

7. 「氮」(N) 元素的介紹



圖3、Daniel Rutherford, 1749-1819

© 公有領域



圖4、Joseph Black, 1728-1799

© Public Domain

1749-1819，圖3)，科學界也公認他是「氮」的主要發現者。拉賽福還在英國的愛丁堡大學讀書時，當時蘇格蘭的化學權威布拉克博士(Joseph Black, 1728-1799，圖4)也在該校任教。布拉克博士為拉賽福指定的博士論文內容，就是研究當含碳的物質在密閉容器內燃燒，並除去所生成的二氧化碳後，容器中殘餘的另一種氣體。他的研究指出，這種氣體是極不活潑的新氣體，不能自燃也不能助燃，能夠令老鼠窒息而死，而其體積占空氣的五分之四。

因為拉賽福使用燃磷法，也就是在玻璃罩內燃燒「白磷」(P_4)，除去玻璃罩內空氣中的「氧」氣後，而得到這種「剩餘氣體」，就是——「氮」氣，所以在他所製得的「氮」氣中混有「五氧化二磷」(P_2O_5)之蒸氣。由於「五氧化二磷」是惡臭的，於是拉賽福誤認「氮」是種惡臭的氣體，而取了「有毒氣體」(Noxious Air)及「燃素化的空氣」(Phlogisticated Air)的名字。又因為「氮」不幫助燃燒、呼吸，也就是說生物在「氮」氣中不能呼吸生存，拉賽福便又取了「濁氣」(Turbid Gas)這個名字。不過，他並不認為「濁氣」是空氣的一種成分。

有「現代化學之父」美譽的法國的拉瓦錫(Antoine-Laurent de Lavoisier, 1743-1794

，圖5)也替「氮」取了「窒素」(Azote)這個名字。按照Azote的希臘文原意，是「不能維持生命」的意思，這是因為拉瓦錫認為不支持呼吸是「氮」氣的主要性質。現在所用的「Nitrogen」這個英文名字來命名「氮」，是由法國拿破崙時代的軍官察普塔(Jean-Antoine Chaptal, 1756-1832，圖6)在1790年命名的。其中Nitro原意是「硝石」(Native Soda)；而gen原意代表「生成」(origin)。



圖5、Antoine - Laurent de Lavoisier, 1743-1794

© Public Domain



圖6、Jean - Antoine Chaptal, 1756-1832

© Public Domain

「氮」的原子量是 14.0067，不是一個整數，這是什麼緣故呢？因為「氮」含有 ^{14}N 和 ^{15}N 兩種穩定存在的「同位素」，其中 ^{14}N 的含量占99.634%，因此「氮」的平均原子量是14.0067。也就是說，差不多在300個「氮」原子中，只有1個是 ^{15}N 原子，其它的299個原子都是 ^{14}N 。

純淨的「氮」氣在常溫下是無色無味的氣體，「氮」比空氣略輕，在攝氏零下195.8度時會變成沒有顏色的液體；在零下210.00度時，則成為雪花狀的固體。「氮」在水中的溶解度很小，在平常的狀況下，1公升的水中只可溶解0.02公升的「氮」氣。

雖然「氧」是空氣中不可或缺的氣體，但地球空氣中含量最多的氣體卻是「氮」，

7. 「氮」(N) 元素的介紹

據估計在大氣中，「氮」約佔總體積的78%。就氣體來說，「氮」和「氧」其實同樣重要，因為「氮」也是維持生命不可或缺的元素之一。只要給予正確的燃燒條件，「氧」是很容易起反應的，「氮」則不同，「氮」的特性是在室溫(攝氏25度)下不會有什麼反應。儘管呈現出如此的惰性，還是必須設法讓「氮」起化學反應，因為在這個地球上，每一種生物身上的每一股「脫氧核糖核酸」(DNA，圖7)、每一條肌肉纖維，以及每一個細胞中的每一種「酶」(又稱「酵素」)都需要「氮」。

