

# 鋁的自述

蘇明德

鋁在地球上的含量很高，但它和其他金屬結合所生成的「鋁合金」，不論產量和應用才正開始呢！

我「鋁」是一種很重要的商用金屬元素，其應用小到鋁製的易開罐或鋁箔包，大到飛機的機翼上，都可看到我「鋁」的存在。我「鋁」在地殼中的含量排在第三位，僅次於氧和矽，也可說是地殼中含量最高的金屬元素。今天，在這世界上，除了鐵以外，我「鋁」是最廣泛使用的金屬，主要的理由是因為我「鋁」可以熔化和再利用或回收。

現今全世界有三大金屬（銅、鐵、鋁），其中產量最大的鋼鐵已有五千多年的歷史，資格最老的銅以現在的資源來說，其開採期限不長了，不少國家不得不開始利用含銅 1% 以下的貧礦以取得銅。只有我「鋁」是地球上儲存最多的金屬之一，占地殼重量的 7.65%，占全部金屬的三分之一，比鐵還要多一倍，也比其他金屬的總和還多，地球上我「鋁」礦的儲存量按目前開採量估計至少還可用 15 萬年。

現在我「鋁」是司空見慣的東西，可是在兩百年前，當人類第一次看到我「鋁」時，把我「鋁」當做稀有的寶貝來看。在 1825 年時，德國化學家維勒（Friedrich Wöhler, 1800-1882）和丹麥化學家奧斯特（Hans Christian Ørsted, 1777-1851）雖然把我從鋁礦中用還原的方法提煉出來，但這仍沒有改變我「鋁」物以稀為貴的情況。因此，那時的我「鋁」還被列入稀貴材料和藝術珍品的行列。

在 18 世紀時，我「鋁」甚至比黃金還珍貴。當時我「鋁」的售價是多少呢？根據 1845 年巴黎有關部門的一項記載，每公斤我「鋁」的售價是 6 千法郎，這在當時比黃金還貴的多。因此當時人們稱我「鋁」為「銀色的金子」，或叫「輕銀」。



在 1825 年時，德國化學家維勒（左圖）和丹麥化學家奧斯特（右圖）用還原的方法提煉出鋁。

鋁在地殼中的含量排在第三位，  
僅次於氧和矽，也可說是地殼中含量最高的金屬元素。

法國的皇帝拿破侖三世（Charles Louis Napoléon Bonaparte, 1808-1873）是一位負盛名的鋁品收藏家，他甚至衣著上的鈕釦和懷錶殼都要用我來製造，藉以顯示他的尊貴和闊綽。他還把將軍旗上的銀鷹換成鋁鷹，每逢盛大國宴，只有他和王室成員才能榮幸享用我「鋁」製的餐具，而且只有在招待最尊貴的客人時才肯使用，一般客人只能使用普通的金製、銀製器具。

無獨有偶，當 90 年前我「鋁」初次傳入中國時，有許多人不知我「鋁」為何物，誤以為我「鋁」是從鋼中精煉出來的，因此又叫我「鋁」為「鋼精」。

純態的我「鋁」較軟，成銀白色、無磁性。前面說過，儘管我「鋁」是地殼中含量第三多的元素，但我「鋁」在自然界通常以氧化物的形式存在。我「鋁」與氧的結合十分牢固，難以用普通冶煉的方式分離，只能採用昂貴的金屬鈉來替換，用這種方法製得的我「鋁」當然不會便宜。這種狀況一直持續到 19 世紀後期有了生產我「鋁」的電解法後才得以改變。

美國的霍爾（Charles Martin Hall, 1863-1914）和法國的海羅爾特（Paul L. T. Heroult, 1863-1914）於 1886 年各自獨立地用電解的方法，從熔融的鋁礬土中提煉出我「鋁」。目前，世界上幾乎所有的我「鋁」都是由這種方法生產的。我「鋁」的產量因而猛增，但也正因如此，我「鋁」價一落千丈，在此之前一件價值 500 美元的鋁製餐匙，瞬間跌到只值幾美分而已。但也因為要用電解法才能大量得到我「鋁」，因而像在美國，如今生產我「鋁」所耗的電能占其國內總耗電量的 5%。

