

© 2024年08月17日

中国科大在湍流相干结构形成机制和磁能耗散方向取得重要进展

近日，中国科学技术大学地球和空间科学学院和深空探测实验室陆全明教授和王荣生教授团队在湍流相干结构及能耗散研究方向取得重要进展。结合卫星原位探测和计算机数值模拟结果，该团队发现地球弓激波下游湍流等离子体中小尺度电流片相干结构起源于上游波动，电流片中发生的磁场重联可有效地耗散磁能。研究成果以“Origin of reconnecting current sheets in shocked turbulent plasma”为题，于8月14日发表在国际学术期刊《Science Advances》上，并被期刊网站首页以“How current sheets form in turbulent plasmas”作为featured image加以推介。

等离子体湍流中相干电流结构的形成机制和磁能最终耗散的机制等问题一直是研究热点和难点。磁场重联是等离子体中一种基本的物理过程。它提供了一种将磁能快速转化为等离子体动能和热能的有效机制。早期研究发现，湍流等离子体中会形成大量小尺度电流片结构，进而触发磁场重联。这些电流片在湍流能耗散以及等离子体加热加速中发挥着重要作用。但是，湍流环境中电流片的起源一直是一个悬而未决的问题。

高速太阳风与地球磁层相互作用，在地球向阳侧形成弓激波。弓激波下游的磁鞘区域是最典型的湍流环境之一，是研究湍流耗散的天然实验室。分析卫星先后穿越弓激波上下游的原位探测数据，该研究团队发现弓激波上游波动穿越弓激波进入其下游的过程中，波动振幅被逐渐增强，从而形成激波下游的相干电流片结构（图1）。磁场重联在电流片中被直接触发，磁能被快速地耗散、转化为等离子体动能和热能。

