

29. 「銅」(Cu) 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	IIA 2											IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	VIIIA 18
		IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VIB 7	VIB 8	VIB 9	VIB 10	IB 11	IIB 12						
										29 銅 Cu							
鐳系元素																	
錒系元素																	

英文：**Copper**
簡稱：**Cu**

原子序：**29**
原子量：**63.546 amu**

熔點：**1084.62 °C**
沸點：**2562.0 °C**
密度：**8.96g/cm³ (20°C)**

「銅」(Cu) 是人類最早知道的化學元素之一。

19世紀中葉，在俄羅斯的韋利科耶湖畔(Великое)，人們發現了一塊重達420噸的巨大「銅」塊。這塊現在已知的最大的天然「銅」，過去一直默默地與深藍色的湖水為伴，至此才重見天日，而它表面留有新石器時代石釜砍鑿的痕跡，是金屬與石頭並用時代的另一見證，向現代的人們訴說著「銅」與人類前輩交往的經過。

在自然界中存在著天然的「銅」塊，由於天然「銅」(圖1)是呈現紅褐色，可以輕鬆識別出來，古代人們就稱它為「紅銅」(red copper)。人類大約在9000多年前



圖1、天然銅
© CC BY-SA 3.0

就開始使用「紅銅」了，但「紅銅」的產量畢竟很少。後來，人們可能在鎔鑄天然「銅」的過程中，掌握了使用木炭從「銅礦」石中冶煉「銅」的方法。從天然的「銅礦」石煉「銅」，不僅增加了「銅」的來源，更

具重要意義的是：在冶煉過程中發現將少量的「錫」(Sn)與「銅」一起熔煉，可燒鑄出比「銅」堅硬得多的金屬(即「銅錫合金」，圖2)，並由此掌握了具有劃時代意義的「青銅」(Bronze)鑄造技術。



圖2、銅錫合金片

堅硬的「青銅」的出現大大提高了人類改造自然的能力。從此，人類跨入了「青銅」時代，時間大約是在公元前4000年到公元前3000年之間。

中國早在殷商時代，「青銅器」的冶煉技術和對它的研究就已走在世界最前端。當時製造的「司母戊大方鼎」(圖3)，重875公斤，體形雄偉，四周都有精美的花紋，是世界上現存的最



圖3、司母戊大方鼎
© CC BY-SA 3.0

29. 「銅」(Cu) 元素的介紹

大的「青銅器」。此外還有「司母辛方鼎」(圖4)，重128公斤，共有兩件，製作精細，也是世上少有的珍品。這些「青銅器」都是古代中國人民智慧的結晶。「青銅器」與中國當時的政治、經濟、文化、藝術甚至信仰、審美都密切相關。或許可以這麼說，「青銅文化」是中國文化的一個重要組成部分，它曾在歷史上佔有中國文化的主導地位。



圖4、司母辛方鼎
圖片來源：百度百科

「銅」的英文名字「Copper」就是由拉丁文「Cuprum」衍生而來，原意為「塞浦路斯」，它是以生產「銅」聞名的歐洲塞浦路斯島(Cyprus)的古名。從「銅礦」中精煉「銅」很容易，因此在古時已有很多人熟知此技術，曾有考古學者發現在公元前9000年的伊拉克就已有「銅」製珠寶。

「銅」的可應用範圍非常廣。早在先民時期，「銅」就被拿來做為製造飾品、工具、武器和珠寶之用。但也由於「銅」的質地相對其它金屬而言較軟，所以從未廣泛應用於武器和工作機具方面。

到了現代，隨著科學技術的發展，「銅」仍是一種很重要的金屬，在各行各業中發揮著影響的作用，像是「銅」可以做為油漆添加物、陶瓷、油墨、「亮光漆」(Varnishes)及「瓷釉」(Enamels)的著色劑材料。甚至含「銅」的化合物可做為「殺蟲劑」(Pesticide)及「殺菌劑」(Fungicide)之用，也可做為「火焰阻燃劑」(Fire Retardant)、動物的食物添加劑、煙火材料、照相軟片、紡織物染料、顏料、木材防腐劑、水的淨化劑……等等，琳瑯滿目，不及備載。

