

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、鈹、
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）以及鈦（scandium, Sc）和鈷（yttrium, Y）兩個元素，鐳系元素中原子序 61 的鉅元素（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、鐳、鎔、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、鐳、鎔、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、鐳、鈾、鎔、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、鎵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），當其加入鐳與鈾等稀土元素後，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 公斤的鐳系元

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 公斤的釹鐳（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、鐳、鎳、鈦
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、鐳、鎳、鈦
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、鐳、鎳、鈦
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	鈮、鎢、鈦
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、鐳、鎳、鈦
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、鐳、鎳、鈦
電腦硬碟	永久磁鐵	堅固、質輕與強力的馬達	釹、鐳、鎳、鈦
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、鐳、鎳、鈦、鈮、鎢、鈦、鈉

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/>.

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 月宣布將對鎂、鋅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鎵與鍺等關鍵礦物，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%鈹（neodymium, Nd）元素的用量，去鈹與去鎳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，其中鎘等5項礦物被所有國家列入關鍵礦物，鎵等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		●				
鈾	●			●		
鉻	●		●	●	●	●
煤						●
煤層氣						●
鈷	●	●	●	●	●	●
焦煤		●				
銅			●	●		●
鑽石			●			
螢石	●	●	●	●		●
鎳	●	●	●	●	●	
鋅	●	●	●	●	●	
金			●			●
石墨	●	●		●	●	●
鉛	●	●			●	
氬	●			●	●	
鈾	●	●	●	●	●	
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	●					
鈳	●	●		●	●	
頁岩氣						●
矽		●				
銀			●			
鋨	●	●	●			
鈳	●	●	●	●	●	
銻	●			●		
錫	●		●	●		●
鈦	●	●	●	●	●	
鎢	●	●	●	●	●	●
鈾	●			●		●
釩	●	●	●	●	●	
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，鈹（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.

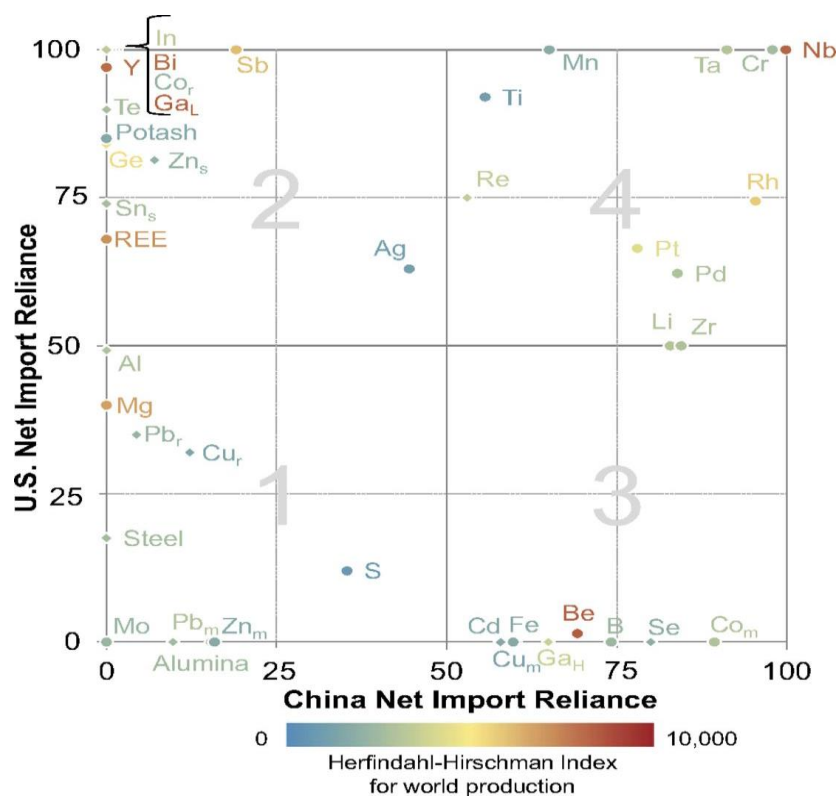
⁴⁹ “Minerals Security Partnership,” *U.S. Department of State*, June 14, 2022, <https://www.state.gov/minerals-security-partnership/>. 此計畫由美國主導發起，其他成員包括了日本、英國、德國、法國、澳洲、芬蘭、南韓、瑞典、加拿大和歐盟執行委員會，美國及其盟國將持續合作強化關鍵礦物供應鏈的安全，用以抗衡中國在此領域日漸增長的主導地位。

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、趙燊、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、趙燊、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日，<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.fentijs.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