**项目名称**：地球空间磁尾爆发性高速离子流研究

**提名专家1：王赤**

工作单位：中国科学院国家空间科学中心

职称：研究员

学科专业：空间物理学

提名意见：

磁层亚暴能引起地球空间环境剧烈扰动，对卫星、通讯和导航等构成了严重威胁。磁尾磁场重联释放的能量由重联产生高速（粒子）流携带，驱动着亚暴的触发和演化。磁层亚暴和磁场重联触发一直是国际地球空间探测计划的重要目标。中国科学院空间科学与应用研究中心刘振兴院士发起的中国-欧洲空间局Cluster卫星和双星合作项目的主要探测目标就是磁层亚暴和磁场重联。  
 该项目完成人是中欧Cluster卫星和双星合作的主要参与和实施者,利用Cluster卫星和双星观测数据，以磁尾高速离子流为主线，研究了磁层亚暴，无碰撞磁场重联触发，磁层波和粒子相互作用等国际磁层物理前沿问题，首次观测证实了亚暴与高速离子流的内在联系，发现重联前的强烈哨声波，地球空间超低频上声调磁声波，揭示了亚暴能量输运过程的有效机制等，取得了重要成果，极大推动了空间物理的发展。  
 项目 8篇代表性论文发表于空间物理领域著名期刊Geophys. Res. Lett.或J. Geophys. Res.上。引领了国内外学者在磁层高速离子流这一重要方向上的进一步研究探索。该项目符合国家自然科学奖推荐条件，强烈推荐该项目申报国家自然科学奖。

**提名专家2：吴立新**

工作单位：中国海洋大学

职称：教授

学科专业：物理海洋学

提名意见：

地球磁层空间是包括海洋卫星在内的科学和应用卫星主要运行空间。来自于空间环境的扰动对这些卫星运行安全造成了很大的威胁。对这些空间环境中发生的灾害性空间天气事件进行预报可以有效地减少损失。而实现对空间天气灾害性事件的准确预报的前提是了解这些灾害性事件的物理过程。该项目利用多点卫星探测数据和地面地磁观测数据，在揭示磁层亚暴和磁场重联等重要磁层物理过程方面取得了系列重要突破，解决了长期未决的科学难题，有助于空间天气预报模型的改善，受到学术界的高度评价。

项目的8篇论文都发表于空间物理著名期刊上。项目不仅研究成果有显著亮点，研究方法上有显著的创新，并被学术界所采用。项目完成人也因此多次获得国际学术界的奖项和荣誉。综上所述，该项目符合国家自然科学奖推荐条件，积极推荐该项目申报国家自然科学奖。

**提名专家3：窦贤康**

工作单位：武汉大学

职称：教授

学科专业：空间物理学

提名意见：

地球磁层亚暴是重要空间天气灾害性事件，并能导致近地空间电离层和热层亚暴，从而造成整个近地空间环境的强烈扰动，对卫星通信，导航和定位正常运行和信号的接收构成了极大的威胁。磁尾磁场重联是太阳风输入磁层能量的转换和释放过程，其产生的磁尾高速离子流驱动着磁层的演化。磁尾高速离子流是唯一有可能连接和驱动发生在不同区域的亚暴三个标志性现象（磁尾磁场重联，近磁尾电流中断和极区极光爆发）的媒介。

该项目立足于国际学术前沿与国家战略需求，围绕磁层亚暴，磁场重联和粒子加速这些磁层物理前沿关键科学问题开展了一系列研究，取得了一批具有重要理论与应用价值的基础性研究成果。研究成果5次被评为美国地球物理学会，欧洲空间局和美国宇航局卫星计划的Top Story或亮点成果。

这些重要标志性成果该领域内国际权威期刊Geophysical Research Letters和Journal Geophysical Research上，研究成果获得了学术界的广泛好评、跟进研究和采用。该项目符合国家自然科学奖推荐条件，强力推荐该项目申报国家自然科学奖。

**提名等级：**国家自然科学奖二等奖

**项目简介：**

地球磁层亚暴不仅是地球空间最重要的能量输入，耦合和耗散过程，也是造成空间环境剧烈扰动的空间天气重要灾害性事件，威胁着航天器运行安全，卫星通讯导航信号的接收。磁场重联是宇宙中最重要的能量转换和释放过程。观测表明从磁尾重联区向近地空间输运的能量90%以上是由高速离子流携带。所以高速离子流是磁层能量释放和传输最重要的载体，在包括亚暴在内的磁层空间全球动力学过程中起着极为重要的作用。第一完成人和其学生近20年来通过积极参与中国-欧洲空间局合作Cluster卫星和双星计划，以高速离子流为主线，研究了磁层物理重要前沿问题，取得了如下重要发现：

1、高速离子流与亚暴关系：首次观测证实了亚暴与高速离子流的内在联系，提出了高速流刹车电流楔的新观点（FBCW），解决了长期未决的磁层亚暴重大科学问题。提出了全新的计算高速流能量输运动力学方法。新的高速流能量输运率要显著大于以往磁流体力学计算结果，从而破解了亚暴能量输运的科学难题；

2、无碰撞磁场重联：利用多点卫星观测，首次发现重联前的强烈哨声波，从而奠定了无碰撞磁场重联触发的观测基础；在重联扩散区内首次观测到偶极化锋面，提供了瞬态重联产生偶极化锋面的直接证据；

