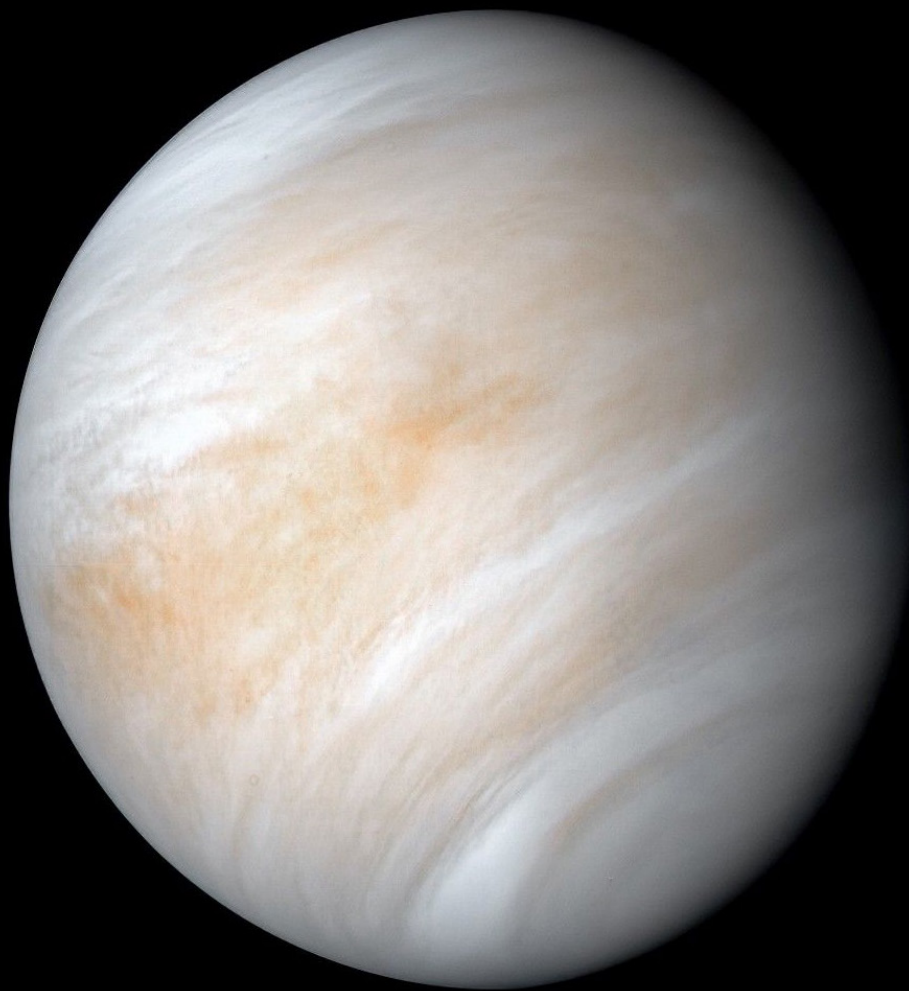


從水手2號到麥哲倫號的金星探索歷史

金星是太陽系的第2顆行星，是地球的鄰居。由於其質量與尺寸皆與地球相近，科學家們經常將金星當成是地球的姊妹行星。由於金星厚重的大氣阻擋了可見光穿透金星表面，因此地面的可見光望遠鏡無法直接觀測金星的表面。NASA的噴射推進實驗室在1961年時初次嘗試雷達實驗，利用無線電波波長較長的特性，進行早期雷達測量並取得表面資訊。

文／周毅桓

本期文章將帶大家回顧科學家對金星探索的歷史，並介紹NASA的先驅者金星計畫最重要的幾項科學發現。



水手10號在1974年拍攝到的金星雲層影像，金星平靜的外表底下蘊藏著熾熱的溫度、窒息的大氣與腐蝕性的雲雨。影像來源：NASA/JPL-Caltech

水手2號初次飛越

在西元1962年NASA的水手2號，如圖1，初次飛越金星之前，天文學界對於金星有許多想像。他們一度猜測金星的表面環境會不會是溫暖的熱帶氣候，具有海洋，適合外星生命發展。不過在水手2號抵達金星之後，一切的想像都幻滅了。水手2號測量到，金星的溫度高達約 460°C 。也發現金星的大氣在波長1.35公分的微波波段下是透明的，因此金星的大氣可能缺乏水氣存在。由於水在攝氏 100°C 以上無法以液態存在，金星的大氣層中又缺乏水氣，由這兩項觀測資料得以推測，金星上可能沒有海洋。

