

淺談低軌道衛星通信支援國軍作戰之可行性—以俄烏戰爭應用星鏈計畫為例

作者/紀貴賢、張元斌

提要

- 一、科技革新對軍事運用產生了重大影響，其中通信手段的突破使得作戰指揮方式得以進一步提升。傳統的作戰指揮依賴人力和旌旗，在無線電通信機問世後，軍事上的作戰指揮能力有了重大突破，使指揮官能夠透過無線電訊號遠程遙控部隊。
- 二、通信聯絡在戰鬥中的重要性不可忽視，敵我雙方的指揮通聯手段常成為攻擊目標之一。在2022年俄烏戰爭初期，俄羅斯截斷烏克蘭的通聯手段，然後續烏國向美方協調「星鏈計畫」之低軌道通信衛星使用，提供通信和網路支援，使其能夠恢復指揮通聯並持續作戰。
- 三、對我國的防衛作戰而言，烏國多重備援指揮通聯手段的新思維，運用民間通信衛星恢復指揮通聯系統，以確保作戰指揮的連續性和抗干擾能力，提供我國指管通聯手段之參考。

關鍵詞：星鏈計畫、通信衛星、指管通聯

前言

隨著科技的革新，使得通信構聯的手段不斷突破，亦同步影響著我們生活週遭各項事物，當然也包含了軍事運用方面，傳統的作戰指揮僅能在能力有限的狀況下，憑藉著人力以戰鼓及旌旗方式在戰場上指揮調度作戰部隊，如同孫子兵法所云：「言不相聞，故為金鼓；視不相見，故為旌旗。」¹迄19世紀末「無線電通信機」²問世之後，軍事上的作戰指揮手段在第二次世界大戰有了所重大的突破，加大了戰場指揮官在指揮與管制部隊上的幅度，使其得以透過無線電訊號遠端遙控部隊的行動，昔有句話流傳至今：「作戰靠指揮、指揮靠通信、通信靠電子。」正說明了電子通信對作戰的重要性。是故在每次小部隊戰鬥或戰役中，敵我雙方的指管通聯系統必為攻擊的首要目標之一，故為了維持作戰中的指揮機能，指揮構聯則必須具有多重之手段。

1 魏汝霖，《孫子今註今譯》（臺北：臺灣商務印書館股份有限公司，2010年），頁141

2 網路：無線電《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%97%A0%E7%BA%BF%E7%94%B5>，（檢索日期2022年11月3日）



2022年俄羅斯與烏克蘭雙方作戰初期，因烏克蘭的軍(民)用通信基地臺，在作戰中大部均已遭俄羅斯摧毀，俄國以截斷烏國對國內外通聯手段之方式，企圖使烏國因無法對外求援，促使其指揮部隊快速就降；然而後續發展竟出乎眾人意料之外，美國太空探索科技公司SpaceX以自產的商用低軌衛星所組成的星鏈計畫支援烏國，使其恢復指揮通聯及網路得以持續與俄國作戰迄今。

傳統友盟國家支援盟國作戰的方式不外乎以資源、經費或武器提供間接支援，或以投入軍力等方式實施直接支援。然而在俄烏戰爭中美國提供星鏈計畫支援烏國之方式，已顛覆眾人的想像且前人對此著墨較少。故本文將聚焦於俄烏戰爭中星鏈計畫如何支援烏國作戰？及其烏國本身又須具備那些條件？使其能受星鏈計畫的支援等兩部分實施探討，以作為我國防衛作戰時多重備援指管通聯手段之參考。

人造衛星概述

人造衛星的起源，可追溯到1950年代，隨著二次世界大戰結束，戰勝國不斷瓜分戰敗國的資源與研究，其中以二戰期間德國所運用之V2火箭技術，成為各國列強所覬覦的目標，當時只要誰先掌握火箭發射的力量，誰就能在得到太空探險的入場券。³而前美國總統甘迺迪(John F.Kennedy)又曾斷言：「誰能控制太空，誰就能控制地球」。⁴於是各國開始角逐這一場太空競賽，促使自己的國家能盡早踏入太空的版圖，最後在1957年10月，由蘇聯搶先發射第一顆人造衛星「史普尼克1號(Sputnik-1)」⁵至外太空(如圖1)。從此科學技術正式邁入太空的領域之中。而且衛星所運用的信號屬無線電訊號，與傳統之有線電(不含網路)傳輸2D訊號及可傳輸無線電3D訊號相比，能使指管訊息更明確。⁶

3 謝育哲，〈科學歷史回頭望－太空競賽〉《科學月刊》，第587期，2018年10月

4 李勝義，黃雯禧，〈中共太空衛星科技的發展現況與趨勢探討〉《國防雜誌》，第27卷第4期，2012年7月，頁84-85

5 同註3

6 網路：茱麗葉.方特〈老是發 Email，小心工作時間愈來愈少！2D vs. 3D 法，告訴你該傳訊息或面對面〉《經理人月刊》，<https://today.line.me/tw/v2/article/mWEZJEm>，發行時間2023年4月12日，(檢索日期2023年7月17日)

圖 1 第一顆人造衛星史普尼克 1 號示意圖



資料來源：張志立，〈淺談人造衛星〉，《天文館期刊》，第70期，2015年11月，頁19

人造衛星的種類與功能，會依據使用需求的不同，使衛星上所裝設之酬載設備有所不同，因酬載裝備性能上的差異，使得人造衛星的運用具多樣化，在此歸納區分為軍用衛星及民用衛星兩大種類，其中功用包含偵察、截擊、氣象、導航、通信、遙測及科學探討等項目(如圖2)。⁷

圖 2 衛星種類示意圖

軍用衛星按用途一般可以分為偵察衛星、軍用氣象衛星、軍用導航衛星、軍用測地衛星、軍用通訊衛星和截擊衛星



資料來源：作者整理，參考張志立，〈淺談人造衛星〉，《天文館期刊》，第70期，2015年11月，頁21

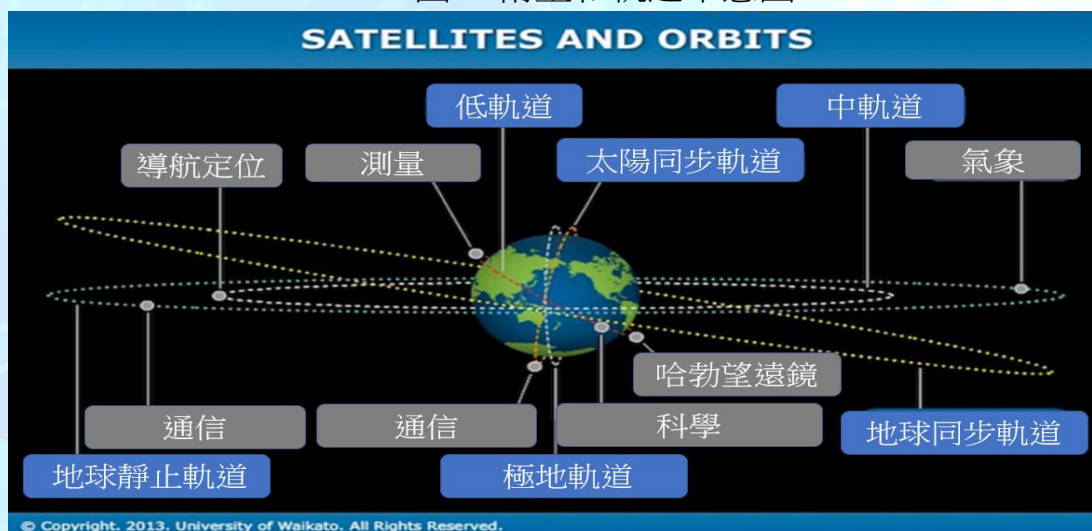
另外人造衛星所被賦予的任務不同，其運轉的軌道設計也有所區別，而不同軌道的高度及其軌道傾角，所帶來的影響為繞行地球的時間及覆蓋範圍，衛星部署位置距地球越近，運行速度越快，繞行地球一周的時間也越短；大部分常見的軌道可分為低、中、高軌道；而特殊軌道則是極地軌道、太陽同步軌道、地球同步軌道、地球靜止軌道等(如圖3及表1)。⁸

⁷ 張志立，〈淺談人造衛星〉《天文館期刊》，第70期，2015年11月，頁21

⁸ 〈衛星和軌道〉《科學學習中心Pokapū Akoranga Pūtaiao》，https://www.sciencelearn.org.nz/image_maps/13-satellites-and-orbits，(檢索日期2022年11月3日)



圖 3 衛星和軌道示意圖



資料來源：網站，〈衛星和軌道〉《科學學習中心Pokapū Akoranga Pūtaiao》，https://www.sciencelearn.org.nz/image_maps/13-satellites-and-orbits

表 1 人造衛星運行軌道區分表

人造衛星運行軌道之區分表				
種類	高度(公里)	繞地球一周	能力	衛星運用種類
低軌道衛星	200-2,000	約 90 分鐘	傳輸數據功率少，圖像解析度高，信號傳遞速度快、信號延遲時間短	通信衛星
太陽同步軌道衛星	600-800	約 100 分鐘	能固定觀測同一位置，並記錄比較	觀測、科學衛星
極地軌道衛星	約 1,000	約 100 分鐘	擁有高解析度圖像並繪製地球表面	氣象、觀測衛星
中軌道衛星	2,000-36,000	約 12 小時	軌道較低軌道高，飛行阻力較低軌小	導航衛星
地球同步軌道衛星(屬高軌道)	約 36,000	約 24 小時	衛星停留在單一經度上但可在赤道上(下)方移動，進而為觀測(通信)提供不同的角度	觀測、通信衛星
地球靜止軌道衛星(屬高軌道)	約 36,000	約 24 小時	通信天線可永久定位而不必跟蹤衛星；另因距離地球較遠，故信號傳遞速度慢、信號延遲時間長	通信、氣象衛星

資料來源：作者整理，參考〈衛星和軌道〉《科學學習中心Pokapū Akoranga Pūtaiao》，https://www.sciencelearn.org.nz/image_maps/13-satellites-and-orbits、及陳世揚、羅偉豪，〈通訊衛星服務與系統工程〉，《電腦與通訊》，第187期，2021年9月，頁20

人造衛星種類、能力及限制

人造衛星種類可區分軍事用途及民間(商業)用途等兩種，軍用衛星係指運用在各項軍事行動或行為之衛星，藉以用來獲致對執行某一軍事任務有利之情報或相關資訊，以提高軍事行動之成功公算或獲取有效之情資；民用衛星係用以獲得除軍事行動以外之資訊，以利民間或科學家研究及觀察天候氣象與地形之變化。然而，不論是軍用衛星或是民用衛星，兩者均有許多共同之能力及限制，以下筆者僅針對各類衛星之軍事用途實施概述(如表2)：

一、偵察衛星

亦稱為間諜衛星，屬於低軌道衛星，主要透過光電遙感器或無線電接收機，接收地面電磁波信號，並從外太空對所望之目標進行監視及跟蹤等情資偵蒐工作，以獲取敵陸、海、空情報資料。⁹

