

蜘蛛網

改變戰爭版圖的烏克蘭無人機革命

金京鎮

AI Library · kimkj.com · 2026

目錄

1. 前言
2. 序幕 2025年6月1日下午1點，從卡車上騰空而起的無人機

第一部 蜘蛛網的設計

3. 第1章 變成了網咖的戰場
4. 第2章 18個月的沉默

第二部 沒有聖域

5. 第3章 4,300公里外的火焰
6. 第4章 圍繞41這個數字的戰爭
7. 第5章 鐵盾裂開了
8. 第6章 莫斯科的血管

第三部 動搖的世界

9. 第7章 40天的壓迫
10. 第8章 世界的覺醒
11. 尾聲 蜘蛛再次結網

前言

2025年6月1日，一輛卡車的車頂打開了。從那之中升起了小型無人機。那是每台價值數百美元的機器。那些機器燒毀了數千公里外西伯利亞的戰略轟炸機。那是每架價值數億美元的飛機。那天崩塌的不僅是幾架飛機。而是強國數十年來所深信的安全瓣，即本土深處是安全的那份信念。

這本書以那一天為軸心。書中追溯了這場被稱為「蜘蛛網行動」的突襲是如何被計畫的、如何被執行的，以及給世界的軍隊與安全秩序留下了什麼。

在撰寫這本書時，我立下了三個約定。第一，寫得通俗易懂但不膚淺。我用深入淺出的方式進行闡述，以便讓那些不知道什麼是第一人稱視角無人機、什麼是末端引導的讀者也能讀到最後。第二，對數字誠實。當針對同一事件，烏克蘭、美國與民間分析家給出不同的數據時，我沒有將其斷定為單一數據，而是將三者並列。這就是圍繞被摧毀的飛機數量之爭佔據了這本書整整一章的原因。第三，不忘記人。在諜報戰的華麗背後，有五位甚至不知道自己運送的是什麼，就握著方向盤的卡車司機。

這場戰爭還沒有結束。在我撰寫這本書期間，戰況也在以週為單位發生著變化。因此，對於未經證實的事實，我便寫明未經證實。對於推測，我也表明是推測。我努力不直接轉述任何一方的宣傳，但同時也避免用「雙方說得都對」這種方式含糊帶過。

作為一個以法律為業度過一生的人，我總是深思事實與證據的重量。越是探討戰爭的書籍，這份分量就越是沉重。因為只要有一行數字出錯，這本書整體的公信力就會崩塌。若有不足之處，完全是我個人的責任。

這117架所發射升空的並非無人機。那究竟是什麼，接下來就讓我們一起看看。

金京鎮

序幕 2025年6月1日下午1點，從卡車上騰空而起的無人機

司機關掉了收音機。

這是西伯利亞星期日的正午。在伊爾庫茨克州的一條高速公路上，他將車輛暫時停在路肩，喝了一口保溫瓶裡放涼的茶。窗外是無盡延伸的針葉林。雖然是6月，空氣還是很涼。他拉著這載貨物往東奔馳了好幾天。貨箱裡裝著一棟裝配式木屋。那是件平凡的貨物。託運單上寫著「移動式小木屋」，運費已預付。雇主只經由電話給予指示，從未露面。

他收到的最後一項指示只有一個，那就是在指定的時刻、指定的地點停下車輛，並聯絡說已經抵達。他照做了。

幾天前，在車里雅賓斯克的一處倉庫裝貨時，並沒有發現任何異常。木屋沉甸甸的。在堆高機將它裝上貨箱時，他在託運單上簽了字。據說那棟木屋是鄉間別墅用的裝配式房屋。在俄羅斯，這種貨物並不罕見。因為城市裡的家庭常在森林裡蓋一棟小木屋，每個週末都會去度假。運費很優渥。對於沒有資格挑選工作的司機來說，優渥的運費與不繁瑣的貨物是個令人高興的組合。他沒有多問。不多問是這份工作的規則。

指定的座標距離貝拉亞空軍機場不遠。跑道並不可見。因為樹木遮擋，連機庫也看不見。然而，那裡是距離烏克蘭前線4,300公里之遙的俄羅斯腹地。那是一片比莫斯科更偏東、靠近貝加爾湖的土地。沒有人想到敵人能觸及這樣的地方。因此，俄羅斯航空太空軍的長程轟炸機在這裡整齊地排列著。那些正是向烏克蘭城市發射巡弋飛彈的軍機。司機並不知道這個事實。他也不知道自己的貨箱裡裝了什麼。

與此同時，在4,300多公里外的基輔，那間房間裡有幾個人正坐在螢幕前。

畫面被分割成好幾個部分。每個畫面上都有一個小小的影像。搖晃的畫面、黑暗的畫面、還有什麼都還沒照出來的畫面。那些影像全都是從俄羅斯腹地的卡車貨箱中傳送出來的。飛行員們戴著耳機，手指放在控制桿上，等待著信號。沒有人發出任何聲音。

這是準備了18個月的作戰。這項始於2024年初的計畫，正等待在當天下午一點憑藉指尖的一個信號而啟動。在這間房間之外，起初知道這項計畫全貌的只有五個人：弗拉迪米爾·澤倫斯基總統，以及烏克蘭安全局（SBU）的幾位核心成員。領導安全局的瓦西里·馬柳克局長便是其中之一。這項作戰的代號是「蜘蛛網」。意思是像蜘蛛向獵物吐絲結網一樣，預先在敵人內部布下細絲，之後在一瞬間收緊。

從基輔的那間房間來看，目標近在咫尺。僅從螢幕上的座標來看確實如此。然而，實際距離是人類感官難以衡量的。貝拉亞遠在4,300公里之外。這是一段即使搭乘飛機也需要半天時間的距離。如果試圖用飛彈跨越這段距離，俄羅斯的防空網將會獲得多次攔截的機會。因此，烏克蘭決定不跨越這段距離。取而代之的是，他們預先將武器送入敵人的懷抱中。用卡車裝載，經由公路，緩緩前行。

命令下達了。

在貝拉亞附近，司機的卡車貨箱裡傳出沉悶的聲響。

他在駕駛座上聽到了那個聲音。起初，他以為是貨物倒塌了。他看了看後照鏡。貨箱上方，木屋的屋頂正緩緩打開。明明沒有人動手，屋頂板卻向上翻開。這是遠端解鎖了鎖定裝置。有什麼東西從那裡面一齊升了起來。

那聲音聽起來就像是蜜蜂群飛而起。

數十架小型無人機同時騰空而起。這是比手掌稍大一些的四旋翼飛行器。那是配有四個螺旋槳的第一人稱視角無人機，也就是俗稱的FPV機型。因為它是讓操作員看著無人機上的相機畫面，如同自己的眼睛般進行操控，所以才被這樣稱呼。無人機群升到屋頂上方後，在空中短暫停留。似乎在調整方向。隨後，牠們結成一隊，掠過樹梢向機場的方向飛去。

司機打開駕駛座的車門，跳了下去。

他不知道發生了什麼事。只是本能地遠離了卡車。這是在他那天第一次目睹自己身後的貨箱變成武器的景象。他的雙膝發軟。他一隻手撐在路邊的泥地上，仰望著貨箱。直到最後一架也飛走後，只留下空蕩蕩的屋頂張開著口。

當時，這類卡車散佈在俄羅斯各地。

同樣的事情發生在迪亞吉列沃附近。那是位於梁贊州，離莫斯科搭飛機不遠的基地。在伊萬諾沃附近也發生了同樣的事情。靠近北極圈的莫曼斯克州奧列尼亞附近也是如此。奧列尼亞是靠近芬蘭國界、位於極北地區的基地。到那裡的距離大約是2,000公里。

普通的卡車停在普通的道路旁和加油站前，並在預定的瞬間一齊打開了車頂。那些載貨車廂在俄羅斯的道路上待了幾天，長則幾週。它們通過了檢查哨，混在其他貨運車輛之間，並在休息站度過了夜晚。沒有人往裡面窺探。即使看進去了，也無法看見隱藏在組合屋屋頂內側、天花板之間的秘密隔間。在那個隔間裡，無人機整齊地排成三列躺著。那一天，總共117架無人機飛上了俄羅斯內地的天空。

這是一次針對五個地點的作戰。

基輔的飛行員們正透過螢幕看著基地內的景象。當無人機越過樹木，跑道便展現在眼前。巨大的機體排成一列停放著。白色與灰色的機身、延伸的長翼、機身下方懸掛的引擎。這些是冷戰時期設計的轟炸機。Tu-95、Tu-22M3，還有更大的Tu-160。這些機體是在數十年前製造的，現在生產線實際上已經停擺。這意味著一旦失去一架，就徹底結束了。

飛行員們瞄準了同一個地方。

他們沒有讓無人機撞擊轟炸機的正中央。而是瞄準了機翼與機身交會、裝滿燃料的區域。撞擊該處的話，一架無人機的小型爆炸就會蔓延成巨大的火災。這些無人機預先接受了訓練。他們對烏克蘭某家航空博物館展示的前蘇聯轟炸機進行了3D掃描，並讓人工智能學習其外形。如此一來，即使人工操作的畫面中斷或卡頓，無人機也能自行辨識出轟炸機的形狀，並鑽入其脆弱之處。這就是被稱為「終端導引」的功能。意思是，在即將觸及目標的最後一刻，它會脫離人的控制，由機器自行完成任務。

其中一個畫面變白了。

接著又是一個。又是一個。

貝拉亞上空發生了第一次爆炸。黑色煙氣柱在跑道上空升起。其他機場也升起了同樣的煙氣。俄羅斯的防空網幾乎沒有做出反應。無論是「鎧甲」還是S-300，都不是為了捕捉這些微型飛行體而設計的武器。而且，無人機是在非常近的地方起飛的。如果是飛行了數千公里的飛彈，雷達早就應該捕捉到了。然而，這些無人機是從機場圍牆外、車輛後車斗出發的。當察覺到威脅時，它們已經在跑道上空了。

在五個機場中，有四個機場的轟炸機被燒毀了。

只有一個機場落空了。那是極東阿穆爾州的烏克蘭卡機場。在那裡，在無人機起飛之前，車輛先發生了爆炸。究竟是哪裡出了問題，直到最後也未明朗。瞄準五個，擊中四個。這就是那天精確的計算。

在基輔的房間裡，沒有傳出歡呼聲。

當畫面中的轟炸機熊熊燃燒時，操作員們正將無人機引導至下一個目標。當其中一架撞擊目標且畫面熄滅時，他們便將視線轉移到另一個畫面上。影像還在持續傳送。在俄羅斯境內的某個地方，車輛後車斗上的攝影機正照射著它們自己所引發的火勢。

關於具體的損害程度，至今各方的統計數字依然不一致。

烏克蘭安全局聲稱，有超過40架機體受損，其中有13架以上已被完全摧毀。美國官員向路透社表示，他們評估約有20架受損，其中10架被摧毀。分析衛星照片的民間專業專家則更為謹慎。他們表示，可以確定在奧列尼亞機場有四架Tu-95和一架運輸機受損。關於這起事件，13架、10架、5架這三個數字並列在一起。很難將任何一方斷定為虛假。這只不過是觀察者的位置與統計的定義標準不同而已。

烏克蘭將損失的規模估算為大約70億美元。

這個數字也是安全局的估算值，且從未公開經過外界的獨立驗證。但有一點是明確的。那天被燒毀的轟炸機，是無法用金錢輕易重新買回的物資。其設計源自冷戰時期，工廠已關閉並停產，零件甚至需要拆解其他機體來拆東牆補西牆。一旦有一架消失，那個位置將會長期空置。

將其擊毀的，是一台單價僅數百美元的機器。

一側是歷經數十年精心打造的戰略轟炸機。那是設計用來運載核子飛彈的巨大機體，是一個國家以為傲的力量象徵。另一側則是一架僅比手掌稍大一些的無人機。其零件都是在一般市面上、無須高深科學技術就能取得的普通商品。若以價格折算，兩者相差了數萬倍。在現實中，那天下午，較小的一方以將巨大的一方燒毀的方式，徹底扭轉了這個差距。根據伊萬諾沃機場方面傳出的資訊與報導，甚至連空中預警管制機也受到了波及損害。這是一種能遠距離監視天空，為其他機體充當「眼睛」的飛機。依其英文縮寫被稱為A-50。這是俄羅斯為了應對戰爭，在全體軍隊中僅擁有幾架的珍貴資產。單機造價超過了三億美元。

司機正站在離卡車車輛較遠的路肩上。

他回頭一看，自己卡車車輛的貨斗已空空如也。直到剛才還裝載在那裡的木造房屋，此時已變成一個屋頂敞開的空箱子。他拿起手機，撥給了他的雇主。但電話沒有撥通。這幾天來一直向他下達指令的聲音，在那一刻早已離開了俄羅斯。協助該項計畫的烏克蘭專業特工，在攻擊開始前的數個小時內，便已陸續分散撤離至安全地帶。最後只剩下了司機一人。

那天在俄羅斯，像這樣的司機共有五人。

這五個人都不知道自己運送的是什麼東西。他們只是在不清楚貨物真面目的情況下，握著方向盤的普通人。其中一人因卡車車輛爆炸當場喪命。另外四人則被俄羅斯聯邦安全局（FSB）等相關機關逮捕。在「蛛網計畫」輝煌的成功故事背後，有著至死都不知道自己車輛竟是武器而被帶走的四個人，以及失去生命的一個人。本書的意義，在於將這份陰影也一同記錄下來。

下午的西伯利亞天空中升起了滾滾黑煙。

跑道上的轟炸機正在燃燒。4300公里這個距離，也就是俄羅斯在戰爭中長期深信的安全距離，在那天下午一點消失了。所謂「敵人觸手不及的深遠後方」這一概念本身徹底瓦解。只要將珍貴的資產放置在遠遠偏離首都莫斯科、遠離前線的地方就安全了，這種長久以來的信念，在僅有手掌大小的無人機群面前崩潰了。而且，這還是發生在預先推入敵方領土腹地的一輛普通卡車車輛的貨斗中。

司機望著那股濃煙。

他並不知道自己也是這股濃煙的一部分。幾天前裝載貨物時，貨斗上木造房屋的屋頂內側究竟藏了什麼，他自始至終都毫不知情。警報器的氣笛聲開始從遠處傳來。他站在道路中央，看著自己一路拉來的空箱子。

本書就從那個空箱子開始。

第1章 變成了網咖的戰場

線軸首先解開。

這是頓內次克北部松樹林的傍晚時分。西格納姆 (Signum) 營的一名士兵跪下雙膝，檢查無人機後方的小線軸。線軸上繞著數公里長、比頭髮還細的玻璃絲。當他轉動螺旋槳，無人機隨之升起。在機體竄升至樹木上方的過程中，那根細絲無聲地解開並垂落至地面。細線掛在樹枝上、泥地上，以及毀損道路的護欄上。在陽光照耀下，它像蜘蛛網般閃爍著光芒。

只要這條線不斷，俄羅斯軍隊的任何電波干擾都無法阻止這架無人機。

士兵身旁打開著一台筆記型電腦。螢幕上播放著無人機相機發送過來的影像。沒有卡頓、沒有畫面破碎，也沒有雜訊。從穿過森林、橫越田野，直到朝泥路上一輛卡車俯衝而下的那一刻，畫面都像網咖的遊戲畫面般清晰。操作員選擇了螢幕中卡車的脆弱部位。那是駕駛座旁、油箱所在的位置。他將機體朝那個方向傾斜。

操作員可能身處基輔的一間辦公室，也可能在距離前線數公里外的地下碉堡中。他所看見的，只有無人機之眼發送過來的畫面。卡車變得越來越大，駕駛座旁的油箱填滿了整個螢幕。操作員最後一次將機體再次傾斜，隨後鬆開了手指。接著螢幕泛起一片白光。這並非訊號中斷，而是無人機已經抵達。

這裡的景象與網咖極其相似：折疊椅、放在膝蓋上的控制器，以及緊盯著筆記型電腦螢幕、佈滿血絲的雙眼。但有一個不同之處，那就是螢幕裡的像素是「人」。我們將這項差異暫且擱置一旁，先來看看這幅景象是如何產生的。

僅在三年前，這一幕還是不可能的。

2022年2月，當俄羅斯入侵烏克蘭時，對烏克蘭軍隊而言，無人機更接近從商店貨架上買來的玩具。他們購買如大疆 (DJI) Mavic之類的中國製商用四軸飛行器，用相機偵察敵軍位置。後來有人想出了在機身下方懸掛手榴彈的方法。只要解開繩子，炸彈就會掉落。瞄準全憑目測，經常偏離目標。然而，偶爾也會命中。而當這「偶爾」重複數萬次之後，便改變了前線的局勢。

若要了解從那粗糙的起點開始發生了什麼變化，我們必須先看一個數字。

從商店貨架到武器工廠

戰爭前，烏克蘭製造無人機的公司只有七家。到了2026年的今天，該數量已達約500家。其中大部分是2022年以後成立的小型公司。人們在車庫、租用的倉庫，或是廢棄工廠的一隅組裝無人機。他們一年所製造的無人機規模達數百萬架。烏克蘭政府表示，將在2026年這一年製造約450萬架無人機，而工廠的實際生產能力據稱是這個數字的兩倍左右。

單看數據顯得有些抽象。因此，我們來做一個比較。若與同一時期美國年度軍用無人機產量相比，烏克蘭方面要高出數十倍。在沒有經歷戰爭的國家以平時的速度製造武器的同時，身處戰爭的國家則以市場的速度製造。兩者所製造的並非相同的武器。其中一方花費很長時間來製造一架精密設計的武器，而另一方則快速生產數十萬架用完即丟的無人機。

也有跡象顯示這項產業已發展為有利可圖的行業。2023年，烏克蘭無人機產業的營收突破了10億美元；2024年，更擴大至該規模的兩倍以上。製造武器在同時也成為了創造就業機會與利潤的活動。前線的需求帶動了後方的產業，而後方的產業又重新向前線供應武器。

這種速度究竟源自何處？若想尋找答案，我們必須拆解一架無人機看看。

任何人都能買到的零件

烏克蘭的無人機並非從一開始就按照軍用標準全新設計的武器。而是將任何人都能在網路上買到的民用零件組裝而成的產品。只要拆解一架，這一點就會變得顯而易見。

機架是輕巧的碳纖維或玻璃纖維。大腦是名為樹莓派 (Raspberry Pi)、學生們學習程式設計時所使用的手掌大小的電腦。在其上運行的飛行軟體是名為 ArduPilot 的開源程式。全世界任何人都可以免費下載並修改使用。馬達、螺旋槳、相機、電池在沒有軍用接頭的情況下，直接以電線連接。主機板甚至沒有外殼而直接裸露。這是淋雨就會損壞的東西。但因為是一次性使用的物品，所以既不講究防水，也不考慮耐用性。

看到價格更令人吃驚。在長距離打擊無人機中，有一款名為「大黃蜂」 (Hornet) 的機體。它的機身與機翼由保麗龍製成，重量僅為5公斤。價格為5,000歐元，折合韓元約750萬元。另一款長距離無人機 UJ-26「河狸」 (Beaver) 則由玻璃纖維與碳纖維製成，比金屬飛機大幅減少了雷達反射，價格在3萬5千美元左右。這兩者都僅為單架軍用戰鬥機價格的數百分之一、數千分之一。

廉價零件的組合轉化為武器的關鍵在於彈頭。在這裡，烏克蘭的技術人員將舊物與新物融合在一起。

常見的方式是將前蘇聯時期的反戰車火箭彈 (RPG) 的彈頭綁在無人機下方。該彈頭的前端裝有壓電引信。這是一種在受到衝擊時，將該壓力轉化為電能並引發爆炸的裝置。彈頭內部倒置著一個由銅製成的圓錐形藥罩。爆炸時，這些銅會融化並轉化為一束金屬射流。該射流會穿透戰車厚重的裝甲。這就是價值數十萬韓元的機器將價值數十億韓元的戰車變為廢鐵的原理。

還有更精密的武器。那就是曾用於轟炸俄羅斯空軍基地、名為「馬蜂」 (OSA，意為黃蜂) 的無人機。雖然外表看起來像普通的商用四軸飛行器，但內部裝有兩個由銅製成的棒狀框架，其中填滿了炸藥。爆炸時，這些銅棒會融化並呈 U 字形朝下方噴射出超高速金屬射流。這是為了從上方穿透轟炸機薄弱的頂部，而不是側面裝甲而製造的武器。這是深知目標的弱點所在，並專門挑選該處進行打擊而設計的。

民用零件的轉用也發生在通訊領域。在一項必須打擊數千公里外目標的作戰中，烏克蘭軍隊在無人機上安裝了商用 LTE 數據機。他們將無人機接入了鋪設在俄羅斯內部的第四代行動通訊網路。其原理與用智慧型手機發起視訊會議相同。無人機搭上俄羅斯的行動電話網路，並透過該網路向烏克蘭的操縱員發送即時影像。這相當於借用敵人的通訊網路來打擊敵人。

由於零件便宜且常見，製造者也變得普遍。軍用武器工廠位於保密與許可的牆內。然而，Mavic 無人機、RPG 彈頭與樹莓派卻在牆外。烏克蘭推倒了這堵牆。這等於是將尖端軍事技術這個封閉的世界，轉化為任何人都可以參與的開放市場。

這個開放的市場也有其陰暗面。任何人都可以購買零件，這也意味著很難查清 these... 這些零件經過了誰的手、流向了何處。為了一次作戰，一名烏克蘭特工結束了在基輔的服裝生意，移居到俄羅斯車里雅賓斯克，偽裝開設了一家物流公司。他以自己公司的名義僱用了俄羅斯卡車司機。司機們並不知道貨箱裡裝了什麼。他們不知道木箱裡裝著無人機，更不知道那些無人機將會燒毀轟炸機。他們只是裝上貨物，開往指定的目的地而已。

在那五名司機中，有一人因卡車爆炸而喪生，另外四人則被俄羅斯情報機構抓獲。在諜報戰華麗的成功背後，是那些在毫不知情的情況下手握方向盤的人。這抹陰影是這本書直到最後都不願放過的部分。

這時美國的資金進來了。美國政府投入了數百萬美元，以便在烏克蘭境內製造無人機，並與基輔分享了核心技術。外部的資金與內部的手藝相結合，拼湊出了500家小工廠同時運作的完整畫面。

然而，僅憑零件便宜這一點，還有無法解釋的部分。為什麼這些公司要互相競爭，試圖做得更快、更好呢？

計分板造就的進化

答案在於將戰場轉化為像網咖一樣的運作方式。

烏克蘭軍隊對每個部隊進行評分。用無人機擊中目標，分數就會增加。摧毀的目標如果是偵察兵得多少分、裝甲車得多少分、戰車得多少分。必須以影片證明，分數才會被認可。而且可以用這個分數購買更多新的無人機。這是一個讓善戰的部隊擁有更多武器的結構。

這相當於把遊戲的排行榜搬到了戰爭中。

隨著部隊之間排定名次，競爭便被點燃了。看誰擊得更準，誰留下的影片品質更好。士兵們就像在佈告欄確認排名一樣，關注著自己部隊的分數。當某個部隊研發出新戰術，其他部隊就會跟著學習。如果某個部隊一個月拿下一百分，隔壁部隊就會設法超越它。擊中目標這件事被換算成數字，而該數字又重新換算成武器。

這個評分體系的可怕之處在於，它不僅僅是精神上的鼓勵。分數即是資源。上傳摧毀目標的影片就能累積積分，並用該積分換取新的無人機。善戰的部隊能用更多武器打得更好，進而累積更多分數。從而形成了一旦領先的部隊就會持續領先的良性循環。這與遊戲中等級越高就能獲得越好的裝備，並用該裝備進一步提升等級的結構完全一樣。

這種競爭向上延伸，甚至波及到了製造商。由於部隊想要命中率更高的無人機，製造商們必須製造出更精準的無人機才能獲得分數，進而獲得訂單。修改設計、測試、接收前線回饋並再次修改的週期，是以「週」為單位在運轉。平時軍工業需要花費數年才能完成的工作，他們在幾週之內就做到了。當一家公司安裝了新相機，隔壁公司就會安裝更輕便的相機。一旦某個部隊反應電池不夠用，下個月的無人機上就會裝入容量更大的電池。市場的競爭原則快速雕琢了戰爭的工具。這之中存在著令人毛骨悚然的效率。殺人的行為像遊戲分數一樣被流暢地計量，而這種計量又再次催生出更好的殺戮工具。

若將這結果用一句話來說，就是這樣：對俄羅斯的打擊有90%是由無人機完成的。既不是大砲，也不是飛彈。而是從市場中成長起來的數百萬台小型機器。

這項變化在戰線上呈現何種面貌，都顯現在傷亡統計中。在東部最前線，俄羅斯步兵所遭受的傷亡有80%並非來自大砲或迫擊砲，而是來自這款無人機。並非砲彈，而是看著螢幕操控的小型機器成為了戰場的主宰。

從設計圖到實戰，只需幾天

設計圖走向實戰的道路正變得越來越短。當某家公司想到新功能時，幾天後這款無人機就會在戰線上飛翔，一週後戰線上的士兵就會回報哪裡出了問題。因為零件已經標準化，所以更換也很容易。一個部隊想要沉重的彈頭，另一個部隊則想要更遠的射程。他們在同一個骨架上安裝不同的零件來進行客製。

這種方式的核心在於分散。這不是由單一巨大工廠大量生產相同的武器，而是由數百隻小手各自打造出不同的武器。即使某家工廠被炸，其餘的499個地方仍能運轉。即便一個設計受阻，另一個設計也會找到出路。如果敵人發現了某個零件的弱點，下週就已經換成了其他零件。演化的速度比敵人追趕的速度還要快。

這些分散的手不單單是製造，還將它們隱藏了起來。

在後續將詳細敘述的一項行動中，烏克蘭特工並未在龐大的軍事工業園區內一次性製造無人機。他們利用民用物流網將零件悄悄運入俄羅斯，並在租來的倉庫中用人手進行組裝。他們將這樣製造的無人機，每九台裝入一個改裝為頂蓋可開啟的木箱中。分散製造、分散運輸，並在瞬間集結。這是多個小型物件分散的方式，戰勝將大型物件集中在一處之方式的案例。這項行動的全貌，我們將在第三章以分鐘為單位進行追蹤。

戰線的樣貌發生改變

這數百萬台小型機器改變了戰線本身的樣貌。

在傳統戰爭中，所謂的戰線是步兵與裝甲車拉鋸的帶狀區域。現在則不同了。在交戰線半徑15公里以內，被士兵們稱為「灰色地帶」的區域，人們無法隨意進出。因為無人機與感測器無時無刻不在空中向下俯瞰。補給車輛一旦駛入，就會立刻被螢幕捕捉到，而一旦被螢幕捕捉到，無人機便會隨即飛撲而下。裝甲車也是如此。灰色地帶已然成為了死亡之帶。

因此，烏克蘭在這片危險區域中派駐機器來代替人類。運送彈藥 and 搬運傷患的工作，由靠著車輪與履帶移動的小型地面機器人來擔當。在某個月份，僅憑無人設備就執行了超過2萬次的任務。去年春天，甚至在未投入任何人員的情況下，僅靠地面機器人與無人機就攻占了俄羅斯軍的陣地。由機器填補人類空缺的戰場，正逐漸確立下來。

無人機的眼睛變得越來越犀利。俄羅斯軍隊為了保護昂貴的防空裝備，在田野上擺滿了用木頭做成的假模型。這是從衛星上看就和真的一樣的誘餌。然而，烏克蘭的無人機並沒有被這些假貨所騙，而是專門挑選真正的「鎧甲-S1」(Pantsir-S1) 防空系統進行摧毀。在一個月之內，刻赤海峽一帶就有四台「鎧甲」以這種方式消失了。這是單台造價高達2,000萬美元的裝備。另一方面，有些部隊將本用於攻擊直升機的無導引火箭彈掛載在商業無人機上，將這台數百美元的機器改造為空中飛行的微型砲艇。在相同的骨架上，根據所安裝的武器不同，它既可以是偵察機，也可以是轟炸機或捕獵者。

這項變化不僅僅發生在陸地上。海上也發生了同樣的事情。烏克蘭利用搭載魚雷或飛彈的無人快艇，追擊在黑海的俄羅斯軍艦。他們也曾用水下無人機襲擊停泊在港口內的俄羅斯潛艦。這相當於價值3億韓元的無人機摧毀了價值5,900億韓元的潛艦。他們也將觸角延伸至防禦領域，甚至正在自行研發能燒毀敵方無人機的雷射武器。

在這所有變化的底層，都存在著相同的邏輯：以廉價的武器摧毀昂貴的武器。烏克蘭的量產型 FPV 無人機單台造價介於數百美元至3萬5千美元之間。然而，俄羅斯用來攔截這款無人機的防空飛彈，單發成本就高達200萬美元。用價值200萬美元的飛彈去擊落一架價值3萬5千美元的無人機，這對擊落的一方而言顯然是賠本生意。因此，俄羅斯指揮官有時不得不陷入放棄昂貴飛彈、轉而依賴舊型防空砲的處境。價格的不對稱，就這樣變成了戰略的不對稱。

以上是光明面的故事。廉價、快速、普遍與眾多的無人機。然而，這款武器從一開始就存在一個致命的弱點。

那就是「無線」這個弱點。

名為電波的線，以及切斷這條線的人

早期的 FPV 無人機，也就是操縱員看著螢幕以第一人稱視角 (First Person View) 操縱的無人機，是靠電波來運作的。控制訊號是電波，攝影機影像也是電波，指示位置的衛星訊號同樣是電波。電波是一條肉眼看不見的線。一旦這條線斷裂，無人機就會如同瞎了眼般墜落。

俄羅斯非常清楚如何切斷這條線。

俄羅斯軍隊在戰線上密密麻麻地部署了電子戰 (Electronic Warfare) 設備。所謂電子戰，是指干擾或切斷敵方電波，以癱瘓其通信與導航的戰鬥。其種類繁多。一種名為「克拉蘇哈-4」 (Krasukha-4) 的設備被裝載在車輛上移動，用干擾電波覆蓋廣闊的天空。據說，它能在短短5秒內，用電波之霧填滿飛來的無人機編隊前方的空域。一種名為「R-330 芝特爾」 (Zhitel) 的設備，能將半徑16公里內的區域變成通信中斷的死區。還有名為「波列-21」 (Pole-21) 的設備，以及名為「摩爾曼斯克-BN」 (Murmansk-BN) 的長距離設備。雖然名稱不同，但目的是一樣的，那就是切斷連接無人機與操作員的線。

這道帷幕的威力不僅僅波及無人機。在襲擊黑海的塞瓦斯托波爾港口時，曾有一枚烏克蘭的「海王星」 (Neptune) 飛彈被「摩爾曼斯克-BN」的干擾電波逼退，偏離攻擊航線3公里以上而消失。在薩基 (Saky) 空軍機場附近，因「波列-21」運作，導致四架烏克蘭的「柳蒂」 (Liutyi) 無人機脫離編隊並迷失方向。武器製造得越精密，就越依賴訊號；而越依賴訊號，在電子戰面前就越脆弱。越是尖端，連接的線就越細，這真是一種悖論。

如果線被切斷會發生什麼事，讓我們透過一個畫面來看看。

十九架 FP-1 無人機飛向通往克里米亞半島的補給線——瓊哈爾 (Chonhar) 大橋。高度為36公尺，速度為時速193公里。飛得很低、很快。這時，「克拉蘇哈-4」甦醒了。轉眼間，衛星導航訊號發生了扭曲。美國的 GPS、俄羅斯的格洛納斯 (GLONASS)、歐洲的伽利略 (Galileo) 也一同癱瘓。一架無人機偏離隊伍22公尺。另一架無人機失去高度，墜向大海。還有一架無人機在4秒內失去平衡，搖晃不止。

影像也隨之中斷。從另一項作戰的記錄來看，在距離目標2.4公里的地方，畫面就開始扭曲。畫面從每秒60幀驟降至15幀。道路變得模糊。前方的敵軍車隊變成了黑色且扭曲的團塊。雖然操作員嘗試切換到備用頻道，但很快整個畫面就被白噪聲淹沒。什麼都看不見。

阻斷電波的方式也是分階段的。起初，是尋找敵方的一個控制頻率，並僅在該頻率上集中干擾電波。這就像在某人的耳邊用擴音器發出噪聲來阻礙通話一樣。俄羅斯電子戰人員迅速掃描1.2 GHz至5.8 GHz之間的寬頻段，找出烏克蘭操作員所使用的控制頻率。一旦找到，就會在該頻率上集中發射20瓦的干擾電波束。這是一種精準瞄準並癱瘓單一頻道的方式。

烏克蘭也沒有坐以待斃。他們沒有將無人機使用的頻率固定在一個地方，而是讓其在飛行過程中每秒變換一百數十次。這是一項被稱為跳頻 (Frequency hopping) 的技術。只有知道預先約定順序的操作員和無人機才能保持通信，而不知道該順序的敵方則無法跟上應該阻斷哪個頻率。當阻斷一個頻道時，無人機已經跳到了另一個頻道。

俄羅斯放棄了這場捉迷藏，轉而採用更粗暴的方法。他們不再追逐特定的頻率，而是用電波將整個頻段完全覆蓋。這被稱為全頻段干擾 (Barrage jamming) 。無論使用哪個頻率都會被阻斷。這是一種放棄精細度、以力量壓制的方式。到了這個地步，無線無人機就會迷失方向。

迷失方向的無人機仍有一種生存方法，那就是靜默模式。切斷所有的衛星訊號和無線通信，僅依賴無人機內置的慣性導航系統 (INS) 。所謂慣性導航系統，是指在沒有外部訊號的情況下，在內部計算自己移動的速度和方向，從而估算位置的裝置。在飛向瓊哈爾大橋的十九架 FP-1 無人機中，有四架因「克拉蘇哈-4」的干擾而脫落，但其餘十五架憑藉這種靜默模式堅持了下來，並以預先輸入的高度和數位指南針為引導，繼續前進。這相當於在外界一片黑暗時，僅憑內置的感官來摸索道路。

然而，慣性導航也有漏洞。隨著時間推移，估算會逐漸出現偏差。而且，它無法看見地圖上沒有的東西。在襲擊波羅的海某煉油設施的作戰中，幾架「海狸」 (Beaver) 無人機未能識別出半年前地圖上沒有的巨大建築起重機，直接撞上並毀壞。僅憑內置的感官，是無法避開新出現的障礙物的。

在同一項作戰中，也暴露了通信的極限。那些「海狸」無人機使用的不是軍用衛星，而是名為「鉅星」 (Iridium) 的商業衛星通信，其傳輸速度僅為每秒2 Kbps。這是無法傳送影像的速度。操作員無法看到畫面，只能看著每2秒更新一次的數據表。高度3公尺、速度時速40公里、電池8%、目標方位角。他僅憑著數字駕駛機體。此外，由於通信延遲，即使轉動控制桿，無人機也要在多飛出20公尺後才有反應。這對於人類進行即時應對來說，幾乎是不可能的條件。

如果是普通武器，任務在此就結束了。因為不可能在矇住眼睛的情況下擊中目標。

烏克蘭給出了兩條解決之道。一條是放棄無線的道路，另一條是為無人機裝上眼睛的道路。

放棄無線，以一條線相連

首先是放棄無線的道路。如果電波會被切斷，只要轉換成不會被切斷的即可。什麼是永不切斷的呢？那就是物理上的線。

在這裡，讓我們再次回到森林中的「西格納姆」 (Signum) 大隊。他們懸掛在無人機後方的線軸，就是那個答案。線軸上纏繞的是光纜，即光纖電纜。它利用比頭髮還細的玻璃絲傳導光線來發送訊號。