我「鋁」的主要來源是鋁土礦（bauxite ore），它是依據法國地名「里斯保克斯」（Les Baux）命名的，因為 1821 年在這地方發現



法國的皇帝拿破侖三世是一位負盛名的鋁品收藏家，他甚至衣著上的鈕釦和懷錶殼都要用鋁製造，藉以顯示他的尊貴和闊綽。



美國的霍爾（左圖）和法國的海羅爾特（右圖）於 1886 年各自獨立地用電解的方法，從熔融的鋁礬土中提煉出鋁。

鋁土礦。這種礦物中含有水合氧化鋁，即氧化鋁分子還結合水分子。氧化鋁的商品名稱叫鋁礬土（alumina），我「鋁」的英文名字據說就是由它衍生而來的。

純氧化鋁呈白色，異常堅硬，它的結晶體稱為剛玉，是最堅硬的材料之一。剛玉常做為耐磨劑，用於砂紙及一系列研磨工具，也常用來製成耐火磚鋪在高溫壁上，以及做為絕緣材料像是摩托車火星塞。除上述用途外，剛玉還用做晶體管的表面保護層，在化妝品工業中用來製作乳脂和洗劑。剛玉晶體通常含有雜質，而呈現出多種色彩，可加工成寶石提高其價值。例如含鉻的剛玉是紅寶石，含鐵和鈦的剛玉是綠寶石。

我「鋁」具有不易生鏽的特性（因為我「鋁」易和氧結合生成薄膜，反而可保護我「鋁」本身）。雖然我純「鋁」質地比較軟，但是只要與其他金屬混合，就能提高硬度，因而我「鋁」以合金的型態廣被運用。

20世紀初，德國冶金學家維爾姆（Alfred Wilm, 1869-1937）把銅、鎂、錳等加入到我「鋁」中，得到了強度比我「鋁」本身高得多的合金，簡稱鋁合金，並獲得了專利。後來，德國一家公司買下了這項專利，並於1911年生產出第一批新型的鋁合金。為了紀念最早工業生產鋁合金的地方—杜拉市（Düren），便把這種鋁合金稱為「杜拉鋁」，後來又稱為「硬鋁」。從此，我「鋁」有了硬度上的保證。於是，我「鋁」重量輕的優點便開始在航空工業中顯示威力。

鋁合金的基本特點是比重小（2.7克/（公分）<sup>3</sup>）和比強度（抗拉強度與比重的比）高，其強度甚至已經超過了普通的鋼，因此用鋁合金代替鋼可以大大減輕重量，增加結構鋼硬度，這是我「鋁」和鋁合金得以迅速發展的根本原因。我「鋁」和鋁合金的開發從一開始就和航空工業發展緊密相連，這是我「鋁」在應用上的一個顯著特點。比如說，一架現代飛機的鋁合金用量占其全部金屬的30～70%。光是鋁鉚釘，一架飛機就有幾十萬個。

1903年，美國的萊特兄弟（Wilbur Wright, 1867-1912；Orville Wright, 1871-1948）發明了世界上第一架飛機（發動機是12馬力）。緊接著，一些國家迅速發展了一批軍用飛機。但是，當時由於強度高、重量輕的我「鋁」材尚未問世，那時候的飛機主要採用木材和帆布結構。飛機的問世也促進了鋁合金的誕生。

