

20.「鈣」(Ca)元素的介紹

「鈣」存在。例如：「鈣」與水氣反應可生成「氫氧化鈣」($\text{Ca}(\text{OH})_2$)；「鈣」又可與氧反應生成「氧化鈣」(CaO) (圖3)。純金屬的「鈣」相當堅硬，具有所有鹼金屬特有的銀白色光澤。



圖3、氧化鈣，又稱石灰
圖片來源：百度百科



圖4、氫氧化鈣，又稱熟石灰 © 公有領域

對「鈣」的一些化合物來說，相對其化學名稱而言，人們更熟悉「鈣」的俗名。例如：人們稱「碳酸鈣」為「石灰石」。稱「氧化鈣」為「石灰」。稱「氫氧化鈣」為「熟石灰」(圖4)。

「鈣」是英國的戴維爵士(Humphry Davy, 1778-1829, 圖5)於1808年首次分離出來並確定為一種元素。當年戴維將「熟石灰」與「氧化汞」(HgO)混合，用電解法得到「鈣汞合金」，再以



圖5、Humphry Davy, 1778-1829 © 公有領域

蒸餾法除去裏面所含的「汞」(「水銀」)，成功分離出「鈣」。然而，以這個方式所得到的「鈣」並不純，單一元素的「鈣」直到100年後，工業煉製方法研發成功之後才真正被提煉出來。

早在公元1世紀時，羅馬人便開始使用「石灰」這種含「鈣」的化合物。他們稱此種化合物為「Calx」，「Calx」是「石灰」的拉丁文名字，「鈣」現在的名字「Calcium」即由它衍生而來。請注意：戴維是將ium放在

calx字尾上，而創建了「Calcium」這個「鈣」的英文名字。同理可推，幾乎所有金屬元素的英文名字字尾都附上ium，像是Sodium(鈉)、Potassium(鉀)、Strontium(銻)、Magnesium(鎂)、Barium(鋇)等。

純金屬的「鈣」的商業應用很有限，通常經由加熱「氧化鈣」和「鋁」(Al)的混合物來製備少量的金屬「鈣」。

一般的水含有許多礦物質元素，像是「鈣」、「鐵」(Fe)、「鋅」(Zn)、「鈉」(Na)、「磷」(P)、「錳」(Mn)、「鎂」(Mg)等等。水的軟硬程度取決於水裏含有上述礦物質元素的濃度，而主要是指「鈣」和「鎂」元素的濃度。當水裏的「鈣」和「鎂」元素含量越多，水就會越「硬」(hard)，而稱為「硬水」(hard water)。相反的，當水裏的「鈣」和「鎂」元素含量越少，水就會越「軟」(soft)，而稱為「軟水」(soft water)。在洗衣服時，「軟水」會比「硬水」來得好，這是因為「硬水」裏的「鎂離子」(Mg^{2+})和「鈣離子」(Ca^{2+})會和肥皂產生反應，導致所生成的化合物很難溶於水中，變成在洗滌時，不僅不容易洗乾淨、也會浪費肥皂，還有可能使衣服的纖維變脆且易斷，上述反應的結果是削弱了肥皂的去油污能力(圖6)。



圖6、當水中含有「鈣離子」時，會與肥皂反應形成不溶於水的浮渣狀沉澱，因而稱這種水為「硬水」
圖片來源：百度百科、水的世界

如果一個地區的「硬水」中還含有「碳酸氫根離子」(HCO_3^-)，就會帶來另一個問題：當這樣的水受熱後，溶於水中的「碳酸氫根離子」經由化學反應可生成「二氧化碳」(CO_2)氣體和「碳酸根離子」(CO_3^{2-})。由於溫度的升高會使氣體在水中的溶解度變小，所以，加熱後

20.「鈣」(Ca)元素的介紹

可使更多的「二氧化碳」氣體從溶液中跑出來，這樣就促使更多的「碳酸氫根離子」分解為「二氧化碳」和「碳酸根離子」。如果水中含有「鈣離子」，就會形成「碳酸鈣」(CaCO_3)沈澱，這種沈澱會沈積於熱水器爐或熱水管壁上，造成熱水爐或熱水管因阻塞而使口徑變細，水流變小。對熱水爐而言，這種沈澱稱為「水垢」(圖7)，是一個比較嚴重的問題，因為它會阻礙熱傳導有時甚至會造成爆炸、傷害。



