地持續維修和改裝無人機。莫斯科的部隊也獲得了寶貴的技能。參加演習的那位知情人士說，美國無人機操作員缺乏在炮火下維修和武裝無人機的經驗。

在烏克蘭，大量坦克和其他裝甲車輛在戰鬥中被摧毀，以至於該國廣闊前線的大部分地區幾乎沒有裝甲車輛的蹤跡。

不過，一些美國軍官認為，無人機在這場戰爭中之所以特別致命，是因為戰事已陷入僵局，戰場上幾乎沒有機動。他們說，在一場機動戰中，坦克和其他裝甲車輛將重拾優勢。

但烏克蘭前總司令瓦列裡·扎盧日內(Valeriy Zaluzhniy)等軍事思想家認為，無人機技術已使傳統的機動戰在目前變得不可行，這也解釋了烏克蘭東部前線基本處於靜態的原因。俄羅斯和烏克蘭都在尋求技術和戰術上的新突破，以恢復戰場的機動性。

這次演習表明，美軍在保護其裝甲部隊機動時可能會遇到困難。

這並非美國第一次見識到烏克蘭的無人機作戰能力。據一位美國官員稱，2023年，一名協助訓練烏克蘭軍隊的美國步兵軍官意識到，美國需要向他們學習無人機作戰，並設計了一個其他陸軍部隊後來也紛紛效仿的訓練計畫。

儘管與基輔的關係有時比較微妙，但川普(Trump)政府一直在與烏克蘭方面接觸。美國目前正在測試烏克蘭的無人機以供採購，並已將在烏克蘭戰爭中測試過的反無人機系統用於幫助保衛其在伊朗的部隊。

國防部長皮特·赫格塞斯(Pete Hegseth)在5月份告訴參議員，他已增加派往烏克蘭研究無人機作戰的美國人員數量。

美國陸軍並非第一個在烏克蘭無人機面前顯得力不從心的軍隊。

據一位知情人士透露，去年5月，在波羅的海地區的一次演習中，烏克蘭無人機操作員輕鬆擊敗了英國、愛沙尼亞和來自北約的其他部隊，其中包括一支美國特遣隊。

瑞典官員對當地媒體表示，今年春天，瑞典部隊與北約盟國進行了一次演習，烏克蘭的無人機團隊在演習中的表現也超過了他們。

編輯提問

當昂貴的鋼鐵裝甲在無人機面前淪為標靶，現代軍事組織的訓練、編制與防禦思維，該如何進行破釜沉舟的變革？台灣又是否跟上了無人機對戰場生態的根本顛覆？

02

以子之矛 • THE SPEAR

多國競相仿製伊朗致命的「見證者」無人機

憑藉低成本、高效能和長程的優勢，伊朗「見證者」無人機已引發全球關注，多個國家紛紛競相開發類似的無人機，以消耗敵方的防空力量。

WSJ 報導 • 風傳媒編輯整理



Anduril Industries一個展廳展出的「阿特斯-600」無人機。圖片來源：華爾街日報

導讀

烏克蘭戰場的血腥消耗戰，徹底改寫了現代空戰與飛彈防禦的遊戲規則。尤其是伊朗設計的「見證者」（Shahed）自殺式無人機，憑藉每架僅數萬美元的極低造價與超過一千英里的打擊航程，被俄羅斯大量用於飽和攻擊，重創烏克蘭的基礎設施、更癱瘓西方昂貴的防空系統，促使西方與中國軍工企業競相投入這款「平民武器」的仿製潮。

當西方軍工體系轉向低成本大規模量產，卻面臨高昂材料與勞動成本的嚴峻考驗，在追求「廉價大規模生產」的道路上深陷泥淖。如何大量生產「廉價、遠程、兼具飽和攻擊能力」的精準彈藥，已成為軍工產業必須解決的關鍵問題。

伊朗聲名不佳的「見證者」(Shahed)無人機已被俄羅斯用於打擊烏克蘭，並造成毀滅性後果。現在，美國及其盟友正競相開發這款低成本長程武器的仿製版。

幾十年來，先進軍事力量使用昂貴的飛彈進行精確打擊，使用較便宜的火炮進行大規模轟炸。而烏克蘭戰爭表明，無人機可以集廉價和精準於一身。據一些估計，「見證者」每架成本僅為數萬美元，航程可超過1,000英里。

事實證明，伊朗設計的這款無人機在壓制防空系統方面尤其有效。俄羅斯通常會同時發射數十架可在發生撞擊時爆炸的「見證者」無人機。某些情況下，飛彈發射會與無人機齊射同步進行，從而更有可能躲避防禦系統。

