

文/ 徐麗婷

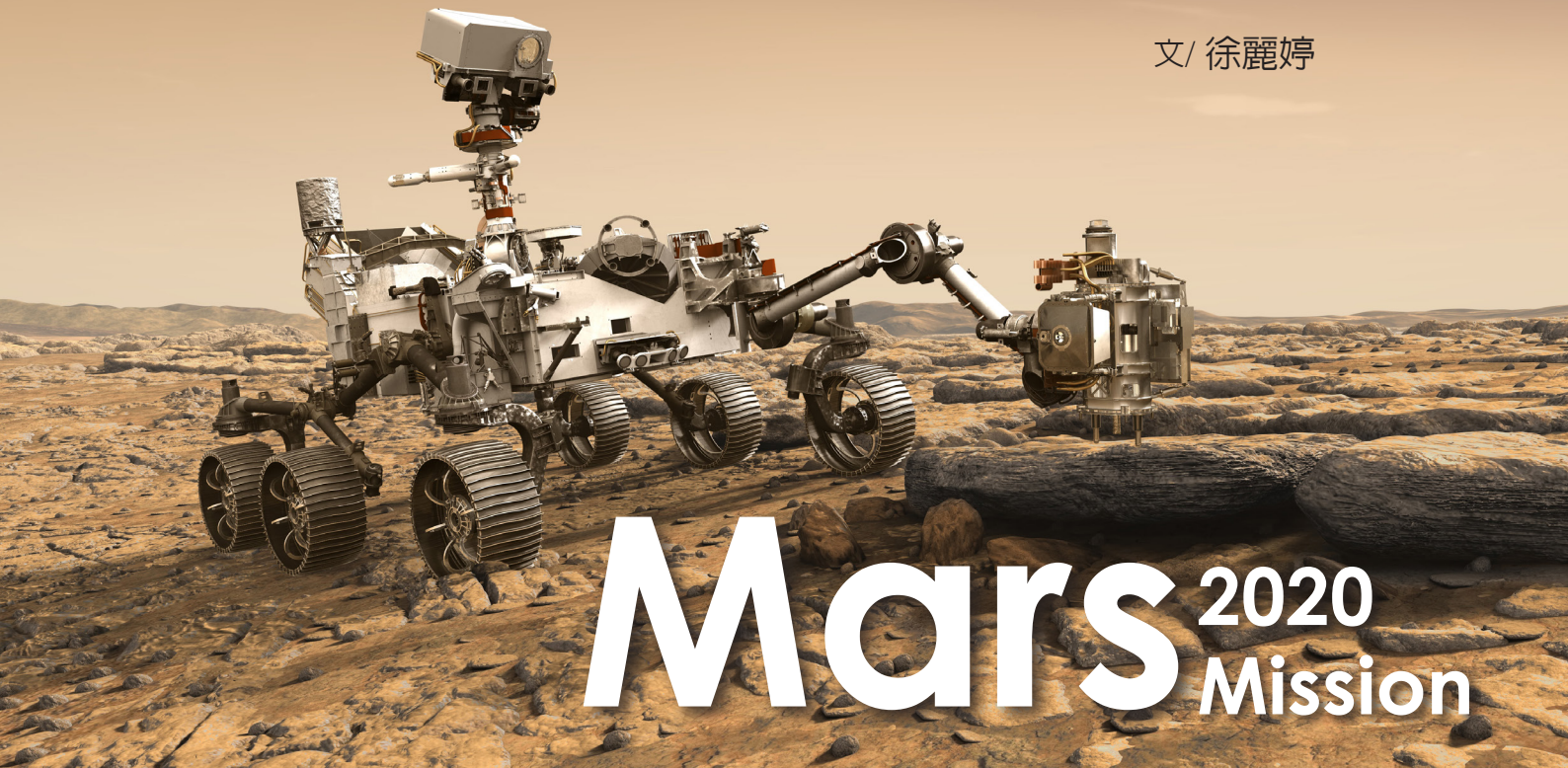


圖1. 毅力號。 ©NASA/JPL-Caltech

去年適逢火星衝，美國、中國和阿拉伯聯合大公國皆有火星探測計畫，今年2月各火星任務陸續抵達，本刊在99期、96期皆有專文介紹。

火星探測車「毅力號Perseverance」在2020年7月30日從地球發射升空，經過六個多月的太空航行後，於2021年2月18日登陸火星。這次的火星2020任務 (Mars 2020 Mission) 將達成許多科學目標與新科技的測試，為人類未來的火星探索鋪路。

