



# 從俄烏戰爭探討海軍通信衛星運用

## Exploring the Use of Naval Communication Satellites in the Russo-Ukrainian War

著者／吳政一、許祐銓 Wu, Cheng-Yi、Hsu, Yu-Chuan

### 壹、前言

隨著通信衛星技術的迅速發展改變了現代戰爭型態，促使戰術、流程及規範發生變化，特別是在全球範圍內進行訊息傳遞、戰場監控及戰術行動方面，各國軍事力量不斷提高對通信衛星的依賴，確保其在戰時能夠提供穩定、高效的通信支援。這一趨勢在近年國際衝突中表現得尤為明顯，尤其在「俄烏戰爭」中，通信衛星的使用對戰場型態產生了深遠影響。

「俄烏戰爭」自 2022 年爆發以來，不僅僅是一場傳統的地面戰爭，更是一場高科技戰爭，雙方都大量依賴通信衛星來進行遠距通信、情報蒐集和戰略部署，這場戰爭展示了通信衛星在現代戰爭中的多樣化應用，包括戰場監視、部隊調動、無人

機操作和精確打擊等，不僅提高了戰場訊息的傳遞速度，還大大增強了指揮官對戰場態勢的掌控能力，通信衛星展示了其在現代戰爭中的重要性和潛力。

我國為海島型國家，地理形態屬四面環海與外界通信高度仰賴海底電纜或無線電波通信，雖無線電波通信優勢在於設備簡便、低成本，適合視距內、局部作戰的即時通信，但其範圍受限，易受地形和敵方干擾影響。通信衛星則可提供全球覆蓋的通訊，具備高穩定性和大容量傳輸能力，適合長距離作戰和多用途數據傳輸，若兩岸發生戰事，中共將針對我國海底電纜及地面基礎建設為目標，進行人工破壞以癱瘓本國的網路系統，對於此狀況想定時是否有相關備援，國家通訊傳播委員會副主委翁柏宗指出：「我國必須要讓我們的網

路更有韌性，讓無線通信的傳輸方式多元化，才能應對一些緊急情況」。<sup>1</sup>

現我國海軍在觀通涵蓋範圍外，指管命令及戰場共同圖像（Common Operational Picture，COP）的傳輸倚靠中繼站台來實施傳遞，現唯一使用之衛星通訊手段僅有「維星系統」，加上中共在軍事部屬能力已突破第一島鏈，儼然超出我觀通涵蓋外，促使我海軍運用通訊衛星進行遠程通訊的需求日益提高，在此背景下，本文將首先介紹通信衛星的基本功能和運作原理，並深入分析「俄烏戰爭」中雙方對通信衛星的運用、反制策略和效用，研擬我海軍針對未來通信衛星運用提出建設性建議，期許本軍加速發展與建設運用新一代衛星通信系統能力，不僅提升指管效能、擴大通信範圍，強化通信備援機制彈性，確保海軍作戰效能。

## 貳、通信衛星介紹

衛星技術是現代科技發展的重要里程碑，運作空間突破至太空，並在通訊、導

航、天氣觀測及地球觀測等領域發揮著至關重要的作用，通信衛星是專門用於傳輸和接收電磁波信號的人造天體，負責在各地球表面之間中繼各類通信訊號，以提供廣域的通信連接，無論是語音、數據、影像還是其他訊息，都能通過通信衛星進行傳輸。衛星特性為在高空繞行地球，能夠突破地理屏障限制，實現遠距離信息傳遞，無論是在廣闊的海洋上，還是在人跡罕至的山區，都能提供穩定的訊號連接，在商業及民用領域提供高效、穩定的通信支援，<sup>2</sup>而在軍事領域上亦扮演著重要的角色，成為現代國防與安全體系中不可或缺的核心部分，對於戰場指揮與管制、情報蒐集及聯合作戰居關鍵作用，以下就衛星定義、低軌衛星發展趨勢及我國衛星發展實施介紹：

### 一、定義通信衛星分類及應用

衛星主要可以依照軌道高度、重量、用途三種面向來進行區分，依據軌道高度區分三類（如圖一），類別應用及其優缺點概述如後：

1 劉淑琴，〈華爾街日報：海纜中斷無法連網 臺灣離島窺戰時可能情景〉，CNN 中央通訊社，2023 年 3 月 8 日，<https://www.cna.com.tw/news/aip/202303080333.aspx>，檢索日期：2024 年 8 月 21 日。

2 鄭為珊、陳佳暉、黃繼玄、謝善雄，〈衛星網路技術發展與應用實務〉，《NCCNEW》，第 18 卷，第 1 期，2024 年 3 月。

圖一：衛星分類圖



資料來源：〈衛星分類應用〉，DIGITIMES，2022年7月14日，[https://www.digitimes.com.tw/tech/showimg.asp?source=0000638931\\_OTTLC9IK21V09F2EEDJ01&filename=638931-7-EDJ01.jpg&sourcetype=1](https://www.digitimes.com.tw/tech/showimg.asp?source=0000638931_OTTLC9IK21V09F2EEDJ01&filename=638931-7-EDJ01.jpg&sourcetype=1)，檢索日期：2024年9月17日。

### (一) 地球靜止軌道衛星

#### (Geostationary Earth Orbit, GEO)

軌道高度約 35,786 公里，衛星在地球赤道平面上空運行，周期與地球自轉同步，保持相對於地球表面的固定位置，GEO 可以涵蓋的範圍廣泛，僅需三顆衛星的通訊範圍即可覆蓋全球，並能持續面向地球同一面的地表，適合長時間的觀測和通信，如氣象衛星、通信衛星，其缺點信號傳輸延遲長，建置和發射成本最高（如表一）。