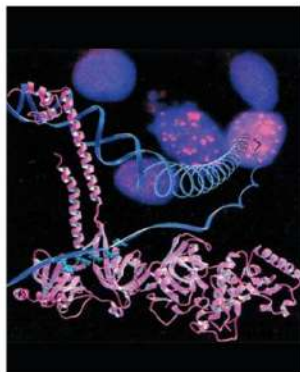


圖7、BRCA2乳癌基因和單一DNA鏈結的結構圖。在這個地球上的每一種生物的每一股DNA、每一條肌肉纖維，以及每一個細胞中的每一種酶都含有氮。

假如有一天，人類把空氣中的「氮」全部用光了，到時候世界會變成什麼模樣呢？

若真的到那時候，地球上將發生一場前所未有的大火災，因為「氧」氣若是占了95%以上的空間，它就可以自由自在地與其它的物質化合，發揮「氧化」作用，使得一切可燃物質都燃燒起來。森林、穀類、房舍、工廠及所有生物都化為灰燼自不用說，即使是鋼鐵也會燃燒起來，發出很明亮的火光。

這一場大火是任何一種救火物質都不能撲滅的。砂和泡沫滅火器所產生的「二氧化碳」，因為數量很少而不能起作用。水的儲存量雖然很多，可是遇到了高溫將會分解成「氫」和「氧」兩種氣體，不但不能夠止住火焰，反而會幫助大火的燃燒。由此可知，「氮」在空氣中占五分之四體積的重要性。

「氮」有兩種可以利用的特性：(1) 惰性較大，幾乎一無是處。(2) 液態「氮」是「超冷液體」。

「氮」這種元素的天生惰性在過去會一度算是缺點，現在卻成了長處。例如，有足夠多的「氮」存在，就可以避免發生火災爆炸的危險。在博物館中，貴重的畫冊常常保存在充滿「氮」氣的圓筒中。這是因為「氮」氣能阻止畫冊的「氧化」，而且它還不支持生物體呼吸，因此蛀蟲在「氮」氣中不能生存，當然也就無法搗亂了。此外，如果糧食、水果等處在低「氧」、高「氮」的環境中，也能使害蟲因缺氧窒息而死，因此糧食和農產品的倉庫中，常利用「真空充氮」的方法保存糧食、水果。



圖8、氮氣鋼瓶

氣態且惰性大的「氮」往往用以排除某一環境中反應活性較強的氣體。在工業上，「氮」氣常用做保護性氣體，像是用在電子零件的生產和儲存中(圖8)。又為了避免酒被「氧化」，在開封後，人們常常充入「氮」氣來保護酒。為了避免水果腐爛，人們也在採摘後用「氮」氣保護這些水果，例如把蔬果放置在低溫充「氮」的環境中，便可以保存30個月之久。

在你日常見到的各種食品(如餅乾、薯片、甜點及蔬菜、水果)包裝袋裏所填充的氣體，實際上就是「氮」氣。之所以這樣做，是利用「氮」氣的天生惰性，盡可能的把包裝袋內的「氧」氣趕走，以防止細菌生長，進而延長食品的保存期。

7. 「氮」(N) 元素的介紹

當我們要偵測或分離揮發性強的混合物時，常用的辦法就是「氣相層析法」(Gas Chromatography)。這方法是將待測混合物和惰性氣體或非反應性氣體一起注入儀器裏，利用混合物裏各分子的行進速度快慢不同，進而有效的分離出不同的分子。而這種伴隨的惰性氣體可以採用「氮」氣或者「氦」(He) 氣。但只有「氮」氣是「氣相層析法」技術的首選氣體，這是因為「氦」氣在地球上的存在量不多。反之，「氮」氣在整個地球上到處都是，可以供應無缺。

除了這些用途外，「氮」氣還可以用在石油生產中，把壓縮「氮」氣注入油井中，從地下壓出石油，這種方法也稱為「加壓生產法」。由於空氣中的其它氣體會與石油反應，產生人們不希望有的副產物，因此普通空氣不能用在加壓生產石油上，就只有「氮」可以勝任這項工作。

