

國防安全雙週報

第 101 期

- | | | |
|----------------------|-----|----|
| 美韓核子潛艦計畫對印太戰略的可能影響 | 陳亮智 | 1 |
| 全球關鍵礦產供應鏈「多極化」時代 | 汪哲仁 | 7 |
| 日本半導體自主化的國家安全新思維 | 林均蓉 | 13 |
| 中國千帆星座與國網星座的低軌衛星網路發展 | 周若敏 | 21 |
| 軍民合作：以民間自有自營模式強化國防韌性 | 賴達文 | 29 |

臺北市博愛路 172 號
電話 (02) 2331-2360
傳真 (02) 2331-2361

2025 年 12 月 5 日發行



財團法人國防安全研究院
Institute for National Defense and Security Research

Contents

How the U.S.–ROK Nuclear Submarine Initiative Potentially Shapes Indo-Pacific Strategy <i>Liang-Chih Evans Chen</i>	1
The Multipolarization in Global Critical Mineral Supply Chains <i>Charles CJ Wang</i>	7
Rethinking National Security Through Japan’s Pursuit of Semiconductor Autonomy <i>Jun-Rong Lin</i>	13
Development of China’s Qianfan and Guowang Satellite Constellations <i>Juo-Min Chou</i>	21
Civil-Military Cooperation: Enhancing Defense Resilience through the Contractor-Owned Contractor-Operated Model <i>Ta-Wen Lai</i>	29

美韓核子潛艦計畫對印太戰略的可能影響

陳亮智

國防戰略與資源研究所

焦點類別：國際情勢、印太區域、軍事科技、國防產業

壹、前言

根據美國《紐約時報》(*New York Times*)於2025年11月17日的報導，美國總統川普(Donald Trump)於10月下旬決定將與南韓分享並協助其建造核子動力潛艦，目前已同意由「韓華海洋」(Hanwha Ocean)的費城船廠為南韓打造首艘核子動力潛艦。總體來說，這象徵著美韓軍事同盟在軍事合作上的重大提升。¹川普總統的此一決定打破過去美國僅對英國及澳洲提供核子動力潛艦技術的援助(澳英美三國於2021年9月組成「三方安全夥伴關係」，一般簡稱AUKUS)。無疑地，美國將藉此讓南韓從傳統安全保護傘下的「受保護者」，逐步蛻變成為美國印太戰略中的海上安全「提供者」。美國明顯希冀與日本、澳洲、南韓共同組成強大的西太平洋水下戰力網絡，強化對中國與北韓的嚇阻力量。然而，不可避免地，這將引發新一波核武擴散問題，而區域的水下軍備競賽也將隨之變得更加激烈。²

貳、安全意涵

美韓共同發展核子動力潛艦計畫的核心目標是重新塑造民主國家在印太區域水下力量的優勢。一方面，它有助於強化美國在西太平洋抗衡中國的力量，透過此一造艦計畫，讓南韓承擔更多「民主海軍」(Democratic Navy)應對中國與對北韓威脅的責任，這或可使

¹ Sang-hun Choe, "Trump Gives Legs to South Korea's Dream for Nuclear-Powered Subs," *New York Times*, November 17, 2025, <https://www.nytimes.com/2025/11/17/world/asia/trump-south-korea-nuclear-submarines.html>.

² *Ibid.*

美國海軍在因應西太平洋的潛在衝突危機時，擁有更大的戰略與戰術彈性。另一方面，若是此計畫完成，勢必將高度衝擊中國依靠其潛艦與反艦飛彈所構築的「反介入／區域拒止」(Anti-Access/Area Denial, A2/AD) 縱深。再者，預估新增加的南韓潛艦力量也將對北韓構成更嚴密的偵察、追蹤與封鎖能力，可以增加制衡北韓威脅的力量。

一、加強美國與民主海軍在西太平洋的水下優勢

從印太安全角度觀之，美韓核子動力潛艦計畫的首要安全意涵是在於提升美國與民主同盟之海軍在西太平洋的水下力量。事實上，它不僅是關於水下戰力的提升，也是包含於水面、空中與網路等面向之綜合戰力加強的一部分。在中國人民解放軍海軍迅速崛起之際，尤其是造艦速度與總體船艦數量超越美國海軍，美國與盟國亦擔憂在潛艦水下戰力部分，解放軍海軍也有可能在未来超越美國海軍，嚴重威脅美國海軍在此一領域的優勢。³

雖然美國已經透過澳英美「三方安全夥伴關係」向澳洲輸出核子動力潛艦技術並協助建造，此當為重建美國與同盟國海軍在印太區域水下戰力優勢的重要指標。⁴然而，受制於本身造船造艦產能的不足，以及維修能量的瓶頸，美國海軍許多船艦建設計畫出現延宕，這已引發美國國內對此一問題的憂慮。⁵在此脈絡下，川普政府決定採取類似對澳洲的作法，協助南韓建造核子動力潛艦。若是成功，南韓潛艦部隊將可對黃海、東海與日本海三水域的中國與北韓

³ Michael Peck, "China's Military Wants to Target US Undersea Sensor Network: Analysis," *Defense News*, August 14, 2025, <https://www.defensenews.com/global/asia-pacific/2025/08/13/chinas-military-wants-to-target-us-undersea-sensor-network-analysis/>.

⁴ 儘管川普向澳洲總理艾班尼斯 (Anthony Albanese) 承諾美國會積極協助澳洲進行核子動力潛艦計畫，但據悉，美國國防部與商務部仍在審核對澳洲輸出核子動力潛艦的相關技術項目。參照：Lana Lam, "What is Aukus, the Submarine Deal between Australia, the UK and US?" *BBC*, October 21, 2025, <https://www.bbc.com/news/articles/cgr589k5yleo>。

⁵ Abraham M. Denmark and Charles Edel, "The AUKUS Inflection: Seizing the Opportunity to Deliver Deterrence," *Center for Strategic and International Studies (CSIS)*, August 25, 2025, <https://www.csis.org/analysis/aukus-inflection-seizing-opportunity-deliver-deterrence>.

潛艦實施監控與反制，如此將可使美國海軍潛艦部隊優先或更聚焦地投注在台海與南海水域。這不僅能擴大美國在西太平洋的水下態勢感知能力，也能提升對中國與北韓的反潛與封鎖縱深，鞏固美方在此一領域的優勢。⁶

二、抗衡中國的水下與「反介入／區域拒止」能力

美韓共同合作核子潛艦計畫將對中國的水下與「反介入／區域拒止」能力形成巨大的衝擊。據統計，目前解放軍海軍約有近 60 艘潛艦，而五角大廈評估，在 2025 年左右，其將成長到約 65 艘。⁷潛艦部隊當然是中國「反介入／區域拒止」戰略的重要支柱，其可搭載的潛射彈道飛彈（Submarine-launched Ballistic Missile, SLBM）包括巨浪-2（JL-2，射程約 7,000 公里）與巨浪-3（JL-3，射程約 9,000–10,000 公里以上）；另一個重要的支柱便是反艦彈道飛彈（Anti-ship Ballistic Missile, ASBM），包括東風-21D（DF-21D，射程約 1,500 公里）與東風-26（DF-26，射程約 4,000 公里）。⁸一旦南韓成功建立核子動力攻擊潛艦戰力，並且部署於黃海、東海與日本海，就算其「假想敵」並非直指中國，仍可能迫使中方重新評估其原先規劃之作戰概念。

三、對抗北韓核武威脅

美韓核子潛艦計畫的另一個重要目標是針對與日俱增的北韓核武威脅，若是南韓成功發展核子動力潛艦，不論是戰略上，抑或是戰術上，南韓（甚至於是與美國聯合）將大幅提升對北韓及北韓核武威脅的抗衡能力。針對北韓的核武威脅，南韓可以利用核子動力潛艦的若干優點，包括更為遠程的部署距離（在本土與近海以外）、

⁶ *Ibid.*

⁷ *Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2024* (Washington, D.C.: U.S. Department of Defense, December 2024), p. 48.

⁸ "China Submarine Capabilities," *Nuclear Threat Initiative*, November 19, 2025, <https://www.nti.org/analysis/articles/china-submarine-capabilities/>.

水底下更長時間的滯留，以及更為隱蔽與更難以被偵測等，除了對北韓的水面艦艇與水下潛艦進行監控外，亦可實施追蹤北韓各種飛彈部署與發射的情形，甚至是在必要時候進行海上封鎖，強化對平壤的多層嚇阻。同樣地，對美國而言，若是南韓的核子動力潛艦能擔負更多與更強大的反制北韓任務，美國便有更多的空間將其海軍力量及資源分配部署於台海與南海等其他潛在風險地區，在印太戰略中的軍事力量與資源配置上，美國與民主國家將有更大的彈性。⁹

參、趨勢研判

一、潛在與澳英美「三方安全夥伴關係」的連結

從趨勢研判來看，一個值得關注的議題是「美韓核子潛艦計畫」與同是聚焦在核子潛艦發展的澳英美「三方安全夥伴關係」會出現什麼樣的連結？是否會出現一個「美韓」(USK)加一個「澳英美」(AUKUS)的水下戰力網？若是，日本的位置及角色又是為何？從目前跡象來看，本文認為「美韓核子潛艦計畫」與澳英美「三方安全夥伴關係」未必會在制度上進行「合併」，或是發展成「2+3」(其實是「1 (韓) +1 (美) +2 (澳英)」，因為美國位居其中)的「潛艦同盟」(submarine alliance)機制。然而，很可能以美國為中心，發展出「一南一北」相互呼應的西太平洋民主國家之水下戰力安全網。前者是指澳英美「三方安全夥伴關係」，後者則是美韓「核子潛艦計畫」。之所以如此，最主要的是兩者在本質上有很大的差異。澳英美「三方安全夥伴關係」是透過澳英美三國《海軍核動力推進資訊交換協議》(Agreement for the Exchange of Naval Nuclear Propulsion Information, AENNPI)而進行，同時美國國會亦在

⁹ Jihoon Yu, "How South Korea's Nuclear Submarines Could Reshape the ROK-U.S. Alliance," *RealClear World*, November 25, 2025, https://www.realclearworld.com/articles/2025/11/25/how_south_koreas_nuclear_submarines_could_reshape_the_rokus_alliance_1149729.html.

