

細說氦元素

王輔羊

臺北縣立五股國中

氦 (helium) 是氣態非金屬化學元素之一，符號為 He，人類最初於太陽光線中發現它的存在，故原譯為氦。它無色無臭無味，但易於傳電，重量甚輕，僅次於氫氣。其對水的溶解度，要比氫氣來得小。它在攝氏零度至二十五度時，溶解度非常小；二十五度至五十度，則溶解度增大許多，但不能與他物化合。通上電則發出鮮黃色。氦極難液化，與氖差不多。一九〇八年，歐姆斯 (Omnes) 始將它變為液體。

氦位於週期表 0 族惰性氣體之首 (其他尚有氖 Ne、氬 Ar、氪 Kr、氙 Xe、氡 Rn)。它最著名的用途即是做為汽球內的填充氣體。在超低溫下，它有一些特殊的性質。

一、發現史

一八六八年氦被人初次鑑識為一元素。那年有個探險隊遠征至印度以研究日蝕的問題，他們利用日全蝕時太陽周圍所見之紅色火焰層作光譜分析，發現其中有一條亮黃線產生，當時以為這是由鈉所引起的；一直到一八七一年時，約瑟夫·諾曼·洛克耶爵士 (Sir Joseph Norman Lockyer) 與派里·朱里斯·凱撒·讓桑 (Pierre Jules Césaire Janssen) 最後卻證實，這條線並不是由當時已知存在於地球上的任一元素所產生。為了紀念此一新元素發現的經過，特別命名為“helium”，此字源自希臘文“helios” (太陽) 的意思。當它被發現後，經過約近四分之一個世紀才被人證實，地球上也有這種元素存在。一八九五年，在氬發現後的幾個月，威廉·蘭舍爵士 (Sir William Ramsay) 證實，當富釷複鈾礦 (cleveite，一種含鈾、釷、鉛與微量稀土元素的混合礦物) 加熱時，所放出的氣體中含有氦。一年後，亨利去·古斯塔夫·喬翰司·開舍 (Heinrich Gustav Johannes Kayser) 證明在大氣中，有少量氦氣存在。一九〇七年，漢彌耳頓·柏金斯·卡地 (Hamilton Perkins Cady) 與麥克法蘭 (D. F. McFarland)，分析堪薩斯的一口尚未燃燒就已火焰熄滅的油井中的天然氣，發現其中含氦百分之一·五〇至一·八四。

二、製 法

氮據信為星球的一項主要成分；它在提供核子反應的能量方面，扮演著一個重要的角色。可是在地球上的含量稀少，故有稀有氣體之稱，因其質量甚輕，可飄浮在大氣層頂部，甚至逃脫地球引力的束縛呢！我們呼吸的空氣中僅含氮百分之0.0005（1/186000），只有氮與氬的含量比它少些。美國德州及其鄰近各州所產的天然氣中，所得到的氮氣可供世人使用。來自油井中的天然氣約含百分之一·七五的氮與百分之〇·五的二氧化碳，剩下的氣體大部分是甲烷。在二氧化碳移除後，氣體被冷卻到 -185°C ，並受到壓縮，可使除了氮與氬之外的所有氣體都液化，此時產生的氮氣純度已在百分之九十八以上。另一種製法是使用石英的擴散法，石英幾乎不能透過天然氣的各種成分，只有氮氣例外；或以鐵弗龍（Teflon）FEP作碳化氟膜（fluorocarbon membrane）。由經濟效益的觀點，擴散法與滲透法均無法和低溫高壓液化法相比或競爭。但FEP滲透法則較石英擴散法便宜。

三、性 質

氮-4*的性質

原子序	2
原子量	4.0026
熔點（ $^{\circ}\text{C}$ ）	-272.2 （在26 atm下）
沸點（ $^{\circ}\text{C}$ ）	-268.93
臨界溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）	-268.0
臨界壓力（atm）	2.26
密度（ $\text{g}/\ell, 0^{\circ}\text{C}, 1\text{ atm}$ ）	0.1785
地殼中的豐盛度（%）	0.0000003
氧化態	無
化合價	0
電子組態	2 或 $1s^2$

* 其他的同位素有氮-3（穩定）、氮-5與氮-6（不穩定）。氮-3的沸點為 269.96°C ；臨界溫度為 -269.83°C 。

氮既不與其他元素化合形成化合物，也不與本身生成雙原子分子。其最常見的同位素之原子核中有兩個質子與兩個中子，所以它的原子質量數是4，是謂氮-4（ $\text{He}-4$ ）。第二種同位素——氮-3——雖含有兩個質子，但只有一個中子，是一九三九年時由

阿瓦雷日 (L.W. Alvarez) 與靠諾格 (R. Cornog) 二人發現的。與氦-4 比較起來，其存在量可說非常稀少；例如，得自油井中的氦氣，其含量只佔了百分之 10^{-5} 。氦在低溫下，可併入別種物質的晶體中，成為該物質的「含異體物的錯合物」(“inclusion complex”) 或「窗格形的化合物」(“clathrate compound”)。如果晶體成長的過程中形成了適當大小的洞隙，可以填入一或多個氦原子，以上所述的情形就可能發生了。窗格形(晶格)的化合物可以有固定的化學式，因為晶體中的洞隙數由於分子堆積的方式而決定其可再生與否。氦的不尋常性質是由於其低密度、低沸點，且其非常接近「理想」(“ideal”) 氣體。放射性原子所發射的一種粒子—— α 粒子——與氦-4 的原子核相同。

