

# 氦的自述

別看我是個獨來獨去的小不點兒，我可是個未來科技所需的新寵兒。

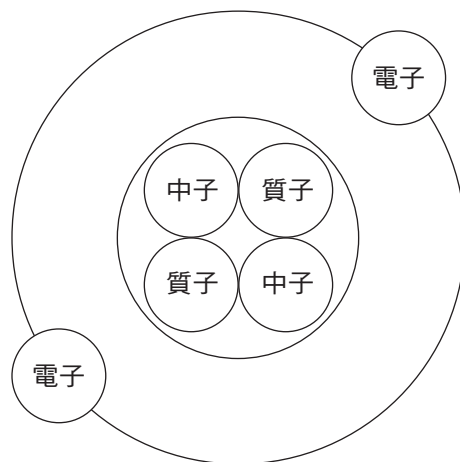
■ 蘇明德

我的名字叫做「氦」，我是化學週期表的第2個元素，符號是「He」。

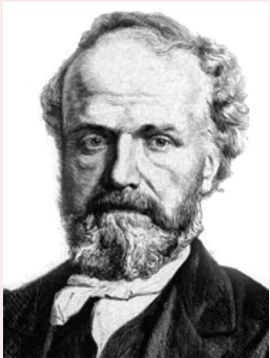
我也被人叫做「太陽元素」，因為我「氦」首先是在太陽上發現的，後來才在地球上找到。1868年，法國天文學家詹森（Pierre Janssen, 1824-1907）在分析太陽的光譜時，偶然注意到一條異常的、意外的黃色光譜線。光譜線是每種元素加熱到相當高溫度時所放出的光線，與波長有關，因此每種元素發出的光譜線的顏色是獨一無二的。科學家就利用元素的光譜線識別元素，就像警察利用指紋確定犯罪嫌疑人一樣。因此詹森的結論是：必然有一個從未在地球上見過，但存在於太陽上的元素尚未被發現。

兩年後，蘇俄的化學家門得列夫（Dmitri Ivanovich Mendeleev, 1834-1907）根據他發明的「元素週期表」預言：還有一個在元素週期表上「位於氫和鋰之間，原子量在1到7之間的元素」。這個元素就是我「氦」，不過起初門得列夫並沒有把這個元素的預言和先前詹森的發現連結起來。

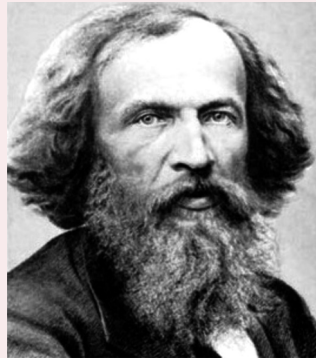
過了二十多年後，蘇格蘭化學家拉姆齊（William Ramsay, 1852-1916）在研究鈾礦時發現了一種神祕的氣體。他發現到這種氣體的光譜很像先前詹森發現的那條黃色光譜線，但由於他沒有儀器可以肯定這光譜線在光譜中的位置，只好求助於當時最優秀的光譜學家之一的克魯克（William Crookes, 1832-1919），克魯克終於證明了這種氣體就是我「氦」。於是我「氦」就這樣在地球上發現了。



「氦」原子結構圖。氦原子包括2個質子，2個中子及2個電子。



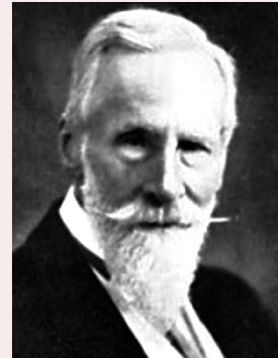
法國天文學家詹森在分析太陽的光譜時，偶然注意到一條異常的、意外的黃色光譜線，他的結論是：必然有一個從未在地球上見過，但存在於太陽上的元素尚未被發現。



發明「元素週期表」的門得列夫。



蘇格蘭化學家拉姆齊在研究鈾礦時發現了一種神祕的氣體，它的光譜很像先前法國天文學家詹森發現的一條黃色光譜線。



克魯克證明了詹森和拉姆齊發現的一種神祕氣體就是「氦」。

因為我「氦」最初是在太陽上發現的，所以被命名為「helium」。這字源自於希臘文「helios」，原意是「太陽」，因此我的元素符號就定為「He」。我「氦」也因此而被稱為「太陽元素」。我「氦」可說是第一個在地球以外的宇宙中發現的元素呢！