隨著無人機的飛行，這條光纜會不斷釋放，在物理上連接起操作員與無人機。這完全不使用電波。

「西格納姆」大隊是自2022年起首次將FPV無人機投入戰鬥的部隊。現在，他們在頓內茨克北部的森林中集中運作光纜無人機。該地區松林、灌木叢、河流與湖泊交織在一起，放飛無人機非常困難。因此，在他們活動的森林和物流道路各處，細而堅韌的光纖電纜雜亂地掛在樹木和護欄上。在陽光照射下，它們像蜘蛛網般閃閃發光。作為戰爭的痕跡，這是一種奇妙地纖細且安靜的痕跡。

因為不使用電波，所以電波干擾起不了作用。無論克拉蘇哈-4釋放多麼強烈的電波，都無法切斷傳導光線的玻璃絲。由於不發射電波，因此也不會被俄羅斯的偵測設備捕捉到。無線通訊存在信號無法越過地平線的限制，但用線連接的無人機則沒有這種限制。操縱員直到撞擊目標前的最後一秒，都能看到毫無晃動的高畫質影像。能挑選敵人的薄弱之處精準俯衝撞擊。

西格納姆營將兩架編為一組使用。偵察無人機先找到目標後，第一架光纖無人機摧毀車輛，第二架無人機則緊追不捨地追擊從車裡跳出逃跑的人。殘酷無情，而且精準。畫面中人在奔跑，無人機在後面緊追。記分板上又增加了一行。

然而，這條如同魔法般的線，伴隨著沉重的代價。

字面意義上的沉重。長達數公里的光纜 and 線軸的重量直接加在無人機上。飛行時間也因此相應減少。最初的光纖無人機只能飛行15到20分鐘。當無線FPV無人機能自由飛行10公里以上時，早期的光纖無人機射程僅在1.6公里左右。線的長度就是武器 of 射程。為了打擊更遠的地方，操縱員必須深入更深、更危險的地方去起飛無人機。這意味著必須將身體置於離敵方火力更近的地方。

技術逐漸突破了這個限制。通過增大線軸容量，將射程延伸至10公里以上，最大可達30公里。烏克蘭甚至曾有一段時期，每個月向前線提供超過5萬架光纖無人機。

然而，新的棘手問題出現了。那就是光纖線纜的價格暴漲。原因出在出人意料的地方。由於全球爭相建造人工智慧數據中心，大量吸納光纖，導致無人機所需的線纜供不應求。有報導稱，無人機用線軸的價格暴漲了八倍以上。西格納姆營的一名士兵吐露，能夠打擊30公里的無人機用線軸非常短缺。據說現在一架光纖無人機的價格，已經比一般的商業用Mavic無人機還要昂貴了。

還有一個需要指出的事實。在戰場上首先大規模使用這種光纖無人機的一方是俄羅斯。包括西格納姆營在內的烏克蘭部隊，曾有一段時間處於追趕俄羅斯的境地。在堅持不懈地追趕後，現在不論在編隊數量還是技術上，都達到了旗鼓相當的水準。武器的優劣並非一次決定後就宣告結束，而是雙方互相模仿、不斷輪流易位的鬥爭。

數據中心的線纜需求影響著前線的火力。這是一個民用市場與戰場爭奪同一零件的時代。由於武器是用民用零件製造的，民用市場的狀況會直接波及前線。當某個城市多建一座數據中心時，某個森林裡可能就會少飛一架無人機。

儘管如此，烏克蘭依然堅持使用這種又重又貴的有線無人機。這是為什麼呢？因為前面提到的灰色地帶。若想將那條死亡地帶掌控在手中，就必須擁有無懼電波干擾的武器，而沒有什麼比光纖無人機更可靠的了。無論無線技術演進得有多麼先進，一條原始的實體線卻成了無比強大的長矛。在2026年的戰場上，一根傳導光線的玻璃絲成了突破俄羅斯最尖端電子戰的途徑。

為無人機裝上眼睛

現在轉向第二個答案。那就是為無人機裝上眼睛的途徑。

繫線的方式適合近距離、灰色地帶的戰鬥。然而，打擊數百公里外的目標時，是無法釋放線纜的。在那麼遙遠的距離，連無線通訊都經常中斷。既然如此，只要讓無人機在通訊中斷後也能自行尋找目標即可。代替人類的眼睛 and 雙手，將最後的判斷交給無人機內部的人工智慧。

這被稱為終末引導 (Terminal Guidance)。意思是無人機將自主處理撞擊目標前的最後一段區間。用英文來說就是「最後一哩路」 (Last Mile)，也就是由機器負責抵達目標前的最後一個區間的概念。

這個構想還有另一個隱藏的優點。那就是減輕人類操縱員的負擔。將無線FPV無人機精準駕駛到最後，需要非常熟練的操作手法。看著畫面研判風向與延遲，並在最後一刻直刺目標薄弱之處的技術，絕非一日之功。雖然無人機每年如潮水般產出數百萬架，但能將無人機操控到最後的操縱員，卻無法那麼快培養出來。一旦最後的區間由機器接管，人類就只需要負責選擇目標並下達命令。瓶頸得以解決。

前面提到的大黃蜂無人機就是一個例子。這架最初在美國製造、隨後在烏克蘭完成的機體，能以超過100公里的時速打擊150公里至200公里外的敵方物流路線。這款輕巧的保麗龍機體，其真正價值不在於身體，而在於大腦。作戰中如果畫面上捕捉到俄軍目標，操縱員的畫面上就會出現橙色標記。這是人工智慧已自行識別出目標的信號。操縱員操縱只要下達攻擊命令，之後即使通訊完全中斷，無人機也會自行追擊目標直至摧毀。人類只需扣動扳機，收尾工作由機器完成。

這裡還多了一層安全保障。安裝在飛行電腦上的ArduPilot軟體在通訊中斷時，會在畫面上以紅字顯示「故障保護」 (Failsafe，即安全模式) 的訊息。然後，即使沒有操縱員，它也會繼續飛向預先設定好的坐標。通訊正常時由人駕駛，通訊中斷時則由機器操縱。這相當於兩者輪流掌控方向盤。

這項技術得到戲劇性驗證的地方，也是前面看過的那座死亡之橋上。

烏克蘭無人機編隊向著通往克里米亞半島的車隊衝去。在距離僅剩2.4公里時，俄羅斯的R-330 Zhitel干擾系統啟動。畫面隨之崩潰。畫面從每秒60張降至15張，道路變得模糊，目標變成黑色的團塊，最終只剩下白雜訊。操縱員什麼也看不見。在沒有畫面的情況下，僅憑儀表板上的數字估算並駕駛著機體。高度3公尺，時速64公里。預先由偵察無人機傳送過來的坐標，是唯一的指引。

當距離縮短至24公尺的瞬間，人工智慧開始發揮作用。它辨識出了被防水布覆蓋的彈藥卡車貨斗。雖然鎖定目標並不完美，但已足夠引導方向。此時，俄羅斯裝甲車以30毫米機關炮和機關槍向無人機開火。子彈在無人機旁爆炸，機體劇烈傾斜。目標偏離了畫面中央。電池僅剩30%的推力。如果是人類手動駕駛，在這種延遲與損壞的情況下，將很難命中。然而，人工智慧還沒有放開目標。鑽入裝甲車死角的無人機直接撞進了卡車。

同樣的終端引導也在瓊哈爾大橋發揮了作用。在那裡，大橋本身就是目標。雖然電子戰阻斷了所有衛星訊號，但無人機的前方相機將大橋的混凝土邊緣、護欄和支撐柱輪廓，與預先輸入的形狀進行了比對。電波干擾雖然能屏蔽訊號，卻無法改變大橋的外觀。前兩架無人機的人工智慧鎖定了目標。一架將目標鎖定在橋面上，另一架則鎖定在水中的支撐柱上。在此期間，無人機沒有發出任何訊號，並未給俄羅斯雷達留下追蹤的線索。以時速193公里飛完最後7秒的無人機撞上了混凝土。

僅僅裝上眼睛並不能解決所有問題。人工智慧也有漏洞，而填補這一漏洞的，出乎意料地是粗暴的物理力量。

襲擊波羅的海烏斯特-盧加 (Ust-Luga) 煉油設施的行動就是一個例子。「海狸」無人機裝載的不是軍用衛星導航，而是民用接收器。這通常是誤差約5公尺的零件。然而，在金屬結構密集的煉油廠中，發生了訊號四處碰撞折回的多路徑 (Multipath) 干擾，加上俄羅斯軍隊的訊號欺騙，導致目標點偏離了30公尺。那是一個衛星、無線電與影像都無法信任的狀況。

烏克蘭並非依靠精準度，而是用破壞力解決了這個問題。無人機搭載的20公斤彈頭中，裝滿了被稱為鋁熱劑 (Thermite) 的炸藥。這是將鋁粉與氧化鐵混合而成的物質。它沒有使用複雜的電子起爆裝置，而是設計成以碰撞即起爆的機械引信來引爆。當電池僅剩5%的無人機憑藉慣性撞上氣體分離塔的瞬間，引信發揮了物理性作用。燃起了攝氏2500度的熊熊烈火。這是用水或滅火泡沫都無法撲滅的火焰。鋼鐵在幾秒鐘內熔化，整個設施因燃料與空氣混合產生的巨大爆炸而崩塌。

為了防禦這一次襲擊，俄羅斯向空中發射了價值200萬美元的防空飛彈。為了阻擋價值3萬5千美元的商用零件無人機，他們使用了價格為其數十倍的飛彈。當精密導航受阻時，烏克蘭選擇回歸唯一不會受阻的道路。那就是「碰撞即爆炸」的古老原理。

這兩個場景有一個共同點：在人類失去雙眼的地方，機器睜開了眼睛。而當機器的眼睛也變得模糊時，碰撞即爆炸的粗暴物理力量填補了這一空白。電子戰可以切斷連結人類與無人機的紐帶。但它無法抹去無人機記憶中已經存入的目標形狀，也無法消除碰撞即起爆的引信物理定律。因此，烏克蘭沒有選擇保護通訊的戰鬥，而是選擇了即便通訊中斷也能獲勝的戰爭。

記住目標形狀的機器

在所有這些技術的根源中，存在著一種學習方式：那就是預先教導人工智慧目標的外觀。

為了後文將詳細探討的一項行動，烏克蘭國家安全局 (SBU) 掃描了博物館和老舊庫房中的前蘇聯製轟炸機。他們獲取了展示於烏克蘭中部航空博物館的圖波列夫 (Tu-95) 等機體的三維數據，讓人工智慧記住其外形。據說，一家無人機製造商為了這項行動，從18個月前就開始測試人工智慧。這是為了讓無人機即使在通訊中斷的情況下，其相機也能自動識別出轟炸機的輪廓和燃料區域，並在沒有人類介入的情況下攻擊其薄弱之處。

這種學習方式的強大之處，在於它並未侷限於單一目標。就像讓它記住轟炸機的外形一樣，也可以讓它記住坦克的外形、防空裝備的外形，以及煉油塔的外形。只要有充足的照片和三維數據，機器就能學習辨識任何物體。過去需要人類每次盯著螢幕判斷那是何物的工作，現在由預先學習過的機器取而代之。即使電子戰遮蔽了人類的雙眼，機器也會將腦海中已有的圖像與眼前的形體進行比對。通訊中斷的最後一段路程，反而成了機器展現真正實力的階段。

目標會存於博物館之中，這一點顯得十分奇妙。在某處，老舊的轟炸機被製成標本展示於玻璃櫃中，迎接著遊客；在另一處，那被標本化的形態則轉移到人工智慧的眼中，在四千公里之外將長得一模一樣的真實轟炸機付之一炬。這彷彿是過去的武器在向未來的武器傳授目標的面容。該行動實際上是如何展開的，我們將在本書的中間章節詳細探討。

螢幕彼端的人

看到這裡，整幅景象便清晰了起來。廉價的民用零件化為武器，計分板推動了該武器的進化，不會中斷的導線與自主觀察的眼睛跨越了電子戰的障礙。簡而言之，戰場變得越來越像網咖。看著螢幕、累積分數、購買更好的裝備，然後再次坐在螢幕前。

然而，網咖的譬喻在這裡開始讓人感到不適。

螢幕的另一端是活生生的人。西格努姆營的第二架無人機追擊到底的，是從車輛中衝出來的人。當計分板上增加一行時，某處便有一人隨之消失。操縱員雖然宛如坐在網咖椅子上般看著螢幕，但那螢幕中的像素並非遊戲角色。

這種距離感並非只存在於其中一方。作為目標的那一方也是如此。有著在不知道貨箱內裝了什麼的情況下駕駛卡車的司機；也有著不知道自己頭頂上正有什麼東西在記憶著自己外形的士兵。隨著戰爭轉移到螢幕上，無論是奪去生命的一方還是失去生命的一方，都變得無法看見彼此的臉龐。

戰爭變得像遊戲一樣，也意味著死亡變得像螢幕上的數字一般。分數越高，距離就越遙遠。距離越遙遠，扳機就變得越輕。

這種變化並不局限於一場戰爭的單一戰線。價值數百美元的機器摧毀了價值數億美元的武器，這一事實動搖了強國長期以來所依賴的前提。亦即擁有大量昂貴武器的一方必將獲勝的前提，以及龐大的工廠、厚重的裝甲與遙遠的距離能保障安全的信念。在頓內茨克的森林中、黑海的港口裡，以及西伯利亞的機場跑道上，這些信念被一一打破。以小勝大、以廉勝貴、以分散勝集中。

世界的軍隊都在注視著這場戰爭。烏克蘭所尋得的方式已經逐漸成為教科書。該借鑒什麼、該防範什麼，每個人都翻開了筆記。這本書的後半部分將追尋那本筆記上所記錄的內容。

比頭髮絲還細的玻璃絲如蜘蛛網般掛在森林的樹枝上，閃閃發光。在那根玻璃絲的盡頭，某個人的最後一秒正以高畫質被轉播。價值數百美元的機器實現了這一幕。五百家小工廠每年生產數百萬台這樣的機器。

這張蜘蛛網會延伸到哪裡？而在那盡頭，我們又將會看到什麼？

第2章 18個月的沉默

車里雅賓斯克的黎明在貨車引擎聲中開啟。在烏拉山脈東側，在這座工廠煙囪林立的工業城市中，開卡車是常見的謀生手段。在那個黎明，一名男子也坐上了駕駛座。他聽說貨箱裡裝的是木製建築材料，運送單上也是這麼寫的。物流公司指定的路線、指定的日薪、指定的抵達時間。這是一項與平時沒有兩樣的工作。

他並不知道自己裝載的是什麼。

在貨箱上的木製小屋內，密密麻麻地裝滿了掛載炸藥的無人機。這些無人機的目的地是數千公里外，停滿俄羅斯空軍戰略轟炸機的機場。該男子最終對這一切一無所知地握著方向盤。行動結束後，包括他在內的五名司機中，有一人與卡車一同炸毀而喪生，另外四人則被俄羅斯聯邦安全局（FSB）逮捕並帶往審訊室。

本章講述的是那些卡車是如何抵達該處的故事。這是一個關於在畫面另一端無人機瞄準轟炸機機翼的那個瞬間之前，遠在此之前的18個月沉默的故事。

只有五個人知道

蜘蛛網行動始於2024年1月。準確地說，是計畫的開始。卡車上路則是那之後很久的事了。直到行動執行的2025年6月1日，足足過去了18個月。這是一年半的時間。

對於一個正值戰爭時期的國家而言，一年半是一段漫長的時間。在此期間，戰線前推後退地拉鋸。飛彈落在城市上。決定政權命運的談判在進行。人們死去、逃難，然後再度歸來。在這所有的喧囂之中，一項行動正在無聲無息地醞釀。外界甚至不知道它的存在。

起初，知道這項計畫全貌的只有五個人。前烏克蘭安全局（SBU）探員伊凡·斯圖帕克在接受《新聞週刊》採訪時如此表示。最終批准該行動的總統弗拉迪米爾·澤倫斯基就在這五人之中。親自指揮行動的烏克蘭安全局局長瓦西里·馬柳克也在其中。其餘人員的姓名至今還未公開。

五個人。一個本該動用整個國家情報機構的行動，卻只裝在這五個人的腦袋裡。原因顯而易見。知道的人越多，洩漏的漏洞就越多。在諜報的世界裡，秘密與人數成反比。多一張嘴就多一份危險，如果有十張嘴，就得認為行動已經落入敵手。在俄羅斯本土深處燒毀轟炸機的計畫一旦傳入敵人耳中，這一年半的準備將化為一捧灰燼。因此，他們保持了沉默。

這段沉默還有著另一種分量。烏克蘭在進行這場戰爭時，極大程度地依賴西方的武器與情報。美國提供的飛彈、歐洲提供的防空系統，以及盟國共享的衛星資訊。這樣的烏克蘭，唯獨這項行動決定連盟友也不告知。美國白宮表示，事前完全不知道攻擊迫在眉睫。美國媒體 Axios 也報導稱，烏克蘭並未事先通知包括川普政府在內的任何美國高層官員。

為什麼要這樣做？答案在於目標的性質。烏克蘭所瞄準的是俄羅斯的戰略核轟炸機基地。這是一項襲擊停放著載核飛機的場所，且深入其本土數千公里內部的計畫。西方盟友一直十分謹慎，擔心此類攻擊可能不慎成為擴大戰事的導火線。如果烏克蘭提前告知，盟友極有可能勸阻，至少也會予以制止。因此，澤倫斯基總統自始至終都選擇了獨立路線。行動中沒有使用任何一件美國製武器，所有裝備皆非美國製。唯有如此，即使美國撇清關係，也難以對其追究責任。

這五個人在最初幾個月裡苦思冥想的問題，並不局限於軍事問題。這是一個投資回報的問題。如果將100多架小型無人機和精銳特工送往國境之外的數千公里遠，該把這巨大的風險用在何處，才能收回成本甚至大賺一筆？襲擊哪一個機場才能讓俄羅斯感到更深切的痛楚？他們攤開地圖，將機場一個接一個地放在天平上權衡。

在此，他們明確立下了一項規則。那就是目標僅限於軍事裝備。those 向烏克蘭城市傾瀉飛彈的轟炸機，只打擊它們。絕不波及平民。澤倫斯基總統在行動結束後也反覆強調了這一點：無人機精準瞄準的，只有用於攻擊烏克蘭的俄羅斯軍事裝備。

對於馬柳克局長而言，這項行動是一場賭上自己名聲的對決。他作為烏克蘭安全局的負責人，親自督導現場。澤倫斯基總統則在此之上監督整個行動。軍隊最高統帥如此近距離地審視一項諜報行動，實屬罕見。這也說明賭注之大。如果成功，戰爭的走向將會改變；如果失敗，一年半的準備將化為烏有，潛入敵後特工的生命也將岌岌可危。無論結果如何，這都是一場無法回頭的賭博。

名為沉默的勞動

18個月的沉默本身就是一種勞動。一提到「行動」，我們就會想到爆炸與火光的瞬間。然而，那個瞬間僅僅是這一年半末尾所加上的一個短暫句點。在那之前，是一段什麼事都沒發生的漫長時光，是等待、偽裝與封口的時間。

我們來稍微想像一下，體會忍受這沉默是怎樣的一種感受。應當隱藏身分生活在敵國的城市中。每天早上用虛假的名字上班，遞出虛假的名片，露出虛假的笑容。無法知道旁邊的同事是真正的俄羅斯人，還是監視自己的FSB特工。一句失言、一次表情管理失敗，都可能讓一切結束。這股緊張氣氛應當在一年半的時間裡，一天不落地承受。

留在烏克蘭本土的人們，他們的沉默也同樣沉重。五位首腦無法向任何人透露這項計畫。不論是同事、其他部門，甚至連大部分將共同協助行動的軍隊指揮官也不例外。懷抱著好消息卻必須閉口不言，這件事會讓人疲憊不堪。即便成功已經近在眼前也無法炫耀，即便有所進展也無法與任何人分享。秘密重壓在知情者的肩膀上。

如果這沉默被打破，後果如何是不言而喻的。萬一有人在酒席上走漏了風聲，要是有人向家人炫耀，要是有人被敵國收買。車里雅賓斯克的倉庫會遭到突襲，潛入的特工會被逮捕，轟炸機也會安然起飛，再次向烏克蘭城市投下飛彈。18個月的沉默，是為阻擋所有這些可能性而付出的勞動。讓任何事都不會發生，這正是諜報工作中最關鍵也最難的事。

桑格在書中揭開網路戰爭與尖端武器資訊的內幕時，總是會強調一件事。那就是在華麗的武器背後，有著枯燥準備的現實。在將一行程式碼植入敵國系統之前，在將一件武器運進敵國陣地之前，看不見的人們專注地重複著看不見的專業工作。「蜘蛛網」行動也是如此。6月1日爆發的火光，是長達一年半枯燥工作凝聚產生的結果。我們所看到的雖然只是最後的幾分鐘，但行動真正的意義與分量，卻在於那之前的沉默。

就在敵人心臟的旁邊

在作戰成功後，澤倫斯基總統在社群媒體X上發布了一個事實。全世界的軍事專業人士讀了那篇貼文後，都懷疑自己的眼睛。

烏克蘭在俄羅斯國土內設立作戰指揮所這件事，本身就已經足夠大膽了。然而，問題在於這座指揮所究竟設在哪裡。它就在俄羅斯聯邦安全局（即FSB）某個地區總部大樓的旁邊，僅隔著一條馬路。

關於FSB是個什麼樣的機構，我們先來做個介紹。FSB是俄羅斯的核心反情報機構，可以將其視為前蘇聯時期KGB的後繼者。它負責執行反恐作戰、守衛國境與搜捕敵國的間諜。找出並阻攔烏克蘭特工，正是這個機構為之存在的意義。就在這家機構的眼皮底下，烏克蘭正在策劃燒毀轟炸機的作戰計畫。

在過去的18個月裡，俄羅斯向烏克蘭不間斷地傾瀉無人機、飛彈與滑翔炸彈。與此同時，烏克蘭特工們就坐在那個為了抓捕他們而存在的機構的圍牆外，坐在書桌前挑選著攻擊目標。他們每天都承受著一旦暴露就徹底完蛋的極度緊張氣氛。透過窗戶，他們或許還能看見FSB特工上下班的身影。看著那棟大樓裡透出的燈光，烏克蘭特工們一行行地完善著燒毀俄羅斯轟炸機的計畫。

為什麼偏偏是那個地方呢？這背後有著一項計算：最危險的地方反而可能是最安全的地方。正所謂燈下黑，FSB不會懷疑自己大樓的眼皮下，更無法想像敵人竟然會在那裡。監視的目光總是投向遠方，腳下卻是一片空白。烏克蘭正是鑽了這個空隙。

這是諜報戰古老的悖論。越是戒備森嚴的地方越是鬆懈。因為在每個人都相信安全的地方，沒有人會去注意。行動成功後，隨著這一事實被公開，這也同時向世人揭示了FSB的徹底失敗。這無異於借用敵人的內室來打擊敵人，而且還讓敵人親耳聽到這個事實。如果燒毀轟炸機是一次打擊，那麼這次披露就是給敵人的自尊心留下的第二次傷害。

在這場大膽行動的中心，有一個男人。

名為阿爾特姆的偽裝

他的行動代號是阿爾特姆。他出生於烏克蘭。曾是在首都基輔經營服裝公司的商人。他積極支持推翻親俄羅斯政權的街頭示威。他那堅定的立場引起了SBU的注意。

為了執行任務，阿爾特姆離開了烏克蘭。他落腳的新地方是車里雅賓斯克。這是俄羅斯中南部、烏拉山脈以東的工業城市。他在那裡開設了一家物流公司。那是一家用卡車運送貨物、隨處可見的普通公司。租賃辦公室、購買車輛、開拓客戶。繳納稅款、招聘員工。就這樣，他完美地融入了俄羅斯商人的角色。對鄰居來說，他大概只是一個誠實的物流商。

偽裝身分的可怕之處就在這裡。假的要像真的一樣運作，就必須真的運作起來。阿爾特姆的公司實際上確實運送了貨物。真實的交易產生真實的營業額，而那份營業額又讓偽裝變得更加深厚。在諜報的世界中，最堅固的面具是真正起作用的面具。

選擇車里雅賓斯克是有地理原因的。這座城市距離哈薩克國境僅有80英里，約130公里。哈薩克是中立國，同時也是避開西方制裁、讓物資流入俄羅斯的繞道途徑。戰爭開始後，西方封鎖了運往俄羅斯的電子零件。於是，這些零件便經由哈薩克等中立國繞道運入。被制裁的品項蓋上其他國家的章，偷偷流入俄羅斯的管道早已鋪平。

烏克蘭反向利用了這條管道。他們借用敵人建好的走私通道，將無人機零件、偽裝用的木製小屋 and 通信設備越過哈薩克運入車里雅賓斯克。俄羅斯為了規避制裁而鑽出的漏洞，反而成了用來打擊

俄羅斯的武器的入口。確切的運入路線至今尚未完全揭曉。但可以肯定的是，車里雅賓斯克正座落在這條必經之路上。

越過俄羅斯國境運來的零件，聚集到了阿爾特姆公司所租用的倉庫。在該處，經由潛入特工之手，這些零件被組裝成了殺傷武器。在平凡的物流倉庫中，用以燒毀轟炸機的無人機正一部部地成形。每當倉庫大門開啟，能見到的想必只有木箱與成堆的包裝。誰都不知道在那深處正發生著什麼事。

隱藏在木屋中的武器

這項作戰的真面目可以用一個詞來概括：特洛伊木馬。只不過不是木馬，而是木造小屋。

烏克蘭技術人員製造了一個特殊的箱子。外觀看起來就像鄉間穀倉或普通的貨物用木箱。那是一個甚至可以被稱為組合式木屋的物品。即使在路上遇到，也沒有人會再多看一眼。他們將這個木造小屋牢牢固定在民用貨運卡車的後車斗上。像標準貨物一樣用繩索網綁並以帆布覆蓋。在道路上，這輛卡車只是一輛載運建材的常見車輛。

箱子內部則完全不同。裡面構建了能夠安全裝載並發射無人機的結構物。也有給電池充電的充電裝置。因為這是必須等待數天、有時甚至是數週的作戰，所以無人機必須始終保持在隨時可以出擊的狀態。也有分析指出，為了不被檢查站的偵測設備發現，箱內甚至配備了阻絕信號的遮蔽裝置。

核心裝置位於屋頂。其結構為只需一個遠端信號，屋頂就會滑開或因爆炸而脫落。完全不需要人手操作。僅憑從數千公里外發送的一個信號，關閉的箱子就變成了發射台。裝載空間橫豎各三格，共分為九格。一個箱子裡緊密地裝滿了九架無人機。

隱藏在箱子裡的武器是名為「奧薩 (OSA)」的無人機。在俄羅斯語 and 烏克蘭語中，這是「胡蜂」的意思。FPV無人機，即操縱員看著安裝在無人機上的相機所傳回的第一人稱視角畫面來駕駛的無人機。可以將其理解為像玩遊戲一樣看著螢幕直接進行操縱的方式。一般的FPV無人機由於零件暴露在外面，因此對衝擊的抵抗力較弱。奧薩則不同。它將核心零件用金屬外殼包裹起來。這是為了在狹窄的木箱中，即使在顛簸的非鋪裝道路上搖晃行駛數千公里，也不會損壞而設計得非常堅固。

彈頭也不同尋常。爆炸物隱藏在連接無人機前後螺旋槳的兩根桿子內。在其中心，嵌有被塑造成U字形的銅。設計為一旦發生爆炸，這塊銅就會向下方噴射出超高速的金屬射流。這種武器被稱為「成形裝藥」。這是一種將爆炸力量集中在一個方向以穿透裝甲的方式。轟炸機的側面很厚。但如果從上方俯瞰，就會露出寬闊且薄弱的機頂。奧薩瞄準的就是那個機頂。它從上方俯衝直下，穿透薄薄的頂棚，並引爆內部的燃料區。一部小小的無人機燒毀數十噸重轟炸機的原理就在這裡。

戰爭中常引以為傲的武器非常昂貴。隱形轟炸機和長程飛彈每枚售價高達數百萬美元。奧薩則處於另一個極端。它是由木箱、銅片和通訊數據機組成的廉價武器。而這款廉價武器所指向的，卻是每架價值數億美元的飛機。這項價格的不對稱正是「蜘蛛網」計畫的核心。這個故事將在本書後半部分再次深入探討。

看不見的手，名為物流的武器

很難僅將這項作戰稱為軍事作戰。這裡沒有槍聲，沒有軍服，也沒有戰鬥機。有的只是運單、運輸日程和倉庫租賃合約。「蜘蛛網」真正的武器不是無人機，而是物流。雖然燒毀轟炸機的是奧薩，但

將奧薩運送到西伯利亞的，卻是平凡的貨物運輸網路。

從這點來看，這項作戰展現了諜報的教科書範本。這是一種不破壞敵人的系統，而是借用敵人系統的方式。俄羅斯佈有龐大的貨物運輸網路。卡車運送零件，倉庫堆放貨物，檢查站核實運單。烏克蘭將自己的武器悄悄塞進了這個流程中。虛假的公司開出真實的運單，真正的司機運送虛假的貨物。系統正常運轉，只不過在其中流動的貨物是炸彈而已。

究竟是如何通過檢查的，這點值得單獨探討。俄羅斯的道路上有許多檢查站。因為是處於戰爭狀態的國家，更是如此。卡車停下，核對文件，有時還會打開載貨台。而這個木造小屋通過了所有這些關卡。因為它的外觀極為普通。建築材料的運單、已註冊的物流公司，以及毫不知情的俄羅斯司機。當這三者扣合在一起時，就沒有 any 可疑之處了。司機不知道真相的事實，反而成了無比強大的偽裝。不說謊的人是不會被識破的，因為他根本不知道有什麼謊言可說。

檢查員或許會打開過載貨台。如果是這樣，他會看到什麼呢？木製的箱子、整齊堆放的材料、普通的貨物。沒有人能仔細查看到隱藏在屋頂內側狹窄空間裡的無人機。也有分析指出，阻絕信號的遮蔽裝置將內部進一步隱藏了起來。所見之處皆屬正常，而正常是不會引來懷疑的。

使這一切成為可能的基礎，是位於車里雅賓斯克的偽裝公司。阿爾特姆的物流業務既是這項作戰的心臟，也是其不在場證明。引進武器、組裝零件、運轉卡車、僱用司機，所有這一切都是以這家合法公司的名義進行的。他們用合法的外衣包裹了非法的行為。在諜報世界中，這種外衣通常被稱為「掩護」(Cover)。掩護越厚實，作戰就能維持越久。阿爾特姆的掩護撐了18個月。

這項作戰的設計者們所瞄準的，並不僅僅是一次打擊。他們針對的是俄羅斯社會本身的信任。作戰曝光後，俄羅斯所有的貨運車輛都將成為懷疑的對象。所有的物流公司都將成為需要重新審查的風險。沒有人能知道，敵人的運輸網絡中哪裡還隱藏著另一張蜘蛛網。一次作戰在敵人平凡的日常中植入了懷疑。這就是諜報戰看不見的效果。轟炸機雖然可以重新製造，但一旦破裂的信任卻不容易挽回。

五個目標，散落的蜘蛛網

目標共有五處。雖然人們常說是四處，但那並不準確。瞄準的目標有五處，而命中的有四處。這個差異我們將在後面再次探討。

這五座機場散落在俄羅斯全境，彼此相距數百公里。這種巨大的地理分佈成為了行動代號的靈感來源：蜘蛛網，即從一個點向四面八方延伸的網。戰略與國際研究中心(CSIS)分析認為，機場之間彼此遙遠的這種佈局影響了行動代號。

先從最遠的地方看起。那是別拉亞。它位於西伯利亞深處的伊爾庫茨克州，距離烏克蘭前線約4,300公里。僅憑數字很難有切實的感受。只要想像一下從首爾一直向東走4,300公里會到達哪裡即可。就是那麼遙遠的地方。這是長距離武器無法觸及的距離。普丁總統相信這裡也是烏克蘭無法企及的安全地帶。這份信念成了漏洞。別拉亞駐紮著發射超音速巡弋飛彈的Tu-22M3轟炸機部隊。

奧列尼亞則在相反的方向，位於北端的盡頭。那是摩爾曼斯克州科拉半島，靠近芬蘭國境的北極圈。距離前線約1,900至2,000公里。這裡整整駐紮了整個Tu-22M3轟炸機中隊，從其他地方轉移過來的Tu-95MS戰略轟炸機也排成一列。俄羅斯認為，北極這個偏遠的位置會讓這裡變得很安全。寒冷的土地、人煙稀少的土地、敵機難以飛達的遙遠土地。這份大意製造了目標。

迪亞吉列沃距離莫斯科很近。位於梁贊州，距離前線約460公里。這座機場的性質有所不同。這裡既是訓練飛行員的地方，也是維修轟炸機的修理設施所在地。Tu-95、Tu-22M3、Tu-160。這是維護俄羅斯引以為傲的三種轟炸機的地方。如果摧毀這裡，培養飛行員與維修轟炸機的工作將同時停止。比起摧毀一架飛機，摧毀維修飛機的工廠是更持久的打擊。

伊萬諾沃有一件珍貴的裝備。那就是被稱為A-50的空中預警管制機。可以把它想像成飛在空中的管制塔。這是一架背上馱著巨大圓盤狀雷達飛行的飛機。它向其他飛機提供敵方位置資訊，追蹤空中威脅，並協調行動。在整個俄羅斯軍隊中，這種飛機剩下還不到十幾架。估計在六到十二架之間。單架造價超過3億美元。失去這其中一架對俄羅斯來說是極為慘痛的損失。因為這是用錢也難以彌補，且更難重新製造的資產。

第五個是烏克蘭卡。位於俄羅斯遠東的阿穆爾州。靠近中國邊境，是大陸的東端盡頭。這裡也列在目標清單上。一輛車輛正朝著這裡行駛。然而，烏克蘭卡的命運與其他四個地方不同。

這裡的無人機沒能起飛。因為車輛先一步爆炸了。在抵達目標之前，駕駛艙內有東西爆炸，導致行動瓦解。因此，準確的說法是這樣的：「瞄準五處，擊中四處」。通常只說襲擊了四個基地，等於是遺漏了這第五個地方。瞄準的地方與擊中的地方是不同的。這一次失敗默默地告訴我們，即使是歷時一年半的計畫也存在著漏洞。並非一切都是完美的。

阿爾喬姆將這些車輛分散派往這五個地方。從同一個點出發的貨車朝著俄羅斯大陸的東南西北分頭駛去。在跨越三個時區的廣袤領土上，普通的車輛朝著不同的機場行進。當一輛車輛開往北極時，另一輛車輛則開往西伯利亞。蜘蛛網就這樣一根一根地展開了。

一無所知的方向盤

在這裡，我們再次回到那些司機身上。因為這項行動的沉重陰影籠罩著他們。

阿爾喬姆將自己的物流公司當作盾牌。並雇用了普通的俄羅斯司機，一共有五個人。他們完全不知道自己運載的是什麼，只以為是託運單上所寫的木材原料或普通貨物。他們做夢也想不到，裡面竟然裝著等待出擊、準備將轟炸機化為灰燼的自殺式無人機。

他們只是開著車。拿著日薪，沿著指定的路線，將車輛開往指定機場的附近。開往西伯利亞的別拉亞、北極圈的奧列尼亞，以及莫斯科附近的迪亞吉列沃和伊萬諾沃。對他們來說，這不過是另一份運輸工作而已。長途運輸的日薪很高。他們大概是為了養家餬口、償還債務，或者僅僅是為了支付下個月的房租而握起方向盤的人。

