



FOCUS

專題報導

● 作者/Thomas D. Taverney

● 譯者/黃文啟

● 審者/馬浩翔

# 太空情監偵 之演進回顧

The Evolution of Space-Based ISR

取材/2022年8月美國空軍月刊(*Air Force Magazine*, August/2022)

美太空軍為提升整體情監偵能量，已將龐大商用衛星監偵能量納入支援輔助範圍，並統合軍種及聯戰需求建立完整發展體系。

蒐集敵方情報在戰爭演進史上向來是軍事戰略核心要務。能否瞭解敵軍戰力、戰鬥序列以及企圖，可決定戰爭勝敗。無論藉由人工情報——利用間諜和截聽通信內容——或從山頂觀測敵情（現在則是從太空極上制高點觀測），能否掌握敵方一舉一動，是瞭解敵情及最終取勝與否之關鍵要素。

第一代情報衛星最初是想取代在雙方激烈角力或無法進入地域執勤之空中載臺。但隨著太空影像技術不斷進步，美國情報分析人員已能對敵方領土進行更深入且持久的觀察，因而往往能獲致敵方軍事活動的最初徵候及警訊。

從1954年開始，在洛杉磯的某處校園內，美空軍將領許雷瓦(Bernard “Bennie” Schriever)，在工程師拉摩(Si Ramo)所領導的平民團隊協助下，開始發展接觸太空的工具。這些人學習德國V-2火箭製造飛彈，後來衍生出雷神(Thor)、擎天神(Atlas)、泰坦(Titan)及義勇兵(Minuteman)等洲際彈道飛彈。這是世界上最早出現的大規模太空競賽。在蘇聯，科學家當年亦積極發展自身能力。蘇聯在發射史潑尼克衛星時，美國上下同感震撼和驚駭。雖然知名度沒這麼高，蘇聯在1957年8月也曾發射一枚洲際彈道飛彈。許多人都認為有可能發動核武攻擊——甚至機會頗高。當時人們對於日本偷襲珍珠港的事件仍餘悸猶存——因為事件就發生在不到20年前，美國領袖希望能獲得監控蘇聯飛彈活動的工具，俾利更瞭解美國面臨的風險。

畫家筆下由洛馬公司(Lockheed Martin)製造的地球同步軌道衛星，美空軍太空紅外線系統(Space Based Infrared System, SBIRS)。

(Source: Mike Tsukamoto/staff; Lockheed Martin)



1960年5月1日，美空軍鮑爾斯上尉駕駛U-2偵察機在蘇聯執行偵照任務，卻不幸遭飛彈擊落，圖為U-2偵察機。

(Source: NASA)

U-2計畫始於1954年，大約與美國洲際彈道飛彈發展同步發展，因而使其成為首項用在讓美國領導者完全瞭解蘇聯活動的全新監視計畫。此種飛機飛行高度可達7萬呎，當時人們相信已足可讓這種飛機在蘇聯防空系統射程外執行任務。然而，如此夢想在1960年5月1日破滅，因為當天一架由美空軍上尉鮑爾斯(Francis Gary Powers)所駕駛的U-2偵察機，在蘇聯領空執行偵察任務時，突然遭到俄製SA-2地對空飛彈擊中。鮑爾斯雖得以倖存，但卻被捕獲並拘禁於蘇聯監獄中，最後透過換囚行動才回到美國。此次擊落事件迫使艾森豪總統下令中止在蘇聯領空的空中偵照任務。

不過，艾森豪針對此項工作有其另一套解決方案：他早已下令發展太空監視與偵察戰力，而美國很快擁有從地球大氣層以外蒐集情報的工具。即便U-2偵察機無法飛得夠高，太空中的衛星卻可以飛到截然不同的層次。透過此種能力，美國掌握關鍵情報優勢，以及蒐集對手相關資料的能

力。美空軍從1956年就開始研發人造衛星，並學習如何追蹤並且回收攜帶偵照底片的重返大氣載具。美國中央情報局所推出的「日冕」(Corona)計畫是由美空軍協助執行，同時甘乃迪政府在1961年下令成立「國家偵察辦公室」(National Reconnaissance Office, NRO)。在團隊合作之下，美空軍、國家偵察辦公室、美國國防部、中央情報局與美國產業界，發展出令人驚豔的複雜偵照衛星。1963年，「起手式」(Gambit)衛星提供來自太空的另一種高解析度攝影能力，使美國可以掌握由「日冕」衛星影像所發掘利害關係區的進一步精細影像。1971年發射，用於取代「日冕」衛星的「六角」(Hexagon)衛星，則提供續航力更長的偵照能力，其能攜行長達60哩的光感底片和四具重返大氣載具。

