

編輯報告

整體飛彈防禦（Integrated Missile Defense, IMD）係指透過整合感測、指揮管制、攔截系統與多層防禦架構，以因應彈道飛彈與巡弋飛彈威脅之防禦體系。其發展起源可追溯至冷戰時期，美蘇兩大陣營面對洲際彈道飛彈（ICBM）與核武擴散的威脅，開始嘗試建立反飛彈能力。然而，由於飛彈防禦在早期被視為可能破壞「相互保證毀滅」（Mutually Assured Destruction, MAD）之核威懾平衡，最終促成 1972 年《反彈道飛彈條約》（*Anti-Ballistic Missile Treaty, ABM Treaty*）的簽署，對飛彈防禦系統的部署施加嚴格限制。

1980 年代，美國提出「戰略防禦倡議」（Strategic Defense Initiative, SDI），首次系統性構想多層、整合式的飛彈防禦架構，雖多數技術未能即時實現，但在感測器、指揮管制與系統整合方面，為後續整體飛彈防禦奠定理論與技術基礎。冷戰結束後，國際安全環境轉變，飛彈威脅重心由全面核戰轉向來自區域國家與非對稱威脅的有限飛彈攻擊，使飛彈防禦的政治阻力相對降低。

進入 21 世紀後，隨著美國於 2002 年退出 ABM Treaty，整體飛彈防禦正式進入實際部署階段，核心特徵包括多層攔截、跨領域整合及盟國間系統互通與資訊共享。當代整體飛彈防禦可說是結合戰略、科技與聯盟政治的綜合防禦體系，對全球與區域安全格局產生深遠影響。本特刊旨在剖析當前相關重點國家（或地區）及我國的整體飛彈防禦構建規劃，透過對各國（或地區）發展進程的研究，期能提供我國後續執行與精進參考。

本特刊計八篇，第一篇回顧「整體飛彈防禦」發展歷史，並檢視複合威脅、感測、指管、擊殺、裝備與科技等當前發展趨勢。第二篇探討美國總統川普宣布建構「金穹」（Golden Dome）飛彈防禦

系統，目標在2028年前建立整合太空、地面與AI的多層次防衛網，應對中俄的核武與高超音速飛彈威脅。當前此計畫面臨國會撥款、供應鏈與軟體系統整合等挑戰，能否克服將決定「金穹」計畫究竟是不是一道堅不可摧的防衛之盾。第三篇探討烏克蘭空防歷經科技落後及缺乏整合的蘇聯遺產，2014年克里米亞危機，強烈的意識到傳統防空網的脆弱性，俄烏戰爭爆發後，面對人類歷史上首次的大規模無人機與飛彈飽和攻擊，烏克蘭被迫在戰火中迅速轉型。第四篇探討中共逐步建立涵蓋彈道飛彈、巡弋飛彈與高超音速武器的分層防禦能力，結合陸基攔截飛彈、遠程預警雷達與太空感測技術，並強調與反衛星、戰略預警能力的整合。第五篇探討歐洲由德國主導「歐洲天盾倡議」（European Sky Shield Initiative, ESSI），整合歐洲多國防空與飛彈防禦能力，以因應彈道飛彈、巡弋飛彈及無人機等空中威脅，透過共同採購與部署多層防禦系統，建立跨國、分層且具成本效益的防禦網絡，並強化北約框架下的協同防禦。第六篇探討日本的核心架構為日美共同建構的多層防禦系統，包括海基中段攔截與陸基末段防禦，同時強化早期預警雷達、太空感測與指管通情等整合能力。日本亦配合安全政策調整，發展具威懾性的反擊能力，以補足防禦限制。第七篇探討以色列以多層飛彈防禦體系為架構，結合即時預警、快速指管與攔截，因應火箭彈、短中程彈道飛彈，乃至遠程與部分高空威脅。第八篇探討我國總統賴清德先生於2025年雙十國慶演說，提出加速打造「臺灣之盾」（T-Dome），因應彈道飛彈、巡弋飛彈、火箭彈與無人載具等多元威脅，建立分層、整合式飛彈防禦體系，強調即時偵測、快速攔截與聯合作戰，並論述我國應導入模組化開放系統架構、共通資料標準及前期智慧財產權與授權管理。

整體飛彈防禦構建回顧與發展趨勢

白捷隆

國家安全研究所

壹、前言

整體飛彈防禦（Integrated Missile Defense）不僅是現代軍事科技的尖端展現，更是大國間戰略心理博弈的核心。從 1944 年納粹德國以 V-2 火箭對倫敦實施恐怖轟炸開始，人類防禦思維便從二維平面防空，躍升至三維的彈道截擊。整體飛彈防禦系統的發展，實質上反映人類對於「絕對安全」的追求與科技極限的挑戰。在冷戰時期，這是一場關於核毀滅的生存競賽；進入 21 世紀，這場競賽演變為涵蓋網路、太空、電磁脈衝與人工智慧等的「多域防衛戰」。

隨著 2022 年俄烏戰爭爆發，傳統防空邏輯面臨前所未有的極限測試。極音速飛彈的非線性軌跡、匿蹤巡弋飛彈的低空滲透，以及每架僅需數萬美元的自殺式無人機所構成的「飽和攻擊」，正迫使各國防務規劃者重新定義「成本交換比」（Cost-Exchange Ratio）。本文將從構建規劃的視角，剖析整體飛彈防禦從起源到最新趨勢的演進過程，同時探究技術背後的戰略權衡。

貳、飛彈威脅與早期應對

一、冷戰前期的威脅圖譜

1940 年代末至 1960 年代，飛彈威脅的特點是高毀滅性，但導引粗糙。當時的技術主軸集中在洲際彈道飛彈（Intercontinental Ballistic Missile, ICBM）與潛射彈道飛彈（Submarine-Launched Ballistic Missile, SLBM）的突破。

（一）威脅載具與動力：早期 ICBM 如蘇聯 R-7 採用液體火箭

燃料，這意味飛彈發射前需經漫長且危險的灌注過程，不僅反應速度慢，且易被衛星偵獲。¹隨後固體燃料的普及，如美國 ICBM「民兵」（Minuteman）系列，使飛彈能儲存於加固窖井中隨時待命，徹底改變了核打擊的隱蔽性與反應時效。²

（二）導引與軌跡：此時期尚無全球定位系統（Global Positioning System, GPS），飛彈完全依賴內部的慣性導航系統（Inertial Navigation System, INS），利用精密陀螺儀計算偏移量。這導致中遠程飛彈的圓形機率偏差（Circular Error Probable, CEP）高達數公里。³為了彌補精度不足，這些飛彈幾乎全部搭載數百萬噸級的核彈頭，目標在摧毀整個城市或核彈井陣地。其彈道遵循嚴格拋物線規律，一旦推進器關機，彈頭便進入慣性滑行狀態，其路徑在數學上可以完全預測。

（三）主要研發國家：美國與蘇聯是最初的雙極玩家。隨後英國、法國與中國分別在 1960 年代末掌握核三位一體打擊能力，形成初期的核武俱樂部，使全球戰略平衡陷入較為複雜敏感的狀態。

二、國際管控制度設立

1972 年簽署的《反彈道飛彈條約》（*Anti-Ballistic Missile Treaty*, ABM Treaty）是維持冷戰穩定最重要的法律框架，其核心的邏輯在於維持「相互保證毀滅」（Mutual Assured Destruction, MAD）。若雙方都具備完善的防禦系統，將會產生發動首輪核打擊的誘因，因防禦方可攔截敵方剩餘的反擊力量，而為了打破這種惡性循環，美蘇協議限制防禦陣地的數量與地點，從而確保誰也不敢

¹ Asif A. Siddiqi, *Challenge to Apollo: The Soviet Union and the Space Race, 1945-1974* (Washington, DC: NASA History Division, 2000), pp. 158-160, <https://history.nasa.gov/SP-4408pt1.pdf>.

² National Park Service, "History of Minuteman Missile Sites," *Minuteman Missile National Historic Site*, last updated 1995, <https://npshistory.com/publications/mimi/srs/history.htm>.

³ 〈慣性導航完全解析：從核心原理到誤差修正與未來應用〉，《AmiNext 中文網》，2025 年 5 月 1 日，<https://www.aminext.blog/post/inertial-navigation-system-explained>。

輕易發動戰爭。⁴

三、飛彈防禦早期因應

（一）感測與預警：為了應對拋物線彈道，美蘇建立了龐大的遠程預警雷達（Ballistic Missile Early Warning System, BMEWS）。這些雷達站通常部署於北極圈或邊境，體積如同數個足球場，能在飛彈升空後提供約 15 至 30 分鐘的預警時間。這段時間對於決策者決定是否發動報復性打擊至關重要。

（二）攔截方式：當時的計算能力無法支持「碰撞擊殺」（Hit-to-Kill）。因此，如美國的「奈基—宙斯」（Nike-Zeus）或蘇聯的 A-135，攔截策略是「以核制核」。攔截飛彈搭載中子彈頭，在太空邊緣引爆，利用核爆產生的強大 X 射線、中子流與電磁脈衝（Electromagnetic Pulse, EMP），直接癱瘓或偏轉來襲的敵方彈頭，而非物理碰撞。這種防禦方式雖然有效，但也會對己方通訊與衛星造成嚴重干擾。⁵

（三）指管體系：以美國北美防空司令部（North American Aerospace Defense Command, NORAD）為代表，早期指管體系高度依賴人工判讀、電話熱線與初級的大型計算機，決策鏈較長，容錯空間極小。

（四）反飛彈能力發展：美國的愛國者飛彈（PAC）最初在 1970 年代研發是為了防禦飛機，進入 1980 年代，開始研發 PAC-1 版本，這是第一種具備初步攔截短程戰術彈道飛彈能力的野戰系統，使飛彈防禦從保護戰略城市轉向戰區部隊。⁶另外，美國雷根總統於 1983 年提議開發一套能從太空攔截蘇聯飛彈的全面防禦系統，宣告

⁴ “The Anti-Ballistic Missile(ABM) Treaty at a Glance,” *Arms Control Association*, December 2020, <https://www.armscontrol.org/factsheets/abmtreaty>.

⁵ “Antiballistic Missile Defense Systems,” *EBSCO*, last updated 2022, <https://www.ebsco.com/research-starters/military-history-and-science/antiballistic-missile-defense-systems>.

⁶ “Patriot,” *CSIS*, last updated August 23, 2023, <https://missilethreat.csis.org/system/patriot/>.

啟動戰略防禦倡議（Strategic Defense Initiative, SDI），首次系統性構想多層、整合式的飛彈防禦架構，包含雷射武器、粒子束武器與天基攔截器（Space-based interceptors）等，⁷雖多數技術未能即時實現，但在感測器、指揮管制與系統整合方面，為後續整體飛彈防禦奠定理論與技術基礎。

參、整體飛彈防禦構建回顧

一、威脅種類與能力的轉化

冷戰結束後，大規模核戰風險降低，飛彈威脅重心由全面核戰轉向來自區域國家與非對稱威脅的有限飛彈攻擊，使飛彈防禦政治阻力相對降低。1990 至 2010 年代，飛彈技術擴散更加肆虐。

（一）威脅多元化：1991 年波灣戰爭中，伊拉克的「飛毛腿」（Scud）飛彈展示了區域性飛彈威脅的破壞力。這類威脅不再追求跨洲打擊，而是鎖定區域內政經要點。同時，GPS 衛星導引成熟，讓巡弋飛彈（如美國戰斧飛彈）具備了「精準外科手術式」的打擊能力，CEP 縮減至 10 公尺以內。⁸

（二）技術擴散：北韓（大浦洞、火星系列）、伊朗（流星系列）與印度、巴基斯坦等國，透過逆向工程與自主研發，掌握固體燃料與多目標彈頭重返載具（Multiple Independently Targetable Re-entry Vehicle, MIRV）技術。這意味著防禦方必須面對更多樣化的發射源與更複雜的突防手段，威脅已從「單點對抗」演變成為「區域多點滲透」。

二、防禦系統從感測到指管迭代

此時期是飛彈防禦「數位化」與「實戰化」的巔峰，感測器與

⁷ “Strategic Defense Initiative (SDI), 1983,” *U.S. Department of State*, January 20, 2009, <https://2001-2009.state.gov/r/pa/ho/time/rd/104253.htm>.

⁸ “Tomahawk,” *CSIS*, last updated April 23, 2024, <https://missilethreat.csis.org/missile/tomahawk/>.

攔截彈等裝備實現了質的大幅飛躍。

（一）感測系統：天基紅外線系統（Space-Based Infrared System, SBIRS）取代了老舊的飛彈預警衛星（Defense Support Program, DSP），能精確區分飛彈發射時的熱源特徵與環境背景雜訊。⁹陸基方面，主動電子掃描陣列（Active Electronically Scanned Array, AESA）雷達（如美軍 AN/TPY-2）具備極高的掃描速率，能同時追蹤上百個目標，並具備分辨真假誘標（Decoy）的能力。

（二）攔截裝備：進入「碰撞擊殺」（Hit-to-Kill）時代。微電子技術發展讓攔截器具備自主尋標能力，不必再依賴核爆。美軍的代表裝備包括：大氣層外的標準三型（SM-3）、陸基中段防禦系統（Ground-Based Midcourse Defense, GMD），負責在太空階段將彈頭撞毀；中低層防禦的薩德（Terminal High Altitude Area Defense, THAAD）負責高空末端，愛國者三型（PAC-3）負責低空末端。這構成了完整的「分層防禦」體系。

（三）指管與整合：以美國飛彈防禦署（Missile Defense Agency, MDA）推動的連網工程為首，開發戰區高空防禦指揮系統。然而，此時期的不同系統（如陸軍的愛國者與海軍的宙斯盾）雖然能共享數據，但仍缺乏真正的「深度整合」，兩套系統無法直接共享同一發射控制邏輯。

三、此時期國際管控制度之演變

2002 年，美國因應流氓國家與非傳統威脅的興起，正式退出 ABM 條約。¹⁰這一舉動開啟了全球飛彈防禦網的部署潮，但也引發了俄羅斯與中國對於戰略平衡被打破的擔憂。隨後，2019 年《中程

⁹ “Fact Sheet: Space Based Infrared System,” *United States Space Force*, March, 2023, <https://www.spaceforce.mil/about-us/fact-sheets/article/2197746/space-based-infrared-system/>.

¹⁰ “The Anti-Ballistic Missile (ABM) Treaty at a Glance,” *Arms Control Association*, last reviewed December, 2020, <https://www.armscontrol.org/factsheets/anti-ballistic-missile-abm-treaty-glance>.

飛彈條約》（*Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty*, INF Treaty）因美國與俄羅斯雙方互指違約而失效，¹¹直接導致陸基中程飛彈重回歐洲與亞洲戰場，防禦壓力驟增。

肆、整體飛彈防禦發展趨勢

一、俄烏戰爭後的空中威脅分析

2022 年爆發的俄烏戰爭是現代戰爭史的轉捩點，揭示了防空系統在面對「高低搭配」威脅時的脆弱。

（一）極音速變軌威脅：極音速飛彈（Hypersonic Missile 如俄軍「匕首」Kh-47M2 Kinzhal）具備在高速下進行水平或垂直機動變軌的能力，這意味著它們不遵循拋物線，故傳統雷達的「彈道預測算法」完全失效。這種飛彈的負載大、衝擊動能極強，對航空母艦或指揮中心具備毀滅性打擊力。¹²

（二）飽和式無人機攻擊：自殺式無人機（如伊朗「沙赫德」Shahed-136）與無人機蜂群，雖然單體破壞力有限，但成本交換比極具殺傷力。使用價值 300 萬美元的愛國者飛彈攔截一架 2 萬美元的無人機，在長期消耗戰中是不可持續的。此外，敵方會利用廉價無人機先行誘發防禦方雷達開機並消耗彈藥，隨後再發射高價巡弋飛彈進行致命一擊。

（三）破壞威脅各有特性：彈道飛彈、極音速武器具有高破壞性與高殺傷性；匿蹤巡弋飛彈、貼地飛行無人機難以偵測，具較高隱蔽性；小型無人機蜂群、遠程多管火箭的飽和性運用，則可造成敵方高度消耗。

¹¹ “The Intermediate-Range Nuclear Forces (INF) Treaty at a Glance,” *Arms Control Association*, last reviewed August, 2019, <https://www.armscontrol.org/factsheets/intermediate-range-nuclear-forces-inf-treaty-glance>.

¹² “Hypersonic Weapons: Background and Issues for Congress,” *Congressional Research Service*, last updated February 9, 2024, <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45811>.

二、AI 驅動整合的指管系統

未來的指管（C2）系統將從「連網」進化為「融合」，人工智慧（AI）扮演關鍵核心角色。

（一）指管融合系統：美國的整合戰鬥指揮系統（Integrated Battle Command System, IBCS）是目前全球最先進的整合防空指管系統，其核心在於「任何感測器對應任何發射器」。它能自動將海軍、空軍、陸軍的感測數據融合成一張單一的、無延遲的空情圖。¹³

（二）AI 自動化決策：當數百個目標同時出現在雷達螢幕上，AI 演算法將根據威脅等級、飛行速度、攔截彈剩餘數量與「成本交換比」自動分配任務。如 AI 可能會建議：使用電子干擾應對低價無人機，將昂貴的攔截彈保留給高威脅的極音速彈頭，從而避免防禦系統被輕易耗盡。

三、感測器全域擴展趨勢

未來的感測體系將打破單一雷達站的局限，擴展成全域式與分布式，甚至社會化運用。

（一）天基監視層：部署數以千計的低軌衛星（Low Earth Orbit Satellite, LEO），監控極音速飛彈全路徑的紅外線訊號，這種衛星群具備「打不完、攔不住」的特點。

（二）分散式與低成本感測：利用長滯空無人機作為空中雷達站，彌補地面雷達受地形阻隔的盲區。

（三）烏克蘭模式的社會化感測：烏克蘭民眾透過智慧型手機 App 即時回報各種空中威脅。這類數據雖然精度有限，但經 AI 處理後能形成極具價值的低空追蹤網絡，專門對抗低速巡弋飛彈與無人

¹³ “Future Ready Command and Control,” *Northrop Grumman*, accessed May 14, 2026, <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/missile-defense/integrated-battle-command-system-ibcs/future-ready-command-and-control>.

機。¹⁴

四、資訊傳遞韌性發展趨勢

擊殺鏈的強弱取決於資訊鏈路（Data Link）的防護與穩定度。

（一）加密與抗干擾：現代通訊鏈路具備高度跳頻與寬頻帶特性，讓敵方無法預測下一個訊號頻率，並透過數位簽章機制，確保每一條指令皆來自授權終端。防止敵方截獲指令、實施電子壓制或欺騙干擾（Spoofing）與偽造假命令。

（二）雷射光學通信技術：為了應對飽和的電磁干擾環境，衛星間及衛星與地面的通訊正轉向自由空間光學（Free-Space Optics, FSO）通訊，利用極細的雷射束進行點對點傳輸，物理上幾乎不可能從側向截獲或干擾。雷射鏈路具備方向性強、頻寬大、無法被傳統無線電偵測與干擾的絕對優勢，是未來擊殺鏈的命脈。¹⁵

五、各類軟硬殺分層防衛趨勢

面對多種類高低搭配與複合式、飽和式空中威脅，防禦手段正從單一飛彈，走向物理摧毀（硬殺）與電磁干擾（軟殺）等的深度融合，除了原有的反飛彈系統、中短程防空飛彈、防空機砲與自動化遙控武器等之外，各類新創攔截科技持續發展：

（一）高端攔截器：發展大氣層外攔截極音速目標的專門截擊彈。¹⁶

（二）導引防空火箭：將廉價的 70 毫米火箭彈加裝雷射導引頭，以極低成本達成精準攔截。¹⁷

¹⁴ “Ukraine’s Anti-Missile App -- eΠΠΟ,” Youtube, November 18, 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=r7dqpUC2S9s>.

¹⁵ “Enabling the Future of Space Communication with Laser Links,” *Payload Space*, September 20, 2023, <https://payloadspace.com/enabling-the-future-of-space-communication-with-laser-links/>.

¹⁶ 〈美日共同研發極音速攔截彈 各出 5 成技術細節曝光〉，《自由時報》，2026 年 4 月 24 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/5414364>。

¹⁷ 〈EAGLS 搭配導引火箭 精準摧毀無人機〉，《青年日報》，2026 年 1 月 17 日，https://www.ydn.com.tw/tw/News/ugC_News_Detail.aspx?ID=626329。

（三）高性價比硬殺：運用皮卡化機動防空單元（Mobile Fire Groups），如烏克蘭展示了將重機槍或輕型機砲安裝於機動皮卡上，搭配簡易熱顯像儀，能有效且廉價地摧毀 Shahed 等無人機。¹⁸

（四）定向能武器（Directed-Energy Weapon, DEW）：這是改變遊戲規則的武器，高能雷射每次射擊成本僅約數美元，且「彈藥」近乎無限，是應對蜂群攻擊的最佳解方。¹⁹

（五）高功率微波與 GPS 干擾：微波武器能瞬間燒毀大範圍無人機的電子控制板；而針對特定頻段的 GPS 誘騙，發送偽造定位信號接管飛彈導航系統，則能使敵方飛彈在終端導引階段失去目標，陷入盲飛。²⁰

伍、結語

探討整體飛彈防禦體系之構建，必須體認已不再是單獨的武器性能競賽，而是關於「數據優勢」與「經濟消耗」的全方位對抗。未來的飛彈防禦必須具備高度的融合彈性，靈活運用 AI 決策、分散式感測與多元軟、硬殺攔截手段。在極音速武器與無人機蜂群擅場的情境下，雖不易建構「絕對無法穿透」的護盾，但仍可透過科技迭代與整合，型塑「讓敵方攻擊成本高到無法承受」的戰略效應，以使妄動之敵付出得不償失代價。

本文作者白捷隆為政治大學碩士，現為財團法人國防安全研究院國防安全研究所委任資深研究員。主要研究領域為後備動員、國防戰略、作戰概念。

¹⁸ “The Fight Against Shaheds: Why Mobile Fire Groups Need to be Modernized,” *Frontliner*, March 6, 2026, <https://frontliner.ua/en/the-fight-against-shaheds-why-mobile-fire-groups-need-to-be-modernized/>.

¹⁹ 〈德「木星」防空系統 強化反無人機能量〉，《青年日報》，2026 年 5 月 10 日，https://www.ydn.com.tw/tw/News/ugC_News_Detail.aspx?ID=634988。

²⁰ 曾怡碩，〈電磁干擾、欺騙衛星偵察、導航與通訊對島嶼防禦的威脅與因應〉，《國防情勢特刊》，第 45 期，2025 年 12 月 15 日，<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=13&resid=3041&pid=5714&typeid=3>。

Construction Review and Development Trend of Integrated Missile Defense

Chieh-Lung Pai

Division of National Security research

Abstract

Missile defense is not only a cutting-edge display of modern military technology, but also the core of strategic psychological competition between major powers. Since the Nazi German V-2 bombing of London in 1944, human defensive thinking has leaped from two-dimensional planar air defense to three-dimensional ballistic interception. The development of missile defense systems essentially reflects humanity's pursuit of "absolute security" and the challenge to the limits of technology. During the Cold War, this was a survival race against nuclear annihilation; in the 21st century, this race has evolved into a "multi-domain defense war" encompassing cyberspace, space, electromagnetic pulse, and artificial intelligence etc..

With the outbreak of the Russia-Ukraine war in 2022, traditional air defense logic faced an unprecedented and devastating test. The non-linear trajectories of hypersonic missiles, the low-altitude penetration of stealth cruise missiles, and the "saturation attacks" posed by suicide drones costing only tens of thousands of dollars, each is forcing defense planners worldwide to redefine the "cost-exchange ratio." This article will analyze the evolution of missile defense from its origins to the latest trends in 2026 from the perspective of planning and construction, while exploring the strategic trade-offs behind the technologies.

Keywords: Integrated Missile Defense, Ballistic Missiles, Cost-Exchange Ratio, ABM Treaty, INF Treaty

美國「金穹」計畫之解析

林超倫

網路安全與決策推演研究所

壹、前言

2025 年 1 月 27 日，美國總統川普簽署正式啟動「金穹」計畫（Golden Dome），這項計畫並非過去美國飛彈防禦局（Missile Defense Agency, MDA）任何專案的延續，而是美國國防戰略（National Defense Strategy, NDS）自冷戰結束以來最大的一項計畫，該計畫曾被簡單地描述為「美國版的鐵穹」（Iron Dome），但其規模、技術水準與戰略意圖遠超過以色列，期盼將美國本土轉化為一個堅不可摧的堡壘（Homeland Fortress）。¹

另外川普政府更設定極具野心的時間表，要求此一計畫在 2028 年前完成並開始運作，這一期限與美國情報界評估中共可能具備攻臺能力的「戴維森窗口」（Davidson Window）之時間點高度重疊，顯示「金穹」計畫不僅是防衛性的，更是在未來可能的大國衝突中，賦予美國決策者更大的行動自由。²

貳、威脅環境評估

推動「金穹」計畫的動力，來自五角大廈對現有「陸基中段防衛系統」（Ground-Based Midcourse Defense, GMD）已經無法應對俄羅斯、中國等新型戰略武器之務實評估。

一、俄羅斯

¹ Andrew Facini, Mallory Stewart, “We Might Regret Golden Dome’s Greatest Ambition,” *War on the Rocks*, December 11, 2025, <https://warontherocks.com/2025/12/we-might-regret-golden-domes-greatest-ambition/>.

² Noah Robertson, “How DC Became Obsessed with a Potential 2027 Chinese Invasion of Taiwan,” *Defense News*, May 7, 2024, <https://www.defensenews.com/pentagon/2024/05/07/how-dc-became-obsessed-with-a-potential-2027-chinese-invasion-of-taiwan/>.

