

無煙硝的戰爭—戰略(稀有)金屬囤備之研究

作者/洪惠菁少校



女性專業軍官班 89 年班、國防管理學院後勤管理正規班 94 年班畢業，曾任兵工督導官、管制官、後勤官，現職為步兵訓練指揮部特業組教官。

提 要

- 一、要成為一個自主的國家，除領土、主權、人民與豐富的資源、高效能的行政團隊、戰力堅強的軍隊外，仍有其他重要因素；本研究是研究重要國家對戰略金屬的開發與儲備作法，提醒相關單位對最終會開採枯竭的戰略金屬，預擬前瞻防範作為。
- 二、美國自 1939 年即開始對戰略金屬之管控，制定「戰略物資儲備法」對重要戰略資源只探勘不開採，儲備量從國外低價購買；日本 2009 年制定「稀有金屬儲備戰略」提出 31 種礦產(包含 47 種元素)作為優先儲備項目；中國大陸因經濟開發較晚，若干之戰略金屬早已被先進國家掌控，且國內之重要戰略金屬迄今仍然缺乏強有力的管制與儲備法規，致很多戰略金屬長期開採遭到低價賣出，各國爭囤作法就像一場長期無煙硝的戰爭。
- 三、武器與裝備需具備外殼堅硬、耐腐蝕、耐高溫及一些特殊性能如：可躲避敵人的雷達或紅外線偵測，為能發揮武器及裝備的作戰效能，除需具備先進的技術外，還需使用穩定性極佳的原料，才能長期穩定製造出高科技的武器與裝備，本研究僅列舉 8 種物理特性極佳的元素，最適合運用於軍事發展領域，亦是各國爭相囤儲的戰略金屬。

關鍵詞：戰略金屬、戰略稀有金屬、戰略物資儲備法、稀有金屬儲備戰略

壹、前言

高科技尖端電子晶元、飛機發動機、航母曲軸、太空裝備、隱身塗料等不勝枚舉，都需要靠不同金屬元素融合出最佳配方，一般金屬取得容易，但是戰略金屬與戰略稀有金屬在取得上就會更加困難，先進國家無不積極探勘礦源，希望儲備量與控制權都能睥睨世界，這是一種儲備國力長遠發展的國家戰略，平時其影響是隱而不顯的，到了戰時若遭敵國箝制與封鎖，持續戰力終將枯竭，對戰爭勝敗將居重要關鍵因素；2010年9月因釣魚台衝突日本扣押中共拖網漁船，外交磋商無效，中共海關於9月21日禁止稀土運往日本，日本舉國譁然深恐重創經濟發展與高科技之研發，而解除扣留該漁船；中國大陸是世界上目前主要提供17種稀土金屬的國家，其儲存量世界第一，但因缺乏有效管控措施，在國際市場上遭到低價賣出；而美國受法律管控重要戰略金屬只探勘不開採，到處低價收購；就長遠觀察美國將會成為最後贏家，保持強大國家需要之源源不斷的資源與動能；本篇研究期望能讓讀者認識戰略金屬，對國家高科技發展戰略金屬需求方面有基本概念，而懂得更加愛護武器裝備。

貳、何謂戰略(稀有)金屬

金屬對軍事戰略發展具有影響性，而哪些金屬最適合發展軍事工業，則取決其本身所具備之穩定及優良的物理化學及電學性能，在軍事領域裏，如果缺少了它們，即使擁有再先進的技術，也無法製造出先進的武器裝備，其對各國的國防建設具有重大的影響力。

一、戰略金屬

軍隊所需之戰車、飛行器、軍艦、飛彈與觀瞄器材等，必須使用特殊原料及結合高科技產業，才能製造尖端的武器和裝備，達成作戰任務，如：防護裝甲需具備堅硬及高度韌性，才能防護子彈的穿透力；飛行器的隱形及軍艦的抗酸腐技術，則需採用特殊塗料及原料，才能躲避敵方雷達偵測及適應氣候達到不被腐蝕等特性；攻擊敵人所需的飛彈，需堅硬及精準，才能於爆炸後，造成敵人重大傷亡；觀瞄器材需提供全天候最佳的觀測能力，使敵人無所遁形，為達上述軍事用途，採用一般商業用原料是無法造就軍事所需，故舉凡此類特殊原料，統稱為戰略金屬，¹由於這類金屬主要運用於軍事工業，對國防建設及發展關係密切，一旦缺少了它們，即使具備

¹戰略金屬-台灣 Word, <http://www.twword.com/wiki/%E6%88%B0%E7%95%A5%E9%87%91%E5%B1%AC> (檢索日期: 106.2.27)。

再先進的技術，亦無法製造先進的武器和裝備。

二、戰略稀有金屬

係指自然界中含量少、分布稀疏、很難於原料中分離成單一金屬或發現較晚等金屬，如：鈮、鉬、鋳、銦…等都具有戰略意義大、儲量少的特點，又稱為戰略稀有金屬，而儲備戰略金屬及稀有金屬，就是維護國家經濟及安全的最佳保障，故現今已成為各國爭相搶奪的主要目標。

圖一 元素週期表

1 氫																	2 氦
3 鋰	4 鈹											5 硼	6 碳	7 氮	8 氧	9 氟	10 氖
11 鈉	12 鎂											13 鋁	14 矽	15 磷	16 硫	17 氯	18 氬
19 鉀	20 鈣	21 鈉	22 鈦	23 鈮	24 鉻	25 錳	26 鐵	27 鈷	28 鎳	29 銅	30 鋅	31 鎳	32 鍮	33 砷	34 硒	35 溴	36 氬
37 鉀	38 鈣	39 鈉	40 鈦	41 鈮	42 鉻	43 錳	44 鐵	45 鈷	46 鎳	47 銅	48 鋅	49 鎳	50 鍮	51 砷	52 硒	53 溴	54 氬
55 銻	56 鋇		72 鈐	73 釷	74 錒	75 錒	76 錒	77 釷	78 鈾	79 釷	80 汞	81 鉍	82 鉛	83 鉍	84 釷	85 釷	86 氬
87 銻	88 鐳		104 鏷	105 釷	106 鐳	107 釷	108 鐳	109 釷	110 鐳	111 釷	112 鐳	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
57 鐳	58 釷	59 鐳	60 釷	61 釷	62 釷	63 釷	64 釷	65 釷	66 釷	67 釷	68 釷	69 釷	70 釷	71 釷			
89 釷	90 釷	91 釷	92 釷	93 釷	94 釷	95 釷	96 釷	97 釷	98 釷	99 釷	100 釷	101 釷	102 釷	103 釷			

資料來源：西奧多·葛雷，吳瑤玲，劉香舍，《EASY008 看得到的化學你一辈子都會用到的化學元素知識》，（大是文化有限公司），2011 年 2 月 2，頁 4~9。

參、戰略金屬在元素表之排序

宇宙萬物都是由元素所構成，而構成戰略金屬的基本物質即是化學元素，而談到化學元素則需介紹「元素週期表」，現行元素週期表是按照原子序數的順序來排列，計有 118 個元素（如圖一），依據其化學特性，可分成 10 區（如表一）。²戰略金屬大部份屬於「過渡金屬」（如：鎢、銻、鈦、鉭、鉬、鋨、銻、鎳、鉕、鈹、鈳、鎳、鎳、鉍、鉍）或是內過渡金屬（如：「稀土元素」）。³