### (二) 中地球軌道衛星

#### (Medium Earth Orbit, MEO)

表一：軌道衛星分類及性能比較應用優劣圖

	飛行高度	體積	發射成本	訊號延遲	涵蓋範圍	用途
同步軌道衛星 (GEO)	高(3.6萬公里)	大	高	長明顯	高大	衛星電視、氣象、廣波通訊
中軌道衛星 (MEO)	中(2千至1.5萬公里)	中	中	中等	中	定位、GPS導航、定位
低軌道衛星 (LEO)	低(5千至2千公里)	小	低	短短	低小	通訊、氣象、國防

資料來源：作者彙整製表

軌道高度約 2,000 公里至 15,000 公里之間，衛星軌道周期介於低地球軌道和地球靜止軌道之間，具訊號延遲中的特性，因此大多數導航和定位系統（如 GPS、Galileo）都在此軌道運行，適合全球覆蓋的定位服務，相較 GEO 需要較多的衛星來維持覆蓋，，建置和發射成本較 GEO 低。

### (三) 低地球軌道

#### (Low Earth Orbit, LEO) 衛星

軌道高度約約 160 公里至 2,000 公里之間，衛星繞地週期短，約 90 分鐘至 2 小時，具信號延遲最短的特性，適合地球觀測、科學研究、環境監測和通信，建置和發射成本最低，其缺點衛星壽命較短，需要頻繁更換和補充。<sup>3</sup>

3 陳朝焱，〈人造衛星的分類〉，TASA 國家太空中心，2020 年 7 月 7 日，<https://www.tasa.org.tw/zh-TW/space-knowledge/9f42d325-ae90-4468-9dc3-1f5ba601a46d>，檢索日期：2024 年 9 月 17 日。

## 二、低軌衛星系統發展

近年全球應對氣候變遷的挑戰，低地球軌道衛星（以下簡稱低軌衛星）因建置及發射成本最低，可快速部署達成目標等因素，被大量用於環境監測，如追蹤極地冰層變化、森林火災和碳排放等，為各國制定氣候政策提供科學數據支持。同時疫情期間的遠距工作、教育和醫療需求激增，突顯低軌衛星在提供全球網絡覆蓋和即時通信的不可或缺性，以下係低軌衛星蓬勃發展主要優勢：

### （一）高通量衛星技術

#### （High Throughput Satellite，HTS）突破

旨單一衛星訊號能覆蓋更多區域，且具備更大資料傳輸的衛星，符合現今通訊需求。

### （二）火箭發射成本降低

1981 年火箭發射成本每公斤約 85,216 美元，在火箭技術陸續演進與重複技術導用的發展下，致使火箭發射成本逐年降低，2020 年降至 951 美元，大幅降低建

置衛星門檻。

### （三）衛星小型化與結構簡單化

衛星天線、射頻前端、電池、製程技術精進，零組件可以更高度整合與小型化，間接讓衛星製造成本大幅下滑。<sup>4</sup>

依上述優勢，發展衛星系統費用已可由民間公司負擔，目前主要四大低軌衛星營運商分別是美國 SpaceX、英國政府與印度電信合作的 OneWeb、加拿大 Telesat、美國 Amazon 旗下的 Project Kuiper（如圖二），<sup>5</sup> 其中最具代性的屬美國 SpaceX 公司於 2015 年提出的「Starlink」（以下簡稱星鏈），規劃在近地軌道部署 4.2 萬顆低軌衛星來建置覆蓋全球的寬頻通訊網路系統。依據計劃，自 2018 年 2 月首次發射至 2023 年 7 月，目前「星鏈」衛星共在軌 4,519 顆，已實現全球覆蓋目標，「星鏈」目標為為全球農村、偏遠地區地面網路覆蓋不到 3% 或 5% 的地區提供「星鏈」網路服務。<sup>6</sup>

「星鏈」資料傳輸在衛星之間的是採

4 盧佳柔，〈低軌衛星發展十年磨一劍！3 大關鍵因素帶動商轉起飛，臺灣機會在哪裡？〉，數位時代，2021 年 9 月 30 日，<https://www.bnext.com.tw/article/65308/low-earth-orbit-starlink-oneweb-tesat-project-kuiper>，檢索日期：2024 年 9 月 17 日。

5 徐建峰，〈國家太空隊動起來！低軌衛星商機大爆發 各廠布局、概念股一次看〉，經濟日報，2024 年 1 月 9 日，<https://money.udn.com/money/story/5612/7542077>，檢索日期：2024 年 9 月 17 日。

6 邱昱芳，〈SpaceX 星鏈計畫 (Starlink) 引爆全球衛星通訊市場新商機〉，FINDIT，2020 年 11 月 25 日，<https://findit.org.tw/researchPageV2.aspx?pagelD=1572>，檢索日期：2024 年 9 月 17 日。

圖二：低軌衛星營運商

低軌衛星四巨頭				
	馬斯克 SpaceX	亞馬遜 Project Kuiper	英國衛星供應商 OneWeb	加拿大 Telesat
預計商轉年分	2022	2025	2021	2023
客群	全球	衛星、通訊服務	北歐、五眼聯盟（政府）	企業用戶
目標衛星數量	30,000顆	3,226顆	648顆	198顆
進度	近5,000顆低軌衛星營運，全球超過100萬名用戶	10月6日發射第一波衛星，2023年底提供服務	2023年9月與歐洲通信衛星公司 Eutelsat 合併	2025年第三季發射第一顆衛星，2026年提供服務

資料來源：徐建峰，〈國家太空隊動起來！低軌衛星商機大爆發 各廠布局、概念股一次看〉，經濟日報，2024年1月9日，<https://money.udn.com/money/story/5612/7542077>，檢索日期：2024年9月17日。

