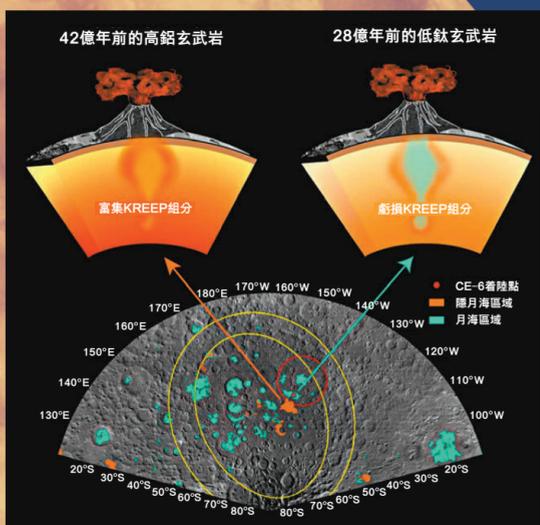


中國科學家研究嫦娥六號月壤首批成果刊《自然》《科學》雜誌

月背約28億年前存在年輕岩漿活動



▲嫦娥六號返回月壤樣品中記錄的兩期玄武質火山活動及其月幔源區性質示意圖。中國科學院地質與地球物理研究所供圖

國際科學界通過阿波羅任務、Luna任務等認識到月球正面最古老的月海火山活動可以追溯至40億年前。2021年以來，中國科學家通過嫦娥五號返回的月壤樣本，證明月球正面20億年前仍然存在較大規模的岩漿活動，並利用嫦娥五號樣品中的火山玻璃珠揭示了月球正面甚至在1.2億年前還存在小規模的火山活動。

助釐清月球正面背面物質組成差異

由於月球具有「二分性」，月球正面和背面在形貌、成分、月殼厚度、岩漿活動等方面存在顯著差異，但其形成機制仍然懸而未決，是月球科學研究中亟待解決的關鍵問題。此前，科學界對於月球背面的認識主要基於遙感研究。2024年6月25日，中國嫦娥六號月球探測器在人類歷史上首次攜帶1,935.3克月壤樣品返回地球，這些樣品採集於月球背面的南極-艾特肯盆地，該盆地是地球上最大、最深且最古老的盆地，為釐清月球正面和背面物質組成的差異、

香港文匯報訊（記者 劉凝哲 北京報道）11月15日，中國科學家採用嫦娥六號採回的月球背面樣品做出的首批兩項獨立研究成果，同時刊登在國際學術期刊《自然》與《科學》雜誌。兩項研究首次揭示月球背面

約28億年前仍存在年輕的岩漿活動，這一年齡填補了月球玄武岩樣品在該時期的記錄空白。其中一項研究表明月背岩漿活動42億年前就存在，至少持續了14億年。這些研究為人們了解月球演化提供了關鍵科學證據。



●嫦娥六號任務取回的月球背面月壤樣品日前亮相第十五屆中國國際航空航天博覽會，吸引參觀者觀看拍照。中新社

破解月球二分性之謎提供了難得的機遇。

月海玄武岩由月幔發生部分熔融產生的岩漿上升噴發至月表形成，是探索月球內部物質組成和熱演化的重要窗口。因此嫦娥六號返回樣品研究的首要任務就是確定玄武岩岩屑的年齡和岩漿源區性質。

在發表於《自然》的研究中，中國科學院院士、中國科學院地質與地球物理研究所研究員李獻華和研究員李秋立，與來自中國科學院國家天文台的研究團隊根據5克月壤中分選出大於300微米的108顆玄武岩岩屑定年研究的結果，揭示嫦娥六號著陸點28（28.07 ± 0.03）億年前存在火山活動，且岩漿來自虧損克里普物質（KREEP，富集鉀（K），稀土（REE）和磷（P）等元素的物質）的源區；其中一顆高鉀玄武岩岩屑揭示42億年前存在來自富集克里普物質源區的火山活動。

