
空间中心利用嫦娥四号数据揭示太阳风与月面磁异常相互作用新特征

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20133.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！

月球代表的是一类无气体天体。早期研究认为，月球的空间环境相对简单，来自太阳的太阳风可毫无障碍地轰击向阳面月表，并在背阳面留下一个低密度、低压强的月球尾迹。然而，最近探测结果表明，月球虽无全球性的偶极场，但有广泛分布的月壳剩磁，称磁异常。一些磁异常的强度可达上百nT，可造成太阳风减速和偏转，从而降低达到月面的太阳风通量，换句话说，就是保护了月面。这种磁场保护结构在一定程度上类似地球磁层，且尺度小，称微磁层。微磁层代表太阳系中最小的磁层结构，对于它的研究有助于探究太阳风与小尺度磁场的相互作用。此外，微磁层也可为月面探测活动提供相对安全的空间环境，对我国未来建立月球科研站具有重要意义。微磁层包含激波、磁鞘区及中心密度空腔结构。目前，有关月球微磁层的观测均只看到密度和磁场的增强，并未看到中心密度空腔。这些观测似乎只看到激波或磁鞘区，而没有看到微磁层内部。抑或是月球微磁层可能并不能完全形成，即根本没有密度空腔。另外，以往观测均只是单点观测，微磁层的全局图像仍不清楚。微磁层如何形成以及微磁层的大尺度结构，有待更多观测数据来阐释。嫦娥四号是人类首个着陆在月球背面的探测器，其着陆点位于月球最大磁异常区——雨海对趾区的东部边缘，这为在月面就位探测微磁层提供了机会。利用嫦娥四号巡视器搭载的中性原子探测器（ASAN）数据，中国科学院国家空间中心太阳活动与空间天气重点实验室副研究员谢良海、研究员李磊/张爱兵等发现，微磁层的形成与离子惯性长度相关，即离子惯性长度越小，越有利于微磁层形成，相应的遮挡效率也越高。近日，科研人员利用ASAN数据找到了一次难得的事件。事件中太阳风离子惯性长度只有50公里左右（低于98%以上的太阳风），理论上最有利于形成微磁层。同时，美国阿尔忒弥斯计划（ARTEMIS）已在月球轨道的两颗卫星，有一颗（P1）位于磁异常上游，另一颗（P2）位于磁异常下游，并结合位于月面磁异常附近的ASAN数据，可实现微磁层的首次多点观测（图1）。借助该多点观测，研究有望揭示微磁层的全局图像，并有望利用ASAN数据来检验微磁层内部是否存在密度空腔。研究分析数据发现，ARTEMIS卫星在磁异常下游看到明显的激波结构，这与离子惯性长度小有利于形成微磁层的预期一致。而研究分析ASAN数据发现，约2/3的太阳风被磁异常挡住，但1/3的太阳风穿过磁异常并达到月面。此外，在穿越磁异常的过程中太阳风的能量从492eV降到325eV（图2）。结果表明，即使在最有利于形成微磁层的情况下，磁异常仍不能完全屏蔽太阳风（穿透率1/3），且太阳风的速度也未降到0。因此，中心密度空腔区是不存在的，磁异常对太阳风的主要作用是偏转和减速，从而造成月面法向太阳风通量降低，在一定程度上保护了月面。基于以上观测证据，研究提出了太阳风与磁异常相互作用的新图像。如图3所示，磁异常区包含多个分离的小尺度（特征宽度为几十公里）子磁场结构，单个子磁场对太阳风只能造成微弱的偏转和减速作用，相应的会产生磁声波和压缩区，但并不能形成激波。多个子磁场结构的共同作用使得太阳风偏转得越来越明显，最终可以平行月面甚至反向朝上流动。这些子磁场结构带来的压缩区会相互叠加形成类似边界层一样的结构。此外，反向朝上的流动与高超声速的来流相互作用，最终在磁异常下游形成尾激波结

构（Trailing shock）。该研究表明，月球微磁层不同于一般意义上的磁层，在它的中心磁场区没有密度空腔，只有太阳风偏转带来的边界层。此外，在磁异常上游也可能没有分离的弓激波，而只有下游的尾激波。这提高了科学家对太阳风与月球磁异常相互作用的认识，并为后续进一步探索月球微磁层及实施相关探测任务奠定了基础。相关研究成果发表在The Astrophysical Journal Letters上。 [论文链接](#)

