

第十一章 制太空權：太空軍事化趨勢與 兩用科技

蔡榮峰*

壹、前言

當代軍事民生系統極度仰賴衛星作為通訊節點，使得幾無防備卻集結各種戰略價值於一身的太空基礎設施，儼然成為「不設防的戰略高地」。太空正逐漸被世界主要強權視為未來戰爭第一擊可能的發生地，太空資產遂成為對潛在競爭對手施以不對稱打擊的薄弱環節。

2020年8月10日美國太空軍首次公布了第一份太空作戰理論報告書《太空頂石報告》（*Space Capstone Publication, SCP*）。¹該報告明確定義太空能力為國力之組成，而太空作戰內涵共有三個層面：實體層面（physical dimension），泛指太空活動所涉及的實體裝備；網路層面（network dimension），即利用太空作為通訊節點以協助傳統領域作戰；認知層面（cognitive dimension），則是遠端遙控技術成熟將使得世人逐漸認知到太空領域重要性，特別是基於特定意圖、經由視覺化系統來操作太空技術或藉此塑造與重新定義心理認知。²

2020年美中大國競爭為全球太空應用帶來兩大明顯趨勢：太空軍事化持續加深、軍民兩用先進技術成為競爭焦點；前者源於反衛星能力的擴散與進步，使得原有技術領先國因危機感而採取行動，後者則是全球先進科技開發成本不斷攀升、科技資本累積向商業公司傾斜所致。此外，經濟前景也反映出競爭焦點所在。2019年全球太空市場規模達3,500億美元

* 蔡榮峰，國防安全研究院國防戰略與資源研究所政策分析員。

1 Ashley M. Wright, "Space Force releases 1st doctrine, defines 'spacepower' as distinct form of military power," United States Space Force, August 10, 2020, <https://www.spaceforce.mil/News/Article/2306828/space-force-releases-1st-doctrine-defines-spacepower-as-distinct-form-of-milita/>.

2 United States Space Force, "Space Capstone Publication (SCP) -Spacepower-Doctrine for Space Forces," June 2020, https://www.spaceforce.mil/Portals/1/Space%20Capstone%20Publication_10%20Aug%202020.pdf, pp. 5-8.

元，預計到 2040 年上看 1 兆美元，其中 50% 可能皆來自衛星無線網路。³

本文從軍民兩用技術及其政府組織，比較美國與中國競爭制太空權的發展路線差異與 2020 年最新動態，並檢視「四方安全對話」（Quadrilateral Security Dialogue, QUAD）成員國日本、澳洲、印度之太空主權能力概況。

貳、中國以「軍民融合」發展反衛星能力與「天基絲路」

習近平上台以來，中共將太空能力視為技術自主與綜合國力的展現；兩彈一星、載人航天、月球探測，並以「航天夢」推動「中國夢」，2016 年起將每年 4 月 24 日訂為「中國航天日」。⁴ 2019 年中國在其第二版國防白皮書《新時代的中國國防》當中，定調解放軍積極利用太空能力的方法與目的，2020 年中國太空技術部分發展達成里程碑。

《新時代的中國國防》明確指出太空是國際戰略競爭制高點，太空安全是中國國家建設和社會發展的戰略保障，將持續以推動國際合作、加快發展技術、整合衛星訊息資源、掌握太空狀態覺知，來強化進出、利用太空之能力。⁵ 目前，中共解放軍已經擁有針對低地軌道（Low-Earth Orbit, LEO）衛星的動能擊殺能力，未來也可能發展出能夠擊殺其他軌道衛星的武器；基於相同的邏輯思考太空防衛，中國自主發展的北斗導航衛星即混合了多種軌道。解放軍也正發展太空電子戰、定向能武器、太空機器臂等具潛在軍用價值的兩用技術，宣稱正測試類似美軍 X-37 太空飛機的先進載具如「神龍」、「騰雲」；⁶ 這些技術能力距離形成有效戰力的程度不一，資訊不透明令外界難以掌握其實質進度（圖 11-1）。⁷

3 “Space: Investing in the Final Frontier,” Morgan Stanley, July 2, 2019, <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space>.

4 〈習近平引領航天夢助推中國夢〉，《中國共產黨新聞網》，2016 年 9 月 15 日，<http://cpc.people.com.cn/xuexi/n1/2016/0915/c385474-28718006.html>。

5 《新時代的中國國防白皮書全文》，中華人民共和國國防部，2019 年 7 月 24 日，http://www.mod.gov.cn/big5/regulatory/2019-07/24/content_4846424.htm。

6 歐錫富，〈中國成功發射可重複使用試驗航天器〉，《國防安全即時評析》，國防安全研究院，2020 年 9 月 21 日，<https://bit.ly/39q4jjG>。

7 Pratik Jakhar, “China claims ‘important breakthrough’ in space mission shrouded in mystery,” *BBC News*, September 9, 2020, <https://www.bbc.com/news/science-environment-54076895b>.

