

寻找空间粒子加速的推手

本报记者 张双虎

近日,在多项国家自然科学基金项目及科技部“973”计划资助下,山东大学空间物理课题组与美国阿拉巴马大学空间等离子体研究中心研究人员合作,首次观测到太阳附近磁岛并合的过程和有关的高能电子射电信号,为太阳耀斑和日冕物质抛射(CME)中磁岛并合过程可有效加速电子模型提供了观测依据。该研究相关论文已被美国《物理评论X》(Physical Review X, PRX)接受,将于近期发表。

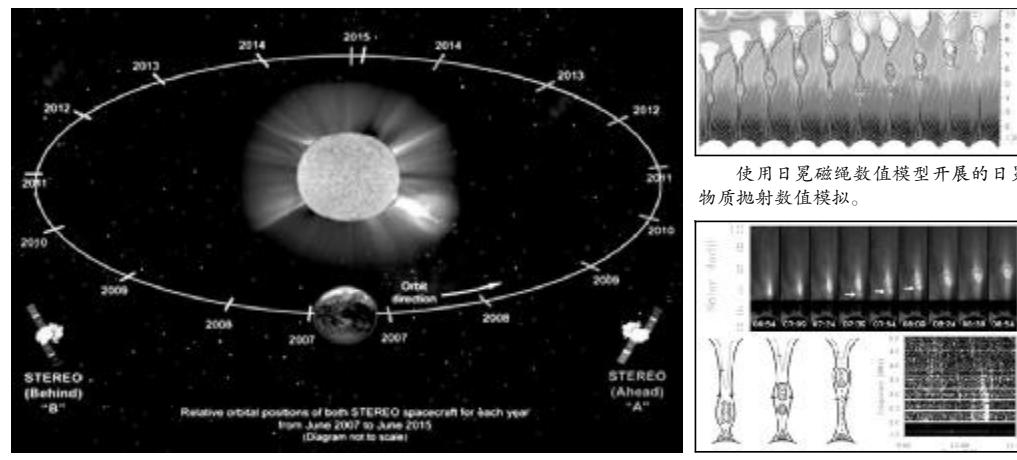
磁场“短路”

日地空间中的高能电子可引起太阳辐射增强,如产生耀斑和射电爆发,进而影响电离层的状态和依赖这些状态的通迅导航业务。高能电子也可以击毁卫星设备或造成各类损伤,甚至可穿透宇航服,威胁宇航员身体健康。

“磁场在太阳大气乃至整个日地空间和太阳系中都扮演着举足轻重的角色。”山东大学(威海)空间科学与物理学院教授陈耀对《中国科学报》说,“对磁场重联中电子加速问题的研究既具有基本的科学意义,又具有现实应用价值。”

足够强的磁场所能够控制其中等离子体的行为和分布。在太阳大气中,磁场所能量常在各能量形式中占主要份额。不同能量形式之间可以互相转化,如磁能可转化为等离子体的能量。磁场重联(magnetic reconnection)就是一种可以实现这种能量转化的有效方式。它描述的是不同极性的磁力线挤靠在一起所发生的类似于电路短路的磁场“短路”或“湮灭”的现象。“湮灭”过程将快速释放出磁场能量,转为粒子的热能和动能。

这样一个过程引起了几乎所有空间物理学家的关注。大家也急于认识和了解其中细节:如重联是如何触发的,磁能的释放和转化是怎么发生的,



STEREO A-B双子卫星轨道图

所产生的高能粒子又是如何被加速的等等。

在国家自然科学基金海外及港澳学者合作研究基金项目、国家自然科学基金杰出青年基金项目、国家自然科学基金面上项目等资助下,山东大学空间物理课题组与美国阿拉巴马大学空间等离子体研究中心研究人员对日地空间中的高能粒子如何加速问题进行了深入研究,并在一次日冕物质抛射事件中,发现三处磁场重联,同时观测到重联磁岛的并合现象和有关的高能电子信号。该发现对理解磁场重联过程和高能电子的产生机理具有重要意义。

