
地质地球所揭示1989年超级磁暴东亚电离层东西演化差异机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8056.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！

空间天气是由太阳活动引起的一种日地空间环境短时间尺度的变化过程，当空间天气变化十分剧烈时，会对人类高技术系统产生严重的影响，这种空间天气称为灾害性空间天气。在历史上，最为著名的灾害性空间天气事件当属1989年3月13日的特大磁暴，加拿大魁北克地区和美国新泽西州供电系统在此次磁暴中受到严重破坏，导致魁北克地区在寒冷的冬夜停电9小时，美国多颗卫星短暂失去联系，无线电短波通讯受到严重干扰，引起了全社会的震惊和对太阳风暴的广泛关注。

此次大磁暴也引起了全球高层大气和电离层的强烈扰动，全球80%地区的日间电离层F层峰值电子密度在磁暴主相和恢复相期间下降超过90%。通常来说，这是特大磁暴期间中低纬电离层受到高纬中性成分扰动的一种演化规律，即当大磁暴来临时，通常全球中高纬地区出现大范围无差别的强负相扰动（电子密度下降），然而中国科学院地质与地球物理研究所地球与行星物理重点实验室研究员赵必强及其合作者通过对1989年地面和高空数据的重新整理和分析，特别是加入中国地区的地面观测资料后发现，此次特大磁暴期间电离层在东亚中纬地区的分布具有很强的纬向梯度，即在相隔不大的经度扇区内电离层暴时变化差异显著。

他们针对此次磁暴事件收集整理了东亚地区16个地面测高仪台站数据（图1），将这些台站按地理位置分布以120°E为界分为东部经度扇区和西部经度扇区。通过提取台站观测的F2层峰值浓度等参量NmF2、NmF2%来考察不同扇区电离层暴时演化差异。基于这16个台站的观测可以看出东亚电离层存在强纬向梯度变化，为了进一步证实这个结论，他们收集了此次磁暴期间DMSP（顶部电离层观测卫星）观测的顶部电离层电子密度和速度变化等参量（图3），发现DMSP F8卫星经过观测到的840 km电子密度Ni存在显著的经度差异，130°E、110°E和90°E处Ni在13日增幅分别为2-3倍、5-6和10-15倍，而Ni在14日下降幅度分别为90%、50%和10%。由此可见，顶部电离层Ni在13和14日存在强的纬向梯度变化。地面和高空数据都显示此次磁暴主相和恢复相期间有明显的纬向梯度变化，那么造成这种梯度变化的机制又是什么呢？

他们借助美国大气物理中心NCAR-TIEGCM模式对此次超级磁暴事件在真实地磁场和偏心偶极场两种情况下进行了模拟（图4）。模拟结果显示在考虑真实地磁场情况下的模拟结果要远好于偏心偶极场结果，模拟结果几乎重现此次磁暴在东亚地区的响应。基于以上事实，他们认为由于地球的真实地磁场存在显著的南北差异，从而导致南北半球极区注入能量的不一致是东亚扇区经度差异形成的机制。南半球磁场较弱且磁极纬度更低，靠近澳大利亚扇区，使得南半球极区沉降能量驱动的暴时环流更容易跨过磁赤道在中国中西部地区形成沉降流，O/N2上升而非下降导致电子密度保持不变或者下降幅度较低。另外，东部扇区较西部扇区更靠近北半球高纬能量沉降区使

得其更易受到中性成分扰动O/N₂降低的影响，从而导致电子密度出现长时间的大幅度下降。该项研究揭示了某个扇区同纬度的电离层暴时经度差异可能源自于半球之间的电离层-磁层能量耦合差异，也为进一步厘清东亚地区东西部电离层暴时响应差异的机制提供了一条研究思路。

研究成果发表于JGR-Space Physics。

[论文链接](#)

