

為後續探月提供關鍵參數 支撐月球資源開發 內地與港澳學者攜手 重建月壤演化史

內地與港澳學者合力，推動人類對月球演化的認知。中國地質大學（武漢）地球與行星科學學院肖龍教授團隊聯合港澳學者，重建了嫦娥五號着陸區月壤完整演化歷史，為後續月球探測任務提供了關鍵工程設計參數，也為月球資源開發提供直接支撐，相關成果近日發表於國際期刊《空間科學與技術（英文）》上。

香港大學地球與行星科學系錢煜奇博士深入參與了這一嫦娥五號月壤研究，他在接受《大公報》採訪時表示，這一成果為未來我國返回月球樣品研究提供了「金標準」。

大公報記者 劉凝哲北京報道



▲內地與港澳學者合力重建了嫦娥五號着陸區月壤完整演化歷史。圖為2020年12月17日，科研人員從嫦娥五號返回器取出裝有月球樣品的容器。

月壤冷知識

含玻璃成分

● 具良好的玻璃形成能力，未來或可就地取材加工生產建材，建設月球基地。

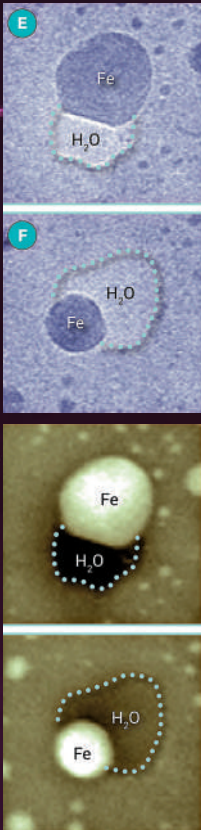
核聚變資源

● 月壤富含地球上稀缺的氦-3，而氦-3被視為未來重要的清潔聚變資源之一。

提取氧氣燃料

● 香港中大（深圳）參與的研究發現，月壤活性化合物可將月球水資源轉化為氧氣和燃料。

大公報整理



▲月壤鈦鐵礦加熱後生成水蒸氣泡（圖中標註「H₂O」部分）。

中國探月科研成果湧現

刷新月球「壽命」認知

● 證實月球正面在約20億年前仍存在岩漿活動，將此前認知的月球岩漿活動結束時間延長了約10億年，大幅刷新了人類對月球「壽命」的認知。

發現月球新礦物「嫦娥石」

● 在嫦娥五號樣品中發現了月球新礦物「嫦娥石」，這是中國首次發現的月球新礦物，使中國成為世界上第三個在月球發現新礦物的國家。

揭示月背年輕岩漿活動

● 首次揭示月球背面在約28億年前仍存在年輕岩漿活動，且該活動至少持續了14億年，為月球背面演化歷史提供了全新視角。

首次獲取月背古磁場信息

● 發現月球磁場強度在28億年前曾出現反彈，揭示月球磁場並非單調衰減，而是存在波動變化。

首次測定月背月幔水含量

● 測定月背月幔水含量小於2微克／克，發現其比正面月幔更「乾」，揭示了月球內部水分分布存在正背面二分性。

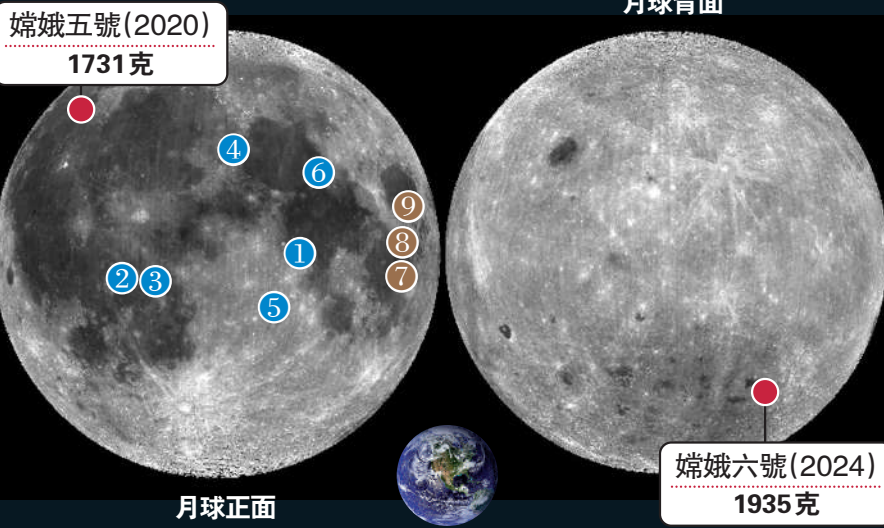
