

火星探索古今談

王靖華

臺北市立南港高級中學

夜空中有一個火紅的星，自古以來都相當引人注目，不論中外總把火星與戰爭的血光之災畫上等號。中國人叫它「熒惑」，認為火星出現時，會有戰爭；在西方也不例外，把火星叫做 Mars，也就是戰神的意思。就連兩個衛星的命名也逃脫不了這樣的窠臼，像佛伯斯（Phobos），意思為恐懼，而戴摩斯（Deimos），意思為驚慌、戰慄。今天我們知道火星的「紅」其實來自於它表面土壤中的氧化鐵，與血無關。

然而人對火星的期望，遠比對他的敬畏大得多。火星兩極有冰冠、一年有著四季的變化、火星地表有著自然河道的切刻痕跡，這些種種跡象似乎暗示著地球人，火星好像與其他行星有著許多的不同，是不是有所謂的火星？

自從 1610 年伽利略把望遠鏡對向火星開始，揭開用望遠鏡看火星的序幕，他約略看到火星不是一個完美的圓，火星也不單只是一顆紅色澤的行星，自此人類對它的好奇程度便與日俱增。

克卜勒在伽利略觀測到木星有四顆衛星之後，開始推想地球有一顆衛星，那麼夾在地球木星之間的火星應該有二顆衛星。他認為由地球到土星，它們擁有的衛星個數是一種規律性變化，由地球一顆開始，火星兩顆、木星四顆、土星不是六顆就是八顆。或許是克卜勒的先見之明，當

時他就期望伽利略能用望遠鏡找到火星的二顆衛星。當然，實際上木星的衛星遠超過四顆，土星也有二十多顆。不過，就伽利略當時所做的望遠鏡而言，只有二十的倍率，連火星表面的特徵都看不清楚了，更遑論找到火星的衛星。

火星第一幅地貌草圖－惠根斯與卡西尼

接下來人類對火星的認識隨著望遠鏡的增大而有所進展。從 1655 年開始，惠根斯（Huygens）開始使用口徑 5.1 公分，放大倍率五十倍的望遠鏡開始觀測火星。在 1659 年 11 月，接近火星衝的時刻，惠根斯看到約 17.3 角秒的火星盤面上，有一個 V 字型的陰影區，並畫下他所見的影像。隔了 3 天後，惠根斯發現這 V 字型區域有移動，而且推測火星的自轉速度跟地球差不多，約 24 小時轉一圈。現在我們知道，火星表面這 V 字型的黑區其實就是後來叫色蒂斯大平原（Syrtis Major）的位置。

七年以後，也就是 1666 年時，卡西尼也注意到了這個 V 字型區域的移動。他算出火星自轉一圈是 24 小時又 40 分鐘，這與今日的數值 24 小時又 37 分 22.662 秒非常的接近。值得一提的是，1666 年 3 月 19 日為火星的「遠日點衝」，其實不算是一個好的觀測時間。



第一幅火星圖，惠根斯於 1659 年所繪。

不僅僅是求出近似於火星的自轉速度。專精於星體位置計算的卡西尼利用 1672 年衝的機會，在相距有六千五百公里遠的巴黎與南美東北海岸同時觀測火星，發現兩地所見火星相對於背景有 0.003 度的差異藉此推算出火星的距離約為八千萬公里。有了火星的距離，再加上火星繞日的公轉速度，利用了克卜勒行星運動第三定律，任何行星繞太陽的週期的平方與行星距太陽的平均距離的三次方成正比的關係，算出了日地距離，也就是所謂的天文單位。卡西尼的答案是 13200000 公里，相當的接近今日所知的 149597870 公里。



惠根斯像



卡西尼像

後來卡西尼和惠根斯在晚年都瞎了，在當時而言，有人認為這是天譴。而卡西尼的姪兒倒是利用在 1672 年到 1719 年之間火星衝的時間，持續觀測火星，特別是針對南北極的冰帽變化情形的觀測。

