

## 稀土金屬的應用（二）

◎周卓輝

### 5 號輕稀土—鐳 (Pr) 的應用

鐳 (ㄨㄛˊ) 的化學元素符號為Pr (Praseodymium)，原子序數59，是一種銀白可塑可延展的軟金屬。

鐳在工業上的諸多應用，主要跟它可以過濾黃光的特性相關。鐳的應用有：結合鎂，以做為飛機引擎用高強度金屬的合金劑；鐳氟化物，是碳弧照明的核心；鐳化合物，是玻璃與搪瓷的黃色顏料；可將人造鑽石染成黃綠色，以模擬稀有的翠綠橄欖石；釹鐳玻璃的成分，可用於製造焊工與玻璃吹製者的護目鏡；在氟化物玻璃摻入鐳，可用以製造單模式光纖放大器；鐳離子摻入的矽酸鹽晶體，可用於脈衝光的減速；鐳鎳合金PrNi<sub>5</sub>，具有極強的磁致熱效應 (magnetocaloric effect)，使科學家得以將溫度降低到絕對零度的千分之一度以內，也就是 $\leq 0.001\text{K}$ ；鐳氧化物，與銻氧化物，或與銻氧化物—鐳氧化物的固溶體，可用為氧化觸媒；另可用在打火機、火炬撞針、點火器等的現代銻鐵火鋼產品，通常又稱為打火石，約略含有4%的鐳。

### 6 號輕稀土—釹 (Nd) 的應用

釹 (ㄋㄨㄣˊ) 的化學元素符號為Nd (Neodymium)，原子序數60，一種銀白軟金屬。雖是稀土之一，釹在地殼的含量，卻不比鈷、鎳、銅礦稀少。

1927年，即有釹做為玻璃染料的商業應用，至今，釹仍是廣為玻璃所用的添加劑，因為釹離子(Nd<sup>3+</sup>)的關係，釹化合物的顏色通常是紅紫色，但由於螢光效應，隨著照明型態的改變，它的顏色也會改變，一些使用釹雜玻璃所做的雷射，則可以放射波長介於1047至1062nm的紅外光，此種雷射，可用在極高功率的應用場合，像是在惰性侷限融合的實驗。而含釹的YAG (Nd:YAG) 雷射，可以放射波長1064nm的紅外光，此為最常使用的固態雷射之一。

自由的純釹，可用來製作高強度的磁鐵，釹磁鐵是已知最強永久磁鐵，一公克的釹磁鐵，可以提起一千公克重物。這磁鐵比鈷磁鐵更輕、更便宜、強度更強，但在高溫下，釹磁鐵容易生鏽，而鈷磁鐵不會。釹磁鐵普遍使用在小馬達、頭戴耳機、麥克風、專業級喇叭、電腦硬碟、吉他，及相關樂器的高端磁性拾音器等。較大型的釹磁鐵，則用在低重量高功率的電子馬達，像是以太陽能為動力的電動飛機「太陽能挑戰者號」的馬達，或是電動車與油電混合汽車的馬達。亦常用於發電機，像是飛機上或風力發電的發電機，一個大型的風力渦輪發電機，就會用到將近2噸的釹磁鐵；而每輛豐田Prius油電混合汽車的電動馬達也需要1公斤的釹。釹磁鐵電動馬達，是新世紀純粹電力飛機的關鍵，可望取代燃料驅動的飛機。

在液態氬的溫度下，釹具有非比尋常的大比熱，因此可用在低溫冷卻器的製作。或因與鈣離子類似，釹離子也有促進植物成長的功能，因此，在中國大陸稀土化合物經常被用做肥料。

添加少許釹離子到某些透明材料，如：釹：YAG (釹鋁石榴石)，釹：YLF (氟化鋰釹)，釹：YVO<sub>4</sub> (釹酸釹) 與釹：玻璃，可以用在雷射以作為紅外線 (1054-1064nm) 的增益介質，其中，摻釹晶體，通常是釹：釹酸釹，可以產生高功率的紅外雷射光束，經轉換成綠色之後，廣泛應用在手持雷射與雷射筆。

