

極速傳輸 12秒下載一幅8K月面高清圖像

超40萬公里 中國實現地月激光通信

記者從中國科學院空間應用工程與技術中心（下稱空間應用中心）獲悉，2026年7月，中國科學院A類戰略性先導科技專項「地月空間DRO（遠距離逆行軌道）探索研究」組織實施的地月激光通信試驗任務取得重大突破。空間應用中心牽頭研製建設的地面激光通信系統，經過近一年多的在軌測試試驗，成功構建了超過40萬公里的地月距離雙向激光鏈路並驗證了地月高速激光通信能力，這標誌着我國空間激光通信正式從近地軌道邁入地月空間。

傳輸一幅8K月面高清圖像的話，用傳統的微波鏈路下傳需要大約4到5分鐘，如果換成100Mbps激光通信後，只需約12秒。

大公報記者 劉凝哲北京報道

據介紹，DRO-A衛星激光通信試驗載荷由空間應用中心牽頭，聯合之江實驗室研製；地面激光通信系統由空間應用中心聯合中國科學院雲南天文台和上海微系統與信息技術研究所研製建設。

歷時5年攻關 實現「萬里穿針」

空間激光通信是一種利用激光傳輸信息的通信方式。與傳統微波通信相比，它有着速度快、帶寬大；方向準，保密性好；設備小、重量輕；雙向高速、收發自如等優點。「數十萬公里的深空距離，瞄準精度要求苛刻、信號衰減到極致、傳輸速率難以提升——這是深空激光通信領域長期面臨的三座大山；科研團隊經過為期五年的技術攻關，成功解決了這三大難題。」空間應用中心研究員、激光通信試驗科研團隊負責人楊雷表示。

地球與月球距離約40萬公里，專家們形容，地月高速激光通信需要「萬里穿針」「千里辨音」「百兆秒傳」。雲南天文台李語強研究員表示，發射端哪怕出現極其微小的角度偏差，抵達目標附近時也會產生數公里的位置誤差。雙方距離越遠，衛星姿態的微小變化、機械振動及大氣擾動都可能導致光束漂移。「地月間通信好比『萬里穿針』，相當於要在40萬公里外，將一束極細的光線精準穿過一個高速運動的「針孔」。」之江實驗室李超研究員說。

為此，科研團隊創新性地提出了適用於超遠距離、極微弱信號條件的雙向捕獲跟蹤方案，通過對衛星軌道、望遠鏡安裝及形變誤差、大氣折射、激光飛行時間等多種因素的計算和系統校準，使空間端與地面端能夠在運動中持續保持高精度對準，確保激光在目標尚未顯現時便能精準照向預定區域。

下行通信速率達每秒100Mb

微系統所李浩研究員表示，精準甄別信號，猶如在千里之外喧囂嘈雜的鬧市中，準確聽清一根針落地的聲音。激光經過40萬公里傳播到達地面時，地面望遠鏡僅能收到幾個光子，必須使用能夠對單個光子作出響應的高靈敏光電探測器才能探測到信號。同時，月光、星光、城市燈光等信號也會混入其間，對激光信號形成干擾。

科研團隊基於單光子探測和通信處理領域的長期理論研究和工程技術基礎，突破了高速超導單光子探測技術和一系列複雜的高靈敏度通信信號處理算法，能夠從海量背景噪聲中甄別出有效信號。

此外，科研團隊還突破了皮秒級時間識別的大帶寬高效通信處理技術，採用高階脈衝位置調製和高可靠信號處理方案，在極低信噪比條件下實現高碼率數據傳輸。同時，通過強糾錯編碼策略對抗噪聲，確保海量探測數據能夠以高速度、低誤碼率地傳回地面。本次試驗已初步實現上行1.25Mbps、下行100Mbps的通信速率，為後續持續提升通信速率奠定堅實基礎。傳輸一幅8K月面高清圖像的話，用傳統的微波鏈路下傳需要大約4到5分鐘，如果換成100Mbps激光通信後，只需約12秒。

地月空間

地月空間指地球同步軌道以外、主要受地球和月球引力影響的三維宇宙空間，包括地月拉格朗日點區域、基於地月拉格朗日點區域形成的軌道，以及月球表面等。

地月空間具有豐富的物質、能源、位置、環境等戰略資源，是人類開啟星際征程的必經之路。這裏蘊藏的無限發展機遇，正引發許多國家競相發展，具有重大的戰略意義。地月空間也是我國航天科技跨越式發展並補強既往短板的難得機遇。地月空間將在推動科學與技術發展、商業化月球資源開發、太空旅遊等方面均蘊含重大應用前景。