(一)偵察衛星具備之能力：

1.運行位置距地表概略為1,000公里，屬太空範圍，偵察時不受限於國與國之間邊界影響，亦不會受到他國地面武器威脅。

2.偵察範圍廣，故視野廣闊，用以居高臨下方式，蒐集所望之資料；然衛星偵察效果若因雲層較厚可能會降低偵察結果之圖像品質。

(二)偵察衛星使用限制：

1.使用年限約3至5年，便要重新部署及替換。

2.故障排除受到距離限制，因衛星處於太空狀態，若衛星受太空垃圾等不可抗拒因素影響其功用，若實施維修需要使用太空船並且在太空中進行維修，其維修技術風險高。

綜上，偵察衛星較偵察機更能快速並有效獲取難以取得的情報資料，對於軍事行動方面，較能掩蔽使用者位置而不受到威脅。¹⁰

二、氣象衛星

從古至今天氣的變化，始終是影響戰場的關鍵因素之一，而在衛星尚未被發明運用時，人們僅能憑藉著經驗的累積，用以觀測及揣摩未來的氣象變化。1960年美國發射了第一顆氣象衛星—泰羅斯一號(Tiros-1)，¹¹人們開始從外太空的角度觀測地球天氣變化，將氣象的資訊化作為數據，藉由參數的蒐集及觀測者本身的預判，以推斷未來數日的天氣型態，藉以運用於作戰時之參考依據。

(一)氣象衛星依觀測目的不同，軌道分成兩種模式

9 萬孟勳，〈衛星發展及相關產情對國軍未來作戰模式之影響〉，《海軍學術雙月刊》，第45卷第5期，2011年10月，頁73-74

10同註9，頁73-74

11陳雅淑、林穎裕，〈衛星科技〉，《科學發展》，第374期，2004年2月，頁72



1.極地軌道氣象衛星，軌道高度約為1,000公里，運行速度快，繞行地球一周僅需100分鐘，即可對全球做完整性的掃描，有利於獲取大量的天氣參數。

2.地球同步軌道氣象衛星，軌道高度約36,000公里，可對特定區域做持續不斷的觀測。而該衛星主要是用以收集地球大氣的各種天氣參數，如溫度、濕度、氣壓、風向和風速等，藉以預判後續天氣的狀況。¹²

(二)氣象衛星使用限制

1.極地軌道氣象衛星，因運轉模式為圍繞地球運行，故無法固定於一點，不利持續觀測某一特定的區域。

2.天氣數據的獲得來自衛星，雖然傳遞速度快，但數據回傳至地面站後尚須藉由氣象人員進行處理以及分析預測，致氣象變化會有些許誤差。

綜上，氣象衛星所提供之天氣參數(如圖4)，如風向、風速、氣壓、降雨量及能見度等，可作為分析戰地區天氣狀況要素之一，以利探究天氣對敵、我彼此之影響。

圖 4 氣象衛星所提供之天氣參數示意圖

縣市	測站	05/17 18:00		05/17 17:00		05/17 16:00		05/17 15:00		05/17 14:00		05/17 13:00		今日最大		前一日最大		前二日最大	
		風向	風速 陣風	風向	風速 陣風	風向	風速 陣風	風向	風速 陣風	風向	風速 陣風	風向	風速 陣風	風向	風速 陣風	風向	風速 陣風	風向	風速 陣風
桃園市	西貢S023K	↗	1.2 1.1 2.4	↗	2.2 1.8 3.2	↗	2.3 2.3 3.6	↘	2.3 2.5 4.6	↘	2.3 2.4 4.4	↘	2.3 2.5 4.7	↘	3.3 3.9 4.7	↘	3.4 4.6 6.0	↘	3.4 4.4 5.5
桃園市	竹圍	↗	1 0.5 -	↗	2 1.7 -	↗	2 1.7 -	↘	2 2.3 -	↘	2 2.2 -	↘	2 2.2 -	↘	2 3.0 -	↘	2 2.6 -	↘	2 2.7 -
桃園市	西貢S032K	↗	1.2 0.7 2.6	↗	2.3 1.9 3.9	↗	2.3 2.2 4.3	↘	2.3 2.7 5.1	↘	3.3 3.9 4.8	↘	2.3 3.3 4.7	↘	3.3 3.9 5.1	↘	3.4 4.6 6.0	↘	3.3 3.4 4.8
桃園市	蘆竹	↗	1 0.8 -	↗	1 0.6 -	↗	1 1.2 -	↘	2 1.8 -	↘	2 2.6 -	↘	2 1.9 -	↘	2 2.9 -	↘	2 2.6 -	↘	2 2.2 -

一週預報		一週溫度曲線				一週體感溫度曲線		
桃園市		05/18 星期四	05/19 星期五	05/20 星期六	05/21 星期日	05/22 星期一	05/23 星期二	05/24 星期三
白天		25 - 35°C	25 - 28°C	23 - 29°C	23 - 29°C	24 - 30°C	23 - 25°C	22 - 27°C
晚上		25 - 31°C	23 - 26°C	23 - 27°C	24 - 27°C	23 - 27°C	22 - 24°C	23 - 26°C
體感溫度		27 - 38°C	27 - 32°C	27 - 34°C	26 - 34°C	26 - 34°C	25 - 28°C	25 - 31°C
紫外線		10	5	7	6	8	4	6

資料來源：交通部中央氣象局，<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/W/County/County.html?CID=68>，(檢索日期2023年5月17日)

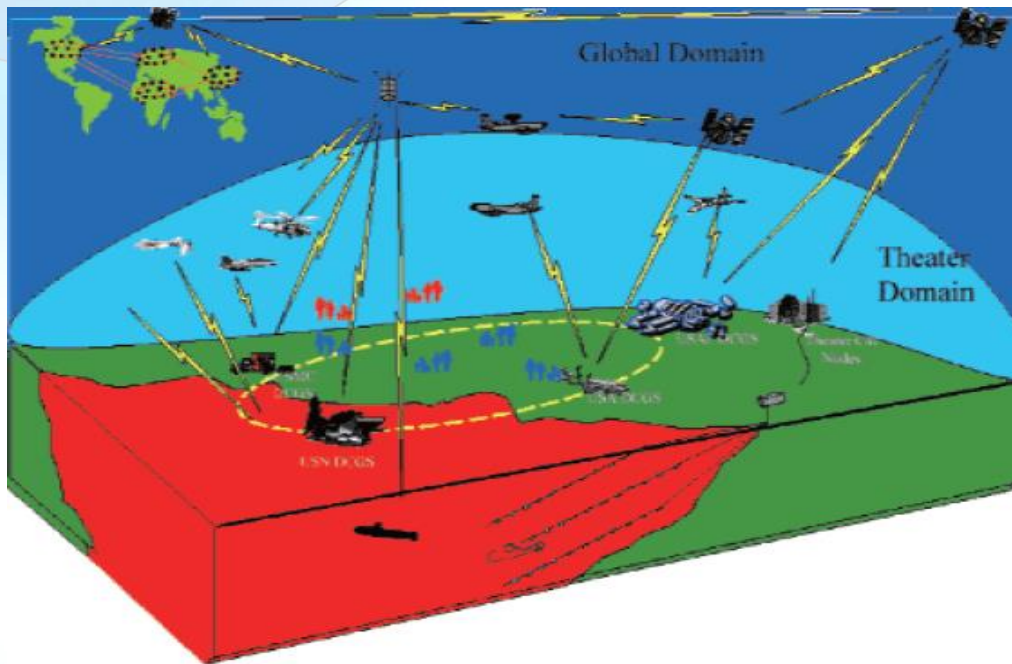
12同註11，頁72-73

三、導航衛星

屬於中軌道衛星，平均分布在20,000公里左右，繞行地球一圈約12個小時，我國常用之全球定位系統，即為美國所建立之導航衛星。¹³

(一)導航衛星具備能力為覆蓋性、即時性及精準性等(如圖5)，對部隊執行任務，能有效指引部隊前往預想戰場，或有助於導彈進行精準打擊。¹⁴

圖 5 導航衛星訊號傳遞示意圖



資料來源：林明武、林輝龍，〈導航衛星於電子戰作為之研究〉，《國防雜誌》，第25卷第5期，2010年10月，頁79-80

(二)導航衛星使用受限於GPS因每顆衛星訊號頻率和調頻方式相同，故容易被偽訊號或調頻器干擾。

綜上，導航衛星具備覆蓋性、即時性及精準性等特性，在平時生活上協助我們進行導航定位；戰時，可協助部隊導航外，同時提供部隊進行精確火力打擊。

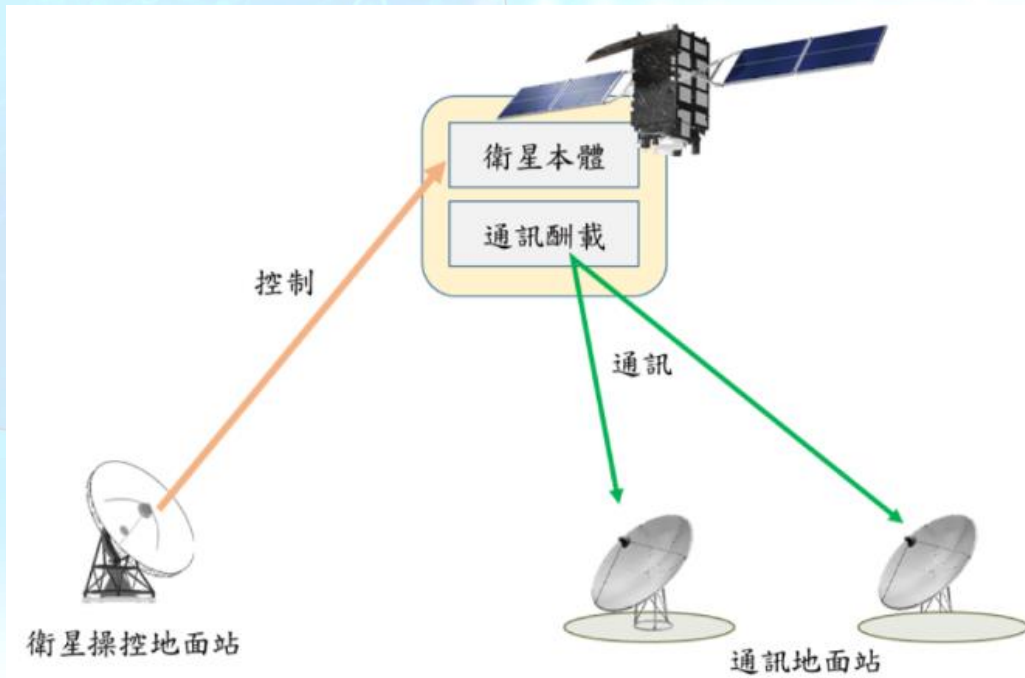
四、通信衛星

通信衛星主要構成的設備計有「衛星本體」及「通訊酬載」等2項(如圖6)。在衛星本體的部分，用以接受衛星操控地面站的操控，且能乘載並供電給通訊酬載；通訊酬載，是讓衛星具備通訊能力的設備，通常由轉發器和天線組成。

¹³同註7，頁23

¹⁴林明武、林輝龍，〈導航衛星於電子戰作為之研究〉《國防雜誌》，第25卷第5期，2010年10月，頁79-80

圖 6 衛星通訊基本架構示意圖



資料來源：陳世揚、羅偉豪，〈通訊衛星服務與系統工程〉，《電腦與通訊》，第187期，2021年9月，頁20

(一)通信衛星依運行軌道不同，可區兩種模式

1.低軌道衛星，部署於距地表2,000公里以下，與地表距離短，信號傳遞距離及延遲時間也短，使接收信息時相對穩定，較無雜訊，提高通信品質，以星鏈計畫為例，便是以低軌道通信衛星所構成的系統。