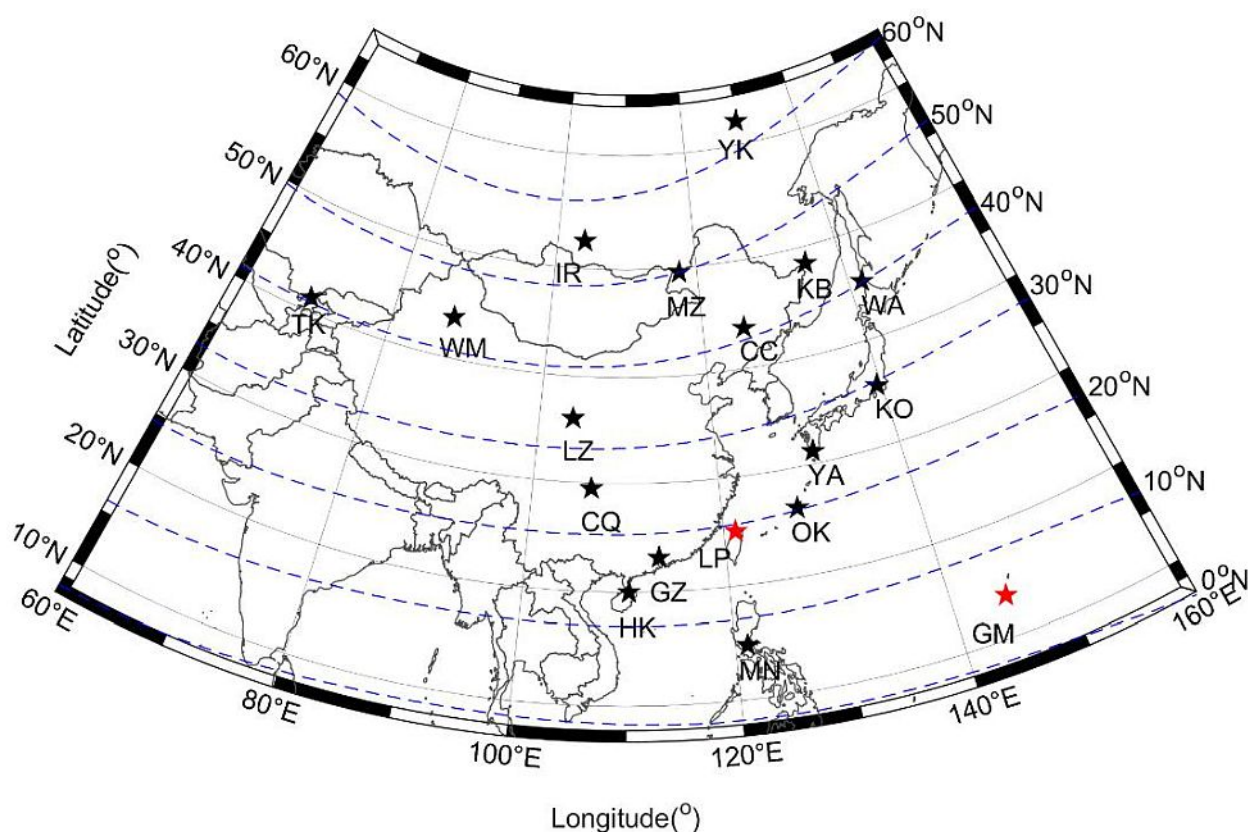
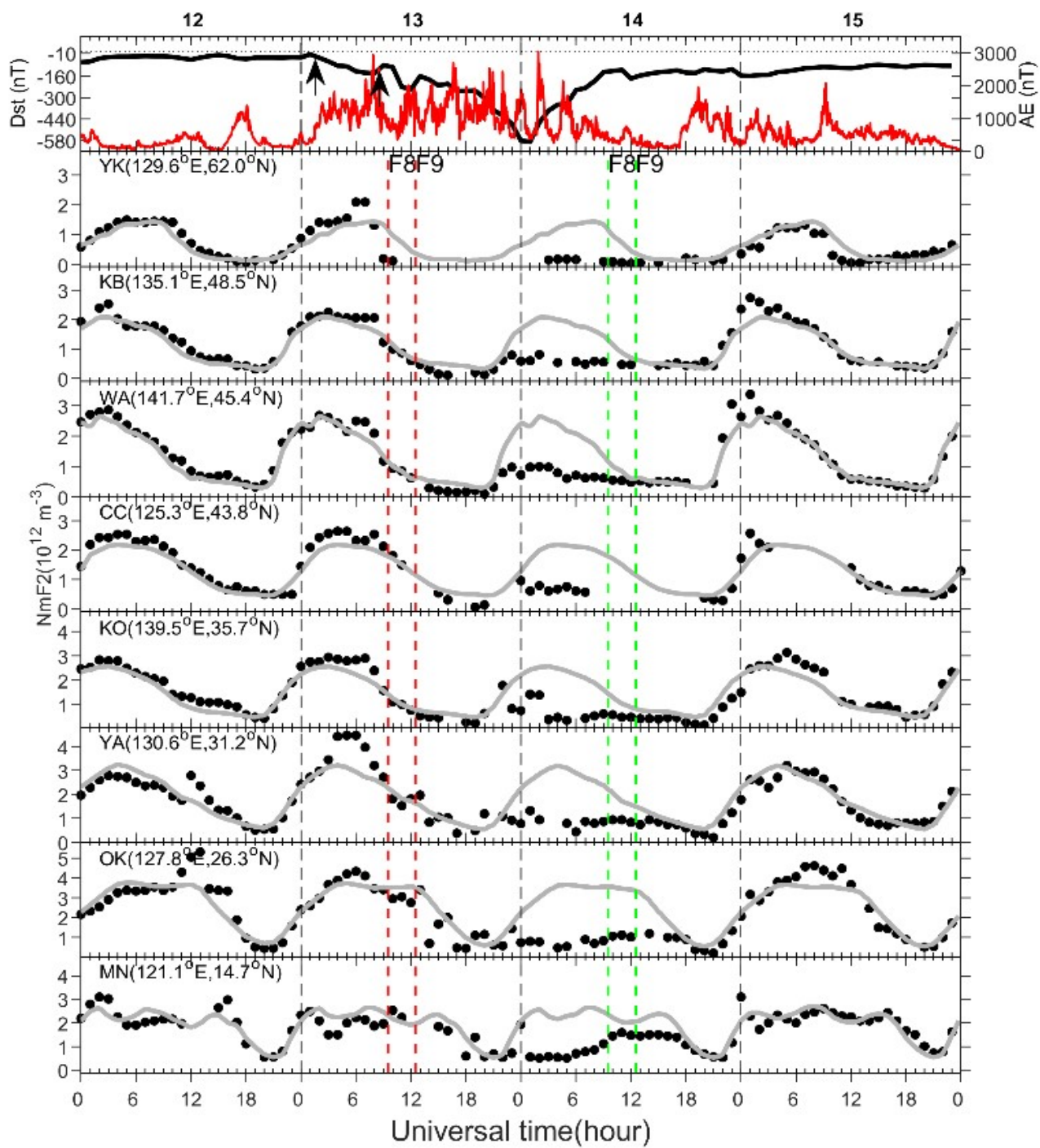


