

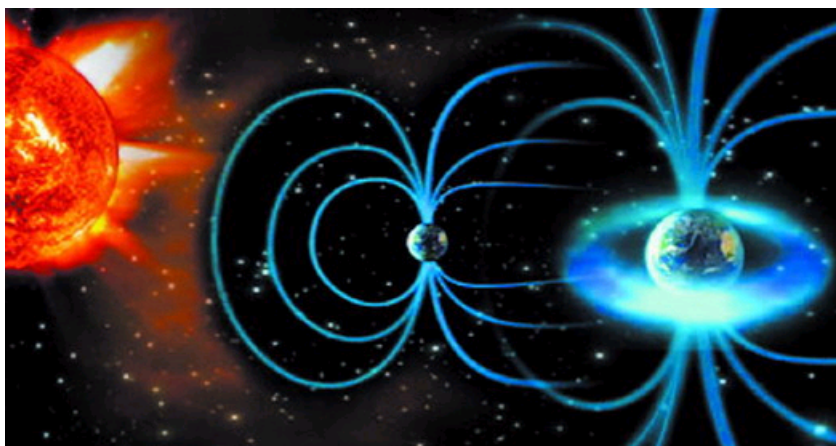


## 科学家揭示地球磁层空间“杀手电子”产生机制

文章来源: 科学时报 记者 郑入瑞

发布时间: 2010-04-13

【字号: 小 中 大】



1989年3月13日凌晨,素有北美不夜城之称的加拿大魁北克陷入黑暗之中,而造成这一切的罪魁祸首竟然是50年以来第二强的地磁暴!

上述强磁暴产生了巨大的感生电流,造成电网瘫痪,600万居民在无电的冬天度过了9小时,直接经济损失达5亿美元。与此同时,日本的通信卫星CS-3B被彻底损坏,美国海军实验室的DMSP等46台卫星也出现操作异常,大部分被诊断为卫星的深层充电。

此外,2003年发生的万圣节磁暴(HalloweenStorm),亦严重破坏了搭载在包括SOHO以及许多近地轨道卫星上的电子仪器,对经济、社会和科学活动都造成了巨大损失。

类似的例子不胜枚举。到底是什么原因造成了这一系列事故?

近日,北京大学地球与空间科学学院教授宗秋刚研究小组在《地球物理学研究期刊·空间物理学》杂志发表文章,揭示出地球磁层空间中“杀手电子”的产生机制,这也使宗秋刚领衔的研究小组成为首个发现“杀手电子”产生过程步骤和“杀手电子暴”快速形成时间的团队。

何为“杀手电子”

随着社会的进步,人类对高科技航天系统的依赖程度越来越高,如今通信、气象、导航等领域都离不开空间中正常运行的卫星和航天器。“世界各国越来越重视空间的天气状态,人类对空间天气的依赖程度将越来越高。”宗秋刚说。

据悉,地球辐射带又称范艾伦带,是离地球表面2000公里到64000公里的区域,它是由大量高能粒子被地球磁场所俘获形成的环绕地球的一个高能粒子辐射区。这个区域内的高能电子由于其难以被屏蔽的特性,会对人造地球卫星的正常运转以及宇航员的健康构成致命威胁,所以这些高能电子也通常被称为“杀手电子”。“致命电子就是束缚在地球外辐射带中的极高能粒子。外辐射带距离地球表面12000至64000公里。在太阳风暴期间,它们的数量会增加至少10倍,并且会部分脱离辐射带,从而给卫星带来威胁。”宗秋刚说。致命电子的能量足够高,以致可以穿透卫星的防护罩,引发微型电火花。如果这样的放电现象发生在关键部件上,卫星就会受到损害,甚至无法工作。

地球辐射带高能电子通常在地磁暴（地球磁场短期内剧烈变化）期间剧烈增加，这些高能粒子的来源及其加速机制一直是空间天气学研究的热点问题。“科学家们一直想弄清楚‘杀手电子’是如何积累足够的能量在空间中‘横冲直撞’的。”宗秋刚指出。

### 破解“杀手电子”产生机制

2007年，宗秋刚研究小组直接观测到了极低频波动和电子的共振现象，以《太空杀手电子形成》为题入选美国《发现》杂志2007年度全球百大科学技术与趋势新闻，排名37位。

“当时仍有很多人将信将疑，因为在我们的工作中，没看到波对电子的直接加速，也没看到低频波动的直接驱动源。”宗秋刚表示。在研究过程中，宗秋刚小组遇到了不少阻力，因为国际上很多人认为“杀手电子”是被甚低频波（VLF）加速的，甚至可以说这是当时的主流观点。

