

34.「硒」(Se) 元素的介紹

國立嘉義大學 應用化學系 和 高雄醫學大學 醫藥暨應用化學系 蘇明德教授
文章內容版權為蘇明德教授所有，如需引用請聯繫midesu@mail.ncyu.edu.tw

IA 1																	VIIIA 18
IIA 2												IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	
		IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VIIIB 7	VIIIB 8	VIIIB 9	VIIIB 10	IB 11	IIB 12						
															34 硒 Se		
鐳系元素																	
錒系元素																	

英文：Selenium
簡稱：Se

原子序：34
原子量：78.96 amu

熔點：221 °C
沸點：685 °C
密度：4.79g/cm³ (20°C)

「硒」是1818年被瑞典化學家貝采尼烏斯(Jöns Jakob Berzelius，1779-1848，圖1)發現的。當時貝采尼烏斯正在研究一種生產「硫酸」(H₂SO₄)的方法，一次他偶然發現在焙燒某一礦區運來的「黃銅礦」(CuFeS₂，圖2)時，「鉛」(Pb)室的牆



圖1、Jöns Jakob Berzelius, 1779-1848
© 公有領域



圖2、黃銅礦
© CC BY-SA 3.0

上沉澱出一層紅色的殘泥。這位化學家觀察到了這一現象，卻沒有輕易放過，他想，為什麼在焙燒其它礦區的「黃銅礦」和「含銅黃鐵礦」時，卻看不到這種紅泥呢？於是他決定探索一下紅泥的秘密。當他將這種紅泥加熱時，意外地聞到一股近似腐敗蘿蔔的臭味，貝采尼烏斯立刻想到了德國化學家克拉普羅特(Martin

Heinrich Klaproth 1743-1817，圖3)發現的原子序第52號元素——「碲」(音唸ㄉㄟˋ，Te)，因為這種氣味是「碲」的一種特徵氣味。



圖3、Martin Heinrich Klaproth, 1743-1817
© Public Domain

貝采尼烏斯很高興，他猜想這種「黃銅礦」也一定是含有「碲」的新礦源，於是他收集了大量的殘泥，想以殘泥中提煉出「碲」來，結果不但沒有獲得「碲」，連「碲」的痕跡都沒找到。但貝采尼烏斯並不灰心，還是反覆地進行試驗，每次得到的都是一種莫明其妙的物質。這種物質有許多和元素「碲」相似，比如，在普通溫度下，或緩慢的加熱時，它在空氣中是不穩定的，水、稀的酸、鹼溶液都不能與它發生作用，若在加熱時與「氫氣」(H₂)作用，它就生成一種類似「碲」和「硫」與「氫」作用生成的臭味氣體。經過種種實驗後，貝采尼烏斯判定這是一種新元素，它的性質介於「硫」與「碲」之間，於是他仿照「碲」(英文叫

34. 「硒」(Se) 元素的介紹

「Tellurium」，源自希臘文「Tellus」，意思是「地球」的命名方式，給該新元素命名為「Selenium」，這是取自希臘文的「Seleme」（原意是「月亮」，圖4），中文命名為「硒」（音念丁一）。「硒」的化學符號是Se，是化學週期表的第34號元素。

「硒」元素外形呈銀色金屬狀或紅色粉末（圖5）。「硒」是屬於一種非常罕見的元素



圖4、硒以希臘月亮女神 Selene 的名字命名
© CC BY 2.0



圖5、硒元素外形呈銀色金屬狀 圖片來源：Microsoft, Copilot

，據統計，「硒」可被列為地殼內25個最不常見的元素之一。但「硒」在自然界的分布相當廣泛，可惜的是「硒」的分佈地點很分散。主要生產國是加拿大、美國、玻利維亞和俄羅斯，大部分來自「煉銅廠」。