我「鋁」除了用於製造日用品外，主要用在交通運輸和電力電器工業上。一輛小轎車用我「鋁」30公斤，一輛大轎車用我「鋁」



鋁土礦



礬土



摻有金屬鉻的剛玉顏色鮮紅，一般稱為紅寶石。

300公斤。一架協和式飛機這樣的大型飛機，用我「鋁」220公噸。德國人漢斯·雷斯涅耳開發了第一架單翼金屬鋁質飛機，後來在這架單翼金屬飛機的基礎上，才出現了

震動世界的容克式、多涅耳式飛機，創造了每小時 400 公里飛行速度的世界紀錄。

1903 ~ 1915 年，Alfred Wilm 等人先後發明和研究了鋁合金的物理現象，即一種硬鋁合金經淬火後，軟而強度低，容易在這時製成各種形狀的零件，而在室溫下放置時，幾晝夜之內硬度又自動地大幅度增高。這是鋁合金發展史上重大的發現，各國在這基礎上製作了一批硬鋁合金。

1915 年，德國首次採用這種硬鋁合金製作飛機的蒙皮和骨架，生產了全金屬飛機，使飛行速度增加十餘倍，而載重量猛增 100 倍，各國因而迅速發展了多種類型的飛機。硬鋁合金的使用引起了航空工業的一次飛躍。

最早用鋁合金製造飛行器的是德國人。1914 年，第一次世界大戰正在法國北部激烈進行。一天拂曉，德國的「齊格林飛艇部隊」(Zeppelin) 疾風般掠過天空，給英法聯軍帶來了極度的恐慌。聯軍司令要求高射炮部隊不惜一切代價也要把飛艇擊落，因為它的出現，向英法兩國的科學家提出了一系列問題：為什麼這種飛艇能攜帶那麼多炸彈，又能飛得那麼高、那麼遠？製造這種飛艇用的是什麼材料？

後來，聯軍擊落下一架飛艇。科學家對殘骸的研究獲得了寶貴的第一手資料：原來製造飛艇用的金屬材料是鋁合金。從此，我「鋁」以技壓群雄的優勢，一舉摘取了飛行材料霸主的桂冠。

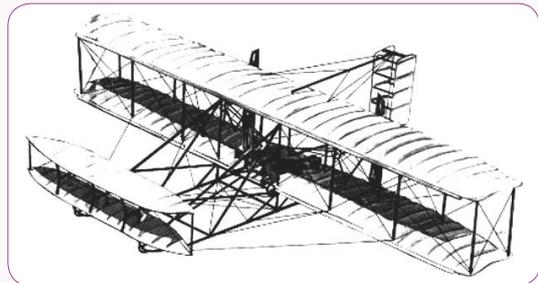
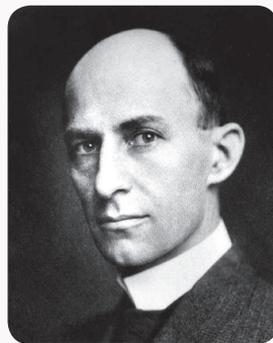
隨著飛機工業的發展，「鋁」工業呈現空前繁榮的局面。我「鋁」的產量跳躍式增加，各種新型、價廉的我「鋁」材應運而生。目前，一架現代化超音速飛機中，鋁合金的重量占到總重量的 70% 左右。



20 世紀初，德國冶金學家維爾姆把銅、鎂、錳等加入鋁中，得到了強度比鋁本身高得多的合金，簡稱「鋁合金」，並獲得了專利。



杜拉鋁



美國的萊特兄弟 (Wilbur Wright, 上左圖; Orville Wright, 上右圖) 發明了世界上第一架飛機。

同樣地，在航空飛行器中，鋁合金也有廣泛的應用。蘇聯第一顆人造衛星的外殼就是用鋁合金製造的；美國的阿波羅 11 號太空船用的金屬材料中，鋁合金占了 75%。我「鋁」還可以用來製造航空裝置的零件，如支架、緊固件、框架殼體等。難怪人們把我「鋁」稱做「飛行金屬」。

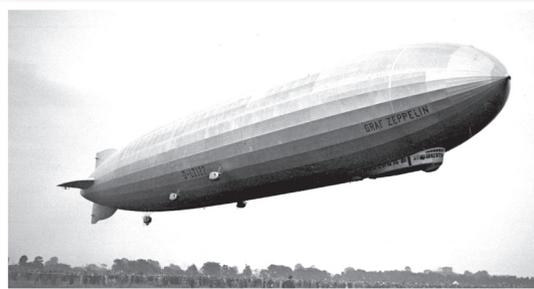
飛彈若用鋁合金可減重約 10 ~ 50%。美國的戰斧式巡航飛彈號稱輕重量的鋁飛彈，為了獲得最大的飛行速度，其主要結構幾乎鋁合金化了。