荷蘭皇家空天軍指揮官安德烈·斯圖爾(André Steur)中將說，烏克蘭戰爭顯示了經濟實惠的長程無人機的重要性，也表明西方在這方面仍有不足。

斯圖爾說：「如果真的陷入戰爭，你需要有極其雄厚的財力。」

美國、中國、法國、英國等地的公司都在研發自己的無人機，試圖效仿「見證者」。至少兩年來，烏克蘭一直在用長程無人機打擊俄羅斯，最近還開始使用一種帶有三角形機翼、外形酷似「見證者」的無人機。

不過，分析人士稱，西方國家在很大程度上已經落後，還面臨著成本較高等各種挑戰。

在以色列和南非開發出類似的長程無人機後，伊朗於本世紀頭十年初開始研發「見證者」。自那以來，伊朗已利用「見證者」

打擊以色列，而且伊朗在中東各地的代理人也用上了這種無人機。

俄羅斯從2022年底開始部署「見證者」，先前與伊朗簽署了一項採購以及在俄羅斯境內生產這種無人機的協議。自那以來，俄羅斯已向烏克蘭境內目標發射了數以萬計的俄版「見證者」攻擊無人機及誘餌。

美國國防部長皮特·赫格塞思(Pete Hegseth)今年7月撰寫了一份備忘錄，呼籲美國加強無人機製造基礎，並為作戰部隊配備各種美國產低成本無人機

今年夏天，在五角大樓的一次活動上，18款美國產無人機原型機亮相。其中之一是低成本無人作戰攻擊系統(LUCAS)，由總部位於菲尼克斯SpektreWorks製造，外形與「見證者」非常相似。

已獲政府資助的SpektreWorks稱，LUCAS成本效益高，且後勤支援要求不高。

由Griffon Aerospace製造的「箭頭」(Arrowhead)長程攻擊無人機也具有與「見證者」相同的三角形機翼。這家總部位於阿拉巴馬州麥迪遜的公司表示，「箭頭」無人機專為大規模生產而設計，可以用多種不同的方式發射。

「見證者」及其仿品正變得無處不在，就連Griffon和瑞典的薩博(Saab)等公司眼下銷售的一些用於打靶練習的無人機，在外觀和行為特徵的設計上也尋求模仿「見證者」。

但昂貴的勞動力和材料是所有西方無人機製造商面臨的問題。

美國國防公司Anduril Industries去年向台灣出售了291架「阿特斯」(Altius)長程無人機，這筆交易中每架無人機的價值超過100萬美元，其中包括訓練及相關支援基礎設施。

分析人士稱，相比之下，俄羅斯生產的俄版「見證者」無人機要簡單得多，每架成本約在3.5萬至6萬美元之間。

就無人機設計問題為公司和英國政府提供諮詢的史蒂夫·賴特(Steve Wright)說，「見證者」的三角形機翼設計有助於低成本大規模生產，因為通常不需要翼肋等某些結構性部件。另外，採用玻璃纖維或碳纖維材料打造機身，以及使用螺旋槳引擎而非噴射引擎，也有助於降低成本。

一些西方製造商稱其無人機性能更優越，值得額外花錢。

英國的MGI Engineering表示，自家的長程無人機「天空鯊」(SkyShark)能以每小時280英里的速度飛行。相比之下，「見證者-136」(Shahed-136)的時速約為115英里。該公司創辦人邁克·加斯科因(Mike Gascoyne)說，這將使「天空鯊」更難被擊中。

以前設計過一級方程式賽車的加斯科因說：「如果‘天空鯊’命中目標的數量是‘見證者’的兩倍，那麼它比比‘見證者’便宜得多。」MGI為「天空鯊」開出的價格在5萬至6.5萬美元之間。

歐洲飛彈巨頭MBDA表示，其長程攻擊無人機兼具巡弋飛彈與無人機的特點。MBDA已聯手一家法國汽車製造商共同生產這款可從地面進行齊射的新武器。

MBDA的業務發展經理雨果·科克雷(Hugo Coqueret)說：「大規模生產的成本僅為巡弋飛彈的一小部分，它將耗盡敵人的防禦能力。」MBDA尚未透露這款新武器的價格。

MBDA表示，這款搭載噴射引擎、航程約300英里的無人機在研發方面受到烏克蘭戰爭的啟發。

當然，西方軍隊也有無人機之外的其他選擇。美國有多項探索低成本單向攻擊彈藥的計畫，包括空軍的可負擔規模化飛彈系列(Family of Affordable Mass Missiles)計畫。

美軍也可能尋求透過電子和物理誘餌或部署用以打擊目標的飛機來增強現有彈藥的效能。

但一些軍事專家認為，俄羅斯在烏克蘭使用「見證者」的情況表明，西方需要更多替代品來取代那些每枚成本超過100萬美元、製造週期超過一年的飛彈。

康乃爾大學(Cornell University)布魯克斯科技政策研究所的無人機專家詹姆斯·巴頓·羅傑斯(James Patton Rogers)說，俄羅斯使用大規模生產的無人機來耗盡敵方的防禦能力，這一做法是顛覆性的。

