

氕的自述

105/01/05 瀏覽次數 13804

蘇明德 | 嘉義大學應用化學系

在正式介紹我之前，先來談談我的「氫」家族。氫元素家族共有 7 個已知的「同位素」兄弟，其中有 3 個兄弟屬於天然的「同位素」，分別是老大叫「氫」(H)，老二叫「氘」(deuterium) (音「刀」， ^2H)，老三氚 (音「川」， ^3H) (tritium)。另外 4 個同位素兄弟分別是 ^4H 、 ^5H 、 ^6H 和 ^7H ，都是在實驗室裡人工製造出來的，從來沒有在自然界出現過，因為它們很不穩定，稍縱即逝。

其中老大「氫」原子含有一個帶正電的質子和一個帶負電的電子，老二我「氘」含有一個質子，一個中子和一個電子，因此有時又被稱為「重氫」，我的元素符號寫為 D 或 2H 。在大自然中，我「氘」的含量約為老大「氫」的七千分之一。老三「氚」則帶有一個質子，兩個中子和一個電子。「氚」的另一個名字叫「超重氫」，氚可是不好惹的，因為具有放射性。由此可見，在我們 7 個兄弟的「氫」大家族裡，只有老大 (氫) 和老二我 (氘) 可以穩定存在於自然界裡。

必須指出的是：由於氫的這三種較常見的同位素 (氫、氘、氚) 具有

相同的電子層結構，即它們的原子核外都只有一個電子，因此這三種同位素的化學性質基本上相同。但由於它們的原子質量相差較大，導致它們的單一元素及所連帶生成的化合物在物理性質上有所差異，而這種差異在其他元素的同位素中是不顯著的。

我「氘」是 1931 年由美國科學家尤力 (Harold Clayton Urey, 1893–1981) 在研究水的密度時，利用分光鏡發現的。我「氘」是無色氣體，無臭無味，比重 2.0，而氫的比重只有 1.0。我「氘」的化學性質有許多和氫相似，但不如普通氫活潑。可是我「氘」能形成很多與普通氫形成的相似的化合物，例如：可以與氧化合成重水 (D_2O)，與氮化合成重氮 (ND_3)。其實，在一切所有含氫的化合物中，氫原子都可被我「氘」原子所取代。在未來的化學世界裡，很可能會有「重氫化學」這一個科目的出現。

我「氘」大多以重水 (即 D_2O) 的形式存在於海水或普通水中，因此可經由高純度重水的電解或液態氫的分餾而得；或重水與鋅、鐵、鈣、鈾等金屬的反應而製得。

海水裡我「氘」的質量濃度大約是 30 mg/L，這樣的量如果能經由核聚變，放出的能量相當於 300 公升汽油那麼多。如果能夠把地球上所有海水中的我「氘」 (約為 45 億公噸) 全部通過核聚變轉化為能源，按

目前人類全年能源消費計算，可供使用幾千億年以上。

我「氕」常做為研究氫反應機構和氫移轉現象的示蹤原子，人工加速的我「氕」原子核（即由一個質子和一個中子組成的「氕核」）也參與許多核反應。

好在我「氕」被發現後，不曾在標準物理單位上發生巨大的影響。因為人們早已不把質量的單位—克—用水來做標準，現在的「克」是依據保存在巴黎的一塊鉑銥合金做為國際法定的標準量，這塊合金重 1,000 克（1 公斤），它的千分之一定義為「克」。至於對「標準溫度」的測定，我「氕」也不產生影響，因為重水存在於一般水中的量實在微乎其微。由此可見，從前說得頭頭是道的基本定義，到後來科學觀察的方法更精密之後，就變得不能繼續維持下去了。

其實，嚴格來說，普通氫氣是由老大「氫」和老二我「氕」所混合組成的。以分子式來說，自然界的氫氣是由 H_2 、HD 和 D_2 三種分子組成，最後一種（即 D_2 ）的存在量當然很少。自然界的水也是由老大「氫」和老二我「氕」所組成的： H_2O 、HDO 和 D_2O 。在電解水時，質量最輕的 H_2O 比其他二種質量重的 HDO 和 D_2O 的生成快上五、六倍，因此餘下的水中多留了我「氕」。再繼續電解多次後，就可得到幾乎純粹的重水。