由於「硒」的各方面性質與「硫」相近似，所以「硒」很喜歡與「硫」共存，因而經常寄居在「硫化銅礦石」（Copper Sulfide）中，只是「硒」在這種含「硫化物」的岩石中是以「硒化銅」（Copper Selenide）的雜質身份存在，雖然如此，但「硒」在「硫化銅礦石」的含量還是很少，最多也不到千分之一，通常都只有十萬分之幾而已，目前也都沒有工業價值，因此幾乎所有商用「硒」都是出自生產「硫酸」或煉「銅」過程中的副產物。提煉「硒」的主要原料是取自電解精煉「銅」時掉在電解槽底的陽極泥，也就是說，「硒」最重要的來源是「銅礦泥」，其中含有5%的「硒」，世界上有90%的「硒」產量由此而來。因而，目前「硒」的生產及發展，受到煉「銅」工業發展的約束。另外，每年經由工業廢料再提煉，或回收報廢的影印機，大約可取得一百五十噸的「硒」。以及一些冶金工廠的煙塵、「硫酸」廠的殘泥，這些產物中也可提煉「硒」累積到百分之幾到百分之幾十。

「硒」的外貌形形色色，不僅有「無定形」和「玻璃狀」的，也有「灰色」晶形和「紅色晶形」的，更有「可溶性」的和「不可溶性」的各式各樣的「同素異性體」。原來「硒」與其它的同族元素（像是「硫」和「碲」）一樣，都具有「同素異性體」特性。也就是說，「硒」的組成和分子結構隨著外界條件不同而有所變化。這些由同一元素組成的分子，但分子內所含的原子數和分子結構卻又不相同的物質，就叫「同素異性體」。而「硒」的「同素異性體」就有6種之多（圖6和圖7和圖8）。



圖6、黑硒也是硒的同素異性體的一種



圖7、紅硒
© CC BY-SA 3.0



圖8、菱形六面體結晶之具有金屬光澤的灰硒

如果使「硒」自氣態或者從溶液中迅速沉澱，就能得到磚紅色粉末狀的「無定形硒」。這種「硒」在水中會成混濁狀態，數小時之內不沉澱，如果將它加熱到攝氏50度，便立即呈現黑色，並且變成性質與玻璃相似的糊狀物。

若將熔融的「硒」迅速冷卻，就得到一種灰黑色並具有玻璃光澤，這種「硒」跌落在地上，也像玻璃一樣，會摔的粉碎。把這種「硒」粉碎磨細，就成紅色粉末，性質與「無定形」的「紅色硒」相似。

如果將以上這些形態的「硒」加熱，不到攝氏60度，它們就會變成像被太陽曬軟的瀝青一樣。別以為這是熔化了，其實加熱到攝氏100度，它們還只是像黏稠漿糊一樣，只有當溫度升到攝氏220度，它們才真正變成液體。上述事實說明一件事情：這些「硒」的「同素異性體」是沒有一定的熔點。

如果將以上這些「同素異性體」形態的「硒」投入酒精裏，就會逐漸地變成結晶形態的「紅硒」（圖7）。這種「硒」加熱到攝氏180度就熔化了。

34.「硒」(Se) 元素的介紹

雖然「硒」的「同位異性體」很多，在常溫下也都很穩定，但是最穩定的要屬「菱形六面結晶體」的「灰硒」(圖8)。任何其它形態的「硒」，一經熔解，緩緩冷卻到攝氏210度，都能得到「菱形六面體」結晶之具有金屬光澤的「灰硒」，熔點為攝氏217度。

除了外貌各異及熔點不同以外，比重也有顯著的不同，拿大小都一樣的各種「硒」，在天秤上一稱，就會發現：其中以「無定形」的「硒」的比重最小(比重4.3)；「灰硒」則比「無定形硒」重百分之十二左右；「紅硒」的比重則介於「無定形硒」和「灰硒」之間，約為4.5左右。

「硒」最寶貴的性質是在電學方面。雖然「灰硒」帶有金屬光澤，通常也稱它為「金屬硒」，但「硒」本身卻沒有一般金屬的基本特點：優秀的「延展性」(Ductility)、良好的「導電性」(Conductivity)。恰恰相反，「硒」很脆，既不是導電體，也不是絕緣體。並且「硒」具有部分「金屬性」外，還具有「非金屬性」，所以「硒」被人叫做「似金屬」(Metalloid) 元素。

