

烏克蘭的稀土，如何成為談判桌上的戰略資源？

烏克蘭在歷史上從來未被視為礦產大國，但它的地下資源，卻突然成為了地緣政治最大的焦點。



Lithium Petr David Josek/AP/

因為一場在眾多美國媒體面前的，在美國外交史上幾乎沒發生過的公開爭執，美烏原訂簽署的礦產合作開發協議宣告破局。這份協議原本旨在讓美國獲得烏克蘭的稀土、鋰、鈷等礦產，以支持美國本土國防、科技等產業，而烏克蘭則希望藉此獲得美國的安全保障與持續援助。然而，在會談期間，特朗普方指責澤連斯基對美國的援助「不夠感激」，且不願妥協，導致談判破裂，會議提前結束。

雖然雙方不歡而散，連預定的午餐會面也直接取消，澤連斯基事後仍然表示烏克蘭仍願意簽署這項礦產協議。事實上，烏克蘭官員曾表示澤連斯基不介意用國內戰略資源換取美國支持，2024年底，他就打算向特朗普提出用礦產換取美國的持續軍援。

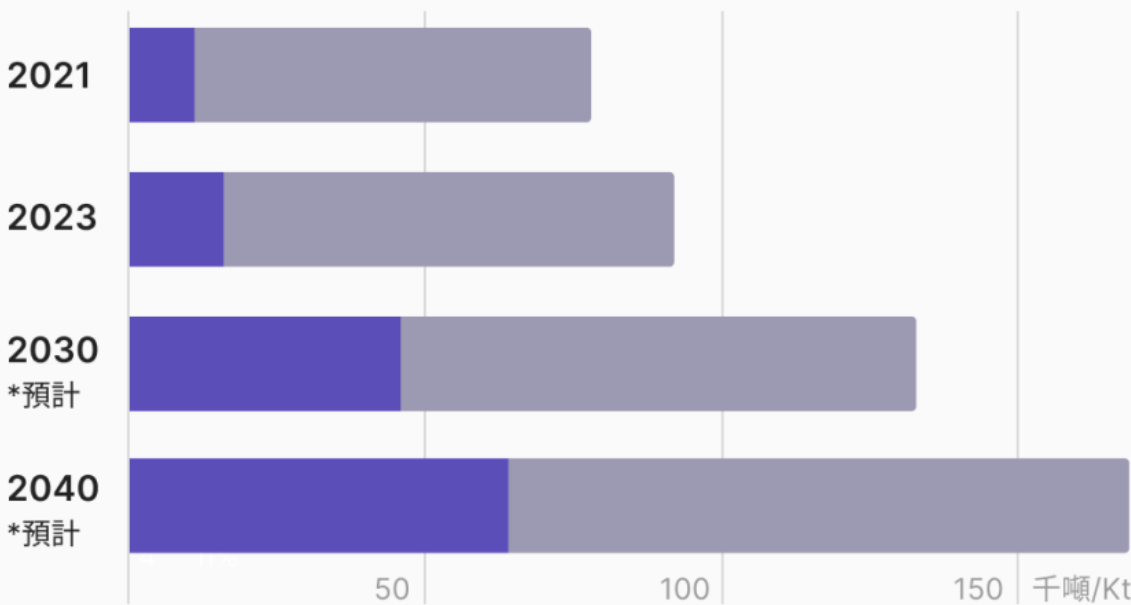
整個2025年2月底，這個協議霸佔著國際新聞頭條，但有趣的是，烏克蘭在歷史上從來未被視為礦產大國，但它的地下資源，卻突然成為了地緣政治最大的焦點。到底那些資源是甚麼，為何能決定一個國家的命運？

稀土：後化石燃料年代最關鍵的資源

石油及天然氣是上一個世代的最關鍵戰略資源，自19世紀以來就影響地緣政治發展和經濟格局，但隨著氣候變遷危機加劇與能源結構轉型的推動，發達國家正積極從化石燃料過渡到可再生能源與低碳技術，而稀土及其他戰略礦產，正是在這個背景下成為新時代的戰略資源。根據世界銀行，如果《巴黎協定》的綠色能源目標得以實現，到2050年，對於電力儲存元件和礦物的需求將增加450%；也有研究引述世界銀行對2050年的預估，表示如果要在2050年實行去碳化，將需要30億噸礦物與金屬。