用雷射方式，與地面鏈結則採用 Ku 和 Ka 波段相控陣列模組及數位處理技術。<sup>7</sup>雷射鏈結頻率高於 10,000 千兆赫（10THz），適用在太空中長距離高速通訊，網路頻寬為手機通訊 1,000 倍，低訊號傳遞延遲率，比數位衛星電視快 25 倍，另加上衛星建置成本較低、地面終端體積小、易裝設及機動部署等特性，促使覆蓋率幾乎普及全球。<sup>8</sup>目前「星鏈」已獲 56 個國家（地區）批准使用，超過 150 萬用戶分佈於南極洲在內的全球各大洲，在亞洲特別是對日本、菲律賓等國家開放應

用，除服務陸上用戶外，「星鏈」已經開始應用於海上、民航、鐵路等領域，在海上，「海上星鏈」（Starlink Maritime）服務主要針對遠洋郵輪、豪華遊艇、貨輪或海上資源探勘平台等。<sup>9</sup>囿於衛星網路優異便利性及無地域性的特性，促使全球已越來越多人使用，另在 2022 年 2 月底，「星鏈」應烏克蘭政府要求介入「俄烏戰爭」，迄今已超過 3 萬套「星鏈」地面終端機在烏投入運作，更為世人展現低軌衛星在軍事上應用的重要篇章。<sup>10</sup>

### 三、我國衛星發展現況與應用

在世界各國開啟太空競賽後，我國同樣意識到太空發展是未來世界趨勢所在，為建立我國太空基礎設施，並進行太空人才培育，政府自 1990 年代即投入太空科技迄今已逾 30 年，並在行政院「國家科學委員會」下成立「國家太空科技發展長程計畫規劃小組」，以發展衛星為主軸，並由「國家太空中心」（Taiwan Space Agency, TASA）負責執行，建立基礎設施、組織研發團隊，培養自主能力，由

7 董慧明，〈從「星鏈」衛星在俄烏戰爭的應用看中共低軌道衛星的發展〉，《戰略安全分析》，第 175 期，2022 年 8 月。

8 陳維鈞、陳秀莉，〈見證 SpaceX 太空霸業的啟端：簡談要讓全世界都能上網的「星鏈計畫」〉，國家實驗研究院國家太空中心，2019 年 5 月 25 日 <https://pansci.asia/archives/162915>，檢索日期：2024 年 9 月 17 日。

9 〈Starlink〉，Starlink，<https://www.starlink.com/>，檢索日期：2024 年 9 月 17 日。

10 李佩珊，〈烏克蘭求救奏效馬斯克啟動星鏈衛星供應網路〉，中央通訊社，2022 年 2 月 27 日 <https://www.cna.com.tw/news/aopl/202202270075.aspx>，檢索日期：2024 年 9 月 18 日。



產、官、學、研所組成的「太空國家隊」逐漸成軍，期帶動國內太空科技產業快速發展。<sup>11</sup>我國已部署「福爾摩沙衛星」、「中新衛星」、「珍珠衛星」、「獵風者」4類衛星，用途包括地球觀測、氣象觀測、通信等（如表二）。

### （一）國際合作

數位部目前正在實施「應變或戰時應用新興科技強化通訊網路數字韌性計畫」的項目。該計畫尋求使用低軌道衛星組成通訊系統，確保政府和武裝部隊在緊急事件

或遭受攻擊之時，仍可維持通訊通暢。數位部計畫除了與已擁有 20 顆中軌道衛星的歐洲最大衛星通訊營運商歐洲衛星公司（SES）加盟外，還吸引了擁有 630 顆低軌衛星的英國 OneWeb 公司的參與。<sup>12</sup>

我國 2023 年舉辦國際航空航天暨國防工業展覽會期間，中華電信公司展示了一款由數位部負責的「緊急衛星通訊計畫」所使用的用戶終端機，<sup>13</sup>該終端為美國衛星天線公司 Kymeta 提供的 Hawk u8 衛星天線，並且已獲得 OneWeb 認證，成

表二：我國衛星發展

名稱		服役時間	除役時間	用途	軌道高度 (公里)	備考
福爾摩沙衛星	一號	1999年1月	2004年6月	科研	600	
	二號	2004年5月	2016年8月	地球觀測	891	
	三號	2006年4月	2020年5月	大氣觀測	700-800	
	五號	2017年8月	-	地球觀測	720	接棒替福二
	七號	2019年6月	-	氣象觀測	705-707	
	八號	2025年-2028年	-	地球觀測	561	計畫發展6枚 第1、2枚分別將在2025與2026年發射；第3、4枚衛星將在2027年發射；第5、6枚則在2028年發射
中新衛星	一號	1998年12月	2011年	通信	36000	
	二號	2011年5月	-	通信	36000	
珍珠		2023年11月	-	通信	550-650	
獵風者		2023年10月	-	氣象觀測	550-650	

資料來源：〈TASA-太空任務〉，國家太空中心，2023年，<https://www.tasa.org.tw/zh-TW/missions/cards-mode/on-going-missions>，檢索日期：2025年2月12日，作者彙整製表。

11 劉安翼，〈淺談結合低軌道衛星建構海軍指管機制系統〉，《海軍雙學術月刊》（臺北市），第58卷，第二期，2024年4月1日。

12 蘇文彬，〈數位部：非同步軌道衛星通訊已涵蓋臺灣全島〉，iTHome，2024年7月8日 <https://www.ithome.com.tw/news/163833>，檢索日期：2024年9月18日。

