地质地球所揭示火星磁尾重联的高发生率及其对离子逃逸的影响

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/25087.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！

早期的火星被认为存在液态水，具备孕育生命的条件。然而，现在的火星已变得异常干燥，这预示着火星上可能长期存在大气和水的丢失。在太阳风与火星大气相互作用的过程中，行星际磁场被阻挡并拖拽在火星周围形成拉伸状的感应磁层。磁层尾部的电流片是火星离子逃逸的关键通道。磁重联能够改变磁场位形并加速等离子体，或是导致大量离子逃离火尾的关键诱因。然而，至今为止，人们对磁重联在火星磁尾中的发生频率以及其对离子逃逸的具体贡献尚不清楚。

中国科学院地质与地球物理研究所院深地资源装备技术工程实验室博士后王磊与合作导师、研究员杜爱民，以及副研究员黄灿、研究员
葛亚松等合作，基于MAVEN卫星积累的大量观测数据，对火尾中的磁重联过程进行了统计研究。磁重联的典型特性包括霍尔磁场和高速离子出流。与以往传统的单一甄别方法不同的是，该研究结合这两种信号来识别磁重联。科研人员在880个火尾电流片事件中发现有130个事件呈现出磁重联信号，这一比例明显高于以前的统计结果。该研究首次估算出磁重联在火尾的发生率约为平均每天0.46次，这比在地球磁尾的情况（约每天0.34次）更高。磁重联事件主要发生在火尾的中部或正Y半球或负Z半球（图1）。

该研究统计了电流片的特征（图2），探寻火尾磁重联频繁发生的原因。结果表明，火尾电流片的平均厚度比质子趋肤深度更薄，而地球磁尾电流片的厚度一般为数个质子趋肤深度。质子尺度的电流片是磁重联发生的必要条件，因此更薄的火尾电流片意味着这里更易发生磁重联。尽管火尾瓣区的磁场比地球弱，但电流片更薄，这导致电流密度比地球上更高。

为了评估磁重联对火尾离子逃逸的贡献，研究人员对比了重联电流片和未重联电流片中的氢离子和氧离子的平均净尾向离子通量（图3）。结果表明，在磁尾的大部分区域，磁重联可以增强电流片中氢离子的尾向出流。平均来看，重联电流片中的氢离子出流通量是非重联电流片的1.7倍。然而，磁重联对平均氧离子出流的影响并不明显。这是由于在火星空间中氧离子回旋半径长达数个火星半径，其与磁场解耦，很难响应这种百公里到千公里尺度上的过程。

该研究发现火尾中磁重联是频发的，且质子尺度的薄电流片可能是引发这一现象的主要根源。同时，该研究表明磁重联对离子逃逸特别是氢离子逃逸，具有显著贡献。上述成果对探索火星磁尾动力学特征和大气演化过程具有重要的科学意义。

相关研究成果发表在《地球物理研究通讯》（*Geophysical Research Letters*）上。研究工作得到国家重点研发计划和国家自然科学基金等的支持。

