

戰略與評估

第十三卷第二期

目錄

論文

中美關鍵礦物競爭之戰略意涵 與影響	翟文中 陳宥芯	1
分析式兵棋理論與模型綜述： 探討數學模式與模擬方法	劉達生	33
俄烏戰爭對台灣防衛作戰的意涵	江旻杓	67

作者簡介

- | | |
|-----|--|
| 翟文中 | 淡江大學國際事務與戰略研究所碩士，國防安全研究院國防戰略與資源研究所助理研究員。研究領域為海軍戰略、軍事科技議題。 |
| 陳宥芯 | 銘傳大學法律系碩士，國防安全研究院國防戰略與資源研究所研究行政助理。研究領域為美中關係、國際經濟。 |
| 劉達生 | 國防大學中正理工學院國防科學研究所博士，國防安全研究院網路安全與決策推演研究所委任研究員。研究領域為軍事作業研究、模式模擬、代理人模擬。 |
| 翟文中 | 淡江大學國際事務與戰略研究所博士候選人，國防安全研究院國防戰略與資源研究所助理研究員。研究領域為海軍戰略、軍事科技議題。 |

中美關鍵礦物競爭之戰略意涵與影響

翟文中

助理研究員

國防安全研究院國防戰略與資源所

陳宥芯

研究行政助理

國防安全研究院國防戰略與資源所

摘 要

2010 年，中國試圖透過管制稀土出口對日本施壓，此舉引發了舉世各國對本身關鍵礦物供應鏈安全的高度關注。由於關鍵礦物對國家安全與經濟發展至關重要，美國與各工業國家皆將建構一個具韌性的關鍵礦物供應鏈列為國安層級的重要議題。當前中國在稀土與部分關鍵礦物的供應鏈享有獨佔地位，美國為首的西方國家刻透過聯合投資與建立夥伴關係等方式，用以降低對中國稀土與關鍵礦物的依賴並防止其運用此等物質做為經濟脅迫的工具。隨著歐美國家重啟封存稀土礦山、提升循環利用效率與研發稀土替代材料等不同措施，中國未來在全球稀土供應鏈的重要性將會隨著時間逐漸消褪。然而，中美兩國的許多關鍵礦物皆高度仰賴進口，加上這些礦物礦床僅分布在少數國家，為了確保關鍵礦物供應鏈的安全，兩國將會極力拉攏這些國家並將其納入各自的供應鏈內，這種發展將對國際安全與全球經濟形成相當程度的衝擊。

關鍵詞：稀土、關鍵礦物、關鍵礦物清單、中美關鍵礦物競爭

The Strategic Implications and Impacts of the Sino-U.S. Critical Minerals Competition

Wen-Chung Chai

Assistant Research Fellow

Division of Defense Strategy and Resources Institute for

National Defense and Security Research

Yu-Hsin Chen

Research Administrative Assistant

Division of Defense Strategy and Resources Institute for

National Defense and Security Research

Abstract

In 2010, China tried to put pressure on Japan by controlling the export of rare-earth elements. This act caused high concern worldwide about the security of their own critical mineral supply chains. Since critical minerals are vital for national security and economic development, the U.S. and industrial countries will prioritize the construction of a robust critical minerals supply chain and consider it an important issue at the national security level. Currently, China monopolized the supply chain of rare-earth element and some critical minerals. Western countries, led by the United States, through joint investments and building partnerships to reduce their dependence on China's rare-earth element and critical minerals, and prevent them from using as a tool of economic coercion.

Currently, China has monopolized the supply chain of rare-earth elements and some critical minerals. Western countries, led by the United States, are pursuing joint investments and building partnerships to reduce their dependence on China's rare-earth elements and critical minerals and to prevent China from using them as tools of economic coercion. As European

and American countries resume the mothballing of rare-earth element mines, improve recycling efficiency, and develop replacement materials, the importance of China in the global rare-earth element supply chain will fade over time. However, since China and the United States are highly dependent on imports for many key minerals, the number of producing countries for these minerals is concentrated and can't disperse the sources effectively. To ensure the security of the key mineral supply chain, both countries will try their best to win over these nations and integrate them into their supply chains. This development will have a significant impact on international security, and the global economy.

Keywords: *Rare Earth* · *Critical Minerals* · *Critical Minerals List* · *Sino-U.S. Competition in Critical Minerals*

壹、前言

2023 年 5 月，美日印澳四國領袖於日本廣島七國峰會期間，召開「四方安全對話」(Quadrilateral Security Dialogue, QUAD) 場邊會談，渠對承諾 QUAD 將對印太區域的發展、穩定與繁榮提供強力支持。此外，QUAD 四國刻尋求簽署一份「合作備忘錄」(Memorandum of Cooperation, MOC)，用以強化各國在關鍵礦物的聯合投資，保護其供應鏈安全並防止他國運用此等物資進行經濟脅迫。¹2023 年 7 月，中國海關總署發布公告，為維護國家安全和利益需要，將對鎘、銻相關物項實施出口管制，相關物項出口必須向商務部申請許可，俟審查後發給出口許可證件始得出口。²這種對抗趨勢若是持續惡化，雖不致引發過去常見的「資源戰爭」(resource wars)，³卻使原本緊張的中美經濟對抗更加地劍拔弩張，相關衝突與影響將由經濟面向擴及外交與地緣政治不同領域。

由於關鍵礦物攸關中美兩國的經濟發展與國防建設，加上這些礦物的礦床過於集中在全球少數地域。因此，中美兩國在此領域的競爭必然

¹ “Quad Leaders’ Summit Fact Sheet,” *The White House*, May 20, 2023, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/05/20/quad-leaders-summit-fact-sheet/>; 姚惠茹，〈堅定維護印太海域和平劍指中國！美日印澳聯合聲明將投資基礎設施〉，《財經新報》，2023 年 5 月 21 日，<https://finance.technews.tw/2023/05/21/quad/>；魏國金，〈美日印澳共同投資戰略物資將達協議〉，《自由時報》，2023 年 5 月 21 日，<https://ec.ltn.com.tw/article/paper/1584124>。

² 此次公布的管制品項包括鎘相關物項，計有金屬鎘、氮化鎘、氧化鎘、磷化鎘、砷化鎘、銻鎘、碲化鎘與銻化鎘；銻相關物項，計有金屬銻、區銻銻錠、磷銻銻、銻外延生長襯底、二氧化銻與四氯化銻。相關規定參見中華人民共和國商務部安全與管制局，〈商務部海關總署公告 2023 年第 23 號，關於對鎘、銻相關物項實施出口管制的公告〉，《中華人民共和國商務部》，2023 年 7 月 3 日，<http://www.mofcom.gov.cn/article/zwgk/gkzcfb/202307/20230703419666.shtml>。

³ 資源戰爭(resource wars)通常定義如下：為了控制重要天然資源而進行的武裝衝突，儘管資源控制有可能係此類衝突的主要驅動力，惟由於戰爭的起因過於複雜絕不可歸因於單一動機。即令如此，歷史上的許多重大軍事行動均與控制資源存有密不可分關係。日本攫取東印度群島油源時，為保護其側翼而偷襲美國珍珠港基地；希特勒入侵蘇聯的重要戰略目標之一就是要攻佔高加索油田；1990 年伊拉克入侵科威特，問題核心與發兵動機仍是資源(石油)。相關論述參見丹尼爾·尤金(Daniel Yergin)著，薛絢譯，《石油世紀》(The Prize: The Epic Quest for Oil, Money, and Power)(台北：時報文化出版股份有限公司，1991 年)，頁 1-15 至 1-16；Philippe Le Billon, “The political economy of resource wars,” *Angola’s War Economy*, p.22, https://www.researchgate.net/publication/233145543_The_Geopolitical_Economy_of_Resource_Wars.

由經濟範疇，進一步地擴及軍事與外交等不同面向。本研究旨在探討中美關鍵礦物競爭的本質及其對國際安全的可能影響，由於此議題涉及的面向極其廣泛，為能對此議題進行較為周延分析並對其可能走向做出較精確研判，下文將分三個章節對中美關鍵礦物競爭的戰略意涵與可能衝擊進行梳理說明。首先，將對關鍵礦物的定義及分類概略說明，兼論其（特別係稀土）在國防與商業領域的價值與運用。其次，論述並比較中美兩國在關鍵礦物領域的立法與管制作為，這是確保關鍵礦物供應鏈安全與韌性的不可或缺手段。最後，將對中美關鍵礦業競爭的當前與未來發展進行推估，對其在經濟與外交等不同領域的影響進行探討。

貳、關鍵礦物在軍事與商業領域的運用

美國國會通過的《2020 年能源法案》（*Energy Act of 2020*）中，定義「關鍵礦物」（critical mineral）如下：其係一種非燃料礦物或物質，對美國的現代經濟與國家安全至關重要，它的供應鏈極易受到破壞。⁴2022 年 8 月，美國能源部國家能源技術實驗室（National Energy Technology Laboratory）發佈的《2021 至 2022 年關鍵礦物可持續性計畫》（*2021-2022 Critical Minerals Sustainability Program*），對於關鍵礦物亦採相同定義。⁵另一方面，中國雖未在官方文件對關鍵礦物下達定義，惟其地質科學院專家與相關領域研究學者則對關鍵礦物做出類似定義，例如：中國地質科學院科學家王安建與袁小晶為文指出：「戰略性關鍵礦產是對國家經濟發展至關重要，對戰略新興產業不可或缺，同時又被賦予地緣政治色彩的一類礦物資源」。⁶中國地質學研究學者李文昌等人在《中國關鍵礦產現狀、研究內容與資源戰略分析》論文中闡明，關鍵金屬或關鍵礦產是指當前和未來相當長時間內現代社會可持續發展所必須但在穩定供給方面又存在高風險的金屬礦產資源，其可被細分為稀

⁴ “U.S. Geological Survey Releases 2022 List of Critical Minerals,” *United States Geological Survey*, February 22, 2022, <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/us-geological-survey-releases-2022-list-critical-minerals>.

⁵ “2021-2022 Critical Minerals Sustainability Program,” *U.S. Department of Energy National Energy Technology Laboratory* August 2022, p.8., https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/202210/Critical_Minerals_%20Portfolio_2022_10_24.pdf.

⁶ 王安建與袁小晶，〈大國競爭背景下的中國戰略性關鍵礦產資源安全思考〉，《中國科學院院刊》，第 37 卷，第 11 期，2022 年 11 月，頁 1551。

有金屬、稀土金屬、稀散金屬與稀貴金屬等四大類別。⁷綜合以上說法，可知被各國列為關鍵礦物的元素，除與經濟發展與國防安全密不可分外，關鍵因素應係其供應鏈存在著高度的斷鏈風險。此外，一個國家列為關鍵礦物的礦種，則會因經濟發展與產業結構的變遷有所不同。⁸

一、軍事運用

關鍵礦物因其特殊物理屬性，在軍事科技運用的重要性日漸地增加。即以中國近期宣布管制的鎵（Gallium, Ga）與鍺（Germanium, GE）兩項金屬元素為例，由於其較矽（Silicon, Si）能夠承受更高電壓，兩者被廣泛地運用於軍用雷達與電子戰系統製程，例如：主動電子掃描陣列雷達（active electronically scanned array, ASEA）及眾多的電子作戰裝備。⁹根據雷神公司（Raytheon Company）說法，在雷達系統使用氮化鎵晶片後，其探測距離可增加 50%，目標辨識能力與系統的可靠度（reliability）亦將大幅提升。¹⁰鍺元素具高紅外折射率與色散率低等光學性質，其被運用於高規格的熱影像系統（thermal-imaging systems），當中最為人耳

⁷ 關鍵礦產可再細分為四類，計有稀有金屬（Li、Be、Rb、Cs、Nb、Ta、Zr、Hf、W 和 Sn）、稀土金屬（La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Sc 和 Y）、稀散金屬（Ga、Ge、Se、Cd、In、Te、Re 和 Tl）和部分稀貴金屬（鉑族元素 Pt、Pd、Os、Ir、Ru 和 Rh 以及 Co 和 Cr 等）。李文昌、李建威、謝桂青、張向飛與劉洪，〈中國關鍵礦產現狀、研究內容與資源戰略分析〉，《地學前緣》，第 29 卷，第 1 期，2022 年 1 月，頁 2。

⁸ 同註 6，頁 1552 至 1554。

⁹ 相關運用例子，計有雷神公司（Raytheon）的「鬼眼」（Ghost-Eye）低空層防空與飛彈防禦感測器（lower tier air and missile defense sensor, LTAMDS）與下一代干擾器（Next Generation Jammer）；諾斯諾普·格魯曼公司（Northrop Grumman）的 AN/TPY-5（V）1 多任務空中監視雷達；（multi-mission air-surveillance radar）與洛克希德·馬丁公司（Lockheed Martin）的 AN/TPQ-53 多任務雷達（multi-mission radar, MMR），前揭裝備及許多雷達系統均使用了氮化鎵（gallium nitride, GaN）晶片。參見 Colin Clark, “China strikes back against decoupling, restricts two rare earth minerals,” *Breaking Defense*, July 06, 2023, <https://breakingdefense.com/2023/07/china-strikes-back-against-decoupling-restricts-two-rare-minerals/>.

¹⁰ 同註 9。

熟能詳的例子即是夜視鏡。¹¹此外，稀土（rare earth）¹²係關鍵礦物中最重要的組成部份，此類元素具有磁學、光學與電學等多樣的物理與化學特性，使其在研發新材料時具有特殊價值。近期軍事科技與武器效能的重大突破，幾乎都來自於稀土元素某項特殊功能的發現與運用，例如隨著摻雜稀土的高能量釹鐵硼磁鐵（NdFeB magnets）被成功研發，美國 DRS 科技公司運用此材料研發的永磁推進馬達，其具有的能量密度較傳統材質馬達高出許多。此外，在飛彈導引與控制系統、電能與雷射武器系統以及目標標定與信號強化等軍事領域，均可看到稀土技術的廣泛運用，同時這種趨勢更是方興未艾。¹³換言之，稀土為主的關鍵礦物將成各國建構現代化軍力不可或缺的要素，稀土技術在軍事領域的運用參見表一。

表一：稀土技術在軍事領域的運用

運 用 領 域	相 關 技 術	功 能 / 用 途	運 用 實 例	所 需 稀 土
導引與控制	堅固/強力的永久磁鐵	導引與控制 電力馬達與促動器	精靈炸彈、戰斧巡弋飛彈、精準導引砲彈、掠奪者無人飛行載具	釹、鐳、鈔、鎳、鈦、
電子	能量儲存/密度放大/電容	電子作戰 導能武器	電磁砲、干擾裝置、鎳氫電瓶、區域排拒系統	為數眾多

¹¹ 張小東與趙飛燕，〈全屬鍺在高新技術領域中的運用〉，《煤炭與化工》，第 41 卷第 2 期，頁 32 至 34 與 37，轉引自馬奎、洛桑才仁、陳超、張萬益與王豐翔，〈全球鍺資源分布、供需及消費趨勢研究〉，《礦產保護與利用》，2019 年第 5 期，2019 年 10 月，頁 17；Solomon Cefai, and Caroline Messecar, “Are China’s export curbs on gallium and germanium a political symbol or a real threat?,” *Fastmarkets*, July 7, 2023, <https://www.fastmarkets.com/insights/are-chinas-export-curbs-on-gallium-and-germanium-a-political-symbol-or-a-real-threat>.

¹² 稀土元素計 17 個，包括 15 個鐳系元素（lanthanides，原子序 57 至 71）以及釹（scandium, SC）和鈮（yttrium, Y）兩個元素，鐳系元素中原子序 61 的鉕元素（promethium, Pm），由於在自然界中存量稀少且不穩定，故討論稀土議題時通常將其排除在外。參見“The Rare-Earth Elements—Vital to Modern Technologies and Lifestyles,” *United States Geological Survey*, 2014, <https://pubs.usgs.gov/fs/2014/3078/pdf/fs2014-3078.pdf>.

¹³ Valerie Bailey Grasso, *Rare Earth Elements in National Defense: Background, Oversight Issues, and Options for Congress* (Washington, D.C.: Congressional Research Service, December 23, 2013), pp.10-13.

光學	放大、著色	光纖、照明、顯示器	光纖、夜視鏡、電腦螢幕、航空電子、先進（發光二極體）照明	鎔、釷、鈹
雷射	能量與解析度放大	標定與武器	雷射標定、空基雷射、各型雷射武器	釷、鎔、鈹
通信	放大器、促動器、電腦驅動	功率、頻寬、增益	行波管、微波通信、衛星通信、電腦硬碟驅動	釷、鎔、鎢、鈹、鎔、釷
監視與偵測	放大、強化信號的解析度	雷達、聲納、輻射與化學偵測	雷達、聲納音鼓、整合型化學戰劑警報器	釷、釷、鎢、鎢、鎔
動力、匿蹤與燃油效率	堅固/強力的永久磁鐵	電力驅動馬達	未來戰鬥系統、聯合打擊戰機、朱瓦特級驅逐艦	釷、鎔、鈹、鎢、鈹

資料來源：“Military Applications for Rare Earth Technologies,” quoted in Rare Earth Industry and Technology Association, 2009, <http://www.gwmg.ca/images/file/2009-nov-27-military-applications.pdf>.

二、商業運用

關鍵金屬中的稀有、稀散與稀貴金屬，例如：鋰、鎂與鈷等在商業上的運用由來已久，其重要性早已為人耳熟能詳。然而，當中最重要者仍為稀土族群，其係未來發展先進材料與潔淨能源不可或缺的關鍵要素。就商業運用言，稀土最初用於汽車工業與石化工業，前者係指汽車用於淨化廢氣的催化劑，若採用稀土中的氧化鈾和氧化鈳，在維持相同效應下，可替代並減少鉑的用量高達八成。係者做為石油裂解催化劑（petroleum cracking catalysts），當其加入鎢與鈾等稀土元素後，可從原油中提取更多數量的汽油與柴油，煉油成本可以降低兩成，大幅提高石油產業生產能量。¹⁴除此之外，稀土可做為螢光粉（phosphors），用於射線管（ray tubes）、電腦螢幕、液晶顯示器與發光二極體（light-emitting diode, LED）照明。此外，玻璃工業、電腦硬碟、冶金材料與醫療設備等領域，在製程中亦摻雜了不同類型稀土，用以降低製造成本或強化產品的物理與化學性質，稀土在商業領域的運用及其功能參見表二。當前「碳中和」已成為各國政府承諾致力實現的目標，發展電動車與潔淨能源是降低溫室氣體排放的重要途徑，稀土對這兩項新興產業的發展扮演著關鍵作用。即以電動汽車為例，每部汽車約需 10 至 15 公斤的鎢系元

¹⁴ 翟文中，〈稀土戰爭：逐漸浮現的資源爭奪戰〉，《軍事連線》，第 40 期，2011 年 12 月，頁 84 至 86。

素。¹⁵另一例子則是風力發電機組，估算一部百萬瓦機組約需 200 公斤的釹鐠（neodymium-praseodymium, NdPr）氧化物。¹⁶圖一展示的係《中國製造 2025》各產業與關鍵礦物之間的連結，由圖中可發現所有新興產業的發展都與稀土元素密不可分。

表二：稀土技術在商業領域的運用

運 用 領 域	相 關 技 術	功 能 / 用 途	所 需 稀 土
插電式混合動力與電動車輛	永久磁鐵	電力驅動用來替代或是增補內燃機的功能	釹、鐠、鐿、鈰
傳統或先進車輛的電力輔助馬達	永久磁鐵	將重要負載移出傳動系，使其擁有較高燃油效率	釹、鐠、鐿、鈰
風力與水力發電機	永久磁鐵	具更佳的可靠度與操作性能	釹、鐠、鐿、鈰
小型螢光燈與發光二極體	螢光粉	與白熾燈高度相同時，可降低至少七成電力消耗	鈹、銻、鈰
鎳氫電瓶	能量儲存	相較鋰鐵電瓶，具更佳的成本效益	鎳
高能量密度電容器	稀土塗佈陶瓷；鈮或是其他不同型式的電容器	具較傳統型式電容器為高的功率密度	為數眾多
電動動力工具	永久磁鐵	堅固、質輕與強力的馬達	釹、鐠、鐿、鈰
提升車輛燃油效率的起動器/發電機整合式裝置	永久磁鐵	當停止時關閉引擎，按下加速器後立即重新啟動	釹、鐠、鐿、鈰
電腦硬碟	永久磁鐵	堅固、質輕與強力的馬達	釹、鐠、鐿、鈰
手持無線裝置	永久磁鐵 螢光粉	堅固、質輕與強力的馬達 平面螢幕顯示器	釹、鐠、鐿、鈰、鈹、銻 鈹、銻、鈰、釷、鈾

¹⁵ “The Rare-Earth Elements—Vital to Modern Technologies and Lifestyles,” *United States Geological Survey*, <https://pubs.usgs.gov/fs/2014/3078/pdf/fs2014-3078.pdf>.

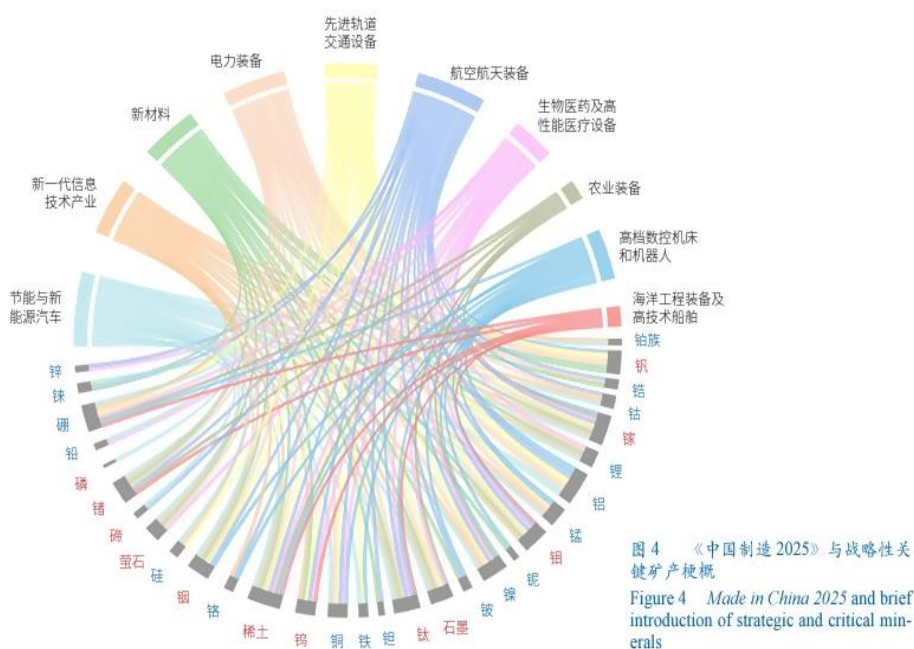
¹⁶ “Rare Earth Fundamentals,” *Peak Rare Earths*, <https://peakrareearths.com/rare-earths/>.

中美關鍵礦物競爭之戰略意涵與影響

光纖	信號放大	稀土塗佈光纖	釔、鎔、銑、鉕
平板螢幕顯示器	螢光粉	於平板顯示器上顯現紅、綠與藍等鮮豔色彩、	釔、鎔、銑、釷、鐳、鉕
裂解汽油的液體催化劑	為催化劑基體提供布朗斯特酸	相較其他布朗斯特酸來源，擁有較佳的活性與穩定性	鐳、鉕
催化轉化器與其他型式排放降低技術	可將一氧化碳與臭氧氧化成為二氧化碳與氧氣	價格相較鉑系金屬低廉	鐳、鉕
醫學影像-磁振造影 X 光影像	永久磁鐵 波長轉移	產生磁場 蒐集閃爍光點	釷、鐳、鎢、銑 釔、鎔、銑

資料來源：

“Commercial Applications for Rare Earth Technologies,” quoted in Rare Earth Industry and Technology Association, 2009, <http://www.reitaglobal.org/storage/downloads/Commercial%20RE%20Applications%20Tables.pdf>.



圖一 《中國製造 2025》各新興產業與關鍵礦物間的連結

資料來源：王安建與袁小晶，〈大國競爭背景下的中國戰略性關鍵礦產資源安全思考〉，《中國科學院院刊》，第37卷，第11期，2022年11月，頁1555。

參、美中兩國對關鍵礦物的立法及管制作為

2019 年起，美國政府不斷加強執法監管，對輸往中國的高端晶片與光刻機等先進半導體核心產品與製程裝備進行了嚴格管制，試圖對中國在半導體與新興產業與技術的未來發展形成制約。¹⁷至此，美國對中國的經濟制裁已由提高關稅與限制技術取得，擴大至對先進技術製程與高新產品輸出的管制。為對美國相關舉措進行反制，中國在 2023 年 7 月宣布將對鎢、鉬相關物項實施出口管制。另一方面，美國在 2017 年開始就已相當關注關鍵礦物的供應鏈安全。因此，關鍵礦物將成為中美競逐的另一嶄新戰場，在下文中，將對兩國在此領域的立法及管制作為進行分析。

一、美國方面

長期以來，美國係關鍵礦物的主要消費國，亦是最早提出關鍵礦物清單的國家。1917 年，利斯（Charles Kenneth Leith）擔任戰時工業委員會（War Industries Board）礦物顧問時，編輯了首份「非官方」的「戰略與關鍵礦物」（strategic and critical minerals），這份清單係以工業性質而非國防需求做為主要篩選標準。1921 年，首份官方版的「戰略與關鍵礦物」清單在總參謀部供應處（Supply Division of the General Staff）的主導下完成。1917 年至 1939 年間，這些重要礦物被分為四大類：「戰略性」（基於工業或國防需求以及兩者共同需求）；「關鍵性」（需求增加時會出現短缺情況，但透過審慎管制與刺激生產仍可維持自給自足）；「必須的」（排除前兩者的重要礦物）與「短缺的」（情況嚴重與情況尚可）。¹⁸這段時期被列為關鍵礦物的數量，從一戰期間的 4 種增至 1939 年的 9 種，二戰後期更擴大為 52 種。冷戰期間，美國歷任政府對於關鍵礦物清單仍持續地進行修正，雖然不同時間礦物分類方法有所不同，列入清單的礦物亦迭有更替，惟其焦點係置於美國國內產量不足且海外供應鏈脆弱可能供應中斷的礦物。2016 年，美國國家科學技術委員會（National Science and Technology Council, NSTC）提出了一個系統性途徑對關鍵礦

¹⁷ 王宏偉、陳多思、張慧慧與白宇軒，〈中美技術摩擦給我國高技術產業和企業帶來的風險分析〉，《中國科學院院刊》，第 38 卷第 4 期，2023 年，頁 595。

¹⁸ Klaus J. Schulz, John H. DeYoung, Jr., Dwight C. Bradley, and Robert R. Seal II, "Critical Mineral Resources of the United States—An Introduction," *United States Geological Survey*, pp. A11 – A12, <https://pubs.usgs.gov/pp/1802/a/pp1802a.pdf>.

物進行篩選，其採用了供應風險、產量成長與市場動態三項評析指標，當前仍採此方式對礦物潛在重要性進行分析。¹⁹

美國曾是全球最重要的關鍵礦物與稀土生產國，隨著 1990 年代中國加入全球稀土供應鏈，在其低價傾銷下美國和全球各地的礦場有的關閉有的被中國公司收購。²⁰由於對中國稀土的依賴程度日益嚴重，美國國會對此發展相當關切，遂提出了《稀土和關鍵物質振興法》（*Rare Earths and Critical Materials Revitalization Act of 2020*）與《稀土供應技術與資源轉型法案》（*Rare Earths Supply Technology and Resources Transformation Act of 2020*）²¹等多項法案以為因應。²²此外，美國能源部除發布《關鍵物質戰略》（*U.S. Department of Energy Critical Materials Strategy*）做為政策指導外，其下轄的國家實驗室與能源技術實驗室（*National Energy Technology Laboratory*）亦分別從事稀土與關鍵礦物相關技術的開發與研究。²³隨著中美經濟對抗加劇，美國政府逐漸體認到強化關鍵礦物供應鏈安全的重要性。在這種情況下，川普與拜登政府發佈了四道總統命令，要求政府各部門對製造業與國防工業的供應鏈彈性、

¹⁹ 同前註。

²⁰ 例如美國著名的稀土公司「麥格昆磁」（*Magnequench*），這家公司曾掌控從探勘、採礦到精煉的完整供應鏈。1990 年代末期，其為中國公司收購並更名為「麥格昆磁（天津）」。參見張致吉，〈從美中貿易紛爭下美國稀土戰略佈局看台灣策略〉，《材料世界網》，2023 年 1 月 4 日，<https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=51687>。

²¹ “S.3521–Rare Earths Supply Technology and Resources Transformation Act of 2020,” *CONGRESS.GOV*, 06/22/2010, <https://www.congress.gov/bill/111th-congress/senate-bill/3521/text>. 該法案要求美國內政部（*Department of Interior*）成立一個「稀土政策專案小組」（*Rare Earth Policy Task Force*），用以協助美國國內稀土產業加快投資與探勘的步調，同時並對稀土供應鏈的脆弱性進行評估。

²² 其他法案尚包括了《稀土供應鏈技術與資源轉型法案》（*Rare Earths Supply Chain Technology and Resources Transformation Act of 2010*）與《美國礦業安全法案》（*American Mineral Security Act*）。“Critical Materials Strategy,” *U.S. Department of Energy*, December 2010, pp.133-139, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/edg/news/documents/criticalmaterialsstrategy.pdf>.; “S.1317–American Mineral Security Act,” *CONGRESS.GOV*, 10/22/2019, <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/1317/text>.

