

衛星發展對砲兵部隊影響之啟示

作者：陳楷橿、溫培基

提要

- 一、中共自西元 1958 年起即開始投入衛星產業發展，至 2020 年即完成北斗三號衛星系列部署，具備全球導航、高階偵察能力及遠程火力投射能力，致使其部隊作戰能力更具威脅，面對衛星能力發展如此純熟之敵人，我國應尋求相對應解決方案。
- 二、隨著周邊國家逐步發展衛星產業，雖我國衛星發展腳步較為緩慢，但卻是勢在必行，自福衛五號成功發射後，其衛星遙測及關鍵元件，從設計、製造到組裝，均由國內相關單位自主開發完成，即顯示具備自主研發的能力。
- 三、本研究首先簡介美國、中共、英國及我國衛星發展概況及未來展望，以瞭解各國衛星戰略發展方向，並特別以英國自歐盟退出後，須自力發展衛星科技為例，建議我國可依此效法，逐步拓展自主衛星網；筆者接續分析砲兵部隊所面臨不足之處，逐一介紹與瞭解其問題癥結點，針對加強資訊通信能力、強化地圖測繪能力、提升精準打擊能力與建立衛星干擾能力等四個項目，提出個人見解，期望國軍逐步調整與強化自身作戰能力，進而達成克敵制勝之目標。

關鍵詞：衛星、資訊通信、地圖測繪、精準打擊、衛星干擾能力

前言

全球太空科技逐漸發展，衛星在軍事運用上亦成熟，西元 1991 年第一次波灣戰爭中，以美國為首眾多國家即以衛星導引精準武器標定攻擊目標，並結合通信衛星及監偵系統，整合地面部隊作戰，對伊拉克獲取壓倒性勝利。¹

中共自 1958 年發展衛星及載具的研究工作，1970 年發射第一顆衛星「東方紅一號」，迄 2020 年完成北斗三號衛星系列佈署，並成為世界四大衛星導航系統之一，其衛星能力已具備全球導航、高階偵察能力及遠程火力投射能力，這意味著中共解放軍可不假他人之手，藉由其衛星導航系統，將戰略型武器投射至世界各地區，以達成戰略性目標，因此筆者試想是否以敵為師，反思如何以衛星特性，提升我砲兵部隊作戰能力（含資訊通信、地圖測繪、精準打擊及衛星干擾能力），期能從中獲取對我國防安全之啟示。

1 黃俊麟，〈中共衛星航太科技與反衛星系統發展〉《國防雜誌》（桃園），第 22 卷第 4 期，國防大學，民國 96 年 8 月，頁 40-52。

衛星發展

一、衛星種類簡介

衛星具備長時間監視、不受天氣地形影響、不易遭受物理攻擊等特性，故在承平時可用來科學研究、地質觀測及蒐集敵軍情資，作戰期間可做為戰略情資平臺，以下即針對衛星軌道、種類及功能實施介紹：²

（一）衛星軌道

1. 高地球軌道（High Earth orbit, HEO）：衛星距離地球更高於地球同步軌道（大於 35,786 公里），通常使用於更廣泛通信範圍或以不同角度偵測特定天體。

2. 地球同步軌道（Geostationary Orbit, GEO）：衛星會保持在地球表面相對位置，高度約為距離地球 35,786 公里，其運轉速度與地球自轉速度相等，可供氣象衛星或通信衛星使用。

3. 中軌道（Medium Earth Orbit, MEO）：衛星位置落於與地球約 1,000 至 35,786 公里之間，目前世界四大全球衛星導航系統美國全球定位系統（Global Positioning System, GPS）、中共北斗衛星導航系統（BeiDou Navigation Satellite System, BDS）、俄羅斯格洛納斯衛星導航系統（GLONASS）及歐盟伽利略衛星導航系統（GALILEO）均位於此軌道使用。

4. 低軌道（Low Earth Orbit, LEO）：衛星距離地球約為 300 至 1,000 公里，其軌道通常為提供通信延遲低（如視訊通話、即時通信）之通信衛星使用。

5. 極軌道（Polar Orbit）：衛星在其軌道平面會通過地球兩極點（即南、北極點），通常由大氣、地球活動等全球性環境監測之衛星使用。

6. 太陽同步軌道（Sun-Synchronous Orbit, SSO）：是指在其軌道運行期間，衛星與太陽保持相同角度，使衛星觀測均能在相同光照及陰影條件下，監測全球各項環境。

（二）衛星種類及能力

1. 一般而言衛星依能力及搭載裝備不同，區分科學衛星、通信衛星、軍事衛星、氣象衛星、遙測衛星、導航衛星等 6 種，³各衛星特性及能力說明如次：

（1）科學衛星：於太空軌道中，藉以進行大氣物理、天文物理等資料蒐集、實驗或測試之衛星。

（2）通信衛星：於太空中，做為電訊中繼站或撥放電訊之衛星。

（3）軍事衛星：針對敵軍事設施及活動實施攝影、監測與其他相關軍事情資蒐集之衛星。

2 張志立，〈淺談人造衛星〉《臺北星空天文館期刊》（臺北），第 70 期，臺北市教育局天文館，民國 104 年 11 月），頁 20。

3 張志立，〈淺談人造衛星〉《臺北星空天文館期刊》（臺北），第 70 期，臺北市教育局天文館，民國 104 年 11 月），頁 21。

(4) 氣象衛星：針對地球實施監測和預報天氣、氣候變化，並提供大氣和地球表面的相關數據。

(5) 遙測衛星：是一種以遠距離感測技術，並配賦搭載的儀器或感測器來收集地球表面資料，而這些資料含光學影像、雷達影像、紅外線數據。

(6) 導航衛星：主要提供地面、海面、空中定位及導引方向資訊，其對象為民間及軍事需求端。

2. 上述是針對衛星實施介紹，然為探討衛星對砲兵部隊影響，應額外說明軍事衛星相關工作內容，包含情報蒐集、通信、導航、監視、預警及飛彈防禦等，另針對種類及能力實施初步介紹如次：⁴