一如「日冕」衛星，「六角」衛星是透過太空艙攜帶底片重返地球，再由美空軍派遣飛機在夏威夷附近空域回收，這些底片經沖洗後可用在研究

與分析影像。從這些系統所獲得的知識，有助降低美國自己對蘇聯在發展與部署洲際彈道飛彈上存在的「飛彈落差」恐懼感，並且使美國軍事官員能依據事實採取行動，而非單靠推測。

然而此種情報作業流程曠日廢時，必須耗時數週乃至數月方能獲得有用情資。而下一代天頂影像感測器將採數位化方式，可快速將影像從太空傳回地球，而毋須經歷繁複、耗時且昂貴的作業流程，透過衛星將拍攝的大桶底片送回地球。

美國「國家偵察辦公室」自



一架JC-130運輸機正在回收Mark8型降落傘拖曳的圓錐艙內偵察衛星拍攝到之底片。在U-2高空偵察機遭擊落後，美國運用衛星影像記錄相關資料。(Source: USAF)

成立以來，不斷利用太空工具強化美國掌握各種全球挑戰的程度，並且藉此獲取戰略優勢。此舉也因而提升美國的國家安全。雖然過去曾建造許多世界一流的天頂情監偵系統，美國太空情報的絕對優勢目前已然遭遇挑戰。美國敵人正以極快速度，挹注大量金錢、訓練更多人員，並且在地面和太空領域開發更多資源與工具。今日中共的經濟與科技實力以及俄羅斯運用其國力的意願，可謂數十年來未見，從而對美國在太空的各種戰力構成明確威脅。

近年甫成立的太空軍、國家偵察辦公室、其他國防機關，以及產業界合作夥伴，更必須以創新方式共同合作，開發各種工具和技術，才能確保美國在太空的領導地位持盈保泰，並且因應此種挑戰。

### 支援作戰部隊

天頂情監偵太空系統所蒐集和處理類型廣泛的活動訊號及影像情報，用來支援美國在各區域的作戰部隊：維持戰鬥序列和狀況覺知；建立高度精確目標參數；提供敵軍徵候和預

警情資並且執行戰損評估。

監視與偵察衛星在今日扮演比過去更關鍵的角色，不僅須針對戰略本質提供情報判斷參數，同時還要快速滿足今日國家安全的種種需求。雖然協助情報判斷仍是這些衛星肩負的其中一項重要任務，但其任務範圍已從戰略領域擴大到更具時效性的作戰和戰術層級支援事項。這些快速處置需求事項，更持續探索可能來自任何地點、任務時間的威脅——無論車載發射器、船艦、潛艦、飛機或太空系統等類型的威脅。可提供細緻影像數量有限的精密衛星(國家偵察辦公室主要採用此類衛星)，向來限制全球持續偵察能力。

1980年，美國國會要求五角大廈成立「國防偵察支援專案」(Defense Reconnaissance Support Program, DRSP)，以「改善對作戰層級軍事部隊的衛星偵察支援應用，並且建立一套機制，讓『國家對外情報專案』(National Foreign Intelligence Program, NFIP)可確認、驗證及資助各項戰術層級支援強化措施」。「國防偵察支援專



案」的各項資源與管理機制須負責：

- 針對支援軍事作戰為主要目的之情報衛星系統進行修正或強化；
- 獲得與操作衛星偵察系統，以滿足支援軍事部隊各項已確認需求之項目；
- 設計可對聯合作戰與專責司令部及適切共同聯盟司令部，共享衛星偵察影像產製成果的系統，並確保其與軍種戰術的層層架構相互兼容。

美國當時還利用蓬勃發展的商用影像供應商，以彌補衛星涵蓋範圍的某些未竟之處，俾利提供地面部隊指揮官潛在敵軍位置的資訊。存檔衛星影像可以結合最新影像，確認隨時間推移而發生的各種變化，以左右目標選擇，並且幫助地面部隊指揮官將兵力集中在敵軍的潛在薄弱處。