在導電性能方面，「硒」與「矽」(Si) 和「鍺」(Ge) 元素相似，是一種典型的「半導體」元素，可用於無線電中的「檢波器」和「整流器」。從第二次世界大戰開始，「硒」就成為「整流器」的重要材料。「硒整流器」(圖9)與更早期的「氧化亞銅整流器」相比，就顯露出了「硒整流器」的能耐。因為「硒整流器」不僅可以承受超重載荷，也不會在過重負荷下而降低效率，而且還具有單位功率需要的重量較小、電穩定性大等優點，又可以在較高的溫度下工作，因此「硒整流器」一直是工業界的寵兒。



圖9、硒整流器

1873年，一位美國物理學家史密斯(Willoughby Smith, 1828-1891，圖10)發現「硒」的一種特性：「硒」的「導電性」會隨著對「硒」光照強度的增加而劇烈增高。也就是說，雖然



圖10、Willoughby Smith, 1828-1891 © Public Domain

「硒」的導電能力很差，但是「硒」的「導電性」會隨著光線的強度不同而有強烈的變化。如果先在黑暗的地方測量「硒」的「導電性」後，再改在陽光充足的地方測量，就會發現「硒」的導電率可增大1000倍。這種可以經由照光而能導電的特性，就叫「光導電性」(Photoconductivity)，這是「硒」最可貴的性質之一，也是人們最賞識「硒」的地方。因而，「硒」常被拿來製作成可把光能變成電能的「光電池」材料，應用在遙控器、光開關儀器、光度計(圖11)、傳真機(圖12)、電視和自動控制等方面。



圖11、光度計



圖12、傳真機

在飛彈彈頭裏也需要「光電池」做起爆裝置，這是因為當飛彈遇到攻擊目標時，目標對射入飛彈的光線強度會隨著距離遠近不同而有所不同，當飛彈距離目標越來越近，最後「光電池」就會發出訊號，使飛彈引爆。

「硒」的「光導電性」的另一個重要應用是影印技術。首先，將影印機(圖13)裏稱為「感光滾筒」(「硒板」，圖14)的部位塗上



圖13、影印機



圖14、硒板

帶電的「硒」。帶電的部位會在影印原稿時碰到反射光，只有照到光的部分才會變成「傳導體」(即不帶電的「光導體」)。由於文字的部分不會反射光，只有不會反射光的地方才會帶電，然後把含有細「碳粉」的「著色劑」散佈在「硒板」上，「著色劑」就黏在帶

34. 「硒」(Se) 元素的介紹

電區域。原則上，這種「著色劑」黏在「硒板」上和摩擦後的氣球黏於衣服上的原理相同。最後，「碳粉」受熱黏在紙上，便可得到原始文件的複製品。

自從「硒」的「半導體」性質和「導電性」性能可隨光強度的變化而變化的二大優點被人們掌握後，「硒」在近代電子工業中開始受到重用。由「硒」製造的「整流器」淘汰了「氧化亞銅整流器」，特別是用「硒」製成「光電池」以後，「硒」在電子工業上需求大增，進而使「硒」生產量直線上升，「硒」的應用也在迅速擴大。

一個最著名的應用就是用「硒」做「太陽能電池」的材料(圖15)。因為太陽能照

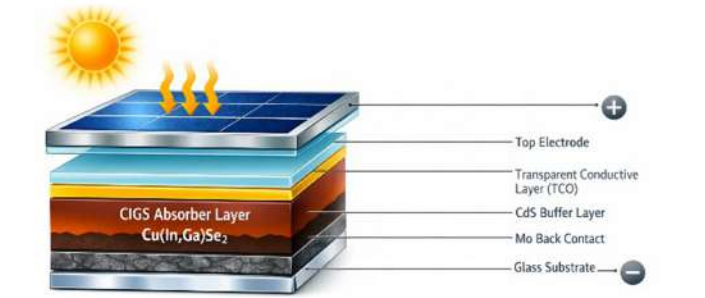


圖15、銅鎳鎂硒太陽能電池又稱CIGS電池示意圖
圖片來源：Microsoft, Copilot

射到「硒晶片」上，「硒晶片」可以有效吸收太陽能量，進而轉化為電能。另外，現代的「硒整流器」不僅在電子工業上有重要用途，其它如冶金、電鍍等工業及一些科學研究實驗室，也都利用「硒整流器」(圖9)來獲得直流電。

