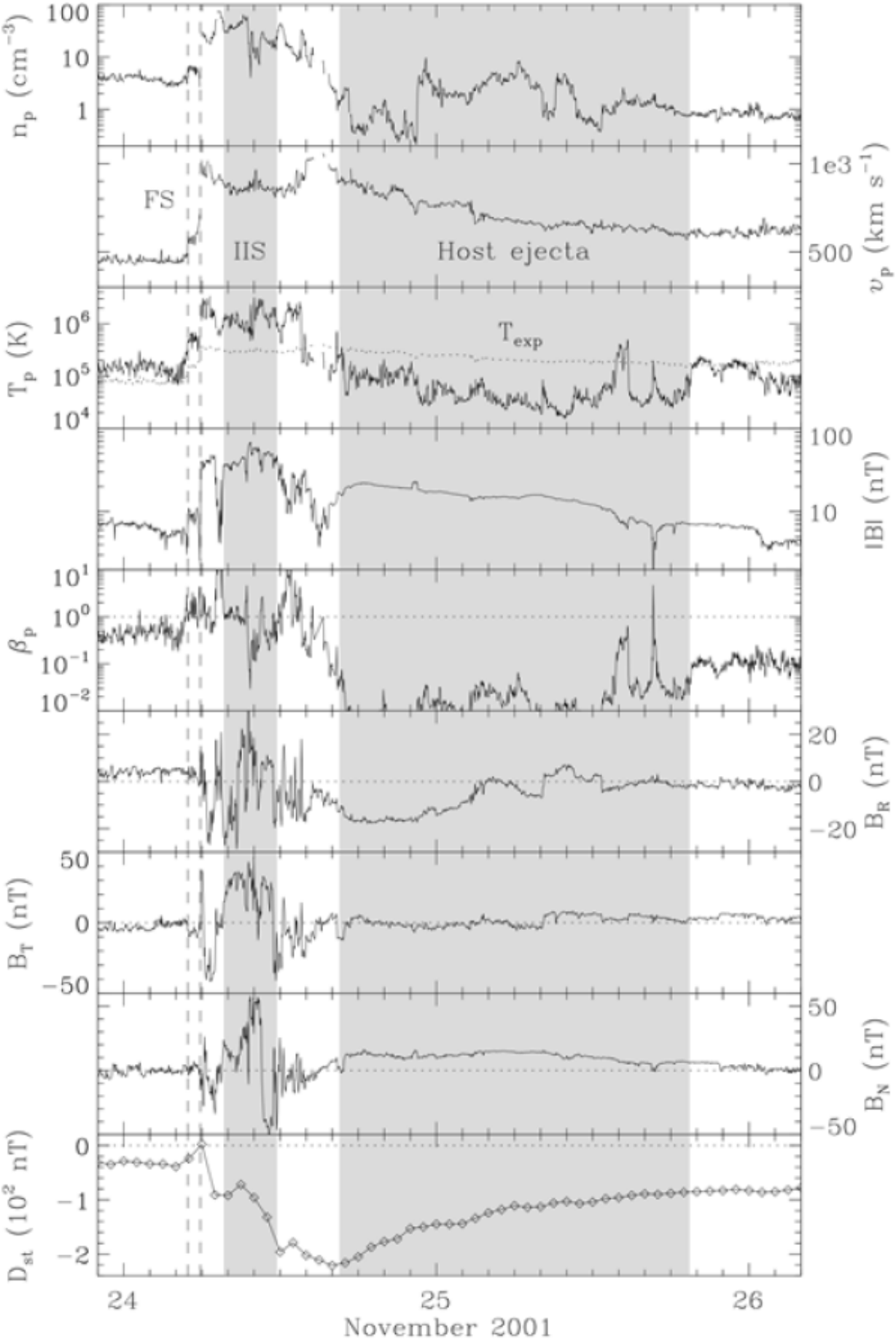
空间中心在空间天气新现象及地磁暴强度上限研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