俄羅斯為了反制美國的防衛優勢，致力開發無法被攔截的「超級武器」；例如，俄羅斯總統普丁於 2025 年 11 月高調宣稱已成功測試「海燕」(SSC-X-9 Skyfall) 飛彈。³

(一) 該飛彈搭載核動力裝置，理論上可具備「無限射程」，測試顯示其飛行時間長達 15 小時，覆蓋距離超過 1 萬 4000 公里，發射地點位於新地島 (Novaya Zemlya)。

(二) 不同於彈道飛彈的高空拋物線，「海燕」飛彈採低空、隨地形起伏的飛行模式，能夠躲避岸基雷達偵測，且因核動力特性可繞過美國防衛網的攔截區，從美國防衛較為薄弱的「南方」發動攻擊。

(三) 該武器也被稱為「飛行的車諾比」，在命中目標或墜毀時存在極高的核子輻射外洩，事實上也是一種極端破壞環境的武器。

俄羅斯另一種武器為「波塞頓」(Poseidon) 核魚雷，這是一種具有跨洲際射程的無人潛航器，可以引發放射性海嘯，摧毀美國沿海城市與海軍基地，完美規避空中防衛系統。⁴

二、中國

中國的威脅則來自於數量優勢與太空控制能力的整合。⁵

(一) 中國在軌道上已經擁有超過 1000 顆衛星，其中近半數用於情報、監視與偵察 (ISR)，這個龐大的網路被稱為「殺傷網」，意在隨時鎖定美軍全球部署，且似乎在此次美以聯軍打擊伊朗過程中協助伊朗標定美軍目標。

³ Patrycja Bazylczyk and Hannah Freeman, "Russia's Nuclear-Powered Burevestnik Missile: Implications for Missile Defense," CSIS, November 4, 2025, <https://www.csis.org/analysis/russias-nuclear-powered-burevestnik-missile-implications-missile-defense>.

⁴ Raymond Wang and Lachlan MacKenzie, "Golden Dome for America: Assessing Chinese and Russian Reactions," CSIS, November 20, 2025, <https://www.csis.org/analysis/golden-dome-america-assessing-chinese-and-russian-reactions>.

⁵ Andrew Jones, "China Launches TJS-21 towards Molniya Orbit, Lofts Trio of Shijian-30 Spacecraft," *SpaceNews*, November 24, 2025, <https://spacenews.com/china-launches-tjs-21-towards-molniya-orbit-lofts-trio-of-shijian-30-spacecraft/>.

（二）2025 年中國「實踐」（Shijian）系列衛星發射頻率激增，這些衛星具備機械臂、燃料補給等雙重用途，顯示其具備捕捉或破壞美國預警衛星的「反太空」（Counter-space）能力。

（三）高超音速與部分軌道轟炸系統（Fractional Orbital Bombardment System, FOBS）：中國發展的高超音速滑翔載具（Hypersonic Glide Vehicle, HGV）結合部分軌道轟炸系統，能在重返大氣層前進行機動變軌，使傳統防空彈道計算失效，導致無法有效攔截。⁶

三、美國自身面對的挑戰

另外美國自身面對庫存不足、成本交換比過高以及武器對目標自動分配的挑戰，需要有效檢討與因應。

（一）庫存不足：在 2025 年 6 月為期 12 天的以色列與伊朗戰爭中，美軍就消耗約 150 枚薩德攔截飛彈（Terminal High Altitude Area Defense, THAAD）與 80 枚標準三型（SM-3）飛彈，生產力的不足導致庫存枯竭（加上 2026 年 2 月 28 日開始的美以聯軍打擊伊朗之戰，導致庫存更顯困難）。⁷

（二）成本交換比：美軍過去曾用 400 萬美元的飛彈擊落 2 萬美元的 Shahed 無人機，⁸這種不對稱在面對數千架無人機蜂群戰術時將使情況更為嚴重，故「金穹」計畫也必須解決這種「成本交換」嚴重不符比例的問題。⁹

⁶ Ritwik Gupta, “Orbital Hypersonic Delivery Systems Threaten Strategic Stability,” Bulletin of the Atomic Scientists, June 13, 2023, <https://thebulletin.org/2023/06/orbital-hypersonic-delivery-systems-threaten-strategic-stability/>.

⁷ Thomas Newdick, “150 THAAD Ballistic Missile Interceptors Fired by U.S. During Iran’s Barrages on Israel: Report,” *The War Zone*, July 25, 2025, <https://www.twz.com/land/150-thaad-ballistic-missile-interceptors-fired-by-u-s-during-irans-barrages-on-israel-report>.

⁸ 「沙赫德」（Shahed）系列無人機是由伊朗沙赫德航空工業公司研發的無人航空載具系列。該系列最廣為人知的是作為「自殺式無人機」（遊蕩彈藥），因其造價低廉、航程遠且能進行群體攻擊，被譽為「窮人的巡弋飛彈」。

⁹ 〈200 萬美元導彈打 1 萬美元無人機！美軍司令抱怨國防部毫無成本概念〉，《Yahoo 奇摩新聞》，2025 年 11 月 24 日，<https://reurl.cc/4lxK2R>。

（三）武器對目標的自動分配：面對高超音速武器（速度超過5馬赫）與無人機蜂群戰術，人類的反應時間幾乎來不及處置，故「金穹」計畫將會高度依賴 AI 進行自動化「武器對目標分配」（Weapon-target pairing），由演算法在極短時間內決定使用何種攔截器去打擊何種目標，以期攔截效率最大化。

參、「金穹」計畫技術架構

為了應對上述威脅與挑戰，「金穹」計畫必須整合太空、空中、地面與網路，成為「系統之系統」（System of Systems）。

一、第一層：太空攔截層

這是計畫中最具野心，也是與過去防衛系統最大的不同之處。

（一）助推段攔截（Boost Phase）：目標是在敵飛彈發射後最初數分鐘，當飛彈發動機仍在燃燒、熱訊號最強且尚未釋放多彈頭（Multiple independently targetable reentry vehicle, MIRVs）或誘餌時進行摧毀，這需要將攔截器部署在太空軌道上，以克服地球曲率限制。

（二）天基攔截器（Space-Based Interceptor, SBI）：美國太空軍系統司令部（Space System Command, SSC）於2025年12月發布了徵求建議書（RFP），計畫要開發動能殺傷（Hit-to-Kill）天基攔截器，將在大氣層外的自由飛行階段進行攔截。¹⁰

（三）技術選擇：美軍目前傾向於「動能撞擊」（Kinetic Energy），而非雷射等「定向能量」（Directed Energy），這是基於技術成熟度與殺傷可靠性的考量，儘管雷射具有無限彈藥的優點，但目前功率維持與大氣衰減上仍有瓶頸。

¹⁰ Mikayla Easley, “Space Force Seeks Info on Midcourse Space-Based Interceptors,” *DefenseScoop*, November 24, 2025, <https://defensescoop.com/2025/11/24/space-force-midcourse-space-based-interceptors-presolicitation/>.

（四）除了 SBI，飛彈防禦局（Missile Defense Agency, MDA）主導的「滑翔階段攔截器」（Glide Phase Interceptor, GPI）也是「金穹」計畫關鍵之一，目的在 HGV 最脆弱的大氣層內滑翔階段進行攔截，未來將整合現有「陸基中段防禦系統」（Ground-Based Midcourse Defense, GMD）、海基神盾系統與愛國者系統，形成一個「整合空中與飛彈防衛」（Integrated Air and Missile Defense, IAMD）體系。

二、第二層：感測與指揮層

（一）Tranche 3 追蹤衛星：美國太空發展局（Space Development Agency, SDA）已經授予價值 35 億美元的合約，由洛克希德馬丁、Rocket Lab、諾斯洛普格魯曼及 L3Harris 四家公司建造 72 枚此等追蹤衛星。¹¹

（二）射控等級數據：這些衛星不僅提供預警，還搭載「中視場」（Medium-field-of-view）攝影機，能生成「射擊控制」等級（Fire-control quality）的精密數據。亦即這些衛星可以直接引導攔截器進行攻擊，無需地面雷達再次確認。

（三）擴增型架構（Proliferated Warfighter Space Architecture, PWSA）：另外部署大量低軌衛星，確保即便部分 Tranche 3 衛星遭中國「殺傷網」摧毀，系統仍能維持運作。

（四）持續監管（Constant Custody）：美國國防高等研究計畫署（Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA）授予 BAE Systems 公司合約開發自動化軟體，以整合政府與商業衛星，該軟體能夠進行「自動重新分配任務」（Automatic Retasking），當一顆衛星失去目標時，自動指揮下一顆衛星接手，確保對敵對高度機動目標

¹¹ Theresa Hitchens, "SDA Awards Four Contracts Worth \$3.5B for Next-Gen Missile Tracking Satellites," *Breaking Defense*, December 19, 2025, <https://breakingdefense.com/2025/12/space-development-agency-awards-four-contracts-worth-3-5b-for-next-gen-missile-tracking-satellites/>.

（如移動飛彈發射車）的即時追蹤。¹²

（五）商用通訊骨幹：鑒於軍用頻寬不足，「金穹」計畫將高度依賴商用低軌衛星通訊來傳輸巨量的感測數據。

三、第三層：國土與低空整合層

（一）成立太空軍北方部隊（Space Forces Northern）：美國北方太空部隊（SPACEFOR-NORTH）為美國太空部隊（USSF）之下屬，被指派並隸屬於美國北方司令部（USNORTHCOM），該部隊已於2026年1月30日在科羅拉多州科羅拉多斯普林斯的彼得森太空部隊基地正式成立，目的係為北方司令部提供自主的太空專業知識和能力，以確保美國本土的安全。¹³

（二）反無人機整合（C-UAS）：美國第401聯合跨部會特遣隊（JIATF 401）¹⁴指導官 Matt Ross 准將於2025年12月證實該部隊正計畫將反無人機的數據併入「金穹」計畫，這將使該計畫防衛範圍從彈道飛彈擴大至第三類（Group 3）無人機威脅，期盼同時解決巡弋飛彈與大型自殺無人機之威脅。¹⁵

肆、預算、工業動員與採購革新

為了支持如此龐大的系統，並在2028年前完成部署，美國國防部啟動「戰時體制」的採購模式，打破了傳統國防軍工巨頭壟斷的局面。

¹²Sandra Erwin, “BAE Systems Wins \$16 Million DARPA Award to Advance Autonomous Satellite Tasking,” *SpaceNews*, December 11, 2025, <https://spacenews.com/bae-systems-wins-16-million-darpa-award-to-advance-autonomous-satellite-tasking/>.

¹³ “U.S. Space Forces Northern,” Space Operations Command, accessed February 14, 2026, <https://www.ussf-cfc.spaceforce.mil/US-Space-Forces-Northern>.

¹⁴ 美國第401聯合跨部會特遣隊（JIATF 401）是由美國國防部於2025年8月成立的新單位，取代了先前的「聯合反小型無人機系統辦公室（JCO）」，並被賦予更大的採購與行動權限。

¹⁵ Zita Ballinger Fletcher, “Pentagon Counter-Drone Task Force Plans Golden Dome Link,” *Defense News*, December 23, 2025, <https://www.defensenews.com/unmanned/2025/12/22/pentagon-counter-drone-task-force-plans-golden-dome-link/>.

一、SHIELD 合約（1,510 億美元的工業動員）¹⁶：

首先美國飛彈防禦局（MDA）推出名為「可擴展國土創新企業分層防衛」（Scalable Homeland Innovative Enterprise Layered Defense, SHIELD）的合約機制。¹⁷

（一）合約規模：這是一個「不定交付 / 不定數量」（Indefinite Delivery/Indefinite Quantity, ID/IQ）合約，未來十年的總價值上限高達 1,510 億美元。

（二）廠商數量：截至 2025 年 12 月，MDA 已選定合格供應商從初期的 1,014 家迅速擴增至 2,100 家。

（三）參與企業：名單不僅包含傳統巨頭（如 BAE Systems, L3Harris, General Atomics, Boeing），更納入大量非傳統國防承包商與新創公司（如 Rocket Lab, Anduril），甚至包括以色列 Elbit Systems 的美國分公司，顯示美軍意圖借鑑「鐵穹」的實戰經驗。

（四）技術領域：合約涵蓋 19 個以上的關鍵領域，包括原型設計、武器設計、網路安全、系統工程及資料探勘。

二、採購策略的變革

（一）競爭性任務訂單：SHIELD 不保證每家公司都能獲得資金，而是建立一個「合格池」，MDA 將依據需求發布特定的「任務訂單」（Task Orders），讓這 2,100 家廠商進行快速競標，這給予美國國防部極大靈活性，能隨時考量技術突破或威脅變化調整資金挹注。

（二）商業技術整合：太空軍採購官員 Stephen Purdy 少將強調，「金穹」計畫將大量採用現成的商業技術（如商用衛星、人工智慧

¹⁶ Theresa Hitchens, “MDA Adds 1,086 Firms to Its SHIELD Pool for Golden Dome-Related Tech,” *Breaking Defense*, December 19, 2025, <https://breakingdefense.com/2025/12/mda-adds-1086-firms-to-its-shield-pool-for-golden-dome-related-tech/>.

¹⁷ Stephen Losey, “Pentagon Taps More Than 1,000 Companies That Could Work on Golden Dome,” *Defense News*, December 4, 2025, <https://www.defensenews.com/air/2025/12/03/pentagon-taps-more-than-1000-companies-that-could-work-on-golden-dome/>.

晶片）以降低成本並加快建構之速度。¹⁸

三、關鍵子計畫與資金流向

（一）天基攔截器（SBI）：美國太空軍正透過「其他交易協議」（Other Transaction Authority, OTA）¹⁹及「獎勵競賽」（Prize-based）模式，加速天基攔截器的原型開發。²⁰

（二）人工智慧與數據標註：國家地理空間情報局（National Geospatial-Intelligence Agency, NGA）的「紅杉計畫」（Sequoia Program）授予 Enabled Intelligence 價值 7.08 億美元的合約，利用人工智慧訓練電腦視覺模型，這將成為「金穹」計畫識別目標的基礎。

21

伍、執行挑戰與潛在風險

儘管「金穹」計畫遠大且預算充足，但許多分析也指出了該計畫面臨的嚴峻內部與外部挑戰。²²

一、財政透明度與國會角力²³

（一）「空頭支票」危機：眾議院軍事委員會（HASC）首席民主黨議員 Adam Smith 公開嚴厲抨擊國防部。他指出，儘管行政部門

¹⁸ Theresa Hitchens, “Startup Enabled Intelligence Nabs NGA’s \$708 Million AI Training Contract,” *Breaking Defense*, November 26, 2025, <https://breakingdefense.com/2025/11/startup-enabled-intelligence-nabs-ngas-708-million-ai-training-contract/>.

¹⁹ 「其他交易協議」（Other Transaction Authority, OTA）是美國政府（特別是國防部與能源部）跳脫傳統《聯邦採辦條例》（FAR）限制的一種靈活採購模式。它允許政府直接與公司、學術界或非傳統供應商合作，專注於研究與原型製作，具有速度快、知識產權靈活、商業化條款等優勢，旨在加速先進技術的採購與研發。

²⁰ Easley, “Space Force Set to Release Solicitation.”

²¹ Theresa Hitchens, “Startup Enabled Intelligence Nabs NGA’s \$708 Million AI Training Contract.”

²² B. Chance Saltzman, “General B. Chance Saltzman, Chief of Space Operations: Improving Space Capabilities,” interview by Kari A. Bingen, Center for Strategic and International Studies (CSIS), November 20, 2025, <https://www.csis.org/analysis/general-b-chance-saltzman-chief-space-operations-improving-space-capabilities>.

²³ “Rep. Adam Smith criticizes National Security Strategy, Golden Dome uncertainty,” *Breaking Defense*, December 11, 2025, <https://breakingdefense.com/2025/12/congress-adam-smith-pentagon-ndaa-acquisition-golden-dome/>.

要求巨額預算，但至今未能提供「金穹」計畫的具體支出計畫（Spending Plan）與詳細架構。

（二）預算審查風險：在國會眼中，缺乏細節通常意味著計畫尚未成熟或管理混亂，首席民主黨議員 Adam Smith 更警告，若無明確計畫，國會將可能杯葛撥款，這將導致即使 SHIELD 合約上限很高，實際資金到位仍有變數。

二、工業基礎結構性脆弱

（一）依賴關鍵原料：美國國防工業對釷鈷磁鐵（Samarium-Cobalt Magnets）高度依賴，這種磁鐵是飛彈內部高溫環境下的關鍵零件；然而中國已實施出口管制，若此種物資長期供應鏈中斷，將直接影響攔截飛彈的精準度與產能。²⁴

（二）庫存補充延宕：由於薩德攔截飛彈產能不足，面臨長達數年的交付延宕，顯示在「金穹」計畫尚未完成前的過渡期，美軍現有的防衛能力將持續處於低點。²⁵

三、技術與整合風險

（一）軟體整合難題：「金穹」計畫最大的挑戰不在於單一攔截器的物理性能，而在於如何有效將陸、海、空、太空軍以及情報界等所有的感測器與武器系統整合進入同一個指揮管制（C2）網路，打破軍種藩籬與數據孤立，將是最困難的關鍵之一。²⁶

（二）太空環境風險：部署動能殺傷的天基攔截器，一旦進行測試或實戰，將產生大量太空碎片（Debris）。這可能引發「凱斯勒

²⁴ “How China’s Rare Earth Restrictions Are Rattling the Defense Industry,” *The New York Times*, December 22, 2025, <https://www.nytimes.com/2025/12/22/business/defense-industry-rare-earth-restrictions-china.html>.

²⁵ Theresa Hitchens, “No THAADs ’til 2027: Missile Defense Experts Warn of Interceptor ‘Gap’,” *Breaking Defense*, December 18, 2025, <https://breakingdefense.com/2025/12/no-thaads-til-2027-missile-defense-experts-warn-of-interceptor-gap/>.

²⁶ “Golden Dome: Loosen the Gag Order and Start Talking,” *Breaking Defense*, November 17, 2025, <https://breakingdefense.com/2025/11/golden-dome-loosen-the-gag-order-and-start-talking/>.

效應」(Kessler Syndrome)，危及美國自身的低軌衛星資產與商業太空經濟。²⁷

四、溝通封鎖與信心危機

美國國防部實施的嚴格「封口令」(Gag Order)阻礙了計畫經理(如 Michael Guetlein 將軍)與國會及盟友的溝通。缺乏透明度導致工業界高階管理人無法向股東證明投資回報，甚至部分企業考慮退出「金穹」計畫，擔心政府承諾再次跳票。²⁸

陸、戰略意涵與地緣政治衝擊

「金穹」計畫的推動，不僅是軍事技術的提升，更是一場全球地緣政治的競爭。

一、破壞戰略穩定 (Strategic Stability)

(一)「金穹」計畫若成功，將賦予美國抵銷中、俄洲際彈道飛彈(ICBM)攻擊的能力，這已顛覆自 1960 年代以來維持大國和平的基礎。²⁹

(二)中俄戰略界認為，美國追求「絕對安全」意在剝奪其第二次核打擊能力，從而使美國能無後顧之憂地進行常規干預或核威脅，這將迫使中俄必須採取更激進的反制措施。

二、對手的反制

(一)俄羅斯已加速部署「海燕」核動力巡弋飛彈與「波塞頓」

²⁷ 「凱斯勒現象」(Kessler Syndrome)是由 NASA 科學家唐納·凱斯勒於 1978 年提出的理論，描述近地軌道上太空垃圾密度過高，導致碰撞產生更多碎片，形成連鎖反應般的「碰撞級聯效應」。這將使特定軌道區域變得極度危險，嚴重威脅衛星運作與未來的太空探索，甚至可能在數百年內讓人類無法使用該軌道。

²⁸ Tom Karako, "Golden Dome: Loosen the Gag Order and Start Talking," *Breaking Defense*, November 17, 2025, <https://breakingdefense.com/2025/11/golden-dome-loosen-the-gag-order-and-start-talking/>.

²⁹ Raymond Wang and Lachlan MacKenzie, "Golden Dome for America: Assessing Chinese and Russian Reactions," *CSIS*, November 20, 2025, <https://www.csis.org/analysis/golden-dome-america-assessing-chinese-and-russian-reactions>.

核魚雷，這些武器專為規避「金穹」計畫而設計，普丁將利用這些「末日武器」作為外交談判的籌碼。³⁰

（二）中國則根據美國「金穹」計畫的最新發展，展現出自主創新的能力，除了持續擴充核彈頭至 1000 枚以上，另正發展匿蹤衛星與「部分軌道轟炸系統」，期能避開美軍的防衛優勢。³¹

三、盟友關係的重構

（一）歐洲盟友部分，擔心美國將資源集中於美國本土，意味著對北約防衛承諾的實際收縮，這將促使歐洲加速尋求戰略自主，甚至開始討論建構獨立的核威懾能力。

（二）在印太地區，美軍正尋求將日本、澳洲納入彈藥供應鏈，「金穹」計畫的技術（如反無人機與太空監測）也將成為鞏固印太防衛網的關鍵，但美國也會要求印太盟友分擔更多財政與工業責任。

32

柒、結語

技術上來看，「金穹」計畫的防衛重心從地球表面延伸至太空軌道，試圖透過太空與人工智慧技術，整合分散的防衛資源，達成全領域之防護；而在戰略上，這則是一場高風險之投資，倘若能建置成功，將能有效終止中俄等國的核威脅，建立美國的絕對優勢，倘若失敗（因預算與技術等問題），則可能在耗盡財政資源的同時，引發更危險、更不可控制的核子軍備競賽。無論如何，任何計畫終需

³⁰ John Vandiver, "NATO Is Russia's 'Next Target,' Alliance's Top Leader Warns in Call for Military Buildup," *Stars and Stripes*, December 11, 2025, <https://www.stripes.com/theaters/europe/2025-12-11/nato-russia-war-20057932.html>.

³¹ Sandra Erwin, "U.S. Air Force Secretary Warns China's Space Gains Are Driven by More Than Copying," *SpaceNews*, December 11, 2025, <https://spacenews.com/u-s-air-force-secretary-warns-chinas-space-gains-are-driven-by-more-than-copying/>.

³² Gordon Arthur, "As US Ramps up Munitions Production, South Korea and Australia Want In," *Defense News*, December 15, 2025, <https://www.defensenews.com/global/asia-pacific/2025/12/15/as-us-ramps-up-munitions-production-south-korea-and-australia-want-in/>.

回歸執行面，2026 年至 2028 年將會是此計畫的關鍵期，尤其是 SHIELD 合約能否將文件上的預算數字轉化為真實的攔截器，美國國會是否會因預算細節不足而阻擋撥款，以及工業界能否突破稀土供應鏈、情資與演算法整合的瓶頸，都將決定「金穹」計畫究竟是不是一道堅不可摧的防衛之盾。

本文作者林超倫為海軍退役少將，現為財團法人國防安全研究院網路安全與決策推演研究所委任副研究員。主要研究領域為海事安全與國防科技。

Analysis of the U.S. “Golden Dome” program

Chauluen Lin

Division of Cyber Security and Decision-Making Simulation

Abstract

The “Golden Dome” project, launched by the U.S. in January 2025, is a massive all-domain defense strategy aiming to transform the U.S. homeland into an impenetrable fortress by 2028. It is designed to counter emerging strategic threats, such as Russia’s nuclear-powered “Skyfall” missiles and China’s hypersonic weapons and space-based capabilities.

The system’s architecture consists of three main layers: a space-based interception layer targeting missiles in their boost phase, an advanced sensing and command layer utilizing satellites and AI for automatic target allocation, and a homeland defense layer integrating counter-drone systems. To accelerate deployment, the Pentagon initiated the \$151 billion SHIELD contract, which overhauls traditional procurement by including commercial tech startups and non-traditional contractors.

However, the project faces severe challenges, including congressional skepticism over budget transparency, critical supply chain vulnerabilities (such as reliance on Chinese rare-earth magnets), and complex software integration issues. Strategically, the initiative risks disrupting global strategic stability and could potentially trigger a more dangerous nuclear arms race with adversarial powers.

Keywords: Golden Dome, SHIELD, Space-Based Interceptor

烏克蘭空防建構之研究

高志榮

網路安全與決策推演研究所

壹、前言

烏克蘭繼承了蘇聯時期龐大的防空資產，當時的戰略，高度依賴固定場站與重型裝備，¹缺乏面對現代遭遇電子戰與精準打擊的配套更新做法。

2014 年克里米亞危機與頓巴斯戰爭爆發後，烏克蘭意識到傳統防空網，在電子干擾與小型無人機偵察情況下所呈現的脆弱性，此階段即開始強化自動化指揮控制系統（C2），並試著將蘇聯時期舊有裝備數位化。²因此，在克里米亞及俄烏戰爭爆發過程中，其空防精進作為及戰事發展中的快速劇變，殊值研究。

貳、烏克蘭從克里米亞危機中獲得的警惕

一、電子戰（EW）的毀滅性影響：烏軍發現俄軍能輕易干擾其老舊的蘇聯雷達與通訊系統，防空飛彈雷達車，在沒有提升電子防護能力的狀況下，無法鎖定目標。

二、「混合戰」下的內部威脅：克里米亞的防空單位在戰事初期因通訊被切斷及指揮鏈遭滲透，導致大量官兵叛逃或投降，³這使

¹“Mykhaylo Zabrodskyi/Jack Watling/Oleksandr V. Danylyuk/Nick Reynolds: Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia’s Invasion of Ukraine,” *Researchgate*, April 3, 2023, https://www.researchgate.net/publication/369747579_Mykhaylo_ZabrodskyiJack_WatlingOleksandr_V_DanylyukNick_Reynolds_Preliminary_Lessons_in_Conventional_Warfighting_from_Russia%27s_Invasion_of_Ukraine_February-July_2022_London_Royal_United_Services_Insti.

²“Exporting the ‘Ukrainian Way’: Kyiv’s Battle Tested Playbook Against Iranian Drones,” *Defense.info*, March 15, 2026, <https://defense.info/highlight-of-the-week/exporting-the-ukrainian-way-kyivs-battle-tested-playbook-against-iranian-drones/>.

³“Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia’s Invasion of Ukraine,” *Rusi*, November 30, 2022, <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-conventional-warfighting-russias-invasion-ukraine-february-july-2022>.