鋁合金沒有鋼的低溫脆性，當溫度降到攝氏零下 196 度時，有的鋼甚至脆如玻璃，而鋁合金的強度和韌性不僅沒有降低，還有所提高（至少韌性不降低）。因此，它是便宜而輕巧的低溫材料，可用作火箭的液氫、液氧儲箱等零件。

從地球上發射的人造衛星已有數萬個（包括已墜毀的七千多個），據估計，一顆人造衛星若能減輕一公斤，就可以節省發射費用幾萬元，因此人造衛星都使用了鋁合金。

鋁合金材料在空中飛行的同時，也在地上忙碌地飛奔著。20 世紀 50 年代，科學家們經由我「鋁」裝甲材料與鋼裝甲防護性能的實驗得出結論：在相同重量的情況下，對榴彈破片的防護能力，鋁裝甲優於鋼裝甲。而且，鋁合金具有強、硬、韌的特點，與同等防護能力的鋼裝甲相比，重量可減少 60% 以上。於是世界各國紛紛在輕型坦克、步兵戰車中使用鋁裝甲，並隨之推廣到坦克的其他零件。坦克重要部位的鋁化大大減輕了重量，提高了速度並節約了能耗。

同樣地，在運輸領域，我「鋁」在汽車工業上的應用也席捲全世界。各國都千方百計地增加我「鋁」在汽車中的比率，



德國的齊格林飛艇



英國工程師諾貝爾和其設計的雪茄型火箭賽車

以減輕重量、提高速度，並降低能耗。比如說，1975 年美國平均每輛汽車用我「鋁」僅 25 公斤，到了 1985 年，則增加到了 200 公斤左右。世界名牌——德國的保時捷小汽車，每輛用我「鋁」可高達 236 公斤！

1983 年，英國工程師諾貝爾（Richard James Anthony Noble, 1946-）設計的「雪茄型火箭賽車」裝有噴氣式發動機，創下了時速一千多公里的世界紀錄。這賽車的車輪就是鋁製的，汽車內的大部分零件也是我「鋁」製的。由這些實例，可見金屬的我「鋁」材料正在向 21 世紀「飛奔」！

發展最快、最有前途的特種鋁合金是「鋁基纖」的複合材料。它是仿照混凝土裡

含某些成分的鋁合金具備了所謂的「超塑性」，  
因而被譽為「金屬軟糖」，可用來生產十分複雜的零件。

加鋼筋的方式，把彈性模量高十倍的難熔金屬、半金屬、非金屬及化合物的晶體或纖維加入鋁合金，使其強度比一般鋁合金提高 10 ~ 100 倍，其比強度、比剛度（正彈性模量與比重的比）分別是我純「鋁」的二、三倍，並有很高的耐熱性，可用於攝氏 500 度以上的飛機耐熱零件，且它的質量比鈦合金還輕。

泡沫鋁合金是仿照製作饅頭的工藝，把發泡劑（如氫化鈦、氫化鋯等）與熔融的或固態粉末狀的鋁合金混合，在一定溫度下，發泡劑分解出氣體使鋁像饅頭一樣發起來。它的比重只有 0.16 ~ 0.5 克 / (公分)<sup>3</sup>，比木材還輕，可以浮在水上，並有很大的剛硬性、吸音性、抗衝擊性，而有廣泛的用途。

常用鋁合金的可塑性有限，其延伸性只有 1 ~ 20%。但含某些成分的鋁合金，例如混有一定成分的鋁—鋅、鋁—銅—鋯等合金，在晶粒很細、變形速度很低、變形溫度在材料熔點一半以上的條件下，其延伸性可高達 1,000 ~ 1,500%，具備了所謂「超塑性」的性質。鋁合金因而被人們譽為「金屬軟糖」，意思是像軟糖一樣容易變形，可以用塑料零件的低動力設備和模具生產出十分複雜的零件，甚至可以吹製成型，這已應用在手機零件和電子計算機上。