²³ 國家能源實驗室主要負責研究從煤炭和煤基資源中提取、分離和回收稀土元素和關鍵材料的相關技術。此外，能源部的橡樹嶺國家實驗室（*Oak Ridge National Laboratory*）與艾姆斯國家實驗室（*Ames National Laboratory*）則從事關鍵物質替代品與循環利用技術的相關研究。參見張所續與羅曉玲，〈美國關鍵礦產政策內涵的演變與啟示〉，《中國礦業》，第 29 卷第 12 期，2020 年 12 月，頁 19 至 20。

關鍵礦物短缺現象以及國防與新興產業供應鏈安全等議題進行全面檢討。²⁴2018年2月，美國內政部地質調查局(United State Geological Survey, USGS)公布關鍵礦物清單，列舉了35項攸關國家安全與經濟發展的礦物商品(mineral commodities)。²⁵該局定期發布關鍵礦物清單外，目前正進行「地球測繪資源倡議」(Earth Mapping Resource Initiative, EMRI)，此計畫係透過先進科技的運用，對美國地底與尾礦可能蘊藏的關鍵礦物進行調查。²⁶為確保關鍵礦物供應鏈安全，美國透過立法、行政部門與科研機構的努力，用以降低對國外特別是對中國關鍵礦物的依賴。

²⁴ 這四道總統行政命令包括了第13806號《評估和強化美國製造業與國防工業基礎與供應鏈的彈性》、第13817號《確保關鍵礦物安全和可靠供應的聯邦戰略》、第13953號《因應仰賴國外競爭對手對國內關鍵礦物供應鏈的威脅，對國內採礦與加工業者提供支援》與第14017號《美國的供應鏈》，參見“Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States,” Executive Order 13806, *Federal Register*, July 21, 2017, <https://www.federalregister.gov/documents/2017/07/26/2017-15860/assessing-and-strengthening-the-manufacturing-and-defense-industrial-base-and-supply-chain>.; “A Federal Strategy To Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals,” Executive Order 13817, *Federal Register*, December 20, 2017, <https://www.federalregister.gov/documents/2017/12/26/2017-27899/a-federal-strategy-to-ensure-secure-and-reliable-supplies-of-critical-minerals>.; “Addressing the Threat to the Domestic Supply Chain From Reliance on Critical Minerals From Foreign Adversaries and Supporting the Domestic Mining and Processing Industries,” Executive Order 13953, *Federal Register*, September 30, 2020, <https://www.federalregister.gov/documents/2020/10/05/2020-22064/addressing-the-threat-to-the-domestic-supply-chain-from-reliance-on-critical-minerals-from-foreign>.; “America’s Supply Chain,” Executive Order 14017, *Federal Register*, February 24, 2021, <https://www.federalregister.gov/documents/2021/03/01/2021-04280/americas-supply-chains>.

²⁵ Steven M. Fortier, Nedal T. Nassar, Graham W. Lederer, Jamie Brainard, Joseph Gambogi, and Erin A. McCullough, “Draft Critical Mineral List—Summary of Methodology and Background Information—U.S. Geological Survey Technical Input Document in Response to Secretarial Order No. 3359,” *United States Geological Survey*, February 2018, <https://pubs.usgs.gov/of/2018/1021/ofr20181021.pdf>.

²⁶ 美國地質調查局篩選關鍵礦物清單的作業流程如下：其將蒐獲的資料透過跨部會評估與諮詢公眾意見後確定，由於礦物商品的供需與重要性會不斷發生改變，清單的品項會定期（通常為3年）進行檢討並公布眾知，例如2022年揭露的關鍵礦物數量由先前的35項成長至53項。相關說明參見〈美國內政部確定鎢、稀土、鋰等35種關鍵礦產清單〉，《中國地質》，第45卷第5期，2018年10月，頁1086；Jason Burton, “U.S. Geological Survey Releases 2022 List of Critical Minerals,” *United States Geological Survey*, February 22, 2022, <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/us-geological-survey-releases-2022-list-critical-minerals>.

二、中國方面

如美國般，中國對於攸關國家安全與經濟發展的關鍵礦物極其重視，2006 年時，啟動了一項名為「全國礦產資源潛力評價」的國情調查研究。此計畫在國土資源部領導下，由中國地質調查局負責組織，中國地質科學院礦產資源所為首的眾多單位參與計畫的執行。歷時八年（2006-2013），中國對煤炭、鈾、鐵、銅與鋁等 25 種重要礦物，完成了資源潛力、礦種分布、成礦規律與成礦地質構造等數據的調查蒐集。²⁷透過此全面性調查，中國對關鍵礦物的資源規劃與開發運用已初具雛型，這為其關鍵礦物的宏觀調控提供了堅實的科學基礎。2012 年與 2017 年，中國再度啟動了「戰略性礦產資源評價」科調項目，對關鍵礦物現況與蘊藏持續地進行追蹤。2016 年 11 月，中國國土資源部發佈《全國礦物資源規劃，2016-2020 年》，在考量經濟安全、國防安全與戰略性新興產業發展需求後，列舉了 24 項需要重點保障的戰略性礦物。²⁸雖然，中國官方不時發布關鍵礦物相關報告的政策²⁹，中國卻未如美國般發展並制定完整的配套法律制度，從而對關鍵礦物的探勘、開採、加工到回收處理進行規範與指導。再者，中國雖對關鍵礦物不間斷的進行調查研究，但未定期地發布關鍵礦物的更新清單。因此，中國官方機構學者即曾呼籲，要求制定《關鍵礦產法》和《關鍵礦產儲備法》等法律，從而為關鍵礦物安全鏈的保障與建構提供必要的法源根據。³⁰

當前中國在全球關鍵礦物供應鏈佔有重要地位，尤以稀土元素為然，由於其在稀土的蘊藏量、生產量與加工技術擁有優勢，運用稀土出口管制對他國施壓並不令人意外。1998 年起，中國開始實施稀土出口配額制度。2010 年中日東海危機後，中國試圖以稀土禁運為武器對日本施加外

²⁷ 肖克炎，〈全國礦產資源潛力評價方法與創新〉，《中國地質科學院礦業資源研究所》，2015 年 10 月 22 日，<https://www.cgs.gov.cn/upload/201510/20151023/20151023112256577.pdf>。

²⁸ 中華人民共和國國土資源部，《全國礦產資源規劃（2016-2020 年）》，2016 年 10 月，<http://www.fentijs.com/uploadfile/2016/1207/20161207093751198.pdf>；涂亦楠，〈美國的關鍵礦產總統令及中國的應對策略研究〉，《中國礦業》，第 30 卷增刊第 2 期，2021 年 10 月，頁 17。《全國礦產資源規劃（2016-2020 年）》報告參與編寫單位，除中國國土資源部外，尚有財政部、商務部、工信部、環保部與國家發改委等部門。

²⁹ 此類報告諸如中華人民共和國自然資源部編，《中國礦產資源報告 2022》（北京：地質出版社，2022 年 9 月）。

³⁰ 同註 23，頁 20。

交與經濟壓力。日本隨即向「世界貿易組織」(World Trade Organization)提起訴訟，2014 年 8 月該組織以中國違反世貿組織規則與入會時的承諾，判決中國稀土出口管理措施違規，中國則在敗訴後取消了行之多年的稀土出口配額制度。³¹就此訴訟案言，中國將「稀土武器化」催化了國際社會的強力回應，可說「未蒙其利先受其害」，中國「稀土牌」的效應似乎被媒體與部份人士過度渲染與誇大。當前，中國對關鍵礦物及其相關技術出口的管制作法計有三種不同體系：①「出口管制制度」：適用法規包括了 2020 年通過的《出口管制法》及據此發布並於 2022 年 1 月起實施的《兩用物項和技術進出口許可證管理目錄》；②「技術管理制度」：依循 2020 年 11 月第三次修訂的《技術進出口管理條例》與執行此條例的《禁止出口限制出口技術目錄》對技術進出口進行管制；③「不可靠實體清單制度」：凡經調查被列入此清單的個人與實體，將被限制或禁止其與中國相關的進出口活動。³²目前，在中國 2008 年通過的《禁止出口限制出口技術目錄》與 2020 年公布的調整內容中，稀土礦物均未納入列管，禁止出口的係與稀土提煉、加工與利用相關的技術。³³就此觀之，中國稀土管制的重點係加工技術而非礦土或成品。

肆、中美關鍵礦物競爭對國際安全的影響

中美兩國為取得在國際社會的主導權，持續不斷地透過強化經濟與軍事力量以建立影響力。然而，高新科技的發展與軍事能力的提升，關鍵礦物都是不可或缺要素。當前中國已掌控了許多關鍵礦物的供應鏈，尤以稀土元素為然，加上關鍵礦物資源分布不均，這些因素將會激化中美兩國在關鍵礦物領域的競爭。由於關鍵礦物的取得、精煉與利用，涉及了外交與科研不同領域事務。換言之，中美關鍵礦物競爭已非單純經

³¹ 馬金順，〈稀土出口配額制取消難改行業現狀，關稅調整成關鍵〉，《人民網》，2015 年 1 月 14 日，<http://finance.people.com.cn/BIG5/n/2015/0114/c1004-26380587.html>。

³² 龍騰雲，〈中美供應鏈暗戰之「稀土牌」〉，《大紀元》，2022 年 3 月 5 日，<https://www.epochtimes.com/b5/22/2/24/n13600760.htm>；范晏儒，〈中國大陸商務部《不可靠實體清單規定》〉，《財團法人資訊工業策進會》，2020 年 11 月，<https://stli.iii.org.tw/article-detail.aspx?no=67&tp=5&d=8548>。

³³ 〈中國禁止出口限制出口技術目錄〉，《廈門大學科學技術處》，2022 年 5 月 25 日，<https://std.xmu.edu.cn/2022/0525/c20220a456325/page.htm>。《中國禁止出口限制出口技術目錄》係由中華人民共和國商務部與科學技術部於 2008 年共同發佈，2020 年時曾對管制品項進行了些許的調整。

濟領域對抗，下文中將對其可能衍生的各項安全議題進行分析。

一、加速關鍵礦物探勘相關科技發展

就全球稀土蘊藏量而言，中國雖是排名第一國家，越南、巴西、俄羅斯、印度、美國與澳大利亞等國亦有相當數量蘊藏。³⁴在可預見未來，由於西方工業國家對稀土的需求日殷，在中國獨佔並壟斷全球稀土供應鏈的情況下，原本因環保問題或競爭力不足封閉的礦山有可能於不久後重啟開礦。各國除加速對國內高潛力稀土礦床進行探勘外，亦對供應鏈的相關科技投入資金進行開發，範圍涵蓋採礦、加工、回收以及由尾礦與鹵水（tailings and brines）中提取稀土。³⁵2020年5月，美國能源部宣布投入3,000萬美元，用以資助關鍵礦物新一代萃取、分離和加工技術的現場驗證和展示（tailings and brines）以及研發。³⁶此外，歐美與加拿大等國業者現已運用回收技術提取銻與鍺等關鍵礦物，例如位於美國奧克拉荷馬州（Oklahoma）的一家精煉廠，即從工業廢料中回收鍺元素，並將其用於製造光纖所需的四氯化鍺（germanium tetrachloride）。³⁷另一途徑則是，降低製程對關鍵礦物的需求³⁸以及研發嶄新的替代品，例如日本豐田汽車公司已成功地開發了一款磁鐵，其可降低50%釹（neodymium, Nd）元素的用量，去銻與去鎢磁鐵的研發亦積極地進行。

³⁴ Lauren Kelly, “Rare Earths Reserves: Top 8 Countries” (update 2023), July 03, 2023, <https://investingnews.com/daily/resource-investing/critical-metals-investing/rare-earth-investing/rare-earth-reserves-country/>.

³⁵ Hon. Sharon Burke, and Claire Doyle, “U.S. Governance on Critical Minerals,” *New Security Brief*, No.4, Woodrow Wilson International Center for Scholars, February 2023, pp.2-3, https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/uploads/documents/ECSP%20Brief%204_Critical%20Minerals.pdf.

³⁶ “Department of Energy Announces \$30 Million for Innovation in Critical Materials Processing Technologies,” *ENERGY.GOV*, May 14, 2020, <https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-30-million-innovation-critical-materials-processing>.

³⁷ 其他類似的回收公司包括了加拿大高性能材料公司（Neo Performance Materials）、美國錒泰公司（Indium）與比利時優美科公司（Umicore），參見同註9；and Solomon Cefai, and Caroline Messecar, “Are China’s export curbs on gallium and germanium a political symbol or a real threat?,” *Fastmarkets*, July 7, 2023, <https://www.fastmarkets.com/insights/are-chinas-export-curbs-on-gallium-and-germanium-a-political-symbol-or-a-real-threat>.

³⁸ 同註35，頁5-6。

39透過關鍵礦物的回收與開發替代品，輔以降低工業製程中關鍵礦物用量，西方國家企圖透過此兩種不同的方式，用以降低對中國關鍵礦物的高度依賴。

二、各國爭奪關鍵礦物形成全球治理挑戰

中國取得海外關鍵礦物慣用手段之一，係以協建基礎設施提供資金為餌，當他國無法償還貸款時，中國即要求以礦物與石油等關鍵礦物抵付貸款，南美洲厄瓜多（Ecuador）即是一個典型例子。⁴⁰由於非洲與拉美富含礦產國家多屬開發中國家，受到資金與技術的限制，十分依賴中國的投資和技術來開採和加工這些礦產，中國遂能以不同於西方國家的方式對這些國家建立起影響力。此種作法與已故迦納政治家恩克魯瑪（Kwame Nkrumah）提出的「新殖民主義」概念契合，係運用「資本主義、全球化、文化帝國主義以影響某個開發中國家，採行手段不復往昔，不再是直接軍事管控（帝國主義）或間接政治操縱」。⁴¹尤有甚者，中國極力拉攏的部份天然資源豐厚國家，如蘇丹（Sudan）、安哥拉（Angola）與伊拉克（Iraq）等國，由於國內人權問題與支持恐怖主義，這些國家曾被西方政府與媒體描述為「流氓國家」（*rouge states*）、「邪惡軸心」（*axes of evil*）與「極端主義弧」（*arcs of extremism*）。⁴²中國基於追逐自利與經濟及戰略相關考量，選擇與資源國貪腐的政府與官員合作，無視環境破壞與礦工權益，肆無忌憚地榨取這些國家資源，當地人民付出了環境與人權代價卻未得到相應的經濟利益。⁴³中國雖是引發此議題的

³⁹ “World’s First Heat-Resistant Magnet Containing Less Neodymium Zero Dysprosium Developed,” *New Energy and Industrial Technology Development Organization*, February 20, 2018, https://www.nedo.go.jp/english/news/AA5en_100373.html.

⁴⁰ Nicholas Casey, and Clifford Krauss, “It Doesn’t Matter if Ecuador Can Afford This Dam. China Still Gets Paid,” *The New York Times*, Dec. 24, 2018, <https://www.nytimes.com/2018/12/24/world/americas/ecuador-china-dam.html>.

⁴¹ Noam Chomsky and Edward S. Herman, *The Washington Connection and Third World Fascism*, Washington, D.C.: Black Rose Books Ltd, 1979, p.42, 轉引自貝克·馬斯沙·派翠克·德拉米尼（Bheki Mthiza Partick Dlamini），〈北京在非洲的戰略影響：以中共吉布地海軍基地為例〉，《國防雜誌》，第35卷第3期，2020年9月，頁86至87。

⁴² Ian Taylor, “Unpacking China’s Resource Diplomacy in Africa,” *The Hong Kong University of Science and Technology (Center on China’s Translational Relations)*, pp.15, and 32-34, http://asiandrivers.open.ac.uk/WorkingPaper19_IanTaylor.pdf.

⁴³ Sasha Lezhnev 著，許睿洋譯，〈民主剛果墮落的凶手，是只想著榨乾當地資源的世界菁英〉，《TNL Media Group 關鍵評論網媒體集團》，2019年1月24日，<https://www.thenewslens.com/article/112633>。

主要關係人，英國、美國與加拿大等國的公司同樣涉入侵犯人權問題，此種情形隨著各國競相爭奪關鍵資源將會持續存在，從而形成全球治理上的重大挑戰。⁴⁴

三、各國關注關鍵礦物供應鏈的安全

2010 年，中國試圖透過管制稀土出口對日本施壓，此舉引發了各國對本身關鍵礦物供應鏈安全的高度關注。除前文提及的美國，歐盟、日本與加拿大等國家與組織，亦制定了本身關鍵礦物戰略並發布了關鍵礦物清單。2018 年，歐盟發佈了《歐洲原料倡議》(Raw Materials Initiative, RMI)，目標係在建立一份歐盟層級的物料清單，其於 2020 年時完成了一份包含 30 項關鍵礦物的清單。2018 年，日本經濟產業省 (Ministry of Economy, Trade and Industry) 在其關鍵礦物報告中，列舉了 31 項攸關日本國家安全的關鍵礦物品項。2021 年，加拿大自然資源部 (Ministry of Natural Resource) 提出了關鍵礦物清單，納入該清單的礦物共計 31 項。2019 年，澳大利亞工業、創新暨科學部 (Department of Industry, Innovation and Science) 發布的《2019 澳大利亞關鍵礦物戰略》(Australia's) 中，將 24 項礦種列入關鍵礦物清單，⁴⁵在新版的關鍵礦物戰略報告中這個數字又被上修至 26 個。⁴⁶若將前揭國家與中美兩國一併納入進行整體性統計，共有 54 項礦物被列入關鍵礦物清單，其中鎢等 5 項礦物被所有國家列入關鍵礦物，鎢等 9 項礦物出現在 5 個以上國家清單內，顯示全球主要經濟國家列出的關鍵礦物具有高度重疊性 (參見表三)。⁴⁷由於各主要經濟體皆積極建構一個具韌性的關鍵礦物供應鏈，這些礦物無疑地將會成為未來各國競逐的標的。

⁴⁴〈人權組織：關鍵礦產供應鏈牽涉數十起侵犯人權行為〉，《VOA》，2023 年 7 月 7 日，<https://www.voachinese.com/a/rights-group-reports-allegations-of-dozens-of-abuses-in-critical-minerals-supply-chains-20230706/7170389.html>。

⁴⁵ Australian Government Department of Industry, *Innovation and Science, and Australian Trade and Investment Commission, Australia's Critical Minerals Strategy 2019* (Canberra, Australia: Commonwealth of Australia, 2019), p.4.

⁴⁶ Australian Government Department of Industry, Innovation and Science, *Critical Minerals Strategy 2023-2030* (Canberra, Australia: Commonwealth of Australia, June 2023), p.16.

⁴⁷ Yina Su, and Dewen Hu, "Global Dynamics and Reflections on Critical Minerals," 7th International Conference on Energy Science and Applied Technology, *E3S Web of Conference*, https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2022/19/e3sconf_esat2022_03045.pdf.

表三：全球重要經濟國家關鍵礦物清單列表

礦物名稱	美國	歐盟	日本	加拿大	澳洲	中國
鋁	●	●		●		●
銻	●	●	●	●	●	●
砷	●					
重晶石	●	●				
鈹	●	●	●		●	
鈹	●	●		●	●	
硼砂		●				
鉍	●			●		
鉻	●		●	●	●	●
煤						●
煤層氣						●
鈷	●	●	●	●	●	●
焦煤		●				
銅			●	●		●
鑽石			●			
螢石	●	●	●	●		●
鎳	●	●	●	●	●	
鎳	●	●	●	●	●	
金			●			●
石墨	●	●		●	●	●
鉛	●	●			●	
氦	●			●	●	
鈮	●	●	●	●	●	
鐵						●
鉛			●			
鋰	●	●	●	●	●	●
鎂	●	●	●	●	●	
錳	●		●	●	●	

中美關鍵礦物競爭之戰略意涵與影響

鉬			●	●		●
天然氣						●
天然橡膠		●				
鎳			●	●		●
鈮	●	●	●	●	●	
石油						●
磷		●	●			●
鉑族金屬	●	●	●	●	●	
鉀	●			●		●
稀土	●	●	●	●	●	●
銻	●		●		●	
鈷	●					
鈦	●	●		●	●	
頁岩氣						●
矽		●				
銀			●			
鋇	●	●	●			
鉭	●	●	●	●	●	
銻	●			●		
錫	●		●	●		●
鈦	●	●	●	●	●	
鎢	●	●	●	●	●	●
鈾	●			●		●
鈳	●	●	●	●	●	
鋅			●	●		
鉛	●		●		●	●

資源來源：

Yina Su, and Dewen Hu, "Global Dynamics and Reflections on Critical Minerals," 7th International Conference on Energy Science and Applied Technology, *E3S Web of Conference*, https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2022/19/e3sconf_esat2022_03045.pdf.

四、中美兩國將會強化關鍵礦物爭奪力度

中美兩國在若干關鍵礦物蘊藏量相當豐富，然而亦有許多關鍵礦物高度仰賴進口。美國地質調查局專家曾對中美兩國關鍵礦物淨輸入比率

進行分析，並將關鍵礦種與輸入比率的相對關係製成圖一。該圖象限四顯示的 11 種關鍵礦物，中美兩國需求用量的 50%至 100%必須進口，鈮（Tantalum, Ta）、鉻（Chromium, Cr）與銠（Rhodium, Rh）三項礦物幾乎百分之百仰賴進口。因此，這些礦物的生產國將成為中美拉攏的對象，巴西、南非、智利、剛果與盧安達有可能取得類似以往產油國的戰略地位，成為中美兩國資源外交（resources diplomacy）的潛在性衝突熱點。⁴⁸為了確保稀土和關鍵礦物供應鏈的安全，美國國務院於 2022 年 6 月發布《礦物安全夥伴》（Minerals Security Partnership, MSP）計畫，即是透過外交途徑用以強化關鍵供應鏈安全的舉措。⁴⁹此外，美國透過《國防生產法》（Defense Production Act）對盟國關鍵礦物公司提供資金，⁵⁰或與他國簽署關鍵礦物供應鏈協定，⁵¹這些都是資源外交的具體實現。由於中國奉行不結盟的外交政策，其維繫關鍵礦物供應鏈安全的途徑非在與他國建立夥伴關係，而是透過民間企業大肆蒐購關鍵礦場股權。2016 年，中國洛陽樂川鉬業集團由美商自由港麥克莫蘭（Freeport - McMoran）手中取得剛果騰克豐古魯姆（Tenke Fungurume）礦山，該公司目前擁有該礦山 80%權益。⁵²運用相同手法，中國廣核集團取得了全

⁴⁸ Andrew L. Gulley, Nedal T. Nassar, and Sean Xun, “China, the United States, and competition for resources that enable emerging technologies,” *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America*, Vol.115, No.16, April 17, 2018, p.4113.

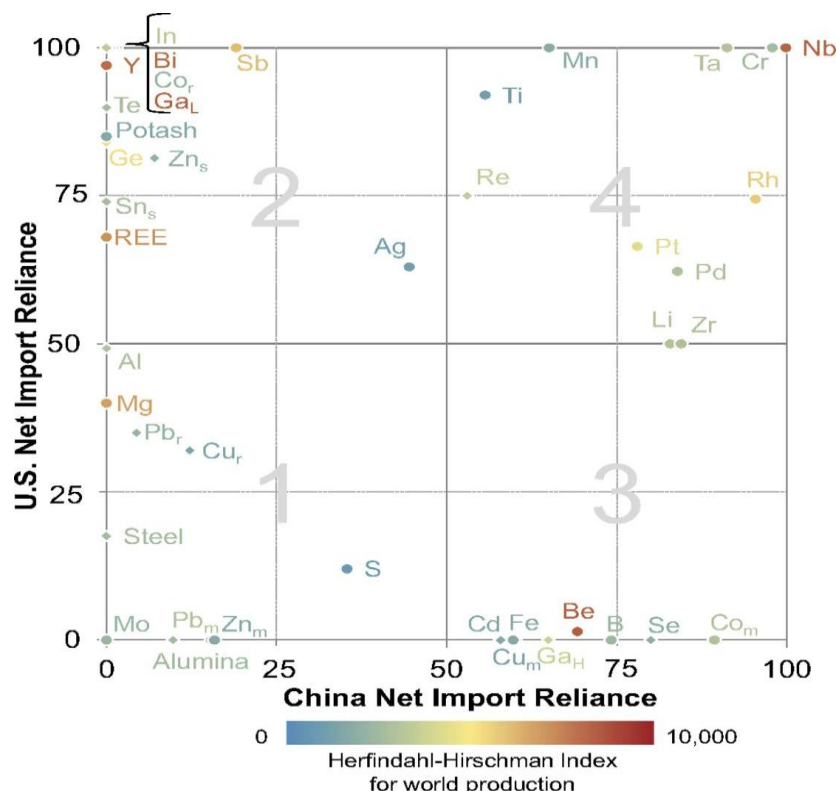
⁴⁹ “Minerals Security Partnership,” *U.S. Department of State*, June 14, 2022, <https://www.state.gov/minerals-security-partnership/>. 此計畫由美國主導發起，其他成員包括了日本、英國、德國、法國、澳洲、芬蘭、南韓、瑞典、加拿大和歐盟執行委員會，美國及其盟國將持續合作強化關鍵礦物供應鏈的安全，用以抗衡中國在此領域日漸增長的主導地位。

⁵⁰ 同註 37。

⁵¹ “United States and Japan Sign Critical Minerals Agreement,” *Office of the United States Trade Representative*, March 28, 2023, <https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2023/march/united-states-and-japan-sign-critical-minerals-agreement>.

⁵² Anet Josline Pinto, and Denny Thomas, “Freeport to sell prized Tenke copper mine to China Moly for \$2.65 billion,” *Reuters*, May 9 2016, <https://www.reuters.com/article/us-freeport-mcmoran-tenke-cmoc-idUSKCN0Y015U>.；洛陽樂川鉬業集團公司係全球最大銅與第二大鈷生產商，剛果騰克豐古魯姆礦山佔地超過 1,500 平方公里，係全球品質最佳的銅鈷礦區之一，主要產品為陰極銅和氫氧化鈷。相關介紹可參見該公司官方網站：<https://www.cmoc.com/html/Business/Congo-Cu-Co/>。

球第二大納米比亞湖山鈾礦 100%股權。⁵³雖然確保關鍵礦物供應鏈安全的作法不同，惟由於此等礦物相對集中於少數國家，因此加強與資源



國間的外交連繫，將成為中美未來在外交戰場的新熱點。⁵⁴

圖一：中美兩國關鍵礦物輸入礦種與輸入比率關係表

⁵³ 納米比亞湖山（Husab）鈾礦係全球第三大鈾礦。2012 年 5 月，中國廣核集團完成了對湖山鈾礦 100%股權的收購，這是中國在非洲的最大實業投資項目。依據投產規劃，該礦山可年產 6,500 噸八氧化三鈾，納米比亞將成為全球第二大天然鈾生產國和出口國；朱學蕊，〈中廣核與納米比亞簽湖山鈾礦協議〉，《中國能源報》，2014 年 4 月 14 日，第 3 版，http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2014-04/14/content_1415367.htm；李貞，〈中國坐上世界綠地投資頭把交椅〉，《人民日報海外版》，2016 年 6 月 28 日，第 11 版，http://paper.people.com.cn/rmrhwb/html/2016-06/28/content_1690828.htm。

⁵⁴ 江升與蘇文，〈當前國際形勢下的中國資源外交構想〉，《中國礦業》，第 20 卷增刊，2011 年 4 月，頁 8 至 10；吳一丁、彭子龍、賴丹、趙桑、王路、陳偉強與汪鵬，〈稀土產業鏈全球格局現狀、趨勢預判及應對戰略研究〉，《中國科學院院刊》，第 38 卷第 2 期，2023 年 2 月，頁 259 至 260。

資料來源：Andrew L. Gulley, Nedal T. Nassar, and Sean Xun, “China, the United States, and competition for resources that enable emerging technologies,” *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, Vol.115, No.16, April 17, 2018, p.4122.

伍、結語

隨著中國整體國力向上提升，中美間的競爭已由軍事領域擴及至經貿與科技面向，近期美國對中國在半導體與高科技的輸出管制使得兩國間的對抗情勢更加地尖銳與惡化。2023 年 8 月，中國宣布對鎵、銻相關物項實施出口管制，這被視為中國回應美國對其實施高科技制裁所為的報復行動。2010 年 9 月，中國亦曾以管制稀土出口試圖對日本施壓，然而此舉並未獲得效果最終鎩羽而歸。在這起事件後，美國與西方國家開始關切包含稀土在內的關鍵礦物供應鏈的安全，由於中國掌控了稀土與部分關鍵礦物的供應鏈，鑑於其可能採取出口管制或配額的措施做為施壓他國的工具，這種發展已為美國與西方國家的國家安全與經濟發展形成隱憂。美國對中國的稀土依賴甚深，為確保關鍵礦物供應鏈的穩定與韌性，美國制定了相關的戰略與法令，並且尋求與盟國及夥伴在此領域深化合作，用於建構一個獨立於中國以外的關鍵礦物供應鏈。

當前，中國在稀土供應鏈看似有近乎絕對的主導權，但隨著美國及其盟國合作建構獨立於中國的稀土供應鏈，這種情況將出現實質改變。過去，中國能夠掌控稀土與部分關鍵礦物供應鏈的最主要原因，係其將冶煉過程中對環境造成傷害的各項外部成本刻意忽略，從而能以較低價格取得較高的市佔率。隨著歐美國家重啟封存礦山、提升循環利用效率與研發稀土替代材料等不同措施，中國未來在全球稀土供應鏈的重要性將會隨著時間逐漸消褪。因此，就中長期而言，稀土的供應來源將會更加地多元，屆時即使需求大幅增加，美國與西方國家透過前揭各項努力，應具有遠較當前為佳的回應能力用以反制中國的輸出管制，其他關鍵礦物情形亦然。就中國過去實踐經驗言，關鍵礦物武器化的成效甚微，其固然可在短時間獲得某種程度威嚇效應，相較美國加諸其身的高技術輸出管制，這種做法明顯地欠缺彈性與可擴縮性（scalability），因此管制關鍵礦物所得到的成就遠不及對高技術輸出進行管制來得有效。

對國際安全言，中美關鍵礦物競爭雖是兩國高科技對抗的延續，惟其牽涉的關係者除中美兩大強權外，英日與歐盟等工業國家與多屬開發中的礦產國無一能夠置身事外。隨著關鍵礦物「去中國化」開展，美國

與西方國家將調整並重塑一條嶄新關鍵礦物供應鏈，透過這種「再全球化而非去全球化」(re-globalization, not de-globalization) 過程，未來全球稀土與關鍵礦物的供應鏈將一分为二，相關供應國與消費國將面臨選邊站的艱難選擇。這雖不會形成如美蘇冷戰時期兩個壁壘分明的集團，卻對國際社會的經濟分工甚至全球化發展形成嚴重傷害。由於許多關鍵礦物的礦床分布得相當集中，這些座擁資源的國家如同過去產油國般，將成為中美兩大強權拉攏並納入本身勢力範圍的目標。或許最重要的，關鍵礦物當前已成為中美兩國權力競逐的標的，未來糧食與水資源亦可能成為施壓他國的權力工具，這種發展將使國際社會的權力運用更加地複雜與多元化。

參考書目

一、專書

中華人民共和國自然資源部編，《中國礦產資源報告 2022》（北京：地質出版社，2022 年 9 月）。丹尼爾·尤金（Daniel Yergin）著，薛絢譯，《石油世紀》（The Prize: The Epic Quest for Oil, Money, and Power）（台北：時報文化出版股份有限公司，1991 年）。

Australian Government Department of Industry, Innovation and Science, Critical Minerals Strategy 2023-2030（Canberra, Australia: Commonwealth of Australia, June 2023）。

Australian Government Department of Industry, Innovation and Science, and Australian Trade and Investment Commission, Australia's Critical Minerals Strategy 2019（Canberra, Australia: Commonwealth of Australia, 2019）。

Chomsky, Noam and Herman, Edward S., The Washington Connection and Third World Fascism（Washington, D.C.: Black Rose Books Ltd, 1979）。

Grasso, Valerie Bailey, Rare Earth Elements in National Defense: Background, Oversight Issues, and Options for Congress（Washington, D.C.: Congressional Research Service, December 23, 2013）。

二、學術性期刊論文

〈美國內政部確定鎢、稀土、鋰等 35 種關鍵礦產清單〉，《中國地質》，第 45 卷第 5 期，2018 年 10 月，頁 1086。

王安建與袁小晶，〈大國競爭背景下的中國戰略性關鍵礦產資源安全思考〉，《中國科學院院刊》，第 37 卷，第 11 期，2022 年 11 月，頁 1551, 1552 至 1554。

王宏偉、陳多思、張慧慧與白宇軒，〈中美技術摩擦給我國高技術產業和企業帶來的風險分析〉，《中國科學院院刊》，第 38 卷第 4 期，2023 年，頁 595。

江升與蘇文，〈當前國際形勢下的中國資源外交構想〉，《中國礦業》，第 20 卷增刊，2011 年 4 月，頁 8 至 10。

李文昌、李建威、謝桂青、張向飛與劉洪，〈中國關鍵礦產現狀、研究內容與資源戰略分析〉，《地學前緣》，第 29 卷，第 1 期，2022 年 1 月，頁 2。

貝克·馬斯沙·派翠克·德拉米尼（Bheki Mthiza Partick Dlamini），〈北京在非洲的戰略影響：以中共吉布地海軍基地為例〉，《國防雜誌》，第 35 卷第 3 期，2020 年 9 月，頁 86 至 87。

吳一丁、彭子龍、賴丹、趙桑、王路、陳偉強與汪鵬，〈稀土產業鏈全球格局現狀、趨勢預判及應對戰略研究〉，《中國科學院院刊》，第 38 卷第 2 期，2023 年 2 月，頁 259 至 260。

涂亦楠，〈美國的關鍵礦產總統令及中國的應對策略研究〉，《中國礦業》，第 30 卷增刊第 2 期，2021 年 10 月，頁 17。

馬奎、洛桑才仁、陳超、張萬益與王豐翔，〈全球鎳資源分布、供需及消費趨勢研究〉，《礦產保護與利用》，2019 年第 5 期，2019 年 10 月，頁 17。

張小東與趙飛燕，〈全屬鎳在高新技術領域中的運用〉，《煤炭與化工》，第 41 卷第 2 期，頁 32 至 34 與 37。

張所續與羅曉玲，〈美國關鍵礦產政策內涵的演變與啟示〉，《中國礦業》，第 29 卷第 12 期，2020 年 12 月，頁 19 至 20。

翟文中，〈稀土戰爭：逐漸浮現的資源爭奪戰〉，《軍事連線》，第 40 期，2011 年 12 月，頁 84 至 86。

Gulley, Andrew L., Nassar, Nedat T., and Xun Sean, “China, the United States, and competition for resources that enable emerging technologies,” Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America, Vol.115, No.16, April 17, 2018, p.4113.