2.高軌道衛星(如地球同步軌道衛星)，部署於距地表約36,000公里，涵蓋範圍廣，僅需三顆衛星，便能涵蓋全球。¹⁵

(二)通信衛星使用受限於以下狀況：

1.頻寬限制，當頻寬被多個用戶端使用時，可能會造成使用頻寬過多，致產生網絡擁塞現象，進而影響通信接收有延遲狀況發生。

2.成本高，若要使通信無盲區限制，則需要藉由大量部署衛星於太空中做為使用，然大量的衛星所需要的技術開發、生產、發射及維護等，所需花費之成本較高。

綜上，訊號的傳遞，是以衛星本身作為發射站與接收站的轉發設備，讓通訊地面接收站能收到通訊地面發射站提供的資訊。通信衛星所涵蓋的範圍非常廣且不受地形地貌的影響，而採用低軌道衛星作為通信衛星，若要使其通聯網絡發達，僅需部署大量的衛星，以涵蓋大範圍的面積，提升通訊的性能，而馬斯

¹⁵陳世揚、羅偉豪，〈通訊衛星服務與系統工程〉《電腦與通訊》，第187期，2021年9月，頁20

克的「星鏈計畫」便是使用這個方式部署通信使用的低軌道衛星。

五、遙測衛星

是一種針對地球進行遙感探測的人造衛星，遙測技術被廣泛用於地表環境監測、天氣預測、防災等多個面向。¹⁶世界上第一顆民用遙測衛星「地球資源技術衛星」，於1972年由美國發射，同時開啟衛星遙測影像。

(一)遙測衛星具備之能力，可運用超高解析度進行影像拍攝紀錄，可有效對比環境變化，如1986年俄羅斯車諾比事件，遙測衛星拍攝到的畫面，藉以作為輻射污染前後比較之參考依據。¹⁷

(二)遙測衛星使用限制為該衛星雖具備高解析度影像紀錄功能，若欲觀測之目標遭受遮蔽物干擾，則無法有效得知精確之資訊。

綜上，遙測衛星若於戰時運用在軍事行動方面，可提供戰場指揮官於指揮所中，得知第一線戰場作戰實況，以有效調度部隊，以為後續行動做為部署。

六、小結

科技的進步，進而創造出人造衛星(如表2)，而衛星因搭載的酬載不同，所造就的用途便有所差異，也因功用的不一，影響著我們生活周遭的每一件事，如日常生活中的電話通聯、位置的定位、氣象的預判及地形的觀測等。

綜上，衛星所帶來的效益相當龐大，當然也包含運用在軍事行動方面，以部署高度而言，設置的高度不僅不會被察覺，也不受防空武器或飛彈威脅，重要的是執行任務時，可跨越他國之空域範圍；以飛行速度而言，繞行地球一圈，快者僅需約90分鐘便可完成，同時能蒐集到所望之資訊。而本篇所探究的「星鏈計畫」屬低軌道通信衛星，除上述特點外，目前低軌道通信衛星部署數量因多於高軌道通信衛星，藉其數量優勢提升訊號接收狀況並使訊號延遲時間縮短，故應用效能優於高軌道通信衛星優勢；另低軌道通信衛星訊號傳輸能力因速度快、容量大及受地形干擾小等特性(除受地球曲度外)，與傳統有線電傳輸的2D訊號及無線電3D訊號對比下，可提供更優質之訊號收發。

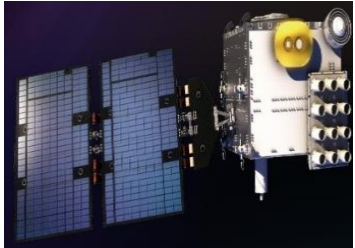
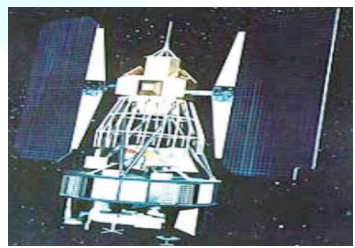
故若能妥善運用各衛星之效能，掌握各酬載所獲取之資訊，進行資料分析，讓作戰先期建立具備優勢的戰場環境，便能達到靈活指揮調度作戰部隊遂行守備與打擊，以及讓後勤支援部隊對作戰部隊持續提供補給，以維持作戰之持續力

16網路：〈從天空遙望地球－臺灣的遙測技術發展〉，《臺灣研究論點》，<https://trh.gase.most.ntnu.edu.tw/tw/article/content/156#:~:text=遙測主要透過人造,防災等多個面向>，發行時間2020年10月20日，(檢索日期：2022年12月22日)

17張桂祥，〈遙測衛星Ⅲ〉《航測及遙測學刊》，第18卷第1期，2017年3月，頁1



表 2 人造衛星種類概述表

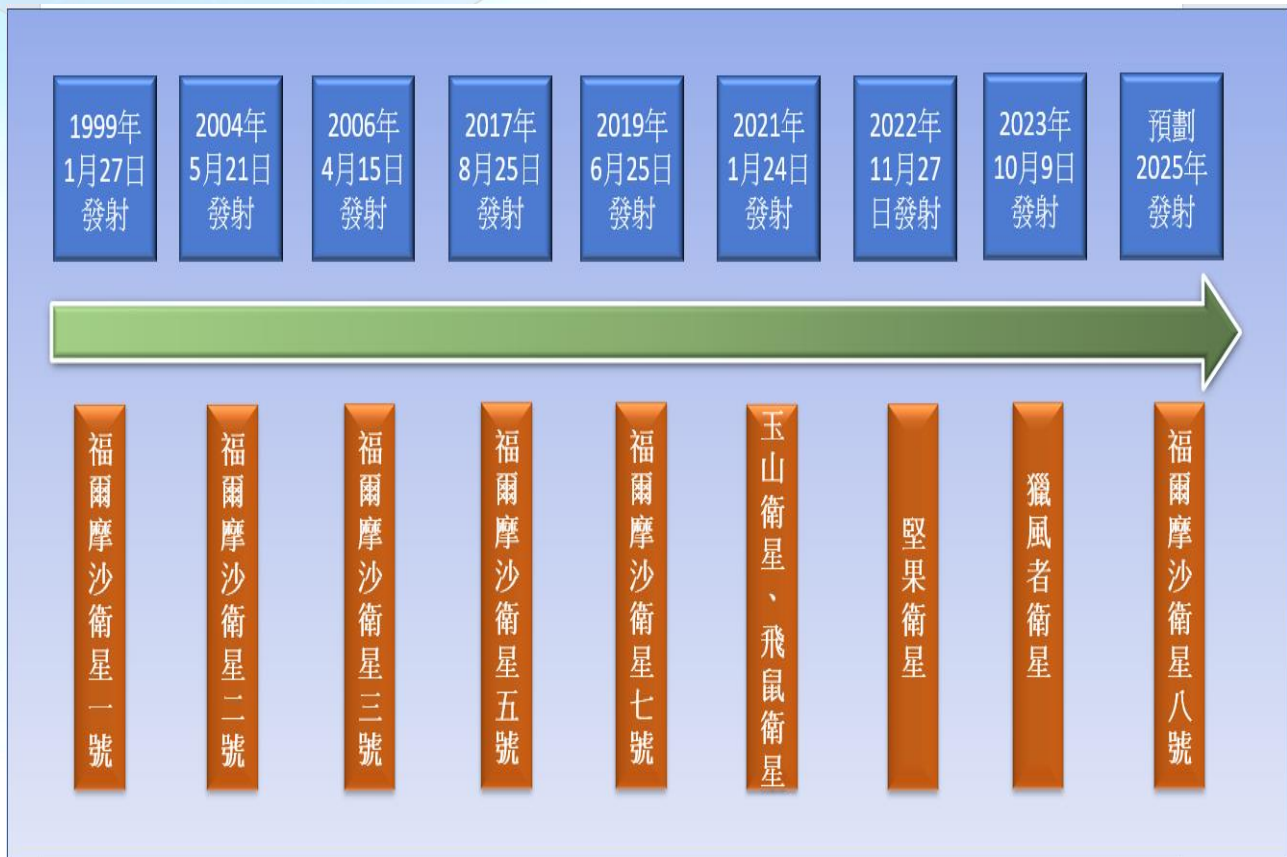
類別	軌道位置	軍事運用	圖示
偵察衛星	低軌道衛星	以太空的視角，對所望目標進行監視等情資偵蒐工作，以獲取敵陸、海、空情報資料。	
氣象衛星	極地軌道衛星、地球同步軌道衛星	提供天氣參數，協力部隊在戰場運動及武器系統之效應分析，以探討作戰區敵、我雙方行動影響之程度。	
導航衛星	中軌道衛星	具備覆蓋性、即時性及精準性等特性，提升部隊火力射擊的精準度。	
通信衛星	低軌道衛星 地球同步軌道衛星	涵蓋範圍廣且不受地形地貌的影響，同時亦不受地面武器威脅。	
遙測衛星	低軌道衛星	提供指揮官，得知戰場上作戰實況，以有效調度部隊，以為後續軍事行動做兵力部署。	

資料來源：作者整理，參考〈偵察衛星〉《華人百科》，<https://www.itsfun.com.tw/%E5%81%B5%E5%AF%9F%E8%A1%9B%E6%98%9F/wiki-9687146>，(檢索日期2022年11月3日)、〈福爾摩沙衛星七號〉《國家太空中心》，https://www.tasa.org.tw/inprogress.php?c=20021502&ln=zh_TW，(檢索日期2022年11月3日)、林明武、林輝龍，〈導航衛星於電子戰作為之研究〉《國防雜誌》，第25卷第5期，2010年10月，頁77、4.網站，〈通訊衛星〉《維基百科》https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%85%88%E8%BF%9B%E6%9E%81%E9%AB%98%E9%A2%91%E9%80%9A%E4%BF%A1%E5%8D%AB%E6%98%9F#/media/File:AEHF_1.jpg，(檢索日期2022年11月3日)、張志立，〈光學遙測衛星簡介〉《國研科技》，第29期，2011年1月，頁88

我國運用衛星之概況

我國衛星發展，源於1991年國家太空中心成立時，當時僅能負責基礎設施的建設。隨著技術的進步，於1999年美國佛羅里達州卡那維爾角(Cape Canaveral)美東發射場，¹⁸發射第一顆自主的人造衛星「福爾摩沙衛星一號」，開啟了我國太空紀元(如圖7)，同時也使我國成為當時世界上第33個擁有衛星的國家。¹⁹

圖 7 我國人造衛星發射期程示意圖



資料來源：作者整理，參考國家太空中心，<https://www.tasa.org.tw/>

一、我國衛星建置狀況

我國人造衛星自1999年起發射福爾摩沙衛星一號等迄今(2022年)尚在服役的人造衛星計有福爾摩沙衛星五號(2017年發射)、福爾摩沙衛星七號(2019年發射)及堅果衛星(2022年發射)等3種(如表3)，其運行高度為400至1000公里之間，屬太陽同步軌道及低軌道衛星。