烏克蘭意識到指揮鏈的安全性與忠誠度比裝備更重要。

三、無人機偵察的威脅：俄軍利用小型無人機（如 Orlan-10）為砲兵提供精準座標，烏克蘭發現其傳統重型防空飛彈（如 S-300）不僅難以捕捉這些小型低空目標，⁴使後續重要防護能力降低，攔截成本極不對稱。

四、固定陣地的脆弱性：長期駐紮的防空基地，在現代精準導引武器（PGM）攻擊下不易存活，強化機動性，成為生存的最佳條件。

參、克里米亞危機後烏克蘭的空防整備

針對上述警惕，烏克蘭在 2014 至 2022 年的開戰前八年，進行了針對性的整軍：

一、蘇聯遺產的數位化翻修（Modernization）

烏克蘭雖然當時缺乏資金購買歐美新系統，但利用國內發達的雷達工業（如 Iskra 工廠）對舊裝備進行升級：

（一）研發了 79K6 Pelikan 等 3D 行動雷達，提升對低空小目標的偵測及抗干擾能力。

（二）針對大量 S-300 與 Buk-M1 飛彈執行翻新，延長其壽限，並改良電子零件，縮短接戰反應時間。⁵

二、指揮管制系統（C2）的去中心化

為了防止如當時失去克里米亞的指揮系統癱瘓，烏克蘭開發自

⁴ “The Lessons of the Russo-Ukrainian War,” *Potomac Foundation*, July 15, 2015, https://www.scribd.com/doc/274009061/Lessons-Learned-From-the-Russo-Ukraine-War#google_vignette.

⁵ “Glimpses of Early Radar Developments in Ukraine and the Former Soviet Union,” *Researchgate*, September 23, 2016, https://www.researchgate.net/publication/316999387_Glimpses_of_Early_Radar_Developments_in_Ukraine_and_the_Former_Soviet_Union.

動化指揮系統：

（一）將雷達情資數位化及鏈路化，減少對語音通訊的依賴，讓不同單位的防空陣地，能共享敵情座標。

（二）分散指揮權責，授權中下層指揮官在失去上級聯絡時，能依據預設戰術計畫，自主執行防空任務。⁶

三、反無人機與短程防禦強化

烏克蘭意識到低空威脅的嚴重性：

（一）研發輕量化雷達以捕捉俄軍的偵察無人機。

（二）重新整合蘇聯時代的 9K33 Osa（黃蜂）與 2K22 Tunguska（通古斯卡）野戰防空系統，並為步兵配備更多的波蘭製 Piorun 或舊式 Igla 肩射飛彈，強化野戰防空能力。⁷

四、常態化「機動演習」

烏克蘭空軍開始頻繁進行「未經預告的轉場演習」，此做法是烏克蘭最重要的戰備整備，其中包含。

（一）公路起降：訓練 MiG-29 與 Su-27 在民用公路或簡易跑道起降，避免僅仰賴大型機場執行作戰。

（二）野外部署：防空連不再以固定營區陣地運作，而是演練在森林及農田等可運用腹地快速部署，並於短時間內撤離，⁸這直接使 2022 年 2 月俄烏開戰啟的戰力保存，形成有效的保存作為。

（三）製作大量高逼真度的充氣誘餌（Decoys），並在演習中納入誘餌部署流程，以作為欺騙及消耗敵方彈藥運用。

⁶“Ukrainian Pillar for a Modern Air Defence Architecture,” *Prism Ukraini*, February 1, 2025, <https://prismua.org/en/english-ukrainian-pillar-for-a-modern-air-defence-architecture/>.

⁷“Ukraine’s Tunguska Guns Prove Vital in Drone Defense,” *Defence Innovation Review*, December 6, 2025, <https://defenceinnovationreview.com/2025/12/06/ukraines-tunguska-guns-prove-vital-in-drone-defense/>.

⁸“The Russian Air War and Ukrainian Requirements for Air Defence,” *Rusi*, November 7, 2022, <https://defenceinnovationreview.com/2025/12/06/ukraines-tunguska-guns-prove-vital-in-drone-defense/>.

肆、基輔保衛戰的經驗汲取

在 2022 年基輔保衛戰初期，烏克蘭之所以能在敵我戰力懸殊的情況下，始終維持一定程度的制空權並支援地面作戰，關鍵並非靠傳統的空優，而是透過拒止制空（Air Denial）與生存性戰術。

一、空防保存與誘餌戰術（Survivability）

在俄羅斯發動第一波大規模巡弋飛彈襲擊前數小時，烏克蘭空軍接獲情報，迅速將蘇聯時期的 S-300 與 Buk-M1 等防空系統，以及 MiG-29 戰鬥機疏散至野外機動陣地或民用機場。

（一）烏軍在原駐地留下大量模擬設備與損壞的舊機作為誘餌，導致俄軍首波精準打擊大部分擊中了「充氣模型」或空建築。⁹

（二）防空雷達採取間歇式機動開關機，避免長時間發射信號被俄軍反輻射飛彈定位，當俄機進入陷阱區後，才突然開機鎖定，讓俄軍飛行員措手不及。

二、多層次防空網的防禦性統合

烏克蘭在基輔周邊構建了一套由舊式蘇聯裝備與單兵武器組成的不對稱防禦網：

（一）運用 S-300 使俄軍蘇愷戰機（如 Su-35、Su-34）不敢在高空飛行，形成遠中程威懾，被迫戰機降至低空執行任務。

（二）一旦俄軍戰機降至低空（為了躲避雷達或進行近距離支援），便進入了肩射飛彈（MANPADS）的射程，刺針（Stinger）與俄製 Igla 飛彈分佈在基輔郊外的森林與大樓頂端，¹⁰形成一道致命的低空屏障。

⁹ *Ibid.*, p. 3.

¹⁰ *Ibid.*, p. 8.

三、遊擊式航空兵作戰

烏克蘭空軍採用了打了就跑（Hit-and-Run）的空中遊擊戰：

（一）烏軍飛行員（如著名的 40 戰術航空旅）利用對地形的熟悉，進行極低空滲透飛行，以躲避俄軍遠程防空系統，在關鍵時刻對俄軍直升機群（如安托諾夫機場爭奪戰）或裝甲縱隊進行突襲。

（二）雖然「基輔幽靈」是集體形象的政治宣傳，但這種心理戰配合實質的零星擊落，極大地挫傷了俄軍飛行員的進攻信心，使俄機不敢輕易深入基輔市區上空。¹¹

四、情資鏈路與全民參與

在基輔戰役中，烏克蘭實現了感測器平民化作法如下：

（一）數位化早期預警：平民透過 Telegram 頻道或 ePPO 系統，即時回報看到的俄軍飛彈與戰機飛行路徑，這些資訊比傳統雷達更快到達基輔的防空指揮部。¹²

（二）北約預警支援：北約的 E-3 預警機在邊界外提供即時的電子情資，讓烏軍能預先判斷俄軍的進攻編隊。¹³

最終，基輔防空圈成功迫使俄軍在 2022 年 3 月後放棄了在基輔上空的日常巡邏，這產生的直接後果是，其一，地面縱隊失去掩護，俄軍長達 60 公里的坦克縱隊在缺乏空中支援的情況下，遭到烏軍無人機（如 TB2）與反戰車小組的無情阻擊。其二，直升機空降失敗，俄軍無法建立穩定的空中走廊，來運送增援部隊至霍斯托梅爾（Hostomel）機場，導致進攻基輔的先頭精銳全軍覆沒。

烏克蘭成功的核心在於，他們不求贏得空戰，只求讓俄軍「無

¹¹“Information Warfare & the Ghost of Kyiv,” *The Henry M. Jackson School of International Studies*, February 12, 2024, <https://jsis.washington.edu/news/information-warfare-the-ghost-of-kyiv/>.

¹²“‘Tekhnari’ from Odesa: what ePPO Developers are Building Next,” *Defender Media*, April 7, 2025, <https://thedefender.media/en/2025/04/teknari-to-defend-the-sky/>.

¹³“AWACS: NATO’s ‘Eyes in the Sky’,” *NATO OTAN*, March 3, 2026, <https://www.nato.int/en/what-we-do/deterrence-and-defence/awacs-natos-eyes-in-the-sky>.

法安全地使用天空」，戰略結果是互不享有制空權。

伍、烏克蘭空防核心戰略思想理念與架構

2022 年俄烏戰爭爆發，面對人類歷史上首次的大規模無人機與飛彈混合飽和攻擊，烏克蘭被迫在戰火中完成轉型，將各國援助的異質系統（美、德、法、蘇系）透過數位鏈路整合。另將情資全民化，開發如“ePPO”類的 App，讓平民能即時回報低空目標，形成人類感測器網路。

烏克蘭從戰爭中急劇轉變其當前的空防理念，概括為「分層防禦」（Layered Defense）與「生存性韌性」（Survivable Resilience）。

一、分層式攔截：烏克蘭不依賴單一系統，而是將遠程（如 Patriot、S-300）、中程（NASAMS、IRIS-T）與短程（Gepard、刺針飛彈）及「機動防空小組」結合，針對不同成本與速度的威脅，從戰術彈道飛彈、巡弋飛彈到低成本自殺無人機，進行分配精確攔截。¹⁴另運用友盟提供之 F-16 及 M-2000 型戰機，在安全空域下配合執行對空及對地打擊任務。

二、分散式與機動性：為了應對俄羅斯的飽和攻擊，烏克蘭避免將防空資產集中在大型基地，而是採取隨時移動、偽裝與分散式部署，讓敵方難以透過單次打擊癱瘓防禦網。

三、不對稱成本控制：面對低成本的 Shahed 無人機，烏克蘭發展出利用探照燈、重機槍與機動皮卡的「機動獵人」小組，避免使用昂貴的防空飛彈來攔截廉價目標，達成經濟上的戰略持久。¹⁵

¹⁴ *Ibid.*, p. 8.

¹⁵ *Ibid.*, p. 3.

表 1、烏克蘭空防系統架構

防禦層級	典型系統	主要目標	戰略意義
高空 / 遠程	Patriot、SAMP/T、S-300 及安全空域內之 F-16、M-2000 型戰機	彈道飛彈、遠程轟炸機	保護核心城市與關鍵基礎設施
中程	NASAMS、IRIS-T、Buk 及 F-16、M-2000 型戰機	巡弋飛彈、戰鬥機	建立區域拒止，防止敵機奪取制空權
短程 / 機動	Gepard、Stormer、刺針	低空無人機、攻擊直升機	提供部隊隨行掩護與末端攔截
機動點防禦	搭載機槍的 Pick-up 皮卡	Shahed 自殺無人機	消耗敵方進攻成本，減輕飛彈庫存壓力

資料來源：綜整自網路及媒體。

陸、戰略意涵

烏克蘭空防系統從蘇聯遺產向北約化與自主創新體系的轉變，不僅是武器裝備的更迭，更是一場深層次的戰略轉型，這場轉變在 2026 年的當下，已呈現出以下幾個關鍵的戰略面向：

首先，從「點防禦」轉向「整合化多層次體系」（IAMD），烏克蘭早期依賴蘇聯時期的 S-300 與 Buk-M1，雖然數量可觀，但缺乏網絡化整合能力，烏克蘭成功將西方先進系統（如 Patriot、IRIS-T 及 NASAMS）與存活的蘇聯雷達及指揮系統整合，構建了具備高度互操作性的綜合防禦體系。這種「混合式」架構讓烏克蘭能根據目標類型（如高價值的巡弋飛彈與低價值的無人機）靈活分配攔截資源，¹⁶避免昂貴飛彈的無謂消耗。

其次，應對「經濟不對稱性」的成本控制策略，面對俄羅斯大量使用廉價的 Shahed-136 無人機，若持續使用數百萬美元的愛國者

¹⁶“Lessons from the Ukraine Conflict: Modern Warfare in the Age of Autonomy, Information, and Resilience,” CSIS, May 2, 2025, [https:// www.csis.org/analysis/lessons-ukraine-conflict-modern-warfare-age-autonomy-information-and-resilience](https://www.csis.org/analysis/lessons-ukraine-conflict-modern-warfare-age-autonomy-information-and-resilience).

飛彈進行攔截，將導致財政與庫存崩潰，因此，烏克蘭發展出「機動火力小組」（Mobile Fire Groups）與「攔截式無人機」策略。大量使用配備熱顯像儀與重機槍的皮卡車，以及具備 AI 導引的廉價無人機直接撞擊敵方無人機，¹⁷這使得防空戰略從單純的「硬摧毀」轉向「成本效益極大化」。

再次，戰區防空與「社會韌性」的結合，烏克蘭的空防目標已從單純的保護軍事單位，擴大到保護能源基礎設施與關鍵電力變電站（如 2026 年初強調的核電廠供電網防護），空防被提升至「國家生存韌性」的高度，透過保護電網，烏克蘭抵銷了俄羅斯試圖透過「戰略性大停電」崩潰烏克蘭後方社會士氣的企圖，¹⁸這凸顯了現代空防在維持戰時經濟與社會運作中的支柱作用。

從次，實戰數據與技術回饋的「反向輸出」，烏克蘭已成為全球對抗伊朗製無人機與俄羅斯極音速武器（如 Kinzhal 及 Zircon）的最前線實驗室，烏克蘭的防空經驗已成為一種「戰略資產」，2026 年初，烏克蘭甚至向中東國家派駐防空團隊，¹⁹分享對抗無人機的實戰經驗，這種從「受援者」到「經驗提供者」的轉變，強化了烏克蘭在國際安全架構中的不可替代性。

柒、結語

烏克蘭空防思想，歷經了落後科技及整合缺乏的蘇聯遺產，2014 年克里米亞危機，強烈的意識到傳統防空網的脆弱性，在 2022

¹⁷“The Russian Air War and Ukrainian Requirements for Air Defence,” *RUSI*, November 7, 2022, <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/russian-air-war-and-ukrainian-requirements-air-defence>.

¹⁸“Energy is the New Frontline of Security: Lessons from Ukraine’s Battle-tested System,” *The World Economic Forum*, January 16, 2026, <https://www.weforum.org/stories/2026/01/frontline-security-energy-lessons-ukraine/>.

¹⁹“Ukraine Deploys Units to 5 Middle East Countries to Intercept Drones,” *DEFENSENEWS*, March 21, 2026, <https://www.defensenews.com/global/mideast-africa/2026/03/20/ukraine-deploys-units-to-5-middle-east-countries-to-intercept-drones/>.

年俄烏戰爭爆發後，面對人類歷史上首次的大規模無人機與飛彈飽和攻擊，烏克蘭被迫在戰火中迅速轉型，此歷程可做為我國精進空防建構的參考，政策建議如下。

一、建構「T-Dome」：實現真正的整合化多層次防禦

臺灣目前的空防系統（如天弓、愛國者）雖然強大，但面對解放軍飽和攻擊時，仍面臨情資整合與彈藥分配的挑戰，應加速落實「T-Dome」防禦網路，²⁰其核心在於引進如 IBCS（整合戰鬥指揮系統）類的數據鏈路。讓長程預警、海軍艦艇雷達與陸基防空飛彈（天弓三型、NASAMS 等）達成「感測器融合」，這能強化在面對同時來襲的巡弋飛彈與無人機時，系統能自動決定最優化的攔截序列，避免浪費昂貴飛彈於次要目標。另針對解放軍陸軍遠程火箭炮，應建構適當攔截彈藥（符合攔截動能效益與性價比）及地面車載式電子干擾器（作為誘餌或干擾其導引），擷節攔截彈藥，增進攔截優序。

二、打造「無人機海」與不對稱攔截手段

對比烏克蘭經驗，使用百萬美元的飛彈攔截萬元級的無人機在長期戰中是不可持續的，2026 年國軍規劃採購超過 20 萬架各式無人機，應同步強化「攔截式無人機」與「機動火力小組」的編制，開發類似烏克蘭「Sting」的 FPV 攔截無人機，²¹直接在中低空撞擊敵方自殺無人機。在全台作戰區編成「無人機大隊」，並大規模裝配備熱顯像儀及近發彈藥機砲的「皮卡車化」機動防空單元，建立成

²⁰“Taiwan Accelerates “T-Dome” Multi-Layered Air Defense System Plan to Strengthen Deterrence Against China,” *DEFENSENEWS*, October 10, 2025, [https:// www.thedefensenews.com/news-details/Taiwan-Accelerates-T-Dome-Multi-Layered-Air-Defense-System-Plan-to-Strengthen-Deterrence-Against-China/](https://www.thedefensenews.com/news-details/Taiwan-Accelerates-T-Dome-Multi-Layered-Air-Defense-System-Plan-to-Strengthen-Deterrence-Against-China/).

²¹“The Evolution of Drone Interception Technologies in 2025–2026,” *Scythian Griffins*, January 10, 2026, [https:// 423grifony.com/en/the-evolution-of-drone-interception-technologies-in-2025-2026/](https://423grifony.com/en/the-evolution-of-drone-interception-technologies-in-2025-2026/).

本效益極大化的「低空屏障」。

三、強化全社會韌性：從「軍事防空」到「生存防護」

烏克蘭經驗證明，空防的成敗在於電網是否持續運作。臺灣能源依賴性極高（LNG 儲量在封鎖下僅能支撐約 11 天），將空防傘範圍精確覆蓋至關鍵電力節點、醫療系統與通訊樞紐周邊，部署「點防禦」系統（如陸基方陣、快砲、雷射、高能微波或機動近程飛彈），整合 2026 年推動的「全社會防衛韌性委員會」能量，將 40 萬民防力量與空防情報通報機制鏈結，形成地面的「視覺觀測網」，補充雷達對低空慢速目標的偵測死角。

四、戰略數據與公開來源情報（OSINT）的「實戰化」轉型

前美國印太司令部官員 Josh Hu 指出，臺灣若能建立與「五眼聯盟」及日、韓兼容的 C5ISR 系統與數據標準，將能達成即時的情資交換，如輔以 AI 即可辨識解放軍艦艇的時間從小時縮短至秒級，並主張臺灣應以數據共享作為融入全球安全體系的籌碼，²²與友盟訂定協議，期獲取西方更先進的 AI 擊殺鏈輔助系統，並在國際安全架構中確立臺灣作為民主防空陣營的不可替代地位。

本文作者高志榮為國防大學戰爭學院畢業學者，現為財團法人國防安全研究院網路安全暨決策推演研究所委任助理研究員。主要研究領域為戰爭指導、聯合作戰、軍事暨空戰戰略及電子戰。

²²“Former US Military Official Says AI Could Speed up Taiwan’s Kill Chain,” *Taiwan News*, February 15, 2026, [https:// www.taiwannews.com.tw/news/6303365](https://www.taiwannews.com.tw/news/6303365).

A Study on the Construction of Ukraine's Air Defense

Chih-Jung Kao

Division of Cyber Security and Decision-Making Simulation

Abstract

This report examines the evolution of Ukraine's air defense from the 2014 Crimean crisis to the 2022 Russian-Ukrainian War. Ukraine successfully digitized legacy Soviet equipment and integrated Western systems to construct a heterogeneous, networked architecture characterized by "layered defense" and "survivable resilience". By employing mobile deployment, decoy tactics, and civilian intelligence networks, Ukraine effectively achieved "air denial" while reducing interception costs. The author suggests that Taiwan should accelerate the construction of the "T-Dome" defense network to integrate sensors, develop asymmetric drone interception capabilities, and incorporate whole-society resilience to strengthen air defense combat power and national survival.

Keywords: T-Dome, Asymmetric interception methods, Social resilience, Open source intelligence

中共的國家與戰區「導彈防禦系統」 整合之分析

黃恩浩

國防戰略與資源研究所

壹、前言

在當前國際安全環境快速變遷之背景下，中共對外部戰略壓力的認知，已成為其推動導彈（彈道飛彈）防禦體系整合的重要驅動因素。中共認為，美國近年調整國家安全戰略，不僅大幅增加軍費投入，亦加速發展導彈防禦、極（高超）音速武器、無人機與匿蹤技術等關鍵軍事能力，對全球戰略穩定構成實質衝擊。¹特別是在美國退出《中程彈道飛彈條約》（*Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty*, INF）後，²其於印太地區部署中程導彈的潛在可能性，進一步加劇中共對周邊安全環境惡化的憂慮，使其面臨更為複雜且嚴峻的國防安全挑戰。

除大國競爭外，區域安全態勢的不確定性亦同步推升其防禦體系轉型壓力。例如：印度「烈火」（Agni）系列彈道飛彈技術的持續成熟，³以及部分域外國家在南海與臺海周邊頻繁進行抵近偵察行動，均被中共視為對其領土主權與海洋權益的直接威脅。在此背景下，「技術突襲」與「技術代差」風險加增，促使中共加速從傳統以攻勢嚇阻為主的國防思維，轉向「天空一體、攻防兼備」的體系化

¹ 〈新時代的中國國防〉，《新華網》，2019年7月24日，http://www.xinhuanet.com/politics/2019-07/24/c_1124792450.htm。

² Ramesh Thakur, “The US Killed INF, Russia Buried It, China Will Not Disinter It,” *Australian Institute of International Affairs*, August 8, 2019, <https://www.internationalaffairs.org.au/australianoutlook/the-us-killed-inf-russia-buried-it-china-will-not-disinter-it/>.

³ 李佩珊，〈印度成功試射「烈火-5」核飛彈，射程涵蓋中國全境〉，《中央社》，2025年8月21日，<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202508210034.aspx>。

作戰模式，⁴並積極建構涵蓋「國家」與「戰區」兩層級的整合防禦網絡。

此一體系建構，乃依循其「積極防禦」軍事戰略方針，強調「防禦、自衛、後發制人」原則，並追求戰略層次防禦與戰役戰術層次進攻的整合。隨著中共軍制改革深化，火箭軍被賦予「核常兼備、全域懾戰」的核心任務，使導彈防禦體系必須同時具備應對戰略核打擊與常規精確打擊的雙重能力。⁵在此指導下，中共逐步形成「全域」防衛思維，透過整合具備中段攔截能力（具備外大氣層攔截與反衛星雙重功能）的「國家導彈防禦系統」（例如：動能—2/3與雙城—19系列攔截系統），以及負責末端防護的「戰區導彈防禦系統」（例如：紅旗—19、紅旗—9B / C、紅旗—29、紅旗—26 與 S-400 系列），企圖建構涵蓋外太空、大氣層邊緣至近地空域的多層次防禦體系（參考表 1）。⁶

從戰略功能觀之，中共導彈防禦體系的整合至少具有三項關鍵意涵。首先，在核戰略層面，其核心目的在於確保核反擊力量的生存性。透過提升防護與預警能力，中共力圖在遭受敵方「第一擊」後仍保持有效「第二擊」的反擊能力，以維持核嚇阻的可信度。其次，在區域軍事戰略層面，導彈防禦體系為其「反介入／區域拒止」（Anti-Access/Area Denial, A2/AD）戰略提供重要支撐，藉由分層攔截與區域防護能力的強化，提升外部勢力介入臺海與南海衝突的成本與風險。最後，在戰爭形態演進層面，面對資訊化與智能化作戰趨勢，以及極音速武器與飽和攻擊等新型威脅，中共透過發展早期預警系統與高性能相位陣列雷達，持續提升對遠程精確打擊的

⁴ 胡敏遠，〈從中共空軍五大戰略任務論其發展趨勢〉，《空軍學術雙月刊》，第 681 期，2021 年 4 月，頁 27-39。

⁵ 同註 1。

⁶ 舒孝煌，〈第六章：共軍飛彈防禦能力〉，《2021 國防科技趨勢評估報告：中共新世代軍事科技評估》（臺北：五南出版社，2021 年 12 月），頁 61-70。

探測與攔截能力，以確保其關鍵政治、經濟與基礎設施目標之安全。

因此，中共導彈防禦體系的整合，不僅是軍事技術層面的發展問題，更深刻反映其在大國競爭與區域安全壓力交織下的戰略調適。本文對中共導彈防禦體系之分析，將有助於理解其如何維繫國家安全、延續發展戰略機遇期，並進一步評估其對區域權力結構與安全秩序所可能產生的深遠影響。

貳、中共導彈防空系統的技術構成與分層架構

中共的導彈防禦體系在設計理念上與美軍的分層防禦體系高度相似，旨在建立一個能夠應對中遠程彈道飛彈、巡弋飛彈及極音速武器的全維度攔截網。⁷根據現有技術性能與試驗紀錄，該體系主要可分為三個層次：「國家戰略層級的中段攔截」、「戰區層級的高空攔截」，以及「末端防護層級的低空攔截」。⁸分析如下：

一、國家戰略層級：中段與外大氣層攔截

中共導彈防禦的最外層，主要由「動能—2/3」與「雙城—19」反導攔截系列建構而成，負責在外大氣層的彈道飛行最高點實施攔截，其優勢在於預警反應時間長，且攔截殘骸不會掉落大陸本土。⁹

（一）「動能—2/3」（DN-2/3）

「動能」系列為中共發展的大型動能攔截型反衛星與反導武器系統，主要是針對在外大氣層的防禦。其中，早期實驗型號「動能

⁷ Priyanka Dahima, "China Latest Air Defence System: A Deep Dive into Advancement," *Physics Wallah*, September 15, 2025, <https://www.pw.live/defence/exams/china-latest-air-defence-system>.