隨著能源轉型，對稀土需求迅速增長

● 清潔能源需求 ● 其他能源需求



資料來源：國際能源署

端傳媒 Initium Media

不論是歐盟還是美國定義的戰略礦產（critical minerals），都包括稀土元素（Rare Earth Elements），還有鋰（Lithium）、鈷（Cobalt）、鎳（Nickel）、錳（Mn）、銅（Cu）等多種高科技製造業不可或缺的金屬。稀土是鐳（La）、鈾（Ce）、鐳（Pr）、釹（Nd）等17種鐳系金屬的統稱，全部的名字都非常冷門，但絕大部分並不真的「稀有」——例如稀土元素中的鈾（Ce）在地球的含量跟銅差不多，而釹（Nd）比金還多1600倍。稀土得名其實是由於開採困難，這些元素不像金、銀那樣單獨存在，而是混在一起，要分離需要複雜的化學處理，而且還會產生放射性副產物。

稀土元素所以是戰略資源，是因為它的高科技應用無處不在，其中一個最重要的用途是製造高性能永久磁鐵。釹鐵硼磁鐵（NdFeB Magnets）是目前世界上磁性最強的商用磁鐵，廣泛應用於電動車（EV）、半導體、風力發電機、軍用雷達、航太設備等。做這種磁鐵必需的釹和鐳都是稀土元素，這個組合可以增強磁鐵的耐熱性，令其在高溫環境下仍能保持強磁性。以特斯拉（Tesla）的電動車為例，一輛Model 3的發動機，就含有1公斤的釹（Nd）和少量鐳（Dy）和鈹（Tb）。

而稀土之外，鋰、鈷、鎳、錳等用於電動車電池的原料，也是能源轉型的關鍵礦產。2022年4月，特斯拉總裁馬斯克就公開表示要「弄清有哪些因素會導致我們難以加速實現永續能源未來的目標」，並指「鋰礦的開採與精煉似乎就是所謂的限制因素」。當時正值COVID-19高峰期，美國因國際物流鏈中斷而面臨汽車供應短缺，那年夏天鋰價因而大幅上升，電動車售價因此也大幅飆漲。但即使售價上升，整個2022年美國電動車銷售量達到80萬7千輛，比2021年高出一倍。同年拜登政府通過史上最大規模的氣候及清潔能源法案《通貨膨脹削減法案》（Inflation Reduction Act；IRA），當中最重要的措施包括投入3690億美元用於電車、清潔能源技術稅收抵免，擴大可再生能源生產等。

但沒有大規模電池儲能，就無法真正推動電動車革命，而電池需要的，正是鋰（Li）、鈷（Co）、鎳（Ni）、錳（Mn）、石墨（C）等關鍵礦物。



2025 2 25

Kostiantyn Liberov/Libkos/Getty Images

歐盟居首的儲量，困難重重的開發

烏克蘭的領土面積佔世界約0.4%，但境內有全世界約5%的稀土及其他戰略金屬資源。在歐盟定義的34種戰略金屬中，烏克蘭有22種，其中17種就是稀土元素。歐洲最古老的地質構造之一東歐地台（Eastern European Platform）的西南部位於烏克蘭境內，這個區域屬於克拉通（Craton）地質，擁有豐富的深成岩和變質岩，容易聚集稀有金屬。而烏克蘭的礦床主要都集中在烏克蘭中部至東部一條被稱為「烏克蘭盾」或「烏克蘭水晶盾」（Ukrainian Crystal Shield）的地帶，這裡與世上主要的稀土礦床如中國白雲鄂博（Bayan Obo）、加拿大阿帕奇（Apatite）和巴西阿拉沙（Araxa）等有相似的地質背景。