宗秋刚介绍，在“杀手电子”研究过程中用到了多达12颗卫星的观察数据，光是收集这些数据，就要有相当的恒心和决心。其中星座Cluster卫星每两天左右一个轨道，每一轨道位于内磁层中的时间非常少，又要求在激波到来的时候卫星恰好位于内磁层的向阳面一侧，并且星座Cluster卫星上天后已处于太阳活动的下降期，激波数目越来越少。

“最开始我们对能否找到合适的事例没有信心，很可能我们做了大量的工作以后还是一无所获。”宗秋刚表示。抱着试试看的想法，宗秋刚小组分析了自星座Cluster卫星发射以来8年间、1500多个轨道的数据。

“幸运的是，我们最终找到了两个符合条件的观测事件，就是在我们的文章中所呈现的两个事例。”宗秋刚喜言。当太阳爆发产生的大尺度激波撞击地球时，地球磁场会产生大幅度的脉动。宗秋刚团队首先发现这一现象，这些大幅度的脉动导致地球的磁力线振荡，使得地球的磁力线就像一根琴弦那样振荡，产生超低频波。而这些超低频波是驻波，将沿着磁力线运动的电子加速到非常高的速度。这样使得太阳风的能量能够传递给磁层内的“杀手电子”。“我们团队的研究工作第一次直接从观测上和理论上展示了这个‘杀手电子’加速的完整过程。”宗秋刚说。

据宗秋刚介绍，他们发现产生“杀手电子”的过程主要有两个阶段。第一阶段的加速是由太阳发出的强行星际激波引起的磁场压缩的结果，这一阶段会产生大量的高速电子作为“种子电子”；第二阶段是在行星际激波冲击地球的瞬间，地球磁场磁力线开始在超低频段（ULF）颤动，然后，产生的ULF波就可以有效地将第一阶段产生的“种子电子”加速为“杀手电子”。“我们还发现‘杀手电子暴’可以在短短的15分钟内形成。”宗秋刚补充说。

### 《2012》可能预见成真

电影《2012》曾描述过在2012年间太阳会有强烈的爆发，当然其情节过于夸张。“其创作灵感应该就是来自于科学家们的预测。”宗秋刚说。空间科学界普遍认为，在2012年，不排除有超强的磁暴发生的可能，磁暴的强度可能会比我们研究的磁暴强数倍，“杀手电子”的数量也会猛增。“如果没有采取必要的保护措施，会有更多的卫星和航天器失灵。”宗秋刚表示。

据了解，太阳活动以11年为一个周期。在极大年期间，太阳表面的活动极为频繁，会经常发射出强烈的射电和粒子流，对地球空间环境造成冲击。我们现在正逐步走进太阳活动的极大年。

2008年，美国科学院报告中提到，超级强烈的地磁活动在Dst=-1760nT条件下也许再次发生，而这一强度磁暴释放的能量相当于50个广岛原子弹的能量。在这种情况下，处于磁层的大多数或绝大多数卫星将会受到相当程度的破坏，直接经济损失可能高达2300亿美元，而包括地面的总损失可能超过10万亿美元。

作为研究者，应该怎样对待这一预见呢？“一方面，我们应及时做出预报模型，避免较大的损失；另一方面，我们也应该抓住这次机会，利用更多的卫星资料研究‘杀手电子’的性质，力图在未来把人类遭受的损失降到最小。”宗秋刚说。

### 科学研究为社会造福

“杀手电子”可能带来的灾难性后果已经不言而喻，所以从机制上弄清“杀手电子”的来源，从而准确及时地预报“杀手电子”的产生，可以有效避免恶劣的空间天气条件对生产和生活造成的巨大损失，“杀手电子”研究的意义也正在于此。

宗秋刚表示,新的发现有助于进一步开发有关卫星和宇航员工作的辐射带环境的预报模型,如今太阳活动逐步进入到极大年,未来几年中越来越多的激波将冲击到地球磁层,希望能够对空间天气的预报有所贡献。“‘杀手电子暴’的变化特征是空间天气研究的重要课题;深入理解‘杀手电子暴’变化机理,建立‘杀手电子暴’动态模型对保障我国航天活动和航天器安全具有重要意义。”宗秋刚强调。

宗秋刚介绍,他们将做进一步的比较系统研究工作。例如,在激波激发极低频波动的问题上,以及在极低频波动如何加速粒子的问题上,做出一些统计工作,并统计这些波动和“杀手电子”的具体关联,以进一步弄清“杀手电子”产生的具体条件,希望在两年内有进一步的进展。

打印本页

关闭本页