地质地球所揭示木星极光与磁层能量的对应关系

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/8647.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！

极光是太阳系行星的普遍现象，甚至被认为存在于系外行星。光学现象背后对应的是空间等离子体过程。木星上拥有太阳系中能量最强的极光活动，而驱动木星极光的木星磁层空间有地球磁层空间的1000倍大。

地球上，太阳风通过磁层顶的等离子体物理过程将能量和物质输入进地球磁层，储存为磁能，当地球磁层释放能量时，极区出现绚丽的极光过程。土星和木星上，极光过程则显著不同。土卫二的羽状水喷泉和木卫一的火山活动产生的等离子体被认为是土星和木星磁层空间等离子体的主要来源。传统观点认为，由于角动量守恒的约束，土星二和木卫一产生的带电离子在向中远磁层扩散的过程中其角速度会降低，从而在磁层中形成等离子体的剪切流（即等离子体流有相对运动）。木星上，该剪切流通常被认为存在于20-30个木星半径，因此驱动一个环状的粒子沉降以及形成行星极区表面环状极光（图1）。这个驱动也俗称“ 共转破坏 ”诱发驱动机制。

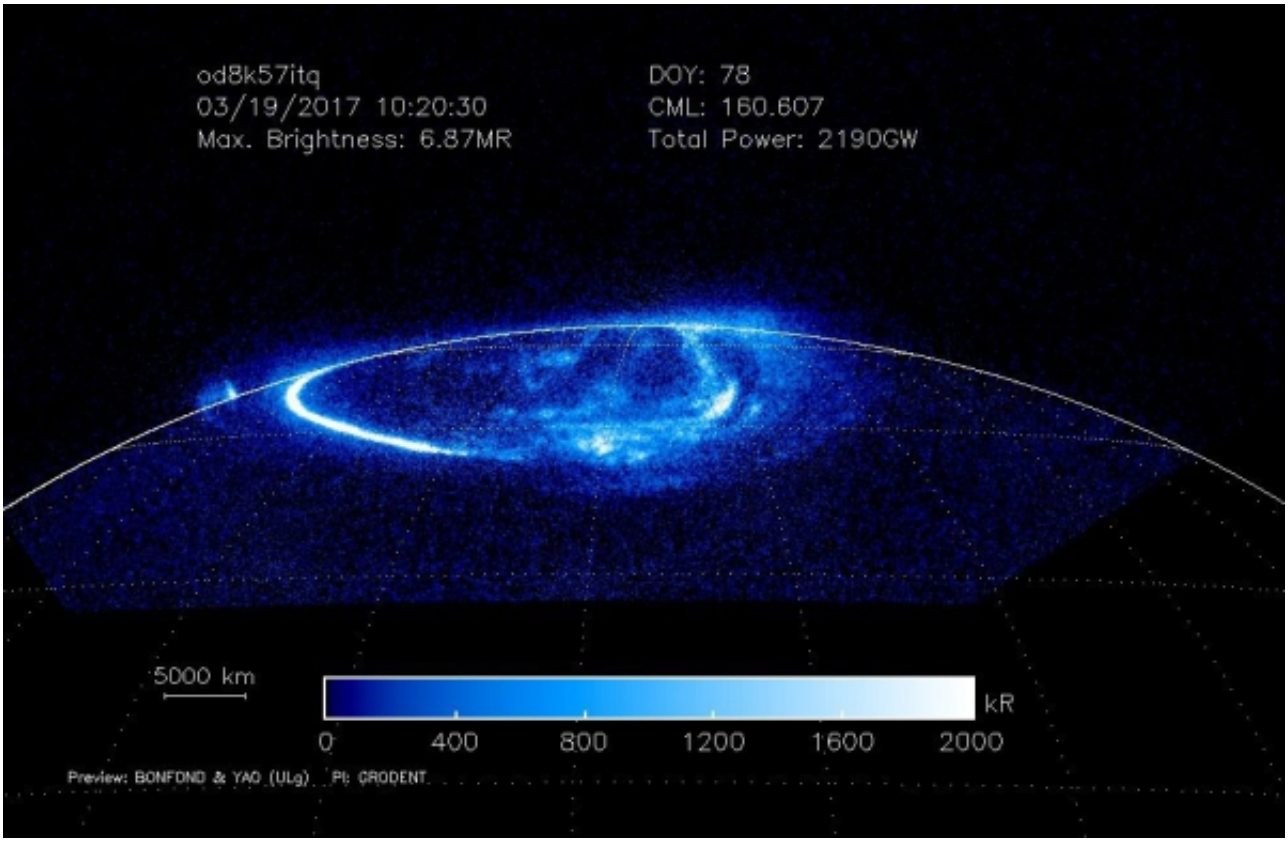


图1地球视角下的木星北极光，网格线示意木星的经纬度

“共转破坏”诱发驱动机制自1979年Hill提出后被学界接受，是公认的巨行星极光驱动过程。“共转破坏”诱发驱动机制预测太阳风动压增强极光活动会减弱，与地球上的极光特征是相反的。自哈勃太空望远镜在上世纪90年代上天后，对木星极光的直接观测逐渐变得常规化，可清晰地看到极光的各种特征，然而由于缺少直接的卫星就位观测，我们看到极光的变化并不能直接确认是否符合“共转破坏”诱发驱动机制。