
地质地球所揭示日食期间共轭半球电离层响应机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/12245.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！

日食是一种独特的天文现象，日食期间，太阳辐射大幅降低，引起一系列大气层和电离层的变化。从20世纪70年代起，学界就已开始关注日食引起的电离层变化。由于月球的遮挡，日食期间地球上部分区域高层大气接收到的太阳极紫外和X射线辐射大幅下降，电离层的离子产生率和加热率均显著下降，引起电离层光化学、动力学过程等一系列变化，导致电离层热层的密度、温度、风场等出现扰动。但已有研究认为日食是一个局部现象，对地球大气层和电离层的影响主要集中在日食阴影区（特别是全食区）附近。2018年7月，北美洲的日全食覆盖了美国大部分区域，在此次日食观测模拟研究中，有学者认为日食期间电离层扰动不局限在日食区，日食可能会引起更大范围甚至是全球的扰动，哪些物理过程对该种更大范围电离层扰动起主导作用值得深入研究和探讨。

日食期间，电离层/热层在日食阴影区的密度温度扰动，可能通过热层大气环流变化、沿磁力线的等离子体输运、沿磁力线的热传导等过程，从一个半球传到其磁共轭半球。2020年6月21日的日环食横跨亚洲中纬地区，其磁共轭在南半球的澳洲有被观测到，此期间还有一些相关的卫星飞过日食区及共轭半球，这为研究日食期间电离层共轭半球响应提供了良好的条件。中国科学院地球与行星物理国家重点实验室研究员乐会军等基于全球电离层热层耦合模型，进行了观测和数值模拟研究；针对共轭半球电离层扰动的主要物理过程及其驱动因素，展开了模拟分析。研究表明，除了日食区的电子密度下降外，在南半球共轭区附近还存在显著的电子密度增加现象（图1）。为进一步理解其物理过程，研究人员进一步分析了电离层各参量的变化特征。模拟结果显示，日食共轭点附近出现了显著的电离层扰动，包括电子密度增加、电子温度下降及沿磁力线速度变化等（图2），卫星观测数据也显示出相同的变化特征。分析表明，这主要是由于等离子体温度下降引起电离层快速收缩，导致顶部电子密度增加而形成的。

日食期间引起电离层电子温度快速变化的驱动过程主要有两种——光电子沿磁力线的跨半球输运和沿磁力线的热传导过程。日食期间，日食区的太阳辐射大幅下降，光电子产生率显著降低，从而导致本该输运到共轭半球的光电子数量大幅减少，引起共轭区的光电加热率下降；日食区本身的电子温度由于光电加热的消失而大幅下降，这种降温过程可能通过热传导过程传递到共轭半球，使磁共轭点温度下降。那么哪种过程起主导作用？研究人员通过两个控制模拟实验，研究了耦合半球电离层扰动的主要原因，即分别切断了跨半球的光电子传输和热传导过程。模拟结果表明，共轭半球的电离层扰动是由跨层光电子输运、热传导和热层风变化的综合作用引起。

对于磁纬20度附近的共轭电离层扰动，关闭光电子跨半球输运后，共轭区的电离层扰动变化不大；进一步关闭跨半球热传导后，共轭半球的电离层扰动幅度显著下降（如图3所示），这些表明沿磁力线的热传导过程应该是主导因素。进一步的研究表明，不同区域热传导和光电子加热的效应不同，这主要依赖于磁力线的长度。低纬地区主要来源于热传导效应；随着纬度增加，磁力线

变长，光电子加热的变化发挥主导作用，成为共轭半球电离层扰动的主要驱动因素。该研究为理解共轭半球电离层对太阳辐射变化响应特征及其主要物理机制提供了理论依据。

相关研究成果发表在Journal of Geophysical Research-Space Physics

上。研究工作得到科技部重点研发计划项目、中科院战略性先导科技专项（B类）、国家自然科学基金项目、中科院青年创新促进会等的支持。

[论文链接](#)