位在英國的原子武器機構，其所發展高達一萬億瓦 (太瓦) 的雷射【海倫】(高能含釹雷射的簡稱，HELEN)，可以進到壓力和溫度區的中點，採集彈頭內密度、溫度和壓力相互作用的數據，以建置模擬模式。【海倫】可產生凱氏 (K) 大約一百萬度的電漿，可用以測量輻射的不透明度和傳輸。

釹玻璃固態雷射，經三倍頻後，可用於惰性侷限融合裝置，做為其中太瓦級功率、兆焦耳能量的多波束系統。

在熔融玻璃中，添加氧化釹，可以形成釹玻璃，在白天或白熾燈照射時，釹玻璃會呈現薰衣草色，在日光燈照射下，則呈淡藍色，釹可用於彩染玻璃，使其色調，從純紫轉酒紅和暖灰。釹和鐳玻璃，可用於室內攝影的顏色過濾，尤其是在過濾掉白熾燈的黃色調；也是這個因素，釹玻璃就更廣泛直接地用在白熾燈泡上，在濾掉黃光之後，這些燈的光，更如陽光的白；釹可以用在汽車後照鏡，以減少夜晚的眩光；類似地，釹鹽可以作為搪瓷的著色劑。

### 7 號輕稀土—鉈 (Pm) 的應用

鉈 (ㄨㄛˊ) 的化學元素符號為Pm (promethium)，原子序數61，所有同位素均有放射性。

自然界的，有兩個可能的來源：一個來自自然銻-151的稀有衰變而產生鉈-147；另一個來自鈾的衰變，而產生各種同位素的。即使鉈-145是最穩定的同位素，也只有鉈-147化合物有實際的應用，像是用在發光塗料、原子電池和厚度測量裝置。由於自然界極其稀少，元素鉈-1-147通常是合成自熱中子對濃縮鈾-235的轟擊。除鉈-1-147之外，大多數僅用於研究目的。鉈-1-147多數以氧化物或氯化物形式存在，不會釋放伽瑪射線，其輻射滲透深度相當淺，半衰期相當長。

有些信號燈使用含有磷的夜光塗料，就是依靠吸收鉈-1-147發射的 $\beta$ 射線而發出光。這種同位素不會像 $\alpha$ 發射體一樣引起螢光粉的老化，因此，可以穩定發光幾年的時間。本來，使用的是鐳226，但後來被鉈-1-147和氫 (氫-3) 所取代，出於諸多安全理由，使用優於使用氫。

原子電池可以使用兩個半導體板，夾著一個少量的鉈源而製成，其中的電流，乃經由鉈-1-147所發射的 $\beta$ 粒子轉換而得，這種電池的使用壽命可以長達5年。第一個基電池，組裝於1964年，其可從包括屏蔽約2立方英寸的體積裡，產生幾毫瓦的功率。有可能在未來使用於便攜式的X射線源當中，以及作為太空探測器和衛星的輔助熱量或能量來源。

### 8 號輕稀土—釷 (Sm) 的應用

釷 (ㄨㄛˊ) 的化學元素符號為Sm (samarium)，原子序數62，是一種銀色算硬的金屬，遇空氣會立即氧化。

釷的主要商業應用在釷磁鐵，SmCo<sub>5</sub>或Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>，此其永久磁化特性是鐵的1萬倍，僅次於釹磁鐵。釷的化合物可承受比700°C更高的溫度，不會失去磁特性；而釹磁鐵僅可承受300至400°C。