參與1990至1991年「沙漠之盾/沙漠風暴」的美軍指揮官，經常稱這些活動是首度「太空戰爭」，因為這是太空戰力首次在衝突中被用來支援地球表面部隊。十餘年後，「伊拉克自由行動」更凸顯出這些年來有多大進步，因為此時太空上面的影像能力已可更緊密結合作戰行動。

原名為「軍事情報專案」(Military Intelligence Program)的作為，後來於1990年代末期重新命名為「國防太空偵察專案」(Defense Space Reconnaissance Program, DSRP)。2002年，美國國防部副部長伍佛維茲(Paul Wolfowitz)針對「國防太空偵察專案」下達一份新規章，要求所有戰術層級國防太空偵察計畫，都必須滿足、解決或直接配合以下一項以上業經確認需求項目：

- 聯合作戰司令部整體優先清單(Integrated Pri-

ority List, IPL)；

- 經核定之作戰需求文件(Operational Requirements Document, ORD)；初始戰力文件(Initial Capabilities Document, ICD)、戰力發展文件(Capabilities Development Document, CDD)或戰力產出文件(Capability Production Document, CPD)。

- 聯合參謀部確立之聯合作戰司令部戰力罅隙；或

- 各軍種和美國特戰司令部確認其導致使用者無法取得或利用國家偵察辦公室天空系統參數的缺陷。

此類戰力的其中一種稱為「鷹視」(Eagle Vision)系統，負責處理幾乎是即時更新的商用衛星影像，其各種機動式衛星下鏈站臺。「鷹視」系統運用衛星飛越模式軟體，判斷哪些商用太空感測器可以發覺出現變化的地區。例如，在某案例中，地區指揮官就曾利用影像比對，確認出伊拉克首都巴格達近郊的萬人塚。

「鷹視」系統當時部署至阿拉伯聯合大公國，支援「伊拉克自由行動」，而其所提供的戰區內解決方案，可在短短12小時的快速變化戰術狀況下，幫助部隊運用商用衛星影像——僅須商用供應者蒐集這些影像傳統工具的一半時間。

今日，國家偵察辦公室將重點放在提供負責且靈活的太空情監偵系統，同時與情報圈所有夥伴合作，強化天頂任務派遣、蒐集及資料處理能力，其中包含使用人工智慧及機械學習以整合，並且推斷類型廣泛之資料群組。

在俄羅斯入侵烏克蘭後，美國的盟國也運用商



荷德倫(Neil Holdren)上士和馬哈爾(Kevin Mahar)上尉保養檢查一組天線饋線，美空軍和新成立的太空軍，過去幾十年來都相當清楚太空監視功能的重要性。(Source: USAF/Melissa Koskovich)

用太空情監偵系統，提供烏克蘭關鍵支援。

## 現代影像市場

相較商用影像市場不斷擴大，美國國家安全設施發展數量相對較緩。從2005年到2010年，增加了近三倍；從2010年到2015年，數字增加到四倍；而從2015年到2022年，則增加近五倍。因此，「遠距感測」已經從過去國家獨有能力，變成今日約有四成左右遠距感測衛星都是民間擁有——而美國政府擁有此類衛星還不到一成。今日，有60多家公司都在做太空資料蒐集的生意，約有50個國家擁有太空資料蒐集設備。

業界廠商已經知道，優質、多頻、具輻射性且短暫的解析度(回歸速率)有時可用來輔助高空解析度，甚至在某些個案中變得比其更具價值。為能獲得此種能力，許多公司部署大量小到中型衛星。少數商業公司甚至部署相當數量的衛星群來獲致更高回歸次數，但想要真正長久維持，仍須擁有運用「隨插即用」介面以鏈結多個衛星群。確保眾多廠家都能在此產業生存繁榮，是值得美國決策高層努力的目標。

2021年，美太空軍核准「戰術太空層」(Tactical Space Layer)新計畫的快速實驗與原型試做，該項計畫將利用商用衛星影像，改善戰場覺知，並且



擴大其視距外目標的選定能力。產業界的創新作為將帶動各種新解決方案，來協助達成此計畫。例如，從烏克蘭經驗中，馬薩爾衛星(Maxar)現在已經可以運用機動接收站，提供直接即時鏈結商用影像衛星的管道。此舉可幫助戰場上的軍事單位從馬薩爾衛星下載光電影像，結合加拿大衛星公司MDA的「雷達衛星二號」(Radarsat-2)或其他廠商的衛星，做為戰術層級的作戰應用工具。