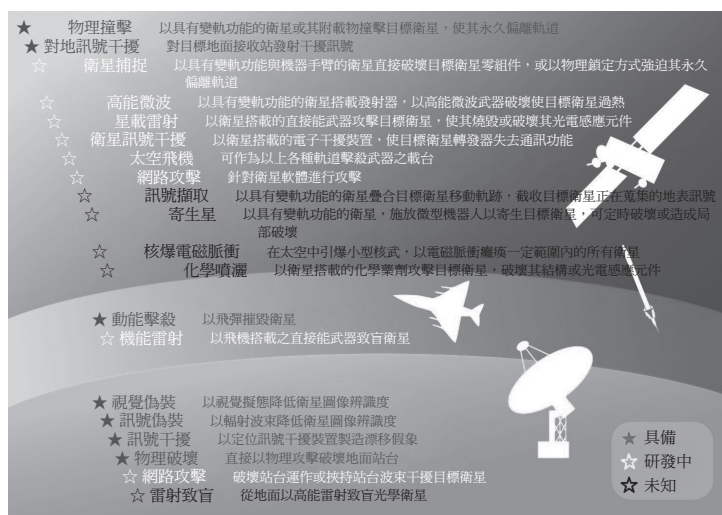


圖 11-1 解放軍反衛星能力評量

資料來源：蔡榮峰整理自公開資訊。

自 1989 年中國國務院與中共中央軍委設立國家航天領導小組以來，過去 20 年中華人民共和國以舉國體制發展軍民兩用太空技術，以黨政軍三大系統管控政策與技術發展（圖 11-2）。中國國務院體系下的國家國防科技工業局主管軍民兩用科技轉用的政策規劃與技術發展，國家航天局專責研擬太空政策、法規標準與發展計畫執行，同時扮演中共對外推展國際合作、吸收民用技術的門面。解放軍中央軍委下的業務則分成了兩大部分，攸關解放軍部隊人員進入地球軌道者，皆屬中央軍委裝備發展部管理，而太空基礎建設與技術研製則屬戰略支援部隊航天系統部。

軍民融合體制尤其反映在末端的研發與生產，隸屬國有資產監督管理委員會業管的國有企業中國航天科技集團（以下稱航天科技）、中國航天科工集團（以下稱航天科工），前身皆為中國國防部第五研究院，現即接受國務院國家國防科技工業局、中央軍委裝備發展部雙重指導。這兩大集團為中國太空科技與軍民轉用技術之龍頭，航天科技業務主要集中在太空發射與軌道技術兩大領域，前者包括研製籌載火箭、戰略層級的洲際彈道飛彈、高能燃料、一箭多星技術（可應用於多彈頭洲際彈道飛彈）；後者

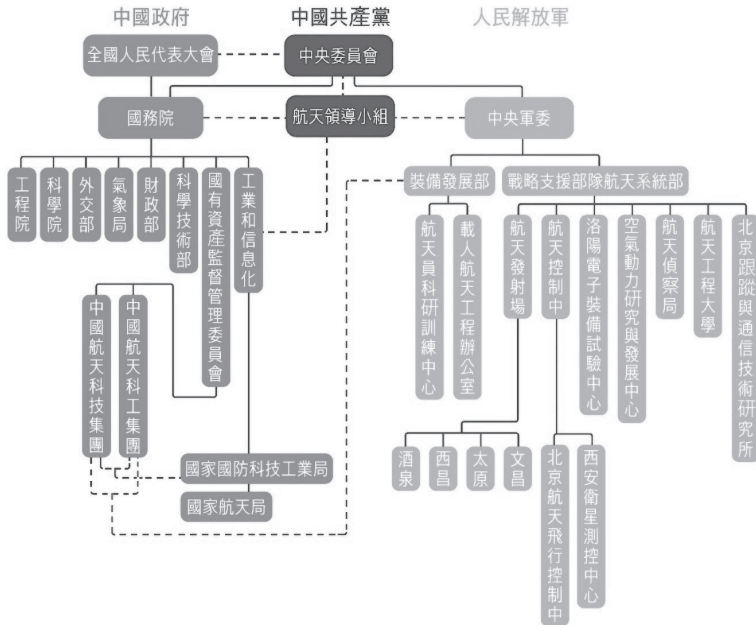


圖 11-2 中國太空軍民兩用技術黨政軍主要單位組織圖

資料來源：蔡榮峰增補解放軍戰略支援部隊航天系統部，本圖架構參考 Alexander Bowe, “China’s Pursuit of Space Power Status and Implications for the United States,” US-China Economy and Security Review Commission Staff Research Report, April 11, 2019, p. 9, <https://www.commerce.gov/news/press-releases/2020/10/secretary-ross-highlights-commerce-actions-supporting-strategy-critical>。

