

為何水星是一顆根據人類理論本不該存在的行星

水星長久以來讓天文學家困惑：它比理論上應有的體積更小，與太陽的距離也比理論應有的近得多——它違背了我們對行星形成的大部分認知。一項預計在2026年到來的太空任務，或許能解開這個謎團。

乍看之下，水星可能是太陽系中最乏味的行星。它荒蕪的表面缺乏顯著特徵，沒有過去存在水的證據，大氣層也極為稀薄。生命存在於它炙熱的隕石坑中幾乎不可能。然而，仔細觀察，水星卻是一個令人著迷、充滿謎團的世界。

行星科學家對太陽系中最靠近太陽的行星存在感到困惑。這顆奇特的行星非常小，質量僅為地球的二十分之一，寬度幾乎與澳大利亞相當。然而，由於擁有巨大的金屬核心，水星是太陽系中僅次於地球的第二高密度行星。

水星的軌道緊貼太陽，也處於一個天文學家難以解釋的位置。所有這些現象指向一個關鍵問題：我們完全不知道水星是如何形成的。從理論上看，這顆行星根本不該存在。

「這有點令人尷尬，」法國波爾多大學行星形成與動力學專家尚恩·雷蒙德（Sean Raymond）說，「我們缺少某個關鍵的細節。」

水星的起源、形成過程以及它為何呈現如今的樣貌，是太陽系最重大的謎團之一。

而答案或許即將揭曉了。歐洲和日本合作的「貝皮科倫坡號」（BepiColombo）於2018年發射，目前正前往水星。這將是十多年來首次有探測器造訪水星。它預計在2026年11月進入軌道，儘管途中因推進器問題延誤，核心任務之一就是弄清水星的起源。

了解水星的形成，不僅對理解太陽系的起源至關重要，也有助於研究其他恆星周圍的行星——系外行星。

「水星可能是我們擁有的最接近系外行星的行星，」美國麻省理工學院行星科學家薩里奧·坎比奧尼（Saverio Cambioni）說，「它是一個令人著迷的世界。」

1974年和1975年，美國太空總署（NASA）的「水手10號」（Mariner 10）探測器三次飛掠水星，當時太空人就意識到有些事情不對勁。這是人類首次造訪太陽系最內側的行星，這些飛掠提供了水星的初步重力測量，首次讓我們窺見水星的內部結構，並揭示其異常的內在組成。

地球、金星和火星都有富含鐵的核心，約占行星半徑的一半。在地球上，核心分為固態的內核與液態的外核，兩者的運動產生保護地球的磁場。核心之上是地幔，再上面是我們居住的地殼。

水星則完全不同。它的核心約占半徑的85%，僅覆蓋一層薄薄的岩石地幔與地殼。這正是水星高密度的原因，但為何它的結構會如此仍不清楚。

「水星的形成是一個重大問題，」德國航空太空中心行星科學家尼古拉·托西（Nicola Tosi）說，「我們仍不清楚水星為何呈現這樣的樣貌。」

後來，美國太空總署的「信使號」（Messenger）在2011至2015年間環繞水星，卻帶來更多疑問。水星距太陽僅3600萬英里（6000萬公里），白天溫度可高達430°C（800°F），夜晚則降至-180°C（-290°F）。

然而，儘管溫度如此極端，「信使號」發現水星表面存在揮發性元素，如鉀和放射性鉍，這些物質理應早已被太陽輻射蒸發。此外，還發現複雜分子如氫，甚至在水星極地陰影隕石坑中發現水冰。

這些發現進一步強化了水星「本不屬於目前位置」的觀點。天文學家長期困惑於水星在太陽系中的位置，因為我們認為在這個區域不可能形成像水星這樣的行星。

理論認為，在水星存在的最初1000萬年間，這顆「原始水星」曾遭遇一個巨大的天體撞擊，可能是一顆火星大小的行星。這次撞擊剝離了水星的外層——地殼和地幔，只留下富含鐵的核心，形成了我們今天看到的水星。

法國尼斯蔚藍海岸天文台的行星動力學專家亞歷山德羅·莫比德利（Alessandro Morbidelli）表示，這種解釋目前最受天文學家支持。他說：「普遍的解釋是，水星遭受了一次巨大的撞擊，移除了大部分地幔。」

這次撞擊必須是「擦撞」，沒有完全摧毀水星。然而，雖然早期太陽系中撞擊頻繁，但要剝離如此大量的物質，需要超過224000英里/小時（約每秒100公里）的高速碰撞，根據薩里奧·坎比奧尼的說法，這種情況被認為不太可能，因為大多數天體在太陽周圍運行時速度相近，類似於環形道路上的車輛。

