

## 稀土荒×地緣政治：稀土供應鏈新創趨勢

人手一機的智慧手機，到日漸普及的電動車、風力渦輪，乃至國防軍用設備，這些先進科技都仰賴稀土元素，例如鋰、鈷、鎳，作為核心材料。稀土元素 (Rare Earth Elements, REEs) 名稱中帶有「稀」字，實際上在地殼中含量不少，但具備經濟開採價值的礦床卻鳳毛麟角。隨著應用與需求飆升、供應日益吃緊，圍繞稀土的國際角力悄然升溫。中國掌握全球超過 85% 的稀土原料與精煉能力，使各國在新能源與國防科技的關鍵材料上，高度依賴「紅色供應鏈」。隨著地緣政治風險升高，各國力圖擺脫資源依賴，分散關鍵材料供應鏈，這波熱潮反映於供應稀缺材料和稀土元素相關的新創公司與其風險投資趨勢。

### 什麼是稀土元素？

稀土元素 (REE) 包括 17 種化學性質相似的金屬，15 個鐳系元素，包括：鐳 (La)、鈰 (Ce)、鐑 (Pr)、釹 (Nd)、鉕 (Pm)、釷 (Sm)、鈾 (Eu)、釷 (Gd)、鉕 (Tb)、鐿 (Dy)、釹 (Ho)、鉕 (Er)、鈹 (Tm)、鐿 (Yb)、鐿 (Lu)，以及釷 (Y)、釷 (Sc) 兩個額外元素。國際能源組織 (IEA) 指出，稀土元素應用於科技和綠色能源產品的戰略重要性極高，包括太陽能光電、電動車馬達、風力發電機組、氫能技術、電網儲能系統、核能、半導體元件與智慧型手機，同時被廣泛使用於軍事科技，例如雷達、飛彈與夜視設備。儘管「稀」土元素隱含稀缺的意思，但它們在地殼中相對豐富，只是很少有具經濟可行性的礦床形式。

稀土生產涉及五個主要製程：採礦、分離、精煉、合金和製造。

1. **採礦**：要取得稀土元素，就像是在岩石中尋找藏寶一樣，需要從特定的礦石中「挖寶」，像是氟碳鈰礦和獨居石。獨居石 (Monazite) 指含有多種稀土元素的礦物，以單晶體形式存在於岩石中，更富含「重稀土元素」。獨居石裡面常常含有一種叫「鈾」的放射性元素，沒有妥善處理可能會對土地、水源甚至人身安全造成傷害。
2. **分離**：要把稀土元素從礦石中一個一個分離出來，就像是把長得幾乎一模一樣的岩石礦物分開，非常不容易。這個過程需要用到像「溶劑萃取」的化學方法，才能把不同的稀土元素分離出來。中國擁有成熟的技術與設備，尤其在分離重稀土方面處於產業領先地位。

3. **精煉**：分離出來的稀土元素進一步純化，變成純淨的氧化物或金屬狀態。純化後的材料，是製造高性能產品的關鍵，像是釹、鎳、鈹等元素，常用在電動車馬達或高效能磁鐵中。
4. **合金**：稀土金屬可以跟其他金屬，像是鐵、硼、鈷結合，生產「合金」材料。合金能製成強力磁鐵，最常見的釹鐵硼 (NdFeB)，可以做為電動車馬達、風力發電機和軍用設備的重要材料。這些磁鐵體積小、磁力強，是許多先進科技的關鍵零件。全球超過 90% 的稀土合金是中國生產，幾乎壟斷市場。
5. **製造**：稀土合金和其他關鍵稀土材料，整合進電動車馬達、風力發電機、電池等各種電子產品中。

## 全球稀土供應鏈概況

中國在採礦、分離和精煉等稀土供應鏈佔據主導地位。2022 年，中國佔全球稀土礦產產量 75%，約 19 萬噸稀土氧化物，北美 (主要是美國) 貢獻 15%。澳洲全球市佔為 5%，主要由 Lynas 公司營運；緬甸採礦規模較小，主要是高價值的重稀土，提供全球 3% 供應；印度產量更少，佔比 1%，尚有開發空間。