(1) 影像偵察衛星：具備高解度及紅外線攝影功能，可提供部隊所望地區地勢分析及目標辨識（如敵軍設施、軍隊佈署及活動等）。

(2) 飛彈預警衛星：於太空中組成預警網，以偵察與分析飛彈之彈道。

(3) 數據中繼衛星：主要工作為接收地面站或其他衛星之數據，並轉發至特定地點；另因衛星軌道較高，亦可協力提供全球性通信服務。

(4) 軍用通信衛星：主要支援部隊指揮、管制、通信、資訊、情報、監視和偵察（C4ISR）等工作，且具有安全通信、全球覆蓋、高頻寬及抗干擾等特性。

(5) 導航衛星：提供部隊地面、海上、空中導航定位服務，並藉由加密及抗干擾技術，避免遭敵竊取及確保信號可靠性。

(6) 電子情報衛星：主要用於收集情報與電子戰，並藉由配賦之電子情報設備探測、監測和分析各種電子訊號，如雷達、通信、無線電頻譜等。

(7) 遙測情報衛星：主要收集地表特徵及環境變化，亦可搭配合成孔徑雷達滿足部隊地圖測繪作業。

(8) 氣象衛星：主要針對地球大氣環境實施監測及收集氣象資訊（如雲層、氣象系統、氣溫、濕度），可提供部隊即時或未來預測之天氣變化。

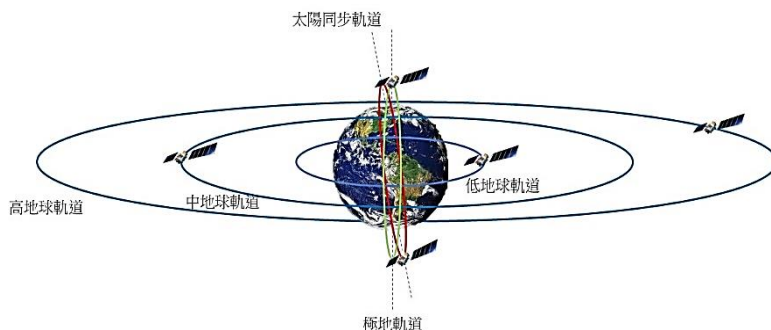


圖 1 衛星軌道示意圖

資料來源：筆者自繪

⁴ 黃俊麟，〈中共衛星航太科技與反衛星系統發展〉《國防雜誌》（桃園），第 22 卷第 4 期，國防大學，民國 96 年 8 月，頁 41-42。

二、各國衛星概況與未來發展

現今先進國家中，已具備衛星網路基本運行能力者，除平時可藉由衛星完成生活所需（位置導航、天氣查詢、通信聯絡等）；另於軍事行動中亦可藉由其衛星種類及能力（偵查衛星用於偵察敵軍部隊部署、通信衛星用於部隊指揮與管制等），迅速且準確掌握作戰前所需獲取之作戰地區天候狀況、地形條件、敵軍作戰能力等情報，以此完成作戰前準備，並依作戰進程部署與指揮部隊作戰方向，達成作戰目標，依上述所言，衛星發展逐漸對國家戰略之重要性已是不可小覷。

隨著周邊國家逐步發展衛星產業，雖我國衛星發展腳步較為緩慢，但卻是勢在必行，自福衛五號成功發射後，其衛星遙測及關鍵元件，從設計、製造到組裝，均由國內相關單位自主開發完成，⁵即顯示具備自主研發的能力。

筆者以簡要方式針對美國、中共兩大強權衛星概況與未來發展實施介紹，並藉由英國自退出歐盟後，其身分無法再行加入歐盟各項衛星計畫，而需自主發展衛星產業為例，藉此發想與探討我國衛星現今發展概況與未來計畫。

（一）美國

自 1958 年成功發射第一顆所屬的衛星探索者 1 號後，即意味著與蘇聯太空競賽正式揭開序幕，迄今已是世界上太空強權國家之一，為保持與各強權太空競爭能力，於 2018 年發射 GPS Block III 系列衛星，並新增全數位化導航酬載、區域軍事保護能力、提升雷射復歸反射器陣列及搜索（救援）之有效酬載。⁶另規劃未來於 2045 年完成國防太空架構系統（計有傳輸層等 7 層），概念為發展出具備安全通信、預警及攻擊評估之衛星群，其中每顆衛星可與地面控制平臺進行通信、追蹤飛彈與極音速飛行器，並提供所屬單位定位及導航等功能，該衛星在遭受敵國實施反衛星攻擊時，其他衛星仍可持續提供飛彈預警與追蹤等功能。⁷



圖 2 美國國防太空架構系統

參考來源：Sandra Erwin, 《DoD Space Agency to award Multiple Contracts for up to 150 Satellites》〈SPACENEWS〉2021/03/04，<https://reurl.cc/2mko16>，檢索日期：民 113 年 2 月 1 日。

5 曾世平，〈福爾摩沙五號專題〉《科儀新知季刊》（臺北），第 216 期，國家實驗研究院臺灣儀器科技研究中心，民國 107 年 9 月），頁 4。

6 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 66。

7 周若敏，〈美國「國防太空架構系統」下的衛星發展〉《國防安全雙週報》（臺北），第 64 期，財團法人國防安全研究院，民國 111 年 10 月，頁 44。

（二）中共

中共自 1958 年發展衛星及載具，迄 2020 年北斗衛星三號系統部署，已完成衛星初步戰略規劃，即「先區域、後全球」之發展目標，現北斗衛星系統具備通信、導航、遙測一體的全球衛星導航系統，並具備全球覆蓋、高精度、服務多樣化等特性，使其解放軍無論人員或無人機（艦艇）在戰場上，除可提供自身定位導航外，所屬上級亦可隨時掌握部隊位置，傳遞相關命令，因此利用北斗衛星系統有助於中共解放軍戰場管理及部隊指管，大幅提升作戰能力。⁸

另未來中共衛星發展正朝向 3 個面向分別為地空一體化、導彈控制力及太空作戰整合，說明如次：

1.地空整體化：中共目前已將衛星互聯網建設提升為國家戰略性工程，在北斗系統內將通信、中繼、導航、偵察、監視及氣象整合後，配合無人武器載臺實施聯合作戰，逐步達成地空整體化，以肆應未來智能化戰爭。⁹

2.導彈控制力：嫦娥五號月球探測器於 2020 年 12 月完成月球探勘任務，成功採集月球土質樣本並返航地球；其中返程方式是以半彈道跳躍式再入重返大氣層，顯示中共逐步有能力控制彈道飛彈重返大氣層的姿態及重入速度，此種飛行軌跡與傳統彈道飛彈不同，未來如運用在相關飛彈武器上，恐增加防空系統防禦之困難度。¹⁰

3.太空作戰整合：中共目前所擁有的天宮太空站與由各國共同營運之國際太空站是世界上唯二的太空站，其中國際太空站因機件老舊，預於 2031 年 1 月除役，儘管中共官方宣稱太空站用途為從事多領域太空科學實驗與技術試驗，但如以軍事用途使用，恐成為輔助地面指管中心及整合各類型衛星獲取情資之太空作戰指揮中心，如加裝定向能武器和電磁武器，則具備反導彈及反衛星能力，可直接打破各國戰力平衡。¹¹

（三）英國

於脫離歐盟前，其科學研究、商業貿易、軍事國防均與美國及歐盟高度整合且合作，但自 2016 年 6 月脫離歐盟公投通過後，使其身分無法參與或限制由歐盟主導之地球觀測、伽利略衛星系統等相關太空計畫。¹²

8 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 121。

9 荊元宙，〈中共航天科技發展情形與軍事意涵〉《民國 112 年 12 月大陸與兩岸情勢簡報》（臺北），中華民國大陸委員會，下載日期民國 112 年 12 月 17 日，頁 3。

10 荊元宙，〈中共航天科技發展情形與軍事意涵〉《民國 112 年 12 月大陸與兩岸情勢簡報》（臺北），中華民國大陸委員會，下載日期民國 112 年 12 月 17 日，頁 4。

11 荊元宙，〈中共航天科技發展情形與軍事意涵〉《民國 112 年 12 月大陸與兩岸情勢簡報》（臺北），中華民國大陸委員會，下載日期民國 112 年 12 月 17 日，頁 2-4。

12 吳宗翰，〈英國脫歐後在太空領域的作為〉《國防情勢特刊》（臺北），第 9 期，財團法人國防安全研究院，民國 110 年 6 月，頁 44。

為避免國內基礎設施與緊急服務過於仰賴美國全球定位系統，一旦全球衛星系統遭受干擾，許多基礎設施將面臨停擺之風險，¹³故於 2018 年由其國防部推出「太空防衛戰略」，內容包含加強前線部隊太空支援、強化太空韌性及作戰效果、提供政府各項太空活動支持等三大面，並開始尋求替代性衛星導航系統，至 2020 年即與印度 Bharti Global 電信集團完成對 One Web 衛星電信公司採購，達成具備獨立自主通信、導航衛星系統之國家。¹⁴

