



■ 蘇明德

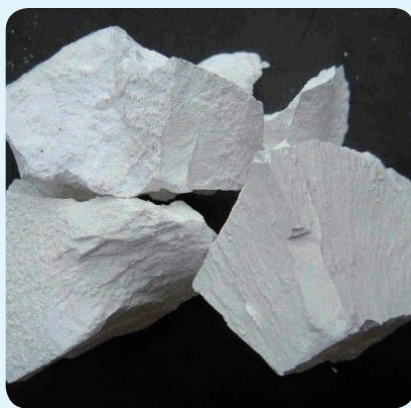
鈣的自述

我—「鈣」是眾所周知且人體不可或缺的重要元素，
但你可知道，少了鈣，
你可能會焦躁不安，而且睡眠品質差！

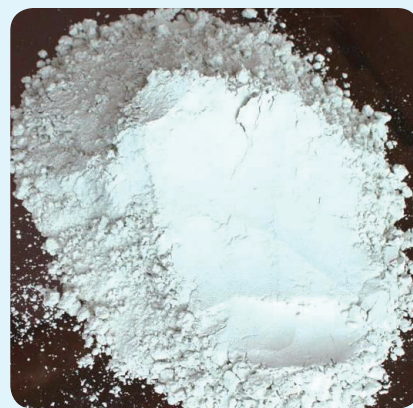




碳酸鈣，又稱石灰石。



氧化鈣，又稱石灰。



氫氧化鈣，又稱熟石灰。

除了氫、碳、氮、氧、氯、鐵、金、銀、銅、汞（水銀）等化學元素外，我—「鈣」大概在一般人耳熟能詳的元素裡排第十一名。一提到我，多數人會很快聯想到和骨頭有關。

鈣是地殼中含量最豐富的第五種元素，又是人體裡第五個含量最多的元素，也是大部分生物組織必需的重要營養元素。人的牙齒和骨骼中含有鈣，海洋生物的殼體由碳酸鈣構成，例如堅硬的巴拿馬珊瑚礁和佛羅里達暗礁。當這些珊瑚組織死後，殼體沉澱形成遍布地球的石灰石礦藏，石灰石的主要成分就是碳酸鈣。

鈣異常活潑，在自然界沒有游離態的鈣存在。鈣與水汽反應可生成氫氧化鈣（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ），又可與氧反應生成氧化鈣（ CaO ）。純金屬的鈣相當堅硬，具有所有鹼金屬特有的銀白色光澤。

對鈣的一些化合物來說，相對其化學名稱，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。

鈣既是人體必需的營養元素，也是廣為人知的元素。鈣是戴維爵士（Humphry Davy, 1778–1829）於1808年首次分離出來，



戴維爵士於1808年首次分離出鈣，並確定它是一種元素。

並確定是一種元素。當年戴維把熟石灰（氫氧化鈣）與氧化汞混合，以電解法得到鈣汞合金，再以蒸餾法除去裡面所含的汞，成功分離出鈣。然而，以這個方式所得到的鈣並不純，單一元素的鈣直到一百年後，工業煉製方法研發成功之後才真正提煉出來。

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。他們稱這種化合物為「calx」，「calx」是石灰的拉丁文名字，我現在的名字 calcium 就由它衍生而來。請注意：戴維是把 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。純金屬鈣的商業應用很有限，通常經由加熱氧化鈣和鋁的混合物製備少量的鈣。

很多水源中含有溶解的鈣離子（ Ca^{2+} ），鈣離子是鈣原子失去兩個電子後得到的，帶兩個單位正電荷，在這種情況下鈣離子易與其他化學基團反應。鈣離子屬於「硬離子」之一，因為鈣離子會使水質變硬。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」，上述反應的結果是削弱了肥皂的去油汙能力。

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，因此加熱後可使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 ）沉澱。

這種沉澱會沉積在熱水爐或熱水管壁上，造成熱水爐或熱水管因阻塞而口徑變細，水流變小。對熱水爐而言，這種沉澱稱為水垢，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。

很多含鈣的化合物具有非常重要的商業價值，其實千百年來不論建築、雕塑或開發

道路都有鈣化合物的參與。例如：碳酸鈣可用作防腐劑；把熟石灰和沙子及水混合可製成砂漿，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。