羅傑斯說：「廉價、長程的精確飽和式打擊是對國際安全的最大威脅之一。」

編輯提問

當戰場勝負取決於誰能用更低成本進行大規模消耗，習慣「高造價、低產量」的西方軍工體系，是否能打破舊結構的枷鎖，產出具備成本競爭力的不對稱武器？

03

師夷長技 • ASYMMETRIC RECONSTRUCTION

美國對伊作戰殺手鐮是一款受伊朗啟發的無人機

美國透過對伊朗「見證者」無人機的逆向工程，仿製出一款威力強大、成本低廉的無人機。這款無人機正在中東戰場大顯身手。

WSJ 報導 • 風傳媒編輯整理



美國防長赫格塞思。圖片來源：美聯社

導讀

在美伊戰爭初期，美軍曾祭出一款顛覆傳統軍工體系的殺手鐮——「盧卡斯」「FLM 136」無人機。這款無人機，竟是由五角大廈透過「逆向工程」仿製伊朗的「見證者」而成，單價僅1萬至5.5萬美元，也成為半世紀以來，美軍透過逆向工程並投入量產的罕見案例。

這款無人機的誕生，最初源於五角大廈從烏克蘭戰場回收的「見證者」殘骸獲取靈感，並在國防部長赫格塞斯（Pete Hegseth）廢除繁瑣採購程序後加速量產，在開戰初期成功壓制伊朗的無人機襲擊。但軍事專家也警告，中東戰場的成功受惠於沒有強烈電子干擾，若未來面對具備高度電磁光電反制能力的解放軍，美軍在低成本自主武器的量產規模與反無人機防禦上依然前途多難。

在與伊朗的戰事中，美國正使用一款威力強大、成本低廉的攻擊型無人機。但這款無人機並非出自美國400多家有創投背景的新創公司之手，也不是矽谷的創新傑作。

實際上，這款在中東衝突中大顯身手的無人機，是由美國軍方親自操刀設計的，其技術源於對伊朗無人機的逆向工程。自戰爭初期以來，這款代號FLM 136（又稱「盧卡斯」(Lucas)）的無人機就一直在摧毀伊朗的軍事目標，相比之下，那些資金更雄厚的硬體系統以及國防新創公司研發的無人機卻幾乎沒有參與其中。

這對美國軍方來說是一次勝利。他們摒棄了以往緩慢採購昂貴裝備的傳統，在不到兩年的時間裡，就將一款無人機從藍圖變為實戰利器。「盧卡斯」的誕生，初步印證了一項新戰略的可行性——即快速製造低成本無人機，同時也表明五角大樓有能力改變其運作方式，以更好地為現代衝突做準備。

有關「盧卡斯」在對伊作戰中表現的數據有限，但據美國高階國防官員透露，這些自主無人機成功參與了對多個軍事地點和伊斯蘭革命衛隊(Islamic Revolutionary Guard Corps)據點的打擊，例如武器設施、伊朗「見證者」(Shahed)無人機製造廠以及防空樞紐。這些官員表示，因此，在戰爭爆發的頭幾天，伊朗無人機發動的襲擊減少了83%。

這些低成本無人機是美國在對伊作戰中部署的首款單向攻擊無人機，其淵源可追溯至美國為另一場潛在衝突——中美衝突——所做的準備。

多位國家安全專家表示，在為分析中美衝突將如何展開而進行的模擬兵棋推演中，他們發現美國將在兩週或更短時間內耗盡關鍵彈藥。美國軍方想要一種能夠快速量產、航程遠，且成本足夠低廉、不致造成沉重財務負擔的無人機。

在拜登(Biden)政府執政期間，美國國防部的一個小團隊一心想打造自己版本的伊朗「見證者」無人機。這是一款令人生畏的攻擊型無人機，全球多國的軍方和代理民兵組織都曾試圖複製這款無人機。烏克蘭政府數據顯示，俄羅斯每月向烏克蘭投擲約4,000架改裝版「見證者」無人機，在展示該無人機能力方面，俄羅斯做得比任何其他國家都多。

美國軍方研究與工程辦公室的一個小團隊制定了計畫，透過拆解研究一架軍方從烏克蘭回收的「見證者」無人機，來製造一款攻擊型無人機。前國防部官員稱，這是約半個世紀以來，美國首次對另一個國家的軍事技術進行逆向工程並為己所用。上一次美國這樣做，對象是蘇聯製造的浮橋。

一位前高階國防官員將「盧卡斯」形容為「無人機界的豐田(Toyota) Corolla」。Lucas是「低成本無人作戰攻擊系統」(low-cost unmanned combat attack system)的縮寫。這款無人機或許沒有最全面的功能或頂級的零部件，但其設計初衷就是為了做到價格低廉、供應充足。