阿爾喬姆以分鐘為單位控制著他們。司機們收到指示，要在規定的時間內抵達目的地附近。並被告知抵達後要聯絡阿爾喬姆。司機打來電話時，阿爾喬姆會給出確切的停車位置：偏僻的路邊、人跡罕至的加油站、冷清的田野。這些都是無人機可以毫無阻礙地飛往機場、距離近且在短射程範圍內的點。

過往的短距離是行動的核心。無人機因為搭載了沉重的爆炸物而速度緩慢。如果從遠處出發，就會被俄羅斯的防空網發現並擊落。然而，司機們卻把車輛開到了機場的眼皮子底下。出擊地點距離目標僅有幾公里。在「鎧甲」或S-300等俄羅斯防空系統甚至還沒察覺到威脅之前，無人機就能越過防線。

英國的無人機專家史蒂夫·萊特博士指出了這一點。他說，這項行動中使用的無人機裝載了沉重的爆炸物，速度緩慢，且無法獨自進行長距離飛行。然而，俄羅斯的司機們卻親自把移動式發射台送到了機場前。敵人的武器，由敵人的國民，運送到了敵人的機場。這幅畫面的殘酷之處就在這裡。行動的成功，正是建立在這五個人的無知之上。

司機們把車輛停在指示的位置上等待。他們就這樣等待了幾天，有時甚至是幾週。貨箱牢牢鎖著，只等待著下一個指示。他們在車輛裡睡覺、解決三餐、耐著無聊。與此同時，在他們身後的箱子裡，無人機一邊充電，一邊靜靜地等待著命令。司機們做夢也想不到自己的拖車後面會發生什麼事。

他們不是英雄，也不是間諜，只是尋找工作機會的普通人。也許其中一個人支持烏克蘭，另一個人支持普丁。這並不重要，行動並不在乎他們的政治色彩。行動對他們的要求只有一個：在一無所知的情況下握住方向盤。

特工們撤離了

在作戰開始前，在敵人心臟地帶工作的烏克蘭特工，無一例外全部撤離了。

2025年6月1日，作戰當天傍晚。澤倫斯基總統在X上發表了貼文。他寫道，我們的特工在橫跨三個不同時區的多個俄羅斯地區活動，而協助我們的協力者已在作戰開始前從俄羅斯領土安全撤離。他還補充說，他們現在已經安全了。

這場撤離的精準度值得一提。分散在三個時區的特工們，同時結束作戰，並同時撤離。哪怕只有一個人遲到，哪怕只有一個人引起懷疑，整條鎖鏈都會斷裂。一年半的準備工作，全都押在這最後幾天的逃脫上。而他們成功做到了。

阿爾特姆也撤離了。他消失去向何處不得而知。只有猜測認為他躲在靠近國境的哈薩克一側。如果他是循著運入時的路線折返，那意味著他到最後都深信這條路。將武器送入敵人建造的通道，自己也通過該通道撤離的人。名為阿爾特姆的偽裝，就這樣不留痕跡地消失了。

特工們很安全。協力者們也很安全。

然而，司機們卻留在了原地。

在這一點上，作戰的雙重面貌分道揚鑣。一邊是熬過一年半的沉寂並安全撤離的特工們。另一邊則是毫不知情地停下卡車，等待下一個指示的五個人。一邊按計畫消失了，另一邊則因計畫而被留了下來。特工們的安全歸來與司機們的命運是硬幣的兩面。有人成了誘餌，有人則多虧了這誘餌才得以逃脫。作戰的成功同時建立在這兩個事實之上。

6月1日，車頂打開

那一天終於到來。2025年6月1日。碰巧是俄羅斯的軍事交通日。這是軍隊因準備活動而放鬆了戒備的一天。看來，日期的選擇也是經過計算的。

在安全的烏克蘭本土，操作員們發出了訊號。透過商用網路與衛星鏈路，加密的啟動訊號發送至散佈在俄羅斯全境的卡車。訊號抵達後，木造車廂的車頂滑動著打開。有些部分則伴隨著爆炸被炸飛。

然後，無人機騰空而起。

在終於意識到自己拖車後方發生何事的司機們頭頂上，『奧薩』無人機發出嗡嗡聲衝向天空。社群媒體上流傳的影片記錄了那緊迫的瞬間。在停靠於加油站的卡車上，無人機陸續起飛。隨後趕來的人們向空中開槍。有些人甚至爬上卡車車頂企圖阻擋無人機。然而，此時已有數十架無人機升空。遠處的機場方向開始冒出滾滾黑煙。

無人機利用商用 LTE 數據機接入了俄羅斯的 4G 通訊網路。借用敵人的通訊網路，將打擊敵人的畫面發送回烏克蘭。如同進行視訊會議一般，即時影像源源不斷地傳送給烏克蘭本土的操作員。期間也有通訊中斷的時候。為防範此類情況，無人機內部裝有微型電腦與人工智慧。一旦通訊受阻，人工智慧便會接管控制權。基於預先在航空博物館學習過的轟炸機三維模型數據，人工智慧會自行尋找飛機的脆弱部位並俯衝撞擊。這項技術是如何運作的，我們將在下一章深入探討。

僅僅幾分鐘。西伯利亞、北極圈與莫斯科附近的機場幾乎同時陷入了火海。相隔4,300公里的目標在同一瞬間燃燒。一年半的沉寂，在幾分鐘 of 火光中爆發了出來。

作戰結束後，烏克蘭自行炸毀了卡車。預先裝設在拖車上的自爆裝置啟動，結束發射台任務的載貨車輛伴隨著巨大的火柱消失了。這是為了抹去痕跡，使俄羅斯無法逆向追蹤通訊設備與組裝零件的來源。運送武器，以及燒毀那些武器，全都是計畫的一部分。

當那幾輛卡車中的一輛爆炸時，一名司機也隨之失去了生命。

這是五人當中的第一個。

損毀了多少架？

作戰結束後，數字之爭隨即展開。損毀了多少架飛機？對這項提問，並沒有單一的回應。針對同一個事件，流傳著三個不同的數字。

烏克蘭安全局 (SBU) 高調聲稱了龐大的數字。他們聲稱造成了40多架飛機受損，且其中13架以上已被完全摧毀。美國官員的估算則更低。據路透社報導，約有20架受損，其中被摧毀的約有10架。而分析衛星圖像的人士估算則更為謹慎。像簡氏 (Janes) 這樣專業的公開資訊分析學者，篩選了透過衛星確認被摧毀的機體。他們指出，單在奧列尼亞 (Olenya) 一處，就已透過衛星確認有四架 Tu-95 和一架 An-12，共計五架機體被摧毀。NBC引用的衛星分析則估計至少有十架。北約將完全摧毀的數量推估在10架至13架之間。

這三種不同的數字為何會有如此大的差距？這是因為觀察的角度不同。發起攻擊的一方有誇大戰果的動機。衛星分析學者只計算看得見的部分。相關機庫內部的受損或無法修復的損傷是無法被衛星捕捉到的。獲勝的一方誇大，落敗的一方縮小，第三方則只計算看得見的部分。真實或許就在這之間的某處。

這場數字之爭本身就深刻得足以單獨寫成一個章節。本書的後半部分將對此進行專門討論。在此，我們應當明確一點：無論選擇誰的數字，俄羅斯戰略轟炸機戰力的相當一部分在一天夜裡消失的事實都不會改變。

在損失規模上，也發生了類似的情況。SBU宣布造成了70億美元的損失，這折合我們的韓元超過9兆元。然而，這個數字僅是SBU的估算值，並未經過獨立機構的驗證。因此，本書將這筆金額記錄為

估計值，而非事實。

還有另一個經常被引用的數字，那就是34%。這常用於表示俄羅斯三分之一的戰略轟炸機戰力已經消失。這個數字應當加上前提限制。因為34%並非以全體轟炸機為基準，而是以搭載戰略巡弋飛彈的航空器為基準所做出的主張。另一方面，《金融時報》則估計約佔可執行作戰任務的長程航空戰力的20%。比例會根據以什麼為分母而有所不同。因此，與其將某一個數字視為鐵一般的事實，不如同時記錄下這是基於何種標準的何種主張，這樣更為誠實。

撥開這些數字的迷霧，只留下一個明確的事實：那就是4,300公里的距離已不再是安全的保證。強國長期以來一直將遙遠的後方視為安全閘。敵人無法觸及的距離，即是所謂的戰略縱深——也就是相信將關鍵資產置於國土深處即是安全的信念。「蜘蛛網」讓這份信念產生了裂痕。曾經以距離守護的安全，被價值僅數百美元的無人機和一輛普通的卡車車輛徹底瓦解了。這場衝擊對全世界軍隊意味著什麼，我們將在本書的最後一部分進行深入探討。

被留下的人們

作戰成功了。然而，這場作戰的最後一幕並非機場的烈火，而是審訊室。

俄羅斯國防部隨即將這起攻擊定義為恐怖襲擊。FSB隨後展開行動，逮捕並審問了留在現場的司機們。共有四人落入他們手中。既然其中一人已經死亡，這意味著活下來的四人已全部被捕。

他們能說些什麼呢？他們根本不知道幕後主使是誰。阿爾特姆 (Artem) 是誰、他究竟是哪國人、貨箱裡裝了什麼，他們一無所知。他們所知道的，只有物流公司的指示、日薪以及停車座標。無論審訊官如何逼問，也無法從他們身上獲得任何資訊。阿爾特姆早已銷聲匿跡，而烏克蘭在事後連那輛卡車車輛都已燒毀。沒有什麼比審問一個無從提供資訊的人更讓人感到茫然無措了。

從計畫這場作戰的人的角度來看，這些司機是完美的裝置。正因為他們一無所知，所以不會洩漏任何資訊，是安全的運送工具。作戰的保密安全正是建立在他們的無知之上。沒有人能像一無所知的人那樣守口如瓶。沒有掌握資訊的人也無法背叛。從情報的冷酷邏輯來看，他們的無知並非缺陷，而是計畫設計的一部分。

若從司機的角度重新審視這同一個事實，景象便轉變了。當時有五個人。一人死亡，四人被帶走。他們不屬於任何一方，也沒有承擔任何大義。只是有一天來了份不錯的工作，於是他們便握起方向盤。他們萬萬沒有想到，在方向盤的最後，等待著他們的將是敵國的轟炸機與自身的毀滅。

在戰爭的大格局中，任何地方都沒有寫下他們的名字。記錄這場作戰的文字只會計算117架無人機，計算41架受損的航空器，計算SBU估算的70億美元損失額。在這些數字之間，幾乎容不下「五」這個數字。即使放了進去，也只不過是一行字，充其量只是括號裡的附帶說明而已。

研究戰爭倫理的學者會在這個地方停下腳步。將一無所知的平民捲入武器運送之中，這該如何看待？烏克蘭的立場很明確：他們無意傷害這些司機，目標始終是俄羅斯的軍事裝備。也有說明指出，司機們被設計在無人機升空時離開該處。然而，其中一人與車輛一同在爆炸中喪生，四人則落入敵手。不論意圖如何，結果就是如此。沒有辦法能完美解決這個矛盾。正如戰爭常態那般，大義與結果往往背道而馳。

俄羅斯的視角則又不同。俄羅斯國防部將這起攻擊定義為恐怖主義。他們將欺騙本國國民運送武器並襲擊本土機場的行為如此稱呼。烏克蘭則反駁稱，這是僅針對軍事目標進行精準打擊的合理作戰。雙方的主張如平行線般延伸。同一事件在一方是英雄故事，在另一方卻是暴行。本書並不打算照搬任何一方的措辭，但我們必須在現實中清楚記錄下司機們經歷的事實：那便是一人死亡，四人被捕的事實。

「蜘蛛網」被譽為不對稱戰爭的傑作。它被描述為廉價機器燒毀昂貴飛機的情報戰教科書。這個評價並非過譽。18個月的沉默、借用敵方腹地的氣魄、藏在木箱中的無人機，這一切都是出色的計畫與設計。一個國家在沒有盟友協助的情況下，反向利用敵人開闢的走私通道，在敵方防諜機關的眼皮下成功經營這場作戰，這一事實將長久留在情報史中。

然而，我們也想與此同時記錄下，在這個計畫設計的角落裡曾有著五個人這一事實。他們用自己的雙手拉扯著蜘蛛網的一根線，卻萬萬不知自己拉著什麼東西。情報工作的華麗背後，總是伴隨這般的陰影。某個個體完美的作戰，往往建立在另一個個體莫名其妙的悲劇之上。

被捕的四個人現在身在何處？他們現在應該已經知道，自己當初帶走的究竟是什麼了。而在爆炸中消逝的那個人，直到最後都未能知曉。他最後所見的究竟為何？是開啟的屋頂？是騰空升起的無人機？還是與平常無異的某處路旁天空？在這五個人的方向盤上，整整壓著長達十八個月的沉默。

第3章 4,300公里外的火焰

阿穆爾州的路邊很安靜。

俄羅斯遠東，離烏克蘭因卡空軍基地不遠的地方。那是莫斯科以東數千公里外的土地。在這裡，時間以不同的方式流動。莫斯科人吃午餐的時候，這裡的太陽已經開始西斜。一輛普通貨車停在路邊。駕駛座上坐著一名男子。他不知道自己載的是什麼。他知道的全部，就是把受託貨物搬到指定座標。

他大概就那樣等了好幾天。

對做運輸的人來說，這種委託並不罕見。從某處接貨，再卸到某處。貨物內容不是司機的事。有關文件，也約好了運費，就夠了。他收到的指示大概很短。到這個座標等待。等候聯絡。貨箱裡載著木頭編製的箱體。橫三列、豎三列，一格九架。其中裝著117架中的一部分。那是折起機翼的小型四旋翼機，是用商店裡能買到的零件組裝而成的第一人稱視角無人機（FPV）。第一人稱視角的意思，是操縱員透過無人機上的相機之眼看世界。就像自己坐進那臺小機器裡一樣。

司機直到最後都不知道那個箱子裡裝著什麼。

數千公里之外，有人下達了命令。

箱子的屋頂開始遠端打開。其他四處，此刻無人機無聲升起。可是這輛貨車上，無人機沒有升起。有什麼地方錯了。貨箱內冒出火花。接著爆炸了。

駕駛座上的男子當場喪命。

火勢瞬間吞沒了貨車。密集裝載的無人機電池連鎖爆炸。鋰電池一旦起火就很難撲滅。一個電芯爆了，旁邊的電芯也爆，再旁邊又爆。貨箱成了一座小型煙火倉庫。黑煙從道路上升起。

察覺異常後趕來的，是俄羅斯軍人和當地警察。

他們看到的是正在燃燒的貨櫃。並且在火光中，有什麼東西正要浮起來。幾架還沒有發射的無人機，正試圖穿過火焰起飛。螺旋槳轉了起來。小機器在火中搖晃著想要升空。在人手碰不到的地方，照著命令，硬要升起。

接下來的場面，由散落在社群媒體上的影片作證。

搖晃的畫面，近乎尖叫的喊聲，覆蓋路邊的濃煙。一個人爬上燃燒中的貨櫃。他用身體壓住正從火焰中升起的無人機。徒手，在火上。他當時在想什麼，我們無從得知。也許什麼都沒想。眼前有機器正要飛起來，而自己必須阻止它，大概只剩下這種本能。另一名警察拔出手槍。他朝天空扣下扳機。拿著步槍的士兵也瞄向空中。他們向那些正要飛上天的機器開槍。

用槍打中無人機幾乎不可能。

目標太小、太近、太快。手掌大小的機器從火中竄起，不可能用手槍把它打下來。他們應該也知道。可他們還是開了槍。因為已經沒有別的事可做。在針對數億美元戰略資產的攻擊面前，人拿出的東西，是手槍、徒手和自己的身體。沒有控制它的方法。

這就是蜘蛛網行動的第五個目標，烏克蘭因卡發生的事。

它瞄準五處，擊中四處。烏克蘭因卡因貨車先爆炸而失敗。連這場失敗一起看，才看得到行動的真實面貌。只把華麗的成功故事抽出來，那就成了宣傳。那輛出錯的貨車，試圖在車上滅火的人，還有一個不明所以握著方向盤、最後被燒死的男人。這道陰影就是行動的一半。

那是同一天，同一時刻。不，準確地說，並不是同一時刻。

俄羅斯太大了。從最西端到最東端，橫跨11個時區。蜘蛛網瞄準的五座基地，就分散在五個時區。莫斯科正午時，遠東的烏克蘭因卡已經是傍晚。

我們暫且想一想，這種遼闊意味著什麼。

在一個國家內同時攻擊，通常指的是打擊同一個地區。同一座城市，同一條戰線，同一片天空。可是蜘蛛網同時打到了北極圈、西伯利亞、遠東和莫斯科附近。若要接近地想像，就像一個從首爾出發的人，在同一瞬間攻擊東京、北京、曼谷和雪梨。目標之間就是隔得那麼遠。烏克蘭安全局（SBU）把這一切綁在同一次呼吸裡。各地時鐘上的數字不同，但箱子屋頂打開的瞬間，被調成同一個時刻。

為什麼必須同時？

先打一處，其餘地方就會接到警報。俄羅斯全境基地會立刻進入緊急狀態。轟炸機會分散，防空網會繃緊，路邊可疑貨車會被搜索。若有時間差，從第二個目標開始就不再是奇襲。所以必須綁在同一瞬間。五個時區、五處路邊，屋頂必須在同一秒打開。18個月的計畫，就是為了這一瞬間的同步而用掉的。

西邊有佳吉列沃。梁贊州，莫斯科以南。距離烏克蘭邊境約460公里。

再往東北一點，有伊萬諾沃。莫斯科東北方約250公里。

然後往遙遠的北方，進入北極圈，就有奧列尼亞。摩爾曼斯克州，靠近芬蘭邊境的科拉半島。距離烏克蘭戰線約1,900到2,000公里。

遠處，更遠處，在西伯利亞東南部有別拉亞。伊爾庫茨克州。距離戰線約4,300公里。

我們先抓住這個數字。4,300公里。

烏克蘭擁有的巡弋飛彈中，射程最遠的是本國製造的長程涅普頓。那是用來在黑海打擊俄羅斯艦艇的武器。這款飛彈能飛抵的距離約1,000公里。別拉亞在它四倍之外。烏克蘭手中沒有任何飛彈，沒有任何長程無人機，能抵達那個距離。普丁總統相信這個距離。西伯利亞深處，北極偏遠機場。他相信那裡安全。距離本身就是盾牌。

蜘蛛網繞過了那面盾牌。因為它沒有發射飛彈。

飛彈必須從發射地飛到目標。那段距離就是射程。可是烏克蘭不是製造能飛到目標的武器，而是用貨車把武器送到目標旁邊。發射點距離基地只有幾公里。那一瞬間，4,300公里這個數字失去了意義。無人機飛過的距離不是4,300公里，而是從路邊到跑道的幾公里。

用軍事術語說，這叫戰略縱深。

縱深指的是敵人伸手碰不到的深遠後方。離前線越遠越安全，這是長久以來的常識。國土越大，縱深越深。敵人再強，飛彈也打不到我領土的深處。俄羅斯是地球上國土最大的國家。那份遼闊就是安

全。它把轟炸機移到西伯利亞、移到北極，就是因為相信這項常識。距離就是屏障。

蜘蛛網不是越過屏障，而是從屏障裡面開始。

敵人會從外面進來的假設崩塌了。武器已經在裡面。它裝在普通貨車上，跑過普通道路，靜靜停在目標旁邊。縱深這個概念本身動搖了。如果距離不再是盾牌，如果遼闊的國家不再等於安全的國家，強國數十年累積的安全算盤就會整個改寫。這層意義，會在本書後半部更長地談。此處只先記住一句話。名為距離的保險裝置，在那一天崩塌了。

我們一處一處看這四個地方。它們同屬一項行動，四座基地卻各有不同面孔。

奧列尼亞。北極圈的基地。摩爾曼斯克州，科拉半島。靠近芬蘭邊境。這裡駐有俄羅斯第40混成航空團。一整個Tu-22M3飛行大隊都在這裡，戰爭開始後從其他基地轉移過來的Tu-95也排成一列。普丁相信這裡。北極盡頭，冰凍的土地。他認為烏克蘭不可能伸手到此。衛星分析確認，奧列尼亞有四架Tu-95和一架An-12被摧毀。雪地上留下黑色殘骸。

別拉亞。五個目標中最遠的一處。約4,300公里。這裡駐有第220重轟炸機航空團，是操作Tu-22M3的部隊。攻擊後拍攝的衛星照片中，可以看到多架停在地面的長程轟炸機嚴重受損或徹底毀壞。基地一帶黑煙大面積擴散。在西伯利亞腹地，在被認為遙不可及的距離之外，一輛貨車讓那段距離變得毫無意義。

伊萬諾沃。那裡有空中的眼睛。莫斯科東北方約250公里。A-50就在這裡。如果其他四個目標是發射飛彈的長矛，伊萬諾沃的目標就是告訴那支矛該投向哪裡的眼睛。後面會再看到，這座基地的無人機瞄準的不是轟炸機，而是引導轟炸機的雷達機。折斷長矛和弄瞎眼睛，是不同的打擊。

佳吉列沃。莫斯科南方，梁贊州。距離邊境約460公里。它在四處裡算近。但它的意義無法用距離衡量。佳吉列沃是維修轟炸機、訓練飛行員的基地。這個差異決定了整場行動的深度。稍後會詳細說明。

現在可以看出它瞄準了什麼。

分散在四處的目標，最後匯聚成一類武器。俄羅斯的戰略轟炸機，以及空中的眼睛。

先看轟炸機。有三種。

Tu-95。圖波列夫製造的巨型轟炸機。它是在前蘇聯時期設計的機體。外觀看起來仍是裝著螺旋槳的老樣子，但裡面裝的東西不同。這架轟炸機最多能搭載16枚KH-101這類長程巡弋飛彈。一直向烏克蘭發電廠、工廠和城市傾瀉飛彈的，就是這種機體。每兩週一次，每三週一次，它從後方基地升空，在數百公里外放出飛彈後返回。對烏克蘭人來說，這架轟炸機不是抽象武器。冬夜暖氣中斷，城市陷入黑暗時，製造那片黑暗的飛彈就是從這架機體出來的。若爆發核戰，Tu-95也能充當空中指揮所。也就是飛在天上的司令部。

Tu-22M3。裝有後掠翼的中型轟炸機。它的機翼向後彎折。機身兩側有巨大的進氣口。這種機體發射KH-22、KH-32這類超音速反艦飛彈。原本是為打擊美國航空母艦而設計的武器。極音速飛彈匕首也由這款轟炸機發射。匕首以音速數倍飛行，防禦很難。在打擊烏克蘭城市的武器中，它也屬於難以攔下的一類。

Tu-160。綽號白天鵝。它是有著白色機身和流暢線條的頂級戰略轟炸機。西方稱它為黑傑克。抵達目標後，它會打開機身內的武器艙，依序投下核巡弋飛彈。落下的飛彈展開機翼，在敵方雷達網下方低空飛行。單架價格遠超過1億美元。

這三種機體有一個共同點。無法重新製造。

根據戰略與國際研究中心（CSIS）的統計，俄羅斯從2022年9月底到2024年9月初，向烏克蘭傾瀉了11,466枚飛彈。其中相當一部分來自這些轟炸機。俄羅斯帳面上的重型轟炸機約68架上下。這支編隊是能搭載近700枚核彈頭的空中戰力，也是俄羅斯核三位一體的一軸。陸基飛彈、潛艦，還有轟炸機。這三者就是核三位一體。其中負責天空的一軸，就是這些轟炸機。

問題在於，這些機體都已停產。

Tu-160於1981年12月首次飛行。俄羅斯宣傳說，2021年啟動了現代化計畫。可是英國和西方分析人士認為，新的Tu-160事實上沒有出現。零件問題、資金問題，使計畫停擺。生產線關閉已久。蘇聯解體時，製造這些機體的產業基礎本身就已四散。再投入多少錢，也沒有能造出新轟炸機的工廠。

零件也買不來。

從制裁追蹤機構Castellum.AI的分析來看，俄羅斯遭受的制裁多達24,311項。其中21,692項是在這場戰爭之後新增的。高精密電子設備和航空機備用零件從外部流入的路被堵住。因此俄羅斯空軍一直自行減少飛行次數。因為必須省著用機體。

零件不夠時怎麼辦。俄羅斯軍隊選擇的方法，是拆東牆補西牆。軍中稱為拆件 cannibalization。拆解一架完好的機體，把可用零件拔出來。再把那些零件移植到其他機體上。靠這樣勉強讓幾架能飛。帳面上寫著68架，實際能升空的轟炸機卻少得多，原因就在這裡。

這是一種什麼狀態，我們畫個圖想想。

假設有人有五輛老車。買不到新零件。於是拆掉兩輛，讓三輛繼續跑。時間一久，這三輛也會故障。這次又拆掉一輛。到最後，能跑的車越來越少。俄羅斯戰略轟炸機部隊就是這種處境。沒有新車，沒有新零件，只能拆完好的車，勉強讓幾輛車上路。轟炸機就懸在這種危險平衡之上。

其上還疊加了時間這個變數。根據Euromaidan Press等媒體統計，俄羅斯每天約向這場戰爭投入10億美元，折合韓元約1兆3千億。一些經濟分析認為，到了2025年秋天，俄羅斯的財政儲備會接近見底。製造新轟炸機的錢、購買零件的錢，都在原地蒸發。對這樣的軍隊來說，維修設施就是最後支柱。

烏克蘭指揮部的計算，就藏在這一點。

無法製造的武器，一旦打壞就結束了。因為補不上。坦克不同。只要工廠運轉，就能再造。砲彈也是如此。可是蘇聯解體後停下的生產線，不會重新轉動。打壞這樣一架機體，重量與打壞一百輛坦克不同。因為它會永遠留下空位。

如果一次打壞好幾架這種機體，會怎麼樣。這就是蜘蛛網拋出的問題。

空中的眼睛也是目標。A-50。

它被稱為預警管制機。英文是AWACS。展開說，就是飛在天上的巨大雷達和管制塔。A-50是背上放著圓盤的別里耶夫機體。那個圓盤就是雷達。它會預先捕捉數百公里外的敵機和飛彈。然後告訴其他俄羅斯航空器。敵人的防空網在哪裡、該往哪裡避、攻擊該如何命中，都由它協調。如果轟炸機是矛，A-50就是告訴那支矛該投往何處的眼睛。

為什麼這種機體是如此疼痛的目標。

它很貴。單架約3億到3億5千萬美元。折合韓元約4,800億上下。可是更真正的問題不是價格，而是數量。俄羅斯全軍的A-50只有十幾架上下。其中實際能投入作戰的更少。依估計不同，約在6架到12架之間。烏克蘭在這次行動之前，也曾主張已經摧毀兩架。

我們估量一下，十幾架是多麼少的數字。

戰鬥機可以有數百架。損失一兩架，不會讓戰力出現大洞。可是A-50不同。總共只有十幾架，其中若只有一半上下能飛，損失一架就是整體的很大一部分。況且這種機體比轟炸機更難製造。背上的雷達、裡面的電子設備、操作它的受訓乘員。任何一項都無法短期補齊。A-50必須升空，俄羅斯轟炸機才能安全飛行。A-50減少，整個轟炸機群就必須盲飛。損失一架不會只止於一架，原因就在這裡。

蜘蛛網瞄準了莫斯科東北方約250公里的伊萬諾沃基地裡剩下的A-50。

在這裡，可以看出無人機是如何挑選目標的。從麥可·克拉克等分析人士解讀的打擊影片來看，俄羅斯軍方努力隱藏A-50。一架機體上堆滿了輪胎。這是為了讓衛星和其他雷達機辨認不出形狀。旁邊並排的另一架機體上，則蓋著反射毯。那是為了降低雷達反射截面積的遮罩。

沒有用。

偽裝是讓遠處的人混淆形狀的手段。那是為了應對衛星或其他飛機從高處俯視。可是蜘蛛網的無人機不是從遠方而來。它從旁邊路邊升起，逼近到眼前。不管蓋輪胎還是蓋毯子，幾公尺距離內，都遮不住那就是A-50的事實。建立在敵人很遠這個假設上的偽裝，在敵人很近的瞬間失去作用。

烏克蘭無人機沒有盲目撞向機身。它避開堅硬之處，選擇最脆弱的地方。那是裝有航空燃油的燃料區。飛機上最容易著火的地方就在那裡。它怎麼知道？

烏克蘭手中已有本國航空博物館展示的前蘇聯時期轟炸機3D掃描資料。也就是把博物館裡的舊機體立體掃描下來。它用這些資料訓練搭載在無人機上的人工智慧。讓它記住機體外形，預先學會哪裡脆弱。人用眼睛找目標的工作，改由機器代替。無人機在覆蓋輪胎的A-50上方短暫盤旋，確認位置後，立刻轉向旁邊蓋著反射毯的機體。它依序瞄準兩架。目標是讓合計7億美元的眼睛失明。被博物館標本化的過去，成了辨認當下同型機體的資料。不過，這兩架是否實際毀損，衛星無法確證。影片只顯示接近和瞄準，沒有顯示之後。圍繞A-50的不確定性，下一章會再談。

四個目標中，有一處性質不同。佳吉列沃。

那裡也有轟炸機。但烏克蘭把佳吉列沃列入目標，並不只是因為那些機體。佳吉列沃是維修基地，也是訓練基地。它支撐著俄羅斯空軍的背後。

普丁把飛行員送到這裡接受戰鬥訓練。這裡也有巨大的航空機維修設施。Tu-95、Tu-22M3、Tu-160。俄羅斯引以為傲的三種戰略轟炸機，都能在此維修。其他基地損壞的轟炸機會來到這裡。在

這裡更換零件、接受檢查，再次起飛。新的飛行員也在這裡培養。

對買不到新零件、造不出新機體的軍隊來說，維修設施就是最後生命線。

烏克蘭指揮部準確看見了這個弱點。打壞幾架停在跑道上的金屬機體，和打壞維修那些機體的工廠，是兩回事。前者是損失，後者是出血。一旦打壞，就是無法再補上的出血。打擊佳吉列沃，是瞄向比幾架機體更深處的選擇。它瞄準的是俄羅斯空軍的後方補給線和機組培訓線，是血管本身。

飛行員問題也存在。

駕駛巨型戰略轟炸機，不是誰都能做。那是搭載核武的機體。需要數十小時訓練、數百小時飛行經驗。培養這種飛行員需要好幾年。佳吉列沃就是那座培養所。新的飛行員在這裡受訓，然後前往部隊。打擊這裡，意味著不只瞄準眼前的機體，也瞄準未來的飛行員。打壞轟炸機，是一代的損失；打壞培養所，則是動搖下一代的損失。

機體、零件、人。讓轟炸機飛行所需的三樣東西，都聚集在佳吉列沃一處。它一次動搖了這三者。

那是一支生產線已關閉、零件已斷供、靠拆件續命的軍隊。如果燒掉最後的維修所會怎麼樣。倖存轟炸機必須更頻繁起飛。要用減少的人頭數完成同樣規模的空襲，每架飛機的飛行次數只能增加。機體會更快磨損。能維修磨損機體的地方變少。為了躲避追加奇襲，轟炸機還必須移到更遠、更偏僻的北極和遠東。這樣前往打擊烏克蘭的飛行距離就會變長。距離一長，機體就更快損壞。能修的地方消失了。

佳吉列沃打開了惡性循環的入口。

想想看，目標選擇就是整場行動的頭腦。若只瞄準跑道上的機體，損失會很大，但仍可能恢復。因為可以把其他基地的機體移來填補空缺。可是烏克蘭瞄準的是填補能力本身。製造的地方、維修的地方、教人的地方。把打壞之物重新立起來所需的一切，都由佳吉列沃一處支撐。打擊那裡，其他四處的損害就會變成永久性。因為恢復的手消失了。這是一個目標改變其他四個目標意義的結構。

我們必須看見，這一瞬間是如何準備出來的。

行動在18個月前開始。那是2024年初。烏克蘭安全局內只有少數人知道。澤倫斯基總統親自監督，安全局局長瓦西里·馬柳克指揮。據說參與早期計畫的人寥寥可數。因為若要秘密不外洩，知道的人就必須少。

核心是把武器送進俄羅斯境內。

如果不可能從外面發射，就必須從裡面發射。要做到這點，就得把無人機放到俄羅斯領土深處。把零件走私進去，在俄羅斯境內組裝，這個想法由此而來。據稱使用的是經由哈薩克的物流網。那是繞開制裁讓零件往來的道路。沿著那條路進來的零件，在俄羅斯一座城市、工業區的一間普通倉庫裡被組裝成無人機。

組裝完成的無人機被裝進木製艙屋。

那是屋頂可遠端打開的客製箱體。一格橫三列、豎三列，共九架。為了運送117架，動用了約20輛貨車。司機都是不知道貨物真相的普通俄羅斯人。貨車分散前往莫斯科附近的佳吉列沃和伊萬諾沃，也前往遙遠的西伯利亞和北極基地。蜘蛛網正鋪在俄羅斯上方。蜘蛛準備從遠處拉動那張網。

行動日期也有計算。6月1日前後是俄羅斯的軍事交通日。選擇的是戒備容易鬆懈的日子。趁敵人鬆懈的瞬間出手，是奇襲古老的文法。

現在要看，那個瞬間是如何扣上的。

行動的執行本身就是一只精密時鐘。貨車在幾天前就已經就位於俄羅斯各處。司機不知道貨物的真相。他們只是把車停在接到指示的座標，然後等待。路邊、加油站、人跡稀少的路肩。全都在無人機能從基地附近飛抵的短距離內。

協調現場的烏克蘭人員，在行動前已經離開俄羅斯領土。他們在安全地方。只留下貨車。然後命令透過通訊網下達。箱子屋頂打開了。伴著嗡嗡聲，無人機升起。

由於發射點就在基地眼前，俄羅斯防空網失去作用。鎧甲、S-300、S-400。這是俄羅斯引以為傲的多層防空體系。可是這些武器是為捕捉從遠方飛來的威脅而設計的。從圍牆外路邊升起的小型四旋翼機，等於已經在它們的網內升空。它不是突破防線，而是在防線內出生。

操縱在數千公里之外進行。坐在烏克蘭的操縱員透過商用通訊網看著畫面駕駛無人機。可是俄羅斯電子戰干擾使畫面凍結。故障畫面，也就是畫面停住或斷裂的現象很頻繁。出現了人手碰不到的瞬間。

填補那個空隙的是人工智慧。

掃描博物館轟炸機後訓練出的演算法開始運作。與人斷線的無人機，自行辨識機體。它認出形狀，選擇脆弱處，在最後幾秒自主飛行。這是人開始、機器完成的打擊。終端導引這個詞適合此處。意思是飛行的最後階段，抵達目標前幾秒，由機器自己導引。即使畫面凍住，無人機也沒有迷路。

這一點，本書其他章節會更深入展開。此處只先指出結果。抗電子戰干擾的無人機登場了。過去畫面斷掉就停下的武器，現在即使畫面中斷，也完成了任務。防守方一直相信的一項保險裝置，又消失了一個。

四處發生爆炸。別拉亞基地的衛星照片中，可見多架停在地面的長程轟炸機嚴重受損或徹底毀壞。基地一帶升起大片黑煙。

而第五處，烏克拉因卡，是貨車先燒了起來。

到底打壞多少。從這裡開始，數字分裂了。

同一事件有三個數字。無法把其中任何一個釘死為答案。

烏克蘭安全局主張，40多架機體受損，其中13架以上被摧毀。美國官員對路透社說了另一個數字。約20架遭擊中，其中10架被摧毀。開源情報，也就是分析公開衛星照片和影片的人更謹慎。Janes和衛星分析確認，奧列尼亞基地有四架Tu-95和一架An-12，合計至少五架被摧毀。NBC分析的衛星照片認為至少10架。北約（NATO）的估計是完全摧毀10到13架。