圖7、水中含有鈣離子形成碳酸鈣沈澱，這種沈澱稱為水垢

很多含「鈣」的化合物具有非常重要的商業價值，事實上，千百年來，不論建築、雕塑和開發道路都有含「鈣」之化合物的參與。例如：「碳酸鈣」可用作「防腐劑」。把「熟石灰」($\text{Ca}(\text{OH})_2$)和沙子及水混合物可製「砂漿」，當混合物乾燥時，「氫氧化鈣」結晶，「砂漿」硬化，最後「砂漿」與空氣中的「二氧化碳」反應形成異常堅硬的「石灰石」與沙子的混合體。它可用來砌磚，古羅馬人就曾利用「砂漿」建造建築物和修築道路(圖8)。



圖8、砌磚過程

另一種古建築材料是「水泥」。它起源於埃及，在過去的5000年中一直在使用。現在使用的「水泥」多數源於「波特蘭水泥」(Portland cement)(圖9)。它於1824年由



圖9、波特蘭水泥

英國一磚瓦工發明，因其與英國波特蘭島(Isle of Portland)發現的天然「石灰石」很相似而得名。「水泥」由「石灰石」、砂、黏土和「石膏」混合製成，當與水混合後，它硬化成日常生活所見的很多熟悉的建築材料。

「石灰」是一種非常重要的化工產品。它可由加熱「石灰石」得到。「石灰」的早期用途之一是用於戲院照明，當把「石灰」加熱到一定高溫時，它發出一種的藍白色光。在19世紀早期這種光被用來照亮演員，英文片語「in the limelight」(引人注目)即由此而來。

現在「石灰」最重要的用途或許是用來煉鐵。煉鐵工藝通常一開始是先把鐵礦石和「石灰」混合後加入高爐，隨著溫度升高，「石灰」與鐵礦石中的雜質形成玻璃態礦渣，熔化的礦渣流至高爐底部，在熔化的鐵水從高爐中倒出後，礦渣單獨從爐中排出。

此外，「鈣」也存在於「大理石」及「鐘乳石」中。當富含「鈣」原子的大理石浸泡於水中，會溶解出「鈣離子」(Ca^{2+})。若水裏的「二氧化碳」夠多，水裏會形成「碳酸根離

20.「鈣」(Ca)元素的介紹

子⁻ (HCO_3^-)。於是「鈣離子」就和「碳酸根離子」結合，生成「碳酸鈣」(CaCO_3)，當固體的「碳酸鈣」累積過多時，就會形成「鐘乳石」(圖10)。



圖10、石灰石溶洞裏的鐘乳石。鐘乳石從洞頂自上而下成長，而石筆則反其道而行之，從洞底往上長，兩者連成一起為鐘乳石柱。© CC BY-SA 4.0

「石灰石」溶洞裏的「鐘乳石」、「石筆」、「石柱」是給人印象最深的自然景觀之一(圖10)。它經數千年漫長演變而成。當溶有「二氧化碳」而帶有顯微酸性的地下水從岩石縫中流出時，岩石中大量的「石灰石」被溶解掉，如此一來，形成很大的空洞。隨後水中的「石灰石」發生沈澱，形成冰柱狀的「鐘乳石」和「石筆」。「鐘乳石」從洞頂自上而下成長，而「石筆」則反其道而行之，從洞底往上長(如果把「鐘乳石」的英文名「Stalactite」中的字母「c」與頂部「ceiling」聯繫起來。而把石筆「Stalagmite」中的字母「g」與地面「ground」聯繫起來，就很容易記住這兩個英文單字。)

「石灰石」經變質作用形成比較純淨的晶體時，就成「大理石」。「大理石」中含有其它金屬雜質時，就會呈現出美麗的顏色。比如，含「鈷」(Co)的「大理石」成紅色。含「銅」(Cu)的「大理石」顯藍色。含「三價鐵」(Fe^{3+})的「大理石」為灰黑色。含「二價鐵」(Fe^{2+})的「大理石」則呈綠色(圖11)。