此外，這樣的撞擊理應剝離水星的揮發性元素，包括鉍，但「信使號」卻檢測到它們仍存在，這使得理論更加複雜。它們是如何在如此劇烈的撞擊中倖存的？

即使沒有撞擊，也不清楚這些元素為何仍存在於水星上。「如此接近太陽的天體不應該富含揮發性物質，」英國公開大學（The Open University）行星地質學家大衛·羅瑟里（David Rothery）說——他共同領導「貝皮科倫坡號」上的水星X射線光譜儀（MIXS）研究，該儀器將分析水星的揮發性元素，「那麼，水星是否起源於更遠的位置？或者形成水星的物質是否來自更遠的地方？」

另一種假說認為，水星並非被撞擊，而是撞擊者本身，曾與另一顆行星（如金星）發生「擦撞」，然後停留在目前的位置。這種「撞了就跑」的碰撞更容易解釋水星為何失去大量質量。比利時魯汶天主教大學的行星地質學家奧利維耶·納穆爾（Olivier Namur）說：「如果水星是撞擊者而不是被撞擊者，解釋起來更容易。」

我們知道，像太陽系這樣的行星系統起初是一個環繞恆星的塵埃與氣體盤。行星逐漸在這個盤中開闢空隙，並在吸收更多物質後成長。但根據行星形成模型，水星與金星的距離過大，無法合理解釋其形成。

無論動力學家如何調整參數，都無法讓模型產生像今天的水星。「這真讓人頭痛，」尚恩·雷蒙德說，「結果是完全沒有水星。」

天文學家花了多年時間改進模型並測試假說，提出了幾個主要理論。其中最多討論的一個是：水星曾經大得多，可能是現在的兩倍，甚至接近火星大小，並且可能在更遠離太陽的地方運行。

這一理論得到水星表面鉀和鈷含量的支持，因為這些元素與火星的成分更為接近，而火星形成於距太陽更遠的位置。

它並不是早期太陽系中唯一的「行星級炮彈」。我們的月球被認為是由一顆火星大小的天體「忒伊亞」（Theia）撞擊早期地球後形成的，當時剝離了大量物質。

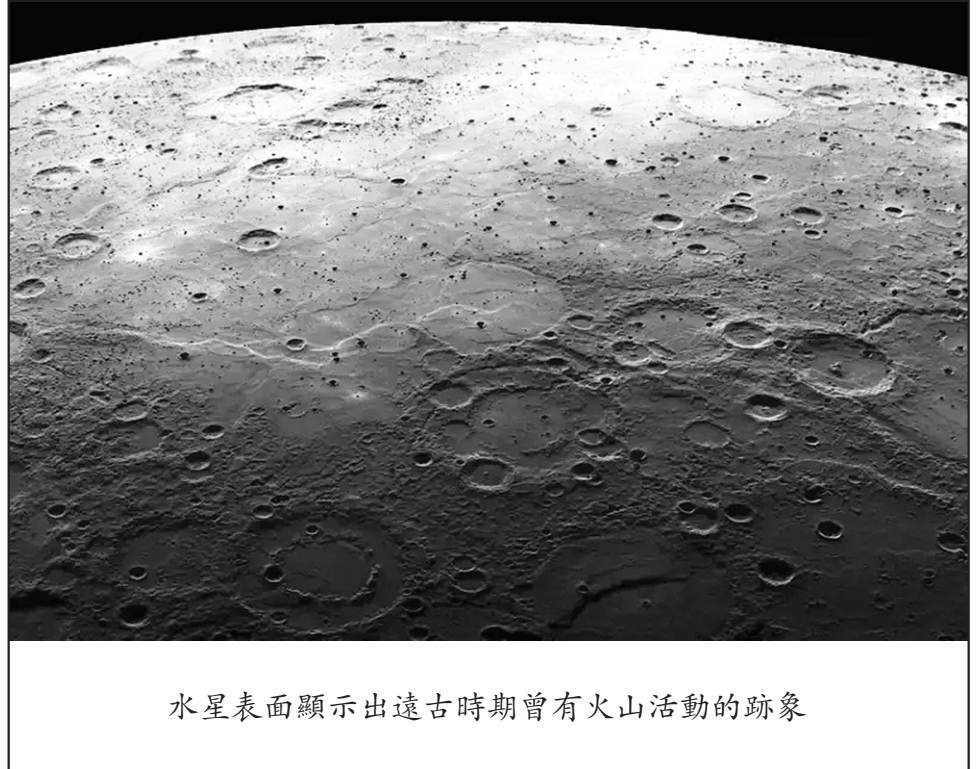
在任何水星撞擊的假說中，仍有一個問題：為何被拋入太空的岩石碎片沒有重新落回水星，或形成衛星（水星沒有衛星）？