為什麼會差這麼多？

因為摧毀與受損的邊界很模糊。機翼尖端被燻黑的機體，不能和機身塌陷的機體用同樣方式計算。一邊修好後能再飛。一邊已是廢鐵。兩者之間還有無數階段。要把哪裡稱為摧毀，取決於計算者的標準。

觀察方法也有限制。

衛星照片只能看見外表。從上方俯視的飛機陰影、旁邊的黑色痕跡、散落的殘骸。靠這些無法知道內部如何損壞。引擎是否完好、電子設備是否還活著，必須靠近才知道。可是能靠近的只有俄羅斯，而俄羅斯不讓人看見損害。所以外部分析人士只計算看得見的部分。看不見的損害被排除在計算之外。

這裡還加上了意圖。烏克蘭想把成果說大。要提升士氣、拉動西方支援，大數字有利。俄羅斯想把損害說小。它不願暴露弱點。第三方只數肉眼可見的東西。三個數字，就是三種視線。

本書不會從中挑一個叫做正解。41架這個數字在多篇報導中流傳，但它比較接近烏克蘭方面把摧毀與受損合併的統計。若只算完全毀壞的機體，10架上下的估計更堅實。這個差異本身就是故事的一部分。什麼叫摧毀。該相信誰的計算。這場爭論，下一章會更深入處理。

損失金額也是如此。70億美元，折合韓元約9兆6千億。這個數字被引用得最多。但它是烏克蘭安全局的估計，沒有得到獨立驗證。這裡必須清楚說明，它是估計。

比例也要小心閱讀。34%這個數字常被提到。它不是指俄羅斯全體戰略轟炸機的34%。它是烏克蘭方面主張，能搭載戰略巡弋飛彈的運載機這一特定類別的34%。金融時報看法不同，估計可投入作戰的長程航空戰力約減少20%。兩個數字，是同一事件的不同尺。拿哪一把尺，畫面就會不同。

本書不把數字釘成一個，理由就在這裡。

戰爭中的數字很少乾淨。計算者的利益不同，觀看位置不同，想說出的結論不同。拿出一個正解的書，是舒服的書。但不是誠實的書。把三個數字並排放著，展示差異從何而來，更接近真相。準確架數會隨時間變得更清楚。此刻明確的，不是損壞機體的數量，而是破裂的保險裝置有多大。

確定的事另在他處。價值數百美元的無人機，把3億美元的A-50、超過1億美元的Tu-160變成灰燼。摧毀它的武器與被摧毀武器的價格差，接近千倍。這個比例才是蜘蛛網真正的衝擊。比起打壞幾架，更重要的是，用什麼打壞了什麼。

而烏克蘭在這次行動中沒有損失任何一名操縱員。因為操縱是在數千公里外進行的。看著畫面、動著手指的人在安全房間裡。危險不在前線，而在畫面另一端。失去人的，是另一方。

行動結束後，俄羅斯空軍開始移動。

它必須把剩餘轟炸機藏得更遠。要躲避追加奇襲，只能移到更偏遠的地方。衛星照片捕捉到離開基地後分散的機體，以及臨時停在非機棚地點的機體。有些基地甚至在地面畫上轟炸機圖案。那是想用假目標騙過無人機的窘迫之策。龐大的戰略轟炸機部隊，竟然成了為躲避手掌大小無人機而藏匿、逃跑、偽裝的處境。這幅圖本身說明了行動成果。比直接打壞的機體更長久的，是讓倖存機體縮起來的效果。

我們回到貨車司機。

這次行動的華麗背後，有五個人的陰影。他們是握著方向盤、卻不知道貨物真相的普通俄羅斯人。有人也許需要工作，有人也許只是以為像平時一樣搬貨。運費也許比平常優厚。貨物應該不重。目的地或許有些偏僻。那大概就是他們感到的全部異常。他們直到最後都不知道自己載的是什麼。

這種方式有一個名字。特洛伊木馬。

把武器送進敵人的城裡，但搬運它的手是敵人的。司機在不知不覺中，把烏克蘭的武器送進俄羅斯深處。它用敵人的腿走到敵人的心臟。行動的優雅在這裡，殘酷也在這裡。把不知情的人當作工具。他不知道自己將付出什麼代價。

五人中一人，在烏克蘭因卡路邊與貨車一同被燒死。其餘四人被FSB，也就是俄羅斯聯邦安全局逮捕。恐怖主義嫌疑加在他們身上。沒有證據顯示他們知道行動。可是無人機從他們的貨車上升起，轟炸機在他們的貨箱中燃燒。在法庭上，說自己不知道能被接受到什麼程度，是另一回事。在俄羅斯法庭上，作為燒毀轟炸機貨車的司機。

諜報戰的戲劇通常留下英雄。計畫18個月的指揮部，在敵方機關附近設立辦公室的人員，透過畫面瞄準轟炸機機翼的操縱員。他們的故事閃閃發亮。可是那光下面，有五個不明所以坐在駕駛座上的人。不知道行動，卻成為行動一部分的人。一人化為灰燼，四人在監獄裡。

行動剛結束，俄羅斯國防部發表聲明。那是一份充滿憤怒的聲明。它指控基輔政權對摩爾曼斯克、伊爾庫茨克、伊萬諾沃、梁贊、阿穆爾地區的機場發動FPV無人機恐怖攻擊。它自己點名了五個地區。等於由俄羅斯確認了烏克蘭瞄準的五處名單。同時，俄羅斯主張在伊萬諾沃、梁贊、阿穆爾擊退了所有攻擊。它想凸顯防禦成功。

可是影片留下了。人爬上燃燒的貨櫃，用身體壓住無人機，警察朝空中開槍的那一幕。至少在阿穆爾的烏克蘭因卡，攻擊確實被擋下。其他四處則沒有擋住。俄羅斯的聲明和俄羅斯路邊的影片，出自同一天、同一個國家，卻說著不同故事。哪一邊更接近真相，看煙霧散去的地方就知道。

別拉亞的衛星照片中，有毀壞的轟炸機。

烏克蘭因卡的路邊，有一輛燒毀的貨車。

瞄準五處、命中四處這句話，就在這兩個場面之間。必須同時裝下成功與失敗，行動的面孔才會顯現。一邊是繞過4,300公里的精密時鐘，另一邊是遠東路邊那個徒手滅火的人。

距離不再是盾牌。西伯利亞、北極、遠東，都不再安全。強國數十年相信的戰略縱深，也就是敵人碰不到的深遠後方這項保險裝置，在那一天崩塌了。靠的是一輛貨車上的一個木箱。

這場衝擊不會止於俄羅斯一國，這一點需要另外說清楚。

世界所有強國都把軍事力量建立在同一塊保險裝置上。昂貴武器放在後方。航空母艦在港口，轟炸機在內陸深處基地，戰鬥機在本土跑道。因為它們相信敵人到不了那裡。這個信念動搖了。裝在貨車上的數百美元無人機動搖了它。美國、中國、歐洲都看見了這一幕。它們開始重新看向自己基地旁路邊停著的貨車。這道波紋，本書後面會追得更遠。

我們回到煙霧沉降之處。

別拉亞的衛星照片中有毀壞的轟炸機。奧列尼亞的雪地上有殘骸。伊萬諾沃有失明的眼睛。而烏克蘭因卡的路邊，有一輛燒毀的貨車，還有爬上車、徒手滅火的人。

瞄準五處、命中四處這句話，就在這些場面之間。必須同時裝下成功與失敗，行動的面孔才會顯現。一邊是繞過4,300公里的精密時鐘，另一邊是遠東路邊拔出手槍的警察。一個不明所以握著方向盤、最後化為灰燼的人，站在兩者之間。

於是問題來了。毀壞的機體到底有幾架？這個數字為何分成三個？而這三者之中，哪一個才是真的？必須先看，是誰、用什麼尺、帶著什麼心情計算出那個答案。

第4章 圍繞41這個數字的戰爭

一張照片前，分析師的手停住了。

畫面上展開的是西伯利亞伊爾庫茨克州的別拉亞空軍基地。距離烏克蘭邊境約4,300公里。那是一張把一架飛機縮成人的一節手指大小的衛星照片。拍攝日期是2025年6月2日。行動結束後一天。

分析師在旁邊並排打開另一張照片。同一座基地，同一條跑道。那是5月拍攝的照片。他交替看著兩張。5月的照片中，Tu-95轟炸機排在混凝土停機坪上。四對巨大螺旋槳在陽光下閃亮。6月的照片中，那個位置擴散著黑色污痕。

問題就在那片黑色污痕。

那是轟炸機燒過的痕跡嗎？還是蓋在機身上的橡膠輪胎融化後留下的痕跡？衛星把4,300公里下方的真相壓縮成幾個像素送來。在那些像素裡，飛機和輪胎糊成同一種顏色。分析師放大照片。再放大。越放大，圖像越模糊。他停住滑鼠，望著那片黑色污痕看了很久。

第4章的全部故事，都裝在這一幕裡。同一事件生出了三個數字。有人說41，有人說20，有人說一隻手就數得完。哪一邊都沒有說謊，數字卻這樣分開了。有人說，戰爭中最容易爭執的是死者人數和毀壞武器的數量。蜘蛛網行動剛結束，世界又一次面對這個古老真相。這究竟怎麼發生，現在讓我們走進那些模糊像素之中。

先把一個數字校正後再開始。

41這個數字是本章標題。可是第一次聽到這個數字的人，幾乎無一例外會誤解一件事。他們以為41是無人機的數量。以為有41架無人機從貨車中升起。不是。

行動投入的無人機是117架。41不是無人機，而是飛機。那是烏克蘭主張摧毀或損傷的俄羅斯軍用機數量。117架發射後得到的結果數字，就是41。兩者處在完全不同的位置，但快速掃過新聞標題的人，腦中常把它們混成一團。117和41。出發線的數字，和終點線的數字。

為什麼這個區分重要？因為從41這個數字開始遭到質疑的瞬間，整場行動的評價也跟著動搖。如果41是膨脹的數字，117架無人機、18個月的計畫、70億美元的損害額，也會一起被懷疑。所以41不是普通統計。它是關乎行動名譽的數字。一方想守住它，另一方想削低它。圍繞數字的戰爭，從飛機燃燒後的隔天就開始了。

在戰爭中，數字是武器。對烏克蘭而言，41是提升士氣、拉動西方支援的武器。對俄羅斯而言，削低那個數字本身就是防禦。就算說自己的轟炸機只壞了一半，對莫斯科來說也是縮小敗北的方法。所以讀這三個數字時，我們也必須一起看見每個數字背後站著誰。

先回想一下，這個數字從哪裡開始。2025年6月1日下午，俄羅斯各地高速公路路肩上，幾輛看似普通的貨車停了下來。貨箱裡載著木頭編成的箱體。外表像可移動木屋。它的屋頂打開了。裡面的小型無人機一架架升起。那是裝著四個螺旋槳、比手掌稍大的機器。藏在數千公里外的烏克蘭人員看著畫面操縱這些無人機。無人機離開路肩，飛向附近空軍基地的跑道。那裡一排排巨大的轟炸機就是目標。

那天升起的無人機是117架。它瞄準五座基地，四處有飛機起火。而在火光還未沉降之前，世界各地的人已經開始數數。在基輔的作戰室，在華盛頓的情報機構，在打開筆電的無名公民房間裡。大家數的是同一片火光，算出來卻對不上。現在，讓我們逐一遇見那些數字。

第一個數字來自基輔。

行動成功消息傳出後，烏克蘭安全局（SBU）和政府人士同時指向同一方向。超過40架俄羅斯軍用機受損，其中13架以上完全被摧毀。隨著時間過去，烏克蘭方面發布中被廣泛引用的說法，是41架受損。這個數字混合了兩類損害。化為灰燼的機體，以及外表看似完好、但再也不能飛的機體。把這兩類綁成一列，就是41這個數字。後面會看到，正是這種綁法，讓它與其他陣營的數字錯開。

受打擊名單上，列著俄羅斯航空太空軍的招牌機型。圖波列夫Tu-95。裝著四對螺旋槳的前蘇聯時代長程戰略轟炸機。向烏克蘭城市發射巡弋飛彈的就是這款機體。基輔夜間警報背後，總有這架飛機。Tu-22M3和Tu-160也在名單上。全都是出自前蘇聯設計圖的老兵。還有另一種。別里耶夫A-50，預警管制機。

我們暫且說明A-50是什麼。那是背上放著巨大圓盤雷達的飛機。人們常稱它為「天空之眼」。它會預先發現數百公里外的敵機和飛彈，並在空中管制友軍戰鬥機與轟炸機的動向。足以被稱為現代戰爭的大腦。單架價格約3億到3億5千萬美元。估計俄羅斯全軍最多只有十幾架。能立刻投入作戰的更少。只失去一架，也很痛。因為那不是一架飛機，而是俄羅斯防空網的一條神經被切斷。

在這裡，我們暫且把價碼並排放上。A-50一架約3億美元。瞄準它的一架FPV無人機，若用市場上買得到的零件製作，是數百美元。昂貴一方與廉價一方的差距接近百萬倍。等於用一輛汽車的價格瞄準航空母艦。軍事計畫者看到這件事後說出「惡夢」這個詞，理由就在這裡。不管用多昂貴的武器包圍，不管把它放得多遠，如果數百美元的機器能飛到眼前，擁有昂貴武器一方的優勢就會動搖。41這個數字不論對錯，光是瞄準A-50這個事實，就已經讓這場行動改寫軍事教科書。

烏克蘭又向前走了一步。它宣告41架受損，一口氣打掉俄羅斯總戰力的34%。損害金額為70億美元。折合韓元超過9兆。消息一出，世界媒體標題被這兩個數字填滿。34%和70億美元。這是足以造成衝擊的好數字。

這兩個數字，34%和70億美元，後面會再談。因為兩者都藏著陷阱。現在只要記得，基輔提出的數字是41，而且它是壓倒性勝利的數字。

基輔之所以對41這個數字如此有信心，是有理由的。烏克蘭相信證據在自己手中。每架無人機都裝著相機，並一路傳送影片到衝向轟炸機的最後瞬間。哪一架機體在幾點遭撞擊、資料在什麼瞬間中斷，作戰室把這些紀錄一張張堆起來。他們認為，每一個畫面中斷的地方，就有一架飛機被抹去。對他們而言，41不是推測，而是統計。對坐在作戰室螢幕前的人員來說，畫面黑掉的那一瞬間就是成功信號。

可是這份證據有一個決定性空隙。畫面中斷，和飛機被摧毀，不是同一件事。無人機在撞上飛機前被防空砲擊中，畫面也會中斷。撞到飛機旁邊的混凝土，畫面也會中斷。訊號受干擾會中斷，電池耗盡也會中斷。相機顯示的是「接近的終點」，不是「摧毀的起點」。畫面的最後一格與飛機命運之間，有一段相機拍不到的短暫空白。這個空隙帶來了第二個數字。

這不是新問題。軍隊很早以前就會誇大自己給敵人造成的損害。戰後損害評估這個領域甚至單獨存在。第二次世界大戰時，轟炸機飛行員報告說摧毀了工廠，但戰後進入現場一看，很多仍完好。波斯灣戰爭時也類似。飛行員報告摧毀的伊拉克坦克數量，是實際清點殘骸數的好幾倍。在戰場熱度中，人的眼睛會看見自己想看的東西。把爆炸閃光誤認為摧毀證據。蜘蛛網行動的41，也無法脫離這個古老傾向。只是這次不是人的眼睛，而是無人機相機。相機不說謊。可是相機也只看到最後1秒，就閉上了眼睛。

第二個數字來自華盛頓。

行動數日後，美國官員向路透社透露了他們的評估。匿名。他們說出的數字，遠不到基輔的一半。約20架遭打擊，其中真正被摧毀的約10架。

20和10。這個數字與基輔的41正面相撞。同一場行動、同一批飛機、同一天，卻不到一半。連盟國之間，數字也會差這麼遠。烏克蘭是美國最親近的合作國之一。即便如此，美國也沒有照抄基輔的發布。

美國為什麼看得更低？因為美國看的資料和基輔不同。如果說烏克蘭手上握著無人機相機影片，美國則透過本國偵察衛星和情報網，另外查看事後樣貌。美國偵察衛星比商用衛星清晰得多。即便如此，衛星給出的圖像仍比無人機影片給出的圖像更保守。這件事意味著什麼，後面會詳細說明。衛星這種工具本身有局限。

這裡還加上了常識性的懷疑。117架出擊，不代表117架全都命中。一部分被俄羅斯防空網擊落。一部分從貨車升起時因事故燃燒。瞄準烏克蘭因卡基地的貨車，在抵達目標前整輛爆炸。說瞄準5座基地、打到4處，準確之處就在這裡。一處在看見飛機前就失敗了。如果保守估計出擊無人機真正擊中目標的比例，41這個數字自然會縮小。

美國智庫圈也出現謹慎論。在一場討論會中，有位專家這樣說。被摧毀的戰略轟炸機到底是10架還是20架，資訊仍在進來。他避開了斷言。一些英國媒體也指出，若把現場影片和衛星影像並排看，實際損害可能低於烏克蘭發布。這些人不是說41錯了。他們是說，現在還無法證明41。這是兩回事。

不過，美國的數字裡也有一件事很清楚。A-50兩架受損。無論數字怎麼削低，連美國官員也沒有把兩架「天空之眼」遭打擊這件事從名單中拿掉。無論41或20，雙方在A-50遭到一擊這件事上站在同一位置。這個共識值得記住。因為不管數字削到哪裡，都有一塊無法崩塌的底板。

現在是第三個數字。最小，也最堅硬的數字。

第三個數字不是任何人的發布。它是在網路上長出來的。

有一個領域叫開源情報（OSINT）。它不是政府機密，而是蒐集任何人都能看到的公開資料、衛星照片、現場影片、社群媒體貼文，把事實拼起來。行動隔天起，沒有姓名、沒有面孔的分析師們，在各自的螢幕前開始做同一件事。他們把衛星公司Planet和Maxar拍攝的俄羅斯基地照片，與烏克蘭公開的無人機影片一張張對照。那不是軍事情報機構，而是坐在筆電前的公民。這是21世紀戰爭報導的新風景。

他們的原則很嚴格。眼睛確認不到，就不計入。即使有無人機衝向飛機的影片，如果衛星照片中看不出那架飛機實際毀壞，就不列入統計。推定和情況證據被排除。這種嚴格讓他們的數字變小。也讓

那個小數字變得堅硬，誰也難以反駁。

Janes等軍事情報專業機構的分析，畫出最清楚圖像的地方，是北極圈的奧列尼亞基地。摩爾曼斯克州，距邊境約2,000公里。在這裡，分析師透過照片確認，四架Tu-95轟炸機和一架An-12運輸機，合計至少五架被摧毀。至少五架。這是能說「毫無疑問被毀」的最保守數字。五架飛機已完全失去形體，或呈現誰看都知道再也不能飛的樣子。沒有疑問。

奧列尼亞的五架之所以被稱為「確定」，是有原因的。把5月和6月的衛星照片並排時，原本確實有飛機的位置，要不是消失了，要不就是形體崩塌、焦黑。四架Tu-95在照片中失去螺旋槳轟炸機的大輪廓，一架An-12運輸機也同樣命運。這五架不是猜測，而是由兩張照片的差異證明。誰重新驗證，都會得到同一結論。所以這五架成了所有爭論的起點。

若把其他基地合併計算，數字會上升。美國NBC根據衛星分析提出的數字是至少10架。NATO方面估計完全摧毀的機體在10到13架之間。也就是說，就算在OSINT陣營內，「肉眼清楚可見」是5架，「合併多項衛星分析」是10架，「以完全摧毀為標準」則在10到13架之間。看哪一組照片、套用哪一種標準，同一陣營內數字也會移動。可是這些數字都只是在5架這個底板上往上疊。沒有往下掉。

這裡要說明一點。OSINT的5架，不代表41是假的。OSINT的5架意思是「只用衛星照片能確定的最低值」。它是地板值，不是天花板值。分析師自己也附註，若更多衛星影像公開，這個數字會上升。他們從未說「這就是全部」。他們只說「至少這些確定」。

41和5。看見這個巨大間距，有人會想直接下結論，說一方在說謊。可是跳到那個結論之前，必須先知道衛星這種工具能做什麼，不能做什麼。間距真正的理由不在謊言，而在鏡頭。三個數字不是謊言大小的順序，而是距離的順序。

我們來說衛星照片的局限。

請想像一下。你從4,300公里高空俯視掉在操場上的一枚硬幣。你能分辨它是正面還是反面嗎？衛星做的就是這件事。在那種高度，要分辨完好的飛機和壞掉的飛機，幾乎和分辨硬幣正反面一樣難。商用衛星的一個像素，會把地面數十公分壓縮成一個點。一個人是一個點，一輛汽車是幾個點。

如果飛機完全炸碎成灰燼，衛星也能看出來。因為形體消失了。問題在中間地帶。無人機爆炸在機身深處打出洞、燒毀核心零件，但外觀仍保持飛機形狀。機翼還在，機身看起來完整。可是內部燃油管爆裂，操縱系統熔毀。這種機體再也不能飛。可是在衛星照片上，它看起來和完好飛機一樣。從上方俯視的眼睛只看外殼。看不見裡面。

華爾街日報用一句話點出了這個問題。俄羅斯戰略轟炸機中，究竟有幾架仍能飛，我們不知道。衛星無法看進外表完好飛機的內部。因此OSINT統計本質上只數「確實壞掉的東西」。「大概不能飛」的，它不能算。基輔的41包含後者，OSINT的5只挑出前者。兩個數字原本就不是在數同一件東西。一方數「被打中的飛機」，另一方數「看得出被毀的飛機」。一個詞的差異，把數字拉開了八倍。

最戲劇性地展示這種錯位的例子，是伊萬諾沃基地的A-50。

伊萬諾沃是位於莫斯科東北方的基地。它存放A-50。行動結束後，烏克蘭公開的一段無人機影片傳遍全世界。

影片中，FPV無人機（以第一人稱視角操縱的小型無人機）筆直飛向地面並排的兩架A-50。畫面正中央，巨大的雷達圓盤越來越大。近到能看見圓盤上一顆顆鉚釘。無人機沒有減速。即將碰到機身前，畫面啪地斷了。黑畫面。結束。

西方分析人士看過影片後，反應一致。從這個直到最後1秒都把目標固定在畫面中央衝進去的場面來看，A-50很可能遭到打擊。從無人機影片看，這是明確命中。因為它準確瞄準目標，沒有晃動，直到最後。

可是衛星給出的判定不同。「不具決定性。」英文是inconclusive。即使無人機相機傳回了撞上機體前的畫面，數百公里上方的衛星照片仍無法分辨那架巨大A-50哪裡壞了、壞到什麼程度，爆炸火焰是否燒毀了內部電子設備。無人機證明「到達此處」。衛星無法證明「所以後來怎樣」。

同一事件面對著兩個真相。無人機的真相說「命中」。衛星的真相說「無法確認」。兩者都不是謊言。它們只是從不同高度、用不同工具、看了不同瞬間。無人機看見撞擊前1秒，衛星看見一天後的殘骸。41和5之間的空白，就在這裡展開。一架A-50在烏克蘭的41裡，卻不在OSINT的5裡。哪一邊對？影片對，衛星也對。兩者都只是誠實說出自己看到的東西。

俄羅斯的一招小伎倆，又讓衛星照片更模糊。

輪胎的故事。

行動數月前，看著衛星照片的人發現，俄羅斯轟炸機上放著奇怪的東西。飛機機身和機翼上，密密麻麻覆蓋著數十個黑色橡膠輪胎。從遠處看，飛機像是被黑點覆滿。英國軍事分析師麥可·克拉克形容這次攻擊時說，烏克蘭無人機撞上的是「被輪胎覆蓋的巨大金屬塊」。

俄羅斯為什麼用輪胎蓋住飛機，並不確切。外界有兩種猜測。一種是希望輪胎吸收一層無人機爆炸衝擊。另一種是想打亂飛機特有的金屬輪廓，騙過衛星和無人機的眼睛。一支配備尖端科技的軍隊，竟用舊輪胎這種最原始的工具遮住自己的轟炸機。無論真正意圖是哪一種，結果都讓分析師頭痛。

無人機打中飛機、引發大火時會怎麼樣。覆蓋飛機的數十個橡膠輪胎會一起燃燒。橡膠噴出漆黑濃煙，融化後凝成黑色塊狀。爆炸撕裂的飛機金屬碎片，和融成一團的輪胎殘渣混在地上。飛機殘骸和輪胎殘骸以同樣顏色、同樣形狀糾在一起。

現在請站到從上方俯視衛星照片的分析師位置。畫面上出現黑色污痕。這片污痕是粉碎的3億美元飛機嗎？還只是輪胎燒掉的痕跡？沒有分辨方法。不管俄羅斯是不是故意為遮住真相而這麼做，輪胎等於在衛星鏡頭上又覆了一片黑雲。在衛星的限制之上，又疊了一層偽裝。

本章開頭讓分析師停手的那片黑色污痕。現在我們知道它的真面目。它可能是飛機，也可能是輪胎。衛星終究沒有給出答案。在別拉亞基地那片污痕前，分析師數了三架飛機。也許旁邊那片污痕也是飛機。也許只是輪胎。他只寫下確定的三架，其餘留下問號。

除了輪胎，還有另一件事讓現場變模糊。火本身。飛機裡裝滿燃料。無人機擊中機身後，燃料起火，火勢又蔓延到旁邊飛機。一架開始燃燒，附近機體也連鎖延燒。黑煙覆蓋整座基地。為滅火灑下的滅火劑與煙灰覆滿跑道。衛星經過上空時，相機拍到的是煙和煙灰的膜。那下面躺著幾架飛機，衛星無從得知。隔天煙霧散去後，輪廓才會顯現，可那時俄羅斯已經清理或遮住殘骸。時間不站在真相這一邊。

所以兩種算法分開了。一邊計算撞擊瞬間。烏克蘭計算無人機相機傳到接近目標前最後一刻的影像。在這套算法裡，每一個畫面中斷處都增加一架。另一邊計算隔天殘骸。OSINT分析師只數撞擊隔天衛星照片裡明確毀壞的形體。在這套算法裡，只要被煙遮住或看似完好，就會少算一架。前一種算法相信「被打中的瞬間」，後一種算法相信「留下的殘骸」。同一事件，從兩個時點、用兩種工具計算。41和5的距離不是謊言距離，而是兩個時點之間的距離。

在這裡暫停一下，也聽聽俄羅斯方面的聲音。這是為了不只轉述單方主張。

俄羅斯國防部在行動後立即發表正式聲明。它說，針對摩爾曼斯克、伊爾庫茨克、伊萬諾沃、梁贊、阿穆爾五個地區機場的烏克蘭無人機攻擊，全部遭到擊退。它說阻止了所有恐怖攻擊。那是炫耀無敵防禦的聲明。

可是同一份聲明裡有矛盾。它勉強加上一句，說因機場附近發射的無人機，多架航空器起火。隨即又說，火勢都已撲滅。它一邊說全都擋下，一邊承認飛機起火。擊退和起火不能站在同一句話裡。如果擋下了，就不會起火；如果起火了，就不是擋下。俄羅斯自己證明了防線被穿透。這一句矛盾，是打破莫斯科否認的最確定證據。

所以若誠實寫下數字幅度，就是這樣。俄羅斯說「幾架起火」。基輔說41架受損、13架以上被摧毀。美國說約20架受損、10架被摧毀。OSINT說衛星確認最低5架，合併多項分析約10架上下，完全摧毀標準為10到13架。五張嘴說出五個數字。面對同一條跑道、同一批飛機、同一個6月1日。

現在回到先前暫放的兩個數字。34%和70億美元。

先說34%。這個數字最狡猾。許多報導把它轉述為「俄羅斯戰略轟炸機戰力的34%」。這樣讀起來，像是俄羅斯每三架轟炸機中就有一架消失。可是烏克蘭實際主張的標準不是這個。烏克蘭所說的34%，是以「能搭載戰略巡弋飛彈的機體」為基準的數字。不是整體轟炸機，而是另外切出能把飛彈運去打擊烏克蘭城市的特定任務機體。也就是把分母縮窄了。

基準一縮窄，比例就會變大。因為分母變小。同樣損失10架，若除以全部轟炸機，比例就小；若只除以飛彈運載機，比例就大。所以面對同一損害，不同機構拿出了不同比例。金融時報以可投入作戰的長程航空戰力為基準，估算損害比例約20%。34%和20%。兩個數字不同，不是因為損害不同，而是分母不同。

如果把這個差異模糊地轉述，讀者就會被騙。「戰略轟炸機的34%」和「巡弋飛彈運載機的34%」是完全不同的話。前者不是事實，後者才是烏克蘭原本的主張。數字永遠要連同它後面的基準一起讀。只看百分比符號前的數字，不問那個符號後面除的是什麼，同一事件就會被放大兩倍或縮小一半。

接著是70億美元。這筆超過9兆韓元的損害額，是SBU提出的估計。請不要把「估計」兩個字聽過就算。這不是獨立第三方驗證過的數字。連摧毀架數本身都在5到41之間搖動，拿那個架數乘上機體單價得到的損害額，不可能精密。若以41架為基準，並給每架飛機貼上最高價碼，就會得到70億美元。若以5架為基準，金額就會大幅減少。70億美元是很能一眼展示行動衝擊的數字，卻不是能寫進會計帳本的數字。本書會寫成「SBU估計70億美元」。不會拿掉「估計」兩個字。

不過在陷入數字爭論前，還有一件事要退一步問。無論41對，還是5對，這個差異對俄羅斯究竟有多大意義？答案出乎意料。比想像小。

理由在飛機的出身。被毀的Tu-95和Tu-160，是前蘇聯時代設計並製造的機體。那是1980年代生產線運轉時造出的飛機。現在俄羅斯沒有能重新生產這些機體的工廠。就算有設計圖，製造零件的協力廠商已經四散，熟練工人也消失了。再加上西方制裁。飛機需要的精密電子零件相當部分受進口限制。俄羅斯無法新造任何一架這種轟炸機。不管花多少錢，都造不出來。失去的飛機會永遠留下空位。

這個事實改變了數字爭論的重量。如果是能重新製造的武器，損失10架或40架，時間一久就能補上。那麼準確數字就重要。可是若是補不上的武器，光損失10架也是無法恢復的傷口。俄羅斯擁有的戰略轟炸機，總數估計也只有70架上下。其中總是能飛的機體更少。因零件不足，甚至出現拆解完好機體、把零件移到其他機體上的做法。從維修庫裡停著的飛機拆下零件，拿來讓出擊飛機勉強輪替。這樣的軍隊若一次消失10架，能投入作戰的轟炸機比例，會比數字顯示得更深地折斷。

所以蜘蛛網行動真正的衝擊，不在41這個數字本身。而在那個41無法再補回來。烏克蘭不是打壞幾架飛機，而是永久切走了俄羅斯長程打擊力的一塊。對基輔市民來說，這不是統計。每少一架這種飛機，午夜警報中飛來的巡弋飛彈也會相應減少。70架變成60架，而且不會再補回來。這就是西伯利亞黑色污痕抵達基輔公寓窗戶的方式。數字很遠，意義很近。

那麼真相在哪裡？

我不會在這裡把某一個數字釘成正解。因為能釘住的資料尚未出現在世上。俄羅斯不公開基地。烏克蘭沒有公開全部相機紀錄。衛星看不見裡面。還沒有能寫下正解的紙。取而代之，我們把五個數字並排放著。俄羅斯說「幾架起火」。OSINT最低值是5架。NBC與NATO綜合是10架上下到13架。美國官員說20架受損、10架被摧毀。基輔說41架受損、13架以上被摧毀。

把這些數字排成一列，會看見一件事。最低數字和最高數字之間，仍有不動搖的底板。所有陣營都承認的最低值存在。至少多架轟炸機損壞，而且A-50包含其中。連俄羅斯也承認起火，美國也沒有把兩架A-50從名單中拿掉，OSINT也確定奧列尼亞有四架Tu-95。這塊底板，誰也推不倒。想削低數字的一方、想放大數字的一方，都無法降到這塊底板以下。

真相大概在那塊底板和41之間某處。那些衛星未能全部看見的「外表完好、內部燒毀」機體，要算到哪裡，數字就在這段區間內移動。更多衛星照片公開，時間過去後俄羅斯基地活動減少的跡象顯現時，那某一點會更清楚一些。現在還不是。歷史會慢慢確定這類數字。有些戰鬥的準確損害，要到戰爭結束數十年後才整理出來。蜘蛛網行動的41，也會那樣慢慢聚成一點。

不釘死數字，但要清楚釘住一個能釘住的事實。

價值數百美元的無人機，瞄準了價值約3億美元的A-50。即使衛星無法100%證明命中與否，瞄準這件事本身已獲證明。無人機影片顯示了它，美國官員也承認了它。從比例看，一臺價格接近百萬分之一的機器，把強國最珍惜的「天空之眼」放進射程。從貨車貨箱木箱裡升起、玩具大小的機器，抵達了站在西伯利亞混凝土上的巨大飛機眼前。

這種不對稱，才是圍繞41這個數字的一切爭論結束後仍會留下的事實。無論41、20或5，無論最終定成什麼數字，數百美元能瞄準3億美元的時代已經打開，這件事不會改變。數字可以爭，這個事實無法爭。連不願承認任何摧毀架數的俄羅斯，也必須寫下飛機起火那一句。那一句話見證了不對稱的時代。

而這場數字爭論的一側，還有被遮住的人。五名貨車司機。

他們不知道木箱裡裝著什麼。他們以為是普通貨物，握住方向盤。某個運輸業者請他們搬貨，他們大概像平時一樣發動引擎。那天自己駕駛的貨車屋頂會打開、無人機會升起，五個人中誰都不知道。行動開始後，一人死於貨車爆炸。四人被俄羅斯聯邦安全局（FSB）逮捕。之後他們如何，外界不得而知。

41這個數字裡沒有這五個人。因為41是飛機數字，不是人的數字。70億美元損害額裡、34%比例裡，也沒有這五個人的位置。諜報戰華麗統計背後，總有這樣從計算中消失的人。設計行動的人會被記成英雄，不明所以被拉進中心的人，則消失在數字之外。數數的我們，也必須一起記住站在數字之外的人。蜘蛛網行動真正的資產負債表上，在毀壞飛機那一系列旁邊，應該寫著坐在駕駛座上的五個人的名字。我們還不知道那些名字。

這片數字迷霧還有更深一層意義。那就是新戰爭的樣貌本身。

從前的戰爭，損害比較容易計算。軍隊占領城市，旗幟就會改變。艦隊沉沒，船就消失。戰線推進或後退。眼睛看得見變化。可是蜘蛛網行動不同。在敵陣深處、4,300公里外的跑道上，幾架飛機燃燒。戰線沒有變。沒有占領土地。改變的只是西伯利亞混凝土上的黑色污痕。現場沒有可以數那片污痕的人。

廉價無人機打擊遠方昂貴目標的戰爭，本質上是難以確認的戰爭。攻擊一方無法抵達現場。防守一方隱藏真相。第三方只能從太空俯視模糊照片。所以這類戰爭的結果總是包在霧裡。連誰贏多少都不清楚。蜘蛛網行動的41這個數字最後無法聚成一團，不只是因為某人的失誤或謊言。也是因為戰爭形態變了。工具越小，距離越遠，真相越模糊。

不對稱戰爭的悖論就在這裡。數百美元的無人機已強到足以打擊強國轟炸機。可是也正因为這是又小又遠的攻擊，究竟打壞什麼、打壞多少，誰也無法乾淨證明。打擊很清楚，結果很模糊。這種模糊今後會更常見。無人機飛得越遠、越小、越多，我們就會越常在黑色污痕前停手。圍繞41的爭吵，是第一個信號。