13 〈因應台海情勢數位部測試戰時緊急衛星通訊〉，YAHOO新聞，2023年12月15日 <https://tw.news.yahoo.com>，檢索日期：2024年9月18日。

為首個在 OneWeb 低軌道網路上獲准用於陸地行動載具的衛星天線，可以連接 OneWeb 的衛星通訊網路。<sup>14</sup>

於 2024 年 3 月花蓮地震救災任務，數位部首次投入我國首輛搭載非同步軌道衛星終端設備的「應變網路行動車」以及 3 套 OneWeb 終端設備，提供救災團隊使用，確保救災通訊不斷訊，連線狀況比預期佳，後續規劃「非同步衛星驗證計畫」再延長，希望 2025 可成立衛星終端設備驗測中心，協助我國設備商打入國際衛星供應鏈。<sup>15</sup>

## （二）自主發展

為促進我國太空科技與產業發展，國家太空中心（TASA）整合重要產官學研組織，於 2023 年 10 月 30 日舉辦「臺灣國際太空年會」（Taiwan international Assembly of Space Science, Technology, and Industry, TASTI），

當時前總統蔡英文女士於開幕式致詞時表示，原本從 2019 年開始，在 10 年內投入新台幣 251 億元，2023 年後更要加碼超過 400 億元投入低軌通信衛星研製、設置國家發射場及人才培育。<sup>16</sup>

過往我國衛星要升空入軌，由於沒有自主發射火箭能力，需搭載他國火箭才得以升空，政府 2023 年啟動「入軌火箭計畫」，企圖掙脫無發射衛星載具的困境，規劃在 2029 年至 2030 年可以運送 200 公斤衛星進入低地球軌道，目標 2031 年時，運載衛星可達 500 至 600 公斤，<sup>17</sup>並配合運載臺版星鏈的 B5G 通信衛星，將進行從衛星到地面站的通訊測試與驗證，將攸關備援數據通訊、環境監測、防災、海上物聯網（maritime IoT）等應用發展，據太空中心目前規劃將於 2027 年搭乘 SpaceX 火箭升空發射首枚 B5G 衛星，2028 年發射第 2 枚，<sup>18</sup>其中的關鍵之一

14 陳建志，〈淺談低軌衛星對臺灣的重要性〉，思想坦克，2023 年 11 月 21 日 <https://voicetank.org/%E6%B7%BA%E8%AB%87%E4%BD%8E%E8%BB%8C%E8%A1%9B%E6%98%9F%E5%B0%8D%E5%8F%B0%E7%81%A3%E7%9A%84%E9%87%8D%E8%A6%81%E6%80%A7/>，檢索日期：2024 年 9 月 18 日

15 蘇思云，〈數位部擬延長衛星驗證計畫 明年設終端設備驗測中心〉，CNN 中央通訊社，2024 年 4 月 10 日 <https://www.cna.com.tw/news/afe/202404100260.aspx>，檢索日期：2024 年 9 月 18 日。

16 張璦台，〈蔡總統：國家太空科技發展長程計畫 要加碼逾 400 億元〉，CNN 中央通訊社，2023 年 10 月 30 日 <https://www.cna.com.tw/news/ait/202310300085.aspx>，檢索日期：2024 年 9 月 18 日。

17 張璦台，〈臺灣版星鏈首部曲 B5G 低軌通訊衛星 2026 年發射〉，CNN 中央通訊社，2023 年 9 月 16 日 <https://www.cna.com.tw/news/ait/202309160027.aspx>，檢索日期：2024 年 9 月 18 日。

18 〈台版星鏈首枚 B5G 低軌通訊衛星 2026 年搭 SpaceX 火箭升空〉，世界新聞網，2024 年 5 月 12 日 <https://www.worldjournal.com/wj/story/121221/7958623>，檢索日期：2024 年 9 月 18 日。

的「Ka 頻段通訊酬載」技術將尋求海內外廠商合作發展。<sup>19</sup> 依照軌道模擬，若只有 2 顆低軌通訊衛星在軌，繞地球一圈，行經臺灣上空的時間僅 3 到 5 分鐘，要實現 24 小時通訊不中斷，臺灣地區至少需 120 枚才有能力把通訊韌性建構起來。<sup>20</sup>

總體而言，我國新一代通信衛星系統不僅是國家科技進步的象徵，也是國家安全戰略的一環，藉由發展低軌衛星通訊技術，我們可提升自己在全球航太與通訊領域的地位，並同時保障國家通訊的獨立性和安全性。

## 參、「俄烏戰爭」通信衛星運用

在俄羅斯入侵烏克蘭的戰爭初期，當烏克蘭的通訊網路因為地面站臺與網路通訊設備大幅遭受俄國砲火而毀壞時，SpaceX 的低軌衛星鏈路「星鏈」提供烏克蘭即時且可靠的網路連接，並在短時間內支援最重要的軍事通訊，甚至被烏軍創

造性地使用於戰場，例如支援烏軍操控無人機（UAV）運作網路，可維持偵察回傳敵軍位置及精準定位攻擊能力。

此外，「星鏈」對烏克蘭政府維持基礎設施的正常運作方面也十分重要，它被迅速運用於烏克蘭的各項公共服務與政府部門的通訊網路架構中，「星鏈」在戰爭初期的快速部署能力和可靠度優勢顯示了低軌衛星在緊急情況下的價值與不可或缺性，<sup>21</sup> 俄羅斯也針對烏克蘭運用低軌衛星採取了反制措施，針對運用案例分析彙整如下：