赫瑟爾的火星觀測

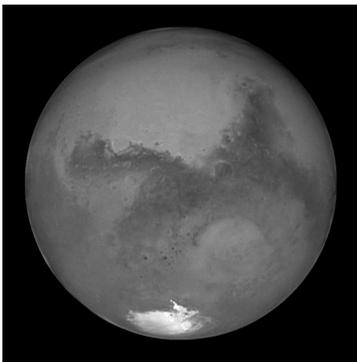
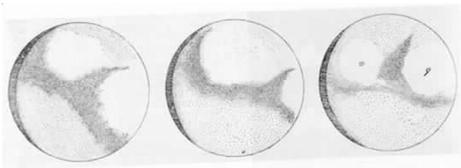
自從 1719 年以後，接下來幾十年的時間，歐洲對火星的觀測熱潮稍冷。赫瑟爾在 1778 年將他的反射鏡指向火星，注意到火星有兩個閃亮的白點，現在知道他看到的是火星的極冠。

赫瑟爾在 1781 年 3 月 13 日發現了天王星而聲名大噪，他把觀測時間都放在這顆新的行星。一直到 1781 年 7 月 27 日火星近日點衝才又轉向火星觀測，並重新計算火星自轉週期，他推論是 24 小時 39 分 21.67 秒，與現值差了 2 分鐘，比惠更斯所估算的值精準。

兩年後的另一次火星衝，赫瑟爾與妹妹一起觀測並計算火星自轉軸與公轉軌道面有 28.42 度的斜角（現在值是 25.19），所

以火星的氣候應該與地球相似有著四季變化。他同時算出火星的直徑約是地球的 0.55 倍，赤道和兩極的直徑比值約 16/15。

因為望遠鏡口徑的增大與光學技術的精進，所以人類對火星的認識才可以進展到研究火星極冠的改變、自轉軸的斜角和季節的改變等等，不過還是找不到火星的衛星。



Schroeter 所畫的火星地貌，當中指向右上角的黑色禿起與最近 2003 年哈伯望遠鏡在火星大接近時所拍攝的影像相比。

發現火星的衛星

火星在 1877 年 9 月 5 日運行至寶瓶座，位於近日點「大衝」，與地球的距離約為五千六百萬公里。當時，霍爾（Asaph Hall）負責美國華盛頓首府的美國海軍天文台，利用這個難得的機會計劃，以口徑 66 公分的折射鏡搜尋火星的衛星。其實早在 1877 年 8 月初，霍爾就開始進行火星觀測，

仔細查看火星附近的暗星，然而一直沒有結果。到了八月十日，他幾乎要放棄了，但是他的妻子鼓勵他再試一次，所以隔夜他再度進行搜尋的觀測，就在午夜兩點半，他發現了一個可疑的天體「靠近火星的一個暗星」，但是很快的，在他想要穩穩確認時起霧了。接著數夜都是有雲的天氣，無法觀測。直到八月十六日，他才再度發現「靠近火星的星星」，確認是火星的衛星。八月十七日晚上，在等待衛星重現時，又發現火星內側的衛星。

就是在辛勤的搜尋與妻子的鼓勵下，霍爾發現了火星的兩個衛星而名揚天下，留名青史。

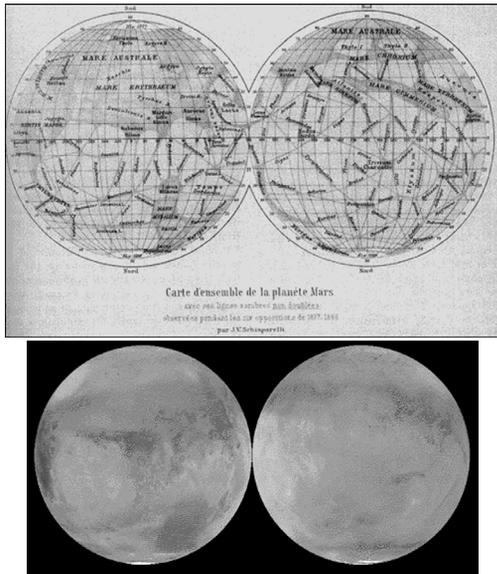
呼應英國馬當（Henry Madan）的建議，霍爾將火星的兩個衛星分別命名為佛伯斯（Phobos，意為恐懼）與戴摩斯（Deimos，意為驚慌、戰慄）。一直到十月，霍爾都持續觀測火星的衛星，由衛星繞火星的週期與距離，推算出火星的質量只有地球質量的 0.1076（現值為 0.1074）。