2022 年批准，授權美國與英國向澳洲分享核子動力潛艦的相關高機敏資訊。而美韓核潛艦合作主要是集中在雙邊軍工合作，由於韓方在造船造艦上具有強大的優勢，其可能以此向美方換取更多或更大的核子潛艦技術分享。但不論如何，本文預估未來兩者在戰略上可能相互呼應，但是走向兩個架構的制度性結盟，其可能性並不大。

二、挑戰區域核不擴散與軍備競賽風險

美韓核子潛艦計畫最具爭議、也最具挑戰之處就是它對印太區域核不擴散問題的衝擊，以及可能引發更進一步的水下戰力軍備競賽。其實，這在先前有關美國是否將東亞國家納入核子保護傘底下，當時就出現區域國家與國際社會擁有不同的意見。美國向南韓這樣非核武國家釋出核子動力潛艦技術，等於進一步打破《核武禁擴條約》（或《核不擴散條約》）（*Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*, TNNW）中有關「核子動力軍艦豁免」（*naval nuclear propulsion exemption*）的灰色模糊規定。在未來，北京及平壤勢必會批評華盛頓自己首開特例，如此將可能削弱美國要求其他國家遵守該條約的正當性。

當然，南韓取得核子動力潛艦的結果，也會誘發中國、北韓及俄羅斯更加速地打造它們的水下戰力，以反擊美國與民主國家的制衡措施。長期而言，印太區域將逐步走向發展「水下戰力」與「遠程打擊能力」的軍備競賽態勢，將為印太安全增添更大的戰略不確定性與結構性風險。

全球關鍵礦產供應鏈「多極化」時代

汪哲仁

網路安全與決策推演研究所

焦點類別：國際情勢

壹、前言

2025 年 10 月 31 日，七國集團（G7）能源與環境部長會議宣布成立「關鍵礦產生產聯盟」（Critical Minerals Production Alliance, 以下簡稱 CMPA），旨在加速關鍵礦產供應鏈的發展和安全，這是繼 2025 年 6 月 G7 領導人在加拿大高峰會所推出的「關鍵礦產行動計畫」（Critical Minerals Action Plan）後所展現的具體成果。CMPA 將批准 26 項新投資案，共計 64 億美元。¹自從川普再度上台後，積極與各國進行關鍵礦物的合作，包含中亞五國、烏克蘭、馬來西亞、泰國，而川普對於格陵蘭的興趣可能與當地稀土礦藏有關。此外，近一年來，其他各國在關鍵礦產上的合作，包含沙烏地阿拉伯（Saudi Arabia）與非洲國家的合作建立銅-鈷一體化煉廠（integrated copper-cobalt refinery）。韓國計畫與越南進行合作，澳、韓在坦尚尼亞的石墨開發等，金磚國家也多次提及「強化關鍵礦物供應鏈合作」與研究工作。這一連串的發展顯示各國對於關鍵礦產供應鏈安全的重視。

貳、安全意涵

一、「去中化」關鍵礦產供應鏈安全

《2025 年全球關鍵礦產展望》指出，在 20 種重要戰略礦產中，中國在 19 種礦產的精煉方面佔據主導地位，平均市場占有率高達

¹ “Canada Unlocks 26 New Investments and Partnerships with 9 Allied Countries to Secure Critical Minerals Supply Chains,” *G7 2025 Kananaskis*, November 1, 2025, <https://g7.canada.ca/en/news-and-media/news/canada-unlocks-25-new-investments-and-partnerships-with-9-allied-countries-to-secure-critical-minerals-supply-chains>.

70%。因此，在關鍵礦產上的「權力移轉」已是過去式。近年來，中國開始針對關鍵材料和技術的出口祭出管制措施，其所造成的市場衝擊，再次凸顯稀土供應鏈脆弱性和風險。G7 加速投資關鍵礦產之作為表示，西方國家尋求關鍵礦產供應制度化與聯盟化，逐步放棄來自「非盟友」的供應，以確保在重要工業如電動車、半導體、國防工業所需的關鍵礦物不受地緣政治紛擾而中斷。過去「全球化」所強調的低成本與高效率將以安全性考量為優先。

安全考量提升意味著美國在全球各地礦產合作與「關鍵礦產生產聯盟」所欲建立「跨洲分佈」友岸供應網，讓關鍵礦產供應不因區域衝突或中國制裁而全面癱瘓工業生產。

二、中等強國的資源戰略自主

在美中科技競爭所衍生的關鍵礦產競逐中，一些中等製造強國，如韓國、越南、馬來西亞；或能源強國，如沙烏地阿拉伯，試圖跳脫美中競爭站邊壓力，透過多角化來建立其關鍵礦產的戰略自主性。

以韓國為例，即便是有美日韓三邊在關鍵礦產上合作，²並加入以西方國家為主的「礦產安全伙伴關係」(Minerals Security Partnership)，但韓國仍積極構建自身的礦產供應安全。例如韓國分別於 2021 與 2023 年與澳洲及加拿大簽署關鍵礦產備忘錄，韓國浦項國際 (POSCO International) 與澳洲黑石礦業 (Black Rock Mining) 共同投資在坦尚尼亞的馬亨格 (Mahenge) 石墨礦廠，預計

² 王君宜，〈美日韓三國確認打造更具彈性供應鏈〉，《大紀元》，2024 年 6 月 27 日，<https://www.epochtimes.com/b5/24/6/27/n14278427.htm>；“Joint Statement from the Trilateral Meeting of the United States of America, Japan, and the Republic of Korea in New York City,” *US Department of State*, September 22, 2025, <https://www.state.gov/releases/office-of-the-spokesperson/2025/09/joint-statement-from-the-trilateral-meeting-of-the-united-states-of-america-japan-and-the-republic-of-korea-in-new-york-city/>。

每年能生產 6 萬噸天然石墨。³

越南擁有全球第六大稀土儲量，是韓國「去中化」的主要合作夥伴。2022 年 12 月，越南稀土股份公司（Vietnam Rare Earth JSC）簽約向韓國出口 1,000-2,000 噸稀土。根據協議，越南自 2023 年起五年內向韓國戰略材料金屬公司（Korean Strategic Materials Metals）供應 5,000 萬美元的稀土氧化物。2025 年 2 月，韓國 LS 電纜系統有限公司（LS Cable & System）也從越南獲得穩定的稀土供應。⁴在與蒙古合作方面，目前多採用官方開發援助（ODA）的方式來探勘，顯示韓國在鞏固礦源上的積極態度。

沙烏地阿拉伯也於 2025 年 1 月與英國、約旦等六個國家簽署礦產開發合作協議。另外也與剛果（銅、鈷）、納米比亞（稀土）開發礦產。⁵

參、趨勢研判

一、中國稀土出口管制難長久維持

從過去科技管制的經驗來看，由最初的 5G 基地設備終端產品，逐步向生產設備如極紫外光刻機（EUV），到晶片設計工具 EDA、高頻寬記憶體等，「非紅供應鏈」逐漸在多重技術禁令下形成一條清晰邊界。然而，這條邊界並非不能跨越。從過去的報導可以知道，透過第三國夾帶或轉運、洗出口地等方式來規避美方制裁，中國也

³ “POSCO INTERNATIONAL Begins Full-Scale Development of Tanzania’s Mahenge Graphite Mine, World’s Second-Largest Reserve,” *POSCO Group Newsroom*, October 13, 2025, <https://reurl.cc/MMOvvX>.

⁴ Tri Duc, “US Geological Survey Cuts Vietnam’s Rare Earth Reserve from 22 Mln to 3.5 Mln Tons,” *The Investor Vafle Magazine*, March 14, 2025, <https://theinvestor.vn/us-geological-survey-cuts-vietnams-rare-earth-reserve-from-22-mln-to-35-mln-tons-d14876.html>; “LS Eco Energy Strengthens Cooperation with Vietnam for Rare Earth and Electric Power Infrastructure,” *LS Cable & System*, February 25, 2025, <https://reurl.cc/4brRRR>.

⁵ Tri Duc, “US Geological Survey Cuts Vietnam’s Rare Earth Reserve from 22 Mln to 3.5 Mln Tons,” *The Investor Vafle Magazine*, March 14, 2025, <https://reurl.cc/0avozM>; Pasha Magid, “Congo Courts Saudi Mining Investors to Help Curb China Dominance,” *Reuters*, January 14, 2025, <https://www.reuters.com/world/africa/congo-courts-saudi-mining-investors-help-curb-china-dominance-2025-01-14/>.