### 任務派遣、蒐集及其他事項

新商業能力的最大受益者為戰術層級/戰區作戰部隊以及國際夥伴，此兩者在過去都未能獲得充足的太空影像情報(Imagery Intelligence, IMINT)單位所提供之服務。戰術層級使用者須持續偵照涵蓋近乎即時資料供應。透過運用多重系統，兩者可以確保持續偵照涵蓋內的觀察範圍。國際夥伴——就算是「五眼聯盟」夥伴國——向來都因為分享影像情報方面的延宕而感到挫折。

今日戰術情報(Tactical Intelligence, TACINT)使用者在以下項目的需求日益增加：

- 即時作戰支援。使用者希望得到儘可能接近即時之「山的另一邊」情資——意味著分秒片刻——以確認視距外地面砲火來源及地面運動。
- 戰術計畫作為支援。使用者希望有能力偵知作戰轉移動態，諸如戰機、艦艇或地面單位運動，大量湧入的油罐車，或新建工事，這些都可能顯示產生變化的計畫或戰力項目。
- 地面與空中戰鬥序列和地面砲火位置；
- 移動中的目標徵候。空中使用者希望可據以行動之地面移動目標徵候(Ground Moving

### 名詞定義

**情報 (Intelligence)：**蒐集資訊以瞭解對手或狀況；

**監視 (Surveillance)：**在缺乏特定目標的情況下，長時間觀察廣大區域；

**偵察 (Reconnaissance)：**在特定時間觀察特定目標。

Target Indicators, GMTI)和空中移動目標徵候(Air Moving Target Indicators, AMTI)。

- 整合情報提供之情資，諸如整合光電和合成孔徑雷達情報產出或運用光電以及紅外線影像的多頻譜產出(針對各領域後續處理)；
- 多重情報整合(光電/合成孔徑雷達/紅外線/射頻/信號情報/電子情報等)。射頻、信號情報及電子情報，可以引導情監偵系統採用高解析模式來進行識別與偵測，例如在海上領域狀況掌握任務中，透過其來辨識或偵測夜間船舶。
- 天頂持續性紅外線(Overhead Persistent Infrared, OPIRP)可以「引導」某個系統，針對某項關係主題蒐集更詳細資料。因此，新式注視型感測器的解析度，可以辨別微小的地面目標以及雷射測試地點。

美國直到現在才開始運用已經發展完成的所有太空情監偵戰力供應。雖然沒有任何一家公司能夠針對特定政府用戶，真正持續提供涵蓋全般情監偵需求，然而能統合運用所有可用資源手段所組成的能力，仍然十分讓人驚艷。

## 當前狀態

當美國邁入會把國家偵察辦公室稀有但精巧的資源，整合至商業界已開發之廣泛多元商用資源的階段後，美國國防部須針對整合衛星情報任務在派遣、蒐集、處理、運用和分發(Tasking, Collection, Processing, Exploitation, and Dissemination, TCPED)方面，研擬一套不同做法。因為隨著戰場從侷限性利害區，變成同步在多個區域作戰，戰術時程可能從數日或數小時縮短為分秒之間。將感測器至射擊武器的延遲縮短變得十分關鍵。促成「聯合全領域指揮管制」(Joint All-Domain Command and Control, JADC2)系統發展的構想，就是希望提供美軍在「觀察、定向、決心、行動」(Observe, Orient, Decide, Act, OODA)決策循環的重大優勢。

美空軍的「先進戰場管理系統」(Advanced Battle Management System, ABMS)、陸軍的「匯

聚專案」(Project Convergence)和「泰坦遙距地面站臺」(Remote Ground Terminal[RGT]TITAN，該案整合各種次世代情報系統)，以及海軍的「優越專案」(Project Overmatch)，都是試圖發展出多重情資接收節點與快速資訊處理和分發，以加速作戰部隊指揮官決策流程。

將各軍種現行戰場管理做法整合為一個協同完整體系，正是「聯合全領域指揮管制系統」背後的驅動構想。美空軍現任部長肯達爾(Frank Kendall)相當瞭解此點。他表示，「美陸軍的『匯聚專案』計畫來自於發展相互聯結、多領域感測器至射擊武器關係在科技上的需求。美海軍『優越專案』則在努力發展與整合各種強韌指揮管制網絡，以改善並加速其建制無人空中、水面與水下載具，以及人操武器與載臺的整合。美空軍希望能充分整合海軍，俾利採用海軍感測器偵獲之情資，並同時把空軍感測器所偵獲之情資提供海