论文链接

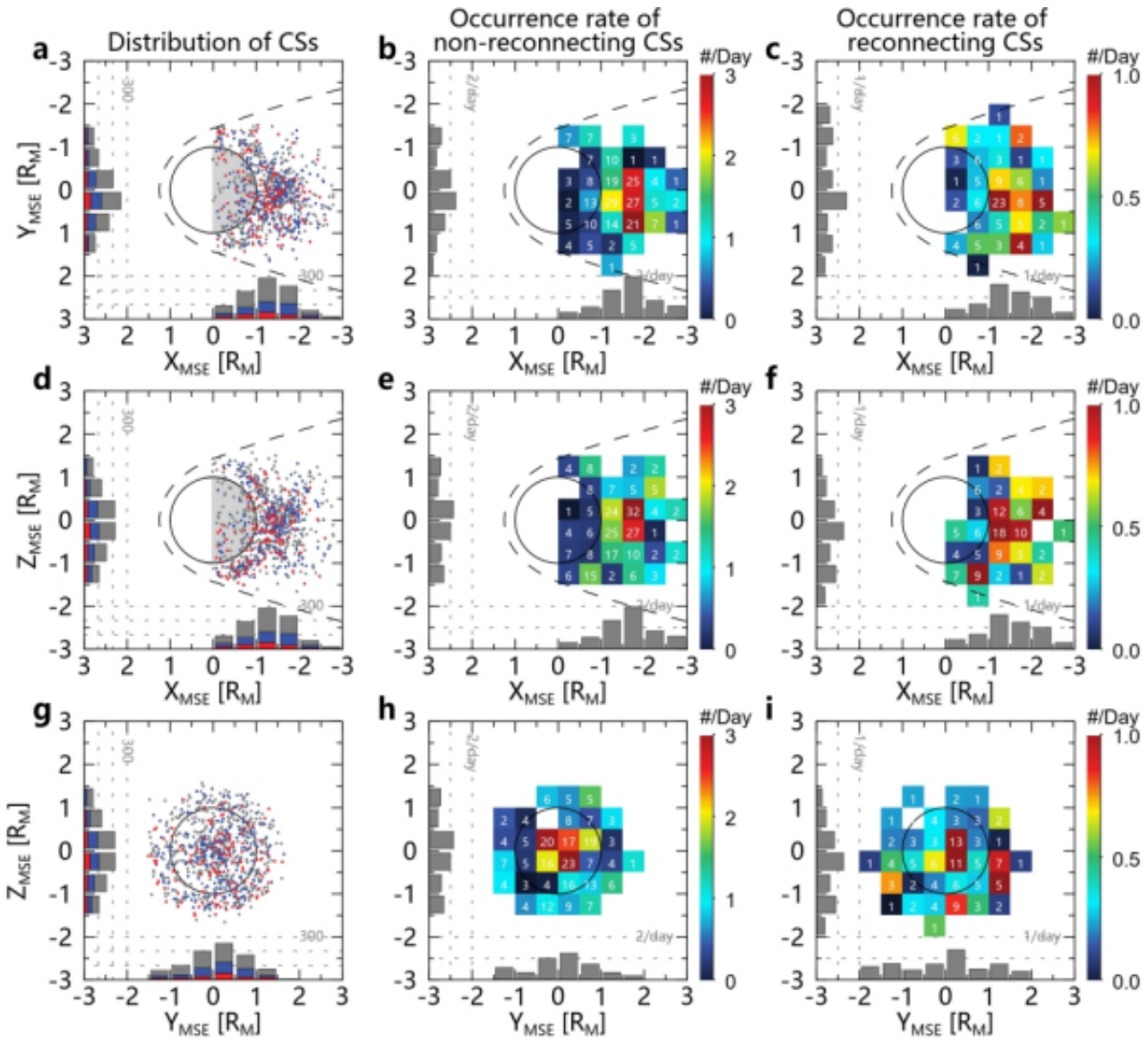


图1. 电流片事件在（a）X-Y MSE平面、（d）X-Z MSE平面和（g）Y-Z MSE平面上的投影。其中，重联电流片、未重联电流片和不确定事件分别用红色、蓝色和灰色表示；（b、e、h）未重联电流片在MSE坐标中的发生率分布；（c、f、i）重联电流片在MSE坐标中的发生率分布。格子中的数字代表事件数。

