





## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

-1291年)後，「明礬」成爲歐洲織物工業中不可或缺的商品，也成爲國際貿易的對象。然而，直到15世紀中葉，「明礬」才從地中海東部進口到歐洲。

當時「明礬」的性質仍然未知。大約在1530年，瑞士醫生Philippus von Hohenheim (1493-1541，圖2)認爲「明礬」是「礬土」的鹽。1595年，德國化學家Andreas Libavius (1555-1616，圖3)用實驗證實了這一點。到了1722年，德國化學家Friedrich Hoffmann (1660-1742，圖4)宣布了他的看法：「「明礬」的基礎是源自獨特的土。」



圖2、© 公有領域  
Philippus von Hohenheim,  
1493-1541



圖3、© 公有領域  
Andreas Libavius,  
1555-1616



圖4、© Public Domain  
Friedrich Hoffmann  
1660-1742

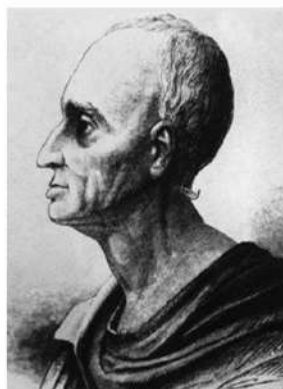


圖5、© 公有領域  
Andreas Sigismund  
Marggraf 1709-1782

到了1754年，德國化學家Andreas Sigismund Marggraf (1709-1782，圖5)在「硫酸」中煮沸黏土，然後加入「鉀鹽」，竟然合成出「鋁土」，後人重複他的實驗，經鑑定這「鋁土」其實就是「氧化鋁」( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )。

在1808年時，英國化學家戴維爵士 (Sir Humphry Davy, 1778-1829，圖6)首次使用「Aluminum」這個字來命名這元素，並開始嘗試生產「鋁」。

1825年丹麥化學家奧斯特 (Hans Christian Ørsted, 1777-1851，圖7)成功用「鉀汞齊」(「鉀」和「汞」的「合金」)從「氯化鋁」( $\text{AlCl}_3$ )中還原出一塊看起來像「錫」的金屬塊，其實就是「鋁」。奧斯特在1825年展示了他的實驗結果及他發現的新金屬——「鋁」的樣品。



圖6、© 公有領域  
Humphry Davy, 1778-1829



圖7、© 公有領域  
Hans Christian Ørsted,  
1778-1829

到了1827年時，德國化學家弗里德里希·維勒 (Friedrich Wöhler, 1800-1882，圖8)重複了奧斯特的實驗，不過沒有得到任何「鋁」的樣品。直到1921年，才弄清楚造成如此不一致結果的原因：原始



圖8、© 公有領域  
Friedrich Wöhler,  
1800-1882

文獻沒有記載清楚原料出處，導致誤導實驗方向。同年，他又用金屬「鉀」還原熔融的無水「氯化鋁」得到較純的金屬「鋁」單一物質。1845年，他已能夠真正生產出小塊的金屬「鋁」，並描述了這種金屬的一些物理特性。多年後，大家公認維勒也是「鋁」的發現者之一。



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

現在「鋁」是司空見慣的常見金屬，可是在兩百年前，當人類第一次看到「鋁」時，還把「鋁」當做稀有的寶貝來看。雖然早在1820年代時，丹麥化學家奧斯特(圖7)和德國化學家維勒(圖8)已經可以把「鋁」從「鋁礦」中用還原的方法提煉出來，但這仍沒有改變當時「鋁以稀為貴」的情況。貴重到那時的「鋁」還被列入稀貴材料和藝術珍品的行列之中。

在18世紀時，「鋁」甚至比黃金還珍貴。當時「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「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「鋁」為「銀色的金子」，或叫「輕銀」。

法國的皇帝拿破侖三世(Charles Louis Napoléon Bonaparte, 1808-1873, 圖9)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」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



