

子午工程二期通過驗收 港科學家首次參與其中

提升人類「第四環境」預警能力 中國空間環境地基監測能力躍居世界領先地位

日地空間是人類開展航天活動、開發利用空間的主要區域，是與人類生存和發展息息相關的「第四環境」。災害性空間天氣可導致衛星失效、通信中斷、導航偏差、電網癱瘓等重大風險，威脅國家安全與民生基礎設施。於21日正式通過國家驗收的「十三五」國家重大科技基礎設施——空間環境地基綜合監測網（子午工程二期）實現了覆蓋廣度、技術深度和探測精度的多維度突破，將顯著提升中國空間天氣預報預警能力，標誌着中國空間環境地基監測能力躍居世界領先地位，為搶佔空間科技戰略制高點提供強大助力。值得一提的是，香港科學家首次參與這一



重大工程，為空間環境研究貢獻力量。
●文：香港文匯報
記者 劉凝哲 北京報道
圖：香港文匯報北京傳真

1993年，中國科學家提出子午工程構想，2005年立項，2008年開工，2012年子午工程一期正式運行至今。中國科學院國家空間科學中心副主任、子午工程中心主任李暉表示，子午一期工程是從無到有，子午二期則是從有到強。「我們走出了一條獨立自主自強的道路，自主研製出一系列標誌性的設備，以稻城圓環陣太陽射電成像望遠鏡為代表的一系列大型設備，正屹立於我們的國土之上。」李暉自豪地說。

國際首個覆蓋日地空間全圈層監測設施

據介紹，子午工程二期於2019年11月開工建設，由中國科學院國家空間科學中心牽頭，聯合8個部門的15家單位協同攻關，實現從太陽表面爆發、行星際傳播到地球空間響應的全鏈條追蹤監測。子午工程二期建成了一批大型監測設備，其技術指標達到國際先進水平。在中國本土、地球南北極區實現對近地空間（地磁、電離層、中高層大氣）的協同網絡化監測，從而助力日地空間環境整體變化機理、空間物理基本物理過程等前沿科學研究，並為中國空間天氣預報和預警服務提供關鍵的自主數據輸入，是國際首個覆蓋日地空間全圈層（太陽風—磁層—電離層—中高層大氣）的綜合性空間環境地基監測設施。