據一位五角大樓發言人稱，每架「盧卡斯」的成本在1萬至5.5萬美元之間，與伊朗「見證者」無人機相當。而在對伊作戰中已使用了數百枚的「戰斧」(Tomahawk)長程巡弋飛彈，每枚成本至少為200萬美元。

該發言人表示，國防部「致力於為聯合作戰部隊推廣具高成本效益的自主解決方案，而「盧卡斯」仍是一個絕佳範例」。

曾領導「盧卡斯」開發團隊的前五角大樓高階官員邁克爾·霍洛維茨(Michael Horowitz)表示，其他國家的軍方已有能力製造自己的低成本、長程精確打擊武器。「問題在於，美國過去在這種系統上分文未投，一分錢都沒有，」現就職於美國對外關係委員會(Council on Foreign Relations)的霍洛維茨說。

2024年，「盧卡斯」在拜登時代的一項計畫中獲得了一席之地，該計畫旨在於去年8月前部署數千件自主武器。前軍方官員稱，將「盧卡斯」納入計畫曾引發爭議：「盧卡斯」當時還只是個模型，但它卻擊敗了其他更成熟的系統而入選。

由於「盧卡斯」的知識產權歸政府所有，美國政府採用了其在第二次世界大戰(World War II)期間建造艦艇時所用的模式，即招募一批二、三線製造商，以便在戰時依需求快速生產該款無人機。

位於亞利桑那州斯科茨代爾、名不見經傳的SpektreWorks和位於阿拉巴馬州亨茨維爾的Integration Innovation被選中製造該款無人機。一位熟悉該計畫的前高階國防官員稱，總共將選定五家製造商，每家都將做好月產300架無人機的準備。

SpektreWorks和Integration Innovation未回應置評請求。

海軍陸戰隊是首個使用這種無人機的軍種，訂購了約6,000架，原定用於印太地區。但隨後美國與伊朗的戰爭爆發了。這些無人機被移交給美國中央司令部，並於今年2月首次在實戰中亮相。

川普(Trump)政府已對國防採購進行了大刀闊斧的改革，旨在讓軍方更便利地快速採購武器，並強調利用商業技術來更新美國的軍火庫。現任和前任國防官員表示，「盧卡斯」之所以能夠快速部署，尤其要歸功於國防部長皮特·赫格塞思(Pete Hegseth)在去年8月份做出的一項決定，即廢除沿用已久的技術採購流程。

不過，情報和軍事官員表示，其他改革要想在五角大樓的官僚體系中全面推行尚需時日，而美國適應新的作戰方式也需要時間，與此同時，中國正在開發先進的對美打擊手段。

曾在烏克蘭戰爭中作戰、現與美國政府合作的電子戰專家傑克·德桑蒂斯(Jack De Santis)表示，雖然「盧卡斯」在對抗伊朗已被削弱的防空系統方面取得了成功，但這並不能保證它在更複雜的環境中也能成為戰場明星。在中東，全球定位系統(GPS)沒有受到重大幹擾，而軍方官員預計，在與中國的衝突中，這種干擾會導致無人機墜毀或偏離航線。

「每一種技術終有一日會被破解，」他說。

此外，美國缺乏廉價的反無人機技術，這使得伊朗支持的民兵組織得以繼續使用小型無人機威脅美國在中東的軍事基地，這一點也依然令人擔憂。軍方官員稱，該地區為數不多的無人水面艦艇距離成為其製造商所承諾的自主作戰機器，仍有數年之遙。

在對伊作戰中，美國缺乏更廣泛的現代化廉價系統供應，這已敲響了警鐘。

「我們還沒準備好，」國防科技公司Valinor Enterprises的共同創辦人、前Palantir Technologies高階主管朱莉·布希(Julie Bush)說。「政府沒有它所需要的裝備，更無法達到它所需要的供應規模。」

編輯提問

五角大樓透過「逆向工程」在中東戰場收穫奇效，但是這種「敏捷、廉價、去官僚化」的非常規模式，能否應用於更為複雜的印太潛在衝突？

04

民間重組 • INDUSTRIAL AGILITY

重創俄軍的烏克蘭無人機出自一位90後家具設計師之手

34歲的伊琳娜·捷列赫曾是一位長椅設計師，如今則是烏克蘭最大民營國防公司Fire Point的執行長。

WSJ 報導 • 風傳媒編輯整理



Fire Point防務公司的首席執行官兼首席技術官伊琳娜·捷列赫。圖片來源：華爾街日報

導讀

從設計點綴城市的公共座椅，到生產攻擊俄羅斯腹地的飛彈，34歲的烏克蘭前家具設計師捷列赫（Iryna Terekh）在戰火中完成了不可思議的蛻變。2022年春，她在俄軍的槍林彈雨中逃離布查（Bucha）大屠殺，這場劫難徹底粉碎了她的和平主義信念。如今她已是烏克蘭最大民營國防承包商「Fire Point」的執行長兼技術長，帶領7000名員工打造足以重創俄軍的長程無人機與重型武器。