²西奧多·葛雷, 吳瑤玲, 劉香舍, 《EASY008 看得到的化學你一輩子都會用到的化學元素知識》, (大是文化有限公司), 2011 年 2 月 2, 頁 4~9。

³林先生，〈神冶貴金屬有限公司〉，<http://www.g-smelt.com.tw/page07-2.htm>，（檢索日期：106.2.27）

表一 各區元素顏色分類表

元素分類	顏色	名稱	元素分類	顏色	名稱
第 1 區		鹼金屬	第 6 區		類金屬
第 2 區		鹼土金屬	第 7 區		鹵素
第 3 區		過渡金屬	第 8 區		鈍氣
第 4 區		普通金屬	第 9 區		稀土元素
第 5 區		非金屬	第 10 區		稀土元素

資料來源：作者自製

肆、戰略金屬條件與特性

由於戰略金屬具備良好的物理化學及電學性能，即密度小、耐高溫、強度高、耐蝕性好及導電佳等特性，是發展軍事工業不可或缺之原料，也是維護國家根本利益的重要保障，對國家國防安全、軍工發展及競爭力等有極重要的戰略意義。構成戰略金屬的條件如下：

一、資源以需要為貴

由於礦產資源分配不均，具經濟開採價值的礦脈卻集中在少數國家，呈現資源集中分布於特定地區，對其他國家來說，則相對珍稀，⁴如：以中國大陸而言蘊藏稀的有稀土金屬礦產如：鉬藏量豐富；但在一般性大宗礦產鐵則相對缺乏，在認定上不是絕對的，國家整體戰略需要才是一個重要考量因素。⁵

二、爭取戰略優勢所必須

從二戰迄今，飛機、戰車等主戰裝備越趨精密，武器裝備的質量及可靠性也成為衡量其取捨的標準，性能再好的裝備如果沒有質量和可靠性作基礎是上不了戰場的，如：德軍於第二次世界大戰中所使用的虎式重型戰車，因為在作戰中擊毀大量的敵軍戰車及火炮，被稱為無敵戰車。但由於裝甲防護力薄弱，於是希特勒下令開發新式重型戰車，直至 1941 年 5 月 26 日萊茵金屬公司為 VK3601(H) 製造砲塔，以傾斜式裝甲構型設計，即 H2 型，其裝甲厚約 60-80 公厘，主砲為 75 公厘 KwKL/60 Waffe0725 型錐膛砲(又稱錐形砲)是一種新的概念砲，其砲管基部大於砲口，外觀成錐形。砲彈彈芯為緻密重金屬(鎢)，彈芯週邊包裹軟金屬，射擊原理為砲口直徑小

⁴高雅玲，〈由稀有資源爭戰談稀有資源的產業意涵〉，

<http://www.cimme.org.tw/new/PDF-file/5502/011-020.pdf> (檢索日期：106.2.11)

⁵金屬礦產資源，MBA 智庫百科，<http://wiki.mbalib.com/> (檢索日期：106.2.11)

於砲彈直徑，在砲膛中向前高速運動時，軟金屬不斷地擠壓，使得膛壓增大，而讓彈藥獲得高初速。⁶但因為德國缺鎢，導致該裝備停止生產，倘若德國當時生產成功，則二次大戰地面作戰是否會改變勝負局面，仍有再議空間。

三、發展高科技軍品所需

前蘇聯政府是世界上第一個成功發射人造衛星的國家，這表示當時美國在太空競賽已敗給前蘇聯政府，而造成美國航天技術落後的關鍵主因即為太空材料，於是艾森豪威爾總統於1958年3月15日計畫於全國12所大學成立17個專門的材料實驗室，進而促進美國材料科技的發展，造就了現今美軍的F22、F35、反導系統及航太等高科技武器裝備，⁷而這些材料就是關鍵因素之一。

本研究挑選符合上述條件在軍事領域已被廣泛應用之戰略金屬如：鈦、鋳、鉬、鈹、鈦、鎢、鋁及稀土等8種，逐一介紹其基本特性：

- 一、鈦：⁸為灰色的過渡金屬，具有密度小、重量輕、熱膨脹係數小、不導磁、電阻係數高、低導熱率、抗低溫及高溫、金屬疲勞小、韌性佳、強度高、抗腐蝕、抗強酸及強鹼、抗氧化等穩定的化學性質，而被譽為「太空金屬」。⁹
- 二、鋳：¹⁰為灰白色的類金屬，有光澤、質硬且脆、屬於碳族，有明顯的非金屬性質，不具有正常金屬的延展性，共價性較強，電子相對難以自由移動，液態時可導電，導電性比非金屬稍微好一點，會隨著溫度升高而降低。
- 三、鉬：¹¹為銀白色的過渡金屬，非常堅硬，熔點高、導熱係數佳、密度小、熱膨脹係數低，在常溫下不受空氣侵蝕，具有高強度、高熔點、耐腐蝕及耐磨研等優點，與其它金屬混合時，可提高金屬強度、淬透性、焊接性、韌性、耐高溫及耐腐蝕性等。

⁶虎式重型坦克_百度百科，

<https://wapbaike.baidu.com/item/%E8%99%8E%E5%BC%8F%E9%87%8D%E5%9E%8B%E5%9D%A6%E5%85%8B>（檢索日期：106.4.10）

⁷“虎王”坦克的教訓與啟示錄_新華軍事_新華網

big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/mil/2010-05/17/...（檢索日期：106.4.10）

⁸鈦-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，<http://baike.asianmetal.cn/metal/ti/ti.shtml>（檢索日期：106.2.2）

⁹「太空金屬」係指鈦具備密度小、重量輕、抗高溫及抗腐性強等特性，很適合發展航空器、太空飛行器及導彈等，而被譽為「太空金屬」。

¹⁰鋳-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，<http://baike.asianmetal.cn/metal/ge/ge.shtml>（檢索日期：106.2.27）

¹¹鉬-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，<http://baike.asianmetal.cn/metal/mo/mo.shtml>（檢索日期：106.2.27）

- 四、銻：¹²為質脆有光澤的銀白色類金屬，具有毒，無延展性，是電和熱的不良導體，常溫下不易氧化，具抗腐蝕性，加入其它金屬，可增加其硬度，故常被稱為金屬或合金的硬化劑，有獨特的熱縮冷脹特性。
- 五、鉭：¹³為灰藍色高密度堅硬的過渡金屬，具熔點高、蒸汽壓低、冷加工性能好、化學穩定性高、抗液態金屬腐蝕能力強、表面氧化膜介電常數大、高延展性、抗腐蝕、導熱性和導電性等優異特性。
- 六、鎢：¹⁴為銀白色的金屬，外形似鋼，是一種非常硬的過渡金屬，它的物理特徵很強，熔點很高，是所有非合金金屬中最高的，其硬度在自然界中僅次於鑽石，具抗腐蝕性。
- 七、銼：¹⁵為銀白色的過渡金屬，其熔點在所有元素中排第三（僅次於鎢及鉭），沸點居首位，密度則排在第四（僅次於鉑、銱和銲），具有堅硬、耐高溫、電阻高、密度大、應用於合金領域有良好的機械性能、耐磨及耐腐蝕等特性。
- 八、稀土：¹⁶
- （一）鑰系元素：為稀土金屬中最活潑的金屬，在空氣中易氧化，具延展性，它是鈾、鈾或鈾裂變的放射性產物，能賦予玻璃特殊的折光，使玻璃具有較高的折射率，具有超級鈣的美譽。
- （二）鈾系元素：為銀白色金屬，能在暗處發光，其化學性質活潑，與鑰十分相似，可與多種非金屬元素產生反應，具強鹼性及放射性。¹⁷