¹⁸網路：國家太空中心，https://www.tasa.org.tw/history_prog.php?c=20021801&ln=zh_TW，(檢索日期2022年12月22日)

¹⁹吳岸明，〈臺灣的衛星發展〉《天文館期刊》，第69期，2015年8月，頁6

表 3 我國人造衛星建置概況表

名稱	軌道	距離地表(公里)	類別	發射日期	除役日期
福爾摩沙衛星一號	低軌道	600	通信	1999 年 1 月 27 日	2004 年 6 月 17 日
福爾摩沙衛星二號	太陽同步軌道	891	遙測	2004 年 5 月 21 日	2016 年 8 月 19 日
福爾摩沙衛星三號	低軌道	700-800	氣象	2006 年 4 月 15 日	2020 年 4 月 30 日
福爾摩沙衛星五號	太陽同步軌道	720	遙測	2017 年 8 月 25 日	服役中
福爾摩沙衛星七號	低軌道	550	氣象	2019 年 6 月 25 日	服役中
玉山衛星	太陽同步軌道	525	科學	2021 年 1 月 24 日	2021 年 10 月
飛鼠衛星	太陽同步軌道	525	科學	2021 年 1 月 24 日	2021 年 9 月
堅果衛星	太陽同步軌道	420	科學	2022 年 11 月 27 日	服役中
獵風者衛星	低軌道	550-650	氣象	2023 年 10 月 9 日	服役中
福爾摩沙衛星八號	太陽同步軌道	561	科學	預 2024 年發射	-

資料來源：作者整理，參考國家太空中心，<https://www.tasa.org.tw/>

二、我國現行衛星運用

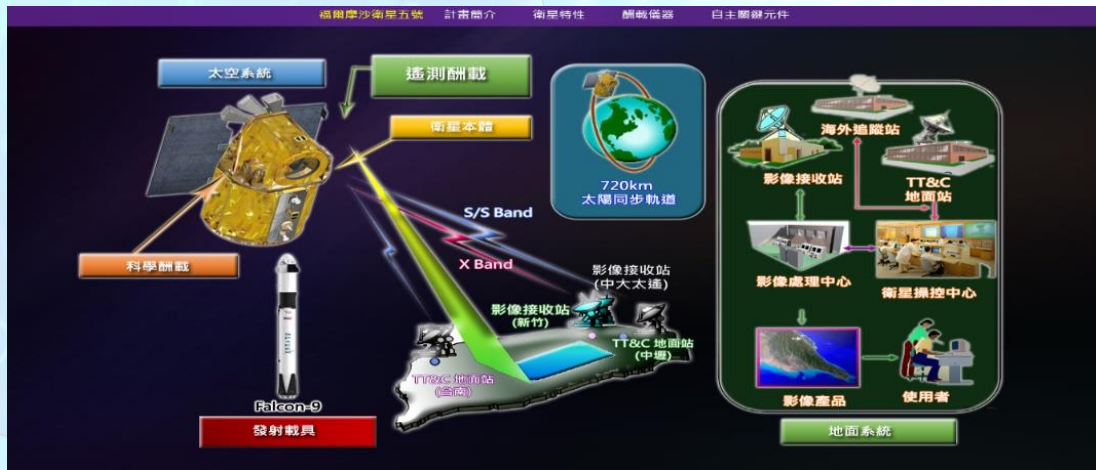
福爾摩沙衛星五號(又稱福衛五號)為我國第一顆自製遙測衛星，具有「光學遙測酬載」和「先進電離層探測儀」等兩種雙酬載運作效能，其運行高度於720公里，屬於太陽同步軌道，傾角98.28度。²⁰

該衛星的光學遙測酬載主要由光機系統、聚焦面組合、電子單元等三個次系統所組成(如圖8)。光機系統是一顆大型太空級望遠鏡頭，使用的光學架構為折反射式的卡賽格林式望遠鏡(Cassegrain telescope)，其中最大的主鏡片直徑達45公分，是國內所製造之最大型非球面鏡片。²¹

²⁰國家太空中心，https://www.tasa.org.tw/inprogress.php?c=20021501&ln=zh_TW，(檢索日期2023年4月22日)

²¹同註19，頁13

圖 8 福爾摩沙衛星五號計畫系統架構示意圖



資料來源：國家太空中心，https://www.tasa.org.tw/inprogress.php?c=20021501&ln=zh_TW，(檢索日期2022年12月20日)

福爾摩沙衛星七號(又稱福衛七號)目標係為建立高可靠度任務型氣象衛星系統。該衛星星系共有6枚衛星，由火箭運送至720公里高空，而後逐次分離部署在550公里的6個任務軌道上，傾角24度，繞行地球一圈約97分鐘；另該衛星搭載全球衛星導航系統無線電訊號接收器，可接收美國及俄國的全球衛星導航系統訊號，藉由量測無線電掩星訊號，可推導出大氣層壓力、溫度、和濕度等大氣參數，與電離層的電子濃度，提供在南、北緯50度間每日約4,000筆資料。

堅果衛星主要酬載是一個小型商業用的ADS-B接收機(如圖9)，衛星設計壽命為一年，主要任務為接收、儲存與轉發民航飛機的ADS-B訊號，以利追蹤全球的飛機飛行軌跡，有助管控飛機飛行之安全。

圖 9 堅果衛星太陽能板與天線的展開及閉合狀態示意圖



資料來源：網站，〈守護飛機的航線與安全—堅果衛星〉《財團法人善科教育基金會》，[https://www.sancode.org.tw/activities_info.php?type=3&nid=73#~:text=](https://www.sancode.org.tw/activities_info.php?type=3&nid=73#~:text=,2021年6月4日)，2021年6月4日²²，檢索日期2022年12月20日。

22 〈守護飛機的航線與安全—堅果衛星〉《財團法人善科教育基金會》，堅果衛星是一枚 2U 衛星，尺寸為 10×10×22.7,公分的柱形體，重量約2公斤，具備有四片可展開的太陽能板，每片玻璃纖維材質的印刷電路板上黏貼四片太空規格的太陽能電池，可提供約6瓦特（W）的平均功率，2021年6月4日，(檢索日期：2022年12月23日)



太空科技的發展，在現今的生活中或戰場上，均已廣泛的被運用，而我國除了上述福衛五號、福衛七號及堅果衛星等三種，係由我國國家太空中心自主研發且尚在服役的人造衛星外，尚有其他國家的衛星系統開放給予我國使用，其中與美國太空探索科技公司SpaceX相同發展低軌道通信衛星的英國衛星服務供應商OneWeb，亦將我國歸納為可使用OneWeb低軌道通信衛星之地區，並且將在我國境內部署700個測試點，國外也將有3個以上測試點。²³

三、我國衛星通訊裝備—以衛星通信車為例

通信在作戰環境中，屬基本要件之一，²⁴而我國有接收衛星訊號作為使用的軍事裝備計有「衛星通信車」及「37系列無線電機」，然37系列無線電機是運用衛星定位的功能，而非接收通信衛星所發射之訊號使用，故本研究係針對「衛星通信車」作為探討。

目前服役中的「衛星通信車」所運用的通信系統為「中科院研製第2代國軍衛星通信系統」，簡稱「維星系統」，而該系統前身為第1代國軍衛星通信系統「天頻系統」；「維星系統」鏈結及接收信號之衛星是「中新二號衛星」，部署於赤道上空36,000公里，屬高軌道通信衛星的一種，為我國中華電信與新加坡電信共同擁有主控權的通訊商業衛星。²⁵

「維星系統」針對敵可能干擾衛星鏈路威脅，研製展跳頻衛星調幅機及新一代網路管理系統，進一步提升抗干擾及三軍聯合指管能力，以強韌衛星鏈路提供國軍語音通話、數據傳輸及影像視訊等運用，其建置網管主台及艦用、車載動中通及可攜等各式終端並完成系統整合測試及部署。

該衛星通信系統克服地形與距離限制，使指管或通信系統能有效執行，而「衛星通信車終端」是目前已發展出的新一代衛星通信車(如圖10)，具備「動中通」的功能，可大幅突破地形與距離限制，即使車輛在高速移動中仍能持續追蹤衛星，並可提供高品質的語音、數據與視訊等功能，大幅改變作戰思維²⁶，為指揮官提供更完整的戰場即時資訊，使之進行決心下達，有效達成「知彼知己，百戰不殆」的目標。²⁷

23 〈科技聯防 唐鳳：英國OneWeb衛星年底可望覆蓋全臺灣〉《中央社》，<https://udn.com/news/story/7314/72415> 10，2023年6月17日，(檢索日期：2023年7月15日)

24 鮑伯普列史東，〈民間太空科技的軍事應用〉，(國防部軍務局，1998年2月)，頁132

25 中新二號 - 維基百科，自由的百科全書 (wikipedia.org)，(檢索日期2023年7月15日)

26 黃志文，〈國軍新一代衛星通信系統及應用成果〉《新新專利》，第49卷第3期，2021年7月，頁243-244

27 〈【武備巡禮】國造衛星通信車 聯戰利器〉《青年日報社》，<https://tw.news.yahoo.com/武備巡禮-國造衛星通信車-聯戰利器-160000383.html>，2020年5月4日，(檢索日期：2023年2月3日)

圖 10 新一代衛星通信車示意圖



資料來源：黃志文，〈國軍新一代衛星通信系統及應用成果〉《新新專利》，第49卷第3期，2021年7月，頁244

新一代可攜式衛星終端(如圖11)，重量僅25公斤，可由2人攜帶與操作，不易受地形障礙影響，可配合國軍山隘行軍及提供山區救難等即時現場影像畫面回傳，供指揮官決策使用。另該裝備可透過衛星進行通聯，通信距離不易受限地形與氣候限制，可突破以往傳統通信系統易受地形與距離限制的狀況。²⁸

圖 11 新一代可攜式衛星終端示意圖



資料來源：黃志文，〈國軍新一代衛星通信系統及應用成果〉《新新專利》，第49卷第3期，2021年7月，頁244

²⁸同註26，頁244-245



四、小結

我國太空科技的發展，係根據2009年所核定的第三期「太空科技長程發展計畫」，這項計畫由科技部國家實驗研究院國家太空中心執行，自2019年起至2028年止共10年，預計投入新臺幣251億元，其發展計有6枚先導型高解析度光學遙測衛星、2枚超高解析度智能遙測衛星、2枚合成孔徑雷達衛星，共計3類10枚，以結合國內產學界能量，發展高成本效益且具競爭力的太空計畫，持續精進本土太空技術，挑戰尖端太空任務，同時擴散太空技術能力。

不論是現在執行中的第三期「太空科技長程發展計畫」，還是先前的第一、二期發展計畫中，均沒有研發出自主的「通信衛星」，故現今若有需求使用通信衛星作為訊號的傳達與接收，仍要使用他國的衛星，方能達到使用的效能，如俄烏戰爭中，烏國亦是運用美方的「星鏈計畫」得以與俄國持續作戰至今，而這亦是我國就現階段而言，所需探究星鏈計畫如何運用於作戰中。²⁹

星鏈計畫支援烏克蘭作戰之研析

通信中的「無線」對於我們生活已密不可分，以日常常見的通信設備「手機」，是利用無線「網格網路」傳輸訊號；「無線」傳輸是指手機到基地臺是無線，但是長距離的訊號傳輸，是透過有線的「光纖電纜」進行傳遞，如臺灣到美國的訊號，所行進的途徑是憑藉有線光纖電纜，而不是經由通信衛星實施訊號傳輸。