科學目標

在2011年發射的好奇號 (Curiosity) 火星任務中，科學家發現曾有液態水存在於遠古的火星上，同時也找到可供給微生物生命生存的營養與能源。而在火星2020任務中，毅力號將進一步地探測火星的地質與氣候、收集岩石與土壤樣本、以及尋找生命存在過的跡象與適居環境。這個任務有四個主要的科學目的：

1. 尋找火星的適居性：辨識出過去支持微生物生存的環境。

2. 尋找生物標記：在那些適合居住的環境中，尋找過去可能的微生物生命跡象，尤其是在能保存生命遺跡的特殊岩石中。

3. 存取樣本：收集岩心和土壤樣本，並將其儲存在火星表面。

4. 為未來人類登陸做準備：測試能把二氧化碳轉化成氧氣的儀器。

為了選擇最適合進行這些科學檢測的降落地點，科學家花了五年的時間研究，最後選出最佳

著陸點「傑澤羅隕石坑」 (Jezero crater)。

在先前的火星任務中，科學家曾在傑澤羅隕石坑裡發現了黏土 (黏土只在有水的情況下才能形成)。再者，從隕石坑附近的地形來看，這裡過去有可能是個湖泊，古老的河水流入隕石坑形成三角洲，並且生成沉積物。這樣溼潤的地質，非常適合生命的演化與生長。因此，科學家認為這裡是毅力號最佳的降落地點。科學家將在湖床或湖岸沉積物中尋找生命的遺跡，並且研究該區域的形成和演化過程。

科技的承傳與創新

毅力號延用了好奇號的車身設計與零件，並且加入新的科技，包括更能適應地形的輪胎、可以收音的麥克風、鑽探岩芯與樣本保存的儀器、和改良後的降落系統。毅力號的車身上更裝載了兩個非常重要的創新科技，一個是可以把火星大氣中的二氧化碳轉化為氧氣的儀器MOXIE，另一個是將首次在火星上飛行的直升機。