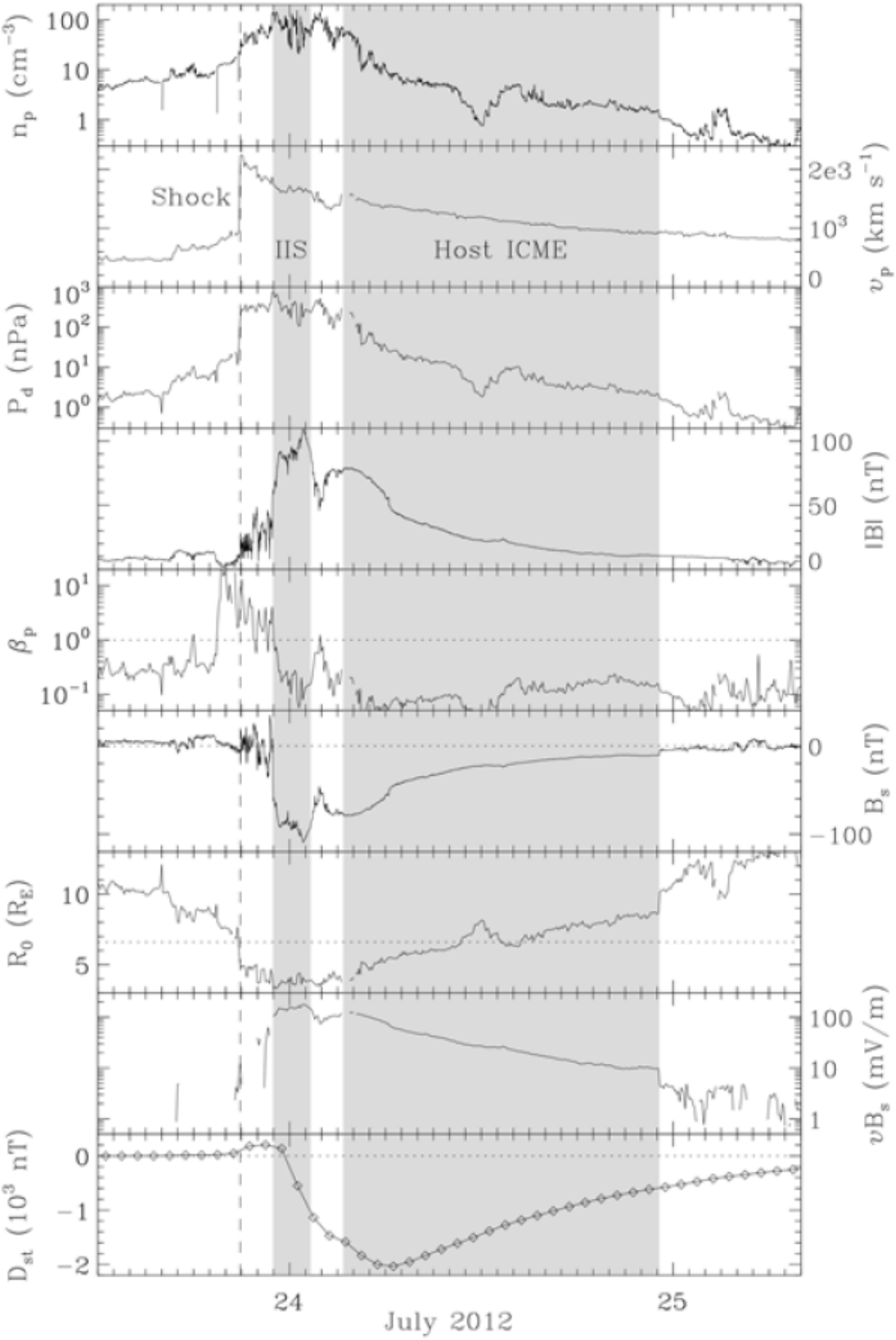
本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/10340.html