月背火山活動至少持續14億年以上

綜合來看，月球背面火山活動至少持續了14億年以上，且月幔源區經歷了從克里普物質富集到

虧損的轉變。此外，同位素定年結果與撞擊坑統計定年結果基本一致，指示了月球正面和背面遭受隕石撞擊的概率相當。

在發表於《科學》的研究中，中國科學院院士、中國科學院廣州地球化學研究所研究員徐義剛和高級工程師張樂領銜的團隊對玄武岩屑中微小含鉍礦物（<5微米）以及斜長石和晚期隕隙物開展了同位素分析，標定嫦娥六號低鉀玄武岩形成於距今28.3億年前的火山噴發，並指示其具有一個十分虧損不相容元素的月幔源區。這樣的月幔源區難以發生顯著規模的熔融及相應的玄武岩火山活動，並最終導致了南極-艾特肯盆地內缺乏大規模的月海玄武岩。南極-艾特肯盆地是月球已知最大、最古老的撞擊盆地，是嫦娥六號在月球背面的著陸區域。

傳統觀點認為，月球背面的月殼較厚，抑制了月海玄武岩噴發，導致月球正面和背面的月海分布不對稱。但這不能解釋為什麼月殼很薄的南極-艾特肯盆地也匱乏大規模的月海玄武岩。此次研究表明，月海玄武岩的分布除受月殼厚度影響外，月幔源區的物質組成也是重要的控制因素。

期刊審稿人評價

《自然》審稿人：

「這是一項『令人興奮』的研究，研究團隊採取細微謹慎的態度首次對月球背面玄武岩進行了地質年代學分析，提供了高質量、高水準的數據。」

「這是第一個來自嫦娥六號樣本的地質年代學研究，對月球和行星科學界具有重要意義，也會引起更廣泛的關注。」

《科學》審稿人：

「該研究報道了從月球背面返回的嫦娥六號月壤中的玄武岩岩屑的岩相分析、高精度年齡和同位素特徵。」

「這些樣品是首次在月球背面採集的，因此為認識整個月球的地質歷史提供了獨特的視角。」

「研究結果新穎，它們將引起廣大讀者的興趣。」

整理：香港文匯報記者 劉凝哲

中國月壤採集和研究進度回顧

2020年12月17日，嫦娥五號探測器結束中國首次月球採樣之旅返回地球，帶回了1,731克月壤樣品，這是人類首次獲得的月表年輕火山岩區樣品。

建基於嫦娥五號月壤樣品的成果包括：

月球的岩漿活動一直持續到距今約20億年，月球的壽命比此前推測的又延長了約8億歲。

嫦娥五號月壤樣品中存在來自岩漿結晶過程的「水」，說明「水」在月球晚期岩漿活動過程中不僅存在，而且可能起到了非常重要的作用。

首次在月球上發現新礦物，並命名為「嫦娥石」。該礦物是人類在月球上發現的第六種新礦物。

2020年6月25日，嫦娥六號任務採集月球背面樣品為1,935.3克，這是人類第一批來自月背的樣品。

首次揭示月球背面約28億年前仍存在年輕的岩漿活動。

整理：香港文匯報記者 劉凝哲

港學者提供地質背景 協助內地團隊研究

特稿

中國科學院院士、中國科學院廣州地球化學研究所研究員徐義剛和高級工程師張樂領銜的團隊針對嫦娥六號月球樣本的研究發表於《科學》上，顯示嫦娥六號低鉀玄武岩形成於距今28.3億年前的火山噴發，並指示其岩漿源區缺少放射性生熱元素。在這一備受業界關注的科研成果背後，是香港地球科學系行星地質學家錢煜奇的參與。

錢煜奇是在此次發表《科學》論文的合作作者之一。他在接受香港文匯報採訪時表示，自己和港大團隊在嫦娥六號升空前夕以及首批月背樣品開展分析之前，曾根據遙感數據對嫦娥六號著陸的月球背面阿波羅盆地進行研究，提出該地區存在持續、多樣的火山噴發活動，並重建了該地區的火山噴發歷史。

