

· 成果简介 ·

# 太阳风入侵地球新窗口的发现

于 晟 马晓冰 李 军

(国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085)

[关键词] 太阳风, 等离子, 地球磁层

地球磁层是保护我们地球家园的最外层屏障, 使地球上的生命免于遭受太阳风带电粒子的轰击, 但是一部分太阳风粒子仍可通过各种“窗口”入侵地球磁层。一些已探明的窗口主要发生于地球磁场活动较为活跃的时期, 而在地球磁场活动相对平静的时候, 这种窗口在何处, 以何种方式开放, 一直悬而未决。近日, 由山东大学空间科学研究院史全岐教授和北京大学地球与空间科学学院宗秋刚教授联合领导的 17 位来自中国、欧洲和美国的科学家组成的研究团队, 利用多个航天器的联合观测数据, 发现了太阳风入侵地球的新窗口, 并论证了其打开的方式。2013 年 2 月 12 日, 此项研究成果在线发表于英国科学期刊《自然-通讯》(*Nature Communications*)。

太阳不仅照亮了太阳系, 还时时刻刻都在朝四面八方喷出高速运动的带电粒子。这些名为“太阳风”的等离子体物质流携带着巨大的能量冲击着行星大气层, 试图通过多种途径入侵行星。太阳系中有 6 颗行星具有全球性的磁场, 地球是其中之一。这种全球性磁场可以有效的阻挡和偏转大多数来自太阳大气的太阳风带电粒子, 并防止这些带电粒子与行星大气层发生直接的相互作用。在近地空间由地球磁场所控制的区域被称为磁层, 它是使地球生命得以保护以及空间飞行器免受损伤的最重要屏障之一。但磁层仍对小部分的太阳风带电粒子开放窗口, 允许其进入磁层, 在一定的条件下, 这些粒子可以有效的得到加速, 参与到磁层、电离层和高层大气中的许多物理过程, 如: 磁暴、磁层亚暴、极光和其他的空间天气效应, 这些空间天气效应会给卫星、通信

网络、电力设施和航天系统造成很大的危害, 甚至威胁宇航员的健康。因此, 研究太阳风等离子体如何进入地球磁层是空间物理和空间天气领域中最重要课题之一。

太阳风本身携带着源于太阳的磁场, 称作行星际磁场, 它是控制太阳风粒子进入量的一个重要开关。当行星际磁场呈南向时, 一般认为太阳风等离子体可以通过磁场重联过程进入到低纬区域。尽管之前有研究表明在行星际磁场北向期间(在此期间地球磁场一般是较为平静的), 可能会有更多的等离子体进入磁层形成相对厚的低纬边界层和更加稠密的等离子体片, 但对在这些条件下太阳风进入磁层的主要机制以及穿越磁层顶的位置等问题并不清楚, 存在较多争议, 仍无定论。

利用 Cluster 卫星数据, 科学家们在地球磁层高纬区域发现了新的且意想不到的太阳风进入区域(如本期封面照片所示), 位于地磁活动平静期间极隙区尾向的尾瓣区域。这些太阳风粒子注入磁层的机制最有可能由高纬磁层顶发生的磁重联产生。不同于前人的观点, 这项研究发现太阳风粒子的进入区直接出现在背阳面高纬, 这为研究太阳风如何进入地球磁层提供了新的思路, 结果还表明这一新窗口可能主导了太阳风进入地球磁层的过程。

该项研究获得国家自然科学基金重点项目“离子体片高速流的形成及在磁层活动中的作用”(41031065)和面上项目“近地空间磁洞的卫星探测研究”(41074106)的资助。