佛伯斯（Phobos）維京一號距離 1600 km 所拍，左上方的隕石坑就以霍爾妻子的名字命名，叫做史蒂克妮（Stickney）。戴摩斯（Deimos）維京二號距離 14600 km 所拍。

火星上的運河

在 1877 年火星大衝時，許多業餘與專業天文學家都把握機會觀測火星。其中義大利天文學家夏帕雷利（Giovanni Virginio Schiaparelli）使用口徑 22 公分折射鏡來觀測火星，重心在描繪火星表面特徵，通常用 322 倍的放大率來細察火星的表面，還使用顯微測量儀來量火星表面六十二處的經度與緯度，使火星地圖的精確度超越以往。此後二十年，夏帕雷利成爲火星的前導專家。在 1877 年畫出一張有 113 條自然河道的火星地圖。



夏帕雷利火星地圖與維京號所拍火星影像之比較。

對於火星一些顯著的線條狀地貌，夏帕雷利採用了塞克（Secchi）第一次使用的名詞—canali（義大利文，意爲溝渠、河流）。對他來說，這字眼再清楚不過了，完全是自然景觀的一種；事實上他常用 fiume（義大利文，意爲河流）這個字作最爲等義詞。

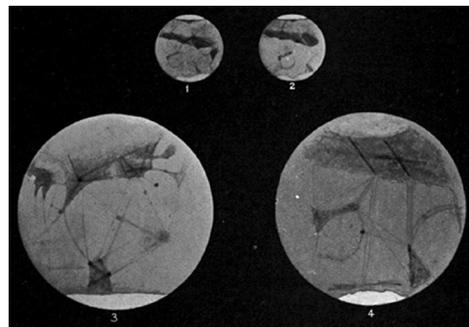
但是英文翻譯爲 canals（河渠、運河），暗含了人工水道之意。這樣具渲染力的用詞，引起所有人的注意，也使後來的羅威爾瘋狂地想證實火星是一有文明的世界。

火星文明—羅威爾

在 1894 年 10 月 20 日火星大衝時，火星距離地球約六千五百萬公里。雖然距離並不那麼近，但是火星卻出現在北半球較高的天空。此時，美國有一位熱心火星的人—羅威爾（Percival Lowell），將他個人對火星生命的狂熱信念散播到全世界。

羅威爾在 1855 年誕生於美國波士頓，十五歲時在家屋頂上架設了第一具望遠鏡—一口徑六公分的折射式望遠鏡。後來，羅威爾自費在亞利桑那州大峽谷附近的旗竿鎮建立羅威爾天文台，專門觀測火星的運河系統。

他總共畫了五百多條的火星運河，在這期間火星小綠人的想法開始蔓延在普羅大眾心中。事實上這些運河其實是雜散的點，因爲距離遠，看起來像連在一起的線，充其量只不過是光學現象的幻影。（見觀星人 2001 年 6 月）



羅威爾所繪的火星

不過羅威爾對天文上最大的貢獻應該是他促成冥王星的發現。因為天王星軌道的偏差而發現了海王星，羅威爾認為海王星也有這樣的情形，受另一顆未發現的行星影響。在羅威爾死後的十四年，在羅威爾天文台工作的湯包（Tombaugh）果真發現了冥王星。

水手號展開火星的太空觀測

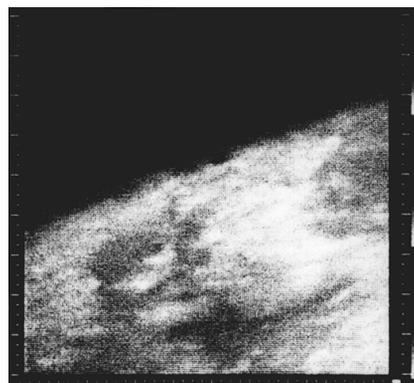
四百年來地面的觀測，每兩年又四十九天一次的「衝」，地球可以就近距離觀測火星的機會，得到較好的解析度。在探測儀真正前進火星，得到真實的數據前，人類對火星的認識就由那些模糊不清的影像中歸結出來。