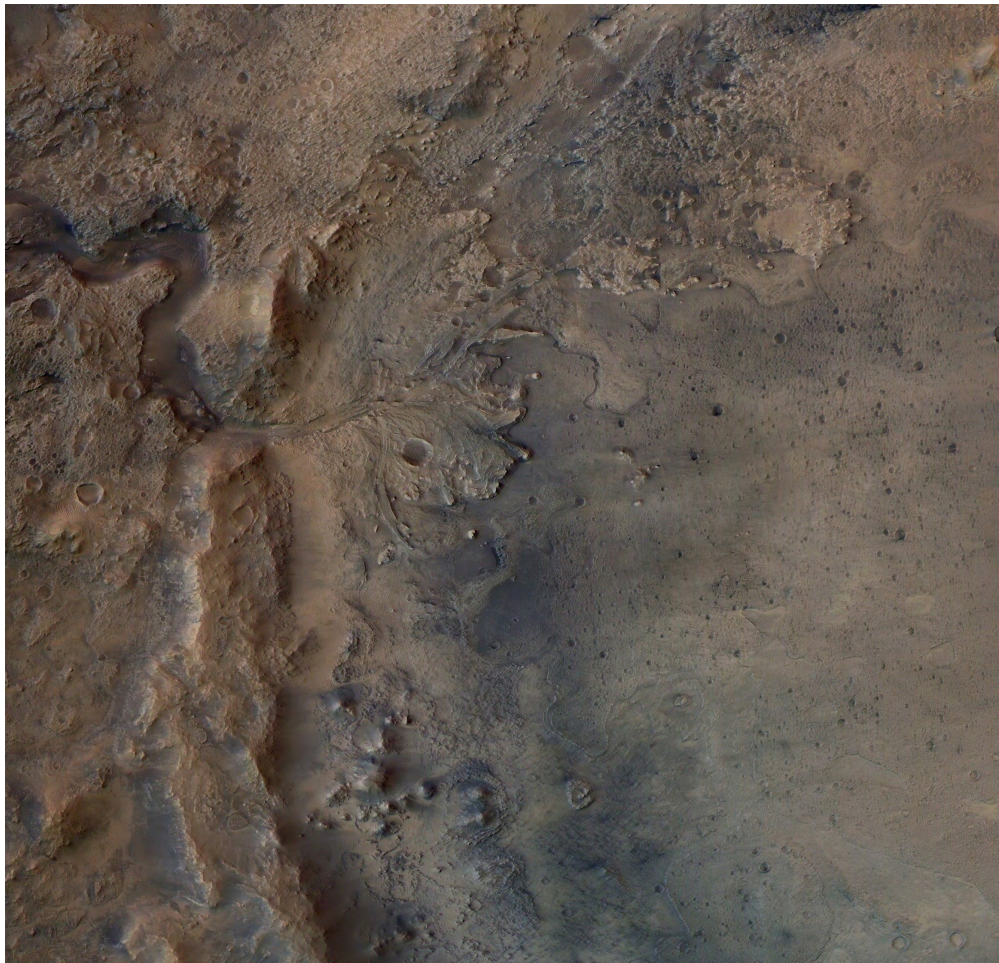
MOXIE

火星大氣中的二氧化碳佔96%，氧氣只佔0.13%，而火星2020任務中一個重要的科學目標，就是測試MOXIE把二氧化碳轉化為氧氣的功能。由MOXIE產生的氧氣可以供給太空人呼吸使用，也可以做為未來返回地球的火箭推動燃料。科學家估計由MOXIE產生的液態氧燃料，將可提供75%的推動力。

無人直升機

這架直升機體積小巧，重量只有1.8公斤。這是人類第一次嘗試在地球以外的星球操作飛行器。在火星上飛行主要有兩個環境因素需要克服：第一，火星的大氣非常稀薄，密度只有地球大氣的1%，所以螺旋槳必須夠大、轉速必須夠快（轉速約為地球直升機的5-10倍），才能產生足夠的上升力讓直升機飛起來。第二，火星夜晚的溫度可能降至攝氏零下90度，因此直升機上很多零件的設計必須能對抗這樣的低溫。

在這次的火星飛行任務中，



↑圖2. 傑澤羅隕石坑。在圖中可以明顯的看到隕石坑中古老的河道與三角洲。

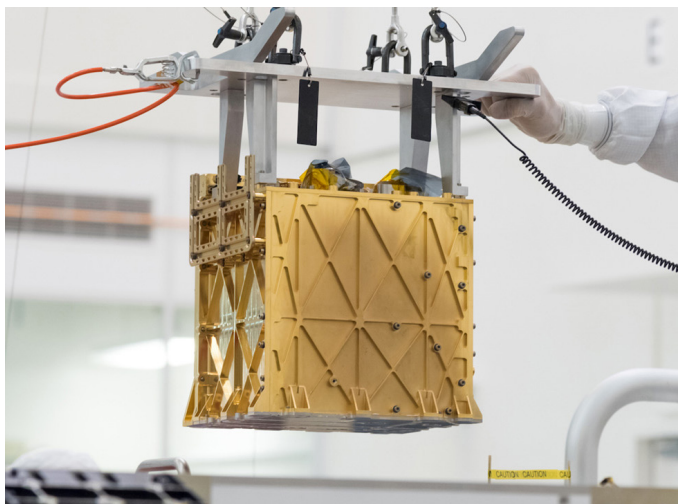


圖3. MOXIE。
© NASA/JPL-Caltech

直升機有四個主要的測試目標：(1) 是否能隨著毅力號安全降落，(2) 能否成功脫離毅力號，安全部署在火星表面上，(3) 自動保溫系統是否可以運作，(4) 是否能夠透過太陽能板自動充電。若以上測試都成功，科學家們會接著在

地球上遙控直升機，在30天內嘗試進行五次的飛行任務。

如果能順利完成所有的測試，那麼直升機將可以為人類提供有別於陸地漫遊車的高空視角，並拍攝到高解析度的火星地

貌。也能為將來不論機器人或是人類登陸火星後的飛行計畫打下基礎。

登陸系統

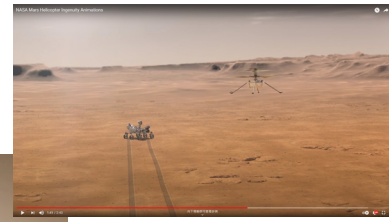
(Entry, Descent, and Landing System, 縮寫為EDLS)

火星2020任務使用了新的登陸系統，這個系統中運用了幾個新科技，使得太空船在進入火星大氣之後，可以更準確安全的到達著陸點。

首先，相較於先前的登陸系統，太空船可以更精確地決定開啓降落傘的時間。以往的降落傘都是盡量早點開啓，但新的登陸系統可以根據太空船在大氣中與著陸點的相對位置，決定降落傘需要早點開啓還是晚點開啓，這樣能讓太空船更加接近預計的著陸點。再者，太空船可以利用地形導航系統 (Terrain-Relative Navigation) 偵測地形地貌，讓太空船避開危險的地形，並且自動偵測導航到安全著陸的地點。此外，除了太空船的減速傘殼 (aeroshell) 上裝有記錄器之外，毅力號上也有裝設相機和麥克風，可以把太空船的下降過程記錄下來。這樣的登陸系統若是成功，未來也可以使用在人類登陸月球或是火星的任務上面。