我們再回到那片黑色污痕。別拉亞基地的衛星照片，手停住的那個畫面。分析師最後大概無法確定那是飛機還是輪胎，只能在報告上寫下「需要追加影像」。我們也一樣。我們也停在那個畫面前。

同一事件、同一天、同一批飛機。可是依觀看者的位置和工具不同，生出了三個數字。基輔的相機看見41，華盛頓的衛星看見20，網路分析師看見5。三者都看同一個地方，卻看見三種東西。而在三者之間某處，藏著一個誰也尚未釘住的點。時間會慢慢揭開那個點。也許永遠不會揭開。

那麼問題來了。戰爭的真相在最大的數字裡嗎，還是在最小的數字裡？又或者，它在我們仰望的那個高度，在衛星與地面之間那4,300公里的某處嗎？

第5章 鐵盾裂開了

一臺鎧甲站在田野中央。

烏克蘭偵察無人機的相機緩緩從它上方掠過。大型卡車，上面放著發射管，旋轉式雷達盤。外觀看起來和真的一模一樣。那是俄羅斯軍方的近程防空系統鎧甲-S1 (Pantsir-S1)。單臺價格1,500萬到2,000萬美元，折合韓元約200億到270億。只要打掉一臺，就是重大戰果。

操縱員沒有把手放上打擊按鈕。

畫面一角浮著小字。那是熱成像感測器的數值。0。若引擎運轉，應該捕捉到灼熱廢氣。若雷達旋轉，應該捕捉到電波訊號。可是什麼都沒有。那輛卡車是冷的。它是用合板和方木拼起來的模型。俄羅斯軍隊放在田野裡的誘餌，用木材製作的假鎧甲。

操縱員又繞了它一圈，接著轉動無人機機頭。假的就留在原地。一枚炸藥也沒有用在那裡。無人機沿著海岸線往馬立波方向飛去。那裡有真正的雷達。引擎在轉，盤面在旋轉，熱從機體中滲出。那是真正的系統。無人機俯衝撞向它。

不被假目標欺騙，只挑真的打。2026年春天，克里米亞半島上空發生的事，就是這樣開始的。俄羅斯引以為傲的防空網，不再是看不見的牆。它成了可以找到的目標。找得到，就能打壞。

長久以來，防空網是盾牌。盾牌是用來阻擋的東西。它只用來接住飛來之物。可是烏克蘭操縱員的畫面裡，那面盾牌已不再是要阻擋什麼的存在，而是要狩獵的東西。阻擋者與被阻擋者的位置翻轉了。田野裡的假鎧甲，就是這場翻轉的小證據。真貨必須被藏起來，說明俄羅斯的盾牌已經成了被追逐的一方。

號稱世界最密的防空網

塞瓦斯托波爾 (Sevastopol) 是黑海艦隊的母港。那是俄羅斯在克里米亞半島握得最緊的地方。這座城市的防空指揮官相信，自己坐在世界數一數二密度的防空網中。這種信念有依據。

防空網有好幾層。最外側是S-400凱旋 (Triumph)。那是監視數百公里外高空目標的長程盾牌。內側有中程防空網。再更內側，緊貼需要保護的港口和基地旁邊，鎧甲-S1站著。它是最後階段的保鏢，用來捕捉穿過長程盾牌、滑進來的慢速威脅，像貼著樹梢高度飛來的巡弋飛彈。它被設計為攔截半徑約20公里內的低空目標。

一臺鎧甲的身體，本身就是一座小堡壘。大型多輪卡車上放著旋轉雷達盤。旁邊裝著30毫米雙管機砲。發射管裡裝著導引飛彈。遠處目標用飛彈打，近處闖入的目標用機砲打。一臺同時操作飛彈和砲，紙面上沒有空隙。

如果照設計運作，是如此。外側盾牌漏掉的，內側保鏢接住；那也漏掉，機砲就用彈幕填滿天空。乾淨而合理的圖像。

問題不在紙上，而在田野。

鎧甲的監視雷達為了尋找目標，必須物理性地一圈圈旋轉。盤面轉一圈需要時間。在一圈與下一圈之間，會出現電波碰不到的短暫縫隙。交戰開始後死角會消失，但在那之前，每個旋轉週期必然有空白時間。0.5秒，1秒。也就是眨一次眼的時間。

烏克蘭操縱員瞄準了那次眨眼。他們選擇幾乎不會被雷達抓到的小型無人機。讓它貼著海面上方數十公尺低飛。在雷達盤看向另一側的短暫瞬間，把無人機推進去。系統還來不及辨識威脅，打擊就已經結束。盤面再轉回來時，畫面上只剩燃燒的殘骸。

想一想，這是奇異的悖論。為捕捉飛來物而製造的世界頂級防空武器，竟被它原本該阻擋的那個小飛行物發現並打壞。獵人被獵物狩獵。這個悖論貫穿本章所有場面。

瓊哈爾橋，六架誘餌

克里米亞半島與赫爾松之間的補給路上，有瓊哈爾（Chonhar）橋。對俄軍而言，那是如動脈般的道路。補給卡車在橋上往來。烏克蘭軍隊想切斷這座橋。切斷後，流入克里米亞的血就會減少。

24架FP-1無人機飛上黑海。它們位於海面上方約36公尺，也就是十幾層樓高度。以時速約193公里直奔大橋。這些無人機不是金屬製，而是複合材料製。打到雷達上反射回來的訊號弱而不穩。可它們並非完全看不見。距目標約80公里的海岸陣地上，S-400雷達捕捉到這些訊號。畫面上浮現模糊的點。

烏克蘭軍隊在這裡布下陷阱。

24架中，前方6架被分離出來。高度降到約24公尺，速度提高，脫離主隊。S-400操作兵眼中，這6架看起來像主攻隊。快速、在前、直奔大橋的一群。任何人看到都會把它解讀為本隊。他們連續發射6枚48N6E飛彈。長6.7公尺、重1.6噸的飛彈，以超過5馬赫的速度飛去。5架當場粉碎。五朵火花在海面上綻開又熄滅。

第六枚飛彈即將碰到最後一架無人機之前。

那架最後的誘餌無人機關掉所有訊號。接著急速俯衝進先前被打碎同伴的殘骸之中。複合材料碎片、撕裂的金屬片、半燃未盡的燃料蒸氣，密密漂在海面上方。雷達畫面裡，那個區域塞滿雜亂點狀訊號。分不清什麼是目標、什麼是垃圾。第六枚飛彈在那團殘骸中央徒然爆炸。接近27億韓元的6枚飛彈，甚至沒有碰到大橋，就在海面上消耗殆盡。

那短暫混亂的瞬間，烏克蘭軍隊看來早已計算過。爆炸留下的金屬殘骸和波浪反射波，使雷達畫面混亂的那幾秒。那段時間不是偶然，而是設計的一部分。當畫面被雜訊覆蓋，操作兵努力重新確認目標時，真正的18架本隊開始移動。它們降低高度，完全關閉無線電，寬幅分散，滑過S-400的長程防禦網。投出6架誘餌，一次奪走6枚飛彈和操作兵的視線。

這就是烏克蘭打磨出的蜂群戰術核心。蜂群不是只把很多無人機放上天。它是把故意送死的誘餌和應該活下來的本隊分開，讓敵人的飛彈用在誘餌上，趁這段時間把本隊送進去的分工。這種分工之所以可能，是因為機器便宜。如果一架只要數百美元，丟出6架誘餌換掉6枚27億韓元飛彈，就是賺的交易。

距大橋約22公里處，本隊遇上鎧甲-S1。鎧甲雷達開始掃描，尋找在海面上方約30公尺飛行的無人機。可是無人機沒有發出一絲電波。它們用前方光學相機，以眼睛確認海岸線、海水亮邊、沿岸道路

等地形地物。就像人記住路線開車，無人機看著風景找路。既然不發射電波，就沒有可被抓取的訊號。

鎧甲勉強瞄準一架，發射3馬赫的57E6飛彈。近炸引信在4.5公尺距離爆炸，擊落一架。接著又連續擊落3架。時間不夠後，操作兵改用30毫米雙管機砲，8秒內傾瀉600發。又有3架被打壞。可是仍剩下8架。防禦抓住了7架，但沒抓住的8架更重要。

剩下的8架把高度降得更低，散得更開。距離大橋約3公里。無人機相機開始把預先輸入的基準資料，和眼前實際影像對照。混凝土邊緣、護欄、支撐柱、橋面下方陰影。最先辨認出目標的前導2架，以時速約193公里飛完最後7秒，直接撞進混凝土。攝氏數千度的熱和衝擊波撕裂混凝土。橋斷了。它是穿過6枚27億韓元飛彈、鎧甲飛彈和機砲後才斷的。

海狸畫出馬車輪

波羅的海沿岸也發生了類似的事。如果說瓊哈爾是用誘餌抽走敵人的飛彈，這一次則是敵人的飛彈自己崩壞。目標是俄羅斯最大港口之一烏斯季盧加（Ust-Luga）。

15架UJ-26海狸（Beaver）長程無人機飛向港口。單架3萬5千美元，是用玻璃纖維和碳纖維製成的機器。它留下的雷達訊號只有一般金屬航空器的大約十分之一。即便如此，在距港口40公里處，S-400雷達開始追蹤它們。

S-400發射兩枚單價約200萬美元、接近27億韓元的飛彈。海狸無人機急降到波羅的海波浪上方10公尺高度。飛彈追著無人機，以70度角俯衝。可是角度太陡了。飛彈用來轉向的小翼，缺少足夠氣流來驅動。飛彈失速，直接栽進海裡。兩枚27億韓元飛彈，一架無人機都沒打到就消失了。

俄羅斯軍隊換用另一種飛彈。那是裝有推進器，即使沒有氣流也能90度轉向的飛彈。能承受60G重力加速度。這次擊落了一架無人機。可是剩下的13架朝四面八方散開。接著進入保衛港口的4臺鎧甲-S1所編成的層層射擊區。

鎧甲開始射擊時，無人機跳起奇異的舞。它們以一個中心點為軸，一邊畫螺旋、一邊旋轉前進。因為形狀像馬車輪滾動，所以稱為馬車輪機動。

這支舞有理由。鎧甲的攔截計算建立在目標朝固定方向移動的假設上。它預測目標往哪裡去，再把飛彈丟到它前方。可是如果無人機不停改變角度、畫著螺旋，下一個位置就難以預測。鎧甲的比例導航計算被扭曲了。飛彈不斷打向空蕩天空。

攔截失敗的鎧甲砲手最後改用機砲。那是以每分鐘5千發射擊的30毫米雙管砲，把特定空域填滿彈丸的戰術。不是精準瞄準，而是把一整塊天空塞滿。可是仍有9架突破那道彈幕。然後擊中港口的低溫氣體分離塔。一個馬車輪，讓27億韓元飛彈和每分鐘5千發砲彈失去作用。

瓊哈爾和烏斯季盧加這兩場行動有共同點。哪一邊都不是因為無人機快才贏。無人機比飛彈慢。一旦被雷達抓住就會被擊落。烏克蘭贏的不是速度，而是算法。預先分出會死的無人機和會活的無人機，讓敵人把昂貴飛彈用在廉價誘餌上，再跳出扭曲敵方計算的舞。這一切之所以可能，是因為無人機便宜。只有失去一架也不心疼的機器，才能成為誘餌。昂貴武器不能成為誘餌。因為失去太痛。低價格本身成了戰術。

鎧甲有一半消失的主張

2026年，烏克蘭安全局（SBU）提出一個震撼數字。

它說，過去12個月的長程無人機打擊，摧毀或癱瘓了俄羅斯實際運用中鎧甲-S1戰力的一半。SBU估算這些損失約40億美元。這個數字是SBU的主張。不是獨立驗證過的數值。這一點先說明。在戰爭正中心，一方情報機構提出的數字，不宜原樣當成事實，而要連同情況一起閱讀。

不過支撐這項主張的情況有不少。SBU的阿爾法（Alpha）特種部隊，一直在刻赤海峽一帶逐臺獵殺鎧甲。只看2026年6月24日一天的行動，阿爾法部隊發布說，在刻赤附近打擊了兩臺鎧甲-S1和兩個S-400雷達構成部分。SBU說，這是他們在刻赤一帶抓到的第四臺鎧甲。就在此前的6月21日，也公開了首次識別出的特殊鎧甲遭無人機摧毀的畫面。

鎧甲是多層防禦的最後一層。外側盾牌全都漏掉，只要這個保鏢撐住，核心設施就能活下來。最後一層竟有一半消失，意味著最內側的門大約開了一半。外側盾牌再完整，最後一道門開著，裡面就是無防備。

如果一半這個數字為真，它讓俄羅斯疼痛的理由還有一個。失去多少，就補不回多少。

組裝一臺鎧甲，需要大量特殊電子零件。其中相當多必須來自海外製造商。可是國際制裁和出口管制堵住了這條路。俄羅斯無法向製造核心零件的海外企業伸手。俄羅斯生產線跟不上被摧毀的速度。每個月都有鎧甲在克里米亞消失，工廠卻產不出相同數量。防禦地圖上標出的保護範圍，與雷達實際能覆蓋的範圍之間，縫隙每天都在擴大。

再想起一臺鎧甲的價格。1,500萬到2,000萬美元。那是能買500輛普通家庭轎車的錢。這筆錢被壓縮在停在混凝土平臺上的一輛卡車裡。用來打壞它的無人機，價值數百美元。這是不對稱的交易。這種錯位就是這場戰爭的新算術。

俄羅斯指揮官把鎧甲密集部署在核心設施旁邊，也是因為如此。刻赤大橋、主要空軍基地、黑海港口。越敏感、越脆弱的地方，就越配上最昂貴的保鏢。可是當那些保鏢一個個倒下，需要保護的地方就原樣暴露出來。保鏢站立的位置，反而成了重要地點的信號。

塞瓦斯托波爾，那天清晨

最精巧的聯合攻擊發生在塞瓦斯托波爾港。那是把空中與海上、飛彈與無人機編在一起的行動。塞瓦斯托波爾的俄羅斯指揮官相信，自己的武器庫由世界數一數二現代化的防空網守護。那個信念在十幾分鐘內崩塌。

塞瓦斯托波爾是一座設計成能擋下相當多攻擊的城市。港口周圍排列著雷達，飛彈發射架固定在那裡，艦艇上裝有近迫防禦武器。從一個方向來的敵人，會被好幾層依序接住。這套設計只有一個漏洞。當來的不是一個方向，而是多個方向；當真與假混在一起；當海上與天空同時抵達。烏克蘭準確瞄準了這個漏洞。

行動從西北方開始。烏克蘭海軍發射8枚涅普頓（Neptune）岸基巡弋飛彈。它們掠過黑海波浪上方約67公尺，以時速約869公里飛行。同一時刻，沿著海岸線，4艘馬古拉V5（Magura V5）海上無人艇劈開浪頭。其中2艘是真的。那是裝著約340公斤彈頭的打擊資產。前面的2艘是假的。它們故意放出強烈電子訊號，偽裝成主攻隊的誘餌。

高處還有另一隻眼睛。烏克蘭敖德薩附近海岸的控制小組，透過漂浮在7公里以上高空的拜拉克塔爾TB2 (Bayraktar TB2) 無人機光學感測器俯視戰場。他們的最終目標，是港口中一處武器與彈藥密集的倉庫區。

上午5時34分，塞瓦斯托波爾指揮所響起第一道警報。海岸早期預警雷達在約56公里外捕捉到兩個快速接近的大訊號。大雷達反射面積，快速速度。看起來像敵方主力艦艇。其實是馬古拉誘餌。

S-350勇士 (Vityaz) 防空系統做出反應。多功能雷達轉動波束鎖定訊號，把發射資料傳到發射架。幾秒後，4枚攔截飛彈離開發射管，以4馬赫穿過薄霧。2艘馬古拉誘餌在紅色閃光中爆炸。巨大水柱升起。俄羅斯防空組相信自己擋下了主力。它們的畫面上，威脅消失了。

那就是陷阱。

同一時刻，另一部雷達記錄到從西北方向靠近的8個微弱訊號。那是貼著海面飛來的涅普頓飛彈。可是俄羅斯自動分類裝置沒有把這些訊號視為威脅。小反射面積，不固定的飛行路徑。系統把它們處理成海面雜訊，或是先前爆炸驚起的海鳥群。俄羅斯尖端雷達是依照傳統航空目標，也就是以固定高度和航跡飛行的東西來設計的。以粗浪和濃霧為背景，在超低空爬來的飛彈，沒有被那張網抓住。那是軟體的死角。機器只把自己學過的形狀認作威脅。涅普頓在那份學習之外。

混亂沒有在那裡結束。即將被飛彈擊中爆炸前，馬古拉誘餌放出了最後禮物。它們把6架裝有電波干擾設備的FPV無人機 (第一人稱視角無人機) 放上空中。這6架在海面上方散開，不斷散播假訊號。S-350為了分類和瞄準根本不存在的目標，忙得喘不過氣。當它被迫同時處理太多、太小、太弱的訊號時，系統處理速度驟降。強點變成弱點。原本為處理更多目標而設計的精巧性，在假目標洪水面前拖住了腳步。

趁那個空檔，涅普頓飛彈把高度降到約15公尺。它們以濃霧和赫拉克勒斯半島地形為盾，從雷達視野中消失。高空中的拜拉克塔爾TB2透過Starlink衛星連線傳送即時偵察影像。烏克蘭控制小組看著影像，不斷修正涅普頓路線。俄羅斯砲手的眼睛盯著顯眼的FPV誘餌。真正刀刃逼近的方向，視線已完全脫離。

上午5時39分，俄羅斯啟動地面電子戰設備。它想用強力干擾波切斷外部導引訊號。涅普頓沒有被動搖。它忽略外部訊號，切換為慣性導引模式。只靠發射前輸入的路線和內部導航飛行。就像即使有人把路弄模糊，也照著背熟的路走。方向感好的人在霧裡也能找到家。涅普頓就是如此。

俄羅斯還開啟了讓更大區域通訊窒息的長程電子戰設備。一枚涅普頓陷進那張網，偏離航道近3公里後消失。另一枚則把自己投向電子戰設備，去摧毀它。8枚中剩下6枚。

上午5時42分，塞瓦斯托波爾北方的貝爾貝克基地，5架俄羅斯偵察打擊無人機天狼星 (Sirius) 起飛。它們裝著熱成像相機和精密導引飛彈，在天亮前升空。任務是獵殺真正的2艘馬古拉和剩下的涅普頓。一架天狼星捕捉到在霧中轉向的馬古拉引擎熱源。翼下發射的雷射導引飛彈擊中馬古拉正中央。原本準備打擊俄羅斯軍艦的340公斤炸藥，提前在海中央爆炸。霧中升起火柱。

可是天狼星不是適合捕捉藏在波谷間小目標的獵人。這時，高處的拜拉克塔爾TB2抓住了天狼星的位置。座標立刻傳送出去。在海面疾行的4枚涅普頓接到新任務。

奇異的事在這裡發生。涅普頓本來是打擊艦艇或地面目標的飛彈。它不是為追逐飛在天空中的無人機而製造的武器。可是那4枚轉向，朝天狼星爬升。這意味著烏克蘭修改了涅普頓的導引裝置，使它追蹤空中目標。這是超出原本用途的改裝。比天狼星快得多的4枚涅普頓，幾乎同時擊落4架。燃燒碎片穿過濃霧落入海中。用完飛彈的最後一架天狼星，急忙撤離，試圖重新看清局勢。塞瓦斯托波爾上空珍貴的眼睛，就這樣消失。

獵人消失的短暫空檔，為烏克蘭打開了等待中的機會。剩下的涅普頓不受干擾地最後接近港口。港口已經一片混亂。俄羅斯水兵朝空中亂射步槍。防禦組轉動近迫防禦系統，尋找濃霧中的閃爍，傾瀉曳光彈。他們追逐的是影子。

上午5時48分，距目標約800公尺。前導涅普頓的相機穿過變淡的霧，捕捉到中央倉庫區。那裡密集聚集著彈藥、燃料、維修設備、物流車輛。飛彈最後修正路線，俯衝進擁擠的集結區。一次爆炸呼喚下一次爆炸。彈藥與燃料連鎖引爆。被認為無法阻擋的黑海艦隊大型武器庫，化為灰燼。

號稱世界最密的防空網，在那天清晨十幾分鐘內崩塌。那是誘餌與真貨、海與天、舊飛彈的新用途編在一起的結果。

崩塌的不只是機器。那天清晨，塞瓦斯托波爾某名部隊成員面對滿屏目標點，應該無法判斷該先打哪一個。誘餌還是真貨，鳥群還是飛彈，以人手分辨，點太多了。防禦本來就是時間之爭。比敵人靠近更快判斷、更快開火，才會贏。可是假的訊號洪水，把那段判斷時間整個吃掉。不是人跟不上機器速度，而是機器一次把太多選項丟給人。當他們無法決定時，真正飛彈已經抵達倉庫。

不要擋箭，殺掉弓手

貫穿這所有場面的，是一行想法。不要擋箭，殺掉弓手。

這是菲利普·布里德洛夫 (Philip Breedlove) 前NATO最高司令官等西方軍事專家使用的表述。意思不止是比喻。這是教義的轉換。

傳統防禦集中在擋下飛來的箭。敵方飛彈來了，就攔截；敵方飛機來了，就擊落。它是守勢。只要箭無止境地飛來，防守方就必須無止境地擋。有時擋下一支箭，還得使用比箭更昂貴的飛彈。前面看到的烏斯季盧加行動就是如此。為了抓一架3萬5千美元的無人機，27億韓元飛彈栽進海中。如果這種算法持續下去，先被耗空的是防守方。

烏克蘭軍隊選擇的路相反。它決定先消滅射箭者，以及替那支箭瞄準的人。核心不是發射架，而是雷達。

S-400系統只有在雷達主動追蹤目標並提供資料時，飛彈才能精準發射。雷達是眼睛，發射架是手。弄瞎眼睛，手就失去意義。打壞雷達後，昂貴的S-400發射架就淪為朝空蕩天空豎立的昂貴金屬管。即使裝滿飛彈，也不知道該往哪裡射。

因此行動順序被確定。先找到雷達。在打擊發射架或後方真正目標之前，先摧毀雷達，弄瞎眼睛。把本隊無人機群推進失明雷達留下的安全走廊。烏克蘭計畫者稱這為作戰幾何學。也就是像計算圖形一樣，計算防護罩的哪個點先被抹去後，哪條路會打開。抹去一個點，線就斷；線一斷，面就打開。

這項教義不是烏克蘭最先發明。先摧毀防空網再進入，是西方空軍長久打磨的作戰概念。它被稱為壓制敵方防空網，是把昂貴戰鬥機、精密飛彈和電子戰飛機綁在一起運用。一場行動需要數十架航空器與數千億韓元。這是只有強國能做的事。烏克蘭用數百美元無人機、改裝巡弋飛彈和海上無人艇，重寫了那套昂貴教義。它用百分之一的價格執行同一個想法。克里米亞上空展示了，教義落入貧窮國家手中時會發生什麼。

這場變化的重量擴散到克里米亞之外。強國長期享受的保險裝置之一，是密集防空網。它們相信，只要投入金錢和技術覆蓋天空，其下就安全。港口、基地、城市都建立在這份信念上。可是如果那面盾牌的眼睛不斷被數百美元機器挖掉，投入盾牌的錢就開始失去意義。世界所有軍隊都在看這一幕。它們開始問，自己覆蓋在港口和基地上方的盾牌，是否也會以同樣方式被穿透。

這項教義最戲劇性地命中的地方，是克里米亞西部的薩基 (Saky) 空軍基地。

25架柳提 (Liutyi) 長程無人機在黑海上方約73公尺高度飛行。那是藏在雷達地平線下方接近的路線。地球是圓的，低空飛行時，遠方雷達視線抓不到。接近基地後，無人機沒有先瞄準停在地面的戰鬥機。前導8架先精準打壞S-400核心，也就是92N6E射控雷達和指揮車。原本為控制數百公里外天空而製造的防空網，在距目標只有幾公里前的脆弱點失明了。

S-400的連結斷開後，俄羅斯急忙投入中程防空網山毛櫸-M3 (Buk-M3)。它試圖以電子戰設備切斷GPS和控制通道，內側則用自動砲在低空傾瀉紅色彈幕。俄羅斯那天擊落16架無人機。只看數字，似乎防禦成功。可是S-400雷達被摧毀後形成的空隙中，剩下本隊湧入基地中央。這是擊落16架仍然輸掉的戰鬥。

這裡清楚顯現一件事。防禦若只數擊落目標數，就會錯過真相。擊落16架確實是成果。可是如果那16架是誘餌，而本隊趁誘餌吸走視線時進入，那擊落數就成了遮住失敗的幕布。烏克蘭知道敵人在數什麼，於是瞄準敵人無法計數的地方。

柳提的熱成像感測器，在冰冷黎明背景中準確分辨引擎和設備熱源。冰冷田野上發熱的東西就是目標。無人機依序俯衝進燃料卡車區、維修設備區、Su-24與Su-30排列的停機區。一架機身起火，另一架機翼被穿透。航空器、燃料與彈藥連鎖爆炸，橘色火柱升起。

這裡還有聰明的反向利用。烏克蘭無人機鑽進俄羅斯強力發射干擾波的電子戰區正中央。強烈電波洩出，代表那裡有重要指揮設施。干擾波本身成了燈塔。原本要藏住敵人的訊號，反而告訴了敵人的位置。無人機沿著那座燈塔追去，一路摧毀通訊天線、輔助電力站，甚至指揮車路線。抹去一名弓手，整座基地的節奏停了下來。

停止的旋轉，打開的地圖

2026年6月25日，澤倫斯基總統正式批准所謂40日行動。那是大攻勢，目標是把守護克里米亞的空中保鑣，也就是鎧甲系統，一臺一臺永久移除。目標是逐層剝下刻赤地區的保鑣，讓防護罩永遠打開。

行動數日前，烏克蘭無人系統部隊司令羅伯特·布羅夫迪 (Robert Brovdi) 罕見地向大眾洩露作戰方向。他說克里米亞會讓莫斯科屈膝。這是出自能突破防空網信心的心理戰。也是即使預告行動，對方也擋不住的信心。

事先公開行動是危險的。因為會給敵人準備時間。可是烏克蘭仍那樣做，是有計算的。如果讓對方即使知道也擋不住，事先告知本身就會成為武器。被預告無法阻止的攻擊一方，會在恐懼中數著接下來的日子。那種恐懼會混淆判斷，啃食士氣。布羅夫迪的發言不是虛張聲勢，而是展示已握在手中的優勢。

先鋒是阿爾法部隊。6月23日，烏克蘭軍隊精準打擊了刻赤海峽附近的大型雷達基地。同一時刻，在巴格羅沃基地附近運作中的鎧甲-S1，也被無人機空襲燒毀。隔天6月24日，阿爾法部隊的無人機甚至直接引導摧毀了一臺護衛刻赤大橋接近路線的鎧甲-S2 (Pantsir-S2)。那是比一般型升級的型號。根據烏克蘭紀錄，此時兩個S-400雷達構成部分也一起被打到離線。雷達與發射架一旦分離，發射架就再次成為金屬管。

烏克蘭方面紀錄寫道，光是2026年6月一個月，就有4臺鎧甲以這種方式被移除。以單臺最高2,000萬美元計算，一個月內就有8,000萬美元硬體消失。折合韓元超過1,100億。並且因為制裁，沒有路能把它重新製造出來。這些數字同樣是烏克蘭方面發布，這一點也要指出。

所有打擊都沿著同一條軌跡。尋找旋轉的雷達。固定位置。把無人機推進雷達製造出的死角縫隙。每當雷達盤停止旋轉並被打壞，俄羅斯的防禦地圖就在那個位置留下永久孔洞。那不是暫時損失。是無法再填上的孔洞。

孔洞沒有就此結束。鎧甲燃燒、旋轉停下後，烏克蘭大規模無人機蜂群在沒有追蹤、沒有阻止的情況下湧向整個克里米亞。僅一夜之間，約60處軍事與民用設施同時遭打擊。薩基基地4座航空機棚被毀，停泊在港口的2艘海軍補給船遭擊中。鐵路橋梁、大型燃料儲存庫、核心變電站接連燃燒。

那一夜的風景，溢出了軍事地圖之外。

刻赤大橋通行全面中斷。橋前有2,760輛車受困。過不了橋的卡車和轎車無盡排開。坐在駕駛座上的人關掉引擎等待。變電站崩塌，約半數克里米亞人口經歷停電。冰箱停了，紅綠燈熄了，夜更長了。燃料儲存庫接連被毀，油耗盡。俄羅斯當局全面禁止向平民銷售燃料。

SBU意味深長地解讀這項燃料銷售禁令。它顯示俄軍補給餘裕變得多麼薄。先確保軍隊要用的燃料後，平民份額根本不剩。排在加油站前的人空手回去。他們不是作戰地圖上的點。他們是那天夜裡坐在發不動車子裡的人。田野裡一臺鎧甲燃燒，幾天後延伸成某座城市加油站前拿著空油桶的手。

戰爭的計算就是這樣移動。一端有一臺雷達停下，另一端就有一盞交通號誌熄滅。無人機操縱員坐在數百公里外的畫面前選擇目標。他按下按鈕造成的結果，展開在他看不見的地方。被困在橋上的2,760輛車裡，有軍人，也有出門採買的老人，還有載著孩子的父母。有人在停電公寓裡摸著樓梯往上走。這場戰爭的新文法，是華麗技術的故事，可那個文法寫成的句子末尾，總有人。若只寫英雄故事，那些人就會被抹去。把他們寫到不被抹去，是這份記錄的責任。

奇異的交易

走到這裡，一種計算會不斷浮現在腦中。

一架數百美元的無人機鑽進2,000萬美元雷達的旋轉縫隙，讓那次旋轉永遠停下。旋轉停止的位置打出孔洞，660架規模的無人機蜂群一次湧入那個孔洞。廉價之物抹去昂貴之物。那個廉價之物一旦

開路，後方跟上的群體就蹂躪數十個目標。

我們把比例寫下來。一架無人機數百美元，一臺鎧甲2,000萬美元。中間約有五個零。攻擊方發射一枚，花數百美元。防守方為抓住那一枚，使用27億韓元飛彈。這筆交易一天重複數十次，先空掉的是防守方倉庫。不是烏克蘭靠攻擊賺錢。而是它把算法設計成讓防守方出血。等於把價格當成武器。

這不是判斷單一武器優劣的故事。這是什麼能阻擋什麼這套古老算法本身被翻轉的事件。不管盾牌多巨大，只要握盾的眼睛被小飛行物發現，那面盾牌就成了金屬塊。時代從擋箭，跨出一步，走向尋找並殺死弓手。

這場翻轉不會停在克里米亞。任何國家都把防空網覆蓋在港口、發電廠、機場上方，並在其下安心。那些防空網的雷達也會旋轉。旋轉時就會產生縫隙。有縫隙，廉價機器就能瞄準那個縫隙。克里米亞發生的事，不是一條戰線上的事件，而是寄給所有持盾者的帳單。它問的是，你的盾牌還安好嗎。

不過，不能原樣相信這些場面的數字。鎧甲一半癱瘓、一個月摧毀4臺、約40億美元損害，都是SBU和烏克蘭方面提出的主張。不是獨立交叉驗證過的數值。在戰爭正中心發布的數字，總混有宣傳陰影。可也沒有根據斷定那些數字全是假的。衛星影像確認的摧毀、俄羅斯必須在田野裡立起假鎧甲的處境、刻赤前方被困的2,760輛車，都是明確事實。事實與主張之間的灰色地帶，我們必須照灰色讀。

我們回到最初那片田野。一臺用合板和方木做成的假鎧甲。俄羅斯軍隊立起它時在想什麼？為了藏住真貨而必須製造假貨的軍隊。擁有號稱世界最密盾牌的一方，在田野裡立起模型，試圖讓敵人浪費一架無人機，那是什麼樣的心情？而在那個假貨前省下一枚炸藥、把機頭轉向真貨的烏克蘭操縱員，看著畫面另一端那個冰冷模型時，又看懂了什麼？

第6章 莫斯科的血管

那是在辛菲羅波爾的一座加油站前。

謝爾蓋熄了火。若不熄火，排隊時油還會繼續耗掉。在他前面，大約有四十輛車。後面也排著差不多同樣長的隊伍。車龍離開加油站院子，延伸到大路上，又從那裡拐進巷子，看不到盡頭。駕駛下車，坐在引擎蓋上，或蹲在路邊抽菸。沒有人大聲說話。那是連發怒的力氣也要省下來的人們的沉默。

加油機前貼著一張手寫紙條：「每1人20公升。」下面又貼了一張。「庫存售完即止。」謝爾蓋排了三個小時後，員工走出來，撕下第二張紙，貼上新紙條。「今日停止販售。」前方有人砰地關上車門。僅此而已。人們提著空桶，開始往下一座加油站走去。

謝爾蓋的工作是開車。他開著一輛小貨車，把麵包和蔬菜送到市內商店。清晨在批發市場接貨，上午內要跑十多個地方。沒有油，這一切都會停下來。麵包到不了商店，店主只好讓客人回去，客人提著空袋子回家。在一個人的空油桶後面，有幾十個人因他停下來而一起停下來。

克里米亞半島幾乎每座城市都出現同樣的景象。藥局外送機車停了。救護車也因為要省油而提高出勤標準。沒有柴油可讓發電機運轉，停電公寓的夜晚變得更長。那天謝爾蓋沒有找到油。隔天也是，後天也是。

這條隊伍的起點不在克里米亞半島。它在幾千公里外，在莫斯科、波羅的海沿岸，以及哈薩克邊境之外。讓一座城市的加油機枯竭的力量，不是來自前線，而是來自俄羅斯身體內部，來自沿著血管流動的燃料本身。本章要說的，就是那條血管如何被切斷。

血管這個詞不是比喻。軍隊像人的身體。前線部隊是手和腳。要讓手腳動起來，血必須流動。軍隊的血就是燃料。一輛戰車要撐過一天，需要數百公升柴油。一架戰機起飛一次，要吞下數噸航空燃油。製造這種血的心臟是煉油廠，運送血液的動脈是輸油管、橋梁和高速公路。摧毀前線的手腳是一種方法。切斷心臟與動脈，是另一種方法。烏克蘭在本章選擇了第二種方法。

先看通往克里米亞的動脈。

俄羅斯占領下的克里米亞半島不是島。但從補給角度看，它和島沒有兩樣。因為從本土運入武器、彈藥和燃料的道路沒有幾條。勒住這些道路咽喉的兩個地點，是瓊哈爾 (Chonhar) 大橋和阿爾米揚斯克 (Armyansk) 大橋。瓊哈爾大橋是連接赫爾松 (Kherson) 州與克里米亞半島的關鍵通道。莫斯科把堆在克里米亞的物資再往烏克蘭南部前線推送，幾乎只能走這條路。只要這座橋受阻，俄羅斯南部前線的整體補給就會動搖。

必須先看俄羅斯如何保護這兩座橋，才看得出那一天的意義。橋周圍鋪著一層又一層防空網。負責遠距離的S-400，負責近距離的潘齊爾-S1，用電波干擾敵方無人機的克拉蘇哈-4電子戰系統。再加上直接守橋的裝甲車機槍。紙面上看，這是沒有空隙的防禦。即使穿過一層，下一層也在等著。烏克蘭就是一層一層欺騙並剝開這張重疊的網，鑽了進去。

