

“天问一号”日凌观测研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/21612.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

“天问一号”日凌观测研究获进展。

2021年火星日凌期间(9月下旬到10月中旬)，中国科学院上海天文台、中科院国家空间科学中心、北京大学地球与空间科学学院、中科院国家天文台、澳大利亚塔斯马尼亚大学、欧洲甚长基线干涉测量研究所等中外科研机构，利用“天问一号”环绕器和“火星快车”轨道器的测控通信信号，联合开展了对太阳的日凌掩星观测，取得了重要成果。

“火星日凌”是指地球、火星运行至太阳两侧且三者近乎处于一条直线的自然现象(图1)。火星日凌期间，探测器向地球测控站发射的无线电信号经过临近太阳空间(以下简称临日空间)，受太阳电磁辐射干扰导致其信号强度和频率发生变化。科学家通过对这些影响的研究，可以反演研究太阳的活动情况。2021年火星日凌期间，“天问一号”环绕器和欧洲航天局“火星快车”轨道器任务团队控制两个探测器定期向地球发射无线电信号，多国科学家利用国内外十多个射电望远镜，观测两个探测器的信号受太阳影响情况。

2021年10月9日，当火星投影点(火星在太阳附近的投影，图2)距离日心 $2.6 R_s$ (太阳半径)时，研究发现6个观测站接收到“天问一号”“火星快车”的无线电信号频率出现了最强 $\pm 20\text{Hz}$ 、时间长达10分钟的扰动。

研究通过对扰动信号的分析发现，在无线电信号传播过程中穿越临日空间时，该区域的电子总含量发生了上千个TECU(总电子数单位， $1\text{TECU}=10^{16}$ 个电子/平方米)的变化。与大角度分光日冕仪(LASCO)在同一时期获取的光学遥感观测数据对比后，研究发现此次的电子总含量变化是日冕物质抛射(CME)现象所致。CME现象作为太阳上最剧烈的爆发现象之一，可快速抛射大量携带有磁场的等离子体，且这些等离子体对信号的折射与散射效应会导致信号频率产生扰动。

由于相同的频率扰动信号抵达不同位置测站的时间不同，通过频率扰动信号与各测站之间的传播距离与传播时间，可计算得到CME的等离子体抛射速度，因此多站联测可用来探讨临日空间太阳活动的空间传播情况。

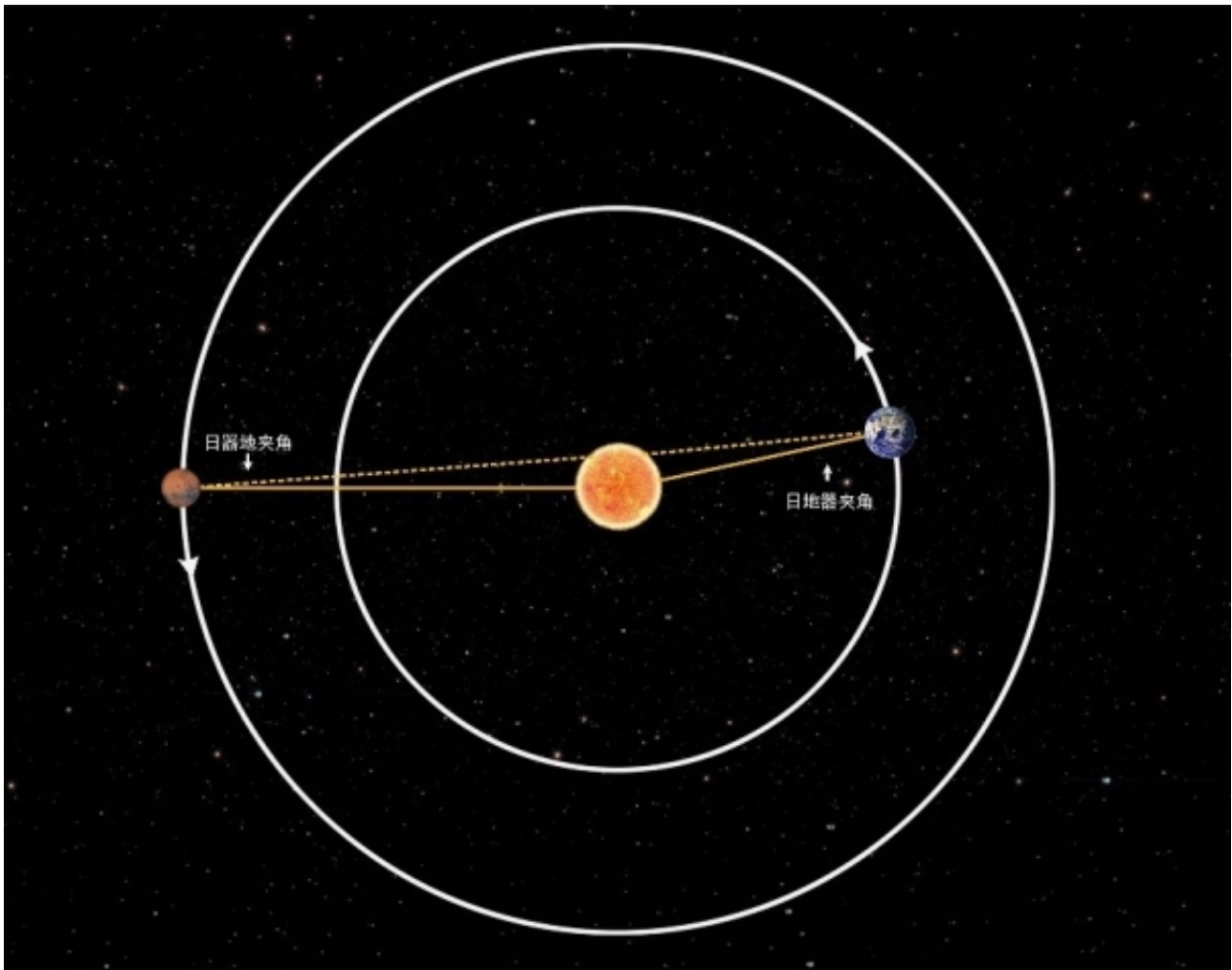
同时，在火星投影点附近更小的空间尺度范围内，研究观测到因CME与冕流相互作用引起的冕流波。冕流波是一种大尺度日冕波动现象，被称为“太阳上空飘扬的彩带”，反映了磁场对太阳风等离子体运动的约束情况。通常情况下，冕流波利用光学手段通过日冕仪进行观测，但受到观测背景亮度的限制。研究运用射电方法观测到背景较暗且光学手段无法分辨的冕流波细节结构，为未来开展冕流波观测提供了新方法。本次观测在CME离去时，探测到初生高速太阳风流。初生太阳风是指刚刚从太阳射出的太阳风。一般认为，初生太阳风是低速的，在距离日心 $5R_s\sim 20R_s$ 范围内加速后才会形成高速太阳风。而本次观测在距离日心 $2.6R_s$ 的位置便发现了速度高达上千