能取得被禁止的高階晶片。同樣的，要防堵稀土透過與中友好的第三國轉出口到西方國家，也同樣困難。

例如，沙烏地阿拉伯與美國的合作，提供了一個擺脫對中國的供應鏈依賴，為實現供應鏈多元化創造機會；同樣地，對中國而言，沙烏地阿拉伯也提供一個不受西方對關鍵礦產投資限制的穩定合作夥伴。⁶類似沙國如此地位的國家，未來在稀土貿易中將會扮演微妙的角色。

此外，在影響產業界甚鉅的稀土永磁上，目前德國寶馬汽車（BMW）在其第五代 eDrive 系統上，已經開始搭載不含稀土的馬達，展現大規模無稀土馬達應用的可行性；其他車廠，包含特斯拉（Tesla），也朝這方向發展。⁷ 2025 年 11 月，美國財政部長展示美國本土生產的首塊稀土永磁，顯示「去中化」已初露曙光。⁸透過增加供給與減少需求，未來中國在稀土話語權將逐步減低。

二、美中競爭逐步鞏固關鍵礦產「多極化」

從目前西方各國強化礦源取得與發展環境友善的新稀土提煉技術來看，未來 G7 將透過「強化礦產來源＋新加工技術＋多區製造」三段整合來形成新價值鏈框架，並且增加庫存以緩衝短期震盪。這些作為除使礦物供應安全直接轉化為本國產業競爭力之外，供應鏈安全倚賴的將不只在分散原料來源與製造基地上，新技術開發也將是未來的重點。

相對於西方國家，以中俄為主導的「金磚國家」（BRICS），也在俄羅斯與印度的推動下，建立「金磚國家關鍵礦物工作組」

⁶ “Digging beyond Oil: Saudi Arabia Bids to Become a Hub for Energy Transition Minerals,” *Climate Home News*, September 10, 2025, <https://www.climatechangenews.com/2025/09/10/digging-beyond-oil-saudi-arabia-bids-to-become-a-hub-for-energy-transition-minerals/>.

⁷ “Non-Rare-Earth Motors: A Transition in Motion, Not Yet a Revolution,” *Rare Earth Exchanges*, November 30, 2025, <https://rareearthexchanges.com/news/non-rare-earth-motors-a-transition-in-motion-not-yet-a-revolution/>.

⁸ 〈美製造 25 年來首塊稀土磁鐵 貝森特：助打破中國壟斷〉，《中央社》，2025 年 11 月 10 日，<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202511100336.aspx>。

(BRICS Critical Minerals Working Group)，並整合鋰、鎳、鈷、稀土等資源，研究建立「BRICS 金屬交易所」，以減少美元結算依賴。然而，金磚國家雙邊關係，如中印之間具敵意關係，以及該集團內貿易、投資與環保的政策框架不一，限制其整合其供應鏈的能力。⁹

在當前持續地緣政治緊張與制裁 / 反制裁的循環下，雖然不容易看到兩大陣營完全脫鉤斷鏈的情況，但預計雙邊將依「政治信任」進行重組，並在高敏感應用領域，如軍事級稀土，實施嚴格控管，流動將減至最低。而夾在中間的次要陣營，或有可能因連結兩大陣營，採行類似過去的「轉口加工」或「產地清洗」方式，成為關鍵節點，獲取相當戰略與經濟利益而壯大，促使關鍵礦產「多極化」情勢將獲得鞏固。

⁹ Sutandra Singha, “BRICS and the Critical Minerals Imperative: Securing the Future of Clean Energy – Analysis,” *BRICS Brazil 2025*, July 4, 2025, <https://infobrics.org/en/post/51124/>.

日本半導體自主化的國家安全新思維

林均蓉

國防戰略與資源研究所

焦點類別：國防產業

壹、前言

2025 年 11 月 21 日，日本經濟產業省（Ministry of Economy, Trade and Industry，以下簡稱 METI）正式宣布，在 2022 年成立的半導體公司 Rapidus 株式會社（Rapidus Corporation，以下簡稱 Rapidus）將被定位為日本政府的「下一代半導體製造商」。經濟產業大臣赤澤亮正（Akazawa Ryosei）進一步說明，日本政府將投入 1,000 億日圓，確保 Rapidus 能於 2027 年順利量產 2 奈米晶片，並於 2031 年完成上市。¹

然而，近日日本首相高市早苗（Sanae Takaichi）近期針對「台灣有事」的發言引發中國官方強烈反彈，不僅發布赴日旅遊安全警示，也進一步加碼既有的日本海產進口限制。此舉旨在透過經濟施壓牽制日本的地緣政治布局，並對持相似立場的周邊國家造成威懾。²在此背景下，日本政府更深刻意識到對單一國家供應鏈高度依賴所帶來的戰略風險，因而加速將產業政策引導至「非紅供應鏈」的改革方向。

日本在 1980 年代曾是全球半導體產業中領先的國家，如今因國家安全新思維以戰略姿態再度回歸。相較於當時依賴「整合元件製造商」（Integrated Device Manufacturer），連同上中下游一條龍的製造模式，當前日本則改以技術與設備為核心，展示其全面重返高階

¹ “Japanese Government to Invest 100 Bil. Yen in Chipmaker Rapidus,” *The Mainichi*, November 21, 2025, <https://mainichi.jp/english/articles/20251121/p2g/00m/0na/058000c>.

² 〈中日關係新局面：高市「台灣有事」言論後兩國從「政冷經熱」轉向「政經俱冷」？〉，《BBC 中文網》，2025 年 11 月 22 日，<https://www.bbc.com/zhongwen/articles/cg7v90v97nmo/trad>。

晶片製造領域的企圖。這場「半導體復興」不只是產業政策，更是日本追求供應鏈自主的重要起點。在外，有中國供應風險；在內，有技術依賴難題；在聯盟體系中，又面臨美國制衡。因此，日本必須在依賴與自主、聯盟與獨立之間尋求新的戰略平衡。

貳、安全意涵

一、聚焦先進晶片技術在地化為日本振興半導體產業的首要之務

日本在 1980 年代掌握全球近半的晶片產量，如今其市占率僅約 9%。³這顯示日本雖具備成熟的關鍵技術，卻因政府投資不足，使人才與資本外流，最終被台灣及韓國逐漸超越。進入 21 世紀後，科技地緣政治格局再度重塑。2022 年美、日、荷三方對先進光刻設備的出口限制，以及美國、日本、韓國、台灣共同組成的「晶片四方聯盟」(U.S.-East Asia Semiconductor Supply Chain Resilience Working Group，以下簡稱 CHIP 4)，皆象徵半導體產業已與地緣政治緊密綁定。⁴因而，半導體產業的擴張不僅仰賴產能提升，更需確保在動盪的國際局勢下仍能維持穩定且具韌性的供應鏈輸出。

2022 年，METI 與八大日商共同成立 Rapidus，成為日本重返半導體領導地位的重要希望。⁵對日本而言，Rapidus 的首要任務就是推動先進製程的在地化並回收高階技術人材，減少半導體產業鏈上對地緣政治風險之暴露，並且達到供應鏈自主。

二、日本推動半導體製造回流將面臨供應鏈韌性的挑戰

新冠肺炎疫情期間，暴露日本過度依賴海外代工的脆弱性；同

³ Julian Ryall, "Japan's Semiconductor Sector: What's behind the Chip Reboot?" *DW*, April 29, 2024, <https://www.dw.com/en/japans-semiconductor-sector-whats-behind-the-chip-reboot/a-68947295>.

⁴ Gregory C. Allen, Emily Benson, and Margot Putnam, "Japan and the Netherlands Announce Plans for New Export Controls on Semiconductor Equipment," *Center for Strategic and International Studies*, April 10, 2023, <https://www.csis.org/analysis/japan-and-netherlands-announce-plans-new-export-controls-semiconductor-equipment>.

⁵ "Can Rapidus Achieve Japan's Semiconductor Revival?" *The Diplomat*, July 18, 2025, <https://thediplomat.com/2025/07/can-rapidus-achieve-japans-semiconductor-revival/>.

時，台海局勢升溫，使太平洋島鏈的安全風險日益嚴峻。在此情況下，日本政府積極推動半導體供應鏈回流，以穩固國內製程能力與設備技術。⁶

Rapidus 目前的目標是在 2027 年前量產 2 奈米晶片。⁷為確保這項目標能如期完成，日本政府及企業必須全面強化供應鏈韌性，主要挑戰包括：

（一）技術依賴未除

日本邁向 2 奈米製程仍高度依賴荷蘭艾司摩爾（ASML）的極紫外光（EUV）設備。日本雖在光刻技術上世界領先，但最先進光刻機仍需外購，成為自主製程的關鍵瓶頸。此外，Rapidus 在北海道的技術團隊仍依賴外籍工程師進行設備維修之支援。⁸若欲提升自主性，日本需加強本土工程人才培訓，以避免地緣政治風險拖延技術進展。

（二）對中經濟暴露

中國同時是日本最大貿易夥伴與最大晶片市場，日本近 99% 的氟化氫原料（例如高純度鎂）仍仰賴中國進口。⁹一旦遭遇技術管制或經濟制裁，日本半導體供應鏈將立即陷入危機。¹⁰雖然目前中方尚未對稀土採取報復措施，但在中日關係惡化下，日本必須提前擬定因應稀土管制的外交與經濟策略。

⁶ Julian Ryall, “Japan’s Semiconductor Sector: What’s behind the Chip Reboot?” *DW*, April 29, 2024, <https://www.dw.com/en/japans-semiconductor-sector-whats-behind-the-chip-reboot/a-68947295>.