圖9、Charles Louis Napoléon Bonaparte, 1808-1873  
© Public Domain

成「鋁鷹」，每逢盛大國宴，只有他和王室成員才能榮幸享用「鋁」製的餐具，而且只有在招待最尊貴的客人時才肯使用，反倒使用「金」製、「銀」製的器具招呼一般客人。

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

純金屬的「鋁」質地軟，外表呈現銀白色，且「鋁」無磁性。但關於「鋁」的一個最大問題就是：在自然界中，找不到純態的「鋁」，以做為純金屬之用。也就是說，儘管「鋁」是地殼上含量第3多的元素，但「鋁」總是和其它元素結合在一起，形成化合物

問世。尤其是，「鋁」最常和「氧」結合在一起，以氧化物的形式存在於黏土裏。因此，要想從黏土裏取得「鋁」，就必須先破壞「鋁」和「氧」之間的化學鍵，即Al-O鍵，但因為Al-O鍵的鍵能很大，使「鋁」和氧緊緊的牢固在一起。可以想見，若是要提取純態的「鋁」就必須耗費很多能量，先打斷Al-O鍵才行。所以「鋁」在早期是屬於很難被精鍊提取的金屬元素之一。這也是為什麼人們會大量回收喝飲料用的「鋁罐」的原因？一個常用辦法，就是採用昂貴的金屬「鈉」來替換，用這種方法製得的「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「鋁」的電解法後才得以改變。

美國的霍爾(Charles Martin Hall, 1863-1914, 圖10)和法國的海羅爾特(Paul L. T. Heroult, 1863-1914, 圖11)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」。目前，世界上幾乎所有的「鋁」都是由這種方法生產的。



圖10、© Public Domain  
Charles Martin Hall,  
1863-1914



圖11、© 公有領域  
Paul L. T. Heroult,  
1863-1914

「鋁」的產量因而猛增，但也正因如此，「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「鋁」，因而像在美國，如今生產「鋁」所耗的電能占其國內總耗電量的5%。

「鋁」的主要來源是「鋁土礦」(Bauxite Ore, 圖12)，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「鋁土礦」。這種礦物中含有



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

「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, 圖13)。「鋁」的英文名字(Aluminium)據說就是由它衍生而來的。



圖12、鋁土礦  
(bauxite ore)



圖13、鋁礬土 (alumina)

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(圖14)，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(圖15)，含「鐵」和「鈦」的「剛玉」是綠寶石。



圖14、剛玉製成的耐磨劑  
用於砂紙及研磨工具上



圖15、摻有金屬鉻的剛玉  
顏色鮮紅，一般稱之為紅  
寶石

純「鋁」質地比較軟，但是只要「鋁」與其它金屬混合生成「合金」，就能提高硬度，因而「鋁」常以「合金」的型態廣被運用。

化學上有一個著名的反應叫做「鋁熱反應」(Aluminothermic reaction)， $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow 2Fe + Al_2O_3$ 「鋁熱反應」在生產上有廣泛的應用。比如焊接鋼軌，往「鋁熱劑」中加入一定量的「鐵合金」和「鐵釘屑」，把這種混合物放到特製的坩堝中，用「鎂」(Mg)條點燃後立即劇烈反應，產生高溫的鋼水和熔渣。隨即把高溫鋼水澆入扣在兩根鐵軌縫上的砂型孔中，就可把兩根鐵軌焊接起來。這種焊接不用外接電源，而且速度快，設備簡單，非常適合野外作業，在鋪設鐵路的無縫接軌上具有重要的意義。此外，在工業上，也可用「鋁熱劑」的方法焊接大截面的鋼材零件。

20世紀初，德國冶金學家 Alfred Wilm (1869-1937, 圖16) 把「銅」、「鎂」、「錳」等加入到「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。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」(Duralumin, 圖17)，後來改稱為「硬鋁」。從此，「鋁」有了硬度上的保證。於是，「鋁」重量輕的優點便開始在航空工業中顯示威力。