根據烏克蘭地質局（Ukraine Geological Survey），烏克蘭的鋰（Li）儲量約為全世界儲量的1-2%，在歐盟位列第一。佔全球儲量比率較大的還有碳（C），即用於電池陽極的石墨；以及可以用於航太工業及其他高科技產品的鈦，全球儲量佔比約1-7%。

烏克蘭部分戰略金屬儲量

	儲量（萬公噸）	全球儲量佔比
碳 C / 石墨 用於電池陽極	1800	4-6%
錳 Mn 用於電池陰極	1400	1.6%
鈦 Ti 用於航天工業、高科技產品	1000	1-7%
鋰 Li 用於電池陰極	50-100	1-3% 歐盟儲量 居首
稀土 REE 用於電池及清潔能源等 高科技項目	50	5%
鈾 U 用於核工業	11	2-4% 歐盟儲量 居首
鈹 Be 用於核工業	1.4	

* 鋰、鈦及鈾儲量被烏克蘭地質局列為機密資料，表單數字為多方綜合估計。

資料來源：烏克蘭地質局、國際原子能機構、世界核協會，端傳媒綜合整理



端傳媒 Initium Media

但需要注意的是，烏克蘭境內有稀土和戰略礦物，不代表這些資源能夠被開採，更遑論能帶來即時經濟收益。根據烏克蘭地質局，烏國絕大部分礦區（不限稀土礦區）都是「綠地」（greenfield），即從未經開採，但已確認地下有戰略資源的新礦區。在烏克蘭35個已經發出採礦許可證的礦區中，有26個是綠地，即是投資者買下許可權後，還必須投入大量資金用作礮探、測量等前期工作。只有9個已賣出許可權的礦區是棕地（brownfield），即已被開採過的舊礦區。