⁷ Tobias Mann, “Japan’s Rapidus Says 2nm Chip Tech on Track for 2027,” *The Register*, July 18, 2025, https://www.theregister.com/2025/07/18/rapidus_foundry_2nm/.

⁸ Tsuyoshi Tamehiro, “ASML to Quintuple Advanced EUV Chip Tools Staff in Japan,” *Nikkei Asia*, April 2, 2025, <https://asia.nikkei.com/business/tech/semiconductors/asml-to-quintuple-advanced-euv-chip-tools-staff-in-japan>.

⁹ “Japan, South Korea Reportedly Strive to Cut Dependence on China for Tech Materials,” *TrendForce*, November 28, 2024, <https://www.trendforce.com/news/2024/11/28/news-japan-south-korea-reportedly-strive-to-cut-dependence-on-china-for-tech-materials/>.

¹⁰ Guillaume Beaumier, and Madison Cartwright, “Cross-Network Weaponization in the Semiconductor Supply Chain,” *International Studies Quarterly*, Vol. 68, No. 1, 2024, <https://doi.org/10.1093/isq/sqae003>.

（三）美—日同盟內部的摩擦

美國主導的出口管制，其核心目的是透過同盟合作，防止關鍵技術落入非同盟國手中並遭到超越。此政策雖旨在降低地緣政治對全球科技產業的衝擊，但同時也在客觀上壓縮了日本擴張半導體產業的策略空間。¹¹以 CHIP 4 為例，該框架強化了成員國的供應鏈安全，卻也帶來新的矛盾與壓力。

首先，CHIP 4 雖是合作架構，美國卻同時推動對外關稅、補貼政策及要求台積電赴美設廠等措施，這些政策多以美國自身的國安考量為優先，象徵其在全盟架構內仍保有強烈的單邊色彩。其次，雖然 CHIP 4 的目的在於共同抗衡中國，但其副作用卻反映在中國的反制措施上。例如稀土出口管制或進口限制等反制手段，不僅衝擊美國，亦連帶波及日本及其他成員國，使整體供應鏈面臨更高風險。

在此脈絡下，日本必須在「維持同盟忠誠」與「追求自主利益」之間取得平衡。一方面需要倚賴美國主導的安全框架以確保技術與供應鏈的穩定，另一方面也必須避免因過度依賴美國而犧牲自身產業的長期競爭力與策略彈性。

三、國防政策與民間產業在半導體製造上的相輔相成

自 2023 年以來，AI 決策、自主武器、量子通訊與感測系統等軍民兩用科技蓬勃發展，而日本內閣也認知到這些軍用技術均需仰賴高階晶片。¹²前美國國防部長布朗（Harold Brown）曾言：「經濟

¹¹ Gregory C. Allen, Emily Benson, and Margot Putnam, “Japan and the Netherlands Announce Plans for New Export Controls on Semiconductor Equipment,” *Center for Strategic and International Studies*, April 10, 2023, <https://www.csis.org/analysis/japan-and-netherlands-announce-plans-new-export-controls-semiconductor-equipment>.

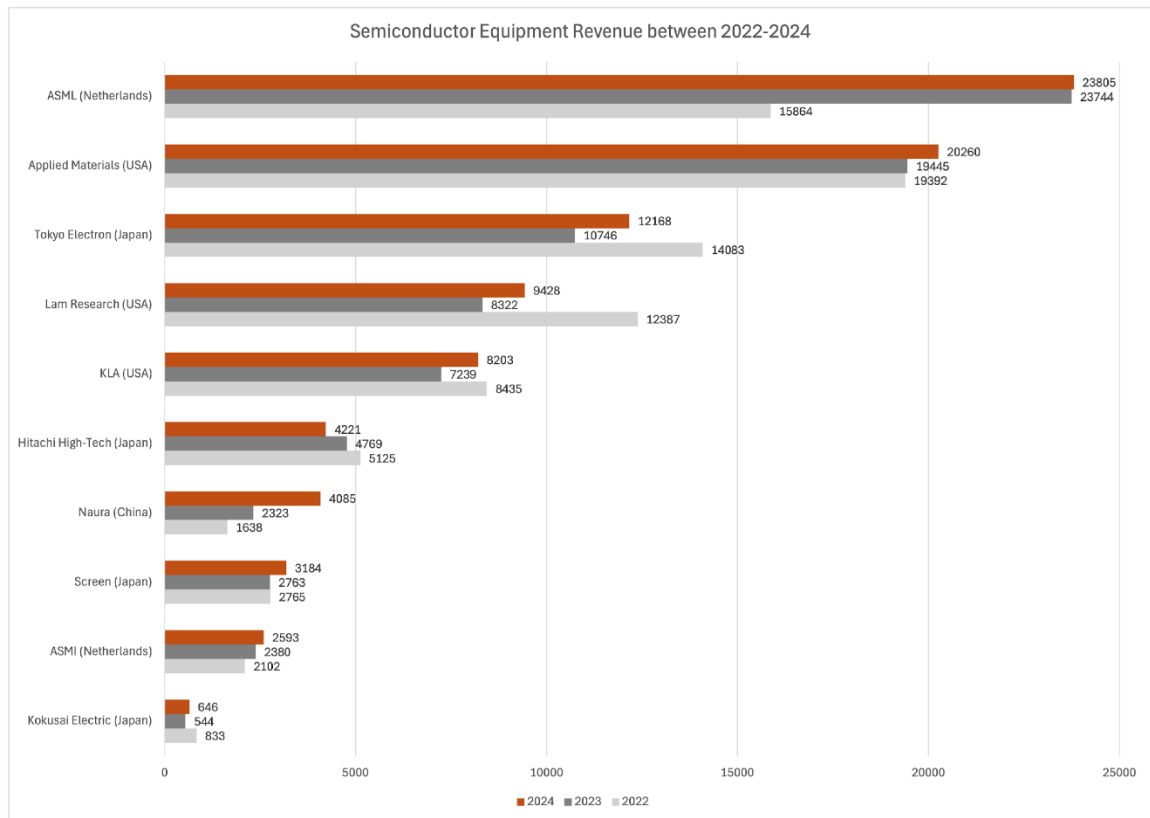
¹² “Ministerial Committee Eyes Help of Nine Private-Sector Fields to Boost Defense Capabilities,” *The Yomiuri Shimbun*, August 25, 2023, <https://japannews.yomiuri.co.jp/politics/defense-security/20230825-132100/>.

實力是嚇阻力量的基礎」。¹³軍事需求雖無法單獨支撐半導體產業的規模擴張，但若透過民間市場進行技術創新及產能擴張，便能有效強化長期競爭力。¹⁴未來軍事現代化的核心，已不再侷限於傳統武器研發，而是逐步走向以科技創新取得優勢。

日本在光刻技術與半導體設備領域具有深厚基礎。2022 至 2024 年全球前十大半導體設備製造商中，日本企業便佔四席（如圖），顯示其民間技術成熟度極高，也具備成為國防產業重要支柱的能量。然而，為避免重蹈 1980 年代的覆轍，預期日本政府會積極投入資源支持民間企業，以強化科技研發與創新動能。展望未來，日本的產業政策與防衛政策將更加緊密結合，利用民用創新支撐軍事能力，國防需求反過來促進商業突破，最終形成相互強化的國安科技生態系。

¹³ Harold Brown, “Department of Defense Annual Report Fiscal Year 1980 Executive Summary,” January 25, 1979, p. 25, <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA082835.pdf>.

¹⁴ Ministry of Defense, “Strategy on Defense Production and Technological Bases: Toward Strengthening the Bases to Support Defense Forces and ‘Proactive Contribution to Peace’,” 2014, https://www.mod.go.jp/atla/en/policy/pdf/strategy_defense_technology.pdf.