地面觀測得到的有火星軌道和自轉的情形、大氣層的現象、極冠的季節性變化以及表面顏色的改變。而大氣壓力、大氣組成或者表面溫度可藉由光譜觀測得來，可是分歧的結果一直在爭論中。這些地面觀測的結果給了往後太空船一個觀測的主題，大量的火星影像或資料的傳回，接踵而來的是對於火星有著更多的問題卻鮮少有著答案。例如過去，或者現在火星真有生命存在嗎，火星上有水嗎？如果有，是哪一種形式？火星大氣是怎樣的組成和它大氣的動力來源？火星可以告訴我們更多地球或者是太陽系的演化嗎？有些我們可以直接由觀測得到結果，或者藉由物理定律回答，但多數我們卻回答不出來。自從 1957 年第一艘人造衛星升空，太空時代也接續開展。人類對火星的觀測也跟著突

破大氣層的屏障，不再「只可遠觀而不可近看焉」。

1964 年 11 月在火星衝的前一年，水手四號升空，它是第一艘成功前進火星的太空船。第一次近距離拍攝火星，離火星只有一萬七千公里。雖然只有二十二幅影像，而且解析度遠不及後來所拍得的影像，但這些影像顯示了火星的表面隕石坑就像月球上的隕石坑一般，陡峭且輪廓明確，表示火星上風化和侵蝕的作用不明顯，似乎就說明了火星上沒有水的存在，當時《紐約時報》也大肆報導火星是一顆死的星球。不過這二十二幅影像所涵蓋的範圍不到火星表面積的百分之一。至於火星是否有磁場一點的疑慮，至今一直沒明顯的證據顯示火星真的沒有磁場。

水手四號另一項重大成就，是利用無線電波在火星背後飛過被遮掩的情形，來估計火星大氣的氣壓，約是 4.1 至 7.0 百帕，不到地球大氣壓力 1013 百帕的百分之一。



水手四號的第一幅影像，相當模糊。

繼水手四號成功之後，在 1969 年 2 月與 3 月接續發出水手六號和七號，飛越火

星拍照。水星七號走了比較直接的路徑，所以在六號抵達的 5 天後也到達，涵蓋了火星百分之十九的地表，總共得到二〇一幅影像。而這次資料的傳輸速率也比水手四號快了二千倍。針對火星地表，這次發現了兩種新的型態。一是在火星赫拉斯盆地中沒有隕石坑的存在，範圍達數千里之廣。二是大混亂型的地形，在地球上通常是大規模的山崩後所形成。沒有隕石坑，可能是被風化或侵蝕而消失，也可能是被火山熔岩覆蓋，不過目前為止尚未觀測到火星上有火山活動。這些影像徹底打破有人為運河的存在，也看不到人類預期會有的多樣地形，不過日後的任務就發現了火星確實具有多樣的地貌。

大氣的實驗也指出火星大氣中除了懸浮著灰塵，乾冰雲和水冰雲、一氧化碳、游離氫和游離氧也都存在。不過找不到對生命生存有益的臭氧和氮氣。火星赤道附近地表的正午溫度大概是攝氏 17 度左右，而且證實低反射的暗區比較溫暖。

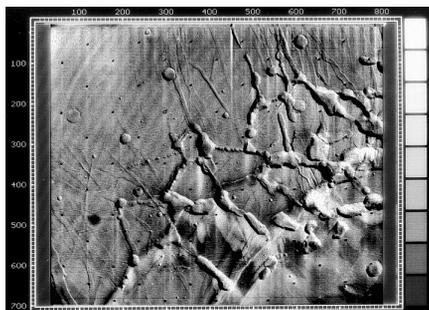
1971 年 8 月 10 日是人類進入太空時代的第一個「火星大衝」。火星大衝來臨前夕，繼水手號前幾次的成功經驗，這次人類想做的是登陸火星！美國設計了水手八號水手九號，蘇聯也造了火星二號和火星三號企圖登入，四艘太空船蓄勢前往。不過首發的水手八號，因為火箭引擎熄火，墜毀在大西洋。九天後，蘇聯火星二號和三號就接續升空，美國則以特快速度於二十二天後比火星二號早十四天成為第一顆繞著其他行星運轉的人造衛星。就在 11 月

份裡，前往火星的太空船陸續進入環繞火星的軌道。

水手九號帶了比水手六號和七號更複雜的科學儀器和一個較大的推進系統，才能在繞著火星運轉時控制太空船。在 349 天的環繞任務中得到了 7329 張影像，涵蓋了八成的火星表面，超越了許多原始的期望，其中還包含兩顆衛星的照片。