三、網際網路資料

〈人權組織：關鍵礦產供應鏈牽涉數十起侵犯人權行為〉，《VOA》，2023 年 7 月 7 日，<https://www.voachinese.com/a/rights-group-reports-allegations-of-dozens-of-abuses-in-critical-minerals-supply-chains-20230706/7170389.html>。

- 〈中國禁止出口限制出口技術目錄〉，《廈門大學科學技術處》，2022 年 5 月 25，<https://std.xmu.edu.cn/2022/0525/c20220a456325/page.htm>。
- 中華人民共和國國土資源部，《全國礦產資源規劃(2016-2020 年)》，2016 年 10 月，<http://www.fentijis.com/uploadfile/2016/1207/20161207093751198.pdf>。
- 中華人民共和國商務部安全與管制局，〈商務部海關總署公告 2023 年第 23 號，關於對鎂、鎳相關物項實施出口管制的公告〉，《中華人民共和國商務部》，2023 年 7 月 3 日，<http://www.mofcom.gov.cn/article/zwgk/gkzcfb/202307/20230703419666.shtml>。
- 朱學蕊，〈中廣核與納米比亞簽湖山鈾礦協議〉，《中國能源報》，2014 年 4 月 14 日，第 3 版，http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2014-04/14/content_1415367.htm。
- 李貞，〈中國坐上世界綠地投資頭把交椅〉，《人民日報海外版》，2016 年 6 月 28 日，第 11 版，http://paper.people.com.cn/rmrbhwb/html/2016-06/28/content_1690828.htm。
- 肖克炎，〈全國礦產資源潛力評價方法與創新〉，《中國地質科學院礦業資源研究所》，2015 年 10 月 22 日，<https://www.cgs.gov.cn/upload/201510/20151023/20151023112256577.pdf>。
- 范晏儒，〈中國大陸商務部《不可靠實體清單規定》〉，《財團法人資訊工業策進會》，2020 年 11 月，<https://stli.iii.org.tw/article-detail.aspx?no=67&tp=5&d=8548>。
- 姚惠茹，〈堅定維護印太海域和平劍指中國!美日印澳聯合聲明將投資基礎設施〉，《財經新報》，2023 年 5 月 21 日，<https://finance.technews.tw/2023/05/21/quad/>。
- 馬金順，〈稀土出口配額制取消難改行業現狀，關稅調整成關鍵〉，《人民網》，2015 年 1 月 14 日，<http://finance.people.com.cn/BIG5/n/2015/0114/c1004-26380587.html>。

張致吉，〈從美中貿易紛爭下美國稀土戰略佈局看台灣策略〉，《材料世界網》，2023年1月4日，
<https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=51687>。

魏國金，〈美日印澳共同投資戰略物資將達協議〉，《自由時報》，2023年5月21日，
<https://ec.ltn.com.tw/article/paper/1584124>。

龍騰雲，〈中美供應鏈暗戰之「稀土牌」〉，《大紀元》，2022年3月5日，
<https://www.epochtimes.com/b5/22/2/24/n13600760.htm>。

Sasha Lezhnev 著，許睿洋譯，〈民主剛果墮落的凶手，是只想著榨乾當地資源的世界菁英〉，《TNL Media Group 關鍵評論網媒體集團》，2019年1月24日，
<https://www.thenewslens.com/article/112633>。

“2021-2022 Critical Minerals Sustainability Program,” U.S. Department of Energy National Energy Technology Laboratory, August 2022, p.8.,
https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/2022-10/Critical_Minerals_%20Portfolio_2022_10_24.pdf.

“Addressing the Threat to the Domestic Supply Chain From Reliance on Critical Minerals From Foreign Adversaries and Supporting the Domestic Mining and Processing Industries,” Executive Order 13953, Federal Register, September 30, 2020,
<https://www.federalregister.gov/documents/2020/10/05/2020-22064/addressing-the-threat-to-the-domestic-supply-chain-from-reliance-on-critical-minerals-from-foreign>.

“A Federal Strategy To Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals,” Executive Order 13817, Federal Register, December 20, 2017, <https://www.federalregister.gov/documents/2017/12/26/2017-27899/a-federal-strategy-to-ensure-secure-and-reliable-supplies-of-critical-minerals>.

“America’s Supply Chain,” Executive Order 14017, Federal Register, February 24, 2011,
<https://www.federalregister.gov/documents/2021/03/01/2021-04280/americas-supply-chains>.

“Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States,” Executive Order 13806, Federal Register, July 21, 2017,
<https://www.federalregister.gov/documents/2017/07/26/2017->

15860/assessing-and-strengthening-the-manufacturing-and-defense-industrial-base-and-supply-chain.

“Critical Materials Strategy,” U.S. Department of Energy, December 2010, pp.133-139,
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/edg/news/documents/criticalmaterialsstrategy.pdf>.

“Department of Energy Announces \$30 Million for Innovation in Critical Materials Processing Technologies,” ENERGY.GOV, May 14, 2020,
<https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-30-million-innovation-critical-materials-processing>.

“Minerals Security Partnership,” U.S. Department of State, June 14, 2022,
<https://www.state.gov/minerals-security-partnership/>.

“Quad Leaders’ Summit Fact Sheet,” The White House, May 20, 2023,
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/05/20/quad-leaders-summit-fact-sheet/>.

“Rare Earth Fundamentals,” Peak Rare Earths,
<https://peakrareearths.com/rare-earths/>.

“S.1317–American Mineral Security Act,” CONGRESS.GOV, 10/22/2019,
<https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/1317/text>.

“S.3521–Rare Earths Supply Technology and Resources Transformation Act of 2020,” CONGRESS.GOV, 06/22/2010,
<https://www.congress.gov/bill/111th-congress/senate-bill/3521/text>.

“The Rare-Earth Elements–Vital to Modern Technologies and Lifestyles,” United States Geological Survey, 2014,
<https://pubs.usgs.gov/fs/2014/3078/pdf/fs2014-3078.pdf>.

“United States and Japan Sign Critical Minerals Agreement,” Office of the United States Trade Representative, March 28, 2023,
<https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2023/march/united-states-and-japan-sign-critical-minerals-agreement>.

“U.S. Geological Survey Releases 2022 List of Critical Minerals,” United States Geological Survey, February 22, 2022,
<https://www.usgs.gov/news/national-news-release/us-geological-survey-releases-2022-list-critical-minerals>.

- “World’s First Heat-Resistant Magnet Containing Less Neodymium Zero Dysprosium Developed,” New Energy and Industrial Technology Development Organization, February 20, 2018, https://www.nedo.go.jp/english/news/AA5en_100373.html.
- Anet Josline Pinto, and Denny Thomas, “Freeport to sell prized Tenke copper mine to China Moly for \$2.65 billion,” Reuters, May 9 2016, <https://www.reuters.com/article/us-freeport-mcmoran-tenke-cmoc-idUSKCN0Y015U>.
- Colin Clark, “China strikes back against decoupling, restricts two rare earth minerals,” Breaking Defense, July 06, 2023, <https://breakingdefense.com/2023/07/china-strikes-back-against-decoupling-restricts-two-rare-minerals/>.
- Hon. Sharon Burke, and Claire Doyle, “U.S. Governance on Critical Minerals,” New Security Brief, No.4, Woodrow Wilson International Center for Scholars, February 2023, pp.2-3, and 5-6, https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/uploads/documents/ECSP%20Brief%204_Critical%20Minerals.pdf.
- Ian Taylor, “Unpacking China’s Resource Diplomacy in Africa,” The Hong Kong University of Science and Technology (Center on China’s Translational Relations), pp.15, and 32-34, http://asiandrivers.open.ac.uk/WorkingPaper19_IanTaylor.pdf.
- Jason Burton, “U.S. Geological Survey Releases 2022 List of Critical Minerals,” United States Geological Survey, February 22 2022, <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/us-geological-survey-releases-2022-list-critical-minerals>.
- Klaus J. Schulz, John H. DeYoung, Jr., Dwight C. Bradley, and Robert R. Seal II, “Critical Mineral Resources of the United States—An Introduction,” United States Geological Survey, pp. A11 – A12, <https://pubs.usgs.gov/pp/1802/a/pp1802a.pdf>.
- Lauren Kelly, “Rare Earths Reserves: Top 8 Countries” (update 2023), July 03, 2023, <https://investingnews.com/daily/resource-investing/critical-metals-investing/rare-earth-investing/rare-earth-reserves-country/>.
- Nicholas Casey, and Clifford Krauss, “It Doesn’t Matter if Ecuador Can Afford This Dam. China Still Gets Paid,” The New York Times, Dec. 24, 2018,

<https://www.nytimes.com/2018/12/24/world/americas/ecuador-china-dam.html>.

Philippe Le Billon, “The political economy of resource wars,” *Angola’s War Economy*, p.22,
https://www.researchgate.net/publication/233145543_The_Geopolitical_Economy_of_Resource_Wars.

Steven M. Fortier, Nedal T. Nassar, Graham W. Lederer, Jamie Brainard, Joseph Gambogi, and Erin A. McCullough, “Draft Critical Mineral List—Summary of Methodology and Background Information—U.S. Geological Survey Technical Input Document in Response to Secretarial Order No. 3359,” United States Geological Survey, February 2018, <https://pubs.usgs.gov/of/2018/1021/ofr20181021.pdf>.

Solomon Cefai, and Caroline Messecar, “Are China’s export curbs on gallium and germanium a political symbol or a real threat?,” *Fastmarkets*, July 7, 2023,
<https://www.fastmarkets.com/insights/are-chinas-export-curbs-on-gallium-and-germanium-a-political-symbol-or-a-real-threat>.

Yina Su, and Dewen Hu, “Global Dynamics and Reflections on Critical Minerals,” 7th International Conference on Energy Science and Applied Technology, E3S Web of Conference, https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2022/19/e3sconf_esat2022_03045.pdf.

中美關鍵礦物競爭之戰略意涵與影響

分析式兵棋理論與模型綜述： 探討數學模式與模擬方法

劉達生

委任研究員

網路安全與決策推演研究所

摘 要

本文探討分析式電腦兵棋理論與模型，重點介紹數學模型與模擬方法。分析式兵棋以量化分析評估武器系統性能、戰術、策略或作戰概念，為決策者提供數據和建議。首先闡述物件、模型，與系統之間的關係，解釋模式模擬意涵。內容分為數學模式介紹與模擬方法探討。數學模式包含馬可夫鏈、藍徹斯特方程式、適應性作戰模型、定量判定模式以及理查森軍備競賽模型。模擬方法包括離散事件模擬、系統動力學，與多代理人模擬。綜合運用這些方法可以提高建模彈性，應對複雜問題，最後概述模擬研究流程。本文旨在協助軍事研究人員和戰術分析人員應對複雜戰場環境。

關鍵詞：分析式兵棋、模式模擬、數學模式、模擬

分析式兵棋理論與模型綜述：
探討數學模式與模擬方法

Mathematical Models and Simulation Methods

Review in Analytical Computer Wargaming

Ta-sheng Liu

Adjunct Research Fellow

Division of Cyber Security and Decision-Making Simulation

Abstract

This article delves into analytical wargaming theories and models, with an emphasis on mathematical models and simulation techniques. Analytical wargaming uses quantitative analysis to assess the performance of weapon systems, tactics, strategies, and operational concepts, offering valuable data and insights for decision-makers. The article first clarifies the connections among objects, models, and systems, while explaining the significance of model simulations. The content is divided into two main sections: an introduction to mathematical models and a discussion of various simulation methods. The mathematical models covered include Markov chains, Lanchester equations, Adaptive Model of War, Quantified Judgement Model, and Richardson arms race models. The simulation techniques encompass Discrete Event Simulation, System Dynamics, and Agent-Based Simulation. By integrating these methods, modeling flexibility is enhanced, and complex problems can be tackled effectively. Lastly, the article outlines the overall simulation research process. Its primary goal is to support military researchers and tactical analysts in navigating the intricate landscape of modern battlefields.

Keywords: *Analytical Wargaming, Modeling and Simulation, Mathematical models, Simulation*

壹、前言

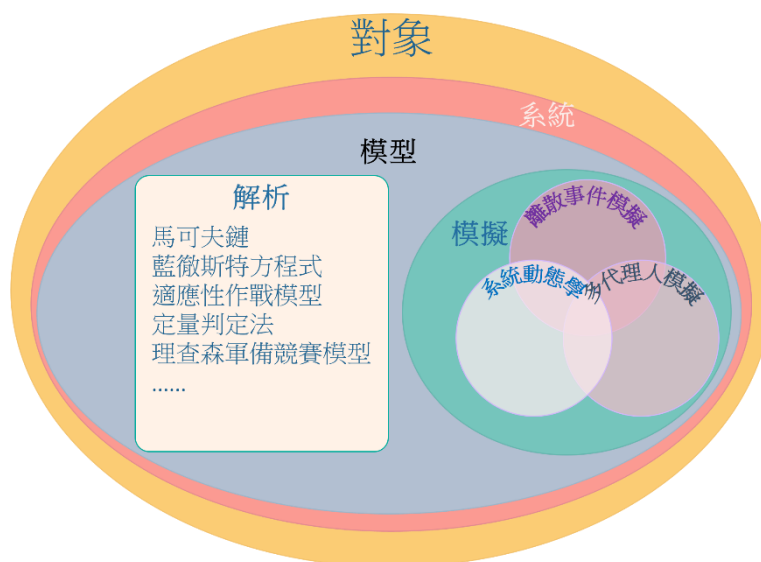
電腦兵棋在戰術與戰略分析領域中扮演著越來越重要的角色。它的應用不僅有助於提高指揮官的決策能力，還有助於在戰爭前進行有效的推演和預測。本文主要探討分析式兵棋 (Analytical Wargaming) 中的多種模型以及三大模擬方法。分析式兵棋作為兵棋類型之一，通過量化分析方法評估武器系統性能、戰術、策略或作戰概念，目的在於為決策者提供可靠的數據與建議，協助他們了解潛在的作戰結果及風險。

本文首先闡述了「對象」、「系統」與「模型」之間的關係，接著解釋了「模式模擬」的涵義。主要內容分為兩大部分：第一部分深入探討分析式兵棋中的數學模型，包括馬可夫鏈(Markov Chain)、藍徹斯特方程式(Lanchester Equations)、適應性作戰模型(Adaptive Model of War)、定量判定模式(Quantitative Judgement Model, QJM)，以及理查森軍備競賽模型(Richardson's Arms-Race Model)；第二部分針對數學模型的使用限制，介紹了三種主要的模擬方法：離散事件模擬(Discrete Event Simulation, DES)、系統動力學(System Dynamics, SD)和多代理人模擬(Multi-Agent Simulation, MAS)¹。這三種模擬方法各具特色與適用問題類型，綜合運用可提高建模靈活性，應對更複雜的問題。最後，本文概述了一般模擬研究的流程。全文架構如圖所示。

本文對分析式電腦兵棋中常用的軍事數學模型與模擬方法進行介紹性說明，旨在提供理論基礎與實用工具，協助軍事研究人員和戰術分析人員應對當今日益複雜且多變的戰場環境。在未來的軍事研究與實踐中，電腦兵棋將繼續發揮重要作用，為決策者提供具有科學基礎的有效支持。

¹ 多代理人模擬也稱代理人模擬 (Agent-Based Simulation)，或代理人模型 (Agent-Based Model)。本文以多代理人模擬為主，在涉及參考文獻原文內容時，則會使用原文的用法。

探究「對象」的層次



圖一文內容架構圖

資料來源：自行繪製

貳、基本概念釋義

在深入探討分析式兵棋的數學與模擬模型之前，需要先確定幾個基本概念。首先，「模型」包含兩個基本特徵：需要描述的「對象」和描述本身的「形象」。對象可以是人員、物件或一種情況。描述所表現的形象可能是文字敘述、數學公式、電腦程式，或是一個實體模型。因此，可以將模型定義為：

對「對象」的一種描述²。

模型所要描述的對象可能非常複雜且多層次。因此，在研究或探索時，根據目的需要劃定一個「邊界」。邊界內包含需要描述的元素、其重

² Nigel Gilbert 在所著 *Agent-based Models* (Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc., 2008), 4 這麼解釋「模型」：A model is intended to represent or simulate some real, existing phenomenon, and this is called the *target* of the model.

要特性以及元素之間的關係。這個由邊界、元素與特性所確定的對象被稱為「系統」。系統邊界以外的部分被稱為「環境」，而系統與環境之間的互動則表現為系統的「輸入」與「輸出」³。

「實驗」在自然科學領域中是一種標準的科學方法，同時在社會科學領域也被認為是進行解釋性研究的適當方法。在研究系統（即被定義的對象）和理解對象時，「實驗」是一個重要方法，因為它可以回答 "what-if" 類型的問題，並作為探索「因果關係」的主要手段。

在某些情況下，可以使用真實系統進行實驗，例如用真實的魚雷攻擊一艘真實的船艦。然而，有時真實系統無法取得或成本過高，這時會使用實體模型進行實驗，例如在水槽中產生波浪以觀察對模型船艦的影響。若實體模型無法滿足預算限制或無法展示足夠的細節，則可以通過電腦和程式語言建立模型來模擬對象並進行實驗。事實上，在作業研究和管理科學領域中，模擬方法都是最廣泛的使用方法之一。⁴

在軍事領域上經常聽到的「模式模擬」應該是美軍“Modeling and Simulation”這個概念。這個詞語的意思是：

運用靜態的，或是隨時間改變的模型，來獲取數據，以作為管理或技術決策的基礎。⁵

因此，「模式模擬」的涵義具備了以下幾個方面：建立並驗證滿足需求的模型、多次應用模型以收集數據、分析這些數據以輔助決策過程。在分析式電腦兵棋的基本詞彙中，對象、模型、實驗、模擬以及模式模擬的基本概念涵蓋了模型所描述對象、需求分析、模型的應用、數據的收集與分析評估，以實現決策輔助為核心目標。下面將分別介紹戰鬥與軍事對抗的數學模型，以及常用的三種模擬方法。

³ Robinson Stewart, "Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 59, No.3, 2008, pp. 278-290.

⁴ Averill M. Law, *Simulation Modeling and Analysis* (Tucson: Averill M. Law & Associates, Inc., 2013), 2.

⁵ The Under Secretary of Defense for Acquisition Technology, *DoD Modeling and Simulation (M&S) Glossary* (Washington, D.C.: Defense Modeling and Simulation Office, 1998), P.2.13.24.

參、數學模式

在描述兩軍交戰或軍事對抗的現象時，存在一些常用的數學模型。數學模型的優勢在於模型中變數之間的關係清晰明確，運算過程相對簡單（儘管過程可能複雜）。

一、馬可夫鏈

將直射武器的交戰過程用馬可夫鏈 (Markov Chain) 進行定義，同時考慮狀態轉移的機率和所需耗費的時間(如圖)。經過整理和簡化後，我們可以得到方程式 1⁶。此方程式計算的結果表示「單位時間內預期擊毀目標的數量」。

$$E[T] = ta + t1 - tr + (tr + tf) \times \frac{1}{p \times p(K|H)} \quad \text{方程式 1}$$

式中

ta 為獲得目標所需消耗的時間

$t1$ 為目標獲得後到第一枚彈藥發射的時間間隔

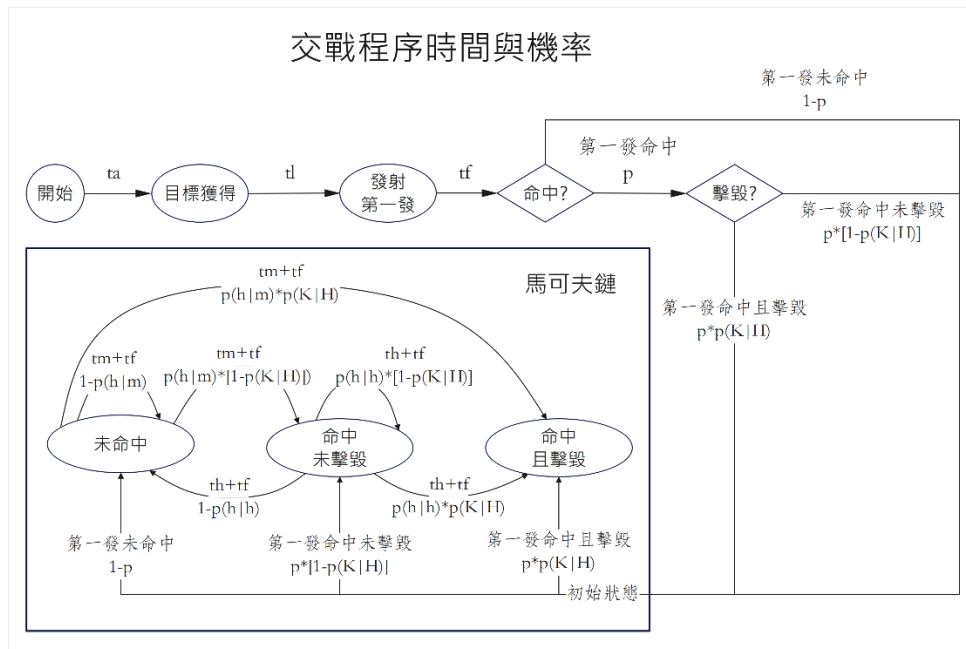
tr 為重複發射所需時間

tf 為彈體飛行時間

p 為命中機率

$p(K|H)$ 為命中且擊毀目標的機率

⁶ 劉達生、孟昭宇、黃順萌，〈戰車攻擊力評估法則之建立〉，《裝甲兵季刊》，192 期，民 93，頁 42-55。



圖二 戰車交戰程序的馬可夫鏈隨機過程

資料來源：同註 6

圖 2 符號說明（其餘同方程式 1 符號）：

tm 前一發未命中目標，這一發所需的射擊準備時間

th 前一發命中目標，這一發所需的射擊準備時間

$p(h|m)$ 前一發未命中目標，這一發命中的條件機率

$p(h|h)$ 前一發命中目標，這一發也命中的條件機率

該模型可用於計算和比較不同距離、不同武器系統（如戰車砲與反裝甲飛彈）對單一目標或集群目標的擊殺率，但只適用於不具有主動防禦能力的目標。若目標具有防空能力的船艦，則此建模思路可能不太適合。

除了用來計算擊殺率，馬可夫鏈也可以用於多層防禦模型的建構。由於攔截器（如防空飛彈）對來襲目標的攔截成功與否具有隨機性，因此可以用「攔截成功率」來表示。當有多個來襲目標（如飛彈）進行攻擊時，防禦方可以實施多層次的攔截防禦（例如泰德系統與愛國者系統搭配）。由於攔截本身具有隨機性，其防禦結果也會呈現機率分佈。

多層防禦模式主要結合馬可夫鏈與二項分佈（Binomial Distribution），並以矩陣形式進行呈現和計算。假設一批來襲的威脅同時到達防禦系統的接戰區，已知防禦系統的防禦能量（同時能攔截幾個目標）、識別率（成功區分誘標與目標的機率）、攔截器的攔截成功率等，便可以求得突穿數量的機率分佈、攔截器消耗量等資訊。

圖 呈現了一個假想的三層防禦系統，比較了不同射擊準則（防空系統對同一目標發射攔截器數量）各層以及最終突穿數量期望值的情況。

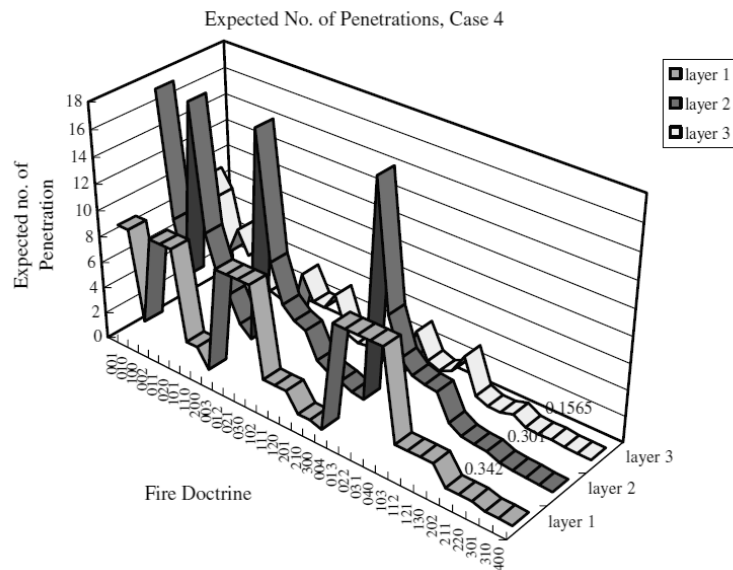


圖 三 假想的三層防禦系統不同射擊準則下防禦結果比較

資料來源：Jau-yeu Menq, Pan-chio Tuan, Ta-sheng Liu, "Discrete Markov ballistic missile defense system modeling." *European Journal of Operational Research*, 178, 2007, p. 577.

二、藍微斯特方程式

藍徹斯特方程式(Lanchester Equation)曾經是廣泛運用的數學模型，用於探討交戰問題。該方程式基本上是一組描述交戰雙方兵力遞減過程的微分方程組。方程式的原型分為平方律(Square Law)與直線律(Linear Law)，分別描述在特定條件下採取瞄準射擊(Aimed Fire)和區域射擊(Area Fire)時，雙方兵力損耗的現象。

表 藍徹斯特方程式列舉

Type	Defender	Attacker	Remarks
Aimed fire ^{10,15}	$\frac{dx}{dt} = -ay$	$\frac{dy}{dt} = -bx$	$b(x_0^2 - x^2) = a(y_0^2 - y^2)$
Area fire ^{10,15}	$\frac{dx}{dt} = -axy$	$\frac{dy}{dt} = -bxy$	$b(x_0 - x) = a(y_0 - y)$
Ambush ¹⁰	$\frac{dx}{dt} = -ay$	$\frac{dy}{dt} = -bxy$	$\frac{b}{2}(x_0^2 - x^2) = a(y_0 - y)$
Operational losses ¹⁰	$\frac{dx}{dt} = -ax$	$\frac{dy}{dt} = -by$	$b \ln \frac{x_0}{x} = a \ln \frac{y_0}{y}$ Early stage of small unit engagement
Fire support ¹⁰	$\frac{dx}{dt} = -ay - \lambda x$	$\frac{dy}{dt} = -bx - \mu y$	supporting fire not subject of attrition
Fire effectiveness ^{10,15}	$\frac{dx}{dt} = -a(t) \times y \times h\left(\frac{x}{y}\right)$	$\frac{dy}{dt} = -b(t) \times x \times h\left(\frac{y}{x}\right)$	h : inefficiencies of scale ⁹
Historical attrition law ^{12,13,14}	$\frac{dx}{dt} = -e^C x^D y^G$	$\frac{dx}{dt} = -e^F x^G y^D$	D, G : universal constants C, F : varied coefficients
Attrition and break point ^{10,15}	$\frac{dx}{dt} = -a(1 - f_I^Y)(1 - \frac{y_0 - y}{y_0 - y_{BP}})^V y$	$\frac{dy}{dt} = -b(1 - f_I^X)(1 - \frac{x_0 - x}{x_0 - x_{BP}})^\mu x$	f_I, X_{BP}, Y_{BP} : the inherent ineffective fraction and break-point of x, y
Reinforcement ¹⁵	$\frac{dx}{dt} = -ay + X$	$\frac{dy}{dt} = -bx + Y$	X, Y : reinforcements rate
	$\frac{dx}{dt} = -ay - cx + X$	$\frac{dy}{dt} = -bx - dy + Y$	
Range dependent kill-rate ¹⁰	$\frac{dx}{dt} = -a_0(1 - \frac{r}{r_a})^v y$	$\frac{dy}{dt} = -b_0(1 - \frac{r}{r_b})^\mu x$	r_b, r_a, v, μ : maximum effective range of weapons; range dependence parameters r_0, v : opening range of battle, attack speed
Attrition rate coefficients and range (Mobile attack) ^{10,15}	$\frac{dx}{dt} = -k_a(t + \frac{r_a - r_0}{v})^v y$	$\frac{dy}{dt} = -k_b(t + \frac{r_b - r_0}{v} + \frac{r_b - r_a}{v})^\mu x$	
Vulnerable area ^{10,14}	$\frac{dx}{dt} = -\frac{v_Y a_Y v_X}{A_X} xy$	$\frac{dy}{dt} = -\frac{v_X a_X v_Y}{A_Y} xy$	v, a_Y, a_X, A : fire-rate, vulnerable area, lethal area and presented area
Small arm			
Large lethality	$\frac{dx}{dt} = -\frac{v_Y a_L}{A_X} xy$	$\frac{dy}{dt} = -\frac{v_X a_L}{A_Y} xy$	
Guerrilla warfare ^{10,15}	$\frac{dx}{dt} = -a(t)y$	$\frac{dy}{dt} = -[b_1(1 - e^{-\gamma t}) + b_2 y e^{-\gamma t}]x$	γ : shift rate from area fire to aimed fire

資料來源：Jau-yeu Menq, Pan-chio Tuan and Ta-sheng Liu, “Conceptual Lanchester-type Decapitation Warfare Modelling”, *Defense Science Journal*, Vol.57, No. 4, 2007, p. 453.

