

磁重联精细结构及其演化研究取得重大突破

磁重联是由于磁场连接性的改变从而导致磁场拓扑重构的一个基本物理过程。它与等离子体物理、高能物理、粒子物理和电磁理论等众多学科密切相关，是用太阳物理学知识解决物理学基本问题（如电磁相互作用过程）的一把钥匙。磁重联在吸积盘、磁星、银河磁尾、日冕和恒星冕、地磁层和行星磁层与等离子体实验室等泛宇宙的磁化等离子体系统中扮演了十分重要的角色。可以用它来解释磁能的快速释放，并转化为热能和动能等其他能量的基本物理过程。在太阳物理中，磁重联被用来解释耀斑、暗条爆发和日冕物质抛射等活动现象。

然而，直接观测磁重联过程十分困难。在日冕中，磁场“冻结”在等离子体中，随等离子体一起运动。因此，冕环和暗条纤维等日冕等离子体结构往往展示了它们所“捕获”的磁场结构，它们随时间的演化同样展示了磁场拓扑结构的改变。

国家天文台（国台）太阳磁场和磁活动研究团组 2016 年在磁重联研究方面取得重要进展，以第一单位分别在 *Nature* 子刊 *Nature Physics* 和 *ApJL* 上发表一篇论文；作为合作单位在 *Nature Communications* 上发表一篇论文。使用 SDO 等卫星的观测，我们首次报道了一个爆发暗条和其附近冕环之间的磁重联过程，详细研究了磁重联区的精细结构及其演化（图 1）。当爆发暗条碰到冕环时，它们组成了 X 型结构，在交界处，多组电流片依次形成。在电流片中，等离子体团出现并沿电流片向两边传播。电流片逐渐弥散并消失，爆发暗条从（消失的）电流片处断开，与冕环重新连接，形成新的暗条。我们还研究了爆发磁绳后方电流片的精细结构及其演化，首次报道了电流片的振荡，详细分析了电流片的温度和辐射测量等的时间演化和空间分布（图 2）。作为合作者，我们报道了一个暗条爆发过程中的磁重联过程，指出磁重联释放了暗条的磁张力，引起了暗条磁绳的解螺旋运动。