圖16、Alfred Wilm,  
1869-1937  
圖片來源：<https://kulturstiftung.org/Biographie>



圖17、杜拉鋁  
(duralumin)

「鋁合金」的基本特點是密度小(2.7公



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

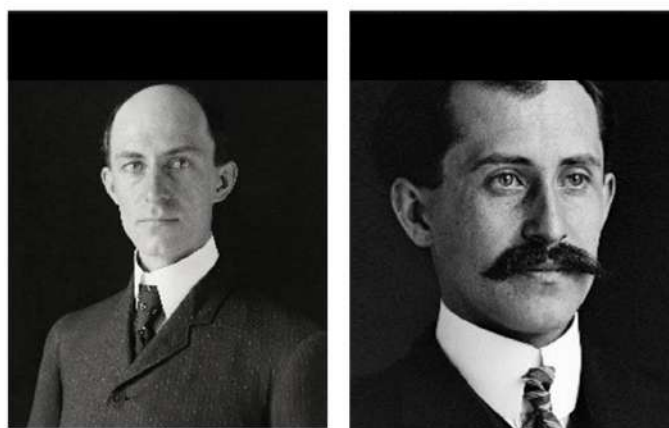
克/立方公分)和「比強度」(抗拉強度與密度的比)高，其強度甚至已經超過了普通的鋼，因此用「鋁合金」代替鋼可以大大減輕重量，增加結構鋼硬度，這是「鋁」和「鋁合金」得以迅速發展的根本原因。

「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「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，圖18)。緊接著，一些國家迅速發



© 公有領域



© 公有領域

© 公有領域

圖18、美國的萊特兄弟(Wilbur Wright, 1867-1912, 上圖左; Orville-Wright, 1871-1948, 上圖右)發明了世界上第一架飛機。

展了一批軍用飛機。但是，當時由於強度高、重量輕的「鋁」材尚未問世，那時候的飛機主要採用木材和帆布結構，發動馬達

又只有100馬力左右，因此，飛行速度只有現在的卡車那樣快，以致駕駛員空戰時，都用手槍互射方式進行決鬥，這在今天看來是非常可笑的事情。

可以這麼說，飛機的問世也促進了「鋁合金」的誕生。

「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「鋁」30公斤，一輛大轎車用「鋁」300公斤。一架協和式飛機這樣的大型飛機，用「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(圖19)、Do-X飛機(圖20)，創造了每小時400公里飛行速度的世界紀錄。



圖19、容克式飛機 © CC BY-SA 3.0



圖20、多涅耳式飛機 © CC BY 2.0

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



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

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，圖21)疾風般掠過

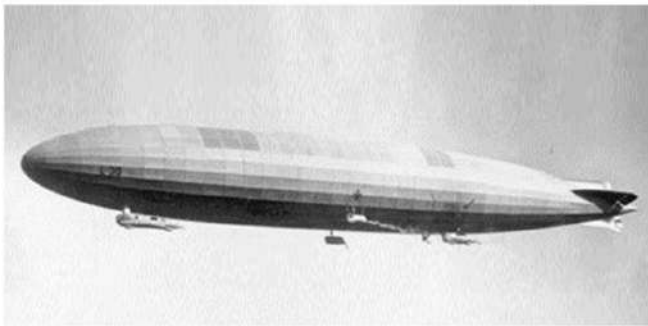


圖21、德國的齊格林飛艇 (Zeppelin "L 30")

© Public Domain

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，「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。「鋁」的產量跳躍式增加，各種新型、價廉的「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。

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(圖22)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%。「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「鋁」稱做「飛行金屬」。



圖22、人造衛星

© 公有領域

飛彈若用「鋁合金」可減重約10~50%。美國的戰斧式巡航飛彈(圖23)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。