在卡西尼卫星2007年飞掠木星的过程中，Nichols等将哈勃太空望远镜的极光观测和卡西尼卫星在木星附近的空间环境测量结合起来，意外发现在太阳风动压增强的时候，极光并没有如“共转破坏”诱发驱动机制所预期的减弱。恰恰相反，极光显著增强。为了解决这一明显的矛盾之处，Cowley等提出改进的“共转破坏”诱发驱动机制，认为极光增强可能是瞬态过程而非平衡态，“共转破坏”诱发驱动机制所预期的平衡态的极光减弱应该有一定的滞后性。

Juno卫星于2016年进入木星轨道后，实现了常规的联合卫星就位观测和极光遥感观测。2016年至2019年，中国科学院地质与地球物理研究所副研究员尧中华与比利时列日大学太空中心教授Denis Grodent、研究员Bertrand Bonfond等，主导了一系列的联合观测研究，研究发现“共转破坏”诱发驱动机制所预期的极光过程并未出现，Cowley等提出的滞后的平衡态极光减弱也未出现，说明了此前的木星极光理论可能不能很好地解释木星极光过程。

通过对比2017年3月和7月的两个时间段同时的Juno卫星和哈勃太空望远镜观测资料，揭示磁能转换在驱动木星极光过程中的作用（图2）。2017年3月17日至22日，哈勃太空望远镜观测到持续增强的极光环，极光的强度有1-2天时间尺度上的显著变化。2017年7月1日至6日，哈勃太空望远镜持续观测到非常弱的木星极光，说明整个时间段极光驱动过程相对很弱。通过对比这两个时间段Juno观测到的差异，可以确定极光驱动的主要机制。这两个时间段卫星的轨迹几乎相同，因此可以消除空间效应，从而确定观测差异对应的是真实的物理过程。研究结果显示，在极光相对更强的2017年3月17日至22日，磁层的磁能显著强于极光较弱的2017年7月1日至6日。研究发现，在3月17日至22日期间，增强的极光亮度变化与磁能变化是反相位的，与粒子能量变化是同相位的，磁能的释放导致粒子的加速以及极光增强现象。这一机制与“共转破坏”诱发驱动机制是相互独立的过程，而观测资料与磁能堆积/释放机制显然更相符。