捷列赫的故事，生動刻畫了烏克蘭平民在國家存亡之際，如何將自身專業轉化為反擊力量。她運用家具製造的材料與工法經驗，將無人機機翼的製程從六天驚人地壓縮至兩個半小時。面對俄羅斯無止盡的空襲，這位曾經深信「建築能拉近人心」的女性設計師，如今有了截然不同的體悟——「為了建設美好，你必須先摧毀醜陋。」

俄烏戰爭爆發兩週後，一名女性在驅車穿過基輔附近的一個小鎮時，不料汽車遭到俄軍火力襲擊。日後，正是她徹底改變了烏克蘭的無人機實力。

伊琳娜·捷列赫(Iryna Terekh)那時是一家小型家具公司的年輕老闆，她載著副駕駛座上生病的母親，加速駛離了布恰鎮。隨後，她發布了一張汽車後保險桿上彈孔的照片，並附上一段不屈的宣言。

「我是那種不懂如何打仗的女人，」2022年3月，她在Instagram上寫道。「但我確信一件事：我將竭盡全力，確保這種事絕不會在我的國家再次發生。」

如今，34歲的捷列赫擔任國防公司Fire Point的執行長兼技術長。該公司擁有7,000名員工，生產的長程無人機和飛彈正在打擊俄羅斯各地的目標，幫助烏克蘭扭轉戰局。

她戴著超大號眼鏡，常常面帶燦爛的笑容，奔波於歐洲各地的國防論壇，向合作夥伴推廣Fire Point日益豐富的高科技產品陣容：防空系統、無人機，以及一款綽號為「火烈鳥」(Flamingo)、可攜帶2,500磅彈頭的巡弋飛彈。在約90%員工為男性的烏克蘭國防領域，她是為數不多的女性領導者之一。



烏克蘭一家武器工廠內，工人們正在組裝「火烈鳥」巡弋飛彈。圖片來源：華爾街日報

捷列赫的Instagram主頁曾經滿是歲月靜好的建築照片，現在則展示著俄羅斯倉庫和發電廠爆炸的影片，擊中這些目標的武器正是捷列赫參與設計的。

「又是看著俄羅斯燃燒的一天，」她上週在Instagram上寫道，並發布了一張西伯利亞一家石化廠火焰衝天的照片，背景音樂是「超凡樂團」(The Prodigy)的歌曲《Firestarter》。

捷列赫的轉型之路也是許多愛好和平的烏克蘭人的真實寫照。在意識到國家需要他們的技能來抵禦俄羅斯入侵後，這些人毅然投身戰局。特技飛行員成了軍方飛行員。曾經的花藝師開始組裝無人機。玩具製造商如今則生產誘餌武器。

「如果我的國家沒有遭到入侵，我絕不會涉足武器產業，」捷列赫告訴《華爾街日報》(The Wall Street Journal)。

在全面戰爭爆發前，她營運的小企業生產長椅、花盆和洗手台等戶外家具和裝飾品。她還與城市開發商合作，在烏克蘭首都興建人行天橋和步道。她說，她認為建築可以拉近人與人之間的距離。

「我曾有一個大大的夢想：希望在我深愛的基輔，以及不久後的所有烏克蘭城市裡，人們不再匆忙地從一個地方趕往另一個地方，而是能夠享受街景，享受共享空間，並有更多互動，」捷列赫說。

2022年2月俄羅斯入侵烏克蘭時，這個夢想破滅了。捷列赫決定暫時離開烏克蘭。但首先她必須接走住在基輔以北布恰附近的母親，當時俄軍正向那裡逼近。

她接上了母親，但在高速公路上，她們遭到了俄羅斯狙擊手的襲擊。她們被迫折返回鎮上，在地下室裡躲藏了幾天，期間俄軍佔領了該地區。

捷列赫記下每天俄軍與烏軍交火的時間，試圖尋找最佳的逃跑時機。一天早上，母女倆悄悄溜了出來，捷列赫駕車以最快速度駛過一輛輛燒焦的車輛，最終抵達了基輔。

幾周後，駐紮在布恰的俄軍製造了這場戰爭中最慘烈的平民大屠殺之一，許多遇難者橫屍街頭。

這場磨難改變了捷列赫。她發起了一個非營利組織，向士兵輸送人道主義援助。她的公司Terekh.Group轉而製造混凝土反坦克工事。捷列赫公開宣布放棄使用自己的母語俄語。