圖11、大理石：含「鈷」成紅色；含「銅」(Cu)顯藍色；含「三價鐵」(Fe^{3+})成灰黑色，含「二價鐵」(Fe^{2+})的則呈綠色。

正因為「大理石」由「碳酸鈣」組成，故對「酸雨」很敏感。很多「大理石」建築(如雕塑、房屋柱子)及許多建築物的外觀，如美國華盛頓紀念碑(圖12)和印度的泰姬瑪哈陵(圖13)等，都因「酸雨」而嚴重受損。為了保護名勝古蹟及具藝術價值的建築物免受「酸雨」侵蝕，因此歐美政府正努力採取措施，控制產生「酸雨」的污染(圖14)。



圖12、美國華盛頓紀念碑
© Public Domain



圖13、印度泰姬瑪哈陵
© CC BY 4.0



圖14、大理石由「碳酸鈣」組成，對酸雨很敏感，很多大理石建築因酸雨而嚴重受損

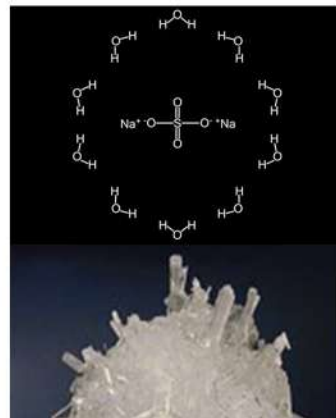


圖15、芒硝是十水合硫酸鈉 ($\text{NaSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 的俗名。© CC0

「芒硝」(圖15)是「十水合硫酸鈉」($\text{NaSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)的俗名，它是一種取自海水的重要無機物。「十水」是指在「芒硝」中每個「硫酸鈉」分子連有10個水分子。「芒硝」這種白堊狀材料於早期地球上的湖泊仍枯乾時就已產生。它在自然界分佈極廣。例如：它是新墨西哥州國家白沙紀念碑的主要構成材料。它還是一種重要的建築材料，用以生產人們常見常用的很多產品。它可以用來生產房屋牆面及天花板用的塗料，以及固定身體斷肢的「石膏」模和藝術雕像的「石膏」模。

「石膏」的用途在於它被加熱時，會失去其中所含部分結晶水這一性能，「石膏」失去水分子後可形成「熟石膏」。當把水加

20.「鈣」(Ca)元素的介紹

入「熟石膏」後，它又形成「芒硝」晶體。這些晶體相互結合形成堅硬的「芒硝」。這個反應進行得很快，反應中會產生大量熱量，因此早期登山者常常攜帶一包「熟石膏」，在高山上加水後，用來取暖或加熱開水或熱熱食物。

有一種著名含「鈣」的化合物叫「熟石膏」，英文叫做「Plaster of Paris」（英文直譯叫：「巴黎的石膏」）。「熟石膏」可經由加熱「石膏」（「石膏」的主成成份是「硫酸鈣」(CaSO₄)），除去結晶水而製得。「熟石膏」最為人熟知的應用就是可以用來保護骨折。歷史上，第一次提到這種保護骨折法，可追溯到約西元975年，由波斯的藥劑師(Abu Mansur Muvaffak Harawi)所寫的书有紀錄。

晶體狀「芒硝」稱「雪花石膏」，它很軟，可以在上面刻畫，因而是進行雕刻的好材料。在磨光後，它呈半透明狀，這使它又平添幾分美麗。

另外，「珍珠」是「鈣」的結晶與有機質層交互堆疊所形成的生物礦化物，其中主要成份是「碳酸鈣」。早年有愛美的女性看到「珍珠」光潔剔透，以為多吃「珍珠粉」肌膚也會有同樣白嫩細緻的功效，但事後證明：這種美化肌膚的效果其實有限。另外，牡蠣殼和貝殼也都含有「碳酸鈣」成份(圖16)。



圖16、珍珠、牡蠣殼的主要成份都是碳酸鈣
圖片來源：中央社，2024/08/16，廢棄蚵殼變黃金
「海毛紗」開拓紡織業新藍海；<https://pixabay.com/zh/photos/pearls-jewelry-necklace-brilliance-2651960/>

「氯化鈣」(CaCl₂)是一種吸水性很強的含「鈣」化合物，可吸收空氣中的水分直至可把自身溶解掉。這類化合物稱為「除濕劑」，很多「除濕劑」都含有「氯化鈣」(圖17)。