液態「氮」是「超冷液體」，會在攝氏零下195.8度氣化！在過去，有許多種食物無法用傳統方法來冷凍。因為溫度下降得不夠快，在緩慢冷凍的過程中，水往往會形成霜針或冰晶，刺破脆弱的細胞壁，所以蝦子會變得淡而無味，草莓失掉色澤，洋蔥變得像橡皮。現在情形可不同了，把這些食物放在液態「氮」裏一浸立即冰凍，並且能保持新鮮和原有的組織(圖9)。

多年來，有冷藏設備的貨運卡車及鐵路貨車，一直有一個隨著機械設備與生俱來的問題，即機械一旦故障，就會造成貨物的重大損失。時移境遷，現在的液態「氮」冷藏設備幾乎沒有故障的疑慮。這套設備包括一個儲藏箱、一個活瓣，以及一具恆溫器。當活瓣打開時，壓力減低，超冷的液態「氮」氣化為氣體，放出的凜冽氣體充塞貨車，使氣溫降到需要的程度(圖10)。



圖9、液態氮可用來冷凍食物，一般在超商所見的冷凍食品，都是用這種方式生產的。



圖10、桶裝液態氮。

貨車司機裝好冷凍食物，帶著100加侖的液態「氮」上車，保證他可以安全抵達3千公里外的目的地，一路上不必為車上的氣溫操心。供應液態「氮」的加油站也因此應運而生。液態「氮」像其它液體一樣可以啣送或傾注，稍加壓力就可以在高度絕熱的容器內長久保存，損耗有限。

法國工程師發現「氮」的超冷特性還有意想不到的用途。例如，在巴黎近郊某地鋪設下水道，因為水滲入坑穴快而抽水慢，工程因此陷於停頓。解決的辦法是把液態「氮」注入插在泥土中的鐵管，泥土立刻凍結，硬如岩石，滲水的現象終於停止，工程得以繼續進行。

在過去，製鋼業使用數以千噸計的「氧」，用來提高熔爐中的溫度，並加速爐中的反應。所用的「氧」多半是從液化空氣中提煉出來的，但是空氣中差不多有五分之四是「氮」，而這些「氮」簡直毫無用處，只好丟棄，科學家和工程師自然很心痛。究竟有沒有辦法利用「氮」呢？於是，科學家和工程師開始大動腦筋。

前面介紹的食物貨車的冷凍顯然是最早的應用，但是不久後，「氮」又應用在其它

7. 「氮」(N) 元素的介紹

方面。在太空中，沒有太陽光照到的地方，溫度往往會降到接近「絕對零度」（即攝氏零下273.15度），在這種情況下，分子活動勢必幾乎停止。金屬和儀器在太空中遇到這樣的溫度會發生什麼變化呢？在實驗室中數以噸計的「氮」正忙著提供答案，類似的實驗室也用在模擬北極的情況，藉以試驗必須承受得了攝氏零下50度寒冷的油漆和門窗。

液態的「氮」也在生物學方面出現了新的遠景，「氮」的超冷特性對一切組織或微生物提供了永生的希望。以通常的實驗室方法培養細菌和病原體，往往會有變質的傾向。因此，某種病原體今天是這個形態，明年可能是另外一種形態。利用液態「氮」進行高度快速冷凍，不但可以延長生命，又可以維持原狀，因此提供了不變的有用資料。

利用液態的「氮」冷藏、保存動物精液是所有方法中最成功的方法，而且這種液態「氮」保存法對個別細胞的損害比其它的方法來得輕微。有科學文獻記載，使用液態「氮」冷藏的公牛精液在保存了10年之久，仍然可以與卵子結合，培育出小牛。其實，現今流行的人工「凍卵」，就是用液態「氮」把母體的卵子保存起來。還不僅僅如此，在醫療上，也可用液態「氮」來保存血液、器官組織等等，使之不受到高溫的破壞，導致不能恢復室溫下的原狀。

液態「氮」在工業上除了用來冷凍食品和保存生物樣本外，又由於「氮」無反應活性，因此液態「氮」也是低溫實驗的最佳輔助工具，例如：在「超導體」材料測試實驗中，液態「氮」就是首選的冷凍劑。應用在極度寒冷的冰凍手術中，也是液態「氮」的另一個實用領域。

美國紐約醫院的庫柏醫生(Dr. Irving S. Cooper, 1922-1985，圖11)設計一種絕熱的細管，可以直接插進腦內，管內流著液態「氮」，使尖端產生極度的寒冽。利用這種細管可以破壞某些不健全或有病的腦細胞，如此一來，可以使有遺傳缺陷的病人，例如有大腦癱瘓或多發性硬化一類病症的病人，獲得顯著的紓解，減輕了震顫及其它症狀。



圖11、Dr. Irving S. Cooper, 1922-1985

圖片來源：

Journal of Neurosurgery, 89, 865-873.

