

# 彗星小百科

文/ 莊幼玲

彗星自古便引起人們的好奇與敬畏，古代人類將其視為天上的異象，常與神話和預兆相聯繫。然而隨著天文學的發展，17世紀後期，彗星開始成為科學研究的對象。

1656年，愛德蒙·哈雷（Edmond Halley）根據牛頓力學成功預測了哈雷彗星在1758年的回歸，標誌了彗星科學的開端。自此以後，彗星的週期性軌道被確立。

## 彗星的種類

根據彗星軌道特徵，主要可以分為三類：

### (1) 短週期彗星（Short-period Comets）

這類彗星的軌道離心率通常較小，週期小於200年，主要來自於海王星以外的古柏帶（Kuiper Belt），軌道受到較大的行星引力影響。

### (2) 長週期彗星（Long-period Comets）

這類彗星的軌道離心率較大，週期長於200年。它們通常來自歐特雲（Oort Cloud），軌道較無規律，受太陽系外部擾動影響較大。

### (3) 單次 / 非週期彗星 （Single-apparition / Non-periodic Comets）

這類彗星的軌道離心率非常高，接近1或者大於1，為雙曲線軌道或拋物線軌道，表示它們在接近太陽一次後就會被拋出太陽系不會再返回，它們也可能來自太陽系外。



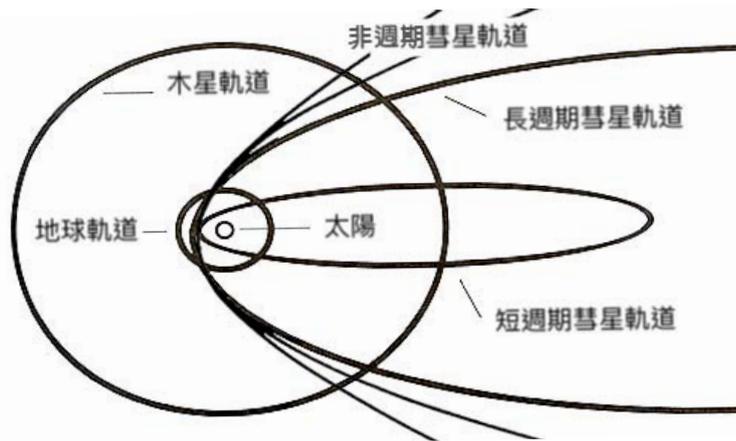


圖1. 彗星軌道示意圖

# 的種類

彗星戰隊登場！

編繪/曾建華

來啦！

啊？身體不由自主地...

多半來自距離太陽約50,000天文單位的歐特雲。因受到某種原因的重力擾動，使它們軌道改變而進入太陽系內側。

## 短週期彗星

公轉週期小於200年，軌道為橢圓，名稱前方通常會冠上「P/」。軌道傾角多半接近黃道面多半來自距離太陽約35~1000天文單位左右的古柏帶。

分身術！

這些彗星的軌道常會受到太陽系最大的行星—木星的重力影響而改變，1994年撞擊木星的休梅克-李維9號彗星，就是受到木星重力影響而分裂成23個較大的碎片後撞擊木星的。

太陽 木星 土星 天王星 海王星

古柏帶

最著名的短週期彗星就是分別列為第1和第2號週期彗星的哈雷彗星 (1P/Halley) 和恩克彗星 (2P/Encke)。

哈雷彗星 (1986年，JPL拍攝)

## 單次 / 非週期彗星

僅一次進入太陽系內側者，軌道為拋物線或雙曲線，名稱前通常會冠上「C/」。

各種軌道傾角都有，並沒有集中在某一個角度上。可能來自歐特雲，也可能來自太陽系以外。

2013年4月哈伯望遠鏡所拍攝的艾桑彗星 (C/2012 S1) (下圖) 就是其中之一。



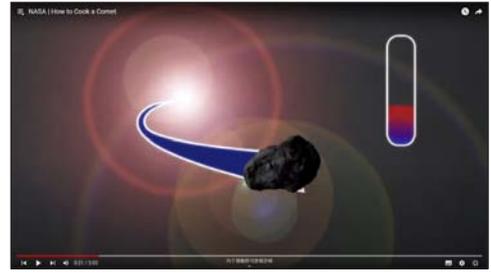
彗星的故鄉離我們好遠喔！

歐特雲

## 彗星組成成分與結構

彗星主要由冰、塵埃和有機化合物組成，最常見的成分包括水冰、二氧化碳冰、甲烷冰和氨冰。結構上可分為彗核 (nucleus) 彗髮 (coma) 和彗尾 (tail)。