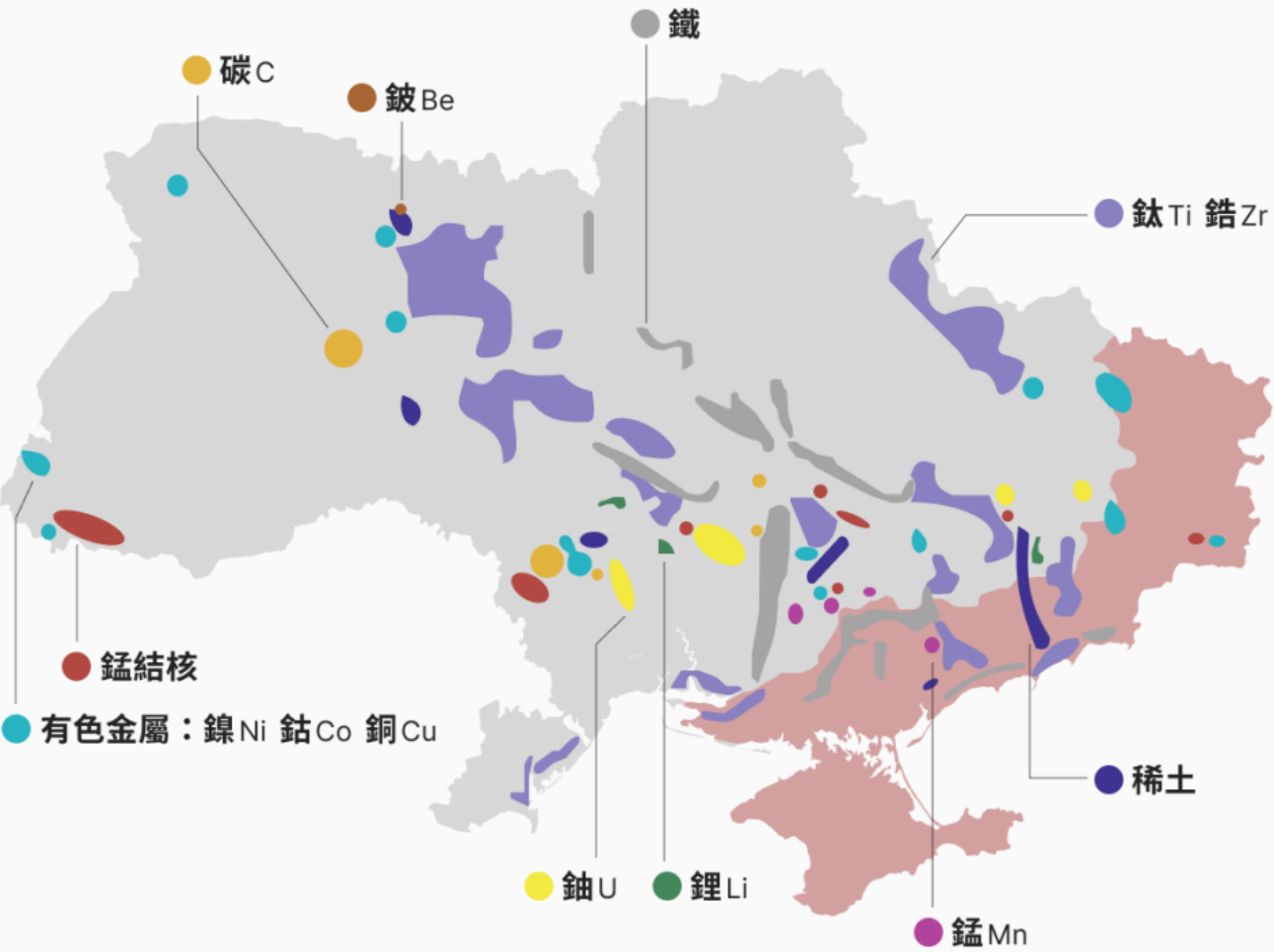
地質勘探程度不足和缺乏基礎設施，成為了烏克蘭許多礦區未能即時投產的主要原因。以烏克蘭最大的鋰礦床Polokhivske為例：2017年，一家叫Ukrlitiivdobuvannia的公司獲得了Polokhivske礦床的鋰開採特別許可，預計年產150萬噸鋰礦石（註：礦石儲量和產量是兩個不同概念，烏克蘭的鋰總儲量（50-100萬噸）指的是可提取的純鋰（Li 金屬），而年產 150 萬噸的是「鋰礦石」）。直到2024年，這個礦床的儲量仍在評估中，並正在進行生產可行性研究以及尋找融資。據美國獨立媒體coda，即使在俄羅斯入侵前，烏克蘭的礦床最少還要等10年以上才能投產。

而且，還沒有完整研究表明烏克蘭的龐大礦藏真的能夠被開採。由於烏克蘭在蘇聯時期主要發展工業和農業，其經濟核心更多為鋼鐵、煤業和鐵礦；蘇聯更多依賴俄羅斯和中亞地區提供這些戰略礦物，所以即使烏克蘭的礦床都在1950至1990年代被發現，絕大部分都未被蘇聯政府礮探過，遑論開採。當中鈦（Titanium）是一個比較特別的例外，蘇聯時期烏克蘭已經是鈦的主要來源地，整個蘇聯有9成的鈦都來自烏克蘭。

值得指出的是，蘇聯時期的地質探礮分為C1 和 C2兩類，主要指示礦產資源的確定程度。C1 類別代表較高可信度的礦產儲量，已經通過勘探鑽井和地質研究確認了其存在，但仍然不是完全確定的商業可採儲量。C2 類別代表較低可信度的儲量，即是礦體的存在已被部分證實，但仍需進一步的地質研究來確認其商業開採可行性。烏克蘭所有鋰礦床的地質結構極其複雜，並且勘探主要依賴鑽井（wells），因此在蘇聯時期，其鋰礦的資源評估僅達到 C2 類別。所以烏克蘭的鋰礦雖然存在，但尚未達到國際標準認可的可開採商業儲量，要開發仍需大量額外的地質研究和技術投入。

