
地质地球所提出月球哨声翅对微磁层研究的启示

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/14008.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！

日球层空间中，超声速太阳风与星体磁场之间的相互作用是空间物理研究的重要课题之一。在过去60多年的太空探索中，人类已经发射了多颗深空探测器对太阳系中的行星进行探测，掌握了大量关于行星磁场与太阳风相互作用过程的观测资料，对“行星磁层”有了较为充分的认识。

太空中存在诸多小尺度的磁场结构。这些小磁场可能存在于一些磁化的小行星上，而且它们对小行星的空间环境起决定性或调制性的作用。例如，伽利略号探测器（Galileo）曾经接近过的一颗名为“Gaspra”的小行星，它是一颗直径不足20 km却磁化的小天体，其磁场的空间尺度仅为200 km。由于深空探测器一般很难非常接近这些小天体进行观测，例如，伽利略号探测器观测Gaspra时的最近距离为1600 km，因此基于这种远距离的探测，人们实际上并不清楚这些小磁场结构究竟如何与超声速太阳风相互作用。人们习惯于思维惯性，认为它们和行星磁层与太阳风的相互作用具有相似的场景。为突出这种相似性，人们把小尺度磁场与太阳风相互作用形成的空间结构称为“迷你磁层”。

月球表面散落着众多的小尺度的剩余磁场。这些磁场的月面强度通常为几十纳特，最高可达一千纳特。它们的月面水平尺度为数十或数百千米不等，而垂直尺度往往只有几十千米。它们在与太阳风相互作用时，可能形成诸多的“迷你磁层”结构。因此，月球本应是研究和探索“迷你磁层”的最佳场所。数值模拟工作表明，月球剩余磁场与太阳风的相互作用区一般位于距离月面30 km高度之内。由于月面的高山海拔最高可达11 km，为防止由于卫星轨道控制误差而撞击月面的情况发生，通常的绕月探测卫星高度一般在30 km之上。这造成月球剩余磁场与太阳风相互作用的实地观测资料也相当缺乏。

中国科学院地质与地球物理研究所地球与行星物理院重点实验室研究员张辉等详细研究了位于距离月面1个月球半径高度内（约1738 km）等离子体和电磁场的卫星观测资料，以寻找剖析剩磁与太阳风相互作用的关键证据。太阳风与剩磁相互作用过程中会部分反射入射的太阳风，同时会产生各类电磁波动。这两者均源于相互作用区，并向外部空间传播，因而携带有剖析这种相互作用的关键信息，又称为遥感诊断这种作用过程的关键“症状”。结果表明，小尺度磁场与太阳风相互作用过程与行星磁层的场景完全不同。相互作用过程没有产生激波结构，不具有与“行星磁层”可比拟的结构（图1）。由于激波是磁层的必要组件，基于类比目的的月球“迷你磁层”的称号似乎不甚合适。入射的太阳风离子表现为一种“粒子”特性，直接在低高度的相互作用区被反射。反射表现为镜面反射特征，说明相互作用区的垂直电场是主导因素。该电场可源于相互作用区电子和离子的空间分离或运动解耦。源自相互作用区的1 Hz的低频波动，在月球周遭的分布形成“翅”状结构，这种传播特性表明该波动是沿磁力线传播的低频哨声波动（图2）。观测表明，低频波动与反射离子在空间分布上不重合，因此，离子并不像传统文献中所认为的那样是低频波动的源，而电子流体在剩余磁场外的绕流则是低频哨声波的源，且哨声波的频率与电子绕流的

空间尺度相关（图1）。

该研究揭开了小尺度磁场与太阳风相互作用的图景，并可能成为探索小行星磁场的重要诊断工具，即利用哨声波特性确定小行星磁场的尺度和强度，从而使得该研究成果具有应用价值。相关研究成果发表在GRL

上。研究工作得到中科院战略性先导科技专项（B类）和国家自然科学基金的资助。

[论文链接](#)