烏克蘭軍隊派出二十四架FP-1無人機。FP-1是烏克蘭自行製造的遠程自殺式無人機。價格低、飛得遠，撞上目標後自行爆炸。這二十四架無人機低空飛越黑海。高度約36公尺，大約是人身高的二十倍。它們以時速約193公里飛行，分散在超過4.8公里的空域中。它們沒有聚成一團，是為了避免一枚飛彈

同時打掉多架。它們從東南方安靜接近。

岸邊防空陣地裡，俄羅斯S-400凱旋 (Triumph) 操作人員已盯著雷達螢幕三個小時。S-400是俄羅斯引以為傲的遠程防空飛彈系統。一次雷達掃描中出現了二十四條軌跡。操作員把手放到發射開關上。但他沒有按下去。

烏克蘭的欺敵在這裡發揮作用。二十四架中有六架被推到前方。這六架故意放出清楚訊號，裝成主攻部隊。它們是誘餌。當S-400操作員的眼睛被這六架吸住時，剩下十八架進一步降低高度，關掉電波，沒有任何急劇動作，像影子一樣貼著海面爬行。

誘餌戰術能成功，是因為它瞄準人的判斷。雷達是機器。但讀取畫面並下達發射命令的是人。人會把清楚的訊號看成威脅。帶頭靠近的六架越清楚，操作員的眼睛就越被綁在那裡。這段時間裡，在後方關掉訊號的主力就從人的注意力之外滑走。烏克蘭騙過的不是俄羅斯防空網的機器，而是操作那部機器的人的視線。

S-400發射了飛彈。五枚飛彈依序摧毀五架誘餌。第六枚飛彈瞄準最後一架誘餌。就在那一刻，最後的誘餌自行切斷所有發信訊號，俯衝進海面殘骸區；那裡混著先前被擊碎無人機的碎片、撕裂金屬和半燃燃料蒸氣。第六枚飛彈在那堆殘骸中引爆近炸引信。目標並不在那裡。飛彈浪費在空中。操作員的螢幕上，這看起來像一次完美的連續攔截。實際上，十八架主力已經直接從監視網下方穿過。

下一道牆是電波。十八架很快進入克拉蘇哈-4 (Krasukha-4) 電子戰系統的干擾區。電子戰，就是用電波干擾敵方通訊與定位訊號的戰鬥。在俄羅斯操作員的螢幕上，目標座標每次掃描都偏移跳動。哪個點是被干擾的無人機，哪個點只是反射的碎片，已經分不清。克拉蘇哈-4在最初30秒拖慢了無人機編隊的腳步。但當操作員重新過濾訊號時，倖存的十五架已經朝瓊哈爾大橋方向又深入約3.2公里。

在後方看著这一幕的潘齊爾-S1 (Pantsir-S1) 操作組沉默了11分鐘。潘齊爾-S1是俄羅斯精銳的近程防空系統，專門捕捉近距離目標。即使他們的系統已擊落九架無人機，仍有十五架向大橋衝來。潘齊爾的射控雷達發射四枚速度超過3馬赫的攔截飛彈。第一架無人機被約4.5公尺外引爆的近炸引信撕碎。接下來兩架也消失在火焰中。可是還剩八架。它們散得更開、壓得更低，連最後這片攔截區也穿了過去。

現在距離大橋約3.2公里，進入終端階段。終端階段指飛彈或無人機最後撲向目標的瞬間。俄羅斯軍隊拉高橋周邊的電波干擾，想把無人機推向淺水或空地。若是依賴無線電的無人機，這招會有效。可是這八架不依賴無線電。因為無人機前方的光學攝影機正在自行比對預先輸入的橋梁外形與眼前的即時影像。混凝土邊緣、護欄、支撐柱、橋面下的陰影。攝影機辨認這些特徵，自己找路。切斷電波也無用，原因就在這裡。

這一點是這場戰爭的技術核心。用電波阻止無人機，只有在無人機依賴電波時才有效。若操作員從遠方用無線電控制無人機，或無人機透過衛星訊號掌握自身位置，就可以切斷那段電波，讓它迷路。可是對靠攝影機觀察並自行尋路的無人機而言，沒有可切斷的電波。就像人用眼睛認出大橋，無人機用畫面認出大橋。俄羅斯防禦的一根大柱，干擾，在一臺攝影機面前失去了力量。若算價格，攝影機只要幾萬韓元。這幾萬韓元，讓價值數億韓元的電子戰系統空轉。

最前方兩架在完全沉默中下降。最後7秒以時速約193公里飛行，直接撞進大橋主跨橋面，以及插在淺水中的支撐柱。鋼筋混凝土表面爆出巨大的衝擊波。前一次爆炸削弱表面，後一次爆炸把已經裂開的地方撕得更深。只花了1分鐘。橋面混凝土板嚴重變形，多處出現破洞，承重梁遭到直接命中。軍用卡車、燃料運輸車和重型裝甲車通行全面中斷。俄羅斯軍隊只能把補給改走更遠、更容易被追蹤的繞道路線。

瓊哈爾癱瘓後，一條高速公路成了通往克里米亞的新生命線。那就是R280高速公路。

為了進一步切斷阿爾米揚斯克大橋，烏克蘭偵察無人機正在空中安靜盤旋，尋找目標的弱點。它觀察大橋哪個區段最脆弱，打哪裡才會讓承重結構崩塌。

就在這時，意料之外的事插了進來。當地時間06時17分左右，這條道路上出現一支龐大的軍事車隊。約五十輛車。十二輛油罐車、十八輛載著砲彈與飛彈的卡瑪茲 (KamAZ) 卡車、二十四輛載著增援兵力的裝甲卡車，還有十輛護衛它們的BTR-80裝甲車。這些鐵塊聚在一處，價值驚人。它們排在同一條道路上。車隊指揮官相信時機完美。前一天下午俄羅斯發動了大規模空襲，他以為烏克蘭無人機部隊的行動已在夜裡被切斷。這個計算漏掉了一支部隊。烏克蘭特種作戰部隊第412涅墨西斯 (Nemesis) 旅手中，仍有一支尚未動用的祕密無人機部隊。

八架FPV無人機先瞄準油罐車。FPV是由操作員透過無人機攝影機的1人稱視角直接駕駛的無人機。兩架撞上前方油罐車群，三架撞上夾在彈藥卡車與運兵卡車之間的中段油罐車。小型彈頭穿透罐體外皮，點燃燃料蒸氣。超過18公尺的橘色火柱衝向低空。燃燒的燃料倒灌到道路上。超過攝氏800度的高溫讓輪胎爆裂、鋼製罐體扭曲。第一波打擊後90秒，隊形瓦解。油罐車猛烈燃燒，BTR-80無法精準射擊，後方卡瑪茲彈藥卡車發生第2次連鎖爆炸。駕駛和護衛隊員棄車，往排水溝、樹後和空地逃去。

在這片混亂中，一架7英寸FPV無人機發起最後衝刺。目標是正通過阿爾米揚斯克大橋的關鍵彈藥卡車。俄羅斯BTR-82A裝甲車的7.62毫米機槍，橫跨無人機飛行路線打出像鋼鐵網一樣的彈幕。子彈擦過機身。無人機劇烈搖晃。它只靠四具馬達中的三具穩住姿態，電池電壓從14伏、13伏、12伏一路下降。距目標約60公尺，又縮到約45公尺。即使在煙霧、塵土與電波干擾中，無人機內建人工智慧仍撐著，不讓彈藥卡車輪廓從視野中消失。裝甲車試圖壓低砲管。但無人機已經貼到橋面上方1.5公尺處。它鑽進唯一的死角；僅3.6公尺外的卡車車身和彎曲護欄，正好擋住裝甲車砲塔的射角。

當地時間04時39分，這架無人機以時速約64公里飛行，用最後動力撞進彈藥卡車後方。畫面變成一片白。貨箱撕裂的第一波爆炸後，內部彈藥引發連鎖反應。爆炸接連發生四次。大橋中央升起18公尺高的火球，把卡車炸出車道外。金屬碎片、混凝土和欄杆碎片向四面八方飛散。後方車輛直接撞進燃燒殘骸。側滑的車把逃生路線完全堵死。

那天造成的損害中，致命的是大橋本身的崩塌。先前攻擊已削弱橋面，它承受不了連鎖爆炸的壓力。一根主梁向下彎曲。路面崩落，把彈藥卡車和碎片整個吞下。短短2分鐘，約五十輛車的車隊被困在橋上。無法前進，無法後退，也無法展開防禦隊形。阿爾米揚斯克大橋停止運作。

空中，烏克蘭偵察無人機保持安全距離盤旋，錄下這一切。先進雷達、強力電波干擾、裝甲車護衛、攔截飛彈。如此層層保護的大橋與車隊，在一架7英寸無人機穿過防禦網的瞬間，竟能在短短幾秒內崩塌，畫面把這件事完整記了下來。

在這裡稍微算一下成本。崩潰的車隊裡混有油罐車、彈藥卡車和裝甲車。每一輛少則數億，多則數十億韓元。車上裝載的砲彈和飛彈另算。摧毀它們的無人機全部加起來，也不到幾輛汽車的價格。攻擊的一方便宜，防守的一方昂貴。這種顛倒的算法，在整場戰爭中不斷折磨俄羅斯。因為為了阻止而發射的一枚攔截飛彈，比飛來的一架無人機貴上數十倍。攔住也虧，攔不住虧得更大。通往克里米亞的兩條動脈都被切斷了。

到這裡為止，是道路的故事。現在轉向本該沿著那條路流動的東西，燃料的故事。

烏克蘭的無人機教義沒有停在摧毀前線武器。它轉向直接剝出俄羅斯運轉戰爭的力量根源，也就是能源設施。它瞄準距前線數百、數千公里的本土煉油廠與燃料儲存設施。用小型商用無人機做到這件事。結果就是莫斯科的黑煙，以及克里米亞空掉的加油機。

為什麼是煉油廠。答案在恢復速度。一輛戰車被毀，工廠可以再造一輛新戰車。可是煉油廠一停，很難找到地方填補空缺。煉油設施是耗費數十年建成的巨大裝置產業。一旦核心設備燒毀，要找零件修好需要幾個月。那些零件相當一部分是西方技術，又被制裁擋住。摧毀前線的戰車，是切掉敵人的手指。摧毀煉油廠，是讓敵人造血的工廠停擺。即使用同樣的無人機，後者痛得更久、更深。烏克蘭知道這個差異，才選定目標。

象徵這波攻勢的目標，是卡波特尼亞（Kapotnia）煉油廠。它位於莫斯科東南方、人口稠密的地區。距克里姆林宮只有16公里。這座設施是俄羅斯最大級的燃料處理設施之一，負責莫斯科一帶1/3的燃料供應。它等於首都圈能源的心臟。

這座工廠在一週內被打中兩次。這樣的設施被打中一次已是大事，一週內燒了兩次，意味著防禦沒能填上中間的缺口。第一次攻擊沒能擋住的地方，第二次攻擊沿著同一路線進來。

現場拍下並傳開的影片，像戰爭電影的一幕。無人機準確擊中燃料儲存槽的一瞬間，原油儲槽巨大的鋼製頂蓋整個飛上天空。數十噸重的鋼蓋像紙片一樣升起又墜落。火柱升起，漆黑濃煙覆蓋莫斯科天際線。俄羅斯軍隊試圖在重要設施上方架網阻擋。但要擋住自殺式無人機的物理撞擊，仍然不夠。空襲後，莫斯科一帶主要機場全面關閉數小時。數百班航班延誤。首都的空中道路與物流一起停下來。

俄羅斯密集防空網仍讓無人機擊中莫斯科心臟，原因在於攻擊規模。那天，烏克蘭至少一次向俄羅斯全境放飛超過550架無人機。俄羅斯國防部宣布，一夜之間攔截555架，擊落約200架接近莫斯科的無人機，並在24小時內打下近1,000架無人機和4枚巡弋飛彈。即使這份發布為真，問題仍然存在。因為有好幾架穿過防禦網縫隙，落在市中心與戰略地點。這顯示俄羅斯這副巨大鎧甲出現了大裂縫。

莫斯科市民聽見無人機飛過頭頂的聲音。聽見市區各處的爆炸聲。看見首都中央升起的黑色煙柱。機場關閉後，出差旅客在跑道旁的椅子上熬夜。電子看板上的航班一班接一班變成「延誤」。有人沒能去婚禮，有人錯過轉機。普丁政權長期承諾的「安全日常」圖像，就在那裡裂開。

戰爭在遠處時，還能忍受。它是螢幕裡的事，是別人城市的事，是前線的事。當那場戰爭在上班路上的天空化成煙升起，故事就變了。莫斯科是距前線數百公里的後方。後方不再是後方的那一天，一個國家一直保有的心理安全閥第一次被擊出洞。這個洞，是本書想說的變化之一。強國深遠後方，也就是被稱為戰略縱深的廣闊安全地帶，已不再安全。

煉油設施被摧毀的結果，最殘酷地落到克里米亞半島。也就是謝爾蓋排隊的地方。

2026年6月，作為澤倫斯基總統批准的所謂「40天行動」一環，烏克蘭安全局（SBU）阿爾法（Alpha）特種部隊有組織地獵殺克里米亞防空網。每套最高價值2,000萬美元的俄羅斯精銳近程防空系統潘齊爾-S1，以及S-400的雷達組件接連被摧毀。覆蓋克里米亞的防空傘被撕開。

傘消失後，烏克蘭把多達660架無人機群推入克里米亞空域。這批無人機不受干擾地穿梭大範圍區域，同時攻擊變電所和燃料儲存庫。根據烏克蘭無人系統部隊紀錄，一夜之間，包括防空陣地、變電所和燃料基地在內的60處目標化為灰燼。

克里米亞當局宣布緊急狀態。關鍵變電所被打中後，半島全境出現輪流停電。輪流停電，是電力不足時依地區輪流切斷供電的措施。將近總人口一半陷入沒有電的黑暗。冰箱停止，食物腐壞。電梯停住，高層公寓裡的老人被困在樓梯間。紅綠燈熄滅的路口，車輛彼此看著對方，小心爬行。

當局的警告更令人絕望。烏克蘭軍隊持續攻擊電力設施，修復工作本身幾乎不可能，近期內也沒有恢復供電的可能。一般停電總會伴隨很快修好的承諾。這一次，連那個承諾也沒有。不知道何時恢復這句話，比黑暗更讓人疲憊。

比電力更慘烈地癱瘓日常的，是燃料。煉油設施與燃料基地接連被毀後，克里米亞全境加油站油料見底。庫存暴露後，俄羅斯當局管制剩下的加油站，禁止向民間駕駛販售燃料。這是面向平民的「燃料販售全面禁令」。

SBU把這項措施解讀為一項指標。它顯示俄羅斯軍隊的後勤與補給餘裕變得多麼薄。要繼續戰爭，軍事需求排在前面。所剩不多的可用燃料先被軍隊吸走。由此產生的短缺，原封不動落到平民身上。連克赤（Kerch）大橋通行也中斷後，橋前有2,760輛車被困，無法過橋。那是一場巨大的交通堵塞。

這些數字的盡頭，有謝爾蓋這樣的人。提著空桶走向下一座加油站的人，為了排隊而熄火的人，連發怒力氣都要省下的人。軍隊優先拿走燃料這一行決定，讓一座城市的早晨整個停住。上班路斷了。去醫院的路堵了。沒有油讓發電機運轉，夜晚變得更長。

克里米亞居民落入何種處境，與他們的政治立場無關。這座半島是2014年俄羅斯強行併吞的土地。住在那裡的人，有支持俄羅斯者，有勉強服從者，也有沉默者。可是在空加油機前，這些區分消失了。燃料不問政治。在占領軍先拿走燃料、民間承擔剩餘短缺的結構面前，普通駕駛不管自己站在哪一邊，都一樣排隊。戰爭的經濟壓力會先落在沒有穿軍服的人身上，也停留得更久。70億美元、660架這樣的數字，碰到一個人的一天，就會變成這種模樣。

SBU把這場燃料危機發布為軍事成果。它說占領區補給線被掐乾。這是行動的一面。另一面，是沒能送出麵包的謝爾蓋。行動成果與它的陰影，是同一事件的正反面。只寫一邊，故事就會變淺。

到這裡，會出現一個疑問。烏克蘭究竟如何把無人機送進俄羅斯本土深處。答案在意想不到的地方。那是俄羅斯為了躲避制裁而自己鋪下的路。

蜘蛛網行動的核心通道，正是俄羅斯為了繞開西方經濟制裁而建立的「國境之外的經濟鏈」。在反向利用這條鏈的中心，有一名叫「阿爾特姆（Artem）」的烏克蘭出身特工。他原本在基輔經營服裝公司。他支持過推翻親俄舊烏克蘭政府的抗議。為了行動，他搬到俄羅斯中南部工業城市車里雅賓斯克（Chelyabinsk），重新成立物流公司。

SBU選擇車里雅賓斯克作為基地，有明確理由。地理。車里雅賓斯克距哈薩克（Kazakhstan）邊境只有約130公里。中立國哈薩克是俄羅斯躲避制裁的主要繞行路線。電子產品等大量受制裁品項，透過哈薩克不斷流入俄羅斯境內。在西方前所未有的制裁下，俄羅斯零件供應網仍未斷裂，原因就在這裡。

制裁原本的目的，是綁住俄羅斯的手腳。阻止可用於戰爭的零件進入俄羅斯。但被關上的正門旁邊，側門打開了。只要經過哈薩克等鄰國，受制裁品項也能流入。俄羅斯透過這扇側門呼吸。問題是側門是雙向的。零件進來的路，也是別的東西進來的路。敵人的零件，敵人的武器，也能走同一條路進來。烏克蘭情報機關看見的正是這一點。它把俄羅斯的走私動脈，原封不動變成敵方滲透路。

烏克蘭正是沿著那條路倒走。它先把組裝117架自殺式無人機的電子零件，以及用來隱藏它們的訂製木製艙體送到哈薩克，再經陸路運過俄羅斯邊境。通過檢查站的設備，被轉移到阿爾特姆的物流公司在車里雅賓斯克租下的民間倉庫，組裝成無人機。組裝完成後，裝上約二十輛由俄羅斯駕駛開的民用貨車。再分散前往莫斯科近郊的伊萬諾沃基地，以及數千公里外西伯利亞的別拉亞基地等地。為了躲避制裁而打開的路，反而成了讓117架敵方無人機進入的通道。

這裡必須提到卡車駕駛。最後運送無人機的駕駛，並不知道自己運的是什麼。他們是普通俄羅斯人。靠貨運維生的人，接到工作、裝上貨、前往指定地點的人。貨箱裡木製艙體的屋頂會因遠端訊號打開，無人機會從裡面升起，直到握著方向盤的最後一刻，他們都不知道。

有五個人。一人因卡車爆炸喪命。四人被俄羅斯聯邦安全局（FSB）逮捕。從未看過一張行動設計圖的人，成了情報戰最後的搬運者，也比誰都近地付出代價。蜘蛛網行動會被記成一場大膽情報勝利，摧毀強國安全閘。在那份紀錄的註腳裡，有這五個人。只寫英雄故事，這個註腳就會被擦掉。所以在這裡寫下來。華麗行動的成功，是站在那些不知道行動、卻握著方向盤的人背上完成的。

切割經濟鏈的刀刃，不只用於滲透。它也用於直接剝掉支撐俄羅斯經濟的能源設施。代表性案例，就是波羅的海沿岸的烏斯特-盧加（Ust-Luga）天然氣處理設施。

烏斯特-盧加是位於俄羅斯最大級港口的天然氣處理園區。它把天然氣凝析液分離成有價成分，是俄羅斯天然氣經濟的核心引擎。光建設就花了20億美元。這是一座設計用來承受地震與暴風的巨型極低溫處理複合設施。極低溫處理，是把天然氣冷卻到零下數十度，使其液化後再按成分分離的工序。

烏克蘭派去摧毀這座20億美元設施的，是十五架單價3萬5,000美元的「UJ-26海狸（Beaver）」遠程無人機。單座設施與單架無人機的價格差超過5萬倍。無人機接近港口前方8公里時，濃密海霧覆蓋戰場。那是氣溫上升形成的霧。能見度降到30公尺。俄羅斯防禦核心潘齊爾系統的熱成像攝影機偵測距離，從5公里縮到200公尺。雙方都瞎了眼。慌張的防守部隊朝他們猜測無人機會來的座標掃射機槍，還發射水砲。

真正致命的事，卻在設施內部自行發生。偵測到不明飛行物接近後，自動安全系統啟動緊急程序。為了在外部衝擊導致管線破裂時避免過壓，系統開始把數千立方公尺的甲烷與乙烷氣體緊急排入空氣中。這是防護措施。它卻成了最糟的自傷。排出的可燃氣體在設施上方形成一片看不見的巨大雲團。只要一點火花就會爆炸的「燃料-空氣爆炸物」狀態被製造出來。

最後一架海狸無人機只剩5%電量，被水砲擊中後像陀螺般旋轉搖晃。接著，它穿過這片透明氣體雲，朝巨大的圓柱形極低溫分離塔下部俯衝。無人機炸藥在2秒內穿透塔的鋼壁。超高溫金屬碎片立刻汽化內部液化碳氫化合物，壓力飆升，鄰近管線接連破裂。漂浮在空氣中的氣體雲被點燃。爆炸以每秒3,000公尺擴張。半徑1公里內所有玻璃碎裂。200公尺高的橘色火柱穿透清晨海霧升起。

接著發生的是天然氣設施最糟的災難，BLEVE現象。它的意思是沸騰液體膨脹蒸氣爆炸。加壓液化氣體突然失去壓力並汽化，體積瞬間膨脹600倍。破裂的氣體罐像骨牌一樣推倒鄰近設施。巨大的煙柱升起，連愛沙尼亞邊境的衛星都能清楚看見。這場火燒了6天。價值20億美元的烏斯特-盧加天然氣處理設施，幾分鐘內塌成扭曲金屬殘骸。

這裡有這起事件殘酷的反諷。摧毀設施的最後一擊，不只是無人機炸藥。設施自己噴出的氣體雲，製造了爆炸的一半。為安全而設計的緊急排放裝置，一遇上外部攻擊，就變成巨大炸彈。昂貴而精密的防禦，不一定永遠安全。越精密，越可能在意想不到的一點崩潰。3萬5,000美元無人機瞄準的不是設施鋼牆，而是那道牆自己打開的縫。

指向能源鏈的這把刀，最後切到了俄羅斯國境之外。奧倫堡 (Orenburg) 天然氣處理設施，就是那條邊界。

奧倫堡設施是俄羅斯天然氣工業公司 (Gazprom) 的大型園區，距烏克蘭邊境約1,500公里。年處理能力達450億立方公尺。Gazprom加工部門處理的天然氣約60%經過這裡。它也是俄羅斯唯一生產氫氣的設施。可是這座設施牽涉的不只是俄羅斯自己的事，還牽涉國境之外的事。

奧倫堡負責處理來自哈薩克卡拉恰加納克 (Karachaganak) 天然氣與凝析油田的天然氣。它實際上是接收並加工卡拉恰加納克天然氣流的唯一路徑。哈薩克境內沒有可在短期內消化這種規模的替代設施。兩國天然氣在同一座設施相遇並處理，這就是奧倫堡的結構。

烏克蘭遠程無人機群攻擊了這座設施。那些無人機飛了1,500公里。天然氣處理停擺。氫氣生產線陷入火海。到這裡為止，仍是俄羅斯境內的事。可是接下來發生的事，使這次攻擊和所有其他攻擊區分開來。衝擊跨過了國境。

奧倫堡停擺後，卡拉恰加納克的天然氣失去去處。即使油田持續把氣抽上來，也沒有設施處理，哈薩克只能削減油田本身產量。減產幅度在25%到30%之間。攻擊前每日約生產3萬5,000噸的油田，產量降到2萬5,000噸至2萬8,000噸。烏克蘭無人機只是打了俄羅斯一座設施，非交戰中立國哈薩克的天然氣產量卻被削掉1/4。

這一點顯出一個悖論。俄羅斯為了撐過西方制裁，和鄰國密密編織能源鏈。它接收並處理哈薩克天然氣，兩國因此一起分享利益。那是為在制裁時代活下來而建立的連接網。這個連接網變成弱點。當一國設施和另一國產業綁成一體，打擊那座設施，兩國會一起搖晃。哈薩克不是這場戰爭的當事國。即便如此，它本國的天然氣生產指標也落入烏克蘭無人機射程的左右之中。

這就是戰爭的經濟鏈。一座設施不會孤立站著。哈薩克的油田繫在俄羅斯的處理設施上，俄羅斯的處理設施又進入烏克蘭無人機射程。切斷鏈條上一個環節，衝擊就沿著環節傳到國境外第3國的產業指標。無人機打的不只是俄羅斯。它揭開了俄羅斯這一國能源經濟，與多少鄰國綁成一體的鏈條真相。哈薩克政府表示，幾天內應可恢復生產。恢復也許只是時間問題。可是能恢復這件事，和曾經被切斷

這件事，重量不同。因為所有人都知道，一條曾經被切斷過的鏈條，可以再次被切斷。

所有這些打擊，最後在宏觀指標上匯聚成一種屈辱。

一連串攻擊從哈薩克邊境鬆散的制裁規避物流網開始，把烏斯特-盧加20億美元天然氣設施與莫斯科卡波特尼亞煉油廠燒成灰燼，急劇削弱俄羅斯的煉製能力。燃料供應網本身出現問題。俄羅斯政府原本已管制汽油與航空燃油出口，局勢惡化後，開始認真考慮把柴油也列入出口禁令。那會是全面禁止柴油出口。

痛處在於進口政策的變化。根據路透社等外媒報導，曾以「全球第3大石油生產國」頭銜自豪的俄羅斯，因沒完沒了的煉油廠爆炸，不得不為即將到來的本國燃料短缺做準備，甚至準備從海上進口燃料。靠出口能源籌措戰爭資金的國家，跌到必須買進能源以維持本國民生與軍事行動的位置。

柴油出口禁令為何如此沉重，只要看俄羅斯經濟結構就會明白。俄羅斯靠出售能源籌措戰爭資金。出口石油與天然氣流入的外匯，是國防費的重要支柱。自己阻止這項出口，等於親手勒緊戰爭資金的一部分。但若不阻止，國內油料就會耗盡。軍隊要用的燃料，城市要用的燃料，都會不足。賣也虧，不賣也虧。烏克蘭無人機把俄羅斯推進這兩個都糟的選擇之間。

這些攻擊招來俄羅斯報復空襲。烏克蘭打擊卡波特尼亞這類經濟與軍事中樞後，憤怒的俄羅斯大規模傾瀉高超音速飛彈與無人機。某個時點，它甚至動用70枚飛彈與61架無人機，對基輔發動報復打擊。即便如此，烏克蘭的無人機攻勢沒有停止。澤倫斯基總統、法國總統馬克宏等西方領袖，把打擊能源基礎設施當成把俄羅斯拉上談判桌的軍事槓桿。

數百架價值數百美元的商用無人機，讓莫斯科天空被黑煙覆蓋。它讓克里米亞加油站乾涸。它讓全球第3大產油國跌入石油進口國處境。這些更小、更便宜、更難捕捉的武器，穿透了俄羅斯引以為傲的數千公里領土與先進防空網這副鎧甲。並讓敵方血管裡流動的燃料本身枯竭。

這種方式也有陰影。煉油廠與天然氣設施不是軍事基地。旁邊有人生活。卡波特尼亞位於人口稠密地區。烏斯特-盧加爆炸震碎半徑1公里內的玻璃。切斷燃料的戰略在讓軍隊血液枯竭的同時，也讓那座城市居民的日常一起乾涸。哪裡算軍事目標，哪裡開始算民間傷害，這條邊界在火焰邊緣變得模糊。這是這場戰爭留下的爭議之一。能源基礎設施攻擊有效。有效這個事實，和正當這個判斷，不是同一句話。本書把這個判斷留給讀者。

再回到辛菲羅波爾那條隊伍。

謝爾蓋終究沒找到油。他排隊的那臺加油機軟管，若往回追溯，會連到卡波特尼亞燃燒的儲槽，連到烏斯特-盧加燒了6天的火焰，經過奧倫堡，甚至連到哈薩克的油田。讓一座城市的早晨停住的，不是一發砲彈。是橫跨數千公里後被切斷的血管。

沒有聖域。莫斯科16公里外，波羅的海沿岸，國境之外的油田，都不安全。戰爭縱深這個古老安全閘，也就是本土深處不會被敵人碰到的信念，在這裡崩塌。那麼，還剩下一個問題。當敵人的血管已經放在敵人掌心上的時代，「後方」這個詞還能意味著什麼。

第7章 40天的壓迫

2026年6月25日夜晚，烏克蘭一間出擊控制室的螢幕上，點開始冒出來。一個、十個、一百個。小小標記逐漸鋪滿整個畫面。每一個點，都是一架往南飛的無人機。據報導，那天夜裡升起的點多達660個。這是很難全部放進同一個畫面的規模。

那些點朝向同一個方向。克里米亞半島。

控制室裡有人看著那個畫面時，心裡想著什麼呢。幾天前就已展開的行動，終於到了主力升空的瞬間。敵人的雷達已經在幾天裡一個接一個失明。那一夜，660個點同時朝盾牌上的破洞湧入。這是一場甚至事先預告過，要對方試著攔下來的攻擊。

這一幕濃縮了從那天開始的40天。數百架價值數百美元的機器聚在一個螢幕上，一起飛向強國領土深處。每一件武器本身都不起眼。聚成群後，就成了足以壓垮一座半島防禦網的重量。

本章要說的，就是那40天。那是烏克蘭朝俄羅斯本土推進得比以往更遠、更深的時期。同時，也是這種壓迫究竟會通向和平，還是固化成更大報復惡性循環，尚未分出結果就結束的時期。

批准

2026年6月25日，烏克蘭總統沃洛迪米爾·澤倫斯基批准了一項行動。烏克蘭安全局（SBU）與無人系統部隊稱之為「40天影響行動」。英文是「40-day influence campaign」。名稱中放入「影響」這個詞，是核心所在。這項行動的目標不是在前線把俄羅斯軍隊推開。它要影響的是俄羅斯整個國家。更準確地說，是把俄羅斯拉到談判桌前。

這裡有一段很長的來龍去脈。

此時，烏克蘭戰爭正進入第4年。前線幾乎沒有移動。雙方都付出數十萬傷亡，誰也找不到決定性突破口。這是軍事戰略家所說的「消耗戰」僵局。消耗戰的邏輯殘酷得很清楚。在兩邊彼此削弱的戰鬥裡，擁有更多人、更多錢、更多時間的一方，終究會贏。問題不在誰更聰明，而在誰撐得更久。用這個算法看，烏克蘭不利。人口、經濟規模、武器工廠數量，俄羅斯都大得多。時間站在莫斯科這邊，這個計算在西方各國首都悄悄擴散。

看前線，這個計算更清楚。雙方為東部某個村莊打了幾個月。即使那座村莊陷落，戰爭大局也幾乎沒有改變。因為下一座村莊還在等著。在這種戰鬥中，烏克蘭打得再好，結構上仍是口袋更深的一方慢慢占上風。烏克蘭指揮部知道，必須改變這個結構本身。

烏克蘭必須把這個計算翻過來。若在前線做不到，就要在別處做。避開敵人力量最強的地方，打擊敵人力量最弱的地方。這是非對稱戰略的老原理。弱者不和強者正面相撞，而是瞄準強者尚未防住的空隙。

那個別處，就是俄羅斯本土。戰略學裡有一個古老概念，叫「戰略縱深」。意思是，即使敵人再強，只要我的國家又寬又深，敵人的打擊就到不了心臟地帶。俄羅斯是人類歷史上擁有最深縱深的國家之一。拿破崙和希特勒都在這片廣闊面前崩潰。莫斯科的煉油廠和西伯利亞的轟炸機基地，一直被認為是敵手絕不可能觸及的安全閥。

這個安全閥曾經碎過一次。那就是2025年6月1日的蜘蛛網行動。藏在卡車裡的117架無人機，飛到4,300公里外的西伯利亞別拉亞基地，燒毀戰略轟炸機。那項瞄準5座基地、命中4座的行動，證明縱深已不再是安全閥。卡車貨櫃屋頂打開，無人機從裡面升起的那一幕，向全世界顯示，俄羅斯領土的深度已不再能當盾牌。

可是那只是一次突襲。一次突襲會帶來衝擊。它會登上報紙第1版，刮傷敵人的自尊，吸引世界目光幾天。但衝擊會沉下去。敵人會重新站穩，補上漏洞，回到日常。一次突襲改變不了戰爭算法。要改變算法，需要的不是衝擊，而是壓迫。不是一次，而是反覆；不是一個點，而是持續。

40天行動和蜘蛛網行動的質地不同。如果蜘蛛網是一次刀鋒，40天就是不斷收緊的手掌。不是一次，而是40天裡每天都有。不是一處，而是同時擴散到克里米亞半島、莫斯科、聖彼得堡與伏爾加格勒。它不是突襲，而是壓迫。敵人才剛撲滅一處火勢、喘一口氣，另一處又起火。這種持續瞄準的，不只是設施的破壞。還有敵人的耐心。

有人事先揭示了行動性質。那就是烏克蘭無人系統部隊司令羅貝特·馬迪亞爾·布羅夫迪。全面攻勢前幾天，也就是6月21日，他在公開演說中丟出一句話：「克里米亞半島會讓莫斯科跪下。」

事先公開行動目標，在軍事上很危險。因為這會給敵人準備時間。即便如此，他仍特意這樣做，有其理由。這場行動的舞臺不只是戰場。也是敵人的腦海。知道即將發生什麼卻擋不住的無力感，本身就是壓迫的一部分。預告不是虛張聲勢，而是武器。提前告知你來擋看看，最後仍然穿透，衝擊就會放大好幾倍。

戰略學中有一個詞指稱這類壓迫。強制 (coercion)。物理上征服敵人和強制不同。征服是把敵人的力量全打斷，讓它照我的意思行動。強制則是即使不能打斷敵人所有力量，也讓敵人自己改變計算，選擇我想要的道路。烏克蘭無法征服俄羅斯。因為俄羅斯太大。因此它選擇強制。把俄羅斯繼續戰爭的成本提高到難以承受。這就是40天行動的戰略定義。

先讓眼睛失明

主力出擊前，另一項行動先動了起來。那是SBU最精銳打擊隊阿爾法部隊負責的工作。它被稱為「獵殺防空網」。

現代防空網不是一層。它是多層。最外圍有S-400凱旋。這是捕捉數百公里外高空目標的遠程盾牌。內側有潘齊爾-S1。它是阻止近距離鑽入威脅的近程防禦系統。單套價格最高達2,000萬美元。打個比方，S-400是看向遠方的望遠鏡，潘齊爾是把眼前敵人砍下來的短刀。兩者一起運作，防空網才真正密實。

阿爾法部隊把這些保鏢一個一個拆掉。

6月23日，烏克蘭軍隊摧毀克赤海峽附近的大型涅波-U雷達基地。涅波-U是捕捉遠方來襲目標的早期預警雷達。它一死，就難以預先知道敵人正在靠近。同一天，在克里米亞半島東部巴格羅沃空軍基地附近，一套正在運作的潘齊爾-S1被無人機空襲燒毀。

隔天6月24日，阿爾法部隊直接打擊通往克赤大橋的接近道路。這一次是升級版潘齊爾-S2。克赤大橋是俄羅斯比誰都在意的設施。精準摧毀守護那座橋的防空系統，等於宣告連防守最厚的地方，盾牌