烏克蘭境內有全球5%稀土及戰略金屬儲量，但不少位於東部俄佔領區

● 截至2025年2月，受俄羅斯控制地區



資料來源：烏克蘭地質局，端傳媒綜合整理

端傳媒 Initium Media

更嚴重的問題是，目前烏克蘭有大概20-40%的稀土和戰略礦產在俄羅斯佔領區。2025年2月底，根據多家烏克蘭國內外媒體報道，俄羅斯已經獲得頓涅茨克一座重要鋰礦床的控制權。這座鋰礦在頓涅茨克Shevchenko東面，是烏克蘭4個主要鋰礦床之一。而且，雖然很多分析指戰略礦物將是烏克蘭重建的經濟動力，尤其看好烏克蘭能夠重振鈦出口，但早在2022年，就有報導指烏克蘭至少需要10年，才能清除俄羅斯在其國土留下來的地雷。而俄羅斯在戰爭中破壞的各種道路和民用設施，也將會延長烏克蘭礦區能夠投產的時間。

美國為何不開發自己的戰略礦產？

2018年，特朗普第一任期期間，美國地質調查局宣佈將17種稀土元素，以及鋰（Li）、鈦（Ti）、石墨、鋯（Zr）等35種金屬列為戰略礦產，網站並指出這35種金屬會是33多部門戰略的初步重點，目標是「落實美國總統特朗普的行政命令，旨在擺脫美國對外國礦產的依賴」。所謂的「外國」，指的主要就是中國。

稀土的開採在二戰後由美國啟動，在1980年代以前，美國還是全球的稀土霸主，位於加州的芒廷帕斯（Mountain Pass）礦區是全球最大的稀土生產基地。冷戰時期稀土被視為美蘇科技角力的關鍵材料，故美國政府曾積極支持本土稀土開採，但冷戰結束後，美國稀土產業開始大幅衰退，芒廷帕斯礦區在2002年因環保法規與經營困難關閉，在2020年美國政府才提供補貼和貸款，支持它重新營運。



2019 6 7
Images

MP Materials

Joe Buglewicz/Bloomberg via Getty

由於美國放任整個產業外移，現時在全球稀土市場佔難以撼動的主導地位的是中國。中國的稀土儲量約為4400萬噸，佔全球總儲量約33.8%，主要分布在內蒙、四川、江西、廣東等省份。中國的稀土開發和研究是在冷戰後期開始：1985年，中國成立了中國稀土信息中心（China Rare Earth Information Center，CREIC），後來的863計劃和973計劃（均為高技術研究計劃）都以發展稀土產業為重點。雖然中國境內稀土在數十年積極開採後，儲量大幅下降，但中國現時仍控制了全球90%以上的稀土精煉、加工，以及磁鐵生產能力，而美國只剩芒廷帕斯一座稀土礦，而且沒有任何稀土加工設施。