中國控制著全球約 90% 的分離能力，馬來西亞是全球最大的非中國加工國，因為澳洲公司 Lynas Rare Earths 在當地設有稀土分離工廠。歐洲愛沙尼亞擁有一座稀土分離設施，規模較小。印度、泰國和越南也有一些小型的分離廠，但產能有限。整體來說，全球的稀土加工能力大多集中在東亞地區，其他國家在高科技和能源發展上容易受到供應鏈影響。

截至 2024 年，全球稀土儲量和產量排名前五的國家為：

1. **中國**：擁有約 4,400 萬噸的稀土儲量，2024 年產量達到 27 萬噸，是全球最大的稀土生產國。中國掌握了全球約 60% 的稀土採礦量，控制超過 85% 的稀土精煉加工，在全球稀土供應鏈中具有主導地位。
2. **巴西**：擁有約 2,100 萬噸的稀土儲量，但 2024 年的產量只有 20 噸，產量非常低。因此，巴西政府推出 Serra Verde 項目，計劃 2026 年大幅提升稀土產量，每年生產 5,000 噸。
3. **澳洲**：擁有約 570 萬噸的稀土儲量，2024 年生產 1.3 萬噸。澳洲 Lynas

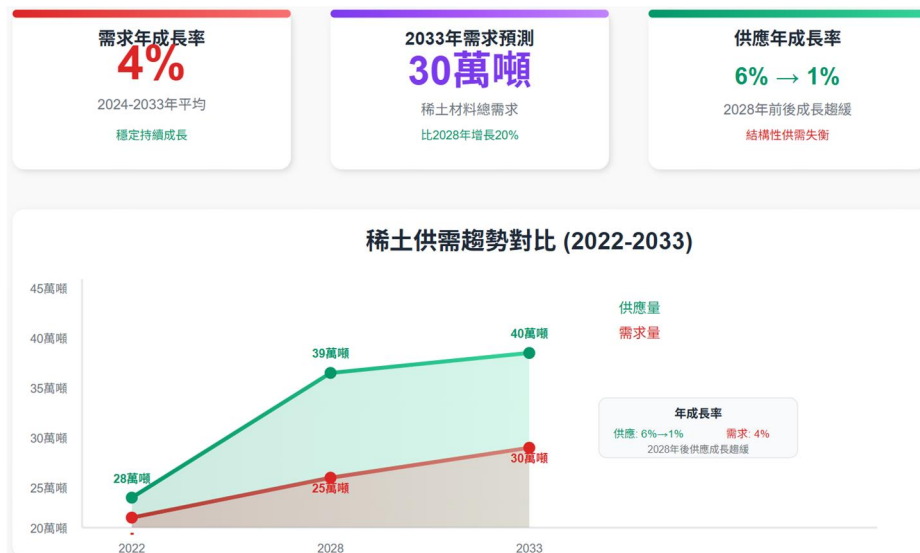
公司是中國以外最大的稀土生產商，正在積極擴大位於 Mount Weld 和 Yangibana 的礦山產能，有望進一步增加稀土供應。

4. **印度：**擁有全球第三大稀土元素儲量，大約 690 萬噸，2024 年產量 2,900 噸。根據安永 (EY) 的報告，印度海灘沙礦佔全球約 35%。不過，EY Parthenon 的合夥人 Abhijit Kulkarni 指出，印度缺少先進的分離和精煉技術，採礦區的基礎設施不足。因此，印度政府在 2025 年啟動國家關鍵礦物計畫，推動關鍵礦物產業的自主性和競爭力。
5. **俄羅斯：**擁有大約 380 萬噸的稀土儲量，2024 年產量約為 2,500 噸，全球 1.3% 產量。俄羅斯政府正投入 15 億美元資金，預計 2030 年其在全球稀土市場將提高到 10%，劍指成為第二大稀土生產國。烏俄戰爭使得各國試圖減少對俄羅斯稀土的依賴，轉而尋找其他供應來源。