未來該國將於 2021 年至 2031 年間，完成天網-6 軍事衛星系統，藉以支撐在全球軍事通信服務、情報蒐集及精準打擊之關鍵力量。¹⁵

（四）中華民國

自 1980 年成立國家太空科技發展長程計畫規劃小組，至 1991 年成立國家太空中心後，即推動國家太空科技發展長程計畫，區分三期，說明如次。

1.第一期（1991 年至 2006 年）：執行福衛一、二、三號計 8 枚衛星科學實驗與任務，奠定我國太空科技發展基礎。

2.第二期（2004 年至 2018 年）：執行福衛五號、七號任務，並提升我國太空科技發展能量，以推動學術研究及產業發展。

3.第三期（2019 年至 2028 年）：未來將定期（每年）發射 1 枚衛星上空，目的為國土安全與監測自然環境，於災害發生時可提供即時影像，快速監測國土安全與環境變遷，並加強推動外太空探索與科學創新計畫。¹⁶

自 Space X 公司的星鏈系統在俄烏戰爭中大放異彩後，各國紛紛提倡太空產業的規劃及發展，我國政府亦將太空產業列入六大核心戰略產業中，透過我國具衛星發展廠商一覽表可知（如表 1），國內太空產業趨向成熟且穩定發展，未來將透過產、官、學界共組太空產業國家隊方式，強化發展進階遙測衛星、氣象衛星、通信衛星以及火箭發射能力，逐步推動太空技術與產業發展。

另外國內中華電信公司已與 One Web 衛星電信公司簽署通信合作契約，將於 2024 年藉由其公司通信衛星覆蓋及衛星接收站之建立，增加通信手段及韌性，依此我國政府亦可從中獲取衛星自主發展之經驗，朝向衛星發展自主化目標邁進。

13吳宗翰，〈英國脫歐後在太空領域的作為〉《國防情勢特刊》（臺北），第 9 期，財團法人國防安全研究院，民國 110 年 6 月，頁 45。

14吳宗翰，〈英國脫歐後在太空領域的作為〉《國防情勢特刊》（臺北），第 9 期，財團法人國防安全研究院，民國 110 年 6 月，頁 46-48。

15吳宗翰，〈英國脫歐後在太空領域的作為〉《國防情勢特刊》（臺北），第 9 期，財團法人國防安全研究院，民國 110 年 6 月，頁 50。

16《推動我國太空科技發展》，行政院新聞傳播處，民國 111 年 8 月 2 日，<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/f441e557-77fd-41a6-b200-41a4a49c8cca>，檢索日期：民國 113 年 2 月 1 日。

表 1 我國具衛星發展能力廠商一覽表

項次	項目	衛星技術	廠商（公司）名稱
1	衛星本體元件	通信元件	南亞、華通、興普、華泰、穩懋、同欣電、漢翔、事欣、信邦、詠業、創未來
2		結構	南亞、華通、興普、華泰、穩懋、同欣電、漢翔、事欣、信邦、詠業、創未來
3		電力	力創光電、晶泰科技、長生科技、元晶
4	地面設備	上游元件	全訊、穩懋、笙科、宏觀微、昇達科、台揚、啟碁、芳興、兆赫、百一、台光電、騰輝、昇貿、華通、新復興、敬鵬、聯德控股
5		天線次系統	中衛、也翔、鍵吉、蔚品、啟碁、芳興、譚裕、詠業、群創、兆赫
6		電源、纜線及連接器	維熹、萬泰科、正崴、康舒、系統電子、群電、仲琦
7		路由器、機上盒	建漢、啟碁、仲琦、泰金寶、和碩、百一、致振、兆赫
8		衛星導航晶片及模組	聯發科、鼎天、環天、麗臺、台灣國際航電、神達

資料來源：吳靜芳，〈56 家關鍵台廠，馬斯克和貝佐斯的太空夢，為何不能沒有台灣人？〉《天下雜誌》（臺北），天下雜誌社，民國 111 年 12 月 2 日，<https://www.cna.com.tw/news/ait/202309160027.aspx>，檢索日期：民國 113 年 2 月 8 日。

部隊運用現況

一、資訊通信能力

我國為強化部隊資訊傳輸、通信構連，即逐步發展資訊通信系統，迄今所使用之資訊通信系統，共計有環島光纖通信系統（Synchronous Multiplex Optical Communication System，SMOCS）、國軍資訊通信系統（Military Information Communication System，MICS）、衛星系統、散波及長程微波系統等 4 種，接續針對資訊通信系統實施說明¹⁷。

（一）環島光纖通信系統：以同步光纖實體網路作為傳輸骨幹，建構環島光纖路徑，並透過非同步傳輸模式交換技術（Asynchronous Transfer Mode，ATM）執行語音、數據及視訊等交換，確保各單位傳輸管道暢通。

（二）國軍資訊通信系統：具有光纖實體及微波路徑之傳輸雙軌，其中一條傳輸路徑遭中斷時，系統會立即對另一方實施保護，並利用非同步傳輸模式交換設備中之自動尋徑功能，協助系統實施資料傳輸。

（三）衛星系統：主要結合環島光纖通信與國軍資訊通信系統之重要節點及地區總機，擔負總機、視訊系統及高優先電路有限度之備援手段。

（四）散波及長程微波系統：主要運用在本島對外島地區之備援通信系統，當海底電纜中斷時，即擔任外島地區資料傳輸之備援手段。

¹⁷陳鏡尹，〈運用低軌道通信衛星強化國軍資通骨幹系統韌性之研究（畢業專題）〉（桃園：國防大學，民國 111 年 7 月），頁 24-25

二、地圖測繪能力

砲兵部隊的任務即是提供第一線戰鬥部隊精準且強大之火力對敵實施火力壓制，使敵無法依計畫完成相關作戰佈署及所望目標；然要如何定位我軍位置，並將火力投射至上級所交付的目標位置上，即須透過地圖測繪來完成。

現行砲兵部隊地圖測繪區分具有定位定向系統及無定位定向系統等 2 種地圖測繪方式，¹⁸說明如次（表 2）。

（一）具定位定向系統地圖測繪：具有定位定向系統測繪方式，以砲兵營為測量單位，區分測量官、系統組、測量組及砲兵連測量班，並運用定位定向系統、測距經緯儀或 M2 方向盤等裝備實施地圖測繪。¹⁹

（二）無定位定向系統地圖測繪：無定位定向系統測繪方式，以砲兵營為測量單位，區分測量官、前地組、連接組及陣地組，並運用測距經緯儀及 M2 方向盤等裝備實施地圖測繪。²⁰

中共在獲得制空、海權後，對我行登陸作戰期間，急欲對機場、港口等重要設施進行控制，以利後續登陸船團與空降兵團擴張其作戰攻勢，如我軍無法以有效火力打擊其登陸位置，將不利我後續作戰；對此我軍在此作戰階段已喪失制空、海權，如以砲兵部隊對敵實施火力打擊，須滿足陣地佔領迅速、部隊快打快撤等目標，惟以現行砲兵部隊地圖測繪方式仍有作業時間冗長及精度誤差大等問題存在，因此能否肆應瞬息萬變的戰場，確實值得探討。

三、精準打擊能力

精準武器即是使用高精確度導引系統，於遠距投射，直接命中目標機率很高的導彈、砲彈和炸彈等武器，²¹就現行我砲兵部隊而言，僅可透過 155 公厘口徑火炮將 M712 銅斑蛇雷射精準導引砲彈（Copperhead）發射後，透過雷射指示器引導砲彈摧毀目標，然而就砲彈射程、砲彈射後操作方式（須持續以雷射標定目標）及使用壽期而言，均已不符作戰使用。

自 2024 年起，透過對美軍購案，我國獲取 M142 高機動多管火箭系統（M142 High Mobility Artillery Rocket System，HIMARS），並搭配導引火箭彈（Guided Multiple Launch Rocket System，GMLRS）或陸軍戰術飛彈系統（Army Tactical Missile System，ATACMS）等彈藥，即可透過美國全球定位系統，標定目標座標，對射程範圍內之目標進行摧毀。預劃於成軍後形成戰力，藉此達成遠程火力、