包括衛星、衛星地面系統、軌道控制、姿態控制、衛星回收等。航天科工集團主要為軍民兩用技術為主，主要發展戰術層級的飛彈、微波技術、資訊傳輸、太空技術衍生的民用產品（機器、電子、化工等）。然而兩大集團業務並非涇渭分明，如中國曾出口土耳其的「衛士」型火箭砲即來自中國航天轄下四川航天工業公司。

中國民營商業航太企業 2019 年年底為止達 176 家；2020 年 4 月 20 日，中國國家發展和改革委員會已將衛星無線網路定位為「新基建」通訊基礎設施之一環，鼓勵民間大力發展相關技術，而民營企業當中，銀

河航天於 1 月 16 日成功發射中國首顆通訊能力達到 10Gbps 的寬頻通訊衛星，而與之並列的還有兩大國企航天科工的「五雲」工程、航天科技的「鴻雁」工程（表 11-1、表 11-2）。⁸

表 11-1 先進載台／衛星無線網路

項目	建成目標	2020 進度
航天科工		
虹雲工程	全球衛星無線寬頻網路	排程測試低軌衛星互聯網、智慧船舶物聯網
行雲工程	全球衛星無線窄頻物聯網	以雙衛星測試低地軌道衛星之間雷射通訊
飛雲工程	太陽能無人機空基區域網路	完成 8,000 公尺高空局部區域網路飛行試驗
快雲工程	平流層浮空器載台	完成飛行試驗
騰雲工程	太空飛機	完成首次組合動力模組試驗
航天科技		
鴻雁工程	全球衛星無線寬頻網路	首發星測試
銀河航天		
銀河航天衛星網路	全球衛星無線寬頻網路	完成首枚部署與 3 分鐘衛星無線網路通話

資料來源：蔡榮峰整理自公開資訊。

表 11-2 衛星軌道通訊系統建置比較

衛星軌道	低軌道 LEO	中軌道 MEO	高軌道 GEO
高度（公里）	500~1,500	5,000~12,000	35,800/36,000
繞行再訪時間	95~115 分	3~7 小時	24 小時
全球覆蓋所需最小衛星數（枚）	40~800	8~20	3（不含南北極區）
衛星壽命（年）	3~7	10~15	15+
通訊切換頻率	較高	較低	-
系統建置成本	高	中	低
都卜勒頻移	高	中	低
來回通訊延遲	10~30 毫秒	70~200 毫秒	0.5 秒
傳輸耗損	較低	較高	最高

資料來源：蔡榮峰整理自公開資訊。

⁸ 〈到去年底中國民營航太企業 176 家，占國內商業航太公司九成〉，《澎湃新聞》，2020 年 11 月 9 日，<https://finance.sina.com.cn/tech/2020-11-09/doc-iiznctke0482722.shtml>；中華人民共和國商務部，《國家發改委首次明確「新基建」範圍》，2020 年 4 月 21 日，<http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyjl/e/202004/20200402957398.shtml>。

根據中共 2020 年 11 月 3 日發布的《「十四五」規劃》以及《2035 遠景目標》，將太空指定為必須發展的戰略性新興行業之一，「空天」科技則是強化中國戰略科技力量的尖端領域，而《2016 中國的航天》白皮書、《航太發展「十三五」規劃》也指出中國欲在 2030 年達成「航天強國」的第一階段目標「國防現代化」。⁹ 2020 年為《「十三五」規劃》收官之年，雖然受到疫情衝擊，但解放軍仍完成第 3 代北斗衛星部署、「高分 03」系列衛星、「天問 1 號」火星探測器等發射任務，探月工程三期「嫦娥 5 號」探測器則定於 11 月底發射。

中國 1992 年啟動「載人航天工程」的「三步走」發展戰略，預劃 2022 年建成中國太空站「天宮」，而 2020 年應為實質啟動建設之階段。太空站組件運載火箭長征 5 號 B，在 2020 年 3 月、4 月接連發射失敗後，5 月 5 日終於由海南文昌衛星發射中心成功試射，完成將長度 8.8 公尺、重量 21.6 公噸、最多承載 6 人的太空艙推升至約 8,000 公里軌道任務，不過該火箭殘骸疑似於 5 月 11 日擊中西非象牙海岸城鎮馬乎努（Mahounou）。¹⁰

2020 年中國全年太空在發射頻率上預將達 40 次，超越 2019 年紀錄，然而事實上新一代運載火箭推進的成果有限，長征 5 號 B 雖成功首飛，但除此之外，長征 7 號甲於 3 月 16 日試射失敗，中國第一款可垂直