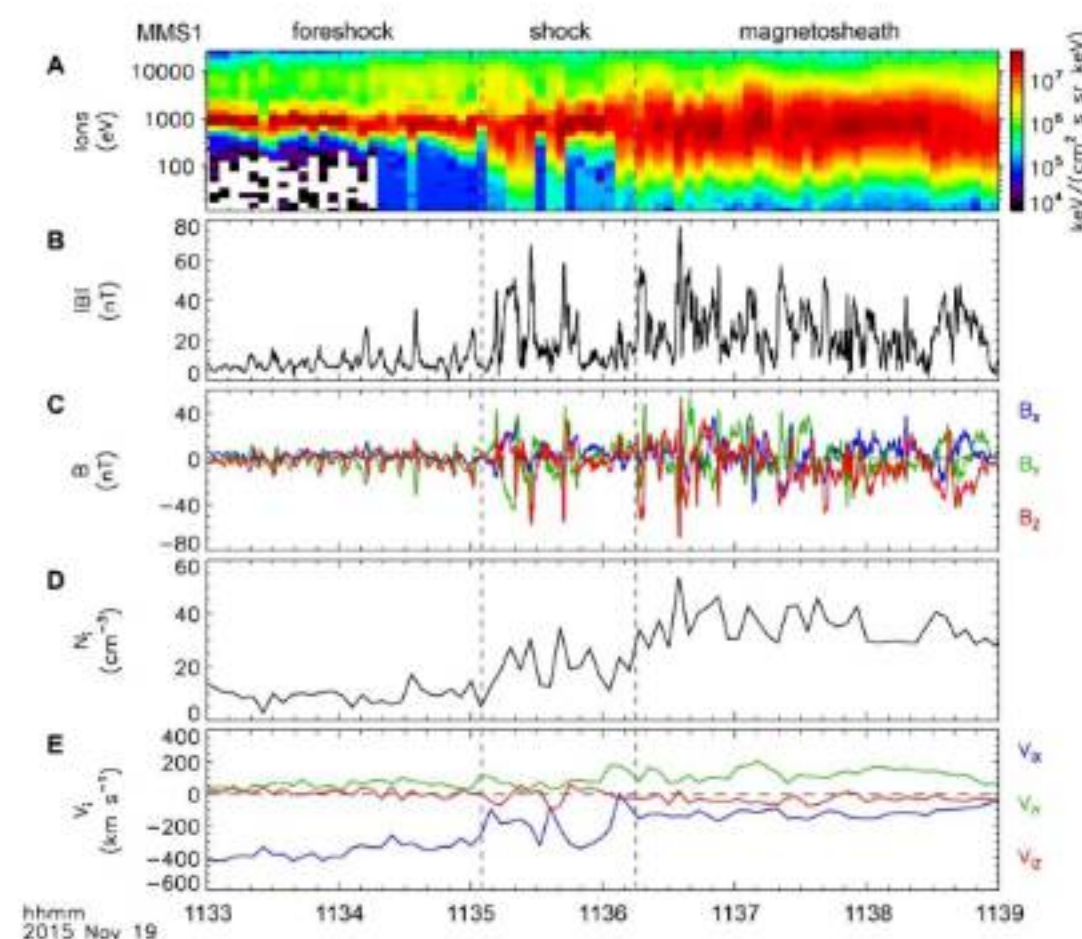


图1：激波上游波动演化的卫星观测结果。从上到下分别为离子能谱、磁场强度、GSE坐标系中磁场分量、离子数密度和离子速度矢量。

进一步采用混合模拟方法，研究团队重现了激波上游波动由产生到演化为电流片的完整过程。上游波动是由离子共振不稳定性激发的快磁声波，快磁声波在向下游传播过程中，不断被压缩放大，转化为下游磁鞘中的电流片。磁场重联在电流片中被频繁地触发（图2）。卫星观测结果与计算机混合模拟结果展现出极佳的一致性，为湍流中相干电流片结构的形成机制和能耗散提供了充分的证据。该研究成果可推广到其他天体和实验室等离子体环境中的激波下游湍流中。

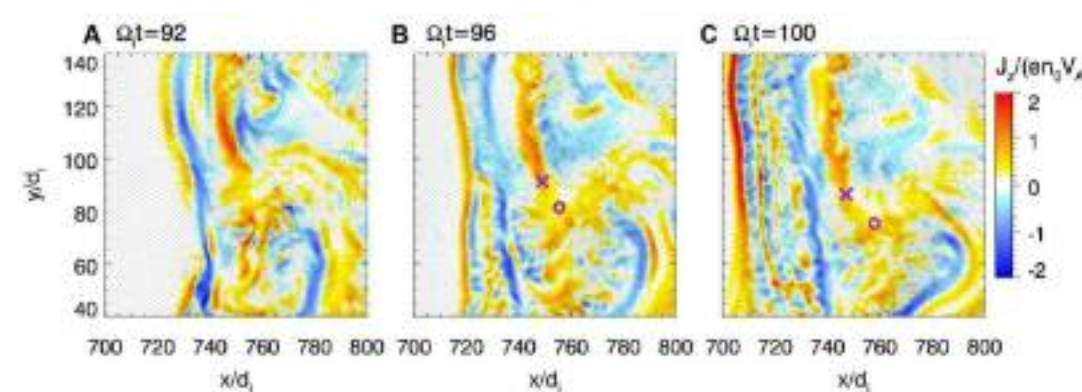


图2：混合模拟中自发形成的磁鞘重联电流片。

中国科学技术大学王诗谋博士和卢三教授为该论文的共同第一作者，陆全明教授和王荣生教授为论文的共同通讯作者。该研究得到了国家自然科学基金委、中国科学院、中央高校基础研究基金和中国博士后科学基金等项目支持。

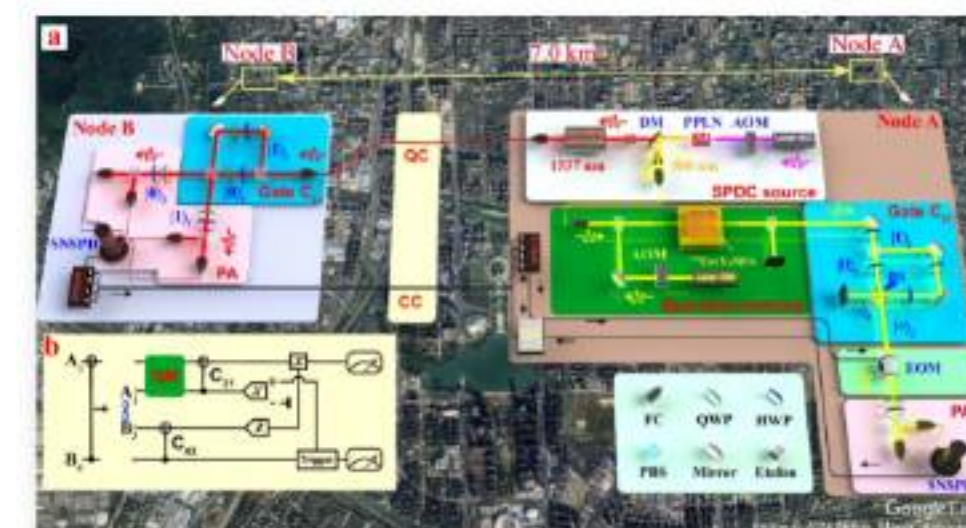
论文链接：<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.ado4639>

(地球和空间科学学院、深空探测实验室)

分享本文



相关新闻



中国科大基于固态量子存储实现跨越7公里...

日前，中国科大郭光灿院士团队在量子网络领域取得重要进展。该团队李传锋、周宗权、柳必恒等人基于多模...

10.06 中国科大在应激血糖中枢调控方面取得新进展

10.03 “地新引力”迎新晚会成功举办

10.02 周荣斌团队报道靶向组织驻留NK的肿瘤免...

10.02 中国科大外国专家受邀参加庆祝中华人民...