後來，在地球大氣中也發現了我「氦」，並且發現地球的水中也有。此外，還發現外來的隕石上和宇宙線中也有我「氦」的存在。因此，我「氦」在天地間幾乎無所不在。

我「氦」是宇宙中第二個最豐富的元素，僅次於氫。我「氦」和氫二者合起來在宇宙中的比率令人吃驚地高，可達99.9%。雖是如此，我「氦」在地球上卻較稀少，我「氦」在地球所有氣體中的含量

僅排在第6位，即我「氦」氣排在氮氣、氧氣、氫氣、二氧化碳和氖氣之後。在地球上，幾乎所有的我「氦」氣都是在天然氣或放射性礦石中發現的。

其實，地球上的我「氦」氣主要來自放射性礦物（隕石中的「氦」也是這樣來的）。也就是說，放射性礦物的「氦」是地球上「氦」的故鄉。1公斤鈾經過1億年約能生產2克的我「氦」氣。據估計，地球自形成後，已經產生了好多億立方米的「氦」氣。

我「氦」被發現後，人們在科學技術實踐中逐步摸清了我的脾氣和個性，於是開始把我「氦」派上種種用場。

在元素週期表裡，我「氦」排在「惰性氣體」之首，因為這族的元素具有「化

**氦的惰性使得它成為少數幾個仍以單純元素形式存在的元素之一。**

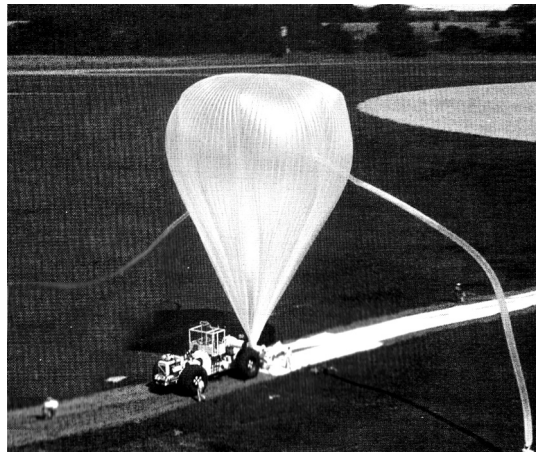
學惰性」，不與其他元素反應，所以把它們稱為「惰性氣體」。像本族所有其他氣體（氦、氬、氪、氙、氡）一樣，我「氦」的活性太低，以至於自身也不能和其他元素化合，人們到現在從來沒有製成過與我「氦」相關的穩定化合物。

我「氦」無色、無臭、無味且無毒，因此不會對大氣造成污染。我「氦」是個單原子分子氣體，我「氦」的惰性使得我成為少數幾個仍以單純元素形式存在的元素之一，因此又有人稱我是「單身漢氣體」。我「氦」有分子小、質量輕、易擴散的特點。我「氦」是除了氫以外密度最小的氣體，密度只及空氣的七分之一。

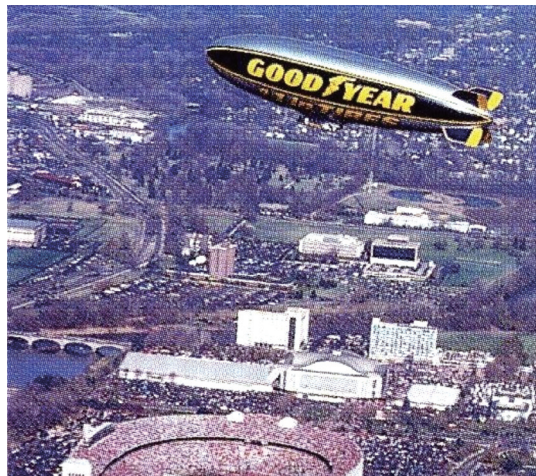
也因為如此，我「氦」在空氣中的浮力大，而成為一種有用的氣體。儘管我「氦」的密度比氫氣大，浮力比氫氣小，但由於我「氦」不可燃、無毒性，因此具有比氫氣大的優勢。我曾用來代替容易爆炸肇禍的氫氣充填氣球和飛艇，為人類航空和高空氣象探測等事業服務。