图1 中国及其周边地区的测高仪观测台站的地理分布



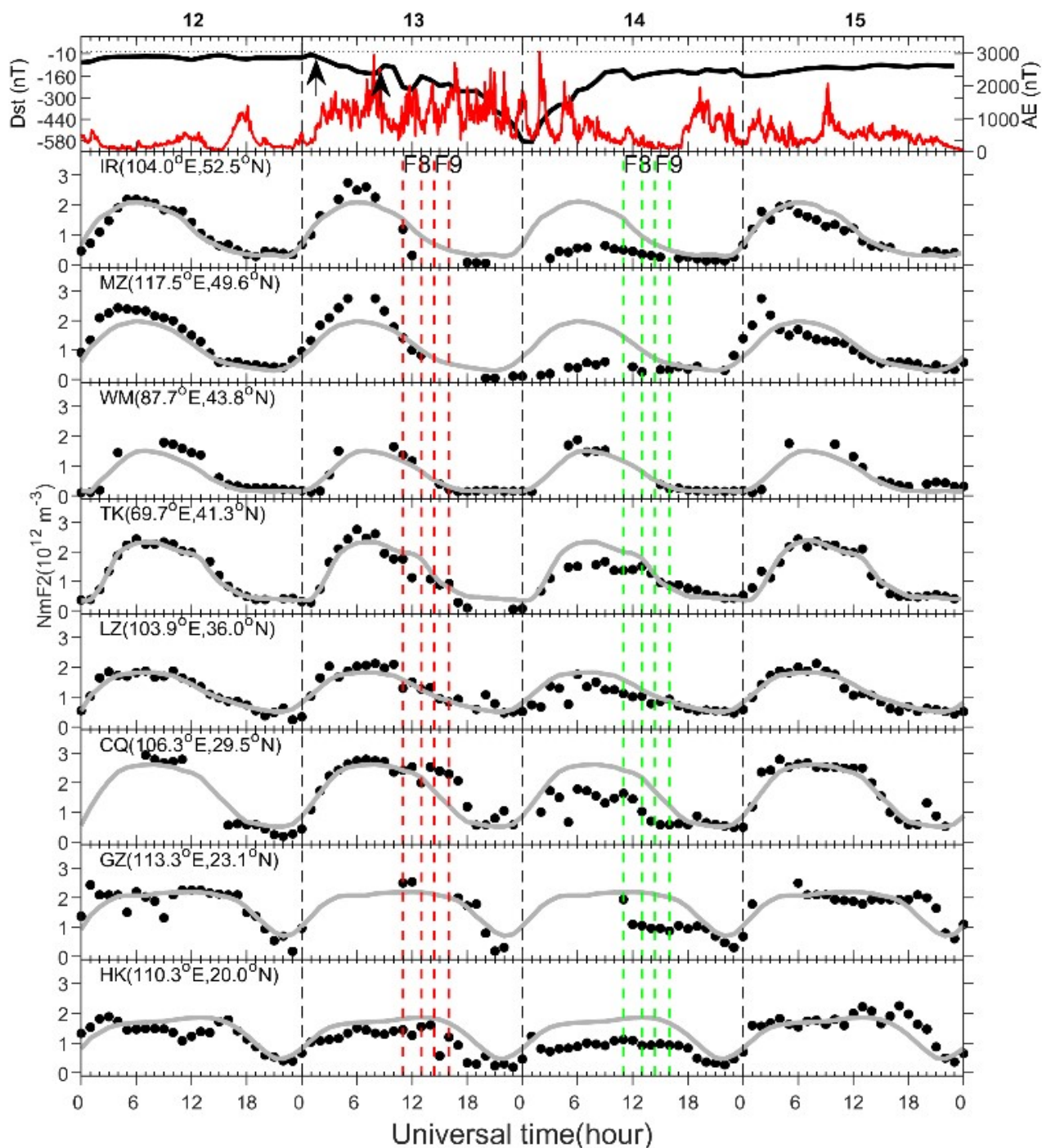


图2 东部地区测高仪观测NmF2 (上) 和中西部地区测高仪观测的NmF2 (下)。上：东部扇区的电离层台站从中纬度到磁赤道地区 (YK, KB, WA, CC, KO, YA, OK和MN) 在磁暴主相和恢复相期间 (13日12 UT ~ 14日18 UT) 其F2层峰值密度均出现长时间大幅度下降, 持续时间超过24个小时。