蘇聯探測器登陸金星

天文學界早在18世紀金星凌日觀測即已發現其大氣存在，如圖2。金星的大氣壓力是地球大氣壓力的90倍，酷熱的高溫及極高的壓力，讓太空探測器在登陸金星時遭遇極大的困難。蘇聯與NASA的金星登陸任務失敗了許多次。即使登陸成功的探測

器，也僅能在金星的嚴酷的氣候中支撐短短的數十秒至數小時。

在1970年時，蘇聯金星7號（Venera 7）首次成功軟著陸金星表面，在降落過程中，取得了金星大氣層中氣壓與溫度的觀測資料。在1975年時，蘇聯的金星9號（Venera 9）進入金星大氣層，並成功降落到金星表面。太空探測器在金星表面的高溫中燒毀之前，回傳了1張金星地表的黑白影像圖，證實了金星的表面是極度乾燥且酷熱的星球。在1981年，蘇聯的金星13號（Venera 13）再接再厲，成功登陸金星，回傳了第1張金星表面的彩色影像，如圖3。

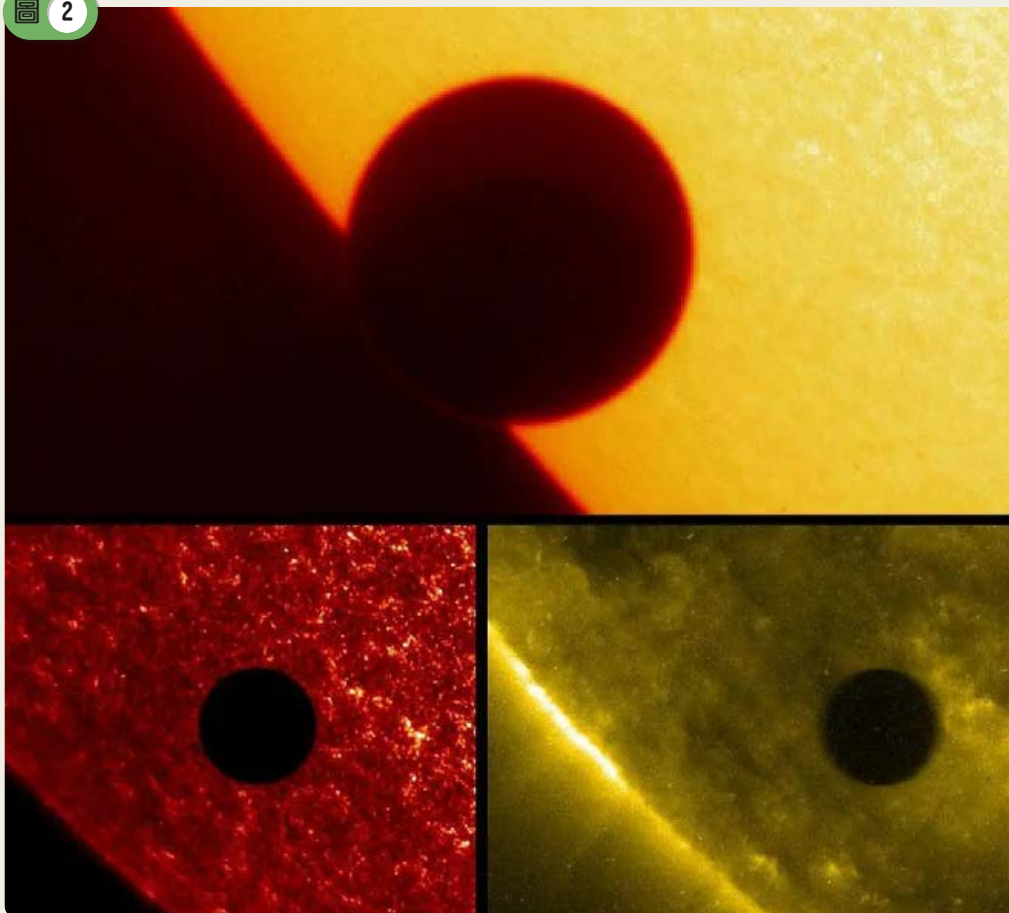
科學家們最初猜測金星大氣層的組成可能和地球相似，是以氮氣為主，二氧化碳的濃度可能只有10%。不過蘇聯探測器攜帶的儀器，測量到金星的大氣層有高達96%是由二氧化碳組成，只有3%的氮氣，大出科學家的意料之外。由於這些溫室氣體的含量，促使科學家重新評估金星上的溫室效應是否遠比預期更為強烈。