本文于 2013 年 3 月 1 日收到。

## AN UNEXPECTED DISCOVERY OF REGIONS OF SOLAR WIND ENTRY INTO THE EARTH'S MAGNETOSPHERE

Yu Sheng Ma Xiaobing Li Jun

(Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

**Key Words** Solar Wind, Plasma, Magnetosphere

· 资料 · 信息 ·

### “典型稻田土壤关键生物地球化学过程与环境功能” 重大项目取得重要研究进展

“典型稻田土壤关键生物地球化学过程与环境功能”重大项目2010年通过地球科学部重大项目立项评审程序,于2011年启动研究。该项目由中国科学院城市环境研究所朱永官研究员主持,中国科学院南京土壤研究所贾仲君研究员、中国科学院亚热带农业生态研究所吴金水研究员、浙江大学徐建明教授等为主要参加人。项目以水稻土为对象,系统研究在氧化-还原交替作用下碳、氮、铁等关键元素的生物地球化学循环过程及其微生物学机制。旨在阐明水稻土碳、氮、铁循环过程特点,耦合机制及其生态环境效应,揭示稻田土壤生产力与生态环境功能演化特点及其关键驱动机制,为我国特色的水稻土生物地球化学过程研究提供新的理论与方法。

两年来,该项目聚焦于生物地球化学过程与耦合机制的国际前沿问题,以土壤微生物参与的核心过程为着手点,通过研究方法创新和室内外研究平台建设,顺利完成预期研究任务,在以下几个方面取得了阶段性成果:在研究方法与合作研究平台建设方面,该项目的重要进展之一是建立了稻田土壤不同氧化还原梯度下土壤微生物为核心的野外监测体系。项目选取代表北亚热带湿润地区地理特点的中国科学院桃源农业生态试验站(暨湖南桃源农田生态系统国家野外科学观测研究站)为野外试验区,通过土壤置换实验,建立了砖红壤、红壤、潮土和冲积土母质发育的代表我国南方多种典型水稻土的易地田间定位试验平台,开展土壤剖面-根际/非根际等针对不同氧化还原梯度的监测试验研究;该项目取得的重要进展之二是综合运用宏基因组学、稳定同位素、原位取样与观测技术、功能基因芯片等多种手段,在宏基因组学研究的基础上开展田间原位的转录组学研究,搭建了先进的微生物分子生态学研究平台,并在DNA/RNA-SIP技术开发方面取得重要进展。研制了<sup>13</sup>C-DNA自动回收设备,开发了基于高通量测序的土壤生物DNA示踪技术,并将DNA-SIP技术与高通量测序结合。基于上述系统的

研究方法和联合研究平台,该项目明确了我国稻田土壤中以碳氮转化功能微生物为代表的主要微生物种群地理分异特征,解析了水稻田的持续固碳效应及其生物地球化学机制,初步阐明了不同母质的水稻土在氮肥施用情况下温室气体的排放特点及其微生物演变过程,为进一步研究碳、氮、铁耦合机制及微生物机理奠定了基础。此外,该项目还发现活性氮与农田生产力和环境质量密切相关,这也从一个侧面印证了关注水稻土的硝化和反硝化过程对认识我国活性氮的产生与去向有着重要意义。在国家科技部项目和该重大基金项目资助下,朱永官作为通讯作者在《美国国家科学院院刊》(PNAS)上发表了题为“Centennial-scale analysis of the creation and fate of reactive nitrogen in China (1910—2010)”的论文,提出了从1910年至2010年中国年均活性氮净产生量的增长值,评估了从1956年开始人为活动源的贡献率;针对未来几十年活性氮增加可能带来的不利影响,建立了中国活性氮排放的概念框架,提出了对中国活性氮的减缓策略。

该项目在取得实质性科研进展的同时,极大推动了我国土壤生物学及相关领域人才队伍建设及国际交流。两年来,先后与德国马普陆地微生物所联合举办“稳定性同位素示踪微生物DNA/RNA”技术培训班,召开了稳定性同位素核酸探针技术国际研讨会,不仅使祖国香港及内地研究人员的技术得到了培训,而且与德国、英国、美国等高水平研究机构及技术公司建立了良好的合作交流机制。

截至2013年1月,该项目共发表SCI论文39篇,获得国家发明专利5项。未来两年,该项目将在水稻土宏基因、功能微生物种群以及关键生物化学过程之间的定量关系及动力学机制研究方面投入更多精力,同时展开以共同研究平台为基础的铁循环为重点的合作研究。

该项目近日通过了国家自然科学基金委员会地球科学部组织的中期评估。

(地球科学部一处 赵小蓉 郑袁明 冷疏影供稿)