經過多年的演進，已經發展出針對各種不同交戰情境的藍徹斯特方程式類型。

表 列出了部分確定性-均質型(deterministic-homogeneous)的藍徹斯特模型。除了基本的平方律和直線律之外，還包括了描述伏擊、非戰鬥損失、火力支援、增援以及游擊戰等情況的模型。

藍徹斯特方程式主要用於描述交戰雙方兵力的變化過程，因此通常以某一方的兵力降至特定百分比作為戰鬥結束的條件，亦即終戰條件，並根據此條件計算雙方的交戰持續時間。除了戰損和交戰時間的分析外，空間控制也是作戰議題的探討重點。在藍徹斯特方程式中，部隊撤退行為通常以最大撤退速度和兵力比來加以描述⁷，而 Joshua M. Epstein⁸ 在 1985 年對藍徹斯特方程式提出了三個問題，撤退即為其中之一：

1. 未明確說明「撤退」的理由。
2. 未涵蓋「空間換取時間」的概念。
3. 未考慮兵力規模邊際效益遞減。

考慮到藍徹斯特模型的局限性，Epstein 建立了一個數學模型來分別描述攻守雙方的狀態。對於防守方來說，「撤退」的一個基本原因是減少自身戰損。當防守方的戰損超過某個門檻值時，他們可能會撤退，通過調整防線位置來降低戰損。而積極攻擊的一方則通過調整攻擊節奏來控制戰損；同時，攻擊方的戰損率也受到防守方撤退速度的影響。Epstein 將這個模型稱為「適應性作戰模型」(Adaptive Model of War)。

除了描述戰損與撤退（戰線移動）之間的關係外，適應性作戰模型還包括空中密接支援(Close Air Support, CAS)，形成了一個空地作戰(Airland Battle)模型。該模型利用詳細且明確的步驟來計算作戰過程，因此可以建立電腦運算模式進行計算和結果呈現，如圖 所示。

儘管適應性作戰模型涵蓋的範疇更廣泛且具有更高的模擬操作性，但相關研究和應用文獻較少，導致模型參數不易獲取。

⁷ James G. Taylor, *Lanchester Models of Warfare, Volume II* (Monterey, California: ORSA-Operation Research Society of America, 1983): p. 533.

⁸ J. M. Epstein, *The Calculus of Conventional War: Dynamic Analysis without Lanchester Theory* (Washington, D.C.: The Brookings Institution: 1985), 4-13

分析式兵棋理論與模型綜述：
探討數學模式與模擬方法

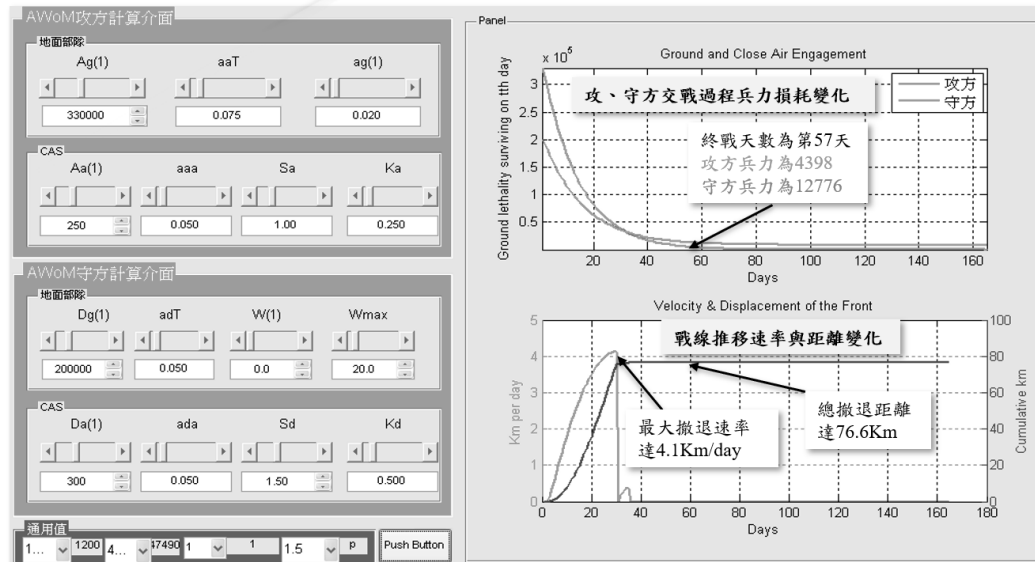


圖 四適應性作戰電腦模型使用介面

資料來源：李泰平，《陸軍地面作戰基本戰術分析—適應性作戰模型之應用》，國防大學管理學院資源管理及決策研究（民 100），頁 40。

三、定量判定模式

定量判定模式(Quantified Judgement Model, QJM)是由美國退役上校 Trevor N. Dupuy 成立的 Historical Evaluation and Research Organization(HERO)為美國國防部(U.S. Department of Defense) 和英國國防作戰分析中心 (British Defense Operational Analysis Establishment) 所進行的戰史研究成果⁹。該模式基於大量戰史數據，從武器系統特性到作戰單位組成（包括空中密接支援和防空）、天氣、地形和攻防態勢等各種因素，都以圖表或數值進行量化。通過標準化的計算過程，以天為單位，計算交戰雙方各類型部隊和武器裝備的戰損、推進距離等作戰結果，如表 所示。該模型的簡化版本在波灣戰爭期間（1990 年 12 月 13

⁹ Colonel T. N. Dupuy, *Numbers, Predictions and War: Using History to Evaluate Combat Factors and Predict the Outcome of Battles*, Revised Ed. (Fairfax, Virginia: HERO Books, 1985).

日) 被用來向美國眾議院說明美軍在戰爭中可能遭受的戰損。¹⁰。

定量判定模式的邏輯、參數和算法都是基於大量的戰史和歷史數據產生的，具有相當的可信度。然而，也正因為模式是依據歷史經驗和數據生成的，若未持續參照最新的作戰經驗進行修正和補充，可能會與作戰發展的實際軌跡產生偏差。

表 二 QJM 操作程序

QJM 操作程序:
1. 完成參謀作業，得出交戰雙方戰鬥序列(complete Order of Battle, OB)以及編裝表。
2. 列出參戰武器，查閱或計算各型武器（區分十二大類）的作戰殺傷指數(Operational Lethality Index, OLI)。
3. 依據環境（地形、季節、天氣）與空優等因素計算兵力強度(strength, S)。
4. 將兵力強度以攻防態勢、機動力、易損性、奇襲、領導、士氣，及後勤等因素修正為作戰潛力(combat power, P)。
5. 依照雙方的作戰潛力(P)的比值，再考慮環境、疲勞等因素，推算雙方人員及各類裝備的作戰損失，以及推進距離。

資料來源：整理自註 10

四、理查森軍備競賽模型

本模型由 Lewis Fry Richardson(1960)提出¹¹，該模型運用微分方程組來表示互為對手的雙方（或多方）在軍備上的動態互動關係，這種互動關係是源於彼此之間的不信任。在此模型中，有兩個受人關注的概念：「軍備競賽穩定性」和「危機穩定性」。

軍備競賽穩定性：當對抗雙方的軍備水平達到一定程度時，若雙方軍備水平的增量都小於對方的增量，則存在所謂的「穩定性」。在這種

¹⁰ Colonel T. N. Dupuy et al., *If War Comes, How to Defeat Saddam Hussein* (McLean, Virginia: HERO Books, 1991).

¹¹ Lewis F. Richardson, *Arms and Insecurity: A Mathematical Study of the Causes and Origins of War*, (Pittsburgh: Boxwood, 1960).

情況下，雙方的軍備水平將在某一水平上停止增長。如果沒有軍備競賽穩定性，在理論上雙方的軍備水平將持續無限增長，如圖 所示。

危機穩定性：如果雙方都預期在戰爭結束後，自己的軍事實力會不如對方，那麼雙方都不會挑起戰爭；在這種情況下，具有危機穩定性。然而，如果任何一方認為戰爭結束後，自己的軍事實力將優於對手，那麼他們可能會主動挑起戰端；在這種情況下，缺乏危機穩定性，如圖 所示。

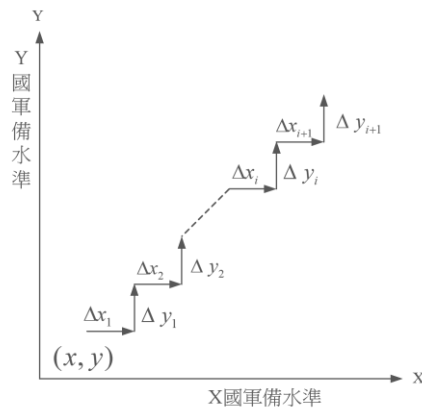


圖 五 雙方軍備持續增長

資料來源：孟昭宇，美、中與我國三方軍備競賽分析，民 93。

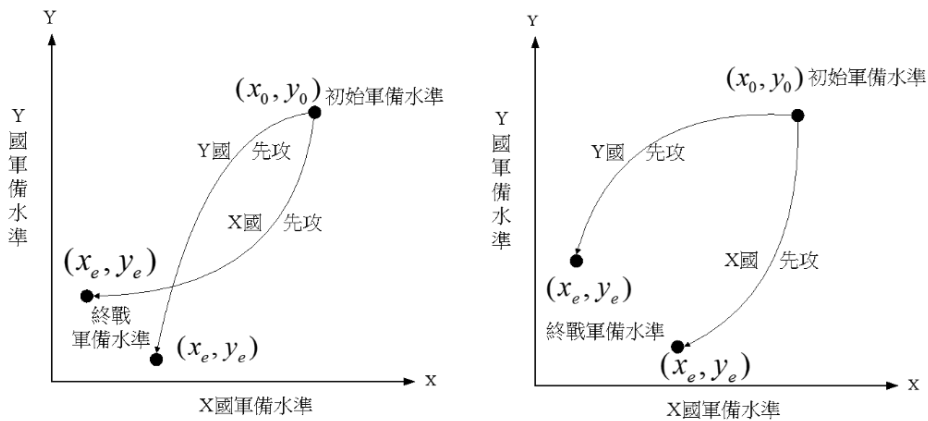


圖 六 左圖：具備危機穩定性，右圖：不具危機穩定性

資料來源：孟昭宇，美、中與我國三方軍備競賽分析，民 93。

近年來，有關軍備競賽的研究對理查森軍備競賽模型的基本形式（方程式 2）進行了擴展，將經濟能力、投資和其他非軍事開支等變量納入考慮。這些研究結合了系統動力學 (System Dynamics, SD) 進行模擬分析，試圖將該模型在國際關係領域進一步推廣和應用¹²。

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ky - ax + g \\ \frac{dy}{dt} = lx - by + h \end{cases} \quad \text{方程式 2}$$

x, y ：為兩國的軍備水準
 k, l ：為兩國的防務係數
 a, b ：為兩國的疲勞（費用）係數
 g, h ：為兩國的懷疑或不滿係數

上述簡要介紹了應用於武器系統層級的馬可夫鏈擊殺率模型、任務層次的多層防禦模型、戰役分析的藍徹斯特模型、適應性作戰模型、定量判定模式，以及涉及國際關係的理查森軍備競賽模型。這些模型可以作為特定問題探討時的分析工具。

在許多情況下，軍事議題的複雜程度可能不符合數學模型的假設條件。例如，在區域內存在多個防空系統的情況下，來襲威脅可能並非同時進入各防空系統的接戰範圍。這種情況不符合多層次防禦馬可夫鏈模型的適用條件。又如涉及跨層次問題的情況，例如在多類型部隊使用多種武器交戰的情境中，需要同時考慮武器層次的相對殺傷能力和部隊層次的交戰結果。在這些情況下，單一的數學模型可能難以滿足作戰分析需求，而必須結合模擬方法來更全面地分析複雜的作戰問題。

¹² Ali Fisunoglu, “System Dynamics Modeling in International Relations”, *All Azimuth*, Vol. 8, No. 2, 2019, pp. 231-253

肆、模擬方法

模擬是一種實驗方法，通常以電腦模擬的形式進行複雜系統的模擬。這種在電腦上進行的實驗方式可以應用於尚不存在的系統，或者是實驗將導致功能或服務中斷的情況（如車站），以及涉及研究倫理的社會研究。模擬通常被認為是一種具有彈性、強大且直覺的實驗工具。以下簡要介紹四種常用的模擬方法：蒙地卡羅模擬(Monte Carlo Simulation)、離散事件模擬(Discrete Event Simulation)、多代理人模擬(Multi-Agent Simulation)，以及系統動力學(System Dynamics)。

一、蒙地卡羅模擬

屬於靜態的模擬方法，也就是研究的對象的狀態並不會隨時間改變。這種模擬方法的特徵是反覆的產生隨機數，以觀察並掌握模型產出來的結果。主要用於分析具有隨機變數的系統。這種方法可以幫助研究者評估不確定性對系統運行的影響，並為決策提供隨機性的結果。

例如，假設有兩種精度不同的對地飛彈可用於攻擊一個 20 公尺乘 150 公尺的矩形目標。A 型飛彈的圓形公算誤差 (circular error probable, CEP) 為 5 公尺，B 型飛彈的 CEP 為 20 公尺。兩者都配備相同的彈頭，殺傷半徑均為 20 公尺。現在的問題是，平均每枚飛彈能對目標造成多少百分比的損毀。

在這個問題中，目標的位置、大小、飛彈的 CEP 以及彈頭的殺傷範圍都是已知的。不確定的是彈著點，這可以通過蒙特卡羅模擬來估算平均每枚飛彈對目標的損毀比例。

首先，將矩形目標劃分為 3000 個 1 平方公尺的小方格。然後，根據 CEP 和標準差的關係，計算出 A 型和 B 型飛彈彈著點分布的標準差分別為 4.25 公尺和 16.99 公尺。假設彈著點在縱向和橫向軸上的分布具有相同的變異數 (equal variance)，並且平均彈著點與矩形目標的正中心重合 (zero offset)。若位於殺傷半徑內，則視為損毀；若超過殺傷半徑，則視為未損毀 (cookie cutter damage function)。

接下來，以計算出的標準差和目標中心點為基準，生成數十個模擬彈著點。然後計算每個 1 平方公尺的小方格與彈著點之間的距離。如果距離小於殺傷半徑（20 公尺），則該方格被損毀；否則，則為未損毀。示意圖如圖 所示。對每個小方格進行計算後，統計該彈著點的損毀面

分析式兵棋理論與模型綜述：
探討數學模式與模擬方法

積。反覆完成數十個彈著點的計算後，便可估算出平均每個模擬彈著點對目標的損毀百分比。

經過進行多次模擬並計算每次模擬的損毀百分比，我們可以估算出 A 型和 B 型飛彈對目標的平均損毀效果。這種蒙特卡羅模擬方法允許我們克服問題的不確定性，獲得更可靠的估算結果。依照這個程序模擬完之後，大概可以得出 A 型飛彈對該目標的平均毀傷比例約為 25%，B 型飛彈則為 4.55%。

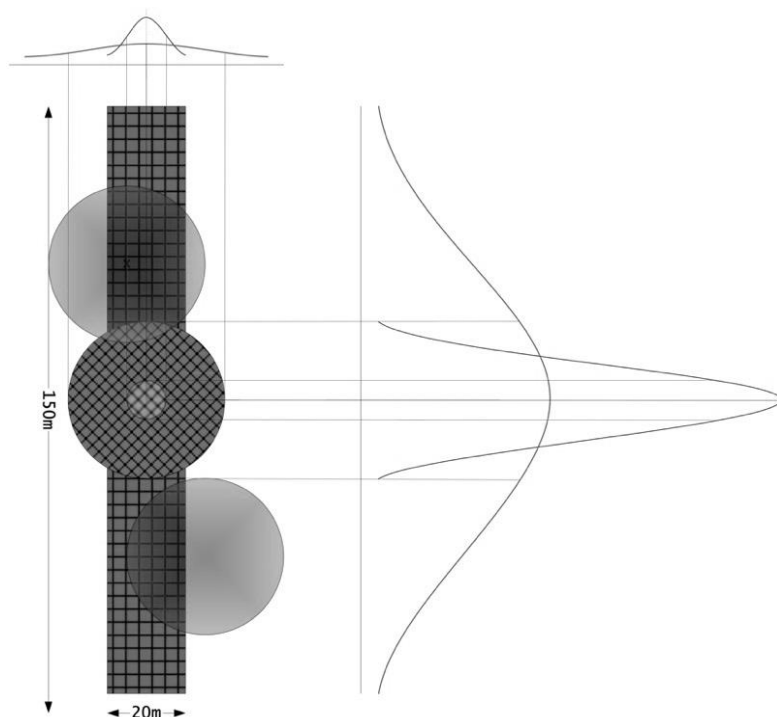


圖 七 對矩形目標毀傷的模擬示意圖

資料來源：自行繪製

從前述範例中可明顯看出，蒙特卡羅模擬涉及隨機數的產生。事件的發生及其結果具有隨機性，同時過程中也包含了確定性計算，例如與彈著點中心的距離。儘管蒙特卡羅模擬屬於靜態模擬，但它仍然是其他幾種模擬方法的基礎，尤其是離散事件模擬和多代理人模擬。在大多數

情況下，這些模擬方法需要不斷產生隨機事件或隨機結果以模擬事態的發展。

二、離散事件模擬(discrete-event simulation, DES)

離散事件模擬根據事件發生的先後順序推動模擬。這種模擬方法適用於處理程序導向的問題，描述實體在系統中的過程，因此在生產、服務和物流領域得到了廣泛應用，如圖 所示。



圖 八 物流中心模擬

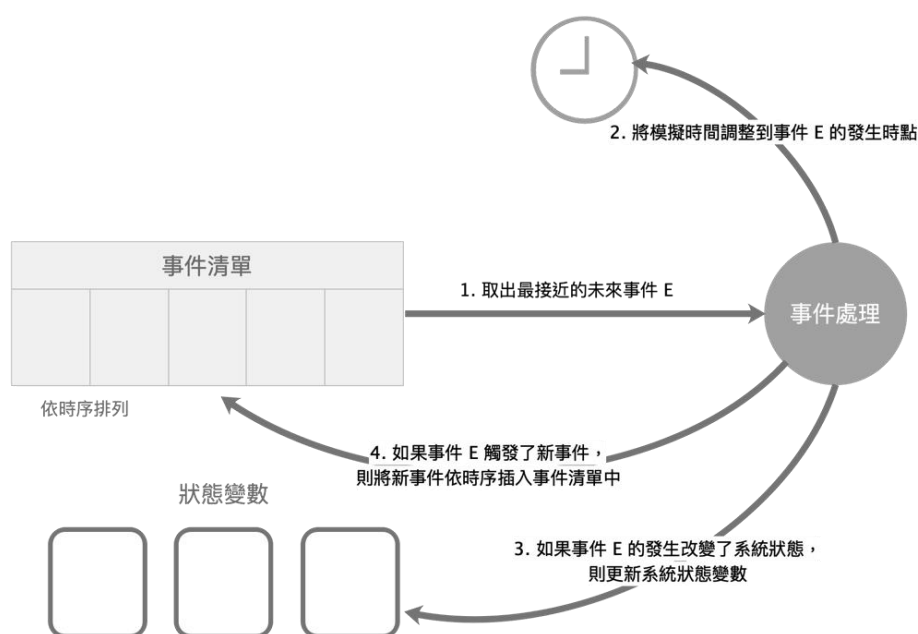
資料來源：AnyLogic North America, AnyLogic 8.8.1 University Edition 中的範例 Examples/Supply Chains and Logistics/Distribution Center

這種模擬方法的運作機制如下：

模擬中存在一個按照發生時間先後順序排列的「事件清單」。一個「事件處理」機制從「事件清單」中提取與當前時間最接近的未來事件進行處理，並將模擬時間推進到該事件發生的時間點。如果發生的事件會改變系統的「狀態變數」，則系統狀態將相應地進行調整。如果某事件觸發了新的事件，則將新事件按照其未來發生的時間插入「事件清單」

分析式兵棋理論與模型綜述：
探討數學模式與模擬方法

中，如圖所示。



圖九 離散事件模擬運作機制

資料來源：自行繪製

離散事件模擬被視為多代理人模擬 (Multi-Agent Simulation, ABS) 和系統動力學 (System Dynamics, SD) 的基礎，主要原因在於這兩種模擬方法都需要使用離散事件模擬中的計時機制 (time advance)。因此，多代理人模擬有時也被認為是「離散事件模擬的特例」(ABS is just a special case of DES)¹³。另一方面，系統動力學也只不過是採用了固定時隔的計時機制(fixed-increment time advance, FITA)的離散事件模擬罷了¹⁴。然而，電腦本身具有離散性，無論是時間還是數值，在電腦中都會被離散化。因此，無論使用哪種模擬方法，只要涉及到電腦，時間都必然會被離散化。將模擬方法僅依據時間離散化進行分類的意義並不大，更重要的是要關注模擬方法的特性。

¹³ 同註 4 694.

¹⁴ 同註 4 693.

三、多代理人模擬(Multi-Agent Simulation, MAS)

多代理人模擬基於一個核心觀念：「巨觀模式 (macro-patterns) 是由微觀 (micro) 個體互動所湧現 (emerge) 的」¹⁵。這種模擬方法強調「互動」，與離散事件模擬所著重的「過程」或個體的「歷程」有所不同。

多代理人模擬方法的起源被認為來自「複雜系統理論」，它代表了一種新的框架或觀點，而非一門新的科學。這種方法被認為能為現有科學領域提供新的視角，包括自然科學、社會科學領域，以及軍事作戰，如圖 所示。

多代理人模擬強調個體的異質性 (heterogeneous)，每個個體都具有各自的特點 (屬性)，能夠感知環境 (包括其他個體)，並根據自身的屬性和目標對環境作出反應。由於多代理人具有很高的聚合 (aggregate) 彈性，如個人可以聚合為家庭，家庭聚合為社區，社區聚合為城市等，因此多代理人模擬可以非常細緻地描述最基本的個體，同時也可以描述具有高度聚合性的組織或社會群體。



圖 十 以多代理人模擬進行作戰分析示意圖

資料來源：Andrew Ilachinski, *Artificial War Multiagent-Based Simulation of Combat* (Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004): xx.

¹⁵ Uri Wilensky, *Modeling Nature's Emergent Patterns with Multi-Agent Languages*, Northwestern University, 2001. 下載網址：<https://ccl.northwestern.edu/2013/mnep9.pdf>, 存取日期 2023/2/4。

分析式兵棋理論與模型綜述：
探討數學模式與模擬方法

細胞自動機 (cellular automaton) 是一種簡單的代理人模擬。例如，在一個由方格構成的平面上，有一隻面朝北的螞蟻。平面上的所有方格一開始都是白色的。螞蟻在這個方格世界中移動的規則如下：

1. 如果所在位置的格子是白色（黑色）的，則右轉（左轉）。
2. 向前走一格。
3. 走完後原來站的格子改成黑色（白色）。
4. 反覆 1~3。

在這個例子中，代理人基本上是自己與自己互動（或者說是當前的自己與過去的自己互動，環境中的黑白格子可以看作螞蟻移動的歷史軌跡）。由於規則是確定的，沒有隨機性；系統的初始狀態也是確定的（所有格子都是白色，螞蟻一開始面朝北）。對於這樣一個確定且規則簡單的過程，人們卻很難想像這隻螞蟻的移動軌跡會如何發展。

令人驚奇的是，這個規則反覆運行的結果表明，這隻孤獨的螞蟻似乎在修築一條筆直的「高速公路」，如圖 所示。這個例子不僅展現了「巨觀的樣態是由微觀個體的互動湧現出來的」的概念，還顯示了即使是確定且簡單的互動過程，如果沒有電腦運算的輔助，很難推測其結果。

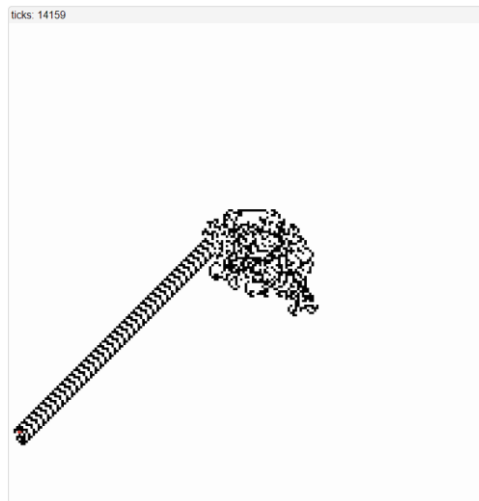


圖 十一 簡單且確定的規則所產生圖案

資料來源：使用 NetLogo 程式語言編寫程式產生

除了上述簡單的環境、狀態和規則的模擬之外，多代理人模擬也可以應用於描述更為複雜的系統，如觀點動力學 (opinion dynamics)¹⁶或選舉結果的預測¹⁷等。

在觀點動力學模擬中，代理人可以代表具有不同觀點和信仰的個人，它們根據自己的信仰和與其他代理人的互動來更新自己的觀點。這種模擬可以幫助我們瞭解群體中觀點是如何形成、傳播和變化的，並揭示出在特定情況下，哪些因素可能對觀點形成和變化起到關鍵作用。

選舉結果預測的多代理人模擬可以用來分析選民在選舉中的行為。代理人可以代表不同政治立場、社會經濟背景的選民，根據候選人的政策、媒體報導和其他選民的影響等因素來決定自己的投票選擇。這種模擬有助於預測選舉結果，並分析影響選舉結果的各種因素，如政策、宣傳策略等。這些更複雜的多代理人模擬可以幫助我們更深入地理解社會科學領域的問題，並為政策制定和決策提供有益的見解。

四、系統動態學(system dynamics, SD)

系統動態學 (System Dynamics, 簡稱 SD) 是一種應用於企業、政府或軍事政策和策略問題分析的連續型模擬方法。它起源於 1950 年代，由麻省理工學院的 Jay Forrester 教授提出。與多代理人模擬不同，系統動態學更注重「聚合」(aggregate)，即將同類事物視為一體而不區分細節。

例如，在分析人口變化時，系統動態學可能會將所有人視為一個整體，而不區分性別、年齡等細節。這種方法有助於簡化模型並提高計算效率，但可能忽略一些細節和差異。

系統動態學的核心概念是通過建立因果回路圖 (Causal Loop Diagrams, CLD) 來瞭解系統中各變量之間的相互作用和影響。這些因果回路圖有助於呈現系統中的正反饋機制，並預測系統行為的變化。通過將變量之間的關係轉換為數學方程，系統動態學模型可以用來模擬系統

¹⁶ Rainer Hegselmann and Ulrich Krause, "Opinion Dynamics and Bounded Confidence Models, Analysis, and Simulation", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS)*, vol.5, no. 3, 2002.

¹⁷ 唐世平 (發明人)，〈基於電腦模擬技術的選舉結果預測方法〉，中華民國專利資訊檢索系統，證書號：I660283。

在不同情況下的行為。

簡言之，系統動態學是一種連續型模擬方法，強調對整體的聚合分析，而不是像多代理人模擬那樣關注個體之間的互動和差異。

系統動態學有幾個基本概念¹⁸：

1. 採取「內生」觀點來看系統。認為系統是封閉的因果關係，系統自己的內部決定了系統的行為。
2. 找出系統中的因果回饋環路。因果回饋環路是系統動態學方法的核心。
3. 找出積量（累積的數量），以及影響積量的所有流量。積量是系統的記憶，是系統失衡的根源。
4. 認為個別事件與個體決策都是表象，其根源在於系統的結構與系統的行為¹⁹。以連續的觀點來看系統，而忽略個別的事件與決策。

系統動態學的數學形式是微分方程組，但是一般會以圖形的方式來建模，如圖，圖形表示包含了以下元素：

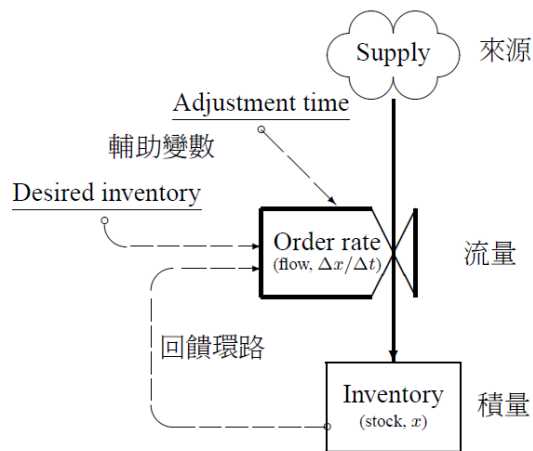
1. 積量（存量水準）：是聚合的 (aggregated) 概念，也就是同一個積量內的實體是均質的 (homogeneous)、無差異的。若有需要考慮差異，就要以不同的積量來描述。例如倉庫中的存量 (inventory) 是否需要區分高價品及非高價品。
2. 流量（積量的變化）：造成積量變化的流動，也就是「流速」的概念，例如訂購率 (order rate) 像水龍頭一樣控制倉庫的流入量。一個積量可能有多個流量，包含流入與流出。
3. 回饋環路(feedback loop)：流量會影響積量，反過來積量也會影響流量。圖中的流量（訂購率）也受到積量（庫存水準）的影響。也就是，存量水準高的時候，訂購率會小些；存量水準低的時

¹⁸ Andrei Borshchev, *The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 6*, Kindle 版本, 位置 802.