公里每秒的高速太阳风现象。研究推测初生高速太阳风流可能是受到来自太阳的磁流体动力学波的影响而形成。此次观测工作表明，多站观测的方法可为探究太阳风流动与磁流体波动提供观测数据支持。

本工作得益于探测器射电遥感观测方法的高灵敏度，以及多站联合观测具有的高时间分辨率和高空间分辨率优势。该方法可对原位探测器无法进入的临日空间和光学手段无法识别的空间小尺度快速变化现象进行观测，有助于研究人员更加细致地探索临日空间环境及其对深空通信的影响。

相关研究成果以Detecting the Oscillation and Propagation of the Nascent Dynamic Solar Wind Structure at 2.6 Solar Radii Using Very Long Baseline Interferometry Radio Telescope(《利用甚长基线干涉测量站测量2.6个太阳半径处初生太阳风的波动和传播》)为题，发表在The Astrophysical Journal Letters上。

[论文链接](#)



研究工作得到国家航天局探月与航天工程中心、北京航天飞行控制中心、北京跟踪与通信技术研究所、中国VLBI网、上海天文台VLBI中心、欧洲VLBI观测网，以及国家自然科学基金、上海天文台国家基础科学公共科学数据中心“VLBI月球与深空探测数据库”、国家重点研发计划的支持。图1.日凌期间，地球、火星与太阳之间的位置关系

图2.火星日凌期间，多个VLBI测站对天问一号和火星快车进行观测 (a)天问一号频率扰动变化 (b)火星快车频率扰动变化 图3.2021年10月9日，火星投影点距离日心2.6 Rs时，日冕物质抛射引起

的天问一号(a)和火星快车(b)的频率和载噪比扰动变化。Hh：南非哈特比斯特胡克测站;Ys：西班牙耶韦斯站;Mc：意大利梅迪奇纳站;Sv、Zc和Bd：俄罗斯的斯韦特拉耶测站、泽连楚克斯卡雅测站和班达拉测站;Yg：澳大利亚亚拉测站。CME在07:09到达火星投影点，CME前沿在07:20到达火星投影点，07:32离去，11:00之后恢复背景太阳风状态。07:20~07:32之间，频率扰动达到 $\pm 20\text{Hz}$ 。时间为世界协调时(UTC)。左：CME过火星投影点引起的瞬变太阳风速度变化及高速流径向速度变化;右：冕流波速度变化。

图4.整个观测过程中测量的CME、冕流波和高速流的速度变化。

图5.冕流波到达多个测站的投影点，以及沿着Hh-Ys方向传播的高速流示意图。

研究团队单位：上海天文台

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发