⁹ 〈中共中央關於制定國民經濟和社會發展第十四個五年規劃和二〇三五年遠景目標的建議〉，《新華社》，2020 年 11 月 3 日，http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/www.xinhuanet.com/politics/2020-11/03/c_1126693293.htm；趙竹青，〈中國航太迎「超級 2020」：平均不到 10 天一次發射〉，《人民網》，2020 年 1 月 17 日，<http://scitech.people.com.cn/n1/2020/0117/c1007-31554053.html>；〈「十三五」是中國航太發展的戰略機遇期〉，中華人民共和國國務院新聞辦公室，2016 年 4 月 23 日，<http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/33978/34436/zy34440/Document/1475400/1475400.htm>；中華人民共和國中央人民政府，〈《2016 中國的航天》白皮書發佈 2030 年中國躋身航天強國〉，2016 年 12 月 28 日，http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/xinwen/2016-12/28/content_5153674.htm；〈航天強國路線圖出爐：2045 年中國全面建成世界航天強國〉，《人民網》，2018 年 8 月 31 日，<http://gz.people.com.cn/BIG5/n2/2018/0831/c344102-32001565.html>。

¹⁰ Andrew Jones, “Long March 5B launch clears path for Chinese space station project,” *Space News*, May 5, 2020, <https://spacenews.com/long-march-5b-launch-clears-path-for-chinese-space-station-project/>; Loren Grush, “An out-of-control Chinese rocket may have dumped debris in Africa after falling from space,” *The Verge*, May 13, 2020, <https://www.theverge.com/2020/5/13/21256484/china-rocket-debris-africa-uncontrolled-reentry-long-march-5b>.

回收重複使用火箭長征 8 號三型，本來宣稱於 2020 年將實現首飛，目前已傳除延遲至 2025 年才投入商用。值得一提的是，2015 年啟用的長征 11 號於 2020 年 9 月 15 日首次進行海上發射，從黃海海域採取「一箭九星」的方式，把用於中國第一套商用自主遙測系統「吉林 1 號」的「高分 03」系列 9 顆衛星送入預定軌道，並往南極方向繞極軌道發射，傳刻意經過台灣上空，頗有挑釁意味。¹¹

北斗衛星導航系統第三代星座，最後一枚衛星於 2020 年兩度延遲發射，至 6 月 23 日成功發射後，終完成 30 顆衛星座部署任務，並於 7 月 31 日開通全球服務，為混成軌道之全球定位系統，其中 3 枚位於地球靜止軌道（Geostationary Orbit, GEO）、3 枚位於傾斜地球同步軌道（Inclined GeoSynchronous Orbit, IGSO）、24 枚位於中圓軌道（Medium Earth Orbit, MEO）。其實早在 2018 年 12 月 27 日，北斗提前 2 年開通全球服務。作為「一帶一路」戰略一部分的「天基絲路」，若從重點區域的推展順序來看，不難發現中共北斗系統的國際化策略帶有濃厚的能源戰略目的性，主要從巴基斯坦、阿拉伯國家聯盟成員國優先推行，再輔以國際組織、訂立國際標準作為擴散平台，如國際民航組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）、國際海事組織（International Maritime Organization, IMO）、5G 通訊規格標準化機構 3GPP 等三大國際組織採用的各國導航系統，業已涵蓋北斗系統。中國 2019 年衛星定位服務產業總體產值達到 3,450 億元，預計 2020 年可能達 4,000 億元。¹²

華府智庫戰略暨國際研究中心（CSIS）、東京智庫日本防衛研究所進一步指出中國衛星數量截至 2020 年 3 月已達 363 枚，為全球第二，僅次

¹¹ 郭起凱，〈中國首型垂直起降重複使用運載火箭預計 2025 年前後完成研製〉，《中新社》，<http://www.chinanews.com/gn/2020/11-04/9330413.shtml>；吳柏緯、沈朋達，〈中國長征 11 號首次海上商業發射 9 顆衛星上太空〉，《中央社》，2020 年 9 月 15 日，<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202009150093.aspx>。

¹² 李國利、王玉磊、黃國暢，〈北斗「母港」追星夢〉，《新華社》，2020 年 6 月 24 日，<http://203.192.15.131/PDF/20200624/06.pdf>；周雁，〈北斗三號全球衛星導航系統建成開通新聞發佈會召開〉，《北斗網》，2020 年 8 月 3 日，http://www.beidou.gov.cn/yw/xwzx/202008/t20200803_20935.html；中國衛星導航系統管理辦公室，〈北斗衛星發射列表〉，2020 年 6 月 23 日，<http://www.beidou.gov.cn/xt/fsgl/>。