## 戰爭的三個層次

美軍瞭解戰爭有三個截然不同層次，分別為：戰術層級、作戰層級和戰略層級。就整體來看，美軍結合各種戰術層級行動，以達成國家的戰略目標。這些戰爭層次間完全不存在限制或界線，但三者間的差異，可以幫助指揮官設計並且統合作戰行動、分配各種資源，以及適切分派任務。用兵戰略、作戰或戰術目的，則取決於目標本質。

戰爭在戰略層次上有時間軸最長，並且牽涉達成國家或戰區層級目標的國家級(或多國)指導及資源。分析工作在戰略層次上，在於研析針對涉及國家(或多國)指導、資源或目標及最終狀態而所採取之行動。

戰爭在作戰層次上，則屬於鏈結戰略目的、目標與戰術目的以及目標程序。戰爭在作戰層次上具有比

戰略層次相對較短的時程，但比戰術層次長，而且涉及運用作戰用兵藝術達成軍事目標的戰役，以及主要作戰計畫作為與執行。分析作戰層次工作為研析涉及作戰用兵藝術與戰役，在主要作戰計畫作為和執行面上所採取的行動。

戰爭在戰術層次上涉及戰鬥部隊彼此與敵我間，為達成目標而採取之有序安排，與運動之戰鬥和交戰計畫作為和執行。此層級包含與戰爭行為進程有關的各種活動。



作戰部隊可透過商業衛星獲得充足太空影像情報，即時掌握戰場兵力動態。太空探索技術公司的星鏈網路(Starlink)，即在烏俄戰爭中擔綱情報傳遞的重要角色。(Source: NASA)

軍。在歐洲大陸，希望能創造超越空中、地面和太空戰場的條件……以便能在當地和美陸軍更緊密合作。然而，所有軍種都是以聯合作戰的方式嚴肅進行此項任務」。

美陸軍在亞歷桑那州尤馬測試場(Yuma Proving Ground)所執行的最初兩次「匯聚專案」演習，已展現其在整合感測器情資方面的進展。這兩次演習更進一步證明，太空感測器和戰區內戰術地面站臺整合「絕對具有相當重要性」。

美陸軍針對近年來提供作戰部隊即時衛星影像，已經利用其

「鷹眼」(Kestrel Eye)衛星計畫驗證過。這項小型衛星實驗顯示美陸軍如何指派低地球軌道的特定感測器拍攝戰場影像，並且將情資即時傳輸給作戰部隊。然而，一顆低軌道衛星也因為軌道限制之故，每天僅能提供一小部分相關涵蓋範圍影像。美軍地面部隊的需求卻遠不止如此。「鷹眼」衛星只是單純拍攝影像，並且將其提供給作戰部隊，美陸軍還須以自動化方式偵知並且追蹤地面上各種威脅。因此目的是要透過諸如Link16等數據鏈路或「分散式通用地面站臺」(DCGS)，即時

提供戰場上作戰部隊，使其有辦法處理視距外地面威脅所需之目標標定方案。因此並非僅是將影像提供作戰部隊，而是依據這些衛星影像，提供作戰部隊目標選定解決方案。為能得到美軍期待的持續性，美軍必須將精巧的國家偵察辦公室資產，整合大量商用影像公司提供之潛在持續能力。

美空軍部長肯達爾表示，「我們將與情報界在這方面密切合作，同時也將和其他軍種研討，未來設法扮演領導角色，以確保未來太空情報系統與載臺的聯合作戰需求，空軍也將持續朝此方向努力，以滿足所有軍種需求」。

所幸，隨著美國成立「太空軍」，除其原本與太空系統指揮部存在密切夥伴關係外，太空軍建立與國家偵察辦公室，以及存在於太空軍、國家偵察辦公室和美陸軍間堅實的夥伴關係。這些機關簽署協議備忘錄，確保美陸軍、情報部門以及太空軍都能充分融入太空「戰術情監偵」(Tactical ISR, TacISR)系統。太空軍與國家偵察辦公室合作密切，以完全界定作戰