2022年底，來自敖德薩的企業家丹尼斯·什季利爾曼(Denys Shtilierman)聯繫了捷列赫。什季利爾曼先前透過自己營運的一家非營利組織為烏克蘭軍方採購無人機，但高昂的成本讓他頗為無奈，於是他創立了Fire Point。2023年，他聘請捷列赫擔任生產總監。

什季利爾曼是一名工程師兼物理學家，他更喜歡擺弄原型機，而不是管理人員和生產鏈。他認識捷列赫已有幾年，很看重她的商業頭腦。

他告訴我：「我幾乎能創造任何東西，但我需要你幫我把這些變成現實，」捷列赫說。什季利爾曼希望捷列赫能將他正在測試的武器（包括一款長程無人機）轉化為量產產品。

但捷列赫想要發揮更大的作用。她熬夜研究飛彈的工作原理，翻出蘇聯時期的舊手冊，還聘請了一位九旬高齡的火箭科學家擔任顧問並向其請教。

什季利爾曼完成長程無人機的設計構想後，捷列赫說該設計並不適合大規模生產。她運用自己的材料知識，提出了一種製造方法，將製造無人機機翼所需的時間從六天縮短到僅兩個半小時。

這款名為「FP-1」的無人機後來成為Fire Point的旗艦產品，標稱航程為2,100英里。它在烏克蘭對俄羅斯腹地煉油廠和其他目標的襲擊中發揮了關鍵作用。

2024年，該公司測試了一款威力大得多的巡弋飛彈。這款名為「FP-5」的飛彈原型機被塗成了鮮艷的顏色，以便在發射後更容易找到碎片。在一枚粉色的「FP-5」試射後，捷列赫手下的

一些男員工打趣道：「這就是女人接管國防公司的結果。」這款飛彈很快就有了「火烈鳥」的綽號。

捷列赫將這種調侃視為一種挑戰。她招募了更多女性，消除了以前的性別薪酬差距，並提議在公司的主要辦公地點設立托育中心，不過這一想法因安全問題而擱淺。

「伊琳娜展現出卓越的適應力，能夠迅速掌握營運這樣一家企業所需的複雜技能，確實令人讚歎，」去年加入Fire Point董事會的前美國國務卿邁克·龐畢歐(Mike Pompeo)說道。

捷列赫不參與挑選俄羅斯境內的打擊目標。Fire Point將此類軍事決策留給了軍方。在接受採訪時，她反駁了俄羅斯關於基輔襲擊造成平民傷亡的報導，稱烏克蘭在目標定位上比俄羅斯精確得多。

她曾自認是一名和平主義者，認為武器純粹是製造痛苦和破壞的工具。

現在，她坦言，武器是捍衛烏克蘭主權和阻止俄羅斯的必要手段。

「為了建設美好的事物，你首先必須摧毀醜陋的事物，」她說。

最近的一個下午，捷列赫帶著她12歲的失聰愛犬查克(Chuck)和保鏢，來到了基輔一處她曾參與設計的高級房地產開發案。

這裡原本規劃為一個集辦公室、共享辦公空間、公共區域、商店和咖啡館於一體的中心，如今卻大多空置，其中一棟建築的外牆在近期俄軍的一次空襲中受損。

捷列赫坐在她前公司製造的一把戶外椅子上，將自己與那些內心對俄羅斯的破壞行為充滿積怨卻無處宣洩的烏克蘭人作了對比。

「我要更幸運一些，因為我有發洩憤怒的工具，」她說。「即使在經歷了俄羅斯一夜的狂轟濫炸之後，我醒來時也能把我所有的情緒都回擊給對方。」

編輯提問

當一位家具設計師打破軍工巨頭的量產瓶頸，是否意味著非軍事產業的民間實力，已成為比軍工產業更具決定性的隱形國防實力？

05

邊疆無聲戰役 • GEOPOLITICAL EDGE

中美在聖母峰競逐無人機主導權

華盛頓正尋求在登山輔助技術「競賽」中為美國技術贏得優勢。但中國已經搶佔了先機。

WSJ 報導 • 風傳媒編輯整理



聖母峰大本營，攝於5月。圖片來源：美聯社

導讀

美中兩強的無人機角力，已默默延伸到了喜馬拉雅山的世界之巔。美國總統川普的南亞事務特使戈爾（Sergio Gor）今年5月親赴聖母峰基地，力推美商Freefly Systems製造的重載無人機，試圖在無人機運補與清運垃圾的新興市場抗衡中國，但中國無人機龍頭大疆（DJI）早已搶佔先機。大疆的「FlyCart 100」今春已經協助清運逾6000磅廢棄物，更深度介入高風險的昆布冰瀑測繪。