⁸ 李文輝，〈中國深夜宣布陸基中段反導成功！國防部：不針對任何國家〉，《中時新聞網》，2021年2月5日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20210205001645-260409?chdtv>；張國威，〈大陸測試中段反飛彈，美：反衛星武器〉，《旺報》，2021年3月9日，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20210309000712-260301?chdtv>。

⁹ 林彥臣，〈反衛星武器成為現實威脅，美媒爆：中國「SC-19 反衛星飛彈」就是東風-21C〉，《EToday新聞雲》，2020年4月7日，<https://www.ettoday.net/news/20200407/1685209.htm>。

—1」曾於 2007 年進行首次中段反導攔截試驗；「動能—2」則在後續試射中展現對地球同步（或靜止）軌道衛星的打擊能力；至於「動能—3」，則屬於其進一步發展的新一代攔截系統，反映出該系列在技術與作戰能力上的持續演進。「動能—3」被視為中共目前性能最佳的「動能擊殺式」（Kinetic Hit-to-Kill）中段攔截彈。¹⁰該型飛彈於 2018 年 2 月進行了成功測試，被認為正逐步取代早期的「紅旗—19」（該型導彈目前逐漸被運用在戰區層級），成為中段攔截的主力武器。¹¹「動能—1」與「動能—2」分別衍生自「雙城—19」與「東風—31」技術，功能與美國的「陸基中段防禦系統」（Ground-Based Midcourse Defense System, GMD）相當，因此可能具備「反衛星」與「反彈道飛彈」的雙重能力。¹²

（二）「雙城—19」（SC-19）

中共從 2010 年 1 月開始進行「陸基中段飛彈攔截技術試驗」，其中「雙城—19」這是中共最早公開的動能攔截系統之一，據新聞資料，「雙城—19」系統曾多次成功攔截近程彈道飛彈與低軌道衛星。¹³中共若運用雙城—19 反衛星飛彈，將可透過摧毀關鍵衛星系統，干擾全球通訊與軍事後勤網絡，並削弱高科技武器所依賴的衛星導航能力，從而顯著降低對手的作戰效能。此外，此類打擊亦能限制敵對國家對全球目標的情報蒐集與監視能力。因此，該系統被視為具高度戰略價值的關鍵能力之一，亦屬共軍武器體系中的重要作戰手段。

¹⁰ 〈中國動能 3 反衛星導彈，3.6 萬公里超遠射程，美國專家都罕見認可〉，《資訊咖》，2026 年 3 月 24 日，<https://inf.news/zh-hant/military/ec2590a4290f65be0911bede5cc5ae5c.html>。

¹¹ 楊俊斌，〈東風 21 當靶彈，動能 3 攔截成功〉，《中時新聞網》，2018 年 2 月 24 日，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20180224000101-260301?chdtv>。

¹² 同註 6，頁 61-70。

¹³ 徐尚禮，〈陸 SC19 反衛星導彈 6 次試射成功〉，《中時新聞網》，2015 年 4 月 9 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20150409004329-260408?chdtv>。

二、戰區層級：大氣層邊緣與海基防護

當威脅進入大氣層邊緣（約 100 至 200 公里高度）時，中共主要依賴「紅旗—19」與開發中的「紅旗—26」進行攔截。這兩套「紅旗」系統具備區域性防空與反導作戰能力，能同時應對多重目標威脅，並具備一定程度的反制極音速飛行器之能力。

（一）「紅旗—19」（HQ-19）

該型導彈性能相當於美國的「終端高空防禦飛彈」（Terminal High Altitude Area Defense, THAAD）簡稱「薩德系統」，也類似美國 GMD 系統中的「反導攔截彈」（Ground-based Interceptor, GBI）。¹⁴紅旗—19 因此又被稱為「中國版薩德」主要針對中程彈道導彈進行陸基中段攔截，已於 2021 年成功完成測試，並於 2024 年 11 月在珠海航展首度公開亮相。¹⁵

（二）「紅旗—26」（HQ-26）

紅旗—26 是中共海軍的艦載遠程防空導彈系統，外界將其功能類比為美軍搭載「標準—3」（RIM-161 Standard Missile 3, SM-3）飛彈的海基版「神盾系統」（Aegis Ballistic Missile Defense System, AEGIS），所以該系統又被稱為中國增程型「標準—3」反導攔截彈系統。¹⁶紅旗—26 預計部署於 055 型或 052D 型導彈驅逐艦，目標是提供海上戰區的大氣層內反導能力以擴展防禦縱深。換言之，即透過將導彈防禦從固定的陸基節點擴展到能夠持續前沿部署的可機動海上平臺，給對手施加戰略不確定性。

¹⁴ Editorial Staff, "China Unveils New Missile Defence System with Staggering 1000+ Kilometre Range: What is the HQ-19's Role?" *Military Watch Magazine*, November 7, 2024, <https://militarywatchmagazine.com/article/china-3000km-hq19-role>.

¹⁵ 陳成良，〈被稱為中國版「薩德增程型」首度曝光的「紅旗 HQ-19」飛彈細節公開〉，《自由時報》，2024 年 11 月 7 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4855376>。

¹⁶ Admin, "HQ-26: How China Is Building a Sea-Based Missile Shield to Challenge U.S. Naval Dominance in the Indo-Pacific," *Defence Security Asia*, December 9, 2025, <https://defencesecurityasia.com/en/china-hq-26-naval-anti-ballistic-missile-plan-type-055/>.

三、末端防護層級：大氣層內低空攔截

末端攔截負責處理國家與戰區防禦系統的漏網之魚，主要由「紅旗—9」系列、「紅旗—29」以及俄製「S-400」中遠程防空系統組成。

（一）「紅旗—9」（HQ-9）

在紅旗—9 系列是中共依據俄製 S-300 系統，以逆向工程加上自行研發所打造出來的防空系統，其中「紅旗—9C」為目前最新改良型，配備先進的 HT-233 相控陣雷達、305A/B 型三維獲取雷達與 120 型低空監視雷達，射程超過約 300 公里，飛行速度高達 4.2 馬赫，能偵測、追蹤並攔截敵機、巡弋飛彈以及彈道飛彈，其高度覆蓋範圍可達 50 公里，因此在攔截低空及高空威脅時具有相當的靈活性。自 2000 年代初服役以來，「紅旗—9」已成為中共中低空防護最重要的組成部分之一。其纖細的彈體設計讓單臺發射車能攜帶更多飛彈，增強了抗飽和攻擊能力。¹⁷

（二）「紅旗—29」（HQ-29）

紅旗—29 填補了「紅旗—19」（高空攔截飛彈）和「紅旗—9」（末端防禦飛彈）之間的關鍵空白，其性能可與美國的 SM-3 和俄羅斯的 S-500 系統相媲美。¹⁸目前外界將其定位為類似於美軍「愛國者—3」（Patriot Advanced Capability-3, PAC-3），專注於末端高超音速目標的點防禦。

（三）「凱旋」（S-400）

除了既有俄製 S-300 防空飛彈，中共在 2014 年 9 月與俄羅斯簽署了 48 組的 S-400 防空飛彈系統採購合同，主要是看中該系統的長

¹⁷ Logan Piercem, "HQ-9 Missile System: China's Answer to Long-Range Air Defense," *Defense Feeds*, May 19, 2025, <https://defensefeeds.com/military-tech/army/air-defense-systems/hq-9-missile-system/>.

¹⁸ Sumit Ahlawat, "HQ-29: China's New "Satellite-Killer" Missiles Threaten to End U.S. Space Dominance, Cripple American Military," *The Eurasian Times*, September 4, 2025, <https://www.eurasiantimes.com/hq-29-chinas-satellite-killer-missiles-to-end-u-s-space-dominance/>.

程偵測與對隱形目標的探測能力。S-400 系統每套配備四型專用彈體，以滿足不同距離與威脅層級的防空需求，進而建構多層次與多目標的防空體系，主要彈種包括：近程 9M96E、中程 9M96E2、遠程 48N6，以及超遠程 40N6。¹⁹目前中共主要將 S-400 部署在膠東半島、遼東半島、福建及廣東等沿海基地，負責防禦北京、臺海及南海等戰略目標，並與紅旗系列形成防空互補。

參、「國家」與「戰區」防空整合的關鍵機制

中共導彈防禦系統的效能，不僅取決於單一攔截彈的物理性能，更取決於其能否將分散的資產整合為一套協同運作的體系。這種整合旨在支撐其「核常兼備、全域懾戰」的指導原則，確保在衝突中具備極致的「戰略生存性」與「防禦韌性」。中共的「國家」與「戰區」防空整合機制分析如下：

一、指揮管制體制的結構性改革

為實現「能打勝仗」的目標，在軍事指揮管制體制方面，中共自 2015 年起推動的「深化國防和軍隊改革方案」建立了「軍委主管、戰區主戰、軍種主建」的原則，並遂行「中央軍委—戰區—部隊」一體化作戰指揮體系，同時推動了軍隊與聯合戰區司令部的深度整合。²⁰例如：火箭軍常規部隊已朝向與聯合戰區司令部整合的方向發展，使導彈防禦能與陸、海、空軍遂行一體化聯合作戰。而火箭軍各基地亦採取標準化結構，下轄導彈旅、通信團、作戰保障團與綜合保障團，將安全、工程、氣象與測繪等多種保障專業集中管理。²¹戰區內的防護單位已編入與戰略支援部隊聯結的聯合指揮系

¹⁹ 黃恩浩，〈中國取得俄製 S-400 型飛彈系統 對區域安全的意涵〉，《國防安全週報》，第 10 期，2018 年 8 月 24 日，<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=12&resid=648&pid=3159>。

²⁰ 劉爭元、徐海偉，〈把好戰區主戰這個新體制運行要求〉，《解放軍報》，2019 年 2 月 26 日，https://www.qstheory.cn/llwx/2019-02/26/c_1124162517.htm。

²¹ Ma Liu, *PLA Rocket Force Organization* (Montgomery: China Aerospace Studies Institute, Air University, October 24, 2022), pp. 174-191.

統，實現了資訊、資料與後勤資源的跨軍種共用，確保國家層級的戰略支援資產能即時支撐戰區層級的導彈防護行動。²²

二、一體化防空整合的技術網絡

中共的「一體化防空網絡」或稱「一體化防空系統」(Integrated Air Defense Network/System, IADN/S) 透過技術鏈路打破了不同軍種與武器系統間的障礙，形成了具備高度韌性的防禦體系。這套網絡不僅將自製的紅旗系列（例如：紅旗—9B 與紅旗—29）與從俄羅斯引進的 S-300 與 S-400 系統進行火網聯接，建立起複雜的多層次空中及太空防禦系統。²³這種「火網聯接」技術的關鍵在於，當作戰期間某一飛彈單位的指揮車或發射車受損，鄰近單位可在有限距離內迅速進行系統聯接並接管任務，確保防護網不因局部損失而失效。此外，一體化防空網絡亦納入了無人機協同機制，例如：針對臺海任務的 61 基地擁有的無人機團，能擔負戰術偵察、目標獲取與導彈損害評估，並將資訊饋送給導彈單位，顯著縮短決策時間。²⁴

三、多維感測網絡與全域預警機制

中共整合導彈防禦系統的戰略目標，在於建構了一套「天、空、陸」三位一體的多維與全域「早期預警系統」(Early Warning System, EWS)，其防空技術整合的關鍵在於建立強大的感測網絡。

（一）陸基大型相控陣列雷達

中共先進相控陣雷達幾乎都採用基於氮化鎵 (GaN) 的「主動電子相控陣列」(Active Electronically Scanned Array, AESA) 技術。²⁵

²² 林穎佑，〈中共戰略支援部隊的任務與規模〉，《展望與探索》，第 15 卷第 10 期，2017 年 10 月，頁 102-122。

²³ 羅文成、蔡宗安，〈我國與中國大陸防空飛彈系統比較及發展之研析：以天弓飛彈為例〉，《空軍學術雙月刊》，第 667 期，2018 年 12 月，頁 42。

²⁴ Ma Liu, *PLA Rocket Force Organization* (Montgomery: China Aerospace Studies Institute, Air University, October 24, 2022), pp. 80-82.

²⁵ Priyanka Dahima, "China Latest Air Defence System: A Deep Dive into Advancement," *PW*,

這項技術提高了功率輸出，提升了效率，並增強了抗干擾能力。其中，「P 波段雷達」又被稱為中國版的「鋪路爪雷達」(PAVE Phased Array Warning System, PAVE PAWS)，其擁有 1 萬 2 千個 T/R 模組（世界之最），能偵測數千公里外的彈道飛彈。²⁶「X 波段雷達」部署於黑龍江，專為向美國阿拉斯加方向掃描，為「紅旗—19」與「動能-3」提供精確預警。²⁷此外，中共也完成網路化雷達系統建設，其結合米波（meter-wave）、S 波段和 C 波段主動相控陣雷達組成的協同網路。²⁸這種網路化方法提高了對匿蹤飛機、無人機和飛彈的偵測能力。就「S 波段雷達」(YLC-2E 型)而言，其具備 360 度旋轉遠程偵測與反匿蹤功能，部署於福建與新疆。²⁹

（二）天基監測系統

中共透過發射「通信技術實驗衛星」(Tongxin Jishu Shiyan Weixing, TJSW) 該系列衛星系統可以提供即時的衛星通訊、數據傳輸、紅外線導彈預警等，其監測範圍可覆蓋西太平洋至東非的廣大區域。³⁰從 2015 年 9 月至 2025 年 12 月止，中共已經發射第 23 個該型衛星。³¹在這 23 顆 TJSW 衛星中，除第 1、4、9、12、23 號被稱為「前哨」系列衛星外，其他則被稱為「火眼」系列衛星。

（三）空中預警系統

September 15, 2025, <https://www.pw.live/defence/exams/china-latest-air-defence-system>.

²⁶ 〈戰略預警體系的「千里眼」——中國版「鋪路爪」〉，《美日頭條》，2023 年 7 月 8 日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/qaxo2q8.html>。

²⁷ 〈中國首曝西北反導雷達基地〉，《大公報》，2018 年 1 月 23 日，<https://www.tkww.hk/epaper/view/newsDetail/1347783094962360320.html>。

²⁸ Priyanka Dahima, “China Latest Air Defence System: A Deep Dive into Advancement,”.

²⁹ 〈中國首次高調曝光世界級反導預警雷達：在此之前無人知曉〉，《每日頭條》，2017 年 10 月 9 日，<https://kknews.cc/military/rqaekrr.html>；〈全球首款！中國電科研製非米波反隱身雷達首次亮相中國航展〉，《中國新聞網》，2024 年 11 月 15 日，<https://m.chinanews.com/wap/detail/cht/zw/10319807.shtml>。

³⁰ Andrew Jones, “China Expands Secretive Satellite Series with Launch of TJS-15,” *Space News*, March 9, 2025, <https://spacenews.com/china-expands-secretive-satellite-series-with-launch-of-tjs-15/>.

³¹ 李國利、崔婉瑩，〈我國成功發射通信技術試驗衛星二十三號〉，《新華網》，2025 年 12 月 20 日，<https://www.news.cn/tech/20251220/0285e87ef3074ce892ce7d2406cfebc4/c.html>。

為了強化防空系統，中共近年大量投資先進雷達技術和一體化指揮結構。在空基預警部分，「空警—500A」(KJ-500A)與「空警—600」(KJ-600)³²等先進預警機進一步延伸了共軍感測網絡，不僅提高了戰場協調能力，也提升了對於匿蹤飛機與低空巡弋飛彈的探測與識別能力。³³

四、發展人工智慧與自動化決策鏈

面對極速移動的極音速武器威脅，中共正致力於推動人工智慧(AI)與快速決策鏈的自動化，³⁴以應對現代戰爭中的「智能化作戰」。³⁵以紅旗—9為例，該系統已具備「全自動接戰」模式，由預警雷達提供方位資訊，系統本身的搜索雷達會自動捕捉並追蹤目標，再下達指令實施攔截。³⁶例如：位於北京清河的火箭軍自動化指揮中心正充分運用航天、信息、網絡與自動化電子情監偵等各式現代先進技術，處理來自多個來源的大量數據，³⁷這顯示中共正透過數據中心建設與自動化系統提升軍事決策速度，確保系統能在極短反應時間內對極音速威脅作出反應，保護北京、上海或三峽大壩等核心戰略目標。

五、中俄早期預警合作機制

³² 空警-600 預警機其外型與功能與美軍現役的 E-2 預警機相似，據此可以判斷中共海軍已具備四度空間作戰能力（太空、空中、水面、水下）。參考：宋磊，〈KJ-600 讓大陸軍力更上層樓〉，《觀察》，第 51 期，2017 年 11 月，<https://www.observer-taipei.com/book2021/item/2407-kj-600>。

³³ Priyanka Dahima, “China Latest Air Defence System: A Deep Dive into Advancement,”.

³⁴ Priyanka Dahima, *Ibid*.

³⁵ 〈習近平在中共共產黨第十九次全國代表大會上的報告〉，《中國網》，2017 年 10 月 27 日，http://www.china.com.cn/19da/2017-10/27/content_41805113_6.htm。

³⁶ Shiv Aroor, “China’s HQ-9B Falls Short? Big Question After Airstrikes Level Iran Cities,” *NDTW World*, March 1, 2026, <https://www.ndtv.com/world-news/us-airstrikes-iran-israel-airstrikes-iran-iran-missiles-chinas-hq-9b-falls-short-big-question-after-airstrikes-level-iran-cities-11153639>.

³⁷ Ma Liu, *PLA Rocket Force Organization*, p. 20.

自 2019 年 6 月，中俄雙方正式宣布建立「新時代全面戰略協作夥伴關係」以來，³⁸雙方合作持續深化，不僅定期舉行聯合軍事演習，亦逐步拓展至包含核嚇阻在內的反導彈高階戰略領域。中俄合作開發的「沃羅涅日」(Voronezh) 長程 EWS，主要設計用來反導與防空，偵測範圍距離達約 4 至 6 千公里，大幅縮短了對美國潛射導彈與印度導彈的反應時間。³⁹

肆、中共防空系統整合對區域構成的安全挑戰

中共導彈防禦體系的整合與現代化，已不再侷限於單純技術升級，而是對印太地區的地緣政治平衡與戰略穩定帶來多層次的嚴峻挑戰。透過整合「天、空、陸」多域作戰系統並實現高度連結，該防禦架構正逐步重塑區域權力結構與戰略態勢，也對區域安全構成嚴重挑戰。

一、削弱區域核嚇阻並改變軍事平衡

中共整合防禦系統的成熟，首要挑戰在於其顯著削弱了周邊區域大國的核嚇阻能力。例如：紅旗—19 的部署被認為能有效攔截印度「烈火」系列的中遠程彈道飛彈，這將大幅抵銷印度的核打擊能量。在美中「大國競爭」的框架下，中共藉由強化核子嚇阻與反飛彈防禦網（例如：動能—2/3、雙城—19 與紅旗—19 等），試圖抵銷美國部署在亞洲的中程武器威脅，進而追求區域戰略平衡向其傾

³⁸ 〈中華人民共和國和俄羅斯聯邦關於深化新時代全面戰略協作夥伴關係的聯合聲明〉，《中國共產黨新聞網》，2023 年 3 月 22 日，<https://cpc.people.com.cn/BIG5/n1/2023/0322/c64094-32648991.html>。

³⁹ Valdemar Medeiros, “With a Range of up to 6,000 km, the Ability to Track Hundreds of Targets Simultaneously, and a Direct Role in Nuclear Warning, the Voronezh Radar Allows Russia to Detect Ballistic Missile Launches Halfway around the Planet in Near Real-time,” *CPG*, February 2, 2026, <https://en.clickpetroleoegas.com.br/The-Voronezh-radar-allows-Russia-to-detect-ballistic-missile-launches-halfway-around-the-planet-in-near-real-time-%28vml97%29/>.

斜。⁴⁰這種從單純進攻轉向「攻防兼備」的態勢，使印太安全形勢面臨不確定性，並可能誘發新一輪的區域軍備競賽。

二、擴大共軍 A2/AD 戰略的防禦縱深

中共將導彈防禦與航太力量整合進入更廣泛的 A2/AD 戰略防禦中，在第一島鏈內形成了嚴密的「防禦盾牌」。這套網絡利用 P 波段相控陣列雷達與「通信技術實驗衛星」系列中的「火眼」衛星，對區域內的海空目標實施高精度的偵測與追蹤。對於臺海衝突而言，中共在福建與浙江沿海部署的凱旋—400 與紅旗—9 系統，其偵測與攔截範圍已能直接覆蓋臺灣上空，極大提高了外部勢力介入衝突的軍事門檻與風險。⁴¹這種「防禦性」力量的整合，實質上轉化為具備「戰略壓迫感」的手段，限制美軍在區域內的自由行動能力。

三、衝擊太空安全以及全球戰略穩定

在中共軍事構想中，太空被視為國際戰略競爭的制高點，其導彈防禦系統發展與太空安全因此展現出高度「攻防一體」的特徵。⁴²中共導彈防禦系統中的關鍵攔截武器，例如：動能—2/3 與雙城—19 系列，具備高度的「反飛彈」與「反衛星」雙重用途。其中，動能—3 被認為是目前性能最佳的動能擊殺式中段攔截武器，其技術基礎足以對敵方的太空資產造成毀滅性威脅。這種太空防禦技術的提升，意味著中共在建構防禦網的同時，也具備了摧毀敵方低軌道偵察衛星與導航資產的能力，這將嚴重影響各國在太空領域利用的自由與軍事部署的安全性。⁴³此外，中俄雙方在早期預警系統上的合作，進

⁴⁰ 〈中俄反導早期預警合作，化解美國第一次核打擊威懾〉，《BBC 中文》，2020 年 11 月 24 日，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-55065435>。

⁴¹ 羅文成、蔡宗安，〈我國與中國大陸防空飛彈系統比較及發展之研析：以天弓飛彈為例〉，頁 39-42。

⁴² 同註 1。

⁴³ 〈漢和稱中國將續測試 SC19 導彈性能超美軍〉，《中國評論新聞網》，2013 年 9 月 1 日，<https://hk.crntt.com/doc/1027/1/1/2/102711283.html?coluid=7&kindid=0&docid=102711283>。

一步強化了其應對戰略核打擊的能力，從而改變美國主導的傳統全球戰略穩定結構。

伍、結語

中共正透過推動「國家—戰區」兩層級導彈防禦體系的整合，逐步建構一套涵蓋外太空、大氣層邊緣至近地空域的多層次、全域化防禦網絡。此發展不僅體現在動能攔截技術、紅旗系列防空系統與凱旋—400 等裝備性能的提升，更關鍵在於其透過指揮管制改革、一體化防空網絡、多維感測系統及 AI 決策鏈，實現跨軍種、跨領域的高度整合，顯示共軍正由傳統「單一武器平台」作戰模式，轉向以「體系作戰」⁴⁴為核心的聯合作戰能力建構。

在戰略層面，中共導彈防禦體系整合，強化了核反擊能力之韌性，並為 A2/AD 戰略提供堅實支撐，使其在西太平洋第一島鏈內逐步形成具備防禦與壓制功能的綜合戰略縱深。此舉不僅提升美國等外部勢力介入臺海與南海衝突的成本，也在一定程度上削弱美國等擁核國家操作核嚇阻的穩定性，進而改變既有軍事平衡。同時，反導與反衛星能力的結合，使中共在太空領域具備「攻防一體」優勢，對全球戰略穩定與太空安全構成潛在衝擊。

整體而言，中共導彈防禦體系的現代化與整合，已成為其調整戰略態勢與塑造區域權力結構的重要工具。未來此一發展可能進一步誘發區域軍備競賽，並加劇印太區域安全環境的不確定性。對相關國家而言，如何在強化自身防禦能力的同時，維持戰略穩定與危機管控機制，將成為因應此一趨勢的關鍵課題。

⁴⁴ 陳英武、姜江、李際超，〈淺析現代戰爭體系作戰特徵〉，《解放軍報》，2025 年 8 月 14 日，<chrome-extension://efaidnbmninnnibpcajpglclefindmkaj/https://rmt-static-publish.81.cn/file/20250814/005454b14dd78bf04be02a268e1e3fa0.pdf>。

表 1、中共導彈防禦系統架構

武器型號	防禦目標	攔截高度（估計）	類比美國等級
■ 國家戰略層級：中段與外大氣層攔截			
動能—1	反衛星（試驗）	低地球軌道（LEO）	早期高空攔截試驗
動能—2	反衛星/中段反導	中高軌道 （MEO/GEO）	無可類比
動能—3	反衛星/中段反導	高層大氣外（極高）	GBI
雙城—19	反衛星/反導	低地球軌道（LEO）	已退役的 ASAT
■ 戰區層級：大氣層邊緣與海基防護			
紅旗—19	中段反導	60 至 150 公里	THAAD
紅旗—26	海基反導	100 公里以上	Aegis BMD SM-3
■ 末端防護層級：大氣層內低空攔截			
紅旗—29	高層反導	30 至 40 公里	PAC-3
紅旗—9C	末端反導	30 至 35 公里	THAAD PAC-3 MSE
紅旗—9	防空/有限反導	20 至 30 公里	PAC-2
S-400	防空/有限反導	30 至 40 公里	PAC-3 MSE IADN/S
S-300	防空/有限反導	20 至 30 公里	PAC-2

資料來源：整理自公開新聞資訊與舒孝煌，〈第六章：共軍飛彈防禦能力〉，
《2021 國防科技趨勢評估報告：中共新世代軍事科技評估》，頁 63。

作者黃恩浩為澳洲墨爾本大學社會暨政治科學院政治學博士，現為財團法人國防安全研究院國防戰略與資源研究所副研究員。主要研究領域為國際關係戰略文化、國防戰略議題研究、中國海洋戰略與海上武裝力量、印太區域安全議題等。

An Analysis of the Integration of China's Missile Defense Systems at the National and Theater Levels

Paul A. Huang

Division of Defense Strategy and Resource

Abstract

This paper examines the integration and operational mechanisms of China's "national-theater" missile defense system, focusing on its technical architecture, command structure, and strategic implications. It argues that, in response to U.S. military adjustments and growing regional pressures, China has shifted from traditional offensive deterrence toward a more integrated "offense-defense" operational model, supported by a layered architecture spanning midcourse, high-altitude, and terminal interception. At the technical level, a national midcourse system—centered on the DN-2/3 and SC-19—operates in conjunction with theater and terminal systems, including the HQ-19, HQ-26, HQ-9 series, and the S-400, forming a comprehensive defense network. This architecture is further strengthened by IADN/S, multi-domain sensor systems, and AI-enabled decision chains, enhancing responsiveness to advanced threats such as hypersonic weapons. Strategically, this integration improves the survivability of China's nuclear second-strike capability and reinforces its A2/AD posture, raising the cost of external intervention in potential regional conflicts. Meanwhile, the dual-use nature of these systems—combining missile defense and anti-satellite functions—poses broader challenges to space security and strategic stability. Overall, China's missile defense development is reshaping the Indo-Pacific security environment and regional balance of power.