部隊戰術情監偵系統的需求項目，縮小此戰術出現情報落差，同時支持不斷變化的作戰環境，因為此種環境條件幾乎每天都在改變。

太空軍「太空系統指揮部」(Space Systems Command)提出多項計畫，鼓勵創新行為，簡化並且加速訂約程序，讓各種商用系統能融入國家安全太空體系內，並且打破新公司加入的各種障礙。這些計畫包含：

「商業方式擴充太空跨領域網路化行動」(Commercially Augmented Space Inter-Networked Operations, CASINO)專案。搭配「黑傑克」專案(Blackjack)，「商業方式擴充太空跨領域網路化行動」刻正與衛星公司PredaSAR合作進行計畫，以整合美國政府所建構的光學通信終端站。此外，此類作為可以提供商業界參與者誘因，開始在其載臺上整合符合政府規格的光學交叉鏈結。

「太空發展局」(Space Development Agency)也計畫和卡培拉太空公司(Capella Space)推動類似跨衛星展示。

「商業服務辦公室」(Commercial Services Office)。此機關涵蓋商用衛星通信辦公室，以擴大商用衛星通信在所有太空軍任務的擴及範圍，其中包含情監偵任務。

「前門」(Front Door)專案。此項專案重點置於降低入門障礙，打造創新行為並且提供加入太空工廠(Space Works)、太空快速能力辦公室(Space RCO)、太空獵遊(Space Safari)計畫、太空數位生態體系及整合(Space Digital Ecosystem and Integration, SpaceDEN)、駭入衛星(Hack-a-sat)以及其他專案橋接途徑。

改變產業日作法，以推動和商用情監偵產業界的接觸。

這個目標，就如太空系統指揮部指揮官古德連(Michael A. Guetlein)中將所稱：「探究現有項目、採購可用項目，並且建立必須擁有的項目」。太空系統指揮部正在設法於可能條件下運用各種商用解決方案，同時確保預算投資不會因為重複作為而遭浪費。

「聯合需求監督委員會」(Joint Requirements Oversight Council, JROC)的角色是整合聯合太空需求項目與太空軍，而美太空軍「聯合需求監督委員會」成員之一的太空軍軍令部副部長湯普森(David D. Thompson)中將負責主導建立此角色作為，空軍部長肯達爾及太空軍軍令部長雷蒙上將則負責提供支持和督導。太空軍用於建立此角色的最初任務領域之一，即為戰術情監偵及目標選定。其目前正與各軍種和聯合作戰司令部接觸，以充分瞭解並記錄各種聯合部隊需求項目，而國家偵察辦公室以及廣泛情報部門成員則在如此作為中擔任夥伴。

### 終極制高點

成功的軍事行動多半取決於監視及偵察作為。獲得及時且精確的情報可提升狀況覺知、任務計畫作為與戰損評估能量。雖然某些偵察行動可透過飛行設備完成，但想要持續監視，尤其是在受拒止地區，唯有從太空進行方可提供可行而有效的手段。為能運用衛星影像情報，戰鬥部隊需要可靠、可變、安全、高性能數位基礎設施，以確保衛星影像設備的可靠安全管道，轉化為可據以行



動的情資——這在任何作戰想定中都會是重大優勢。

太空在作戰計畫作為和戰術層級感測器，乃至射擊武器擊殺鏈等方面，都是一項關鍵要素。商

用太空影像和電子情報能力持續增強，而其日益提升的多元性和技術性能，讓其變得愈來愈有價值。美國國家安全太空體系——包含太空軍、美國太空司令部、國家偵察辦公室及太空發展局等

## 商用太空創新作為：無限潛能

業界正在感測器科技的所有面向，以驚人速度發展新的太空監視及偵察能力。

### 可見光感測器

「星球」(Planet)公司在太空擁有150顆衛星群，目的是要能每天拍攝整個地球的影像一次。馬薩爾公司正在研發名為「世界觀兵團」(WorldView Legion)的次世代衛星群，據稱其每天可以重複造訪地球某些位置達40次。「黑天」(BlackSky)公司擁有一組可每日重新造訪蒐集的高解析度(80公分)衛星。「衛星革命」(SatRevolution)公司正在設法部署光電影像拍攝大型衛星群。馬薩爾、星球及黑天公司目前都和國家偵察辦公室簽訂合約以提供相關資料。