其他國家如美國、緬甸、加拿大、格陵蘭、馬達加斯加、馬來西亞、奈及利亞、南非、坦尚尼亞、泰國和越南也有不同程度的稀土儲量和生產。

## 稀土原料需求的成長

應用主要是永磁體與電池兩大產業引擎，例如電動車馬達、風力發電機、鋰電池等需求穩定成長。全球稀土氧化物、永磁體等稀土材料每年以 4% 速度成長，2028 年達到約 25 萬噸。2028 年到 2033 年，預估成長趨勢不減，2033 年將達到 30 萬噸左右。



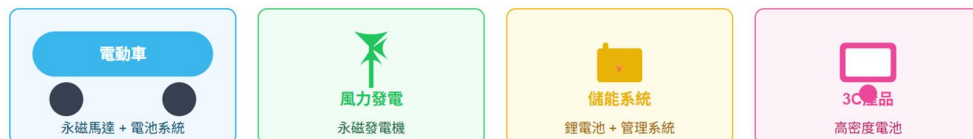
稀土原物料市場成長預測

資料來源：Fortune Business Insights, Claude 製圖

從供應面來看，全球稀土供應預計將從 2022 年的 28 萬噸，以每年約 6% 的年增率成長，到 2028 年達到近 39 萬噸；接著成長趨緩，年增約 1%，到 2033 年突破 40 萬噸。2033 年，有約 20% 的稀土供應來自新開發的礦區與生產計畫。這些新增供應多集中在鈰 (Ce) 與鐳 (La) 等相對容易取得、需求較低的元素上，導致過剩。而對永磁體生產至關重要的釹 (Nd)、鐠 (Pr)、鐳 (Dy)、鐳 (Tb) 等關鍵稀土元素的供應仍相對有限，未來可能面臨供不應求的風險。

鋰電池市場的成長推動與稀土相關材料的需求。製造電池管理系統或提高能量密度的某些合金與添加劑中，會使用例如釹 (Nd)、鐳 (La) 等稀土元素。隨著電動車、儲能系統以及 3C 產品的電池市場快速成長，這些稀土相關材料的需求也同步擴大，未來幾年勢必面臨更多競爭與供應壓力。

#### 需求驅動力：永磁體與電池產業雙引擎



#### 稀土元素供需結構分析



#### 稀土原物料供需分析與預測

資料來源：作者整理，Claude 製圖

## 地緣政治壓力與資源民族主義

中國在全球稀土供應鏈中擁有戰略控制權。全球約 70% 的稀土精礦，與 87% 的加工，以及 91% 的精煉等上游、中游供應關鍵，都掌握在中國。94% 的永磁體在中國生產，是製造電動馬達與風力渦輪機的核心材料。即使歐洲生產 58% 風力發電機和 23% 電動車，依然需要高度依賴中國供應關鍵原料。一旦中國限制稀土供應，全球綠能、科技與國防產業都可能受阻。供應鏈上「掐脖子」能力，使中國在貿易、外交或衝突時具備談判籌碼。例如，在中日主權爭議中，中國曾限制對日本的稀土出口，作為政治施壓手段。

資源民族主義是指一國政府為了保護本國天然資源利益，限制外資開採、增加出口稅、或直接禁止資源出口的政策傾向。隨著稀土、鋰、鎳等關鍵礦產在新能源、電動車等高科技產業中的重要性日益提高，資源民族主義與出口禁令已成為全球供應鏈中的一大地緣政治壓力來源。印尼禁止出口鎳礦、墨西哥收回鋰礦控制權、中國對稀土出口進行管理，都是資源民族主義的具體例子。