液氮與固氮 氮的沸點低於其他任何物質；氦-4 在絕對零度之上的 4.22 K 沸騰，而氦-3 則在 3.19 K 時沸騰(絕對零度 $0\text{ K} = -273.15\text{ C}$)。低沸點的特性使得氮成為討論低溫物理時的一個重要的研究工具。藉高壓與固態氮的冷卻，伴隨著所得液氮本身蒸發的交替作用，液氮就得到了。它是無色的，很容易流動，表面張力甚小。氮的兩種同位素之液態性質十分不同。當起初液態氦-4 形成時，習稱為氦-I；而當液氮被冷卻至絕對零度之上的 2.17 K 時，由於轉變成另一種形式的氦-II，因此有顯著的變化產生。這些變化出現在密度、導熱係數、壓縮性、折射率、黏滯度、膨脹係數、介電常數與比熱等的物理性質上；例如，氦-II 之黏滯度僅約為氦-I 的十分之一，但據說其導熱係數却幾乎為後者的一千萬倍！這種轉變的解釋可用量子力學來表達。

氦-II 表現出三種罕見的現象：如果把一個空的玻璃燒杯之底部浸入液氮中，液氮將慢慢沿著燒杯外壁往上爬升，流入其內壁，直到內外液氮面等高為止；倘若再將此燒杯提高一點，過程就會反轉，燒杯內的液氮面下降，直到內外液氮面再度等高為止；如將液氮注入一只空燒杯中，液體終會爬出，使得燒杯再度空空，這種現象叫做「超流體流動」(“super-fluid flow”)。第二種罕見的效應是：如果高低溫區間以一毛細管相通的話，氦-II 有一種自低溫區流向高溫區的傾向，這種現象被稱為「熱機械效應」(“thermomechanical effect”)。倘使氦-II 藉著一根毛細管在兩等溫區間流動，則在上升柱下的液體將會升高其溫度，此一現象叫做「機械熱效應」(“mechanocaloric effect”)。

液氮-3 不同於液氮-4，沒有相變或超流體的性質，即使當它冷卻到絕對零度之上的千分之幾 K 時，亦復如此。這與量子理論不相矛盾，它預測一個其原子如同氦-4 的原子般，在其核子內具有成對的質子與中子(各為 2)之液體，在非常低的溫度下應

會冷凝成一種巨觀的量子狀態。在此狀態下，流體將表現出協同一致的性質，如低黏滯度與大的導熱係數。不過，像氦-3的核子具有一個不成對的中子，就沒有上述這些性質。考慮到這兩種同位素都有相同的電子數之事實，故其性質上的大差別是值得注意的。

固氮是在低溫高壓下（26大氣壓）製造出來的。它成透明結晶狀。很難識別固氮與液氮的交界面，因為它們的折射率非常相似也。

四、用 途

氮的最重要用途也許可以說是在超低溫的研究上。在液氮溫度下，固體中的原子與自由電子的熱運動幾乎消失，因此許多新效應都可以觀察到。總之，這些低溫使得那些不能在較高溫度發生的性質，如超導性等量子力學的效應皆可觀察。氮被廣用作氣象與高度研究所需汽球中的提升氣體。因為氮氣既不自燃，又不助燃，所以它用在小飛船和可以駕駛的輕氣球上，較優於氫氣，後者受到空氣中氧的助燃作用容易爆炸起火，非常危險！由於氮比氫不易溶於人體內的血液中，所以大量添加於在高壓的深海潛水作業中的人員，海中實驗室以及水底隧道建築工人的呼吸氧氣中。工人從氮-氧氣壓中比從普通的氮-氧氣壓中出來可以更迅速地減壓，因為他們的血液中含有溶解於血液的氮氣，在減壓時，後者會離開溶液，產生痛苦甚至致命的情況，此即熟知的「潛水夫病」（the bends, caisson disease，由高氣壓突然轉成普通氣壓所引起的神經麻痺等症）。氮-氧混合物由於其低黏滯度，也可用於減輕因哮喘與各種喉嚨障礙所引起的呼吸不順暢之痛苦上。

氮用作鈍氣電弧焊接的氣體（atmosphere for inert-gas-shielded arc welding），特別是在鎂及其合金上；也是核子反應爐內一種氣體冷卻媒介（因為它不會變成有放射性的物質）。氮的其他用途有用於氣體潤滑軸承、填充中子計數器（neutron counter）、氣體溫度計與射線攝譜儀、食物的保藏及高壓配電箱等方面。氮與別的鈍氣相混可用作霓虹燈。氮也可用於火箭推進（為燃料箱特別是液氫燃料箭增壓，因為在液氫溫度下只有氮還是氣態）和低溫實驗上。分析隕石和礦石中的氮含量已成為測定地質年齡的方法了。

參考資料

1. 「增修辭源」，民國70年12月台6版，臺灣商務印書館印行。
2. “Collier's Encyclopedia”之“helium”條，Alan D. Levy作）