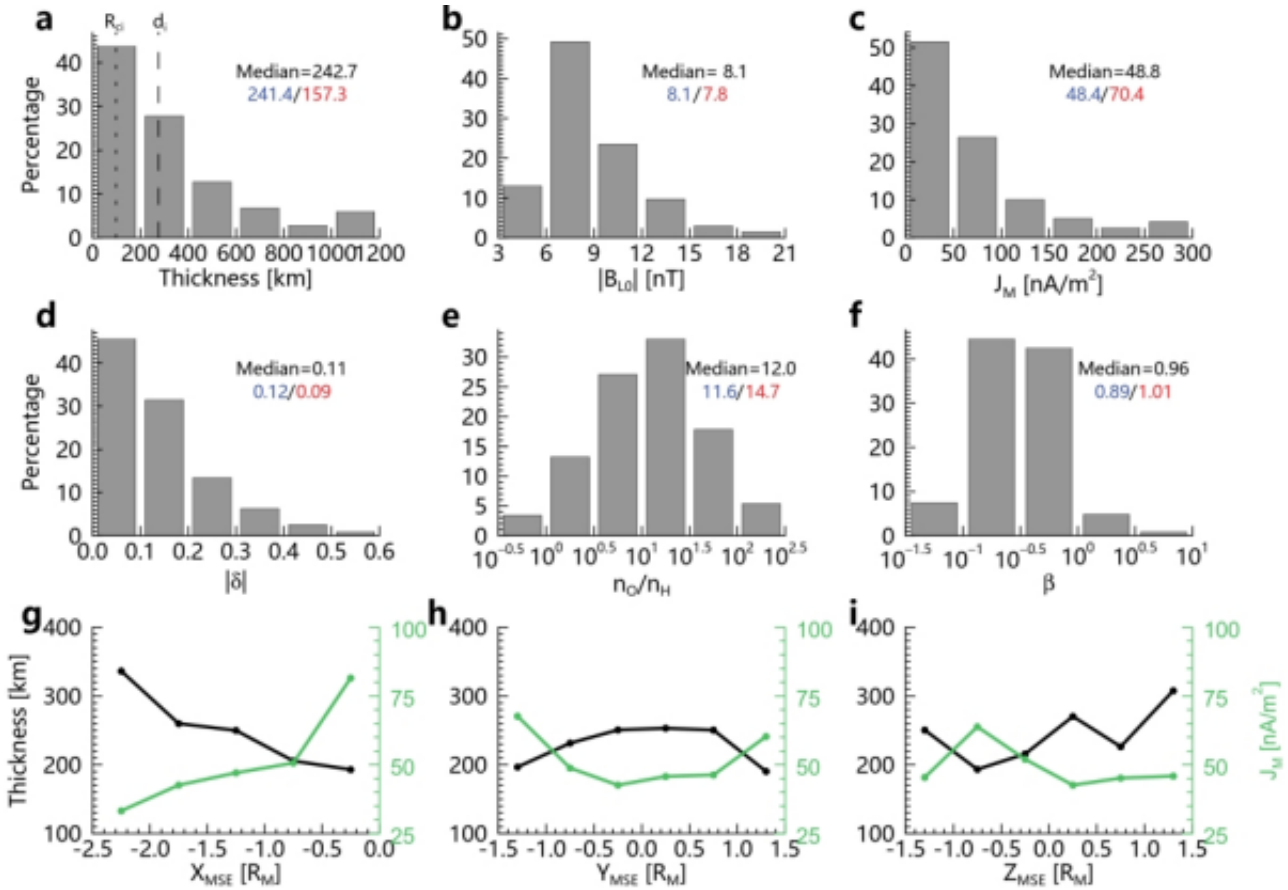


图2. 火尾电流片相关参数的直方图。（a）电流片厚度；（b）瓣区磁场强度；（c）峰值电流密度；（d）不对称度；（e）氧氢比；（f） β 值。图a中的点虚线和长虚线分别指示质子热回旋半径和质子趋肤深度的中位值。（g-i）电流片的厚度和电流密度在火尾不同位置处的分布。