Keywords: China's Missile Defense Systems, Anti-Access/Area Denial (A2/AD) , Integrated Air Defense Network/System (IADN/S) , Kinetic Hit-to-Kill

歐洲天盾倡議的推動與挑戰

許智翔

中共政軍與作戰概念研究所

壹、前言

歐洲天盾倡議（European Sky Shield Initiative, 以下縮寫「ESSI」），是德國為首的歐洲聯合防空計畫，欲打造一涵蓋歐洲多國的整合式防空（Integrated Air Defence）反飛彈體系。目前，ESSI已有超過20個國家參與，並選定了先進防空作戰裝備，結合正在重建的歐洲國防工業，將透過成員國的合作參與在產業面上，同時讓選定的先進裝備能大量生產、快速交貨，並且降低成本，更能在作戰上強化不同系統的整合，以及共同作戰圖像的建立，可說同時能讓參與各國快速提升防空戰力、節省成本、作戰整合，也能讓參與的國防產業得到足夠訂單而進一步茁壯。

ESSI的初衷具備巨大雄心，希望能建立一個歐洲核心、自主，並在工業生產，以及作戰上都能產生巨大效益的整合防空體系，仍有多項挑戰需要克服，包含：一、不同國家系統間的深度整合；二、歐洲各國間政治目標、與威脅評估上的差距；三、各國國防產業的競合，以及當前武裝衝突，如美以對伊朗的戰事對其中美製「愛國者」（Patriot）飛彈產能與庫存的影響等。此外，將採用的系統造價不菲，儘管多國合作的方案可以相當程度的增加產量、降低成本，使得小國有望進一步與各大國共同，藉此取得需要的防空系統，強化聯盟的防空能力，儘管價格不菲的現代防空武器，仍對這些國家的預算造成壓力。

貳、「歐洲天盾倡議」欲建立共同防空反飛彈能力

2022 年，隨著俄羅斯對烏克蘭發動全面入侵，時任德國總理蕭茲（Olaf Scholz）不僅於入侵爆發的數天後發表了「時代轉捩點」（Zeitenwende）演說，宣布德國將徹底改變外交、安全與國防政策，重整軍備以因應全新的威脅。¹其後，德國不僅開始增加國防投資，強化對北約（NATO）的安全承諾，更嘗試透過歐洲／北約框架推動共同強化軍力、國防採購等諸多作為，同時發展作戰能力與規模經濟，ESSI 正是其中的一個重要範例。

一、「歐洲天盾倡議」整合 23 個國家共同採購防空系統

2022 年 8 月，隨著烏克蘭戰爭正如火如荼的進行，時任德國總理蕭茲在布拉格的〈歐洲是我們的未來〉（Europe is our future）演說中，提出了歐洲共同建立防空能力的構想，²並在 2022 年 10 月 13 日，與 14 個歐洲國家簽署了不具約束力的意向書，正式啟動 ESSI。而這 15 個國家：德國、比利時、保加利亞、捷克、愛沙尼亞、芬蘭、匈牙利、拉脫維亞、立陶宛、荷蘭、挪威、斯洛伐克、斯洛維尼亞、羅馬尼亞和英國，就成為 ESSI 的初始成員。隨後又增加了 8 個國家，目前共有 23 個國家合作參與 ESSI，其中甚至包括了中立國如瑞士、奧地利等。

對領銜啟動 ESSI 的蕭茲內閣而言，倡議的提出除了強化自身戰力，補足後冷戰時期多層次防空能力缺乏的部分外，也藉此舉重建在烏克蘭戰爭初期因蕭茲總理在援烏上極度消極，導致德國嚴重受

¹ “Regierungserklärung von Bundeskanzler Olaf Scholz am 27. Februar 2022,” *Die Bundesregierung*, February 27, 2022, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/archiv-bundesregierung/regierungserklaerung-von-bundeskanzler-olaf-scholz-am-27-februar-2022-2008356>.

² “Speech by Federal Chancellor Olaf Scholz at the Charles University in Prague on Monday, 29 August 2022,” *Bundesregierung*, August 29, 2022, <https://www.bundesregierung.de/breg-en/service/archive/scholz-speech-prague-charles-university-2080752>.

損的信譽。值得注意的是，法國與波蘭都未加入 ESSI，這是因為法國希望推動自身的防空系統成長，不希望採購德國或美國生產的系統，而波蘭更投注於與美國及英國合作的防空系統上。³

二、「歐洲天盾倡議」企圖建構歐洲的聯合多層次防空系統

在初始的規劃上，針對多層次「整合式防空系統」（Integrated Air Defence System, IADS）的需求，ESSI 定義了多層的防空網，分別是：

（一）超長程（Sehr große Reichweite/very long range），針對「更長射程的彈道飛彈」（weitreichende ballistische Raketen），即超過 1,000 公里射程的彈道飛彈，是目前歐陸防空系統亟需補強的漏洞，為此德國選定了以色列航太工業（IAI）與波音（Boeing）聯合研發生產的「箭—3」（Arrow-3）防空飛彈，具備在大氣層外攔截洲際彈道飛彈（ICBM）的能力，射程達 2,400 公里，能提供在現有防空體系範圍之外的安全保障。

（二）長程（Große Reichweite/long range），水平距離 50 公里以上，垂直高度 35 公里內選擇美國「愛國者」（Patriot）系列防空飛彈。⁴

（三）中程（Mittlere Reichweite/medium range），是水平距離 15 至 50 公里，高度 25 公里以下，則選定了德國迪爾（Diehl Defence）新式的 IRIS-T SLM 防空飛彈。

（四）短程（Kurze Reichweite/short range），水平距離 15 公里

³ “14 NATO Allies and Finland Agree to Boost European Air Defense Capabilities,” *NATO*, October 13, 2022, <https://www.nato.int/en/news-and-events/articles/news/2022/10/13/14-nato-allies-and-finland-agree-to-boost-european-air-defence-capabilities>; Justyna Gotkowska, “Germany’s European Sky Shield Initiative,” *Ośrodek Studiów Wschodnich*, October 14, 2022, <https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/analyses/2022-10-14/germanys-european-sky-shield-initiative>.

⁴ 目前歐陸主要使用的，為「愛國者 2 型」的最新性能提升型 PAC-2 GEM-T，以及「愛國者 3 型」PAC-3。

以內，高度 6 公里以內。在短程到中程範圍內，由於現在增加了包含無人機在內多樣化的威脅，因此現有的「山貓式」防空飛彈（Ozelot，為將 4 連裝「刺針」防空飛彈整合至「鼬鼠 2」式裝甲車上的機動系統），以及「螳螂式」（MANTIS）固定式 35mm 防砲，將需要進一步的現代化，不僅引入 IRIS-T SLM 以補足中程範圍內的防空火力，也採購萊茵金屬（Rheinmetall）的新式「天空突擊兵」（Skyranger）自走防砲系統加以強化。⁵

參、「歐洲天盾倡議」的執行與挑戰

長期以來，北約架構下已有一推動多年的整合式防空架構「北約整合防空反飛彈系統」（NATO IAMD，也稱 NATINAMDS）。NATO IAMD 的框架由「北約空中巡邏」（NATO Air Policing）、「北約彈道飛彈防禦」（NATO Ballistic Missile Defence, BMD）、「整合防空反飛彈輪調模式」（IAMD Rotational Model）等三要素組成。「北約空中巡邏」為具備有人戰機的國家，合作派遣戰機部隊前往不具備能力的盟國部署，確保其領空完整性。近期北約在東歐前線如波海國家等地，即在推動此種多國協同任務；「北約彈道飛彈防禦」則首先由美國的「歐洲反飛彈階段因應進程」（European Phased Adoptive Approach, EPAA）戰略目標構成，由美軍提供陸海基資產，待歐洲盟國補上能力填補空缺；「整合防空反飛彈輪調」則提供一種運作模式，讓北約各國定期向不同的盟國部署作戰飛機、陸基防空反飛彈系統以及偵測系統器等輔助裝備，近期則因烏俄戰爭之故，將重心置於北約東線各國。⁶

⁵ Amina Vieth, "European Sky Shield – die Initiative im Überblick," *Bundesministerium der Verteidigung*, Last Retrieved: June 1, 2026, <https://www.bmvg.de/de/aktuelles/european-sky-shield-die-initiative-im-ueberblick-5511066>; Imogen Foulkes, "Neutral Swiss and Austrians Join Europe's Sky Shield Defense," *BBC*, July 7, 2023, <https://www.bbc.com/news/world-europe-66130857>.

⁶ "NATO Integrated Air and Missile Defence," *North Atlantic Treaty Organization*, Updated: February 13, 2025, <https://www.nato.int/en/what-we-do/deterrence-and-defence/nato-integrated-air-and-missile-defence>.

ESSI 的推動，並未對 NATO IAMD 造成干擾，而是在整合後能起重大輔助之效。在 NATO IAMD 架構下，成員國得以藉由北約的指揮鏈，網路化整合各國的雷達、指揮與管制（C2）資產以及打擊平台連結在一起。ESSI 作為一個「採購俱樂部」，可以進一步協助各國快速建立自身能力，填補空缺。如考量 NATO IAMD 在部分項目如「北約彈道飛彈防禦」上，目前架構為美國先提供資產，等待歐洲國家補上空缺能力這點，則 ESSI 快速建立相關能力的規劃更顯重要：透過多國聯合採購來降低生產成本、簡化維保，並在歐洲達成武器型號的標準化等，並在 NATO IAMD 框架下整合，建立大規模規模化且具備實戰韌性的防空體系。⁷

一、成員國主要裝備採購現況

（一）「箭—3」飛彈系統

針對前述武器系統，倡議的德國在 2023 年 9 月 28 日，正式批准投入約 40 億歐元採購「箭—3」飛彈，⁸並在 2025 年 12 月，進一步批准了一項價值 30 億歐元的增購合約，同時第一批「箭—3」飛彈，也在 2025 年 12 月正式交貨給德國，而德國空軍也在 2025 年 12 月 3 日，宣布「箭—3」飛彈防禦系統具備初始作戰能力（IOC）。⁹不過，單純就「箭—3」飛彈這種高價、高性能且具備攔截大氣層外目標能力的先進系統，在整體的 ESSI 成員國中，目前仍僅有德國採購，使得德國與以色列成為此系統目前惟二的用戶。

而在其「箭—3」飛彈於 2025 年 12 月 3 日成軍，並宣布 IOC 的

⁷ “Strengthening EU Air Defense with NATINAMDS and ESSI Sky Shield,” *Großwald*, December 21, 2024, <https://www.grosswald.org/strengthening-eu-air-defense-natinamds-and-essi-sky-shield/>.

⁸ Carrie Keller-Lynn, “Germany signs nearly €4 billion deal for Israel’s Arrow 3 missile defense system,” *The Times of Israel*, September 28, 2023, <https://www.timesofisrael.com/germany-signs-nearly-e4-billion-deal-for-israels-arrow-3-missile-defense-system/>.

⁹ Emanuel Fabian, “German parliament approves \$3.5 billion expansion of Arrow 3 deal with Israel,” *The Times of Israel*, December 17, 2025, <https://www.timesofisrael.com/german-parliament-approves-3-5b-expansion-of-arrow-3-deal-with-israel/>.

典禮上，德國空軍也強調正快速採購需要系統，彌補能力缺失並對抗如俄製「榛樹」（Oreshnik）長程彈道飛彈（IRBM）等新式威脅，更預期將此作戰能力用來保護德國周邊的盟國。¹⁰

（二）「愛國者」飛彈系統

作為長時間在西方盟國中大量服役的裝備，歐洲主要運用的美製「愛國者」飛彈為「愛國者二型」的提升型號「PAC-2 GEM-T」，還有「愛國者三型」（PAC-3）及其性能提升型號「飛彈分段增強型」（Missile Segment Enhancement, MSE）等。

由於俄烏戰爭帶來的軍事威脅，歐洲各國在嘗試快速重整軍備的需求之下，不僅大幅強化自身的國防預算投入，亦得到來自北約及歐盟的專門計畫資金援助以及協調。藉此，歐洲各國得以在 ESSI 等多國合作框架下，共同推進軍備採購計畫，而愛國者飛彈的採購正是其中的重要範例：如 2024 年時，在北約支援與採購局（NATO Support and Procurement Agency, NSPA）的協助支持下，德國、荷蘭、羅馬尼亞、西班牙等盟國共同採購最多 1000 枚的「愛國者」飛彈；¹¹同年 11 月 15 日，甫加入北約不久的瑞典也宣布在 NSPA 支持下，加入德國、荷蘭、羅馬尼亞、西班牙等國的共同採購計畫，顯見類似的共同採購，持續協助成員國進一步強化其國防投資，與作戰能力的整合。¹²德國自己也正重建其「愛國者」飛彈的兵力，規劃持續增購發射車等裝備以彌補援烏的空缺，並持續增購 PAC-3 MSE 飛彈。¹³

¹⁰ Nicholas Fiorenza, “Germany Declares Arrow Weapon System IOC,” *Jane’s*, December 5, 2025, <https://www.janes.com/defence-intelligence-insights/defence-news/weapons/germany-declares-arrow-weapon-system-ioc>.

¹¹ George Allison, “NATO to Buy 1,000 Patriot Air Defense Missiles,” *UK Defence Journal*, January 5, 2024, <https://reurl.cc/bdvMyM>.

¹² “EU’s €5.2B Air Defense Push: Sweden Leads Patriot Missile Expansion in Germany,” *Großwald*, Updated: February 16, 2026, <https://www.grosswald.org/untitled-3/>.

¹³ “Deutschland an weiteren vier Patriot-Einheiten interessiert,” *Hartpunkt*, April 22, 2024, <https://www.hartpunkt.de/deutschland-an-weiteren-vier-patriot-einheiten-interessiert/>; “Deutschland will bis zu 600 Patriot-Raketen PAC-3 MSE für fünf Milliarden Dollar kaufen,” *Hartpunkt*, August 16, 2024, <https://www.hartpunkt.de/deutschland-will-bis-zu-600-pac-3-mse-kaufen/>.

然而，儘管「愛國者」飛彈在作戰能力上能滿足當前盟軍防空體系的需求，並且已具有一定規模的生產能力，近期因國際態勢發展，如美國在伊朗戰爭中大量消耗飛彈，及美國國防產業需要重整等因素，導致產能吃緊，對歐洲是否進一步採用更多「愛國者」飛彈系統，或是以其他「歐洲主權」系統加以取代，仍有影響。

（三）IRIS-T SL 系列防空飛彈

IRIS-T SL 防空飛彈是德國迪爾防衛公司，將其高性能空對空飛彈 IRIS-T 延伸發展而來的防空飛彈系統。該系統根據其接戰距離的長短，分為數種型號：1、IRIS-T SLM，用以對抗在距離 40 公里、高度 20 公里以內目標的中程防空飛彈型號，也是 ESSI 主要選定的系統，可以搭配多種不同雷達與指管系統運用，已在烏克蘭戰場上得到相當驗證，受到極高評價；2、IRIS-T SLX，2026 年德國 Enforce Tac 展上正式展出的 IRIS-T SLX 則是將射程與射高進一步延伸至 80 至 100 公里射程與 30 公里射高，同時其新的發射車將可同時投射 SLX 與 SLM 兩種飛彈，來調整防空系統的接戰範圍；¹⁴ 3、IRIS-T SLS，射程與射高分別為 12 公里與 8 公里的短程飛彈型，目前業已提供給烏克蘭部隊進行實戰運用。¹⁵

就目前的銷售與量產狀況而言，ESSI 選定的系統中、IRIS-T 系列防空飛彈可說是目前極受矚目的武器，目前已有德國、愛沙尼亞／拉脫維亞（ESSI 框架下共同採購）、保加利亞、瑞典、瑞士、斯洛文尼亞、丹麥等各國參與採購，甚至得到國外客戶如埃及的大量採購，以及持續送往烏克蘭進行援助，並測試其實戰能力；截至目前為止，在烏克蘭前線有近乎 100% 的攔截能力，表現極為優異。¹⁶

¹⁴ “Diehl Defence Unveils 100km Range IRIS-T SLM/X Air Defence System,” *Global Defense Corp*, February 26, 2026, https://www.globaldefensecorp.com/2026/02/26/diehl-defence-unveils-100km-range-iris-t-slm-x-air-defense-system/#google_vignette.

¹⁵ “IRIS-T SLS,” *Army Recognition*, May 14, 2026, <https://www.armyrecognition.com/military-products/army/air-defense-systems/air-defense-vehicles/iris-t-sls>.

¹⁶ “Grunwald Systems: IRIS-T SLM,” *Großwald*, Updated: May 31, 2026, <https://www.grosswald.org/grosswald-systems-iris-t-slm-surface-to-air-missile-systems/>.

龐大的需求與訂單，使得迪爾防衛公司必須將產能擴大 10 倍，投資 10 億歐元滿足訂單需求的同時，積壓訂單仍持續到 2030 年。就目前的產能而言，IRIS-T 飛彈已從 2023 年的年產 150 至 200 枚，提升至 2025 年的年產 800 至 1000 枚，並仍將持續有新的生產基地投入擴產；值得注意的是，IRIS-T SLM 提供了遠較挪威 / 美國合作研發生產的 NASAMS 防空飛彈更有競爭力的價格。¹⁷

除了多國開始採購此型飛彈外，IRIS-T SLM 的相關輔助裝備也正大量擴產中，如負責提供其搜索射控雷達的德國 Hensoldt 公司，就在 2026 年 2 月 2 日，發布新聞稿宣布在 ESSI 的架構下取得了超過 1 億歐元的訂單，提供給多個歐洲國家 TRML-4D 主動電子掃描相位陣列雷達，該公司在發布該新聞稿時、已在 ESSI 框架內簽署合約販售了超過 150 具雷達，¹⁸可見相關建軍、採購與擴產程度之一斑。

（四）「天空突擊兵」自走防砲系統

德國萊茵金屬的先進「天空突擊兵」（Skyranger）自走防砲系統，在 ESSI 中被規劃為短程 / 極短程防空的核心。「天空突擊兵」由萊茵金屬集團的子公司，原為瑞士奧瑞岡（Oerlikon）的萊茵金屬防空系統（Rheinmetall Air Defence）研發生產，是我國長年使用的 35mm GDF「天兵」（Skyguard）快砲的最新世代。「天空突擊兵」目前有 35mm 及 30mm 兩種形式，可以搭配諸如「拳師犬」（Boxer）重型 8 輪甲車、「食人魚」（Piranha）輪甲車、「潘杜爾輕步兵」（Pandur）輪甲車，乃至於萊茵金屬的新式「山貓式」（Lynx）步兵戰鬥車，甚至「豹 1」（Leopard 1）等底盤。就德軍而言，可視為是 2012 年全部退役的「獵豹防空戰車」（Flakpanzer

¹⁷ “IRIS-T SLM Emerges as Europe’s Fastest-growing Air Defense System,” *Norsk Luftvern*, December 11, 2025, <https://norskluftvern.no/articles/iris-t-slm-emerges-as-europes-fastest-growing-air-defense-system/>.

¹⁸ “ESSI: Hensoldt erhält Bestellungen im Wert von über 100 Millionen Euro,” *Hartpunkt*, February 2, 2026, <https://www.hartpunkt.de/essi-hensoldt-erhaeltbestellungen-im-wert-von-ueber-100-millionen-euro/>.

Gepard) 的繼承人。

「天空突擊兵」搭配德國 Hensoldt 的高性能 Spexer 雷達，除了傳統的空中目標外，也能有效對抗小型無人機威脅，目前包含德國在內，已獲得多國青睞，並整合「刺針」(Stinger) 或「西北風」(Mistral) 等防空飛彈，使其成為「彈砲合一」的高性能防空系統。值得注意的是，德國陸軍選用的「天空突擊兵」是 30mm 機砲型，原先欲整合「刺針」飛彈，不過後來決定改採德國 MBDA 公司的「DefendAir」微型低成本防空飛彈，以求在對抗無人機等廉價目標時，能夠更有效的接戰，而「DefendAir」也預期將在未來同樣進入 ESSI 的認證系統清單當中。¹⁹

二、國際情勢變化與產能限制影響倡議推動

必須注意的是，ESSI 是德國提出的多國合作倡議，旨在強化各國共同採購防空系統，透過大量採購，同時加強國防工業能力、降低武器彈藥的採購成本、統一後勤，並降低各盟國間的防空作戰整合的難度，而並非具有絕對強制力的規範。是故，ESSI 的成員國並非僅採購初期由德國構思的系統。此外，同前所述，ESSI 中選擇的部分系統並非來自歐洲的裝備，不論以色列「箭—3」或美製「愛國者」飛彈皆然，因此引起如法國等重要歐洲國家的疑慮，因而並未參與其中。在這樣的情況下，國際情勢的變化，以及產能限制，更進一步對倡議的推動與執行，造成影響。

也因此，ESSI 的成員國中，並非全部的成員都採購了這些裝備。如挪威在中程系統上，進一步增購自國與美國共同研發生產的「NASAMS」防空飛彈，而斯洛伐克則更是從以色列引進了「閃電

¹⁹ Linus Höller, "Germany Moves to Field a Miniature Anti-drone Missile," *Defense News*, November 7, 2025, <https://www.defensenews.com/global/europe/2025/11/06/germany-moves-to-field-a-miniature-anti-drone-missile/>.

—MX」(Barak-MX)防空飛彈。²⁰儘管同樣是 ESSI 的成員國，芬蘭則是在宣布加入北約的隔天，決定從以色列引進「大衛投石索」(David's Sling)，考量其作戰能力是攔截 40 公里至 300 公里間的來襲彈道飛彈，芬蘭的考量可能是希望尋找一種能同時涵蓋中程與長程兩個領域，並具備反飛彈能力的系統，搭配其已使用多年的「NASAMS」防空飛彈。²¹

此外，2025 年時，ESSI 的會員國丹麥、選擇的中長程防空系統並非倡議中規劃的「愛國者」飛彈系統，而是法國與義大利共同研發、以「紫苑」(Aster)飛彈為核心的「SAMP/T」防空飛彈，其參數與「愛國者」飛彈能力相近，這顯示儘管「愛國者」系列防空飛彈，在過往數十年來深入整合於北約各國的作戰體系當中，作戰性能更是長久以來獲大量實戰驗證，但產能、交貨時程，及「歐洲主權」的武器系統等因素，可能影響丹麥的評估。

同時，在烏克蘭戰場的經驗似乎顯示，在俄國「匕首」(Kh-47M2 Kinzhal)極音速飛彈，以及「伊斯坎達爾」(9K720 Iskander)短程彈道飛彈，提升終端機動能力後，SAMP/T 展現了較「愛國者」更優異的對抗能力，也可能對丹麥的決定產生影響。然更具決定性的因素，仍可能在於 SAMP/T 在提升產能後，交貨的速度上相較於「愛國者」更具優勢。²² 2026 年 3 月 6 日，瑞士也接獲美國的通知，指出「愛國者」飛彈交貨將延後 4 至 5 年，也同樣迫使瑞士這個 ESSI 的成員國，緊急改為採購歐洲防空系統，以減少建

²⁰ Rojoef Manuel, "Slovakia Accepts First Israeli Barak Air Defense System," *Defense Post*, April 21, 2026, <https://thedefensepost.com/2026/04/21/slovakia-first-barak-israel/>.

²¹ Clement Charpentreau, "Finland to Acquire David's Sling Air Defense System from Israel," *Aero Time*, April 6, 2023, <https://www.aerotime.aero/articles/finland-to-acquire-davids-sling-air-defense-system-from-israel>.

²² "Europe's Long-range Air Defense Decision: SAMP/T NG Versus Next-Generation Patriot," *Norsk Luftvern*, January 2, 2026, <https://norskluftvern.com/2026/01/02/europes-long-range-air-defense-decision-samp-t-ng-versus-next-generation-patriot/>.

軍時程的延宕。²³這樣的狀況，可能來自於美國在對伊朗的戰事中，大量消耗彈藥庫存、因而將產能優先提供美軍戰備需求，然美國川普總統（Donald Trump）第二次上台後，在跨大西洋夥伴關係上帶來的不確定性，也進一步強化歐洲國家在「歐洲主權」裝備上的顧慮。

不過，針對相關的可能延宕以及歐洲各國重建防空，乃至於援助烏克蘭作戰的巨大訂單需求，「愛國者」飛彈的製造商雷神公司（Raytheon，現 RTX）在 2022 年開始，就規劃與歐洲飛彈製造巨擘 MBDA 的德國分公司 MBDA Deutschland 合作，將原本雙方合資，負責維保，升級歐洲各國「愛國者」飛彈的 COMLOG 公司擴大，建立在德生產「愛國者」飛彈的能力，並納入 MBDA 麾下的各關鍵產業參與；²⁴預計自 2026 年底 / 2027 年初開始，每年生產超過 1,000 枚 GEM-T 飛彈，²⁵考量目前「愛國者」飛彈系列每年產量約 600 枚，²⁶未來德國的產線應可紓解「愛國者」的供應短缺。

持平而論，甫推出的 IRIS-T SLX 其性能已經也可以一定程度涵蓋 ESSI 中，對「愛國者」飛彈系統負責的長程防空區間的需求，因此儘管原始設定的各項武器系統，非「歐洲主權」的裝備可能因為當下各種主客觀因素，導致生產與交貨出現問題，但類似問題在目

²³ Dorothee Frank, “Schweiz sucht Patriot-Ersatz: SAMP/T NG oder IRIS-T SLX?,” *Defence-Netzwerk.com*, March 9, 2026, <https://defence-network.com/schweiz-patriot-ersatz-samp-t-ng-iris-t-slx/>; Ariane Luthi and Kirsti Knolle, “Swiss Considering Rival Air Defenses after Washington Delays Patriots over Iran War,” *Reuters*, May 13, 2026, <https://www.reuters.com/world/united-states-informs-switzerland-delays-price-hike-patriot-delivery-2026-05-13/>.

²⁴ Lars Hoffmann, “Raytheon Technologies und MBDA wollen gemeinsam Patriot-Flugkörper in Deutschland bauen,” *Europäische Sicherheit & Technik*, November 30, 2022, <https://esut.de/2022/11/meldungen/38309/raytheon-technologies-und-mbda-wollen-gemeinsam-patriot-flugkoerper-in-deutschland-bauen/>.