國與國之間有線通信的傳輸，是透過設置在海底的「光纖電纜」，其通訊傳輸是使用光學方式傳輸，訊號自家中「路由器」(router) 開始，信號就進入光纖或一般電纜，經海底光纖電纜的傳送到欲想通聯之用戶端。³⁰然海底電纜雖然被設置於海底，若要對其進行破壞則可以從水下運用魚雷或是對地面上顯而易見的通信基地臺進行攻擊，便可造成通信網路中斷，進而造成指管系統癱瘓，以促使戰爭迅速結束。

以俄烏戰爭為例，戰爭爆發後，烏克蘭東部地區即受到俄國猛烈的砲擊，造成地區內通信設施遭砲火炸毀，進而癱瘓烏國通訊系統；而烏國數位轉型部長費多羅夫立即請求馬斯克，向他們提供旗下的「星鏈計畫」網路使用，以利烏國運用星鏈計畫網路系統，恢復其指管通情能力，得以繼續與俄國作戰。迄2022年7月23日，星鏈服務已可在36個國家和地區使用，我國被框列為「即將推出」地區

一、星鏈計畫概述

29網路：國家太空中心，https://www.tasa.org.tw/news_view.php?c=200224019，(檢索日期2022年12月20日)

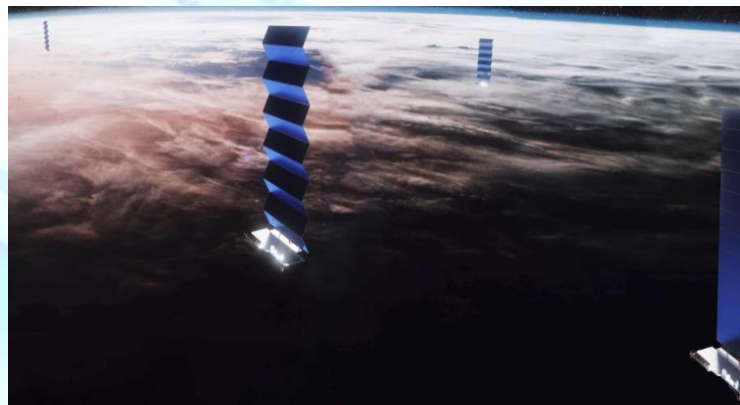
30網路：黃國華、王志強，〈馬斯克的「星鏈計劃」(Starlink)〉《臺大科教中心CASE報科學》，<https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=39420>，2022年3月22日，(檢索日期：2022年12月1日)

「星鏈計畫」是美國太空探索科技公司SpaceX透過數千顆低軌道衛星部署於距離地面350至1,500公里，所鏈結而成的通信衛星群，涵蓋範圍為全球，其特色為能使訊號接收延遲時間降至25-50毫秒之間，以利提供高速網際網路存取服務，達成下載速度可期望高達220Mbps、上傳速度高達25Mbps。³¹

該項計畫起源來自2015年，SpaceX執行長埃隆·馬斯克（Elon Musk）在西雅圖發表了他的願景，即創建一個全新的衛星互聯網網路，³²其構想是建置一套不受地面基礎設施限制，以地球上空為目標，部署數千顆低軌道通信衛星，讓全球各地方(包含海洋、沙漠、高山等地區)都能享用網路，達到網路使用零死角的概念，不僅如此，尚須具備高速、低延遲的性能，而這套系統就是「星鏈計畫」，並且於2018年2月22日，在美國加州范登堡空軍基地成功發射了一枚獵鷹9號運載火箭，並將兩顆小型實驗通信衛星送入軌道，由此階段正式開啟。

星鏈計畫系統是由天基衛星、星鏈套件(包含衛星網絡天線接收器及路由器)組成；³³天基衛星，屬低軌道通信衛星，係用以構成星鏈網鏈的衛星(如圖12)，設置位置距離地面概略為350至1,500公里，而原本馬斯克在2015年發布這項計畫時，預劃在該區間部署1萬2千顆衛星，然在2022年，SpaceX又向美國聯邦通訊委員會(FCC)提出要再增加發射3萬顆衛星，總計4萬2千顆之衛星星座，使通信衛星能力發揮到最大化。

圖 12 星鏈計畫低軌道通信衛星部署示意圖



資料來源：埃裡克拉爾夫，〈SpaceX並不急於進行StarlinkIPO，這應該會嚇壞競爭對手〉《TESLARATI》，<https://www.teslarati.com/spacex-starlink-ipo-no-rush-competitors-scared/>，2020年2月13日，(檢索日期2023年3月20日)

31星鏈官方網站Starlink，<https://www.starlink.com/business>，(檢索日期：2023年4月20日)

32TODD BISHOP，〈埃隆·馬斯克（Elon Musk）計劃如何通過西雅圖前往火星：SpaceX創始人在那次私人活動中所說的話〉《GeekWire》，<https://www.geekwire.com/2015/elon-musk-plans-get-mars-via-seattle-spacex-founder-said-private-event/>，2015年1月19日，(檢索日期：2022年12月1日)

33Cristen Tsoi，〈Starlink星鏈是什麼？一文看懂馬斯克雄心！低軌衛星網路要實現「這個目標」〉《TATLER》，<https://www.tatlerasia.com/power-purpose/technology/what-is-starlink-spacex-elon-musk-hk-zh-hant>，2022年3月2日，(檢索日期：2022年12月15日)

星鏈套件屬星鏈衛星在地面上的訊號接收器，其套件區分3種，分別為「標準」、「高性能」及「扁平高性能」，然不論何種套件，其套件組成大同小異，包含星鏈(天線)、基礎(底座)、路由器、星鏈電纜及交流電纜等物品(如圖13)，藉由物件組合，便會形成地面接收站，用以對通信衛星發射與接收訊號，以提供用戶端使用網路，且星鏈套件輕巧便利，容易攜帶及安裝；然星鏈套件中不同之處在於，「標準」與「高性能」之視野仰角不同，且高性能之套件設計用於永久安裝在建築物上；「扁平高性能」用於安裝在交通工具上，如車輛、船艦及航空器(如圖14)；以下為星鏈套件各項物件功用介紹：

(一)星鏈：

規格為513*303毫米之長方型平台，屬地面接收站的天線，用以發射與接收通信衛星的訊號，對衛星訊號採自動搜尋，且視野仰角為100度(標準)及140度(高性能)。

(二)基礎：

為星鏈(天線)之底座，能與星鏈做結合，用以固定星鏈於地面。

(三)路由器：

藉由星鏈電纜傳導(發送)訊號給路由器，以提供範圍185平方公尺之無線網路(Wifi)訊號給用戶端使用。

(四)星鏈電纜：

係用以連接星鏈(天線)與路由器之電纜，作為訊號傳遞之媒介。

(五)交流電纜：

連接後係用以提供交流電給星鏈(天線)，以利星鏈運作。³⁴

圖 13 星鏈套件示意圖



資料來源：星鏈官方網站Starlink，<https://www.starlink.com/specifications>，(檢索日期：2023年4月20日)

³⁴星鏈官方網站Starlink，<https://www.starlink.com/specifications>，(檢索日期：2023年4月20日)

圖 14 星鏈套件裝置安裝示意圖

(編號 1 為標準星鏈套件，編號 2 為高性能星鏈套件，編號 3 至 5 為扁平高性能星鏈套件)



資料來源：作者整理，參考星鏈官方網站Starlink，<https://www.starlink.com/specifications>

二、星鏈計畫、OneWeb與維星系統之差異比較

星鏈計畫是美國太空探索科技公司SpaceX的一項太空計畫，運用4,2000顆低軌道通信衛星部署於距離地面350至1,500公里，進而鏈結而成的蜂窩型通信衛星群，控制權屬美國，對我國而言，臺灣被框列為「即將推出」地區；³⁵OneWeb是英國衛星通信公司於距離地面1,500公里處部署648顆(含備用48顆)低軌道通信衛星群，控制權屬英國，³⁶對我國而言，中華電信已與其簽署臺灣低軌衛星獨家代理合約，同時參與數位部推動之「應變或戰時應用新興科技強化通訊網路數位韌性驗證計畫」，以利低軌衛星通訊服務用於強化自身通訊網路服務韌性，以及政府所推動的通訊網路韌性計畫，儘管目前衛星訊號尚未覆蓋臺灣，預期訊號會在2024年覆蓋臺灣(如表4)；³⁷維星系統所使用的通信衛星是「中新二號衛星」，部署於赤道上空約36,000公里，屬高軌道通信衛星的一種，為我國中華電信與新加坡電信共同擁有主控權的通訊商業衛星，且已運用於衛星通信車上。

35星鏈官方網站Starlink，<https://www.starlink.com/specifications>，(檢索日期：2023年4月20日)

36網站，OneWeb官方網站，<https://oneweb.net/future-network>，(檢索日期2023年7月15日)

37網路：蘇文彬，〈中華電信將代理 One Web 低軌衛星服務，強化我國通訊網路韌性〉《iThome》，<https://www.ithome.com.tw/news/159853>，2023年11月16日，(檢索日期：2023年12月20日)



表4 星鏈計畫、OneWeb與維星系統之差異比較表

類別	星鏈計畫	OneWeb	維星系統
主控權所屬	美國太空探索 科技公司	英國衛星 通信公司	我國中華電信與新 加坡電信共同擁有
衛星種類	通信衛星	通信衛星	通信衛星
衛星軌道	低軌道衛星	低軌道衛星	高軌道衛星
距離	350至1,500公里	1,500公里	36,000公里
衛星部署 目標數量	42,000顆	648(含備援48顆)	1顆
我國是否 能夠使用	我國被框列為「即將推 出」地區	目前衛星訊號尚未覆 蓋臺灣，預期訊號會 在2024年覆蓋臺灣	已運用在衛星通信 車上使用

資料來源：作者整理，參考星鏈官方網站Starlink，<https://www.starlink.com/specifications>，(檢索日期2023年4月20日)、OneWeb官方網站，<https://oneweb.net/future-network>，(檢索日期2023年7月15日)、中新二號 - 維基百科，自由的百科全書 (wikipedia.org)，(檢索日期2023年7月15日)、〈【武備巡禮】國造衛星通信車 聯戰利器〉《青年日報社》，<https://tw.news.yahoo.com/武備巡禮-國造衛星通信車-聯戰利器-160000383.html>，2020年5月4日，(檢索日期：2023年2月3日)

三、烏克蘭作戰受支援事項

俄烏戰爭爆發後，烏國總統澤倫斯基隨即向各國請求支援，不論是有形的物資或是無形的訊號，均是持續支撐戰爭的力量，雖然各國援助之有形戰力(包含反裝甲武器、防空武器、榴彈砲、燃料等)較無形戰力的數量來得多，但無形的戰力「訊號」，卻是戰爭開始後，極為迫切所需的物資，畢竟，指管通聯是戰場上最為基本的要素，同時也是貫穿整場戰爭中不可或缺的角色。

然而，指管通聯運作時所需之設施，卻在戰爭爆發初期，即受到俄國猛烈的砲擊炸毀，摧毀烏國境內各項關鍵基礎設施(如表5)，包含癱瘓烏國通訊系統。³⁸在烏國數位轉型部長費多羅夫請求馬斯克，提供旗下的「星鏈計畫」網路使用，以利烏國運用低軌道通信衛星網路系統，恢復指管通情能力，以利與俄國繼續作戰。³⁹