「硒」的化學性質介於「硫」(S)和「碲」(Te)之間。在室溫之下，空氣對「硒」毫無作用。但一旦加熱後，「硒」就立刻活潑起來，攝氏250度時，「硒」就能和並不太活潑的「氫氣」結合成「硒化氫」(H_2Se)。「硒化氫」是一種無色、有強烈「硫化氫」(H_2S)臭味的氣體，但比「硫化氫」更毒。「硒」在空氣中燃燒便立即和「氧氣」化合生成無色結晶的「二氧化硒」(SeO_2)。「二氧化硒」一經燃燒，就化成一股黃綠色的蒸氣逃掉，並且散發出一種腐敗蘿蔔的臭味。「二氧化硒」溶解在水中，就生成「亞硒酸」(H_2SeO_3)。

水和「鹽酸」(HCN)、「稀硫酸」(H_2SO_4)對「硒」都不起作用，但強氧化性的「濃硝

酸」(HNO_3)、「濃硫酸」和「強鹼」卻能溶解「硒」。「硒」在「濃硫酸」和「濃硝酸」中溶解能生成「亞硒酸」。「亞硒酸」的酸性比「亞硫酸」(H_2SO_3)還弱，甚至對酸鹼反應靈敏的「石蕊試紙」碰到它，也不會變色；如果用氧化劑把「亞硒酸」氧化成「硒酸」(H_2SeO_4)，它就好比號稱強酸的「硫酸」還厲害，能溶解各種金屬。例如：一向不怕各種強酸的「金」，一般認為只有號稱「酸中之王」的「王水」(圖16)，才能溶化「金」，其實一旦「金」遇上「硒酸」，也一樣逃不掉被溶解的命運。



圖16、鹽酸和硝酸混合溶液配製出的王水 © 公有領域

「硒」能生成各種「亞硒酸鹽」和「硒酸鹽」，這些鹽類都具有毒性，尤其是含有「鹼金屬」的「亞硒酸鹽」和「硒酸鹽」毒性都很劇烈。

從「硒」的各種性質來看，雖然現在已經了解「硒」對現代科技有很重要的用途。然而，早在第二次世界大戰前，那時人們不了解「硒」，所以「硒」在工業中的應用非常有限，主要是用於玻璃工業、橡膠工業及各種化學工業部門罷了。

在早期，「硒」的重要用途就是在玻璃製造業上。玻璃加入「硒」能消除「鐵」雜質所引起的綠色。並且，調整「硒」在玻璃內的含量，可使玻璃變成粉紅色或紅寶石色(圖17)。像是「硒」與「硫化鎘」(GdS)混合物所製出的玻璃，能很好地透過紅色光波，因此用「硒」可以製造出穿透力較強的紅光，以做為鐵路和航海用的信號燈，效果極佳。另外，裝飾用的且吸光性能最強的黑色玻璃中，也含有少量的「硒」。



圖17、硒紅玻璃常見於20世紀初的美國藝術玻璃。器皿呈現飽和的紅寶石色澤
圖片來源：Microsoft, Copilot

34. 「硒」(Se) 元素的介紹

橡膠工業需要大量的「硒」。含「硒」濃度0.1至2.0%，就能提高橡膠的抗熱、抗氧化和耐磨性能，並增加「可塑性」。「硒」還可用在製造輪胎、耐油材料、絕緣器材等用途的橡膠之添加劑。「硒」也可以做為採礦機械、電鍍、移動電焊設備等移動用電纜的包皮材料。

染料工業也是「硒」的一個大用戶，「硫代硒化鎘染料」需要大量的「硒」，這種染料在熱、陽光及化學藥劑作用下(圖18)，性能都很穩定，根據製造方法的不同可以獲得從橙色、黃色、直到褐紫紅色的各種顏色的染料。另外，含有「鉻」(Cr)、「鋅」(Zn)及其它金屬的「硒染料」有很大的發展前途，基本上，這些染料都具有一個共同的特色，就是它們抵抗腐蝕的性能好。