大劑量的含「銅」化合物則毒性很強，所以常做為化學藥品之用。前面說過，某些「銅」的化合物可用來做為「殺蟲劑」(如 $\text{Cu}_2\text{O}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$)、「殺菌劑」(如 $\text{CuCrO}_4 \cdot 2\text{CuO}$)

、「滅藻劑」(如 $\text{CuCH}_3\text{AsO}_3$)、「防黴劑」(如 $\text{Cu}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_2$)……等等。另外，船殼用的油漆若含有「銅」，則可阻止海洋生物在船殼表面過度生長，因為這種生長會被稱為「污垢」，若在船與海水接觸的各個表面緩慢地發展，最後會造成船隻的破壞和毀損。

「銅」是日常生活中最常見的金屬之一。不相信的話看你家裏的管路系統，你會發現，把水送到廚房和浴室的是「銅管」(圖5)。金屬「銅」的導電性能和導熱性能極佳，甚至優於「鐵」(Fe)。「銅」在金屬王國中的導電性和導熱性僅遜於「銀」(Ag)。但由於「銀」的成本較貴，因此「銅」被廣泛地應用於電器工業，製成電線、電纜和各種電器設備。也正因「銅」是導電性最好的導體之一，所以「銅線」(圖6)廣泛用於電力傳輸，把電能從發電站輸送至家庭、辦公室、工廠及其它建築，再從牆面上的電源插座轉送至電器設備。「銅」的機械性能也使之成為電力輸送的理想材料。「銅」本身質地非常軟而有「韌性」(Ductile)，易於拉伸，因此很容易拉製成線。商用「銅線」是用若干「銅絲」拉製而成的。或許正因如此，目前世界上金屬「銅」的產量僅遜於「鐵」(Fe)和「鋁」(Al)，居第3位，而每年消耗於電器工業的「銅」就占了它總產量的一半。



圖5、銅管



圖6、銅線

金屬「銅」的另一特點是「銅」不會被磁化。1952年時，芬蘭為前蘇聯製造了一艘測量地磁場的摩托艇，為提高測量精度，該艇的艇身構架和大部分零件就是用不會

29. 「銅」(Cu) 元素的介紹

磁化的「黃銅」(Brass) (即「銅鋅合金」) 製成的。

在1909到1982年之間，美國的一分硬幣 (one Cent，圖7) 是用95%的純「銅」和5%的「鋅」(Zn) 或5%的「青銅」(即「銅錫合金」) 製成的。到了第二次世界大戰期間(1939-1945年)，由於戰爭所需，美國改用便宜的「鍍鋅鋼板」做為一分硬幣的原料，但由於這種材質具有磁性，使得一分硬幣常被卡在自動販賣機裏，且美國多數民衆也常將一分硬幣與一角 (one Dime) 硬幣傻傻分不清楚。到了1980年代，「銅」開始變得很貴，有鑑於此，美國只好用便宜的「鋅」做為一分硬幣的核心，而在其表面鍍上一層「銅」，使之帶有「銅」的特徵顏色——紅褐色，成為現在所見的一分美金 (圖8)。「銅」之所以成為鑄幣金屬，是因為「銅」具有不易與空氣和汗水發生化學反應的特性。「銅」在美國還曾被拿來製成警用夾制服的扣子，英文俚語中所說的「Copper」(警察)，就是以該種扣子為名，對警察的俗稱。

人們通常認為「腐蝕」是在「鐵」製器具表面生鏽的過程，然而，儘管「銅」是不太活潑的重金屬，在常溫下不與乾燥空氣中的「氧」反應，只有加熱時才和「氧」反應產生黑色的「氧化銅」(CuO，圖9)。但「銅」仍會和「二氧化碳」及水產生反應，因此「銅」的表面在潮濕空氣中也會慢慢地形成一層「水合碳酸銅」(Cu₂(OH)₂CO₃)，使原來「銅」的紅褐色轉為綠色，這些綠色