18《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民 111 年 10 月），頁 7-514。

19黃盈智，〈衛星即時動態測量（RTK）運用於砲兵測地之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 202 期，陸軍砲訓部，民 112 年 9 月，頁 20。

20黃盈智，〈衛星即時動態測量（RTK）運用於砲兵測地之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 202 期，陸軍砲訓部，民 112 年 9 月，頁 20。

21張彥之，〈第三章戰爭工具〉《東吳國防通識讀本》，<https://reurl.cc/RXjAKG>，檢索日期：民國 112 年 12 月 8 日，頁 18。

精準打擊之目標。

四、衛星干擾能力

自中共於 2020 年完成北斗衛星三號系統部署後，即意味具備通信、遙測、授時、導航等功能之衛星系統，其影響範圍已從區域擴展至世界範圍，故對我國實施情報偵察，乃至於遠程火力精準打擊均可實現，尤其在共軍登陸作戰期間，為使其登陸部隊避免遭我火力單位實施攻擊，故先期對軍事指揮機構、通信設施、雷達設施、武器放列陣地等目標實施衛星偵察及精準打擊。

就現行我砲兵部隊而言，暫無配賦相關裝備與設施可對北斗衛星實施干擾作為，故面對中共飛、導彈具備預警時間短、攻擊距離遠、射擊精度高等特性，對我部隊能否實現戰場存活之可能性，值得加以探究。

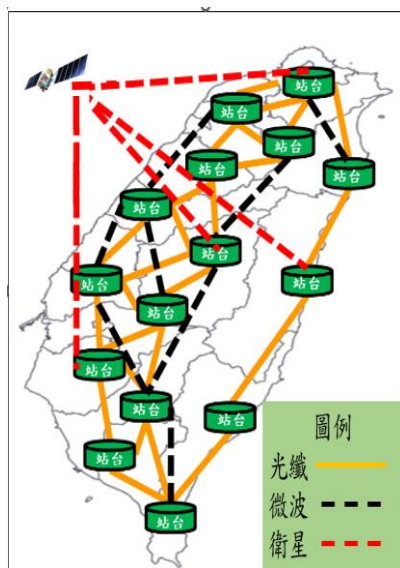


圖 3 資通系統示意圖

參考來源：陳鏡尹，《運用低軌道通信衛星強化國軍資通骨幹系統韌性之研究（畢業專題）》（桃園：國防大學，民國 111 年 7 月），頁 27。

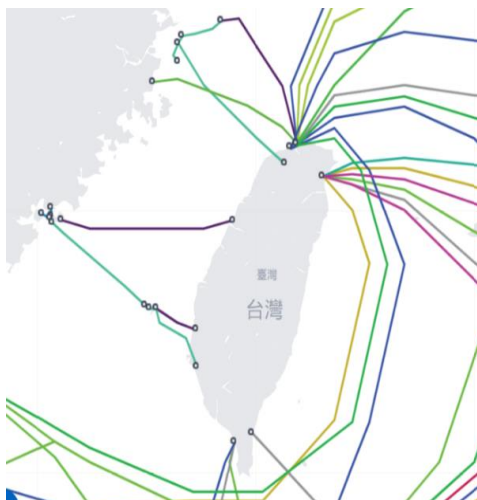


圖 4 臺灣海底電纜分布圖

資料來源：<https://www.submarinecablemap.com/>（檢索日期：民 113 年 2 月 4 日）。

表 2 砲兵部隊現行地圖測繪方式

具定位定向系統示意圖			無定位定向系統示意圖	
所需使用裝備			所需使用裝備	
定位定向系統	測距經緯儀	M2 方向盤	測距經緯儀	M2 方向盤
耗時 1-2 小時			耗時 2-2.5 小時	

參考來源：筆者參考黃盈智，〈衛星即時動態測量（RTK）運用於砲兵測地之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 202 期，陸軍砲訓部，民 112 年 9 月，頁 20-21，另行繪製。

表 3 砲兵部隊現行精準武器諸元表

使用武器		使用彈藥	
M109A5		M712 銅斑蛇雷射導引砲彈	
射程	精準度（CEP）	操作方式	
16 公里	0.4-0.9 公尺	砲彈發射後，須持續以雷射導引，直至摧毀目標。	

資料來源：John Pike，<https://man.fas.org/dod-101/sys/land/m712.htm>（檢索日期：民 113 年 2 月 11 日）。

表 4 砲兵部隊籌獲精準武器系統諸元表

使用武器		使用彈藥	
M142 海馬斯多管火箭系統		陸軍戰術飛彈系統 ATACMS/ 導引火箭彈 GMLRS	
			
彈藥種類	射程	精準度 (CEP)	操作方式
導引火箭彈 GMLRS	90 公里	10 公尺	依射程及目標種類發射適切彈種，並藉由美國全球定位系統持續實施砲彈導引，直至目標摧毀。
陸軍戰術 飛彈系統 ATACMS	300 公里	9 公尺	

資料來源：1. Andreas Parsch，〈Lockheed Martin MGM-168 ATACMS Block IVA〉，<https://www.designation-systems.net/dusrm/m-168.html>，檢索日期：民國 113 年 2 月 11 日。2. 歐錫富，〈不對稱作戰－海馬斯火箭發射破壞威力〉，<https://indsr.org.tw/focus?typeid=25&uid=11&pid=440>，檢索日期：民國 113 年 2 月 11 日。

對我砲兵部隊建議

中共解放軍的威脅隨著衛星數量累積與酬載更高階探測儀器，並於 2020 年完成北斗衛星第三代佈署後，具備更高精度之定位能力，除了威脅美國在印太地區的軍事基地外，亦會於對我作戰中的第一波攻勢中，使用各類型彈道飛彈、巡弋飛彈等武器相互連接導引，使其火力具備遠距、精準及速決等特性，藉以摧毀我國政經中樞、水電基礎設施及重要軍事設施。²²

另外中共對我國首波攻擊，未必僅使用短程彈道飛彈，而是利用精準導引長程火箭，並以數量多、成本低等特性對目標進行飽和式打擊，面臨如此大量火力投送，恐讓我防空飛彈系統疲於奔命，且不符攔截成本效益。²³為因應中共軍事武力威脅，除加強民生基礎設施、重要軍事設施及武器裝備等防護及設施地下化

22 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 112。

23 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 113。

外，筆者置重點於探討於如何提升我砲兵部隊資訊通信、地圖測繪、精準打擊及建立衛星干擾等能力。

一、加強資訊通信能力

就國軍部隊現行資通系統仍以實體光纖作為主要通聯管道，故恐因通信站臺、光纖匯集處等基礎設施遭敵於第一波飽和攻擊摧毀，而造成通信中斷，然而儘管具備微波系統及衛星系統等備援手段，但仍有備援手段作業耗時、傳輸易受地勢高低影響及僅可恢復單一高優先電路管道等技術問題，因此如何提升我資通系統戰場存活率及作業效能，實為當務之急。

俄烏戰爭爆發初期，烏克蘭因通信基礎設施遭俄羅斯摧毀破壞，國內面臨嚴重對外通聯中斷、對內部隊間指揮管制喪失之危機，所幸 **Space X** 公司的星鏈計畫（**Star Link**）即時協助烏克蘭恢復通信管道，使烏軍軍事作戰得以延續，迄今仍是烏軍重要通信手段之一，如我國能建立與星鏈計畫相仿之系統運用於我資通系統中，將可提升於平、戰時部隊通聯效能。