这些研究结果再现了理论预言的磁重联过程，证实了三维磁重联理论。电流片的精细结构及其演化将推动磁化等离子体系统中三维磁重联理论在耗散区演化和磁能释放等方面的研究。

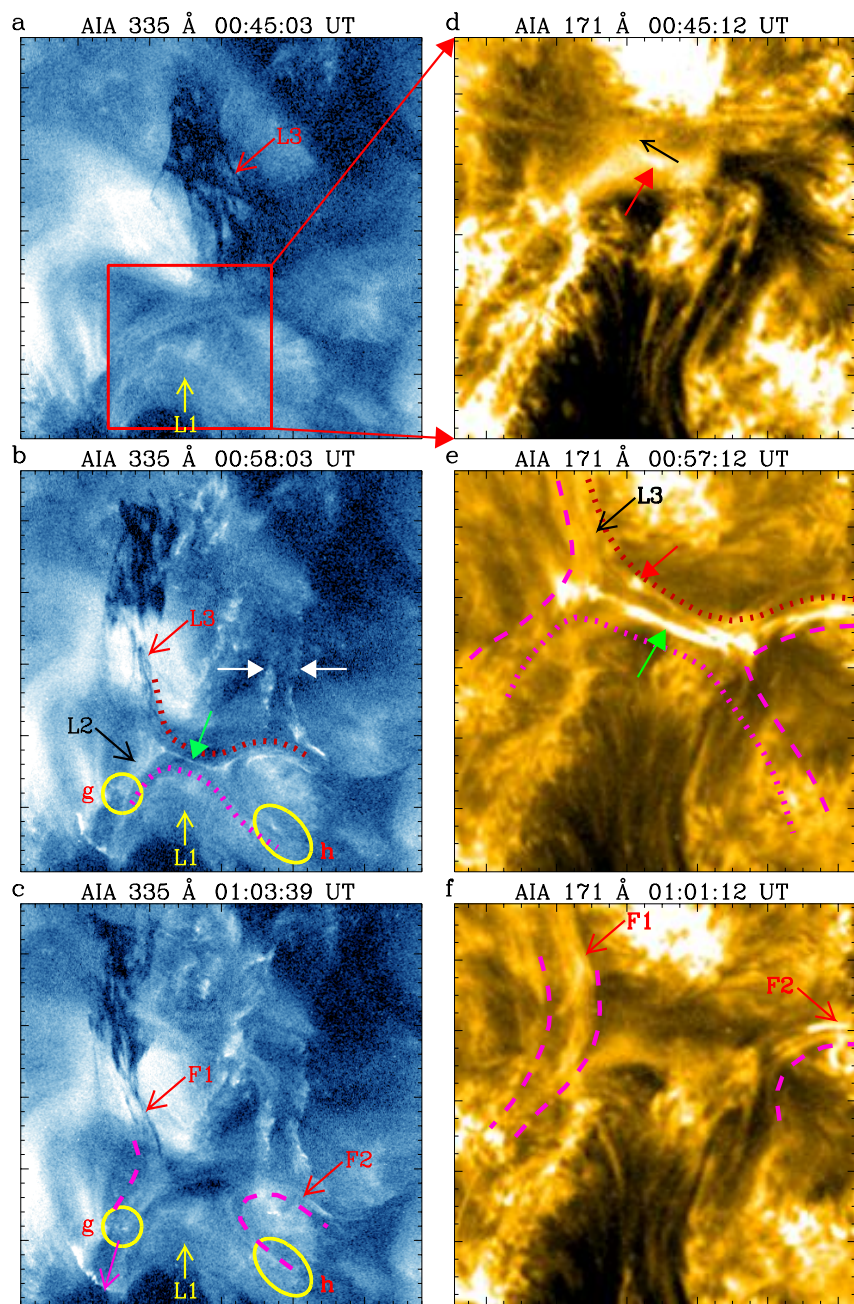


图 1. 磁重联发生前(a, d)、过程中(b, e)和发生后(c, f)的 SDO/AIA 335 埃(a-c)和 171 埃(d-f)图像。

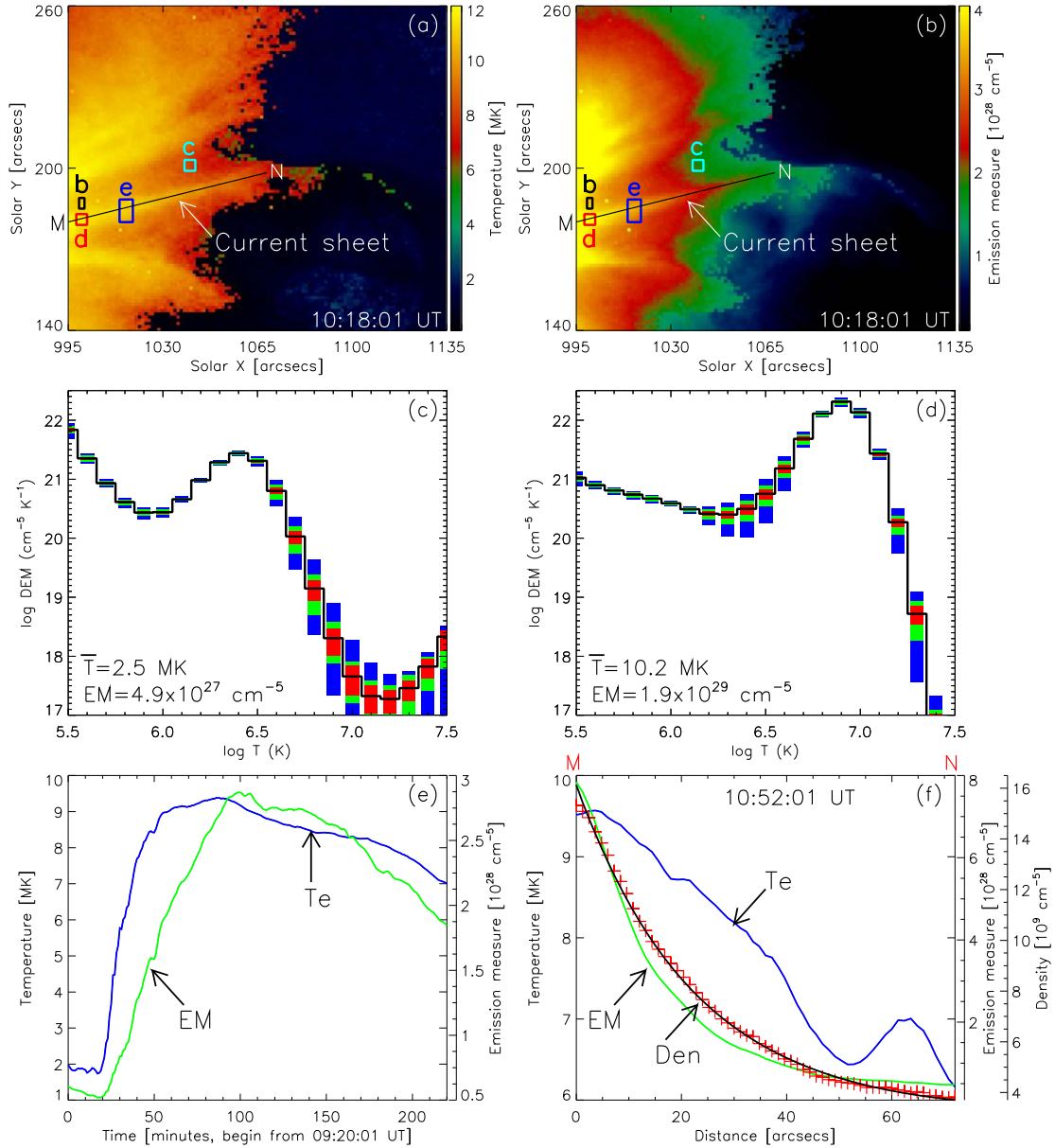


图 2. 电流片的温度(a)和辐射测量(b); 电流片内外的微分辐射测量(c-d); 电流片温度和辐射测量的时间演化(e)和空间分布(f)。

作为第一单位论文:

1. Li, Leping; Zhang, Jun; Peter, Hardi; et al., Magnetic reconnection between a solar filament and nearby coronal loops, 2016, **Nature Physics**, 12, 847-851
2. Li, Leping; Zhang, Jun; Su, Jiangtao; Liu, Yue, Oscillation of current sheets in the wake of a flux rope eruption observed by the Solar Dynamics Observatory, 2016, **The Astrophysical Journal Letters**, 829, L33

作为合作单位论文:

1. Xue, Zhike; Yan, Xiaoli; Cheng, Xin; et al., Observing the release of twist by magnetic reconnection in a solar filament eruption, 2016, **Nature Communications**, 7, 11837