伍、軍事用途

世界先進國家對戰略金屬的合金品項與成份均列為最高機密，以保持軍工產品的優異性與獨特性，以下所述合金類型、應用領域與用途均以軍事範圍為主（如表二及圖二），避免過度延伸至商業用途。

¹²銻-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，<http://baike.asianmetal.cn/metal/sb/sb.shtml>（檢索日期：106.2.27）

¹³鉭-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，<http://baike.asianmetal.cn/metal/ta/ta.shtml>（檢索日期：106.2.27）

¹⁴鎢-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，<http://baike.asianmetal.cn/metal/w/w.shtml>（檢索日期：106.2.27）

¹⁵銼-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，<http://baike.asianmetal.cn/metal/rhenium/rhenium.shtml>（檢索日期：106.2.27）

¹⁶稀土-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，<http://baike.asianmetal.cn/metal/re/re.shtml>（檢索日期：106.2.27）

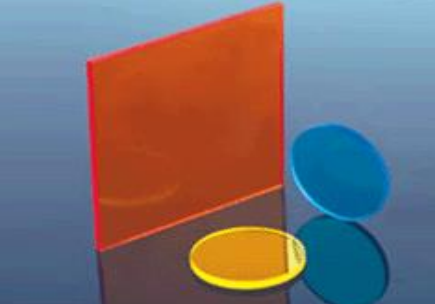
¹⁷豆丁網，〈稀土百科：17種稀土用途一覽〉，<http://szfmmetal.com/index.php?c=News&a=view&aid=252>（檢索時間：106.2.27）

表二 戰略金屬軍事用途一覽表

各類戰略金屬軍事用途一覽表	
元素名稱	軍事用途
鈦	以鈦合金應用於航空太空及船艦等領域，用途為製造噴氣發動機零件、機身零件、火箭、人造衛星、導彈等零件、潛艇耐壓殼體、螺旋槳、噴水推進器、海水換熱系統、艦鉛泵(閥及管子)。
鍺	以鍺單晶應用於紅外線光學，用途為製造軍工及重要的夜視儀、熱成像儀、紅外線雷達及其他紅外線光學裝置的視窗、透鏡、稜鏡與濾光片。
鈳	以鈳銅、鈳鎳、鈳鉻、鈳鈦鎢等合金，應用於軍事工業、航空、太空、電子電器，用途為生產魚雷發動機中的配氣閥體、火箭噴嘴、燃氣管道、噴管喉襯、高發熱元件、噴射塗層、太空船的零附件。
銻	以銻鉛基合金、銻、錫、鋁、銅的合金，應用於軍工，為製造車船用蓄電池電極板、軸承、軸襯、齒輪及子彈。
鉭	以鉭鎢及鉭鉛合金，應用於軍事工業，用途為製造噴射引擎、導彈。
鎢	以碳化鎢基硬質合金，用途為製造航空發動機的活門、渦輪機葉輪等高強度耐磨的零件、裝甲、控制舵的平衡錘、機械及武器工業如：防彈車、火炮部件及動能穿甲彈等。因為被廣泛用於國防工業、航空、太空等，故被稱為「工業的牙齒」及戰爭金屬之王的美譽。
銻	以銻鎢、銻鈳、銻鎳系高溫合金，應用於航空與太空、電子業，用途為製造噴氣發動機的燃燒室、渦輪葉片、排氣噴嘴、噴氣引擎葉片、渦輪盤等重要結構件的核心材料、人造衛星和火箭的外殼、原子反應堆的防護板，用作超高溫加熱器以蒸發金屬，在火箭、導彈上用作高溫塗層用，太空船用的儀器和高溫部件如熱遮罩、電弧放電、電接觸器等。
稀土	主要用於合金鋼的添加劑，可生產高強度合金鋼，亦可用來製作半導體材料及精密工業原料，因其具有優良的光電磁等物理特性，能與其他材料組成性能各異品種繁多的新型材料，無論運用於國防或軍事領域，都是不可或缺的重要金屬，故有工業味精、「工業黃金」、「工業的維他命」、「新材料之母」及「朝陽工業」之美譽。

資料來源：作者自製

圖二 戰略金屬用途及應用領域

 图1 A350 用钛主要部位和部件。 鈦的用途-飛機	 鍺的用途-紅外光學	 鉬的用途-合金領域
 錫的用途-合金領域	 鈮的用途-鈮電容	 鎢的用途-渦輪機葉輪
 鎳的用途-發動機	 稀土用途-高科技領域	 稀土的用途-石化工業

資料來源：(亞洲金屬網-金屬百科)，〈戰略金屬的用途及應用領域〉，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/re/application.shtml> (檢索日期：106.2.27)

陸、戰略金屬儲量分布

戰略金屬基本形態為化學元素所構成，而大部份的元素以化合物變成礦石蘊藏於地下。因地球上的礦石分布不均，需配合特殊條件才會形成礦石，故它的存在，對人類歷史的發展影響很大，也決定了世界工業整體的發展。

一、鈦礦

鈦在地球上的儲量十分豐富，其含量比銅、鎳、錫都要高，但價格昂貴，主要原因為提鍊困難，而非蘊藏量稀少。主要以鈦鐵礦

和金紅石應用於工業。依據美國地質調查局(USGS)2015年公布的資料顯示，全球鈦鐵礦和金紅石的資源總量超過20億噸，其中鈦鐵礦儲量約為7.2億噸，占全球鈦礦的92%，金紅石儲量約為4700萬噸，二者合計儲量約7.67億噸。在鈦鐵礦含量以中國大陸(2億噸)位居第一、澳大利亞(1.7億噸)位居第二、印度(8500萬噸)位居第三；金紅石含量以澳大利亞(2800萬噸)位居第一、南非(830萬噸)位居第二、印度(740萬噸)位居第三。¹⁸

二、鋳礦

鋳元素是一種典型的稀有分散元素，在地殼中含量約百萬分之七。鋳具有親石、親硫、親鐵、親有機的化學性質，很難獨立成礦。全球鋳的資源比較貧乏，全球已知儲量僅為8600噸，按照目前200噸/年的速度開採，則43年後鋳就會耗盡。鋳資源在全球分布非常集中，主要分布在中國大陸、美國和俄羅斯，其中鋳資源分布最多的國家是美國，保有儲量3870噸，占全球含量的45%，其次是中國大陸占全球41%。¹⁹

三、鉬礦

鉬在地殼中的平均含量約為0.00011%，已知的鉬礦約有20種，其中最具工業價值的是輝鉬礦，其次為鎢相鈣礦、鐵鉬礦、彩鉬鉛礦、鉬銅礦等。依據美國地質調查局2015年發布的資料，全球鉬資源儲量約為1100萬噸，中國大陸是世界上鉬資源最為豐富的國家，鉬資源儲量為430萬噸，其次是美國(270萬噸)和智利(180萬噸)，上述國家鉬資源儲量約占全球總儲量的80%。²⁰