发现三处磁场重联

磁场重联中的电子加速机制可以分为两类,一是X型加速,一是O型加速。前者得名于电子主要是在X形重联点附近被感生电场加速的;后者指电子在O形磁岛内部,如拍打乒乓球时球被加速的过程一样,电子在重联磁岛内部被磁岛收缩反弹而加速。

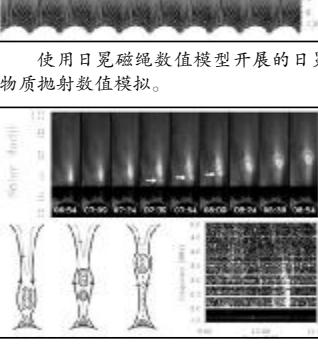
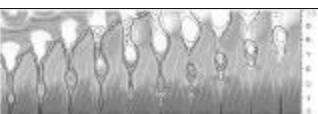
最近的理论研究还发现,邻近磁岛靠拢并融合的并合过程(又称为反重联)可同时具有上述两种加速机制的特点。有科学家认为这很可能是各类重联电子加速机制中最重要和有效的。

2006年后,研究人员利用NASA和ESA的CLUSTER等空间探测器,在地球磁层中发现了重联磁岛和与之有关的电子加速现象。这些发现受到了国际空间物理学界的重视,然而,在世界上还没有哪个研究组在空间中观测到磁岛并合过程及其关联的高能电子信号。

2010年5月23日爆发的一次日冕物质抛射事件为空间物理学家们提供了一次罕有的在太阳附近研究磁岛并合与电子加速的机会。

用于观测日冕物质抛射三维形态的STEREO双子卫星拍摄到了整个过

程:日冕物质抛射爆发后,在下方拉扯出一条很长的电流片——射线状结构,并观测到两个非常明显的磁岛,由于二者速度不同,后面的磁岛追上前者,后两者被磁岛收缩反弹而加速。



这是非常典型的重联磁岛并合过程。那么,这个过程有没有电子加速呢?

高能电子本身固然难以被飞船直接探测,但在等离子体中运动的高能电子可以发射电信号,从而被飞船上搭载的射电频谱仪捕捉到。

“因为这些射电信号的频率可以很好地反映等离子体的密度。”山东大学(威海)空间科学与物理学院博士宋红强对《中国科学报》说,“所以,根据这些信号我们也能对高能电子产生的高度做一些了解。反之,根据磁岛的高度和常用的太阳大气密度模型,也可以推测可能的辐射频率。”

果然,STEREO-A在恰当的时间、合适的频段上观测到了一个快速漂移的射电信号。这种漂移正是由高能电子远离太阳的快速运动引起的。

在射电信号被捕获到之前,该研究小组观测到磁岛上方向出现裂口,从而推测可能由于磁岛并合后运动加快而与上方磁场发生了重联。

“这使得高能电子可以从闭岛之中逃逸进入开场区域。一般认为,在开放

场中运动的高能电子更容易满足射电辐射的激发条件。”美国阿拉巴马大学空间等离子体研究中心教授李刚说,“在并合之前,第一个磁岛看上去发生了分裂,裂成‘花生’状结构。我们认为,这里也发生了一次重联:磁岛的拉长变形使其中部方向相反的磁场靠在一起而发生重联和分裂。这样,整个事件中至少有三处发生了磁场重联,这是非常难得的。”

迟来的惊喜

该小组使用日冕磁绳数值模型所计算出的日冕物质抛射过程和尾随电流片结构上多个磁岛的产生和并合过程,也与观测事件的总体形态和运动参数很好地吻合。而针对加速电子能量的估算表明:产生射电信号的高能电子主要是在磁岛并合过程中得到加速的。

值得一提的是,这些演示的数值模拟工作是在数据分析之前就已经获得的。当时计算程序历时数周才给出爆发过程的完整演化序列,但在得到结果时,该小组正忙于其他事务而未仔细盘点。在发现观测事件之后,该小组决定重新查阅以往的计算结果。2011年8月11日,他们惊讶地察觉,所发现的磁岛并合早已在模型之中计算出来。

