
耀斑爆发，地球竟然会“自卫”！

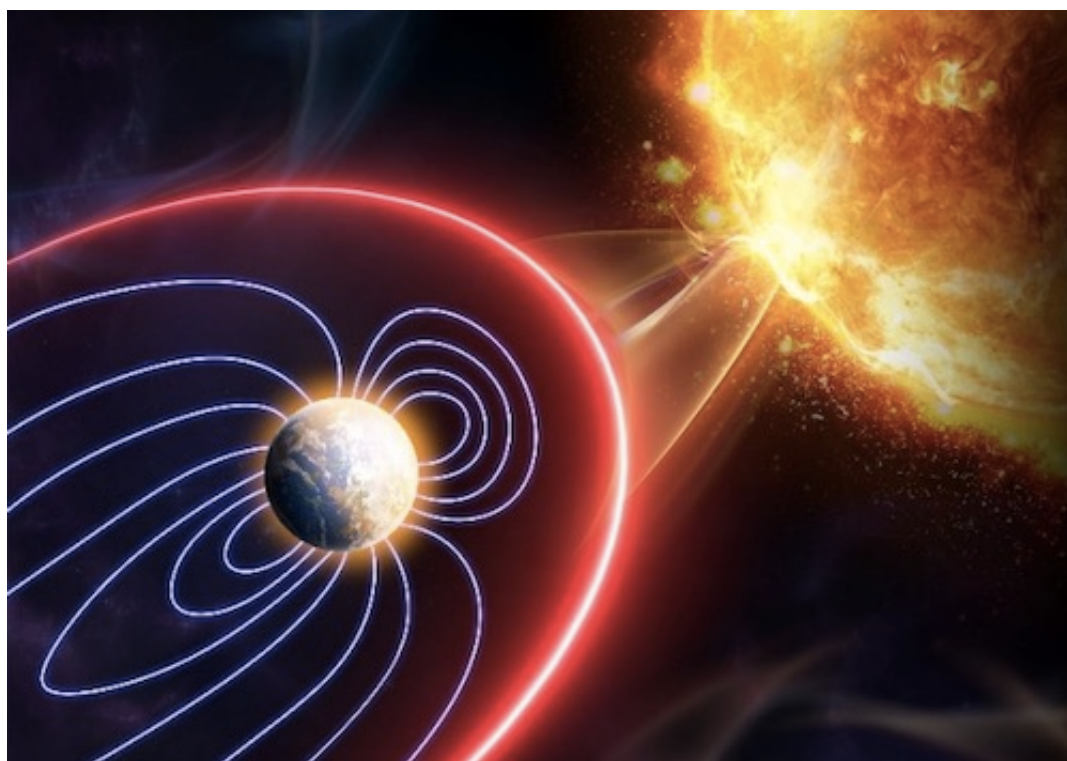
作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13158.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！

耀斑爆发，地球竟然会“自卫”！。还记得吗？2017年9月6日，太阳爆发了十多年来最大的耀斑。此次耀斑事件导致几乎整个地球朝向太阳一侧的高频无线电通信大范围失灵，失联长达1小时。

3月23日，《自然-物理》（Nature Physics）上发表有关此次太阳耀斑影响地球空间的科学研究成果。该研究中，论文第一和通讯作者、山东大学空间科学研究院刘晶教授带领科研团队充分利用相关观测利器发现，耀斑所产生的电离层效应足以影响包括广袤磁层在内整个地球空间，而不仅局限于先前认为的高层大气区域。



太阳耀斑影响整个地球空间的示意图（研究团队供图）

电离层受扰动

耀斑，是太阳大气上局部区域最剧烈的爆发现象，在短短一二十分钟内耀斑可释放出相当于几十亿颗百万吨级氢弹爆炸当量的能量，导致几乎全波段电磁辐射如X射线、极紫外线辐射等突然增强。。

根据强度递增，耀斑分为A、B、C、M、X五个等级，其中M、X级耀斑的爆发会给地球空间环境造成显著影响。2017年9月6日世界时09:10，太阳爆发了一个X2.2级的耀斑；3个小时之后，一个更大的X9.3级耀斑爆发，是第24太阳活动周最强耀斑。

据当时的报道，这是一个十年级的耀斑。在1976年以来记录的最强太阳耀斑列表中，它排在第14位，与1990年的大爆发类似。

无线电通信中断是此次耀斑给人们带来的切身感受。刘晶向《中国科学报》介绍：这一现象与距离地面以上60-1000千米的电离层有关。当耀斑爆发时，随着太阳辐射强度的迅速增强，大气中的电离过程显著增强，导致其中的电子密度迅速升高，并引起突发电离层扰动，导致高频无线电波突然衰减甚至消失，影响导航系统的信号传输和定位精度等。