²⁵ Markus Fasse and Frank Specht, “Patriots“ werden knapp – Schlüsselrolle für deutsche Industrie,” *Handelsblatt*, March 5, 2026, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/iran-krieg-patriots-werden-knapp-schlueselrolle-fuer-deutsche-industrie/100205773.html>.

²⁶ Macdonald Amoah, et.al., “Scaling Patriot Production: The Industrial Base Crisis Explained,” *Foreign Policy Research Institute*, May 18, 2026, <https://www.fpri.org/article/2026/05/scaling-patriot-production-the-industrial-base-crisis-explained/>.

前盟國合作擴產，以及「歐洲主權」裝備進一步發展的情況下，建軍的空隙與缺口應不會存在太久。

肆、結語

在 ESSI 的發展過程中，持續受到法國為首的部分歐洲國家質疑的，就是對於選定的裝備是否具備「歐洲主權」，亦即該裝備是否研發生產均來自歐洲。這樣的疑慮尤其在美國研發的「愛國者」飛彈，及以色列與美國共同研發的「箭—3」飛彈上被強調。有論者認為對外國系統的依賴，儘管可以加快其部署進度、卻也可能削弱自身能力，由於 ESSI 並不會強制成員國必須採購選定的武器系統，因此單就中、長程防空一項而言，就有 3 種不同系統的「陣營」：柏林及其他 6 個歐洲盟國使用「IRIS-T」與「愛國者」飛彈，巴黎力推「SAMP/T」，而奧斯陸與部分國家，則依賴挪威與美國共同研發的「NASAMS」系統，並不願放棄自己研發的裝備，形成一定程度的政治角力。²⁷

如從整個歐洲的角度來看，短程防空飛彈尚有英國的「通用防空模組化飛彈」（Common Anti-air Modular Missile, CAMM），已獲波蘭與義大利的採用，同時義大利也參與研發增程型 CAMM-ER，而超長程的防禦，在歐洲其實仍有美國部署的「陸基神盾」（Aegis Ashore）等，不論採購、部署、整合上，都需要各國進一步加強協調，特別是「防空反飛彈」，實際上涉及了包含陸、海、空、太空、網路等各種作戰層面；在這樣的情況下，儘管 ESSI 似有進一步推動發展，成為整合各國防空架構、具備巨大雄心的計畫，然這樣的發展亦會與近年北約致力推動的 NATO IAMD 有所扞格。無論如何，ESSI 的推動，仍一定程度的協助了歐洲較小的國家能在以較划

²⁷ Miriam Saenz de Tehada, "Europe's Race to Build its Air Shield," *Euractiv*, October 29, 2025, <https://www.euractiv.com/news/europes-race-to-build-its-air-shield/>.

算的方式，取得所要的防空系統。而事實上，在烏克蘭戰爭爆發、歐洲國家重整軍備後，可以注意到德國發動的多個倡議、正在逐步將歐洲多個國家的軍工產業鏈相互整合在一起，如「豹 2」（Leopard 2）戰車的組裝就將拓展至東歐與北歐；就此趨勢來看，ESSI 應也將採取類似方式，進一步協助德國國防產業在內選定的歐美軍工廠商，進一步透過共同採購的方式，使其茁壯。

本文作者許智翔為德國杜賓根大學博士，現為財團法人國防安全研究院中共政軍與作戰概念研究所研究員。主要研究領域為德國與歐美軍事、解放軍研究、地面武器裝備、不對稱作戰、戰史、歐盟研究、兩岸關係。

The European Sky Shield Initiative: Progress and Challenges

Dr. Jyh-Shyang Sheu

Division of Chinese Politics, Military and Warfighting Concept

Abstract

The Germany-led European Sky Shield Initiative (ESSI) aims to build an integrated air and missile defense system encompassing over 20 participating nations. By selecting advanced equipment and leveraging multinational industrial cooperation, ESSI facilitates mass production, faster delivery, and cost reduction, while strengthening the European defense industry through sustainable order growth. Operationally, it enhances systemic integration and a recognized air picture, allowing member states to rapidly elevate capabilities and achieve operational synthesis.

Despite its ambition to establish an autonomous European air defense framework with industrial and operational efficiency, multiple hurdles remain. These include achieving deep integration across diverse national systems, bridging gaps in political objectives and threat assessments among European states, and navigating domestic defense industry competition. Furthermore, global armed conflicts—such as the potential US-Iran military escalation—exert critical pressure on the geopolitics of defense supply, severely impacting the production capacity and stockpiles of critical American-made Patriot missiles. Ultimately, while multinational joint procurement successfully helps nations acquire necessary systems and reinforces alliance-wide defense capabilities, the initiative's success hinges on overcoming these profound technical, political, and industrial obstacles.

Keywords: ESSI, European Security, Air Defence

日本「統合防空與飛彈防衛」體系初探

王尊彥

國家安全研究所

壹、前言

一國要確保安全，需要矛與盾。一個宣示「專守防衛」的國家尤其重視盾；敵之矛越利，己之盾便須更強。日本作為海島國家，正面臨日益複雜嚴峻的空中威脅，建構堅固的防空體系，自是近年日本建軍整備之重點工作。

冷戰結束後，日本的威權主義鄰國北韓與中國，不僅未追隨「第三波」民主化的潮流，反不斷加強高壓統治與軍事擴張。特別是 90 年代以後，中、朝兩國飛彈技術進展快速，再加上核武不斷發展，日本政府視此為重大威脅，並被迫加速建構防禦體系。

事實上，1995 年日本即與美國共同研發彈道飛彈防禦（Ballistic Missile Defense, BMD），直至 1998 年 8 月北韓宣稱發射運載衛星如火箭「白頭山 1 號」，¹飛越日本東北領空後墜落西太平洋，此舉強烈衝擊東京當局並迫使其加速強化飛彈防禦能力。2003 年 12 月 19 日，日本內閣會議通過政策文件〈關於整備彈道飛彈防禦系統〉，終於正式宣布建構「彈道飛彈防禦」體系。²

從《國家安全保障戰略》、《國家防衛戰略》等攸關日本安全之核心文件，到防衛省年度刊物《防衛白皮書》，內容皆指陳中國和北韓對日本的飛彈威脅。尤其 2022 年 8 月中國朝我國周邊發射彈道飛彈共 11 枚，其中 5 枚落入日本專屬經濟海域，更是強烈刺激日

¹ 該火箭被認為是彈道飛彈「大浦洞 1 號」（Taepodong 1），射程約 2500 公里，而該次飛行距離為 1600 公里。

² 〈彈道ミサイル防衛システムの整備等について〉，2003 年 12 月 19 日，<https://www.kantei.go.jp/jp/kakugikettei/2003/1219seibi.pdf>。

本，而將強化飛彈防禦列為「徹底強化防衛力量」（日文：「防衛力の抜本的強化」）七大領域之一：「統合防空與飛彈防禦」體系（Integrated Air and Missile Defense, IAMD；以下簡稱「IAMD」）。

3

本文旨在討論日本於建構 IAMD 過程中，對於日本安全環境中空中威脅的認知，據以發展 IAMD 作戰思維與整備作為，並探討其「攻守一體」和「日美一體」概念之相關爭議。

貳、「統合」以面對多元複雜的空中威脅

隨著科技與武器之快速發展，一國所面對的空中威脅已不止於飛機、巡弋飛彈與彈道飛彈，而是進入無人航空器與極音速武器的時代，後者甚至包含被認為比彈道飛彈更難攔截的「極音速滑翔器」（Hypersonic Glide Vehicle, HGV；以下簡稱 HGV），以及「極音速巡弋飛彈」（Hypersonic Cruise Missile, HCM；以下簡稱 HCM）。此等新武器裝備的研發與誕生，已使空中威脅「多樣化、複雜化、高度化」，也因此該防禦體系必須皆能應處這些威脅。

在這方面，日本特別關注中、朝、俄三國發展空中武力並導致其安全環境急速惡化。日本政府認為，北韓在「隱匿性」、「突破飛彈防禦系統之能力」等技術上有所進展，並且頻繁發射彈道飛彈、極音速飛彈、以及低速且可變軌飛行之短程彈道飛彈；中國則是除了追求核武現代化之外，更研發反艦彈道飛彈（ASBM）、攻陸巡弋飛彈與極音速滑翔器，以提升其反介入、區域拒止 A2 / AD 之能力。俄國雖不似北韓屢向日本海發射飛彈，然自烏克蘭戰爭爆發以來，俄國已發射超過上萬枚飛彈，重創烏國軍事設施。日本政

³ 「統合防空與飛彈防禦體系」是「徹底強化防衛力量」七大領域當中的第二項領域，其餘六項領域依序為一、「遠距防衛能力」；三、「無人裝備防衛能力」；四、「跨領域作戰能力」；五、「指管與情報能力」；六、「機動部署暨保護國民」以及七、「作戰韌性與續戰力」。

府據此指出，「對日本而言飛彈攻擊已是現實威脅」，甚至可能遭遇飽和攻擊，故亟需 IAMD 之能力。⁴。

參、日本 IAMD 之構想與整備作為

據日本防衛省說明，日本 IAMD 旨在以最適手段高效攔截來襲飛彈，同時運用打擊能力制約敵發射飛彈，以及透過「飛彈攔截」與「飛彈攻擊」以及提升監偵能力，發揮對敵嚇阻力量。

一、飛彈攔截

日本 IAMD 體系下，防衛（攔截）縱深由遠至近分為海域上空和領土上空等兩個層次。以彈道飛彈為例，首先由日本的自動警戒管制系統（Japan Aerospace Ground Environment, JADGE）統整雷達與飛彈情報，計算飛行軌跡與落點，並啟動多層次攔截。

海域上空領域由海上自衛隊主責防禦。當敵飛彈進入中段（middle course）飛行時，即由公海待命中的「神盾」艦（目前海上自衛隊共有 8 艘）發射「標準三型」飛彈（SM-3）加以擊毀。若遭突穿，則由航空自衛隊高射部隊運用之「愛國者三型」增程型（PAC-3 MSE）飛彈將其擊落。若再遭突穿，則再由陸上自衛隊發射日本國產「03」式中距離防空飛彈將其擊落。

在裝備方面，現階段日本海上自衛隊使用「標準三型」飛彈為 Block II A 型，航空自衛隊運用之愛國者飛彈則屬於「愛國者三型」增程型之 PAC-3 MSE。至於日本「03」式中距離防空飛彈，防衛省亦提升其性能。

另外，在面對 HGV 等極音速武器方面，則是利用「愛國者三型

⁴ 據日本防衛省統計，僅 2023 年到 2025 年北韓即發射彈道飛彈共 52 枚；中國則是保有射程 300 公里以上的陸基飛彈逾 3,000 枚；俄國則是從侵烏開始至今（2026）年 1 月為止，對烏國發射超過 1 萬 3,300 枚飛彈。

增程型」飛彈、「滑翔階段攔截器」（GPI）、以及規劃引進「低層防空與飛彈防禦感測器」（LTAMDS）並結合「愛國者」飛彈以強化應處。⁵

面對小型無人機（UAV），尤其是遭遇飽和攻擊時，自衛隊正研發運用大出力雷射和高功率微波武器（High Power Microwave, HPM）加以應處。在整備期程上，預定 2027 年強化應處 HGV 和小型無人機的能力。⁶

二、飛彈打擊

值得注意的是，日本 IAMD 體系融入「攻勢」概念，並據此發展所謂「對敵基地攻擊能力」，這也就是前述「徹底強化防衛力量」七大領域當中的第一項領域「遠距防衛能力」。在經過政黨、政府與社會各界討論後，日本政府終於在 2020 年 12 月 18 日的內閣會議（閣議）中通過〈有關整備新型飛彈防禦系統以及強化防區外防衛能力〉決議，決定發展新型遠攻飛彈以強化「從敵攻擊範圍外應處威脅」之打擊能力。⁷

自衛隊原本即有國產「12」式反艦飛彈，後依據上述閣議啟動射程延長與擴充載台作業，使其能從陸基、海基與空中平台發射，預計 2027 年度（2027 年 4 月至 2028 年 3 月）即能達到載台多樣化目標。⁸2026 年 3 月 31 日，日本政府公布將其正式命名為「25」式陸基反艦飛彈，射程由 200 公里增長到 1,000 公里，目前部署於九州

⁵ 日本防衛省，《防衛力整備計畫》，2022 年 12 月，頁 3；《令和 7 年版 防衛白書》，第 III 部 第 1 章第 2 節之 2，<https://www.mod.go.jp/j/press/wp/wp2025/html/n310202000.html>。

⁶ 日本防衛省，〈統合防空ミサイル防衛能力〉，<https://www.mod.go.jp/j/policy/defense/bmd/index.html#fired1>。

⁷ 日本防衛省，〈新たなミサイル防衛システムの整備等及びスタンド・オフ防衛能力の強化について〉，2020 年 12 月 18 日，https://www.mod.go.jp/j/approach/agenda/guideline/2019/pdf/stand-off_20201218.pdf。

⁸ 〈反撃能力用の長射程ミサイル、配備前倒し 地上発射「12 式」はまず熊本〉，《日本經濟新聞》，2025 年 8 月 29 日，<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA251730V20C25A8000000/>。

熊本，2027 財政年度預定測試艦射型與空射型。

另外，日本也研產音速 5 倍以上之極音速飛彈；籌獲於 F-35A 型戰機運用之「聯合打擊飛彈」（Joint Strike Missile, JSM）；籌獲於 F-15J 型戰機之「聯合空對面遠攻飛彈」（Joint Air-to-Surface Stand-Off Missile, JASSM）。

三、強化監偵與追蹤能力

日本地形上乃狹長型島國而缺乏戰略縱深，因此自衛隊致力提升監偵追蹤威脅之能力。在整備 IAMD 方面，除飛彈之外，也廣泛整備部署陸基固定式防空雷達（包含性能優異的 J/FPS-5 與 J/FPS-7 警戒管制雷達），並致力於雷達與飛彈裝備與發射平台之間網絡化（networking），提升監偵與打擊效率。

在海域上空攔截方面，日本在 2020 年取消部署「陸基神盾」系統（Aegis Ashore），改為籌獲 2 艘搭載陸基神盾系統之護衛艦「神盾系統搭載艦」，⁹目前正在建造中，分別預定在日本 2027 與 2028 財政年度下水服役，預期該艦的飛彈攔截性能優於既有之神盾艦。日本同時也整備海上自衛隊護衛艦遂行協同射擊的火控網路，以發揮「協同接戰能力」（CEC）。在陸基防空方面，整備愛國者飛彈部隊的「資料處理與協調中心」（ICC）。

此外，近年日本政府致力建構情報自主性，並採取官民合作模式，共同整備由多枚小型衛星構成的「衛星星座」（satellite constellation）。根據防衛省去年公布，未來將與三菱電機、Synspective 公司、Axelspace 公司、三井物產等日本民間企業攜手

⁹日本防衛省，〈新たなミサイル防衛システムの整備等及びスタンド・オフ防衛能力の強化について〉，2020 年 12 月 18 日，https://www.mod.go.jp/j/approach/agenda/guideline/2019/pdf/stand-off_20201218.pdf。另據日本政府說明，以 40 年運用時間計算，總經費共約 1 兆 9,000 億日圓。日本防衛省，〈防衛大臣記者会見〉，2025 年 4 月 28 日，<https://www.mod.go.jp/j/press/kisha/2025/0418a.html>。

推動。¹⁰此等整備除可擴大情報力（按：日本政府將「情報力」定義為實現國家安全的五大國力之一），¹¹也可提升對空中威脅之監視、偵查與追蹤，以強化攔截與打擊能力，已於 2026 年 4 月啟用。此外，為有利遠攻飛彈之運用，日本防衛省也構思以戰術無人機潛入敵火力範圍內實施情蒐。

肆、日本 IAMD 的「一體」爭議

事實上，日本 IAMD 蘊含著兩個「一體化」面向，而構成該體系在國際社會上獨特之處。

一、「攻守一體」

如前所述，日本 IAMD 除以「攔截」為目的外，也具備「攻擊」能力。戰後日本作為和平主義國家，軍事上長期秉持「專守防衛」原則，然為求應對急速惡化的安全環境，在建軍整備上不得不某程度偏離該原則，透過強化遠距攻擊能力（尤其從中發揮的嚇阻力）達到防衛的目標。在這方面，2022 年 4 月 26 日時任防衛大臣的岸信夫，即在日本眾議院答辯時指出，遠攻飛彈旨在「從敵威脅範圍之外，確保自衛隊員安全，同時加以應處」，「非以打擊敵基地為目的」，¹²強調擁有遠攻能力主要是為防衛，而打擊敵基地並非重點。

同年 12 月公布的新版《國家安全保障戰略》則指出，該打擊能力是在日本先遭受到彈道飛彈等攻擊後才會行使；換言之，雖是「攻擊」但本質上是「反擊」，目的在「嚇阻」敵進一步攻勢或使

¹⁰ 日本防衛省，〈衛星コンステレーションの整備・運営等事業民間事業者の選定について〉，2025 年 12 月 24 日，<https://www.mod.go.jp/j/press/news/2025/12/24a.pdf>。

¹¹ 其餘四種國力為「外交力」、「防衛力」、「經濟力」與「技術力」。《國家安全保障戰略について》，頁 12，日本防衛省，2022 年 12 月 16 日，<https://www.cas.go.jp/jp/siryou/221216anzenhoshou/nss-j.pdf>。

¹² 〈第 208 回衆議院安全保障委員會會議錄第 6 号〉，《日本眾議院》，2022 年 4 月 26 日，https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku/001520820220426006.htm。

其喪失持續攻擊的能力，因此具有正當性。惟自衛隊需在符合「武力行使三要件」（1、關係密切的他國遭受武力攻擊，導致明顯危及日本國民生命自由、追求幸福的權利；2、為保護國民而無其他適當手段；3、必要且最低限度的行使）的情況下方能「反擊」。

二、「日美一體」

戰後日美締結軍事條約，彼此肩負防衛義務。在建構飛彈防禦體系方面，美國正建構「金穹」（Golden Dome）系統，而日本亦朝向與美國同步，與美國同樣採取攻守一體之態勢。具體上，日本自衛隊與美軍透過戰術數據鏈，即時共享雷達情報與飛彈追蹤資訊，例如美國把接獲之飛彈數據傳遞給自衛隊，並由後者展開攔截，兩軍據此發揮協同接戰能力。換言之，日本欲有效實施導彈防禦，與美國密切合作不可或缺，反映日本 IAMD 當中「日美一體」之面向。

伍、結語

為應處因國際關係與新型威脅而惡化的安全環境，日本政府被迫調整其「專守防衛」原則，同時急追盟國美國的脚步，將防空與飛彈防禦進行整合，今後作為「徹底強化防衛力量」之第二個領域持續推動。根據防衛省之說明，汲取俄烏戰爭作戰經驗，今後日本 IAMD 的重要課題為：整備 HGV 和無人機等新型威脅之攔截能力；尋求分散部署、欺敵部署、防空資產網路化等不同作為之間的最佳組合；儲備彈藥以因應長期戰。¹³

日本 IAMD 的「攻守一體」和「日美一體」等兩個「一體」面向，在軍事上強化嚇阻力之同時，在政治上卻也引發「放棄『專守

¹³ 日本防衛省，〈防衛力の变革の方向性①〉，2026 年 3 月，頁 8，<https://www.mod.go.jp/j/policy/agenda/meeting/henkaku/pdf/20260304b.pdf>。

防衛』原則」、「被美國捲入國際紛爭」的憂慮、乃至於「作戰指揮權歸屬」的質疑，¹⁴此類爭議之政治性頗高，預期往後在整備IAMD的過程中，相關爭議仍將持續受到討論。

我國刻正規畫建構「臺灣之盾」(T-Dome)防空體系。與日本IAMD相較，「臺灣之盾」主要目標在發揮「守勢」效果，亦即透過多層嚴密空防而使敵攻勢無力化，未納「攻勢」概念而攔截範圍亦較小。學者林超倫對比分析美國「金穹」系統與「臺灣之盾」後指出，台美面對不同威脅環境的挑戰，其應處行動自然有所不同。¹⁵惟我國地理上比鄰日本，亦面臨中國威脅，雖非美國軍事盟友但安全關係密切。當第一島鏈國家安全相互連動，而「單一戰區」概念漸受矚目之際，台日兩國的飛彈防禦體系，在各自建構推動之餘，或許也有探討合作之必要。

本文作者王尊彥為東京外國語大學博士，現為財團法人國防安全研究院國家安全研究所副研究員。主要研究領域為日本防衛政策、日本對外關係、東亞地區國際關係。

¹⁴ 〈敵基地攻撃能力の危険 志位委員長質問が明らかにしたもの(上) 先制攻撃前提の米と融合〉，《赤旗新聞》，2023年2月6日，https://www.jcp.or.jp/akahata/aik22/2023-02-06/2023020601_01_0.html。

¹⁵ 林超倫，〈美國之盾 vs. 臺灣之盾〉，《國防安全即時評析》，第855期，2025年11月10日，<https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=2944&typeid=24>。

A Preliminary Analysis of Japan's “Integrated Air and Missile Defense” (IAMD)

Tsun-Yen Wang

Division of National Security Research

Abstract

In response to the rapidly deteriorating security environment, Japan has begun strengthening its air defense and missile defense capabilities. The distinctive features of Japan's Integrated Air and Missile Defense System (IAMD) lie in its integrated offensive and defensive capabilities and its Japan-US integration, both of which give it a high degree of deterrence and defense. However, while strengthening deterrence militarily, it has also raised concerns politically about abandoning the principle of “exclusively defensive defense,” and about being drawn into international conflicts by the United States. Controversies related are mainly political, and it is expected that they will continue to be discussed during the development of the IAMD. Taiwan is geographically adjacent to Japan and has close security relations with the US. As security of the first island chain becomes increasingly interconnected and the concept of “One Theater” gains attention, a discussion of Taiwan-Japan cooperation may be increasingly relevant.

Keywords: IAMD, Interception, Counterstrike

以色列整體飛彈防禦體系：持續精進韌性 與成本效益的典範

曾怡碩

網路安全與決策推演研究所

壹、前言

冷戰時代美國「星戰計畫」，亦即「戰略防禦倡議」(Strategic Defense Initiative)，是從地表到太空對於配備核彈頭之洲際彈道飛彈的預警與反制體系，曾因其耗費驚人而不了了之，¹卻被後人認定具戰略誘餌功能，咸認讓舊蘇聯為避免核嚇阻失衡而陷入軍備競賽、可能因此導致其耗竭衰頹而後崩解。冷戰結束後，即使像美國這般的超級強國，在研發與部署的戰區、全國飛彈防禦體系時，業已記取教訓而多有節制，可謂主、客觀條件均不容重現「星戰計畫」那般「絕對安全」概念下的軍備發展願景。

對於強敵環繞或面臨強鄰虎視眈眈的中小型民主國家而言，目睹 2022 年以來俄烏戰爭場景，體會現今面臨的空防威脅不僅止於彈道、巡弋飛彈，還要因應精準導引的視距外打擊載具、火箭、極音速武器，以及各式無人飛行器。如果擔心陷入敵方意圖長期消耗戰之戰略陷阱，未投資採取整體防禦以減輕及吸收敵打擊衝擊，長久以往敵方或將見縫插針遂行認知戰與心理戰，讓民眾認定執政者無作為，因而產生選舉失利政權易位之可能，更甚者或將衍生麻木無感而喪失防衛意志之危機。

如果意識到必須有所因應並投資建構多層次飛彈防禦體系，最大的課題就是要如何在多重配置與成本耗費之間取得平衡。對於臺灣而言，賴清德總統宣示要發展整體飛彈防禦體系「臺灣之盾」(T-

¹ 丁樹範，〈金穹導彈防禦體系：回到新的過去？〉，《遠景論壇》，第 76 號，2025 年 10 月 28 日，<https://www.pf.org.tw/tw/pfch/12-11599.html>。

Dome)，臺灣政府意識到最需參照的可能不是美國川普總統要發展以太空覺知為主體、攻防兼備的「金穹」飛彈防禦體系（Golden Dome），²反而是「金穹」所依據的中型強國以色列包含「鐵穹」（Iron Dome）的多層次防禦系統。³有鑑於此，本篇將依序分析以色列多層次整體飛彈防禦體系背後的思維暨具體發展部署、其面對之機會與挑戰，以及其為臺灣帶來之啟示。

貳、多層次之部署與思維

一、因應威脅變化

以色列在 1991 年即已部署美國「愛國者」防空飛彈作為中高空飛彈防禦用途，2000 年開始部署與美國聯合研發生產之「箭式」（Arrow）系統，2008 年美國移交部署「終端高空區域防禦系統」（THAAD，俗稱「薩德」反飛彈系統），2011 年在美國支持下開發自製「鐵穹」系統開始服役，2017 年部署美以共同研發之「大衛投石索」（David's Sling）防空系統，2025 年底部署與美國合作開發之「鐵束」（Iron Beam）雷射系統。以色列部署的這些飛彈防禦體系，因具備攔截不同高度各式來襲敵人彈道飛彈、巡弋飛彈、火箭、砲彈，甚至無人機的能力而被推為效法之典範（如表 1 所示）。

² 林超倫，〈美國之盾 vs. 臺灣之盾〉，《國防安全即時評析》，第 855 期，2025 年 11 月 10 日，<https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=2944&typeid=24>。

³ 陳昀，〈綏靖非解方！賴清德：效法「大衛戰歌利亞」抗威權 借鏡以色列打造 T-Dome〉，《自由電子報》，2025 年 10 月 28 日，https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/5226010?utm_campaign=ltn_null_results&utm_source=DEF&utm_medium=relatedNews。

表 1、以色列飛彈防禦各式系統攔截距離與高度

防空類型	系統名稱	攔截距離	攔截高度
低層防空	鐵東	<10 公里	<10 公里
	鐵穹	5-7 公里	10 公里
中層防空	愛國者-2 型	50-100 公里	25 公里
	大衛投石索	70-300 公里	15 公里
高層防空	箭二	<100 公里	100 公里
	箭三	300-2,400 公里	>100 公里