也能被穿透。光是6月一個月，潘齊爾系列就消失4套。在這個過程中，S-400的2個雷達組件也接連停止運作。

有必要看一下這場獵殺如何成為可能。潘齊爾或S-400這類系統不會靜止站在一個位置。為避免被發現，它們經常移動。要準確找到並打擊這種目標，首先要知道它的位置。烏克蘭同時使用偵察無人機、衛星，以及反向追蹤敵方雷達發出電波的設備。雷達為了看見敵人而發射電波，但那道電波同時成了暴露自己位置的訊號。它一開眼看，就變得可見。烏克蘭等敵人的眼睛亮起來，再沿著那道光派出打擊無人機。田野裡的木製誘餌沒有效，理由也在這裡再次變得清楚。假的不發射電波，所以也沒有可反向追蹤的訊號。

這裡藏著一個不是旁枝，而是行動核心的聰明想法。

它先瞄準的不是發射車，而是雷達。在防空系統中，發射飛彈的發射車是手臂。雷達是眼睛。眼睛一瞎，手臂再強也只是在空中揮舞。看不見敵人從哪裡來，再快的飛彈也不知道該往哪裡射。烏克蘭沒有直接摧毀昂貴發射車，而是先剝出它的眼睛。它專門獵殺旋轉的雷達天線盤。

這個想法的聰明之處在成本計算。要摧毀整套潘齊爾，需要多次精準打擊。可是只要讓它上方的一個雷達盤失能，整套系統就成了盲人。用同樣的錢，可以讓更多敵人失明。烏克蘭不理會田野裡的木製誘餌，原因也在這裡。誘餌無法發出真正的雷達訊號。烏克蘭部分打擊無人機被設計成追著敵方雷達發出的電波訊號前進。對追訊號的無人機而言，假潘齊爾只是一堆木頭。不發射電波的木製模型，雕得再精巧，在無人機眼中也等於不存在。

俄羅斯製造木製誘餌這件事本身，就說明了什麼。因為比起製造並部署更多真正潘齊爾，立起假貨騙敵人更快、更便宜。也就是說，真貨很稀少，損失很痛。防守方開始依賴假貨，這正是那套防禦已經變薄的證據。

雷達死後，海岸接近路線打開一大片死角。盾牌上出現破洞。那個洞沒有很快補上。因為防空雷達不是幾天內就能重新製造並立起來的東西。它需要精密電子零件和熟練操作人員，在西方制裁下，俄羅斯取得這些零件越來越困難。失去一套，那個位置就必須空上一段時間。烏克蘭在空位補上之前派出了主力。

一夜，660架

6月25日夜晚到26日清晨之間，無人機從那個洞口傾瀉而入。

據報導，那天夜裡烏克蘭投入的無人機規模為660架。西方外媒與軍事分析家評估，這是開戰以來針對克里米亞半島最大規模的無人機攻擊。有意思的是這個數字的來源。660這個數字，是俄羅斯國防部自己公布的。俄羅斯宣布：「整夜擊落660架烏克蘭無人機。」這原本是為誇耀防禦成功而發布。可是這個數字同時也等於由俄羅斯親口作證，烏克蘭一夜之間放出了多少無人機。

俄羅斯宣稱660架全被擊落，烏克蘭則記錄60處目標實際起火，兩者正面矛盾。雙方不可能都完全屬實。一邊說擋住了，另一邊說穿透了。衛星照片與現場影像部分支持烏克蘭說法，但沒有任何一方能獨立確認660架全部下落。本書不把任何一方的數字釘死。只是有一點很清楚。660這個規模本身，是雙方共同承認的事實。

在此之前，烏克蘭的無人機攻擊偏向游擊式。少量無人機刺中一兩個目標後撤離。那天夜裡不同。它穿過變薄的防禦牆，掌握整片廣大區域，然後同時打擊60處。不是點，而是面。

一次放飛660架，本身就是摧毀防禦的戰術。防空網有處理上限。雷達一次能追蹤的目標數，發射車一次能發射的飛彈數，都有盡頭。昂貴攔截飛彈不可能無限囤積。當敵方無人機超過那個上限湧來，防禦會在算術上輸掉。100枚攔截飛彈不可能擋住660架。必然有一部分通過。這就是集群攻擊，也就是英文所說swarm戰術的核心。每一架都弱，但結群湧來，再密的盾牌也不得不允許部分漏洞。

成本的非對稱也疊了上來。烏克蘭放飛的無人機中，相當一部分單價在數百美元到數千美元。俄羅斯為阻止它而發射的攔截飛彈，每枚數十萬美元到數百萬美元。阻擋的一方更貴。擋下660架所花的錢，遠高於製造660架所需的錢。這種戰鬥反覆發生，防守方的倉庫會先見底。設定40天並持續施壓，原因之一就在這裡。這不是一次性的衝擊，而是慢慢榨乾敵方防禦資源的消耗戰。烏克蘭等於把消耗戰舞臺，從前線搬到俄羅斯的防空預算上。

受重創的地點之一，是克赤的扎利夫造船廠。那是建造並維修俄羅斯海軍艦艇的核心設施。守護這裡的S-400系統，幾天前已經失明。無人機不受干擾地湧入造船廠，引發大火。

根據SBU發布，這次空襲直接擊中了俄羅斯國防部所屬兩艘特殊軍需支援船。它們是伏爾加號與維亞特卡號。這兩艘船不是普通運輸船。它們是經過特殊設計的布纜船，用於在海底布設水雷，並展開名為「和諧」的水下監視系統。

稍微說明「和諧」是什麼。海底有一種監視網，把聽聲音的感測器長長放下去，用來捕捉敵方潛艦。沿著纜線，一串串聲學感測器垂掛下來，偵測遠方潛艦螺旋槳聲或無人潛航器的動靜。鋪設並維護這些纜線，就是伏爾加號與維亞特卡號這類船隻的工作。它們等於俄羅斯艦隊在黑海海底的耳朵。這些船一燒，耳朵的一部分就失聰。對烏克蘭在海上運用的無人水面艇與無人潛航器而言，路就因此打開。水面上的一場火，也搖動了水面下的平衡。

造船廠裡接近完工的大型渡輪彼得羅巴甫洛夫斯克號也起火。它不是軍艦，而是運人運貨的船。本來要用來填補克里米亞半島與本土之間物流缺口的船，還沒下水就成了灰燼。

這裡有行動的反諷。那些價值2,000萬美元的潘齊爾系統，原本是為守護這座港口與這些船而部署。保鏢先倒下後，保鏢守護的東西也跟著空洞地崩塌。先打碎昂貴盾牌，再依序摧毀盾牌包覆的更有價值資產。這個順序本身，就是行動設計。

不只是造船廠。深入薩基空軍基地的無人機，連續打擊4座飛機機庫。為切斷克里米亞半島物流動脈，一座鐵路橋被炸毀。半島各處的電力變電所與燃料儲存庫同時陷入火海。

熄燈的半島

光靠數字，看不見那天夜裡克里米亞半島到底發生了什麼。那些數字下面，是一整座半島日常停擺的景象。

電力變電所崩潰後，大規模輪流停電開始。據報導，克里米亞半島約一半人口無法獲得供電。半座城市在深夜陷入黑暗。冰箱停止，紅綠燈熄滅，醫院依賴緊急發電機。

燃料更嚴重。加油站與燃料儲存設施接連變成灰燼後，俄羅斯當局提出極端措施。全面禁止向平民販售燃料。因為剩下的燃料必須先給軍隊使用。SBU把這稱為「變薄的補給餘裕」。意思是平時有足夠燃料讓軍方與民間分用，但儲存庫一燒，餘裕消失，短缺就完整落到平民身上。

連接克里米亞半島與俄羅斯本土的克赤大橋也停了。這座橋不只是跨河的橋。它是克里米亞半島占領的象徵，也是俄羅斯軍隊核心補給線。大橋接近道路遭打擊後，車輛通行一度全面封鎖。據報導，有2,760輛無法過橋的車困在接近道路上。那是看不到盡頭的隊伍。隊伍裡有軍需卡車，也有只是想回家的平民轎車。

我們稍微看進這個畫面。數百美元無人機造成的結果，是午夜黑暗中因無法過橋而被困在車裡的一長列人。裡面可能有支持行動的人、反對行動的人，也有對政治毫無興趣的人。對他們來說，那天夜裡不是戰略成功，而是回不了家的夜晚。宏觀戰略成果會被寫成統計。用身體活在那份統計裡的，總是普通人。即使本書在計算無人機飛行距離與擊落數字，那些數字下面也鋪著無名者停住的一夜。

這裡必須指出一個平衡。克里米亞半島是2014年俄羅斯強行併吞的烏克蘭領土。依國際法，它是烏克蘭土地。但那裡同時住著支持俄羅斯的居民、支持烏克蘭的居民，也有只是在占領下生活的居民。烏克蘭的打擊據稱瞄準軍事目標，但停電與燃料短缺不會區分軍人與平民。半座城市陷入黑暗時，那一半裡也有孩子和老人。戰爭中，很少能乾淨地分開軍事目標與平民傷害。這項行動也不例外。

前往莫斯科

40天行動的射程沒有停在克里米亞半島。它朝向俄羅斯本土的心臟，莫斯科。

這裡需要先抓住距離感。莫斯科是距前線數百公里的後方。對俄羅斯人而言，莫斯科上空是戰爭碰不到的地方。那片天空出現了烏克蘭無人機。

象徵性的目標不是郊區，而是市中心要害，卡波特尼亞煉油廠。它是位於莫斯科東南部人口密集地區的巨大煉油廠，距克里姆林宮僅16公里。這一處負責莫斯科地區1/3燃料供應。據報導，卡波特尼亞煉油廠在短短一週內兩度遭烏克蘭遠程無人機打擊。

公開的現場影像生動記錄了那一天的場面。無人機準確命中巨大燃料儲槽的一瞬間，儲槽鋼製屋頂整個升向半空。隨後周邊化成火海。漆黑濃煙覆蓋莫斯科天際線。上班路上的市民拿起手機拍下那股濃煙。那些影片又傳遍世界。煉油廠火柱既是物理打擊，也是一幅影像。它是莫斯科也不安全的影像。

俄羅斯軍隊試圖在主要設施上方架設網子，阻止無人機。那是在巨大煉油設施上方蓋上像漁網一樣的網，想把飛來的無人機攔下。這是窮途末路的辦法。先進防空網擋不住，於是依賴漁夫的網。面對自殺式無人機的直接撞擊，網子沒有多少用處。這一張網，說明莫斯科的防禦有多急迫。

代價很大。防空網被穿透後，莫斯科住宅區的高層公寓遭到摧毀。據報導，至少4名平民死亡，10多人至17人受傷。傷亡數字因來源而異。莫斯科一帶所有主要機場關閉數小時，數百班航班大批延誤。首都的天空整個關上了。

俄羅斯國防部的算法不同。它宣布在24小時內於本國全境攔截約1,000架無人機與4枚巡弋飛彈。光一夜就擊落555架，並摧毀約200架接近莫斯科的無人機。根據Times Now World報導，俄羅斯宣傳稱，短短6天攔截行動中摧毀了4,562架烏克蘭無人機。這些數字主張防禦成功。然而同一期間，卡波特

尼亞煉油廠燒了兩次，公寓倒塌，機場關閉。全部擋下的發布，與沒能擋住的痕跡並排放著。

這道裂縫有比數字更大的意義。因為保衛俄羅斯領土的鐵桶鎧甲出現重大縫隙，竟是在莫斯科市民眼前顯露。從自己頭頂飛過的無人機聲音，和市中心升起的黑色煙柱。普丁政權長期炫耀的「首都絕對安全」承諾，在那片景象前搖晃。

在威權體制中，首都安全不只是軍事問題。它是政權的承諾。我們會保護你們，戰爭是遠方的事。莫斯科市民近4年來，只在電視畫面裡看戰爭。前線很遠，日常大體平靜。咖啡館開著，地鐵照常行駛。那份平靜本身，就是撐住政權正當性的柱子。可是那份平靜裂開了。機場關閉，航班大批延誤，公寓倒塌。

當戰爭滲進後方日常，後方民意就開始搖晃。烏克蘭瞄準的正是這一點。軍事設施的破壞只是目標的一半。另一半，是在俄羅斯社會內種下「這場戰爭也會讓我們付出成本」的感覺。把遠方的戰爭拉到家門口。這才是瞄準後方施壓的真正意圖。

只是，這種戰術的效果是一把雙刃刀。後方遭攻擊時，民意可能轉身背離政權；反過來，也可能在外部攻擊面前更緊緊團結在政權周圍。歷史上兩種例子都有。會走向哪一邊，取決於那個社會的紋理。俄羅斯社會朝哪一邊移動，在這個時點沒有人能自信地說。

切斷工廠

能源設施之後，是武器工廠。烏克蘭試圖切斷俄羅斯飛彈誕生的地方。

從6月27日到29日三天，據報導約300架規模的無人機集群，準確瞄準俄羅斯主要國防工業城市。28日清晨，距莫斯科130公里的拉杜加設計局遭到打擊。這裡是設計並製造Kh-101、Kh-69、Kh-59等遠程巡弋飛彈的核心基地。也就是每晚打擊烏克蘭城市那些飛彈的出生地。無人機穿過密集的莫斯科防空網，進入工廠，摧毀組裝所與設備車間。

隔天29日，聖彼得堡的阿凡加爾德工廠起火。那是製造軍事系統所需電子設備、微晶片、自動指揮控制零件的地方。當地媒體報導，火勢從微晶片區域開始，目擊者則證稱起火前聽到巨大爆炸聲。

瞄準微晶片工廠，有很深的計算。現代武器沒有晶片就無法運轉。飛彈的大腦、無人機的眼睛、防空網的神經，全都是晶片。在西方制裁下，俄羅斯已很難取得先進晶片。在這種處境下，連本國晶片工廠都燒掉，製造武器的能力本身就會從內部乾涸。比起在前線摧毀一輛戰車，摧毀製造那輛戰車零件的工廠，影響更遠。因為一次打擊等於預先抹掉未來無法製成的數十枚飛彈。烏克蘭的本土打擊瞄準的不是眼前的武器，而是未來的武器。

這裡出現一件新武器。根據澤倫斯基總統親自確認，烏克蘭用自行生產的新型飛彈，打擊伏爾加格勒的俄羅斯國防工業工廠。那枚飛彈名叫火烈鳥。這一點很重要。

此前烏克蘭的遠程打擊，很大部分依賴西方提供的武器。美國給的飛彈、英國和法國給的飛彈，打擊敵方後方。問題是，那些武器總是附帶條件。西方長期對烏克蘭打擊俄羅斯本土深處感到猶豫。它害怕戰爭擴大，害怕把普丁逼得太緊，他會拿出核武。因此給武器時，常限制使用距離，或禁止打某些目標。西方一收手，烏克蘭的手臂就跟著縮短。

用自行生產的飛彈打擊敵方後方，這代表那條手臂不再被別人的許可綁住。火烈鳥能飛多少、飛得多準，仍未經充分驗證。資訊主要依賴烏克蘭方面發布。可是撇開武器性能不談，這一發帶出的政治訊息很清楚。烏克蘭現在不只靠別人借來的刀，也能用自己磨出的刀觸及敵人心臟。

談判桌的距離

所有這些打擊，除了軍事目的，還有政治目的。那就是談判。

這個時候，美國總統唐納·川普正正式投入結束戰爭的斡旋。看那場斡旋走到哪一步，就能看出40天行動為何在那個時點開始。

5月曾有一輪停火。那個過程本身，完整暴露了雙方深層互不信任。俄羅斯在5月4日，趕在本國最大活動勝利日前，單方面宣布5月8日至9日為停火期間，並要求烏克蘭遵守。烏克蘭則反過來宣布更早的5月5日至6日為自己的停火期間。沒有協議的單方面宣布彼此錯開。俄羅斯國防部主張停火有效到5月10日，但烏克蘭當局揭露，俄羅斯光一天就違反烏克蘭宣布的停火1,820次。同一場停火，一邊說遵守了，另一邊說破壞了。哪一邊說法正確，沒有獨立確認。

在這種錯位中，川普總統介入。5月8日，他透過自己的社群媒體Truth Social宣布，從5月9日至11日，雙方所有軍事活動將停止。核心是兩國各交換1,000名戰俘。川普總統強調，這項協議是因他的直接要求而成，並向普丁與澤倫斯基兩位總統致謝。

澤倫斯基總統在這個局面中下了一步有意思的棋。他在5月8日發布中表示，會把莫斯科紅場勝利日閱兵排除在打擊計畫之外。意思是閱兵期間，只不碰紅場區域。同時，他附上紅場的精確軍事座標。用暫停打擊的方式炫示，只要願意，他可以精準打擊莫斯科心臟。他這樣說：「紅場不比將要回家的烏克蘭戰俘生命更重要。」這句話一邊用武器威脅，一邊把戰俘放在武器之前，取得道德優位。

在互不信任的兩國之間，川普總統用1,000人這個象徵性戰俘交換作餌，拉出了三天停火。談判有多如履薄冰，這一幕說得很清楚。前線砲火沒有停止，桌上卻在數戰俘人數。

之後，在阿拉伯聯合大公國阿布達比，美國特使威特科夫斡旋舉行3方會談。雙方各交換157人，共314名戰俘。戰俘在協議後不久回到本國。對回到家人懷抱的人而言，那場會談確實是成果。川普總統樂觀表示，距離終戰已非常接近。俄羅斯也派出比第1輪會談更高層級的實務人員，表示有所進展。澤倫斯基總統則評價，談判具建設性，但並不容易。

可是樂觀和現實距離很遠。烏克蘭把凍結當前前線作為終戰條件。就是在現在的位置停止戰爭。俄羅斯則堅持要整個東部頓巴斯地區。兩個條件是平行線。對於澤倫斯基總統要求面對面會談的公開信，普丁總統以「面對面會談沒有任何意義」拒絕。同時，他向俄羅斯軍人傳出「兄弟們，繼續撐住」的訊息。這不是走向談判桌，而是繼續戰爭的信號。

烏克蘭的計算在這裡變得清楚。談判桌上的力量，不是在桌上決定，而是在戰場上決定。外交是軍事力量的影子。結果不取決於談判桌上說了什麼，而取決於那句話背後有什麼力量支撐。這是普魯士軍事思想家克勞塞維茲兩個世紀前整理出的古老洞見。戰爭是以其他手段延續的政治，政治則在戰爭結果之上運作。

川普總統任期初，在白宮會見澤倫斯基總統時，曾當面斥責他。大意是你們手裡沒有牌。意思是沒有談判籌碼。那一幕轉播到全世界，對澤倫斯基總統而言是難以忘記的羞辱。40天行動也是對那句話的回答。被說沒有牌的一方，把能燒毀俄羅斯心臟地帶這張牌放到桌上。它沒有用言語抗辯，而是用莫斯科上空的黑煙抗辯。

這個計算帶有賭博性質。重擊敵人，可能把它拉上談判桌；也可能反而讓它陷入更深怒火。烏克蘭押的是前者。它認為，俄羅斯後方燃燒、莫斯科市民不安，普丁就會重新計算戰爭成本。這場賭局是否押對，直到40天結束都沒有答案。

壓迫是否推動了外交

壓迫產生了部分效果。

在義大利舉行的G7高峰會上，法國總統艾曼紐·馬克宏評估，川普總統的做法出現了深刻變化。G7領袖承認，俄羅斯沒有認真討論和平的意願。川普總統高度評價烏克蘭的行動能力，並對莫斯科轉向更強硬立場。他也同意對俄羅斯能源部門追加制裁。

支援也跟著到來。北約成員國決定未來2年向烏克蘭提供900億歐元貸款。德國承諾採購2億美元規模的導引飛彈。英國決定用出售凍結俄羅斯資產所得，支援烏克蘭15萬架國產無人機。俄羅斯強烈反彈，稱「美國放棄了客觀仲裁者角色」。

若只看到這裡，壓迫似乎推動了外交。軍事成果轉化為政治支持，政治支持再轉化為更多武器與金錢，看起來像良性循環。

我們再深一點看這股流動的意義。G7與北約態度變化，不能只用烏克蘭打得好來說明。背景裡還有歐洲自己的恐懼。如果烏克蘭無人機能打莫斯科，同樣技術也可能朝其他方向使用。在縱深崩塌的時代，沒有哪個國家的後方安全。歐洲國家幫助烏克蘭，同時也在重新計算自己的安保。英國決定支援15萬架烏克蘭產無人機，既是為了烏克蘭，也是押注歐洲國防工業的未來。

可是同一種壓迫，也朝完全相反的方向運作。

血的報復

壓迫沒有帶來和平，而是招來報復。

5月停火一結束，俄羅斯就從12日午夜起，在一夜之間動用約800架自殺式無人機，攻擊烏克蘭全國20多座城市。這是把平時200到300架規模的無人機空襲增加三到四倍。據報導，包括一名12歲兒童在內，至少6至16名平民死亡，80多人受傷。

報復沒有停止。13日起兩天內，俄羅斯再次動用約1,600架無人機與高超音速空對地飛彈，打擊烏克蘭全境。高超音速飛彈速度太快，幾乎無法攔截。那是一種沒有合適阻擋方法的武器。

首都基輔，一棟9層公寓倒塌。那是在深夜，人們睡著的時間。至少27人在混凝土堆裡死亡。救難人員連續幾天翻開殘骸。倒下的不是軍事基地，而是普通人睡覺的家。在莫斯科煉油廠屋頂飛起的那一週，基輔的公寓塌了。一邊的火柱，變成另一邊倒塌的混凝土回來了。

南部赫爾松，連執行人道任務的聯合國車輛也遭到攻擊。依戰爭規則，它本該受到保護。作為對卡波特尼亞煉油廠打擊的報復，某個時期俄羅斯向基輔一地傾瀉70枚飛彈和61架無人機。這是一場精準的報復。訊息是，你們打我們的煉油廠，我們就打你們的首都。

必須把雙方說法並排放置。烏克蘭說，它瞄準的是軍事設施與軍需工廠。煉油廠供應戰爭燃料，飛彈工廠製造打擊烏克蘭城市的武器，因此是正當軍事目標。俄羅斯則主張保衛本國領土的正當性，並宣傳一夜擊落555架烏克蘭無人機，6天摧毀4,562架。它的說法是，自己只是阻止入侵的無人機。

可是雙方的話與雙方留下的痕跡並不一致。俄羅斯說全都擋住的那段期間，莫斯科煉油廠燒了兩次。烏克蘭說只瞄準軍事目標的那段期間，克里米亞半島一半人口斷電。俄羅斯的報復讓基輔9層公寓倒塌，壓死至少27人，並在赫爾松打中聯合國人道車輛。沒有哪一方乾淨。

本書不釘死任何一方的傷亡數字。因為來源各異，戰爭中的數字總會被雙方宣傳染色。一邊放大傷害以凸顯敵人殘酷，另一邊縮小傷害以誇耀防禦成功。同一夜、同一事件，數字也會錯開。可是無法確定數字，不代表責任相同。先入侵鄰國的是俄羅斯。這個事實不會被任何數字霧氣遮住。還有一件事很清楚。壓迫越大，報復也越大。收到報復帳單的，是雙方普通市民。

高層的話也變得粗暴。俄羅斯大規模空襲後，川普總統在自己的社群媒體上這樣寫：「普丁完全瘋了。他不知道如果不是我，俄羅斯會發生真的很糟的事。他在玩火。」普丁最親近的人之一，國家安全會議副主席德米特里·梅德韋傑夫立刻回應：「我知道的真正糟糕的事只有第3次世界大戰。希望川普總統理解這一點。」那是對斡旋者發出的核戰威脅。

糾結的棋局

讓局面更難的，是戰爭之外的變數。

作為斡旋者的美國，被別處綁住手腳。中東與伊朗發生軍事衝突，分散了外交能量。這裡再次出現貫穿本書的主題。據報導，伊朗價值3,000萬韓元的沙赫德自殺式無人機攻擊，摧毀了美軍價值4,500億韓元的早期預警管制機。廉價無人機摧毀昂貴飛機的非對稱，這一次落到了美國自己身上。此前拒絕接受烏克蘭無人機技術傳授的川普總統，不得不改變立場。烏克蘭的天空指揮控制平臺被部署到沙烏地美軍基地，美軍軍官向烏克蘭軍官學習無人機攔截。教的人和學的人位置互換了。

更大的變數是中國。川普總統訪問中國並會見習近平主席4天後，普丁總統立刻前往北京，舉行國賓級峰會。兩位領袖針對美國發表共同聲明，稱「反對使世界走向集團化的對抗」，並承諾加強軍事合作。

這次會面的順序意味深長。美國總統剛離開北京，俄羅斯總統就造訪同一地點。中國等於在兩個強國之間展示自己的分量。它不直接與美國對抗，卻向俄羅斯伸手。在這個三角格局中，烏克蘭戰爭不再只是烏克蘭自己的戰爭。它成了放在美國與中國互相牽制那盤更大棋局上的一個點。

根據路透社引用的三個歐洲情報機關文件，中國祕密邀請約200名俄羅斯軍方高階軍官前往北京、南京、石家莊等人民解放軍設施，教授實戰技術。內容包括無人機識別、迫擊砲發射，以及使用電磁波步槍與投網裝置進行防空訓練。這些人中相當一部分被投入克里米亞半島與札波羅熱最前線。若這些報導屬實，代表中國一邊標榜中立，實際上卻協助俄羅斯戰爭能力。中國一直否認這類報導。真偽尚未被獨立完全確認。但這種疑雲本身，就讓斡旋者美國的脚步更沉。

澤倫斯基總統指出一件事。停火後不久，俄羅斯用800架無人機空襲殺死6名平民，正好發生在川普總統訪問中國的時點。他說這絕不可能被視為偶然。那是懷疑俄羅斯趁美國總統被別處分心時出手。這個懷疑難以證明，但它出現本身，就顯示這段時期烏克蘭感受到的不安有多大。烏克蘭害怕，本該幫助自己的斡旋者陷入其他危機與其他競爭，為了急著拿成果，把自己的領土變成交易籌碼。

各國軍隊正在讀的教科書

世界各國軍隊屏住呼吸看著這40天。

各國國防部與參謀本部總把別國戰爭當教科書讀。為的是把別人的血寫下的教訓，搬進自己的軍隊。2026年6月的烏克蘭展現的，是沉重到必須新寫一章的教訓。

第一個教訓，是縱深之死。只要領土寬廣深遠，後方就安全，這個信念是人類數千年來依靠的軍事常識。萬里長城、馬奇諾防線、大陸的廣闊，都建在這個信念上。如果價值數百美元的無人機能飛行數千公里打擊敵人心臟，這個信念就不再有效。美國、中國、歐洲任何國家，都無法在這件事面前置身事外。自家煉油廠、發電廠與工廠，僅因距離遙遠而安全的時代正在落幕。

第二個教訓，是防禦的算術。用昂貴盾牌擋廉價長矛的戰鬥，拖得越久，阻擋的一方越窮。若每晚都用單價數百萬美元的攔截飛彈去打數百美元的無人機，再富裕國家的倉庫也會搖晃。世界各國軍隊看著這個算式，開始重新檢視自己的防空預算。各處都得出同一個結論：需要更便宜、數量更多的防禦手段。

第三個教訓，是自立。烏克蘭用火烈鳥飛彈打擊敵方後方時，這不是一枚武器的故事。所有人都看見，依賴別人借來的刀的軍隊，一旦那把刀被收回，手就空了。用自己的手製造自己的武器，這種能力比同盟承諾更像可靠的安全閥。

這三個教訓指向同一個方向。強與弱的古老邊界正在變模糊。大軍隊不總是會贏，昂貴武器不總是更強。誰能更聰明、更便宜、更準確地看見並打擊，正在成為新的天秤。

留下的問題

40天過去了。

在軍事上，烏克蘭證明了該證明的事情。用價值數百美元的無人機撕開2,000萬美元防空網。讓克里米亞半島一半陷入黑暗，掀飛莫斯科煉油廠屋頂，燒毀俄羅斯飛彈的出生地。縱深是安全閥這個古老信念，已經難以重新立起。

可是必須想起這項行動原本指向什麼。目標不是破壞，而是談判。把俄羅斯拉到桌前。

這個目標沒有達成。

40天結束時，談判桌的距離幾乎和開始時一樣。烏克蘭仍要求凍結前線，俄羅斯仍要求交出整個頓巴斯。阿布達比預定舉行第3輪會談，日內瓦預定舉行第4輪會談，但看不到突破口。壓迫成為外交動力的評價，和壓迫只擴大報復惡性循環的現實，同時存在於同一個40天裡。

戰略的古老難題在這裡再次浮現。壓迫可能把敵人拉上談判桌，也可能把敵人推入更深憤怒。同一次打擊會朝哪邊作用，不取決於打擊者，而取決於承受者的計算。這就是強制外交的本質困難。讓對

方疼痛，這件事我可以決定；但對方如何回應那份疼痛，我決定不了。

烏克蘭相信，燒起莫斯科會讓普丁改變算法。當戰爭成本碰到後方，克里姆林宮會重新估算和平的價格。普丁則反向計算。他相信，只要讓基輔公寓倒塌、提高報復強度，澤倫斯基與他背後的西方會先疲憊。時間仍站在自己這邊，那是他的老確信。兩種信念正面相撞。不可能都對。在撞擊結果分出勝負以前，兩國平民在其間死去。戰略家計算錯位時，帳單總是往下傳。

面對這個問題，還要再記住一件事。蜘蛛網行動的卡車駕駛。2025年6月，有五名駕駛把無人機裝上卡車，開到俄羅斯基地附近。他們不知道自己運的是什麼。貨箱屋頂打開、無人機升起那一刻，才知道自己是行動的一部分。一人因爆炸喪命，四人被俄羅斯情報機關逮捕。在情報戰華麗成功故事背後，有這些不明所以握著方向盤的影子。

40天行動也一定有那樣的影子。在克赤大橋前2,760輛車裡熬夜的人，莫斯科倒塌公寓裡失去家人的人，基輔9層建築殘骸下被埋的27人。他們的名字不會寫在衡量行動成敗的任何統計裡。寫下戰爭新文法的是無人機，但支付這套文法代價的是人。

田野裡的木製誘餌是假目標。真正目標始終在原地。也許這場戰爭的真正目標也是如此。雙方瞄準的是對方防空網、煉油廠與公寓，但真正必須摧毀的，是對方能撐到最後的信念。那個信念沒有被660架無人機摧毀，也沒有被1,600架無人機摧毀。

40天的壓迫燒毀了許多東西。唯一沒有倒下的，是雙方繼續戰爭的意志。

那麼就要問了。當縱深不再是安全閥，連首都都不再安全的時代，是什麼讓戰爭結束。更多無人機嗎。還是無人機永遠碰不到、談判桌之外的某種計算。40天結束的位置上，那個答案仍不在任何人手中。

第8章 世界的覺醒

通往赫爾辛基哈卡涅米廣場下方的階梯，即使在平日下午也擠滿人。背著游泳包的孩子、午休時間抽空來的上班族，走進同一個入口。地下30公尺，穿過堅硬花崗岩打造的空間裡，有游泳池，也有體育館。一側牆邊能看見親子咖啡館的黃色溜滑梯。這是普通市民的休閒設施。

可是入口的門並不普通。

有一道厚重鐵門，後面還有一道一模一樣的鐵門。它們被設計用來以兩層阻擋爆炸衝擊波與放射性落塵。平時用作游泳池的這個空間，一旦戰爭爆發，就會變成容納2,000名市民的防空洞。它甚至能承受戰術核攻擊。

芬蘭人不把這件事看得特別。來游泳的孩子知道自己正在核避難所裡游泳。也不太驚訝。因為這個國家這樣的防空洞不是一兩座。他們從小就是這樣長大。在學校接受避難訓練，也知道住家附近哪棟建築地下有避難所。和平常和戰爭準備疊在同一個空間。游泳池的水面下，由30公尺花崗岩與兩層鐵門支撐的國家。這就是與俄羅斯為鄰的芬蘭生活方式。

根據芬蘭內政部統計，全國防空洞約5萬500座。可容納人數約480萬。芬蘭總人口約560萬。算起來，約85%的國民能同時躲入地下。世界上沒有任何國家能追上這個比例。

芬蘭沒有停在這裡。2025年，它修訂了人口保護法與民防法。這項自2026年起生效的法律，擴大新建建築設置防空洞的義務。意思是，已經是世界最高水準的避難能力，還要再增加。看似和平的北歐福利國家為何做到這個程度，答案不在地下30公尺，而在1,340公里外。

芬蘭與俄羅斯相接的邊境線長1,340公里。這是歐洲最長的邊境。達到韓半島南北休戰線的六倍。芬蘭關閉了這條漫長邊境。2023年11月15日，它封閉了與俄羅斯相接的全線。

這條邊境曾經很有活力。沿著13號國道，每年有200萬名俄羅斯人往來。週末，俄羅斯家庭越境來採買。芬蘭人則到邊境另一邊加便宜的油。努伊亞馬檢查站就是那道關口。車輛排隊通過，出入境閘門燈光整夜亮著。

現在，那條路上只剩寂靜。閘門燈熄了。出入口鎖上了。車龍停止的道路上只有風吹過。曾在檢查站工作的150名員工，放下出入境審查工作，轉去邊境警戒勤務。迎接人的手，變成阻擋人的手。和平景象變成戰爭景象，一天就夠了。

芬蘭封鎖邊境有明確理由。它認為俄羅斯故意把第3國難民推向芬蘭一側。芬蘭判斷，這是把來自中東與非洲的人們趕向邊境，以撼動社會、引發政治混亂的嘗試。不是用軍隊入侵，而是用人潮施壓，所謂混合攻擊。芬蘭決定用物理方式擋住這股人潮。

所以它開始立起鋼製障礙。先封住往來頻繁、較脆弱的區段。一年內設置了140公里障礙。若按計畫，總計200公里的鐵幕會立起。它不是封住1,340公里全線，而是先把人容易越過的地方逐步關上。

代價嚴酷。靠俄羅斯觀光客維生的邊境城市失去人潮。商店接連關門。大型超市也停止營業。有些地區失業率飆升到15%。芬蘭明知道這種經濟失血，仍然關閉邊境。安全被放在生計之前。

要理解芬蘭為何做到這個程度，必須回到1939年。那一年，蘇聯入侵芬蘭。冬季戰爭。在這場戰爭中，芬蘭失去2萬6,000名國民。1/10領土被奪走。這是小國遭巨大鄰國所受的傷。芬蘭人在那時學到：和平不是永遠的，接壤強國的野心，可能在某一天突然摧毀一切。

那份記憶，如今疊映在烏克蘭的廢墟上。對芬蘭人而言，烏克蘭城市被摧毀不是別人的事。那可能是明天降臨自己國家的事。1,340公里的鐵幕與地下30公尺的花崗岩堡壘，是一個國家不再經歷第二次1939年的決心。

地下準備不止於防空洞。芬蘭國家緊急供應署在祕密倉庫堆放糧食與物資。即使戰爭爆發、邊境物流中斷、國家陷入孤立，也足夠全體國民撐過好幾個月。哪座倉庫裡有什麼、有多少，不公開。因為敵人知道就會成為目標。政府這樣儲備時，家庭也各自準備。芬蘭普通家庭會備好收音機、手電筒、瓶裝水、罐頭和藥品的緊急包。他們不覺得這很誇張。這像帶傘一樣自然。

芬蘭重新調整預備役制度。可徵召預備役的年齡上限從60歲提高到65歲。多增加5歲，是為了多確保任何一名可動員的人。人口560萬的小國，能擠出的兵力有限。必須把那個上限盡可能拉高，才能面對巨大鄰國。芬蘭人不把服兵役視為逃避對象。國家可能消失的恐懼，塑造了這種態度。

不只是芬蘭。整個歐洲都在顫抖。

俄羅斯入侵烏克蘭進入第五年後，歐洲擴散出一種恐懼。烏克蘭戰爭無論以何種方式結束，下一個可能就是自己。冷戰結束後，歐洲縮減軍隊。享受和平。許多國家廢除徵兵制，改以職業軍人為中心。那個和平時代正在落幕。