¹⁹ 作者註：系統動態學與多代理人模擬都抱持「系統結構決定巨觀現象」的想法。

候，訂購率會高一些。

4. 輔助變數：流量（訂購率）除了會受到積量（存量水準）的影響外，還受到訂購調整時間（adjustment time）及預期存量水準（desired inventory）的影響。這類既非積量，也非流量的變數一般稱為輔助變數。



圖十二系統動力學基本圖示符號

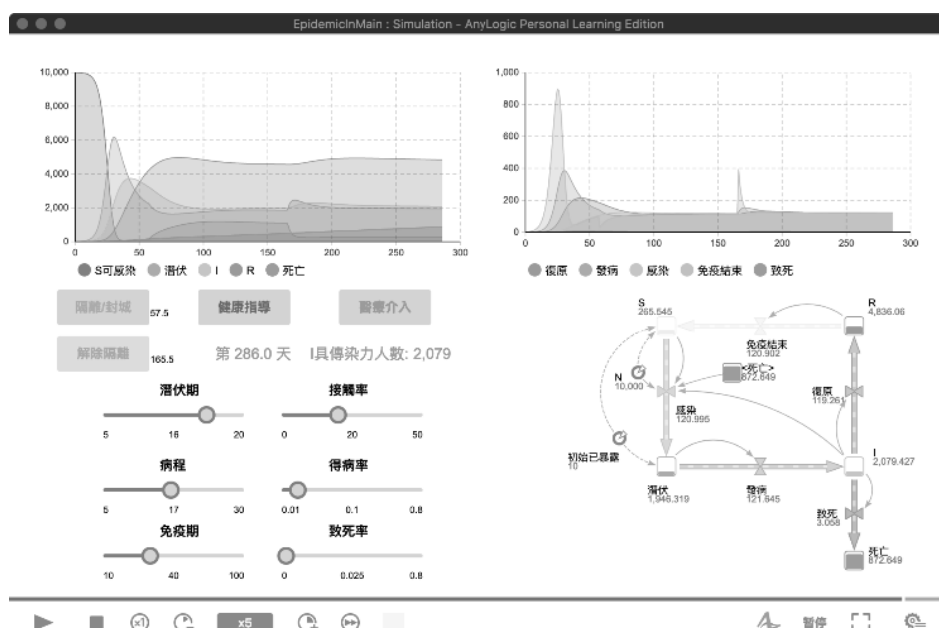
資料來源：Nigel Gilbert and Klaus G. Troitzsch, *Simulation for the Social Scientist*, 2nd Ed., Berkshire, England: Open University Press, 2005, p.30.

圖展示了一個以系統動力學建立的疾病傳播模型。在此模型中，處於不同疾病階段的人被視為一個存量，包括易感者 (Susceptible, S)、已暴露者 (Exposed, E)、具傳染力者 (Infectious, I)、康復者 (Recovered, R)，以及病故（死亡）。

誠如 Sterman(2000)²⁰所指，系統動力學基於數學、物理和工程領域的非線性動態和回饋控制理論，將這些方法應用於同樣具有複雜性的人類行為研究，可以為社會心理學、經濟學以及其他社會科學帶來新的認識。

²⁰ John D. Sterman, *Business Dynamics, Systems Thinking and Modeling for a Complex World* (Boston: McGraw-Hill, 2000): 5-6.

分析式兵棋理論與模型綜述：
探討數學模式與模擬方法



圖十三以系統動力學建立疾病傳染概念模型

資料來源：自行繪製

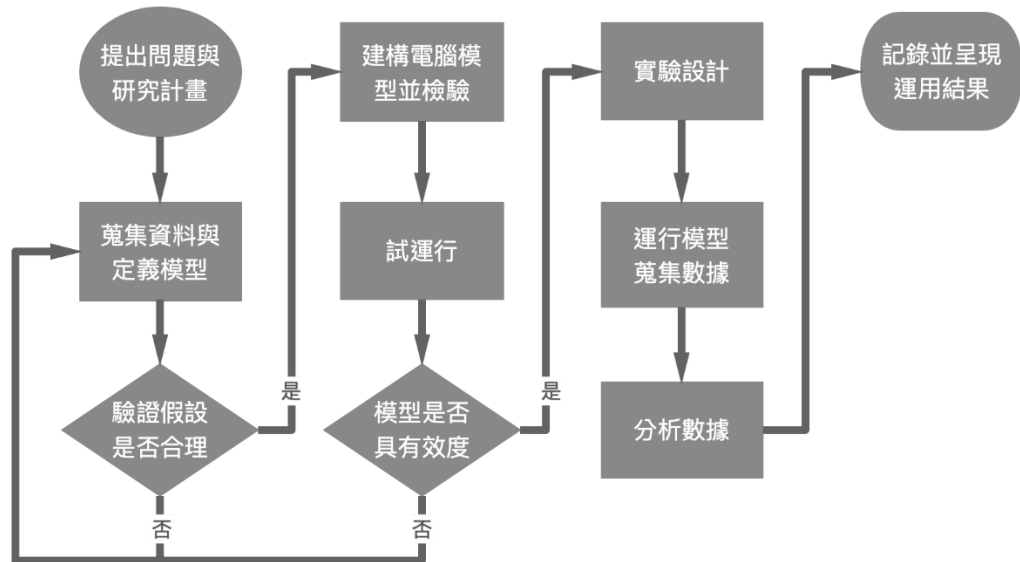
在這部分，我們簡要介紹了四種模擬方法的概念和特性。雖然這些方法為我們提供了觀察問題的視角，但它們也可能限制了我們看待問題的方式。本文認為，如果能夠綜合運用不同方法所提供的觀點和視角，最大程度地從各種不同的角度描述問題的內涵，那麼這將是模型模擬可以嘗試的方向。換句話說，結合多種模擬方法可能帶來更全面、更深入的理解，從而幫助我們更好地解決實際問題和挑戰。在未來的研究和應用中，尋求多種模擬方法的融合和互補將是一個值得探討的方向。

伍、建模與模擬程序

軍事對抗的數學模型和模擬方法的認識與使用只是整個「以模式模擬解決問題」活動的一部分。正如美軍在解釋模式模擬時所說，這是一個包括建立模型、驗證模型、運用模型、收集數據和分析數據以輔助決策的完整過程。

整個模擬研究從問題定義和研究計劃開始，到成果呈現和應用，基

本上包含以下十個步驟²¹，其中需要檢驗假設的合理性和模型的有效性，如圖所示，說明如后。



圖十四模擬研究的步驟

資料來源：整理自註 4 p.67。

1. 提出問題與研究計畫

與領域專家以及模擬分析人員研討下列事項：

- (1) 研究目標為何？
- (2) 想要回答的研究問題（這決定模型的解析度）為何？
- (3) 如果是要比較系統效益，用來比較的效能指標是甚麼？
- (4) 界定系統範疇。

²¹ 同註 4 67.

- (5) 界定系統的構成（這會決定模型的通用性）。
- (6) 研究期程與所需要的資源。

2. 蒐集資料與定義模型

- (1) 蒐集與系統結構和運作程序有關的資訊。
- (2) 蒐集特定系統參數以及輸入有關的機率分布。
- (3) 明確地以書面將前述的資訊記錄在文件中。
- (4) 如果有既存的系統，則蒐集相關的效能數據（以備步驟6使用）。
- (5) 決定模型解析度。
- (6) 不一定要與系統元件一對一的對應。
- (7) 從簡單的模型開始修改起。過於全面的模型不一定能有效輔助決策，反而可能延誤時效或模糊重點。
- (8) 與上層的管理階層經常性地保持互動。

3. 驗證假設合理性

在管理階層、分析人員和領域專家面前有架構的說明假設文件的內容。這有助於：

- (1) 確認模型假設事項的正確性與完整性。
- (2) 促進專案內人員的互動。
- (3) 促進參與感。
- (4) 在實際建模之前確認(validate)，可以避免事後耗時修改。

4. 建構電腦模型並檢驗(verify)

- (1) 可以使用如 C, C++, Java 等之類程式語言，或是使用模擬軟體（如 Arena, Flexsim, ProModel, Vensim 或 AnyLogic 之類）建立電腦模型。前者的優點是建模的控制程度高、成本較低，模型運行速度可能較快；後者則購置成本較高，但建模較快，可能有利整體的專案預算控管。

- (2) 建好電腦模型後確認電腦模型運行無誤。

5. 試運行

試運行電腦模式，記錄過程與數據，為下一步的驗證做準備。

6. 驗證電腦模型是否具有效度

- (1) 如果已經有現成的系統，則將模型與步驟二蒐集到的現有系統的資料作比較。
- (2) 不論是否有現成的系統，都應該請分析員和領域專家對模型結果的正確性進行驗證。
- (3) 運用敏感性分析找出對系統效能具有高度影響的因素，建模的時候對這些因素特別小心謹慎。

7. 實驗設計

確定每種系統構型中的下列數據：

- (1) 單一次模擬的耗時。
- (2) 暖機時間，如果需要暖機的話。
- (3) 使用不同隨機亂數的獨立模擬次數—為了建構信賴區間。

8. 運行模型蒐集數據

運行模型、蒐集數據以便分析。

9. 分析數據，分析數據是為了：

- (1) 找出個別系統構型的效能。
- (2) 比較候選系統構型的效能。

10. 呈現並運用結果

- (1) 將假設、電腦模型以及研究結果記錄下來。
- (2) 研究結果的處理：
 - A. 透過動畫與管理階層或其他對模型不是那麼熟悉的人員溝通。
 - B. 討論建模及確認的過程，以爭取對模型的信心。
 - C. 如果模型既具有效度，對模型又有信心，則將模擬結果用在決策過程中。

由於模型是對目標對象的一種描述，我們必須特別注意模型的有效性 (validity) 和可靠性 (reliability)。有效性表示模型是否能適切地呈現對象的特徵與本質，而可靠性則關注模型的穩定性和一致性。有時，我們使用忠實度 (fidelity) 來衡量模型效度和信度的綜合表現。因此，在模擬研究過程中，對模型效度的檢驗（第 6 步驟）尤為重要。

模型的建立和應用最終目的是為了支援決策。此目標在過程一開始就應該表現在研究目標和問題上。在過程中，必要時應不斷對假設條件和模型有效性進行檢驗，直至認為假設合理並確認模型具有效度。只有經過嚴格的流程，才能確保為決策過程提供可靠的模擬結果作為決策支援。

陸、結語

本文從模型與模擬的基本概念出發，闡述模式模擬的核心目的是輔助決策。這涉及到模型的建立與驗證、數據的蒐集與分析。在確保模型與數據的有效性及其可信度後，將模擬分析結果應用於決策制定過程。

文中概述了數個軍事模型，涵蓋交戰層次的擊殺率計算、任務層次的多層防禦，以及戰役層次的藍徹斯特與適應性作戰模式。最後是理查森軍備競賽模型，可用於探討多方軍備競賽或國際關係。目的是讓讀者了解數學模型在軍事領域的應用。

對於不適合以數學模型探討的問題，本文介紹了幾種模擬方法。這些方法各具特點，適用於不同問題類型與層次，可作為研究者工具箱中的建模工具。過去這些數學模式協助軍事作業研究人員完成了許多分析或研究工作，也提出了某些作戰規律，如直線律、平方律；亦或是投入實際作戰結果的預測，如定量判定模型。對了解戰爭的規律具有其貢獻。整體來看，本研究認為這些數學模型與模擬方法具備以下特性：

1. **均質性**。不論藍徹斯特模型、適應性作戰模式、定量判定模型，甚至理查森軍備競賽模型，都具有「聚合」的特徵，也就是將不同的兵種或武器系統轉換成一個數值，可能是點數、人數，或是國防預算的金額。
2. **數學模型侷限性**。數學模型與模擬方法都有其特長與限制。例如，藍徹斯特模型與馬可夫鏈以數學方程的形式表達，具有良好的數學特性，可以解析方法快速獲得計算結果；但對於複雜問題較不容易取得易解的數學模式，需要以模擬方法來補足。
3. **模擬方法侷限性**。同樣的，本文介紹的三種模擬方法各有其方法特性與適用的問題類型，這和數學模型類似，需要針對不同的問題類型選用合適的模擬方法。
4. **以大量模擬次數取得不確定性資訊**。具備處理不確定性的數學模型，如馬可夫鏈，可以得出離散的機率分佈，提供關於不確定性的相關訊息。而模擬方法則需要透過大量的反覆模擬方能獲取關於不確定性的資訊；而大量的模擬是耗費運算資源的工作。

檢視這些方法特性之後，本研究認為軍事模型與模擬方法的發展似乎是在既有的基礎之上，結合技術的發展，朝向持續完善的方向推進，進而完備現有的方法。可以區分以下幾點論述：

1. **朝向網路化模型發展。**資訊科技的進展將作戰也朝向網路作戰的方向發展。過去是以「均質」的或稱為「塊狀」的模式為主；當今異質的、網狀的、節點的「擊殺鏈」建模概念日漸興起。網狀的作戰模式將作戰單位視為功能不同的節點，彼此相連，共同達成打擊對手的目的。而不同功能網路節點的破壞，會對作戰系統帶來不同的影響。以這種鏈狀或網狀的模型架構來建構模型是未來的趨勢之一。
2. **與優化方法結合。**當所要描述的對象複雜度高，可控制的決策變數數量多，且變數可能範圍也大的時候，要透過模擬找出優化的決策變數組合時，會面臨運算量龐大的問題。將數學模型或模擬方法結合優化方法（如遺傳演算法、粒子群演算法、簡群演算法等）以提高模型求取優化解的效率。
3. **混合方法的採用。**隨著研究對象的日益複雜，在一個模型中採用多種方法來建立模型的趨勢越來越明顯。例如，結合離散事件模擬與代理人模擬建立醫療模型；或是結合系統動力學與代理人模型建構雷射防空模型。混合方法的運用則需要有電腦程式介面，或跨方法的建模平台的支撐。
4. **與人工智能的結合。**研究人員可以運用具有效度的模型產生大量的數據來訓練人工智能，使它能夠針對類似的問題做出快速且合理的判斷。也可以透過增強式學習，讓人工智能學習動態的決策過程，應對不斷變化的問題情境。
5. **運算成本控制。**雖然人工智能能夠帶來更廣泛也令人期待的前景；但是人工智能的訓練需要以運算成本來支撐。結合計算資源分配優化(Optimal Computation Budget Allocation, OCBA)的概念與方法，使計算資源可以更合理的分配也會是重要趨勢。
6. **效度檢驗的挑戰。**模型朝向複雜化、智能化，以及混合方法的方向發展，所要面臨的核心問題依然是模型效度。也就是，模型是否足以代表所要描述的對象，讓我們理解其本質，並據以作出合理的決策。面對可能耗費大量運算成本的模型，其效度

的確認更形重要；而模型的複雜也會使得效度的檢驗更具有挑戰性。

本研究旨在回顧分析式電腦兵棋中的數學模型與模擬方法，並簡要介紹了適用於不同問題類型的數種常用數學模型。此外，我們還探討了三種主要的動態模擬方法，這些模型與方法均可用於構建分析式電腦兵棋。進一步地，本文概述了利用模擬模型進行決策支援的基本流程，特別強調了模型效度的重要性。模型的效度是建立在人們對其信賴基礎上的，因此，在建模過程中與模型相關的各方廣泛且持續的交流是至關重要的。

在總結中，本文提出了數學模型與模擬方法的一般特性，如均質、侷限性、運算資源的消耗。並展望了這些特性將如何影響分析式電腦兵棋的未來發展。未來的發展方向包括網狀化模型、優化策略、混合方法、人工智能的應用，以及運算成本的控制等方面。我們預計這些方法的持續改進與整合將進一步促進模型與模擬方法在分析式電腦兵棋領域的應用，從而提供更加有效的決策支援。

分析式兵棋理論與模型綜述：
探討數學模式與模擬方法

參考書目

一、專書

- Borshchev, Andrei, The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 6 (Kindle 版本)
- Dupuy, T. N. Dupuy, Numbers, Predictions and War: Using History to Evaluate Combat Factors and Predict the Outcome of Battles, Revised Ed. (Fairfax, Virginia: HERO Books, 1985).
- Dupuy, T. N., Johnson, Curt, Bongard David L., and Dupuy, Arnold C., If War Comes, How to Defeat Saddam Hussein (McLean, Virginia: HERO Books, 1991).
- Epstein, J. M., The Calculus of Conventional War: Dynamic Analysis without Lanchester Theory (Washington, D.C. : The Brookings Institution: 1985).
- Gilbert, Nigel and Troitzsch, Klaus G., Simulation for the Social Scientist, 2nd Ed. (Berkshire, England: Open University Press, 2005).
- Gilbert, Nigel, Agent-based Models (Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc., 2008).
- Ilachinski, Andrew, Artificial War Multiagent-Based Simulation of Combat (Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004).
- Law, Averill M., Simulation Modeling and Analysis (Tucson: Averill M. Law & Associates, Inc., 2013).
- Sterman, John D., Business Dynamics, Systems Thinking and Modeling for a Complex World (Boston: McGraw-Hill, 2000).
- Taylor, James G, Lanchester Models of Warfare, Volume II (Monterey, California: ORSA-Operation Research Society of America, 1983).
- The Under Secretary of Defense for Acquisition Technology, DoD Modeling and Simulation (M&S) Glossary (Washington, D.C.: Defense Modeling and Simulation Office, 1998).

二、學術性期刊論文

劉達生、孟昭宇、黃順萌，〈戰車攻擊力評估法則之建立〉，《裝甲兵季刊》，192 期，民 93，頁 42-55。

Fisunoglu, Ali, "System Dynamics Modeling in International Relations," *All Azimuth*, Vol. 8, No. 2, 2019, pp. 231-253

Hegselmann, Rainer and Krause, Ulrich, "Opinion Dynamics and Bounded Confidence Models, Analysis, and Simulation," *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol.5, No. 3, 2002.

Menq, Jau-yeu, Tuan, Pan-chio and Liu, Ta-sheng, "Discrete Markov ballistic missile defense system modeling," *European Journal of Operational Research*, 178, 2007, p. 577.

Menq, Jau-yeu, Tuan, Pan-chio and Liu, Ta-sheng, "Conceptual Lanchester-type Decapitation Warfare Modelling," *Defense Science Journal*, Vol.57, No. 4, 2007, p. 453.

Robinson, Stewart, "Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements," *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 59, No.3, 2008, pp. 278-290.

三、學位論文

李泰平，《陸軍地面作戰基本戰術分析—適應性作戰模型之應用》，國防大學管理學院資源管理及決策研究（民 100），頁 40。

四、網際網路資料

Wilensky, Uri, *Modeling Natures Emergent Patterns with Multi-Agent Languages*, Northwestern University, 2001. 下載網址：
<https://ccl.northwestern.edu/2013/mnep9.pdf>, 存取日期 2023/2/4。

五、專利報告

唐世平（發明人），〈基於電腦模擬技術的選舉結果預測方法〉，中華民國專利資訊檢索系統，證書號：I660283。

分析式兵棋理論與模型綜述：
探討數學模式與模擬方法

俄烏戰爭對台灣防衛作戰的意涵

江旻杓

助理研究員

國防安全研究院國防戰略與資源所

摘 要

綜觀俄烏戰爭態勢，雙方互有勝負，當一方無法使另一方屈服，戰爭就會持續下去，極可能形成曠日持久的消耗戰。依俄烏戰爭的進程，可以區分為四個階段，雙方在各個階段互擅勝場，旗鼓相當。互戰爭全程，俄烏網路戰緊密交鋒，烏克蘭在美國的情報支援下，不僅戰術性質的武力戰打得相當出色；在「先制性宣傳」的攻勢下，也打出影響力作戰優勢。從台灣與烏克蘭的地理形勢來看，台灣優於烏克蘭；從外來援助的補給線來看，烏克蘭優於台灣；從作戰環境來看，台烏的機會概等。俄烏戰爭對台灣防衛的意涵主要呈現在影響力作戰和戰術作為，前者可以透過「先制性宣傳」的策略發揮作用，後者則可在城鎮戰、防空和反裝甲武器、無人機、情報、地雷、水雷以及廣儲狙擊手，增加戰場的靈活性和彈性。

關鍵字：俄烏戰爭、防衛作戰、先制性宣傳、影響力作戰、情報支援

The Implication of the Russo-Ukrainian War on the Defense Operations of Taiwan

Hsinbiao Jiang

Assistant Research Fellow

Division of Defense Strategy and Resources

Institute for National Defense and Security Research

Abstract

Observing the situation of the Russo-Ukrainian war, both sides have won and lost, and when one side fails to bring the other side to its knees, the war will continue, most likely resulting in a protracted war of attrition. The Russo-Ukrainian War can be divided into five phases, in which the two sides have won each other's battles and are on an equal footing. Throughout the war, the Russo-Ukrainian cyberwar was closely fought. With the intelligence support of the United States, Ukraine not only fought a tactical war of force very well, but also gained an advantage of influence in the “pre-emptive propaganda” offense. In terms of geography between Taiwan and Ukraine, Taiwan is superior to Ukraine; in terms of the supply line of foreign aid, Ukraine is superior to Taiwan; in terms of the battle environment, Taiwan and Ukraine have equal opportunities. The implications of the Russo-Ukrainian war for Taiwan’s defense are mainly in the areas of influence and tactics. The former can be achieved through the strategy of “pre-emptive propaganda,” while the latter can be used in urban warfare, anti-air and anti-armor weaponry, drones, intelligence, landmines, naval mines, as well as the well-trained snipers, which can increase the flexibility and elasticity of the battlefield.

Keywords: *Russo-Ukrainian War; Defense Operations; Pre-emptive Propaganda; Influence Operations; Intelligence Support*

壹、前言

俄烏戰爭的導火線肇因於烏克蘭東部頓巴斯（Donbas）地區的盧甘斯克（Luhansk）和頓內茨克（Donetsk）兩州以俄羅斯人居多數的國家認同分歧；1997 年 7 月以來北約（North Atlantic Treaty Organization, NATO）六次東擴，¹俄國堅稱北約保證「絕不東擴」，實際僅係北約部分成員國個別的口頭承諾，並無書面協議支撐，但俄羅斯覺得受騙。²烏克蘭意欲加入北約，遂加深俄羅斯的危機意識。

2014 年，烏克蘭國會廢除俄語的地位，成為分裂烏克蘭的催化劑，新法律引起烏東地區俄裔民眾強烈反彈，³也因此加深俄烏之間的敵意；克里米亞危機（Crimea Crisis）則讓烏克蘭急於加入北約，尋求安全寄託；⁴而烏政府放任亞速營（Azov Battalion）⁵對烏東地區俄裔屠殺、縱火和強姦等嚴重違反人權的行徑，⁶則給予俄羅斯總統普亭（Vladimir Putin）找到「弔民伐罪」的藉口。

為達到奇襲效果，俄羅斯出兵烏克蘭並未實施戰前動員，俄軍普遍不知為何而戰，亦不清楚作戰目標為何，致使普亭的「特別軍事行動」（Special Military Operations）難以取得決定性勝利。⁷戰爭拖延迄今已

¹ “Enlargement,” *North Atlantic Treaty Organization*, May 5 2020, https://www.nato.int/cps/en/natolive/topics_49212.htm。有一說是北約東擴五次，惟依北約官網顯示其於蘇聯解體以後，不同時期的擴張是六次。

² Klaus Wiegrefe, “Is Vladimir Putin Right?” *Spiegel*, February 15, 2022, <https://www.spiegel.de/international/world/nato-s-eastward-expansion-is-vladimir-putin-right-a-bf318d2c-7aeb-4b59-8d5f-1d8c94e1964d>.

³ Roman Huba, “Why Ukraine’s new language law will have long-term consequences,” *Open Democracy*, May 28, 2019, <https://www.opendemocracy.net/en/odr/ukraine-language-law-en/>.

⁴ Alec Greaney, “Ukraine Wanted to Join NATO’s Alliance for Years. What Stopped It?” *NBC Chicago*, April 22, 2022, <https://www.nbcchicago.com/news/national-international/ukraine-wanted-to-join-natos-alliance-for-years-what-stopped-it/2813488/>.

⁵ 亞速營於 2014 年 5 月以位於亞速海沿岸馬里烏波爾（Mariupol）地區信奉新納粹主義（neo-Nazi）的「亞速民團」（Azov Civil Corps）為骨幹編成，是一支由志願者組成的準軍事化民兵，後來併入烏克蘭國民兵（National Guard）。

⁶ Office of the United Nations High Commissioner, “Report on the human rights situation in Ukraine 16 February to 15 May 2016,” June 2, 2016, pp. 17-32, https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Countries/UA/Ukraine_14th_HRMMU_Report.pdf.

⁷ 利刃號，〈戰前動員沒做好！普京最大的挑戰：俄羅斯人不知道為何而戰〉，《網易》，2022 年 9 月 30 日，<https://www.163.com/dy/article/HIHRAKDG0535MYRI.html>。

逾年餘，俄軍雖然控制烏東大部分地區，但烏軍的反抗並無停止跡象，而且讓俄羅斯揮軍南部黑海重鎮奧德薩（Odessa）的企圖始終無法實現。俄烏任何一方的戰略目標若未能實現，或無意願達成談判停火的共識，雙方衝突勢將演變成一場曠日持久的消耗戰（war of attrition）。

本文首先敘述俄烏戰爭情況，接著分析烏克蘭與台灣的安全環境差異；儘管烏克蘭與俄羅斯的軍事力量不在一個等級，但在美國軍事物資和情報支援的有力保障下，烏軍對俄軍的襲擊迭創佳績，比較重大的戰果，例如擊沉俄國黑海艦隊旗艦莫斯科號（Moskva, 121）巡洋艦、炸毀克里米亞大橋、摧毀俄境機場數架圖-95 轟炸機等，給俄國社會造成巨大的政治和心理衝擊。而俄軍佔領第聶伯河（Dnieper）上的卡霍夫卡大壩被摧毀，導致下游數萬居民瀕於險境，則引起人道災難的嚴重關切。

值得一提的是，美國和烏克蘭影響國際輿論的能力可謂達到爐火純青的境界，經常逼得俄羅斯必須忙著澄清，儘管俄國於開戰前後亦對烏克蘭採取影響力行動（influence activities），⁸但外顯的跡象卻是整個影響力作戰（influence operations）的支配權完全掌握在美、烏手裡，其手段與方法值得台灣借鏡和參考；觀察以美國為首的北約以及其他志同道合國家對烏克蘭的支持與協助，應證「自助而後人助」的定律；最後總結台灣防衛作戰可以從中學到的經驗和教訓。

貳、俄烏戰爭情況

由於俄羅斯情報部門嚴重的情報失誤，導致普亭做出錯誤的決策——命令俄羅斯軍隊於 2022 年 2 月 24 日對烏克蘭採取「特別軍事行動」。⁹評估烏克蘭的軍事力量，應該承受不住俄軍機械化部隊的衝擊，然由於烏軍的堅持，迫使俄軍撤離對基輔（Kyiv）和切爾尼戈夫（Chernihiv）的包圍行動，並將主要作戰力量向烏克蘭東部地區轉移。¹⁰即便如此，俄軍花費兩個多月才佔領烏東的幾個大城市。此後俄烏兩

⁸ Ian J. Courter, “Russian Preinvasion Influence Activities in the War with Ukraine,” *Military Review*, September-October 2022, pp. 19-21.

⁹ Henry Foy and John Paul Rathbone, “Intelligence failures hamper Russia’s Ukraine mission,” *Financial Times*, March 2, 2022, <https://www.ft.com/content/ba440d90-b0ba-4a73-a138-9cb1229b6cac>.

¹⁰ Jonathan Spicer and Gleb Garanich, “Russia pledges to reduce attack on Kyiv but U.S.

軍在烏東地區你來我往，形成拉鋸。就烏軍而言，是在艱苦地進行國土保衛戰；就俄軍而論，則是陷入了城鎮戰和游擊戰的泥淖。

烏克蘭在美國及其他國家的大力支援與協助下，抗俄戰爭進行得有聲有色，依兩軍交戰的重大轉折點（turning point）劃分為五個階段，其具體成效可以從軍事作戰和影響力作戰兩個方面呈現出來：

一、第一階段（2022 年 2 月－4 月）

從 2022 年 2 月 24 日起，俄軍以北、東和東南方向三路進入烏克蘭開始，至 4 月 8 日俄軍陣前換將為第一階段。儘管俄軍發動「特別軍事行動」一開始進展迅速，北路軍幾乎將基輔合圍，但俄軍「圍點打援」的作戰構想，因基輔守軍堅守以及其他烏軍並未回援而落空。相反，防守烏東的烏軍部隊卻讓俄國東路軍吃足苦頭。

以俄羅斯軍事力量排名世界第二，烏克蘭排名第 22 的對比，¹¹俄軍於戰爭初期的表現，並不如外界認為應該是一場「閃擊戰」（blitzkrieg）——基輔很快會屈服的想像。儘管，俄國媒體包括《今日俄羅斯》（Russia Today）、《塔斯社新聞》（TASS News）、俄羅斯衛星通訊社（Sputnik News）等都找不到有關俄軍企圖採取閃擊戰的報導。觀察發現，由於俄軍的後勤補給跟不上前線部隊推進的速度，導致整個機甲部隊停在路邊動彈不得，並成為烏克蘭無人機攻擊的目標，明顯沒有做好戰爭準備。

戰爭打了一個多月，普亭對俄軍的作戰能力感到不滿，遂於 4 月 9 日陣前換將，改由「老派」（old school）將領，被視為「血與土的民族主義者」（blood and soil nationalist）的南部軍區司令德沃尼可夫（Alexander Dvornikov）上將接替「特別軍事行動」指揮官。¹²

烏克蘭於戰爭初期捨棄與俄羅斯大部隊決戰的模式，改採城鎮戰和游擊戰，具體的戰術手段包括運用防空飛彈攻擊俄軍直升機和低空戰機、

warns threat not over,” *Reuters*, March 30, 2022, <https://www.reuters.com/world/europe/ukraine-sets-ceasefire-goal-new-russia-talks-breakthrough-looks-distant-2022-03-29/>.

¹¹ Mickaël Andrieu, “Global Fire Power Ranking 2022,” *Kaggle*, <https://www.kaggle.com/datasets/mickaelandrieu/global-fire-power-ranking-2022>.

¹² “Aleksandr Dvornikov: Russian general who helped turn tide of Syrian war,” *The Guardian*, April 10, 2022, <https://www.theguardian.com/world/2022/apr/10/alexander-dvornikov-russian-general-who-helped-turn-tide-of-syrian-war>.