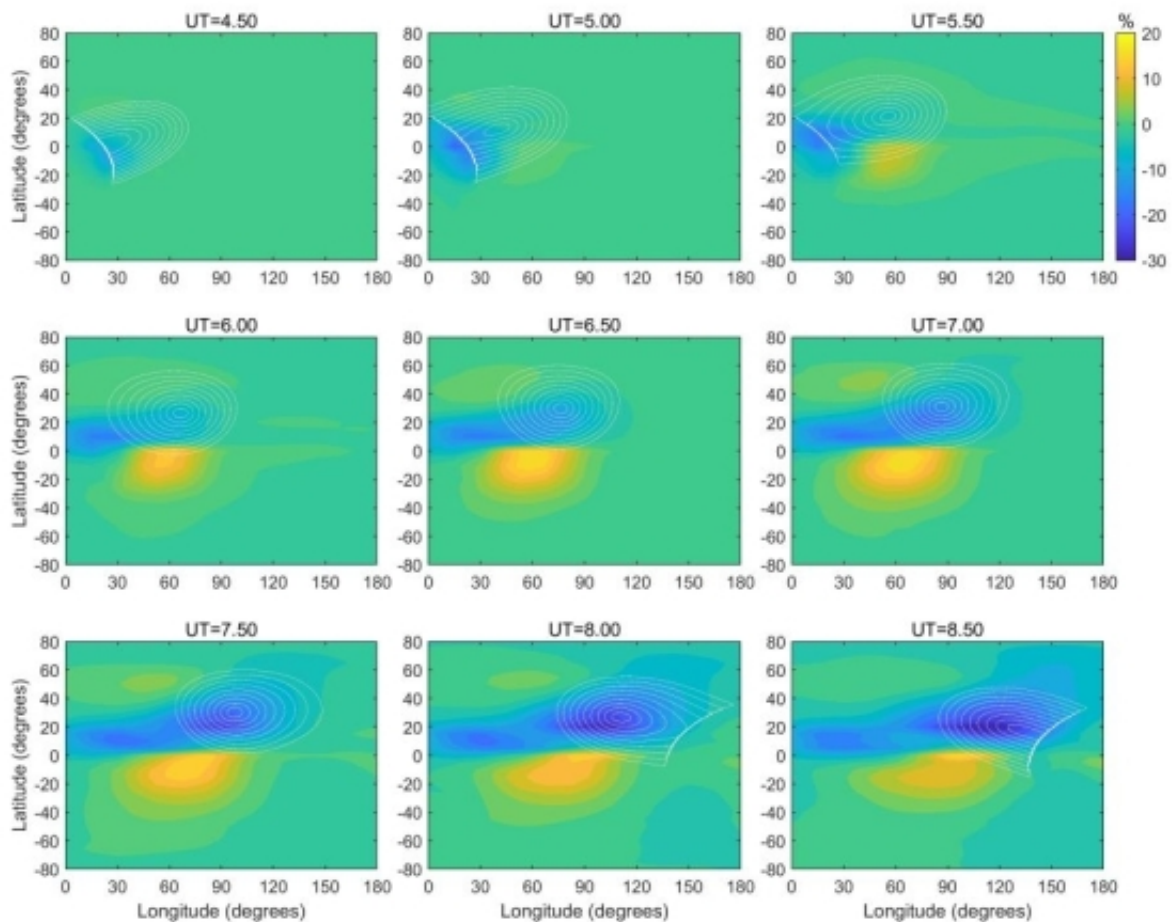


图1.2020年6月21日，日食期间400 km高度处的全球电离层电子密度扰动分布，白色等值线标出了日食阴影区范围，最中心代表日全食

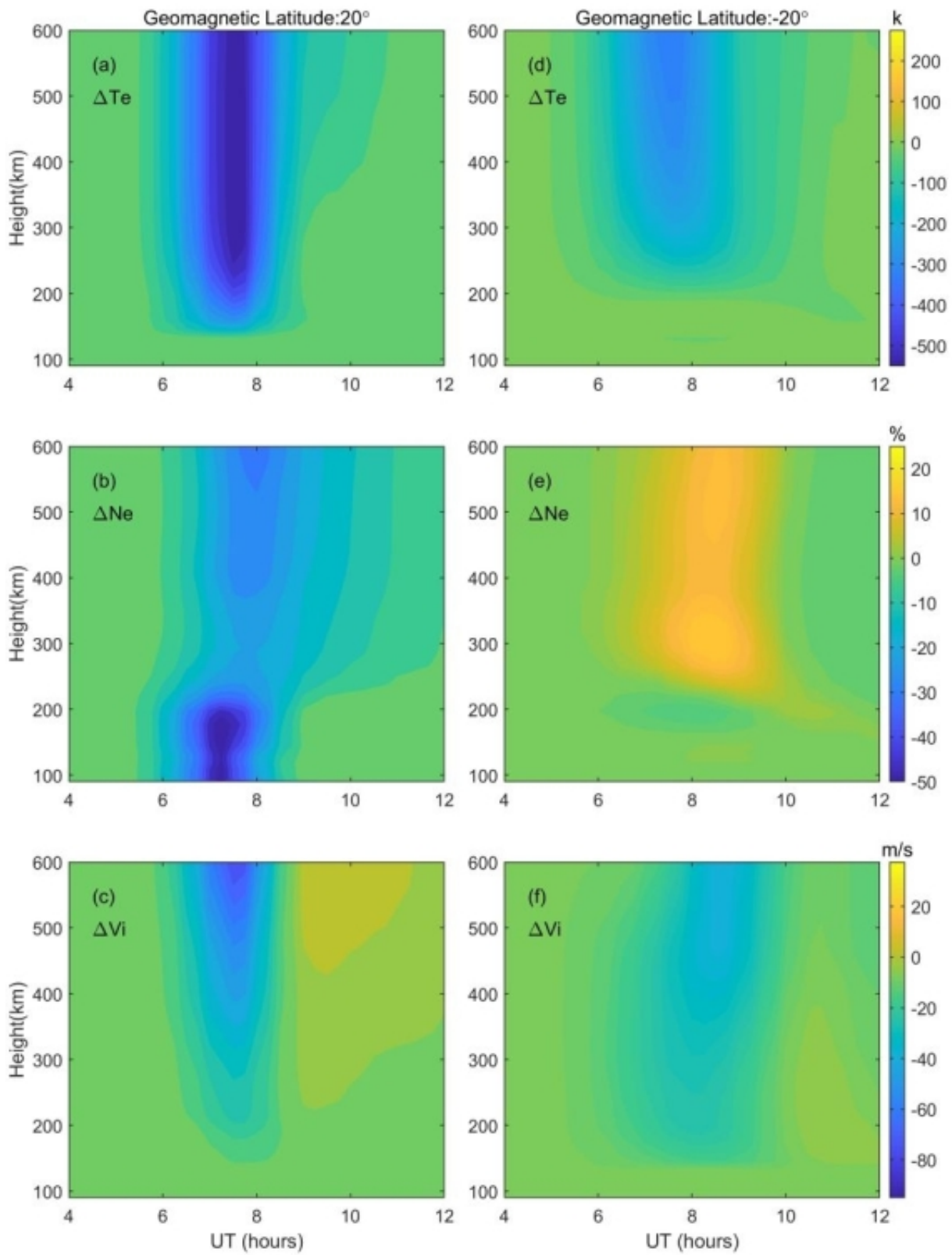


图2.日食期间在日食区（左边，北纬20度）和共轭区（右边，南纬20度）的电离层电子密度、电子温度以及沿磁力线扩散速度的变化特征