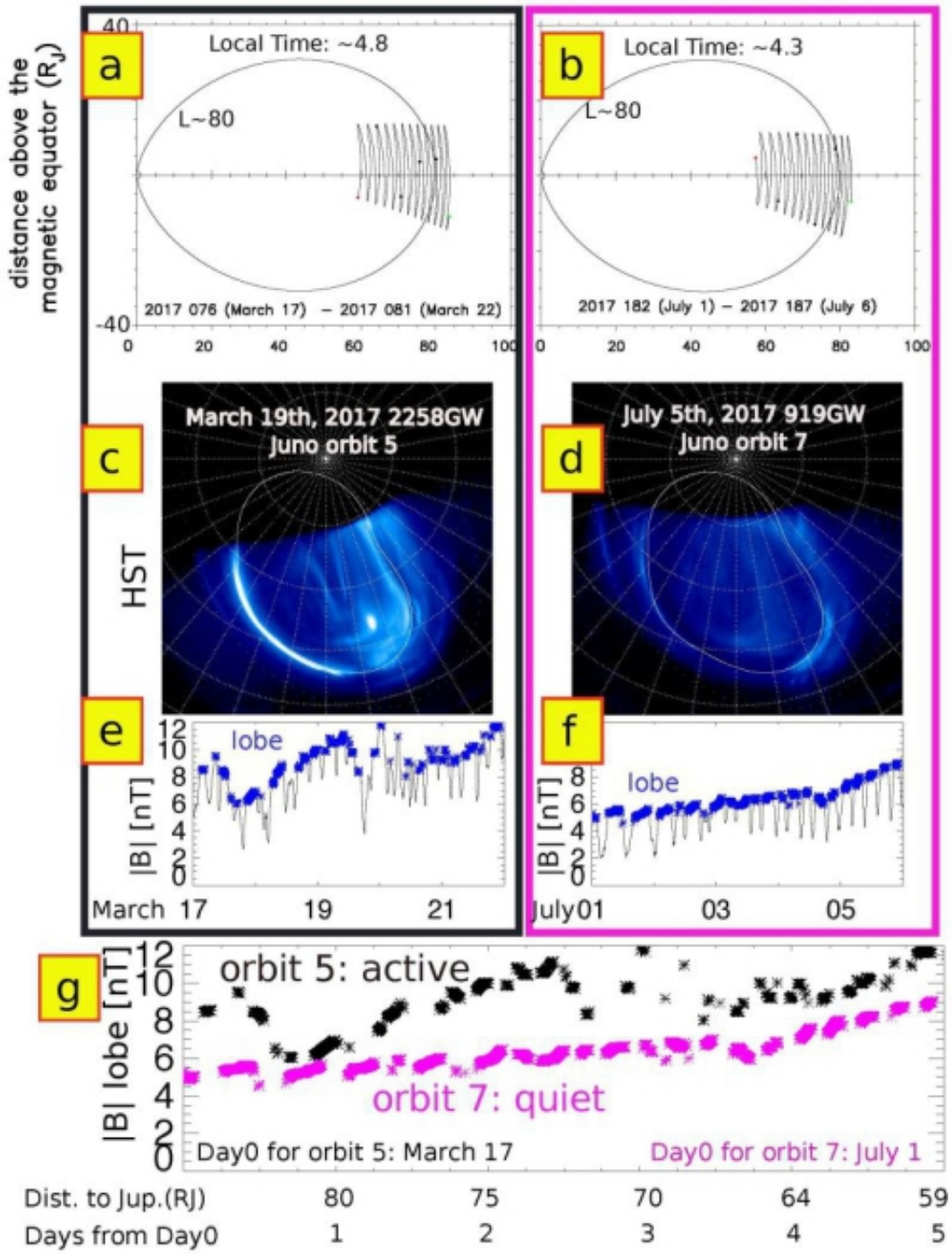


图2Juno卫星观测与同时的哈勃极光拍摄在两个时间段的对比（2017年3月和7月）。（a、b）Juno卫星在比较时间区间内的飞行轨迹；（c、d）两个比较时间段内的典型极光特征；（e、f）Juno卫星在两个对比时间段内沿着飞船轨迹测量的磁场强度，其中蓝色亮点区域是消除木星自转效应的磁场演化；（g）是e和f消除木星自转效应演化的直接对比

研究成果发表在*Geophysical Research Letters*上。

论文链接

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