圖、2022-2024 年間各企業半導體設備營收

資料來源：林均蓉整理自 “ASML Solidifies Position as the #1 Semiconductor Equipment Company in 2024 Over Applied Materials,” *openPR*, January 29, 2025, <https://www.openpr.com/news/3840023/asml-solidifies-position-as-the-1-semiconductor-equipment>。

參、趨勢研判

一、促進盟國在半導體產業上的合作

Rapidus 的成立使日本在材料、封裝、研發到先進製程等層面形成完整的研發平台，構築自韓國延伸至日本、貫穿台灣的東亞生產線。這不僅是一條供應鏈，更形成民主科技體系的防禦網絡。CHIP 4 作為東亞及東南亞國家合作的核心，也開始外溢至其他國家，包括馬來西亞、新加坡、越南、印度、泰國、印尼、菲律賓、澳洲及

紐西蘭。¹⁵

除了 CHIP 4，《四方安全對話》（Quadrilateral Security Dialogue, Quad）及《印太經濟架構》（Indo-Pacific Economic Framework, IPEF）亦成為日本產業安全合作的重要平台。此類合作強化日本半導體在國際體系中的「存在韌性」，並以科技信任取代傳統軍事依賴，使產業合作自然延伸至區域安全協作，尤其在具有戰略價值的太平洋島鏈上更具深意。¹⁶

二、日本掌握半導體製程裡關鍵技術將有助於供應鏈安全

日本半導體製造擴張象徵生產風險的分散與供應鏈自主的建立。首要挑戰是取回關鍵技術與物資的主導權。透過政府補助推動半導體復興，日本不僅能分擔東亞製造壓力，也可為非高端製程的晶片提供外溢生產空間，使其得以專注於尖端製程與設計創新，形成垂直整合與國際分工的雙軸模式。¹⁷

此外，日本在光刻、高純化氣體等上游材料的技術優勢，使其成為全球晶片生產不可替代的要角。當日本技術自給能力提升後，將有助於強化全球上游供應鏈的安全性，降低原料風險，形成更具韌性的國際分工循環。

¹⁵ Akhil Thadani, and Gregory C. Allen. “Mapping the Semiconductor Supply Chain: The Critical Role of the Indo-Pacific Region,” *Center for Strategic and International Studies*, May 30, 2023. <https://www.csis.org/analysis/mapping-semiconductor-supply-chain-critical-role-indo-pacific-region>.

¹⁶ Emily Benson, Japhet Quitzon, and William Alan Reinsch. “Securing Semiconductor Supply Chains in the Indo-Pacific Economic Framework for Prosperity,” *Center for Strategic and International Studies*, May 30, 2023, <https://www.csis.org/analysis/securing-semiconductor-supply-chains-indo-pacific-economic-framework-prosperity>.

¹⁷ Sam Nussey, and Miho Uranaka. “Japan Takes Taiwan’s Helping Hand on Long Road to Chip Revival,” *Reuters*, February 23, 2024, <https://www.reuters.com/technology/japan-takes-taiwans-helping-hand-long-road-chip-revival-2024-02-22/>.

中國千帆星座與國網星座的低軌衛星 網路發展

周若敏

中共政軍與作戰概念研究所

焦點類別：軍事科技、國防戰略、國防產業

壹、前言

近年來，全球再度掀起太空競賽，衛星通訊被視為關鍵戰略技術，各國對「高速傳播與大量傳輸量」的需求激增，低軌道衛星因具備「高覆蓋率」、「高頻寬率」等優勢，是目前最具發展潛力的領域。低軌衛星網是在距離地表數百公里至千數百公里的高空部署數百至數萬顆小型衛星，建造成本與發射門檻較低，可用「一箭多星」方式快速部署，並提供高速通訊服務，由於是多顆衛星協同運作，一旦發生單顆衛星故障或遭攻擊，可在短時間內替補衛星以維持系統服務。

從功能與治理角度區分，低軌衛星網可概略分為「商用星系」與「主權星系」。前者由企業主導、以營利為目的，代表如 Starlink、Kuiper、OneWeb 等；後者則由國家或公部門主導，強調通訊主權與國家安全。¹中國近年推動的千帆星座與國網星座則屬於後者。

貳、安全意涵

一、中國發展低軌道衛星網力爭太空地位

中華人民共和國國家發展和改革委員會於 2020 年 4 月 20 日將

¹ 呂珮如，〈眺望 2026 系列 | 談低軌寬頻星系，從商用星系到區域主權星系〉，《IEK 產業情報網》，2025 年 10 月 30 日，<https://reurl.cc/XaEXRR>。

「衛星網路」納入「新型基礎設施建設（新基建）」範疇，²代表低軌衛星發展正式成為中國國家戰略工程，並形成了「國家隊」與「地方隊」雙軌並行策略。「國家隊」即是由中央企業主導的「國網星座」（GW），側重於主權安全與骨幹網路；而「地方隊」則以「千帆星座」為代表，由地方政府與國資企業推動，側重於商業運營與產業鏈發展。

根據國際電信聯盟（International Telecommunication Union, ITU）的「先到先得」申報規則，有限的低地球軌道頻譜與軌道位資源一旦被率先申請佔用，晚來一步的可使用空間會快速減少。因此，當美國 Starlink 在烏俄戰爭中擔任傳輸的重要角色時，讓中國更加確定要積極發展自己的衛星網路，才能與他國衛星系統競爭。³中國企圖追上美國太空部署進度，全面建構未來太空的地位。

二、千帆星座及國際商業發展

千帆星座計畫首次發布於 2023 年《上海市推動商業航太發展打造航太資訊產業高地行動計畫（2023-2025 年）》，⁴是「中國版 Starlink」代表，由上海市人民政府和中國科學院支持的上海垣信衛星科技有限公司負責營運。從 2024 年 8 月開始發射，至 2025 年 11 月為止，已完成六次發射共計 108 顆衛星，目標數量約 1.5 萬顆衛星。

在技術架構上，千帆星座採取多層多軌道設計，將衛星配置於

² 〈發改委明確「新基建」範圍 將重點做好四方面工作〉，《人民網》，2020 年 4 月 20 日，<http://finance.people.com.cn/n1/2020/0420/c1004-31680443.html>；〈國家發展改革委舉行 4 月份新聞發佈會介紹宏觀經濟運行情況並回應熱點問題〉，《中華人民共和國國家發展和改革委員會》，2020 年 4 月 20 日，https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/xwfb/202004/t20200420_1226031.html。

³ 李小曆，〈警惕「星鏈」的野蠻擴張和軍事化應用〉，《中國軍網》，2022 年 5 月 5 日，http://www.81.cn/jfjbmap/content/2022-05/05/content_314904.htm。

⁴ 千帆星座項目最初被稱為 G60 星鏈，此名稱源於該計畫所聚焦的 G60 科創走廊，而該走廊又是以 G60 高速公路命名的。〈上海市人民政府辦公廳關於印發《上海市促進商業航太發展打造空間資訊產業高地行動計畫（2023—2025 年）》的通知〉，《上海市人民政府》，2023 年 11 月 20 日，<https://reurl.cc/0a1zWb>。

不同高度與傾角軌道，以提高全球覆蓋度與服務彈性。⁵現階段以「透明轉發」(Transparent Satellite)為主，運作方式是衛星僅作為訊號的變頻和放大中繼站，可有助於星座的快速組網。中長期目標是升級為再生衛星(Regenerative Satellite)，具有濾波器、轉頻器、放大器、解碼、編碼與路由等功能，讓數據直接在衛星之間高效傳輸，達到全球低時延服務。⁶

千帆星座的國際商業目標是以偏遠地區和「一帶一路」沿線國家為優先市場，主要由上海垣信衛星科技有限公司負責海外業務。鎖定地面基礎建設不足、鋪設光纖成本高昂，或 Starlink 服務受限的區域。目前，中國已與巴西、哈薩克、馬來西亞，泰國等國有具體合作內容，⁷其合作策略包含：

(一) 主權安全承諾：同意在當地建立地面站和運營中心，以確保數據和網路的主權需求。

(二) 與國有企業合作：優先和國有電信或基礎設施公司合作，獲得當地政府支持，降低風險並迅速進入市場。

中國透過「全球供應、區域為主」的方式，利用千帆星座搶占新興市場通訊服務及太空技術出口的機會，與美國及 SpaceX 一拚實質影響力。

三、國網衛星及軍民融合特點

國網星座是由中央直接出資成立的中國衛星網絡集團有限公司

⁵ 〈千帆星座：中國衛星互聯網 未來通信的星辰大海〉，《人民網》，2024年9月5日，<http://kpszg.people.com.cn/BIG5/n1/2024/0905/c404214-40313519.html>。

⁶ 馬天詣、崔若瑜、朱正卿，〈千帆星座組網加速部署，出海需求逐步湧現〉，《民生證券》，2024年11月25日，https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202411251641055640_1.pdf。

⁷ 〈中國 SpaceSail 與巴西 Telebras 簽署協議，為長期佈局和星鏈競爭做準備〉，《科技產業資訊室》，2024年11月25日，<https://iknow.stpi.niar.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=21292>；〈哈中推動低軌衛星通信合作，上海垣信衛星在哈完成測試〉，《哈薩克國際通訊社》，2025年8月6日，<https://cn.inform.kz/news/zhongdongzuoshangzaicheng-5276d8/>；〈上海垣信衛星千帆星座成功「出海」馬來西亞〉，《新浪財經》，2025年2月7日，<https://finance.sina.com.cn/tech/roll/2025-02-07/doc-ineisatw0467975.shtml>；〈聯和投資公司下屬垣信衛星與泰國國家電信達成業務合作〉，《上海市國有資產監督管理委員會》，2025年4月27日，https://www.gzw.sh.gov.cn/shgzw_zxzx_gqdt/20250427/d2585df854f54d4490581025326ccc97.html。