圖18、早期膠捲底片所使用的調色劑——Selenium Toner 圖片來源：VINTAGELENS

冶金工業中還用「硒」作添加劑，既能改進金屬的機械加工性能，又不減低它的抗蝕性。「硒」加到「生鐵」及「不銹鋼」中，可使它們的機械性能有明顯的改善。「鑄鐵」加入「硒」以後，可使「鋼錠」結構細密，沒有鑄造缺陷，「延展性」也很好。「銅」中加入「硒」也能提高韌性。

在石油工業及煤的「氫化」過程中，「硒」可用作「催化劑」。由於「硒化合物」具有抗氧化和抗磨的性質。「硒」還可以用作潤滑油及高壓下所用潤滑脂的添加劑，還可以做印刷油墨、礦物油、變壓器油的有效「阻氧化劑」。

再強調一次，「硒」在日常生活中有3大常見之處：

第一，金屬形態的「硒」有個奇怪的特性，當光線照在「硒」表面時，「硒」會產生電流，這種特性被應用在光電管、測光表、太陽能電池和影印機上，這種電子方面的用途約消耗掉「硒」總產量的1/3，而且必須是純度在99.99%的高品質「硒」。

第二，「硒」的另一應用之處是玻璃工業。「硒」可以用來製造一些特殊玻璃，像是可以隔絕陽光的建築玻璃。

第三，「硒」還有一個主要用途是製造「亞硒酸鈉」(H_2SeO_3)，供動物飼料使用，或作為營養補充劑。

「硒」也被用在「合金」(Alloy)方面，像是用來存放電池的「鉛板」，可以把交流電變成直流電的整流器。

另外，已經證實把「硒化合物」添加到洗髮精裏(圖19)，不但可以抑制頭皮屑增生



圖19、含硒化合物的洗髮精

，也可順便殺死頭皮屑的細菌。除此之外，並且「硒」也在現代醫藥、耐火材料、發光劑等方面獲得了新的應用。

在身體健康方面，「硒」首次受到重視是在1982年，美國路易士博士(Alan Lewis)出版他的大作《硒：人體不可或缺的微量元素》(Selenium: the Essential Trace Element You Might Not be Getting Enough of，圖20)

。路易士在書中說，「硒」可以用來治療風濕症、關節炎、心臟病和癌症，甚至可以延緩老化。雖然書中的各種說法大都聽來有點不真實，而且主要的證據都是來自道聽途說，但至少書中有兩種說法是有憑有據的：在中國試用的結果，證明「硒」確實能夠預防某幾種心臟病，另外，如果想有效預防癌症，人體的「硒」含量一定要達到某種程度。

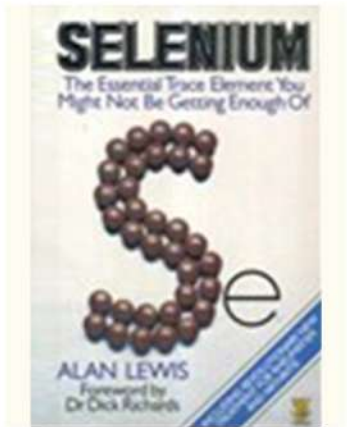


圖20、Alan Lewis：《Selenium: the Essential Trace Element You Might Not be Getting Enough of》(硒：人體不可或缺的微量元素) 圖片來源：AMAZON.COM

34. 「硒」(Se) 元素的介紹

最近人們格外關注「硒」與人體健康的關係。原先，在「硒」被發現不久，人們便注意到「硒」對人體有害。然而近來的研究表明，攝取微量的「硒」，事實上會保護人體免受癌症和心臟疾病的侵襲。這些研究結果雖然尚未被完全證實。但人們已確認，「硒」與維生素E和某些人體內的「酶」（「酵素」）之活性的確有關。

過去，人們一直把「硒」看成是有毒元素，但自從對「克山病」（Keshan Disease）的研究改變了人們的看法。

1935年冬，在中國黑龍江省的克山縣，一種以心肌纖維變性和壞死為特徵的疾病稱「心肌病變」（Cardiomyopathy），以急病方式爆發流行，造成許多人死亡，早期因病因不明，只好以當地地名命名為「克山病」。科學家經過大量調查研究後發現，「克山病」的發生與環境中的「微量元素」之「硒」含量過低有直接關係。

