
地质地球所崂山地区热层中性风场统计特征和建模研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11526.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！

热层是从地面85 km以上到约1000 km高度的大气层，其结构主要受太阳辐射和地磁活动的影响，与电离层通过中性成分和电离成分的碰撞相互耦合。热层中性风场在电离层-热层耦合系统中的动力过程和沿磁力线的传输过程中起到重要作用。以往对于热层中性风的观测主要来源于卫星搭载加速度仪、非相干散射雷达探测和FPI光学干涉仪。但是大部分地基观测集中在北美和欧洲地区，基于这些观测，报告较多中纬地区热层风场特征，并推出系列理论和经验风场模型。美国研发的HWM系列全球中低高度大气层和热层水平风场模型是目前使用较广的版本。

在东亚尤其是中国区域，长期缺少对热层风场的观测资料，这一地区的热层风场特征和HWM系列风场模型在中国地区的适用性缺乏考证。近十年内，中国地区热层中性风场的测量及相关研究得到发展。中国科学院地质与地球物理研究所地球与行星物理院重点实验室博士杨长俊与其导师、研究员赵必强，收集和整理2011年中国气象局在山西崂山部署的一套FPI观测系统自2011年11月至今共2087个夜晚的热层风场观测数据，研究此地区热层中性风场对季节、地方时、太阳活动性和地磁活动变化的响应，并与以往的热层风场观测进行比较。

与现有的地基观测系统相比，此套FPI观测系统处于较为特殊的位置，在经度上处于远极区，在地理纬度上属于中纬地区，位置接近美国Millstone Hill非相干雷达，但是两者磁纬却相差较大，其与地理纬度接近低纬地区的Arecibo FPI观测仪更为相近。在地磁平静期间，研究人员基于该地区的子午风和纬向风的观测数据，利用三次B样条曲面建模技术，建立不同季节的地方时和太阳活动性参数模型。在一定程度上，该地区的热层中性风场表现出较为随意的太阳活动性依赖。夏季的南向子午风场随太阳活动性增大而减小，而冬季东向的纬向风场随太阳活动性增大而增加。不同于美洲地区，崂山地区的热层纬向风在太阳极大年表现出明显的黄昏后时段的太阳活动性正向依赖，尤其是冬季时期。在太阳活动性增大时，起到粘滞作用的离子拖曳力和加速作用的压力梯度力增大，两者在不同地理位置的平衡状态差异决定热层风场的太阳活动性变化。研究人员认为，崂山地区磁层对流影响较小，且在太阳极大年黄昏后缺少逆光化学作用，均会让压力梯度力在此占据主导地位。同时，在远极区电离层冬季异常在太阳低年的缺失也是原因之一。

该研究引入相比以往灵活性和精度更高的非均匀有理B样条建模技术，建立不同地磁活动条件下该地区基于季节和地方时的热层风场参数模型，基于此模型，研究热层中性风场的地域气候学统计特征，并且与全球中低高度大气层和热层水平风场模型HWM的两个新版本进行对比研究。研究认为，相比于HWM07模型，HWM14模型在量级和形态上与崂山地区热层风场有更好的契合性，且这种一致性在地磁活动较强时更加显著。尽管如此，HWM14模型依旧会高估在夜晚较早

时期的冬季东向风场，并在对子午风和纬向风的方向偏转时间的估计上与崂山热层风场存在差异。

在地磁扰动较强时期，崂山地区的热层纬向风场表现为明显的西向扰动。在冬季的子夜前时段以外，这种西向扰动会随着地磁活动性增强而增强。研究认为，在磁暴期间，伴随着日落-子夜压力梯度的赤道向扰动加剧，在科里奥利力的驱动下，热层中性风场会出现更强的西向扰动，这一特性得到星载干涉仪WINDII观测资料的佐证。地磁扰动对热层子午扰动风场的影响相对平缓，主要表现在子夜前时段的极向激增和子夜后的赤道向增大。随着太阳活动性增大，西向的夜间扰动风场逐渐减弱。在太阳活动极大年，子午扰动风场表现出从子夜前的弱极向扰动向子夜后的赤道向激增快速的转换。

该研究探讨崂山地区热层风场的季节、地方时、太阳活动性和地磁活动性差异的特征，验证全球水平风场模型HWM系列在此地区的适用性。通过对该地区热层风场的观测和研究，为东亚地区热层和电离层的暴时响应及其东西不对称性在远极区的研究奠定基础。

相关研究成果以Climatology of nighttime upper thermospheric winds from Fabry-Perot interferometer 2011-2019 measurements over Kelan (38.7 ° N, 111.6 ° E), China:local time, seasonal, solar cycle and geomagnetic activity dependence为题，发表在JGR: Space Physics上。

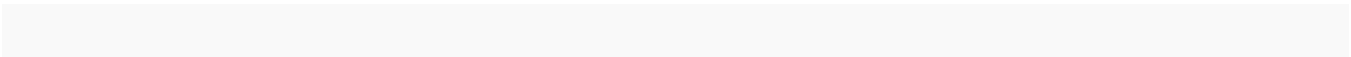
[原文链接](#)

图1. 崑崙FPI观测夜间热层风场极大值的季节和太阳活动性分布，左边一列表示0000-0300LT范围的子午风，右边一列表示1900-2300 LT范围的纬向风。注意子午分量和纬向分量色阶选取不同

图2. 地磁活动平静期间子午（左）和纬向（右）热层风的地方时和季节分布，从上至下分别是基于崑崙FPI观测数据建模结果，HWM07结果，HWM14结果，崑崙FPI模型和HWM14模型之间的差异分布。空白区域（大部分是白天）表示崑崙FPI缺乏观测的时间尺度

图3. 地磁活动活跃期间子午（左）和纬向（右）热层风的地方时和季节分布，从上至下分别是基于崑崙FPI观测数据建模结果，HWM07结果，HWM14结果，崑崙FPI模型和HWM14模型之间的差异分布。空白区域（大部分是白天）表示崑崙FPI缺乏观测的时间尺度

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](http://www.iikx.com)转发