當彗星接近太陽時，彗核中的冰昇華，形成彗髮和彗尾。彗髮是由氣體和塵埃組成的雲狀結構，而彗尾則分為離子尾和塵埃尾，離子尾是由離子化的氣體構成，受太陽磁場影響，指向遠離太陽的方向，而塵埃尾則由細小的塵埃顆粒組成，同時受太陽風與彗星行進方向影響，因此與離子尾的方向不一定會一致。



NASA | How to Cook a Comet

[https://www.youtube.com/watch?v=0IxM\\_9AVaXc&list=PLiuUQ9asub3TDPzGOi\\_L2hYJGnYwWUAVU&index=14](https://www.youtube.com/watch?v=0IxM_9AVaXc&list=PLiuUQ9asub3TDPzGOi_L2hYJGnYwWUAVU&index=14)

### 彗星的結構

彗星的結構包含彗核、彗髮、彗尾。彗尾又區分成離子尾，塵埃尾、彗翎。

離子尾 (ion tail)：主要成分是帶電的離子，因太陽輻射而發光，通常細直且呈現藍色。

塵埃尾 (dust tail)：由未電離的氣體與塵埃組成，通常呈現寬而彎的扇狀，且因反射陽光而呈現黃色。

彗核 (nucleus)：由冰、二氧化碳、氨、甲烷、塵埃及少量的金屬組成的固態核心，直徑約數十公尺到數十公里。

在彗髮外圍還有一層淡淡的、主要由氫氣構成的氣體包層，稱為「氫冕」。

彗髮：受陽光加溫，冰凍物質揮發而在彗核周圍形成發光氣團。

彗翎 (逆向彗尾或反尾、anti-tail)：成因可能是噴流或視覺效應。

## 歷史上著名的彗星及其科學發現

### 哈雷彗星（Halley's Comet, 1P/Halley）

哈雷彗星因其76年的週期性回歸而聞名。觀測歷史可追溯至古代，在二十世紀八十年代，歐洲太空總署（ESA）計畫探測哈雷彗星的太空任務。並將探測器命名為喬托號（Giotto），以紀念義大利畫家喬托·迪·邦多納；喬托曾在1301年親自觀賞過哈雷彗星，視其為伯利恆之星而繪製於教堂壁畫上。1986年喬托號成功執行飛掠任務，首次揭示彗核的具體形狀和結構，並證實彗核的黑暗表面含有有機物質。



圖2. 喬托於1303-1305年為義大利帕多瓦帕多瓦斯克羅威尼小堂的北牆繪製的一幅濕壁畫《三賢士來朝》（Adorazione dei Magi）。位於壁畫中正上方的便是喬托視為伯利恆之星的哈雷彗星。圖片來源：wikiart

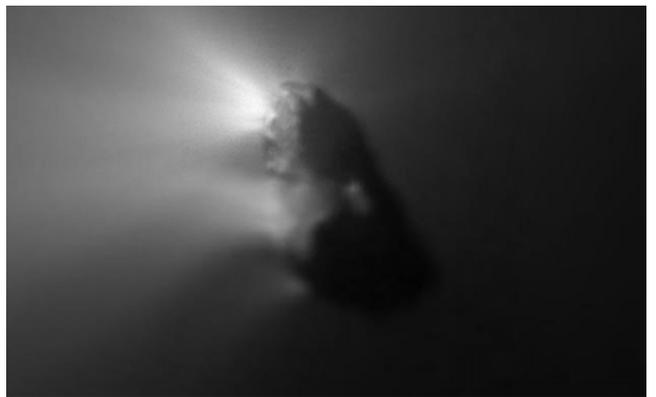


圖3. ↑↑哈雷彗星於1986年的回歸。圖片來源：NASA。↑1986年3月13日至14日間，喬托號飛到距離哈雷彗星僅596公里的地方，首次揭示了彗核近距離觀察的情況。圖片來源：ESA/Giotto/HMC