服用大量的「硒鹽」（圖21，含有「硒」的化合物）很可能引起中毒。但微量的「硒」卻是維持所有動植物細胞功能所必需的元素。簡而言之，「硒」是一種人體必需的「微量元素」，也是所有「微量元素」中被研究的最廣泛且最深入的一個特殊元素。人體缺少「硒」就會得病（如：「克山病」）；但「硒」過量，人體也會生病（如：白內障）。科學家研究發現，「硒」在人體中主要有以下幾個作用：

(1) 首先，「硒」能抑制多種癌症，具有抗癌、防癌作用。近年來，「腫瘤」（又稱「癌症」）對人類健康的威脅與日劇增，「硒」與「腫瘤」的關係也得到了深入的研究。人們發現，低「硒」地區的土壤和農作物中含「硒」量越低，人體血液中的「硒」含量也就越少，癌症的死亡率越高。一個體重60公斤的人，每天吸收0.8毫克（1毫克＝ 10^{-3} 公克）的

「硒」，就不易罹患癌症。中藥「黃耆」（圖22）中就是因為含有豐富的「硒」，所以有抗癌作用。



圖22、黃耆

那麼「硒」為什麼能抗癌呢？

生物化學家們研究後發現，「硒」是「谷胱甘肽過氧化物酶」的主要成分，這種「酶」具有抗過氧化的作用，也能破壞「自由基」，並對氧化過程中產生的有毒物質有解毒作用。而「過氧化物」和「自由基」則被認為是誘發各種癌症的根源。除此之外，近年來的醫學研究指出，「硒」元素是一種強大的「抗氧化劑」，可支持健康的甲狀腺功能並有助於減少發炎。「硒」元素不僅抗氧化能力非常高，還可保護心血管，且預防血管硬化。因此土壤、食物中含「硒」較豐富的地區，心血管疾病和癌症死亡率就低。

- (2) 其次，「硒」還具有抗衰老的作用。「硒」是人類長壽所必需的微量元素之一，研究發現，中國湖北省有一個百歲老人聚居的長壽地區，那裏的土壤和水中富含「硒」。據說當地不僅老人健康長壽的特別多。而且那裏的小姐們也不用任何化妝品，就長得非常漂亮，故有人推論：「硒」量的多寡也應和女子的美貌有關。
- (3) 最後，「硒」還能有效地提高人體免疫能力。根據研究發現，「愛滋病」病人往往處於低「硒」狀態，「愛滋病」的一種常見病症就是體內「硒」元素的損耗。因而低「硒」被認為是「愛滋病」發病的結果。由於「愛滋病」對人類的威脅極大，利用「硒」來提高「愛滋病」病人的免疫力研究就顯得特別重要。

前面已強調過：「硒」對人體很重要，但人體只需要「硒」極少的量。人體對「硒」的需求量雖然極低，但缺乏「硒」或含「硒」過於微量都會對人體危害極大。因此，在



圖21、市售販賣的硒鹽
圖片來源：Amazon

34. 「硒」(Se) 元素的介紹

日常生活中應多多食用含「硒」量豐富的食物，如：柿子、蘋果、大蒜、糙米、小麥、蘑菇、鮪魚、鱈魚、鮭魚等等(圖23)，還有沙丁魚、蝦子、火雞肉、巴西堅果、雞肉(圖24)等等也都含有豐富的「硒」。多



圖23、蘋果、鮪魚、鮭魚中等都含有豐富的硒
圖片來源：Pixabay, 由955169、27707、congerdesign 發佈



沙丁魚：45毫克/份



蝦子：544毫克/份

火雞肉：31毫克/份



巴西堅果：544毫克/份
(1毫克=10⁻³公克)

雞肉：22毫克/份

圖24、豐富含硒量的食物 圖片來源：Pixabay, 由 Elle Katie、Robert Owen-Wahl、Larry White、Roberto Justo Kabana、Adriano Gadini所發佈