圖23、戰斧式巡航飛彈 © 公有領域

「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



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

的「液態氫」、「液態氧」儲存箱等零件。

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」。附帶一提的是，其實人造衛星採用的「鋁合金」和日常生活常用的罐頭之「鋁合金」二者的基本組成非常近似。

「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「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它零件。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，「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「鋁」在汽車中的比率，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「鋁」僅25公斤，到了1985年，則增加到了200公斤左右。世界名牌——德國的保時捷汽車(圖24)，每輛用「鋁」可高達236公斤！



圖24、德國保時捷汽車 © CC BY-SA 4.0

1983年，英國工程師諾貝爾(Richard James Anthony Noble, 1946-迄今，圖25)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「鋁」製的。由這些實例，可見金屬的「鋁」材料正在向21世紀「飛奔」！



© CC BY 2.0

© Public Domain

圖25、英國工程師諾貝爾(Richard James Anthony Noble, 1946-迄今)和其設計的「雪茄型火箭賽車」(Thrust2)。

發展最快、最有前途的特種「鋁合金」是「鋁基纖」的複合材料。它是仿照混凝土裏含某些成分的「鋁合金」具備了所謂的「超塑性」，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」(正彈性模量與密度的比)分別是純「鋁」的2、3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」 $TiH_2$ 、「氫化鋯」 $ZrH_2$ 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。它的密度只有0.16~0.5公克/立方公分，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」，



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

例如混有一定成分的「鋁-鋅合金」、「鋁-銅-鎳合金」等等，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「鋁」的產量平均每年以10%的速度增長。現在「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。

「鋁」對熱中子吸收截面比「鐵」(Fe)小10倍，經輻射線照射後，「鋁」的性能不會變壞。因此「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。

純「鋁」由於質量輕，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。

「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，「鋁」對波長0.2~12微米

(0.00002公分~0.0012公分)的光有90%以上的反射率，因此「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「鋁」，成爲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「鋁」的反光材料，可在短時間內產生攝氏4,000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「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，人們更可以進行其它野外活動，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。

「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「鋁」的表面塗上一層不反光的黑色材料，吸收的熱通過「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公尺×1公尺的模壓「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「鋁」。

質量輕是「鋁」做爲建築材料的一個重要原因，缺點之一是「鋁」質地太軟，這可經由在「鋁」中添加少量「銅」或「鎂」形成「合



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

金<sup>〃</sup>，加以改善，因為這可使該<sup>〃</sup>合金<sup>〃</sup>的強度和硬度比原先的純「鋁」還要來得高。

又金屬的「鋁」極易與稀酸反應放出<sup>〃</sup>氫氣<sup>〃</sup> (H<sub>2</sub>)，甚至「鋁」碰到<sup>〃</sup>氫氧化鈉<sup>〃</sup> (NaOH) 等強鹼溶液，也能生成<sup>〃</sup>偏鋁酸鹽<sup>〃</sup> (含有<sup>〃</sup>AlO<sub>2</sub><sup>〃</sup> 原子團的鹽) 和<sup>〃</sup>氫氣<sup>〃</sup>。這一性質在其它金屬中是比較特別的。

前面說過，「鋁」在地球上的存量頗多，來源不匱乏，加上「鋁」具有無毒及易回收、再利用的好處，並且「鋁」的外表常附有一層<sup>〃</sup>氧化鋁<sup>〃</sup> 薄膜，以保護內部「鋁」金屬，正因為「鋁」具有這些多重優點。所以，「鋁」常被拿來做廚房常用的碗、盆、平底鍋(圖26)……等等的「鋁」製品。

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<sup>〃</sup>伽碼相三氧化二鋁<sup>〃</sup>，它就像外衣一樣對「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<sup>〃</sup>鋁陽極電化法<sup>〃</sup>，市場上俗稱的<sup>〃</sup>電化鋁<sup>〃</sup> 就是經過陽極化處理過的「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，「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「鋁」的抗腐蝕性強。