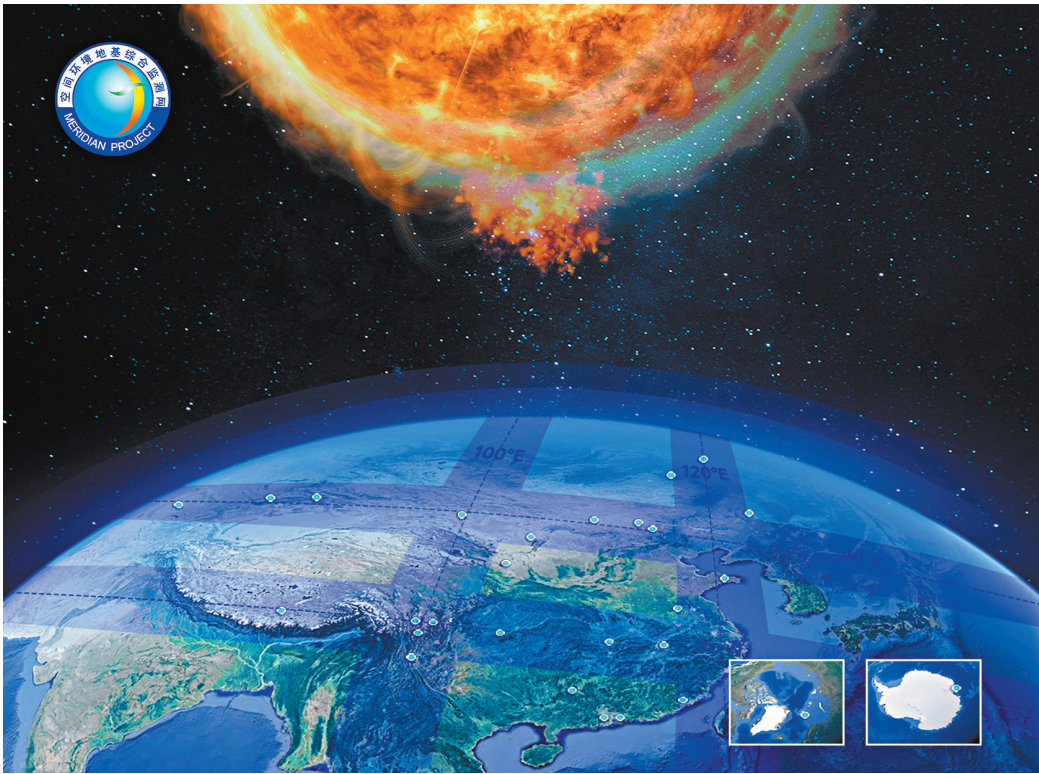
聯合港高校開展研究 冀服務灣區經濟建設

值得一提的是，在兩地科學家的共同努力下，子午工程二期的空間天氣監測儀器首次在香港理工大學落地。據了解，這台空間天氣監測儀器名為「電離層高頻多普勒監測儀（IHFD）」可用於研究電離層的擾動和不規則體、電離層對太陽耀斑的響應、磁暴和颱風引起的電離層擾動等。

「香港的科學家非常感興趣，科研團隊也很有優勢，」子午工程二期總工程師徐奇遙告訴香港文匯報記者，這次子午工程二期落地香港是合作的開始，期待包括香港科學家在內全國團隊都能在子午工程的平台上合作研究。李暉表示，已聯合香港高校相關的團隊，開展大灣區附近電磁環境擾動機理的研究，希望利用子午工程自主的監測數據來服務大灣區經濟建設。



●子午工程綜合信息與運控中心。
香港文匯報記者劉凝哲 攝



據香港文匯報記者了解，子午工程進行的空間環境地基監測，正為人類的太空活動保駕護航。中國科學院國家空間科學中心太陽活動與空間天氣重點實驗室副主任羅冰顯在接受香港文匯報採訪時表示，子午工程的空間天氣預報，服務於載人航天工程、探月工程等多個重大航天工程，目前每天也會向空間站提供預報服務，如果有太陽爆發事件時，還會加密觀測。

廣泛推動國際合作 護航人類太空活動

此外，子午工程為開展空間天氣預報廣泛國際合作提供自主監測數據支撐，國家空間天氣監測預警中心利用子午工程自主監測數據，順利完成多輪國際民航組織（ICAO）空間天氣國際值班任務。按照ICAO要求，國際民航組織全球空間天氣中心（中國）（CRC-CHN）作為當值中心，負責監測全球範圍內影響航空運行的空間天氣事件，製作和發布航空空間天氣產品，並提供空間天氣情報諮詢服務。依託子午工程監測數據製作的空間天氣產品，有效地應用在ICAO服務中，包括空間天氣日報產品和ICAO空間天氣諮詢報，在國際航空空間天氣全球服務背景下，彰顯中國空間天氣監測以及預報預警的國家能力。

2024年1月，國際空間環境服務組織中國區域警報中心落戶北京懷柔科學城。子午工程是中國區域警報中心業務開展的重要數據基礎。中國區域警報中心持續向國際空間環境服務組織提供和交換每日空間天氣指數和事件預報產品，開展空間天氣預報技術交流和全球協調合作，將為全球共同應對空間天氣災害，構建人類命運共同體持續作出中國貢獻。



●3月20日，在位於北京懷柔的子午工程綜合信息與運控中心大樓，中國科學院國家空間科學中心子午工程中心主任李暉（左三）、子午工程二期總工程師徐奇遙（左二）、太陽活動與空間天氣重點實驗室副主任羅冰顯（左一）、圓環陣太陽射電成像望遠鏡主任設計師閻敬業合影。
新華社

工程建成的大型監測設備



圓環陣太陽射電成像望遠鏡

由均勻分布在1km直徑圓周單元天線所構成的全球規模最大的綜合孔徑成像望遠鏡。其單元數多達313個，並行接收鏈路多達626通道。以同類設備法國南希太陽射電日像儀（NRH）為例，其單元數量是NRH的7倍，總接收面積約是NRH的10倍。



行星際閃爍監測望遠鏡

中國首台專門用於行星際閃爍監測的射電望遠鏡，國際上首個實現三站雙頻觀測的行星際閃爍監測望遠鏡，其接收面積比國際上最大的印度Ooty望遠鏡多6%，可將探測日心距離擴展至20-200個太陽半徑。



三站式非相干散射雷達

採用了有源數字相控陣、全固態發射和數字接收等現代雷達技術，突破了低系統噪聲溫度、環境適應性、信號處理和電離層參數提取、多站共體協同探測等關鍵技術，具有持續觀測、全空域覆蓋、局部空間快速掃描等新優勢。