DOI link:

<https://doi.org/10.3171/jns.1998.89.5.0865>



圖12、Dr. Harvey A. Lincoff, 1920-2017

圖片來源：

Ophthalmologica (2018) 239 (2-3):178-180.

DOI link:

<https://doi.org/10.1159/000486655>

在眼科手術方面，液態的「氮」也可以用在固定視網膜上。多年來，「視網膜脫落」是利用極其準確的電擊來焊接的，不過這種手術在病人的一生中必須重複好幾次，而且焊接會遺留疤痕，使以後的手術更為困難。紐約康乃爾醫學中心的林柯夫醫生(Dr. Harvey A. Lincoff，圖12)在1962年提出，利用以液態「氮」冷卻到攝氏零下10度以下的探針，可以進行各種眼科手術以治療眼疾，像是治癒「視網膜脫落」而無疤痕。他的設想居然成為事實，他用冷卻到攝氏零下40度的探針在患處接觸2至5秒鐘，就完成視網膜的黏合工作。

7. 「氮」(N) 元素的介紹

眾所周知，「氮」在常溫時是很不活潑的，這是什麼緣故呢？因為在「氮」分子(N₂)中的2個「氮」原子彼此緊緊吸牢。用化學專業術語來講，就是2個「氮」原子之間是用3個化學鍵鍵結，即N≡N。3個化學鍵的鍵結能量很強，以致「氮」分子很難分解成2個「氮」原子。除此之外，「氮」和金屬的化合力也不強，只有在高溫下，「氮」才可以與「鋰」(Li)、「鈣」(Ca)、「鎂」(Mg)等金屬形成「氮化物」。

自然界的生命來源必須要有6種化學元素都存在，才能誕生生命。這6種基本元素是：「氮」(N)、碳(C)、氫(H)、氧(O)、磷(P)和硫(S)。

沒有「氮」真的不能存在生命嗎？人們發現「氮」對生命而言實在是太重要了。如果說「沒有「氮」，地球上就沒有生命」並不過分，因為「氮」是構成生命基本物質——「蛋白質」——的必需元素。「蛋白質」中大約含有15~17%的「氮」，例如，「雞蛋白」的分子式是C₂₃₉H₃₈₉O₇₈N₅₈S₂、「乳蛋白」是C₇₀₈H₁₁₃₀O₂₂₄N₁₈₀S₄P₄、「麥蛋白」是C₆₈₅H₁₀₆₈C₂₂₁N₁₉₆S₅、「血色素」是C₁₅₈H₁₂₀₈N₁₉₅O₂₁₃S₃Fe等。因此，植物界的確需要很多的「氮」肥料。「氮」的主要用途之一就是用來製造肥料，也就是「人造氮肥」。

在第一次世界大戰以前，製造含「氮」化合物的「氮素」都是用智利硝石(NaNO₃)為原料。但是自然界存在的含「氮」化合物數量有限，不能滿足人類日益增長的需



圖13、William Crookes, 1832-1919
© Public Domain



圖14、在美國加州，農夫用機器噴灑氮肥增加農業的生產力。

要。因此，在1898年，著名的英國化學家克魯克斯爵士(William Crookes, 1832-1919，圖13)，很憂懼地大聲疾呼：『人類將要因「氮」的缺乏而趨於毀滅。』。不久之後，人們就發明了用大氣中的「氮」來製造「氮化合物」的方法(圖14)。大氣中的「氮」是永遠用不完的，地球每平方公里面積上的空氣中，就含有750萬公噸的「氮」，把地面上所有的「氮」收集起來，就有 375×10^{12} 公噸之多。