資料來源：林柏州，〈以色列持續更新的「多層防空系統」〉，《國防安全雙週報》第 100 期，2025 年 11 月 21 日，
<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=12&resid=3036&pid=5673>。

以色列之所以部署各式飛彈防禦體系，以及支撐體系作戰的覺知目獲預警與通訊指管系統，最主要就是因以國強鄰環伺而身處高度遭襲擊之威脅。1991 年波灣戰爭期間，以國遭遇伊拉克多枚「飛毛腿」(Scud) 飛彈襲擊，導致美國緊急支援部署「愛國者」飛彈，從而開啟以色列飛彈防禦體系之路徑。之後每當需要因應長程彈道飛彈之威脅，2008 年與 2024 年美國均對以色列部署「薩德」反飛彈系統，射程 150 到 200 公里，可防禦更廣闊區域，以作為「愛國」者的補充系統。⁴當發現面臨來自周邊諸如炮彈、火箭與巡弋飛彈等短射程或低空的投射火力威脅時，以色列開發自製「鐵穹」系統，並逐次建構不同層次的防護體系。

對於來襲飛行物的目標獲取與早期預警，除地面雷達預警系統建置之外，以色列從高空到太空部署多層次感知，用於早期偵測敵火於其發射階段，彌補地球曲率的偵測限制，俾利因應來自火箭彈、短中程彈道飛彈，及遠程與部分高空威脅，儘可能降低平民與關鍵設施遭受攻擊的風險。在地面部分，除了以國本身加上美軍於周遭部署各式飛彈防禦體系配備的雷達，例如美軍部署在以色列、沙烏

⁴ 〈中東緊張升級 美國對以色列部署薩德反飛彈系統〉，《中央社》，2024 年 10 月 14 日，
<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202410140003.aspx>。

地阿拉伯、約旦以及阿拉伯聯合大公國的「薩德」反飛彈系統則配備長程 AN/TPY-2 相位陣列雷達，⁵還有美軍部署在周遭的長程預警雷達提供關鍵支援，最顯著的就是 2026 年以色列與美國聯合打擊伊朗後，伊朗回擊美軍部署在卡達的 AN/FPS-132「鋪路爪」長程預警雷達。⁶

運用足夠的太空衛星作為偵照預警，更能讓以色列儘早取得敵部署及進犯敵火軌跡，爭取己方反制火力部署與協調的時間。儘管從美軍可以獲取相關衛照與預警情資支援，以色列自 1980 年代開始自力發展部署「地平線」(Ofek) 系列間諜衛星，不僅運用自身發射場，也自立發展「沙維特」(Shavit) 運載火箭及自主研製合成孔徑雷達，主要交由以色列國防軍軍事情報局第 9900 部隊監偵伊朗、伊拉克、敘利亞等鄰國動向。⁷

在高空部分，為節省成本，以色列卅多年來均運用能長時間滯空的小型高空間諜氣球裝置雷達，偵測來自南邊埃及的空中威脅，並自 2022 年交付以國空軍配備以色列 Elta 雷達與美國 TCOM 氣艇的「天露」(Sky Dew) 大型高空氣船，偵測 250 公里範圍內來自北邊伊朗與敘利亞的巡弋飛彈及無人機等低空突穿飛行器。⁸然而後者功能受限於天候因素引人詬病，2024 年真主黨運用無人機成功攻擊戈蘭高地上空的氣船，讓以國於 2025 年宣布暫停高空氣船雷達監偵計畫。⁹

⁵ 〈美方證實部署約旦 THAAD 雷達被擊毀 加重空防壓力〉，《中央社》，2026 年 3 月 7 日，<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202603070099.aspx>。

⁶ 羅添斌，〈卡達預警雷達傳遭伊朗襲擊損毀 我「樂山大佛」防護強度令人擔心〉，《自由軍武頻道》，2026 年 3 月 7 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/5362229>。

⁷ Emanuel Fabian, "Israel Receives First Images from Newly Launched Spy Satellite Ofek 19," *The Times of Israel*, 15 September 2025, https://www.timesofisrael.com/liveblog_entry/israel-receives-first-images-from-newly-launched-spy-satellite-ofek-19/.

⁸ Udi Etzion, "Sky Dew: The High-Stakes Game of Israel's Advanced Spy Balloons," *The Jerusalem Post*, January 7, 2024, <https://www.jpost.com/israel-news/defense-news/article-781129>.

⁹ Vladyslav Khomenko, "Israel Shuts Down Sky Dew Project After Hezbollah Attack – Balloon Proved Vulnerable to Drones," *Militarnyi News*, November 3, 2025, <https://militarnyi.com/en/news/israel-shuts-down-sky-dew-project-after-hezbollah-attack-balloon-proved-vulnerable-to-drones/>.

二、依賴美國與自主發展製造的混合選項

以色列與美國在軍武研製方面一直維繫緊密關係。例如「箭式」反飛彈系統發展到「箭三」飛彈後，號稱以色列版的「薩德」反飛彈系統，就是由以色列航太工業公司（Israel Aerospace Industries, IAI）與波音公司合作開發，不僅部分資金由美國提供，還由以色列國防部和美國飛彈防禦局（Missile Defense Agency）共同測試。¹⁰

之後陸續發展迄今的「鐵穹」系統、「大衛投石索」防空系統與「鐵束」雷射系統，都依循類似模式，有美國注入資金，並有諸如雷神（Raytheon）等美國軍工企業與以色列 IAI、拉斐爾先進防禦系統公司（Rafael Advanced Defense System）合作研發。「鐵穹」的「塔米爾」（Tamir）飛彈零組件有 75% 來自美國，2025 年 Rafael 與雷神合資進一步在美國設「塔米爾」產線，除了交付美國海軍陸戰隊所需，未來可能供應美國「金盾」飛彈防禦體系所需。¹¹有鑑於美、以共享技術，2023 年德國採購「箭式」、芬蘭採購「大衛投石索」，以色列均需先獲得美國批准才出售給北約盟國。¹²

在指管通聯與情監偵整合部分，以色列多層次飛彈防禦系統的雷達主要採用以色列 IAI 子公司 Elta 研製相位陣列雷達，但戰鬥指管方面，由於以軍與美軍系統雖能夠透過 Link 16 以及美國陸軍戰術數位資訊鏈與美軍「愛國者」系統構聯與協調，¹³但因彼此不透露系統原始碼，故以色列未採用美國陸軍之整合式戰鬥指揮系統

¹⁰ 臺灣智庫國防安全小組，〈以色列箭式飛彈防禦系統研析〉，《思想坦克》，2025 年 2 月 26 日，<https://voicetank.org/20250226-3/>。

¹¹ 丘學陞，〈RTX 與拉斐爾合資建廠 首筆訂單打造「塔米爾」飛彈〉，《青年日報》，2025 年 11 月 29 日，https://www.ydn.com.tw/tw/News/ugC_News_Detail.aspx?ID=618390。

¹² 陳成良，〈攔截彈道飛彈 以色列證實擬售德國「箭式 3 型」系統〉，《自由時報》，2023 年 4 月 23 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4279232>。羅時偉，〈美允芬蘭採購「大衛投石索」防空系統〉，《青年日報》，2023 年 8 月 10 日，https://www.ydn.com.tw/tw/News/ugC_News_Detail.aspx?chapterID=1606538。

¹³ 林柏州，〈以色列持續更新的「多層防空系統」〉，《國防安全雙週報》第 100 期，2025 年 11 月 21 日，<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=12&resid=3036&pid=5673>。

(Integrated Battle Command System, IBCS)，主要走自主研發整合路線。例如 Rafael 投資的 mPrest Systems 研發「鐵穹」的戰鬥管理與武器控制中心，在 2012 年當時號稱是全球第一套依照來襲敵火軌跡航向計算落點後，僅攔截威脅人口稠密區或戰略設施的來襲目標。¹⁴以色列艾比特 (Elbit) 系統公司研發「箭式」飛彈系統戰鬥管理中心，成功整合「箭式」和美軍低層「愛國者」系統，除以色列自建的通訊系統外，亦能結合美軍 Link-16 數據鏈路傳輸資料，並可連結美陸軍戰術數位資訊鏈，以分配和交付目標到「愛國者」飛彈系統的火控雷達。¹⁵同樣由 Elbit 研發的「大衛投石索」機動式「金杏戰鬥管理中心」(Golden Almond Battle Management Center) 則與「鐵穹」及「箭式」防空系統進行協調，並以安全通信鏈路連結雷達系統及攔截載具。¹⁶

至於 Rafael 研發的 MIC4AD (Modular, Integrated C4I Air & Missile Defense System) 能整合不同來源的雷達數據，建構全國空中態勢圖 (National Air Situation Picture)，並自動進行威脅評估與目標分類，進而分配最合適的攔截系統 (反無人機之 SPYDER、「鐵穹」或「大衛投石索」)，確保資源的最佳利用，¹⁷被視為是以色列最接近美軍 IBCS 概念的系統，但迄今未見以軍採用。在外銷紀錄上，英國 Sky Sabre 地對空防空飛彈系統的指揮中樞就是採用 Rafael 投資的 mPrest Systems 所開發的戰鬥管理軟體，並統由 Rafael 負責整合。¹⁸

¹⁴ David Shamah, "Secrets of the Iron Dome, Revealed," *The Times of Israel*, December 22, 2012, <https://www.timesofisrael.com/secrets-of-the-iron-dome-revealed/>.

¹⁵ 臺灣智庫國防安全小組，〈以色列箭式飛彈防禦系統研析〉，《思想坦克》，2025 年 2 月 26 日，<https://voicetank.org/20250226-3/>。

¹⁶ 臺灣智庫國防安全小組，〈以色列大衛投石索防禦系統研析〉，《思想坦克》，2024 年 12 月 27 日，<https://voicetank.org/20241227-3/>。"David's Sling," *Army Recognition Group Global Defense News*, May 18, 2026, <https://www.armyrecognition.com/military-products/army/air-defense-systems/air-defense-vehicles/davids-sling>.

¹⁷ Amir Rapaport, "RAFAEL Reveals MIC4AD System," *Israel Defense*, February 20, 2015, <https://www.israeldefense.co.il/en/node/19929>.

¹⁸ Ami Rojkes Dombe, "The UK Purchased Rafael's Battle Management C4I System," *Israel Defense*, February 26, 2017, <https://www.israeldefense.co.il/en/node/28659>.

參、整體防禦體系所面臨之挑戰

一、極音速飛彈與飽和攻擊之挑戰

目前以色列除以「鐵穹」汰除「愛國者」並逐步改用「鐵束」外，高層中程反飛彈防禦則由「箭式」系統負責，更進一步發展高空層遠距反飛彈防禦的「箭四」系統，希望提升「箭式」飛彈的有效射高，並持續整合「薩德」系統。各式防禦武器倘若經歷實戰考驗，即能得出實證效果與檢視其極限，以色列整體飛彈防禦體系也是如此。

「愛國者」系統除 1991 年波灣戰爭期間美軍操作擊落「飛毛腿」飛彈、2014 年以軍首次以「愛國者」攔截擊落了一架從加薩走廊發射的哈瑪斯無人機。接續 10 年的攔截紀錄擊落約 10 架飛行器，包括 2014、2018 年來自敘利亞的戰機。2023 年 10 月以後在加薩走廊持續的戰爭中，「愛國者」曾被使用過數次，其中大多數攔截歸因於誤認身份，2024 年以國空軍決定逐步汰除「愛國者」飛彈防禦系統。

19

2023 年 10 月 30 日，以色列發射一枚「箭式」飛彈，在地球大氣層外擊落一枚葉門胡塞組織（Houthis）來襲的彈道飛彈，首開人類太空實戰紀錄。²⁰ 2024 年 4 月 14 日與 10 月 1 日，以國發射「箭三」飛彈持續成功攔截伊朗來襲的彈道飛彈。²¹ 美軍 2024 年 10 月部署在以色列的高空層「薩德」飛彈防禦系統，隨後首次在實戰中成功攔截自伊朗發射的彈道飛彈。美國洛克希德·馬丁公司研製的

¹⁹ Emanuel Fabian, "Patriot Air Defenses to Be Mothballed After Decades of Mostly Gathering Dust," *The Times of Israel*, April 30, 2024, <https://www.timesofisrael.com/patriot-air-defenses-to-be-mothballed-after-decades-of-mostly-gathering-dust/>.

²⁰ 〈以色列在大氣層外擊落敵方飛彈 人類史上首次太空戰鬥〉，《中央社》，2023 年 11 月 6 日，<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202311060283.aspx>。

²¹ 臺灣智庫國防安全小組，〈以色列箭式飛彈防禦系統研析〉，《思想坦克》，2025 年 2 月 26 日，<https://voicetank.org/20250226-3/>。

「薩德」系統自 2004 年到 2022 年底共完成 19 次攔截試驗，其中 16 次成功，攔截率 84%。值得注意的是，這 19 次試驗攔截的都是彈道飛彈，而非極音速飛彈。²²然而，胡塞組織於 2024 年 9 月發射 1 枚「巴勒斯坦二型」飛彈，其部分爆炸碎片落入人口密集區造成人員危害，專家研判該彈橫跨逾 2,000 公里可能屬極音速飛彈，而以色列既有防空系統中無論自製還是美式系統，包括「薩德」在內，都尚無法有效攔截極音速武器。²³

「鐵穹」系統自 2011 年投入使用以來，15 年間攔下超過 1 萬枚來襲目標，攔截成功率超過 9 成。²⁴在因應火箭威脅方面，在 2012 年與哈馬斯的衝突中摧毀了 75% 的來襲火箭彈，到 2022 年，成功率已達到 97%。²⁵另外，在因應無人機、短程巡航威脅方面，到 2020 年，該系統已被證明能夠攔截部分巡航飛彈；²⁶2024 年「鐵穹」衍生艦用版「C-Dome」成功擊落來襲無人機，創下部署後的首次成功接戰紀錄。²⁷

然而，以色列整體飛彈防禦體系仍有其力有未逮之處，首先除面對極音速飛彈的防禦力有限，此外，面對火箭彈或極束炸彈飽和式的防禦也有侷限，例如 2023 年 10 月「哈瑪斯」團體從加薩向以國發射 3,000 枚火箭彈，在飽和式大規模轟炸下，導致「鐵穹」系統

²² 〈解析美升級版“薩德”系統〉，《人民網》，2025 年 4 月 1 日，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2025/0401/c1011-40451273.html>。

²³ 林柏州，〈以色列持續更新的「多層防空系統」〉，《國防安全雙週報》第 100 期，2025 年 11 月 21 日，<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=12&resid=3036&pid=5673>。〈美媒：胡塞導彈擊穿以色列“鐵穹”系統引震驚〉，《香港中評網》，2025 年 5 月 10 日，<https://hk.crntt.com/crn-webapp/spec/195/docDetail.jsp?coluid=356&kindid=20514&docid=107072212&page=1>。

²⁴ 陳成良編譯，〈擋下上萬枚火箭！鐵穹 15 年實戰曝光 攔截率逾 9 成〉，《自由時報》，2026 年 4 月 9 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/5398520>。

²⁵ “Iron Dome At 97% Success Rate after 580 Rockets Fired from Gaza Since Friday,” *The Times of Israel*, August 7, 2022, <https://www.timesofisrael.com/580-rockets-fired-from-gaza-since-friday-iron-dome-at-97-success-rate/>.

²⁶ Masao Dahlgren, “Israel Tests Multiple Missile Defense Systems,” *CSIS Missile Defense Project*, December 15, 2020, <https://missilethreat.csis.org/israel-tests-multiple-missile-defense-systems/>.

²⁷ 葉庭欣，〈以色列「艦用鐵穹」系統首建功 擊落無人機創接戰紀錄〉，《中時新聞網》，2024 年 4 月 10 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20240410004058-260417?chdtv>。

超載而失靈，造成許多民眾死傷。²⁸

二、成本、庫存消耗考量下之替代與互補方案

面對伊朗與哈瑪斯團體的飽和式攻擊，以色列除了對於庫存飛彈急遽消耗有所警覺，面對相對廉價攻擊火力大規模來襲的防禦成本，自然也必須有所因應準備。以軍對於消弭威脅多採主動防禦態勢，一旦情資確認敵方即將對以境投射火力進行攻擊，以國甚至會出動空軍摧毀敵火箭或飛彈陣地。2025 年 6 月就在伊朗即將動用長程地對地飛彈攻擊以境前，以軍發動空襲摧毀伊朗 120 座發射架、相當約三分之一的長程投射武力。²⁹

在境內防禦部分，以色列一直以來除了持續在不同空層建構相對較低成本防禦系統作為因應之外，也嘗試以較低成本的較低空層系統形成對較高空層配置、較為昂貴之系統的輔助。在高空層長程彈道飛彈防禦部分，面對伊朗每枚造價僅 50 至 200 萬美元的「流星」(Shahab) 系列飛彈，³⁰「薩德」雖有高於八成的防禦率，但每枚耗費 1,270 萬美元，但以色列儘量以自身發展的「箭三」及「箭二」取代，每枚造價分別僅須 200 萬與 120 至 150 萬美元，而中高空層短程彈道飛彈與火箭防禦部分，則儘量以每枚 5 萬美元的「鐵穹」或 70 萬美元的「大衛投石索」，取代每枚耗費 4 至 6 百萬美元的「愛國者三型」。³¹

在低空層迫砲、火箭與無人機防禦部分，以美軍精確導引迫擊

²⁸ 〈鐵穹失效？哈瑪斯為何令防禦強國以色列措手不及〉，《德國之聲中文網》，2023 年 10 月 9 日，<https://reurl.cc/ppG77a>。

²⁹ Fabian Hinz, "Israel's Attack and the Limits of Iran's Missile Strategy," *IJSS Online Analysis*, June 18, 2025, <https://www.ijss.org/online-analysis/online-analysis/2025/06/israels-attack-and-the-limits-of-irans-missile-strategy/>.

³⁰ "The \$21,800-Per-Second War," *WarCosts*, March 26, 2026, <https://www.warcosts.org/analysis/iran-cost-per-second>.

³¹ Dean Shmuel Elmas, "THAAD's Israel Deployment Proves Effective But Expensive," *Globes*, June 30, 2025, <https://en.globes.co.il/en/article-thaad-israel-deployment-proves-effective-but-expensive-1001514426>. Chris Kremidas-Courtney, "The New Economics of Warfare," *European Policy Centre*, March 9, 2026, <https://www.epc.eu/publication/the-new-economics-of-warfare/>.

砲彈而言，成本至少為每枚 1 萬美元，而 1 枚 120 公厘傳統迫擊砲彈則為 1,000 美元。³²哈瑪斯團體的短程火箭在 2021 年成本估算為每枚 300 至 800 美元、其長程火箭成本據估算為短程火箭的 2 至 3 倍，³³而伊朗的「見證者—136」(Shahed-136) 遠程遊蕩彈藥無人機造價 2 至 5 萬美元。³⁴相較之下，以色列擔負攔截火箭、迫擊砲彈和無人機任務的「鐵穹」系統，光是攔截器「塔米爾」彈體本身，每枚成本就要 5 萬美元，而美國「愛國者」每枚造價至少就要 400 萬美元。

35

經濟成本讓以色列防禦處於劣勢，伊朗與哈瑪斯團體只需要接連飽和攻擊，勢將急遽消耗以色列庫存，讓以色列陷入消耗戰中耗損速度超過其補充速度的不利局面。³⁶有鑑於此，美國與以色列合作提高美國境內「鐵穹」系統的生產、整合和測試能力，由雷神公司與 Rafael 合資成立的企業在美國阿肯色州生產「塔米爾」攔截飛彈，以供應以色列所需。³⁷

在擴充供應鏈以解決彈藥消耗之外，以色列也想方設法運用替代系統應對威脅以降低因應成本。以色列不僅以自製系統取代昂貴美製系統的案例，對於自身系統也不斷尋求更低成本的可靠方案。在應付超低空威脅部分，安裝在移動拖車上的 100 千瓦固態雷射

³² 張雯奇，〈新一代迫擊砲彈發展簡介提要〉，《臺灣教育研究資訊網》網頁，<https://teric.naer.edu.tw/wSite/PDFReader?xmlId=1993679&fileName=1512795690221&format=pdf>。

³³ Abdel-Raouf Arnaout, "Israel Incurs Heavy Costs Intercepting Hamas Rockets," *Anadolu Agency*, May 17, 2021, <https://www.aa.com.tr/en/middle-east/israel-incurs-heavy-costs-intercepting-hamas-rockets/2244205>.

³⁴ Chris Kremidas-Courtney, "The New Economics of Warfare," *European Policy Centre*, March 9, 2026, <https://www.epc.eu/publication/the-new-economics-of-warfare/>.

³⁵ 周辰陽，〈美國 400 萬美元愛國者迎戰伊朗 2 萬美元無人機！美伊比拚軍火庫誰先見底〉，《聯合報》，2026 年 3 月 3 日，<https://udn.com/news/story/124061/9355634>。

³⁶ Mordechai Levin, "Iron Beam Changes the Cost Curve—But Not the War," *The Times of Israel*, December 31, 2025, <https://blogs.timesofisrael.com/iron-beam-changes-the-cost-curve-but-not-the-war/>.

³⁷ Ryan Brobst, Bradley Bowman & Justin Leopold-Cohen, "Iron Dome Steps up on Ballistic Missiles," *Real Clear Defense*, March 25, 2026, https://www.realcleardefense.com/articles/2026/03/25/iron_dome_steps_up_on_ballistic_missiles_1172465.html.

「鐵束」系統應運而生，等於為以色列多層防禦系統增加額外一層防禦。相較其他攔截飛彈陷於消耗與補充速度的賽跑，「鐵束」雷射武器僅需電力持續供應，唯一限制因素是過熱時需要停止發射予以冷卻。相較於每枚「鐵穹」攔截飛彈的成本 5 萬美元，「鐵束」雷射的成本要低得多，2025 年底的估算顯示，「鐵束」每次發射的成本可能已降至 2.5 美元，甚至遠低於近程迫砲成本。³⁸

最後，除前述各式替代方案之外，自從 2025 年對伊朗的十二日戰爭大規模彈道飛彈大量消耗每枚造價 150 至 200 萬美元的「箭式」系列後，愈來愈多的實證戰績讓以「鐵穹」、「大衛投石索」與攔截遠程彈道飛彈的「箭式」系統形成互補之提議有了更大的討論空間。首先是 12 日戰爭期間，定位在攔截火箭、迫擊砲彈和無人機的「鐵穹」展現了攔截彈道飛彈的能力。在十二日戰爭期間，「鐵穹」系統攔截了多枚中程彈道飛彈。類似情事在 2026 年 3 月 11 日白天和夜間疑似「鐵穹」系統攔截多枚飛彈的影片，這助長了以「鐵穹」補充「箭式」、「大衛投石索」的呼聲。³⁹此外，在十二日戰爭期間，原設計用以填補「鐵穹」與「箭式」間空檔、專司負責攔截中程威脅的「大衛投石索」系統，在 2025 年 6 月成功攔截來自伊朗的彈道飛彈，引發探討能否儘可能運用每枚 70 萬美元的「大衛投石索」，以補充 2 至 3 倍成本的「箭式」系統，並探究對於循此而攔截失敗的容忍度。⁴⁰

³⁸ Mordechai Levin, "Iron Beam Changes the Cost Curve—But Not the War," *The Times of Israel*, December 31, 2025, <https://blogs.timesofisrael.com/iron-beam-changes-the-cost-curve-but-not-the-war/>.

³⁹ Ryan Brobst, Bradley Bowman & Justin Leopold-Cohen, "Iron Dome Steps up on Ballistic Missiles," *Real Clear Defense*, March 25, 2026, https://www.realcleardefense.com/articles/2026/03/25/iron_dome_steps_up_on_ballistic_missiles_1172465.html.

⁴⁰ Yonah Jeremy Bob, "Why did David's Sling Fail to Protect Israel's South from Iranian Missiles? — Analysis," *Jerusalem Post*, March 25, 2026, <https://www.jpost.com/israel-news/article-891199>.

肆、結語

以色列面對的敵火投射威脅從迫砲與無人機、到火箭、巡弋飛彈與彈道飛彈，涵蓋遠、中、近程的不同高空層，讓以色列依據威脅逐次建立其多層次飛彈防禦體系。其後並以較低成本自製系統替代或補充昂貴的美系裝置，並在太空、高空建立監測網絡，進而自主發展部署具可擴充性的指管系統，並藉對美合作、低成本替代與低成本補充方案，形成不斷精進而且兼顧韌性與成本效益的整體飛彈防禦體系。

臺灣從以色列經驗可以得到的初步啟發可分為以下三項：其一，對美合作生產研發與自主研發部署是可以同時並進的，如此方能保持相對自主性並兼顧對抗消耗戰與運輸受阻時的庫存量暨韌性。其二，戰鬥管理系統若要整合美系與自製裝備，除考慮美國軍售管道外，爭取美方授權後自力發展與整合才較有可能達到更好的整合。其三、面對中共長期消耗戰的可能性，除增加產能以擴大庫存彈藥外，降低防禦成本而能達相當之效果，將會是未來飛彈防禦系統研發與部署的關鍵考量。

本文作者曾怡碩為美國喬治·華盛頓大學政治學系博士，現為財團法人國防安全研究院網路安全與決策推演研究所副研究員。主要研究領域為軍隊與網路安全、兵推設計、認知作戰、中國數位監控。

Israel's Integrated Missile Defense System: A Model of Continuous Enhancement in Resilience and Cost-Effectiveness

Yi-Suo Tzeng

Division of Cybersecurity And Decision-making Simulation

Abstract

Israel faces a wide array of threats, from mortars and drones to ballistic missiles, driving its development of multi-layered defense. A long-lasting challenge for Israel to choose, develop and deploy missile defense apparatus is how to balance the ammunition inventory, the cost associated with adversarial strategy of attrition, as well as relative autonomy in the development and supply of weapons systems.