圖17、「氯化鈣」(CaCl₂)吸水性很強，可吸收空氣中的水分直至自身溶解掉，可用來當作「除濕劑」。

關於含「鈣」的「合金」較為少見，但有一日常生活就可看的「鈣合金」，就是「鈣」和「鈰」(Ce，原子序第58號)的「合金」，這可用在製作打火機的「火石」。還有其它含「鈣」的日常物，像是「殺蟲劑」就含有「砷酸鈣」(Ca₃(AsO₄)₂)。冰淇淋的「增稠劑」也含有「藻酸鈣」((C₁₂H₁₄CaO₁₂)_n)。焊接金屬時所需要的「乙炔」(C₂H₂)氣體，就是來自「電石」(CaC₂)。維生素藥丸裏含有「葡萄糖酸鈣」(Ca(C₆H₁₁O₇)₂)。

大家都知道，「鈣」在人體中是骨骼與牙齒的成分，成人體內約有1~1.5公斤的「鈣」。「鈣」在骨骼中是以「磷酸鈣」的型態存在，它又被稱為「氫氧基磷灰石」(hydroxyapatite, Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂，簡稱HAP)。雖然也可以用人工的方式合成，但是因為它原本就存在於體內，身體親和性相當高。因此近年來被當成人工骨骼或義齒這種移植組織的材料而備受矚目。順便一提，有研究顯示，如果「鈣」不足的話，會讓人體的神經傳遞及肌肉功能受到不良的影響，造成抗壓性低弱。

人體的軟組織就好比混凝土，必須要由骨骼這種鋼筋來支撐。正因為含有「鈣鹽」，骨骼才十分堅硬，才能擔任起人體支柱的重任。兒童生長時如果缺乏「鈣」

20.「鈣」(Ca)元素的介紹

，就會患「軟骨症」(圖18)，表現成骨頭發軟、並出現雞胸、彎腿等現象，嚴重的還會患「佝僂病」。人到老年後，骨骼硬而脆，極易發生骨折，這是骨骼中「鈣鹽」含量增多之緣故。在一些特殊情況時，重金屬如：「鉛」(Pb)、「鎘」(Cd)等，可引起人體骨頭中毒，其原因就是這些重金屬取代了骨骼中的「鈣」，進而引發各種慢性疾病。



圖18、軟骨症患者

「鈣」還存在於牙齒中。人體的牙齒潔白光亮，是由於牙冠上覆蓋一層乳白色的「釉質保護層」，而它的主要成分就是「鈣」。「釉質層」是人體最堅硬的組織，但對酸性物質缺乏抵抗力，會被口腔中的酸(如乳酸、醋酸)侵蝕。如果平時不注意護齒，一旦不可再生的「釉質層」遭破壞，細菌將長驅直入，這時就會發生蛀牙。

「氟離子」(F⁻)能與「鈣離子」(Ca²⁺)結合，生成不溶於酸的物質，保護「釉質層」免受損害，因此具有預防蛀牙的功能。現在有不少牙膏中加入了「氟化物」，來預防蛀牙。

人體的「鈣」含量約佔體重1.5~2.0%。在人體中，「鈣」原子數目僅次於「碳」(C)、「氫」(H)、「氧」(O)、「氮」(N)等四種非金屬元素。每公斤非脂肪組織中平均約含「鈣」20~25公克。「鈣」在人體內有99%以上都分布在骨骼和牙齒中，其餘不足1%的「鈣」分布在體液及全身各柔軟組織器官中，是多種生理活動的參與者。必須指出：「鈣」的濃度必須保持恆定，不能太高也不能太低，否則會威脅生命安全。

基礎醫學研究已證實「鈣離子」(Ca²⁺)對人體生命的影響極為巨大，或許可以這麼說「人類的健康離不開「鈣」」。

前面說過，除了骨骼和牙齒外，還有少量的「鈣」分佈於人體的體液和柔軟組織中。人體缺少「鈣」，不僅會影響骨骼和牙齒的生長，還會導致神經緊張、脾氣急躁、肌肉麻痺等，大家一定經常在報章、雜誌上聽到「骨質疏鬆症」，就是人體骨質缺少「鈣」元素。其中，「骨鈣」對維持「血鈣」的濃度極為重要，因而「骨鈣」被稱作是人體「鈣」元素的「儲存庫」。當「血鈣」濃度降低時，可迅速動員「骨鈣」補充，此過程稱即為「骨質分解」，反之，「鈣」則會在骨骼內「暫存」。因此像是人體若「低血鈣」的話，會導致腳抽筋。所以攝取足夠的「鈣」質有助於減少肌肉的不正常收縮情形，進而減少抽筋發生。