於美國。其中，日方認為解放軍控有 65 枚對地觀測衛星（高分、遙感）、3 枚通訊衛星、49 枚定位導航衛星（包括北斗系列衛星）。¹³ 美國國防部則認為中國政府為融合利用商業、軍事衛星以及私人運營商蒐集數據，其控有的各類偵察與遙控衛星在 2018 年底可能就已超過 120 枚，半數實質上皆為解放軍所有，¹⁴ 也就是說，數量上可能超過日方的評估。根據民間公開數據「憂思科學家聯盟衛星資料庫」（Union of Concerned Scientists Satellite Database）統計，截至 8 月 1 日，2,787 枚在軌衛星當中，382 枚屬於中國所有。¹⁵

參、美國藉五眼聯盟與企業創新強化太空韌性

2020 年美國太空發展也創下不少里程碑，其太空能力的進步主要展現在太空軍戰力迅速成形、「新太空」（New Space）商業太空發射與衛星無線網路技術邁入成熟應用期、透過法律壓制中國技術發展並為接下來 10 年的地月空間競爭奠下基礎。

美國太空軍 6 月宣布 2021 年將成立的太空軍總部將下轄三個司令部，作戰司令部（Space Operations Command, SpOC）負責 GPS、飛彈預警和通訊衛星系統；太空訓練和戰備司令部（Space Training and Readiness Command）以及太空系統司令部（Space Systems Command）。¹⁶ 事實上，2019 年美國就已成立聯合英國、澳洲、加拿大等「五眼聯盟」盟國的聯合

¹³ 日本防衛研究所，《中國安全戰略報告 2021》，2020 年 11 月 13 日，http://www.nids.mod.go.jp/publication/chinareport/pdf/china_report_CN_web_2021_A01.pdf，頁 37-38；China Power Team, “How is China Advancing its Space Launch Capabilities?,” CSIS, November 5, 2019 (updated August 25, 2020), <https://chinapower.csis.org/china-space-launch/>.

¹⁴ US Department of Defense, “Military and Security Developments Involving the People’s Republic of China 2020,” Annual Report to Congress, September 1, 2020, <https://media.defense.gov/2020/Sep/01/2002488689/-1/-1/1/2020-DOD-CHINA-MILITARY-POWER-REPORT-FINAL.PDF>, p. 65.

¹⁵ Theresa Hitchens, “China Set to Beat US, Russia Again In Space Launch Race,” *Breaking Defense*, October 30, 2020, <https://breakingdefense.com/2020/10/china-set-to-beat-us-russia-again-in-space-launch-race/>.

¹⁶ Valerie Insinna, “Here’s how the Space Force will be organized,” *Defense News*, June 30, 2020, <https://www.defensenews.com/space/2020/06/30/heres-how-the-space-force-will-be-organized/>; Nathan Strout, “US Space Force to establish new acquisitions command in 2021,” *CAISRNet*,

太空作戰中心（Combined Force Space Operations Command, CSpOC），提升全球聯合作戰能力。

美國太空軍聯合太空作戰中心少將指揮官約蕭（John Shaw）9月29日指出未來其目標是要讓衛星能夠逐漸「自我管理」，並在受到威脅時自動反應，「我們將在未來幾年內，於地球、月球與太陽軌道上大量部署自動化和自主系統，從太空維護國家安全」。¹⁷該中心5月8日宣布已完成「小林丸」（Kobayashi Maru）平台研發，可讓美國與「五眼聯盟」等主要盟邦，共享太空物體追蹤與遙測數據，以進一步強化美國與盟邦太空情勢覺知能力，即時獲得包括太空發射、衛星碰撞預警、太空物體重返大氣層等資訊。¹⁸

在商業發射方面，美國自2017年其國家太空總署（NASA）進行了成本評估研究後，積極鼓勵產官合作發展太空快速部署的能力以增加太空韌性（space resilience），以有效降低敵軍致盲打擊風險，而將近地軌道運輸外包的新模式能為官方節省數十億美元的採購成本，將預算轉移至月球和火星計畫。¹⁹美國私人航太企業SpaceX於5月30日、11月15日先後兩次執行了往返國際太空站的載人任務，這也是美國自2011年太空梭退休後，首次恢復了太空載人的自主能力；尤其11月的任務由皆可回收重複利用的「獵鷹9號」運載火箭（Falcon 9）和「龍」太空艙（Dragon

October 1, 2020, <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/space/2020/10/01/the-space-force-to-establish-new-acquisitions-command-in-2021/>; Nathan Strout, "Space Force establishes the first of three field commands," *Defense News*, October 21, 2020, <https://www.defensenews.com/battlefield-tech/space/2020/10/21/space-force-establishes-the-first-of-three-field-commands/>.

¹⁷ Rachel S. Cohen, "Space Force Will Eventually Put Troops in Orbit, Ops Boss Says," *Air Force Magazine*, September 29, 2020, <https://www.airforcemag.com/space-force-will-eventually-put-troops-in-orbit-ops-boss-says/>.