### 一、烏克蘭通信衛星應用分析

#### （一）指揮管制：

烏方將美國提供的「星鏈」地面終端機配備至政府部門、指揮機構、第一線部隊，為烏軍在戰時保持指揮鏈暢通及整合整總體戰力，如維持烏軍各級指揮中心、烏克蘭 - 北約聯合指揮中心及第一線部隊之間通聯，另亦降低了俄國對烏國電力、通訊等基礎設施實施打擊的實際效果。<sup>22</sup>

19 張璦台，〈B5G 通訊衛星酬載預算 8.8 億 首枚發射擬延至 2027 年〉，CNN 中央通訊社，2024 年 8 月 17 日 <https://www.cna.com.tw/news/ait/202408170023.aspx>，檢索日期：2024 年 9 月 18 日。

20 張璦台，〈臺灣版星鏈首部曲 B5G 低軌通訊衛星 2026 年發射〉，CNN 中央通訊社，2023 年 9 月 16 日 <https://www.cna.com.tw/news/ait/202309160027.aspx>，檢索日期：2024 年 9 月 18 日。

21 彭中新，〈「低軌衛星」跟抵抗意志有很大的關係？〉，黑熊學院，2024 年 8 月 22 日 <https://kuma-academy.org/article/42>，檢索日期：2024 年 10 月 12 日。

22 彭中新，〈「星鏈」在俄烏衝突中的運用分析與思考啟示〉，安全內參，2023 年 1 月 4 日，<https://www.secrss.com/articles/50785>，檢索日期：2024 年 10 月 12 日。



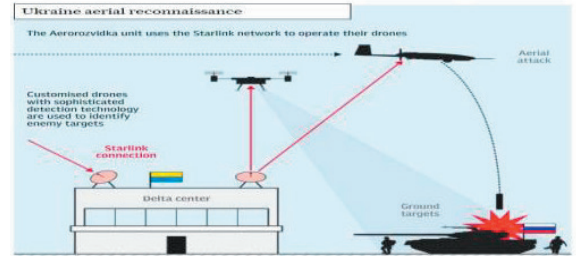
## （二）情報蒐集：

美國及北約同盟國透過「星鏈」向烏克蘭軍隊提供了大量、即時、高價值的俄軍戰場態勢、軍事部署、指揮機構、指揮官位置、重要打擊目標等情報，對戰場情報整備及蒐集發揮關鍵作用。烏國政府也透過「星鏈」恢復了手機通訊網絡，並鼓勵民眾透過手機傳送俄軍圖片和文字情報，包括發現的人員和裝備照片、影片、活動時間、精確地點等訊息，烏國數位轉型部立即處理及整合資訊並提供烏軍用於防禦作戰和打擊行動。

## （三）有效打擊：

烏軍將無人機蒐集之情報，透過「星鏈」傳遞至第一線作戰部隊實現精確打擊和斬首行動（如圖五）。<sup>23</sup> 在海上，烏軍於 2022 年 10 月 29 日出動 7 艘無人艇，與 9 架無人機成功避開俄軍情報監視與偵察系統，成功對俄國海軍基地實施攻擊，導致俄軍 1 艘護衛艦、1 艘掃雷艇受損。烏軍無人艇後部疑似安裝了「星鏈」終端

圖五：無人機超視距導控示意圖



說明：Aerorozvidka 為烏克蘭小型無人機部隊，連接到 STARLINK，以使用監視無人機即時回傳偵查畫面和使用無人駕駛飛行器實施精確地面轟炸。

資料來源：Alberto Cuadra and Craig Whitlock, Alberto Cuadra and Craig Whitlock, The Washington Post, 2022 年 8 月 20 日，<https://www.washingtonpost.com/wp-srv/special/national/drone-crashes/how-drones-work/>，download date，檢索日期：2024 年 10 月 12 日。

機，從而實現了對攻擊行動的遠端操控，以及攻擊場景的即時回傳；<sup>24</sup> 為擴大無人機效能，烏國防部 2023 年 1 月宣布，擬撥款 5.44 億美元增購無人機，並將成立配備「星鏈」終端的無人機突擊連。<sup>25</sup>

## （四）認知作戰：

「俄烏戰爭」中也令世人見識到自媒體、新媒體在扭轉戰局中的關鍵作用，無論是烏國總統、政要可即時發表激勵人心的重要演說，或是記者、公民皆可在戰場上、城鎮間上傳即時影像和俄軍暴虐行為

23 舒孝煌，〈俄烏雙方在戰場的無人機運用〉，國防安全即時評析，第 429 號，2022 年 8 月 4 日。

24 Kathryn Armstrong & James Waterhouse，〈俄烏戰爭：俄羅斯證實其黑海軍艦遭到轟炸受損〉，BBCNEWS，2023 年 12 月 27 日，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-67826247>，檢索日期：2024 年 10 月 12 日。

25 Nick Paton Walsh、Alex Marquardt、Florence Davey-Attlee and Kosta Gak，〈Ukraine relies on Starlink for its drone war. Russia appears to be bypassing sanctions to use the devices too〉，CNN，2024 年 3 月 26 日，<https://edition.cnn.com/2024/03/25/europe/ukraine-starlink-drones-russia-intl-cmd/index.html>，檢索日期：2024 年 10 月 12 日。

至社群媒體平臺，<sup>26</sup> 因此，當「星鏈」接收器運抵烏克蘭，軍民重新恢復對外聯繫，藉由傳達正確軍事情報、戰場訊息，達到安定及激勵民心、軍心效果。再加上俄羅斯難以摧毀和反制「星鏈」衛星通訊，連帶造成對俄國在烏克蘭發動假訊息、認知作戰的攻勢受挫，反之烏國成功獲得國際聲援、影響敵方心理，亦可見「星鏈」衛星在認知及與論戰運用方面具有重要功用。