誰最先把大氣中的「氮」氣變成化合物裏的「氮」呢？那應該歸功於德人佛朗克(Adolph Frank, 1834-1916，圖15)和卡羅(Heinrich Caro, 1834-1910，圖16)2人，他



圖15、Adolph Frank, 1834-1916
© Public Domain



圖16、Heinrich Caro, 1834-1910
© Public Domain

7. 「氮」(N) 元素的介紹

們在1899年發明了「氰氨基法」(Frank Caro process)來固定空氣中的「氮」。這種方法的成本不是很高，副產物「碳酸鈣」(CaCO_3)也略有用處。雖是如此，比起後來發明的「哈柏氮生產法」(Haber-Bosch Process)，前者較不經濟，因此這種方法現在已經漸漸絕跡。

第二種方法叫「電弧法」，是挪威化學家柏克蘭教授(Kristian Birkeland, 1867-1917，圖17)和愛德(Samuel Eyde, 1866-1940，圖18)在1903年發明的。這種方法的產量不大，不過倒是很適合用在挪威和瑞典兩國。因為挪威、瑞典的河流都很短促、水流很湍急、水力發電量極大，所以可以用「電弧法」來固定「氮」。因此，「氮素」肥料也是挪威對外貿易的一項很重要的商品。不過，在水力不發達的國家，用「電弧法」就不太經濟了。



圖17、Kristian Birkeland, 1867-1917

© Public Domain



圖18、Samuel Eyde, 1866-1940

© Public Domain

德國的哈柏(Fritz Haber, 1868-1935，圖19)有鑑於此，在1907年發明了「哈柏氮生成法」。在哈柏和波許(Carl Bosch, 1874-1940，圖20)兩位諾貝爾化學獎得主的合作下，人們實現了由「氮」氣大量生產「氨」(NH_3)的方法。



圖19、Fritz Haber, 1868-1935

© 公有領域



圖20、Carl Bosch, 1874-1940

© Public Domain

「哈柏氮生成法」是使「氮」、「氫」兩種氣體通過一個裝有觸媒的大鐵筒，也就是在鐵筒的中間放著含有「鐵粉」和「鉑粉」的觸媒。這時如果把溫度加高到攝氏500度，壓力加大到200個大氣壓，「氮」氣和「氫」氣便可以直接化合成現代肥料工業的基本原料——「氨」。這種方法不但原料低廉，而且產率可以達到15%，哈柏因而獲得1918年的諾貝爾化學獎。另外，波許在1931年，也因為他在高壓化學的成就而得到諾貝爾化學獎。

在第一次世界大戰中，「哈柏氮生產法」對德國起了至關重要的作用。為了保證戰爭彈藥的供應，德國需要生產大量的「硝酸」(HNO_3)。在當時，德國也是從智利進口「硝石」來滿足軍事需要。為此，英、法等國聯合行動採取海上封鎖，阻斷德國進口「硝石」的運輸線。他們以為這樣一來，過不了多久，不可一世的德國就會因為缺乏「硝石」而無法生產彈藥，並自動投降。

然而戰事的進展卻並非如英、法等國所預料的那樣，德軍的彈藥供應仍然源源不斷。原來「哈柏氮生產法」不僅用於生產「氮肥」，它製造出的「氨」也可以用來生「硝酸」，而

7. 「氮」(N) 元素的介紹

「硝酸」正是製造炸藥的基礎化學原料。「哈柏氮生產法」的發明使得德國仍然能堅持戰爭一段時間！

由於現代社會人權意識的高漲，再加上注射死刑所用的藥物變得越來越難取得，美國有些州政府，像是阿拉巴馬州(Alabama)、奧克拉荷馬州(Oklahoma)和密西西比州(Mississippi)都已批准使用「氮」氣且無「氧」做為替代處決方法。人類所吸入的空氣有78%是「氮」氣，這在適當狀況下對人體無害。然而當「氮」氣濃度達到94%時，呼吸兩三口就有可能致命。「氮氣死刑」將讓死囚戴上可罩住口鼻的面罩，並由純「氮」氣取代空氣，死囚將因缺乏「氧」氣而死亡。