四、銻礦

銻在地殼中的含量為0.0001%，依據美國地質調查局2014年資料顯示，全球銻資源儲量約為180萬噸。目前已知銻礦物多達120種，但具有工業利用價值，並且含銻在20%以上的銻礦物僅有10種。主要分布在中國大陸(95萬噸)、俄羅斯(35萬噸)、玻利維亞(31萬噸)。中國大陸是全球銻資源最為豐富的國家，其儲量約占全球總儲量的52%。²¹

¹⁸ 鈦-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，鈦資源儲量、鈦資源分布情況及鈦礦產量，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/ti/resources&production.shtml> (檢索日期：106.2.27)

¹⁹ 鋳-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，鋳資源儲量分布及精鋳產量情況，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/ge/resources&production.shtml> (檢索日期：106.2.27)

²⁰ 鉬-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，鉬資源儲量分布及產量情況，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/mo/resources&production.shtml> (檢索日期：106.2.27)

²¹ 銻-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，銻資源分布和產量，

五、鈮礦

鈮是稀有金屬，在地殼中的含量為 0.0002%，在自然界中常與鈮共存。具有工業價值的鈮礦物有：鈮鐵礦、重鈮鐵礦、細晶石和黑稀金礦等。依據美國地質調查局 2015 年公布的資料，全球鈮資源儲量逾 10 萬噸，其中澳大利亞 6.7 萬噸，巴西約 3.6 萬噸，上述國家鈮儲量占全球總儲量的 98%。²²

六、鎢礦

世界鎢礦資源儲量比較豐富，地殼中鎢的含量為 0.001%，已發現的鎢礦物和含鎢礦物有 20 餘種，其中具有開採經濟價值的只有黑鎢礦和白鎢礦，黑鎢礦約占全球鎢礦資源總量的 30%，白鎢礦約占 70%。據美國地質調查局 2015 年發布的資料，全球鎢資源儲量約 330 萬噸，中國大陸鎢資源儲量最多，為 190 萬噸，約占全球總量的 58%。其次為加拿大(29 萬噸)、俄羅斯(25 萬噸)，上述國家鎢資源儲量約占全球總儲量的 73.9%。²³

七、銻礦

銻是一種稀散金屬，在地殼中的含量很少。銻多以微量伴生於鉬、銅、鉛、鋅、鉑、鈮、鈮、稀土等礦物中，很難單獨利用。具有經濟價值的提銻的原料為輝鉬礦和銅精礦，其中輝鉬礦為銻的主要來源。2006 年，俄羅斯宣布俄國有色金屬研究所專家在南千島群島的伊圖魯普島上發現了儲量豐富的純銻礦，這是迄今為止世界上發現的首處純銻礦。²⁴ 依據美國地質調查局 2014 年發布的資料，全球銻資源量約為 2500 噸，智利的銻資源量最為豐富，為 1300 噸，其次為美國(390 噸)、俄羅斯(310 噸)，上述國家鎢資源儲量約占全球總儲量的 80%。²⁵

八、稀土

許多人認為稀土在地殼上分布稀少，故被稱為稀土，其實不然，比常見元素銅、鋅、錫、鉛、鎳、鈷還多，因怕其名稱被誤解，故促使國際純粹與應用化學聯合會(IUPAC)正考慮廢除「稀土金屬」

<http://baike.asianmetal.cn/metal/sb/resources&production.shtml> (檢索日期：106.2.27)

²² 鈮-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，鈮資源儲量和礦產產量，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/ta/resources&production.shtml> (檢索日期：106.2.27)

²³ 鎢-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，鎢資源儲量和礦產產量，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/w/resources&production.shtml> (檢索日期：106.2.27)

²⁴ 戰略金屬銻軍事用途獨特，美日悄悄囤積視為珍寶，〈中國網〉，

http://www.china.com.cn/international/txt/2006.../content_7186982.htm (檢索日期：106.2.27)

²⁵ 銻-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，銻資源儲量分布和產量情況，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/rhenium/resources&production.shtml> (檢索日期：106.2.27)

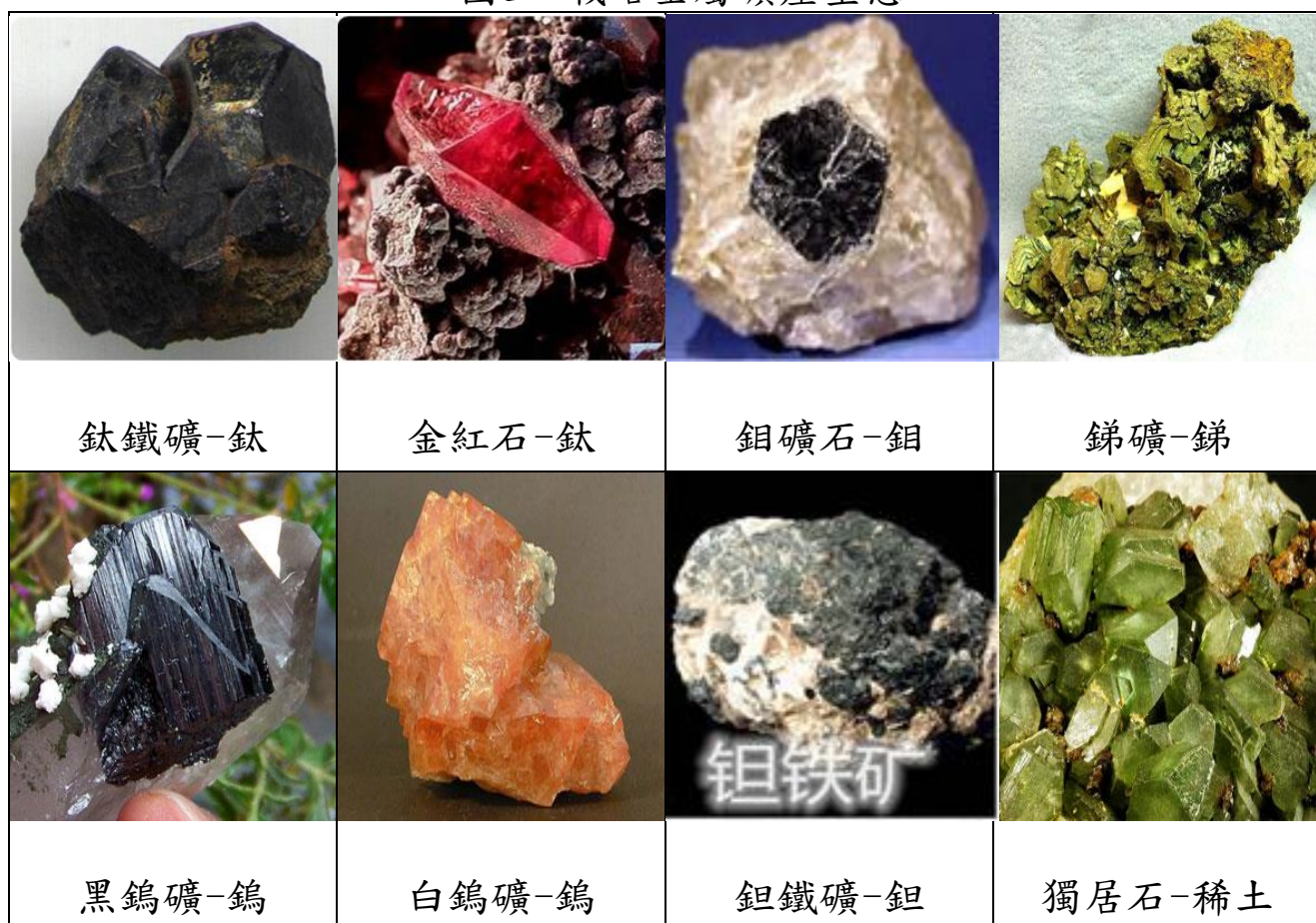
用詞。²⁶ 稀土元素(Rare Earth)是銩、釷和鐳系共 17 種化學元素的合稱(原子序數為 57~71)，一般區分為二類：²⁷