為將來的 太空旅行鋪路

載著地球上的最新科技，毅力號得以在火星上尋找古代微生物的遺跡，並測試人類未來登陸火星後的生存儀器。而美國太空總署 (NASA) 與歐洲太空總署 (ESA) 也正在考慮後續合作，他



NASA Mars Helicopter Ingenuity Animations
<https://www.youtube.com/watch?v=vnH4yD0s8QM>



圖4. 機智號直升機。©NASA/JPL-Caltech

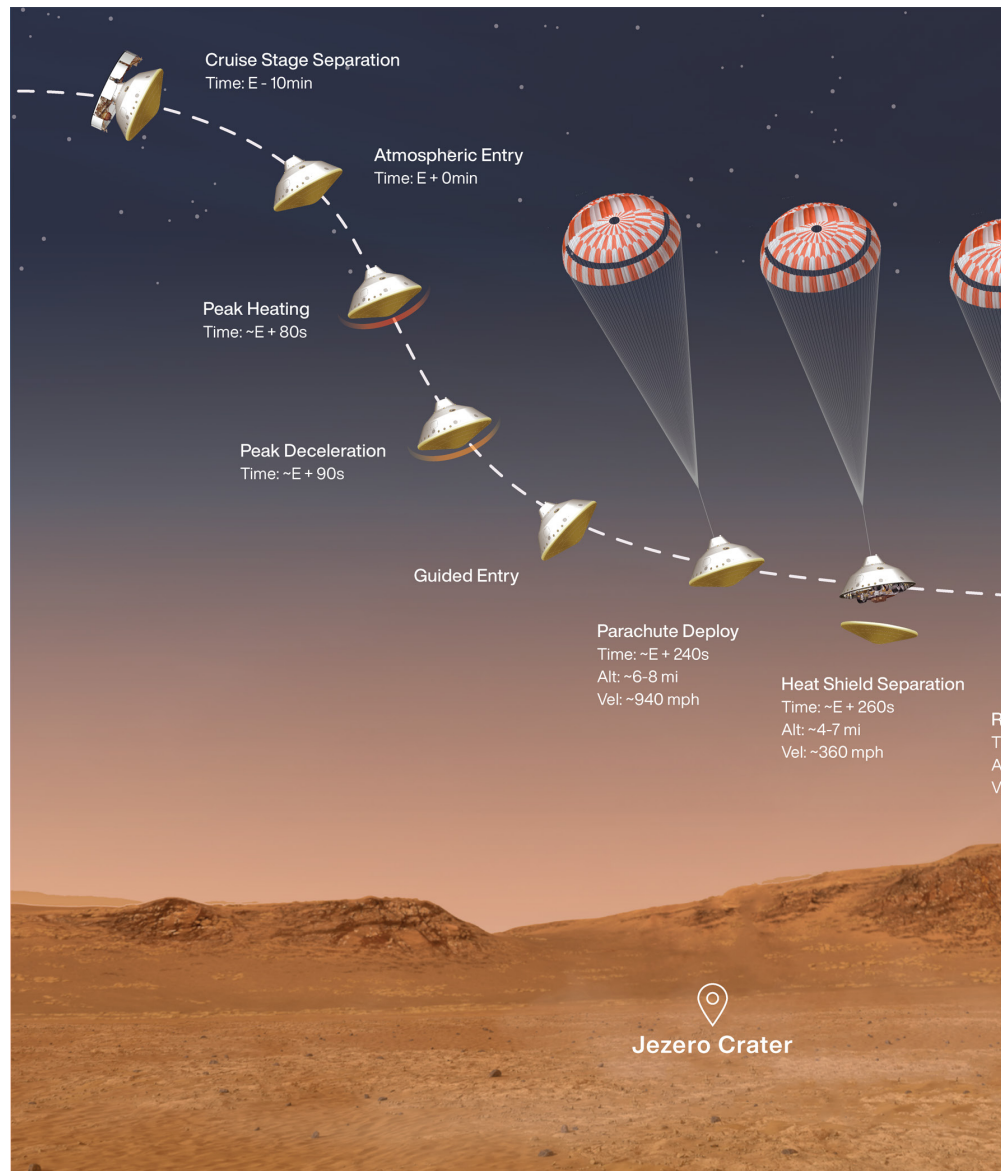


圖5. 火星2020登陸系統 (The cruise stage and EDLS) 從進入火星大氣到著陸的模擬路徑。

們將要發射另一艘太空船，把毅力號在火星上收集到的樣本送回地球。

「火星2020任務」是NASA登陸月球與火星的大型計畫中的一個子計畫，NASA預計將於2024年再度送太空人上月球，並且接續在2028年開始在月球上建造可以維持太空人生活與工作的基地。這個大計畫名為Artemis lunar exploration plans，它的最終目的將會是人類太空史上的一

大躍進——將太空人送上火星。

參考資料：

https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_2020

<https://mars.nasa.gov/mars2020/mission/technology/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/mission/science/>