以我國太空科技能量，雖具備研發自製衛星（如福衛五號）能力，但尚缺火箭酬載衛星之技術，僅能透過他國之力，協助完成衛星酬載任務；然近期獲取新聞報導，中華電將與歐洲通信衛星集團子公司 **Eutelsat One Web** 簽署臺灣低軌衛星獨家代理合約，規劃於 2024 年底藉由該公司現有 600 顆低軌衛星，將衛星訊號覆蓋全島，後續並配合數位發展部計畫，建立非同步軌道衛星終端設備站點及基地臺衛星後傳鏈路站點，以強化通信網路韌性。²⁴

另外我國近期針對衛星發展有 2 項消息，對後續通信衛星具有極大意義，說明如次。

（一）在 2023 年 11 月 12 日，由中央大學與鴻海集團共同研發珍珠號（**PEARL**）衛星 2 枚，及成功大學與智能太空公司共同研發的 **IRIS-C2** 立方衛星 1 枚，均發射至太空並完成與地面站通聯，其目的為針對低軌衛星通信建置的地面終端設備實施入網測試，以協助國內業者衛星通信終端設備與該衛星進行通聯驗證及性能測試。²⁵

（二）國家太空中心規劃於 2026 年將發射我國首枚自製低軌 **B5G** 通信衛星，即是建立我國通信衛星網路首部曲，並於 2028 年再發射第二枚通信衛星，後續將有助於備援數據通信、環境監測、防災、海上物聯網等應用。²⁶

24楊凱翔，〈中華電與 OneWeb 簽約 衛星訊號 2024 年覆蓋全臺〉《中央通訊社》（臺北），民國 112 年 11 月 15 日，<https://www.cna.com.tw/news/afe/202311150238.aspx>，檢索日期民 113 年 2 月 6 日。

25王郁倫，〈鴻海珍珠號等 3 枚臺籍衛星將升空 任務及酬載 2 功臣揭露〉《經濟日報》（臺北），民國 112 年 11 月 11 日，<https://money.udn.com/money/story/5612/7567717>，檢索日期民 113 年 2 月 8 日。

26張璦，〈臺灣版星鏈首部曲 B5G 低軌通訊衛星 2026 年發射〉《中央通訊社》（臺北），民國 112 年 9 月 16 日，<https://www.cna.com.tw/news/ait/202309160027.aspx>，檢索日期民 113 年 2 月 8 日。

有鑒於此，如何提高部隊資通系統之多樣性、抗干擾性及可靠性至關重要，依上述資訊及觀點，筆者建議未來資訊通信系統應朝向近、遠程目標發展，說明如次。

（一）近程目標：向數位發展部及中華電信公司合作，於 2024 年完成 700 個衛星終端設備站點與基地臺後，配合在我軍資通系統重要站臺配置相控陣列天線及通信衛星路由器，與 One Web 低軌通信衛星形成網路鏈結，使我資通系統達成光纖、微波及衛星等系統共存並行，確保部隊通信無虞。

（二）遠程目標：由於 One Web 低軌通信衛星仍屬他人公司財產，難以確保於部隊作戰時，衛星系統遭關閉，故仍須建立自主低軌通信衛星網路。依國家太空中心表示，我國需要擁有 120 枚低軌通信衛星，才能確保於 24 小時通信不間斷，²⁷儘管這項目標有極大挑戰，如火箭酬載技術等仍須克服，但應秉持今日不做、明日會後悔之決心，為我國通信衛星系統自主獨立方向邁進。

二、強化地圖測繪能力

我國現階軍事戰略為防衛固守、重層嚇阻，故以防衛作戰為主要作戰方式；然我砲兵部隊雖持續強化各項裝備及訓練，但在未獲得先進武器裝備前，仍具有接戰過程耗時冗長、火砲需佔領同一陣地、精準射擊仍需仰賴地圖測量成果等問題。²⁸

藉由俄烏戰爭相關影片可得知，烏克蘭砲兵部隊於第一枚砲彈射擊後，俄軍砲兵反制火力即於 30 秒後抵達。²⁹故如何運用衛星測量技術於地圖測繪上，達成砲兵部隊快打快撤、精準射擊之目標，已是現代化部隊作戰需求。³⁰

衛星測量之定位原理，係利用衛星接收器同步接收 3 顆（含）以上衛星所發射之無線電訊號（載波相位），測量出衛星與接收器之距離（空間向量）及各衛星位置，並以衛星之位置為測站，向接收器實施方向交會法，即可得到接收器位置（定位）。³¹

即時動態測量（Real Time Kinematic, RTK）是衛星測量方法中，較廣為使用的方法之一，其測量方法通常由一個基準站、數個移動站及無線電通信設備所組成。在作業期間，在已知點上設置一部衛星接收機作為基準站，接收衛星訊號；於衛星接收機上作為移動站，當移動站位置變換時，保持接收訊號不中斷，及至

27張璦，〈俄烏戰爭殷鑑 太空中心：台灣需 120 枚低軌衛星確保通訊不中斷〉《中央通訊社》，民國 112 年 6 月 16 日，<https://www.cna.com.tw/news/ait/202306160324.aspx>，檢索日期民 113 年 2 月 8 日。

28 揭仲，〈M109A6 生變，國軍砲兵現代重挫〉《中時新聞網》（臺北），<http://www.lepenseur.com.tw/article/1080>，民 112 年 5 月 9 日，檢索日期：民 113 年 1 月 11 日。

29黃盈智，〈衛星即時動態測量（RTK）運用於砲兵測地之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 202 期，陸軍砲訓部，民 112 年 9 月，頁 20。

30黃盈智，〈衛星即時動態測量（RTK）運用於砲兵測地之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 202 期，陸軍砲訓部，民 112 年 9 月，頁 14。

31施永富，〈測量學〉（臺北：三民書局，民 97 年 6 月），頁 367。

少同步接收 3 顆含以上衛星訊號，以利獲得點座標與高程。³²

為強化我砲兵部隊於地圖測繪效能，爭取作戰時效，探討於砲兵營編制即時動態測量系統（**Real Time Kinematic System, RTKS**），內含衛星接收儀與測繪控制器，並依連接網際網路與否，區分具網路式及無網路式，說明如次。

具網路式：即為虛擬基準站即時動態測量（**Virtual Base Station-Real Time Kinematic, VBS-RTK**），由測量人員手持衛星接收儀（具網路型）藉由衛星定位，獲知概略座標，將其提供至國土測繪中心，再由測繪中心透過網際網路提供之虛擬基準站觀測資料，即可獲得公分級定位座標及資料差異修正量，後續地圖測繪可運用定位座標及資料差異修正量，隨移動站變化實施定位座標與測量解算，³³測量所需時間約為 10-15 分鐘（不含路程時間）。³⁴

無網路式：即為即時動態測量（**RTK**），由衛星對已知座標基準站及移動站進行座標計算，並將雙方相對座標數據以無線電傳輸至移動站進行差分計算，獲取與基準站空間位置相對關係參數（修正量訊號），惟須注意基準站及移動站累積距離大於 10 公里後、大氣電離層及障礙物緣故，誤差值隨之增加，故需再次尋求精確定位座標（基準站），以避免誤差過大，致測量數據錯誤，³⁵測量所需時間為 20-30 分鐘（不含路程時間）。

為瞭解即時動態測量系統（**RTK**）是否可提升我砲兵部隊地圖測繪能力及縮短作業時間，經相關人員實施定位定向實驗測試，獲得定位時間 1-3 分鐘完成、座標精度小於 5 公分圓形公算偏差、標高精度小於 1 公尺公算偏差、方位偏差小於 1 公尺公算偏差等相關數據。³⁶