「鋁」金屬因為對生物體無毒性，且「鋁」元素在地球上的含量為第三名，因此，有

23%的「鋁」用於製作<sup>〃</sup>鋁箔包<sup>〃</sup> (圖27) 及水彩顏色管(圖28)、飲料罐……等等家用產品。



圖27、鋁箔包 圖28、水彩顏色管

「鋁」在地球上最大用途是在交通運輸業，估計約佔「鋁」每年產量的28%。這是因為前面提過「鋁」本身密度小、質量輕，所以若「鋁」運用在交通工具上會運輸輕便且節省能源消耗。

原先人們誤以為「鋁」不像<sup>〃</sup>鐵<sup>〃</sup> 那樣愛生鏽，其實不然，「鋁」是個很容易被氧化的金屬。在常溫下，「鋁」就能與空氣中的<sup>〃</sup>氧<sup>〃</sup> 反應生成一層緻密而堅固的氧化物薄膜，這其實就是<sup>〃</sup>氧化鋁<sup>〃</sup> (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)，這<sup>〃</sup>氧化鋁<sup>〃</sup> 薄膜可進而保護內部的「鋁」金屬。並且，這層<sup>〃</sup>氧化鋁<sup>〃</sup> 膜也能阻止「鋁」金屬繼續被氧化，因此雖然「鋁」比<sup>〃</sup>鐵<sup>〃</sup> 活潑，卻具有比<sup>〃</sup>鐵<sup>〃</sup> 更強且更多的抗腐蝕性能。

所以，「鋁」的耐腐蝕性和輕便性的優點，也使「鋁」成為窗戶、門框、屋頂、屏風……等等建築物的結構要件(圖29)。可以想見，若沒有這種好的建材材料，我們今天所知道



圖29、使用鋁的建築物

的建築世界將會有多麼不同。據統計，全世界每天生產的「鋁」產量，其中有23%的「鋁」用於<sup>〃</sup>建築<sup>〃</sup> 上。像是美國的帝國大廈



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

(圖30) 就是全世界第一個用「鋁」做為骨架的摩天大樓。

另外，全世界被開採的「鋁」礦中有13%的「鋁」被運用於「能源」部門。這是因為「鋁」具有良好的導電性，也易於被機械加工，但「鋁」的導電性只有「銅」的65%，因此儘管導電性更好的金屬是「銅」，不是「鋁」，「鋁」仍然是高壓線路的理想材料。故市面上你所看到的導電器材都是用「鋁」做為導體。這是因為當「鋁」和「銅」承載相同的電流，則「鋁」的厚度會是「銅」的1.5倍，這時「鋁」的重量卻比「銅」的重量輕了一倍，這大大降低了電塔的重量，並允許電塔和電塔之間的距離更加擴大，如此一來，可大幅地節省建設電塔的資金。

所有「鋁」產量的35%的「鋁」則是用在家庭電器、廚房用具(圖31)、各式各樣喝飲料用的「鋁」罐及種種化工設備。

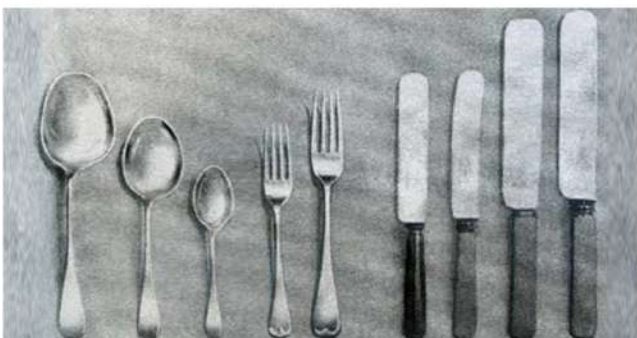


圖31、鋁製餐具



圖30、美國的帝國大廈  
© CC BY-SA 4.0

「鋁」罐不像一般的鐵罐易腐蝕，飲料罐的原料首選是「鋁」罐。「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「鋁」耐氧化，因此是製造飲料罐的理想材料(圖32)。但從某種角度來看，這也帶來一些負面影響，在公路邊、鐵路旁、海灘上及樹林裏到處可見「鋁」質飲料罐，「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「鋁」罐，以避免「鋁」帶來的污染問題(圖33)。