這場無人機競逐背後，當然是美中霸權的角力。儘管美方屢次警告大疆可能存在資安漏洞與數據外洩風險，尼泊爾則乾脆撤回美中雙方的飛行許可，但面對高山運補的急迫現實與登山隊的強烈抗議，尼泊爾最終仍恢復了大疆的運作。尼泊爾退役陸軍少將巴斯尼亞特（Binoj Basnyat）直言，此事凸顯了小國在維持戰略中立與應付實際需求之間的兩難。

5月的一天，美國總統川普的南亞事務特使塞爾吉奧·戈爾(Sergio Gor)出現在聖母峰基地營。戈爾身穿印有「Trump Force One」字樣的黑色夾克，對身旁展示的無人機讚不絕口。

美國正力推一款美製無人機，在為登山者提供支持的新競賽中挑戰中國，這在世界上最偏遠的地區之一引發了一場不同尋常的超級大國較量。

「世界上最頂尖的技術——來自美國，」戈爾在談到Freefly Systems製造的一款工業無人機時說。Freefly是一家總部位於華盛頓州伍丁維爾的重載無人機設計和製造商。

美國正遊說相關方以推動Freefly進軍一項新業務，利用無人機為登山者運送物資並運走他們留下的垃圾。在這一領域，中國的大疆創新(SZ DJI Technology)已佔據先機。

這場較量帶有地緣政治色彩。聖母峰橫跨中國和尼泊爾邊境。近年來，中國政府在尼泊爾的投資和參與度大幅增加。與此同時，美國已將大疆列為中國軍方關聯企業。

自2024年以來，尼泊爾無人機公司Airlift Technology一直與大疆合作，測試並部署大疆的重載無人機。這些無人機負責將物資從海拔約17,500英尺的聖母峰基地營運送至海拔19,900英尺的下一個營地，並收集登山者留下的垃圾，從而幫助減輕通常由雪巴嚮導承擔的危險重擔。

Airlift先前測試過一款在海平面有效酬載約為65磅的機型，之後在今年春季的登山季，該公司在聖母峰部署了大疆FlyCart 100無人機。根據大疆的技術參數，這款無人機在海平面的載重

量可超過200磅，在聖母峰上的載重量約為100磅。在高海拔地區飛行會降低無人機的有效酬載。

這家中國無人機製造商表示，今年該公司運送了數以千磅計的物資，並清運了登山者產生的6,000多磅垃圾。這些垃圾包括用過的氧氣瓶、廢棄的登山裝備和人類排泄物。雪巴嚮導往往在半夜出發，僅靠頭燈指引前行，而無人機能在幾分鐘內為他們送上熱騰騰的早餐，讓這項艱苦的工作稍微輕鬆一些。

今年，大疆的一款測繪無人機還對昆布冰瀑(Khumbu Icefall)進行了測繪。這是聖母峰攀登路線上的一段致命區域，布滿高聳的冰塔和深不見底的裂縫。測繪數據旨在幫助被稱為「冰瀑醫生」的資深雪巴嚮導規劃更安全的路線。

多年來，華盛頓方面一直警告稱，中國政府可能會獲取大疆無人機在世界各地收集的數據，並可能操縱或干擾這些飛行器。去年12月，美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission)禁止在美國使用外國製造的新款無人機，此舉主要針對中國企業。

大疆的一名發言人上週五在回應有關中美聖母峰競爭的詢問時表示，對於這個創新驅動的產業來說，令人遺憾的是，產品來自哪個國家往往比真正能夠解決現實問題的技術突破更受關注。

該公司先前曾表示，美國對其無人機的猜忌毫無根據，是一種保護主義行為。

戈爾常駐的美國駐印度大使館不予置評。

Airlift共同創辦人米蘭·潘迪(Milan Pandey)表示，在戈爾造訪聖母峰前夕，這家在當地營運大疆無人機的尼泊爾公司原本準備協助Freefly在聖母峰進行一次飛行。

美國駐尼泊爾大使館當時表示，美國的商用無人機技術「將使聖母峰上的物資運送在幾分鐘內完成，而不再需要耗費數天的跋涉」。

然而，根據《華爾街日報》(The Wall Street Journal)看到的一封日期為4月30日的信函，在戈爾原定抵達聖母峰基地營的前一天晚上，尼泊爾內政部通知聖母峰地區的地方當局，不會批准該美國無人機的飛行許可。