圖 1



藝術家描繪水手2號，水手2號在1962年飛越金星，是第一架完成金星飛越的太空探測器。
圖片來源：NASA/JPL

圖 2



金星凌日時，可以看見金星被包覆在一層暗淡的光環之中，這道暗淡的光環是金星厚重的大氣層。影像來源：NASA/LMSAL

圖 3

Color as seen on the surface of Venus



Color with atmospheric effects removed



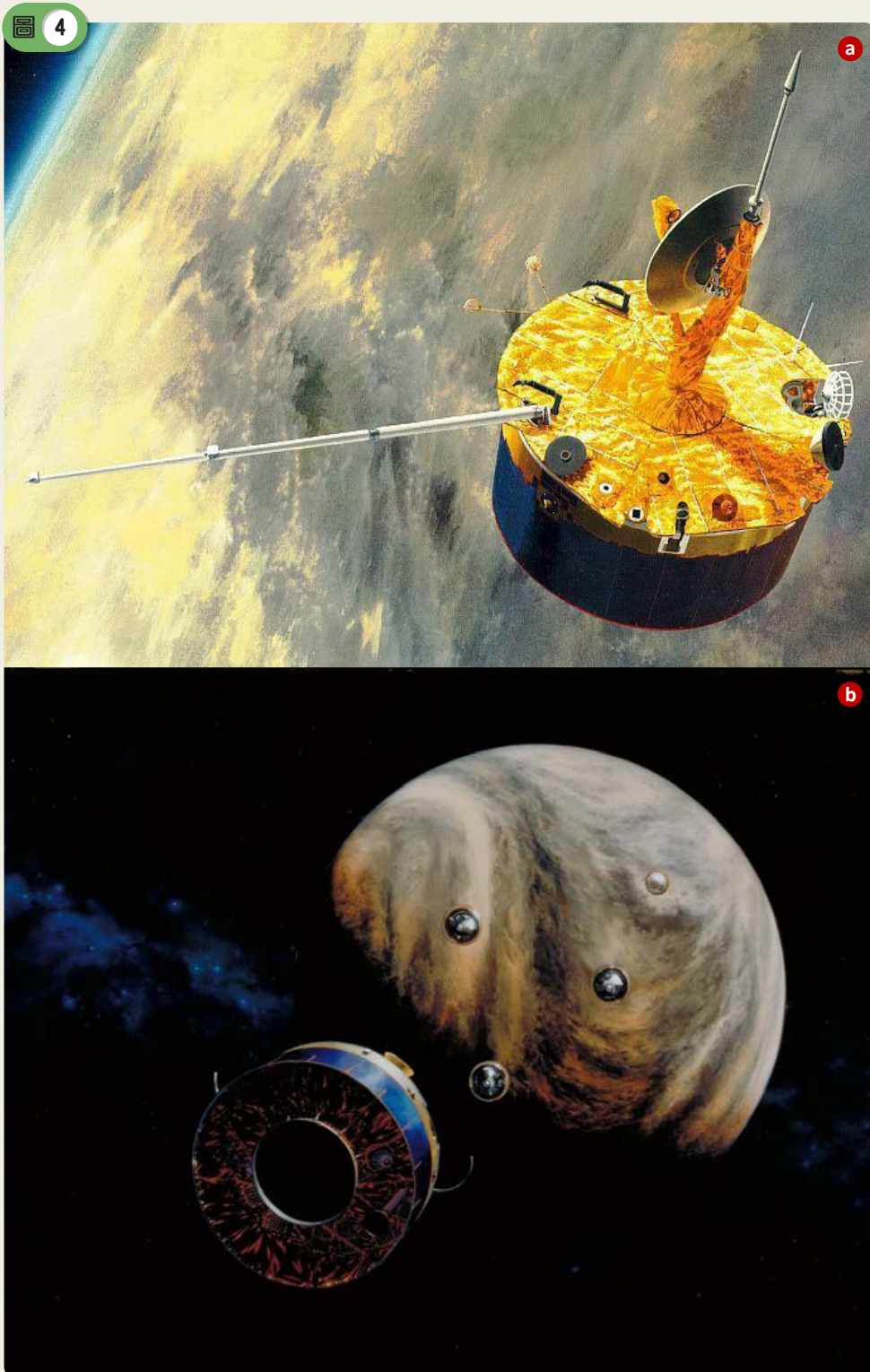
VENERA 13

蘇聯金星13號在1981年登陸金星時，拍攝的金星表面彩色影像。迄今為止，這是目前最具代表性的金星地表彩色影像之一，之後的雷達與無線電觀測取得的黑白與灰階影像，都是參考這張照片的顏色進行上色。a 是金星地表的真實色調，b 是濾除金星大氣層影響後，金星表面的顏色。影像來源：NASA/LMSAL

先驅者金星計畫探索金星14年

在1978年時，NASA在先驅者金星計畫（Pioneer Venus）中，派遣了兩架探測器。其中一架探測器是先驅者金星軌道器，負責圍繞金星公轉，進行長期的觀

測與測量。另一架探測器，則是先驅者金星聯合探測器，是由一臺主探測器攜帶了1架大型探針與3架小型探針組成。這4架探針將會分散降落到金星的大氣層中，去完整的觀測與剖析金星的大氣層組成與結構，如圖4。



先驅者金星計畫由兩架探測器組成。**a** 軌道器於1978年12月3日抵達金星，在完成原定243天的觀測任務後，又在金星的軌道上待了14年。**b** 聯合探測器則在12月9日釋放4架探針進入金星大氣中，並在1.5個小時後，墜毀在金星的大氣層中。圖片來源：NASA/Paul Hudson

原先預計先驅者金星軌道器要觀測金星243天，相當於金星自轉一圈的週期。最後任務持續了14年，對金星的大氣做了長期的追蹤。結果發現金星的大氣層中不只含有一氧化碳與二氧化硫。二氧化硫的濃度還在短短數年間發生了變化。科學家們當時猜測這可能是火山活動所導致。

另外發現金星的雲是由硫酸所構成的硫酸雲，有時候也會下腐蝕性的硫酸雨，還經常發生強烈的閃電。再搭配上金星表面酷熱且失控的溫室效應，都印證了金星上的氣候非常嚴酷，不利於生命的形成與演化，如圖5。