### 霍姆斯彗星（17P/Holmes）

17P彗星週期約6.9年。彗核直徑估計約為3.4公里。其最著名的事件發生在2007年10月23日；彗星突然爆發，亮度在42小時內增加了超過一百萬倍，從17等星變成肉眼可見的2.8等星。這次爆發使得其彗髮直徑迅速增大，最終達到太陽直徑的1.4倍。引起了全球天文學家的高度關注。科學家們認為，這次爆發可能是由於彗核內部壓力突然釋放，導致表面物質劇烈昇華和噴發。



圖4. 17P彗星於2007年10月23日爆發，球狀彗髮清晰可見。照片攝於2007年11月4日。圖片來源：wiki

## 海爾-波普彗星（Comet Hale-Bopp，C/1995 O1）

海爾-波普彗星由兩位美國天文學家艾倫·海爾（Alan Hale）和湯瑪斯·波普（Thomas Bopp）在1995年7月23日幾乎同時發現。在隨後的兩年中，海爾-波普彗星的亮度逐漸增強，並在1997年達到其峰值亮度。

海爾-波普的彗核直徑約為60公里。其巨大而活躍的核，釋放出大量的塵埃和氣體，形成長達數百萬公里的彗髮和雙彗尾。得益於其亮度和長期可觀測性，天文學家得以獲得大量有關彗星化學成分和動態的數據，特別是其富含有機分子和水冰的組成特徵。



圖5. 海爾-波普彗星於1997年4月1日過近日點達到最大亮度，藍色離子尾與白色塵埃尾清晰可辨，期間長達18個月維持肉眼可見亮度。圖片來源：wiki

## 百武彗星（Comet Hyakutake，C/1996 B2）

百武彗星由日本業餘天文學家百武裕司（Yuji Hyakutake）於1996年1月30日發現。它在1996年3月25日達到近地點，距地球僅0.1天文單位，為歷史上最接近地球的彗星之一，且亮度極高，肉眼即清晰可見。這顆彗星的觀測揭示了其彗髮中存在氰分子（CN）的高濃度，並首次在彗星中檢測到乙醇（ $C_2H_5OH$ ）和甲醛（ $CH_2O$ ），為彗星的化學組成提供了新的線索。



圖6. 百武彗星於1996年3月25日達到近地點，並於5月1日飛掠其近日點，距太陽0.25天文單位。圖片來源：wiki

## 博雷利彗星（19P/Borrelly）

19P彗星的週期約為6.86年，軌道受木星重力的顯著影響。其軌道半長軸約為3.6天文單位，彗核直徑約為4.8公里。NASA深空一號（Deep Space 1）任務，於2001年9月22日成功飛掠彗星，並拍攝到其表面高解析度的影像。圖像顯示其表面有光滑區域和崎嶇不平的地形，包括山脊、谷地和活躍的噴發區域，而活躍區域集中在較小的區域。

圖7. 深空一號飛掠19P博雷利彗星，於2001年9月22日取得最接近的影像。到地表的距離為3,556km，解析度為47 m/像素。圖片來源：NASA/JPL



## 維爾特2號彗星（81P/Wild 2）

維爾特2號彗星的週期約為6.41年。最初它的軌道遠離太陽，但在1974年一次與木星接近後，軌道被顯著改變，近日點距離縮短到約1.59天文單位。

NASA星塵任務（Stardust）探測器，於2004年1月2日穿越了其彗尾收集了塵埃顆粒，並帶回地球進行分析。這些塵埃顆粒提供了關於彗星形成和太陽系早期歷史的信息。

樣本分析顯示，其塵埃顆粒中含有高溫下形成的物質，例如鈣鋁包裹體（CAIs）和橄欖石，這些物質通常在太陽系內部的高溫環境中形成，表明太陽系內部和外部物質之間存在著物質交換。此外，在塵埃樣本中還發現了氨基酸甘氨酸，提供了彗星可能在地球生命起源中扮演重要角色的證據。