¹⁸ Maj. Matt Holland, "Kobayashi Maru delivers 'coalition friendly' Platform," Space and Missile Systems Center, May 8, 2020, <https://www.spaceforce.mil/DesktopModules/ArticleCS/Print.aspx?PortallId=1&ModuleId=489&Article=2183258>; 王光磊，〈美太空軍新平台「小林丸」供盟友共享太空覺知數據〉，《青年日報報》，2020年5月23日，<https://bit.ly/3IUBOOo>。

¹⁹ Edgar Zapata, "An Assessment of Cost Improvements in the NASA COTS - CRS Program and Implications for Future NASA Missions," *Washington Post*, September 12, 2017, <https://ntrs.nasa.gov/citations/20170008895>.

capsule) 搭配執行，可說 2020 年美國正式進入商業太空時代。²⁰

在衛星技術方面，SpaceX 的「星鏈」(Starlink) 計畫已經發射約 900 顆低地軌道衛星，10 月 26 日開始以 99 美元月租費向客戶提供網速 50~150 Mb/s、20~40ms 延遲的衛星無線網路服務，預計 2021 年可達成全球都會區覆蓋服務。未來將發射共約 1.2 萬顆衛星並在地球上的低軌道運行，年營收屆時上看 300 億美元。²¹ DARPA 所製造的軍用版星鏈「黑傑克」(Blackjack)，也於 2020 年底陸續發射，2022 年將建成軍用低軌衛星的全球無線網路，以支援未來分散式打擊的新型態軍事戰略。此外，為了提高太空電子戰抵禦能力，現有軍民兩用的 GPS 系統預計 2023 年也將升級成由 32 枚衛星所組成的第 3 代 GPS 系統 (GPS Block III)，其中包括 10 枚的 3 代衛星 (GPS III) 以及 22 枚軍用機能更強、具雷射光學通訊能力的 3 代升級版 (GPS IIIF)；截至 2020 年 11 月，已有 4 枚 3 代衛星部署至近地軌道。GPS 升級後定位精準度將提升為現有 3 倍，太空訊號用戶測距誤差 (SIS-URE)，誤差範圍將從現有的 3~10 公尺縮小至 1~3 公尺，抗干擾能力也提升 8 倍，使用壽期延長至 15 年，比現有衛星多了 25%，並且能與各國衛星訊號系統相容，特別是具有與日本、印度等具自主區域導航系統的潛在盟邦相互備援的能力。除此之外，美國太空發展局 (Space Development Agency, SDA) 及 DARPA，更計畫於 2021 年至 2022 年間啟動衛星雷射光學鏈接 (optical inter-satellite links) 實驗，希望未來在衛星之間、衛星與地面軍事指揮中心之間的通訊能以雷射取代無線電，大幅提升衛星無限網路傳輸速度。²²

²⁰ Christian Davenport & Hamza Shaban, "SpaceX's Dragon Crew-1 capsule, with 4 astronauts aboard, on way to ISS," *Washington Post*, November 16, 2020, <https://www.washingtonpost.com/technology/2020/11/15/spacex-launch-live-updates-crew1/>.

²¹ 品玩，〈馬斯克衛星網路 Starlink 首波 Beta 測試上路！每月 3,000 元有找，網速超越美國 95% 寬頻〉，《數位時代》，2020 年 11 月 5 日，<https://www.bnext.com.tw/article/59948/spacex-starlink-test>。

²² Lockheed Martin, "Fourth Lockheed Martin-Built GPS III Satellite's On Board Engine Now Propelling It To Orbit," reviewed November 22, 2020, <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/gps.html>; by Sandra Erwin, "DoD to test laser communications terminals in low Earth orbit," *Space News*, June 8, 2020, <https://spacenews.com/dod-to-test-laser-communications-terminals-in-low-earth-orbit/>; 何思穎、張小玫，〈美國國防部測試近地軌道上之雷射光通訊終端運作〉，《科技產業資訊室》，國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=16727>。

在法律方面，美國在國內法方面將太空基礎建設視為美中科技戰重點之一，從產業面下手，直接鎖定中國太空產業鏈上游的薄弱環節。美國白宮 10 月 15 日發布《關鍵與新興技術國家戰略》（*National Strategy for Critical and Emerging Technology*）報告，直接指控中俄兩國竊取技術、強制企業轉移知識產權，特別點名中國暗中利用「軍民融合」方式吸收美國民用科技強化解放軍軍力。美國商務部工業安全局（Bureau of Industry and Security, BIS）同日宣布在 2018 年《出口管制改革法案》（*Export Control Reform Act, ECRA*）的基礎上，實施第四套新興技術控制措施，對航空、生物技術、化學、電子、加密、地理空間圖像和海洋領域等特定新興技術的管制從 2019 年的 14 類提高到了 31 類。²³ 國際法方面，美國 5 月 15 日提出《阿提米絲協議》（*Artemis Accords*），作為開發月球資源的國際法框架，而 NASA「阿提米絲計畫」（Artemis Program），美國擬於 2023 年開始組裝月球軌道太空站「門戶」（Gateway）、2024 年載人重返月球、2028 年建成月球基地。NASA 預估 20~25 公噸氦-3 就能滿足全美一整年的發電量。目前已確定日本、澳洲將作為盟邦參與該計畫。²⁴