大公報記者劉凝哲

中國科學院空間應用工程與技術中心



地月尺度雙向激光通信 地月空間DRO 探索研究

地月通信三大難點

「萬里穿針」

難點：瞄準精度要求苛刻，相當於要在40萬公里外，將一束極細的光線精準穿過一個高速運動的「針孔」。

解決方案：適用於超遠距離、極微弱信號條件的雙向捕獲跟蹤方案，確保激光在目標尚未顯現時便能精準照向預定區域。

「千里辨音」

難點：信號衰減到極致，猶如要在千里之外喧囂嘈雜的鬧市中，準確聽清一根針落地的聲音。

解決方案：突破了高速超導單光子探測技術和一系列複雜的高靈敏度通信信號處理算法，能夠從海量背景噪聲中甄別出有效信號。

「百兆秒傳」

難點：傳輸速率難以提升，需要應對載人登月和月球科研站建設推進帶來的「數據大爆炸」。

解決方案：突破皮秒級時間識別的大帶寬高效通信處理技術，通過強糾錯編碼策略對抗噪聲，確保海量探測數據能夠以高速度、低誤碼率地傳回地面。

大公報記者劉凝哲整理



▲國際月球科研站概念圖。 網絡圖片

中國深空資源開發利用

2030年前

- 形成勘探能力，開展原位利用試驗

2040年前

- 實現小規模開發

2050年前

- 初步具備規模化開發能力

大公報整理

月球科研站建設 中國歡迎全球合作

合作共贏

國際月球科研站是由中國倡議發起、多國參與建設，位於月球表面和月球軌道的綜合科研設施。以「和平利用、平等互利、共同發展」為宗旨的月球科研站，長期自主運行、短期有人參與，可擴展、可維護，具備地月往返、能源供應、中樞控制、通信導航、

月面科考和地面支持等能力，持續開展科學探測研究、資源開發利用、前沿技術驗證等多學科、多目標、綜合性科學和技術活動。

據報道，國際月球科研站建設倡議得到世界多國響應，已有17個國家和國際組織、50多個國際科研機構加入國際月球科研站的合作。 大公報記者劉凝哲

打通「信息高速路」 支撐我國載人登月任務

登月探火

當前，人類對月球的探測正從單一任務向「複雜任務協同」轉變。隨著多探測器、多國家、多任務在月面同步開展，月球科研站的建設以及原位資源利用等任務的推進，月面將部署大量科學實驗設備和高清監控終端。這些高頻次、多節點的探測活動，必然導致地月間需要傳輸的數據量呈指數級增長，地月空間即將迎來一場「數據大爆炸」。

地月激光通信，有望解決這一問題。專家表示，利用傳統微波的地月通信方式傳輸，帶寬窄、速度慢，以一幅8K月面高清圖像為例，採用5Mbps級

微波鏈路，下傳一幅圖像約需4-5分鐘。採用地月百Mbps級激光通信後，可將一幅8K月面高清圖像的傳輸時間縮短至約12秒。

「目前地月之間的『信息高速路』已經打通，未來我們將會獲取到更多、更有原創價值的科學數據；相關技術形成的地月空間輕量化、小尺寸、低功耗、高速率的信息傳輸能力，也將為我國載人登月、月球科研站建設和深空探測提供高速信息傳輸新手段，支撐我國空間科學與應用取得更多更好的原創性科學成果。」空間應用中心研究院楊雷表示。

大公報記者劉凝哲

中國研建地月「太空港」 鋪路星際航行

星際航行

中國科學院部署的三顆試驗衛星，其中1顆成功在地月空間遠距離逆行軌道穩定駐留兩年，搭建起了一個「太空港口」，而這裏有望成為「星際航行碼頭」的核心區域。

這座「太空港口」在地球和月球之間的深空中，距離地球約31萬到45萬公里，距離月球約7萬到10萬公里。其專業名稱叫作「遠距離逆行軌道」，簡稱DRO軌道。它是一條環繞月球的特殊軌道，航天器在此繞月飛行的方向，與月球繞地球公轉的方向恰好相反，而且距離月球遠遠10萬公里。正是這一獨特的「遠距離」「逆行」設計，讓飛船能在這條軌道上毫不費力地停泊上百年，就像一個既免費又寬敞的天然太空停車場。

更厲害的是，這座「太空港口」還建在太空的「山頂」上。宇宙裏的「山頂」，其實是指DRO軌道恰好處在地月空間的引力勢能「高地」。從這裏出

發，無論是奔赴月球表面，還是駛向更遠的深空，都能憑藉勢能優勢，消耗很少的燃料就能輕鬆到達。

除了佔據「風水寶地」，這三顆衛星在「太空港口」裏還完成了一項關鍵任務——搭建起一個「內部通訊網」。它們成功建立了跨度最遠達117萬公里的K頻段星間鏈路，這個距離相當於地球到月球距離的三倍還多。有了這個鏈路，三顆衛星就能直接「聊天」、互相測量位置，而且不用再把信號發回地面中轉轉發，就像在深邃太空中，它們自己組建了一個專屬「群聊」，實現了高效互通。

這個「群聊」的建立，還有更為標誌性的意義，就是依靠衛星之間的互相測量、數據共享，它們真正學會了「自己認路」。這也就意味着，未來的深空航天器有望實現「自主導航」，不再完全依賴地面指揮。可以說，這三顆衛星正一步步搭建起未來「星際航行碼頭」的堅實雛形。 綜合報導

天問二號拍攝地月影像圖



▲器地距離約59萬公里時天問二號拍攝的地球影像圖。 新華社



▲器月距離約59萬公里時天問二號拍攝的月球影像圖。 新華社

極目蒼穹

7月1日，國家航天局發布行星探測工程天問二號探測器在軌獲取的地月影像圖。目前，天問二號探測器已在軌運行超33天，與地球距離超1200萬公里，工況良好。

近期，天問二號探測器配置的窄視場導航敏感器，分別對地球和月球成像。此次發布的影像圖包括器地距離約59萬公里時拍攝的地球影像圖和器月距離約59萬公里時拍攝的月球影像圖，回傳地面後，由科研人員經處理製作而成。

新華社