前面曾提到：由氘 (D) 代替氫 (H) 結合的水就是重水 (D_2O) 。因為 D_2O 比 H_2O 質量重，所以前者就叫重水。重水是一種無色液體，普通水 (H_2O) 和重水都是由相同數量的氫和氧原子組成，因此兩者的化學反應都相同，但在物性上卻大不相同。在一個大氣壓力下，重水的冰點是攝氏 3.82 度 (但普通水的冰點是攝氏零度) ，沸點是攝氏 101.4 度 (普通水的沸點是攝氏 100 度) ，密度是 1.1056 g/cm^3 (普通水的密度是 1.00 g/cm^3) 。

重水並不屬於有毒物質，但是人體內的代謝只需要普通的水，如果只喝重水是會生病的。

以老鼠為試驗品所做的實驗就發現：重水能抑制細胞的有絲分裂，造成需要迅速代謝的身體組織變壞。實驗中的老鼠連續數天只喝重水後，體內約一半的體液中的水分變成重水，這時症狀開始出現，原本需要快速細胞分裂的組織，如髮根及胃膜最先出現毛病，本來快速增長的癌細胞生長速度開始減慢，不過減慢的程度並不足以令重水做為可行的治療方法。

使用核磁共振光譜儀分析化學物質時，若溶劑是水，而研究的溶質對象是氫，為了避免氫原子干擾測定，會改用重水做為溶劑。

媒體常提到的原子能核電站或原子彈製造，需要所謂的重水反應堆。

這是因為核子反應爐必須使用重水來減慢中子的速度，讓中子有機會與鈾反應。因此在核分裂時有必要採用中子減速劑，重水是最好的減速劑，製造原子彈時就必須大量製造重水。

普通水雖也可以做為減速劑，但因為水會吸收中子，因此「水式反應爐」必須使用濃縮鈾，而不能使用普通鈾，否則不能達到鈾的臨界質量而使鈾分裂並放出核能。重水反應爐不只可以使用普通鈾，而且會把鈾 238 轉化成為可製作核彈的鈾 (Pu)。目前世界上有些國家 (像印度、北韓、巴基斯坦、以色列等) 都是以這樣的方式製造核燃料。為了防止核子武器擴散，可以想見，重水的生產和出售在國際上都受到限制，無怪乎有人把重水的製造量視為判斷該國是否在製備原子彈的重要依據。

另外，有一種水稱為「半重水」(HDO)，它含有一個氫原子、一個氧原子及一個氘原子。地球上的水大約有三千二百分之一是「半重水」。「半重水」可以透過電解及蒸餾，或以化學方法從普通水中提煉出來。除此之外，還有一種由「重氧原子」(O^{17} 和 O^{18}) 組成的水分子，稱為「重氧水」，因為一般的水 (H_2O) 是由 O^{16} 所組成的。由於分離出「重氧水」分子的難度較高，因此提煉純正「重氧水」的成本比「重水」高。

我「氘」的存在對於細胞分裂的意義重大，D/H (氘 / 氫) 比率的變化

能引發細胞分裂。當病患飲用正常「氘」濃度的水時，D/H 的比率能滿足腫瘤細胞的分裂條件。而當人們通過飲用「低氘水」來降低體內 D/H 的比率時，原本適合腫瘤細胞分裂的環境便不復存在；或者說，要再次達到滿足腫瘤細胞分裂所需的 D/H 比率，需經過很長的時間恢復。因此，通過飲用「低氘水」可以剝奪腫瘤細胞分裂的適宜環境，進而達到抑制腫瘤的目的。

自然界的水中都含有我「氘」，約為 150 ppm (也就是 1 百萬份的 H_2O 中，只含 150 份的 D_2O)，換句話說：一般人喝的水中含有大約 150 ppm 的我「氘」。而科學研究發現：我「氘」與癌細胞的分裂有關。基本上，我「氘」對生命體的生存發展和繁衍有害。這個存在於水中的我「氘」 150 ppm，代表著：人體的體液中也含有 150 ppm 的我「氘」，這個濃度的環境有利於癌細胞的分裂。假設把水中的我「氘」拿出來 (這很困難，需要高度的科技)，形成含我「氘」量較少的水，這水就稱「低氘水」。