- **印尼的鎳礦石出口禁令：**印尼是全球最大的鎳礦出產國，鎳是製造電動車電池不可或缺的關鍵材料。為了發展本國金屬加工產業、提高附加價值，印尼政府在 2020 年全面禁止鎳礦石出口。這項政策讓原本依賴印尼進口原料的國家和企業措手不及，導致全球鎳供應受到衝擊，價格大幅波動，影響電動車產業與不鏽鋼生產。對此，歐盟 2022 年向世界貿易組織 (WTO) 提出正式異議，認為印尼出口禁令違反國際貿易規範，限制自由市場運作。
- **中國的稀土出口管制：**2010 年，中日因主權爭議，中國非正式地暫停對日本出口稀土兩個月，導致日本產業震動，並讓全球警覺中國在稀土供應鏈中「掐脖子」的潛在風險。隨著中美競爭升溫，稀土出口作為政治籌碼的情況再次浮現。2023 年，中國針對部分關鍵礦產，例如鎳、鎢等，實施出口許可制度。同年，中國對美國國防承包商限制出口某些重稀土材料，引發西方國家對於供應的憂慮。2025 年，中國對重稀土與磁鐵產品加強出口許可規範，市場普遍視為又一次的供應風險警訊。
- **智利和墨西哥的鋰國有化：**2022 年，墨西哥規定鋰的勘探、開採與生產將由國家負責。外國企業必須透過與墨西哥國營企業合作或轉為提供技術與資金，以取得鋰礦開發權。智利 2023 年公布「國家鋰戰略」，採取類似但稍微開放的模式。該政策要求，所有鋰開發案都必須以國家主導控制的公私合作夥伴關係進行，企業扮演技術與營運的輔助角色。

各國為緩解地緣政治壓力，需要解決以下挑戰：對單一稀土原料來源的高度依賴、資源民族主義興起，以及供需失衡、供應鏈脆弱性、環境和監管挑戰。



## 稀土原料相關新創企業吸引大量資金

地緣政治壓力和政府補助的帶動下，專注於解決稀土和電池材料短缺問題的新創公司，正成為創投資金追捧的焦點。根據 Crunchbase 資料庫，相關新創已累積數十億美元募資，並持續吸引大型投資。

鋰、鈷、鎳與各種稀土元素，是電動車、半導體與軍事裝備等高科技產業不可或缺的材料，企業與政府都積極尋找穩定供應來源。新創團隊抓住機會，從電池與磁鐵回收、稀土採礦到太空採礦等領域展開創新。2025 年下半年剛開始，美國就出現四筆單筆超過 1 億美元的大型創投交易 (mega round)，顯示創投市場隨著地緣政治帶來的稀缺原料供應鏈風險，持續升溫。

新創公司	說明	地點	募資總額 (美元)
<b>Redwood Materials</b>	Redwood Materials 是一家電池回收新創公司，為循環供應鏈生產電動車和永續材料。	美國內華達州	\$1,817,000,000
<b>Ascend Elements</b>	Ascend Elements 利用廢棄鋰電池中的元素製造永續電池材料。	美國馬薩諸塞州	\$1,126,000,000
<b>Lohum</b>	Lohum 生產鋰電池組，並透過回收利用廢棄鋰電池中的關鍵材料。	印度諾伊達	\$84,361,950
<b>Cyclic Materials</b>	Cyclic Materials 從含磁鐵的產品中回收稀土元素，以實現永續發展。	加拿大安大略省	\$82,555,233
<b>Phoenix Tailings</b>	Phoenix Tailings 透過開闢新的稀土來源，為採礦業帶來永續和效率。	美國馬薩諸塞州	\$76,385,714
<b>Cylib</b>	Cylib 是一家致力於整體電池回收的新創公司。	德國亞琛	\$71,939,011
<b>Princeton NuEnergy</b>	Princeton NuEnergy 是一家專注於鋰電池直接回收技術的潔淨技術新創公司。	美國新澤西州	\$64,200,000
<b>Torngat Metals</b>	Torngat Metals 根據其礦山原料和回收原料（例如報廢磁鐵和馬達）提供分離的稀土氧化物。	加拿大蒙特婁	\$50,000,000