放射性釷-153同位素，是一種貝它 (beta) 放射體，半衰期為46.3小時，與乙二胺四亞甲基膦酸 (EDTMP) 螯合之後，透過靜脈注射，可在肺癌、前列腺癌、乳腺癌、骨肉瘤治療時殺死癌細胞；相應的藥物名稱有好幾種：包括，釷 (釷-153) lexidronam，其商標名稱為Quadramet。另一種同位素釷-

149，是一種強性的中子吸收體，故可添加於核反應爐中，以做為控制棒。

鈔及其化合物，尚具另一個重要的應用，即作為化學反應的催化劑和化學試劑。鈔催化劑可以協助塑料的分解，如多氯聯苯（PCBs）污染物的脫氯，以及乙醇（酒精）的脫水與脫氫。鈔的其他應用，尚包括放射性年代測定及X射線雷射等。

鈔（III）三氟甲磺酸鹽 $\text{Sm}(\text{OTf})_3$ ，亦即 $\text{Sm}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_3$ ，一種使用烯烴的鹵促進Friedel-Crafts反應中，是最有效的路易斯酸催化劑之一。碘化鈔（II）的混合物，是一種在有機合成中很常見的還原和偶聯劑，這些有機合成，例如脫磺基反應，Danishefsky、環桑島、向山，和霍爾頓紫杉醇的全合成、馬錢子鹼的全合成。

添加氧化鈔，可以增加陶瓷和玻璃的紅外光吸收。在許多打火機和火把「火石」點火裝置的混合稀土中，發現有一小部分的鈔。

鈔-149具有相當高的中子捕捉橫截面，可達41,000巴，比硼或鎳能更穩定吸收中子，因此可用在核反應爐的控制棒。大部分鈔-149的融合產物和衰變產物，也是良好的中子吸收體，例如，同位素鈔-151的中子捕捉橫截面為15,000巴；自然鈔（鈔的混合同位素）為6,800巴。在諸多核反應衰變產物之中，鈔-149是反應爐設計和操作當中，第二最重要的指標物質，僅次於氙-135。

1961年初，IBM研究實驗室的彼得·索羅金（染料雷射的共同發明者），和米雷克·史蒂文森，將鈔摻雜的氟化鈣晶體，用在第一個他們所設計和建造的固態雷射，以做為活性介質，這鈔雷射發出708.5 nm的紅色脈衝光，只是它必須通過液態氮冷卻。

另一種鈔基雷射，則成為第一個飽和的X射線雷射，可在小於10奈米的波長下運作；它所提供的在7.3和6.8奈米的50皮秒脈衝，適合應用在全像術、生物標本用高分辨率顯微鏡、偏折術、干涉術、稠密電漿相關侷限融合和天體物理學中的造影（radiography）。其中，所謂的飽和運作，乃意味著最大可能的功率，可以從雷射介質中提取而出，從而達到0.3毫焦耳高的峰值能量。該活化介質，指的是鈔電漿，其由脈衝紅外鈔玻璃雷射（波長~1.05微米）照射塗鈔玻璃所產生。

此外，岩石和隕石的年齡和起源，可藉由分析鈔和鈔同位素（ $^{147}\text{Sm}$ 、 $^{144}\text{Nd}$ 和 $^{143}\text{Nd}$ ）的相對濃度而決定。

## 9 號輕稀土—鈔（Eu）的應用

鈔（一又）的化學元素符號為Eu（europium），原子序數63，也是一種銀色算硬的金屬，遇空氣與水會立即氧化。

相對於大多數其他元素，鈔的商業應用很少，而且幾乎是以它的螢光利用為主。鈔，是雷射與其他光電元件玻璃中的摻雜劑。氧化鈔，廣泛用於電視機和螢光燈，以作為紅色螢光體，或作為鈔基螢光粉的活化劑。彩色電視螢幕中含有0.5到1克的鈔。三價的鈔是紅色的螢光粉，而二價鈔的發光，則取決於主體的晶格，但往往是偏向藍色；紅色和藍色鈔系螢光體，結合黃色／綠色的鈔螢光粉，將產生「白色」的光，此白光的色溫，可以透過這些螢光體比例的改變而改變。在螺旋型螢光燈泡中，通常會遇到此一螢光體。而將這三種螢光體合併使用，乃是一種製作三基色系統電視和電腦螢幕的方法。