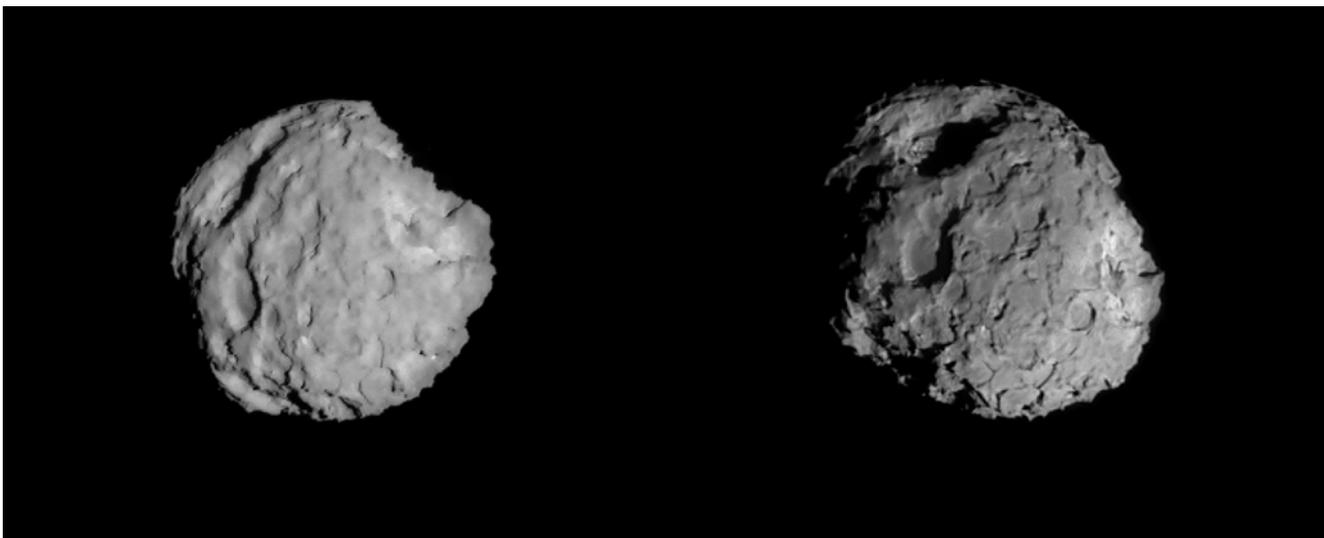


圖8. NASA 星塵號探測器上的導航相機拍攝的兩張彗星 81P/Wild 2 影像。來源影像拍攝於 2004 年 1 月 2 日 19:21:28 和 19:21:48，距離分別為 237 公里和 257 公里。圖片來源：NASA/NSSDC

## 坦普爾1號彗星（Comet Tempel 1，9P/Tempel）

坦普爾1號彗星軌道週期約為5.5年，為NASA「深度撞擊」（Deep Impact）任務的目標。

2005年7月4日，深度撞擊號向彗星釋放了一個撞擊器，製造了一個直徑約150米的撞擊坑。這是人類首次主動改變彗星表面並直接觀測其內部結構的任務。研究發現，彗星表面下的物質相對於表面更為鬆散。表明彗星在形成過程中經歷多次表面改變和演化。

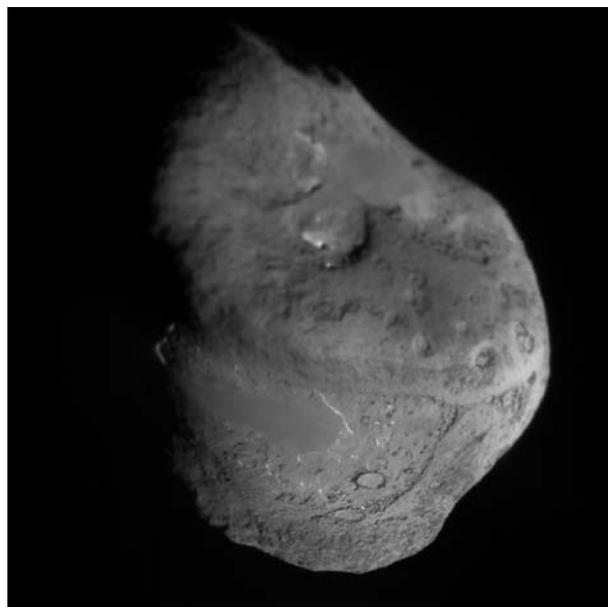


圖9. 「深度撞擊」偵測器撞擊坦普爾1號彗星表面之前的情況。由偵測器的撞擊器瞄準感測器拍攝的影像合成。撞擊地點在彗星中心和底部附近的兩個黑邊隕石坑之間。此圖像是於撞擊發生約4秒前距離彗星表面幾公尺處，所拍攝的高解析度影像。圖片來源：NASA/ JPL/ University of Maryland