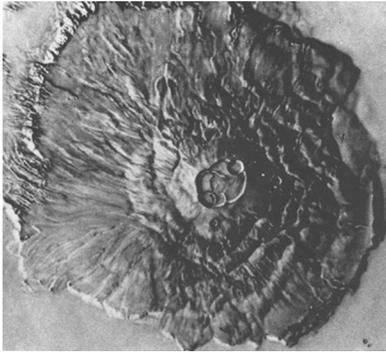
在水手九號進環繞火星軌道的 11 月，正值火星全球性的大塵暴中，阻擋了太空船對火星地表的觀測，其實在九月的地面觀測中就已經注意到火星有這樣的風暴。一直到了隔年的一月塵暴轉弱，才開始觀測火星拍照。這次任務確認了科學家們所猜測的火星地表的多樣性，有河谷、隕石坑、大量的死火山、峽谷和極區層化的沉積物，還有風作用的沉積和侵蝕的沉積岩、鋒面、冰雲以及風暴、晨霧等等。

依據表面一些流動的跡象顯示，火星過去可能有一段時間有著液態的水流過表面，如此一來似乎增強了火星曾有生命存在的可能。越多的觀測資料也帶來越多的問題，所以設計放置一個著陸器似乎會是一個好的方法去回答所有的問題。

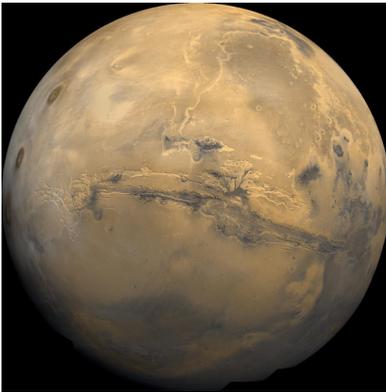


水手九號所拍到的像迷宮一樣的火星表面，

上面有許多溝渠、平頂的台地等串在一起。



火星上的奥林帕斯山 (Olympus Mons)，是太陽系最大的一座火山，由水手九號太空船首次傳回地球。



火星上也有深峻的大峽谷在赤道附近，叫做水手號峽谷，它好像是在火星上一道深深的刀疤。

除了大量的影像外，水手九號還做了許多其他的觀測，例如缺乏火山活動的證據、不規則的火星重力場、白天電離層的特性、大氣的壓力由 2.8 百帕到 10.3 百帕、測量大氣中水蒸氣的成分、高度測量、察覺大氣高層中隨季節改變的臭氧，還有火星衛星佛伯斯 (Phobos) 的紫外光波段的光譜。其中，大氣壓力的測量對日後維京號的安全降落非常重要。

第一艘登陸火星的太空船—維京號

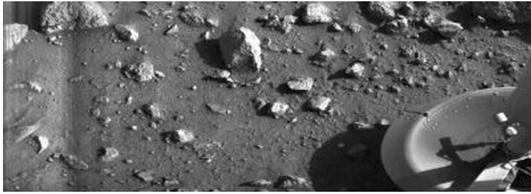
在美國國慶日的兩百年，也就是在 1976 年，維京號蓄勢待發，準備登陸火星，作為國慶日的賀禮。維京號有維京一號和維京二號，都有一個軌道衛星和一艘登陸小艇，軌道負責聯絡和進行火星地表的拍照，而登陸小艇負責地質和大氣層的調查和採樣。兩艘維京號太空船分別相隔一個多月的時間陸續登陸火星，利用水手九號太空船所拍得的大量高空影像當地圖，來決定降落的大約地點。最後靠著維京號，選擇於相距七千兩百公里的兩個地點分別著陸，維京一號子艇選了一個較安全的地點著陸，二號子艇則挑了一個接近水源區比較可能有生命存在的地點降落，企圖找出生命跡象。



畫家筆下維京號降落的情形，登陸小艇中三個煞車用的火箭猛噴，激起底下塵土飛揚。

維京一號子艇在經過大氣層採樣測量結果發現火星大氣中有 2.7% 的氮氣，這突破先前因為找不到氮氣，就不可能有生命存在的想法。同時登陸火星的子艇也觀測到火星表面有微弱的磁場，約是地球的萬分之一。而且維京二號子艇也紀錄到兩次