以反裝甲飛彈對付坦克和裝甲車；以偵打一體無人機偵察俄軍動態，於確定目標後由自殺型無人機採取攻擊行動，必要時還可以在自殺攻擊前，先行引導精準武器對大型目標進行打擊，而自身則對敵採取第二次打擊，徹底摧毀目標，這些偵打一體的無人機在攻擊俄軍行動中嶄露頭角；而狙擊手也總是能夠精準狙殺俄軍將領、指揮官以及重要人員。凡此皆為烏克蘭於戰爭的第一階段取得相對理想的戰果，而這一階段也讓烏克蘭打出信心。

二、第二階段（2022 年 4 月－9 月）

2022 年 4 月 10 日，俄軍又一批數量更多的機甲部隊進入烏克蘭，對烏作戰進入第二階段。俄軍對頓巴斯進行大規模掃蕩，包括亞速鋼鐵廠（Azovstal Steel Works）在內的馬里烏波爾（Mariupol）等大城市多被俄軍攻占。但烏軍在美國援助下採取城鎮戰和游擊戰，有效遲滯俄軍攻勢。

烏總統澤連斯基（Volodymyr Zelenskyy）宣稱：烏克蘭將為頓巴斯戰鬥到底，此戰決定烏克蘭的命運，烏克蘭不會為了結束與俄羅斯的戰爭而放棄烏東領土。在這個階段，烏軍狙擊手不斷射殺俄軍指揮官，並運用無人機、短程的防空和反坦克飛彈摧毀俄軍的火炮、車輛和指揮所，甚至重創或擊沉停泊在馬里烏波爾和別爾江斯克港（Berdiansk Port）內，以及航行於黑海蛇島（Zmiinyi Island）附近的俄羅斯登陸和巡邏艦艇，其中以海王星（Neptune）攻船飛彈擊沉俄黑海艦隊旗艦莫斯科號（Moskva）巡洋艦最能起到打擊俄國軍心士氣的震撼作用。¹³

透過美軍情報支援和協助，以火箭和飛彈攻擊俄國軍艦等諸般作為，都起到重要的阻擊作用。尤其岸置攻船飛彈成功拒止俄國黑海艦隊接近奧德薩海岸，發揮以陸制海效益，瓦解俄軍在黑海採取兩棲登陸的企圖。例如，烏軍以兩枚魚叉飛彈（AGM-84, Harpoon）擊沉俄軍向蛇島（Zmiinyi Island）運兵的瓦希里·貝克號（Vasily Bekh）搜救船。¹⁴而此前烏軍以海王星攻船巡弋飛彈（Neptune anti-ship cruise missile）擊沉黑

¹³ 江旻杓，〈烏克蘭「以陸制海」拒止俄軍兩棲登陸〉，《國防安全即時評析》，第 371 號，2022 年 5 月 19 日，頁 1-4。

¹⁴ Dan Parsons, "Ukraine Situation Report: Russian Navy Wary of Anti-Ship Missile Threat," *The War Zone*, July 26, 2022, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/ukraine-situation-report-russian-navy-wary-of-anti-ship-missile-threat>.

海艦隊旗艦莫斯科號巡洋艦取得的戰果更具代表性，¹⁵這個訊息對於振奮烏軍士氣、提高烏軍抗戰信心具有重大意義。

相對於俄國而言，象徵「俄羅斯榮耀」的巨艦瞬間被摧毀，則是一次非常沉重的打擊，也是對俄國軍心士氣的一次嚴重挫敗。由於黑海艦隊艦艇於戰爭期間一再被烏克蘭消耗，黑海艦隊指揮官奧西波夫上將（Admiral Igor Osipov）因此被撤換，由庫茲涅佐夫海軍學院（N. G. Kuznetsov Naval Academy）院長索科洛夫中將（Vice Admiral Viktor Sokolov）接任。¹⁶

綜觀俄烏雙方於戰爭第二階段的表現，俄軍運用地面機械化部隊的優勢，在對內次克和盧甘斯克反抗軍的配合下，奪戰烏克蘭東部大部分地區；而俄羅斯黑海艦隊執行封鎖奧德薩的海上交通線（sea lines of communication, SLOC），使得烏克蘭的農產品無法出口，但也在輕忽大意的巡航過程中遭到烏軍陸基攻船飛彈的重創，從而影響俄軍對烏戰爭的整體表現。

三、第三階段（2022 年 9 月－11 月）

烏軍真正有力的大規模反攻於 9 月 8 日開始，但雙方互有勝負，基本處於戰略相持的階段。看起來烏克蘭在美國戰費和軍備源源不絕地供應之下，烏方領導階層的鬥志昂揚，俄烏軍事衝突雖不至於像澤連斯基所言「和俄羅斯打上 10 年」，¹⁷戰爭的規律顯示，一方如果不能進行實質的佔領，則另一方必然不會屈服，一定會繼續抵抗，甚至採取可能的反攻。在俄烏你來我往，互有勝負的衝突過程，雙方都加大軍事力量的投入，使得戰爭陷入持續拉鋸的局面。

隨著烏軍吹響大規模反攻的號角，並於 9 月 10 日收復伊久姆（Izyum），並對哈爾科夫（Kharkiv）等地區發動反攻，俄烏戰爭進入第

¹⁵ Gerrard Kaonga, “Video Shows Russia’s Moskva Cruiser Hit by Ukraine’s Neptune Missiles,” *Newsweek*, April 14, 2022, <https://www.newsweek.com/russian-moskova-cruiser-hit-ukraine-neptune-missiles-video-1697879>.

¹⁶ RFE/RL’s Russian Service, “Replacement of Russian Black Sea Fleet Commander Confirmed,” *Radio Free Europe*, August 19, 2022, <https://www.rferl.org/a/russia-black-sea-commander-replaced/31996116.html>.

¹⁷ Maeve Reston, “Biden and US allies face new dilemma on Ukraine aid,” *CNN*, April 18, 2022, <https://edition.cnn.com/2022/04/18/politics/us-nato-ukraine-military-aid-dilemma/index.html>.

三階段。¹⁸俄軍逐漸撤出盧甘斯克的幾座戰略城市，烏軍反攻進入戰略轉折點，包括收復哈爾科夫地區 40 幾個鄉鎮、扎波羅熱核電站（Zaporizhzhia Nuclear Power Plant, ZNPP）備載電力恢復、奪回 3,000 平方公里土地，距離俄羅斯邊境線不到 50 公里等等，¹⁹迫使俄軍在烏東地區陷入相當被動的局面。

9 月 27 日，頓內茨克、盧甘斯克、扎波羅熱和赫爾松（Kherson）等四個俄裔居多的地區公投入俄獲得壓倒性通過之後，²⁰烏軍形同已在俄國「境內」作戰。10 月 2 日，烏軍收復烏東交通和後勤重鎮利曼（Lyman），²¹使得俄軍在烏東「國境」地區的鞏固力量面臨巨大的壓力。俄烏戰爭進入到第三階段開始，烏軍發起大規模反攻。俄軍在烏的軍隊漸感不支，於是普亭下達動員令徵召 30 萬人，²²應對烏東岌岌可危的情勢，使得烏東地區的土地在收復與失去之間反覆易手。

儘管戰爭進展到第三階段，與戰前的情況一樣，俄羅斯當局並未做好人民的心理建設，俄國青年普遍不知為何而戰，因此引起的反戰情緒往往成為抗拒動員和逃避兵役的動機。²³此現象顯示即便是「戰鬥民族」，若缺乏合理的作戰信念支持，「民族之子」未必會心甘情願上戰場。

¹⁸ RFE/RL's Ukrainian Service, "Ukraine Says It's Launched a New Counteroffensive as Russia Moves Forces Away from Kharkiv," *Radio Free Europe*, May 14, 2022, <https://www.rferl.org/a/ukraine-battle-kharkiv-russian-withdrawal/31849380.html>.

¹⁹ Tara John and Rhea Mogul, "September 11, 2022 Russia-Ukraine news," *CNN*, September 12, 2022, <https://edition.cnn.com/europe/live-news/russia-ukraine-war-news-09-11-22/index.html>.

²⁰ Euronews with AP, Reuters, "Ukraine 'referendums': Full results for annexation polls as Kremlin-backed authorities claim victory," *Euronews*, September 28, 2022, <https://www.euronews.com/2022/09/27/occupied-areas-of-ukraine-vote-to-join-russia-in-referendums-branded-a-sham-by-the-west>.

²¹ Luke Harding, "Ukraine declares full control of Lyman after Russian forces pull out," *The Guardian*, October 2, 2022, <https://www.theguardian.com/world/2022/oct/02/ukraine-declares-full-control-of-lyman-after-russian-forces-pull-out>.

²² NPR, "Russia says it enlisted 300K new troops to fight in Ukraine and doesn't plan for more," *National Public Radio*, October 28, 2022, <https://www.npr.org/2022/10/28/1132229763/russia-ukraine-putin-russian-troops-military-draft-mobilization>.

²³ Karl Ritter, "Putin orders partial military call-up, sparking protests," *AP News*, September 22, 2022, <https://apnews.com/article/russia-ukraine-putin-donetsk-f64f9c91f24fc81bc8cc65e8bc7748f4>.

四、第四階段（2022 年 11 月－2023 年 4 月）

隨著烏軍凌厲的反攻行動，於 2022 年 11 月 9 日「收復」赫爾松，²⁴讓赫爾松「脫烏入俄」的公投結果於持續 44 天之後破滅，促使俄烏戰爭進入第四階段。赫爾松是赫爾松州的首府大城，俄軍撤離導致雙方作戰進入重大的轉折點。

對於烏克蘭而言，收復一個省的省會對於軍心士氣具有很大的振奮作用；相對於俄羅斯來說，無法鞏固烏境攻佔的土地，實已凸顯其手段（means）與方法（ways）無法支持作戰目的（ends）的困境。一再地丟城失地，對於俄軍士氣的打擊只能是雪上加霜。迫使普亭必須採取動員手段，徵召 30 萬名預備役入營，²⁵以確保「特別軍事行動」不以失敗告終。

儘管烏克蘭軍隊企圖奪回被佔領土，但 2022 年入冬以來，雨雪天氣造成地面泥濘不堪，拘束烏軍行動，俄軍成功阻擋烏軍進攻，得以加強並鞏固第聶伯河以東地區的防線。除正規軍外，俄國也起用傭兵團參戰。普亭在聖彼得堡（St Petersburg）招待各國政要的新島餐廳（Staraya Tamozhnya）老闆兼廚師普里格津（Yevgeny Prigozhin）每次都親自出菜，後以「普亭的大廚」（Putin's chef）而出名。²⁶2023 年 1 月，普里格津帶領的瓦格納傭兵團（Wagner Group）攻占頓內次克州的索列達爾（Soledar），打出瓦格納的知名度。

此期間，俄烏雙方進入你來我往的城鎮爭奪戰階段，雖互有勝負，彼此卻都無法更進一步擴大戰果，形成一場不知將於何時停止的消耗戰。2023 年 2 月起，包括中國在內的多個國家開始走訪俄、烏兩國，謀求停戰的可能性，似乎並未見到成果。而烏克蘭於 4 月以來宣稱積極準備對

²⁴ Hanna Duggal, "Russia's withdrawal from Ukraine's Kherson city explained in maps," *Aljazeera*, November 10, 2022, <https://www.aljazeera.com/news/2022/11/10/russia-withdrawal-from-ukraines-kherson-explained-in-maps>.

²⁵ Mary Ilyushina, "Russian defense minister says mobilization complete with 300,000 summoned," *The Washington Post*, October 28, 2022, <https://www.washingtonpost.com/world/2022/10/28/russia-mobilization-complete-war-ukraine/>.

²⁶ Shaun Walker, Peter Beaumont and Dan Sabbagh, "Head of Russia's Wagner group says his troops have taken control of Soledar," *The Guardian*, January 10, 2023, <https://www.theguardian.com/world/2023/jan/10/head-of-wagner-group-says-his-troops-have-taken-control-of-soledar>.

俄軍發起「春季反攻」(spring counteroffensive)，則使得戰爭延續進入到第五階段。

五、第五階段（2023 年 4 月以來）

澤連斯基基於 2023 年 4 月宣稱烏軍即將展開「春季反攻」，然而已到夏天，大規模的反攻行動並未發生，所持理由是缺乏足夠的西方武器，而靈雨的天氣導致道路泥濘，訓練部隊使用西方提供的武器也需要一段時間等各種制約，都是導致反攻停頓的重要原因。²⁷烏軍無法組織大規模反攻，遂給俄軍好整以暇「深挖洞、高築牆、廣積糧」的喘息機會。

烏克蘭國防部副部長馬利亞爾（Hanna Maliar）於 6 月 5 日接受烏克蘭電視台訪問，宣稱烏軍已從多個方向展開反攻，²⁸但並未起到具體的作用。她承認，烏軍在 800 英里戰線的多個地點嘗試突破俄軍的防線，面臨「非常嚴峻」(very tough) 的挑戰，雖然烏克蘭部隊在期待已久的反攻階段取得微小的進展，²⁹但在熱兵器交鋒的戰場上似乎並未有益於戰爭全局的發展。

相對於軍事行動的陣地交鋒，俄烏戰爭的網路空間戰（cyberspace warfare）亦打得如火如荼，但外顯的優勢似乎呈現在烏克蘭一方。澤連斯基不是通過視訊向西方國家爭取重型武器援助；在他國國會演講，呼籲國際加強制裁俄羅斯；就是指責俄軍侵略犯下的各種「罪狀和暴行」，激發國民同仇敵愾心理與抗敵意志，³⁰並且成功吸引世界各國的同情。「新美國」(New America) 資深研究員辛格（Peter Singer）指出，「如果烏克蘭缺乏抵抗的正義性，讓人知曉其正當性、英雄事蹟及民眾的痛苦

²⁷ Tara Copp, “Why Ukraine’s spring offensive still hasn’t begun — with summer just weeks away,” *AP*, May 19, 2023, <https://apnews.com/article/ukraine-russia-counteroffensive-war-attack-b962aba2b779044d22b11dab719f1614>.

²⁸ Nathan Hodge, Sebastian Shukla, Olga Voitovych and Sana Noor Haq, “Ukrainian offensive is ‘taking place in several directions,’ says official,” *CNN*, June 6, 2023, <https://edition.cnn.com/2023/06/05/europe/russia-ukraine-offensive-donetsk-intl/index.html>.

²⁹ David Brennan, “Ukraine’s ‘Biggest Blow’ Yet To Come, Kyiv Says As Counter Grinds On,” *Newsweek*, June 20, 2023, <https://www.newsweek.com/ukraine-biggest-blow-yet-come-kyiv-counter-grinds-russia-hanna-maliar-1807793>.

³⁰ 江旻杓，〈俄烏軍事衝突對臺灣的啟示〉，《新社會》，第 79 期，2022 年 6 月 15 日，頁 12。

資訊，不僅會輸掉資訊作戰，還會輸掉整個戰爭。」³¹烏克蘭政府和全球支持者聯盟透過網際網路採取共同的宣傳行動，不僅做得非常出色，也起到很好的作用。

俄烏軍事衝突以來，但凡出現一些俄烏雙方互控對方造成的事件，包括於馬里烏波爾屠殺平民、炸毀全世界最大的飛機——安托諾夫安-225「夢想」(Antonov An-225 Mriya)運輸機、炸斷克里米亞大橋、³²爆破第聶伯河下游的卡夫卡大壩(Kakhovka Dam)等等。儘管俄烏各說各話，讓事件真相有如羅生門，烏方依然把握每一次宣傳的機會，讓世界輿論的矛頭指向俄方，使得俄羅斯在國際輿論落居下風。

歸納烏方輿論戰的作法可以列舉 10 個策略：不等揭穿即先行揭發 (pre-bunking)；彰顯英雄事蹟；以恰到好處的方式疊加資訊 (card-stacking)；³³神化烈士英模；展現人民力量；放大人民受害資訊；擴大宣傳人民抵抗行動；鼓勵外國人加入陣營；展示人性化的一面（並讓戰爭之貓溜走“let slip the cats of war”）以及嘲諷俄軍等手段。³⁴所有真中有假，假中帶真，真真假假的訊息經由網際網路無遠弗屆地推送，烏克蘭

³¹ Stuart A. Thompson and Davey Alba, “Fact and Mythmaking Blend in Ukraine’s Information War,” *The New York Times*, March 3, 2022, <https://www.nytimes.com/2022/03/03/technology/ukraine-war-misinfo.html>. Visited date: April 13, 2022.

³² 2023 年 7 月 7 日，烏克蘭國防部副部長馬利亞爾(Hanna Maliar)於紙飛機(Telegram)社交媒體公開承認，烏軍於 2022 年 10 月襲擊克里米亞大橋，意圖切斷俄軍的補給線。Goli Innocent, “Ukraine Admits Blowing Up Crimean Bridge To ‘Break’ Russia’s Logistics,” *New Telegram*, July 10, 2023, <https://newtelegraphng.com/ukraine-admits-blowing-up-crimean-bridge-to-break-russias-logistics/#:~:text=The%20Deputy%20Defense%20Minister%20of,Bridge%20in%20autumn%20of%202022>。

³³ 所謂「疊加卡片」的意思是採取「疊羅漢」的宣傳手法，選擇性地強調某些事實，以形成對整個故事的特定看法。透過初期勝利的單一例子，塑造整個戰爭的初期敘事。雖然地圖顯示俄軍以堪比美國入侵伊拉克的速度奪取烏克蘭的大片地區，但網路世界可以只關注小部隊的勝利，例如，俄軍在霍斯托梅爾機場(Hostomel Airport)被烏軍擊敗的資訊，烏國防部不斷推播無人機成功打擊俄軍的視頻，以及一名烏軍士兵在交火後帶著勝利者無以言表的豪邁之情。這些視頻的點閱率超過300萬次，充分發揮敘事的力量(power of narrative)，這些勝利視頻使其保衛的城鎮後來被俄軍佔領的事實顯得黯然失色。資訊作戰最重要的目的就是讓人民相信烏克蘭正在獲勝，確保民心士氣不會崩盤。

³⁴ Peter W. Singer, “How Ukraine Won The #LikeWar,” *Politico*, March 12, 2022, <https://www.politico.com/news/magazine/2022/03/12/ukraine-russia-information-warfare-likewar-00016562>. Visited date: April 13, 2022.

政府於 2022 年 8 月進行的民調顯示，有高達 98% 的烏克蘭人民堅信對俄抗戰終將獲勝。³⁵

俄烏戰爭已經過去一年，外界仍難以準確瞭解實際發生的情況。某種程度而言，這就是戰爭迷霧（fog of war）。既印證了邱吉爾（Winston Churchill）的觀察——真相是戰爭的第一個犧牲品，也反映澤連斯基及其團隊將資訊戰提升到不同凡響的水平——編造引人注目的日常敘事並控制資訊流。例如，隱瞞有關烏克蘭傷亡的資料。³⁶贏得世界各國對烏克蘭的同情與支持，並加強制裁俄羅斯的力道，而烏克蘭則得到絡繹不絕的資金和軍事物資挹注，不僅成功扭轉俄國自 2014 年以來支配混合戰（hybrid warfare）優勢的局面，也充分掌握對俄資訊敘事的話語權和影響力。

軍事衝突的走向進入新的階段，看起來雙方都無法突破目前的對峙局面，俄羅斯軍隊目前仍然控制烏克蘭東部「公投自決」的四個州。然而戰爭畢竟還在進行，最終鹿死誰手，抑或是兩敗俱傷，還有得觀察，但似乎避免不了「鷸蚌相爭，漁翁得利」的規律——美國軍火商徹底出清庫存，而中國則獲得俄羅斯的廉價油氣。

俄烏戰爭對世界各國經濟造成極不利的影響，2023 年 4 月起，巴西總統盧拉（Luiz Inacio Lula da Silva）的首席外交政策顧問阿莫林（Celso Amorim）訪問莫普亭促談；³⁷5 月中國特使李輝對俄烏進行「勸和促談」；³⁸6 月，非洲六國領導人接續訪問俄烏，尋求外交談判的可能性。³⁹然而，

³⁵ “98% of Ukrainians believe Ukraine will win the war – IRI poll,” *Euromaidan Press*, August 12, 2022, <https://euromaidanpress.com/2022/08/12/98-of-ukrainians-believe-ukraine-will-win-the-war-iri-poll/>.

³⁶ Graham Allison and Kate Davidson, *Russia-Ukraine War Report Card* (Cambridge, MA: Avoiding Great Power War Project, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, 2023), p. 1.

³⁷ Anthony Boadle and Lisandra Paraguassu, “Brazil envoy met Putin to push Ukraine peace talks,” *Reuters*, April 4, 2023, <https://www.reuters.com/world/brazil-envoy-met-putin-push-ukraine-peace-talks-cnn-brasil-2023-04-03/>.

³⁸ Simone McCarthy, “China’s special envoy met Zelensky during two-day Ukraine visit, Beijing says,” *CNN*, May 18, 2023, <https://edition.cnn.com/2023/05/17/china/china-special-envoy-ukraine-europe-peace-talks-intl-hnk/index.html>.

³⁹ Sarah Dean, Olga Voitovych, Nimi Princewill, and Niamh Kennedy, “African leaders greeted with explosions over Kyiv on peace mission to Ukraine,” *CNN*, June 16, 2023, <https://edition.cnn.com/2023/06/16/africa/african-leaders-peace-mission-ukraine-intl/index.html>.

烏克蘭在北約全力支援下，讓澤連斯基擁有「收復失土」的底氣，因此告訴非洲領導人——不與俄羅斯和談。⁴⁰看起來，除非以美國為首的北約停止軍援烏克蘭，中國及其他國家「勸和促談」的成果相當有限。

參、烏台地緣戰略分析

一、烏克蘭的地理環境

烏克蘭地處千里沃野的東歐大平原，地理形勢由山地、丘陵、台地和低地平原組成。北部為波列西耶低地（Polesian Lowland）；西部為沃倫—波多利斯克台地（Volyn-Podilsk Upland）與第聶伯台地（Dnieper Upland）；主要山地在西南部，烏境內的喀爾巴阡山脈（Carpathians）最高峰海拔 2,061 公尺；中部為第聶伯低地，第聶伯河由北向南貫穿烏克蘭全境注入黑海；南部為黑海低地及邊境地帶的山地，最高峰海拔 1,545 公尺；東南部為頓內次山脊（Donets Ridge）和亞速海（Sea of Azov）沿岸丘陵。

烏克蘭北部與白俄羅斯相鄰，西部和波蘭及斯洛伐克接壤，西南部毗連匈牙利，南部與羅馬尼亞和摩爾多瓦為鄰，東南部濱臨黑海、克里米亞和亞速海，東部與俄羅斯邊界則是遼闊的平野，無險可守。烏國中部地勢平坦，擁有肥沃的黑土區，面積占全世界的 25%，⁴¹大麥、小麥、玉米、蕎麥、葵花、葵花油、肉類、肌肉、雞蛋等農產品產量豐富，向來是「歐洲糧倉」（Granary of Europe），⁴²也是歐洲、北非及中東地區主要的糧食來源。

由於烏克蘭東部省分的俄裔族群居多數，分離意識特別強烈，俄羅斯可就近迅速介入；2014 年克里米亞分裂危機，俄國遂行混合戰的具體

⁴⁰ Pavel Polityuk and Olena Harmash, “Ukraine tells African leaders no peace talks with Russia,” *Reuters*, June 17, 2023, <https://www.reuters.com/world/south-african-president-arrives-ukraine-peace-mission-2023-06-16/>.

⁴¹ Chris Lawrence, “Ukraine, the granary of Europe and Spain: we bought 42% of the cereal,” *Sportsfinding*, February 26, 2022, <https://sportsfinding.com/ukraine-the-granary-of-europe-and-spain-we-bought-42-of-the-cereal/135841/>.

⁴² Pan Yinru, “Why is Ukraine called the ‘granary of Europe’? Corn and wheat exports account for more than 10% of the world’s Hong Kong and US stock information,” *News Directly*, March 3, 2022, <https://newsdirectory3.com/why-is-ukraine-called-the-granary-of-europe-corn-and-wheat-exports-account-for-more-than-10-of-the-worlds-hong-kong-and-us-stock-information/>.

措施為正統與非正統戰法（unorthodox）相結合，讓士兵穿上沒有識別標章的綠色戰鬥服進入克里米亞進行挑釁，引發俄裔族群對烏政府不滿，為俄軍介入製造輿論和民意基礎；同時伴隨賽博攻擊、製造虛假訊息、經濟脅迫與政治抗議，⁴³促使該地居民棄烏從俄，最終通過公投加入俄羅斯。⁴⁴由於烏東地區信奉東正教的俄語裔與信仰天主教的烏語裔族群之間水火不能相容，最終造成同樣的「脫烏入俄」戲碼在 2022 年 9 月被複製於頓巴斯地區的頓內茨克、盧甘斯克、赫爾松和扎波羅熱四個州。

烏克蘭的地緣戰略環境兼具利與不利的雙重特性。利點有二：第一，除了來自東部俄羅斯和北部白俄羅斯的威脅之外，與其他周邊國家關係都保持友好，各國的援助可以經由陸路源源不絕地進入烏克蘭；第二，得力於北約國家的支持，尤其是美國的強力奧援，烏軍的持續戰力因此得以為繼。然亦有二不利點：一是烏克蘭與俄羅斯邊界無地形上的天險可守，一旦雙方關係緊張，烏國的邊境安全存在很高的脆弱性。二是控制頓巴斯地區的分離勢力可與俄軍遂行聯合作戰，不斷抵銷烏軍的抗戰效果。

二、台灣的地理環境

台灣東臨太平洋，北濱東海，西有台灣海峽與大陸區隔，南以巴士海峽與菲律賓為界，東北為日屬琉球群島，除了與周邊國家的專屬經濟區（Exclusive Economic Zone, EEZ）有一部分重疊之外，並不存在陸地接壤的邊境線。台灣地形有 30% 的高山、40% 的台地和丘陵以及 30% 的盆地與平原；高山層巒疊嶂，呈南北縱向延伸，玉山海拔 3,952 公尺，是東北亞最高峰；河川以中央山脈為界向西或向東流，南北縱向的河川較少，向北主要有淡水河和秀姑巒溪，向南的有高屏溪（下淡水溪）；台灣盛產稻米、水果等各種農產品，但能源極度匱乏，必須依賴進口。

澎湖群島位於台灣與大陸之間，史上的攻台作戰都是先攻佔澎湖，然後才順利奪取台灣。例如，1624 年明荷風櫃尾圍城之戰，福建巡撫南

⁴³ Sascha Dov Bachmann and Håkan Gunneriusson, "Russia's Hybrid Warfare in the East: the Integral Nature of the Information Sphere," *Georgetown Journal of International Affairs*, Vol. 16, 2015, pp. 199-205.

⁴⁴ Murat Caliskan, "Hybrid warfare through the lens of strategic theory," *Defense & Security Analysis*, Vol. 35, No. 1, 2019, pp. 47-49.

居益拿下澎湖，荷蘭撤離澎湖退佔台灣，⁴⁵1661 年明鄭再經澎湖攻台；1683 年清朝施琅澎湖海戰迫降明鄭；⁴⁶1884 年法國孤拔（Anatole-Amédée-Prosper Courbet）艦隊攻打基隆未果，遂於翌年攻佔澎湖；⁴⁷1895 年，日本為控制南海，並為甲午戰爭談判要求割讓台灣營造有利條件，於同年奪佔澎湖。⁴⁸這些戰例凸顯澎湖扮演攻台前進基地的戰略地位。儘管現代化武器的射程和殺傷能力已能取代許多戰略要域，但澎湖西距福建最近 75 哩，東距台灣最近僅 24 哩，既是控制台灣海峽的扼制點，也是拱衛台灣的地理重要組成。

台灣和澎湖的安全環境具有五個有利特性：第一，台灣位於第一島鏈中間，處於解放軍進出太平洋的戰略要衝，其安全攸關美國的戰略利益，並且影響日本西南 1000 哩海上交通線的安全，⁴⁹地緣戰略決定了台灣的重要性。第二，由於台灣海峽天塹相隔；不論是台灣全民防衛動員或是友盟採取必要的應援措施，皆具備較長的戰略預警時間，解放軍很難通過奇襲的手段達成攻台目的。第三，台灣的地理環境多數被山地和丘陵地盤據，且被河川分割，對大規模機械化部隊運動相當不利。第四，台灣高度城鎮化的地理環境有利於國軍發揮城鎮戰和游擊戰的主場優勢。第五，澎湖全境皆在台灣各式飛彈的射程掩護之內，而且適合登陸的山水海灘面對嘉義，直接暴露在我岸置機動攻船飛彈的涵蓋範圍，不利共軍兩棲船團登陸。然而，四面環海也成為台灣和澎湖的限制條件，一旦敵人採取「聯合封控」和「反介入作戰」，即可能導致能源及武器彈藥等戰略物資無法得到補充，將對台灣整體的持續戰力造成不利影響。

二、烏台地緣戰略差異

烏克蘭和台灣安全環境的差異性可以從交通線、作戰環境及國際環境、武器裝備四個層面分析：

⁴⁵ William Re Campbell, *Formosa Under the Dutch: Described from Contemporary Records with Explanatory Notes and a Bibliography of the Island* (London: Kegan Paul, Trench, Trübner & Co., 1903), p.45.