圖7、美國1分硬幣
© 公有領域



圖8、1959-2008年一分硬幣 © 公有領域



圖9、氧化銅 © 公有領域

物質形成所謂「銅綠」的保護層，保護內部的「銅」不再繼續受到腐蝕。有關「銅綠」的形成有一個著名的例子，那就是美國的自由女神像 (Statue of Liberty，圖10)，它原本在法國製造，法國將它做為象徵自由和民主的禮物，於1886年的10月28日捐獻給美國。自由女神像的外表覆有「銅」鍍層，但隨著時間推移，自由女神像的外表漸漸變成綠色，因此美國就選定1986年的7月4日(美國國慶日)那天，也是在對它迎接一百週年的紀念日，將自由女神像徹底清洗了一遍，把綠色的「銅」恢復到原來的紅褐色的「銅」。其實，在歐美國家有許多的古教堂尖塔和古紀念碑上也長滿漂亮的「銅綠」，為這些建築增色不少，因此有相當多的民衆千方百計阻止對其進行清洗。即使到了現代，不少建築師之所以還是選擇「銅」鍍層做為屋頂和建築物外觀的裝飾物，其目的仍在於想要利用「銅」腐蝕後會形成美麗的綠色外表。



圖10、自由女神像
© Public Domain

「銅」的沸點和熔點各為約攝氏1085度和2562度。「銅」的密度只有8.96公克/立方公分。

儘管「銅」的應用廣泛，但相對於其它常見的金屬(如：「金」、「銀」、「鐵」)而言，仍是一種十分稀有的元素，在地殼中含量僅占50公克/公噸，也就是說，據估計「銅」在地殼上的存在量約為640萬公噸而已。

前面說過，自然界天然存在的純「銅」，常稱「天然銅」，又稱「紅銅」。一般而言，「銅」的來源是「黃銅礦」(CuFeS₂，圖11)，在該礦物中，有



圖11、黃銅礦
© CC BY-SA 3.0

29. 「銅」(Cu) 元素的介紹

「銅」與「硫」和「鐵」之3種化學元素混雜在一起。目前大部分的「銅」來自露天開採且「銅」含量較高的「銅礦」。純金屬「銅」可經由在空氣中焙燒礦石或者經由電解得到。全世界約有50多個國家在開採「銅」。其中以美國和智利所開採的「銅」生產量最多，多到全世界的「銅」來源有一半以上是由這兩個國家供應的。

「銅」和其它金屬所形成的「合金」(Alloy)，其硬度和耐磨性往往高於組成「合金」的任何一種金屬。像「黃銅」是「銅鋅合金」，「青銅」是「銅錫合金」。

「黃銅」不僅擁有著類似於「黃金」(Au)的顏色，更具備著出色的聲學效果。「黃銅」除了用來生產皮包或皮帶所使用的五金配件外，「黃銅」還被用來製作交響樂團中的各種銅管樂器和部分打擊樂器。

在人們學會煉「鐵」之前，用「青銅」做的工具和武器早已經為人們使用。如果把「銅」和「鎳」(Ni)化合可形成一種高強度堅硬的「合金」，稱為「莫涅爾合金」(Monel Metal)，即「銅鎳合金」，這種「合金」耐腐蝕性極強(圖12)。



圖12、白銅又稱鎳白銅、銅鎳合金，一百日圓硬幣就是用75%銅、25%鎳的白銅製造的 © 公有領域

「銅」有毒嗎？

稍有衛生知識的人，都知道人體的造血功能主要與「鐵」有關。但「銅」對身體有害、還是有益呢？不免叫人起疑。

根據考古文物，可以發現到：古代人們使用的很多餐具如湯鼎、水壺等都是「銅」製品，這說明當時人們認為「銅」元素是無毒的。

法國生物學家巴斯特(Louis Pasteur, 1822-1895, 圖13)根據研究結果指出：人體內平常就有「銅」元素，皆從飲食中得來，可能積少成多，但從未聞有何傷害。



