

日登月計劃受挫料捲土重來「地月旅遊」成商家目標

月球資源利潤巨大 多國私企太空競賽

香港文匯報訊 日本民間企業「ispace」登月的無人著陸器，26日在降落月球表面期間失聯，意味這次全球首個商企登月任務失敗告終。不過縱觀全球，多國私企雖在登月實驗上屢屢受挫，卻依然前仆後繼，究其原因，開發月球的巨大利潤始終極具吸引力。分析指出，月球蘊藏豐富能源和稀有礦產，也是商業太空旅行的理想實驗地。長遠而言，完成登月任務還有助奠定基礎，讓人類逐步走向探索火星以至更遙遠的太空。

月球上豐富的氦-3和稀土礦，是對嘗試登月的挑戰者最具吸引力的能源與礦產。氦-3被稱為最清潔的可控核聚變能源，僅需100噸氦-3核聚變產生的能量，就足夠全球使用一年。

百萬噸最清潔可控核聚變能源

這種在地球上稀缺的物質卻廣泛分布於月球表面風化層，估計儲量多達100萬噸。其他可用於各種電子產品的稀土，也可以從月球土壤和岩石中採集得到。

探索月球的科研價值也值得重視。美國中佛羅里達大學行星科學家薩金解釋，許多月球任務會致力調查月球表面環境，分析如何保護太空人和太空船等航天器械，免受月球粉塵或強烈太陽風等危險威脅。探月經驗也有助人類建設月球基地、開發全新太空望遠鏡，甚或解開關於地球和月球究竟如何形成的科學謎團。

NASA冀與私企合作分一杯羹

繼SpaceX等私企邁出商業太空旅行第一步後，建立「地月旅遊」的全新商業模式，也是不少私企的目標。美國太空總署（NASA）的商業

登月服務計劃，就希望與私企合作經營。通過公私營合作，NASA可以利用商用太空船，將自家儀器和設備送往月球完成各項任務，成本遠低於自製太空船作載具，若「地月旅遊」發展順暢，NASA亦不排除能夠從中獲利。

歐洲太空總署人類與機械人探索主管帕克更形容，月球是太空探索極具潛力的前哨站，「在過去45億年間，月球幾乎未受干擾，是一座名副其實的『太陽系歷史博物館』。將人類送上火星是許多太空領域研究員的夢想，當然在此之前，我們要首先學會如何征服月球。」

薩金也指出，探索月球有助測試各種日後或會用於登陸火星的技術，「月球距離我們更近，路程只需3天，前往火星則至少要6個月。我們希望在進行載人任務前，確保各種機械運作正常，利用月球上的資源，不排除能生產推進太空船前往火星的燃料。」

英國布里斯托大學天體物理學家萊因哈特相信，愈來愈多不同國家的私企都將加入太空競賽大軍，「這些參與者當中，不少任務是要探索和了解月球，但有些任務的目標相信更為遠大，可以測試各種新興科技，研究公私營合作或跨國合作的契機，為載人登上火星作好準備。」

日ispace登月器疑燃料用盡 著陸速度過急墜毀

香港文匯報訊 日本太空初創公司ispace登月著陸器26日失聯，宣告民間企業首度登月任務失敗。根據分析，登月器著陸前雖姿態正常，但用來減速的燃料用盡，造成降落速度過急失聯，相信登月器已在月球表面墜毀。

ispace登月器是在去年12月由美國太空探索科技公司SpaceX火箭搭載升空，經過約4個半月的太空旅行抵達月球，並在日本時間26日凌晨12時40分左右，從距月表約100公里上空進行

著陸任務。ispace表示，登月器在著陸前突然通訊中斷，位於東京都內的管制中心雖嘗試恢復通訊，但最後不得不放棄。

登月器上搭載了包括日本宇宙航空研究開發機構（JAXA）等開發的小型機械人在內共7件物品，如果成功著陸的話，可讓機械人進入月表進行動作確認及蒐集月表數據。ispace預計2024年及2025年分別進行第2次及第3次的登月器升空計劃，未來目標是透過月表定期運輸服務獲取收益。

「終極能源」滿足地球萬年需求

香港文匯報訊 月球資源的商業開採前景廣闊，其中最受關注的當屬月球上儲量豐富的「氦-3」資源。專家指出，可控核聚變具有能量密度大、清潔、燃料豐富、安全性高等突出優點，被認為是人類的「終極能源」。除此之外，月球亦擁有眾多其他礦產資源，在技術成熟後可以「即採即用」，作為建立月球基地的基礎。

氦-3是可控核聚變燃料之一，產生能量是「鈾-235」核裂變反應的12.5倍。更重要的是，氦-3在聚變反應中不會產生中子二次輻射危險，更加清潔和可控。專家亦指出，氦-3是製造極低溫環境的關鍵製冷劑，是超導、量子計算等研究領域的必須物質。

月球上的氦-3主要來自太陽風的輻照。當攜帶氦-3的太陽風吹到月球時，沒有大氣和磁場的月

球表面就如同超級收集器，將氦-3存儲在月壤中。科學家估計，月球形成的數十億年間或遭到多達數億噸氦-3粒子撞擊，其中相當部分都得以保存，若能夠大規模開採，料可滿足地球以萬年計的能源需求。