幾十年來，全世界我「鋁」的產量平均每年以 10% 的速度增長。現在我「鋁」的年產量早已超過出世幾千年的銅，躍居有色金屬第一位，僅次於鋼鐵。

我「鋁」對熱中子吸收截面比鐵小 10 倍，經輻射線照射後，我「鋁」的性能不會變壞。因此我「鋁」及某些鋁合金已用於原子反應堆的包覆材料、輻射裝置材料、屏蔽和控制棒材料。

我純「鋁」由於質輕，且有良好的導電、導熱、抗腐蝕性和對光的反射性，因而應用愈來愈廣泛。過去由於石油危機，許多國家要求汽車、大卡車要減輕重量、提高速度、節省燃料，這是國外鋁合金擴大應用的一個重要里程碑。據統計，美國 1974 年每台小汽車使用 36 公斤鋁合金，可年節省汽油總量是 70 萬噸。再加上我「鋁」有價廉的優點，雖然導電性只有銅的 65%，我「鋁」仍然是高壓線路的理想材料。

我「鋁」還是良好的抗輻射材料，在各種天線、熱反射器及太陽鏡上廣為採用。在能源短缺的今天，各國對太陽能的利用十分重視。但是太陽能利用的發展主要關鍵在於材料，包括反光材料、吸收材料、光電轉換材料等。

試驗證明，我「鋁」對波長 0.2 ~ 12 微米 (0.00002 cm ~ 0.0012 cm) 的光有 90% 以上的反射率，因此我「鋁」是重要的反光材料。於是科學家採用真空鍍鋁法在聚酯薄膜上鍍上一層我「鋁」，成為一種用途廣泛的反光材料。在國外，已建成別開生面大型冶金爐—太陽能高溫冶金爐，面積是 2,500 平方公尺，高度達到九層樓的拋物線面板上就貼有上述含我「鋁」的反光材料，可在短時間內產生攝氏 4,000



太陽能熱水器可由兩塊 2 米 × 1 米的模壓鋁板組成吸收太陽能器材。(圖片來源：種子發)

度的高溫，並可瞬間去掉高溫，達到快速加熱、快速冷卻的效果。這冶金爐已應用在生產超純材料和難熔材料上。

在本世紀內，估計在天空將可能建成幾個「人造小月亮」，實際上是面積達數十萬平方公里的巨大反射鏡，其鏡面上就要鍍一層我「鋁」，經由這些反射鏡可把太陽光反射到地球。如此一來，即使在晚上的地面，人們可以在不用照明燈的情況下在室外活動、娛樂。若反射鏡愈大，由於光照時間延長，農作物生長也可加速成長，人們更可以進行其他野外活動，以避開烈日曝曬。據估計，這項投資的經濟效益很大，幾年之內便可以回收成本。

我「鋁」的導熱能力比鈦 (Ti) 大 3 倍，因此可用於太陽能的吸收裝置。在我「鋁」

的表面塗上一層不反光的黑色材料，吸收的熱通過我「鋁」的傳導可以把水加熱，用於室內取暖和淋浴。英國新出售的太陽能熱水器，由兩塊 2 米 × 1 米的模壓鋁板組成吸收太陽能器材，每天用太陽能可加熱得到攝氏 60 度的水 300 公升。預計再過幾年，各國將陸續普及家庭用的太陽能集熱器，屆時肯定會大量使用我「鋁」。

質輕是我「鋁」做為建築材料的一個重要原因，缺點之一是我「鋁」質地太軟，這可經由在我「鋁」中添加少量銅或鎂加以改善，因為這可使我「鋁」的強度大幅提高。又金屬的我「鋁」極易與稀酸反應放出氫氣，甚至我「鋁」碰到氫氧化鈉等強鹼溶液，也能生成「偏鋁酸鹽」和氫氣。這一性質在其他金屬中是比較特別的。