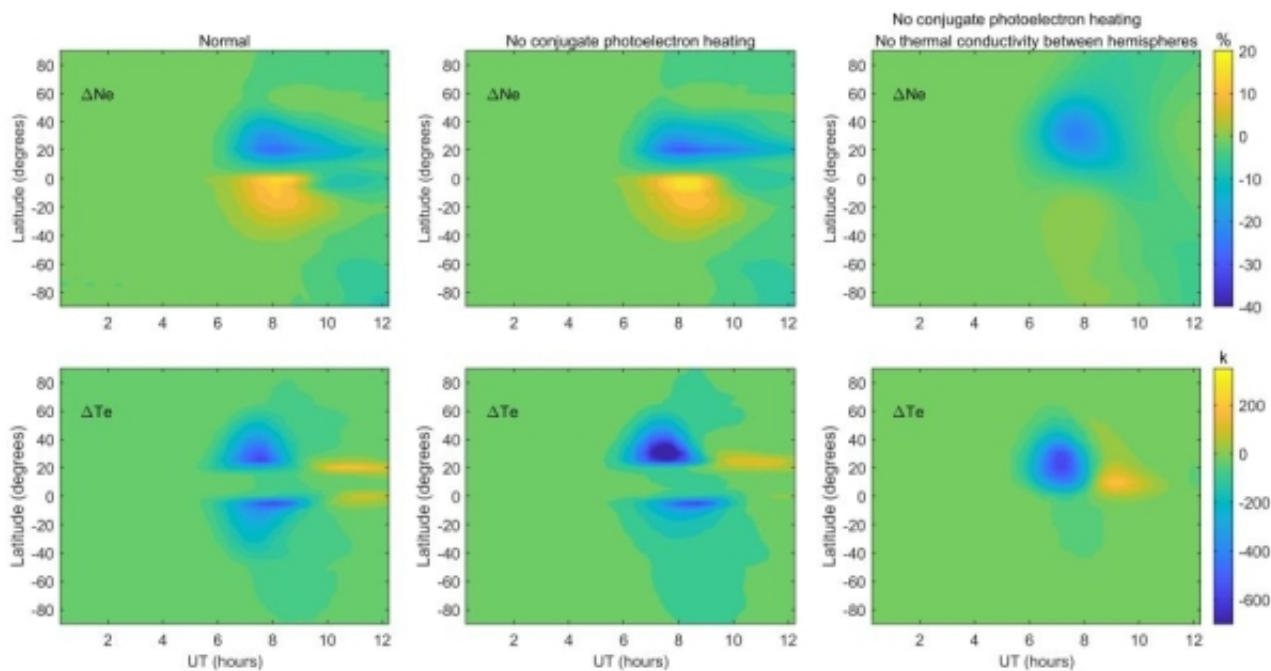


图3.在不同条件下的电离层电子密度（上图）和电子温度（下图）扰动变化。左边是正常情况下的模拟结果，中间是关闭跨半球光电子输运，右边是关闭跨半球光电子输运和跨半球热传导

研究团队单位：地质与地球物理研究所

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