



新闻动态

- 图片新闻
- 头条新闻
- 通知公告
- 学术活动
- 综合新闻
- 科研动态
- 研究亮点
- 学术前沿

您现在的位置: 首页 > 新闻动态 > 研究亮点

## 张天馨等-ApJL: 太阳风反射粒子对近月表磁场扰动的影响

2020-06-15 | 【大】 【中】 【小】 【打印】 【关闭】

磁场扰动是天体与太阳风相互作用的关键特征。不同于地球，月球没有明显大气和全球性的强磁场，因此，超声速的太阳风会直接轰击月球表面，月球向阳面吸收太阳风粒子，太阳风所携带的行星际磁场则穿越月球，在月球背面形成等离子体空腔，即月球尾迹（图1）。由此形成的抗磁电流，会在月球后方产生全球性的磁场扰动：增强尾迹中心的磁场并减弱尾迹四周的磁场。除了尾迹这种全球性扰动之外，月球表面还有许多区域性的磁场增强。前人的研究普遍认为，这些磁场增强是由于行星际磁场在月面剩磁上游堆积压缩而产生，但是，后续研究发现增强特征和剩磁区域并不存在一一对应的位置关系。月球周边这种区域性磁场增强的成因是长期困扰该领域的一个难题。

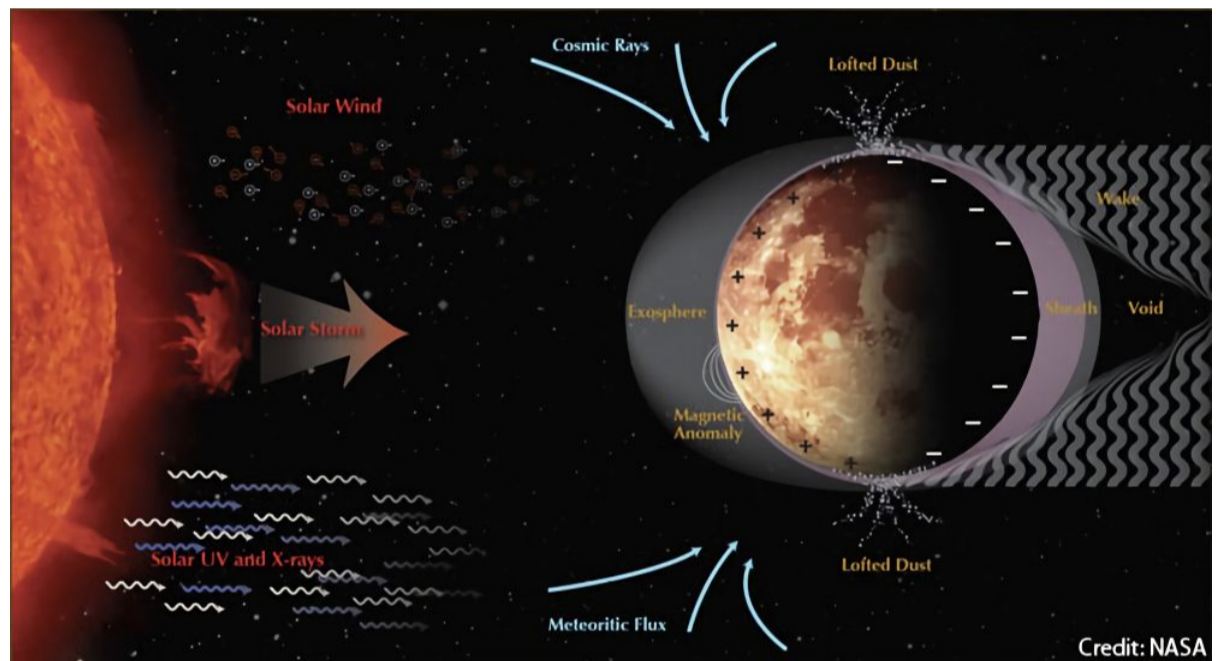


图1 月球与太阳风相互作用示意图（图片来源：NASA）

太阳风入射时，除绝大部分入射粒子被月表吸收 (>90%)，还有一少部分被月球反射，在磁异常区上空尤为显著。前人对月面反射粒子的探索大多集中于研究它们对近月空间等离子体环境的影响，包括加速过程、尾迹注入过程，以及波动激发过程，而入射粒子如何反射，以及它们对太阳风的反作用经常被忽略。