肆、日本、澳洲、印度追求有限自主太空能力

一、日本

東京視太空為情報與電子作戰重要領域，且為美日聯合防衛優勢不可或缺之基礎。日本 2020 年 5 月 18 日正式於航空自衛隊轄下成立「宇

²³ White House, “National Strategy for Critical and Emerging Technology,” October 15, 2020, <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/10/National-Strategy-for-CET.pdf>; U.S. Department of Commerce, “Secretary Ross Highlights Commerce Actions Supporting Strategy for Critical and Emerging Technologies,” October 15, 2020, <https://www.commerce.gov/news/press-releases/2020/10/secretary-ross-highlights-commerce-actions-supporting-strategy-critical>.

²⁴ “Lunar Helium-3 and Fusion Power,” NASA, April 25-26, 1988, <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19890005471.pdf>; 蔡榮峰，〈美中太空戰力競爭〉，《國防安全雙週報》，第 5 期，財團法人國防安全研究院，2020 年 6 月 19 日，頁 33-38，https://indsr.org.tw/Content/Upload/files/7_%E7%BE%8E%E4%B8%AD%E5%A4%AA%E7%A9%BA%E6%88%B0%E5%8A%9B%E7%AB%B6%E7%88%AD.pdf。

宙作戰隊」，將部署於東京西城區空自府中基地，未來主要任務將著重於太空垃圾與敵衛星即時監控，並與「宇宙航空研究開發機構」（Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA）及盟邦密切合作。2020年創立初期規模約20人，專責陸基太空覺知，2023年擴充至120人，進行更廣泛的宇宙監視任務，2026年左右發展軌道覺知，用來監視敵可疑衛星，防衛太空目標。

2018年11月1日日本正式啟用具平戰轉換能力的「準天頂衛星系統」（Quasi-Zenith Satellite System, QZSS）區域導航系統，平時為具有經濟價值之GPS增強系統（類似美國的廣域增強系統WASS），現1枚GEO與3枚IGSO衛星組成，已於2020年被美軍納入援軍備援系統。QZSS開通後，日本GPS訊號全國覆蓋率近百分之百，測距誤差（SURE）2019年已達1公尺，2035年7枚衛星部署完畢後，誤差將縮小到3公分。區域覆蓋範圍包括全日本、台灣、菲律賓與部分澳洲。²⁵

二、澳洲

坎培拉認為中共反太空能力的發展、AI、極音速等先進武器的技術擴散，長期將侵蝕美國在印太地區的太空優勢，澳洲需要維持自身高科技局部戰爭能力。澳洲2020年7月1日公布的《2020國防戰略革新》（*2020 Defence Strategic Update*）和《2020年兵力結構計畫》（*2020 Force Structure Plan*），特別為未來20年太空國防能力編列70億澳幣預算。其中包括其國防部「澳洲地理空間情報局」（Australian Geospatial-Intelligence Organisation, AGO）2017年6月啟動「799號國防計畫」（Defence Project 799），將於2023~2039年間，強化太空情監偵能力，共分兩個階段：第一階段將增強澳洲國防部即時商業衛星圖像利用能力，以支應各類國防需求、邊境管制和災防任務、提高澳洲國防軍和其他國家安全機構共同圖像的利用意識。第二階段包括對五種太空能力為期2年的

²⁵ Satoshi Kogure, “QZSS Update-CGSIC International Session,” Japanese Cabinet Office-National Space Policy Secretariat, September 21, 2020, <https://www.gps.gov/cgsic/meetings/2020/kogure.pdf>.

深入研究，在此過程中，將納入商業公司參與，軍民共同探索國防技術發展。²⁶

「澳洲太空局」（Australian Space Agency）則於 2018 年 7 月 1 日成立，並將部分太空產業歸類為國防產業，鼓勵商業太空發展，2019 年 4 月澳洲公布《澳洲民用太空戰略 2019~2028》（*Australian Civil Space Strategy 2019~2028*），將以舉國體制強化太空韌性。²⁷