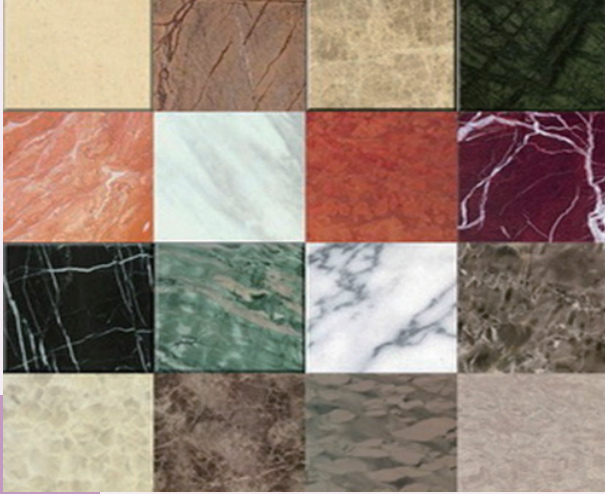
另一種古建築材料是水泥，它起源於埃及，在過去的 5,000 年中一直在使用。現在使用的水泥多數源於「波特蘭水泥」（Portland cement），它於 1824 年由英國一磚瓦工發明，因其與英國波特蘭島（Isle of Portland）發現的天然石灰石很相似而得名。水泥由石灰石、砂、黏土和石膏混合製成，當與水混合後，硬化成日常生活所見熟悉的建築材料。

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，它發出一種藍白色光。在 19 世紀早期，這種光用來照亮演員，英文片語「in the limelight」（引人注目）就由此而來。

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，熔化的鐵水從高爐中倒出後，礦渣單獨從爐中排出。

當富含鈣原子的大理石浸泡於水中，會溶解出鈣離子（ Ca^{2+} ）。若水裡的二氧化碳夠多，會形成碳酸根離子（ 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。

石灰石溶洞裡的鐘乳石、石筆、石柱是給人印象深刻的自然景觀，經數千年漫長演變而成。當溶有二氧化碳而呈微酸性



大理石含鈷成紅色，含銅顯藍色，含三價鐵成灰黑色，含二價鐵呈綠色。



石灰石溶洞裡的鐘乳石從洞頂自上而下成長，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。

的地下水從岩石縫中流出時，岩石中大量的石灰石被溶解，而形成很大的空洞。隨後水中的石灰石再沉澱，形成冰柱狀的鐘乳石和石筆。鐘乳石從洞頂自上而下成長，石筆則反其道而行之，從洞底往上長。

石灰石經變質作用形成比較純淨的晶體時，就成為大理石。大理石中含有其他金屬雜質時，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+} ）的則呈綠色。

大理石由碳酸鈣組成，對酸雨很敏感，很多大理石建築（如雕塑、柱子）及許多建築物的外觀都因酸雨而嚴重受損。為了保護名勝古蹟以及具藝術價值的建築物免受酸雨侵蝕，歐美政府正努力採取措施，控制產生酸雨的污染。

芒硝是「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」這種白堊狀材料在早期地球上的湖泊枯乾時就已產生，在自然界分布很廣，例如它是新墨西哥州國家白沙紀念碑的主要構成材料。



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。

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，其中主要成分是碳酸鈣。

它還是一種重要的建築材料，用以生產很多常見常用的產品。它可以用來生產房屋牆面及天花板用的塗料，以及固定身體斷肢和藝術雕像的石膏模。

石膏的用途在於加熱時，會失去其中所含部分結晶水形成熟石膏。當把水加入熟石膏後，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熟食物。

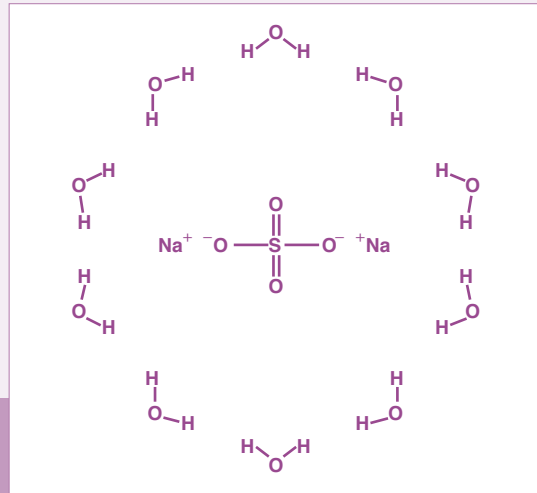
熟石膏是著名的含鈣化合物，英文叫做 plaster of paris (英文直譯叫：巴黎的泥漿)。熟石膏可經由加熱石膏（主成成分是硫酸鈣 (CaSO₄)），除去結晶水而製得。熟石膏最為人熟知的應用就是可以用來保護骨折，歷史上第一次提到這種保護骨折法，可追溯到約西元 975 年，由波斯的藥劑師 (Abu Mansur Muvaffak Harawi) 所寫的書有記錄。