<b>Li Industries</b>	Li Industries 開發鋰電池回收技術，提高電池處理永續性和效率。	美國北卡羅來納	\$49,000,000
<b>Karman+</b>	Karman+是一家研究太空採礦、小行星和稀土材料的新創公司。	美國丹佛	\$21,000,000
<b>Tozero</b>	Tozero 是一家回收鋰電池的新創。	德國慕尼黑	\$15,142,250
<b>RarEarth</b>	RarEarth 是一家稀土回收的新創。	義大利米蘭	\$3,123,766

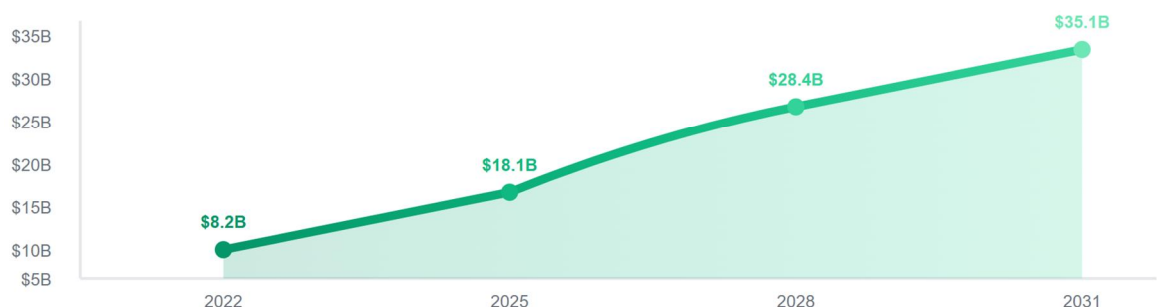
資料來源：crunchbase

根據獲得創投資金的新創題材，彙整出三大稀土新創方向：

### 電池與磁鐵回收 (Recycling/ Urban Mining)

- **Ascend Elements 與 Redwood Materials**：專注於從廢棄電池中提煉鎳、鈷、稀土等材料，是目前資金集中度最高的材料回收新創。
- **Cyclic Materials**：2025 年 6 月募資 2,500 萬美元，目標回收 EV 馬達與風力渦輪中的稀土磁鐵，挑戰目前回收率不到 1% 的現狀。
- **Cylib**：2024 年 A 輪融資 6,400 萬美元，技術鎖定從報廢電池中萃取稀土與關鍵金屬。
- **Tozero**：2024 年種子輪募得 1,200 萬美元，計畫設立回收工廠架構。

#### 鋰電池回收市場成長預測



#### 鋰電池回收市場成長預測

資料來源：Mordor Intelligence, Claude 製圖

## 採礦技術與原礦開發 (Mining)

- **MP Materials**：光是 2024 年到 2025 年 7 月，MP Materials 陸續獲得共 13 億 850 萬美元的投資，包括美國國防部投資 4 億美元，並簽訂長期採購協議。不只是政府，MP Materials 獲得通用汽車長期訂單，以及蘋果公司承諾投入超過 5 億美元，支持其稀土回收計畫。蘋果預計 2027 年之前導入其磁鐵產品，用於 iPhone、MacBook 等裝置。然而，MP Materials 營運的 Mountain Pass 礦場主要產出中輕稀土，重稀土仍大部分依賴中國進口。除此之外，中國生產在成本方面相當有競爭力，非中國製造磁鐵高出約 50% 成本，顯著反映在終端售價。
- **Torngat Metals**：2025 年取得 1.2 億美元融資，推進北極 Strange Lake 稀土礦場開發計畫，並強調「避免干擾馴鹿」的環境策略。
- **Phoenix Tailings**：2025 年募得 7,640 萬美元，研發從採礦尾礦中提取稀土與金屬的新製程。