數人都是從麥類製品攝取絕大部分的「硒」，像是穀類和麵包。成年男女的適宜攝取量為每天50微克~250微克(1微克=10⁻⁶公克)。

不過，人們在補充「硒」時，也必須注意「硒」具有很強的生物活性，因為「硒」在人體內的最佳濃度的範圍相當窄，在一億

分之四至千萬分之一之間，只有保持這個濃度範圍，對人體才有益。又因為「硒」與「硫」的長相相似，因此「硒」會取代人體中「硫基」(—SH)中的「硫」，形成「硒基」(—SeH基)，進而引發人體的神經系統和消化系統的疾病。

人體內「硒」的主要來源是食物，通過胃、腸道攝取。由於大多數植物從土壤中吸收「硒」，因此不同地區的水和土壤含「硒」量的高低，明顯影響該地區食物中的含「硒」量。人體對植物性來源「硒」的吸收有效程度高於動物性來源的「硒」吸收，因為動物中的「硒」會與金屬形成穩定的化合物，導致人體即使吸收動物性的「硒」，這時「硒」在人體內的有效性能仍是很低。

「硒」大部分儲存在人體的骨骼裏，但「硒」含量最高的身體部位是頭髮、腎和睪丸。大部分進入人體內的「硒」，通常在24小時內，就會離開人體。超過人體所需的「硒」量，主要是以尿液方式排出體外，但也有由糞便與呼吸的方式排出。若是暴露量增加，則尿液中的「硒」也會增加。然而，一旦長期暴露非常高劑量的「硒」環境下，「硒」會累積在人體內。

前面說過，由於接觸、食品污染及飲水和空氣中「硒化物」含量超過標準，也會導致「硒」攝入量過多而引起「硒中毒」(Selenosis)。「硒中毒」可能會使你的指甲變脆，導致口氣異味，甚至引發肌肉和關節疼痛。據說發現「硒」的瑞典化學家貝采尼烏斯(圖1)就是因為在實驗中，吸入「硒」太多，而導致喪失意識。「硒中毒」最明顯的症狀是口中和身體都會發出惡臭。這種惡臭是易揮發的「甲基硒」((CH₃)₂Se)分子發出的，因為人的身體會自動驅除不需要的「硒」。

儘管氣味難聞，但是如果沒有「硒」，人們就會死亡。1975年，美國阿瓦斯提(Yogesh Awasthi，圖25)教授發現：「硒」是一種叫做「穀胱苷肽過氧化物酶」



圖25、Professor Yogesh Awasthi

34. 「硒」(Se) 元素的介紹

(Glutathione Peroxidase) 人類身體必需的「酶」的一部分，因此證明「硒」是人體不可或缺的。1991年，德國迪貝尼 (Dietrich Behne) 教授在第二個人體內的「酶」(名叫 Deiodinase) 中又發現有「硒」的存在，這種「酶」會促使甲狀腺產生更多荷爾蒙。

如果人們體內的「硒」含量太低，那麼，人們可能出現幾種危險狀況，像是貧血、高血壓、不孕、癌症、關節炎、提早老化、肌肉萎縮，以及多種硬化症等等。然而，並沒有證據證明是因為飲食中缺乏「硒」，才導致這些情況，也有可能「硒」這個元素只是扮演間接驅策的角色，至今尚未成最後定論。

目前已經確定，「硒」可以保護人體對抗一些有毒金屬的傷害，在化學週期表裏有4大對人體必有毒害的元素：「汞」(Hg)、「鎘」(Cd)、「砷」(As) 和「鉛」(Pb)。例如：「鎘」會對人體的生殖器官和胎兒造成傷害，「硒」則可以防止這種傷害。還有科學家發現：鮭魚體內會累積超量的「汞」，一般也認為，就是因為有「硒」保護，人們食用鮭魚時才不會受到「汞」毒害。分析顯示，鮭魚體內每增加一個「汞」原子，就會同時出現一個「硒」原子。這種一比一的比例也會出現在其他海洋哺乳動物身上，像是海豹。