原先人們誤以為我「鋁」不像鐵那樣愛生鏽，其實不然，我「鋁」是個很容易被氧化的金屬。在常溫下，我「鋁」就能與空氣中的氧反應生成一層緻密而堅固的氧化物薄膜，進而使我「鋁」金屬失去光澤。但是，這層氧化膜能阻止金屬繼續氧化，因此雖然我「鋁」比鐵活潑，卻具有比鐵強得多的抗腐蝕性能。

我「鋁」若在空氣中生鏽，會在外壁上生成薄薄的鋁鏽膜，鋁鏽膜分為兩層，外層是可視膜，內層是不可視膜。內層也是一層活性膜，它經過二次氧化才成外膜。外層是穩定的，因此我「鋁」氧化生鏽後，生成的鋁鏽膜就起了保護內部金屬的作用。

特別是在酸液中通電生成的氧化膜，因為它所有的微孔都被封住，形成「伽碼相三氧化二鋁」，它就像外衣一樣對我「鋁」起了更好的保護作用。這種方法就是日本科學家瀨藤和宮田二人在 1923 年所發明的鋁陽極電化法，市場上俗稱的電化鋁就是經過陽極化處理過的我「鋁」製品，這種經過特別處理的「鋁」製品比一般的「鋁」製品更為耐用。

那麼，我「鋁」製品的鏽蝕速度如何呢？說起來也微不足道，放一年之久鏽蝕也不到十萬分之一公分，就是放在海面上也不超過千分之一公分的厚度。因此人們通常認為我「鋁」的抗腐蝕性強。

我「鋁」罐不像一般的鐵罐易腐蝕，飲料罐的原料首選是我「鋁」罐。我「鋁」無毒、無臭、無味、導熱性能好，因此鋁罐飲料可快速冷卻。由於我「鋁」耐氧化，因此是製造飲料罐的理想材料。但從某種角度來看，



由鋁製成的各式瓶罐



回收鋁罐

這也帶來一些負面影響，在公路邊、鐵路旁、海灘上及樹林裡到處可見我「鋁」質飲料罐，我「鋁」已成為一種主要的污染源。目前不少地方已採取措施回收我「鋁」罐，以避免我「鋁」帶來的污染問題。

我「鋁」製品髒了，用一點醋就可以洗乾淨。可是常有人用鹼水洗，那就不行了，因為氧化鋁（ $Al_2O_3$ ）會溶解在鹼中，生成氫氧化鋁（ $Al(OH)_3$ ），這就等於給我「鋁」脫去了保護層，使我「鋁」容易腐蝕。

鋁氧化生鏽後，生成的「鋁鏽膜」具保護內部金屬的作用。

以我「鋁」的氧化物（即  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）為主的高溫無機噴塗材料，具有耐磨、耐腐蝕、抗高溫氧化等特點。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  在充氧環境下，能耐長時攝氏 1,000 度高溫或瞬間攝氏 2,000 度高溫，因此可用做噴氣發動機的渦輪葉片等須耐高溫零件的表面噴塗材料。美國也用鋁合金做步槍槍管，其表面塗有  $\text{Al}_2\text{O}_3$  塗層和耐熔蝕的固態潤滑油，減輕了步槍的重量，並保證使用性能。

我「鋁」易被腐蝕，這是我的一大缺點。善用其短，使其在某些特定的場合變為長處，也是一門學問。從 1930 年就有人利用我「鋁」易氧化的特性脫掉鋼水中有害的氫氣，以提高鋼的品質。