## 二、俄羅斯反制烏國衛星作為

「安全世界基金會」（Secure World Foundation，SWF），將中共、俄國及美國等主要國家反衛星能力歸納為 5 類：

### （一）共軌反衛星：

即衛星殺手，旨在通過與目標衛星共享相似或相同的軌道（共軌），接近並破壞或干擾目標衛星的正常運作。這類武器的特點是具有高度隱秘性和長期部署能力，使其成為反衛星戰爭中的利器。

### （二）直升反衛星：

即反衛星飛彈，用飛彈摧毀衛星。

### （三）太空電子戰：

目的在干擾系統傳輸及接收數據的電磁

頻譜，藉在相同頻率中產生雜訊來干擾地表與衛星間通訊，上行干擾器干擾由地表至衛星的通訊，包括指揮及控制訊號，下行干擾器則干擾衛星下傳至用戶端的訊號。欺騙也是一種電子攻擊的型式，攻擊者誘使接收者相信假訊號是其原應接收的訊號，或者以假命令干擾運行中的衛星。而 GPS 接收器及衛星電話，因具有全向天線可以更廣角度接收訊號，更容易受到下行鏈路的干擾及欺騙，操作成本相對低廉容易廣泛使用。

### （四）定向能反衛星能力：

即為陸基雷射或微波，雷射可暫時使衛星感測器失效（致盲），或使其電子元件過熱失效；高能微波可破壞衛星電子設備。

### （五）網路戰：

電子攻擊是干擾訊號傳輸，而網路攻擊的目標；一是數據本身，二是使用、傳輸及控制數據流的系統。對衛星的網路攻擊，可用於監控數據流量、攔截數據或插入假數據，這可用於攻擊地面站臺、最終用戶的設備，以及衛星本身。網路攻擊不一定需要大量資源，進入門檻相對較低，

26 RICK GLADSTONE，〈影像披露俄軍在烏戰爭暴行引發全球公憤〉，紐約時報中文網，<https://cn.nytimes.com/world/20220406/russia-ukraine-war-atrocities/zh-hant/>，2022 年 4 月 6 日，檢索日期：2024 年 10 月 12 日。

也可委由團體或個人進行，因此即使國家或非國家行為者缺乏內部網路能力，仍可能構成網路威脅。若對手藉由指揮及管制系統奪取衛星控制權，則網路攻擊可能產生永久性影響。攻擊者可藉消耗衛星推進劑或傳送會損壞電子設備感測器的命令，達到關閉或永久損壞衛星目的，並可以使用被劫持的伺服器來隱藏身分來發動攻擊，使網路攻擊難以發現及究責。<sup>27</sup>

在「俄烏戰爭」中，俄羅斯則是運用 GPS 干擾及網路攻擊為主要反衛星手段，攻擊的不是衛星本身，而是系統的地面終端站，來干擾當地的 GPS 接收器，影響烏國無人機及精準武器導引系統，通訊上則使用 TIRA DA-2 的電子戰平台，可對通信衛星進行上行鏈路干擾，另根據外媒報導在戰爭攻勢開始前 1 小時俄羅斯就藉由駭客攻擊來癱瘓烏克蘭衛星通信相連的網路，<sup>28</sup> 綜上，在反衛星的作為方面，除電子戰及網路戰外其餘反制成本過高，不適合用於低軌衛星群這種數量眾多星系的系統來運用。

### 三、「俄烏戰爭」中通信衛星應用給我國之啟發

烏克蘭在戰爭中對通信衛星的創新應用為我國提供了寶貴經驗，在此歸納如下：

#### （一）通信的軍事價值

在戰時，地面通信設施（如光纖網路、基地臺）容易成為中共方飛彈或電子戰的首要打擊目標，低軌衛星能提供強有力的備援通信支持，且具有即時性強、部署靈活的優勢，易確保指揮系統穩定運作，發展國內自主低軌衛星技術或與國際商業衛星運營商合作，由我國建立同等「星鏈」的低軌衛星通信網絡，確保在緊急情況下能迅速鏈結全球衛星通信系統的能力，並與地面通信形成互補，具備重要的軍事價值。

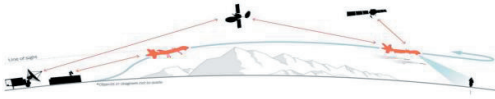
#### （二）提升無人機戰場感知能力

傳統無人機受限於視距（Line Of Sight, LOS）通信的距離，飛行範圍有限，低軌衛星可以突破此限制，進行超視距導控（Beyond Visual Line of Sight, BVLOS）擴大無人機的作戰範圍（如圖六），監偵影像可直接傳回作戰中心，避免多層傳輸造成的延遲，並可擴大監偵與作戰能力，有效支援「擊殺鏈」（Kill Chain）。

27 梁書瑗等 13 員，〈中共北斗衛星運用於軍事用途對我威脅及反制策略研析〉，國防部專案研究計畫期末報告，2022 年 11 月。

28 〈俄烏戰爭延伸太空戰線，俄羅斯重啟反衛星研究計畫〉，科技新報，2024 年 5 月 29 日 <https://technews.tw/2024/05/29/the-russo-ukrainian-war-extends-into-space/>，檢索日期：2024 年 10 月 12 日。

圖六：無人機超視距導控示意圖



說明：當無人機離開視線時，地面控制站切換到衛星鏈路來控制飛機。無人機還使用 GPS 來傳遞其位置。

資料來源：Alberto Cuadra and Craig Whitlock, The Washington Post, 2022年8月20日，<https://www.washingtonpost.com/wp-srv/special/national/drone-crashes/how-drones-work/>，download date，檢索日期：2024年10月12日。