其實，「低氘水」就是一般的水，只是我「氘」的存在量很少很少而已。「低氘水」，英文名叫：deuterium depleted water，簡稱 DDW，是完全無毒無害的。一般正常的人也可以喝，只是很貴。「低氘水」可以用寶特瓶裝，也可以加熱，泡茶煮湯都無妨。「氫水」是在純水中加入氫氣，只能用玻璃瓶裝，但不可以加熱。但這兩種水對健康都

有幫助，尤其是「低氘水」更有益於生命體的生存和繁衍，對於人類的健康具有重要意義。

由於不可能從水中取出全部的氘，因此「低氘水」分為 25 ppm、50 ppm、75 ppm、100 ppm 等規格。如果癌症病人能長期喝「低氘水」，這位病人的體液中的氘「氘」含量就會降低，這時低於 150 ppm 的體液就成為不利癌細胞分裂的環境，癌細胞因為難以分裂而逐漸死亡。的確如此，俄羅斯醫學科學院癌症研究所與俄羅斯科學院醫學生物問題研究所透過對動物的實驗發現：長期飲用「氘」含量低的水可抑制動物惡性腫瘤的發展，並延長動物的壽命。

在製藥工業中也開始研究應用氘「氘」代替氫。氘「氘」能提高藥效，減少副作用，隨著工農業、醫藥等領域的技術發展，氘「氘」的用途會越來越廣泛。

純「氘」氣是一種化學武器，科學家發現：當氘「氘」濃度很高時，可以使人在幾個小時內長出腫瘤。反之，濃度低的氘「氘」可以讓腫瘤停止分裂與生長。

對於物理學家而言，氘「氘」原子核發現的重要性在於它是最簡單的配對原子核，可做為射擊物以進一步研究原子核內部。

氘「氘」在核能上的應用，是像氫彈爆炸這種核聚變的反應。對人類來說，這種反應只能帶給人們災難，而把核聚變轉化為核能才能真正

造福人類。

要實現受控「熱核反應」，先要把氘和燃料加熱到非常高的溫度使它們離解成離子，這種氣體叫做「等離子體」。等離子體的溫度越高，密度越大，「約束時間」（即維持高溫的時間）越長，放出的能量就越多。當溫度、密度等參數超過某一臨界值時，放出的能量足以加熱下一次添加的燃料，反應就可以持續下去，這就叫「點火」。

但用我「氘」做燃料，要求的點火溫度非常高。而且在約束那麼高溫度的等離子體時，不容許等離子體和器壁相碰，否則等離子體溫度會下降，容器也會被燒壞。用於受控「熱核反應」的我「氘」應保持乾淨，極微量的雜質也會大大增加輻射損失而使等離子體冷下來。因此，製取高純的我「氘」是非常必要的，也是進行核聚變研究、生產必不可少的。

簡單來講，「核融合」就是把我「氘」與「氘」經過融合變成質量較重的一些核子，在這個過程中就會產生巨大的能量。與核能發電不同的是，核能發電運用鈾元素分裂時的熱能來製造能源；而「核融合」運用元素加總的力量，讓我「氘」和「氘」緊靠在一起來產生反應。但是，因為我「氘」和「氘」本身都帶有正電，所以必須運用極高溫的環境讓原子核變成電漿狀態，使相斥的原子核可以互相依附在一起，而這項電漿技術正是核融合發電最難克服的技術之一。預計第一

座商業用途的核融合電廠能在 21 世紀中實現，能夠大幅紓解能源與環境問題。

但它已預示了我「氦」將成為一個重要的核燃料。據計算，由我「氦」和「氦」合成的一公斤「氦」約能放出 1.2 億千瓦的能量。地球上目前世界能量消耗計算，可以足夠供給 200 億年的需要。「核融合」反應的和平利用雖還是一個遠景，但其實我們每天看到又紅又大、能量源源不絕的太陽，就是靠著核融合反應而發光發熱的。另外，著名電影〈鋼鐵人〉飛行在空中的動力來源—胸前那顆會發亮的能源，就是利用核融合反應而產生能源的構想。

我「氦」自從被尤力博士發現以來，開始有人注意到我的存在，可是我「氦」多半被人們局限在與核能有關的運用上。雖是如此，依據我的特性，在未來日子裡，我「氦」在人體健康醫藥的應用指日可待。

深度閱讀

蘇明德 (民 90) 氦元素的自述，科學月刊，**32**，143-147。

資料來源

- [《科學發展》2016 年 1 月，517 期，38 ~ 43 頁](#)