“令人难以置信的是,模型计算结果的日期竟然是2008年8月11日,与我们决定重新查阅数值计算的日期恰是同一天,只不过整整迟了3年。”陈耀说。

无独有偶,作为美国物理学会(APS)新发布的学术期刊,《物理评论X》秉承了《物理评论》系列刊物的一贯宗旨,对文章的审稿过程慎之又慎。杂志编辑先后为这篇文章约请了13位审稿人。

“前11位审稿人因为种种原因未能评审,直到第12位和第13位审稿人才开始正式评审。”李刚说,“对编辑的严谨求实,精益求精的态度我们也深有体会。”

■我说基金

■石小涛

对国家自然科学基金项目申请过程中各类要求和条件的分析和思考,有助于我们提高对基础研究的认识,进一步凝练科学思维。

近年的科学基金申请项目指南更明确了科学基金对基础研究和青年人才的重视和培养。通过对项目指南的认真研读,可以了解该领域有哪些前沿问题,哪些热点、冷门和重点资助方向。

科学基金通过申请这一严密的程序,层层深入地引导申请者对自己的科研实力、自身能力和条件进行理性评估,包括掌握的科研思想,所在单位科研平台和研究条件等。

科学基金项目申请书各模块设计着眼于端正申请者的科研态度,仔细学习科学基金申请指南和申请要求,有助于青年学者结合国家需求,把握科学的方向,选准申请课题。

比如,2011年国家自然科学基金项目申请书设计的格式强调:在撰写过程中不得删除系统已生成的撰写提纲。这反映出撰写提纲的重要性,仔细揣摩撰写提纲的过程不难发现,撰写提纲体现了科学研究的严密步骤。

首先,提纲要求撰写立项依据与研究内容、研究目标以及拟解决的关键科学问题。其次,对拟采取的研究方案及可行性分析进行阐述。然后对项目的特色与创新之处进行说明,拟定年度研究计划及预期研究结果。最后,是介绍研究基础与工作条件,申请人和承担科研项目情况等。

上述步骤指导申请者思考:为什么要选择这个问题,国内外学者是如何研究这个问题的,你准备怎样研究,研究能解决什么具体的问题,开展该项研究有什么关键环节,此项研究是否已经有了一定的基础,什么时候、完成哪些研究内容,会得到怎样的成果,你的工作单位有没有实力给你提供科研平台等。

对以上问题的反思有助于我们在各个环节充实自己,不断进步。

题目是申请者对申请内容的高度概括,它应是能够让同行切实体会到的科学问题。科学基金项目申请反复强调研究的科学问题要明确,如某水域某污染超标,不能是发现的具体污染问题,而是污染现象背后的基础理论问题,如某污染物在水域的迁移机理。一个原则是:申请者拟解决的科学问题应该在某科学领域是一个重要原理或规律的关键点,解决了这个问题就使所在领域的理论向前推进一小步。

对科学问题的把握体现申请者的科研敏锐度和洞察力,是科学基金申请的核心,这要求科研人员不断审视自己从事的工作是否具有理论高度。

摘要是申请书的缩影,需要在较短的篇幅内对研究内容进行阐述,是申请者概述能力的体现。摘要集中展示申请书的价值,因此需斟字酌句,介绍核心内容和亮点。它可以帮助申请者明确研究思路、提炼关键问题,提升科学高度。

申请书的立项依据描述的是完整的研究思路,首先通过意义分析指出研究某科学问题的必要性,研究该问题对某领城的潜在贡献,然后通过国内外现状分析找出突破口。这也是一个说服和聚焦的过程,最终指向解决科学问题的方法。

对国内外现状分析体现申请者对科学发展方向和领域前沿的思考,直接反映作者的知识背景和科研敏锐程度。申请者写好现状分析的唯一途径是大量阅读文献,长期积累知识,梳理科研思路,完善表达手法。申请书中该项要求促使申请者吸收国内外最新知识,理清研究思路,把握国际最新研究进展。