一種可能的解釋是一個叫「碰撞研磨」（collisional grinding）的過程，即水星被拋出的物質逐漸被磨碎成塵埃，然後被太陽風的猛烈轟擊吹散。

加拿大多倫多大學行星形成專家珍妮佛·斯科拉（Jennifer Scora）說：「碰撞研磨指的是碎片彼此摩擦，逐漸分解成越來越小的顆粒。最終，你會得到一顆更小、更高密度的水星。」然而，她指出，要讓這個過程奏效，所需的研磨速率非常高，可能遠超我們預期。

另一種情況是，根本沒有發生巨大撞擊，而是水星確實由靠近太陽、富含鐵的物質形成。

傾向於這種可能的瑞典隆德大學行星形成專家安德斯·約翰森（Anders Johansen）認為，水星形成於太陽系中比其他行星更熱的區域，年輕的太陽釋放的能量蒸發了水



水星表面顯示出遠古時期曾有火山活動的跡象

星位置的大部分輕質塵埃，只留下較重、富含鐵的物質凝聚成行星。他說：「這樣就能形成一顆富含鐵的行星。」

但問題在於，如果這理論成立，為何水星沒有繼續增長，而是停留在目前的大小？「周圍應該有大量物質，」約翰森說，因此不清楚為何我們最終只得到一顆如此小的行星。

在其他恆星周圍，我們確實觀測到類似水星的更大版本，被稱為「超級水星」（Super Mercuries）。這些行星富含鐵，密度高，比地球更大、更重，但仍擁有巨大的鐵核心。我們尚未發現與水星大小相同的行星，原因是它們太小，難以在母恆星的強光和引力影響下被探測到。

根據觀測，超級水星在銀河系中可能相當普遍。坎比奧尼說，它們可能佔所有行星的10%至20%。這帶來新的問題：像水星一樣，我們不知道它們是如何形成的——例如，它們太大，無法通過任何撞擊理論形成。「它們的普遍性令人不安。」坎比奧尼說。

還有另一種理論認為，水星的形成與內行星的遷移有關。在某個太陽系模型中，水星、金星、地球和火星可能最初形成於太陽周圍的兩個不同物質環。雷蒙德說，地球和金星水星一起形成於內環，後來因質量較大而「遷移離開，留下水星」。

牛津大學行星動力學專家馬特·克萊門特（Matt Clement）的模擬顯示，岩質行星可能最初在水星目前軌道內形成，然後向外遷移。「水星被排除在外，並耗盡了物質，」他說。這一理論無法完全解釋水星為何擁有如此大的核心，除非它移

動到富含鐵的區域，但它確實能解釋水星的大小及與金星的距離。「我認為必須有遷移過程。」克萊門特說。

此外還有一些更奇特的假說。例如，水星可能不是典型的岩質行星，而是類似木星的氣體巨行星的裸露核心，其大氣層被剝離。雖然這種想法曾被提出，但坎比奧尼認為不太可能：「要剝離木星大小行星的大氣層非常困難，因為它們擁有巨大的引力。」

所有這些理論為天文學家提供了許多線索，但仍未達成共識，水星究竟是如何形成的。「貝皮科倫坡號」（BepiColombo）或許能帶來一些答案。

當這項任務——事實上是由歐洲太空總署（ESA）與日本太空總署（JAXA）共同操作的兩艘探測器——進入水星軌道時，兩艘探測器將分離，並利用儀器繪製水星表面的組成圖，同時研究該行星的重力、微弱的磁場，以及其他觀測數據。

「貝皮科倫坡號將進行額外測量，幫助我們了解這顆行星的起源。」德國航空太空中心行星科學家尼古拉·托西（Nicola Tosi）說。特別重要的是，探測器將揭示水星表面與地下的組成。「了解這些組成能限制（對）行星形成過程（的猜測）。」托西補充道。

如果水星曾經更大，後來被剝離，那麼它應該曾擁有一層暫時熔融的地幔——一片巨大的岩漿海洋，今天我們可能仍能找到其痕跡。「這種固化方式有特定特徵，」托西說，而貝皮科倫坡號可以尋找這些證據。（BBC）