圖13、Louis Pasteur, 1822-1895 © 公有領域

直到1896年，德國藥理學家飛雷恩(Wilhelm Filehne, 1844-1927, 圖14)把金屬「鈉」(Na)和蛋白質化合物與「硫酸銅」加熱製成「銅化蛋白質」，叫做Cupratin，然後把這個化合物大量的餵貓狗，結果造成貓狗的嘔吐，但檢查牠們的肝臟卻查無病理變化，也沒有貧血徵兆，所吸收的「銅」化合物有98%排泄出來。後來又有二個學者做了同樣試驗，所得結果相同。也就是說，科學家們發現：「銅鹽」與生物體內某些生物物質，如「胺基酸」、蛋白質等會產生化學反應，並且所生成的物質不能為人體吸收，飛雷恩從上述之「銅化蛋白質」試驗所得結果，認為人在飲食中所吸收的「銅」量，只要每天不超出0.5公克，就不發生顯著的影響。於是「銅」元素對人體有害的觀點開始流行起來，用「銅」做的餐具慢慢地成為了歷史。



圖14、Wilhelm Filehne, 1844-1927 © Public Domain

法國微生物學家加利波(Marie Louis Victor Galippe, 1848-1922, 圖15)把家中一切的食物都用「銅」器烹煮，經過14個月的時間的用食結果，證明從未發生任何「銅中毒」的徵兆。



圖15、Marie Louis Victor Galippe, 1848-1922 © Public Domain

29. 「銅」(Cu) 元素的介紹

到了1960年代，日本的一些化學家對「銅」元素有毒的觀點提出異議，他們仔細研究了古代書籍以及古屍，結果並未發現有「銅中毒」致死的跡象。

此後，許多科學家又做了不少生物實驗，最終確認：「銅」元素不但無毒，而且是動植物以及人類必需的「微量元素」(Micronutrients)。一個健康人體的含「銅」量平均每公斤體重不到2毫克(1毫克=10⁻³公克)。

人體的健康與成長必須要有「酶」(Enzyme，又稱「酵素」或「催化劑」)的輔助與幫忙，因為「酶」可以刺激體內的化學反應，使其加快反應得到人們所需的營養物質。沒有「酶」的參與，體內的化學反應就會變得很慢很慢。含有「銅」元素的「酶」可以促進體內血管、肌腱、骨骼和神經的功用。

「銅」廣泛分佈於生物組織中，大部分以「有機複合物」存在，很多是金屬蛋白，以「酶」的形式起著功能作用。每個含「銅」蛋白的「酶」都有它清楚的生理生化作用，生物系統中許多涉及「氧」的電子傳遞和「氧化-還原」反應都是由含「銅」酶催化的，這些「酶」對生命過程都是至關重要的。

「銅」還對「新陳代謝」(Metabolism)起了重要的調節作用。「新陳代謝」是人體內千萬個化學反應的總稱。在這麼多的化學變化中，「氧化-還原」反應佔了很大的一部份，其中有一些反應則必須要有「銅」的存在才能順利進行。例如：在人類的體溫下，「氫」和「氧」結合成水，就必須借助於「銅」的幫助。「銅」還是人體內30多種「酶」的活性成分。比如有一種含「銅」的「超氧化歧化酶」(Superoxide Dismutase，簡寫SOD，圖16)是為維持生物機體正常運作必不可少的成份，因為生物在利用「氧」的過程中，會生成「超氧陰離