已作好充分準備申請樣品研究

「通過中國科學院廣州地球化學研究所-香港大學化學動力學聯合實驗室，我有幸參與到徐義剛院士團隊的共同研究中。」錢煜奇表示，港大團隊通過對月球背面遙感數據的前期分析，為內地團隊研究世界首次月球背面樣品提供了重要的地質背景。月背樣品研究也印證了港大團隊此前論文中提出的火山活動模型。

錢煜奇表示，通過兩地科研機構的合作機制，參與首批針對嫦娥六號任務的研究成果，自己感到非常榮幸，也體會到國家對香港發展科技創新研究的支持。目前，嫦娥六號月球樣品已經向包括香港在內的中國科學家申請開放，錢煜奇團隊亦作好充分準備，期待迎來月背樣品完成科研夢想。

●香港文匯報記者 劉凝哲 北京報道



▲帕西尼多維觸覺人形機器人TORA-ONE。香港文匯報記者郭若溪攝



「走路最像人」吸睛 人形機器人亮相高交會

香港文匯報訊（記者 郭若溪 深圳報道）靈巧手輕鬆提取重物、人形機器人在調酒、60秒喝上機器人做的咖啡……11月14日—16日，第26屆中國國際高新技術成果交易會（以下簡稱「高交會」）在深圳國際會展中心舉行。走訪本屆高交會，融入生活、人人可感的人工智能應用大放異彩，隨處可見忙碌的人形機器人「打工人」，一個由人工智能驅動的「未來世界」就在眼前。

在13號館的產教融合展區，深圳市人工智能與機器人研究院展位聚集了帕西尼、普渡、睿研智能等多家人形機器人研發製造企業，展出的產品既有人形機器人，也有靈巧手、機器人關節模組等零部件。以帕西尼展示的第二代多維觸覺人形機器人TORA-ONE為例，該款機器人擁有超高的47個自由度，雙手搭載了近2,000顆帕西尼自主研发生產的ITPU高精度觸覺傳感器，能實現物體6D位姿識別與柔性抓取。

▲騰訊Robotics X實驗室的雙臂機器人正在調酒。香港文匯報記者郭若溪攝

將售「平替版」應用於工業場景

另一款由深圳眾擎機器人帶來的SE01全尺寸通用型人形機器人，憑借其超仿真的行走步態和未來感滿滿的外觀設計，也引起了不少參觀者注意。香港文匯報記者在現場了解到，SE01身高1.7米，體重55公斤，外觀設計靈感來源於鋼鐵俠和機械戰警，被譽為「走路最像人」的機器人。現場工作人員介紹，通過自研關節模組、精細化結構設計以及端對端神經網絡學習，SE01全球首次實現人類步態行走能力，這是行業內的一大突破。未來預計向市場發售這款機器人的「平替版」，主要應用於工業場景，可實現運輸、分揀、巡視等功能。

香港文匯報記者在騰訊Robotics X實驗室展區看到，裝配完成後的高性能仿人五指靈巧手TRX-Hand5，5個指節看起來與人手高度相似，不同的是，每個指節上都佈滿了精密的控制器等部件，賦予了靈巧手精細操作的能力，它的指節甚至比人手更「能屈能伸」。

據騰訊Robotics X實驗室高級研究員楊思成介紹，TRX-Hand5擁有高達13個自由度、20個活動關節（含腕部），以及1,163個觸覺感知單元，其總體尺寸與成年男性手掌相當，卻能在手指關節速度上超過200度/秒，足以提拉超過20kg的重物，完成人手全部的33種抓取模式。

中國產業規模後年將破200億元

據了解，內地各地積極推動人形機器人在工業製造、醫療健康、服務業等領域應用，加速產業轉型升級。而憑借較為完善的製造業與機器人全產業鏈條，深圳已發展成為內地人形機器人企業聚集的地區之一，尤其在具身智能這一人工智能新領域具有獨特優勢。

《2023年深圳市機器人產業發展白皮書》顯示，2023年，深圳機器人產業總產值為1,787億元（人民幣，下同），同比增長8.7%。賽迪研究院認為，在政府引導和投資驅動下，2024年和2025年人形機器人產業將持續高速增長，預計2026年我國人形機器人產業規模將突破200億元。