⁴⁶ 葉振輝，〈1683 年鄭清澎湖之役勝敗分析〉，王國裕編，〈澎湖研究：第一屆學術研討會論文輯〉（馬公：澎湖縣政府文化局，2006 年），頁 340-344。

⁴⁷ 劉煥彥，〈這場瘟疫救了台灣！讓寶島沒變成法國殖民地〉，《今周刊》，2020 年 4 月 24 日，<https://www.bustoday.com.tw/article/category/80398/post/202004240038/>。

⁴⁸ 宗澤亞，〈清日戰爭〉（香港：商務印書館，2012 年），頁 142。

⁴⁹ 李兵，〈日本海上戰略通道思想與政策探析〉，《日本學刊》，2006 年第 1 期，頁 96。

（一）交通線

烏國南部與西部被北約成員國圍繞，經由陸上交通線獲得其他國家等軍事物資的補充與支援相對有利，雖然武器彈藥在運送到烏東的過程，容易遭到俄軍遠程精準火力的打擊，但若能做到隱蔽和欺敵措施，仍可獲得較高的存活力；俄烏戰爭證明，烏克蘭的陸上交通線不容易被截斷，各種物資綿延不絕地進入烏克蘭，有力保障了烏軍的持續戰力。

台澎防衛作戰區四面環海，一旦台海爆發軍事衝突，石油、天然氣、煤炭、鐵礦等戰略物資以及其他武器彈藥船運的兵險將飛漲到難以接受的程度，受到戰火波及的風險提高將可能導致船運公司不願承攬運輸業務；若賴以為繼的海上交通線遭到封鎖，⁵⁰台灣將面臨能源及軍備斷供的處境。加以能源儲備設施於戰時極可能被摧毀，社會長時間斷電、斷網、斷水、斷氣，加上物價飛漲，非常容易引起人心惶惶，造成社會動亂；而武器彈藥消耗殆盡得不到補充，亦將斷送國軍的持續戰力。就外部支援能源和軍備等戰略物資的交通線而言，烏克蘭優於台灣。

（二）作戰環境

烏克蘭土地面積遼闊，具備打持久戰的戰略縱深，由於烏軍欠缺大規模機械化部隊和空軍，因此採取據守城鄉打城鎮戰和游擊戰的防衛戰略。不過城鎮戰和游擊戰屬於被動防禦，可能可以產生拖延、襲擾和消耗的作用，卻很難創造決定性的戰果。儘管美國等北約國家源源不絕地提供烏克蘭軍備援助，但沒有強大機械化部隊的攻勢和空軍戰鬥機的掩護，很難在具有縱深條件的作戰環境中取得反攻的優勢。

台灣中部以北多山地和丘陵，山地和丘陵高地可鑿掘洞隧部署機動雷達車和飛彈車，給敵海上艦船構成巨大威脅。台灣地形受到東西向河流的分割，汛期或戰時道路、橋樑、隧道遭到破壞，將不利於大部隊南北運動；我跨區增援部隊機動受限，敵部隊行動同樣受到拘束，因此有利於將敵吸引在作戰區內，不利敵擴增戰力，而且我較敵更熟悉作戰環境，具有防衛作戰的主場優勢。

烏克蘭與俄羅斯邊境線綿長，除了頓巴斯地區俄裔居多數的省分邊

⁵⁰ 古莉，〈台北警報：北京或從空中和海上封鎖台灣〉，《法國廣播電台》，2021年11月9日，<https://reurl.cc/ROgA2x>。

界之外，仍有 2000 餘公里與俄羅斯實際接壤；而台灣則有百餘公里寬的海峽天塹與大陸相隔。從地理條件和作戰環境來看，台灣較優於烏克蘭。

（三）國際環境

隨著蘇聯於 1991 年底解體，冷戰時代終結，成就了民主集團對抗共產集團的重大勝利。然而脫胎於蘇聯的俄羅斯在 21 世紀以來先後對周邊鄰國格魯吉亞（2008 年）、克里米亞（2014 年）及烏克蘭頓巴斯地區使用武力（2014-2015），這些軍事行動被認為是莫斯科自 1989/1990 年以來追求的反對歐洲秩序修正主義路線進入新的階段得到證實，⁵¹並因此引起北約和歐盟戒慎恐懼。

2022 年，普亭再對烏克蘭出兵，激起許多民主國家嚴厲撻伐，並在兩個方面採取有力的應對措施：一方面提供烏克蘭軍事與（或）金融以及（或）人道援助，另一方面制裁俄羅斯的企業、組織和個人。這些措施很程度地重傷了俄國的生產力，並因此拘束俄羅斯在烏軍事行動的進程，不僅為烏克蘭延續持續抗戰的能力，也為烏軍反攻爭取時間。

1991 年蘇聯解體終結了民主與共產集團的冷戰，30 年後中國崛起，民主主義對抗社會主義的新冷戰成形。西方民主國家幾乎一致認為中國的社會主義將對民主社會構成威脅，中國的影響力破壞國際體系的既有規範，認為「中國崛起＝中國威脅」。⁵²因此，一旦中共以武力進犯台灣，受到國際社會各種形式制裁的力道恐不下於俄羅斯。國軍的繼戰力與能資源的持續供補息息相關，而能資源的輸入則視海上交通線的安全情況決定，若無安全的海線環境，恐怕得不到足夠的外援，因此海線安全形同台灣的生命線。

（四）武器裝備

烏克蘭於冷戰時期為蘇聯軍工裝備主要生產基地，烏軍習於使用俄式武器。2022 年以後，儘管大量西方武器源源不斷援助烏克蘭，但除了在過去一年中，大約有 17000 名新兵曾經接受美、英等北約國家訓練，

⁵¹ 陳瑜，《全球智庫軍事戰略研究動態》（北京：新華出版社，2017 年），頁 418。

⁵² 陸委會，〈中國崛起的危機與風險〉，《行政院大陸委員會》，2005 年 10 月 1 日，https://www.mac.gov.tw/News_Content.aspx?n=AD6908DFDDB62656&sms=161DEBC9EACEA333&s=C821607950F8CB2B。

⁵³較能夠熟悉西方武器裝備之外，其他絕大多數的烏克蘭軍隊對於包括美、英、法、德等西方國家在內的重型武器裝備，往往很難在短時間內上手。因此，才會出現類似部分布萊德雷步兵戰鬥車（Bradley fighting vehicles）和豹二坦克（Leopard II tanks）甫上前線即被摧毀的現象。⁵⁴

國軍若採購從未使用過的武器裝備，通常都會附加採購軍售或商售訓練課程，如此不僅有利於裝備成軍或裝備部隊時，官兵已能熟悉操作程序、步驟與要領，同時亦可建立自身的訓練與維保能量，確保裝備使用以及維修保養順遂。加以國軍長期使用美式武器系統，嫻熟系統運作原理。而自力建造的武器裝備和系統，往往具有美式裝備的「基因」。因此，即便臨時使用美軍武器系統，也有能力在短時間內提高裝備的互操作性（interoperability），發揮武器裝備的功能與效果。

肆、借鑑俄烏戰爭經驗

《全球火力》（*Global Fire Power, GFP*）的資訊顯示，2022 年的烏克蘭全球軍力排名第 22（台灣第 21 名），⁵⁵相較於全球排名第二的俄羅斯，自然是難以望其項背。儘管如此，俄烏衝突第一階段上半場（2 月 24 日～3 月 29 日），俄軍雖在烏境攻城掠地，惟整體進展並不順利，而烏軍在攻擊俄軍戰車、直升機和戰機的表現卻相當亮眼。即便是戰爭進入僵持的下半場段（3 月 30 日～4 月 9 日），烏軍仍有令人刮目相看的演出，尤其打擊俄羅斯黑海艦隊的傑出成果，是繼 1982 年福克蘭戰爭（Falklands War）以來，40 年之後再度締造以飛彈擊沉大型軍艦的紀錄。

4 月 10 日起，俄軍在頓巴斯地區發起大規模攻勢，俄烏戰爭進入第二階段之後，儘管烏軍有可能在俄軍的強勢攻擊下嚴重受挫，但從俄軍侵入烏克蘭以來，烏克蘭應對衝突的作法相當值得稱道，具體可以從「操

⁵³ Le Monde with AFP, “UK and allies have trained 17,000 Ukrainian recruits,” *Le Monde*, June 26, 2023, <https://reurl.cc/94DqGY>.

⁵⁴ Brad Lendon, Andrew Carey, Kostan Nechyporenko, Uliana Pavlova and Maria Kostenko, “Ukraine loses 16 US-made armored vehicles, group says, but Kyiv’s forces still gain territory,” *CNN*, June 12, 2023, <https://edition.cnn.com/2023/06/12/europe/ukraine-offensive-battlefield-losses-progress-intl-hnk-ml/index.html>, and Editorial staff, “Ukraine is Finally Using its French and German Tanks in Battle: New Video Shows Their Destruction in Donetsk,” *Military Watch Magazine*, June 7, 2023, <https://militarywatchmagazine.com/article/ukraine-french-german-tanks-destruction>,

⁵⁵ “2022 Military Strength Ranking,” *Global Fire Power*, <https://www.globalfirepower.com/countries-listing.php>.

之在我」的影響力作戰和戰術作為兩個主觀面相提供台澎防衛參考。至於國際援助的面向，雖可想像外國對台的軍事、金融和人道援助都不會少，畢竟屬「成之於人」的客觀面向，本文不與探討，倒是前述「國際志願者」支援烏克蘭的作法相當值得台灣參考。

一、影響力作戰

澤連斯基在整個戰爭過程不斷強化「元首外交」的作為，呼籲各國援助烏克蘭，並且制裁俄羅斯；渠結合其民間專長粉墨登場，擴大宣傳俄軍對烏國人民的暴行，既激發人民的敵愾心理和抗敵意志，亦激起國際公憤，從而擴大對俄制裁以及對烏援助的力度。⁵⁶烏克蘭在美國和北約的支持與協助下，牢牢掌控話語權，俄羅斯繼蘇聯之後再度被視為「邪惡帝國」(Evil Empire)。⁵⁷澤連斯基之所以能盡情徜徉於網絡空間，得力於馬斯克 2,000 餘顆低軌衛星提供寬頻網路的幫助，而澤連斯基也絲毫沒有浪費網路容量，所有不利俄軍的訊息都通過網際網路向烏國全境以及全世界放送。看起來俄羅斯在俄烏戰爭期間的混合戰、認知戰、資訊戰、輿論戰、心理戰、法律戰和宣傳戰等等在內的影響力作戰領域，難以和美國及烏克蘭匹敵。

烏方採取影響力作戰的策略和手段，如同美國應對俄羅斯影響力作戰的方法——凡是對俄國不利的訊息，不論正不正確，或只是部分正確，都通過媒體大力放送。⁵⁸其目的是故意使正確的資訊曝光，讓對手投鼠忌器；公開部分正確的資訊，擾亂對手的布局；發布不正確的資訊，甚至不惜捏造虛假訊息，破壞對手形象，激發人民同仇敵愾意志，吸引國際同情。筆者稱這種操作手法為「先發制人的宣傳」(pre-emptive propaganda，簡稱「先制性宣傳」)，⁵⁹這種宣傳手段並不強調內容的絕對真實性，重點是要能夠在第一時間掌握「制資訊權」。

⁵⁶ 江旻杓，〈俄烏軍事衝突對臺灣的啟示〉，頁 15。

⁵⁷ “Anna Fotyga (ECR): Russia once again an evil empire and prison of nations,” *European Conservatives and Reformists*, https://ecrgroup.eu/article/anna_fotyga_ecr_russia_once_again_an_evil_empire_and_prison_of_nations.

⁵⁸ Ken Dilanian, Courtney Kube, Carol E. Lee and Dan De Luce, “In a break with the past, U.S. is using intel to fight an info war with Russia, even when the intel isn’t rock solid,” *NBC News*, April 6, 2022, <https://www.nbcnews.com/politics/national-security/us-using-declassified-intel-fight-info-war-russia-even-intel-isnt-rock-rcna23014>.

⁵⁹ 江旻杓，〈俄烏軍事衝突對臺灣的啟示〉，頁 16。

美國中央情報局局長伯恩斯 (William J. Burns) 於 2021 年以來對付中國和俄羅斯即係採取這種戰術，後來更聯合烏克蘭對俄羅斯採取「先制性宣傳」的手法，使其成功扭轉 2014 年克里米亞危機以來混合戰的劣勢，在俄烏影響力作戰過程取得完勝的效果。美烏在影響力作戰領域超乎尋常的表現，非常值得台灣借鑑。實際上，影響力作戰於平時即應勤於耕耘，無須等到戰爭爆發。台灣宜在影響力作戰領域加大投資和經營力度，俾利從頭到尾掌握話語權，打贏影響力作戰，為武力戰的勝利奠定基礎。

二、戰術作為

烏軍在戰爭期間的戰術作為，可以從結果論來評估其效力，包括以城鎮戰破解俄軍大部隊機動作戰、大量使用反裝甲和短程防空武器造成俄軍重大損失、使用偵打一體／自殺型無人機有效攻擊俄軍指揮所、妥善利用情報把握戰機擊沉或擊傷俄國艦艇、運用地雷和水雷成功阻滯俄軍推進、以及儲訓狙擊手精準射殺敵軍將領、指揮官以及其他重要角色者等等。

(一) 城鎮戰

烏克蘭通過城鎮戰讓俄軍對於使用重武器投鼠忌器，大部隊只能包圍城鄉，小部隊進入鄉鎮往往遭到守軍致命的打擊，損傷慘重。直到俄軍精銳部隊進入烏東，頓巴斯地區的大城市紛紛被俄軍攻陷，而據守於馬里烏波爾亞速鋼鐵廠的烏克蘭部隊和國際兵團在俄軍封鎖外援之下，持續戰力逐漸萎縮，⁶⁰最終不是投降就是被射殺。

儘管如此，從俄軍在戰爭初期的城鎮戰打得並不理想觀察，可以確定城鎮戰對守軍而言，確實具有主場優勢，國軍或可於烏軍應對俄軍的戰術作為中汲取經驗教訓。然而，國軍據守城池企圖打城鎮戰，可能還應綢繆對手針對若干城市「圍而不打」造成守軍彈盡糧絕，或採「隔而

⁶⁰ Mykhaylo Zabrotskyi, Jack Watling, Oleksandr V Danylyuk and Nick Reynolds, *Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia's Invasion of Ukraine: February–July 2022* (London, UK: RUSI, November 30, 2022), pp. 36-37.

不圍」⁶¹促使國軍兵力分割、拘束等艱難情況時的備援方案。

（二）反裝甲和防空武器

在北約和歐盟國家的援助下，烏軍使用 AT-4 火箭彈、標槍反裝甲飛彈以及刺針、星光和西北風等攜行式防空飛彈，充分發揮毀傷俄軍的效果，這些武器突出了俄軍武器裝備裝甲防護力薄弱的缺陷，而烏克蘭自行生產的 Stugna-P 反裝甲飛彈攻擊裝甲車也取得良好的效果。⁶²但烏軍的武器消耗速度太快，如果國內彈藥庫存耗盡，而西方國家供補的速度跟不上戰爭的節奏需求，後續戰力恐怕難以為繼。

國軍的彈藥庫同樣存在短缺與不足的問題，然而這些武器裝備沒有一樣是廉價品，為了確保品質與量能，台灣應認真考慮投資研發，大量生產以壓低成本，充實彈藥庫存，既要適時推陳（於屆壽前用於實彈訓練），也要按時補充，以待不時之需。俄軍戰車於戰爭進入第二階段穿上主動式反應裝甲，才稍能降低烏軍反裝甲武器所造成的殺傷力；國軍戰車部隊亦須借鑑於俄軍的教訓，於平時即重視戰車主動式反應裝甲防護，才能更好地提高戰場存活力——畢竟生存才是發揚戰力最根本的條件。

（三）無人機

烏克蘭利用無人機從事情報偵察、提供目標定位給遠程武器攻擊或以自身攜帶的武器精準打擊俄軍，成果非常優異。無人機、感測器和遠程精準打擊「三位一體」的結合在現代作戰中的重要性不言而喻，俄烏戰爭對於無人機「偵察、情傳、打擊」一體化的實踐成效，繼 2020 年「納哥諾－卡拉巴克戰爭」(Nagorno-Karabakh War；簡稱「納卡戰爭」)之後再次得到彰顯，無人機已經成為戰爭不可或缺的重要環節。

偵打一體和自殺型無人機對目標極具破壞性，可對敵構成較大的威

⁶¹ 所謂「圍而不打」是包圍敵人，暫不攻擊，使敵彈盡糧絕，或等待有利時機，或我軍作戰部署完成後再行攻擊；這是一種分割、包圍敵人，斷其逃路，待機殲敵的一種作戰方針和部署。「隔而不圍」是採取戰略包圍，隔斷敵人的聯繫，等待我軍部署完成之後再各個殲敵。

⁶² Brent M. Eastwood, "Ukraine has its own anti-tank missiles that it's using to shred Russian armored vehicles," *Business Insider*, March 24, 2022, <https://www.businessinsider.com/ukraine-using-its-antitank-missile-stugna-p-against-russian-armor-2022-3>.

脅。同理，對手的無人機也將對國軍部隊的安全帶來嚴峻挑戰。因此，在籌獲和建構無人機戰力的同時，也不宜忽略反制無人機裝備和能力的獲得，尤其台灣反制中大型無人機尚且力有未逮，一旦遭遇戰爭，勢將處於劣勢而吃大虧。應正視自身能力上的不足，清楚認識不利的因素，從而尋求突破，補強這些不利的能力和限制。

（四）情報

在美國提供情報資訊、戰場管理、支援網路空間與電磁頻譜作戰（electromagnetic spectrum operations, EMSO）之下，烏克蘭抗俄戰爭打得有聲有色，不僅使俄軍推進遲緩，也讓其吃足苦頭。馬斯克（Elon Musk）的太空探索技術公司（Space Exploration Technologies Corp., X-Space）受烏方要求，於戰爭初期即為烏國提供星鏈（Starlink）衛星終端，⁶³澤連斯基因此可以隨時通過衛星網路與其他國家溝通，也可以讓烏克蘭人民感受其國家領導人始終與他們站在一起，通過網際網路成功打響對俄羅斯的網路空間資訊作戰。

北約派出 E-11As 和 EQ-4Bs 在烏克蘭周邊高空擔任戰場空中通信節點（Battlefield Airborne Communications Node, BACN），⁶⁴使得烏克蘭超高頻和甚高頻（UHF/VHF）軍事通信得以延伸千餘公里，從而使得遠在亞速鋼鐵廠地下室的烏軍可以和基輔保持密切通聯；並在北約偵察衛星系統的支持下，搭配各國提供的偵察／偵打一體／自殺型無人機，提供即時電子偵察情報，使烏克蘭掌握俄軍動向，並且精準打擊目標。

再如，烏軍根據美國提供的情報，在奧德薩向黑海目標區密集發射火箭彈，造成俄羅斯畢可夫號巡邏艇（Vasily Bykov, 368）嚴重戰損；⁶⁵以及烏軍部署於蛇島的岸防部隊能夠以海王星飛彈擊沉俄海軍最具象

⁶³ Rachel Lerman and Cat Zakrzewski, “Elon Musk’s Starlink is keeping Ukrainians online when traditional Internet fails,” *The Washington Post*, March 19, 2022, <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/03/19/elon-musk-ukraine-starlink/>.

⁶⁴ David Donald, “ARTEMIS Challenger Joins Ukraine Surveillance Effort,” *AINonline*, February 24, 2022, <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2022-02-24/artemis-challenger-joins-ukraine-surveillance-effort>.

⁶⁵ “Russian Patrol Ship Hit by Ukrainian Coastal Defenses” *The Maritime Executive*, March 7, 2022, <https://www.maritime-executive.com/article/report-russian-patrol-ship-hit-by-ukrainian-coastal-defenses>.

徵意義的黑海艦隊旗艦莫斯科號巡洋艦；⁶⁶另於頓巴斯地區的地面戰場，亦按照美軍的精確情報擊殺多名俄軍高階將領，在在證實美國和北約國家的情報保障工作帶給烏克蘭的戰爭紅利。這些國家提供的情報支援為烏克蘭撥開戰爭迷霧，大幅提高戰場透明度，為烏軍預警、部署和打擊爭取很多寶貴的時間和精準的目標定位。

俄烏戰爭以來，烏軍的情報皆由美方提供，美烏之間維持著「美方供情，烏方用情」的合作模式。美方提供的情資雖未必是即時情報，卻絕對是「來得正好」的及時情報。⁶⁷而烏軍多能根據這些情報及時採取攻擊手段，也往往能夠得到良好甚至超乎預期的打擊效果，這種合作模式也頗適用於當前的台灣處境。由於國軍雷達站和通信站台等固定式情監偵和通信設施存在一定程度的脆弱性，不難想像其於戰時被對手悉數摧毀的可能性。

為了增加存活力或稱韌性（*resilience*），國軍採機動模式發展，然而機動車組卻存在受制於天線高度不足而影響監偵效果的局限。雖然國軍有夠硬的拳頭，但「戰爭迷霧」可能導致國軍視力嚴重衰退；如果美國能提供好的「眼鏡」看清對手，國軍就能拳拳到位，提高對手的損傷率，增加對手攻台難度。因此，台美及台日間既有情報交流平台除應維持順暢之外，最好能與美、日簽訂情報分享與保障協定，俾利戰時依法落實對台情報保障工作。於對美、日談判過程，宜獲得對方理解，該協定雖只是一紙約定，卻具有強化台灣防衛信心的作用，日、美不宜輕視其重要性。

（五）地雷和水雷

俄烏戰爭期間，頓巴斯地區幾個交通要道和城市外圍出現雷區，對撤離交戰區的平民和車輛造成很大的威脅；黑海之濱奧德薩的外海亦出現水雷，部分水雷甚至漂向博斯普魯斯海峽（*Bosporus Strait*），對航行

⁶⁶ Ken Dilanian, Courtney Kube and Carol E. Lee, “U.S. intel helped Ukraine sink Russian flagship Moskva, officials say,” *NBC News*, May 6, 2022, <https://www.nbcnews.com/politics/national-security/us-intel-helped-ukraine-sink-russian-flagship-moskva-officials-say-rcna27559>.

⁶⁷ Alexander Ward and Quint Forgy, “Is the U.S. providing Ukraine with targeting intel? Maybe,” *Politico*, March 3, 2022, <https://www.politico.com/newsletters/national-security-daily/2022/03/03/is-the-u-s-providing-ukraine-with-targeting-intel-maybe-00013954>.

船舶構成安全隱患。消息曝光，俄烏互相指責對方布雷，⁶⁸企圖甩鍋對方撇清責任。

1997 年《禁止殺傷人員地雷公約》（*Anti-Personnel Mine Ban Convention*）對於「殺傷人員地雷」的定義是指由「受害者引爆」的爆炸裝置，嚴格禁止使用「布設在地下、地上或附近，並設計成在人員出現、接近或接觸時爆炸」的殺傷人員地雷（公約第二條），並未禁止使用在車輛出現、接近或接觸時爆炸的地雷。例如，反車輛地雷和反坦克地雷，也未禁止使用可經由遙控引爆的爆炸裝置。另外，在河海地區，凡符合公布雷區、可以回收、自動失效等國際法規定的水雷皆可使用。

軍事史的實證顯示，反車輛地雷和反艦船水雷的毀傷效果非常巨大，可以阻斷敵人的進攻軸向，使敵軍陷入被動局面，有利阻滯敵軍進攻，並利於守軍反擊。水雷和地雷是最廉價的傳統武器，應該使其成為國軍彈藥庫的重要資產。現在即應逐步增加儲備數量，免得徒留「雷到用時方恨少」的遺憾。

（六）狙擊手

烏軍狙擊手的精準射擊經常造成俄軍重要人員的耗損，俄烏戰爭至 4 月底的兩個月內，死於狙擊手或精準砲擊的俄軍將領多達 27 人，⁶⁹儘管這個數字可能基於心理戰和宣傳戰的需要而存在「灌水」的成分，但從俄軍官兵不斷遭烏軍狙擊手射殺的情形來看，最近的例子是一名烏軍女狙擊手在 2.7 公里之外成功擊殺俄軍士兵，⁷⁰不得不承認狙擊手具備強悍的精準打擊力和戰鬥力。

⁶⁸ AP, "Ukraine war: Zelensky claims retreating Russian troops are creating 'complete disaster' by leaving mines behind," *South China Morning Post*, April 2, 2022, <https://www.scmp.com/news/world/russia-central-asia/article/3172846/ukraine-war-zelenskyy-claims-retreating-russian>. Also see Mark Trevelyan ed., "Russia trades accusations with Ukraine on drifting Black Sea mines," *Reuters*, April 2, 2022, <https://www.reuters.com/world/europe/russia-trades-accusations-with-ukraine-drifting-black-sea-mines-2022-03-31/>.

⁶⁹ Alia Shoaib, "How the Russian officer elite is being decimated in Ukraine – 27 generals and commanders who were killed in action," *Business Insider*, May 1, 2022, <https://www.businessinsider.com/ukraine-russian-officer-elite-decimated-9-who-were-killed-in-combat-2022-3>.

⁷⁰ Ameya Paleja, "Ukraine claims its sniper shot Russian soldier 1.7 miles away, the second best kill on record," *Interesting Engineering*, November 17, 2022, <https://interestingengineering.com/culture/ukraine-claims-record-sniper-shot>.

一名澤連斯基的親信對《華爾街日報》(*The Washington Post*)透露，烏克蘭的軍事情報隊(military intelligence team)非常擅長標定俄軍指揮官的位置，並且鎖定目標攻擊，「他們會尋找知名度高的將領、飛行員和砲兵指揮官，掌握這些人的詳細資料——包括姓名和部隊番號，並派出狙擊手或是砲兵精準打擊」。⁷¹美國中央情報局長期協助訓練烏克蘭的狙擊手，其戰鬥力非常可觀，在俄烏戰爭中發揮重大作用，讓美國提供的訓練得到很好的回報。

狙擊手在城鎮戰和游擊戰中，往往扮演狙殺敵軍指揮官以及其他重要成員的靈魂角色，他們在戰場上的殺傷力及其對軍心士氣的影響力可謂無與倫比，尤其是敵軍指揮官遭到狙殺導致部隊群龍無首的混亂局面，或者射殺敵狙擊手、主要火力的射手等，往往可能因此轉變敵我優劣態勢。國軍可以考慮大量儲訓狙擊手，一旦戰爭來臨，將是高度可靠的即戰力。

伍、結語

俄烏戰爭期間，俄軍除以極少的次數使用匕首(Kh-47M2 Kinzhal)高超音速飛彈之外，其他足以構成毀滅性或癱瘓性的戰法及手段都沒有使用，包括俄軍包圍亞速鋼鐵廠，普亭仍命令禁止以威力巨大的精準武器強攻，整個俄烏戰爭呈現出來的基本上是一種傳統作戰與影響力作戰結合的複合式戰爭(complex war)，其特色是技術含量和複雜度偏低的戰爭型態。這種作戰類型與普亭有限度作戰的戰略目標有關，莫斯科(Moscow)的目的是攻佔頓巴斯，戰爭初期進軍基輔只是希望通過軍事威懾的手段逼迫澤連斯基就範，並沒有採取「美國式戰爭」(American way of war)對南斯拉夫貝爾格勒(Belgrade)狂轟濫炸，一次搞定的方式；然而基輔在華府的大力支援下並未屈服，俄軍只好專心致力於奪取烏東地區的主要戰略目標。

戰爭伊始，外援源源不斷進入烏克蘭，促使烏軍撐過365天，烏軍堅持抗戰的決心展現了強大的韌性。雖然北約聲稱不派軍隊介入俄烏衝突，實際上不少美軍以顧問或以外國志願者身分加入，不論是提供情報

⁷¹ William Booth, Robin Dixon, and David L. Stern, "Russian generals are getting killed at an extraordinary rate," *The Washington Post*, March 26, 2022, <https://www.washingtonpost.com/world/2022/03/26/ukraine-russian-generals-dead/>.

支持，戰術指導，還是軍事行動，都存在美軍的身影。美方透過烏軍有效阻滯俄軍進攻的速度，目前看起來這個目的已經達成；至於長期效益，造成俄國經濟相當程度的衰退可以預料，有效挫敗俄軍雖不容易，但已讓俄羅斯的經濟力倒退 20 年，美國將因此更能集中力量對付中國的崛起。台澎防衛作戰的情境酷似烏克蘭，只要能夠堅守到底，終有機會迎來各方援助。

烏克蘭在美國大力軍事援助下，其舉國戰力得以與在烏俄軍的實力相當，戰事發展可能變成無休止的拉鋸戰和消耗戰；倘若俄軍對烏軍的戰力差距拉大，則逐次佔領城鎮只是時間上的問題。台灣和烏克蘭面臨相同的情況，一旦共軍登陸部隊持續增加，拉大對國軍的戰力差距，作戰時間並不站在台灣這邊。國軍除採取分區打擊及據守城鎮之外，應充分利用三分之二以上的山地和丘陵，⁷²挖掘洞隧，部署機動飛彈部隊，平時掩蔽隱蔽，可對敵產生嚇阻效應；戰時穿插於洞隧之間，有利於機動殲敵。

當然，中國從俄烏軍事衝突過程，應能意識到台灣在以美國為首的國際社會強烈支持與支援下，即便是採取武力手段，仍然難以在短時間內達成統一台灣的作戰目標。再根據中共軍事力量的發展情況，研判解放軍於近期內尚不至於冒進，但對我而言，未來幾年的每一天都必須珍惜，應加緊做好「鞏固台灣」的準備。

⁷² 李錦地，《國土永續發展指標分析及其政策意涵之研究（計畫編號：(91)026·305）》（台北：行政院經濟建設委員會，2002 年），頁 2-1。

參考文獻

一、專書

宗澤亞，2012。《清日戰爭》。香港：商務印書館。

陳瑜，2017。《全球智庫軍事戰略研究動態》。北京：新華出版社。

葉振輝，2006。〈1683 年鄭清澎湖之役勝敗分析〉，王國裕編，《澎湖研究：第一屆學術研討會論文輯》。馬公：澎湖縣政府文化局。頁 333-346。

Allison G., and Davidson, K., 2023. Russia-Ukraine War Report Card. Cambridge, MA: Avoiding Great Power War Project, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School.

Campbell, William Re., 1903. Formosa Under the Dutch: Described from Contemporary Records with Explanatory Notes and a Bibliography of the Island. London: Kegan Paul, Trench, Trübner & Co.

Zabrodskyi, M., Watling, J., Danylyuk, Oleksandr V., and Reynolds, N., 2022. Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia's Invasion of Ukraine: February–July 2022. London, UK: RUSI. United States Government Accountability Office, 2019. DOD Training: U.S. Cyber Command and Services Should Take Actions to Maintain a Trained Cyber Mission Force, Report to the Committee on Armed Service, House of Representatives. Washington, D.C.: Government Accountability Office.

二、期刊論文

江圻杓，2022/5/19。〈烏克蘭「以陸制海」拒止俄軍兩棲登陸〉，《國防安全即時評析》，第 371 號。頁 1-4。

江圻杓，2022/6/15。〈俄烏軍事衝突對臺灣的啟示〉，《新社會》，第 79 期，頁 9-17。

李兵，2006。〈日本海上戰略通道思想與政策探析〉，《日本學刊》，第 1 期，頁 94-104。

Bachmann, Sascha D., and Gunneriusson, H., 2015. "Russia's Hybrid Warfare in the East: the Integral Nature of the Information Sphere," Georgetown Journal of International Affairs, Vol. 16, pp. 198-211.

Caliskan, M., 2019. "Hybrid warfare through the lens of strategic theory," Defense & Security Analysis, Vol. 35, No. 1, pp. 40-58.

Courter, Ian J., 2022/9-10. "Russian Preinvasion Influence Activities in the War with Ukraine," Military Review, pp. 16-27.

三、官方文件

李錦地，2002。《國土永續發展指標分析及其政策意涵之研究（計畫編號：(91)026・305）》。台北：行政院經濟建設委員會。

四、網際網路

古莉，2021/11/9。〈台北警報：北京或從空中和海上封鎖台灣〉，《法國廣播電台》，<https://reurl.cc/ROgA2x>。

利刃號，2022/9/30。〈戰前動員沒做好！普京最大的挑戰：俄羅斯人不知道為何而戰〉，《網易》，<https://www.163.com/dy/article/HHRAKDG0535MYRI.html>。

陸委會，2005/10/1。〈中國崛起的危機與風險〉，《行政院大陸委員會》，https://www.mac.gov.tw/News_Content.aspx?n=AD6908DFDDB62656&sms=161DEBC9EACEA333&s=C821607950F8CB2B。

劉煥彥，2020/4/20。〈這場瘟疫救了台灣！讓寶島沒變成法國殖民地〉，《今周刊》，<https://www.business today.com.tw/article/category/80398/post/202004240038/>。

“2022 Military Strength Ranking,” Global Fire Power, <https://www.globalfirepower.com/countries-listing.php>.