了解大型撞擊事件影響

● 首次發現月背玄武岩來自極度虧損源區，其同位素組成偏離正面月幔演化曲線，為大型撞擊事件對月球演化的影響提供了關鍵證據。

大公報記者劉凝哲整理

人類歷來採集月壤位置及分量

中國	美國
嫦娥五號（2020） 1731克	① 阿波羅11號(1969) 21.6公斤 ② 阿波羅12號(1969) 34.4公斤 ③ 阿波羅14號(1971) 43公斤 ④ 阿波羅15號(1971) 77公斤 ⑤ 阿波羅16號(1972) 95.7公斤 ⑥ 阿波羅17號(1972) 110.5公斤
嫦娥六號（2024） 1935克	⑦ 月球16號(1970) 101克 ⑧ 月球20號(1972) 55克 ⑨ 月球24號(1976) 170克
在嫦娥六號之前，人類採集的月球樣品都是從月球正面獲得，嫦娥六號是首次從月背採集樣品。	蘇聯



嫦娥征空在即 探索月球南極尋找「水冰」

再踏征程

距離中國嫦娥六號任務圓滿完成兩年後，中國即將再次踏上探月征程。目前，嫦娥七號探測器及運載火箭均已抵達中國文昌航天發射場，進入發射前最後的準備階段。嫦娥七號的目標是探索月球南極，尋找水冰資源，同時開展國際聯合探測，為國際月球科研站建設奠定基礎。

嫦娥七號探測器預計將着陸在月球南極，採用「繞、落、巡、躍」綜合探測模式尋找水冰證據並勘察環境。要建立月球基地，為最終登陸火星做準備，月球上的水冰就成為極其寶貴的資源。水冰分布比較集中的月球南極成為首選登陸點，月球的水冰資源不僅可用於解決宇航員飲水問題，還可能用來製造液氧和液氫，為更遠的深空探索

提供燃料。嫦娥八號計劃2029年前後發射，將開展月面原位資源利用與月基陸生生態系統構建等關鍵技術驗證。嫦娥七號和嫦娥八號均是月球科研站的組成部分。中國牽頭的國際月球科研站計劃2035年前完成基本型建設、2045年前完成拓展型建設，打造長期自主運行、短期有人參與的綜合性科學實驗設施。

值得一提的是，嫦娥七號不僅是中國的探月任務，更是一次大規模的國際聯合探測。2022年，中國向世界各國開放軌道器和着陸器的部分資源，邀請各國共同參與月球探測。最終，遴選出7個國家和國際組織的6台科學載荷，分別搭載於嫦娥七號的着陸器和軌道器上，與中國的科學載荷一同探索神秘的月球南極。