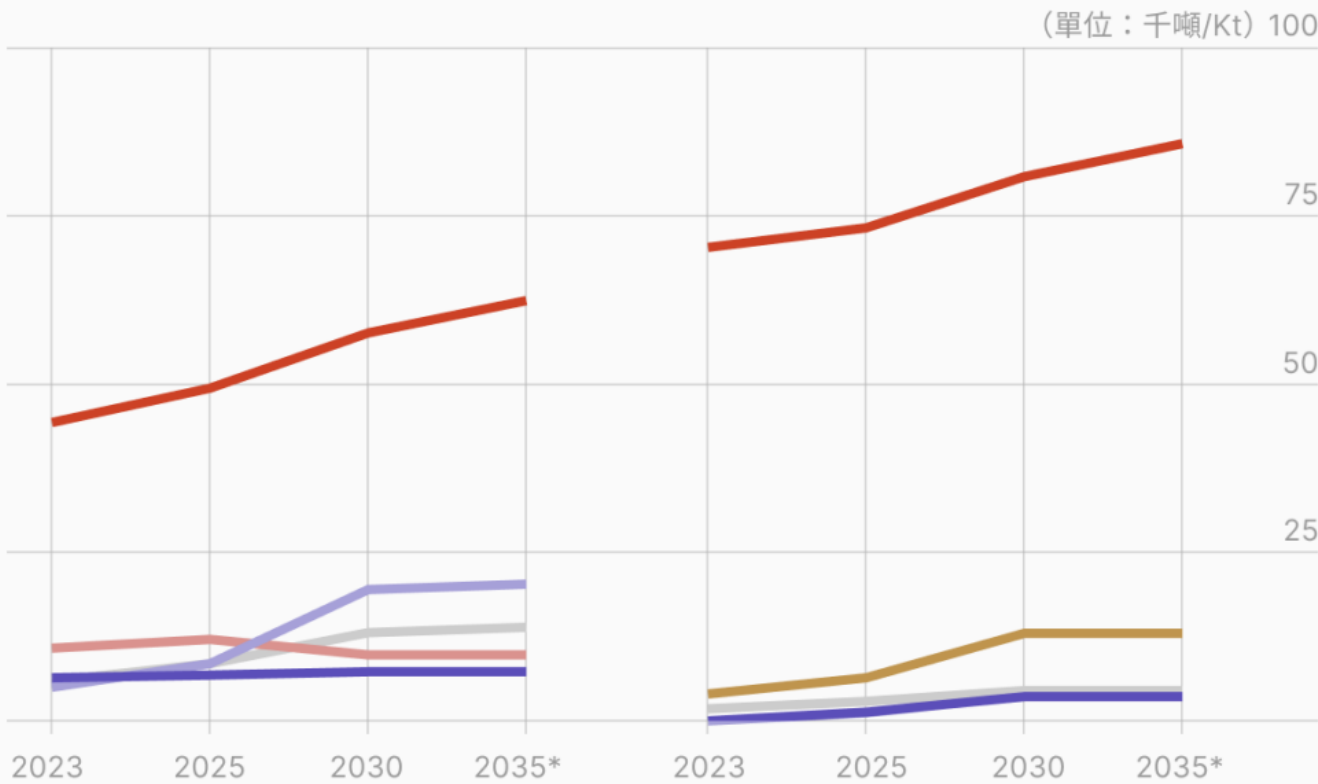
中國主導全球稀土開採及精煉，美國及歐盟遠遠落後

稀土開採能力

● 中國 ● 緬甸 ● 澳洲 ● 美國 ● 其他

稀土精煉能力

● 中國 ● 馬來西亞 ● 澳洲 ● 美國 ● 其他



*2040年數據與2035年相同。

資料來源：國際能源署



端傳媒 Initium Media

但稀土供應鏈由中國主導，難免令美國擔憂供應鏈安全問題。美國只剩一座稀土礦場，而且因為美國沒有任何完整的提煉與分離設施，缺乏將原礦轉化為原材料的能力，芒廷帕斯開採出的稀土原礦必須送往中國精煉。這意味著，如果中國限制稀土出口，美國將立即陷入供應短缺，並且難以在短期內找到替代來源。2019年美中貿易戰期間，美國針對中國商品徵收關稅，中國也報復式對芒廷帕斯礦運來的原礦徵收25%關稅；而在雙方劍拔弩張的時期，中國國家主席習近平特地往江西參觀了一座稀土開採及加工設施，此舉被視為中國用稀土作籌碼威脅美國。中國也曾暗示可能對美國限制稀土出口，雖然並未實際實施，但一度造成局面緊張。

特朗普剛上任就說要獲得格陵蘭（Greenland）主權，部分原因也是因為該島全球第八大的稀土儲量。但其實美國本土並不是沒有稀土。除了芒廷帕斯，美國已知的稀土礦床也包括懷俄明州的Bear Lodge、德州的Round Top等；而內華達州也有數個儲量豐富的鋰礦床。但為甚麼美國要發展自己的礦那麼困難？以內華達州的流紋岩嶺鋰礦（Rhyolite Ridge）為例：2025年1月17日，作為拜登政府發展美國本土電池供應鏈的一部分，美國能源部（DOE）宣布對流紋岩嶺鋰礦貸款10億美元；DOE的網頁指流紋岩嶺「每年可為超過 37 萬輛電動車生產鋰」，所以每年可以「減少近 1.76 億加侖的汽油消耗量，並防止每年 156 萬噸二氧化碳的排放」。這個鋰礦同時也產硼，一種可以用來生產肥皂和其他消費品的化學物，所以有兩個潛在的收入來源。