儘管「氮」本身很穩定，有趣的是，「氮」的某些化合物卻極不穩定，具有爆炸性。在國防工業方面，「氮」也是不可缺少的元素。在猛烈的炸藥中，幾乎都含有「氮」，像是「硝化纖維」($C_6H_7O_2(NO_3)_2$)及「三硝基甲苯」(即炸藥T. N. T.， $C_3H_5(NO_3)_3CH_3$)中都含有「氮」。並且，在「氬」(Ar)元素還沒有被發現以前，人們常用「氮」氣充填電燈泡來減緩「鎢」(W)絲的揮發速度，使燈泡經久耐用。

在1960年代，除了肥料工業外，人們使用「氮」的量每年不過20億立方英尺。但是到現在，卻已經達到1千6百億立方英尺。平心而論，這樣子的成績不算太壞，本來人們還以為像「氮」這樣駑鈍的東西毫無用處呢！

現在，每年約有5,000萬公噸的「氮」氣是通過液化空氣，經由「分餾法」生產出來的。在「分餾」過程中，首先把空氣液化，由於各種氣體的沸點不同，因此在升溫過程中不同的氣體分別蒸餾出來。如此一來

，要把沸點是攝氏零下195.8度的「氮」從其餘混合物中分離開，再收集起來，就比較容易了。

前面說過，很多含「氮」化合物是動植物生命所必需的，「蛋白質」和「核酸」就是眾多含「氮」生物分子中的兩種。雖然「氮」缺乏反應活性，但自然界已逐漸形成了幾種模式，可以把「氮」氣轉化成能被生物細胞利用的物質。這種把大氣中的「氮」轉變成可用的「氮化合物」的方法，稱為「固氮法」。



圖21、雷電是氮化合物在自然界中形成的主要途徑之一。在汽車內燃機裏，氮與氧化合成為氮的氧化物，這個反應與閃電時在大氣中發生的氮氧化反應，二者的反應機制類似。

© Public Domain

有一些「氮」是經由閃電而固定下來的。在雷雨天，閃電周圍產生的極高溫度提供了足夠的能量，使正常的「氮」分子(N_2)的2個「氮」原子分離，產生的自由「氮」原子能與「氧」化合成「一氧化氮」(NO)和「二氧化氮」(NO_2)。多數的「二氧化氮」會溶解在雨水中(圖21)，然後落到土壤表面。土壤裏的「固氮菌」會把「二氧化氮」變成「蛋白質」、「胺基酸」等營養成分，這些營養成分被植物的根吸收，而植物又被動物吃掉。如此一來，在動物體內「氮」又生成了動物蛋白。

土壤裏的細菌還可以把生物新陳代謝後所產生的廢物，如「尿素」轉化為「胺基酸」

7. 「氮」(N) 元素的介紹

和「氮」。同樣的「固氮菌」還能把這些化合物分解形成「氮」氣，使其重新回到大氣中。從「氮」被固定在土壤中，到最終又變成「氮」氣回到大氣中，這個複雜的自然反應系統稱為「氮循環」(圖22)。

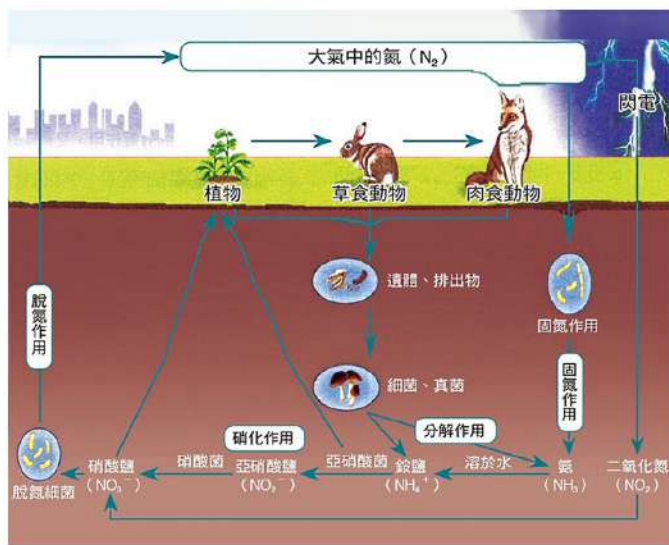


圖22、「氮循環」

圖片來源: Biology, Neil A. Campbell; Jane B. Reece 原著, 生物學 鍾楊聰等人編譯, 偉明圖書有限公司 (中文版)