下：西部扇区的电离层台站只在中纬度地区出现大幅下降, 如IR, MZ等台站, 而靠近中国中西部地区的WM, TK, LZ其下降幅度与东部同磁纬的台站相比并不显著, 低纬台站CQ, GZ和HK站其下降幅度也均小于东部扇区的同纬度台站。

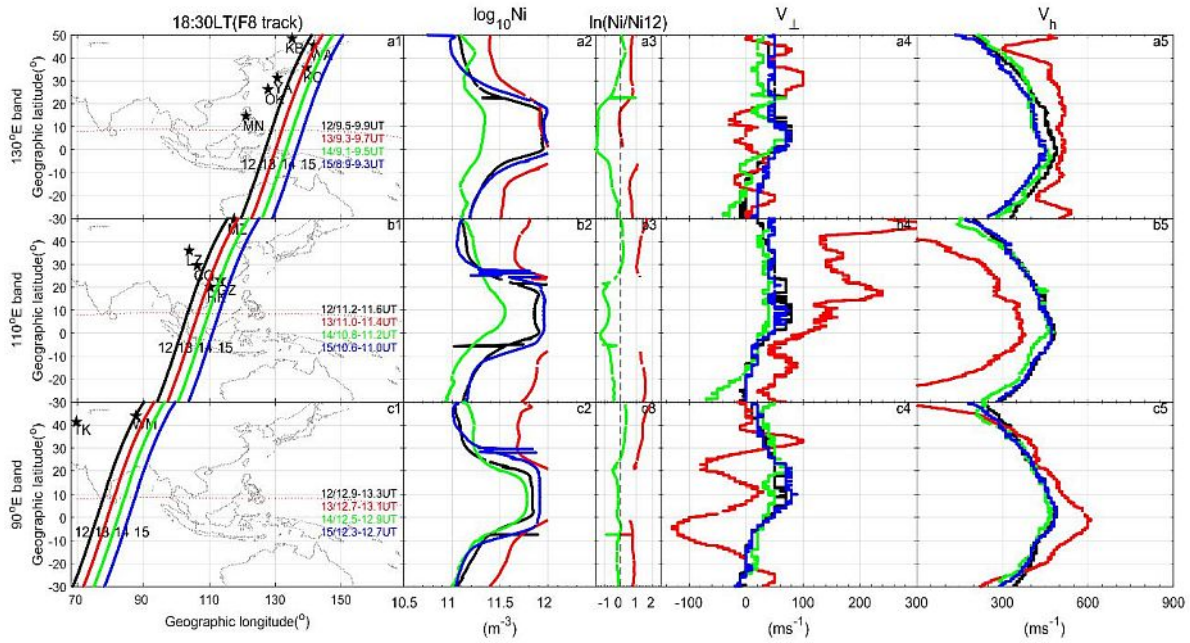


图3DMSP F8卫星经过130 ° E、110 ° E和90 ° E观测到的840 km电子密度Ni与垂直轨道速度V。不同颜色代表不同日的观测结果：红色为13日磁暴主相，绿色为14日恢复相，黑色为12日暴前，蓝色为暴后15日