嫦娥六號新成果 月球最大撞擊遺蹟形成於42.5億年前

香港文匯報訊（記者 劉凝哲 北京報道）中國科學家通過嫦娥六號採回的月球背面月壤樣品研究，取得了又一項重大突破：確定月球最古老、最大的撞擊遺蹟—南極—艾特肯盆地（SPA盆地）形成於42.5億年前，為太陽系早期大型撞擊歷史提供了初始錨點，對理解月球乃至太陽系早期演化具有重大科學意義。記者21日從中國科學院獲悉，成果刊登在學術期刊《國家科學評論》。

顯示月球幼年曾遭「重創」

撞擊作用是天體形成與演化過程中最重要的外部動力過程，內太陽系天體經歷了相似的撞擊歷史。月球作為地球唯一的天然衛星，表面遍布了大小不一的隕石撞擊坑，是太陽系撞擊的歷史印記。其中，直徑約2,500公里的巨型撞擊坑SPA盆地，是月球最古老的撞擊疤痕，記錄了月球幼年時期遭受的巨大「創傷」。

SPA盆地的形成時間不僅是月球演化歷史的關鍵節點和撞擊歷史的起始錨點，還可作為校準太陽系撞擊史的黃金參

照，為火星、水星等行星撞擊坑建立統一年齡標尺，是太陽系留給人類珍貴的「宇宙時鐘」。因此，精確限定SPA盆地形成時間，是國際深空探測領域長期以來的首要科學目標之一，但同時也是月球科學研究領域中的最大懸案之一。

發現一類新型月球蘇長岩

中國嫦娥六號任務成功返回採自月球背面SPA盆地內部的月壤樣品。中國科學院地質與地球物理研究所陳意研員帶領研究團隊從5克月壤中，挑選出20顆具有代表性的蘇長質岩屑顆粒。研究發現，儘管這些蘇長質岩屑在全岩成分和礦物組成上與月球正面阿波羅樣品中的蘇長岩一致，但在礦物的主、微量元素成分上有明顯區別。極低的揮發性元素含量等均指示這些蘇長質岩屑為撞擊熔岩，是一類新型的月球蘇長岩，團隊將其命名為南極—艾特肯蘇長岩（SPANs）。

團隊進一步通過岩屑中微小（1-5微米）含鉛礦物開展鉛同位素定年分析，識別出42.5億年和38.7億年兩期撞擊事

件。其中42.5億年蘇長岩呈現不同的礦物粒度和結構，並且礦物的主、微量元素從粗粒到細粒呈現明顯演化趨勢，表明它們來自同一撞擊岩漿池不同層位分離結晶的產物。為了追溯這一古老撞擊成因蘇長岩的源區，團隊基於447GB的遙感數據，開展了SPA盆地內部及周邊地區大範圍岩性填圖和溯源，發現42.5億年蘇長岩來自SPA盆地內環的成分異常區。綜合以上證據，團隊最終限定SPA盆地形成於42.5億年前。

早期正背面撞擊通量大致相當

該項成果證明，在太陽系形成之後約3.2億年，一次大型撞擊事件形成了月球最大的撞擊遺蹟——SPA盆地，為月球撞擊坑統計定年法提供了來自月背的初始錨點。基於月球正面樣品校正的撞擊曲線計算SPA盆地模式年齡與同位素定年結果基本一致，表明月球早期正面和背面的撞擊通量大致相當。此外，該項工作確認43.5-43.3億年的全月熱事件與SPA大型撞擊無關，為重塑月球早期一級演化序列提供了參考基點和科學依據。

神十九航天員完成第三次出艙



●神十九航天員乘組21日晚圓滿完成第三次出艙活動。
網上圖片

香港文匯報訊 據新華社報道，神十九航天員乘組21日晚圓滿完成第三次出艙活動，將於1個多月後返回地球。當日20時50分，經過約7小時的出艙活動，神舟十九號乘組航天員蔡旭哲、宋令東、王浩澤密切協同，在空間站機械臂和地面科研人員的配合支持下，完成了空間站空間碎片防護裝置及艙外輔助設施安裝、艙外設備設施巡檢等任務。

據中國載人航天工程辦公室介紹，出艙航天員蔡旭哲、宋令東已安全返回問天實驗艙，出艙活動取得圓滿成功。航天員蔡旭哲已完成5次出艙活動，成為目前在艙外執行任務次數最多的中國航天員。

目前，神舟十九號航天員乘組的「太空出差之旅」已近5個月，各項空間科學實（試）驗任務進展順利。按計劃，乘組將於1個多月後返回地球家園。