三、印度

印度強調國防工業自主，視太空為自主發展兩用技術能力之引擎。印度國防部參謀本部 2018 年 9 月成立三軍聯合「國防太空局」（Defence Space Agency, DSA），下轄單位含「國防影像處理分析中心」（Defence Imagery Processing and Analysis Centre, DIPAC）與「國防衛星控制中心」（Defence Satellite Control Centre, DSCC）。印度國防部 2019 年 6 月又在其「國防研究發展組織」（Defense Research and Development Organisation, DRDO）之下成立「國防太空研究局」（Defence Space Research Agency, DSRA），印度太空國防體系架構儼然成形。「印度區域導航衛星系統」（Indian Regional Navigation Satellite System, IRNSS/NavIC），共有 3 枚 GEO、4 枚 IGSO 衛星，其精準度小於 20 公尺訊號覆蓋區域，西至伊朗、東至中南半島及西藏，與日本 QZSS 系統同樣於 2020 年被納入美軍備援系統。²⁸

²⁶ Australian Government Department of Defence, “2020 Defence Strategic Update and 2020 Force Structure Plan,” July 1, 2020, <https://www.defence.gov.au/strategicupdate-2020/>; Australian Government Department of Defence, “Defence Project 799: Enhanced Satellite ISR Capability,” reviewed November 24, 2020, <https://www.defence.gov.au/ago/geoint-def799-satellites.htm>.

²⁷ Australian Government Department of Industry, Science, Energy and Resources, “Australian Civil Space Strategy 2019-2028,” April 2019, <https://www.industry.gov.au/Data-and-publications/australian-civil-space-strategy-2019-2028>.

²⁸ ISRO, “Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS): NavIC,” *The Times of India*, reviewed November 24, 2020, <https://www.isro.gov.in/irns-programme>; 蔡榮峰，〈印度太空產業與國防動態初探〉，《國防情勢月報》，第 153 期，財團法人國防安全研究院，2020 年 3 月 27 日，頁 31-46，[https://indsr.org.tw/Download/%E5%9C%8B%E9%98%B2%E6%83%85%E5%8B%A2%E6%9C%88%E5%A0%B1-153%20\(1\).pdf](https://indsr.org.tw/Download/%E5%9C%8B%E9%98%B2%E6%83%85%E5%8B%A2%E6%9C%88%E5%A0%B1-153%20(1).pdf)。

印度領土幅員廣大，巨大民生內需導引太空兩用技術發展，連發射載具都是優先針對繞極軌道設計，用以施放遙測衛星；「極地衛星運載火箭」（Polar Satellite Launch Vehicle, PSLV）已國際商轉多年，推進能力更強的新一代「地球同步軌道衛星運載火箭」（Geosynchronous Satellite Launch Vehicle, GSLV）也正邁向應用階段。印度太空產業主要由「印度太空研究組織」（The Indian Space Research Organisation, ISRO）與國有企業 Antrix 所主導，為了促進太空私有經濟、帶動創新，印度於 2017 年首度起草的《太空活動法》（*The Space Activities Bill*）目前已進入國會審議階段。²⁹

伍、小結

美中大國競爭態勢延伸至太空領域，雙方未來 10 年內在地球軌道、地月間太空（cislunar space）、月球等太空資源將呈現競爭大於合作的局面。太空基礎建設因其具不對稱打擊之價值，使得近地軌道近年來快速成為軍事化，2020 年第 3 代北斗系統啟用後將加速此一發展。雙方為了爭奪發展先機，勢必也將在太空兩用科技的組織、政策與法律上相互掣肘。此外，在量子通訊技術尚未成熟前，未來 10 年全球衛星無線網路可望邁向光通訊，成為 5G 網路全球普及化的最後一里路，一旦成功普及，海底電纜或將成為 20 世紀的遺留產物。

就中國角度來看，發展新領域能力是維護國家「發展利益」，而太空國力已是其所追求的大國地位不可或缺的重要組成。2020 年為中國驗收十三五技術成果的一年，特別是第 3 代北斗全球衛星導航系統的建成、投資發展覆蓋全球的紅色衛星無線網路，都有利中共持續推展軍民融合、以「天基絲路」擴大「一帶一路」成果、持續鼓吹科技民族主義以穩固一黨

²⁹ Surendra Singh, "ISRO plans ways for insurance sector to render services in space domain," *The Times of India*, September 16, 2020, <https://timesofindia.indiatimes.com/india/isro-plans-ways-for-insurance-sector-to-render-services-in-space-domain/articleshow/78136538.cms>.

專政。「天問 1 號」探測器也會在 2021 年中國共產黨成立百年之際，登上火星這顆太陽系紅星。

從美國角度來看，欲維持在太空的競爭優勢，一方面要嚴格限制關鍵技術為中國所用，一方面透過民間創新來降低如載人太空運輸、衛星無線網路等先進技術的開發成本；美軍也體認到太空領域於不對稱軍事戰略上的應用價值，開始發展跨國太空聯合作戰概念。日本、澳洲、印度則對區域情勢變化採取保守態度，過去幾年紛紛發展有限自主太空能力，2020 年國防發展路線也逐漸明朗，並開始與美國太空軍進行對接。