由此可獲知，如國軍能與國家太空中心、中華電信及國土測繪中心等單位合作，建立衛星端（國家太空中心）、網路鏈結平臺（中華電信）、資料差異修正端（國土測繪中心）及測地執行端（砲兵部隊）之獨立管道，並於各端點建立雙向辯證金鑰，確保各參數資料正確及嚴防外洩。

另為避免戰時我國基礎設施遭破壞，致使無法利用網路獲取資料差異修正訊號，建議與國土測繪中心合作，由國土測繪中心提供現存衛星基準站（圖 3），並納入各作戰區防區測地作業之基準點，於平時可藉由防區測地作業期間，使用即時動態測量系統及衛星基準站驗證自身測繪參據；於戰時部隊可利用基準站

32施永富，《測量學》（臺北：三民書局，民 97 年 6 月），頁 371。

33王敏雄、劉至忠，〈e-GPS 衛星基準網之 VBS-RTK 即時動態定位系統測量成果分析〉《中華民國地籍測量學會會刊》（臺北），中華民國地籍測量學會，民國 95 年 6 月，頁 3。

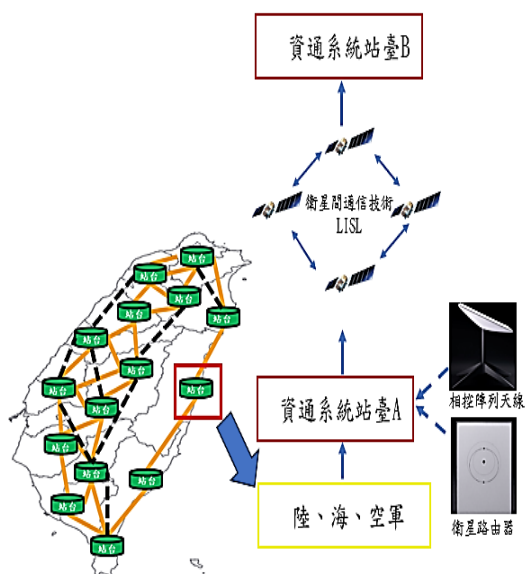
34黃盈智，〈衛星即時動態測量（RTK）運用於砲兵測地之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 202 期，陸軍砲訓部，民 112 年 9 月，頁 21。

35黃立信、羅量來，〈比對多衛星組合 RTK 與 e-GNSS 在地籍測量上之應用與分析〉《國土測繪與空間資訊期刊》（臺北），第 6 卷第 1 期，中華民國內政部國土測繪中心，民國 107 年 1 月，頁 56。

36黃盈智，〈衛星即時動態測量（RTK）運用於砲兵測地之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 202 期，陸軍砲訓部，民 112 年 9 月，頁 27。

測量各項目標定位數據，縮短測繪作業時效，以利遂行縱深作戰，進而達到快打快撤及精準射擊之作戰目標。

圖 5 光纖、微波及衛星系統示意圖



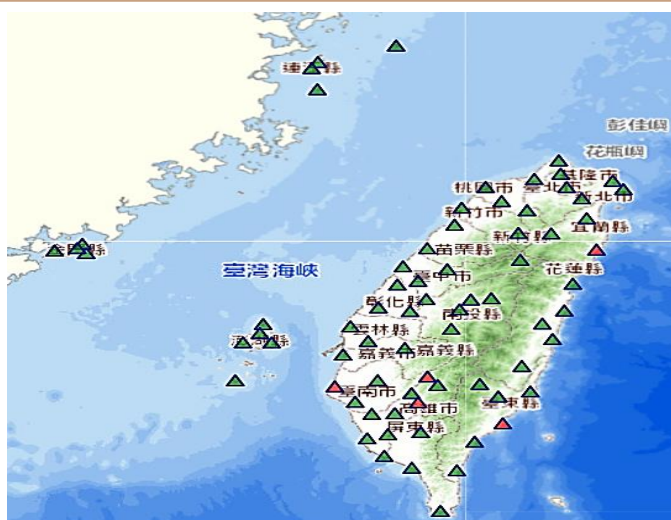
參考來源：陳鏡尹，《運用低軌道通信衛星強化國軍資通骨幹系統韌性之研究（畢業專題）》（桃園：國防大學，民國 111 年 7 月），頁 46。

表 5 現行地圖測繪方式示意圖

具網路式（示意）	優、缺點
具網路式（示意） 圖中顯示：國土測繪中心參數資料庫、虛擬基準站、基準站、移動站。數據流顯示基準站與移動站透過網路連接，可即時修正量。	1. 測繪速度快，所需時間 10-15 分鐘。 2. 有效修正量可隨時獲取。 3. 需隨時網路連線。
無網路式（示意）	優、缺點
無網路式（示意） 圖中顯示：已知座標基準站、移動站。數據流顯示移動站直接接收衛星信號，獲得空間位置相對關係參數，誤差量隨之增加。	1. 測繪速度慢，所需時間 20-30 分鐘。 2. 修正量有效期較短，需重新尋獲精確定位基準站。

圖 6 國土測繪中心基準站分布圖

參考來源：1. 國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統入口網站，<https://egnss.nlsc.gov.tw/content.aspx?i=20150625102049287>，檢索日期：民 113 年 2 月 1 日。2. 黃盈智，〈衛星即時動態測量（RTK）運用於砲兵測地之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 202 期，陸軍砲訓部，民 112 年 9 月，頁 20-21。



參考來源：國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統入口網站，<https://egnss.nlsc.gov.tw/basestationinfo.aspx>，
檢索日期：民 113 年 2 月 1 日。

三、提升精準打擊能力

我砲兵部隊於火砲射擊過程，須考量膛內、外因素，藉由事前獲得的氣象資訊及地圖測繪成果，透過每一發彈藥射擊，求取修正量後，依此對目標進行面積射擊，期使對敵造成大量傷亡與裝備損壞。在砲彈射擊前，各項參數及修正量均可透過人為方式進行修正，唯獨在砲彈射擊出去後，則無法修調，因此為有效提升精準打擊目標及縮短射擊時效，砲彈導引確屬必要。

導航衛星系統，在應用上包括軍事導航及目標獲得之武器投射系統，由於軍事行動與地理空間密切結合，因此衛星系統結合遙測、地理資訊系統等技術，有助於軍事行動部隊指揮管制、戰場反應及決策。³⁷

自我國與美國完成 M142 高機動多管火箭系統軍事採購案後，即對我砲兵部隊之精準射擊向前邁進，惟後續獲裝後，須考量下列問題：

- (一) 其彈藥量是否滿足我防衛作戰？
- (二) 美國衛星導控是否遭中共電子干擾而中斷？
- (三) 我精準打擊能力是否能持續輸送？

針對上述問題筆者認為部分問題，雖無法立即或直接解決，但仍可透過間接或替代方式獲取解決方案，說明如次：

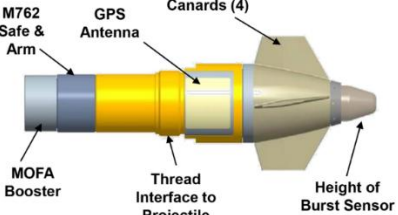
(一) 採購精準導引套件 (Precision Guidance Kit, PGK)：透過對美購案，我國獲得 M142 高機動多管火箭系統，使北、中、南及澎湖等地區具備可跨區增援之導引武器系統，然依俄烏戰爭經驗，每日須射擊 6000 餘發砲彈（不含開戰當日）而言，彈藥籌獲數量須持續增加。故筆者建議採購適切數量之精準導引套件，其導引套件具備精度高、價格低與 120mm 迫砲彈、105mm 榴彈、155mm