鈔，也使用在螢光玻璃的製造中。除了銅摻雜硫化鋅、鈔摻雜鋁酸鋇是較為常見的長餘暉螢光粉外，鈔螢光也可用於審視藥物開發過濾時，生物分子間的相互作用。此外，鈔也用於歐元紙鈔的防偽螢光粉中。

鈔的複合物，如 $\text{Eu}(\text{fod})_3$ ，可做為核磁共振光譜的轉移試劑，只是在引進寬實的超導磁體之後，此一應用幾乎絕跡。手性位移（Chiral shift）試劑—氟化鈔， $\text{Eu}(\text{hfc})_3$ ，則仍使用在對映體純度（enantiomeric purity）的測定。

（待續）（作者為國立清華大學材料科學工程學系教授）

## 科技新聞摘要

◎林治平

### 極端熱浪侵襲 頻率恐將倍增

臺灣今夏熱浪讓人對溫室效應的威力難再無感。德國與西班牙的科學家預測，如果不能遏止地球暖化的趨勢，極端熱浪侵襲的範圍恐將擴大，由目前僅占地表約5%，增加到2020年的10%，2040年時將增至40%。這項研究的結論比聯合國氣候變遷小組去年提出的看法更為驚人，認為若不能控制溫室氣體排放量，2100年極端熱浪將席捲全球85%的地區，屆時許多區域夏季最涼時氣溫都比如今最熱時還熱。

這類極端熱浪原本是百年難得一見，但受到氣候變遷暖化影響，近10年漸趨頻繁，如澳洲2009年和美國2012年所經歷的熱浪，未來30年料將更嚴重和頻繁，相較於1960年代只出現在地表1%地區，如今已增加至5%。熱帶地區受熱浪擴增趨勢影響最大，地中海地區、中東地區、西歐部分地區、中亞和美國也將受到更多衝擊；而比極端熱浪更嚴重的情形也可能出現，2040年時將侵襲地表3%地區，至2100年時有可能威脅多達60%地區。

### 洪災威脅加劇 沿岸城市危險

康芮颱風在臺灣多處造成嚴重水患，凸顯極端氣候可能加重洪水災情。隨著全球暖化造成海平面上升，有研究報告推估，若不大力提高防範能力，2050年時全球136個主要沿岸城市將因遭遇暴潮洪水損失嚴重，總金額恐將達到1兆美元。更糟的是根據聯合國政府間氣候變遷問題小組的研究，在最壞情況下，至本世紀末全球海平面可能上升90公分，就算有最完備的防護措施，沿岸城市仍無法消除受災的風險。

據估計目前全球沿岸城市每年的洪災損失約60億美元，即使這些城市改善防護能力，維持風險不再升高，但由於城市人口成長與資產增值，2050年時損失仍將增為9倍，來到每年520億美元；若考量氣候變遷引發的海平面上升和地層下陷效應，金額將增至超過600億美元。若是防洪措施未調整加強，損失金額更將飆升，最壞狀況全球損失總額可能超過1兆美元，而受災風險最高的3個城市都在亞洲，分別是廣州、印度的孟買與加爾各答。

### 極端氣候事件 人禍加重天災

全球的科學家探究去年12起相關極端氣候事件成因，研判有半數與氣候變遷有關。固然天有不測風雲，氣候的變化是關鍵因素，但人類使用化石燃料造成氣候暖化，恐怕也加重這類事件的發生。其中與氣候變遷關係最大的當屬美國去年春夏的熱浪以及桑迪颶風釀災，而桑迪之所以造成嚴重水患，原因包括全球暖化和冰河融解導致海平面上升，暴潮引發的洪水更加強破壞力，重創美東沿岸地區。