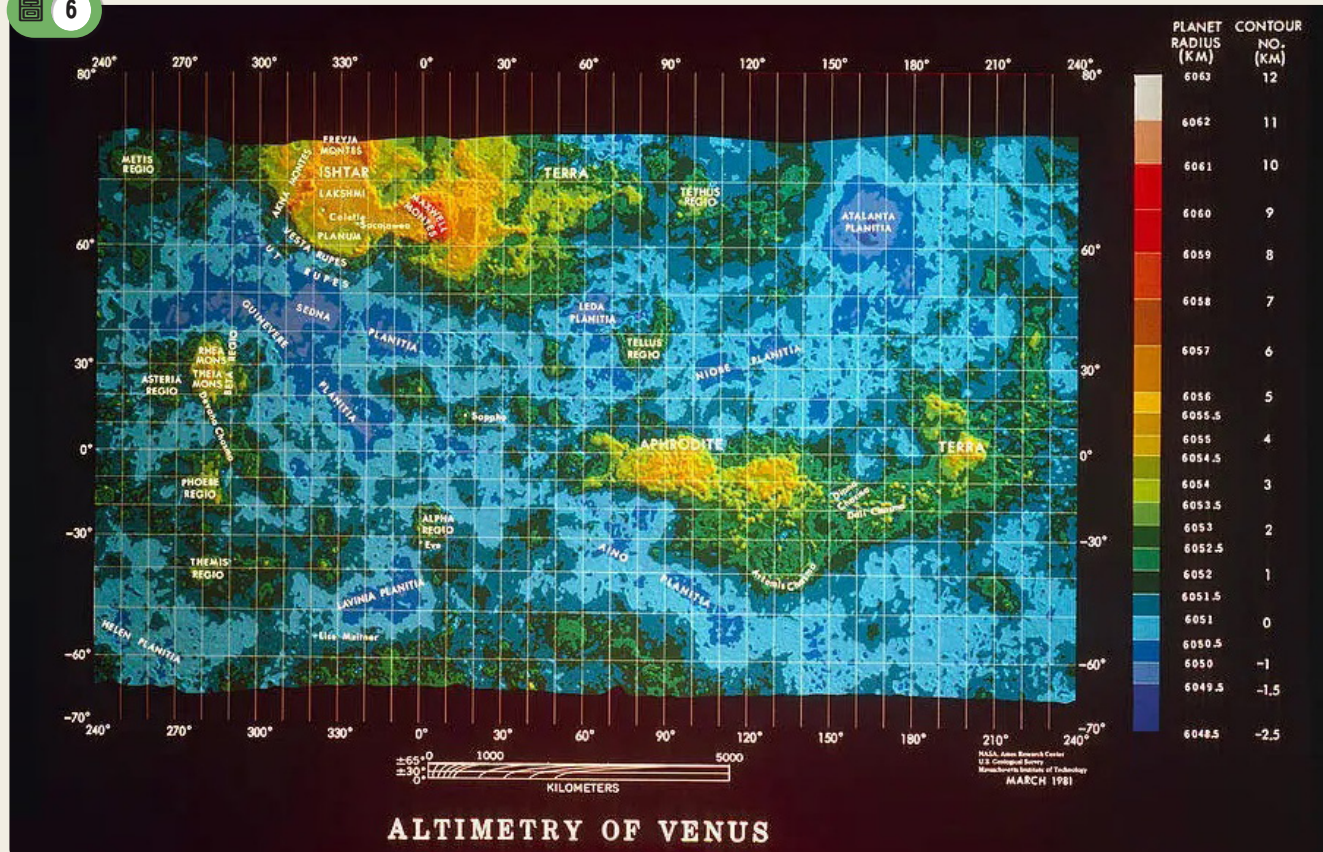
先驅者金星軌道器也發現，金星整顆行星比較圓，表面在100公里的尺度下，相較其它岩質行星起伏比較小。有20%的地表其高度或深度與金星平均半徑相差不到125公尺，有60%的地表其高度或深度與金星平均半徑相差不到500公尺，相對平坦許多，如圖6。

圖 5



由藝術家描繪的金星環境。有硫酸構成的濃密硫酸雲，也會下腐蝕性的硫酸雨，還時常發生的強烈的閃電。圖片來源：ESA

圖 6



先驅者金星軌道器拍攝了約90%的金星表面，大約涵蓋了北緯73度到南緯63度的區域。金星地形比較平坦，其中有幾處區域被認為是火山活動的可能地點。影像來源：NASA/Ames/U.S. Geological Survey/Massachusetts Institute Of Technology

麥哲倫號太空探測器

麥哲倫號太空探測器（Magellan）在1989年升空，在1990年抵達金星。不像先驅者號全副武裝，搭載了十多樣探測儀器。麥哲倫號攜帶了一臺多功能的合成孔徑雷達，雷達可以藉由微波來分析金星的表面特徵，也可以測量地形高度，科學家們希望在這次的任務徹底將金星的火山活動與地質構造研究清楚，如圖7。