### （三）抗干擾能力

「俄烏戰爭」期間，俄方採取電子干擾和網絡攻擊試圖破壞「星鏈」運作，但烏克蘭透過系統升級和多頻道備援成功抵禦，突顯出了抗干擾能力對通信衛星的重要性。

### （四）國防與民用的融合運用

「星鏈」在「俄烏戰爭」中展現了軍民兩用的價值，不僅支援軍事作戰，還為烏克蘭民眾提供網絡服務。這種軍民融合模式可用於災害應急、遠洋航行通信等領域，提升其商業價值與應用廣度，有效催化通信衛星的商業化應用，吸引民間資本參與，降低政府系統建設成本。

### （五）國際合作

通過國際合作引進國外先進且成熟的低軌衛星通信技術，並研發符合我國戰略需求的通信衛星系統，提升自我通信韌性。

綜上，低軌衛星確實發揮迅速部署和可靠的優勢，對我國這樣的海島地形尤具效益，兩岸發生衝突時中共必定優先攻擊陸基通信等基礎設施，因此，建立具韌性的通訊網路至關重要，不僅可維持戰場透明度及指揮管制順暢，還能即時應對中共假訊息以穩定民心，維持政府與國軍指揮中樞的正常運作，並爭取國際援助，因此我們更要積極推動「新一代通信衛星系統」的建設，打造一個自主性高防禦體系。

## 肆、檢視海軍通信衛星運用與建議

近年中共海軍突破第一島鏈至西太平洋活動，可對我國形成包圍態式，海軍在觀通涵蓋範外的通信與情報傳遞需求日益提高。「俄烏戰爭」展示了通信衛星在戰場指管與無人機運用中的價值，為海軍提供了寶貴的借鑒經驗，現就探討本軍現有裝備及不足處，並針對建立新一代通信衛星系統之際，本軍如何運用於防衛作戰等議題。

### 一、我海軍通信衛星運用

#### （一）維星系統

本軍現行軍用衛星系統為「維星系統」運用「中新二號」衛星（ST-2）實施資訊

傳輸，該衛星為中華電信公司與新加坡電信公司分別出資 38% 與 62% 成立的合資公司共同持有，主要使用於地球同步軌道衛星（GEO），使用 C 及 Ku 兩頻段，<sup>29</sup> 涵蓋範圍包括亞洲、印度、地中海及中東地區，使用壽命 15 年，於 2011 年 5 月 21 日發射，<sup>30</sup> 為我國唯一具備主控權的通信衛星。地面設有固定網管主臺、車載網管主臺、固定住臺、靜中通車載終端、動中通車載終端、艦用終端及可攜終端，可提供各終端語音、視訊及資訊傳輸作業，搭載保密器可針對傳輸資料進行加密，支援海軍「聯成系統」、「萬象二型系統」及「迅安系統」進行衛星傳輸，此系統為海軍重要的通信備援手段。或經由轉譯單元與 LINK-16 介接，提供衛星備援通信。

## （二）FBB500 海事衛星系統：

此系統為本軍現行商用海事寬頻衛星系統，主要使用地球同步軌道衛星（GEO）衛星提供全球寬頻區域網路（BGAN）並搭配中華電信 Inmarsat-C 門號，<sup>31</sup> 可同時

提供資料傳輸與語音通信，數據傳輸速度最高為 432 kbps，惟移動用戶之速度僅有 64 kbps。<sup>32</sup> 此系統無法與本軍裝備與系統相融，現僅運用於緊急通信或急難狀況下通話使用。

## 二、海軍通信衛星運用建議

### （一）指揮管制

從「俄烏戰爭」中通信衛星的軍事應用成為舉足輕重的地位，國軍「迅安系統」其數據鏈路採美軍規格設計，部分軍規設備及核心技術受美方管制，在美方未同意釋出相關技術及設備前，本軍主要運用 VHF、UHF 等頻率實施視距內通訊，使海軍各兵力行動受限於觀通涵蓋範圍，如兵力在觀通涵蓋範圍外，艦對岸傳輸需依賴地、空中繼站及天線場實施傳輸，故戰時中繼站及天線場將成為首要攻擊目標，在多波次飛彈攻擊下將難以修復，縱然可機動中繼重新建立視距外傳輸能力，但功能受限也無法有效滿足戰場大量資訊、即時、高效、可靠傳輸的需求。

29 蘇文彬，〈中華電信與新加坡聯手發射 ST-2 通訊衛星〉，iThome，2011 年 5 月 23 日 <https://www.ithome.com.tw/news/67782>，檢索日期：2024 年 11 月 16 日。

30 〈"ST 2",Gunter Dirk Krebs〉Gunter's Space Page，2021 年 11 月 11 日，[https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/st-2.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/st-2.htm)，檢索日期：2024 年 11 月 16 日。

31 〈國際航海衛星通信〉，中華電信，2020 年 1 月 10 日，<https://www.cht.com.tw/home/campaign/gxc/c6/inmarsat/index.html>，檢索日期：2024 年 11 月 11 日。

32 〈SAILOR 500 FleetBroadband〉BLUESAT，<https://www.bluesat.com/sailor-500-fleet-broadband.html?srsId=AfmBOqjOndm4a6kmshopX8oqRw0nsDqjLM3r8bAlXI3yHGBESl8lPaM>，檢索日期：2023 年 12 月 9 日。



我軍應比照當初「維星系統」模式，在國家發展新型通信衛星系統之際，同時開發介接通信衛星系統與海軍指管系統的閘道器（轉接器），建立指管系統通信備援手段，厚植通信韌性，另系統設計可汲取俄國反制通信衛星措施經驗，強化系統抗太空電子戰與資訊戰能力，增加系統穩定性，並將我國通信基礎設施、地面有線網路、無線網絡通信遭受破壞、國內外通訊與網路中斷等狀況納為想定，運用演習時機實施應處演練，提升網路韌性。