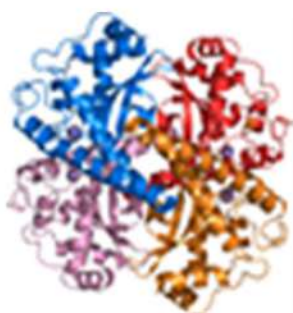


圖16、超氧化歧化酶
© 公有領域

子」(O₂⁻)，它對細胞有毒，如果在人體積聚過多的「超氧陰離子」會引起疾病，而要想清除「超氧陰離子」清除就必須依靠「超氧化歧化酶」。事實上，現在許多抗衰老的化妝品中，都加入了這種「超氧化歧化酶」。

「銅」也是人體內許多蛋白質功能的協同因子。含「銅」的「酶」對生命體真的是至關重要。舉例來說，含「銅」的「酶」之「細胞色素C氧化酶」(Cytochrome C oxidase，圖17)及其「輔酶細胞色素C」(Ubiquinol-

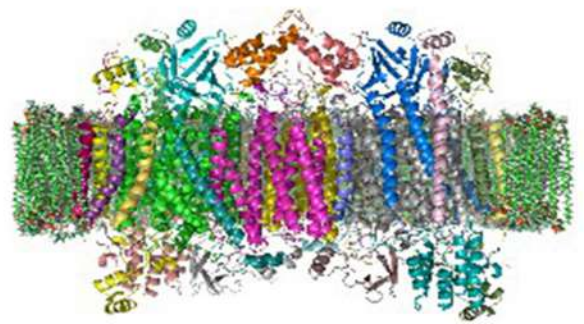


圖17、Cytochrome C oxidase © CC BY-SA 3.0

Cytochrome-C reductase，圖18)存在於所有的細胞中，對細胞呼吸發揮很大的功能。又如：「血漿銅藍蛋白」(Ceruloplasmin，圖19)是幾種「氧自由



圖18、Ubiquinol-Cytochrome-C reductase © CC BY-SA 3.0



圖19、血漿「銅」藍蛋白

基」的清除劑，並維持正常造血功能、促進結締組織形成、維護中樞神經系統的健康、及促進正常黑色素形成及維護毛髮正常結構、保護機體細胞免受「超氧陰離子」的損傷。

「銅」元素在人體內的吸收部位主要是胃和小腸。一般人在攝入「銅」元素15分鐘後，「銅」會被小腸吸收進入血液裏，同時存在於紅血球內，其中有80%的「銅」會形

29. 「銅」(Cu) 元素的介紹

成「血漿銅藍蛋白」(Ceruloplasmin)。「血紅蛋白」(Hemoglobin, 又稱「血紅素」, 圖20), 是哺乳動物和人類血液的主要成分, 它是動物和人類運輸「氧氣」的「引擎」。

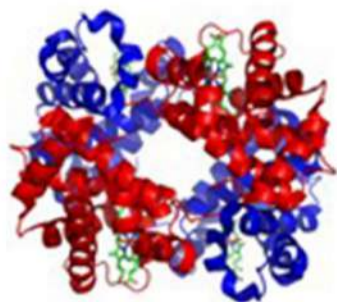


圖20、血紅蛋白
© CC BY-SA 3.0

在「鐵」元素參與形成「血紅素」的過程中, 會從「正二價鐵」(Fe^{2+}) 轉變為「正三價鐵」(Fe^{3+}), 這時必須依賴「血漿銅藍蛋白」的「氧化作用」。如果體內欠缺「銅」元素, 則「血漿銅藍蛋白」的「氧化」活性降低, 導致「鐵」元素從原先 Fe^{2+} 轉變成 Fe^{3+} 時會發生困難, 進而引起貧血。因此, 在血液裏, 「銅」是「鐵」的關鍵「助手」, 因為「銅」可幫助「鐵」質傳遞「氧」到各個器官。換句話說, 不但「鐵」的缺乏會造成貧血外, 「銅」的缺乏也會引起貧血。人體內如果沒有「銅」元素存在, 吃再多的「鐵」也無用, 無法幫助「鐵」進入人體的紅血球細胞內。除了貧血之外, 缺乏「銅」還會造成人體的頭髮容易早白、動脈硬化和膽固醇升高等相關的疾病。像是「白斑症」(Vitiligo, 圖21), 就關的是缺「銅」所引起的。