## 太空挖礦與新興採集

地球資源有限，稀土與鉑金屬供應緊張，企業與國家尋找新來源。採礦市場在 2023 年估值約 17 億美元，預計 2028 年倍增至約 35.6 億美元，年複合成長率達 16%。太空採礦處於技術與資金投入的早期階段，從 AstroForge 到 TransAstra、iSpace 等新創企業，各自在探測、採礦機器人與精煉技術上努力。

- **AstroForge**：已募得超過 5,500 萬美元資金，由前 SpaceX 和 Virgin Galactic 工程師創立，專注未來從小行星採掘鉑族金屬。他們計畫將原料蒸發、電離並分類回收，有望在 2025 年展開首輪商業任務。
- **TransAstra**：開發「Mini Bee」與「Honey Bee」太陽能驅動太空採礦裝置，未來目標涵蓋週期表所有元素，同時透過衍生服務，如太空交通管理獲利，支撐技術研發。
- **iSpace (日本)**：專注月球探測與冰資源勘測，長期目標包括從月球採掘水資源，為未來太空任務提供支持。
- **Asteroid Mining Corporation (英國)**：研發六足 SCAR-E 探測機器人，計畫於 2026 年登月執行土壤分析任務，在地球先進行收費的檢測應用再轉向太空任務。



## 稀土供應鏈新創趨勢

近期創投資金的流向，揭示回收技術、在地供應鏈與環境治理，成為稀土與電池材料創業的三大方向。

### 永續回收是長線主力

大量資金湧向回收技術與循環再利用的新創公司，顯示投資人看好回收替代新開採的綠色模式。不管是電池回收、磁鐵拆解還是材料重製，這類解決方案兼顧循環永續，也能降低對國際稀土供應的依賴。

### 地緣政治推動在地開採

隨著全球對中國稀土依賴升高，創投迅速投入美國、加拿大、北歐、北極等地的新礦場開發計畫。這些項目有望建立「在地化」、「非中國依賴」的稀土供應鏈，重建更安全的資源網絡。

### 資源效率與 ESG 創業

投資人愈來愈重視開採廢料，也就是俗稱的尾礦再利用。礦場開採對環境有重大影響，整體資源管理透明化與營運效率成為企業永續責任重要的一環。ESG 與綠色治理相關新創，成為創投資金的新焦點。

#### 主要技術焦點



#### 技術突破重點：

- 95%+ 材料回收率
- 低能耗處理工藝
- 自動化分離技術

#### 稀土供應鏈新創公司技術焦點

資料來源：作者整理，Claude 製圖

## 結語

地緣政治風險升溫，全球對稀土與電池材料供應鏈安全的重視快速升高。這波資源重組浪潮，催生政府政策與資本介入，開啟創新創業的新賽道。市場投資趨勢相當清晰：回收、採礦到材料再生利用，稀土供應鏈成為創業與創投的關注焦點。創業者可以根據技術能力，選擇切入電池結構回收、磁鐵拆解、尾礦再利用，甚至是新礦場開發等不同環節。稀土開採與電池材料製造具技術門檻、研發週期長，對技術實力與資金耐力都有挑戰。因此，選擇與政府單位、產業大廠策略合作，取得政策支持與資源整合，是關鍵成功因素。

台灣每年大約需要 3,000 噸稀土元素，其中最重要的包括釹 (Nd) 與鐿 (Dy)，廣泛應用於高科技產業，例如半導體製造、智慧機械、醫療技術。然而，台灣的稀土 100% 仰賴進口，高度依賴帶來供應鏈的潛在風險。為了降低風險，稀土回收、創新製程是可以努力的新創重點發展，包括稀土回收與再利用、電子廢棄物循環計畫，以及與台積電、美國半導體企業的國際合作，並透過台灣稀土及稀有資源應用產業聯盟 (TRERRIA)、學研機構與新創企業，共同強化國內稀土技術能量。