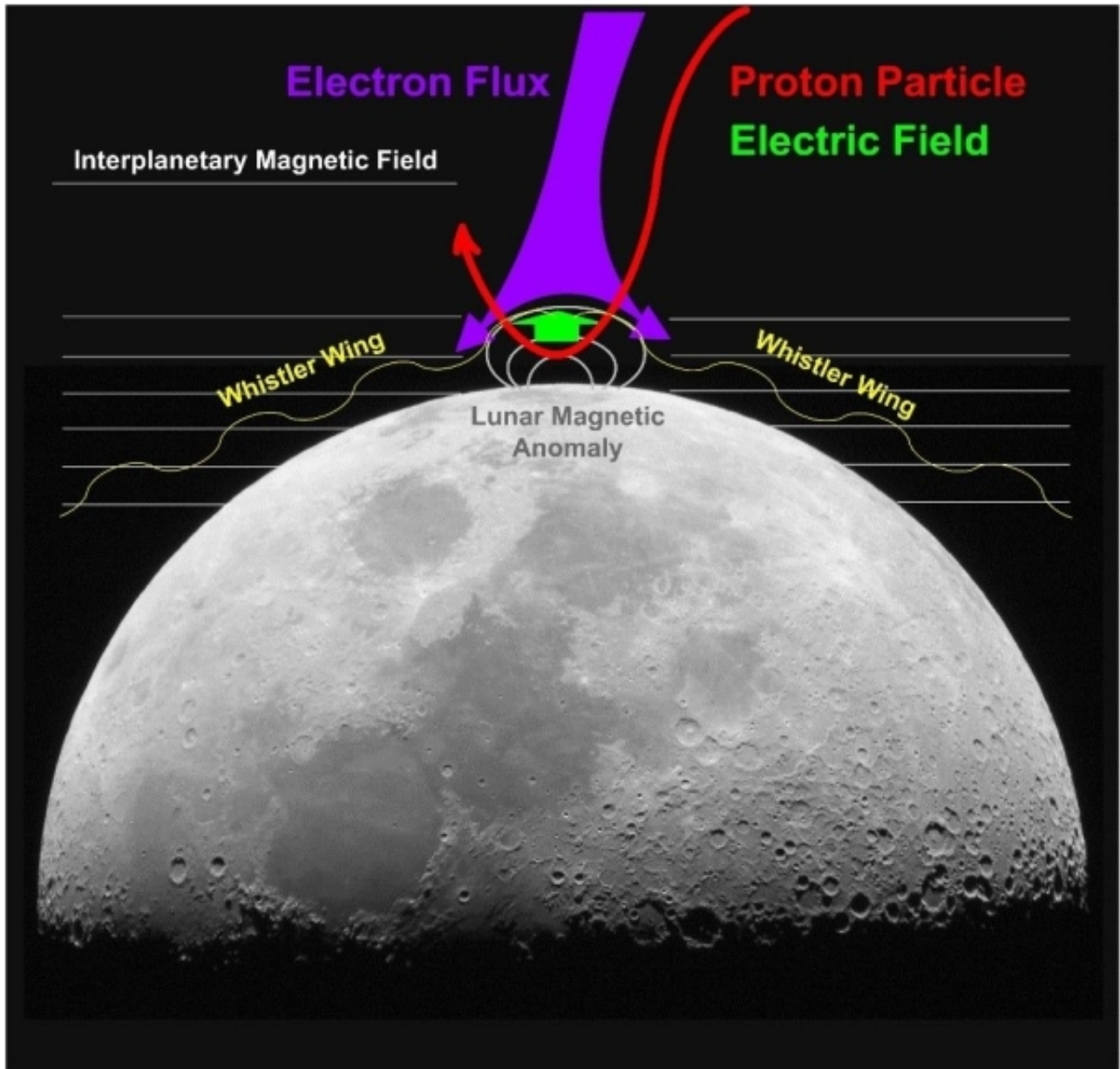


图1.太阳风与小尺度（ ~ 100 km）月球剩余磁场相互作用场景：激波不再形成；入射太阳风离子表现为“粒子”性，被镜面反射；入射电子表现为流体性，围绕剩余磁场绕流，从而产生哨声波，形成哨声翅；离子与电子的空间分离或运动解耦产生垂直于月面的电场，从而反射入射离子