“Anna Fotyga (ECR): Russia once again an evil empire and prison of nations,” European Conservatives and Reformists, https://ecrgroup.eu/article/anna_fotyga_ecr_russia_once_again_an_evil_empire_and_prison_of_nations.

2022/8/12. “98% of Ukrainians believe Ukraine will win the war – IRI poll,”

- Euromaidan Press, <https://euromaidanpress.com/2022/08/12/98-of-ukrainians-believe-ukraine-will-win-the-war-iri-poll/>.
- 2022/4/10. “Aleksandr Dvornikov: Russian general who helped turn tide of Syrian war,” The Guardian, <https://www.theguardian.com/world/2022/apr/10/alexander-dvornikov-russian-general-who-helped-turn-tide-of-syrian-war>.
- 2022/3/7. “Russian Patrol Ship Hit By Ukrainian Coastal Defenses” The Maritime Executive, <https://www.maritime-executive.com/article/report-russian-patrol-ship-hit-by-ukrainian-coastal-defenses>.
- 2020/5/5. “Enlargement,” North Atlantic Treaty Organization, https://www.nato.int/cps/en/natolive/topics_49212.htm.
- AP, 2022/4/2. “Ukraine war: Zelensky claims retreating Russian troops are creating ‘complete disaster’ by leaving mines behind,” South China Morning Post, <https://www.scmp.com/news/world/russia-central-asia/article/3172846/ukraine-war-zelenskyy-claims-retreating-russian>.
- Andrieu, M., “Global Fire Power Ranking 2022,” Kaggle, <https://www.kaggle.com/datasets/mickaelandrieu/global-fire-power-ranking-2022>.
- Boadle A., and Paraguassu, L., 2023/4/4. “Brazil envoy met Putin to push Ukraine peace talks,” Reuters, <https://www.reuters.com/world/brazil-envoy-met-putin-push-ukraine-peace-talks-cnn-brasil-2023-04-03/>.
- Booth, W., Dixon, R., and Stern, David L., 2022/3/26. “Russian generals are getting killed at an extraordinary rate,” The Washington Post, <https://www.washingtonpost.com/world/2022/03/26/ukraine-russian-generals-dead/>.
- Brennan, D., 2023/6/20. “Ukraine's 'Biggest Blow' Yet To Come, Kyiv Says As Counter Grinds On,” Newsweek, <https://www.newsweek.com/ukraine-biggest-blow-yet-come-kyiv-counter-grinds-russia-hanna-maliar-1807793>.
- Copp, T., 2023/5/19. “Why Ukraine’s spring offensive still hasn’t begun — with summer just weeks away,” AP, <https://apnews.com/article/ukraine-russia-counteroffensive-war-attack-b962aba2b779044d22b11dab719f1614>.
- Dean, S., Voitovych, O., Princewill, N., and Kennedy, N., 2023/6/16. “African

leaders greeted with explosions over Kyiv on peace mission to Ukraine,” CNN, <https://edition.cnn.com/2023/06/16/africa/african-leaders-peace-mission-ukraine-intl/index.html>.

Dilanian, K., Kube, C., Lee, Carol E., and Luce, Dan D., 2022/4/6. “In a break with the past, U.S. is using intel to fight an info war with Russia, even when the intel isn’t rock solid,” NBC News, <https://www.nbcnews.com/politics/national-security/us-using-declassified-intel-fight-info-war-russia-even-intel-isnt-rock-rcna23014>.

Dilanian, K., Kube, C., and Lee, Carol E. 2022/5/6. “U.S. intel helped Ukraine sink Russian flagship Moskva, officials say,” NBC News, <https://www.nbcnews.com/politics/national-security/us-intel-helped-ukraine-sink-russian-flagship-moskva-officials-say-rcna27559>.

Donald, D., 2022/2/24. “ARTEMIS Challenger Joins Ukraine Surveillance Effort,” AINonline, <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2022-02-24/artemis-challenger-joins-ukraine-surveillance-effort>.

Duggal, H., 2022/11/10. “Russia’s withdrawal from Ukraine’s Kherson city explained in maps,” Aljazeera, <https://www.aljazeera.com/news/2022/11/10/russia-withdrawal-from-ukraines-kherson-explained-in-maps>.

Eastwood, Brent M., 2022/3.24. “Ukraine has its own anti-tank missiles that it's using to shred Russian armored vehicles,” Business Insider, <https://www.businessinsider.com/ukraine-using-its-antitank-missile-stugna-p-against-russian-armor-2022-3>.

Editorial staff, 2023/6/7. “Ukraine is Finally Using its French and German Tanks in Battle: New Video Shows Their Destruction in Donetsk,” Military Watch Magazine, <https://militarywatchmagazine.com/article/ukraine-french-german-tanks-destruction>.

Euronews with AP, Reuters, 2022/9/28. “Ukraine ‘referendums’: Full results for annexation polls as Kremlin-backed authorities claim victory,” Euronews, <https://www.euronews.com/2022/09/27/occupied-areas-of-ukraine-vote-to-join-russia-in-referendums-branded-a-sham-by-the-west>.

Foy, H. and Rathbone, John P., 2022/3/2. “Intelligence failures hamper Russia’s Ukraine mission,” Financial Times,

- <https://www.ft.com/content/ba440d90-b0ba-4a73-a138-9cb1229b6cac>.
- Greaney, A., 2022/4/22. "Ukraine Wanted to Join NATO's Alliance for Years. What Stopped It?" NBC Chicago, <https://www.nbcchicago.com/news/national-international/ukraine-wanted-to-join-natos-alliance-for-years-what-stopped-it/2813488/>.
- Harding, L., 2022/10/2. "Ukraine declares full control of Lyman after Russian forces pull out," The Guardian, <https://www.theguardian.com/world/2022/oct/02/ukraine-declares-full-control-of-lyman-after-russian-forces-pull-out>.
- Hodge, N., Shukla, S., Voitovych, O., and Haq, Sana N., 2023/6/6. "Ukrainian offensive is 'taking place in several directions,' says official," CNN, <https://edition.cnn.com/2023/06/05/europe/russia-ukraine-offensive-donetsk-intl/index.html>.
- Huba, R., 2019/5/28. "Why Ukraine's new language law will have long-term consequences," Open Democracy, <https://www.opendemocracy.net/en/odr/ukraine-language-law-en/>.
- Ilyushina, M., 2022/10/28. "Russian defense minister says mobilization complete with 300,000 summoned," The Washington Post, <https://www.washingtonpost.com/world/2022/10/28/russia-mobilization-complete-war-ukraine/>.
- Innocent, G., 2023/7/10. "Ukraine Admits Blowing Up Crimean Bridge To 'Break' Russia's Logistics," New Telegram, <https://newtelegraphng.com/ukraine-admits-blowing-up-crimean-bridge-to-break-russias-logistics/#:~:text=The%20Deputy%20Defense%20Minister%20of,Bridge%20in%20autumn%20of%202022>
- John, T. and Mogul, R., 2022/9/12. "September 11, 2022 Russia-Ukraine news," CNN, <https://edition.cnn.com/europe/live-news/russia-ukraine-war-news-09-11-22/index.html>.
- Kaonga, G., 2022/4/14. "Video Shows Russia's Moskva Cruiser Hit by Ukraine's Neptune Missiles," Newsweek, <https://www.newsweek.com/russian-moskova-cruiser-hit-ukraine-neptune-missiles-video-1697879>.
- Lawrence, C., 2022/2/26. "Ukraine, the granary of Europe and Spain: we bought 42% of the cereal," Sportsfinding, <https://sportsfinding.com/ukraine-the-granary-of-europe-and-spain-we>

bought-42-of-the-cereal/135841/.

Le Monde with AFP, 2023/6/26. “UK and allies have trained 17,000 Ukrainian recruits,” Le Monde, <https://reurl.cc/94DqGY>.

Lendon, B., Carey, A., Nechyporenko, K., Pavlova U., and Kostenko, M., 2023/6/12. “Ukraine loses 16 US-made armored vehicles, group says, but Kyiv’s forces still gain territory,” CNN, <https://edition.cnn.com/2023/06/12/europe/ukraine-offensive-battlefield-losses-progress-intl-hnk-ml/index.html>

Lerman, R. and Zakrzewski, C., 2022/3/19. “Elon Musk’s Starlink is keeping Ukrainians online when traditional Internet fails,” The Washington Post, <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/03/19/elon-musk-ukraine-starlink/>.

McCarthy, S., 2023/5/18. “China’s special envoy met Zelensky during two-day Ukraine visit, Beijing says,” CNN, <https://edition.cnn.com/2023/05/17/china/china-special-envoy-ukraine-europe-peace-talks-intl-hnk/index.html>.

NPR, 2022/10/28. “Russia says it enlisted 300K new troops to fight in Ukraine and doesn’t plan for more,” National Public Radio, <https://www.npr.org/2022/10/28/1132229763/russia-ukraine-putin-russian-troops-military-draft-mobilization>.

Office of the United Nations High Commissioner, 2016/6/2. Report on the human rights situation in Ukraine 16 February to 15 May 2016, https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Countries/UA/Ukraine_14th_HRMMU_Report.pdf.

Paleja, A., 2022/11/17. “Ukraine claims its sniper shot Russian soldier 1.7 miles away, the second best kill on record,” Interesting Engineering, <https://interestingengineering.com/culture/ukraine-claims-record-sniper-shot>.

Parsons, D., 2022/7/26. “Ukraine Situation Report: Russian Navy Wary of Anti-Ship Missile Threat,” The War Zone, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/ukraine-situation-report-russian-navy-wary-of-anti-ship-missile-threat>.

Polityuk P., and Harmash, O., 2023/6/17. “Ukraine tells African leaders no peace talks with Russia,” Reuters, <https://www.reuters.com/world/south-african-president-arrives-ukraine-peace-mission-2023-06-16/>.

- Reston, M., 2022/4/18. "Biden and US allies face new dilemma on Ukraine aid," CNN, <https://edition.cnn.com/2022/04/18/politics/us-nato-ukraine-military-aid-dilemma/index.html>.
- RFE/RL's Russian Service, 2022/8/19. "Replacement of Russian Black Sea Fleet Commander Confirmed," Radio Free Europe, <https://www.rferl.org/a/russia-black-sea-commander-replaced/31996116.html>.
- RFE/RL's Ukrainian Service, 2022/5/14. "Ukraine Says It's Launched a New Counteroffensive as Russia Moves Forces Away from Kharkiv," Radio Free Europe, <https://www.rferl.org/a/ukraine-battle-kharkiv-russian-withdrawal/31849380.html>.
- Ritter, K., 2022/9/22. "Putin orders partial military call-up, sparking protests," AP News, <https://apnews.com/article/russia-ukraine-putin-donetsk-f64f9c91f24fc81bc8cc65e8bc7748f4>.
- Shoaib, A., 2022/5/1. "How the Russian officer elite is being decimated in Ukraine – 27 generals and commanders who were killed in action," Business Insider, <https://www.businessinsider.com/ukraine-russian-officer-elite-decimated-9-who-were-killed-in-combat-2022-3>.
- Singer, Peter W., 2022/3/12. "How Ukraine Won The #LikeWar," Politico, <https://www.politico.com/news/magazine/2022/03/12/ukraine-russia-information-warfare-likewar-00016562>. Visited date: April 13, 2022.
- Spicer J. and Garanich, G., 2022/3/30. "Russia pledges to reduce attack on Kyiv but U.S. warns threat not over," Reuters, <https://www.reuters.com/world/europe/ukraine-sets-ceasefire-goal-new-russia-talks-breakthrough-looks-distant-2022-03-29/>.
- Thompson, Stuart A. and Alba, D., 2022/3/3. "Fact and Mythmaking Blend in Ukraine's Information War," The New York Times, <https://www.nytimes.com/2022/03/03/technology/ukraine-war-misinfo.html>. Visited date: April 13, 2022.
- Trevelyan, M. ed., 2022/4/2. "Russia trades accusations with Ukraine on drifting Black Sea mines," Reuters, <https://www.reuters.com/world/europe/russia-trades-accusations-with-ukraine-drifting-black-sea-mines-2022-03-31/>.
- Walker, S., Beaumont P., and Sabbagh, D., 2023/1/10. "Head of Russia's Wagner group says his troops have taken control of Soledar," The Guardian, <https://www.theguardian.com/world/2023/jan/10/head-of->

wagner-group-says-his-troops-have-taken-control-of-soledar.

Ward, A. and Forgey, Q., 2022/3/3. “Is the U.S. providing Ukraine with targeting intel? Maybe.” Politico, <https://www.politico.com/newsletters/national-security-daily/2022/03/03/is-the-u-s-providing-ukraine-with-targeting-intel-maybe-00013954>.

Wiegrefe, K., 2022/2/15. “Is Vladimir Putin Right?” Spiegel, <https://www.spiegel.de/international/world/nato-s-eastward-expansion-is-vladimir-putin-right-a-bf318d2c-7aeb-4b59-8d5f-1d8c94e1964d>.

Yinru, P., 2022/3/3. “Why is Ukraine called the ‘granary of Europe’? Corn and wheat exports account for more than 10% of the world’s Hong Kong and US stock information,” News Directly, <https://newsdirectory3.com/why-is-ukraine-called-the-granary-of-europe-corn-and-wheat-exports-account-for-more-than-10-of-the-worlds-hong-kong-and-us-stock-information/>.

撰稿規則

- 一、分節標題：文章之大小標題，
中文請以「壹、一、(一)、1.、(1)、a.、(a)」為序。
英文請以「I. A. (A) 1. (1) a. (a)」為序。
- 二、引語：原文直接引入文句者，於其前後附加引號；若引言過長，可前後縮排二字元獨立起段，不加引號。若為節錄整段文章，則每段起始空二字。
- 三、簡稱或縮寫：引用之簡稱或縮寫，可依約定俗成之用法；惟於第一次出現時必須使用全稱，並以括號註明欲使用之簡稱（寫）。
- 四、譯名：使用外來語之中文譯名，請盡量用通行之翻譯，並請於第一次出現時以括號附加原文全稱。
- 五、標點符號：中文標點符號一律以「全形」輸入。引用中文書籍、期刊、雜誌、報紙、網站等名稱，請以《》標記；文章名稱以〈〉標記；外文書籍、期刊、雜誌、報紙、網站等名稱請用斜體字，索引文章名稱加“”標記。
- 六、數字表示：
 - (一) 年月日、卷期等數字及頁碼一律以中華民國年份（本國資料）或西元年份（中共資料）及阿拉伯數字表示。
 - (二) 屆、次、項等採用國字表示，如：第一屆、第三次、五項決議。
 - (三) 整的數字採用阿拉伯數字，如：50 人；但百位以上整數之數字「可以」國字表示者，以國字表示，如：二億三千萬。
 - (四) 不完整之餘數、約數以國字表示，如：七十餘件、約三千人。
- 七、附圖、附表：
 - (一) 編號採用阿拉伯數字，寫法如：圖 1、圖 2、表 1、表 2，圖 1-1、圖 1-2 等類推。
 - (二) 表之標題在該表上方（置中），圖之標題在該圖之下方。
 - (三) 圖表的資料來源與說明，請置於圖表的下方（置左）。

- 八、分節標題：文章之大小標題，
中文請以「壹、一、(一)、1.、(1)、a.、(a)」為序。
英文請以「I. A. (A) 1. (1) a. (a)」為序。
- 九、引語：原文直接引入文句者，於其前後附加引號；若引言過長，可前後縮排二字节獨立起段，不加引號。若為節錄整段文章，則每段起始空二字。
- 十、簡稱或縮寫：引用之簡稱或縮寫，可依約定俗成之用法；惟於第一次出現時必須使用全稱，並以括號註明欲使用之簡稱（寫）。
- 十一、譯名：使用外來語之中文譯名，請盡量用通行之翻譯，並請於第一次出現時以括號附加原文全稱。
- 十二、標點符號：中文標點符號一律以「全形」輸入。引用中文書籍、期刊、雜誌、報紙、網站等名稱，請以《》標記；文章名稱以〈〉標記；外文書籍、期刊、雜誌、報紙、網站等名稱請用斜體字，索引文章名稱加“”標記。
- 十三、數字表示：
(五) 年月日、卷期等數字及頁碼一律以中華民國年份（本國資料）或西元年份（中共資料）及阿拉伯數字表示。
(六) 屆、次、項等採用國字表示，如：第一屆、第三次、五項決議。
(七) 整的數字採用阿拉伯數字，如：50 人；但百位以上整數之數字「可以」國字表示者，以國字表示，如：二億三千萬。
(八) 不完整之餘數、約數以國字表示，如：七十餘件、約三千人。
- 十四、附圖、附表：
(四) 編號採用阿拉伯數字，寫法如：圖 1、圖 2、表 1、表 2，圖 1-1、圖 1-2 等類推。
(五) 表之標題在該表上方（置中），圖之標題在該圖之下方。
(六) 圖表的資料來源與說明，請置於圖表的下方（置左）。

註釋體例

- 一、所有引註均須詳註來源。如係轉引非原始資料來源，須予註明，不得逕行引錄。
- 二、簡、繁體字中文書籍，使用相同註釋體例。
- 三、所有注釋置於正文頁腳。
- 四、時間表示：中文註腳內日期，以民國○年○月○日或西元○年○月○日表示；英文以 month day, year 表示。
- 五、出版地的寫法
 - （一）出版地若在美國，要分別列出城市名及州名，州名採縮寫且不加縮寫號。
 - （二）若非美國，則寫出城市名和國名。
 - （三）出版地若為下列主要城市，則不必寫出州名或國名，包括：
 - 臺灣／臺北（Taipei）；
 - 美國／巴爾的摩（Baltimore）、波士頓（Boston）、芝加哥（Chicago）、洛杉磯（Los Angeles）、紐約（New York）、費城（Philadelphia）、舊金山（San Francisco）；
 - 英國／倫敦（London）；
 - 法國／巴黎（Paris）；
 - 德國／柏林（Berlin）、法蘭克福（Frankfurt）、慕尼黑（Munich）；
 - 荷蘭／阿姆斯特丹（Amsterdam）；
 - 義大利／米蘭（Milan）、羅馬（Rome）；
 - 奧地利／維也納（Vienna）；
 - 瑞士／日內瓦（Geneva）；
 - 瑞典／斯德哥爾摩（Stockholm）；
 - 俄羅斯／莫斯科（Moscow）；
 - 中國／香港（Hong Kong）、上海（Shanghai）、北京（Beijing）；

日本／東京 (Tokyo)；
韓國／首爾 (Seoul)；
以色列／耶路撒冷 (Jerusalem)。

六、專書

- (一) 中文書籍：作者姓名，《書名》（出版地：出版者，年），頁 x-x。（初版無需註明版別）
- (二) 英文書籍：Author's full name, *Complete title of the book* (Place of publication: Publisher, Year), p. x or pp. x-x.
- (三) 如引用全書時，可註明該書起迄頁數或省略頁數。

範例

陳鴻瑜，《南海諸島之發現、開發與國際衝突》，（臺北：國立編譯館，1997 年），頁 3。

Kenneth N. Waltz, *Man, the State, and War: A Theoretical Analysis* (New York: Columbia University Press, 1959), p. 2.

七、專書譯著

- (一) 中文：Author (s)' full name 著，譯者姓名譯，《書名》（書名原文）（出版地：出版者，出版年），頁 x 或頁 x-x。（初版無需註明版別）
- (二) 英文：Author (s)' full name, *Complete Title of the Book*, trans. Translator (s)' full Name (Place of publication: Publisher, year of publication), Volume number (if any), p. x or pp. x-x.

範例

布里辛斯基 (Zbigniew Brzezinski) 著，林添貴譯，《大棋盤-全球戰略大思考》（台北：立緒出版社，1999 年），頁 67。

Jhumpa Lahiri, *In Other Words*, trans. Ann Goldstein (New York: Alfred A. Knopf, 2016), p. 146.

八、期刊譯著

- (一) 中文：Author's full name 著，譯者姓名譯，《篇名》（篇名原文），《刊物名稱》，第 x 卷第 x 期，年月，頁 x 或頁 x-x。

- (二) 英文：Author's full name, "*Title of the Article*," trans.
Translator (s) ' full Name, *Title of the Journal*, Vol. x,
No. x, Month Year, p. x or pp. x-x.

範例

Kelvin Fong 著，王玉麟譯，《亞太區域潛艦概況》〈*Submarines in the Asia-Pacific*〉，《國防譯粹》，第 33 卷第 7 期，2006 年，頁 89-95。

九、專書論文或書籍專章

- (一) 中文：作者姓名，〈篇名〉，編者（群）姓名，《書名》
（出版地：出版者，出版年），頁 x 或頁 x-x。（初版無
需註明版別）
- (二) 英文：Author's full name, "Chapter Title," in
Editor/Editors' full Name (s) , ed (s) ., *Complete Title of the Book*, (Place of publication: Publisher, Year of publication) , p. x or pp. x-x.

範例

林正義、歐錫富，〈宏觀 2009 亞太和平觀察〉，林正義、歐錫富編，《2009 亞太和平觀察》（台北：中央研究院亞太區域研究專題中心，2011 年），頁 3。

Kaocheng Wang, "Bilateralism or Multilateralism? Assessment of Taiwan Status and Relations with South Pacific," in Ming-Hsien Wong, ed., *Managing regional security agenda*, (New Taipei City: Tamkang University Press, 2013) , p. 29.

十、學術性期刊論文

（請依個別刊物實際出刊項目，完整臚列）

- (一) 中文：作者姓名，〈篇名〉，《刊物名稱》（出版地），第 x 卷 x 期，年月，頁 x 或頁 x-x。（臺灣出版之期刊無需註明出版地，但若與其他地區出版期刊名稱相同者，仍需註明出版地，以利識別）
- (二) 英文：Author's full name, "Title of the article," *Name of Periodical*, Vol. x, No. x, Month Year, p.x or pp. x-x.

範例

汪毓璋，〈美近公布「威脅評估報告」之評析〉，《展望與探索》，第4卷第4期，2005年4月，頁92-97。

Randall L. Schweller, "Bandwagoning for Profit: Bring the Revisionist State Back in," *International Security*, Vol. 19, No. 1, June 1994, pp. 72-107.

十一、學位論文

(一) 中文：作者姓名，《學位論文名稱》，學校院或系所博士或碩士論文（畢業年份），頁 x 或頁 x-x。

(二) 英文：Author's full name, "Complete Title of Dissertation/Thesis," (Ph.D. Dissertation/Master's Thesis, Name of the Department, Name of the Degree-granting University, year of graduation), p.x or pp. x-x.

範例

馬振坤，《從克勞塞維茲戰爭理論剖析中共三次對外戰爭》，國立臺灣大學政治學研究所博士（2002），頁1。

Stacia L. Stinnett, "*The Spratly Island Dispute: An Analysis*,"

(Master's Thesis, Florida Atlantic University, 2000), p.1

十二、研討會論文

(一) 中文：作者姓名，〈篇名〉，發表於○○○○研討會（地點：主辦單位，舉辦年月日），頁 x 或頁 x-x。

(二) 外文：Author's full name, "Paper Title," presented for Complete Title of the Conference (Place of conference: Conference organizer, Date of conference in month day, year), p. x or pp. x-x.

範例

許文堂，〈南沙與西沙-他者的觀點〉，發表於「七0年代東亞風雲-臺灣與琉球、釣魚台、南海諸島的歸屬問題」學術研討會（臺北：臺灣教授學會，2013年10月27日），頁1。

Wen-cheng Lin, “Cross-strait Confidence Building Measures,” presented for Comparing Different Approaches to Conflict Prevention and Management: Korean Peninsula and the Taiwan Strait Conference (Stockholm: Central Asia-Caucasus Institute Silk Road Studies Program, December 16-17, 2005), p. 1.

十三、官方文件

(請依個別刊物實際出刊項目，完整臚列)

(一) 中文：官署機構，〈文件名稱〉(行政命令類)或《文件名稱》(法律類)，卷期(案號)，日期，頁 x 或頁 x-x。

(二) 外文：Author’s Full Name, “Title of the Article,” Date, Section or Page Numbers.

範例

中華民國總統府，〈總統令〉，《總統府公報》，第 7426 號，中華民國 108 年 5 月 22 日，頁 3。

White House, “National Security Strategy of the United States of America,” December 18, 2017, p. 1.

十四、報刊、非學術性雜誌

(若為社論、短評、通訊稿或作者匿名，則可不列作者欄)

(一) 中文報紙：作者姓名，〈篇名〉，《報紙名稱》(出版地)，年月日，版 x。(一般性新聞報導可省略作者和篇名，臺灣出版之報紙無須註明出版地。)

(二) 中文雜誌：作者姓名，〈篇名〉，《雜誌名稱》(出版地)，年月日，頁 x 或頁 x-x。(無須註明第卷第 x 期。臺灣出版雜誌無須註明出版地)

(三) 英文報紙：Author’s full name, “Title of the Article,” *Title of the Newspaper*, Date, Section or Page Numbers.

(四) 英文雜誌：Author’s full name, “Title of the Article,” *Title of the Magazine*, Date, Page x or pp.x-x.

範例

張晏彰，〈臺美夥伴關係 印太安定力量〉，《青年日報》，2019

年 6 月 19 日，版 3。

陳文樹，〈澎湖空軍基地的設立和演進〉，《中華民國的空軍》，2019 年 6 月 12 日，頁 21。

Jason Pan, “Defense think tank inaugurated,” *Taipei Times*, May 2, 2018, p. 3.

Office of Defense Studies, “Commentary: 2012 Pentagon Report on Mainland China’s Military Development,” *Defense Security Brief*, July 2012, p. 9.

十五、網際網路資料

- (一) 請依照個別線上網站實際資訊，詳細臚列。
- (二) 引用網路版報紙的一般報導，無須註明版次，但須附上網址，其餘體例不變。
- (三) 引用電子報紙雜誌評論文章，或電子學術期刊論文，在頁碼後面註明網址，其餘體例不變，無頁碼者得省略之。
- (四) 直接引用機構網站的內容，請註明文章標題、機構名稱，日期與網址。
- (五) 中文：
 1. 專書：作者姓名，《書名》（出版地：出版者，出版年），《網站名稱》，網址。
 2. 論文：作者姓名，〈篇名〉，《刊物名稱》，第 x 卷第 x 期，年月，頁 x 或頁 x-x，《網站名稱》，網址。
 3. 官方文件：官署機構，〈文件名稱〉（行政命令類）或《文件 名稱》（法律類），卷期（案號），日期，頁 x 或頁 x-x，《網站名稱》，網址。
 4. 報導：作者姓名，〈篇名〉，《媒體名稱》，日期，網址。

範例

王業立編，《臺灣民主之反思與前瞻》（臺北市：臺灣民主基金會，2016 年），《臺灣民主基金會》，

<http://www.tfd.org.tw/export/sites/tfd/files/download/book20160830.pdf>。

舒孝煌，〈美陸戰隊 F-35B 前進遠征與輕型航艦部署〉，《國防情勢月報》，143 期，2019 年 5 月，頁 36，《國防安全研究院》，<https://indsr.org.tw/Download/%E5%9C%8B%E9%98%B2%E6%83%85%E5%8B%A2%E6%9C%88%E5%A0%B1-143.pdf>。

中華民國國防部，《106 年國防報告書》，2017 年 12 月，頁 1，《中華民國國防部》，<https://www.mnd.gov.tw/NewUpload/歷年國防報告書網頁專區/歷年國防報告書專區.files/國防報告書-106/國防報告書-106-中文.pdf>。

游凱翔，〈國防安全研究院掛牌 唯一國家級國防智庫〉，《中央社》，2018 年 5 月 1 日，

<https://www.cna.com.tw/news/aip/201805010122.aspx>。

(六) 外文：

1. 專書：Author (s) ' full name, *Complete title of the book* (Place of publication: Publisher, Year) , p. x or pp. x-x, URL.
2. 論文：Author (s) ' full name, "Title of the article," *Name of the Periodical*, Vol. x, No. x, Date, p.x or pp.x-x, URL.
3. 官方文件：Author's Full Name, "Title of the Article," Date, Section or Page Numbers, URL.
4. 報導：Author's full name, "Title of the article," *Name of the Media*, Month Day, Year, URL.

範例

Robert D. Blackwill, *Trump's Foreign Policies Are Better Than They Seem* (New York: Council on Foreign Relations Press, 2019) , p. 1, Council on Foreign Relations, https://cfrd8-files.cfr.org/sites/default/files/report_pdf/CSR%2084_Blackwill_Trump_0.pdf.

Ralph A. Cossa, "Regional Overview: CVID, WMD, and Elections Galore," *Comparative Connections: A Quarterly E-Journal on East Asian Bilateral Relations*, Vol. 6, No. 1, April 2004, p.1, Pacific Forum,

<http://cc.pacforum.org/2004/04/cvid-wmd-elections-galore>.
White House, “National Security Strategy of the United States of America,” December 18, 2017, p. 1, White House, <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905.pdf>.
Colin Clark, “Mattis’ Defense Strategy Raises China To Top Threat: Allies Feature Prominently,” *BreakingDefense*, January 18, 2018, <https://breakingdefense.com/2018/01/mattis-military-strategy-raises-china-to-top-threat-allies-feature-prominently>.

十六、第二次引註之格式

首次引註須註明完整之資料來源（如前述各案例），第二次以後之引註可採以下任一格式：

- （一）作者姓名，《書刊名稱》或〈篇名〉，或特別註明之「簡稱」，頁 x-x。
- （二）如全文中僅引該作者單一作品，可簡略為——作者，前引書（或前引文），頁 x 或頁 x-x。
- （三）某一註解再次被引述，簡略為——同註 x，頁 x 或 x-x。
- （四）英文資料第二次引註原則相同：op. cit., p.x or pp.x-x（前引書，頁 x 或頁 x-x。）
- （五）Ibid. p.x or pp.x-x.（同前註，頁 x 或頁 x-x。）

十七、文末之參考文獻

- （一）參考文獻原則上與第一次引述的註釋體例格式相同，惟書籍、研討會論文及博碩士論文無須註明頁數。
- （二）所有文獻依前述註釋類別排列，並依中文、英文、其他語文先後排序。
- （三）中文著作依作者姓氏筆畫排序，英文著作依作者姓氏字母排序。
- （四）將書籍專章列為參考書目時，依專章作者排序。
- （五）翻譯作品依翻譯語文類別，中文譯作按譯者姓氏筆畫排序，英文譯作按原作者姓氏字母排列。

- (六) 同一作者有多篇著作被引用時，按出版時間先後排序。
- (七) 每一書目均採第一行凸排 2 字元。