火星上發生的地震。



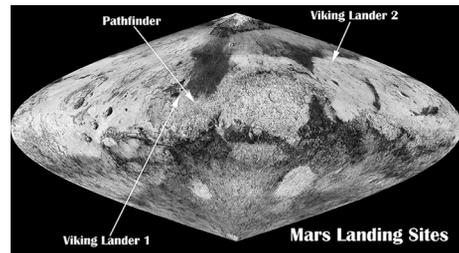
維京一號登陸時的人類第一幅火星地表影像。

維京號與先前最大不同的科學儀器是生物實驗室，設計成一個全自動的實驗室，來決定火星生命存在與否。實驗結果發現發現火星上並無有機物質，地表找不到生命存在的證據。科學家認為這可能是火星目前乾燥無水，加上強烈的紫外線照射，火星反倒成了天然的殺菌室。不過自然河道在火星地表到處可見，如果過去真有生命，則不是被分解了，就是成了化石。如果目前真有生命，最可能是……窩藏在地下躲避紫外線。



維京一號 1976 年 4 月 25 日所拍攝的火星人人面像。人面像約有 1500 公尺大小，影像中的黑斑點是影像傳輸時遺漏的訊號所造成，眼睛和鼻孔的黑斑點就是這麼產生的，陽光左方二十度打來，所形成的陰影看起來好像有鼻子和嘴。

維京號母艇總共獲得了五萬多張的影像，是目前我們對火星地表了解最龐大的一個資料庫。其中在為維京二號登陸小艇找降落位置時，在火星北半球拍得一幅火星人人面像（Face on Mars），又挑起人類的遐想，以為是火星人的藝術品。後來經過火星全球勘測衛星的高解析度重新拍照後，發現這不過是一堆石礫。



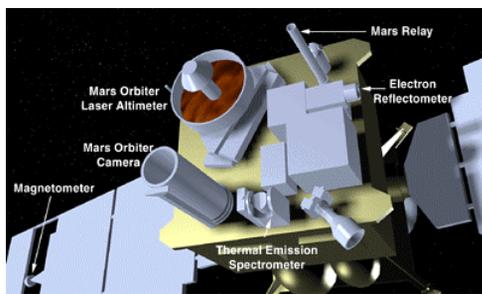
維京一號、維京二號和火星探路者號的登陸地點。

「快、好、省」的火星全球監測號（Mars Global Surveyor）

在維京號計劃後，美國航太總署極力發展太空梭與太空站，經過十多年的沉寂，一直到了 1997 年 9 月才又成功將火星全球監測號送進火星軌道。這是美國「快、好、省」政策下第一個太空計劃。主要任務是繪製火星表面地圖。為了得到解析力更好的影像，火星全球監測號的軌道很低，只離火星表面三七八公里，鑑別率可以達到六公尺。

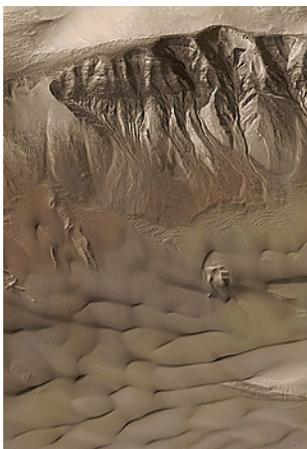
火星全球監測號有六個探測器：火星軌道相機（Mars Orbiter Camera），進行火星地表拍照和監測大氣層以及地表的變化。熱光譜儀（Thermal Emission

Spectrometer)，利用紅外波段的光譜儀了解岩石、土壤、冰和大氣層中塵土和雲的成分。雷射測高儀（Mars Orbiter Laser Altimeter），用來探測火星地形的起伏。雷達探測（Radio Science Investigations），利用都普勒效應精準火星的重力場。磁場探測（Magnetic field Investigations），觀測磁場大小和方向。火星轉播機（Mars Relay），接收火星軌道相機的訊號並傳回地球。



火星全球監測號的儀器分佈

在火星全球監測號的火星地表地圖描繪的任務中，除了更精細的地表影像，證實火星並沒有全球性的磁場，大家關心的水應該存在於火星地下，目前火星全球監測號仍在執行任務，不斷傳回新的影像與數據。