(China SatNet) 負責統籌，被視為低軌衛星網的國家級骨幹專案。自 2023 年 7 月開始發射共計 116 顆。主要分為三個階段：第一階段（初期組網）是從 2024 年至 2027 年間發射約千顆衛星，優先覆蓋中國境內及周邊地區，建立區域服務能力，進行大規模組網的技術驗證；第二階段（全球骨幹網）是 2027 年至 2030 年間將部署數量增加至數千顆，建立全球覆蓋能力，確保中低緯度地區的穩定服務，開拓「一帶一路」沿線國家市場；第三階段（全面建成）預計在 2030 年至 2035 年間完成部署 12,992 顆衛星，建構具備超低時延、高容量、覆蓋全球的完整系統，實現與地面 6G 網路融合。⁸

國網星座普遍被認為採用「再生式轉發」(Regenerative Transponder) 技術，原理是衛星接收訊號後，進行解碼、路由判斷、重新編碼後發射出去。這可提升訊號品質，有效去除雜訊並降低訊號失真，大幅提高通訊可靠性。此外，因衛星本身具備處理和交換能力，能像路由器一樣選擇最佳傳輸路徑，實現更高效率的網路管理並縮短通訊延遲。而要達到上述的再生式轉發能力，則是採用雷射光作訊號傳輸方式 (Laser Inter-Satellite Links, ISL)，讓傳輸資料在衛星之間以接近光速傳輸，減少地面站傳輸，進而形成真正的「太空骨幹網」。⁹

四、兩大星座為中國軍民融合代表

中國官方所稱「軍民融合發展戰略」，是指將國防和軍隊現代化建設與經濟社會發展體系深度結合，透過促進軍用與民用領域在科技、人才、資源上的雙向流動與共享，達成「富國」與「強軍」的雙重目標。這個概念包含「軍轉民」的軍事技術向民用轉移，也包

⁸ 同註 5。

⁹ 〈【國信通信·衛星互聯網專題四】民營火箭亟待突破，手機直連與鐳射通信未來可期〉，《國信證券》，2025 年 7 月 14 日，https://pdf.dcfw.com/pdf/H3_AP202507141708784950_1.pdf?1752515352000.pdf。

括「民參軍」的民間科技能力支援國防，完成平戰轉換的體系。¹⁰

放在低軌衛星網領域，中國形成「國家隊主導、商業力量協同」的布局。千帆星座名義上是以上海為核心、地方政府與國資企業打造的商業衛星互聯網計畫，是地方層級的產業帶動與商業運營模式，以及透過「一帶一路」將中國通訊與太空技術輸出到其他國家。這種「自下而上」、「以民養軍」是地方與市場向軍民融合工具。

國網星座本身就是官方公開標榜「軍民融合」的衛星互聯網系統，¹¹定位是國家級全球骨幹網，平時以寬頻網路等通訊服務支撐數位經濟，戰時則可為解放軍提供類似 Starlink 或 Starshield 的戰術連接能力。

這兩大星座都是為了響應國家戰略、爭奪太空資源而生，承載著維護國家訊息主權和安全的使命，目標是提供高可靠性、高優先順序的服務，確保在軍事、外交、應急救災等政務及國防領域的通訊暢通，為中國實現軍民融合深度發展的重點代表。

五、國防軍事戰略價值分析

在現代化戰爭中，訊息優勢即是戰場優勢，中國積極發展低軌衛星網，其背後隱含著軍事戰略考量，這兩大低軌巨型星座在軍事上具有四大功能：核心指揮與控制支援；精確定位、導航與授時增

¹⁰ 〈國務院辦公廳關於推動國防科技工業軍民融合深度發展的意見〉，《中國政府網》，2017年11月23日，http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5248218.htm。

¹¹ 以中國衛星網絡集團有限公司（China SatNet）為行政與運營核心；衛星製造由航天五院、中國科學院微小衛星創新研究院、中國航天科工集團負責；火箭與發射端由航天一院、航天八院負責；供應鏈與技術整合由中國電子科技集團及中國長城工業集團，形成「規劃—製造—發射—運營」的全產業鏈國家隊。

強；情監偵支援；電子戰與太空攻防。¹²

- (一) 核心指揮與控制支援：現代戰爭講求「即時指揮、全球打擊」，國網星座的極低延遲和高數據傳輸量特點，能讓解放軍指揮決策者能向在全球任何角落部署的部隊發出及時指令，而千帆星座可作為輔助或備援通訊工具，確保指揮鏈不會完全中斷。
- (二) 精確定位、導航與授時增強：低軌衛星網路與現有的北斗中高軌衛星導航系統互補，可增強現有全球衛星導航系統（GNSS）的抗干擾能力和精確度，提供更高精度的定位校正，對於精確導引武器、巡弋飛彈和無人機的末端打擊至關重要。
- (三) 情監偵支援：龐大的低軌衛星群是理想的太空偵察平台，可搭載小型化的高解析度成像載荷或合成孔徑雷達，讓解放軍可對重點區域進行高頻率偵查和持續監控，快速更新戰場情報。
- (四) 電子戰與太空攻防：利用低軌衛星網路的高頻寬與全球覆蓋優勢，搭配小型接收器進行地面關鍵設施定位，為電子戰干擾或物理打擊提供目標指示。此外，當衛星顆數達到上千顆或萬顆時，即使部分衛星被敵方反衛星武器攻擊，也難以癱瘓整個衛星網路運作，確保通訊不中斷。

¹² Defense Intelligence Agency, “Challenges To Security In Space, Defense Intelligence Agency,” *Defense Intelligence Agency*, April 12, 2022, https://www.dia.mil/Portals/110/Documents/News/Military_Power_Publications/Challenges_Security_Space_2022.pdf; “2025 Annual Report to Congress, Chapter 7: The Final Frontier: China’s Ambitions To Dominate Space,” *U.S.-China Economic and Security Review Commission*, November 11, 2025, https://www.uscc.gov/sites/default/files/2025-11/Chapter_7--The_Final_Frontier_Chinas_Ambitions_to_Dominate_Space.pdf; Tahir Azad, “Space-Guided Supremacy: How China’s Satellite Systems Strengthen its Missile and Hypersonic Forces,” *Small Wars Journal*, November 11, 2025, <https://smallwarsjournal.com/2025/11/25/space-guided-supremacy-china-satellite-missile-hypersonic/>.

兩大星座不僅單純是民用通訊設備，也被視為中國對 Starlink 及其軍事化應用 Starshield 系統的回應，用意是在極端情勢下維持獨立可控的全球通訊備援能力，降低在戰時或制裁場景下遭受通訊封鎖與數據監控的風險。中國透過自建的低軌星座，確保在極端情勢下仍能掌握獨立可控的全球通訊能力，降低遭制裁或戰時封鎖時的脆弱性以及縮短與美國的差距。

參、趨勢研判

一、中國一旦突破運載發射瓶頸即可加速衛星網路部署速度

中國想要快速完成衛星網路的焦慮與本身火箭運載能力有關，中國雖已有較完整的長征系列與新興商業火箭系統，但在火箭可重複使用技術與高頻次發射能力方面，仍與 SpaceX 存在明顯差距，導致發射成本與次數頻率受限。可預期，短期內千帆星座與國網星座發射數量會比預期規劃的數量落後，甚至出現「爭奪火箭」的發射資源擁擠情況。¹³但從中長期看，一旦中國的可回收運載火箭技術與商業化成熟，將有機會讓中國在 2030 年前後完成萬顆星級組網。

二、利用太空技術並配合各國規範逐步擴大地緣政治影響力

在對外戰略上，兩大星座被視為「一帶一路」通訊基礎設施的重要載體，目標是替那些地面站基礎設施薄弱、鋪設光纖成本高昂的國家，提供高覆蓋、低成本的衛星寬頻服務，藉此推動本地數位化並輸出中國的通訊、導航與資訊基礎設施。

可預期未來隨著雷射光作訊號傳輸成熟，中國可降低海外地面站的依賴並提高網路韌性，而這些新興技術會吸引一帶一路沿線國家。衛星網路服務是一種「數位基礎設施輸出方案」，利用建設地面站、北斗與 5G / 6G 的配套進行推廣，強化這些國家在數據主權與

¹³ Selam Gebrekidan, "This was Supposed to Be the Year China Started Catching Up with SpaceX," *The New York Times*, July 23, 2025, <https://www.nytimes.com/interactive/2025/07/23/world/asia/starlink-spacex-musk-china-satellites.html>.

資訊安全維度上對中國技術體系的黏著度，從而擴大中國的實質地緣政治影響力。¹⁴

三、太空碎片與安全問題常態化

隨著衛星數量的激增，太空碎片與碰撞風險將成為常態化的安全問題。在千帆星座先前發射任務中，火箭在軌道上解體產生的大量太空垃圾，就是大規模組網帶來的潛在風險。¹⁵除了碎片問題外，還有汰換老舊故障衛星的問題。以 Starlink 為例，其策略是控制衛星在大氣層中燒毀或移動到太空墳場，並發射一顆技術功能更新的衛星去補位，但中國目前未公布明確的更換或維修程序，而當低地軌道擁擠與碰撞風險成為結構性問題，國際對空間態勢感知、碰撞預警與迴避能力會提出更高要求。¹⁶

在國際規範層面，依照《外太空條約》(Outer Space Treaty) 和國際電信聯盟機制，各國有責任就衛星網路、頻譜使用及重大軌道異常狀況向國際社會通報。然而，過往中國常被外界批評、抗議資訊披露不充分、通報不及時，影響其他國家對風險評估誤判的情況，質疑其是否充分履行「負責任太空行為」。¹⁷若中國未來在兩大星座建設過程中，仍未提升通報透明度，不僅將加劇太空碎片與安全風險，也會面臨更強烈的國際問責與約束。

¹⁴ Christopher Baugh and Analysys Mason, “Geopolitics and Sovereignty Are (Once Again) a Driving Force for the Space Industry,” *Kratos Space*, April 22, 2025, <https://www.kratospace.com/constellations/articles/geopolitics-and-sovereignty-are-once-again-a-driving-force-for-the-space-industry>.

