現代天問啟示錄

紅外光譜覓生物痕跡 監測火星環境狀況

港大李一良：通過軌道觀測數據 確定最具科學價值着陸點

火星是否存在生命？是否曾具備宜居條件？地外生命是否真實存在？這些都是人類探索深空長久以來的重要命題。作為國家天問三號火星探測任務的搭載項目之一、由香港大學牽頭研製的「火星地物高光譜成像儀」，將透過紅外線光譜技術，承擔火星生命痕跡探尋、含水礦物勘測、火星資源普查等重要核心科學任務，更是香港科研力量深度融入國家深空探測事業的重要寫照。這台重約5公斤的小型化專業載荷，由資深天體生物學家、港大地球與行星科學系教授李一良負責，聯合浙江大學、中國科學院長春光學精密機械與物理研究所共同研發。他接受香港文匯報專訪，拆解項目背後的技術挑戰與科學目標，及如何克服火星軌道極端環境穩定運行支援採樣返回，為人類解開火星生命之謎奠基。

●香港文匯報記者 劉沐藝



●港大地球與行星科學系教授李一良 香港文匯報記者萬霜靈 攝



火星地物高光譜成像儀

港大圖片

檢驗胚種論 追溯生命起源

在李一良眼中，火星上如果有生命，大概率是微生物如細菌、古菌這類單細胞生物。就如何找尋火星上的生命痕跡，團隊會採取兩種方式，一是尋找生物成因的礦物，比如碳酸鹽、鐵氧化物、磷酸鹽等，這些礦物能在火星表面保存30億年到40億年，「我們正在建立生物成因礦物的資料庫，記錄它們的特徵、含量和分布。」另一方法是尋找有機分子，比如碳氫化合物，通過分析其分子結構以及碳同位素、氫同位素，判斷是否為生物成因，「不過，這些分析都需要把樣品帶回地球才能完成，火星上的條件無法支撐高精準度的分析，比如測同位素需要很強的磁場和很大的磁鐵，非常重，沒法帶上火星。」

思考「我們從何而來」

了解火星生命之謎，對於「我們從何而來」以及地球生命起源的思考，也有一定啟示。事實上，不少科學家相信，構成生命所需的胺基酸，很可能來自太陽系外部，通過彗星或小行星帶到行星表面。李一良說，雖然現時所見火星表面生物無法生存，但在約40億年前地球出現生命之前，火星甚至比我們更具備生命誕生的條件：由於其表面溫度不高、水量不多，更利於胺基酸保存，相反當時地球表面全由海洋覆蓋易令胺基酸分解，加上大氣濃厚，彗星撞擊時的高溫也會破壞胺基酸，總體來說只是一片「適宜生命生長，但不適宜生命起源」之地。

李一良直言，火星有可能才是地球生命的起源：38億年至40億年前，小行星和隕石撞擊火星時，可能將火星表面物質帶到地球，「如果這些物質攜帶了微生物，就有可能在地球的海洋中繁殖，因為微生物是分裂繁殖，只要有一個活的細胞，在適宜的環境中就能快速生長。」這亦是著名的胚種論（Panspermia）所提的觀點。

李一良自小關注飛碟、外星人相關消息，對生命起源問題深感興趣，「後來有了專業知識後，就想弄清楚地球生命是不是宇宙中唯一的，火星生命和地球生命有沒有關係。如果火星和地球的生命是獨立起源的，那就說明宇宙中很多地方都可能起源生命，這是非常有意義的科學問題！」

另外，極端環境的微生物，也為火星生命探索提供了線索。李一良舉例，極端耐酸的微生物能在酸礦水中生長；在核洩漏的高輻射環境中，微生物也能很好地生長；有些微生物更能承受15,000多個Gy的輻射劑量，並能自動修復被輻射破壞的DNA，而人類一般全年約只可承受0.001個Gy。「我在想，未來太空人去火星時，或許可以攜帶這些微生物產生的蛋白質，噴在皮膚表面幫助修復輻射損傷。」而極端耐高溫的微生物，在超過七八十度甚至100度的熱泉中也能生存，其蛋白質在醫藥領域亦非常有用。

●香港文匯報記者 劉沐藝

國家對航天級別的光學探測設備有着極為嚴苛的綜合指標要求，李一良介紹指，「首先是小型化、輕量化；其次，地面科研設備穩定放置即可正常工作，而航天載荷需要經受極端環境考驗，結構必須極其堅固。」升空設備外觀看似厚重堅實，實則內部滿布精密的光學與電子零件，需要專業金屬結構嚴密防護，才能保障穩定運行。

除結構強度外，設備還需具備超強的抗震性能。與此同時，深空環境的輻射、劇烈溫差，也令航天載荷面臨重大考驗。李一良解釋指，設備在火星軌道運行時，受太陽照射區域溫度極高，背陽區域溫度則驟降，溫差變化規律與月球軌道環境相似。探測器環繞火星運行時反覆經歷冷熱交替，因此成像儀必須具備穩定的工作溫度控制能力，同時具備抗空間輻射性能，確保全程穩定工作。