(一)輕稀土包括：鐳(La)、鈾(Ce)、鐳(Pr)、釹(Nd)、鉕(Pm)、釷(Sm)、銦(Eu)、釷(Gd)。

(二)重稀土包括：鉕(Tb)、鐳(Dy)、釹(Ho)、銦(Er)、銩(Tm)、鐳(Yb)、鐳(Lu)、釷(Sc)、釷(Y)等；也可區分為鈾組(鐳、鈾、鐳、釹、鉕、釷、釷)及釷組(銦、釷、鉕、鐳、釹、銩、鐳、鐳、釷)等。

依據美國地質調查局 2015 資料顯示，世界稀土儲量為 1.3 億噸，其中，中國大陸為首 5500 萬噸、其次巴西 2200 萬噸、澳大利亞為 320 萬噸，上述國家稀土儲量占全球總儲量的 61.7%。²⁸

圖三 戰略金屬礦產型態



資料來源：(亞洲金屬網-金屬百科)，〈戰略金屬資源分布及產量情況〉，
<http://baike.asianmetal.cn/metal/re/classification.shtml>，下載時間：106.2.27

²⁶ 陳登銘，〈工業的維他命-稀土金屬〉，http://scimonth.blogspot.tw/2011/04/blog-post_1131.html，頁 1~2 頁 (檢索日期：106.2.27)

²⁷ 同註 3。

²⁸ 稀土-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，稀土資源儲量分布和稀土礦物產量情況，
<http://baike.asianmetal.cn/metal/re/resources&production.shtml> (檢索日期：106.2.27)

柒、美日管控政策

2009 年中國大陸以稀土停止出口日本作為籌碼，企圖迫使日本在釣魚台撞船事件中做出讓步，進而承認中國大陸擁有釣魚台主權，肇生國際社會指責中國大陸違背 WTO 精神等案例，²⁹讓世界各國深刻體會自然資源稀有性及其可能帶來的威脅性。現以美國(世界警察)與日本(儲量低微消耗量大)兩個儲量兩極化的國家為例，概述其管控作法：

一、美國：

美國戰略資源儲備概念源自於 1923 年美國總統哈丁頒布 3797A 號行政命令，建立了阿拉斯加國家油儲基地，開啟國家礦產資源基地儲備先例，1939 年，正式制定戰略物資儲備法。1952 年杜魯門時期也提出戰略石油供應計畫。1956 年蘇伊士運河危機壓力下，艾森豪威爾提出石油儲備政策。1970 年當時的政府內閣也提出類似的儲備建議，直到 1973 至 1974 年阿拉伯國家發起的石油禁運，使得美國才領悟建立戰略石油儲備的重要性。石油禁運帶給美國國內經濟重大衝擊，也促使美國建立了戰略石油儲備的決心。造就美國成為石油儲備位居全球之首的國家，其石油來源大多從國外採購，針對境內蘊藏石油的科羅拉多州、猶他州及懷俄明州的石油長期禁止開發，對於國內的石油也採取只探不採之原則。³⁰其儲備的主要目的為應付緊急狀況下穩定國內的需求或是執行對外政策的重要手段，如：1991 年發動沙漠風暴與 2005 年卡崔娜颶風來襲時曾使用過兩次。³¹故相較之下，美國是最早實施資源儲備的國家，其儲備的項目除石油等重要能源外，還包含重要礦產資源的儲備，涉及的範圍最廣，配套制度也最為完備。

美國是世界礦產資源最豐富的國家之一，以煤礦、鉬礦、天然鹼、硼礦、溴礦、硫酸鈉儲量居世界第一；銅礦、金礦、鎳礦、銀礦、鈮礦、磷礦、硫磺居世界第二；鉛、鋅、稀土、重晶石、碘礦居世界第三；鐵礦居第五；天然氣居第六；石油居世界第十一。同時也是最大的礦產消費國及貿易國，其國內的石油和許多重要礦產的進口比率超過 50%，³²其外交政策主要設法確保美國能在全世界擁有

²⁹戴肇洋，〈歐美、日本與中國大陸的稀土貿易戰爭之分析〉，<http://www.tri.org.tw/research/impdf/1174.pdf>（檢索日期：106.2.27）

³⁰360doc 個人圖書館，〈國家礦產資源戰略儲備〉，http://www.360doc.com/content/14/0113/06/6956316_344755312.shtml（檢索日期：106.2.27）

³¹同註 30。

³²維基百科，自由的百科全書，〈美國主要礦產儲量〉，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/美國礦產資源>（檢索日期：106 年 2 月 27 日）

持續、穩定和價格合理的資源供應。長期以來美國一直將實施全球資源戰略視為國家重要的整體戰略考量，與國家政治、經濟、外交、軍事、金融等政策結合，隨著國內外形勢變化適時調整，以確保國家安全。故其對全球資源戰略所採取的管控方式計有：³³

- (一)建立龐大的戰略資源體系，於 1979 年通過《重要戰略物資儲備法》規定，戰略材料的儲備必須滿足 3 年戰爭消耗的需求。直到 1985 年儲備的戰略資源已達到 63 類 93 種，包括石油、鈾、鋁、銻、鉻、黃金等重要礦產。³⁴美國憑借其強大的軍事、經濟實力，已建立全球多層次、多管道的戰略資源配置儲存體系和龐大的戰略資源儲備體系。
- (二)通過經濟援助和投資，控制他國的戰略資源。如：利用發展中國家缺乏資金與技術，適時給予經濟援助和資金投入，有效控制非洲、中東等地的石油、金屬礦產、非金屬礦產及天然氣等戰略資源。
- (三)逢危機時大量購買全球廉價戰略資源，於第一次石油危機發生前，全球礦產原料價格低廉，大肆收購各國礦產資源，使其經濟穩定快速發展。

圖四 美國德克薩斯國家石油儲備基地



資料來源：360doc 個人圖書館，〈國家礦產資源戰略儲備〉，
http://www.360doc.com/content/14/0113/06/6956316_344755312.shtml（檢索日期：106.2.27）

³³ 宋建軍，〈世界資源形勢和資源戰略〉，theory.people.com.cn/BIG5/49154/49155/3836935.html，1~3 頁。（檢索日期：106.2.27）