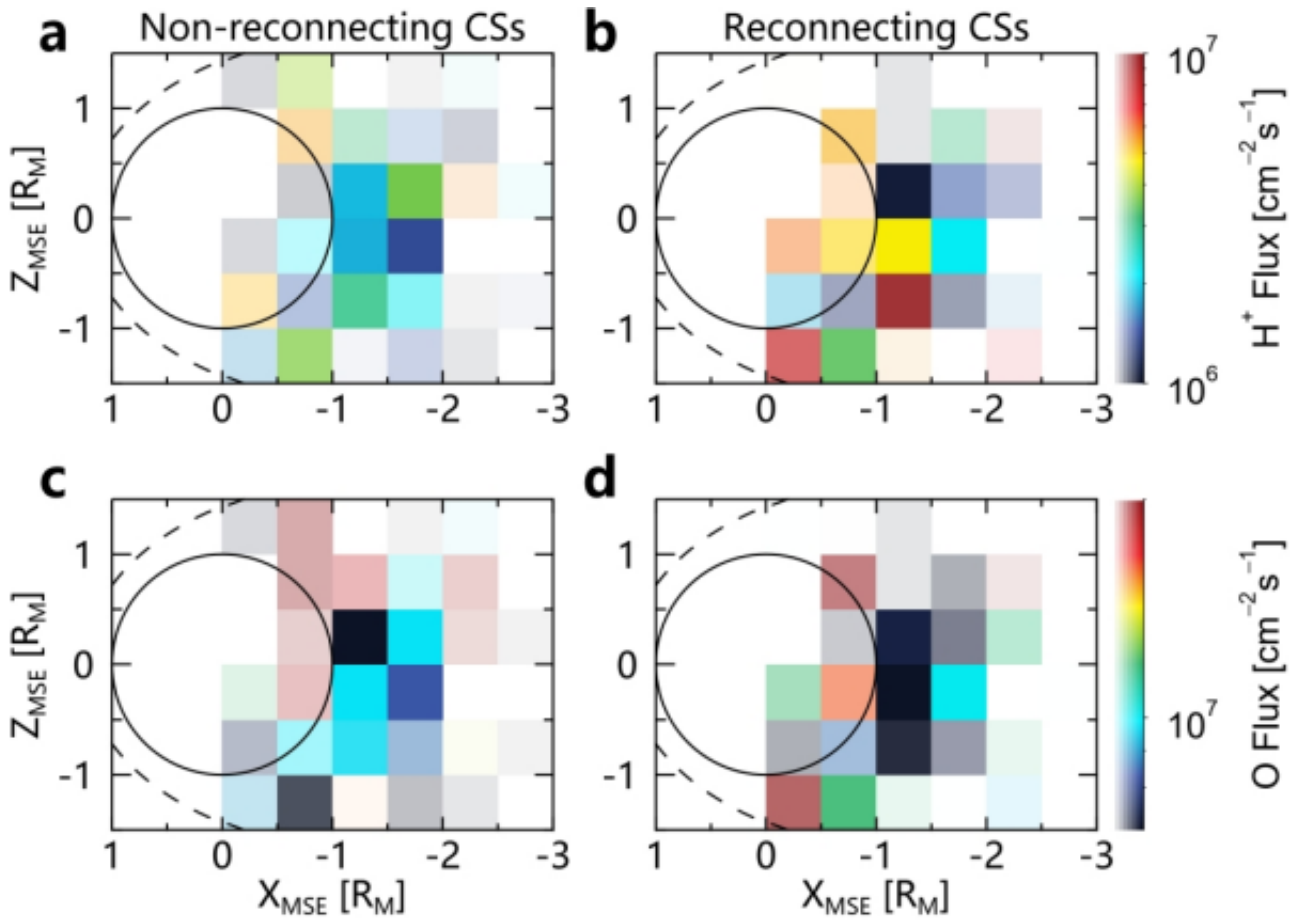


图3. （a-b）氢离子与（c-d）氧离子的平均尾向通量在MSE坐标中的分布。左右分别为未重联电流片和重联电流片的结果。

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转发