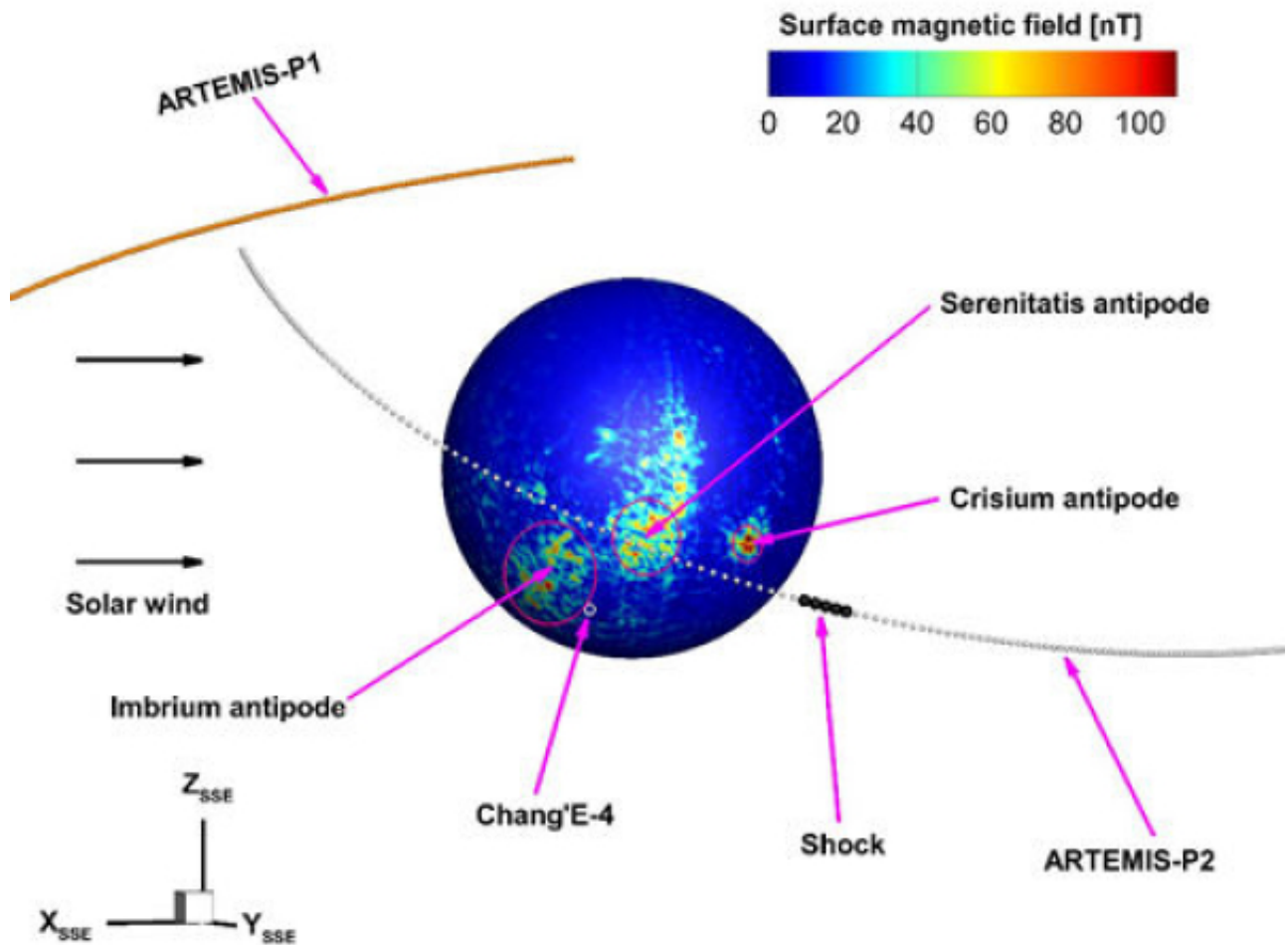


图1.嫦娥四号联合ARTEMIS两颗卫星首次实现微磁层的多点观测

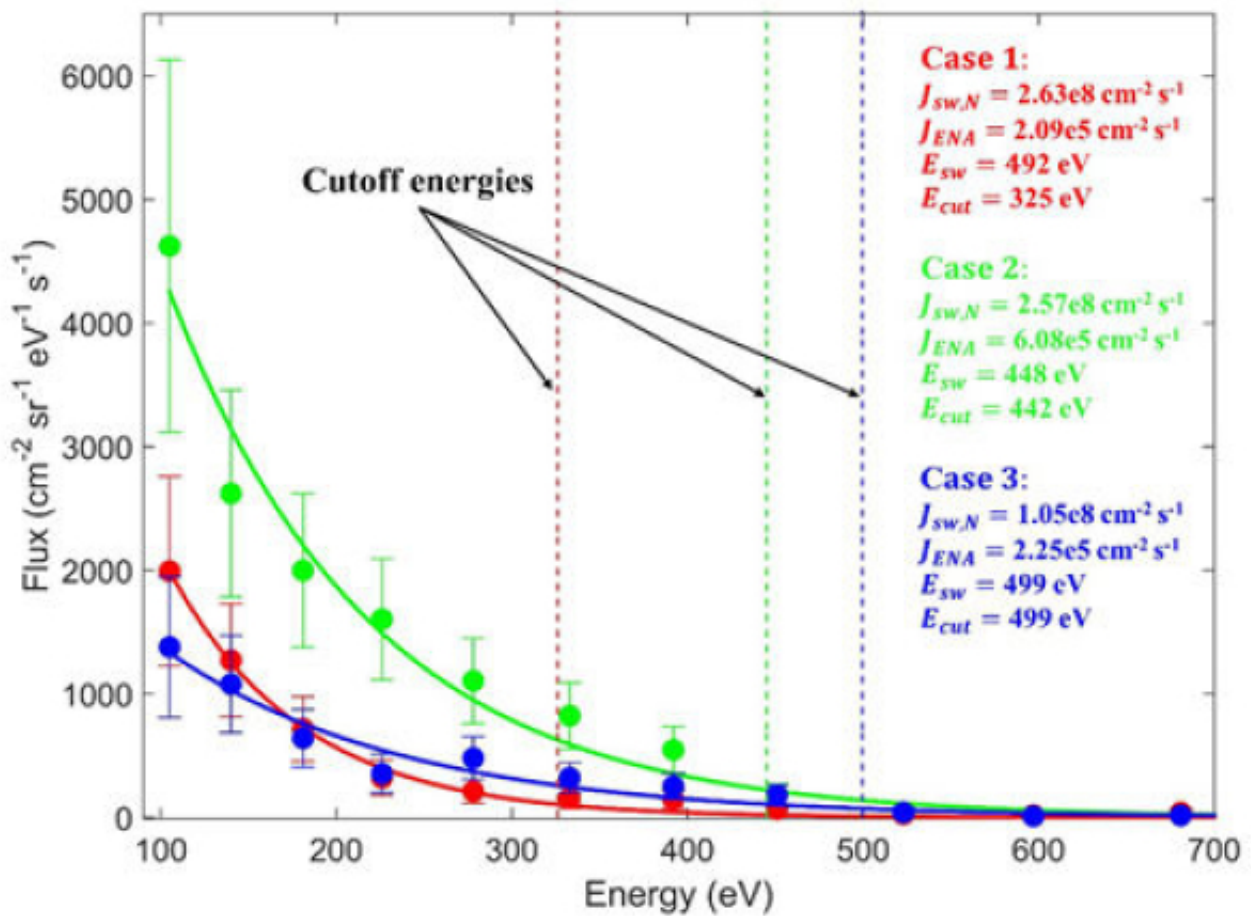


图2.嫦娥四号ASAN探测器看到的ENA能谱，其中Case1位于磁异常下游，Case2和Case3位于磁异常上游，用于分析磁异常对太阳风的减速和偏转作用