³⁴ 同註 33。

二、日本：

日本因其自然條件不如其他各國，與中華民國一樣是一個礦產資源極為貧乏的島國，其礦產與能源的進口比率超過 90%，故也和美國一樣積極的對外尋找天然資源，並加以儲備。於 1982 年開始推動政府與民間稀有金屬儲備制度，1985 年在茨城縣著手興建國家儲備倉庫，2009 年 7 月日本政府提出《稀有金屬儲備戰略》對稀有金屬定義為「地球上存量稀少，因技術和經濟因素提取困難，現代工業以及未來伴隨著技術革命所形成的新型工業所必需的金屬。」並提出 31 種礦產(包含 47 種元素)作為優先儲備之礦產。除政府積極布局外，民間企業也十分配合。³⁵在特殊金屬儲備協會居間運作下，民間企業亦積極對稀有資源進行儲備。2010 年 9 月中國大陸以稀土停止出口日本作為籌碼，使日本在釣魚台撞船事件中做出讓步，逼迫日本對中國大陸擁有釣魚台主權加以承認。此事件肇生許多日本企業遭受巨大衝擊，也讓日本政府知道，要正視中國大陸潛存風險，有鑑於此，日本政府積極推動戰略金屬儲備，其目的就是要維護日本產業競爭力，減少中國大陸可能中斷戰略金屬的供應，影響國內經濟發展，故其對全球資源戰略所採取的管控方式計有：

³⁶

(一)擴大及穩定供給來源：

積極發展資源外交，加強宣導日本的資源外交理念與合作狀況，強化彼此之間的信賴度，並靈活運用金融機構提供融資保證，鼓勵日本企業進行海外戰略金屬礦產投資，及援助資源國興建基礎設施(興建港口、鐵路、道路、電力、學校及醫院等)，及技術轉讓(日本的新能源技術、節能技術等)，以強化能源合作的關係，如：針對越南及玻利維亞等擁有重要礦產資源潛力的新興國家提供援助興建橋樑、道路及鐵路；此外，透過中日稀土交流協會與中共建立在貿易、投資、環境、技術與政策等多方面的關係，以達成其資源外交策略。如：稀土，目前已有各大企業與中國大陸企業合作或合資，共同發展稀土應用相關加工產業。

(二)資源開發：

³⁵同註 4。

³⁶曹庭語，〈日本稀有金屬保障戰略〉，www.ixueshu.com/.../6c8ed2c6bb27f9ee318947a18e7f93...。(檢索日期：106.2.27)

資源開發主要是確保日本戰略金屬穩定供應，以擴大世界各國的供應能力，穩定國際供需價格，以達戰略金屬供應的多元化。除積極在各國中取得保障重要礦種開發權益外，並加強資源的勘查，如：前往越南、蒙古等國家進行稀土探勘或是加強其周遭海域調查與開發，尋找可能蘊藏地區，做為儲備之用。截至目前為止，日本企業在海外已獲得菲律賓的鎳、鈷礦，印尼、新喀里多尼亞的鎳礦，南非的鉻、錳、鈳礦、中國大陸的錳、鋁、鎳礦，加拿大的鈾礦，葡萄牙的鎢礦，墨西哥的鈾、鋁礦及秘魯、玻利維亞的鈾礦等勘查及開發權。另外通過積極推行海外礦產勘查補貼計畫，鼓勵境外開礦，如：轄屬日本金屬礦業事業團的深海礦物資源探測船(白嶺丸第二號)則專門探測海底下的錳、鈷、鎳或熱水礦床。³⁷日本科學家於2011年7月4日聲稱，在太平洋海底發現大量的稀土蘊藏，可開採量約是全球陸地蘊藏量的一千倍。於2012年6月28日東京大學研究團隊在日本最東端的南鳥島附近海域，發現含大量稀土的泥礦床，其蘊藏量相當於日本230年的消費量，但截至目前為止並無任何國家到太平洋海底開採出稀土礦資源，因為從經濟角度考量，自海底開採並不符合經濟效益。³⁸

(三)擴大廢棄物品回收：

主要利用工業生產中的廢料或損壞的各種工業產品中，回收可用的戰略金屬資源，針對重要礦種進行技術性、經濟性回收實效評估，建立最有效的戰略金屬回收系統，以含戰略金屬較多的手機、數位相機及小型家電、高硬度工具中回收稀有金屬及研發對製造工程排放的戰略金屬進行回收的技術。不僅在日本國內建立回收體系，更要擴大至整個亞洲建構大資源循環系統，以達到資源回收及妥善處理廢器物為目標。另外一方面也推動回收溶於海水的金屬研究，如：於香川縣仁尾市建立了從海水中把鈾回收的典型工廠等研究，³⁹以擴展戰略礦產資源取得。

(四)替代材料開發：

日本在戰略金屬用途開發及附加價值創造領域貢獻良多，尤其

³⁷黃也白，《NHK 地球大紀行 5 移動的大沙漠岩漿的噴出產生了資源》再版(台北市：華園出版有限公司，民國81年4月)，頁150~151。

³⁸同註3。

³⁹同註37。

運用奈米尖端科技進行替代材料技術研發，通過技術革新強化日本國內產業競爭力，截至目前為止，日本已展開鈮、鎢、鎢、鉑、銻、鎢、鈾的替代材料開發工作，未來將使製造業減少對戰略金屬的依賴，到 2011 年底，對鈮的使用量降低 50% 以上，鎢的使用量降低 30% 以上，鎢的使用量降低 30% 以上，到 2013 年底，鉑的使用量降低 50% 以上，銻、鎢的使用量降低 80% 以上，鈾的使用量降低 30% 以上為目標。⁴⁰

(五) 儲備：

日本是最缺乏戰略金屬的國家，相對於歐美先進國家，其對戰略金屬的戰略思維，是最有遠見的，因為日本是戰略金屬消費大國，完全依賴進口，一旦供不應求，對其重要經濟產業勢必造成巨大衝擊，所以早在 1983 年特別訂定鈾、鎢、鈾、鉬、鎳、鉻、錳等 7 種礦種的戰略儲存制度，2006 年增加鈮、鎢和稀土等 3 種礦種的儲備，依據資料顯示，目前日本每年稀土需求之中，超過八成以上來自中國大陸進口，並且將進口的稀土儲存於海底，推估可以提供其相關產業 20 年需求，以因應短期供應中斷之風險。⁴¹

捌、中共管控與國備

中國大陸地大物博也是世界礦產資源最豐富的國家之一，其中以鎢、銻、稀土、鉬、鈾和鈦等儲量居世界第一，其次煤、鐵、鉛、鋅、銅、銀、汞、錫、鎳、磷灰石及石棉等儲量居世界前茅。而中國大陸的戰略物資儲備工作，早在 1973 年，國務院批轉國家計委《關於加強國家戰略物資儲備物資管理的報告》，已持續不斷從體制、資金上保證戰略物資儲備。⁴²

中國大陸戰略金屬儲備概念，乃源自 1973 年中東戰爭，中東石油生產國家為打擊以色列及支持以色列之國家，透過石油輸出國家組織(OPEC)宣布暫停石油出口，造成短期內國際石油價格飆漲，使得各國深刻體會資源稀有性及威脅性。故 1992 年中共領導人鄧小平在南巡時，乃以中東石油事件作為引述：「中東有石油，中國大陸有稀土」，其地位可與中東之石油相比，在國際上具有戰略意涵，必須有效掌握

⁴⁰ 同註 36。

⁴¹ 同註 29。

⁴² 戰略物資儲備，〈MBA 智庫百科〉，<http://wiki.mbalib.com/zh-tw/戰略物資儲備>，(檢索日期：106.2.27)

稀土價值，充分發揮其優勢。針對戰略金屬的管控，應學習中東管制石油出口思維，藉以影響全球，提高國際地位，充分發揮戰略金屬存在的戰略價值。⁴³儘管中共戰略金屬儲備發展體系已建立，但許多中國大陸學者認為與美、日等國相比，仍然存在有很大差距。