另一個自然「固氮法」是利用豆類植物，這些植物包括黃豆、苜蓿等，它們的根都有節，節上有「固氮菌」。這些細菌能產生「固氮酶」，把土壤裏的「氮」直接轉化形成「氨」。雖然至今還不知道這個過程是如何進行的，但是人們經常把這些「固氮」植物與其它糧食作物交替種植，以保持土壤的生物活性。

令人遺憾的是，現代農業是一種約束化生產，往往會耗盡極為重要的土壤中的含「氮」化合物，補充土壤中的含「氮」化合物也成為農業生產的一項重要課題。像是尿便、河泥、腐敗的植物、魚肥、鳥糞等都是天然的「氮素肥料」，人們的祖先在很久以前就知道利用這些肥料了。至於人造「氮素肥料」的利用，是最近一百年來的事情。

人造的「氮素肥料」多半是容易溶解的含「氮」鹽類。為了給迅速增加的人口提供糧食，人工肥料應運而生，化合物「氨」(NH₃) 就是最常用的「氮」源肥料。「氨」是一種帶有刺激性氣味的無色氣體，很多人聞到它就感到不舒服。人們在商店裏可以買得到的「氨」，實際上是「氨」的水溶液，不是100%的液態純「氨」。

關於「氨」的英文名字 (Ammonia) 還有一個很有趣的來歷。我們現在稱為「氯化銨」(NH₄Cl) 的化合物，起初是用古埃及供奉阿蒙神 (Ammon) 的神殿附近的動物排泄物製成的。不過，在傳到歐洲後，它變成了一種「砂」(Sal Ammoniac) 或「阿蒙鹽」(Salt of Ammon)。現在幾乎所有商用「氨」都採用前面說過的「哈柏氨生產法」生產的。

有人做過統計，在全世界常用的50項化學品中，其中以「氨」(NH₃)、「尿素」(Urea)、「硝酸」(HNO₃) 和「硝酸銨」(NH₄NO₃) 一直在前15名徘徊，而這4項化合物都含有「氮」的存在。

「氮」和「氧」化合生成的一些氮氧化物，也加劇了已經困擾許多城市的空氣汙染問題。車子的引擎在工作過程中會產生「一氧化氮」(NO)，其反應機制與天空中發生閃電時產生「一氧化氮」時相同。一旦進入空氣中，「一氧化氮」會與「氧」氣反應產生「二氧化氮」(NO₂)，其腐蝕性很強。像是人們在一些如美國洛杉磯這樣的都市上空，經常可以看到的棕色煙霧就是由「二氧化氮」形成的。

除了具有腐蝕性外，「二氧化氮」還有毒性，能給動植物帶來嚴重損害。更糟的是，來自太陽的紫外線能使「二氧化氮」分子解離或分裂而產生「氧自由基」。這些所謂的

7. 「氮」(N) 元素的介紹

「氧自由基」反應活性極強，與「氧」分子反應產生「臭氧」(O_3)，「臭氧」可以與車子排出的廢氣反應，形成一系列對人們的眼睛和咽喉有刺激性的有機汙染物。

空氣中的「二氧化氮」也能與空氣中的水分反應，生成具腐蝕性的「硝酸」。少量的「硝酸」是有益的，它能補充土壤中的「氮」含量。但大量的「硝酸」隨雨水落到地面時，這種「酸雨」(Acid Rain)會對建築物、紀念碑和動物生命造成嚴重損害。