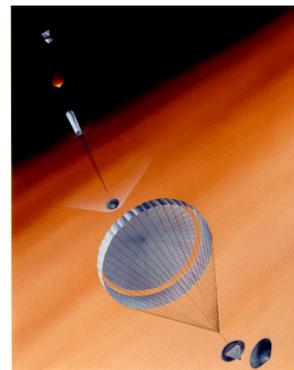
火星全球監測號所拍攝的火星表面

火星探路者號（Mars Pathfinder）

火星探路者號這次任務嘗試了以「安全氣囊」這種新的方式降落，是美國「快、好、省」概念下的第二部太空船，在 1997 年 7 月 4 日成功登陸火星，登陸小艇同時有一部可遙控的漫遊車。它降落地點離維京一號不遠，這個任務的主要目的除了科學性的探討外，測試漫遊車是否可以順利在火星運作、漫遊車與登陸小艇的訊息是否溝通良好、登陸小艇與地球之間的訊號聯繫是否順暢等等，也是此行的重要任務，它的確如其名像一個探路者。



火星探路者的漫遊車



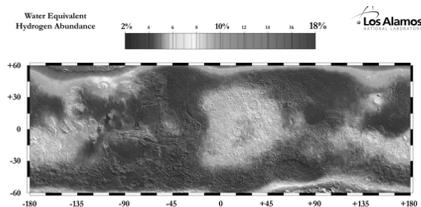
安全氣囊式的降落

整個計畫執行到 1997 年 9 月 27 日，由於莫名的因素失去與火星探路者號的訊息，這中間總共傳回一萬七千張影像，而它們的實際工作時間也遠遠超過原來的設計壽命：登陸小艇一周和漫遊車一個月。



火星探路者的漫遊車所拍得的火星表面

到了 1999 年底，人類已經發出三十艘太空船前進火星，其中俄國佔了十六次，不過都不成功；美國十三次，其中八次成功；日本則是在 1998 年發出一艘希望號。然而人類探索的計劃仍然馬不停蹄進行中。目前運作中的太空船如 2001 年 4 月出發且在 10 月抵達的火星奧德賽 (Mars Odyssey)，成為環繞火星的人造衛星，主要就是尋找火星表面的液態水。



新火星水域分佈圖

火星奧德賽太空船歷時一年多的觀測，再結合火星全球探勘者號上的火星軌道雷射測高儀，整理出最新的火星水域分佈圖，圖中顏色愈偏藍者，水量愈少；反之愈偏紅者表示水量愈多。但是，火星奧德賽號只能偵測火星地表上頂部一公尺的範圍。所以在 2003 年 6 月歐洲太空總署送出的火星特快車號 (Mars Express) 所配有穿透表面式的雷達，能偵測火星地表下頂部一百公尺至五公里深的範圍。這樣一來，獨獨漏掉一公尺至一百公尺深度的範

圍。美國航空暨太空總署於是計畫在 2005 年發射另一艘名叫火星偵測軌道太空船 (Mars Reconnaissance Orbiter) 到火星，將以雷達偵測一公尺至一百公尺深的範圍，搜尋火星地下水的分佈。

除此之外，美國航空暨太空總署的火星探索太空船 (Mars Exploration Rovers) 的精神號與機會號已經在 2003 年的 6 月與 7 月發射，預計在 2004 年 1 月陸續抵達火星，目標依舊是要尋找火星表面上曾經存在大量水的證據及其它可能有生命存在的特徵。歐洲太空總署探測火星的登陸船，也預計在 2003 年的耶誕節登陸火星，它所攜帶的「岩蕊取樣器氣」就像是牙醫所用的抓鉗工具，只有三百七十公克，可以挖取火星土質樣本，相信這一切的努力，火星不再只是像早期人類眼中那樣迷惑而且看不清楚的行星。

火星基本資料

平均距日	1.524AU / 227.9 百萬公里
偏心率	0.093
公轉週期	686.930 日
自轉週期	24 小時 37 分 22.7 秒
跟地球的會合週期	779.94 日
平均軌道速度	24.13km/s
衛星數	2 個
赤道直徑	6,794km
體積 (地球為 1)	0.151
質量 (地球為 1)	0.1074
密度 (水為 1)	3.91
表面重力 (地球為 1)	0.38
赤道面對軌道面交角	25.19 度
表面溫度	-140 ~ 20°C