



館訊

406

發行人/焦傳金
國立自然科學博物館發行
40453臺中市館前路1號
Tel +8864.2322.6940
ISSN: 16825225 GPN: 200750037

p2	p3	p4	p5	p6	p7
漂浮的海綿——綠島公館鼻的藍鰭刺刀魚	清水·中社遺址的考古遺物	疫情休館下，科學博物館的線上教育活動與教育人員不一樣的日常！	植物園組織培養室的蘭花繁殖與保育工作	濁水溪與螺溪石	標本觀察記——荔枝椿象篇

國立自然科學博物館，除了臺中市北區的本館館區外，尚包括位在霧峰區的「921地震教育園區」、南投縣鹿谷鄉的「鳳凰谷鳥園生態園區」及竹山鎮的「車籠埔斷層保存園區」。各區除了生動有趣的常設展及特展之外，尚包括世界級的現地保存遺址、戶外的現生動植物活體展示及大自然景觀，呈現出豐富、多元的博物館面貌，歡迎您的光臨！

超級比一比——水星與衛星的相似與相異

文—林志隆

水星是太陽系八大行星中最靠近太陽的一個，也是最小的一個。它因為最靠近太陽，所以公轉速度也最快，在星座間的移動變化也最明顯，因此在西洋（羅馬）神話裡被想像成在眾神之間來回穿梭的傳令兵，英文稱為 Mercury。

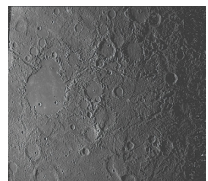


圖1 許多人看這樣的照片第一眼直覺它是月球表面，其實這是水星表面一個叫做古怪地形(Weird Terrain)的地方。但是它和月表其實沒什麼差別，上面密布著形狀完整的隕石坑，顯示這個環境不但沒有風化和雨水侵蝕，也沒有什麼地質活動。(美國太空總署 JPL 實驗室提供)

作者以前喜歡在演講場合突然放出一張照片給大家猜那是誰？最常放的就是水星，而最多人猜的是月球，因為大家看到滿滿的坑洞，第一個想到的大概就是月球。水星的外觀和月球的確很類似，表面都布滿隕石坑，所以最常被認錯。不過這一招現在很難騙得到人了，顯然這些年我們的天文科普工作做得非常成功。

水星上這些大小坑洞顯示它的地質活動已經停滯了很久，顯然它的核心已經冷卻變硬很長時間（數十億年）。相較之下像地球這種核心還是熔融狀態，表面的固態地殼只有約100公里厚的星球，隕石坑很快就會被地質（板塊）活動給磨蝕掉了。

水星和地球最大的差別當然是大小，水星直徑才4880公里左右，只有地球的38.7%左右。從物理上來說，行星儲存的能量（核心的放射性物質衰變產熱不算的話）是看體積（半徑的3次方），散熱是看面積（半徑的2次方）。想像兩個邊長100公分(A)跟10公分(B)的立方水槽上面各挖一個邊長10公分跟1公分的洞。假設漏水的流速一樣，雖然B的漏水速度（洞的面積）只有A的1/100，可是卻會比A先漏光，因為A裡面的水是B的1000倍。所以，體型太小的行星跟衛星很多在誕生後很快就冷掉、硬掉了，至於更小的行星或矮行星就更不用說了。我們可以這樣比喻，A是一個有1000,000元資產的人，他每天花100元要花1萬天才花得完；B是一個有1,000元資產的人，他就算每天只花1塊錢，1000天也就花光了。所以在沒有額外的能源補充（稍後會提到一個木星的衛星埃歐Io）的情況下，越小的星球越快冷卻、變硬。

除了散熱速度之外，還有許多因素會影響星球

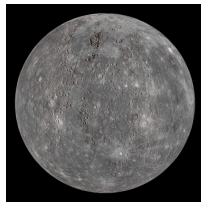


圖2 水星的整體照片，看起來跟月球背向地球那一面很像，但是上面很少有像月球面向地球這一面的月海那樣的巨大隕石坑，顯示它也是隕石撞擊不斷。(美國太空總署 JPL 實驗室信使號計畫提供)

內部的溫度與狀態，其中一個很重要的因素是放射性元素的量。以地球來說，最重的元素（例如鈾元素）會沉到地核最中心的地方，越輕的就被排擠到越外面，甚至最輕的氫元素如果不跟其他重的元素結合的話，很容易就會被太陽風從大氣層最上端吹出去了。而在地核最中心有許多最重的天然元素鈾238，它們的半衰期長達45億年，會慢慢衰變放出能量為地核保持溫度，所以現在的地核中心都還有攝氏大約6000度的高溫。因為溫度這麼高，所以地球只有表面薄薄一層（平均約100公里厚）的岩質硬殼漂在軟爛流動的地函岩漿之上，就好像熱豆漿表面吹涼之後漂了一層薄薄的豆皮一樣，稍微動一動就會皺掉而出現褶痕。

相對來說，水星因為小，在形成過程中所收集到的這種放射性燃料少，由此而來的能量也就少，所以很快就冷掉了。這樣的水星或其他類似大小的星球就好像涼掉的燒仙草一樣，不是只有表面結一層薄皮而已，而是整個都凝成像果凍的狀態。