大公報記者劉凝哲

「這是香港首次獲得嫦娥科研月壤」

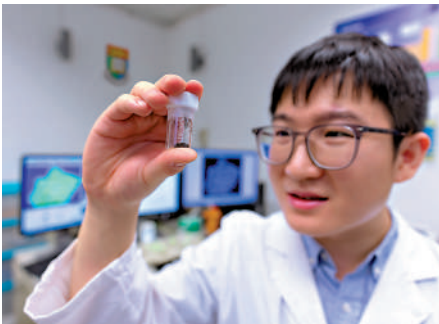
背靠祖國

香港大學2023年成功通過國家航天局探月與航天工程中心月球樣品管理辦公室的審核，獲得由嫦娥五號於2020年採集的822.6毫克月球土壤樣品，成為首支對月壤進行研究的香港團隊。當時把樣品帶回港大的，就是這次與內地、澳門學者合力重建嫦娥五號着陸區月壤完整演化歷史的錢煜奇。

錢煜奇於2022年12月在中國地質大學獲得行星地質學博士學位，及後加入港大。早在博士研究生期間，錢煜奇已參與多項嫦娥五號相關研究，在着陸區地質背景、模擬月壤研製、返回樣品分析等方面做出了貢獻，成為嫦娥

五號樣品分析的重要參考資料。其研究成果多次在頂尖期刊上發表，並被引用超過400次，奠定了他在着陸區研究中的領先地位。錢煜奇2023年8月前往北京國家天文台時，北京正受到颱風影響降下暴雨。錢煜奇憶述，由於當日的惡劣天氣，國家天文台及國家航天局出於安全考慮，本不要求工作人員上班，但依舊為香港大學準備好了樣品的證書及樣品，這令錢煜奇很感動。

錢煜奇表示，當從國家天文台工作人員手上接過月球樣品證書和月球樣品時，內心非常激動，「這是香港第一次拿到用於科研的月球樣品。」



▲當年負責把嫦娥五號月壤樣品帶回港大的錢煜奇。

錢煜奇稱，那一張由探月與航天工程中心頒發的月球樣品證書中，除了註明樣品編號和質量，亦寫上了對香港大學的殷切期望：「望早日獲得創新性科研成果」。

特稿



隨著嫦娥五號與嫦娥六號任務取回月球「最年輕」和「最古老」的月壤，我國月球

樣品研究已全面邁入「嫦娥時代」。科研人員利用月球樣品獲得系列突破性成果，不僅系統性地重塑了人類對月球的認知，也標誌着中國在行星科學領域正從「跟跑」邁向「並跑」，甚至在某些領域實現引領。

「十四五」期間，我國探月工程取得舉世矚目的成就，先後完成月球正面、背面採樣返回，成為全球唯一同時持有正反面月壤樣品的國家。2021年、2024年，國家航天局分批次將月壤移交科研聯合攻關團隊，依靠建制化科研體系產出多項世界首創成果。

院士：補齊月球演化關鍵證據

嫦娥五號樣本率先改寫月球演化認知，科研人員證實月球正面20億年前仍存在岩漿活動，將此前公認的岩漿活動終止時間向後推延10億年；同時發現撞擊玻璃珠可儲存水分，為月球基地資源利用提供新思路。嫦娥六號實現人類首次月背採樣，着陸於太陽系最大古老撞擊坑南極—艾特肯盆地，填補了月背地質研究空白。依託這批樣品，團隊探明月背岩漿活動跨度長達14億年，還首次獲取月背古磁場、月幔水含量等關鍵數據，釐清月球內外物質分布二分性特徵，精準標定大型撞擊盆地形成年代。中國科學院院士、中國探月工程首任首席科學家歐陽自遠評價，美蘇舊樣品僅能拼湊月球演化片段，嫦娥系列樣品補齊「一老一新」關鍵證據，搭建起完整月球演化圖譜。

令國際同行驚嘆的，不僅是成果的深度，還有「中國速度」。從樣品分發到論文投稿，多項研究用時不到20天。早在嫦娥六號發射前一年，相關研究所便組建了核心團隊，預先梳理出20餘個關鍵科學問題。樣品返回後，各團隊「像打仗一樣攻關」，在保質保量的前提下與時間賽跑，高效完成了從樣品處理到成果產出的全過程。

大公報記者劉凝哲

月球尖端科研邁入「嫦娥時代」