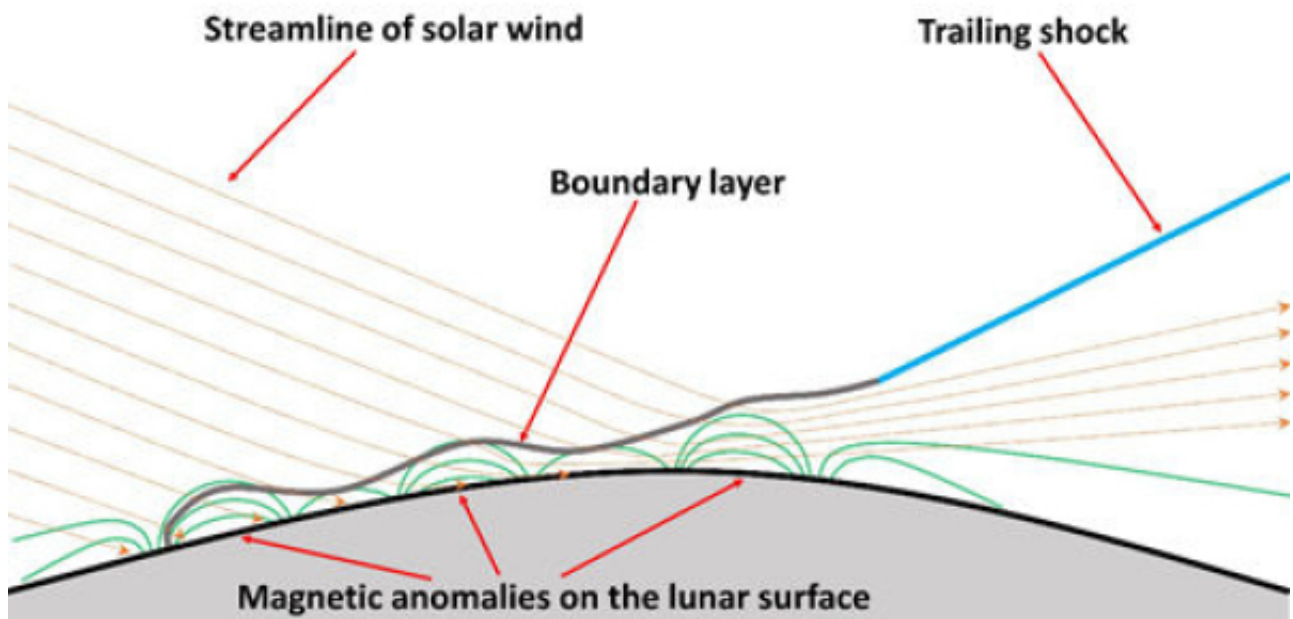


图3.太阳风与月面磁异常相互作用示意图

研究团队单位：国家空间科学中心

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](http://www.iikx.com)转发