¹⁵ 〈中國火箭太空解體 專家：碎片存在碰撞風險〉，《中央社》，2024 年 8 月 10 日，<https://www.cna.com.tw/news/ait/202408100141.aspx>。

¹⁶ Rex Fox O'Loughlin, “Orbital Ambitions: LEO Satellite Constellations and Strategic Competition,” *IJSS*, May 27, 2025, <https://www.ijss.org/online-analysis/six-analytic-blog/2025/05/orbital-ambitions-leo-satellite-constellations-and-strategic-competition/>.

¹⁷ 〈中俄太空「危險的接近」引發關注：太空垃圾觸目驚心怎麼辦〉，《BBC 中文網》，2020 年 10 月 16 日，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/science-54568986>。

軍民合作：以民間自有自營模式強化國防韌性

賴達文

國防戰略與資源研究所

焦點類別：國防產業、軍事科技、作戰概念

壹、前言

過往國防科技或任務主要都由專責的國防部或相關單位負責，但隨著民間技術、資源及訓練普及，已有不少民間企業具有足夠甚至更好的能力，可協助或代替執行國家安全的相關事務。「承包商自有自營」(Contractor-Owned, Contractor-Operated, 以下簡稱 COCO 模式)，屬於商業服務模式，由民間承包政府所需的特定服務，政府單位僅需獲取服務成果，而承包商則依合約內容執行任務。COCO 模式將原本軍方及司法單位的任務轉為服務化，使其能更具效益性及彈性。

今(2025)年台北國防展上，國內民間航空公司便展示將商用小型飛機，經專業改裝使機身具備模組化能力，並搭載合成孔徑雷達及 EO/IR 光電設備，形成擁有情監偵(intelligence surveillance and reconnaissance, ISR)能力的空中監控平台，已具民間執行 ISR 任務的能力。¹隨著臺海安全情勢日益嚴峻，不論海軍、空軍或海巡單位，都面臨比過往更大的挑戰及壓力，因此必須思考如何在混合威脅下，獲得更具彈性、韌性及有效的應對方法。

貳、安全意涵

一、灰色地帶威脅遽增

中國對臺威脅手段，已從軍事恫嚇，轉向結合準軍事與海上民

¹ 〈有人、無人機組合 安捷航空國防展將秀台海偵搜新能量〉，《自由時報》，2025年9月16日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/5179506>。

兵進行「灰色地帶」行動，頻繁侵擾臺灣周邊海域，從軍艦協同海警進行擾臺演訓，到商船、漁船或科研船進行海上及海下灰色活動，都一再挑戰海軍及海巡的應對能力。目前在應對權責劃分上，主要區分為軍事及執法，因此在灰色地帶侵擾加劇下，海巡單位除了平時海上邊防、護漁、走私及環境執法外，在必要時亦須與海軍進行協同跟監任務。

中國亦假借護漁及科研名義，在臺海周邊及外離島進行灰色地帶活動，長時間滯留、大量聚集、進出限制水域或於海底電纜上方的活動逐步變成常態。此外，近期亦有小型快艇或橡皮艇登陸臺灣沿海，例如今年 2 月中國 6 艘大型漁船釋放 29 艘小舟闖入東沙海域，同時海警船也多次闖入限制水域干擾海巡署執法；²同月中籍貨輪刻意在臺南外海拖錨，拉斷臺澎三號海纜；³ 5 月兩起小型快艇/橡皮艇闖入本島沿岸。⁴

中國這類持續性的低強度，但高頻率的侵擾，對海巡人力、艦艇妥善率與後勤補給形成壓力，同時也造成海巡執法時所帶來的法律風險。例如 2024 年的中國無註冊快艇進入金門限制水域，在海巡追捕過程中，快艇翻覆造成傷亡，雖然後續海巡人員獲不起訴，但臺灣仍對中國罹難者家屬進行賠償。⁵事件雖未持續擴大，但對於第一線執法的海巡人員恐已造成心理壓力，也可能導致後續執法力度上趨向保守，因此在這樣持續性對抗的壓力下，更應跳脫框架尋求民間協同海巡及海軍執行任務，提高執行效益，並分擔裝備消耗。

² 〈新聞幕後／中國「環保流氓」挑釁 官員預警 3 擾台時機「透明戰略」反制〉，《三立新聞網》，2025 年 4 月 1 日，<https://www.setn.com/News.aspx?NewsID=1632956>。

³ 〈「宏泰」貨輪 Z 字形移動、釋放錨爪勾斷海纜線 檢方起訴大陸籍船長〉，《聯合新聞網》，2025 年 4 月 11 日，<https://udn.com/news/story/7320/8667764>。

⁴ 〈「山東凱哥」乘橡皮艇插旗桃園海灘 嗨翻大陸小粉紅〉，《經濟日報》，2025 年 5 月 19 日，<https://money.udn.com/money/story/5603/8749844>；〈陸籍父子乘快艇偷渡桃園 他辯「帶兒子來台念書」判刑 8 月〉，《ETtoday》，2025 年 8 月 26 日，<https://www.ettoday.net/news/20250826/3022420.htm>。

⁵ 〈中國快艇越界金門翻覆 2 死案 台灣司法判海巡艇長、駕駛未故意衝撞不起訴〉，《法廣》，2024 年 8 月 16 日，<https://rfi.my/AseC>。

二、防衛韌性下的優勢

面對中國以低強度高頻率的灰色地帶行為，臺灣若持續依賴正規海巡艦艇與海軍兵力應對，在設備消耗性上將遠高於中國運用漁船、科研船或快艇，因其民間成本遠低於海巡、海軍的大型艦艇。惟臺灣必須確保的是執法正當性，因此形成嚴重的不對稱。同時，對抗灰色地帶的「影像蒐證」已成為另類武器，臺灣目前並沒有全天候的空中或海上影像監控和即時辨識能力，在面對中國船隻不定時的刻意行為，臺灣容易出現情報和蒐證不足的問題。

但政府採購流程冗長，整個流程到接裝，其技術早已不是當時最新的技術；反觀民間廠商為爭取合約，會持續更新技術設備、通訊、資訊整合平台甚至是 AI 模組。透過 COCO 模式導入長滯空有 / 無人機與海上監測平臺，建立長時監控和即時辨識。將民間能量納入國防及國安中，形成軍民協同，才能完善防衛韌性網絡。

參、趨勢研判

國外使用 COCO 模式已有一段時間，主要執行平時的情監偵任務、訓練、後送、後勤維保等任務。這些事務由民間承包後，政府單位僅需得到相應的服務即可，其餘人員訓練、載具維保、責任承擔等，都由承包公司負責，不僅能降低政府單位的預算支出，甚至為因應市場競爭，在設備選用上，會保持較好的軟/硬體。COCO 模式的專業承包服務，在其他西方國家也已開始將其列入政策，並應用在國家安全上，例如歐盟及澳洲。以下列舉國外在執法及軍事用途的 COCO 模式運用。

一、COCO 模式於執法領域的應用

(一) 美國

在 COCO 模式上，美國的 COCO 模式發展得相當早，最早可追溯至 2000 年及 2001 年執行緝毒及反恐的情監偵任務，隨

著民間企業技術發展，美國有多個執法機關與承包商有簽約服務，例如海關及邊境保護局（U.S. Customs and Border Protection, CBP）⁶，以及海岸警衛隊（United States Coast Guard, USCG）。⁷從這兩個單位來看，民間企業除了承包飛機執行 ISR 任務外，因無人機快速發展，2024 年 6 月 USCG 與 Shield AI 簽訂合約，總價為 1.98 億美元，合約日期至 2029 年，期間 Shield AI 承攬 USCG 的艦載無人機全天候 ISR 任務，包含 V-BAT 無人機部署、操作、組裝、維護及人員，且每日飛行時數至少為 12 小時。⁸

（二）澳洲

澳洲的海上邊境司令部（Maritime Border Command）為澳洲民事海事安全機構，等同臺灣的海巡單位，其機隊主要外包給民間航空承包商，利用民間空中資產並加裝監偵設備，為海上邊境司令部執行不同類型的空中任務，維持澳洲海域安全。該司令部租賃空中機隊，包含 10 架配備專業監偵設備的達梭 8 型定翼機，每年提供 13,500 至 15,000 小時的飛行時間，合約內容包含飛行員、設備操作員、觀測員及飛機的所有地勤和維保。此外，該單位也承租一架貝爾 412 直升機和松鼠直升機（Squirrel helicopter），其合約同樣包含人員、監偵設備、維保等，每年的合約飛行時數為 1,250 至 2,200 小時。⁹現行最新的合約，由民間承包 2 架具備 ISR 能力的改裝直升機，為期 8 年共

⁶ “Contractor-Owned, Contractor-Operated Aircraft (manned/unmanned) for Intelligence, Surveillance & Reconnaissance Services,” *GovTribe*, March 27, 2019, <https://reurl.cc/7b0XjN>.