<https://www.jpl.nasa.gov/news/>

[nasas-perseverance-rover-22-days-from-mars-landing](https://www.jpl.nasa.gov/news/6-things-to-know-about-nasas-ingenuity-mars-helicopter)

<https://www.jpl.nasa.gov/news/6-things-to-know-about-nasas-ingenuity-mars-helicopter>

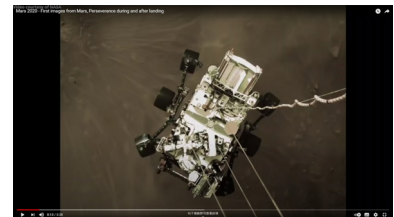
徐麗婷：政大應用物理所兼任助理教授

YouTube相關影片：



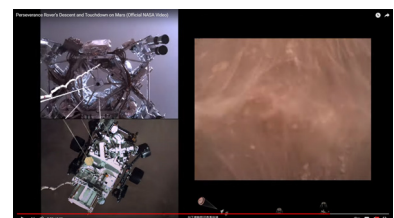
7 Minutes to Mars: NASA's Perseverance Rover Attempts Most Dangerous Landing Yet

<https://www.youtube.com/watch?v=M4tdMR5HLtg>



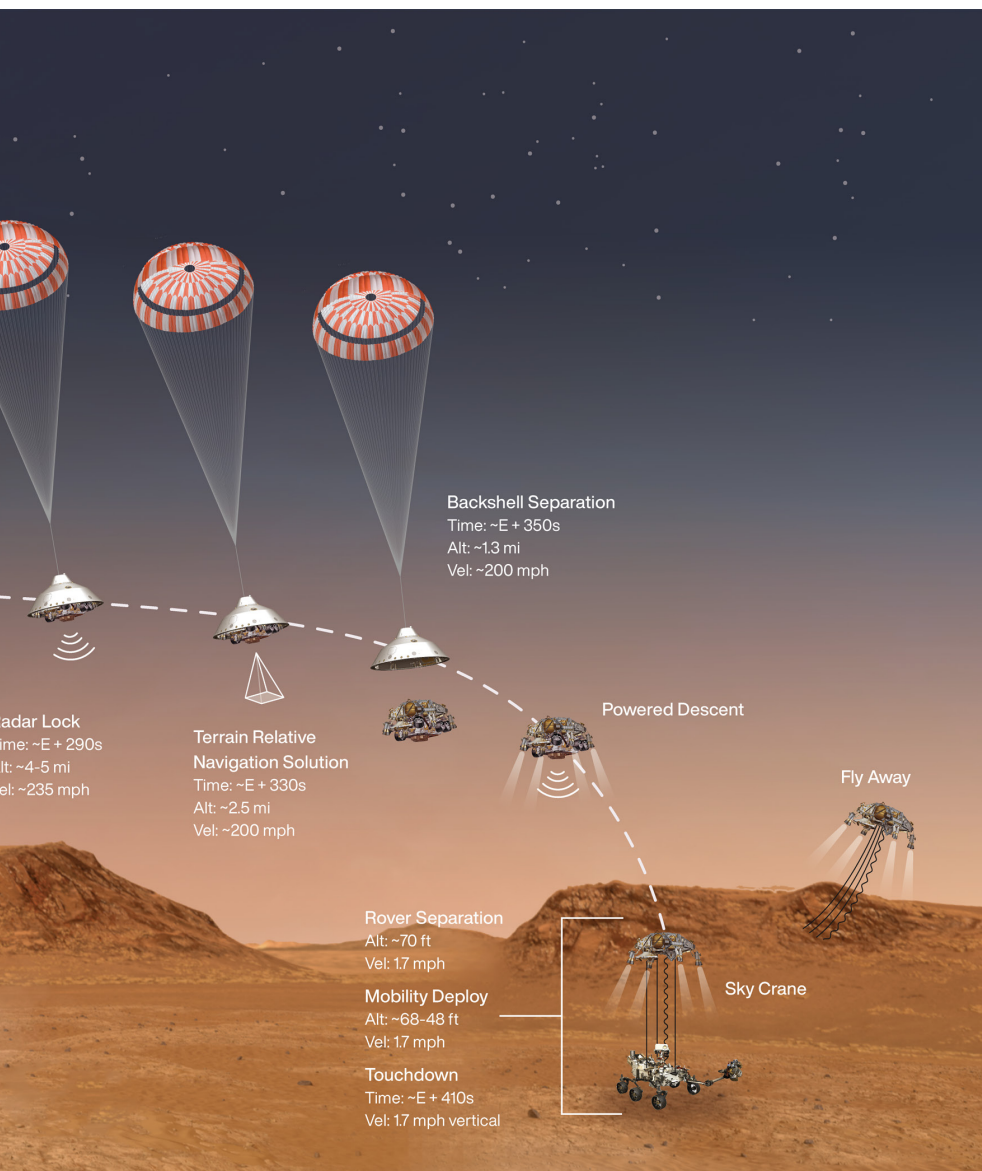
Mars 2020 - First images from Mars, Perseverance during and after landing

