
地质地球所提出单点卫星方法分析磁绳结构

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11914.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！

宇宙空间等离子体环境中广泛存在磁绳结构（magnetic flux ropes）。在磁绳结构中，磁场会绕着某一方向旋转，形成螺旋形的磁力线结构，并常能“裹挟”粒子和电流，形成“桥梁”，促进空间等离子体环境不同区域间物质和能量的传输和交换。比较常见的磁绳结构有太阳日冕物质抛射事件中的大尺度磁通量绳结构（图1a，图1b），可携带大量太阳风高能粒子进入地球空间中，对通讯导航系统造成较大危害，而在行星磁层磁尾中形成的磁绳则能携带行星大气离子逃逸（图1c）。

大量研究表明，磁绳是磁能快速释放（磁重联）的产物，定量研究磁绳的三维几何结构特征（如轴向、螺旋性、电流密度、磁场曲率半径及磁绳边界层）对于认识磁能快速释放过程，研究磁绳的产生、传播及演化过程，揭示磁绳在空间等离子体动力学过程中的作用具有重要意义。

确定磁绳轴向是研究磁绳三维结构的关键。虽然当前有学者提出一些方法来确定磁绳的轴向，但 these 方法实际在应用中存在诸多限制：（1）对于最小变量分析法而言，对同一磁绳结构，不同卫星穿越路径推测得到的轴向不同；（2）对于磁绳解析模型拟合而言，较难保证实际观测到的磁绳一定能满足解析模型；（3）对于平衡态下GS方程重构而言，需要对初始给定轴向反复调试，且需假定磁绳处于平衡态下；（4）对于多点分析方法，该方法虽然有效，但仅可用于多点卫星星簇观测情形，而大多情况下，我们仅有飞船单点探测情形。

基于此，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行星物理研究团队，根据飞船的单点磁场观测，通过磁场的空间旋转特征，并假定磁绳可近似为圆柱对称结构（图2），发展出一个可直接分析磁绳空间轴向的单点分析方法。利用该分析方法，博士研究生张驰及其导师、副研究员戎昭金等，通过MMS多点星簇对无力位形磁绳和非无力位形磁绳的事例的多点分析作对比，发现无论是无力位形还是非无力位形磁绳，该单点分析方法不仅可准确推测出磁绳的空间轴向，还能合理推测出磁绳的电流密度、螺旋性、磁场曲率半径及磁绳边界等几何参量。该单点卫星分析方法得到的这些几何参量，与MMS星簇的多点分析方法得到的结果基本一致（图3）。这表明研究团队发展的单点磁绳分析方法可用于宇宙空间等离子体环境中的磁绳结构研究，尤其是行星空间磁层以及行星际空间中飞船对磁绳结构的单点观测。

相关研究成果以Examining the Magnetic Geometry of Magnetic Flux Ropes from the View of Single-point Analysis为题，发表在The Astrophysical Journal上。

[论文链接](#)