一、管控瓶頸：

- (一)對戰略金屬出口缺乏有效的管控，難以保障中國大陸本土戰略金屬產業的持續發展。
- (二)沒有健全的法律規範，且儲備的功能和作用不明確，難以在國家戰略金屬政策體系發揮重要作用，如：中國大陸長期開採礦產資源，將逐漸消耗能源之優勢，且很多稀有金屬如：鈮、鎢、鋰等遭到賤賣，難以保障中國大陸在國際上的競爭優勢。
- (三)儘管中共制訂各種戰略金屬資源開採指標管理，但實際上並未能落實執行，如：每年的稀土及鎢的實際產量均超過國家開採指標，故難以扼止產能盲目擴張和內部產業的惡性競爭。
- (四)尚未制定戰略金屬資源目錄等問題，並建議戰略金屬應放在國家戰略中加以統籌。⁴⁴

二、修正作為：

2016年3月9日全國政協委員、新華聯集團董事局主席傅軍接受中國青年網記者採訪，他說：「當前國際經濟形勢錯綜複雜，中國大陸經濟持續走下坡，市場疲軟，國際大宗商品下跌，實體企業經營極為困難，此時正是國家採取儲備戰略物資的最好時機，國家應高度重視戰略物資的儲備。」，並建議國家可以花費3,000億到5,000億美元的資金用來儲備黃金、原油、銅、鎳、鈮、鈷及稀土等戰略物資。⁴⁵因為這樣可確保滿足中共經濟建設和國防建設所需的物資儲備，又可強化中國大陸經濟的調控能力，避免國內經濟受國際市場價格劇烈波動的影響，以保障中國大陸經濟的持續發展提供動力。其主張有四點：⁴⁶

- (一)將戰略物資儲備與國家戰略緊密結合，統籌考慮；建立國家儲備與民間儲備等國家戰略物資儲備體系。
- (二)逐步實現外匯儲備向戰略物資儲備轉換，如：委託有關企業或

⁴³同註29。

⁴⁴中國評論新聞網，〈戰略金屬應放國家戰略中加以統籌〉，<http://www.CRNTT.com>（檢索日期：106.1.10）

⁴⁵壹讀，〈傅軍委員：建議國家花3000億到5000億美元儲備戰略物資〉，<http://read01.com/kzD3xahtml>（檢索日期：106.2.12）

⁴⁶同註45。

政府相關部門在國際市場上購買經濟與社會發展及國防建設所需戰略物資，並納入國家戰略物資儲備體系。

(三)強化戰略物資儲備管理，實現保值增值。

(四)健全國家戰略物資儲備的法律法規。

關於戰略物資儲備尚未建立起一套完整的法律體系、法規來規範它的運作，目前最具有指導意義的是由發改委及財政部頒布的《國家物資儲備管理規定》。⁴⁷因此，建議國家在強化戰略物資儲備的相關立法工作，儘快建立國家戰略物資儲備法，對儲備的品種、規模、地域分布、資金保障收投規則、日常管理等進行法律規範，提升國家戰略物資儲備工作的法律地位，確保在市場經濟的大環境下戰略物資儲備工作有法可依。由此可見，未來中共針對戰略物資儲備將極力推廣，並針對戰略金屬出口將更加嚴謹。

玖、我國應有之前瞻防範作為

就我國而言地狹人稠，物資缺乏，在先天劣勢條件下，無法與世界各國相比，但我們可以藉由各國對戰略金屬管控機制，作為未來國家發展及國防建設之參考，希望政府各部門未來在政策上，必須及早綢繆加以因應，以保障國家安全及國際上的競爭力，進行防禦性物資和資源儲備是必要的，對國家未來發展具有重大意義。

一、結合國防及產業發展，建立明確的目標儲備品項：

由於我國較缺乏礦產資源，無需立法限制礦產出口，應優先檢討未來國防建設、軍備所需及具競爭力產業所需之金屬原料，建立儲備品項及訂定各項戰備金屬之安全存量，以因應國外資源供應緊縮及國內緊急事件等突發狀況，所肇生之各種衝擊。

二、與出口國家建立資源穩定交易管道，積極發展關鍵技術產業：

中國大陸地大物博，礦產資源豐厚，這是不爭的事實，政府應鼓勵台商，透過經貿合作關係，大量從中國大陸進口戰略金屬，就近取得，以利增加我方資源獲得途徑，確保資源穩定交易管道，另一方面因國內產業現況，大多企業屬於附加價值較低的代工產業，若能妥善運用上述金屬，積極開發附加價值高的關鍵技術產業，就能提升我產業及國家競爭能力。

三、推動資源外交政策，確保進口管道多元化：

除上述管道可確保戰略金屬穩定供給外，我們還須汲取日本或其

⁴⁷同註 45。

他國家對戰略金屬管控機制的相關做法，積極推動資源外交政策，向外拓展與各國如：印度、蒙古、越南、非洲、中東等國家展開協議，設法簽訂自由貿易協定，尋求礦區的共同開發機會；或由政府提供企業資金援助，進行海外戰略金屬探勘及開採，增加企業的意願，提供優惠貸款與租稅獎勵，分攤企業進行礦產開發的風險。並規劃領導人出訪和簽署經濟合作協議等方式，投資礦區產地的各式資源開採事業，以強化國際互助，建立多元化的外交關係，確保戰略金屬供給管道。

四、培育專業人才：

鼓勵及補助各大學設立材料研發等相關科系，藉由學術單位彙整各國材料研發、減量及回收等技術，並統計各國戰略金屬應用導向等研究，積極培育材料研究領域的專業人才，輔導人員畢業後，能直接投入至相關企業或國家研究機關如：中科院或工研院等機構，以增加人才供應管道。

五、研發替代及減量技術：

政府應積極推動產業與學術合作，藉由獎勵與輔導等措施，引導企業、學術單位與國家研究機關如：中科院或工研院，投入戰略金屬替代與減量技術研發與創新，就如同韓國指定某些特定的大學為稀有金屬重點大學，⁴⁸學校培育的目的是積極培育具備此類專長的碩、博士級人才，設立技術教育課程，以支援民間企業在稀有金屬材料領域所須之專業人力，以達到減少對戰略金屬的過渡依賴，並提升產業技術革新。

六、回收再利用：

由於金屬材料位於電子產業鏈的最前端，若能將電子廢棄物中之金屬回收再利用，運用資源循環再生技術，使 3C 電子垃圾轉化為城市礦山，供應中華民國電子相關產業的原料需求，將有助於減少對外資源的依賴，有利降低生產成本，促使金屬資源有效使用。根據研究報告顯示電子廢棄物所提煉出來的金屬含量，其價值遠高於原礦，⁴⁹因此建立電子廢棄物城市礦山的回收機制，已成為各國積極爭取戰略物資來源的次要途徑。故政府應推動民間企業於各地區設立電子廢棄物處理站，主要回收處理包括電視、洗衣機、電冰箱、冷氣機、電腦、手

⁴⁸同註 4。

⁴⁹馬小康，許景翔，〈電子廢棄物貴金屬回收再利用之綠循環經濟產業〉，<http://uwin-nano.com/pdf/a10.pdf>（檢索日期：106.4.10）。