³⁷ 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 92。

榴彈通用等特性，並搭配平台整合套件（PIK）增強攜帶型感應式砲兵引信設定器（Enhanced Portable Inductive Artillery Fuze Setter, EPIAFS）賦予目標座標，使原先須倚靠多發彈藥才能命中目標之武器系統，提升至精準導引之武器，³⁸可供我國具 120mm 迫擊砲、105mm 榴彈砲及 155mm 自走砲（牽引砲）等砲兵單位使用，使單位兼具有互補能力，藉此有效提升砲兵部隊整體火砲射擊精準度及延續精準打擊能力，亦可延緩我防衛作戰期間產生之彈藥缺口。

（二）尋求第二導航衛星系統：英國自 2016 年國內公投後，因身分不同而脫離歐盟各項太空計畫（含伽利略衛星系統），為避免相關基礎設施過度仰賴美國全球定位系統，致使衛星遭干擾後，基礎設施功能中斷之風險，遂於 2020 年購得 One Web 衛星公司，使其擁有獨立自主導航衛星系統；我國計劃於 2024 年底與 One Web 公司合作，建立非同步軌道衛星終端設備站點，屆時與該公司簽訂合作契約，如全球衛星系統受中共電子干擾，可透過 One Web 衛星系統，協助彈藥精準導引，形成雙保險措施，確保精準打擊能力得以延續。

表 6 PGK 精準導引套件諸元表

PGK 精準導引套件（實體圖）			PGK 精準導引套件（結構圖）	
			PGK with Cover Removed 	
平台整合套件（PIK） 增強攜帶型感應式砲兵引信設定器 （EPIAFS）			引信設定器賦予目標座標示意圖	
				
長度	重量	精準度（CEP）	壽期	價格（新臺幣）
21.96 公分	1.36 公斤	30 公尺	20 年	300,000 元

資料來源：1. Tom Walker,〈The Army's Enhanced Portabel〉http://proceedings.ndia.org/5560/thursday/session_iv-a/walker.pdf，檢索日期：民 113 年 2 月 12 日。2. 李思平，〈讓 155 榴彈變聰明的廉價法寶：PGK 精準導引套件〉《尖端科技》（臺北），尖端科技軍事雜誌社，民國 106 年 5 月 3 日。

38 李思平，〈讓 155 榴彈變聰明的廉價法寶：PGK 精準導引套件〉，《尖端科技軍事雜誌社》，民 106 年 5 月 3 日，（<https://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=785>），（檢索日期民 113 年 2 月 12 日）。

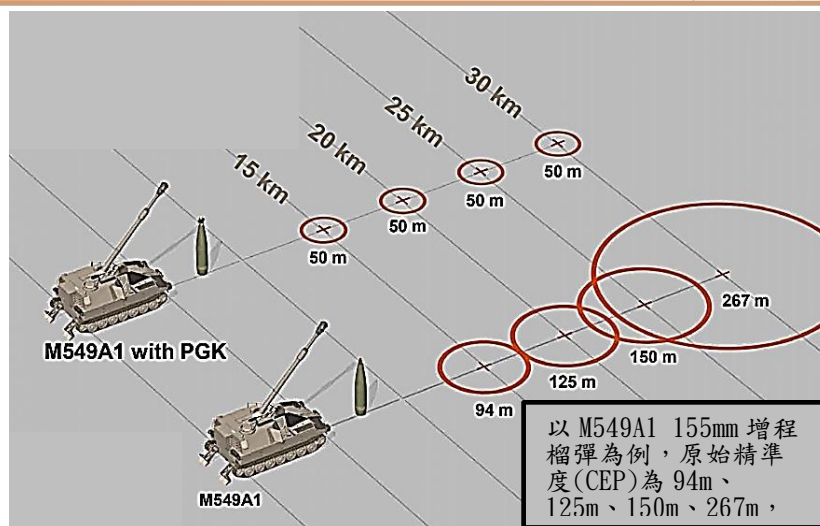


圖 7 PGK 精準導引套件使用前後差異示意圖

資料來源：李思平，〈讓 155 榴彈變聰明的廉價法寶：PGK 精準導引套件〉《尖端科技》（臺北），尖端科技軍事雜誌社，民國 106 年 5 月 3 日，<https://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=785>，檢索日期民 113 年 2 月 12 日。

四、建立衛星干擾能力

在我國究竟能否接收到中共北斗衛星訊號，其接收效果如何，由文獻中得知，經相關測試人員使用內建北斗衛星芯片手機，於北、中、南及東部地區等 4 處實施監測，發現可接收到北斗衛星訊號（至少 4 顆），代表北斗衛星所提供之定位、導航、授時即訊號源在我國是相關穩定，即意味著於戰時可滿足中共執行各項作戰任務需求。³⁹

中共北斗衛星導航系統定位能力，可提供各種彈道飛彈、巡弋飛彈等武器互相連結導引，使得解放軍第一波導彈攻勢具備遠距、精準及速戰速決的特性，對於我國機場、港口、防空雷達站、飛彈陣地及軍事指管中心構成極大威脅。⁴⁰

由於飛、導彈發射仍需由地面導控站，或通信衛星與導航衛星的電磁訊號進行控制，且透過俄烏戰爭得知，目前俄軍已協助各級部隊獲得手持式衛星干擾器及道路干擾器，以防制美國、歐盟衛星系統監偵，⁴¹故面對中共各式遠程精準導引飛、導彈等軍事威脅，可委請美國及相關國防機構協助，獲取中共北斗、俄羅斯格羅納斯衛星系統相關頻段及參數，並依此協請中科院及國防產業研發衛星干擾設備或強化原有裝備，說明如次。

（一）研製手持式衛星干擾器：該干擾器可配賦於我砲兵部隊通信班或指揮所，其特性具備干擾中共北斗衛星、俄羅斯格洛納斯衛星系統等，即有能力干擾

39張正國，〈中共北斗衛星系統對我軍事威脅之探討（碩士論文）〉，（桃園：國防大學戰略研究所，2017 年），頁 106-114。

40 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 112。

41 Matteo Luccio，〈Russia's attack raises vulnerability concerns〉，〈GPS WORLD，民 111 年 4 月 28 日〉，(<https://www.gpsworld.com/russias-attack-raises-vulnerability-concerns/>)

飛、導彈攻擊，使其迷失方向，或擴大導引誤差量，進而降低我部隊人員與設施傷損，提升我國部隊戰力保存。⁴²

（二）改良原有衛星干擾車：針對北斗衛星系統合成孔徑雷達衛星（Synthetic Aperture Radar，SAR）偵察作為，可委請中科院針對原有衛星干擾車，加強其衛星干擾能力、強化干擾廣度，並配賦於各作戰區軍事重要設施內，藉以反制其衛星偵蒐作為，隱匿我軍部隊活動，並加大我軍戰力保存能力。⁴³

結語

我國迄今已有太空自主研發能力，於 2022 年 1 月施行「太空發展法」以及同年 5 月頒布「國家太空中心設置條例」等相關法條，再再說明太空發展儼然成為新興的核心戰略，⁴⁴未來可以敵為師，借鏡中共發展模式，範圍由小至大，性能由簡單至廣泛，同步提升國內太空相關產業與國防研發能量，進而朝向國防自主能力，達到雙贏成果⁴⁵。

面對現代科技日新月異、未來戰場瞬息萬變，我國防產業及部隊思維亦應轉變為勇於創新及廣納新穎科技，並就瞭解傳統作為、憑藉現代科技、建立新穎作法，以革新我砲兵部隊作戰方式，如此我砲兵部隊始能朝向現代化科技兵種目標邁進。