圖21、白斑症 (Vitiligo) © CC BY-SA 3.0

「血紅蛋白」之所以鮮紅色, 是因為「血紅蛋白」裏含有「鐵」元素, 它可以攜帶著「氧」跑遍全身供應營養, 當「血紅蛋白」從細胞經由靜脈回到肺時, 因為「血紅蛋白」這時耗掉「氧」變成紫紅色, 經循環後, 「血紅蛋白」又帶著「氧」, 以鮮紅色形式跑遍全身。雖是如此, 甲殼類(如: 龍蝦、蝦子、螃蟹, 圖22)的動物身上沒有「血紅蛋白」,



圖22、龍蝦、蝦子、螃蟹的血液因含有血藍蛋白, 在氧合狀態下由銅離子與氧分子結合而呈現藍色色澤

但有「血藍蛋白」(Hemocyanin, 又稱「血青素」, 圖23), 它和「血紅素」分子構造類似, 只是用「銅」元素代替「鐵」元素, 因而這種「血藍蛋白」呈現藍色, 所以你會看到甲殼類動物的血液是藍色的, 而不是紅色。

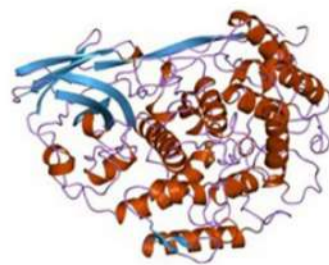


圖23、Hemocyanin又稱「血青素」 © 公有領域

當然, 如果人體的「銅」含量過多, 也就是在肝、腎、大腦等部位造成積聚「銅」過多, 「銅離子」(Cu^{2+}) 會堆積在人體的中樞神經系統, 就容易造成記憶力喪失、易手抖, 也會引起肝硬化和精神失調等疾病。「銅」的排泄主要經由膽汁排出。

通常, 人體有過多「重金屬離子」(即「過渡金屬」離子) 存在, 身體容易出現神經學及血液學的症狀。像是: 容易貧血, (因為「重金屬離子」易沈積在人體骨髓裏, 造成人體造血系統的異常, 以致紅血球、白血球、血小板皆偏低。) 記憶力退化、易手抖。

醫學上有個人體體內「銅」累積過量的遺傳性疾病, 稱為「威爾森氏症」(Wilson's Disease, 圖24)。

其致病的機轉是因體內排除「銅」的功能發生了障礙, 造成「銅離子」(Cu^{2+}) 慢性的堆積於肝細胞內, 進而引發肝的疾病。也就是說, 病患的肝無法代謝身體內的「銅離子」,

以致「銅離子」在他身體上堆積越來越多。若「銅離子」多到跑到眼珠上, 就會在黑眼珠周圍呈現一圈很漂亮的藍色, 這正是「銅離子」的顏色, 稱為「角膜色素環」(簡稱「K-F環」, Kayser-Fleischer Ring, 圖25)。也正因為這時身體內的「銅離子」太多, 會堆積至肝外的組織, 如腦部和腎臟等, 產生肝臟以外的病症, 進而影響