富含「鈣」的食物很多，像是：芝麻、深綠色蔬菜、洋蔥、黃豆、豆腐、蘿蔔乾、核桃、牛奶、螃蟹等(圖19)，因為「鈣」



圖19、富含「鈣」的食物

可以幫助人體的肌肉、血管的正常收縮及放鬆與維持神經感應能力，並可調節肌肉的張力，因此「鈣」除了可幫助人們的舒壓之外，還可幫助人們增進睡眠品質。

20.「鈣」(Ca)元素的介紹

一般人提到「鈣」會想到「鈣」在骨骼結構上扮演著重要角色。其實，不僅如此，「鈣」還有助於控制心臟跳動的方式，不論是過多的「鈣」或「鈣」缺乏，都可以改變心臟跳動節奏，導致嚴重的心臟問題。還有「鈣」還具有控制人體肌肉及神經的功能。

牛奶中含有「鈣」和「磷」(P)兩種相輔相成的重要元素，而且兩者在牛奶中的比例適當，使人體溶液易於將之吸收和利用。人體需要「鈣」來保持肌肉功能正常以及牙齒與骨骼強固。而「磷」則是幾乎所有新陳代謝作用——包括心臟和肌肉收縮、消化作用和細胞能的傳送——所必需的。但吃進的食物若同時有「鈣」和「磷」不均衡的話，「鈣」和「磷」會在胃腸裏結合，形成「鈣磷結合劑」，很快的直接從大便排出去，造成人體本身無法同時吸收到「鈣」和「磷」元素。因此在喝牛奶或吃含「鈣」量多的食物時，切記避免同時也吃蛋糕、洋芋片、甜點、漢堡、可樂、珍珠奶茶等含「磷」量相當高的食品，因為它們會阻止人體吸收「鈣」元素。故若想要吃「鈣片」補骨骼的話，一定要戒掉零嘴食品、有色碳酸飲料及各種加工類食品。

根據「台灣衛福部」研究顯示，「鈣」元素為國人攝取狀況最差的必要元素。4歲以上國人的「鈣」攝取量均未達每日建議量。衛福部曾建議國人每天吃的食品的「鈣、磷」比最好是「1.3：1」，這樣吃才會身體健康，例如：一天要吃1000毫克(1毫克=10⁻³公克)的「鈣」及800毫克的「磷」。

特別要注意的是，人體若要補「鈣」用以強健骨骼，則必須吃進的食物裏同時含有「鈣」及維他命D及「鎂」三種(圖20)。這是因為「鈣」在腸胃道裏面，一定要有維他命D的存在，才可幫助人體吸收到「鈣」(否則，單純只



圖20、市面販售的維他命D、鈣片
圖片來源：Microsoft, Copilot

補「鈣」，不吃維他命D，腸胃道無法吸收「鈣」，吃進來的「鈣」就會隨著排泄物出去)。另外，吃進人體的「鎂離子」(Mg²⁺)可以有助於活化維他命D(因為維他命D從非活性轉到活性的時候，須要「鎂離子」的參與)，上述三樣「三管齊下」才可真正幫助人體的小腸去吸收「鈣」。

「鈣」有6種天然存在的「同位素」：「Ca-40」、「Ca-41」、「Ca-42」、「Ca-43」、「Ca-44」和「Ca-48」，這些「同位素」沒有放射性。雖是如此，另外有2種自然界沒有、必須人工製造的「鈣」同位素，因為都具有放射性，故常被用在研究和醫學上。其中一個是「Ca-45」，它常被拿來偵測玻璃材料、清潔劑及一些洗手台的研究追蹤劑。另一個是「Ca-47」，為了解人體骨骼方面及調節神經的訊息，醫生會用「Ca-45」或「Ca-47」注入人體血液內，然後追蹤其所放出的輻射線，進而了解「鈣」在製造骨骼及神經系統傳輸上所扮演的角色。

從上面的介紹裏，可以了解到「鈣」在人類的生活是不可或缺的化學元素，「鈣」同時也是一般人最為熟知的化學元素之一。雖然我們常說「氫」、「氧」、「氮」、「碳」等等化學元素是地球上生物的生存必需元素。希望大家也都能夠多多重視「鈣」對整個大自然所扮演的角色及影響，因為從生命的開始到生命的結束，人人都不能一天缺少「鈣」。