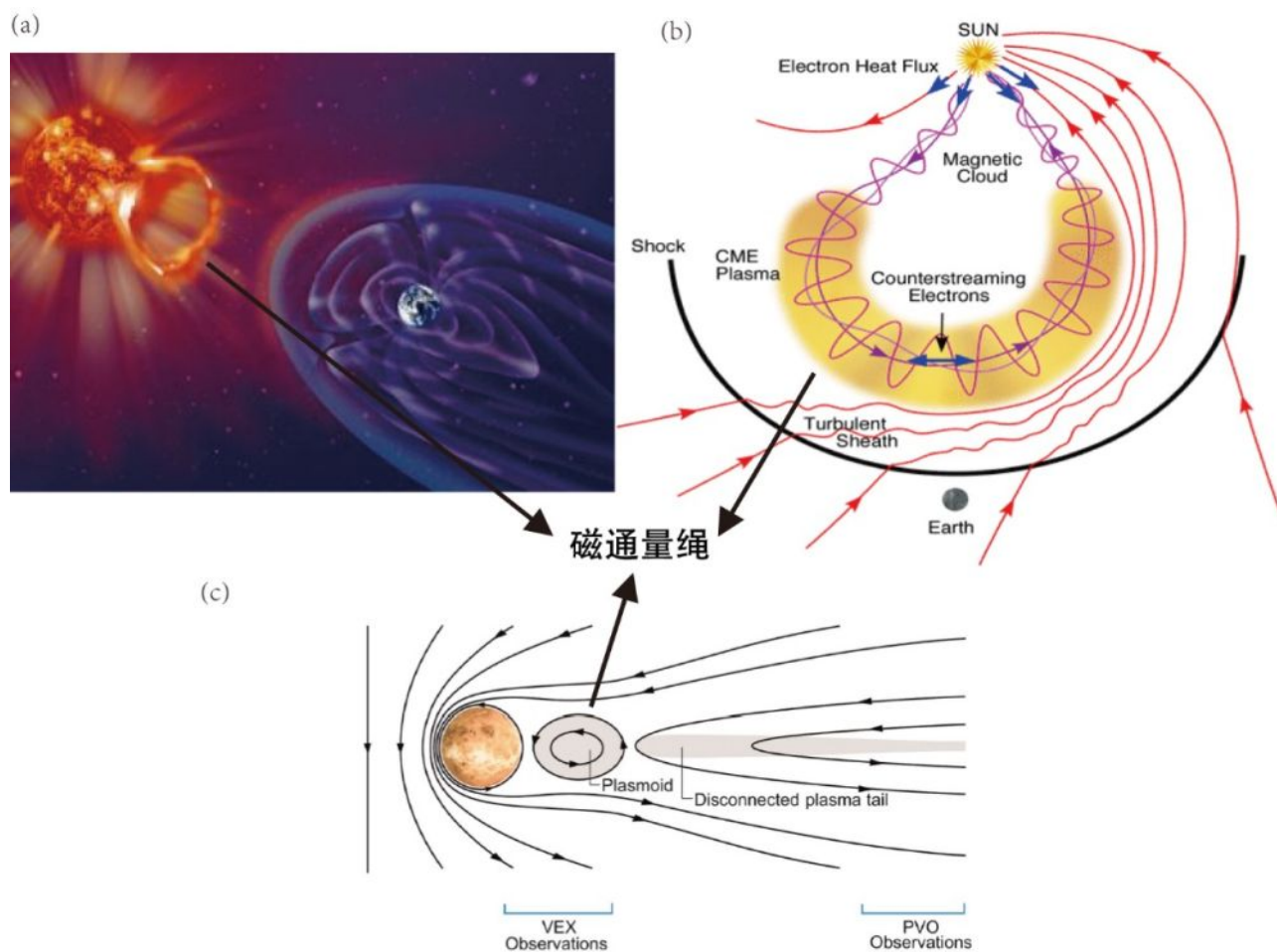


图1. (a) 日冕物质抛射；(b) 日冕物质抛射中的磁通量绳结构；(c) 金星磁尾中携带着大量金星大气成分的磁通量绳结构

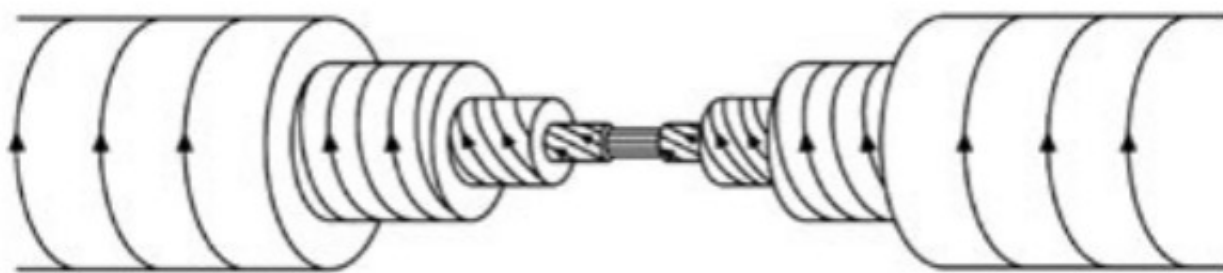


图2.磁绳内部磁场结构

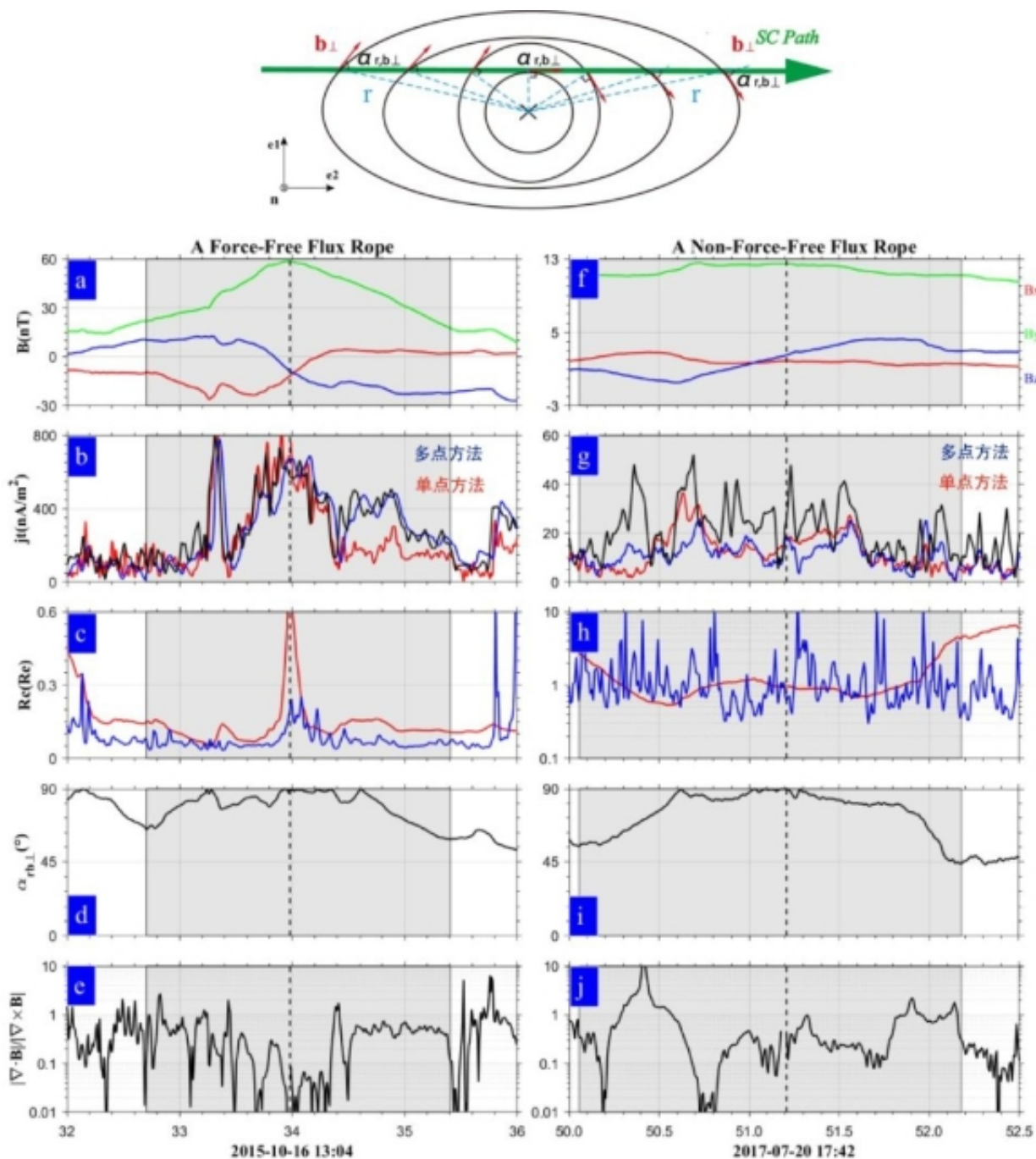


图3.顶图为卫星穿越磁通量绳示意图。(a)和(f)为磁场矢量；(b)和(g)为通过多点方法（蓝线）和单点方法（红线）计算的电流密度强度；(c)和(h)为磁力线的曲率半径；(d)和(i)为位移矢量和磁场夹角，可通过其确定边界，图中阴影区域即为磁通量绳；(e)和(j)为单点方法的误差

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/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发