⁷ “The United States Coast Guard Force Design 2028,” *U.S. Department of Homeland Security*, May 27, 2025, <https://reurl.cc/jmW7lM>.

⁸ “Coast Guard Awards Contract to Procure Cutter-Based Unmanned Aircraft System Capability,” *United States Coast Guard*, June 27, 2024, <https://reurl.cc/0avo6A>.

⁹ “OUR AIRCRAFT,” *Australian Border Force Maritime Border Command*, <https://www.abf.gov.au/about-us/what-we-do/border-protection/maritime/our-aircraft>.

2.5 億美元。¹⁰

（三）英國內政部

英國早在 2006 年前便有感於公部門的搜救能力受到預算規模與其他條件限制，無法有效執行其搜救任務，因而於 2006 年宣布一輪新的政府採購服務案，並於 2012 年開始逐步推動，現在的英國直升機搜救服務基本上是由民間公司承包。¹¹

2023 年時 PAL Aerospace 公司承包英國內政部，2024 年 10 月 29 日至 2026 年 1 月 31 日的海上情監偵服務，服務內容包含改裝型達梭 8 型定翼機（架數及飛行時數未公開）、機組人員（飛行員、操作員、觀測員、執法人員）及地勤維保，承包公司亦負責作戰圖像平台（AIMS-C4），即時情資回傳及決策指揮鏈。為期 1 年 3 個月的合約總價為 3,392 萬英鎊，約新臺幣 13.57 億元。¹²

（四）歐盟邊境與海岸警衛隊（Frontex）

早在 2015 年歐盟 Frontex 就已與五間航空公司，簽訂陸上及海上有人機情監偵服務，每家承包商必須至少執行 400 小時的飛行時間。至 2019 年則選定 4 間航空公司，執行陸上及海上情監偵服務，合約時效為 1 年 6 個月，總價格約 600 萬歐元，依當年匯率約為新臺幣 2.01 至 2.07 億元。2023 年，Frontex 與兩間民間公司，簽訂新的陸上及海上有人機監偵合約，合約為期 2 年（可自動續約），其內容包含至少 400 小時的飛行時數，

¹⁰ “Babcock Signs New \$250 Million Contract with Australian Border Force to Keep Nation Safe and Secure,” *Babcock*, September 17, 2025, <https://www.babcock.com.au/news/babcock-signs-new-250-million-contract-with-australian-border-force-to-keep-nation-safe-and-secure/>.

¹¹ “Bristow Emerges as Victor in UK SAR Contest,” *Vertical*, March 26, 2013, <https://verticalmag.com/press-releases/bristow-emerges-as-victor-in-uk-sar-contest/>.

¹² “Strategic Intelligence, Surveillance & Reconnaissance Special Missions Aircraft Managed Service,” *Gov.UK Contracts Finder*, November 25, 2024, <https://www.contractsfinder.service.gov.uk/notice/a2c54da7-d249-4a79-91bb-2ec900b63455>.

合約總價 1,400 萬歐元，約新臺幣 4.9 億元。¹³

二、COCO 模式於軍事領域應用

COCO 模式的軍事應用相比執法應用更為廣泛，尤其現今無人系統盛行，若要由軍方培訓出一批專業操控無人系統的人員，則需耗費系統建置、維保及培訓的成本，尤其以軍事用途來看其亦須考量到執行任務時發生意外的隱性風險成本。

在 2022 年時美國海軍即以試驗性質，在波斯灣（Arabian Gulf）部署多艘無人船形成海上網絡，進行影像監控、異常船隻航線動向及資料收集，強化美海軍在該地區的感知能力，資料收集也能累積供作戰中心使用，同時大部分的無人船都是以 COCONO（Contractor-Owned, Contractor-Operated, with Navy Oversight）模式，也就是民間承包商在美國海軍監管下進行操作。¹⁴

除了情監偵外，2022 年美國空軍也與亨廷頓英格爾斯工業（Huntington Ingalls Industries, HII）簽約，為美國駐歐洲及駐非洲空軍進行為期 16 個月的空戰訓練，由 HII 擬定訓練計畫，其中包含與當地政府、司令部及相關單位的協調整合，HII 也與合作夥伴向美國空軍提供 A-4 天鷹式（Skyhawk）攻擊機，作為假想敵，並由 HII 及合作夥伴提供駕駛人員。¹⁵從美國來看，COCO 模式的軍事應用是相當靈活且多元，且隨著無人系統的蓬勃發展，美國也開始擴大徵求 COCO 模式的無人系統承包，除了上述的無人船，無人機的 COCO

¹³ “New Frontex contracts for aerial surveillance flights,” *Abolish Frontex*, November 25, 2024, <https://abolishfrontex.org/blog/2023/10/02/new-frontex-contracts-for-aerial-surveillance-flights/>.

¹⁴ “Navy Developing New Mesh Network of Robo-Ships Enabled by Sensors, AI and the Cloud,” *Defense Scoop*, October 13, 2022, <https://defensescoop.com/2022/10/13/navy-developing-new-mesh-network-of-robo-ships-enabled-by-sensors-ai-and-the-cloud/>.

¹⁵ “HII Concludes COCO Air Combat Training Mission with USAFE-AFACRICA,” *Airforce Technology*, March 4, 2022, <https://www.airforce-technology.com/news/hii-coco-air-combat-training/?cf-view>.

ISR、測繪和資料分析都包含在其中。¹⁶

其他國家，例如 2017 年加拿大民間公司也獲得「空中訓練服務合約」(Contracted Airborne Training Services, CATS)，由民間公司制定專業假想敵訓練計畫，協助加拿大皇家空軍進行假想敵訓練，且原 10 年的承包合約，已延長至 2031 年。¹⁷

三、臺灣軍民合作的COCO模式應用

從上面 COCO 模式提供的各類型服務，從執法到軍事，情監偵到假想敵訓練，都顯示現行民間的技術及量能早已能為國防及國安提供協助。由於臺灣資源有限，僅依靠政府單位執行各種救災、國防、執法任務，在面對加劇的天災及中國不斷的侵擾威脅，早已面臨相當大的挑戰及壓力，且財政預算資源有限及採購流程繁瑣，都難以即時獲取最好的軟硬體。因此，依臺灣環境，COCO 模式可應用於下列領域。

(一) 情報、監控、偵查

臺灣目前對於周邊海域的掌控，多以陸基雷達及船艦雷達為主。雷達雖能掌握海域船隻動向，惟當需要進行辨識時，則需要靠近或依天候釋放無人機進行識別。雖然無人機能夠執行部分小範圍偵蒐，但由於其載重限制，無法搭載偵蒐範圍更大的設備，因此不論海軍或海巡署均缺乏有效大範圍的高空偵察手段。

然而，海軍或海巡署要自建機隊必須耗費龐大建置費及後續的人力維保經費，同時機載設備若要更新亦須經過一系列的採購流程，其時間上遠不及民間更新速度。因此以 COCO 模

¹⁶ “Enhancing Battlefield Intelligence: Contracted Uncrewed ISR Services with Aerosonde® UAS,” *Textron System*, September 10, 2024, <https://www.textron.com/our-company/news-events/articles/news/enhancing-battlefield-intelligence-contracted-uncrewed-isr>.

¹⁷ “With F-35 Deal Pending, Top Aces Prepares for More Advanced Adversary Training,” *Skiesmag*, July 7, 2022, <https://skiesmag.com/news/f35-deal-pending-top-aces-prepares-more-advanced-adversary-training/>.

式，由民間廠商協同海巡及海軍共同執行 ISR 任務，能藉此降低建置成本、加速技術更新並減輕人力負擔，抑或結合民間衛星公司的服務，並獲取更好的執行效益。

（二）無人機操作

明（2026）年，國軍預計採購 5 款共 48,750 架無人機，雖然多數為自殺型和攻擊型，但仍有監偵型 710 架，規劃於明年及後（2027）年完成交付。¹⁸如加上軍用商規的陸用型、艦載型監偵無人機和目獲型無人機，國軍預計將擁有超過千架非攻擊型無人機。這些無人機都由軍方操作及訓練，需要長期投入大量後勤及人力成本，同時以現行採購程序無法跟無人機的技術更迭。

對此，可借鏡美國 COCONO 的方式，僅採購少量無人機，而多數無人機 ISR 任務可以在海軍監控下，由臺灣無人機廠商承包，包含操作人員、維護、資料傳輸、通訊及飛行時數等。軍方以購買服務為主，降低維護及人員成本，同時廠商為能持續獲得合約，必須持續更新技術，對國軍而言也能將技術落差、操作失誤及責任承擔風險轉嫁給承包商，相較於自行採購及維保，此模式更具成本效益與彈性。

¹⁸ 〈國軍明年起大買 5 款 48750 架無人機有進度！軍備局 27 日辦徵商說明會〉，《自由時報》，2025 年 11 月 24 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/5256086>。

發行人 / 霍守業

總編輯 / 柯承亨

主任編輯 / 洪子傑 執行主編 / 梁書瑗

助理編輯 / 舒孝煌、黃宗鼎、許智翔、林柏州、洪銘德、周若敏