水星

水星是太陽系的八大行星中最小和最靠近太陽的行星。軌道週期是87.9691地球日，從地球上，它大約116天左右與地球會合一次，公轉速度遠遠超過太陽系的其他星球。水星的快速運動使它在羅馬神話中被稱為墨丘利，是快速飛行的信使神。由於大氣層極為稀薄，無法有效保存熱量，水星表面晝夜溫差極大，為太陽系行星之最。白天時赤道地區溫度可達432°C，夜間可降至-172°C。極區氣溫則終年維持在-172°C以下。水星的軸傾斜是太陽系所有行星中最小的（大約1/30度），但它有最大的軌道偏心率[註1]。水星在遠日點的距離大約是在近日點的1.5倍。水星表面充滿了大大小小

小的坑穴，外觀看起來與月球和其他衛星相似，顯示它的地質在數十億年來都處於非活動狀態。

水星無四季變化。它也是唯一與太陽軌道共振的行星。相對於恆星，它每自轉三圈的時間與它在軌道上繞行太陽兩圈的時間幾乎完全相等。從太陽看水星，參照它的自轉與軌道上的公轉運動，是每兩個水星年才一個太陽日。因此，對一位在水星上的觀測者來說，一天相當於兩年。

因為水星的軌道位於地球的內側（與金星相同），所以它只能在晨昏之際與白天出現在天空中，而不會在子夜前後出現。同時，也像金星和月球一樣，在它繞著軌道相對於地球，會呈現一系列完整的相位。雖然從地球上觀察

，水星會是一顆很亮的天體，但它比金星更接近太陽，因此比金星還難看見。

從地球看水星的亮度有很大的變化，視星等從-2.3至5.7等，但是與太陽的分離角度最大只有28.3°。當它最亮時，從技術角度上講應該很容易就能從地球上看見它，但由於其距離太陽過近，實際上並不容易找到。除非有日全食，否則在太陽光的照耀下通常看不見水星。在北半球，只能在凌晨或黃昏的曙暮光中看見水星。而當大距出現在赤道以南的緯度時，在南半球的中緯度可以在完全黑暗的天空中看見水星。

由於水星十分接近太陽，時常被太陽光所籠罩，勘測相當困難，因此我們對水星的所知相當有限，迄今只有兩艘太空船曾大致觀察過

水星。第一艘是1974至1975年的水手10號，只描繪了45%的水星表面圖。第二艘是信使號，在2008年1月14日掠過水星，描繪了另外30%的表面。信使號於2011年3月17日再度抵達水星，並且進入環繞軌道，開始對水星表面進行全面的探測。

實際上，水星外觀很像月球，表面有許多坑穴，沒有天然衛星，也沒有實際的大氣層；它有巨大的鐵核，磁場強度約是地球的1%。由於水星有著巨大的核，富含金屬礦物的地質組成，使得它的密度非常高。水星的表面溫度為90至700K（-180至430°C），日下點是最熱的地方，靠近地理極的坑穴底部是溫度最低之處。

提昇人的品質 建設人間淨土

「人生」要在平淡中求進步
又在艱苦中見其光輝！

「人生」要在沉默中求智慧
又在活躍中見其悲願！

~聖嚴法師~

法鼓八式動禪心法
身在哪裡、心在哪裡、清楚放鬆、全身放鬆

實體共修地點：淨心書坊

- 周日英文禪坐讀書會
每周日 9:30am - 11:30am

網路會議共修地點：您的所在處

- 周六中文讀書會
每月第二、四周星期六 8pm - 9:30pm
- 周六中文禪坐共修
每月第二、四周星期六 7pm - 7:50pm
- 週五英文禪坐&讀書會
每月第一、三周星期五 7:00pm-8:30pm

~歡迎您加入我們的活動。~
詳細課程、報名請至我們的網頁查詢。

法鼓山聖路易聯絡處—淨心書坊
7825 Olive Blvd., 聖路易中國城 (91 公車與 66 公車站前)
網址: www.puremindcenter.org Tel: (314) 277-5640 email: info.puremindcenter@gmail.com

佛教慈濟基金會 美國中西區 聖路易聯絡處
Buddhist Tzu Chi Foundation, U.S.A.
Midwest Region, St. Louis Service Center
電話：314-994-1999
8515 Olive Blvd., St. Louis, MO 63132

聯絡處活動：
共修、讀書會、手語、志工訪視、志工培訓、兒童精進班、兒童夏令營等

靜思文化流通處：
圖書、書籍、影音(CD, DVD)、環保用品、禮品、食品等

人間菩薩大招生

您是否願意將您的愛心化為行動，和慈濟人一齊來推動人間善美？
長情大愛中有您，這個世界將更加美好！
人間黑暗角落有著無數苦難與不幸的人，他需要我們付出大愛與關懷。
慈濟四大志業、八大腳印，推動著淨化人心、祥和社會的巨輪，
他需要您我護持和參與。
歡迎您加入慈濟大愛的行列成為會員或志工

Website: www.tzuchi.org