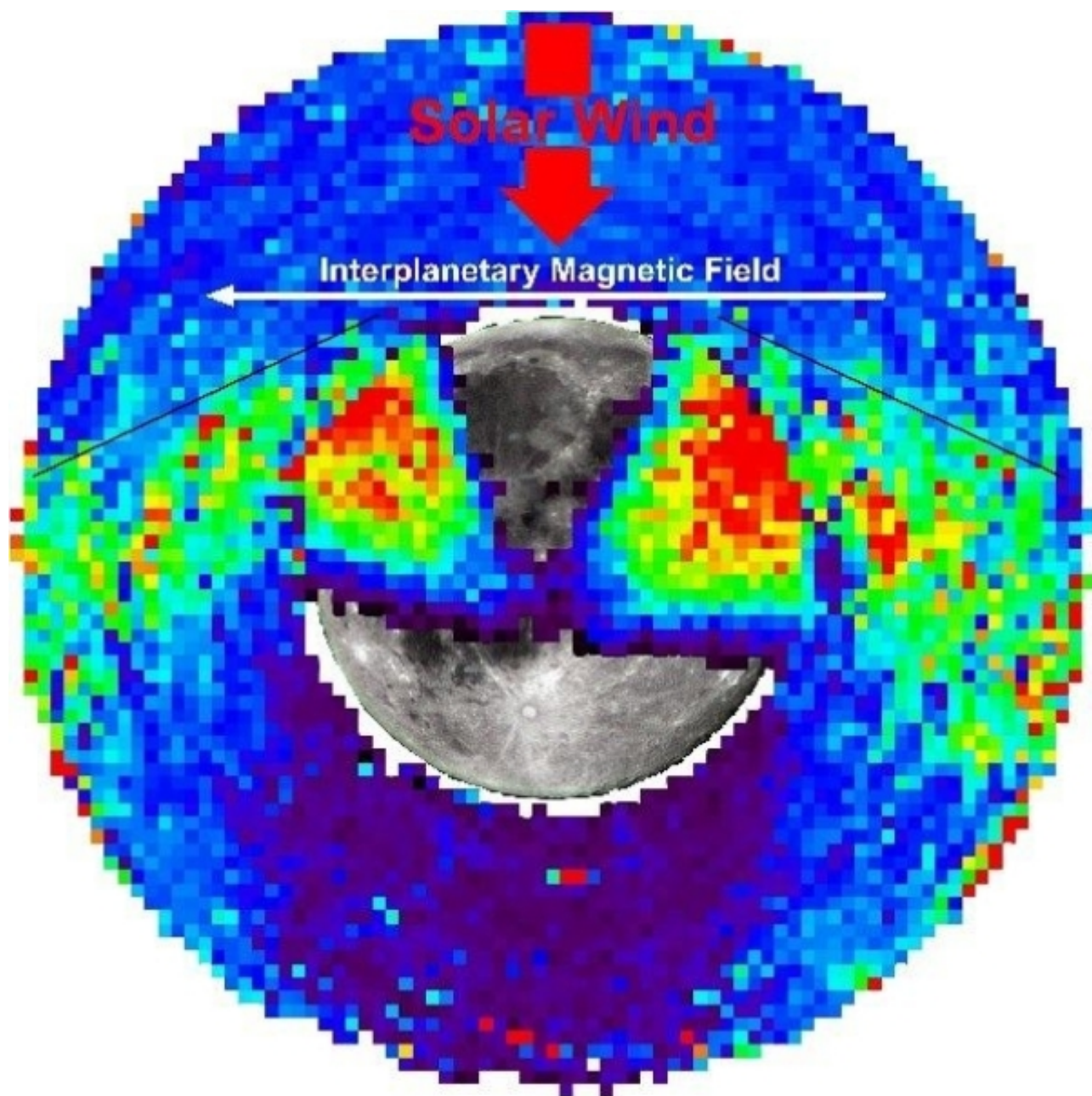


图2.卫星观测到的哨声翅

研究团队单位：地质与地球物理研究所

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