圖24、患有威爾森氏症女孩表現出神經系統症狀 © 公有領域

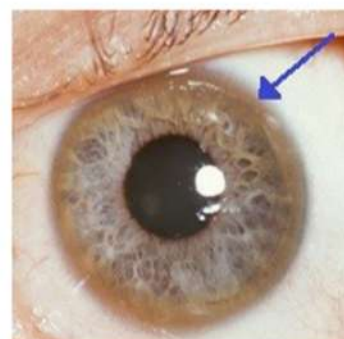


圖25、在威爾森氏症中很常見的症狀, 黑眼珠邊緣呈現藍色的角膜色素環

© CC BY 3.0

29. 「銅」(Cu) 元素的介紹

腦部的功能，故常被誤診為「思覺失調症」(Schizophrenia/Psychosis，或Early Psychosis，簡稱E.A.S.Y)。近年來，造成「威爾森氏症」的缺陷基因已被找到，該缺陷基因所產生的蛋白質是一種肝臟內之運輸「銅離子」的分子，稱為「ATP酶」(ATP7B)，約由1466個「氨基酸」構成此「蛋白酶」。雖是如此，目前尚無辦法可以完全治癒「威爾森氏症」患者，只能緩解。其實，「銅離子」中毒是屬於慢性中毒，要想從人體移除「銅離子」是很困難的。

基本上，一般食物與飲水中所含的「銅」量絕不致於損害健康。而且在食物烹飪過程中，「銅」元素不易被破壞掉。

我們也不必過於擔心體內的「銅」的平衡，因為常見的食物，如魚、肉、蛋類、米糠、豆類、蔬菜類、動物內臟中都含有足量的「銅」，而且在人們體內還有一種專門的「酶」來管理、調節「銅」的代謝，將體內的含「銅」量控制在正常水平。

依據各方面實驗研究結果，世界衛生組織的專家就做出這樣的結論：缺「銅」的危害要比「銅」多的毒性遠大得多。前面就已提到過，少量的「銅」對於患貧血症的人們，會有較良好的影響。從牲畜營養方面所得之經驗，在飼料中加少量「銅鹽」(如：「碳酸銅」， Cu_2CO_3 ，圖26)，對於牲畜的



圖26、碳酸銅 圖片來源：Microsoft, Copilot

「鐵」質吸收，有輔助作用，牛乳產量亦可變多。乳豬有貧血症時，飼料中若僅加「鐵」質不能見效，必須加微量的「銅鹽」才能助其恢復健康。據美國威斯康辛大學(University of Wisconsin)幾位化學家試驗結果，一致認為在人類的營養和牲畜飼料上，「銅」絕對是眾多重要的「微量元素」(Micronutrients)之一。

根據德國柏林衛生學會的研究，認為水中含「銅」量超過每公升3至5毫克(1毫克= 10^{-3} 公克)時，便會有惡劣的味道，可以清楚辨認。因此平常輸水的管子，像是「銅」做的水龍頭以及一切含「銅」的裝置，都可不必顧慮會有「銅」含量過多的問題，因為你若覺得有異味，你是不會喝的，而這異味或許代表著水質含「銅」數量太多。簡單來說，「銅」的味道最叫人難堪，只要吞食「銅」量過多，就可造成口中留有金屬味，容易導致嘔吐，所以要服食「銅」到足以致死的數量，簡直是不可能。

從千萬年前，人類初發現「銅」到現在，「銅」一直以不同面貌、不同的樣式在服務著人類。「銅」可以是裝飾品(圖27)、珠寶、工作機具、油漆附加物、染色劑材料、藥材、殺蟲劑、殺菌劑、電線、管路、電腦、致命武器……等等各方面，皆有「銅」的參與，甚至「銅」就存在你我的血液裏。



圖27、台灣著名藝術家朱銘在太極系列—太極拱門的藝術品亦是利用銅去雕刻而成。

圖片來源：朱銘美術館
<https://www.juming.org.tw>

如果用兩句話來形容「銅」，「低調」和「實幹」恐怕是最貼切的形容詞。「銅」雖然缺乏「金」(Au)的奢華，也不及「銀」(Ag)的張揚，但「銅」的確確是工業界的頂樑柱、實驗室的好當家，「銅」更是人體維持生命所不可或缺的伴侶。從人類的祖先在荒交野外與「銅」初邂逅算起，「銅」這個元素已經陪著我們走過了110多個世紀的風風雨雨，也許人世間最深情的告白莫過於此！

在現今科技世紀裏，「銅」除了繼續扮演上述的種種角色外，一定還有多方面的功能正等著我們好好開發與應用，且讓我們拭目以待！