³⁸陳永全，〈由俄烏戰爭談CI安全防護〉《清流雙月刊》，第42期，2022年11月，頁8

³⁹網路：鄭國威，〈馬斯克：SpaceX與iPhone 14衛星通訊曾談過合作！Starlink 低軌衛星通訊系統能幫上什麼忙？〉《PanSci泛科學》，<https://www.youtube.com/watch?v=GVP5fWTmFJO>，2022年4月11日，(檢索日期：2023年4月15日)

表 5 俄烏戰爭中烏克蘭受攻擊之關鍵基礎設施表

項次	關鍵基礎設施分類	被攻擊目標	衝擊影響
一	能源 關鍵基礎設施	1.烏克蘭車諾比核電廠 2.烏克蘭札波羅熱核電廠 3.俄羅斯煉油廠 4.烏克蘭哈爾科夫電廠 5.烏克蘭卡霍夫卡電廠 6.烏克蘭阿佐夫斯卡爾煉鋼廠	大規模 停電
二	水資源 關鍵基礎設施	1.盧甘斯克州（Luhansk）供水站 2.北頓涅茨河水庫 3.基輔水庫	大規模 斷水
三	資通訊 關鍵基礎設施	1.烏國與地方政府組織 2.國安與國防部門 3.銀行金融機構 4.商業機構 5.能源部門 6.其他部門	大規模 網路中斷
四	交通 關鍵基礎設施	1.文尼察國際機場（Vinnytsia） 2.敖德薩機場 3.斯韋托戈爾斯克橋樑 4.馬立波港口 5.克里米亞大橋	陸海空 交通受阻
五	銀行與金融 關鍵基礎設施	1.烏克蘭國營銀行Privat bank 2.烏克蘭儲蓄銀行 Oschad bank	金融交易 大規模中斷
六	緊急救援與醫院 關鍵基礎設施	1.烏克蘭馬立波（Mariupol）醫院 2.烏克蘭約 400 家醫院	緊急救援 服務中斷
七	中央政府 與主要都會 關鍵基礎設施	1.烏克蘭國防部網站 2.烏克蘭外交部網站	訊息傳遞受阻
八	高科技 關鍵基礎設施	1.烏克蘭基輔衛星服務站 2.烏克蘭數位轉型部網站	重要通信傳播訊 息傳遞受阻

資料來源：陳永全，〈由俄烏戰爭談CI安全防護〉，《清流雙月刊》，第42期，2022年11月，頁8

星鏈計畫衛星網路在馬克斯同意後，隨即開通烏國地區的衛星網路服務，且在次月1日，將首批星鏈網路終端設備5,000套運送至烏國(如圖15)，恢復網路系統，且訊號不易被干擾，接著運用在軍事上指管系統，得以持續與俄國作戰至今

圖 15 星鏈網路終端設備示意圖



資料來源：陳永全，〈由俄烏戰爭談CI安全防護〉《清流雙月刊》，第42期，2022年11月，頁9

四、俄烏戰爭中星鏈計畫之運用

星鏈計畫雖處於地球外低軌道，憑藉著數量多之優勢在俄烏戰爭中發揮其功能，主要之功能為提供烏克蘭衛星訊號，以取代遭俄羅斯中斷之各類通訊載台，其延伸之其他運用如烏國總統向國際發聲、透由衛星訊號提供網路及由網路再衍生開發預警程式等諸多功能，使烏國獲得訊息傳遞、網路運用及情報蒐集等方面能力。

(一)烏克蘭對國際傳達訊息之手段

2022年3月中旬，俄羅斯進入基輔地區，對烏克蘭人使用電子戰，阻斷烏國各式通信設備，而烏國本身各項通信設施亦遭受到阻礙或破壞，然星鏈計畫所提供之通信能力，卻不受俄羅斯電子戰攻擊之影響。⁴⁰星鏈網路恢復烏國境內無線網際網路，以防俄國繼續干擾及破壞，其次使無線通訊能力運作正常，使各部隊能有效運用指管通聯系統，進而讓戰場指揮官能順利指揮調度部隊，促使軍隊得以持續對侵犯之敵實施作戰，如烏國內政部副部長伊霍爾·邦達連科表示「星鏈計畫(Starlink)解決相當大一部分通信需求」，其中之影響包含烏國總統澤倫斯基運用衛星網路與他國領袖通話尋求支援(如圖16)，⁴¹或是向境內平民百姓說明戰況及鼓舞人心。

40 〈內政部表示，俄羅斯電子戰對烏克蘭的Starlink完全無效〉《烏克蘭國際廣播多媒體平臺》，<https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3573520-u-mvs-kazut-so-rosijski-zasobi-reb-absolutno-neefektivni-proti-starlink-v-ukraini.html>，2022年9月17日，(檢索日期2023年4月19日)

41 〈澤倫斯基對美國會演說 戰場縮影撼動人心〉《臺視新聞》<https://www.youtube.com/watch?v=PJY5VRJxo54>，2022年3月17日，(檢索日期2023年5月9日)

圖 16 烏國總統澤倫斯基對美國會視訊演說示意圖



資料來源：網站，澤倫斯基對美國會演說 戰場縮影撼動人心，<https://www.youtube.com/watch?v=PJY5VRJxo54>，2022年3月17日，(檢索日期2023年5月9日)

(二)運用星鏈計畫研發軍民共享之防空預警系統

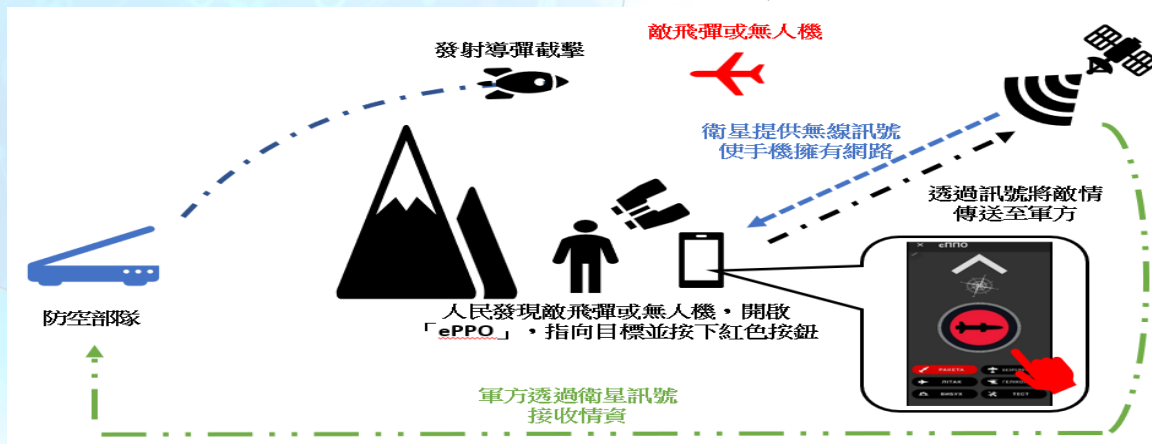
在星鏈計畫的運用下，烏克蘭研發出全球首款防空網路系統，這款防空預警系統稱為「全民獵殺無人機APP」，又叫做「ePPO」，提供給所有烏國民眾下載使用，發揮全民皆兵之精神，讓民眾協助防空部隊追蹤俄國飛行高度不高的次音速巡弋飛彈和無人機，消弭防空部隊無法掌握的死角，以維護國家與自身安全。就以「ePPO」的首次作戰為例，應用在2022年10月22日，於南部作戰區的民眾發現一枚來襲的俄國「口徑 (Kalibr)」巡弋飛彈後，透過這款應用程式向軍方通報，成功協助烏軍擊落該枚飛彈。同時，該應用程式的共同開發人蘇爾丁 (Genadiy Suldin) 表示「考慮到地形特徵，敵飛彈飛得非常低，在雷達上看不見。但因有警覺心的民眾發現了飛彈，並且立即用ePPO通知軍方，使烏國的防空單位在幾秒內就取得定位，運用『針式 (Igla) 防空飛彈』將其擊落。」

烏克蘭戰略通訊部表示，防空預警系統「全民獵殺無人機(ePPO)」的APP目前提供給使用安卓版本的行動裝置下載使用，而其操作程序不複雜，若烏國民眾發現來自俄軍的飛彈或自殺式無人機，則運用智慧型手機開啟該應用程式，並於操作介面上選擇目標類型(指敵空中目標：飛彈或無人機等)。移動手機指向目標方向並按下紅色按鈕，訊息便會立即回傳至烏軍防空部隊，如此就能定位到發射訊號者之位置，同時同步標定與地圖上，使軍隊得以發揮反制作用，迅速將威脅屏除(如圖17)；該系統不僅能讓民眾使用，同時彌補雷達對戰場上部分特殊



性地形的死角。⁴²

圖 17 運用全民獵殺無人機 APP 示意圖



資料來源：作者整理，參考管淑平，〈烏克蘭「全民獵殺無人機APP」首度告捷 助擊落俄軍巡弋飛彈〉《自由時報》，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4102789>，2022年10月27日

五、小結

低軌道通信衛星在俄烏戰爭中的運用發展出乎眾人意料，同時也讓我們發現未來作戰模式與人造衛星鏈結將會十分緊密。然而，「星鏈計畫」在烏克蘭作戰中，雖有顯著的支援效果，但它卻是民營的機關單位，其支援的緣由來自於烏克蘭政府部門與美國太空探索科技公司SpaceX執行長馬斯克聯繫，並協商低軌道通信衛星的支援；相較於我國而言。「低軌道通信衛星」可預期將納入我國臺澎防衛作戰的備援機制，是必然會使用到的科技產品，然我國對於低軌道通信衛星的研發技術尚未成熟，故我國政府與英國衛星通信公司OneWeb有談及臺灣的「應變或戰時應用新興科技強化通訊網路數位韌性驗證計畫」，⁴³使我國未來具有運用低軌道衛星之條件及能量。

結論

一、研究發現

現代軍事衝突中，最有力的一擊，通常也是第一擊，其所對準的目標就是敵方的「通信系統」。⁴⁴通信能力是否能在戰場上發揮作用，其意味著天淵之別：馬到成功或一敗塗地。戰爭發起時，當一方可以通信無阻並且可以阻撓或破壞對方

⁴²管淑平，〈烏克蘭「全民獵殺無人機APP」首度告捷 助擊落俄軍巡弋飛彈〉《自由時報》，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4102789>，2022年10月27日，（檢索日期2023年4月23日）

⁴³同註23

⁴⁴同註25，頁133

通信，那麼對方就能如同盲瞽。然而，干擾敵方通信所獲致的成果，通常無法太過持久。因敵方必然會退而求其次儘速尋找其他方案，以利恢復通信網絡。藉由俄烏戰爭的過程，歸納得出以下三個觀點：

(一)以低軌道衛星作為備援手段，不易遭敵中斷指管系統

在俄烏戰爭初期，俄國首要攻擊目標就是烏國基礎設施，包含通信的基地臺，使其失去通信能力，研判中共若對臺進犯，亦會使用類似的手段，藉以截斷我國指管能力。然烏國在通聯手段被摧毀時，也立即採取備援方法，協調美國太空探索科技公司SpaceX以自產的商用低軌衛星所組成的星鏈網鏈支援，使其迅速恢復指揮通聯及網路得以持續與俄國作戰。