天問三號的核心任務是火星取樣返回，計劃於2028年發射探測器，歷經7個月左右的星際飛行，預計2029年8月抵達火星軌道。探測器將在火星軌道開展約9個月的觀測工作，隨後投放着陸器登陸火星表面。着陸器搭載深部取樣鑽機、地表抓取機械臂，同時配備可飛行百米範圍的小型無人機，實現多維度、多區域樣品採集。火星樣品完成封裝後，將通過着陸器搭載的小型火箭送入火星軌道，交給另一艘飛船帶回地球，預計2031年9月完成樣品返回。

肩負預報探測等三項任務

「樣品返回地球後，我們將利用高精度科研設備開展全方位分析以破解火星生命之謎，探明火星是否曾存在生命。」李一良表示，本次研製的高光譜成像儀是天問三號的核心載荷之一，搭載於服務器上，在火星軌道承擔沙塵暴預報、含水礦物探測、在軌長期科學觀測等三項任務**（見表）**。

他解釋，沙塵暴預報是着陸器安全抵達火星及開展工作的前提——因沙塵暴會降低太陽能電池板採光效率，甚至令其無法工作，若遭遇沙塵暴，會嚴重影響精準着陸，「我們會通過已知數據和軌道上9個月的觀測，確定最有科學價值的着陸點，要是着陸點偏移，預期目標就會打折扣。」成像儀並會探測硫酸鹽、黏土等含水礦物，及可能存在水的區域，也會測量火星大氣中二氧化碳的光深，這些數據還需與其他軌道儀器結合，每天監測着陸時的天氣狀況。

為保障任務成功率，李一良透露，團隊會確定三個等價值着陸點，其中兩個是後備方案。若主着陸點遭遇沙塵暴等突發狀況，可及時切換備選區域，確保任務穩定推進。着陸點的篩選以專家綜合評估為核心，主要參考兩大維度：「首要的是工程安全，着陸點必須足夠平坦、坡度小、地表粗糙度低、石塊密度小且面積足夠大，確保着陸器能安全着陸；其次是科學價值，這三個着陸點都要具備較高的科學研究價值。」

雖然人類已積累了一定的火星環境數據，但本次探測任務仍存在諸多未知挑戰，除火星沙塵暴的突發性與動態性較難預判外，着陸器從400公里火星軌道投放下降，穿越火星電離層時會有十餘分鐘的通訊中斷期，無法實現實時測控。

這一階段對測控技術、自主控制能力要求極高，目前團隊仍在論證優化方案，對比實時交互引導、全預設程式自主運行兩種模式的優劣，確保着陸環節安全可控。

「火星地物高光譜成像儀」三項主要任務

監測可能干擾天問三號着陸的沙塵暴發展狀況。任務要在距離火星表面1,000公里內展開，涉及拍攝和分析不同地點的圖像。

為可能着陸的地區繪製詳盡且高空間分辨率的礦物分布圖，以尋找火星表面的水活動跡象或深達兩米地下的生物印記。這些關鍵科學數據將有助決定天問三號的最終着陸選址，確保着陸器上的鑽探設備，能採集到具研究價值的樣本。

對火星低緯度地區進行持續研究。成像儀將在火星樣品送回地球後，繼續在軌道上停留至少五年。

資料來源：港大

地球有類火星環境 可提供模擬測試

在儀器上火星之前，地球上的實地考察亦非常重要，李一良說，科學家會找Analog（類火星環境），「比如NASA（美國太空總署）會去南美洲智利的阿塔卡馬沙漠，那裏長年沒下過雨，現在已經超過400年，極端乾旱，地表有很多蒸發鹽，和火星環境很相似。」

對比火星光譜建資料庫

在內地，科研團隊選擇了青藏高原西部的柴達木盆地，氣候同樣是極端乾燥，西北部基本不下雨，地表覆蓋着各種鹽，大部分是無人區，寸草不生，礦物組成和火星也比較接近，「我們會在這些地方考察是否有微生物、微生物的數量，用可攜式儀器測量光譜，和火星已有的光譜對比，建立資料庫。」

此外，團隊研發的紅外光譜儀、着陸器後續也可能會到這種環境中測試，以檢測能否穩定着陸、太陽能電池板能否打開、機械臂和無人機能否正常工作。他指「地球的一些極地、荒漠等類火星環境，更可以作為火星基地或移民的地球訓練營，提前模擬火星計劃。在這些地方模擬測試是非常重要的，它們的環境特點和材料都和火星相似，可以測試儀器在類似光線、溫度條件下的工作狀態，獲取可靠的數據。」

至於火星基地與移居的議題，李一良直言目前談論尚早。因火星環境惡劣、缺乏水資源且輻射強，人類群居生存的難度與成本極高。相較之下，月球因引力小、無大氣且擁有天然熔岩管洞穴，更有望在十年內實現基地建設。

李一良又提到，現階段的火星探索估計先聚焦於火星車與機器人模式；因單程前往火星已要歷經7個月左右，一般人的生理與心理較難承受，且突發意外難以處理，載人登陸火星目前仍挑戰重重。

●香港文匯報記者 劉沐藝



●李一良與團隊長期在柴達木盆地採集樣本，該盆地的環境與火星相似，可作為類比研究的參考。 受訪者供圖



●「祝融號」拍攝的火星地表。 資料圖片