尼泊爾內政部表示，需要「就安全敏感問題與其他利益相關機構進行磋商」。

當被問及此事時，Freefly稱其設備為「世界上最強悍的無人機」，但未回應有關該無人機在聖母峰潛在應用的具體問題。

在4月份的那封信中，尼泊爾內政部撤銷了3月份（即春季登山季開始時）向大疆無人機發放的飛行許可。這一決定引發的後果，恰恰凸顯了無人機對登山者而言已變得何等重要。

今年春季，在登山季初期的大部分時間裡，一塊被稱為冰塔的巨大懸垂冰塊一直阻擋著道路，直到後來，「冰瀑醫生」們才終於設法打通了昆布冰瀑路段。

當時登山季僅剩一個月，來自幾十個國家、創下紀錄的495名登山者迫不及待準備出發。焦急的探險隊營運商包圍了政府設在

聖母峰基地營的現場辦公室，要求恢復向更高海拔營地的無人機補給飛行，以搶回失去的時間。

負責在聖母峰基地營監督登山活動的尼泊爾政府官員基姆·拉爾·高塔姆(Khim Lal Gautam)回憶說，當時有些人甚至喊道：「我們要掀了你們的帳篷！」

五天後，尼泊爾內政部批准大疆無人機再次在聖母峰運作三個月，同時重申了無人機必須與國界（在這裡指的是中尼邊界）保持最低距離的規定。該部門還表示，無人機不得在獲准的作業區域之外拍攝圖像。

尼泊爾退役陸軍少將、常駐加德滿都的獨立戰略分析師比諾傑·巴斯尼亞特(Binoj Basnyat)表示，最初同時限制中美兩國無人機的決定「可以被解讀為是在努力維持戰略中立」，而隨後恢復大疆無人機的飛行許可則暴露出「戰略中立與實際需求之間的矛盾」。

美國政府力推美國無人機技術在聖母峰佔據一席之地，這讓人回想起冷戰時期喜馬拉雅地區地緣政治角逐的歷史。

20世紀60年代，位於聖母峰以西的尼泊爾木斯塘(Mustang)山區曾是美國中央情報局(CIA)支持的藏區武裝人員的基地，這些人對抗中國政府，謀求藏區獨立。美國至今仍是藏人文化和政治權利最主要的支持者之一，目前有數萬名藏人流亡在印度和尼泊爾。

在更西邊、位於印度境內喜馬拉雅山脈的楠達德維山(Nanda Devi)，美國和印度曾於1965年合作安裝了一個核動力監測站，

以監視中國的核試驗和飛彈發射。不過，由於一場猛烈的暴風雪迫使登山者丟棄了設備，這項行動最終以失敗告終。

32歲的Airlift共同創辦人潘迪表示，他認為中美兩國的無人機在聖母峰上不必成為競爭對手，而是可以形成互補。

他的團隊在Freefly無人機運抵尼泊爾後進行了測試，發現該無人機在海平面的載重量為33磅。根據他們在聖母峰操作無人機的數據，這款無人機在聖母峰的有效酬載可能會降至海平面載重量的三分之一左右，遠不及中國無人機的載重能力。

鑑於美國無人機比中國無人機輕得多，它在聖母峰的飛行速度可能更具優勢。

「大型無人機需要時間來部署準備、起飛並飛抵上面的目標地點，」潘迪說。「但Freefly體積更小……它可以立即起飛，直達目的地。」

這可能使美國無人機在快速緊急應變和投放輕型物資方面發揮更大作用。

「如果一名雪巴嚮導或登山者掉進冰瀑裂縫中，Freefly可以立即起飛，在兩三分鐘內將安全帶、繩索或醫療包直接投放到裂縫裡，」潘迪說。他對未能在聖母峰上測試這款美國無人機感到失望。

編輯提問

一場看似人道與環保的高海拔科技應用，卻演變成中美外交圍堵的隱形戰場。當民用科技被抹上地緣政治陰影，如何衝擊科技解決現實問題的挑戰？

專家導讀 · TAKEAWAYS

成本、產業與地緣，正在重新洗牌

這五篇報導共同指出：現代戰爭的勝負邏輯已從「誰的科技更先進」轉向「誰能以更低成本進行規模化消耗」。從美軍裝甲部隊的實戰警鐘，到伊朗「見證者」引發的全球仿製潮與五角大樓的逆向工程，再到民間材料工藝重組國防供應鏈、以及美中在喜馬拉雅山的無聲角力，都指向同一個結論：不對稱、敏捷與去官僚化的能力，正在取代傳統軍工複合體的規模優勢，成為新的致勝條件。

編輯提問

下一個值得追蹤的問題：當戰場勝負不再取決於誰的武器更先進，各國該如何重新定義國防投資的優先順序？

VVIP 會員

想看更多內容，不用等下個月。

立即閱讀《華爾街日報》，持續跟上全球商業脈動。

瀏覽更多文章 »

立即下載《風傳媒》APP，享受無廣告的閱讀體驗。

iOS 下載 »

Android 下載 »

來源與授權

本主題包內容引用並整理自《華爾街日報》文章，經授權由風傳媒編輯團隊翻譯、摘選與編排，供台灣讀者理解國際軍事與地緣脈絡之用。原始著作權歸屬 Dow Jones & Company 及各報導作者。