流紋岩嶺鋰礦距離特斯拉計劃中的一個超級工廠只有100英里，據《鋰戰》（The War Below）作者Ernest Scheyder，這是礦業圈非常罕見的，一開業就馬上能盈利的情況。但像這樣一個必然能賺錢的礦，開發期間卻爭議不斷：首先鋰礦開採需要大量用水，而內華達州是乾旱地區，所以當地居民擔心鋰礦開採可能會影響地下水資源，造成生態系統失衡；雖然開發商loneer 承諾使用回收水和較少水源，但仍無法完全消除疑慮。另一方面，環保團體也認為在流紋岩嶺採礦會導致一種叫Tiehm’s Buckwheat（泰姆氏蕎麥）的，被美國魚類及野生動物管理局（USFWS）列為聯邦受保護物種植物物種的野花滅絕。

像這樣的政策衝突，在美國礦業的開發中十分常見：一方面，實現能源轉型意味著要推動電動車產業，但開發本土鋰礦卻與環保政策卻有重大衝突。這個「綠能毀綠地」的矛盾，在短期內難以解決，而且就是美國開發礦業最主要的絆腳石。更不用說的是採礦本身不論是實際上還是在大眾眼裡，都是個危險、骯髒的產業。美國智庫戰略與國際研究中心（CSIS）就指出，美國的《國家環境政策法》（NEPA）讓礦業審批流程漫長，開採新礦場往往需要 10 至 15 年，遠超其他國家，讓許多投資者不願投入美國本土礦業，而是轉向礦業監管更寬鬆的地方。美國如要確保關鍵礦物供應鏈安全，就必須改變對本土礦業的政策與態度，否則將無法滿足電動車、再生能源與國防產業對礦物的需求。

烏克蘭的礦產還能找到買家嗎？

2月28日，澤連斯基和特朗普會晤結束後，據多家現場媒體透露，烏克蘭官員「絕望地請求」繼續談判，但特朗普下令烏方代表離開，甚至不允許他們進餐，原定的新聞發佈會被取消，礦產協議也沒有簽署。後來有報導指特朗普對於礦產協議不置可否，而澤連斯基則指會面結果「令人遺憾」（regrettable），並表示自己仍然願意商討和達成協議。3月3日，特朗普政府甚至下令暫停對烏克蘭援助，直到烏克蘭領導人「表現出對達成俄烏和平協議的誠意」。但事情在一天後似乎又有了轉機：3月4日，特朗普在國會演說時讀出澤連斯基的信，指烏克蘭已準備好重返談判桌，在他「強而有力」的領導下努力實現和平。



2025 2 28
Getty Images

Jabin Botsford/The Washington Post via

暫時這筆礦產協議能不能簽訂，或者將以怎樣的形式簽訂，似乎還是未知之數。不過就算美烏協議破局，歐盟似乎還是可以當烏克蘭的安慰獎：2月24日，歐盟向烏克蘭提供了一份合作協議，根據協議，烏克蘭將提供歐洲所需的30種關鍵礦物中的21種，雙方會實現一種「雙贏的夥伴關係」。

在俄烏戰爭前，烏克蘭本來準備成為歐盟能源轉型供應鏈中重要一環：2021年，烏克蘭就與歐盟簽署了一項原材料戰略合作協議，指由於歐盟在歐盟在鋰、鈷、鎳、稀土等關鍵礦產上，高度依賴中國和俄羅斯，和烏克蘭共同建立一條完整的產業鏈，共同合作礦產加工、提煉、電池生產，將是歐盟在關鍵礦產上擺脫中國和俄羅斯的重要一步。而烏克蘭也在2023年12月通過了礦業改革法案，除了簡化採礦許可流程，提升法規透明度，加強環保與監管標準，以符合歐盟或國際市場的要求，也有意在吸引外資進入關鍵礦產開發的提供財政或政策激勵。