讓我們做一個小小的實驗，比較只有一層薄皮跟凍成一團的物質狀態，如果我們在物質上面戳幾個洞來模擬隕石撞擊，流質的豆漿馬上會湧過來填補這些洞，而且過一會兒又會結出一層新的薄皮，若又被風吹漂移則甚至可能擠出一道道皺褶，而原先豆皮上的戳洞，就被擠壓埋藏在這些皺褶底下而很難看得出來了。可是，對於那些果凍狀態甚至已經硬得像豆乾一樣的星球表層，我們在上面戳幾個洞，洞不會馬上被填補也不會被磨滅掉，這些痕跡可能就這麼留存千百萬年甚至數億、數十億年，除非遇到了一個更大的隕石砸在同樣位置造成了更大的新隕石坑。

可是、可是、可是，科學上最有趣的就這個可是了。在1979年3月初，航海家行星探測船飛越木星軌道時也順便拍了四大衛星的圖片，從照片上看木衛一埃歐(Io)表皮還挺光滑的，坑洞比月球或水星這些少了非常多，可是它的平均半徑才3642公里，只比月球大一點點，甚至還比水星小多了。而且，NASA的科學家在分析照片時還發現埃歐表面有一些怪東西，一開始以為是新發現的木衛，後來才發現竟然是埃歐表面有東西噴發出來，就跟地球的火山活動一樣。可是這麼小的

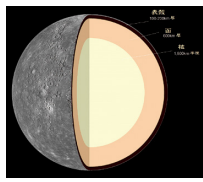


圖3 水星的構造圖，水星直徑只有地球38.7%，表殼厚度卻比地球還要厚，所以內部熔岩流已經不太推得動表殼，也因此幾乎沒有像地球上的板塊活動了。(信使號計畫提供)

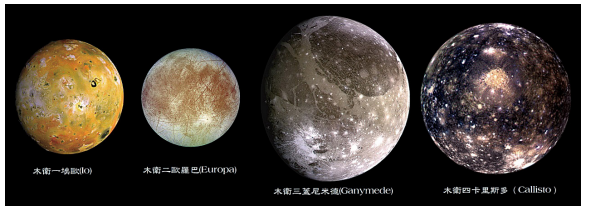


圖4 木星的4顆大衛星，俗稱伽利略衛星。由左而右依序是木衛一埃歐(Io)、木衛二歐羅巴(Europa)、木衛三蓋尼米德(Ganymede)和木衛四卡里斯多(Callisto)。其中木衛三直徑甚至比水星多將近400公里，木衛四的直徑也才比水星小幾十公里，但是因為它們環繞的是一顆行星，所以分類上只能算是衛星。它們上面的隕石坑沒有像水星那麼多而明顯，主要是因為它們表層覆蓋著厚厚的水冰，歐羅巴的冰層厚度甚至估計達到100公里以上，加上潮汐力使它們內部保持溫熱而有活力，所以隕石撞擊的痕跡難以維持太久。(圖取自NASA網站)

星球不是核心早該冷掉、硬掉了嗎？為什麼還會有火山這種激烈的地質活動存在？這讓科學家們頭上滿滿都是問號。

很多科學研究的起源都是「現象學」，意思是我們看到了某種現象，於是就會想一些說法（理論）來解釋它的規則和成因。既然觀測上的確看到了衛星上這種噴發現象，理論科學家就得設法找個說法來解釋它。正好在航海家抵達之前有幾位科學家（S. J. Peale, P. Cassen 和 R. T. Reynolds）曾推算埃歐因為離木星太近，加上旁邊就有一顆直徑比水星還要大幾百公里的木衛三蓋尼米德(Ganymede)，在彼此重力互相干擾下，埃歐會被其他兩個的重力潮汐作用不斷搓圓揉扁，這些蹂躪它的外力就變成源源不絕提供它能量，維持它內部溫度的來源。

話題回到水星，水星雖然繞著引力更強的太陽轉，可是它旁邊不像埃歐有著蓋尼米德這樣的大同伴，所以缺乏足夠的能量補充而無法維持內部高溫。它冷卻結塊的表殼厚度目前推算在100-200公里之間（有的估計到300公里厚），遠高於直徑是它2.5倍多的地球表殼厚度（平均約100公里），所以核心的激動已經掀不起表殼的波瀾，因而讓隕石撞擊表面所形成的坑洞能夠長久保持。加上水星因為引力太小，又靠太陽太近，所以水和空氣這些不夠穩重的物質都承受不了猛烈太陽風吹襲而被吹走，所以也不會像地球上水流侵蝕和風的吹拂，就讓水星表面的樣貌可以維持非常長久的時間。

水星是太陽系最小的行星，以前還有個更小的冥王星墊底，但是2006年冥王星被踢出行星家族之後就換它墊底了。由於它是最靠近太陽的一顆行星，觀測者必須在日出前或日落後天空還亮的情況下，在地平線附近尋找，所以觀測上有一點難度，通常只有在它離太陽最遠的東大距或西大距前後才容易找到。最近的下一次適合觀測的時間是9月14日的西大距（傍晚）將達到離太陽26.8度，有興趣的讀者不妨在那前後的傍晚時分，試著往西方天空找找看。