此外，耀斑还能加热中性气体，增加低地球轨道航天器高度上的大气密度与阻力，使得航天器需消耗更多燃料维持既定轨道，从而影响其工作寿命。

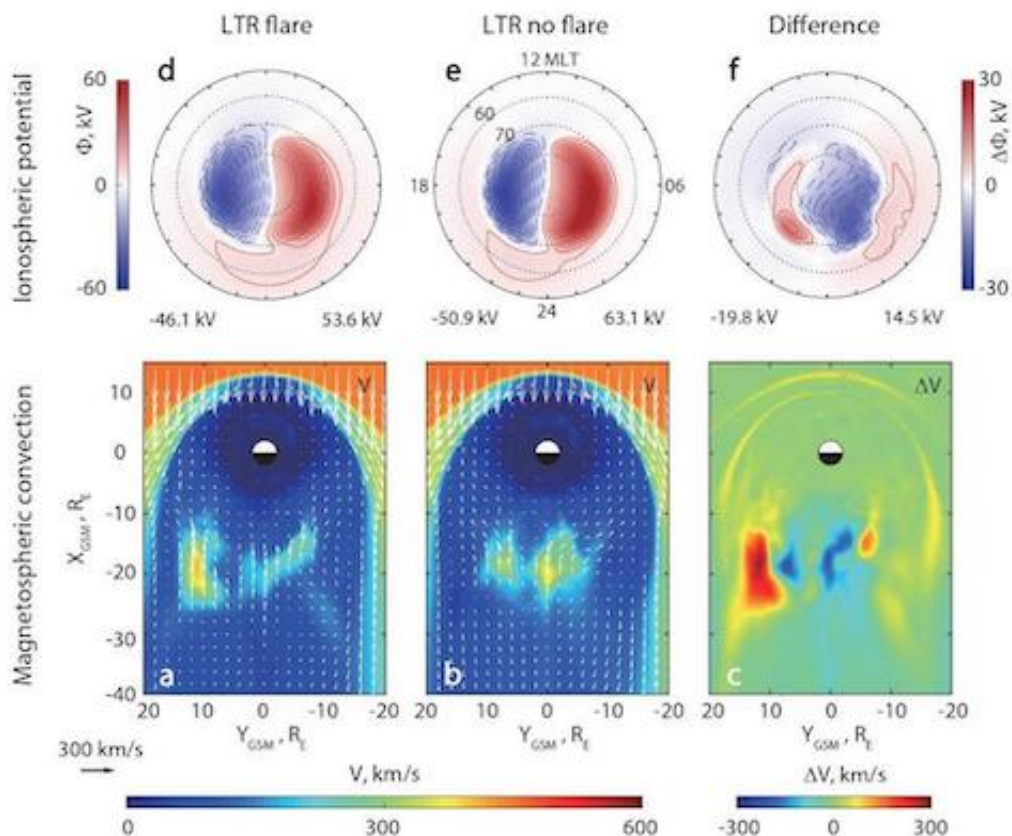
磁层加持

对于电离层以外的更高区域，耀斑能否去触碰？这是空间科学家一直想要了解的问题。

刘晶带领的科研团队将目光集中在距离地面约1000千米以上的地球磁层。这是一个被太阳风包围，并受地球磁场与太阳风磁层共同影响和控制、完全电离的区域。

由于太阳风粒子无法横跨地球磁层而直接进入地球空间，科学家将磁层视为地球抵御太阳风粒子攻击的屏障或铠甲。但是，当太阳风与地球磁层的磁场方向相反时，源自双方区域的磁力线会连在一起并相互贯通，导致太阳风中的粒子直接传输至地球空间。

那么，以增强辐射为主要特征的耀斑过程，除了直接影响地球电离层区域外，能否也像太阳风那样引起磁层区域的扰动呢？最新的这项研究证实，在2017年那次大耀斑爆发时，耀斑所产生的电离层效应通过电动力学耦合扩展，足以影响包含磁层在内的整个地球空间，而不仅局限于先前认为的地球高层大气区域。



2017年9月6日，有无太阳耀斑效应情形下，磁层-电离层-热层理论模型（LTR）模拟的磁层赤道平面等离子体对流速度（a-c）和极区电离层电势分布图（d-f）。箭头表示投影到赤道平面上的对流速度的方向和大小。模拟有（a, d）和无（b, e）太阳耀斑效应及其差异（c, f）的结果。（研究团队供图）

具体机制是，耀斑发生时，突然增强的太阳辐射导致电离层电导率迅速增加，增强了铠甲磁层抵御太阳风的能力，而使太阳风击穿磁层进入地球空间变得更加困难，减少太阳风和磁层向地球高空大气的能量注入。也就是说，耀斑发生时，地球磁层成为避免受太阳风影响的一个自我保护机制。

相关专家认为，这一结论更新了人们对太阳-磁层-电离层耦合过程的认识。

采用多项利器

该研究中，为深入研究太阳耀斑如何影响地球空间的科学问题，科研团队采用了多项先进利器获得足够的观测数据。

据刘晶介绍，研究采用了全球卫星导航系统、欧洲非相干散射雷达网、覆盖南北极区的超级双极光雷达网、电离层卫星和月球轨道卫星等基础设施。它们提供了日侧太阳风-磁层相互作用、全球磁层-极区电离层大尺度对流，沿磁力线的场向电流和全球电离层电子密度等多参量、多区域观测。

同时，这项研究还结合了大型数值模式：高时空分辨率磁层-电离层-热层理论模型（LTR）数值模拟结果，再现了观测到的由耀斑触发的磁层-电离层耦合系统变化，首次揭示了耀斑对磁层的影响。据悉，刘晶参与开发了LTR模式中电离层、磁层作用过程有关的部分关键模块。

对此，业内专家认为，这一新发现有望改进现有的磁层-电离层耦合模型，即在模型中采用更高时间分辨率的时变太阳辐射光谱，提升模型诊断地球空间响应太阳瞬时辐射变化的能力，为预测包括磁层在内的整个地球空间响应太阳瞬时辐射变化奠定了理论基础。

此外，刘晶指出，这项研究为探索和理解太阳耀斑对其他行星的影响提供新的线索，这将为科学家们研究空间天气、行星大气和系外行星宜居性提供参考。例如，研究耀斑对同样具有磁层的木星、金星和土星等其他行星所产生的影响，可以洞悉此类行星早期的大气演化，揭秘究竟是怎样的‘幕后推手’阻碍其生命出现的机会。（来源：中国科学报甘晓）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41567-021-01203-5>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：刘晶等 来源：《自然-物理》

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](https://www.iikx.com)转发