晶體狀芒硝稱雪花石膏，它很軟，可以在上面刻劃，因而是雕刻的好材料。磨光後呈半透明狀，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，其中主要成分是碳酸鈣。另外，牡蠣殼和貝殼都含有碳酸鈣成分。

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到把自身溶解掉。這類化合物可做為除溼劑，很多除溼劑都含有氯化鈣。

關於含鈣的合金較為少見，但有一日常生活就可看到的鈣合金，就是鈣和鈾 (cerium) 的合金，這種可用於製作打火機的火石。還有幾種含鈣的日常物，像是殺蟲劑就含有砷酸鈣 (Ca₃(AsO₄)₂)；



芒硝是十水合硫酸鈉的俗名



珍珠、牡蠣殼的主要成分都是碳酸鈣。

冰淇淋的增稠劑含有藻酸鈣；焊接金屬時所需要的乙炔氣體，就是來自「電石」(CaC_2)；維生素藥丸裡含有「葡萄糖酸鈣」($\text{Ca}(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7)_2$)。

大家都知道，鈣在人體中是骨骼與牙齒的主要成分，成人體內約有 1 公斤的鈣。鈣在骨骼中是以「磷酸鈣」的型態存在，它又稱為「氫氧基磷灰石」(hydroxyapatite, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ，簡稱 HAp)。它可以用人工的方式合成，因為原本就存在於體內，身體親和性相當高，因此近年來被當成人工骨骼或義齒而備受矚目。順便一提，有研究顯示如果鈣不足，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。

鈣是人體或動物骨骼的主要成分，人體的軟組織就好比混凝土，必須由骨骼這種鋼筋來支撐。正因為含有鈣鹽，骨骼才十分堅硬，才能擔當起人體支柱的重任。兒童生長時如果缺乏鈣，就會患軟骨症，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，易發生骨折，這是骨骼中鈣鹽含量增多的緣故。在一些特殊情況時，重金屬如鉛、鎘等，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。

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，細菌會長驅直入，這時就發生蛀牙。氟能與鈣離子 (Ca^{2+}) 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。現在有不少牙膏加入了氟化物來預防蛀牙。



氯化鈣吸水性很強，可吸收空氣中的水分直到自身溶解掉，可用來當作除溼劑。（圖片來源：種子發）

人體的鈣含量約 1~1.25 kg，占體重 1.5~2%，鈣原子數目僅次於碳、氫、氧、氮 4 種非金屬元素。每千克非脂肪組織中，平均約含鈣 20~25 g。鈣在人體內 99% 以上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對人體生命的影響非常巨大，或許可以這麼說「人類的健康離不開鈣」。

除了骨骼和牙齒外，還有少量的鈣分布在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、雜誌上聽到骨質疏松症，就是人體骨質缺少鈣元素。其中，骨鈣對維持血鈣的濃度非常重要，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，這過程稱就是「骨質分解」。反之，鈣會在骨骼內暫存。

富含鈣質的食物



芝麻



洋蔥



黃豆
(圖片來源：種子發)



豆腐



核桃



牛奶
(圖片來源：種子發)

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。由於鈣質可以幫助人們的肌肉、血管、神經的收縮及放鬆，因此除了可幫助人們舒壓外，還有助於增進睡眠品質。

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，都會改變心臟跳動節奏，導致嚴重的心臟問題。鈣還具有控制人體肌肉及神經的功能。

牛奶中含有鈣和磷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，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。

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。卻有兩種自然界沒有、人工製造的鈣同位素，因為都具有放射性，常用在研究和醫學上。其中一個是

Ca-45，常拿來偵測玻璃材料、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，可以了解鈣在人們的生活中是不可或缺的元素。希望能夠多多

重視我—「鈣」，千萬不要忽視我時時就在你身邊。

蘇明德

嘉義大學應用化學系 /
高雄醫學大學醫藥暨應用化學系

深度閱讀資料

蘇明德（2016）氟的自述，科學發展，**528**，32–42。

蘇明德（2018）磷的自述，科學發展，**549**，55–62。