機及傳真機等較易提煉或提煉效益高的電子廢棄物品項，以增加戰略金屬回收與再製，並且於國家科研經費中，納入都市礦山資源純化與精煉等技術項目，以提高資源回收再利用。當然建立回收再利用的管道是必要的，但是仍需評估回收同時所帶來的環境污染及人員傷害等因素與其回收的成本是否符合經濟效益，如：以往常使用王水法及氰化物法回收金屬，容易造成空氣、水源及土壤等重度污染，故此法在歐美先進國家早已被禁止使用，因此如何以環保無毒的方式將金屬有效回收，又不會造成環境污染及危害人類，已成為各國未來發展的趨勢。

七、囤儲：

政府除了應積極擴展戰略金屬供應來源外，也需學習日本及其他具有積極作為等國家，建構起適合中華民國與國內企業的戰略金屬儲備制度，針對我方未來國防及產業發展所必須之品項，加強囤儲，使國防、產業未來發展所需的原物料穩定供給預作準備，以爭取新材料及技術開發所需的轉圜時間，確保我國的軍工產業完整體系與競爭力。所以對於材料的發展不能單項獨進，必須均衡成長形成體系，不能比例失調失控，力求維穩進口，可少不能斷，可少不能無，特別是關鍵材料，更是要想辦法去維持補充與消耗平衡之要求。⁵⁰

拾、結語

強國先天要素在於地大物博、氣候溫暖、人口數量質量，再經由制度、教育與國家發展目標，以全球化、互利、互助、雙贏為策略方針，就具備發展成為強大國家的基本條件了；我國目前因地狹人稠、資源缺乏，不具備發展成為世界強大國家的環境，但是可以發展成為受國際間各國尊敬的國家，摒除其他重要條件不談；縮限在國家戰略層級與軍事戰略層級之珍稀金屬獲得方面，唯有建立法源基礎保持和平穩定發展，遵守國際法與秩序，維持良好國際邦誼，維持穩定採購管道，有效建立國家安全戰備囤儲量，並透過海外經濟援助共同探勘與開發，分享礦產使用權，以擴大爭取金屬來源，另外就是透過資源回收，再利用等；更可透過民間強大經濟活動，戰略金屬應採取多管齊下維穩政策，以避免國家層級與軍事層級兩方面之需求受制於人，以確保未來長遠重要發展堅實之基礎。

⁵⁰同註 7

參考文獻

一、戰略金屬-台灣 Word，

<http://www.twword.com/wiki/%E6%88%B0%E7%95%A5%E9%87%91%E5%B1%AC>，檢索時間：2016 年 2 月 27 日。

二、西奧多·葛雷，吳瑤玲，劉香舍，《EASY008 看得到的化學你一輩子都會用到的化學元素知識》，(大是文化有限公司)，2011 年 2 月 2 日。

三、過渡金屬-維基百科，自由的百科全書，

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/过渡金属>，檢索日期：106 年 4 月 10 日。

四、林先生，〈神冶貴金屬有限公司

〉<http://www.g-smelt.com.tw/page07-2.htm>，檢索時間：2016 年 2 月 27 日。

五、高雅玲，〈由稀有資源爭戰談稀有資源的產業意涵〉，

<http://www.cimme.org.tw/new/PDF-file/5502/011-020.pdf>，檢索時間：106 年 2 月 11 日。

六、金屬礦產資源，MBA 智庫百科，<http://wiki.mbalib.com/>，檢索時間：106 年 2 月 11 日。

七、虎式重型坦克_百度百科，

<https://wapbaike.baidu.com/item/%E8%99%8E%E5%BC%8F%E9%87%8D%E5%9E%8B%E5%9D%A6%E5%85%8B>，檢索時間：106 年 4 月 10 日。

八、“虎王”坦克的教訓與啟示錄_新華軍事_新華網

big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/mil/2010-05/17/...檢索時間：106 年 4 月 10 日。

九、鈦-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/ti/ti.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

十、鈦-維基百科，自由的百科全書，

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/钛>，檢索日期：106 年 4 月 10 日

十一、銻-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/ge/ge.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

十二、鉬-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/mo/mo.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

十三、銻-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/sb/sb.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

十四、鉭-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/ta/ta.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

十五、鎢-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/w/w.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

十六、銻-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/rhenium/rhenium.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

十七、稀土-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，基本介紹，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/re/re.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

十八、豆丁網，〈稀土百科：17 種稀土用途一覽〉，

<http://szfmmetal.com/index.php?c=News&a=view&aid=252>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

十九、鈦-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，鈦資源儲量、鈦資源分布情況及鈦礦產量，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/ti/resources&production.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

二十、銻-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，銻資源儲量分布及精銻產量情況，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/ge/resources&production.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

二十一、鉬-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，鉬資源儲量分布及產量情況，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/mo/resources&production.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

二十二、銻-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，銻資源分布和產量，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/sb/resources&production.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

二十三、鉭-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，鉭資源儲量和礦產產量，

<http://baike.asianmetal.cn/metal/ta/resources&production.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

二十四、鎢-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，鎢資源儲量和礦產產量，
<http://baike.asianmetal.cn/metal/w/resources&production.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

二十五、戰略金屬銻軍事用途獨特，美日悄悄囤積視為珍寶，〈中國網〉，
<http://www.china.com.cn/international/txt/2006.../content-7186982.htm>（檢索日期：106.2.27）

二十六、銻-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，銻資源儲量分布和產量情況，
<http://baike.asianmetal.cn/metal/rhenium/resources&production.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

二十七、稀土-金屬百科，〈亞洲金屬網〉，稀土資源儲量分布和稀土礦物產量情況，
<http://baike.asianmetal.cn/metal/re/resources&production.shtml>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

二十八、360doc 個人圖書館，〈國家礦產資源戰略儲備〉，
http://www.360doc.com/content/14/0113/06/6956316_344755312.shtml，檢索時間：2017 年 2 月 28 日。

二十九、宋建軍，〈世界資源形勢和資源戰略〉，
theory.people.com.cn/BIG5/49154/49155/3836935.html，
1~3 頁。（檢索時間：民國 2005 年 11 月 8 日）

三十、曹庭語，〈日本稀有金屬保障戰略〉，
www.ixueshu.com/.../6c8ed2c6bb27f9ee318947a18e7f93...，
檢索時間：民國 106 年 2 月 12 日。

三十一、黃也白，〈NHK 地球大紀行 5 移動的大沙漠岩漿的噴出產生了資源〉再版（台北市：華園出版有限公司，民國 81 年 4 月）。

三十二、戰略物資儲備，〈MBA 智庫百科〉，
<http://wiki.mbalib.com/zh-tw/戰略物資儲備>，（檢索日期：106.2.27）。

三十三、戴肇洋，〈歐美、日本與中國大陸的稀土貿易戰爭之分析〉，
<http://www.tri.org.tw/research/impdf/1174.pdf>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

三十四、維基百科，自由的百科全書，〈美國主要礦產儲量〉，

<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/美國礦產資源>，檢索日期：106 年 2 月 27 日。

三十五、中國評論新聞網，〈戰略金屬應放國家戰略中加以統籌〉，<http://www.CRNTT.com>，檢索時間：106 年 1 月 10 日。

三十六、壹讀，〈傳軍委員：建議國家花 3000 億到 5000 億美元儲備戰略物資〉，<http://read01.com/kzD3xahtml>，檢索時間：106 年 2 月 12 日。

三十七、馬小康，許景翔，〈電子廢棄物貴金屬回收再利用之綠循環經濟產業〉，<http://uwin-nano.com/pdf/a10.pdf>，檢索日期：106.4.10。