每年僅在美國就要生產大約 0.85 億立方公尺的商用「氦」。儘管天然氣這種重要能源的基本成分是甲烷，但它含有濃度達 0.3% 的我「氦」，通過「分餾」可以把我「氦」從甲烷和其他雜質中分離出來。「分餾」是利用沸點的不同對液體混合物進行分離的一種技術。由於我「氦」的沸點相當低，只有攝氏零下 268.9 度，低於其他任何氣體，因此我「氦」氣不容易液化。其實，我「氦」氣是所有氣體中最難液化的。如果把天然氣冷卻，其他氣體都會逐漸液化，最後就只留下我「氦」。

同時，我「氦」是唯一不能在標準大氣壓下固化的物質，也沒有「三相點」（即液態、氣態、固態同時存在的溫度）。基於類似的原因，我「氦」在水中的溶解度也是已知氣體中最小的。



利用「氦」氣浮力較空氣大且安全性高的優點，常用「氦」氣填充高空氣球。



由於「氦」比空氣輕，可用來製造飛艇。

前面說過，我「氦」不會和其他元素反應，再加上我「氦」既不能燃燒也不能助燃，因此絕不會腐蝕和損傷任何金屬設備。焊接和冶金技術家就這樣看中了我「氦」的高度化學穩定性，例如在輕金屬焊接和冶煉中可以拿我「氦」做為保護劑，防止金屬氧化和滲出空氣等。

所謂「焊接」，就是把兩塊金屬加熱到高溫，然後使它們接合在一起。但在高溫

時，金屬容易和氧形成氧化物，如此一來，不是無法接合，就是純度不夠高。假若這樣的接合是在充滿我「氦」的容器內進行，就不會是個問題，只因為我「氦」具有惰性，不會和金屬作用。

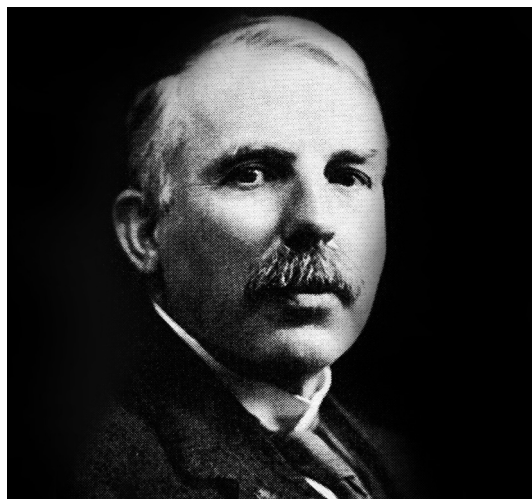
我「氦」也常用於檢測裂縫系統，也就是假設一根管子有裂縫，用我「氦」氣可以很容易偵測到它。先把我「氦」從管子的一端輸入，然後用偵測器在管子外檢測，如此一來就可測出管子的裂縫在哪裡，以及裂縫有多大，這也是運用我「氦」是個「惰性氣體」，不會和管子裡的任何物質作用的特性。同樣道理，電子技術家也利用我「氦」充填某些真空儀器。

我「氦」的另一個重要應用是在壓力淨空系統。在工業界常需要加壓某系統，但系統內部的氣體往往會和系統內的物質反應。一個解決之道，就是利用我「氦」是個「惰性氣體」，不和任何物質起作用，且我「氦」又是個無毒氣體，因此可以用我「氦」來淨空容器內的所有氣體。

提到我「氦」的物理性質，和別的元素很不一樣。比如說，我「氦」擁有所有元素最低的沸點，即攝氏零下 268.9 度，對其他氣態元素而言，接近到如此低的溫度前都早已液化為液體，只有我「氦」仍是氣體。又我「氦」的凝固點是攝氏零下 272 度，因此我是唯一不因僅藉低溫就能固化的氣態元素，若想要把我「氦」固化，不只要低溫，還必須增加壓力。