<https://www.youtube.com/watch?v=9spAjJ5-hEA>



Perseverance Rover's Descent and Touchdown on Mars

<https://www.youtube.com/watch?v=4czjS9h4Fpg>



2月火星探測任務比較

製表 / 虞景翔、陳姝蓉

	毅力號	天問一號	希望號
所屬國家	美國	中國	阿拉伯聯合大公國
發射單位／日期	美國太空總署／擎天神5號火箭／2020年7月30日	中國航天局／長征五號火箭／2020年7月23日	日本九州種子島宇宙中心／三菱重工H-IIA火箭／2020年7月19日
任務載具類型	探測車、直升機	軌道衛星、探測車	軌道衛星
任務目標	火星表面地質探測、尋找古代生命的跡象、測試無人直升機	火星軌道光學遙測、電離層監測、軟著陸、火星表面地質及磁場探測	火星高層大氣監測
任務經費	約新台幣730億元	—	約新台幣59億元
體積／重量	探測車：2.9 m × 2.7 m × 2.2 m／1025 kg 直升機：1.2 m（螺旋槳），14 cm（機身）／1.8 kg	軌道衛星：3,175 kg 探測車：2.6 m × 3 m × 1.85 m／240 kg	2.37 x 2.9 m／1,350 kg
任務壽命	2年	軌道衛星：~1年 探測車：90天	2年
抵達時間	2020年2月18日	2021年2月10日入軌 預計2021年5月著陸	2021年2月
任務簡述	<p>本次任務將研究火星的岩石組成及地貌，尋找適合生命發展的證據，並找尋古代微生物存在的痕跡。</p> <p>毅力號將蒐集鑽探並保存火星岩石樣本，並在未來的火星任務帶回地球分析，以研究火星氣候、沙塵的型態和季節變化。</p> <p>也將探勘未來登陸火星的相關技術的可行性，例如機智號直升機將在火星稀薄大氣中飛行，MOXIE實驗將從火星大氣中的二氧化碳生產氧氣，SHERLOC將帶著部分太空衣材料，測試其在火星環境的承受力。</p>	<p>天問一號將佈署一顆遙測衛星，並嘗試登陸及利用探測車的透地雷達進行地質勘測、採集土壤樣本、測量火星磁場並研究其演變歷史。</p> <p>本次任務一次進行了「繞、落、巡」等計畫，蘇聯只完成了前兩步，美國從第一次成功繞行到第一輛探測車也花了25年。在天問一號成功入軌後，接下來的登陸及巡視任務將是更巨大的挑戰。</p>	<p>主要任務為研究短期（一天）與長期（一整年）火星大氣層能量的垂直流動分布，追蹤對火星大氣層溫度有極大影響的一些特徵，如飛揚的塵土。</p> <p>另外將探測火星大氣層頂部氫、氧原子的行為變化。分析在太陽高能粒子侵蝕火星大氣層的過程中，這些原子是否起了關鍵作用。</p> <p>這些觀測將可以用來解釋為什麼火星表面的水幾乎消失的原因。</p>