This research piece finds that Israel has been adopting a pragmatic yet assertive approach in mitigating not just threats but also rising costs. Combining space surveillance with indigenous C2 systems, and leveraging US cooperation and cost-effective domestic alternatives, Israel has built a resilient and cost-effective network. Additionally, Israel has established monitoring networks in space and high altitudes to autonomously develop and deploy scalable command and control systems. Through U.S. cooperation, low-cost alternatives, and supplementary solutions, Israel has formed an evolving, resilient, and cost-effective comprehensive missile defense system. This continuous refinement follows a clear progression: from the high-altitude, long-range Arrow to the low-altitude, short-range Iron Dome, followed by David's Sling to fill the gaps, and the recently added Iron Beam for the lowest-tier defense.

Keywords: Integrated Missile Defense, Iron Dome, Arrow, IDF

中華民國整體飛彈防禦構建規劃： 分層設計、體系整合與長期籌獲

林于棠

網路安全與決策推演研究所

壹、前言

面對中共持續擴張複合式空中、飛彈威脅，中華民國整體飛彈防禦之建構，已逐步由單一軍種／裝備採購思維，轉向整體全般規劃。2025 年賴清德總統公開宣示，政府將使國防預算朝國內生產毛額（GDP）百分之三以上方向推進，並將建構「分層防禦、高度感知、有效攔截」之「臺灣之盾」（Taiwan Dome, T-Dome）列為國防投資的重要目標；¹行政院隨後提出《強化防衛韌性及不對稱戰力計畫採購特別條例》草案，規劃以總額上限新臺幣一兆二千五百億元特別預算，逐年推動相關裝備籌獲。²就政策發展 T-Dome 不僅是概念宣示，而是逐步進入施政、採購與能力建構之制度化推動階段。

然近期俄烏與伊朗戰爭實戰經驗亦顯示，在大規模、多型態與高頻次飽和攻擊下，任何單一防空系統攔截能力皆有限制，單靠飛彈數量堆疊，恐難支撐長期而持續的防衛需求。國防部顧部長亦在 2026 年立院預算審查時機強調，T-Dome 之關鍵不在於個別武器增購多寡，而是如何透過體系整合，³將國造與外購裝備、資料鏈與指揮管制節點有效連結，形成多感測器、多射手的分層防禦架構。⁴

¹ 〈變局中奮起的新臺灣，總統發表國慶演說〉，《中華民國總統府》，2025 年 10 月 10 日，<https://www.president.gov.tw/News/39524>。

² 〈強化防衛韌性及不對稱戰力計畫採購特別條例草案〉，《行政院》，2025 年 11 月 27 日，<https://www.ey.gov.tw/Page/24727DA92A709DBF/9a1baa5e-71c6-4cc6-9263-8496dec7643a>。

³ 〈顧部長籲請朝野理性審查預算，支持整體防衛作戰規劃〉，《國防部》，2026 年 3 月 6 日，<https://www.mnd.gov.tw/news/pressrelease/86303/656>。

⁴ 同註 2。

本文即循此脈絡，從整體飛彈防禦之建構邏輯出發，探討近、中、遠程防禦之籌獲規劃、模組化開放系統架構、多元來源籌獲、資料互通、智慧財產管理與跨部會治理等面向，說明我如何從政策逐步轉化為可執行、可升級、可維持之國家級防禦工程。

貳、整體飛彈防禦之建構策略與分層規劃

一、籌獲規劃建構策略

承前所言，近、中、遠程分層規劃並非僅射程劃分，雖屬同一整體防禦體系，但任務特性、風險結構與投資節奏並不完全相同。近程規劃需面對低空、高密度與相對低成本之無人機、徘徊彈藥與巡弋飛彈之末段威脅，因此重點宜放在快速籌補、維修簡化、模組共通化與部署分散化。如日本防衛省在建構「無人防禦能力」時所揭示之方針，藉由無人資產的大量與分散部署，不僅能應對多樣化空中威脅，更能在獲取不對稱優勢的同時，將人員耗損降至最低。⁵

中程規劃較接近體系骨幹，正如美國總統於 2025 年「美國鐵穹防禦系統」（The Iron Dome for America）行政命令中所強調，面對彈道飛彈、極音速與次世代巡弋飛彈等複合式空中打擊，防禦核心須建立在具備次世代安全、韌性之整合架構與供應鏈上，⁶其關鍵在戰場管理系統、數據鏈、感測與發射器能在共同作戰圖像下運作。遠程規劃因單價較高、技術風險大且升級週期長，宜採分階段建置、預留可升級構型與擴充空間，此邏輯充分體現於日本防衛省「防區外防衛能力」（Stand-off Defense Capabilities）籌獲規劃中

⁵ “Progress and Budget in Fundamental Reinforcement of Defense Capabilities Overview of FY2026 Budget,” *Japan Ministry of Defense*, March 2, 2026, https://www.mod.go.jp/en/d_act/d_budget/pdf/fy2026_20260302a.pdf.

⁶ “Executive Office of the President, Executive Order 14186: The Iron Dome for America,” *Federal Register*, Vol. 90, No. 21, February 3, 2025, p. 8767-8768, <https://www.federalregister.gov/documents/2025/02/03/2025-02182/the-iron-dome-for-america>.

（如圖 1），官方期程明定升級型反艦飛彈與高超音速滑翔載具等長程打擊武器，皆須採取分段研發、量產與長期升級部署之策略。⁷

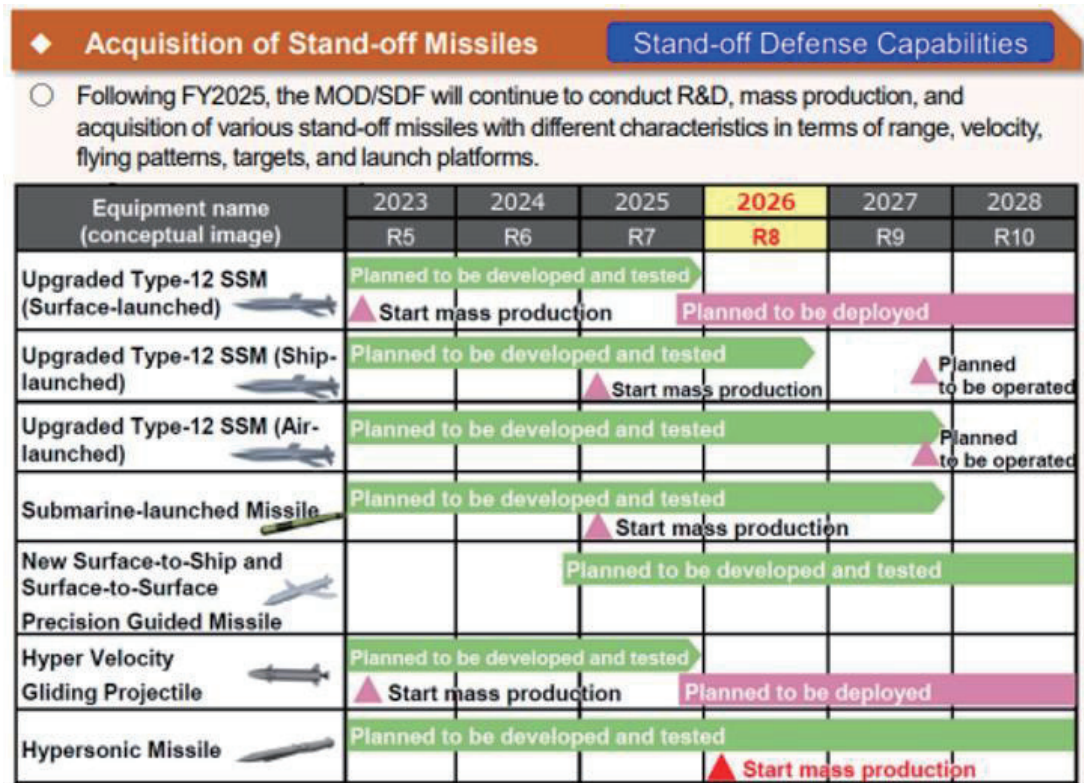


圖 1、「防區外防衛能力」裝備籌獲期程表

圖片說明：日本防衛省「12 式反艦飛彈增程型」與「高超音速滑翔載具」等各式遠程武器，按年度劃分「研發測試、開始量產與部署服役」之官方甘特圖。
資料來源：“Progress and Budget in Fundamental Reinforcement of Defense Capabilities Overview of FY2026 Budget,” *Japan Ministry of Defense*, March 2, 2026, P11, https://www.mod.go.jp/en/d_act/d_budget/pdf/fy2026_20260302a.pdf.

二、分層籌獲管理作法

所謂「分層設計」若從建軍與籌獲角度理解，不宜僅依射程高低將裝備區分為近、中、遠三類，而應理解為按各層級任務屬性與生命週期特徵，安排不同採購期程、驗證順序與維保機制。若近程規劃過於封閉，則高耗損情境下恐難以快速補充；若中程規劃資料

⁷ 同註 5。

標準未能統一，則整體體系在指管與火力分配上可能中斷；若遠程規劃缺乏升級彈性與後續改裝權利，則未來十餘年之調整空間，可能在第一階段採購時即被大幅壓縮。故我國整體飛彈防禦規劃，似宜參酌美國國會研究處（Congressional Research Service, CRS）探討「聯合能力整合與發展系統」（Joint Capabilities Integration and Development System, JCIDS）、「適應性獲取框架」（Adaptive Acquisition Framework, AAF），落實差異化管理的最新規範，以及我《國軍武器裝備獲得建案作業策進作為》之精神，將分層設計理解為一種差異化籌獲管理作法，而不僅屬於作戰概念上之區分。⁸

參、模組化架構與資料互通之體系整合

一、模組化開放架構

若期使分層設計真正轉化成整體防禦效能，模組化架構、資料互通性是不可忽略之技術與制度基礎，而「模組化開放系統架構」（Modular Open Systems Approach, MOSA）一詞於2004年美國國防部文件中首次提及，⁹並運用於各項公開文件，接續2025年發布《模組化開放式系統實施指南》（*MOSA Implementation Guidebook*）將模組化開放架構（Open Architecture）界定成一結合技術、商務考量之設計方法，提升競爭性、可維持性與後續升級彈性。¹⁰

⁸ Alexandra G. Neenan, “Defense Primer: Joint Capabilities Integration and Development System (JCIDS),” *Congressional Research Service* IF12817, November 14, 2024, p. 1-2; “Guiding Actions for the Operation of National Armed Forces Weapon Equipment Acquisition,” *Ministry of National Defense, Republic of China*, January 25, 2019.

⁹ Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering, “Modular Open Systems Approach (MOSA) Reference Frameworks in Defense Acquisition Programs,” *Department of Defense*, May 2020, p. 3, <https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2023/06/MOSA-Framework-2020.pdf>.

¹⁰ Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering, “Implementing a Modular Open Systems Approach in Department of Defense Programs,” *Department of Defense*, February 27, 2025, <https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2025/03/MOSA-Implementation-Guidebook-27Feb2025-Cleared.pdf>.

MOSA 已不只是工程設計偏好，而是涉及專案生命週期、廠商競爭與插入技術之制度性原則（如圖2）。意味我國未來建案規劃，不宜再採「各系統各自發展、完成後再整合」模式，而是在建案初期即界定感測、戰場管理系統、發射平台、地面站與測試裝備之共通介面與模組邊界，以利各層級系統在既有架構下，逐步介接與持續升級。

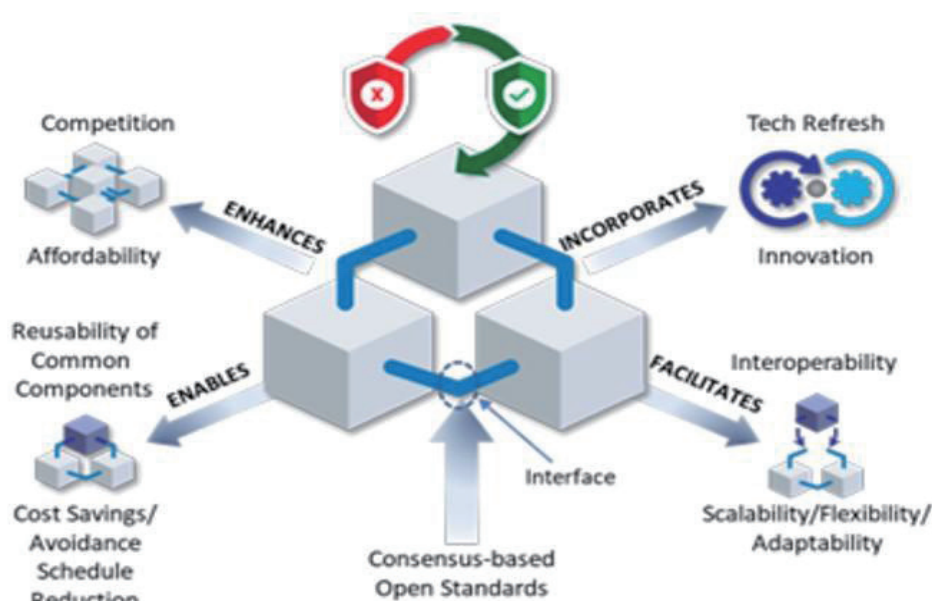


圖 2、MOSA 支柱與預期效益概念圖

圖片說明：MOSA 指南模組化設計連結「競爭力與可負擔性、重複使用與節省時程、創新與技術更新、互通與靈活性」等核心效益。

資料來源：Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering, “Implementing a Modular Open Systems Approach in Department of Defense Programs,” *Department of Defense*, February 27, 2025, p. 7, <https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2025/03/MOSA-Implementation-Guidebook-27Feb2025-Cleared.pdf>.

二、資料標準與互通

另資料互通性亦為體系能否整合之關鍵，美國國防部《應用程式介面技術指南》（*API Technical Guidance*）指出，互通性基礎在於資料規格標準，其機器可讀之數位標準（如 XML Schema、JSON Schema 或其他可驗證格式）正是支撐跨系統交換、驗證與自動化測

試的重要工具。¹¹北約 2024 年《數位轉型實施戰略》（*Digital Transformation Implementation Strategy*）與 2025 年《聯盟資料戰略》（*Data Strategy for the Alliance*）強調，資料共享、多域整合與聯盟互通須建立標準化、可管理之資料架構上。¹²因此我國未來整體飛彈防禦建案，宜將介面控制、訊息集、資料字典、轉譯閘道與測試標準列入前期需求，不宜待裝備接裝後，再採追加方式補做整合，使各時期均能在共同指管與資料鏈環境下，發揮整體效能。

肆、多元來源籌獲與智慧財產權管理

一、多元來源籌獲韌性

在前述開放架構與共同標準前提下，多元來源籌獲方具可行性，依美國戰爭部 2026 年 1 月所發布《數位標準戰略》（*Digital Standards Strategy*），MOSA 之執行須建立在機器可讀的共通數位標準上，此舉不僅有效打破單一廠商鎖定，更促進跨國聯合生產與多領域作戰（Multi Domain Operations, MDO）關鍵技術發展。¹³在美軍多領域指管建構上，國防系統整合商 MAG Aerospace 於 3 月實證研究指出，透過「聯合全領域指揮管制」（Combined Joint All-Domain Command and Control, CJADC2）與 MOSA 結合（如圖 3），成功將擊殺鏈時間壓縮近 30%；¹⁴洛克希德馬汀公司亦透過開放架構建立「互通性工廠」，成功將神盾系統、F-35 戰機與海馬士多管火箭進

¹¹ Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering, “Application Programming Interface Technical Guidance,” *Department of Defense*, July 1, 2024, <https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2024/08/API-Tech-Guidance-MVCR1-July2024-Cleared.pdf>.

¹² “NATO’s Digital Transformation Implementation Strategy,” *North Atlantic Treaty Organization (NATO)*, October 17, 2024; “Data Strategy for the Alliance,” *North Atlantic Treaty Organization (NATO)*, May 5, 2025.

¹³ “The Future of Standardization - DoW Digital Standards Strategy,” *Defense Standardization Program Office*, January 12, 2026, <https://www.dsp.dla.mil/Publications/DSP-Journal/News-Display/Article/4376169/the-future-of-standardization-dow-digital-standards-strategy/>.

¹⁴ MAG Aerospace, “Interoperability in Defense Technology: Enhancing Warfighting Abilities Through CJADC2 and MOSA,” *MAG Aerospace*, March 14, 2026, <https://www.magaero.com/interoperability-in-defense-technology-enhancing-warfighting-abilities/>.

行跨網域整合；¹⁵烏克蘭國防企業 Fire Point 於 4 月宣布，正透過開放架構直接整合歐洲廠商（如 SAAB、Hensoldt、Thales、Weibel）之雷達、導引與通訊系統，開發低成本反彈道飛彈系統。¹⁶這些實證顯示，在共同標準與開放介面前提下，導入多元外購模組與自產次系統已是可行路徑，不僅可降低單一外部來源過度依賴，亦有助國內廠商藉由利基成本優勢，逐步熟悉國際通行整合標準。



圖 3、CJADC2 跨部會專案小組成員編制

圖片說明：專案小組涵蓋美軍最高層級國防部長辦公室、指揮網路與 AI 技術辦公室、各作戰司令部、五大軍種及跨國盟友組織，透過全方位跨部會編制，整合空中、陸地、海洋、太空與網路等類型武器系統數據，以達未來戰場之協同作戰與決策優勢。

資料來源：“Defense Command and Control: Further Progress Hinges on Establishing a Comprehensive Framework (GAO-25-106454),” *United States Government Accountability Office*, April 8, 2025, p. 8, <https://www.gao.gov/assets/gao-25-106454.pdf>.

二、智慧財產與授權管理

來源多元化若未與智慧財產權管理同步規劃，後續系統整合與技術升級成本，恐將不減反增。正如 2026 年美國《數位標準戰略》明確強調，政府在建立跨系統的數位標準生態系時，須在專案前期

¹⁵ “Demonstrating CJADC2 Interoperability Factory,” *Lockheed Martin*, March 4, 2025, <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2025/demonstrating-CJADC2-interoperability-factory.html>.

¹⁶ Max Hunder & Daniel Flynn, “Ukraine Missile Maker Targets ‘Game Changer’ Air Defence System by 2027,” *Reuters*, April 6, 2026, <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/ukraine-missile-maker-targets-game-changer-air-defence-system-by-2027-2026-04-06/>.

妥善處理「智慧財產權與授權權利」配置問題，¹⁷就我國而言，未來凡涉及資料鏈、戰場管理軟體或多來源系統整合之建案，宜在商售談判、招標與簽約初期，精準辨識出關鍵資料與介面節點，並預先取得足以支撐再整合權利與技術移轉空間。參酌美國《聯邦採購規則－國防部增補規定》（*Defense Federal Acquisition Regulation Supplement*, DFARS）針對「技術資料權利」（*Technical Data Rights*）制度框架，其核心在政府無需鉅資買斷全系統產權，僅需針對未來再整合與升級關鍵介面取得授權，¹⁸若能落實將有助精準控制裝備全壽期成本、確保未來系統擴充與再競標彈性，更名為國內廠商累積模組維保與支援能量，提供穩固且具法律保障制度基礎。

伍、跨部會治理與法制配套

一、跨部會治理機制

上述技術與籌獲安排能否實際推進，最終取決於跨部會治理與法制配套，我國現行制度已具備初步之輪廓，其《國防產業發展條例》中明定國防部、經濟部及國科會為主辦機關，行政院指定專責單位，統籌非高機敏性國防科技之跨部會預算與協調機制。另行政院 2025 年底通過之《強化防衛韌性及不對稱戰力計畫採購特別條例》草案中，嘗試將「運用重層攔截網，打造臺灣之盾」、「引進高科技及人工智慧，加速擊殺鏈」及「厚植國防產業，打造非紅供應鏈」等願景法制化，並明定國防部為主管機關。¹⁹以此基礎，未來法制面精進無須另起爐灶，可就既有法規與特別預算架構，穩步充實國防部在能力規劃、介面標準與專案管理機制上之法源依據。

¹⁷ 同註 12。

¹⁸ Federal Acquisition Regulatory Council, “Defense Federal Acquisition Regulation Supplement (DFARS) Subpart 227.71: Technical Data and Associated Rights,” *Department of Defense*, October 11, 2025, <https://www.acquisition.gov/dfars/subpart-227.71-technical-data-and-associated-rights>.

¹⁹ 〈國防產業發展條例〉，《全國法規資料庫》，2022 年 11 月 30 日，<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=F0110024>；同註 2。

二、分層治理架構建立

在法制環境漸趨成形之際，跨部會之實務協作亦為不可或缺之一環。國防部近年已嘗試透過較具彈性的機制，引進民間成熟技術與新興量能。例如，專責軍民科技整合之「國防創新小組」（Defense Innovation Office, DIO）已採用小批量採購與測評驗證方式，辦理各項新興科技之公開徵集與反制技術引進。²⁰若再觀察海外之制度實務，則更可見「中央統籌規劃、專業分工執行」的重要性。新加坡國防科技局（Defence Science and Technology Agency, DSTA）在官方說明中明確指出，其任務包括實施國防科技計畫、採購防衛物資及發展國防基礎設施；²¹日本防衛裝備廳（Acquisition, Technology & Logistics Agency, ATLA）則在官方任務說明中強調，將透過專案管理方式，於防衛裝備獲得各階段迅速反映作戰需求，並同時維持與強化國防生產與科技基礎。²²

這些海外案例的啟示，似不在於我國是否應完全移植其機關形式，而在於如何使需求界定、技術整合、採購與維保得以在較一致的決策框架下持續推進。在考量我國特有國政體制的前提下，未來或可審慎評估建立一套權責清晰的「三級治理架構」：一、由國安會等高層級單位，統合總體戰略之優先順序；二、由行政院循既有程序，完成跨部會之預算與法規配套；三、由國防部執行「跨部會」專案管理，逐步落實全壽期之軍備管理（如表1）。²³

²⁰ 林秀英、方聿安，〈科技重塑戰爭格局——國防科技政策趨勢與國防科技新星解析（上）〉，《FINDIT 平台》，2025 年 5 月 21 日。

²¹ Defence Science and Technology Agency (DSTA), "Doing Business with the Ministry of Defence," *MINDEF Singapore*, July 27, 2025, <https://www.mindef.gov.sg/defence-matters/mindef-policies/defence-procurement/>.

²² Shigenori Mishima, "Japan's Defense Technology Strategy," *Indo-Pacific Defense Forum*, December 18, 2023, <https://ipdefenseforum.com/2023/12/japans-defense-technology-strategy/>.

²³ 姚宇庠，〈從武器裝備獲得流程探討我國軍備自主化〉，《國防雜誌》，第 35 卷第 4 期，2020 年 12 月，[https://doi.org/10.6326/NDJ.202012_35\(4\).0001](https://doi.org/10.6326/NDJ.202012_35(4).0001)；同註 18。

表 1、三級治理架構對照表

治理層級	現行基礎與精進方向	建議作法	預期效益
戰略決策層級	現已具備跨部會協商機制，未來若能提升至國安層級統籌，將更有助於突破資源分散之「部會本位」。	由國安會等高層級單位主導，自國家戰略高度統合建軍優先順序與跨部會合作方向。	破除部會藩籬，使國防需求、科技研發與經濟量緊密契合國家總體戰略。
資源與法制	國防、經濟部、國科會皆具預算編列量能，若行政院能集中管制與配套，將可精準對接產業	由行政院循既有程序，集中管制跨部會之預算編列與法規配套。	確保跨部會資源精準投放，極大化國家總體資源於全般防禦作為。
管理層級	國防部已具建案與專案管理經驗，面對龐大軍民科技與供應鏈，應將管理範疇擴及至「跨部會」，最佳化專案執行	由國防部執行「跨部會專案管理」，實質對接科研與產業量能，落實全壽期管理。	將各部會投入之科技與民間資源，實質轉化專案執行，並精準管控全壽期成本。

資料來源：作者自行歸納整理。

陸、結語

綜合前述分析，中華民國整體飛彈防禦構建，已不宜再以近程、中程與遠程裝備之個別增購為主要思維，而較應回到整體體系如何規劃、如何整合、如何在有限資源條件下，維持長期可持續性之問題。就目前官方文件所揭示面向而言，T-Dome 已逐步朝分層防禦、高度感知、有效攔截，並透過 C5ISR、AI 輔助與多類型感測器、發射平台鏈結之整體架構推進；若能進一步導入 MOSA、強化資料互通與介面標準、前置處理智慧財產權與授權機制，並透過跨部會治理整合軍事需求、技術研發與產業支撐，則我國整體飛彈防禦將較可能由政策宣示，逐步轉化為可執行、可升級、可維持之國家級防禦工程。

另有關外溢效益能否進一步轉化為供應鏈韌性、維保自主與長期預算效率，仍有待後續制度設計、法制調整與實際執行成效持續觀察與精進。就此而言，如何在防衛需求、預算效率與產業自主之間取得較為穩妥之平衡，應仍是中華民國整體飛彈防禦構建規劃未來持續深化時，值得審慎面對之核心課題。

本文作者林于棠為政治大學碩士，現為財團法人國防安全研究院網路安全與決策推演研究所駐點軍官。主要研究領域為國家戰略、軍事戰略、精準武器。

The Republic of China's Integrated Missile Defense Development Plan: Layered Design, System Integration, and Long-Term Acquisition

Yu-Tang Lin

Division of Cyber Security and Decision-Making Simulation

Abstract

In response to the PRC's increasingly complex air and missile threats, Taiwan's defense planning has gradually shifted from platform-based procurement toward the development of an integrated missile defense architecture. Through the "Taiwan Dome" (T-Dome) concept and special budget allocations, the government seeks to establish a layered defense framework featuring enhanced sensing, effective interception, and the integration of multiple sensors and shooters. However, the key to long-term defense effectiveness lies not merely in the number of interceptors acquired, but in the overall system integration enabled by C5ISR.

This study argues that Taiwan's integrated missile defense should adopt a Modular Open Systems Approach (MOSA) , common data standards, and early-stage management of intellectual property and licensing arrangements. It further proposes a three-tier governance structure in which the National Security Council provides strategic integration, the Executive Yuan coordinates resources, and the Ministry of National Defense manages cross-ministerial projects. Over the long term, such an approach could enhance supply-chain resilience, promote domestic industrial participation, and help Taiwan strike a more sustainable balance among defense requirements, budget efficiency, and industrial autonomy.

Keywords: T-Dome, MOSA, Digital Standards Strategy, Acquisition Management