而星鏈網鏈起初支援時，引起俄國對星鏈計畫的不滿，企圖摧毀運行在低軌道的通信衛星，讓星鏈網鏈無法支援烏國作戰。然而，馬斯克認為這一行動是不切實際，主要原因有兩點，第一，要摧毀衛星須具備破壞的能力，俄國面對研發、製造與生產反衛星武器，將增加巨額的預算。第二，倘若俄國具備研發到生產的能力，馬斯克也有信心，他發射衛星速度會比俄國發射反衛星導彈的速度更快其運用之效益，尚待觀察。⁴⁵故烏國星鏈網鏈作為通信備援手段，除確保自身的指管系統，也不再遭敵破壞中斷

(二)我國衛星能量不足、支援軍事作戰能力有限

我國從事太空科技產業，於1991年國家太空中心成立，直至1999年時才發射第一顆衛星到太空，迄今已30餘年，所研發之衛星計有「福爾摩沙衛星一號」等10種，其中尚在服役的衛星為「福爾摩沙衛星五號」等3種，其功用以觀測氣象及科學使用，在用途方面亦取向於民間而非軍事行動。

以我國現今衛星能量與中共比較，中共於1958年開始中國的航太事業，並於1970年成功發射第一顆人造衛星「東方紅一號」，成為當時繼蘇聯、美國、法國、日本之後世界上第5個擁有自主航太能力的國家，⁴⁶發展至今中共擁有自主的北斗衛星導航系統，同時經聯合國衛星導航委員會認定的為全球衛星導航系統4大核心。⁴⁷另中共除了現今「中星」與「神通」系列的地球靜止軌道通信衛星外，⁴⁸其中國航太科工空間工程總體部於2023年7月13日宣布，將正式啟動超低軌道通信衛星座建設，並預劃2030年完成部署300多顆通信衛星於150到300公里之間，使其能夠處理一些微弱信號，而對地觀測的層面，因距離地表更近也相對意味

45趙正璋，〈俄國威脅導彈射下 Starlink，馬斯克：我發射衛星速度更快！〉《關鍵評論網媒體集團》，<https://www.inside.com.tw/article/27175-elon-musk-starlink>，2022年3月28日，（檢索日期2023年4月23日）

46黃俊麟，〈中共衛星航太科技與反衛星系統發展〉《國防雜誌》，第22卷第4期，2007年8月，頁41

47維基百科北斗衛星導航系統，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/北斗衛星導航系統>，（檢索日期2023年4月23日）

48維基百科神通系列衛星，<https://zh.wikipedia.org/zh-hk/神通系列衛星>，（檢索日期2023年4月23日）



著對地觀測時看得更清楚以及擁有更短的傳輸時間。⁴⁹就以兩國間衛星發展比較，我國太空能力明顯處於劣勢

反觀俄烏戰爭中俄羅斯與烏克蘭，雙方太空科技發展與我國對中共的比較，均有明顯的差距，同時推斷烏克蘭與我國相同尚未研發及投射自主的低軌道通信衛星，故作戰初期俄國認為僅需摧毀或以電子戰手段干擾烏國各項通信設施，阻斷其通信傳達之能力致無法有效指揮調度部隊作戰，便可使烏國快速就降，然沒想到當烏國後續運用星鏈計畫所提供之通信信號時，其為烏軍提供大量的通訊和情報技術支援，憑藉上萬組終端設備，大幅改善指揮通訊能力，提升在戰場上的感知及指揮打擊效能，在直接攻擊俄軍任務中發揮重要作用。就以被圍困多時的「亞速鋼鐵廠」(Metallurgical Combine Azovstal)為例，烏軍在防禦期間，即是運用「星鏈」衛星和烏軍總部進行通訊聯繫和情報傳遞。⁵⁰

(三)我國指管系統之通信手段有限

現今作戰中，戰場環境瞬息萬變，指揮官要能靈活指揮調度一線作戰部隊，「通信」是不可或缺的一環。通信手段以有、無線電做為區分，有線電通信之優勢，對於訊息的傳達穩定且保密性佳，不易被敵所截取，但缺點為有線電線路易遭敵破壞，且要執行訊息傳輸就必須完成線路的設置，過於費時及費力；無線電通信優勢以無線電波傳輸電報、語音、數據、圖像資料，具有快速、機動等優點，缺點為傳送之信息容易遭截獲、干擾與定位，⁵¹且訊號傳遞是透過通信基地臺收發，而固定設施卻容易成為攻擊目標。

雖我國目前有研發衛星通信車，但就以現行部隊而言，被廣泛運用的通信手段為有、無線電通聯，而非以通信衛星為主體的通聯；再者，以現階段的通信能力，僅能滿足現行部隊平時兵力(約21萬5千人)的型態，⁵²於戰時我國任務編組將納入動員部隊，總兵力達50萬8千人，⁵³推測不論是以現行通聯手段還是設備，均無法滿足該階段的作戰形態。

二、對我國防衛作戰之建議

就現代戰爭而言，俄烏戰爭可發現已跳脫過去以往的作戰方式，運用太空科

49 〈《大陸社會》目標300顆 大陸啟動建設超低軌道衛星星座〉《時報資訊》，<https://tw.news.yahoo.com/大陸社會-目標300顆-大陸啟動建設超低軌道衛星星座-050614510.html>，2023年7月14日，(檢索日期2023年7月16日)

50 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〉《戰略安全研析》，第175期，2022年8月，頁60

51 趙天豪、曾陳祥，〈從潛艦通信發展探討海軍潛艦通信與作戰〉《海軍學術雙月刊》，第53卷第6期，2009年12月，頁88

52 陶本和，〈國軍總兵力21.5萬人《防衛後備動員署》任務曝光〉《EToday新聞雲》<https://www.ettoday.net/news/20210428/1969904.htm>，2021年4月28日，(檢索日期2023年7月16日)

53 游凱翔，〈國防部：戰爭24小時內可動員21.5萬後備兵力〉《中央社》<https://www.cna.com.tw/news/aip/202109270204.aspx>，2021年9月27日，(檢索日期2023年7月16日)

技的產品「通信衛星」，取代戰爭初期就已被摧破的通信設施，使烏國得以持續與俄國抗衡至今，顛覆了我們對指管通聯手段的想法。不僅如此，從該戰爭中我國亦要思考，在我國防衛作戰中，初期通信系統如同烏克蘭一樣遭受破壞，傳統的有無線電通聯效果，無法有效支持作戰，故藉由俄烏戰爭中低軌道衛星的運用，將通信衛星如何運用於我國防衛作戰，提供以下三點建議：

(一)通聯機構機動化，提升指管系統效能

就我國太空科技的領域中，在當前政策推動方向，行政院於2021年核定將太空產業列入臺灣6大核心戰略產業，立法院也於2021年三讀通過「太空發展法」，接著，國家太空中心於2023年1月改制為行政法人，期能擁有更多預算與資源。⁵⁴不僅如此，發展太空科技的過程中，其地面訊號接收端亦要有所精進，畢竟從俄烏戰爭中可發現，通信是不可或缺的角色，故研判我國通信基地臺，必對臺澎防衛作戰中，敵對我最初攻擊目標之一。而基地臺又屬固定設施，建置不僅費時又費力，且體型大防護力弱，容易遭敵鎖定及摧毀，所以，藉由中研院所研發的「衛星通信車」，使其接收與發送訊號均是憑藉通信衛星作為鏈結，其次使載臺能獲得高速移動的機動力，降低被鎖定後破壞的風險，以利通聯機構機動化，提升指管系統效能，分散遭敵癱瘓指管系統之可能性。

(二)低軌道衛星作為軍事應用，建構多元指管通情手段

以俄烏戰爭為例，通訊系統初期遭俄國癱瘓後，烏國運用低軌道通信衛星網路系統，恢復指管通情能力，以利與俄國繼續抗衡。藉由此次俄烏戰爭的經驗，突顯低軌道衛星通訊系統「星鏈」具有廣泛的商用和軍事應用價值。其價值亦不單僅有美國察覺，中共也意識到低軌道衛星的價值，因此中共加速發展低軌道衛星領域進程，並且朝向結合民用和軍用需求方向發展，促使自己能與美國等西方國家搶占有限的低軌道空間資源。而在美國的部分，美國空軍和SpaceX公司簽訂契約，將「星鏈」衛星用於地面站點、飛機、太空資產之間的寬頻數據連接。從裝備功能和戰略安全合作面向而論，未來美國亦有可能仿效援烏國運用「星鏈」衛星模式，強化與我國之間的軍事情報和通訊合作機制。⁵⁵

「星鏈」雖為民營持有之商業太空產業，但從俄烏戰爭中讓世人看到戰爭型態的轉變，同時也因美國政府與SpaceX合作，提升美國空軍和太空軍的發射、監測和通訊能力，也讓原本屬於商業用途的「星鏈」朝軍事化發展邁出關鍵一步，⁵⁶也使情報蒐集與指管通情等手段有了一項選擇。另反觀我國對於低軌道衛星

54廖明輝、洪尉淳，〈國際新太空產業政策布局與新創聚焦領域〉《經濟前瞻》，第206期，2023年3月，頁91

55同註50，頁66

56同註54，頁89

的運用，中華電信於2023年11月14日與歐洲通訊衛星集團（Eutelsat Group）子公司Eutelsat OneWeb 簽署臺灣低軌衛星獨家代理合約，未來也將依我國數位發展部之「應變或戰時應用新興科技強化通訊網路數位韌性驗證計畫」發展通訊能力，以利指管通情體系正常運作。⁵⁷

(三)研發指管通信車，強化指管通聯力度

「通聯」是戰場上最為基本的要素，有效的收發信號，有利於指揮者指揮管制部隊及作戰部署。而在低軌道衛星的運用方面，我國雖在SpaceX官方網站中被框列為「即將推出」星鏈計畫使用的地區，但其開放時間仍無明確況列時間範圍；然低軌道衛星的使用需求方面，我國已有和歐洲通訊衛星集團簽署有關「OneWeb 低軌衛星網路」的合約，以利使用低軌道衛星之訊號。

唐朝魏徵曾曰：「以銅為鏡，可以正衣冠；以史為鏡，可以知興替；以人為鏡，可以明得失」，藉由俄烏戰爭中發現烏國因戰爭而使低軌道通信衛星的運用，讓世人有了不一樣的看法，以及延伸出防空預警應用程式的研發等，建議我國以此為借鏡。可先前運用民間科技技術，使軍民共同合作加速研發一套設有衛星地面接收端之指管通信載具(如圖18)，使其能於平時與戰時均能有效發揮指管通情能力，以作為我國現已服役中的「衛星通信車」之備援，其次配賦營、連級單位作為指揮車使用，使得通信信號地面接收器不再是固定設施，而是具備高機動能力，減少作戰中被敵鎖定之機率，進而強化三軍聯合作戰力度。⁵⁸

圖 18 指管通信車示意圖



資料來源：NTT東日本等在東京參加防災演習，並演示通信線路恢復演習和移動基站，<https://xtech.nikkei.com/it/article/NEWS/20070901/280945/>，(檢索日期：2023年5月9日)；葛飾市綜合防災演習/荒川下游防災實訓無人機航拍，<https://www.diginet.ne.jp/tokyo-ant/drone.html>，(檢索日期：2023年5月9日)