## 哈特雷2號彗星 (103P/Hartley 2)

哈特雷2號彗星的週期約為6.46年，是NASA的EPOXI任務的目標之一。EPOXI任務是基於深度撞擊探測器 (Deep Impact) 的延續任務，旨在深入觀測和研究彗核和噴發活動。

2010年11月4日，EPOXI探測器成功近距離飛掠彗星，獲得大量高分辨率圖像和數據。彗星的表面顯示出明顯的冰和塵埃區域，而表面大量的二氧化碳冰和水冰，在接近太陽時昇華，形成活躍噴發羽流。



圖10. EPOXI任務所取得的哈特雷2號彗星影像。揭示了彗星表面明顯的冰和塵埃區域，雙葉形狀顯示由兩個主要部分組成。圖片來源：NASA/JPL-Caltech/UMD

## 楚留莫夫－格拉希門克彗星

(67P/Churyumov-Gerasimenko, 67P/C-G)

67P彗星週期約為6.45年，因ESA的羅塞塔 (Rosetta) 任務而廣為人知。探測器於2004年3月2日發射，並在2014年8月6日抵達彗星。此任務重點是深入研究彗星的物理和化學特性，包括彗核的結構、表面組成和活動特徵。搭載的菲萊號 (Philae) 亦是人類首次成功登陸彗星表面的著陸器。

羅塞塔任務發現彗星的水冰成分與地球上的水不同，對於理解彗星在太陽系形成中的角色具有重要意義。

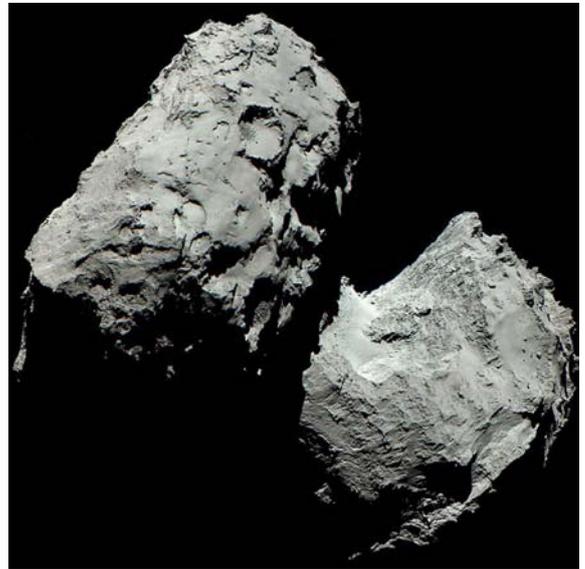


圖11. 羅塞塔號太空船看到的 67P/C-G 彗星的景象，雙葉外型顯著。圖片來源：ESA/Rosetta

## 鮑里索夫彗星 (2I/Borisov)

鮑里索夫彗星是第二個被確認的星際天體，也是首個被觀測到的星際彗星，是由業餘天文學家根納季·鮑里索夫 (Gennady Borisov) 於2019年8月30日發現。與此前的星際天體'Oumuamua不同，鮑里索夫彗星展現出典型彗星的特徵。其化學成分與太陽系內的彗星非常類似；含有水、氰化氫和碳氫化合物。然而鮑里索夫彗星的塵埃顆粒比太陽系彗星更大，暗示它的形成環境有所不同。這顆彗星的軌道以高傾斜度從太陽系外進入，並以高速掠過太陽後離開，軌跡顯示它並非來自太陽系內，而是來自另一個恆星系統。這也使得鮑里索夫彗星成為天文學家研究星際物質和恆星系統形成的重要窗口。

莊幼玲：師大天文與重力中心博士後研究員



EPOXI Mission Captures  
Jets in Action  
<https://www.youtube.com/watch?v=I9JbOYyvpCg>



Interstellar Comet 2I/  
Borisov - What We Know  
So Far  
<https://www.youtube.com/watch?v=P0VYAgiIe2U>