「硒」含量高的土壤對動物的影響，很早以前就已被注意到。在這種土地上吃草的動物，可能會罹患所謂的「家畜暈倒症」(Blind Stagger)。馬可波羅 (Marco Polo, 1254-1324, 圖26) 在他的著名遊記中就記載過，古代土耳其帝國的動物會有這種毛病，走起路來搖搖擺擺，步履蹣跚。造成動物又盲又顛的植物，可能就是「紫雲英」(圖27)，它的「硒」含量很高，佔了它總重

量的1.4%。當「紫雲英」發出難聞的氣味時，這肯定表示，它已經攝取了相當多的「硒」。美國西部牛仔知道這種植物會讓他們牛隻變得不正常，因此稱它為「鹿苣草」(Locoweed)，西班牙文loco的意思就是「發瘋」。1857年，美國軍馬吃了南部某地的植物後大量死亡，直到1934年，才查明是該植物(即「紫雲英」)中含有大量的「硒」，引起的急性「硒中毒」所致。動物發生「硒中毒」，表現上有脫毛、脫蹄、角變形、四肢僵硬等症狀，又稱為「鹼病」(Alkali-Disease)。1934年，生化學家畢斯 (Orville A. Beath, 1891-1997, 圖28) 再次證實，「家畜暈倒症」是食物中「硒」含量太高造成的。

討厭的是，「硒」過多也會干擾人體的有機體反應，導致身體內的維生素B₁₂和葉酸代謝紊亂、鐵代謝失常、貧血，甚至抑制人體的「酶」的活性，發生心、肝、腎的病變。關於人的慢性「硒中毒」，曾有報告說：美洲印第安人因井水含「硒」量過高，在喝過這種井水後，會引起禿髮、指甲異常、疲乏無力症狀。

再強調一次，「硒」元素不論攝取量過多或者不足都會嚴重影響人體健康。根據台灣衛生福利部的建議:成人每日建議攝取量為55微克(1微克=10⁻⁶公克)，上限為400微克。

據「國際原子能總署」(International Atomic Energy Agency ; IAEA) 制定的1至5級標準，「硒」有個著名的「同位素」叫「硒-75」，它的放射源屬於第2類：「對人體非常危險」。因為若沒有屏蔽的保護，「硒-75」的「放射性」所帶來的「放射性」危害風險非常的高。雖是如此，在醫學上，「硒-75」常用在「Gamma(γ)計數器檢查源」以及診斷人體的軟骨肉瘤。

【「Gamma(γ)計數器檢查源」是指用來檢測和校準「Gamma計數器」，以確保



圖28、Orville A. Beath, 1891-1997
圖片來源：Selenium: The Story of Orville A. Beath, April 29, 2019 by ahcadmin



圖26、Marco Polo, 1254-1324 © Public Domain



圖27、紫雲英

34.「硒」(Se) 元素的介紹

「Gamma計數器」的準確性和靈敏度的「放射性」標準。】

「硒」比「銀」更稀有，而且「硒」的礦藏量總有一天會被開採殆盡。到那時候，想要取得「硒」，可能必須在「硒」含量高的土地種植像「紫雲英」這樣的植物。以這種方式採收，估計一公頃土地大概可以獲得七公斤的「硒」。目前全球對「硒」的需求量，大約是一年一千五百噸，如果以這種方式採收「硒」，那一共要使用二十萬公頃的土地。但因為目前「硒」礦的蘊藏量尚有十萬噸，大概還要經過好幾年，才會改採用這種採收法。為了迅速發展「硒」的生產，人們正在積極尋找「硒」的富礦源，及探索冶煉「硒」的新途徑，讓貧礦「硒」也能成為具有直接提取「硒」的工業價值。

從上文介紹裏，可以瞭解到「硒」是個很有趣的化學元素。雖然天然元素態的「硒」是一種極其罕見的礦物，「硒」元素在生物體內的含量不論是過多、過少或甚至沒有都會造成重大傷害。這很像老祖宗的智慧：「過與不及都是不好的」，所以要走「中庸」之道。現在，我們對「硒」元素的特性及其應用研究得越深，就越發感受到「硒」的重要性。

可以預期，在未來應用潛力與資源價值裏，不論光電科技、生物化學或甚至醫用化學領域，「硒」元素將必然繼續扮演著重要角色！