月球亦有豐富的稀土元素，主要存在月殼和月幔之間，提煉後的稀土是各類電子零件的關鍵成分，在科技和軍事領域有重要應用價值。

專家還強調，在月球開採的礦產資源並不一定全部運回地球。月球豐富的礦產儲備和低重力環境，讓其可以為建造月球基地乃至太空設施提供大量關鍵原料。

科學家亦研究出將月球上的氧化鐵在低重力環境下分離，以及利用月壤和岩石製造水泥和玻璃的方法，料會在未來派上用場。

機械人技術突破 有助實現採礦尋水源

香港文匯報訊 載人及無人登月任務成本差距明顯，不少有意進軍月球的私企都選擇從無人登月任務起步，專家估計不斷發展的機械人技術，能讓探月任務更容易實現。這些機械人能減少讓人類身處惡劣環境的危險，完成採礦、尋找水源、安裝望遠鏡、確定建築材料等任務，甚至或有朝一日無需人手就在其他星球上建立基地。

承受月球巨大溫差

今次探月的ispace太空船中，就載有日本宇宙航空研究開發機構（JAXA）與日企Tomy和索尼公司研發的機械人「Sora-Q」。這款球型機械人體積細小，直徑約8厘米，重量僅250克，但足以承受月球



ispace太空船中載有機械人「Sora-Q」，原計劃利用其攝像頭拍下月球表面影像。網上圖片

上從攝氏零下170度到攝氏110度的巨大溫差。今次計劃原定Sora-Q登月後自行變形，使用機械人身側兩個車輪在月球表面移動，利用前置和後置攝像頭拍下月球表面影像傳回地球。歐洲太空總署預計今年也會進行太空機械人項目「Surface Avatar」首次大規模實驗，在模擬的火星環境中，由身處地球的太空人遙距指揮4個機械人工作。

從月球土壤和岩石中採集得到稀土，可用於各種電子產品。網上圖片



日本民間企業ispace無人著陸器失聯，意味全球首個商企登月任務失敗告終。圖為ispace無人著陸器登月模擬圖片。美聯社

人類探月新任務

繪製精準月球圖像

過去主要的月球地質圖由美國地質調查局基於阿波羅時代的探月成果編制而成，但隨着時間推移，月球地質圖編制明顯滯後。中國自2004年起展開月球探測計劃，陸續將軌道飛行器、着陸器、月球車送過去收集大量新數據，中國科學院地球化學研究所領導的團隊花近10年時間製作出迄今最詳盡月球地圖，比例尺1:2,500,000，共包含12,341個撞擊坑、81個撞擊盆地、17種岩石類型和14種構造等要素，愈放大細節愈多，或者說無論放大地圖上哪個位置都能獲得大量資訊。

探索月球永久陰影區

中國「嫦娥四號」探測器在2019年1月3日成功在月球馮·卡門環形山着陸，這是人類探測器首次造訪月球背面。在着陸後，靜態着陸器和月球車被分別部署到月球表面，兩者都攜帶了一系列探測儀器，以探測該地區的地質特徵，並進行一項生物實驗。現時人類使用的太空星體探測器主要分為着陸器和巡視器。着陸器將巡視器送到外星球表面後，就已經初步完成任務。巡視器可以離開着陸點探測，但受限制較大。如果一款「飛躍探測器」在月面上反覆着陸和行進，無疑能夠顯著提高探測效率和綜合效益，在觀測複雜地形時具備獨特優勢，有助進入月球永久陰影區，詳細規劃後續探測器登月的空中與着陸路徑。

打造月球衛星導航

人類正邁入月球探索與開發的新時代，探測月球兩極和背面時無法借助傳統的導航衛星，需建設完善的月球通信導航星座。建設月球衛星導航系統，可以為未來各國月面作業提供中繼通信、導航等服務。美國去年首次成功發射月球探測器，作為全球首顆月球導航衛星。歐洲太空總署也已啓動在繞月軌道建立導航通信衛星網絡計劃。

美「地緣政治競爭延伸」圖借太空探索優勢擴展霸權

香港文匯報訊 籌備登月發展太空探索技術，在部分國家眼中也是地緣政治競爭的延伸。有分析指出，美國近年藉頒布關於合作採集月球資源的《阿爾忒彌斯協定》，試圖與盟國更進一步，繼續證明美國在太空領域的霸權地位。

推動制訂有利自身規則

《阿爾忒彌斯協定》於2020年由美國太空總署（NASA）公開，宣稱在外層空間國際治理的基石條約《外層空間條約》基礎上，擴展締約國對月球等太空天體的民用探索及合作原則。不過該協定對未來太空商業行為幾乎不加限制，受到國際社會批評，亦有分析指美方試圖以商業民用名義，將本應面向全人類開放的外層空間資源探索和開發，納入到以美國利益為中心的單邊框架之中，最大化保證美國在外層空間的話語主導權和規則

制定權。不少盟國加入美國「阿爾忒彌斯」探月計劃時，亦不忘宣稱其有助擴展同盟關係。韓國總統尹錫悅25日就稱，希望韓美同盟把合作領域從地球拓展至太空，結成「太空同盟」。日本外相林芳正日前也稱，日方加入該計劃有助擴展日美之間已包括安保、政治、經濟等各領域的「廣泛同盟」。

分析提醒稱，月球資源開發利用的國際規則還有待完善，部分國家或會試圖藉太空探索優勢地位，推動制訂有利自身的規則。美國約翰霍普金斯大學科學家布萊維特就形容，「或許一些國家十分期待，在月球表面再插上一面自己國家的旗幟。」



正在訪美的尹錫悅（左二），表示希望韓美結成「太空同盟」。美聯社