### 太空雷達

諸如卡佩拉(Capella)、PredaSAR Corp、ICEYE、Umbra Lab、XpressSAR、EOS、NeoSAR、TerraSAR、Terresa-X、TanDEM-X、Cosmo-SkyMed、RADARSAT及Synspective等公司，目前都在開發商業用途合成孔徑雷達衛星，這些衛星可以在晝夜間各種不同的天氣條件下拍攝地球的影像。2022年6月，卡佩拉宣布和「國家地理空間情報局」(National Geospatial-Intelligence Agency,

NGA)簽訂合作研究發展協議，2021年10月，該公司與國家偵察辦公室簽署研究合約，目前亦提供美國政府雷達影像。ICEYE公司目前擁有13顆在軌衛星。卡佩拉太空公司擁有7顆在軌衛星。ICEYE公司在2021年6月和美陸軍「太空飛彈防禦技術中心」(Space and Missile Defense Technical Center, SMDTC)簽署合作研發協議，並且在2022年4月和國家地理空間情報局簽署合作研究發展協議。空中巴士美國分公司、ICEYE公司、PredaSAR公司及UMBRA公司也與國家偵察辦公室簽署研究合約。

### 紅外線及超頻譜

目前也有多家公司提出遠距偵測衛星系統方案，採用的科技理論上可以辨別化學組成元素，此種科技可幫助農業經營集團更有效判斷哪些農地可以種植何種作物，同時還可應用在隱蔽武器系統的偽裝布。2019年，HySpecIQ公司獲得國家偵察辦公室合約，為其進行商用超頻譜影像研究。其他商業供應商還包含Teledyne、Orbital Sidekick和Hypersat等公司。

——正以群策群力的方式，致力將商用太空能力快速融入美軍的擊殺鏈。無可避免地，這些新能力也會遭遇各種新威脅：包含電磁、硬殺以及網路。掌握威脅狀況並加以防範有其必要。

雷蒙上將明確指出，「現在不是耐心等待的時刻。該是時候採取行動了」。美國的對手動作非常

快，而美國必須先發制人。

### 作者簡介

Thomas D. Taverney為美國備役空軍少將，曾任美空軍「太空司令部」副司令官。

Reprinted by permission from *Air Force Magazine*, published by the Air Force Association.

### 多重現象學服務(multi-phenomenology services)

馬薩爾公司在此領域與多個合作夥伴，結合地理情報能力與其他型式的感測器。Ursa 公司刻正開發運用多家廠商合成孔徑雷達情資的軟體應用程式。新創公司 MINT 則尋求在不同車輛上結合光電、射頻及合成孔徑雷達感測器的衛星群，俾利類似商用系列衛星彼此進行交互引導。

### 太空電子及信號情報

HawkEye360 公司及 Aurora Insight 公司提供衛星射頻遠距偵測蒐集服務。藉由偵測及地理定位各種無線電頻率發射源，可協助運輸追蹤、搜救及其他各種應用功能。HawkEye360 公司於 2019 年獲得國家偵察辦公室合約，目前也提供多項任務夥伴射頻遠距感測資料服務，以供其進行用途個案驗證與某些作戰支



中共於2014年在南海占領永暑礁建造人工島，其面積足可停放幾乎中共現有任何型式飛機。雖然某些偵察作為可透過運用航空設備完成，但持續監視作為，尤其在被拒止區域中，太空仍是唯一可行且有效的手段。(Source: Google Earth)

援。運用此科技，HawkEye360 公司從 2021 年底開始監控全球定位系統干擾現象；就在俄羅斯入侵烏克蘭之前不久，該公司就偵測到俄軍在發動攻擊前對車諾比周邊全球定位系統信號進行干擾。美太空軍所屬「太空系統指揮部」刻正發展偵測、定位及最終消除射頻及全球定位系統干擾的各種工具。馬薩爾公司也曾辨識出在烏克蘭馬里烏波附近維諾拉德尼(Vynohradne)和曼胡什

(Manhush) 墓地區域擴大的狀況。

### 射頻信號

美國商用射頻開發商 Spire 公司及 Kleos 公司(是前者的國際夥伴)刻正建立衛星群，用以感測及地理定位射頻信號，應用在諸如追蹤船舶動態等方面。兩家公司運用射頻「外點」(在地圖上代表頻率的點狀註記)以量測和地理定位射頻威脅。