我「氦」既然是最難液化的氣體，在化學和物理領域進行超低溫實驗研究時，就往往離不開我「液態氦」。在 1938 年，人們還發現了我「液態氦」的一項「絕技」，那就是我在極低的溫度下，會出現有趣的「超流效應」。

處於「超流狀態」的我「液態氦」可以流過普通液體無法通過的極細毛細孔，



發現「 $\alpha$  粒子」的拉塞福。



貝克勒在 1896 年發現天然放射線而揭開了原子能時代的序幕

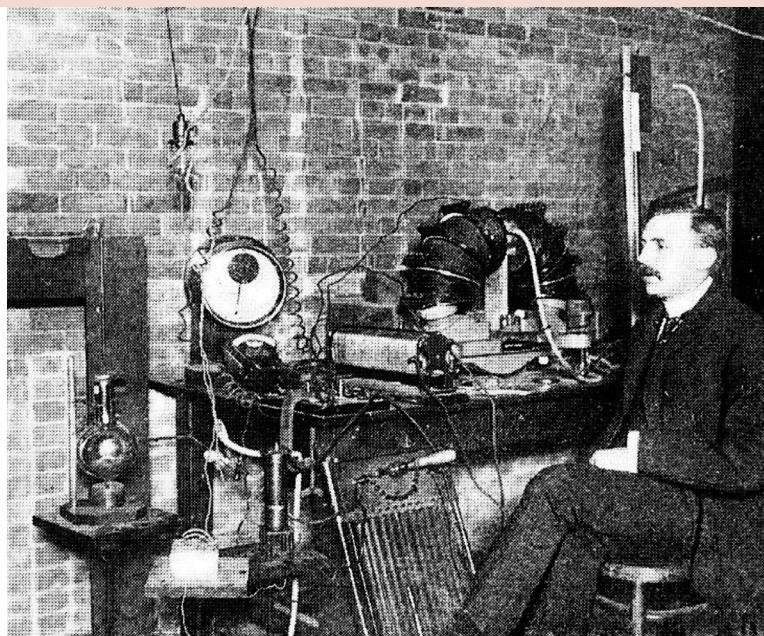
如果把我「液態氦」放到開口容器中，我會沿著容器的內壁慢慢地「爬」出去，不一會兒，容器中的我「液態氦」就會全跑光。如果把我「液態氦」裝在一個管子裡，管口用磨得極細的金剛砂堵住，使它充滿微孔，然後用光照射這管子，我「液態氦」會從微孔裡噴出約一公尺多高。

我「氦」也可混在塑膠、人造絲、合成纖維中製成泡沫塑料、泡沫纖維等。用這種泡沫纖維做成棉胎，又輕又暖，特別適合軍事上使用。因為這種棉胎大大減輕了戰士行軍時的負擔，而且一旦遇到江河阻攔，只需把棉胎往腰間一圍，就變成一個救生圈。

除了「氦」氣之外，我是最好的導電氣體，又除了「氫」氣以外，我是最佳的導熱氣體。在所有氣體中，「惰性氣體」是比較難溶於水的，而在「惰性氣體」中，又以我「氦」最難溶於水。我「氦」的這一特性對潛水員來說十分重要。過去，潛水員潛入海底時，要用橡膠管供應空氣，但由於深海的壓力很大，而氮氣在血液中的溶解度又隨著壓力的增加而增大，如果潛水員返回水面時上升太快，壓力驟然下降，原先溶解在血液中的氮氣便紛紛跑出來，這就像汽水瓶蓋打開後產生泡沫一樣。因此當潛水員出水時，往往會因血管阻塞而得「潛水夫病」，嚴重時會有生命危險。

現在，用我「氦」氣取代氮氣，是因為我「氦」的溶解度比氮低，再加上我「氦」很難溶解在血液中，人們就利用我「氦」氣和氧氣混合製成混合空氣，這樣就能給潛水員提供較好的保護，避免患上潛水的主要職業病——「潛水夫病」。

我「氦」具有三種可以應用於醫藥的主要特性，因為我「氦」是輕的、不燃燒的、無毒的。又我「氦」可以應用於手術室，稀釋極易著火的麻醉劑。又一般防火氣體中以二氧化碳最佳，我「氦」次之，可是二氧化碳不能和麻醉劑應用於治療，因此我「氦」氣是最適宜的防火氣體了。如果將我「氦」氣取代空氣中的氮氣，則人體可以輕鬆呼吸，可以減輕氣喘的痛苦。因為「氦」的重量僅有氮的七分之一，而