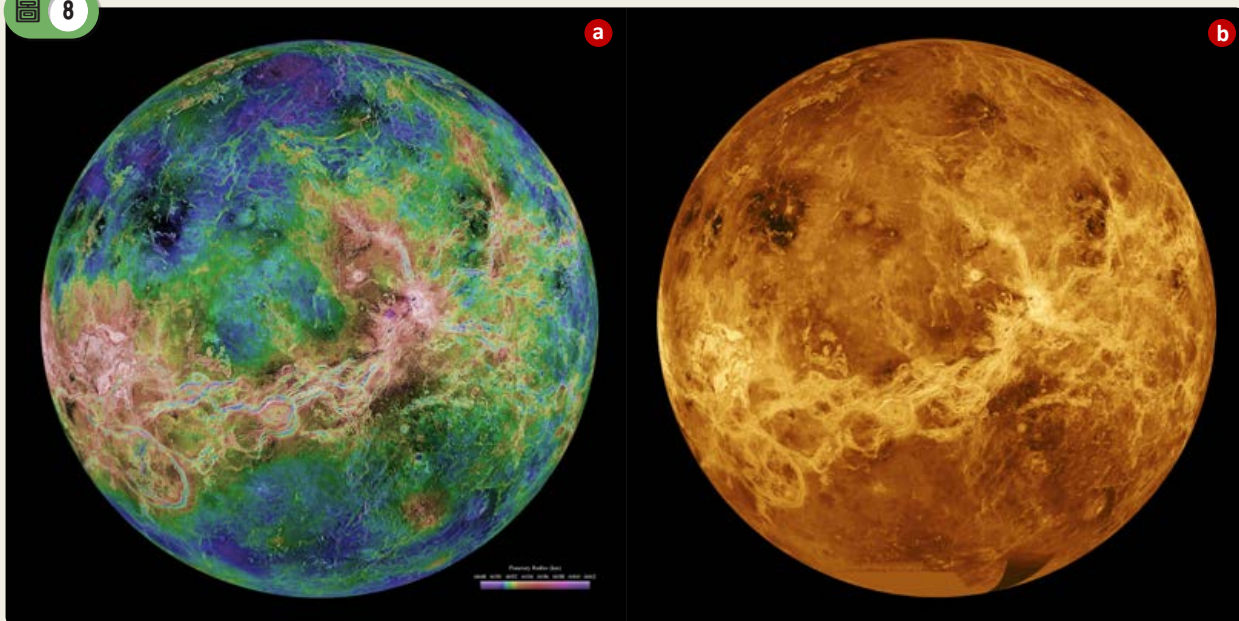
麥哲倫號在1994年時完成任務，繪製了完整且精細的金星表面地圖，如圖8。藉由分析這些地形圖，科學家們發現金星上有這一圈一圈的構造，科學家們稱為冕狀物，在金星上至少有數百個。科學家們最初認為在冕狀物的下方有一道岩漿向上推升（mantle upwelling），使金星的地殼隆起形成圓頂的丘陵，在岩漿冷卻後，丘陵的中央塌陷，留下了這一道一道的冕狀物，如圖9。