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民 111 年 10 月）。
- 二、施永富，《測量學》（臺北：三民書局，民 97 年 6 月）。
- 三、梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月）。
- 四、荊元宙，〈中共航天科技發展情形與軍事意涵〉《民國 112 年 12 月大陸與兩岸情勢簡報》（臺北），中華民國大陸委員會，下載日期民國 112 年 12 月 17 日。
- 五、陳鏡尹，《運用低軌道通信衛星強化國軍資通骨幹系統韌性之研究（畢業專題）》（桃園：國防大學，民國 111 年 7 月）。
- 六、張正國，《中共北斗衛星系統對我軍事威脅之探討（碩士論文）》，（桃園：國防大學戰略研究所，2017 年）。
- 七、黃俊麟，〈中共衛星航太科技與反衛星系統發展〉《國防雜誌》（桃園），第 2

42 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 127。

43 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 127。

44 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 127。

45 梁書瑗，〈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 111 年度專案研究期末報告》（臺北：財團法人國防安全研究院，民國 111 年 11 月），頁 37。

2 卷第 4 期，國防大學，民國 96 年 8 月。

- 八、張志立，〈淺談人造衛星〉《臺北星空天文館期刊》（臺北），第 70 期，臺北市教育局天文館，民國 104 年 11 月）。
- 九、曾世平，〈福爾摩沙五號專題〉《科儀新知季刊》（臺北），第 216 期，國家實驗研究院臺灣儀器科技研究中心，民國 107 年 9 月）。
- 十、周若敏，〈美國「國防太空架構系統」下的衛星發展〉《國防安全雙周報》（臺北），第 64 期，財團法人國防安全研究院，民國 111 年 10 月。
- 十一、吳宗翰，〈英國脫歐後在太空領域的作為〉《國防情勢特刊》（臺北），第 9 期，財團法人國防安全研究院，民國 110 年 6 月。
- 十二、黃盈智，〈衛星即時動態測量（RTK）運用於砲兵測地之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 202 期，陸軍砲訓部，民 112 年 9 月。
- 十三、王敏雄、劉至忠，〈e-GPS 衛星基準網之 VBS-RTK 即時動態定位系統測量成果分析〉《中華民國地籍測量學會會刊》（臺北），中華民國地籍測量學會，民國 95 年 6 月。
- 十四、黃立信、羅量來，〈比對多衛星組合 RTK 與 e-GNSS 在地籍測量上之應用與分析〉《國土測繪與空間資訊期刊》（臺北），第 6 卷第 1 期，中華民國內政部國土測繪中心，民國 107 年 1 月。
- 十五、《推動我國太空科技發展》，行政院新聞傳播處，民國 111 年 8 月 2 日，<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/f441e557-77fd-41a6-b200-41a4a49c8cca>，檢索日期：民國 113 年 2 月 1 日。
- 十六、吳靜芳，〈56 家關鍵台廠，馬斯克和貝佐斯的太空夢，為何不能沒有台灣人？〉《天下雜誌》（臺北），天下雜誌社，民國 111 年 12 月 2 日，<https://www.cna.com.tw/news/ait/202309160027.aspx>，檢索日期：民國 113 年 2 月 8 日。
- 十七、<https://www.submarinecablemap.com/>，檢索日期：民 113 年 2 月 4 日。
- 十八、張彥之，〈第三章戰爭工具〉《東吳國防通識讀本》，<https://reurl.cc/RXjAKG>，檢索日期：民國 112 年 12 月 8 日。
- 十九、John Pike，〈M721 Copperhead〉，<https://man.fas.org/dod-101/sys/land/m712.htm>，檢索日期：民國 113 年 2 月 11 日。
- 二十、郭正原，〈西方軍工產業增產 155 公厘砲彈陷瓶頸 烏軍面臨彈藥短缺危機〉《上報》（臺北），民國 112 年 10 月 31 日，<https://www.upmedia.mg>，檢索日期：民國 113 年 2 月 12 日。
- 廿一、羅添斌，〈首批 HIMARS 多管火箭系統價款增 4 億元 2024 年交貨期程不變〉《聯合報》（臺北），民國 111 年 10 月 18 日，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/4093089>，檢索日期 113 年 2 月 12 日。
- 廿二、Andreas Parsch，〈Lockheed Martin MGM-168 ATACMS Block IVA〉，<https://www.designation-systems.net/dusrm/m-168.html>，檢索日期：民國 113 年 2 月 11 日。
- 廿三、歐錫富，〈不對稱作戰－海馬期火箭發揮破壞威力〉，<https://indsr.org.tw>

/focus?typeid=25&uid=11&pid=440，檢索日期：民國 113 年 2 月 11 日。

- 廿四、楊凱翔，〈中華電與 OneWeb 簽約 衛星訊號 2024 年覆蓋全臺〉《中央通訊社》（臺北），民國 112 年 11 月 15 日，<https://www.cna.com.tw/news/afe/202311150238.aspx>，檢索日期民 113 年 2 月 6 日。
- 廿五、王郁倫，〈鴻海珍珠號等 3 枚臺籍衛星將升空 任務及酬載 2 功臣揭露〉《經濟日報》（臺北），民國 112 年 11 月 11 日，<https://money.udn.com/money/story/5612/7567717>，檢索日期民 113 年 2 月 8 日。
- 廿六、張璦，〈臺灣版星鏈首部曲 B5G 低軌通訊衛星 2026 年發射〉《中央通訊社》（臺北），民國 112 年 9 月 16 日，<https://www.cna.com.tw/news/ait/202309160027.aspx>，檢索日期民 113 年 2 月 8 日。
- 廿七、張璦，〈俄烏戰爭殷鑑 太空中心：台灣需 120 枚低軌衛星確保通訊不中斷〉《中央通訊社》，民國 112 年 6 月 16 日，<https://www.cna.com.tw/news/ait/202306160324.aspx>，檢索日期民 113 年 2 月 8 日。
- 廿八、揭仲，〈M109A6 生變，國軍砲兵現代重挫〉《中時新聞網》（臺北），<http://www.lepenseur.com.tw/article/1080>，民國 112 年 5 月 9 日，檢索日期：民 113 年 1 月 11 日。
- 廿九、國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統入口網站，<https://egnss.nls.c.gov.tw/content.aspx?i=20150625102049287>，檢索日期：民 113 年 2 月 1 日。
- 三十、Tom Walker，〈The Army's Enhanced Portabel〉http://proceedings.ndia.org/5560/thursday/session_iv-a/walker.pdf，檢索日期：民國 113 年 2 月 12 日。
- 卅一、李思平，〈讓 155 榴彈變聰明的廉價法寶：PGK 精準導引套件〉《尖端科技》（臺北），尖端科技軍事雜誌社，民國 106 年 5 月 3 日，<https://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=785>，檢索日期 113 年 2 月 12 日。
- 卅二、Matteo Luccio，〈Russia's attack raises vulnerability concerns〉《GPS WORLD》，民國 111 年 4 月 28 日，<https://www.gpsworld.com/russias-attack-raises-vulnerability-concerns/>，檢索日期 113 年 2 月 10 日。
- 卅三、〈Powerful Military GPS Signal Jammers〉，<https://www.perfectjammer.com/military-frequency-jammer.html>，檢索日期：113 年 2 月 14 日。

作者簡介

陳楷樞少校，大學儲備軍官訓練團 102 年班，砲校正規班 215 期，曾任排長、軍研官、連長、訓參官，現就讀於國防大學陸軍指揮參謀學院，為本研究主要作者。

溫培基上校，指職軍官 91 年班、裝甲訓練指揮部正規班 100 年班、陸軍指揮參謀學院正規班 102 年班、陸軍指揮參謀學院戰術研究班 103 年班、政治大學國家安全與大陸研究碩士，曾任連長、營參謀主任、軍團作戰官、營長、科長，現任職於國防大學陸軍學院軍事理論組教官，為本研究共同作者。