在劍橋大學實驗室裡的拉塞福爵士。起初他一開始並沒有認識到鈾、釷等放射性同位素在衰變時產生的神秘粒子實際上就是「氦原子核」。

呼吸我「氦」時所需的肌肉力是呼吸空氣時所需的三分之一。因此我「氦」是很好的幫助運送氧氣經過障礙氣管的一種氣體。混合起來的比例，大概我「氦」占 79%，而氧占 21%。不過使用時，還必須全憑醫生指示。我「氦」和氧的混合氣體，不但可以幫助處理氣喘，前面說過，更可以幫助潛水和水底的救援工作。但這一切，對我「氦」來說還不過是小試鋒芒而已。我「氦」大顯身手建立殊勳，最主要是表現在「原子核物理學」和「低溫物理學」中。

原子能時代的序幕首先是由法國物理學家貝克勒（Antoine Henri Becquerel, 1852-1908）在 1896 年發現天然放射線而揭開的，這些放射性元素在衰變時也放射出「氦原子核」。我「氦原子核」更通俗的名字就叫「 $\alpha$  粒子」，英國劍橋大學「卡文迪許實驗室」（Cavendish Laboratory）的物理學教授拉塞福（Ernest Rutherford）發現了

## 人為加速的 $\alpha$ 粒子能幫助人類認識原子核內部世界的更多奧秘。

「 $\alpha$  粒子」，取了這個名字。他起初沒有認識到「 $\alpha$  粒子」（又稱「 $\alpha$  射線」）就是「氦原子核」，因此僅僅用希臘字母  $\alpha$  稱呼它，這就像代數中多用  $x$  來稱呼未知數一樣。

「 $\alpha$  粒子」速度高達每秒 2 萬公里以上，能量頗大，於是物理學家就以「 $\alpha$  粒子」做為「炮彈」去「轟擊」原子核。原子核被擊中時，會產生種種變化，例如：原子核被擊碎可以產生新的粒子，而釋放出原子能等。物理學家就可以通過對這些變化的觀測來認識原子，進而利用原子能。

對於原子的「轟擊」，也是由英國物理學家拉塞福於 1910 年開始帶頭研究的，接著世界各國科學家群起加入研究。使用的「轟擊」粒子也逐漸不僅僅限於「 $\alpha$  粒子」，後來質子、中子等都派上用場。這當中還是以「 $\alpha$  粒子」所建樹的功勳最可觀。例如：元素的人工轉換而製成其他新元素（這是歷史上第一次實現了人類多年的美麗幻想）、發現中子、首次得到人工放射線等。

在使用「轟擊」粒子的初期，人類甚至不知道原子有個原子核。直到 1930 年代，才開始認識原子核的結構。1940 年代以後，進而掌握鈾核裂變釋放出來的原子核能。於是人類就面臨自發現火數十萬年以來最大的一場能源革命。

「 $\alpha$  粒子」做為「轟擊」原子核的「炮彈」的重要性，曾經一度有所降低，而讓位給質子、中子等。原因是我「氦原子核」帶有兩倍於質子的正電，因此當我「氦原子核」射入原子時，易被帶負電的電子吸引而減速，並受到帶正電原子核較大的排斥力，因而難以擊中原子核。

但在 1930 年代以後，由於加速器技術的進步，我「氦」可被加速器加速而大大提高能量。這樣，我「氦」又重新神氣起來。我「氦原子核」可以擊碎各種原子核，引發更多的原子核反應。可以預見，人為加速的「 $\alpha$  粒子」今後會幫助人類認識原子核內部世界的更多奧秘。

太陽上的和宇宙線中的「 $\alpha$  粒子」是怎麼來的呢？這個問題與恆星能源的探索和「熱核反應」的發現有關。

太陽和其他恆星為什麼多少億年以來能夠幾乎是始終如一地給我們送來大量的光線？其能源是什麼，這是歷代學者百思不得解的問題。一直到了今天，這一大自然的最重要的祕密才算從本質上被揭穿。