3、高速离子流撞击效应及波粒相互作用：利用中国双星等卫星探测数据，发现在高速流撞击地磁场过程中，可以同时激发空腔模和瞬态响应模超低频波（地磁脉动）,提出超低频波和甚低频波联合加速电子的新机制。首次发现地球空间超低频上声调磁声波，并提出其非线性产生机制。

上述成果解决了围绕磁层亚暴和无碰撞磁场重联触发一些长期充满争议数十年来没有解决的重要科学难题，推动了磁层物理研究的发展。所采用的高速离子流多点卫星分析方法和判据已被学术界采用，并被用于解释众多以前难以解释的观测现象，所发现的新现象引起了学术界众多后续研究，开辟了新的研究方向。8篇代表性论文发表于Geophys. Res. Lett.或J. Geophys. Res.两个空间物理领域著名期刊上，SCIE和Web of Science他引总次数265次。研究成果4次被美国地球物理学会（AGU）或欧洲空间局（ESA）评为Top Story或研究亮点，1次被THEMIS卫星计划评为Science Nuggets。

基于上述成果，第一完成人获邀在2008年第九届国际亚暴大会做大会特邀报告，这是自上世纪该会议举办以来中国学者首次受邀。第一完成人获得了2004年美国宇航局Cluster卫星团队成就奖，2005年欧洲空间局Cluster卫星杰出贡献奖，2008年法国航空航天城图鲁兹市荣誉勋章，2010年国际宇航科学院Laurels团队成就奖，2015年中欧Cluster和双星计划合作杰出贡献奖，并于2015年当选国际宇航科学院院士。第二完成人获得2011年中国科学院优秀博士论文，2013年亚太无线电大会青年科学家奖，2014年国际无线电联盟青年科学家奖。

**主要完成人及完成单位**：曹晋滨（北京航空航天大学），符慧山（北京航空航天大学），马玉端（北京航空航天大学），魏新华（中国科学院国家空间科学中心），李柳元（中国科学院国家空间科学中心）

**代表性论文（专著）目录**（不超过8篇）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 论文（专著）名称/刊名/作者 | 年卷页码 |
| 1 | Joint observations by Cluster satellites of bursty bulk flows in the magnetotail / Journal of Geophysical Research / J. B. Cao, Y. D Ma, G. Parks, H. Reme, I. Dandouras, R. Nakamura, T. L.Zhang, Q. Zong, E. Lucek, C. M. Carr, Z. X. Liu and G. C. Zhou | 2006年111卷A04206, doi:10.1029/2005JA011322 |
| 2 | Geomagnetic signatures of current wedge produced by fast flows in a plasma sheet / Journal of Geophysical Research / Jin-Bin Cao, Chunxiao Yan, Malcolm Dunlop, Henri Reme, Iannis Dandouras, Tielong Zhang, Dongmei Yang, Alexey Moiseyev, Stepan I. Solovyev, Z. Q. Wang, A. Leonoviche, N. Zolotukhina, and V. Mishin | 2010年110卷A08205, doi:10.1029/2009JA014891 |
| 3 | Kinetic analysis of the energy transport of bursty bulk flows in the plasma sheet / Journal of Geophysical Research / Jinbin Cao, Yuduan Ma, George Parks, Henri Reme, Iannis Dandouras, and Tielong Zhang | 2013年118卷313-320页 |
| 4 | Cluster observations of waves in the whistler frequency range during magnetic reconnection in the Earth’s magnetotail / Journal of Geophysical Research / Wei, X. H., J. B. Cao, G. C. Zhou, O. Santolik, H. Reme, I. Dandouras，N. Cornilleau，E. Lucek, C. M. Carr, A. Fazakerley | 2007年112卷A10225, doi:10.1029/2006JA011771 |
| 5 | Dipolarization fronts as a consequence of transient reconnection: In situ evidence / *Geophysical Research Letters* / Fu Huishan, J. B. Cao, Yu. V. Khotyaintsev, M. I. Sitnov, A. Runov, S. Y. Fu, M. Hamrin, M. André, A. Retinò, Y. D. Ma, H. Y. Lu, X. H. Wei, and S. Y. Huang | 2013年40卷6023-6027页 |
| 6 | Characteristics of mid-low latitude Pi2 excited by Bursty Bulk Flows / Journal of Geophysical Research / Cao Jinbin, Juntao Duan, Aiming Du, Yuduan MA, Zhenxin Liu, Guochen. ZHOU, Dongmei Yang, Tielong Zhang, Xinlin LI, Massimo Vellante, Henri Reme, Iannis Dandouras, E. Lucek, C. M. Carr, Qiugang Zong and Qi Li | 2008年113卷A07S15, doi:10.1029/2007JA012629 |
| 7 | Combined acceleration of electrons by whistler-mode and compressional ULF Turbulences near the geosynchronous orbit / Journal of Geophysical Research / Liuyuan Li, Jinbin Cao, and Guocheng Zhou | 2005年110卷A03203, doi:10.1029/2004JA010628 |
| 8 | First observation of rising-tone magnetosonic waves /*Geophysical Research Letters* / H. S. Fu, J. B. Cao, Z. Zhima, Y. V. Khotyaintsev, V. Angelopoulos, O. Santolík, Y. Omura, U. Taubenschuss, L. Chen, S. Y. Huang | 2014年41卷7419-7426页 |