科学基金申请书撰写要求明确指出,研究内容、研究目标和拟解决的关键科学问题为重点阐述内容。这实质上是拟解决科学问题的分析分解和逐步实现过程,对拟解决科学问题背后的多个环节或多个小科学问题通过系列研究步骤进行解析,对解决问题的思路进行阐述,描述用怎样的试验设计得到怎样的数据,阐述如何在技术上实现研究内容。这进一步要求申请者找准问题,并分阶段克服瓶颈,达到预期目标。

此外,在撰写国家自然科学基金项目申请书过程中,对项目研究方案、可行性分析、研究特色和创新亮点的阐述均有助于申请者通过自我评估,审视自己研究的问题,完善进行科学的研究必要条件。

总之,对申请书各个环节的把握和思考,有助于申请者实现科研思维质的飞跃。

申请是凝练思维的过程

中国农大:基金为创新注入“源头活水”

本报记者 张双虎

作为一所农学、生命科学和农业工程为特色和优势的研究型大学,基础研究一直是中国农业大学科研工作的重点之一。

“国家自然科学基金为中国农业大学的基础研究提供了强有力的支持,成为农大农业科技创新的‘源头活水’。”中国农业大学科学技术发展研究院科研项目处侯玉峰对《中国科学报》说。

桃李不言下成蹊

近年来,中国农业大学获得国家自然科学基金青年基金项目221项,面上项目861项,目前每年获批的科学基金项目保持在200项左右。

正是多年来国家自然科学基金的稳定支持,使中国农业大学基础研究队伍日趋稳定,良好的科学基金文化氛围逐步形成。

在中国农大,许多科学家从海外回来伊始就获得科学基金项目的资助,顺利开始了科研工作。该校教授武维华发表于《细胞》上的文章揭示了植物细胞中钾离子通道AKT1的活性受蛋白激酶CIPK23正向调控,而CIPK23的上游又受两种钙信号感受器CBL1和CBL9正向调控的现象,并提出植物响应低钾胁迫的钾吸收分子调控理论模型。该成果被评为当年中国高校十大科技成果。

近年来,中国农业大学获得国家自然科学基金青年基金项目221项,面上项目861项,目前每年获批的科学基金项目保持在200项左右。

正是多年来国家自然科学基金的稳定支持,使中国农业大学基础研究队伍日趋稳定,良好的科学基金文化氛围逐步形成。

在中国农大,许多科学家从海外回来伊始就获得科学基金项目的资助,顺利开始了科研工作。该校教授武维华发表于《细胞》上的文章揭示了植物细胞中钾离子通道AKT1的活性受蛋白激酶CIPK23正向调控,而CIPK23的上游又受两种钙信号感受器CBL1和CBL9正向调控的现象,并提出植物响应低钾胁迫的钾吸收分子调控理论模型。该成果被评为当年中国高校十大科技成果。

近年来,中国农业大学获得国家自然科学基金青年基金项目221项,面上项目861项,目前每年获批的科学基金项目保持在200项左右。

正是多年来国家自然科学基金的稳定支持,使中国农业大学基础研究队伍日趋稳定,良好的科学基金文化氛围逐步形成。

在中国农大,许多科学家从海外回来伊始就获得科学基金项目的资助,顺利开始了科研工作。该校教授武维华发表于《细胞》上的文章揭示了植物细胞中钾离子通道AKT1的活性受蛋白激酶CIPK23正向调控,而CIPK23的上游又受两种钙信号感受器CBL1和CBL9正向调控的现象,并提出植物响应低钾胁迫的钾吸收分子调控理论模型。该成果被评为当年中国高校十大科技成果。

近年来,中国农业大学获得国家自然科学基金青年基金项目221项,面上项目861项,目前每年获批的科学基金项目保持在200项左右。

正是多年来国家自然科学基金的稳定支持,使中国农业大学基础研究队伍日趋稳定,良好的科学基金文化氛围逐步形成。

近年来,中国农业大学获得国家自然科学基金青年基金项目221项,面上项目861项,目前每年获批的科学基金项目保持在200项左右。

正是多年来国家自然科学基金的稳定支持,使中国农业大学基础研究队伍日趋稳定,良好的科学基金文化氛围逐步形成。