我「鋁」是可以染成各種顏色的少數幾種金屬之一。電鍍槽液中有硫酸銅，就可得到染成銅色表面的我「鋁」製品，若用硫酸錫就染成青銅色，用高錳酸鉀就成黃色了。

金屬的我「鋁」在現在工業中大顯身手的同時，也滲入到了人們的家庭。為此人開始研究我「鋁」對人體健康的影響。

人們之所以無法避免攝取我「鋁」，是因為我「鋁」在地球上的含量太豐富了（前面說過，我「鋁」在地球上的含量占第三名），而且，奇怪的是，我「鋁」沒有可以新陳代謝的替換角色。人們消化我「鋁」後，通常直接從體內排出，因此，任何進入血液中的我「鋁」也會很快排出體外。雖是如此，我「鋁」可以自行附著在血液中的含鐵蛋白分子上，含鐵蛋白會把人體需要的基本金屬元素運送到身體各部位，我「鋁」就是以這種方式進入腦部。

長期以來，人們一直認為我「鋁」是一種對人體無害的金屬元素，治療胃酸過多的藥中常用的主要成分就是氫氧化鋁

（ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ）。然而，近代科技的發展對鋁無害論提出了強烈異議。

1975 年，美國醫學人員用電子顯微鏡和 X 射線衍射光譜測定法分析了多名老年癡呆症患者的神經元，發現這些人神經元中，我「鋁」的含量比正常人多了 2~4 倍。後來，美國科學家用原子吸收光譜分析了老年癡呆症患者的大腦，發現他們腦中我「鋁」的含量竟是正常人的 5 倍。美國的一個醫療小組到世界飲水含我「鋁」量最高的關島調查，發現那裡患老年癡呆症的人數比正常地區多了 3~5 倍。這些都證實我「鋁」很可能是老年癡呆症的罪魁禍首之一，但這仍未有國際定論。

我「鋁」為什麼會導致老年癡呆症呢？這個問題還在爭論中。一般的觀點認為因三價鋁離子（ $\text{Al}^{3+}$ ）有空的電子軌域，易與鹼基對中未成對的電子結合，並進入神經元細胞中，使神經細胞釋放的傳遞物質如乙醯膽鹼等不能順利通過，從而導致神經傳遞系統受阻，引起老年癡呆症。

含我「鋁」元素的一個常見化合物就是明礬。明礬是鋁、鉀、硫和氧的化合物，化學式是  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ 。在台灣，人們愛吃的粉絲、冬粉、米粉和油條，為了增加韌性，往往添加明礬。明礬在台灣是屬於合法添加物，但由於明礬含有我「鋁」元素，因此若是經常多吃，則得老年癡呆症的風險可能會增加。

有一點必須注意的是，市面上有很多胃藥的主成分含有氫氧化鋁，但不可以和牛奶一起搭配吃，嚴重時甚至會造成所謂的代謝性的「牛奶鹼性中毒」。首先會頭痛、呼吸急促，再來就是高血鈣中毒，然後造成我「鋁」元素沉積於人體，最後是腎功能不全，進而可能造成老人癡呆症。

我「鋁」過量攝入往往是由於不正確使用我「鋁」製品引起的。大家知道：我「鋁」在空氣中會形成一層緻密的氧化鋁，保護我免受進一步的腐蝕，但這層保護膜並非無堅不摧，因此平時應養成使用我「鋁」製品的良好習慣。例如：不用我「鋁」製的容器存放酸、鹼食物；儘量縮短食物在我「鋁」製品中的存放時間；儘量不用「鋁」鍋炒菜；少讓比我「鋁」硬的金屬製品（如鐵勺）與我「鋁」製品接觸；不用硬質抹布擦洗我「鋁」製品等。當然，平時加強體育鍛鍊，增強身體活力，也是防止我「鋁」元素在體內存積的好辦法。

介紹了這麼多我「鋁」的優點與缺點，我「鋁」和鋁合金是 20 世紀才進入工業，

因此，我「鋁」的應用還在幼年時期，可以想見其成本、性能、品種和應用發展的潛力仍有很大的改善空間。我「鋁」及鋁合金已經為人類做出了巨大貢獻，可以肯定在未來生活中，我「鋁」將綻放出更加絢麗的光彩！

---

蘇明德  
嘉義大學應用化學系

---

#### 深度閱讀資料

蘇明德 (2007) 油條裡的化學，科學發展，410，70-73。