圖 7



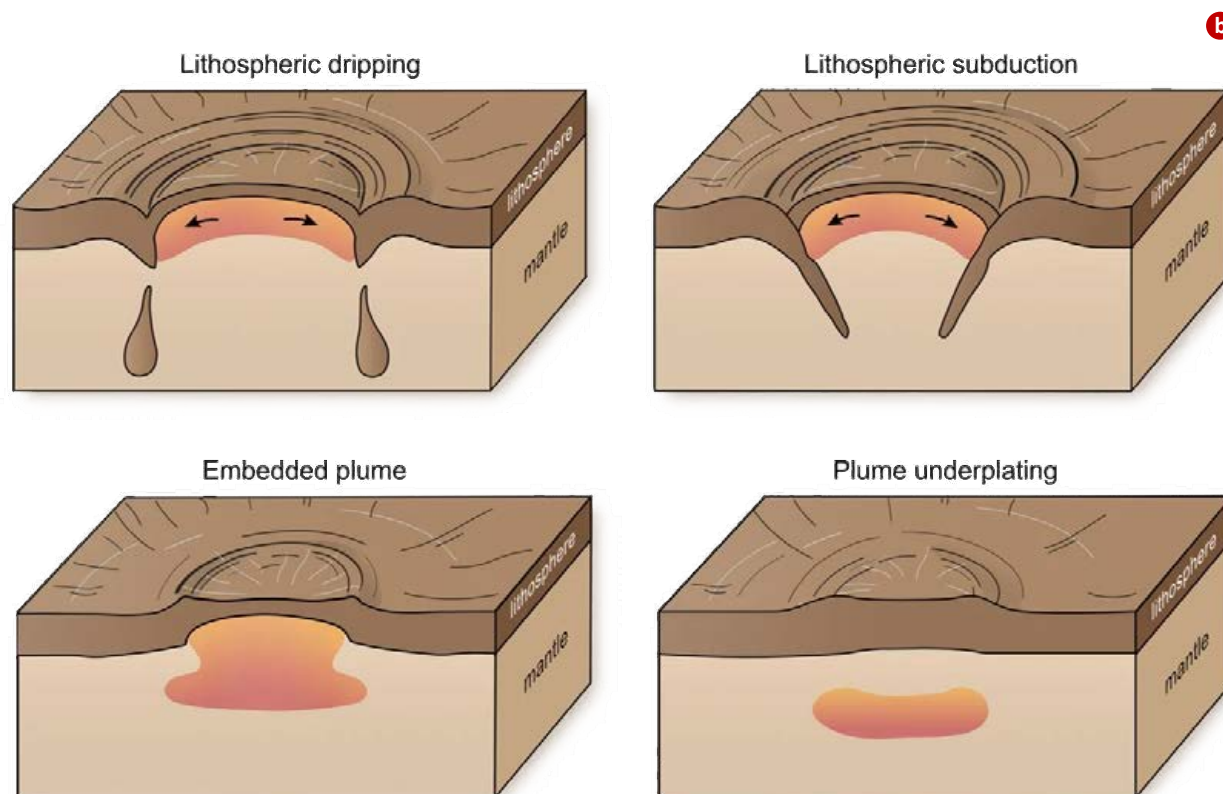
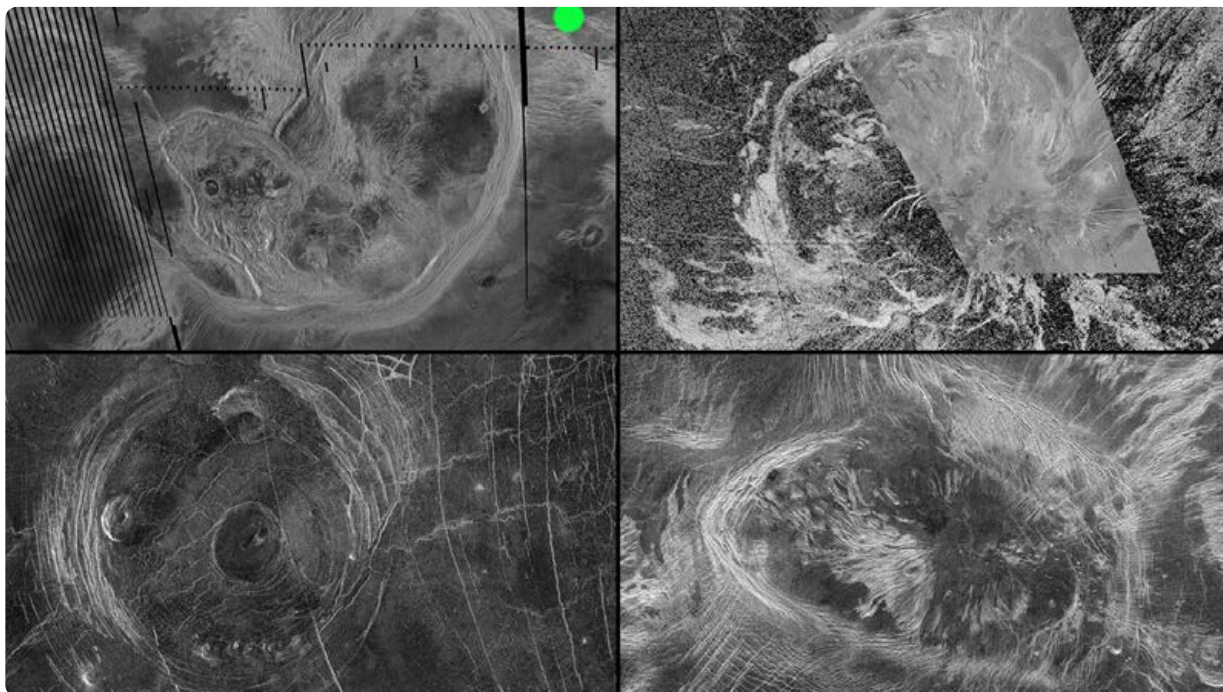
麥哲倫號於1989年由亞特蘭提斯號太空梭發射升空，攜帶了一臺多功能的合成孔徑雷達。影像來源：NASA