这主要是因为这些过程往往发生在离月面较低的高度上 (<30 km)，由于月球地形复杂，卫星很难接近月表，导致等离子观测数据非常少；另外，也因为粒子探测器通常无法覆盖所有能量范围或所有方向，这导致粒子探测很难准确。相对而言，磁场探测技术已经完全成熟，其准确性也毫无争议，因此，磁场探测可能成为诊断这些物理过程的关键参量。

中科院地质与地球物理研究所地球与行星物理院重点实验室的张天馨博士生在导师张辉研究员的指导下，利用Lunar Prospector卫星的磁场观测数据，对近月磁场扰动进行了深入研究。通过建立由实时变化的太阳风电磁场确定的动态坐标系，月表磁场扰动展示出了全新的空间分布特征：在月球的晨昏线附近，沿着电场方向存在磁场分布的不对称性；在晨昏线之前（向阳面），电场指向的一侧磁场增强更显著（图2a、图2e）；在晨昏线之后的尾迹区域（背阳面），电场指向的一侧磁场减弱更显著，并且发现尾迹结构发生扭转（图2a、图2b、图2f）。尤为重要的是，通过对照月球磁场模型，发现上述分布特征与月表磁异常的空间分布没有直接关系（图2e-图2h）。

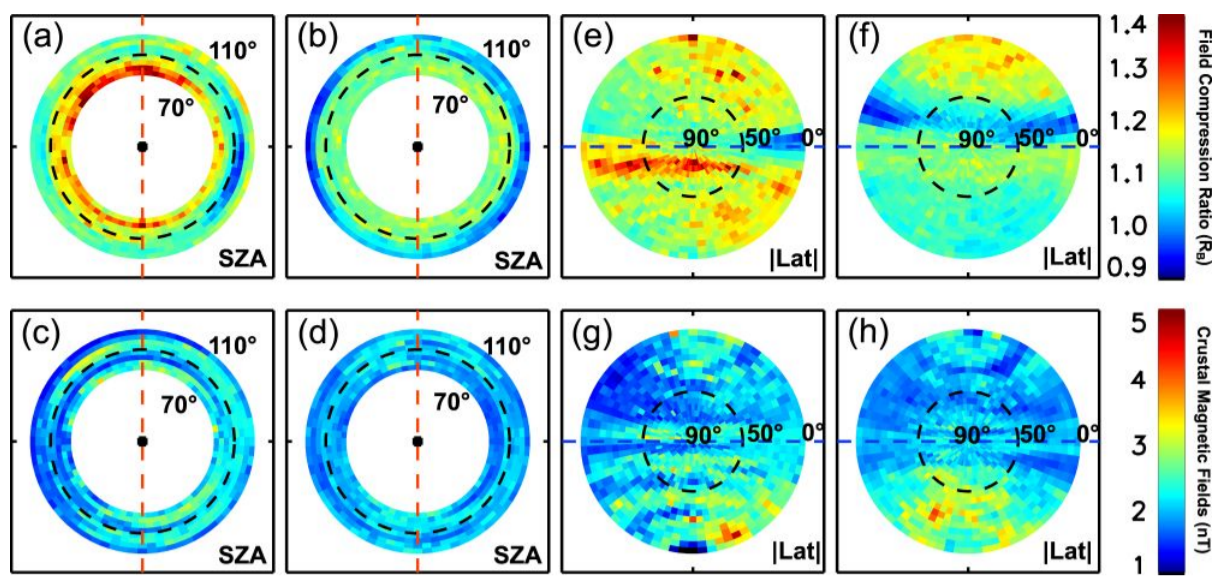


图2 统计结果：近月表磁场压缩率（上）和月亮磁场分布（下）。a-d. 沿着太阳天顶角展开图；e-h. 沿着月球-黄道面坐标系下的纬度的展开图

近月空间磁场扰动强度由太阳风对流电场方向控制，这一观测特征暗示月面反射粒子的运动可能是磁场扰动的源。张天馨等利用试验粒子模拟方法（图3），定量地研究了反射粒子对磁场扰动，得到以下重要结论：