## （二）戰場環境情報整備

近年中共海軍突破第一島鏈頻繁在西太平洋軍事行動的趨勢，也意味著中共具備對我國形成戰略包圍能力與企圖。

面對近期共艦頻繁侵擾，現本軍除運用在航偵巡艦前往識別、併航監控外，另運用「銳鳶一型」無人機執行本島周邊海域的偵蒐、目標查證、現場監控以降低艦船負荷，但「銳鳶一型」的影像資料傳輸須仰賴地面導控站與無人機之間通訊，再透過導控站回傳雷達站進行判別，中間傳輸過程不僅耗時，且傳輸距離較小約 130 公里（約 70 海浬）並易受視距、惡劣天候

（濃霧、暴雨）等因素影響。<sup>33</sup>

本軍現役無人機設計為協助艦艇及彌補雷達站偵蒐間隙，因為早期的作戰需求，已無法滿足監視中共海軍在西太平洋活動的需求，觀通系統同樣遭遇相同情況，我海軍可提出運用新一代通信衛星系統鏈路的需求，俾利我國納入發展新一代通信衛星考量，並在研製新型無人機應將所需設備納入設計，可透過衛星進行導控、資訊與影像傳輸，海軍情監偵系統與兵力加裝介接器（轉接器），運用衛星鏈路進行遠距傳輸，確保在觀通涵蓋範圍外正常運行「迅安」、「聯成」、「萬象二型」等系統，提升海軍在觀通外的情、監、偵及作戰能力，以應對中共對我之軍事壓迫。

## （三）反制中共認知作戰

「俄烏戰爭」經驗可知，應對敵方企圖以假亂真引導輿論的認知作戰，最佳解方就是以真實的資訊予以回應，以 2022 年 8 月中共環臺軍演期間為例，共軍為達成「營造武統氛圍」、「打擊政府威信」及「擾亂軍民士氣」等目的，中共展開的認知戰攻勢，如散布共艦逼近我國外海等爭議訊息，為迅速反制中共「認知作戰」，

33 羅振瑜、王明翔，〈運用無人機 (UAV) 強化本軍聯合情監偵之研究〉，《海軍雙學術月刊》（臺北市），第 58 卷，第三期，2024 年 6 月 1 日。

本軍隨後發布事件全程監控共艦動態相關照片，以展現本軍防衛領土之決心。<sup>34</sup>

新一代通信衛星系統建立後，比起現行僅以無線電波方式傳遞或以空中兵力拍攝並藉地面有線網路傳遞方式，不僅提升影像傳輸效率縮短宣傳遞時間，能夠以更大的頻寬將即時拍攝共軍之照片或影像在第一時間透過衛星回傳，再由有關單位剪輯強化文宣及影音效果，並發布即時新聞，將共軍之虛假或爭議訊息以第一手真實的任務場景進行澄清，以清除民眾對任務環境迷霧，更能讓國人可即時瞭海軍官兵捍衛海疆之實況，鞏固軍民抗敵意志。

## 伍、結語

通信衛星的迅速發展及其在現代戰爭中的多樣化應用，已在「俄烏戰爭」中展現了對戰場的深遠影響。烏克蘭透過「星鏈」快速恢復了戰場通訊，並創新地將其應用於無人機操控、情報蒐集、輿論戰等多個領域。透過分析「俄烏戰爭」中的實例，我們不僅看到通信衛星對於戰時軍事效能的顯著提升，更理解其在確保國家通

信韌性和軍事指管系統穩定運行中的不可或缺性。

面對共軍突破第一島鏈後形成的戰略壓力，我國作為海島型國家，地面通信設備與海底電纜極易成為敵方首波打擊的目標，更顯建立新一代通信衛星系統對維護通信的穩定性與韌性至關重要。就軍事角度而言，依賴外國低軌衛星服務（如 OneWeb 或 Starlink）仍具有相當大的風險，一旦戰爭爆發，這些公司基於商業或國際政治壓力未必維持服務或易遭敵方反制手段干擾，鑑此，發展自主通信衛星系統已成為我提升國防能力的當務之急，我國應加速推動國產化低軌衛星技術的研發與應用，建立新一代通信衛星系統，達到強化「通信韌性」目標。

海軍現行主要以「維星系統」的衛星通訊作為「迅安」、「聯成」、「萬象」系統的通信備援手段，為應對中共海軍頻繁在我觀通涵蓋範外的軍事行動，實已逐漸無法滿足海軍作戰需求，鑑此，我國刻正發展新一代通信衛星系統，本軍可提出海軍運用此系統的需求，並研擬現有指管系統、兵力如何運用，納入新型兵力建置規

34 鄭中堂，〈強化國軍思想教育反制中共認知作戰淺析〉，《海軍雙學術月刊》（臺北市），第 58 卷，第三期，2024 年 6 月 1 日。

劃內，期未來新一代通信衛星系統建立運行時，本軍可立即結合運用，提升作戰能力與韌性，以應對未來中共對我的軍事挑戰。

總而言之，低軌衛星將是未來現代戰爭中的核心技術之一，其在戰時的高效應用與快速部署能力，可為國防能力帶來顯著提升。同時，面對戰爭中可能出現的外國

低軌衛星供應不足或不確定性，我國必須積極發展自主衛星通信系統，加強相關硬體設備的建設與技術研發，確保在未來可能的衝突中擁有穩定可靠的通信保障，本軍應思考如何將新一代通信衛星系統納入作戰運用，強化應對未來作戰環境能力，負起海軍捍衛海疆的任務。👁️