圖32、由鋁製成的各式瓶罐



圖33、鋁亦成為主要的污染源

「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「鋁」脫去了保護層，使「鋁」容易腐蝕。

以「鋁」的氧化物(即 $Al_2O_3$ )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。 $Al_2O_3$ 在充氧環境下，能耐長時間攝氏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 $Al_2O_3$ 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。

「鋁」易被腐蝕，這是「鋁」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「鋁」易氧化的特性脫掉鋼水中有害的氫氣，以提高鋼的品質。



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

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

人們之所以無法避免攝取「鋁」，是因為「鋁」在地球上的含量太豐富了(前面說過，「鋁」在地球上的含量占第3名，僅落後於氧和矽元素)，而且，奇怪的是，「鋁」沒有可以新陳代謝的替換角色。人體消化「鋁」後，通常直接從體內排出，因此，任何進入血液中的「鋁」也會很快排出體外。雖是如此，「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，「鋁」就是以這種方式進入腦部。

長期以來，人們一直認為「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(圖34)，發現這些人神

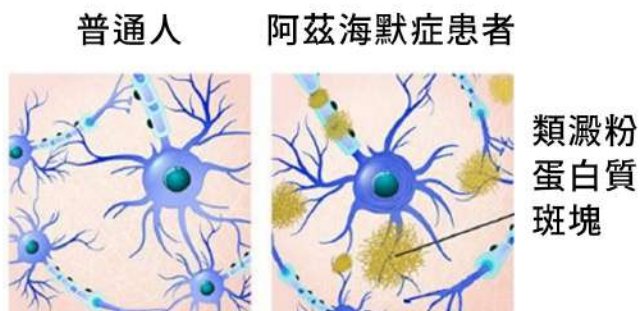


圖34、阿茲海默症患者腦中會出現類澱粉蛋白質斑塊。  
圖片來源：(Shutterstock/大紀元製圖) <https://www.epochtimes.com/b5/18/1/29/n10098387.htm>

經元中，「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「鋁」的含量竟是正常人的5倍。美國的一個醫療小組到世界上飲水含「鋁」量最高的關島調查，發現那裏患老年癡呆症的人數比正常地區多了3~5倍。這些都證實「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。

「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「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 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 。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「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」( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )，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「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。

「鋁」過量攝入往往是由於不正確使用「鋁」製品引起的。大家知道：「鋁」在空氣中會形成一層緻密的「氧化鋁」，保護「鋁」免受進一步的腐蝕，但這層保護膜並非無



## 13.「鋁」(Al) 元素的介紹

---

堅不摧，因此平時應養成使用「鋁」製品的良好習慣。例如：不用「鋁」製的容器存放酸、鹼食物。儘量縮短食物在「鋁」製品中的存放時間。儘量不用「鋁」鍋炒菜。少讓比「鋁」硬的金屬製品(如鐵勺)與「鋁」製品接觸。不用硬質抹布擦洗「鋁」製品等。當然，平時加強體育鍛鍊，增強身體活力，也是防止「鋁」元素在體內存積的好辦法。

介紹了這麼多「鋁」的優點與缺點，「鋁」和「鋁合金」是20世紀才進入工業，因此，「鋁」的應用還在幼兒時期，可以想見其本質、性能和應用發展的潛力仍有很大的改善空間。「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，「鋁」將繼續綻放出更加絢麗的光彩！

@@ 參考閱讀：

蘇明德，「油條裡的化學」，*科學發展*，2007年，卷410，第70-73頁。