在前面說過，在宇宙中以氫最多，而我「氦」次之。由於「原子核物理學」的進展，至 1930 年代，就有物理學家認為，太陽能的來源是在高溫下「氦原子核聚變」生成我「氦原子核」的巨大放能過程，即「熱核反應」，許多恆星的能源大約也跟這類似。在宇宙的原始輻射中，「氫原子核」和「氦原子核」都是主角。

根據這種看法，宇宙線可能是遙遠恆星的「熱核反應」的原料和產物，從恆星放射出來以後，受到星際磁場這一巨大的宇宙加速器的加速，才以驚人的速度來到我們地球。看來，恆星世界是我「氦」的龐大製造廠。其產量之大，使地球上的放射性礦物能力顯得微不足道。或許可以這樣說：「恆星宇宙是我『氦』的真正故鄉。」

太陽上的我「氦」來自氫的「核聚變反應」，科學家往往把這過程稱為「氫燃

燒」，太陽輻射到地球上的能量正是由氫核聚變反應產生的。在太陽內部高溫高壓的條件下發生著一系列的核反應，最終結果是質子聚變生成「氦原子核」。要激發上述的反應，需要攝氏 1,000 萬度高溫和約 1,000 萬帕（100 大氣壓）的壓力。幸運的是，即使在上述極限條件下，氫的燃燒仍很緩慢。太陽上的「氫核聚變反應」已進行 50 億年，預計還能再持續 50 億年。

我「氦」在世界上最重要的應用就是使用於低溫冷卻系統。這是因為我「氦」可在攝氏零下 268.9 度才液化成液體，這溫度夠冷到把任何物質冷卻。也正因如此，我「氦」常拿來做「超導」裝置的輔助工具。

所謂「超導」，簡單地說，就是「電流流動時不具抗力」。如此一來，一旦電流在整個物質內流動，將會永遠不停地流動，且不會有能量的損耗。可以想見，未來總有一天「超導」會革命性地改變我們的電力系統。問題是「超導」只出現在非常低溫的情況下，一個辦法就是使用液態的我「氦」。

在「液態氦」的超低溫下，各種物質的性質變得非常特別。這使我們得以建立一門全新的學科，叫做「低溫電子學」。幾十年以來，科學家發現到一系列的金屬（如水銀）和合金可用「液態氦」做為冷卻劑，冷卻至極低的溫度時這些合金就會失去電阻，這稱為「超導性」，有「超導性」的物體則稱為「超導體」。還發現，某些半導體（如鍺）用「液態氦」冷卻至極低的溫度，雖不會變成「超導體」，但若同時給它加上一定大小的電壓，電流也可以幾乎無阻地通過，即形成所謂的「擊穿」。

學者們就利用「超導體」和在超低溫下可被「擊穿」的半導體，做成許多精巧的電子元件用在各種電子設備上。這種元件小至可與人類身體的神經元相比，而且性能非常優越。這樣使我們可能製成許多妙不可言的裝置，像是：撤去電源仍能永保磁性的強大電磁鐵、完全無摩擦的陀螺儀、看得見原子的電子顯微鏡等。

但冷卻到攝氏零下 268 度，我「氦」也可以變成「氦水」——又稱「液態氦」；繼續冷卻到零下 272.2 度，還可以使我「氦」變成「氦冰」——又稱「固態氦」。利用「液態氦」可得到接近「絕對零度」（即攝氏零下 273.16 度）的超低溫。

這種超低溫技術對於低溫物理、原子核物理、理論物理的研究都很有用。例如世界上很多用於研究物質結構的大型粒子加速器，都採用我「液態氦」冷卻其「超導」磁鐵；天文學家也利用我「液態氦」來冷卻許多探測儀器，以避免「熱噪聲」的干擾，進而更容易、更準確地接收來自遙遠星系的訊息。

我「氦」自從被發現以來就這樣多方面為人們服務著，無怪乎有人形容我「氦」是個「帶有勞碌命性格的單身漢氣體」。雖是如此，今後我「氦」肯定會為未來人類世界做出更大的貢獻。

---

蘇明德

嘉義大學應用化學系

---

#### 深度閱讀資料

蘇明德（民 96），發現稀有氣體，科學發展，418，58-61。