（1）反射粒子在太阳风的捕获作用下，会造成太阳风的减速进而导致背景磁场的增强。由于反射粒子在电场的加速下聚集在电场指向的一侧，在月球晨昏线之前，电场指向的方向磁场增强更加明显；

（2）反射粒子的分布的不均匀性会造成月表等离子体密度的差异。在等离子体密度大的一侧，产生了更强的抗磁电流，从而导致在晨昏线之后（膨胀区），电场指向的方向磁场减弱更加显著，由此形成了不对称的尾迹结构。

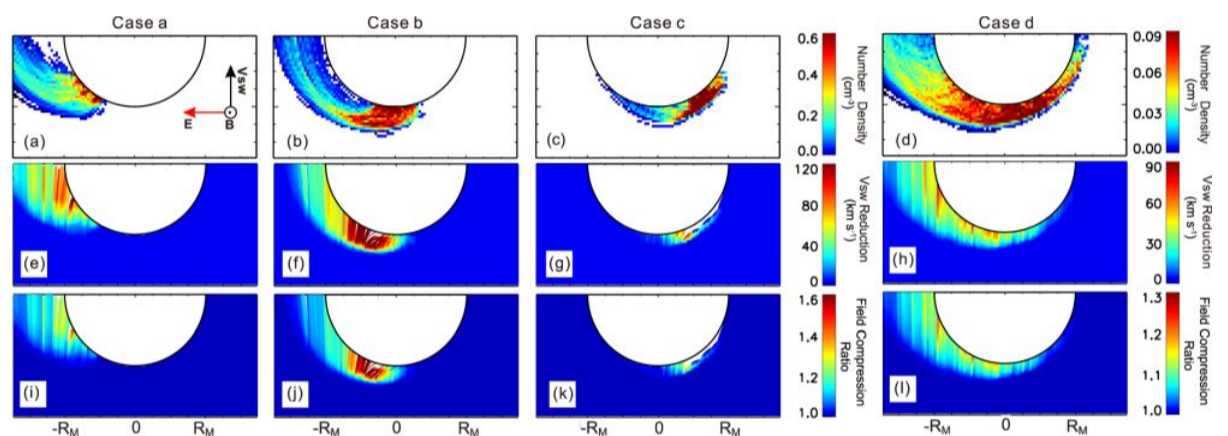


图3 磁异常区处于不同位置时（Case a-c）以及全月面平均（Case d）的粒子反射分布。自上而下分别是：反射粒子数密度，太阳风减速幅值，磁场压缩率

该研究发现了近月表磁场分布的新特征（非对称磁场增强和非对称尾迹），同时也揭示出太阳风反射粒子的捕获效应是近月表磁场增强的新机制。月球磁场与太阳风相互作用是小尺度磁场与太阳风相互作用的一个典型，该成果对研究小尺度磁性天体（如小行星或彗星）与太阳风相互作用具有广泛的参考价值。

研究成果发表于国际权威学术期刊*APJL*。（Tian-Xin Zhang, Hui Zhang\*, Hai-Rong Lai, Jun Zhong, Li-Bo Liu, Yong Wei, Jin-Bin Cao, Jun Cui, Chang-Bo Zhu, Sui-Yan Fu and Wei-Xing Wan. Asymmetric Lunar Magnetic Perturbations Produced by Reflected Solar Wind Particles[J]. *The Astrophysical Journal Letters*, 2020, 893(2): L36. DOI: 10.3847/2041-8213/ab8640）(原文链接)