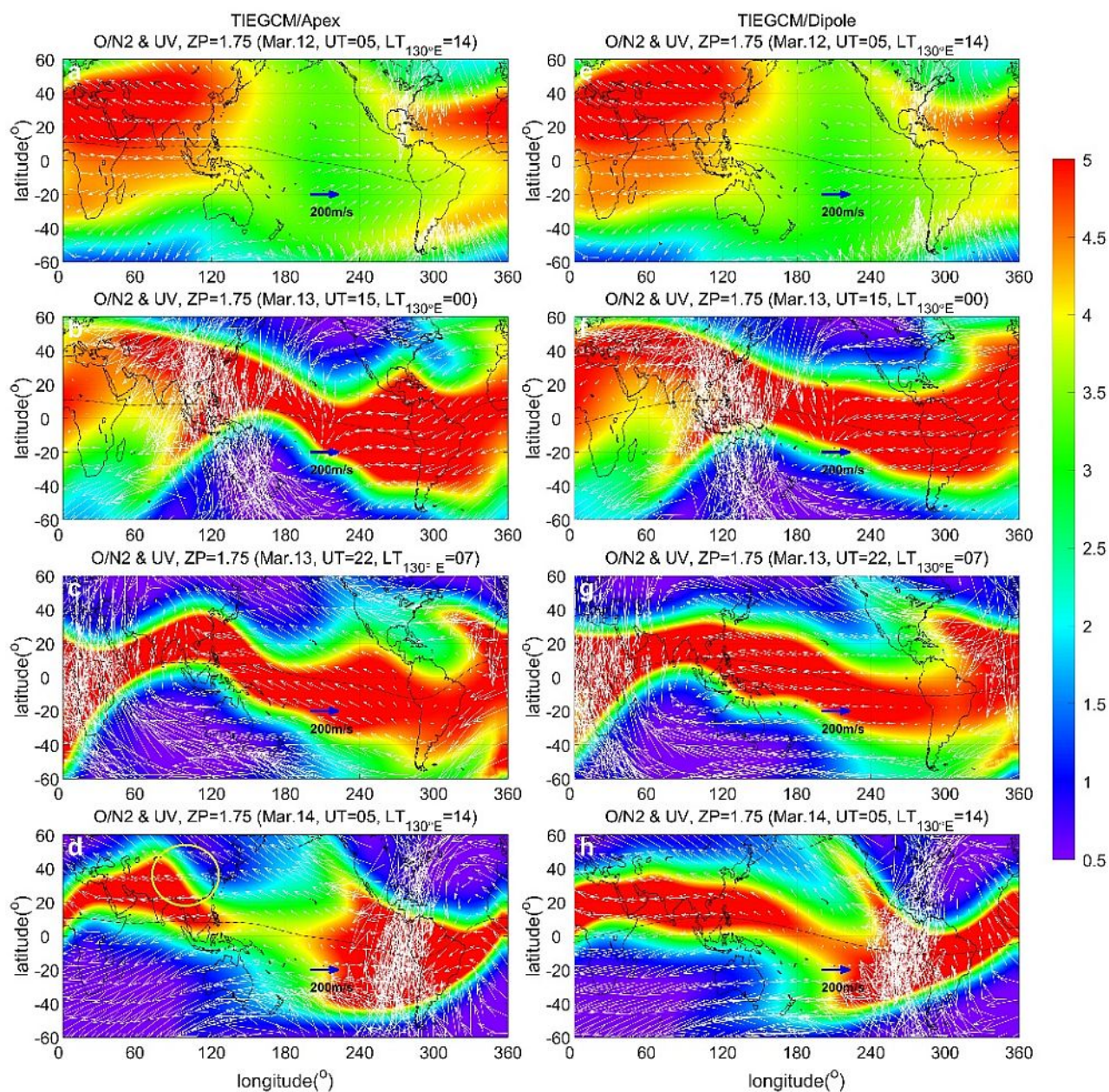


图4 真实地磁场（左）和偏心偶极场（右）下的TIEGCM模拟结果O/N2UV

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