57黃晶琳，〈低軌衛星終將落地臺灣中華電信與 Eutelsat OneWeb 簽約〉《聯合新聞網》<https://udn.com/news/story/7240/7576066>，2023年11月15日，(檢索日期2023年11月15日)

58林宜昌，〈資訊戰對國軍防衛作戰重要性之研究〉《海軍學術雙月刊》，第53卷第6期，2009年12月，頁125-126

臺灣屬於海島國家，雖有臺灣海峽作為與中共軍事行動之緩衝，但隨著中共軍力科技提升，已不足作為我天然屏障。且臺灣與烏國之差異在於我國國土面積小，無戰略縱深，因此國軍近年已陸續改建各級指揮所並強化其抗炸結構，甚或地下化，但在敵主動我被動的情況下，唯有部隊機動化才能取得最大存活率，遂行防衛作戰與反擊，然必須依賴強大的無線通訊能量才能做到靈活指揮之效果。尤其星鏈計畫之數量及通訊能力至今俄軍仍無法反制，在近期兩岸軍事越趨緊張的狀態下，國軍應作好戰前準備，以肆應未來各種狀況。

參考資料

一、書籍

(一)魏汝霖，《孫子今註今譯》（臺北：臺灣商務印書館股份有限公司，2010年），頁141。

(二)鮑伯普列史東，〈民間太空科技的軍事應用〉，（國防部軍務局，1998年2月），頁132-133。

二、期刊

(一)謝育哲，〈科學歷史回頭望－太空競賽〉，《科學月刊》，第587期，2018年10月。

(二)李勝義，黃雯禧，〈中共太空衛星科技的發展現況與趨勢探討〉《國防雜誌》，第27卷第4期，2012年7月，頁84。

(三)茱麗葉.方特〈老是發 Email，小心工作時間愈來愈少！2D vs. 3D 法，告訴你該傳訊息或面對面〉《經理人月刊》，<https://today.line.me/tw/v2/article/mWEZJEm>，發行時間2023年4月12日，（檢索日期2023年7月17日）。

(四)張志立，〈淺談人造衛星〉《天文館期刊》，第70期，2015年11月，頁21、頁23

(五)萬孟勳，〈衛星發展及相關產情對國軍未來作戰模式之影響〉，《海軍學術雙月刊》，第45卷第5期，2011年10月，頁73-74。

(六)陳雅淑、林穎裕，〈衛星科技〉，《科學發展》，第374期，2004年2月，頁72-73

(七)林明武、林輝龍，〈導航衛星於電子戰作為之研究〉《國防雜誌》，第25卷第5期，2010年10月，頁79-80。

(八)陳世揚、羅偉豪，〈通訊衛星服務與系統工程〉《電腦與通訊》，第187期，2021年9月，頁20。

(九)張桂祥，〈遙測衛星Ⅲ〉《航測及遙測學刊》，第18卷第1期，2017年3月，頁1

(十)吳岸明，〈臺灣的衛星發展〉《天文館期刊》，第69期，2015年8月，頁6、頁13。

(十一)黃志文，〈國軍新一代衛星通信系統及應用成果〉《新新專利》，第49卷



第3期，2021年7月，頁243-244、頁244-245。

(十二)陳永全，〈由俄烏戰爭談CI安全防護〉《清流雙月刊》，第42期，2022年11月，頁8。

(十三)黃俊麟，〈中共衛星航太科技與反衛星系統發展〉《國防雜誌》，第22卷第4期，2007年8月，頁41。

(十四)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〉《戰略安全研析》，第175期，2022年8月，頁60、頁60。

(十五)趙天豪、曾陳祥，〈從潛艦通信發展探討海軍潛艦通信與作戰〉《海軍學術雙月刊》，第53卷第6期，2009年12月，頁88。

(十六)廖明輝、洪尉淳，〈國際新太空產業政策布局與新創聚焦領域〉《經濟前瞻》，第206期，2023年3月，頁89、頁91。

(十七)林宜昌，〈資訊戰對國軍防衛作戰重要性之研究〉《海軍學術雙月刊》，第53卷第6期，2009年12月，頁125-126。

三、網路

(一)無線電《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%97%A0%E7%BA%BF%E7%94%B5>，(檢索日期2022年11月3日)。

(二)黃晶琳，〈低軌衛星終將落地臺灣 中華電信與 Eutelsat OneWeb 簽約〉《聯合新聞網》<https://udn.com/news/story/7240/7576066>，2023年11月15日，(檢索日期2023年11月15日)。

(三)〈衛星和軌道〉《科學學習中心Pokap ū Akoranga P ū taiao》，https://www.sciencelearn.org.nz/image_maps/13-satellites-and-orbits，(檢索日期2022年11月3日)。

(四)〈從天空遙望地球－臺灣的遙測技術發展〉，《臺灣研究論點》，<https://trh.gase.most.ntnu.edu.tw/tw/article/content/156#:~:text=遙測主要透過人造,防災等多個面向>，發行時間2020年10月20日，(檢索日期：2022年12月22日)。

(五)國家太空中心，https://www.tasa.org.tw/history_prog.php?c=20021801&ln=zh_TW，(檢索日期2022年12月22日)。

(六)國家太空中心，https://www.tasa.org.tw/inprogress.php?c=20021501&ln=zh_TW，(檢索日期2023年4月22日)。

(七)國家太空中心，https://www.tasa.org.tw/inprogress.php?c=20021502&ln=zh_TW，(檢索日期2022年12月20日)。

(八)〈守護飛機的航線與安全－堅果衛星〉《財團法人善科教育基金會》，https://www.sancode.org.tw/activities_info.php?type=3&nid=73#:~:text=堅果衛星是一枚2U 衛星，尺寸為10×10×22.7,公分的柱形體，重量約2公斤，具備有四片可展開的太陽能板，每片玻璃纖維材質的印刷電路板上黏貼四片太空規格的太陽能電池，

- 可提供約6瓦特（W）的平均功率，2021年6月4日，（檢索日期：2022年12月23日）
- （九）〈科技聯防 唐鳳：英國OneWeb衛星年底可望覆蓋全臺灣〉《中央社》，<https://udn.com/news/story/7314/7241510>，2023年6月17日，（檢索日期：2023年7月15日）。
- （十）中新二號-維基百科，自由的百科全書（wikipedia.org），（檢索日期2023年7月15日）。
- （十一）〈【武備巡禮】國造衛星通信車 聯戰利器〉《青年日報社》，<https://tw.news.yahoo.com/武備巡禮-國造衛星通信車-聯戰利器-160000383.html>，2020年5月4日，（檢索日期：2023年2月3日）。
- （十二）國家太空中心，https://www.tasa.org.tw/news_view.php?c=200224019，（檢索日期2022年12月20日）。
- p=39420，2022年3月22日，（檢索日期：2022年12月1日）。
- （十四）星鏈官方網站Starlink，<https://www.starlink.com/specifications>，（檢索日期：2023年4月20日）。
- （十五）星鏈官方網站Starlink，<https://www.starlink.com/business>，（檢索日期：2023年4月20日）。
- （十六）TODD BISHOP，〈埃隆·馬斯克（Elon Musk）計劃如何通過西雅圖前往火星：SpaceX創始人在那次私人活動中所說的話〉《GeekWire》，<https://www.geekwire.com/2015/elon-musk-plans-get-mars-via-seattle-spacex-founder-said-private-event/>，2015年1月19日，（檢索日期：2022年12月1日）。
- （十七）Cristen Tsoi，〈Starlink星鏈是什麼？一文看懂馬斯克雄心！低軌衛星網路要實現「這個目標」〉《TATLER》，<https://www.tatlerasia.com/power-purpose/technology/what-is-starlink-spacex-elon-musk-hk-zh-hant>，2022年3月2日，（檢索日期：2022年12月15日）。
- （十八、星鏈官方網站Starlink，<https://www.starlink.com/specifications>，（檢索日期：2023年4月20日）。
- （十九）OneWeb官方網站，<https://oneweb.net/future-network>，（檢索日期2023年7月15日）。
- （二十）蘇文彬，〈中華電信將代理One Web低軌衛星服務，強化我國通訊網路韌性〉《iThome》，<https://www.ithome.com.tw/news/159853>，2023年11月16日，（檢索日期：2023年12月20日）。
- （二一）鄭國威，〈馬斯克：SpaceX與iPhone 14衛星通訊曾談過合作！Starlink低軌衛星通訊系統能幫上什麼忙？〉《PanSci泛科學》，<https://www.youtube.com/watch?v=GVP5fWTmFJ0>，2022年4月11日，（檢索日期：2023年4月15日）。



(二二)〈內政部表示，俄羅斯電子戰對烏克蘭的Starlink完全無效〉《烏克蘭國際廣播多媒體平臺》，<https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3573520-u-mvs-kazut-so-rosijski-zasobi-reb-absolutno-neefektivni-proti-starlink-v-ukraini.html>，2022年9月17日，(檢索日期2023年4月19日)。

(二三)〈澤倫斯基對美國會演說 戰場縮影撼動人心〉《臺視新聞》<https://www.youtube.com/watch?v=PJY5VRJxo54>，2022年3月17日，(檢索日期2023年5月9日)。

(二四)管淑平，〈烏克蘭「全民獵殺無人機APP」首度告捷 助擊落俄軍巡弋飛彈〉《自由時報》，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4102789>，2022年10月27日，(檢索日期2023年4月23日)。

(二五)趙正瑋，〈俄國威脅導彈射下 Starlink，馬斯克：我發射衛星速度更快！〉《關鍵評論網媒體集團》，<https://www.inside.com.tw/article/27175-elon-musk-starlink>，2022年3月28日，(檢索日期2023年4月23日)。

(二六)維基百科北斗衛星導航系統，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/北斗衛星導航系統>，(檢索日期2023年4月23日)。

(二七)維基百科神通系列衛星，<https://zh.wikipedia.org/zh-hk/神通系列衛星>，(檢索日期2023年4月23日)。

(二八)〈《大陸社會》目標300顆 大陸啟動建設超低軌道衛星星座〉《時報資訊》，<https://tw.news.yahoo.com/大陸社會-目標300顆-大陸啟動建設超低軌道衛星星座-050614510.html>，2023年7月14日，(檢索日期2023年7月16日)。

(二九)陶本和，〈國軍總兵力21.5萬人《防衛後備動員署》任務曝光〉《EToday新聞雲》<https://www.ettoday.net/news/20210428/1969904.htm>，2021年4月28日，(檢索日期2023年7月16日)。

(三十)游凱翔，〈國防部：戰爭24小時內可動員21.5萬後備兵力〉《中央社》<https://www.cna.com.tw/news/aip/202109270204.aspx>，2021年9月27日，(檢索日期2023年7月16日)。

作者簡介

紀貴賢少校，畢業於陸軍官校102年班、工兵訓練中心正規班106年班，陸院113年班，曾任排長、連長、群訓練官，現任職陸軍司令部工兵處軍事工程組。

張元斌中校，畢業於陸軍官校94年班、步兵學校正規班98年班、陸軍指參105年班、戰院111年班，曾任排長、連長、營長，現任職於國防大學陸院防衛組教官。