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！

长期以来，空间天气界一直在寻求空间天气的“最坏情形”，以用于空间天气研究和效应的基准。就地磁暴而言，问题归结为Dst指数的极限值。从理论角度，完全消除地磁场需要Dst约为-31000nT，现实中远远无法实现。考虑到地球偶极磁场对磁层膨胀的限制，Dst上限可修改为-2500nT。然而，这些研究都没有考虑太阳风作为地磁暴的外部驱动能够达到什么极限。与此相关的三个太阳风参数为南向磁场、速度、密度（依重要性排序），它们关系着太阳风能量进入磁层的效率和对磁层的压缩程度。半个多世纪的太阳风就地测量表明，2000 km/s、100nT、100cm^{-3}可分别作为地球附近的太阳风速度、磁场和密度的参考上限。显然，地磁暴“最坏情形”取决于这三个参数如何同时达到各自上限。为此，研究人员此前提出“完美风暴”机制以同时增强这些太阳风参数。而作为“完美风暴”的特例，研究人员进一步揭示空间天气中的一种新现象——“鞘层中的行星际日冕物质抛射”（ICME-in-sheath）。即一个ICME卡在后面抛射物与其激波之间，后者被称为“宿主抛射物”（图一）。ICME-in-sheath本质上是一个完全激波过的（shocked）ICME，经过激波和宿主抛射物的压缩，其磁场、速度、密度同时增强。由于约束在激波和宿主抛射物之间，ICME-in-sheath将长时间保持太阳风参数增强，因此可具有强地磁效应。ICME-in-sheath中磁场强度平均达到44nT以上，尽管南向磁场持续时间很短，但却引起了Dst为-221nT的大磁暴。研究人员结合遥感和就地观测，鉴定出多个事例，发现ICME-in-sheath的典型特征为：持续时间相对较短，1AU处为几个小时；内部磁场和其他参数可保持长时间增强；典型ICME特征经常缺失。宿主抛射物可为单一ICME或复合抛射物。这些结果澄清了以前把ICME-in-sheath作为正常鞘层区域的误解。预计ICME-in-sheath是一种常见现象，特别是在太阳活动高峰。考虑到它的物理特性，其地磁有效性将高于典型的ICME、鞘层等。基于这一现象，研究进一步提出地磁活动的可能上限。2012年7月23日的ICME-in-sheath与太阳风预调效应结合，产生的速度为2000km/s以上，磁场110nT，密度近150cm^{-3}，同时达到各自历史极限值（图二）。这很可能是1AU处最强的太阳风驱动。计算表明，磁层顶可被压缩至离地心3.3地球半径处，远远低于地球同步轨道（6.6地球半径），大量通讯、导航、定位、天气服务等卫星将失去磁层保护，受到太阳风和高能粒子的直接攻击。原则上，地磁暴Dst指数可达到-2000nT。相比之下，1859年的卡林顿风暴仅为-850nT，而太空时代以来最强的地磁暴（1989年3月）仅为-589nT。论文发表于*The Astrophysical Journal Letters*。空间中心研究员刘颖为论文第一作者和通讯作者。论文链接


n_p (cm^{-3})
100
10
1
FS
IIS
Host ejecta
1e3
500
v_p (km s^{-1})
T_p (K)
10^6
10^5
10^4
T_{exp}
100
10
|B| (nT)
10^1
10^0
10^{-1}
10^{-2}
β_p
20
0
−20
B_R (nT)
50
0
−50
B_T (nT)
50
0
−50
B_N (nT)
0
−1
−2
D_{st} (10^2 nT)
24
25
26
November 2001

图一：地球附近太阳风就地观测。ICME-in-
sheath（IIS）位于宿主抛射物的鞘层中，具有增强的磁场、速度、密度。


n_p (cm^{-3})
100
10
1
Shock
IIS
Host ICME
2e3
10^3
0
v_p (km s^{-1})
P_d (nPa)
10^3
10^2
10^1
10^0
100
50
0
|B| (nT)
β_p
10^1
10^0
10^{-1}
1
0
−100
B_s (nT)
R_0 (R_E)
10
5
100
10
1
vB_s (mV/m)
D_{st} (10^3 nT)
0
−1
−2
24
25
July 2012

图二：STEREO A观测到的ICME-in-
sheath（IIS）和宿主抛射物，具有超强的磁场、速度和密度。

研究团队单位：国家空间科学中心

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