圖23、被酸雨破壞的樹木
© 公有領域



圖24、由石灰石製成的歷史墓碑都已受到酸雨的損害
© CC0

當雨水與空氣汙染物(如「一氧化氮」, NO)混合時，「酸雨」就產生了，NO的主要來源是車輛和燃煤電廠的廢氣。當「酸雨」落入河川、湖泊時，酸會使魚類、蝸牛、蛤等較脆弱的水生物死亡，「酸雨」也會溶解土壤中的營養及破壞樹葉而使樹木受傷(圖23)。「酸雨」會溶解「碳酸鈣」(石灰石)，而「碳酸鈣」正是混凝土及大理石的主要成分。又例如：「鐵」是鋼中的主要成分，也會因「酸雨」而生鏽，因此很多歐美地區的橋樑、大樓以及由石灰石製成的雕像和墓碑……等等都已受到「酸雨」的損害(圖24)。

想要減少車子產生有害含「氮」化合物

的主要方法之一是使用「觸媒轉換器」(圖25)，安裝在現今汽車排氣管這種「觸媒轉換器」採用粉末催化劑可把廢氣中的「一氧化氮」分解成無害的「氮」和「氧」

還有一種「氮」的氧化物——「一氧化二氮」(又名「氧化亞氮」, N_2O)，與上述兩種「氮」的氧化物的性質完全不同，它就是大家所熟知的「笑氣」。由於人吸入後感覺頭昏眼花、極其興奮，因而得名「笑氣」。

「一氧化二氮」是一種帶有輕微甜味的穩定氣體，常用做牙科的緩和麻醉劑。另外，「一氧化二氮」也可以用做食品的發泡劑，例如在一定壓力下，它可以溶解在奶油中，因此當含有「一氧化二氮」的奶油被擠出容器時，在壓力去除後，「一氧化二氮」會從奶油中鼓泡而形成奶油泡沫。要注意的是，「一氧化二氮」也是一種「溫室氣體」，它的溫室效果可是「二氧化碳」的289倍呢！

「氮」的另外一種同位素稱為 ^{13}N ，可以用在稱為「正電子發射層面照相術」或「正子斷層掃描」(圖26)的醫學新技術中。 ^{13}N 具有放射性，在「衰變」時釋放「正電子」。「正電子」其實是帶正電



圖25、在汽車中使用的觸媒轉換器，可以減少汽車排放有害的氮氧化物。

© Public Domain



圖26、正子斷層掃描儀
圖片來源：台北榮總護理部健康e點通-核醫科

7. 「氮」(N) 元素的介紹

荷的電子，與普通電子反應時產生輻射線，如果把 ^{13}N 這樣的「正電子發射源」注入人體，用一台特殊的掃描儀就可以記錄下人體斷面圖像。

由於 ^{13}N 的「半衰期」短(只有9.965分鐘)，給病人用的一種 ^{13}N 還來不及對人體造成任何輻射損害前，就已因自然衰減而完全消失。實際證明，「正子斷層掃描」在輔助診斷腦機能障礙，例如精神分裂症和阿茲海默氏症等疾病方面，卓有成效。

最近發現一個令人感興趣且有廣泛用途的含「氮」化合物叫「疊氮化鈉」(NaN_3)，這種無色鹽幾乎用在所有汽車的安全氣囊(圖27)中。「疊氮化鈉」有很強的爆炸性，在受碰撞或點燃後會很快分解產生大量的「氮」氣，這些氣體能使安全氣囊迅速膨脹，進而在發生碰撞時，提供一個緩衝藉以減輕碰撞的傷害。



圖27、「疊氮化鈉」(NaN_3) 這種無色鹽幾乎用在所有汽車的安全氣囊中
圖片來源：中華菱利汽車官網-SRS雙安全氣囊

「氮」原本是個俯拾皆是的氣體，因為太過平凡，又不活潑，長久以來一直被人們視為廢物，棄如敝屣，現在卻發現「氮」有千百種新的功能。現在已經非常肯定「氮」是生化組織的重要成員之一，沒有「氮」的參與，全世界的生物體都休想存在。「氮」

也構成了多種與工農業生產密切相關的化合物，應用範圍之廣令人咋舌，從外科手術到食品冷藏，甚至可模擬人類可能遭遇的太空情況。

從上面的介紹裏，我們可以看到：「氮」的應用歷史真可說是從醜小鴨變成美麗天鵝的最佳寫照呢！