威脅不再模糊。從2023年底到2024年，丹麥、德國等歐洲各地天空出現身分不明的無人機。外界推定它們屬於俄羅斯。它們有時停在機場上空，讓航班停止。有時在軍事設施附近盤旋後消失。歐洲軍方與情報機關懷疑，俄羅斯正在試探它們的防空網。也就是事先偵察哪裡有雷達、如何反應、哪裡空著。歐洲在烏克蘭清楚看見，入侵的第一步就是偵察。

攻擊不只在天空。海底也發生了。波羅的海海底電纜接連被切斷，造成通訊與電力癱瘓。很難斷定是誰切斷。現場留下貨船拖錨經過的痕跡，但要分清事故還是破壞並不容易。這種模糊本身就是武器。網路攻擊也動搖選舉系統。假資訊也撕裂社會。不是用戰車和飛彈，而是從內部動搖一個國家的攻擊，這就是混合戰爭。沒有宣戰，也沒有前線。所以更難阻擋。

巨大變化發生在補充兵力的方式上。徵兵制回來了。最先暴露在俄羅斯威脅下的拉脫維亞恢復徵兵制。西歐軍事強國法國與德國，也重新出現讓青年再次穿上軍服的討論。第2次世界大戰結束後，歐洲社會艱難放下的義務服役，又回到了餐桌上。這場討論引發的政治波浪很大。也正因如此，才說明俄羅斯威脅真實到足以撼動國家存續。

法國也燃起同樣討論。法國在1996年實際廢除義務徵兵，轉為職業軍人制度。近30年來，青年不經軍隊就進入社會。這個前提正在搖晃。恢復一定期間義務服役的主張，成了政治圈正式議題。一代人之間曾被視為理所當然的事，已不再理所當然。這是把和平作為預設值時代的制度，轉回戰爭逼近時代的制度。

錢也在大量投入。德國決定到2030年投入龐大國防預算。它站到歐洲重新武裝的最前方。冷戰結束後，德國不斷縮減軍隊。曾有一段時期，戰車數量降到個位數師。那被稱為和平紅利。如今，這份紅

利正被吐回去。德國政府也提出計畫，要立即確保可容納本國100萬人的地下碉堡。

歐洲聯盟也行動了。它正式警告地緣政治緊張升高，並建議成員國人民在家中儲備至少三天份緊急物資。準備瓶裝水、食物、藥品、手電筒。這是一項坦白而冰冷的建議：一旦戰爭爆發，政府無法立即照顧每一個人。享受富足和平的歐洲，對市民說要準備各自求生。芬蘭家庭的緊急包，成了整個歐洲的建議。

歐洲如此試圖自行武裝，還有另一個理由。對美國的不信任。數十年來，歐洲安全支柱是北大西洋公約組織，也就是北約。那根支柱的中心是美國。可是美國正在搖晃。唐納·川普總統用交易方式看待守護同盟安全。多付錢，否則我可能不保護你們，類似這種態度。歐洲領袖開始把最壞情況放進計畫。也就是一旦有事，美國保護傘可能打不開。

前北約祕書長安諾斯·福格·拉斯穆森在一次訪談中留下沉重的話。他診斷，現在歐洲正在看著北約解體的過程，必須能靠自己守護歐洲。這句話出自曾領導北約的人之口，所以更痛。北約站在一項承諾上：一國遭攻擊，所有國家一起對抗。當這項承諾被懷疑的瞬間，同盟就成了空殼。歐洲害怕的不只是俄羅斯戰車。它還害怕危機時刻美國可能不守承諾。這份不安，延伸成建立沒有美國的歐洲防衛體系的聲音。

實際行動也跟上。歐洲主要國家開始在軍事行動上與美國保持距離。正好中東爆發戰爭，美國軍力被吸往那裡，歐洲決定自己的事自己照顧。法國派出本國航空母艦前往中東海域。英國則表示要協助荷莫茲海峽航行自由，另行部署海軍艦艇。這些都是與美國行動劃線的舉動。數十年來跟著美國行動的歐洲，第一次試著用自己的腳站起來。

同時，歐洲送出龐大資金與武器，避免烏克蘭倒下。計算很清楚。只要烏克蘭撐住，戰爭就停留在烏克蘭土地上。烏克蘭倒下，下一條前線就是歐洲本土。趁烏克蘭這道防波堤撐住，歐洲爭取重新武裝的時間。歐洲聯盟宣布，未來2年將向烏克蘭提供900億歐元，折合韓元約130兆元規模的貸款。烏克蘭加入歐盟的討論也開始了。英國決定出售凍結俄羅斯資產取得資金，大規模支援烏克蘭15萬架自殺式無人機與防空系統。這是用俄羅斯的錢購買阻止俄羅斯武器的想法。

歐洲也曾有同聲發言的瞬間。在G7高峰會上，法國總統馬克宏等領袖對俄羅斯強硬路線凝聚共識。出現了新近鞏固的團結這種說法。曾經分散的國家，在共同威脅前重新聚合。

可是歐洲並不是像一個身體般行動。它有裂縫。部分成員國擔心對俄制裁會傷害本國經濟，因此踩煞車。它們以煉油設施營運風險、地鐵零件供應受阻等具體損失為理由，提起否決權。即使在安全團結旗幟下，各國仍在計算自己的家計。戰爭拖得越久，這筆帳越複雜。恐懼把人們聚在一起，帳單又把人們分開。

從遠處看所有這些動作，會浮現一幅圖像。第2次世界大戰後歐洲建立的安全秩序，正在整體搖晃。那套秩序的核心有兩個。一個是美國這位大哥的保護，另一個是戰爭不會再回到歐洲本土的信念。如今兩根柱子一起倒塌。美國要求交易，戰爭則看起來不會停在烏克蘭。因此歐洲選擇自行武裝。德國重新擴軍、法國重新提出徵兵、芬蘭關閉邊境並挖掘地下，這些不是彼此分離的事件。它們是一整個大陸收起和平時代、準備戰爭時代的巨大轉換。推動這個轉換的，正是烏克蘭升起的117架無人機。

歐洲如此變成堡壘時，戰場上正發生更根本的事。戰爭算法本身被翻轉。

長久以來，戰爭是金錢與鋼鐵的戰鬥。擁有更昂貴武器、更大艦船、更多戰機的一方獲勝。強國之所以是強國，就是因為它能用龐大預算製造巨大武器。小國無法追上那種龐大。一艘航空母艦、一艘潛艦的價格，就超過小國1年國防預算。因此力量順序很難改變。

烏克蘭戰爭打碎了這個古老公式。價值數十萬韓元的機器，摧毀價值數千億韓元的武器。不是一次，而是反覆發生。海上、天空、本土深處都是如此。軍事分析家給這種現象取了名字。那是帶著炸藥的經濟學。意思是，戰爭從火力之爭變成成本之爭。問題不再是誰有更強武器，而是誰能承受成本更久。在這場戰鬥中，便宜的一方有利。

展現這種逆轉的案例不只一兩個。海底、天空、本土深處，同樣的事一再重演。我們一個一個看。

先從海底看起。烏克蘭用水下無人機打擊俄羅斯海軍潛艦。停泊在港口中的潛艦附近海底發生爆炸，巨大的水柱衝上水面。烏克蘭當局表示，這是本國水下無人機直接打中潛艦的結果。這次攻擊讓全球軍事專家吃驚，是因為成本差異。

烏克蘭使用的水下無人機價格約3億韓元。遭那架無人機攻擊的俄羅斯潛艦，建造成本約5,900億韓元。差距是1,667倍。3億韓元讓5,900億韓元停下。再看一次數字，就能感受到差異有多大。同樣的錢可製造1,667架水下無人機。意思是，俄羅斯浮出一艘潛艦時，烏克蘭可放出數千架瞄準那艘潛艦的無人機。

更棘手的是，受損潛艦要修理，就必須浮上海面。可是那一刻又會暴露在無人機面前。烏克蘭當局指出，只要為修理浮起，就會再次遭攻擊。潛艦陷入既不能沉下去、也不能浮上來的處境。它被困在港口裡鏽蝕。耗費天文數字成本的戰略資產，因一架廉價無人機被綁住手腳。比摧毀更可怕的，是讓它不能使用。無人機沒有擊沉潛艦，也讓它失去力量。

空中也發生同樣的事。前一章看過的波羅的海烏斯特-盧加天然氣設施打擊，就是那一點。那一夜，俄羅斯引以為傲的S-400防空系統，為了打下3萬5,000美元自殺式無人機，傾瀉200萬美元飛彈。場面已經描寫過，這裡只重新算成本。無人機一架不到韓元5,000萬。瞄準它的攔截飛彈，一枚約27億韓元。西方分析這樣整理：即使俄羅斯把無人機全部擊落，因發射飛彈的總成本，俄羅斯在財政上仍是輸的結構。甚至出現了這不是戰爭，而是帶著炸藥的經濟學這種說法。被稱為世界最高水準的防空系統就在身旁，指揮官卻不得不改用半個世紀前的老式高射砲，理由就在這裡。廉價機器用金錢，也用屈辱，摧毀昂貴系統。

近程防禦系統的處境也一樣。俄羅斯潘齊爾-S1是在卡車上同時搭載雷達、機砲與飛彈的最後盾牌。它像守護飛機機庫、橋梁、港口的空中保鏢。單價最高2,000萬美元，約270億韓元。2026年6月，在澤倫斯基總統批准的40天行動期間，烏克蘭特種部隊集中獵殺這些昂貴盾牌。一個接一個挑出守護克里米亞半島克赤大橋與黑海港口上空的保鏢。一個月內摧毀潘齊爾系列4套。連升級版新型也被無人機直接引導摧毀。每套2,000萬美元，總計8,000萬美元的設備消失在廉價無人機手中。

由於西方制裁，俄羅斯無法進口特殊電子零件。這意味著被摧毀的潘齊爾無法及時補上。失去就等於結束。盾牌消失後，天空出現破洞。烏克蘭無人機群從那個洞毫無阻礙地湧入。克里米亞半島薩基空軍基地機庫起火。停泊在扎利夫造船廠的軍需支援船伏爾加與維亞特卡也成了灰燼。那些艦艇的價值不是潘齊爾可比。2,000萬美元盾牌一消失，比它貴上好幾倍的資產就接連倒下。先移除保鏢，被保護的富人便毫無防備地暴露。這就是無人機時代防空網崩潰的連鎖作用。

所有逆轉的頂點是蜘蛛網行動。烏克蘭特工花了1年半準備行動。他們把無人機藏在民用貨車の木製艙體中，送進數千公里後同時放飛。動用的無人機是117架。單價約500美元，是不到韓元70萬的商用四旋翼機。

這些小機器打擊了俄羅斯本土深處的空軍基地。它們瞄準5處，命中4處。其中最遠的別拉亞基地位於西伯利亞，距烏克蘭邊境約4,300公里。就算坐飛機也要飛很久。藏在卡車裡的無人機進入了那樣深的後方。阿穆爾州的烏克蘭卡因卡車先爆炸而失手。5處中命中4處。

目標中包括戰略轟炸機圖波列夫Tu-95與早期預警管制機A-50。Tu-95是運載核武器的大型轟炸機。從冷戰時代起就是俄羅斯核戰力的一支軸心。A-50是飛在空中的管制塔。它背上有巨大的圓盤形雷達，高空飛行，遠距離捕捉敵機與飛彈，指揮友軍戰機。單價超過3億美元。俄羅斯擁有的數量屈指可數。重新製造也很困難。這些飛機排在跑道上燃燒。因為相信後方安全，所以沒有遮蔽，也沒有分散部署。戰略縱深，也就是敵人觸及不到的深遠後方這個古老安全閘，就這樣崩塌。

被摧毀飛機數量，各來源不同。烏克蘭安全局宣稱摧毀13架以上。美國官員估計約10架。分析衛星照片的公開情報專家說，光是在奧列尼亞基地確認的就至少5架。北約估算完全摧毀數在10至13架之間。同一事件，數字如此分裂。很難釘死其中一個。只是明確的是，價值70萬韓元的機器燒毀了價值超過1億美元的軍機。烏克蘭安全局估計這次行動造成約70億美元損害。這是尚未獨立驗證的估計。

這些華麗數字後面有陰影。開著卡車深入俄羅斯本土的五名駕駛。他們不知道自己載的是什麼。他們以為是普通貨物而握著方向盤。艙體屋頂打開、無人機升起的瞬間，他們也在現場。一人因爆炸喪命。四人被俄羅斯聯邦安全局逮捕。在70億美元這個估計值背後，有人在不明所以之下成了行動誘餌。非對稱戰爭的成本，總是先落到最弱的位置。

把這種逆轉拉長看，會看見一個時代的終點。強國力量長久以來能換算成金錢。更多預算帶來更大武器，更大武器帶來更深安全。只有能承受巨大資本的國家，才能成為強國。這道進入門檻守住了強國特權。可是無人機拆掉了那道門檻。能在網路上買零件、下載開源軟體、在車庫組裝的武器，能讓數十年航空太空技術的結晶失效。製造武器的能力正在離開少數強國之手而分散。這是力量的分散。小國，甚至非國家團體，也可能擁有打擊強國心臟的手段。這就是擁有龐大軍事預算的國家睡不好的理由。

對制定戰略的人而言，這種變化帶來難解作業。過去一個世紀，軍事力量的算法很清楚。更多、更大、更遠。多造航空母艦，多買戰機，就會更安全。可是現在，這個公式可能反向運作。因為越擁有昂貴武器，也越擁有更多可被廉價武器瞄準的目標。單價數千億韓元的艦艇與飛機，對敵人70萬韓元無人機而言，是再誘人不過的獵物。資產越昂貴，損失衝擊也越大。強國武器庫變成強國弱點，這就是悖論。守的一方總是花更多錢，打的一方總是花更少錢。這種非對稱若長久持續，任何巨大軍隊都撐不住。

這種非對稱不是烏克蘭與俄羅斯才有的問題。被稱為世界最強的美國，也站在同一個問題前。川普總統宣布，要建造一個保護美國本土全境免受飛彈攻擊的巨大防護罩。靈感來自以色列的鐵穹。鐵穹是保護小國狹窄天空的防禦網。把它放大到美國這塊巨大大陸，是這個構想。名稱是黃金穹頂。編列預算約1,750億美元，約240兆韓元。等於把一個國家1年國防預算的錢，投入一個防護罩。

可是看過烏克蘭戰場的專家提出根本疑問。如果500美元無人機能穿過1,750億美元防護罩，那筆錢到底守住了什麼。黃金穹頂會被設計來攔截又大又快的彈道飛彈。那是追蹤高高升空、接近太空飛行的巨大飛彈的系統。但真正威脅從別處來。它是低於雷達、沿地形低慢飛行、走不可預測路線的小型廉價無人機群。它們沿山脊像爬行般飛，藏進建築物之間，數百架同時從四面八方湧入。巨大防護罩被造來看上方，威脅卻從下方來。這是投入240兆韓元的盾牌，在70萬韓元長矛前空轉的畫面。

批評者的論點不是不要花錢。而是錢花錯地方。與其把預算集中在一套巨大系統上，不如在各處鋪開便宜、靈活、多層的防禦網。即使敵人穿過一處，下一層也會阻擋。面對廉價威脅，必須配上廉價對應。只要繼續用200萬美元飛彈追3萬5,000美元無人機，防守方會先破產。波羅的海S-400指揮官改用老式高射砲的那份屈辱，可能同樣降臨到花費240兆韓元的美國身上。

戰爭算法改變了。現在不必派出大規模兵力，不必讓昂貴戰機飛行員陷入危險，只靠商用零件組裝的機器，就能對強國造成致命傷。這也意味著發動戰爭的門檻降低了。如果不用直接賭上人的性命，不用投入巨大預算也能打擊敵人，決定攻擊就會變得更容易。威懾這套古老安全裝置正在鬆動。

火力大小與資本規模決定勝負的時代正在落幕。3億韓元讓5,900億韓元停下，70萬韓元機體剝掉270億韓元盾牌，並讓1億美元轟炸機化成灰燼的戰場。這就是正在發生的事。而且這種變化一旦發生，就無法回頭。就像世界一旦知道如何製造核武，就不能回到之前那樣；看過用廉價無人機讓強國跪下的方法後，世界也回不到之前。

而且，有人在現場學習這套新算法。北韓軍隊。

想像平壤郊外一處訓練場。一名教官站在年輕士兵面前。他不是教書本上學來的東西。他教的是自己經歷過的事。無人機聲音聽起來如何，聽見那聲音時身體該往哪裡躲，從天上俯瞰的小機器如何找出人。他在庫斯克的田野學到這些。只有活著回來的人，才能教這些內容。這個場景是推測。但支撐這個推測的依據並不輕。

庫斯克的冬天嚴酷。2024年底，一支陌生軍隊被投入那片田野。他們穿著俄羅斯軍服，卻不會說俄語。那是北韓為協助俄羅斯派出的部隊。綜合韓國情報當局、烏克蘭與西方情報機關估算，從2024年底到2025年初，約1萬1,000至1萬5,000人被派出。到2025年中，累計派兵規模可能最高約3萬人。這些數字全都是情報機關估算，北韓與俄羅斯從未正式承認。

對戰場新兵而言，無人機戰很殘酷。北韓軍隊一開始遭受重大損失。他們用舊方式作戰。在開闊田野上排成密集隊形前進。完全是20世紀步兵教範。可是烏克蘭天空上有無人機。密集士兵是再好不過的目標。被稱為FPV的1人稱視角無人機，由操作員看著畫面直接選中一個人撞上去。從天上俯瞰的小機器準確找到人後墜下。那是一支不知道該往哪裡逃、該往哪裡躲的軍隊。

傷亡很大。韓國情報當局估計，到2025年北韓軍隊傷亡約6,000人。英國國防部在2026年3月報告，派出的北韓軍隊約半數成為傷亡。意思是，送出的人有一半死傷。這個數字意味著什麼，若不是站在那片田野的士兵，很難完整衡量。每一個人都是某人的兒子。他們甚至沒能真正聽懂自己為何站在那片遙遠土地上，就被帶了過去。非對稱戰爭的成本，在這裡也先落到最低的位置。

可是北韓軍隊不只是死去。他們學了。學得很快。

美國公共廣播NPR與軍事分析媒體War on the Rocks在2025年的報導，注意到北韓軍隊的學習速度。起初在無人機面前束手無策的部隊，幾個月內改變戰術。它們打散密集隊形。學會對無人機聲音反應。分散移動、借掩蔽物移動、向無人機射擊，這些對應被身體記住。他們成了一支不是用書本，而是用血學會現代無人機戰的軍隊。世界上最封閉的軍隊之一，在世界最前沿的戰場接受實戰教育。

學習通道不只在戰場。後方也有。根據路透社報導與歐洲情報機關分析，中國把俄羅斯軍人叫到本國，教授無人機戰術。約200名俄羅斯士兵被送到北京、南京等人民解放軍設施。學習用無人機尋找並打擊目標的攻擊戰術。也學習用電磁波步槍與發射網捕捉、擊落敵方無人機的防禦戰術。這項協議中包含不得告知媒體的保密條款。標榜中立的中國，暗中協助一方的戰爭。從中國到俄羅斯，從俄羅斯前線到北韓軍隊。無人機戰實戰知識沿著這條路徑流動的通道已經打開。

這股流動不會停在韓半島，還擴散到臺灣海峽。臺灣正快速測試可阻擋中國軍機的無人武器。它投入資源於人工智慧自行尋找目標的技術，以及承受敵方電波干擾的技術。烏克蘭每天上演的無人機與干擾之間矛與盾的戰鬥，預感會在臺灣海峽同樣展開。美國一部分人甚至提出看似簡便的解法：放飛數百架無人機，讓臺灣海峽無法通過。對此，包括前北約最高司令菲利普·布里德洛夫在內的專家提出冷冷警告。戰爭沒有輕易的解法。不管無人機牆多密，敵人必定會找出越過那道牆的新非對稱手段。就像烏克蘭把無人機藏進卡車，送入4,300公里外一樣。

領袖外交讓這份緊張進一步收緊。美國總統和中國主席會面，幾天後俄羅斯總統造訪同一地點。中國以與美國相同的國賓級禮遇接待俄羅斯。兩位領袖發表共同聲明，反對把世界分成陣營的對抗，並批評美國霸權。也決定擴大軍事合作。那個時期，俄羅斯一夜間向烏克蘭發射約800架自殺式無人機，屠殺平民。澤倫斯基總統警戒地說，這未必是偶然。他害怕強國可能在背後交易，把烏克蘭安全排除在外。

中國的技術、俄羅斯的實戰、北韓的兵力。如果這三者連成一線，盡頭就是韓半島。

這不是遙遠的他人戰爭。釜山峰會後半年，強國角力重新開始，勾勒出圍繞韓半島的新冷戰輪廓。一邊是美國及其同盟，另一邊是中國、俄羅斯、北韓逐漸靠近。陣營正在重新分裂。可是這次冷戰和上次冷戰不同。上次冷戰的核心武器是核彈。太強大，所以不能輕易使用。那份恐懼反而守住了和平。這次冷戰的武器不同。它是便宜、容易取得、能低負擔使用的無人機。容易使用的武器，被使用的可能性也高。這表示平衡更危險。

而其中一部分人正在回來。綜合多份情報報告，約3,000人被推定已回國並重新部署為教官。這就是它對韓半島丟出的警告核心。在庫斯克田野學會躲避與操作無人機的士兵，現在在平壤教後輩。烏克蘭驗證過的非對稱戰術正在流向休戰線北側。這不是從書本學來的戰術。這是從真正戰場活下來的人，用身體學回來的戰術。差異很大。哪一種無人機聲音危險，集群湧來時該往哪裡散開，如何用廉價無人機挑中昂貴目標打擊。這些不會寫在教範上。必須用血學過才知道。那份知識正在進入韓半島。再次說明，這些數字是情報機關估算。準確規模沒有人能斷言。但流動方向很清楚。

這裡再想起芬蘭的1,340公里。前面說過，那條邊境是南北休戰線的六倍。反過來說，韓半島休戰線只有芬蘭邊境的1/6。短而密。那條狹窄前線後方，就是聚集人口一半的首都圈。芬蘭至少還有無人機飛越1,340公里空曠田野抵達城市所需的時間。韓國連那份餘裕都沒有。前線和首都太近。從休戰線到首爾，對無人機而言只是一跨步。

在烏克蘭，一夜之間數百架無人機覆蓋天空。曾有一夜，烏克蘭軍隊一次放飛約660架無人機群，同時打擊軍需支援船、變電所等60處目標。俄羅斯也在單次空襲中傾瀉超過800架無人機與飛彈，讓基輔公寓倒塌。一方放飛無人機，另一方就用更多無人機回敬。天空被機器塞滿的夜晚接連出現。

如果這種規模的無人機集群，朝著縮小到1/6的狹窄前線與其後方首都圈傾瀉，會發生什麼事。如果北韓把廉價無人機瞬間耗空昂貴攔截飛彈庫存的成本逆轉，配合韓半島地形拿出來，會怎樣。韓國用龐大預算建成的先進防空網，在為打一架敵方無人機而發射數十億韓元飛彈的算法前，能撐多久。

韓國防空教義被設計來阻擋大型威脅。重點放在攔截北韓彈道飛彈與長射程火炮。面對昂貴、快速威脅，就以昂貴、精密攔截對應。可是請想起波羅的海S-400指揮官經歷的事。在廉價無人機群前，精密成了破產的另一個名字。韓國防空網也可能掉進同樣陷阱。敵人放飛100架70萬韓元無人機，我們為了打它們，可能必須傾瀉數千億韓元飛彈。只要反覆幾次，庫存就會見底。接下來要用什麼阻擋。

並非沒有準備。軍方正在引進捕捉無人機的電波干擾設備與雷射武器。這是嘗試用廉價對應配合廉價威脅。但烏克蘭顯示的，是矛與盾無止境的競賽。盾牌一出現，長矛就會找到避開那面盾牌的方法。就像用光纖控制、讓電波干擾無效的無人機。這不是任何一方永遠勝利的戰鬥。

警告不只面向軍隊。也面向城市。芬蘭已準備好讓全國85%人口躲入地下。韓國首都圈聚集了一半人口。為那一半人口準備的避難空間在哪裡，有多少。地鐵站和地下停車場確實被指定為緊急避難所。但它們不是像芬蘭那樣設計成用兩層鐵門阻擋核攻擊與落塵的設施。平時當游泳池，緊急時變成防空洞；日常與準備合為一體的芬蘭式準備，距離我們很遠。我們每天在螢幕上看烏克蘭城市被無人機與飛彈摧毀。如果畫面中的公寓不是基輔，而是首爾，我們能做什麼。

芬蘭即使挖好5萬座防空洞，可讓全國85%人口藏身，仍然顫抖。因為它沒有忘記1939年。我們有什麼呢。經過烏克蘭實戰的非對稱戰力幽影，如果有一天覆蓋韓半島狹窄天空，我們正以什麼準備迎接它。赫爾辛基的孩子在核避難所游泳池裡游泳時，我們在地下30公尺準備了什麼。

尾聲 蜘蛛再次結網

瓦西爾·馬柳克沒有笑。

行動結束幾個月後，烏克蘭安全局（SBU）局長坐在記者面前。人們想聽的是炫耀。那場燒毀西伯利亞轟炸機的行動究竟如何完成，18個月又如何隱藏。可是馬柳克沒有長久停留在過去的故事。他留下的話很短。他正在準備新的驚喜禮物，會像蜘蛛網一樣讓人疼。

這一句話裡沒有炫耀。只有預告。而預告比炫耀更可怕。

炫耀說的是已經結束的事。預告說的是尚未到來的事。站在俄羅斯立場看，6月1日的衝擊不是一次就結束的事故，而是可能反覆發生的結構。也許又有一輛卡車正在某條高速公路上行駛，光是這個想法，就足以讓一個國家的整個後方睡不安穩。蜘蛛不是只結過一次網。它已經知道如何結網，並且說自己能再次結網。

本書從117架無人機開始。那些小小螺旋槳從卡車內的木箱升起，飛向4,300公里外別拉亞基地轟炸機的那一瞬間，打開了本書。它瞄準5座基地，命中4座，在阿穆爾州的烏克蘭卡因卡車先爆炸而失敗。關於受損飛機數量，直到現在數字仍然分歧。SBU說超過40架遭波及，其中13架以上被摧毀。美國官員認為被摧毀機體約10架。分析衛星照片的公開情報分析家確認，奧列尼亞基地有4架Tu-95與1架An-12，至少5架被摧毀。70億美元的損害估計是SBU提出的數字，從未被獨立驗證。

數字終究沒有合而為一。即便如此，有一件事很清楚。不管相信哪個數字，價值數百美元的機器瞄準價值數億美元的機體，這個事實沒有改變。交換比例被翻轉，至少這一點，所有來源都說著同一件事。

本書真正的主題，就是這個被翻轉的比例。

如果是勞倫斯·弗里德曼，他大概會在這裡後退一步，看更長的時間。他一生研究戰爭樣貌如何變化。他看的不是一件武器、一次行動，而是它們聚在一起形成的流動。6月1日是一次突襲。可是當一次突襲撼動一個時代的前提，它就超越了事件本身的大小。

先說被撼動的前提是什麼。

數百年來保護俄羅斯的巨大武器，不是武器。是土地。向東無盡展開的領土，距離本身就是盾牌。拿破崙的軍隊、希特勒的軍隊，都在這段距離前崩潰。敵人越深入，補給線越長，冬天越靠近，後方越遙遠。戰略學把這稱為戰略縱深。那是敵方打擊到不了的深深後院，只要把珍貴之物藏在其中就安全的古老信念。

西伯利亞的別拉亞基地就在這個信念正中央。距前線4,300公里。坐飛機也遠，飛彈也難以觸及。俄羅斯把珍貴戰略轟炸機停在那裡，理由正是距離。因為遠，所以安全。因為遠，所以無法下手。

這個信念在6月1日早晨碎了。

打碎它的不是飛得更遠的飛彈。也不是更強的轟炸機。是卡車。普通貨車安靜進入那個被認為安全的後院，從裡面放出無人機。距離不再是盾牌。如果敵人不是從遠方飛來，而是已經在裡面，4,300公里這個數字什麼也擋不住。

弗里德曼會看見的圖像是這個。不是一個國家的安全閥崩潰，而是安全閥這個概念本身開始被懷疑。

想一想，這是可怕的事。強國之所以是強國，其中一個理由是擁有深後院。美國由兩大洋守護。俄羅斯由廣闊東方守護。中國也把核心設施藏在內陸深處。小國因沒有後院而總是不安，大國因有後院而從容。這個差異分出了強國與弱國。

可是一輛卡車抹掉了這個差異。

如果能把價值數百美元的機器裝進卡車送入內部，後院的深度就失去意義。不是越深越安全，而是越深要守的東西越多，守不了的地方也越多。龐大領土曾是盾牌，某一刻卻變成靶板。必須防守的面積太廣，所有地方不可能同時擋住。

這種變化不可能只停留在俄羅斯一國。

瞄準烏斯特-盧加天然氣設施的無人機展現了這一點。烏克蘭放飛單價3萬5,000美元的海狸無人機。俄羅斯為了打一架，就發射兩枚單價200萬美元的攔截飛彈。有些飛彈朝貼著海面飛行的無人機俯衝，因空氣不足，機翼失去作用，直接墜入海中。數十億韓元在半空消失。最後俄羅斯指揮官命令節省昂貴飛彈。改用1960年代製造的老式高射砲。

慢慢看，這一幕為何重要。

如果防守方花的錢比攻擊方更多，這種防禦就撐不了太久。敵人每花3萬5,000美元，我就必須花400萬美元，那麼就算我正在取勝，也會破產。攔截成功一百次也一樣。越成功越貧窮的戰鬥。有人把這叫作軍事經濟學。也有人說這是貼著爆炸物的經濟學。

在這種經濟學面前，昂貴盾牌會變成弱點。傳出美國要建立巨大飛彈防禦網的消息。黃金穹頂這個名字開始出現。可是再精密的盾牌，如果要用每枚數百萬美元的盾牌去阻擋每架數百美元的無人機群，它會先金錢上崩潰，而不是在技術上崩潰。不是因為擋不住，而是因為承受不了阻擋成本。

改變的不只是金錢算法。誰能製造戰爭，這份名單也一起改寫。

戰略轟炸機是一個國家花數十年堆起來的資產。需要設計局，需要製造引擎的工廠，需要培養操作它的飛行員。失去一架，要再填補空位，又要好幾年。相反，價值數百美元的無人機可以在倉庫裡成批生產。據說烏克蘭境內光是製造無人機的公司就接近500家。一年可倒出數百萬架。一邊擁有珍貴而緩慢製成的武器，另一邊擁有常見且快速湧出的武器。戰鬥拖得越久，慢的一方越不利。

弗里德曼很久以前就說過一件事。戰爭勝負不只由武器性能決定。能多快、多大量地重新製造那件武器，才在更深處分出勝敗。蜘蛛網行動可怕的理由也在這裡。它不是一次打擊，而是弱者取得了能無止境重複那次打擊的生產結構。

不只生產，腦袋也變了。投入蜘蛛網行動的無人機，內部帶著已預先學習博物館陳列的舊蘇聯轟炸機3維形狀的人工智慧。即使俄羅斯強力干擾電波切斷操作畫面，無人機內的人工智慧仍自行辨認目標輪廓與脆弱部位，朝機翼撞去。不需要人隔著畫面逐一操作的武器。放出去後會自行判斷的武器。這是新文法的另一個句子。

如果是弗里德曼，他可能會在這裡短暫停下。他會問，當武器開始自行選擇目標時，區分那個目標是飛機還是人的最後判斷，留在哪裡。這一次，目標是用博物館資料學習過的轟炸機。下一次學習資

料會是什麼，取決於製造那件武器的手。

這裡可以看見一股流動。曾經支撐強國之所以是強國的東西，巨大的領土、昂貴武器、厚重防禦網，正在一個一個變成負擔。越大越有利的算法，正慢慢轉成越大要守的東西越多的算法。

那麼，小國會如何行動。

它們已經在行動。芬蘭長久以來一直挖防空洞。約5萬座防空洞可容納480萬人。對人口560萬的國家而言，幾乎可讓85%人口進入地下。它也修法要求新建築加建更多防空洞。芬蘭是沒有深後院的國家。因此它選擇地下，取代後院。若不能用距離守護，就用深度守護。

歐洲其他國家也開始談重新武裝。有些國家重新提出徵兵，有些國家排隊增加國防費。據說6月1日後，G7高峰會的氣氛變了。馬克宏歡迎新近發現的團結。據傳川普在看見烏克蘭打擊能力後，對俄羅斯轉向更強硬。他曾在戰爭初期對澤倫斯基說，你手裡沒有牌。

那個被說沒有牌的國家，把無人機裝進卡車，做出了自己的牌。

學習的一方不只烏克蘭鄰國。

這場戰爭裡有北韓軍人。有人估計，2024年底起為協助俄羅斯而來的兵力，一度達到3萬人。他們被投入庫斯克戰鬥，傷亡很大。韓國情報當局估算，一年內約有6千人傷亡；英國情報當局報告稱，其中將近一半遭受損失。他們第一次經歷無人機從頭頂傾瀉而下的戰場。也迅速學會了。如何躲避無線控制無人機，如何擊落它們，甚至學到帶著光纖線的無人機不受干擾電波影響。

其中一部分已回國的說法正在流傳。報導說約3千人被重新部署為教官。意思是，烏克蘭田野中學到的新戰爭文法，正在轉移到韓半島另一支軍隊。從西伯利亞開始的一項行動，其波紋沒有在4千公里外結束，而是又跨過8千公里。戰爭文法不會在國境停下。只要寫下一次，所有看見它的軍隊都會抄下來。

如果是弗里德曼，他會在這一點警惕輕易的希望。弱者找到打敗強者的道路，聽起來很好。可是同一條路往兩個方向都打開。烏克蘭能用卡車打擊西伯利亞，其他人也能用卡車瞄準別國後院。非對稱這個詞沒有方向。它不是弱者專屬的武器。

本書一直不想忘記幾個人。開卡車的五名駕駛。他們不知道行動。他們不知道自己載著什麼。一人因卡車爆炸喪命，四人被FSB逮捕。這是情報戰華麗故事後方被遮住的影子。人們說，新戰爭文法使用更少的人。一名操作員能在螢幕前控制數十架，無人機取代軍隊承擔前線90%。可是螢幕之外，仍有人不知道自己運的是什麼，握著方向盤。即使戰爭看起來像遊戲，死去的人也不在遊戲裡。

回到馬柳克的預告。

他說正在準備新的驚喜禮物，也許只是情報機關首長對敵人丟出的壓力。下一場行動是否真的存在，若存在又會是什麼，我們不知道。可是他能說出這句話本身，就是變化的證據。若在一代以前，威脅西伯利亞轟炸機，是擁有核武強國的事。現在，擁有卡車、無人機與18個月耐心的一方，也能說出這句話。

戰爭文法改變，意思就是這樣。誰能威脅誰，這份名單正在重新書寫。

文法一變，下一個句子誰也無法預先讀出。在距離不再能守護的世界裡，擁有深後院的大國會拿什麼當新盾牌。面對昂貴武器變成負擔的算法，強國這個地位往後還能有同樣重量嗎。而在蜘蛛學會結一次網的世界裡，還有哪個國家相信自己擁有安全後院呢。

馬柳克說，他正在準備下一份禮物。

那份禮物會在誰的後院被打開，目前還沒有人知道。

© 2026 Kim Kyung-jin. All rights reserved.