圖 8



麥哲倫號拍攝金星表面雷達影像的假色圖。是將合成孔徑雷達影像一幅幅拼接到電腦模擬的球體上，部分麥哲倫號沒有拍攝到的區域，以地球上阿雷西博天文臺的雷達影像及先驅者號的表面高度資料補足。**a** 不同顏色表示高度的加強色調。**b** 其顏色參考蘇聯金星13號與14號的影像進行填色。影像來源：NASA/JPL-Caltech

9



a 麥哲倫號在金星上發現了數百個冕狀物，科學家們研究後認為，**b** 這可能是岩漿將地殼向上抬升隆起形成圓丘後，因岩漿冷卻或逸出，使這些圓丘塌陷，形成圓形的冕狀物。**a** 影像來源：NASA/JPL-Caltech、**b** 圖片來源：Anna Gülcher

麥哲倫號也在金星表面發現了大大小小約1,600座火山與一些火山活動的遺跡，並發現金星表面非常的年輕，可能經過火山活動重塑過。證實了金星上確實有活躍的火山活動。

關於金星的探索還沒有結束，歐洲太空總署與日本宇宙航空開發機構分別在2004年、2010年時將金星特快號（Venus Express）與破曉號（Akatsuki）送往金星，觀測金星的大氣，這兩項太空任務最後都取得了非常豐碩的觀測成果。新一代的金星探索太空任務，如NASA的達文西號（DAVINCI）、VERITAS兩架探測器，預計於2030年代初期升空。ESA的Envision探測器預計將於2031年升空，這三項將成為下一個世代的金星探測任務，繼續深入探索金星的奧秘，如圖10。

YouTube 相關影片：

先驅者金星計畫

https://youtu.be/LaGH6dE2bpE?si=x8caYZzb5pP_-E-b

麥哲倫號雷達測繪結果

<https://www.youtube.com/watch?v=3xrMu3jq6P8>

達文西金星探測任務

<https://www.youtube.com/watch?v=ETm-hildOo4>

參考資料：

NASA, Venus Exploration. Retrieved from

<https://science.nasa.gov/venus/exploration/>

NASA, Pioneer Venus 1. Retrieved from

<https://science.nasa.gov/mission/pioneer-venus-1/>

NASA, Pioneer Venus 2. Retrieved from

<https://science.nasa.gov/mission/pioneer-venus-2/>

Astrobiology at NASA, Pioneer Venus Orbiter. Retrieved from

<https://astrobiology.nasa.gov/missions/pioneer-venus/>

NASA, Magellan. Retrieved from

<https://science.nasa.gov/mission/magellan/>

NASA, NASA's Magellan Mission Reveals Possible Tectonic Activity on Venus. Retrieved from

<https://www.nasa.gov/missions/magellan/nasas-magellan-mission-reveals-possible-tectonic-activity-on-venus/>

周毅桓：臺北市立天文科學教育館

圖 10



由藝術家所描繪，已進入環繞金星軌道的Envision探測器想像圖。圖片來源：ESA