這項研究考量空氣濕度、大氣層氣流、海水溫度和海平面高度等因素，已進行數千次的電腦模擬，藉以分析挑選極端氣候事件；其中有半數可能係由溫室氣體導致海水溫度與氣溫升高等因素所致。除了美國的2個案例外，另4件疑似與氣候變遷有關的事件為北極海冰面積的急遽改變、歐洲西南部創紀錄的冬季乾旱，以及澳洲和紐西蘭部分地區出現暴雨；但氣候變遷可能只是促成因素之一，而非唯一因素。

### 太空集太陽能 地球不愁沒電

地球上的能源越用越少，自然漸趨昂貴，而用之不竭的太陽能則是最理想的替代能源。研究人員主張收集太空中的太陽能，因為那將是地球上的數十億倍，而且不分晝夜也不受天候影響。有科學家正研發太陽能發電衛星，希望在2025年可以送上太空，將太陽能轉化為微波後傳回地球；若能成功，可將龐大的電力透過無線傳輸送回地球，據稱一個衛星就可供應地球三分之一的電力需求。

這種衛星由美國國家航空暨太空總署前工程師設計，形狀宛如大雞尾酒杯，由數千片極薄的曲面鏡片組成，可以轉動收集太陽能，再投射到太陽能光電板後轉換成微波，由杯底傳回地球的接收站，全天候提供地球電力。這種構想由來已久，但近年在技術上才逐漸可行，去年英國的研究人員已開始測試在太空中收集能源，然後以微波或雷射傳回地球的裝置，但因距離地球甚遠，傳輸技術尚待精進。

### 自動駕駛汽車 將組計程車隊

科幻片中常見汽車可自動駕駛，似比由人操作更靈活安全。部分汽車大廠已著手研發這種自動駕駛技術，就連網路搜尋巨擘谷歌公司也著力甚深並研究數年，甚至有意推出由無人駕駛車所組成的計程車隊。專精資訊科技的谷歌認為，由電腦操縱車輛可以比人類駕駛安全，而建立無人駕駛計程車隊除了測試這種技術的實用性外，所提供的服務可以減少民眾自行擁有車輛的需求，也可能有助於降低意外事故發生。

谷歌致力研發軟體，想協助汽車廠打造自動駕駛汽車，但要將無人駕駛的電腦系統導入新款車未能如願，因此現在計劃自行設計開發自動駕駛車。由於這種尖端科技汽車對消費者而言太昂貴，所以想出推展計程車隊的點子。當然，自動駕駛汽車的境界難以一蹴而就，若是真能上路，初期還是需要有人坐在駕駛座上，以防系統出錯或遇到難以處理的狀況。其實技術上的問題都可望逐漸解決，未來最大的障礙可能不在科技，而是在法規的限制。

### 像鳥一樣飛行 人類夢想成真

人類能和鳥類一樣在空中飛行，那是電影和卡通中常見的畫面。受此啟發的紐西蘭人馬丁努力逾30年，終於實現夢想，成功研發噴射背包，並取得飛航單位許可測試這種個人飛行器，預計2014年開始銷售。這種飛行器希望讓一般人無須接受專門訓練，即可輕鬆操作，任意翱翔空中；能獲准進行真人飛行測試，便是由夢想成為商品的一大步。

噴射背包的構想很簡單，看似把2個大型風扇組裝在一起，主體是碳纖維框架，上有一對圓筒，內有推進風扇，透過搖桿控制飛行，是經過漫長時間才微調成安全無虞又容易使用的飛行器。預計明年將先推出供軍人和消防人員使用的專業版噴射背包，後年則可能推出供一般人使用的簡易版機型；初期售價估計在20萬美元上下，未來可望降低。

活初 -

活初 -

活初 -

活初 -

活初 -

活初 -

▲Top