

乐应波, 陈福春, 孙海彬, 等. 风云气象卫星大气温度廓线震前异常检测与分析[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 106–108. [YUE Yingbo, CHEN Fuchun, SUN Haibin, et al. The Pre-seismic Anomaly Detection and Analysis of Atmospheric Temperature Profile from Fengyun Meteorological Satellite [J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 106–108]

# 风云气象卫星大气温度廓线震前异常检测与分析

乐应波<sup>1,2</sup>, 陈福春<sup>2</sup>, 孙海彬<sup>2</sup>, 崔昊杨<sup>1</sup>

(1. 上海电力大学, 上海 201306; 2. 中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

## The Pre-seismic Anomaly Detection and Analysis of Atmospheric Temperature Profile from Fengyun Meteorological Satellite

YUE Yingbo<sup>1,2</sup>, CHEN Fuchun<sup>2</sup>, SUN Haibin<sup>2</sup>, CUI Haoyang<sup>1</sup>

(1. Shanghai University of Electric Power, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

关键词: 大气温度廓线; 地震预测; 遥感; 震前异常

Keywords: Atmospheric temperature profile; Earthquake prediction; Remote sensing; Pre-seismic anomaly

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0106-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.37

### 0 研究背景

地球红外辐射异常是主要的地震前兆之一。研究人员针对震前红外异常的理论机制和检测方法展开了深入的研究。目前比较符合观测现象和实验结果的理论模型认为, 震前红外异常是在多种地球物理化学过程的共同作用下形成的, 其主要成因是孕震期地壳气体释放和低空静电场变化。尽管丰富的观测数据和先进的信号处理方法已经被用于地震前兆研究, 目前地震预测的水平与实际应用仍存在较大差距, 需要融合多种数据和方法提高预测的准确性。

### 1 研究内容、理论基础和研究方法

本文所用数据为我国最新一代静止轨道气象

卫星风云四号 A 星干涉式垂直大气探测仪的大气温度廓线, 风云四号卫星在全球首次实现了静止轨道的红外高光谱探测, 可以反演垂直大气温度湿度数据产品<sup>[1]</sup>。该数据共包括 101 层大气温度, 本文以 100 hPa 大气压强差为高度间隔, 0.2° 为经纬度间隔, 取其中 11 层大气温度, 与地表温度进行拼接形成 351×301×12 的三维数据。首先, 通过长短期时间记忆模型对大气温度和地表温度进行预测<sup>[2]</sup>, 用观测值与预测值的均方根误差分析预测误差并优化算法, 基于预测值建立温度背景场, 然后用实际观测值减去背景场, 最后再通过偏移指数法对数据进行归一化<sup>[3]</sup>。本文通过概率增益分析大气温度和地表温度异常与地震的关键性, 即地震出现前兆的概率(击中率)与预警时空占有率的比值。

收稿日期: 2024-10-10

作者简介: 乐应波(1994-), 女, 博士, 讲师, 主要从事地震红外遥感研究工作。

Email: 1310284@mail.nankai.edu.cn

## 2 研究结果

本文通过统计概率增益比较不同高度大气温度和地表温度的异常与地震之间的关联性，并在2023年10月24日台湾花莲海域地震案例中进行了验证。

### 2.1 统计结果

本文对跨度一年的温度异常和地震的关联性进行了统计验证，结果表明，高层大气温度对应的概率增益比低层大气温度和地表温度对应的概率增益高，即高层大气温度异常与地震的时空关联性更强。比较不同预测参数下的概率增益，结果表明，当预测空间半径为200 km，预测时空窗口为7天时，概率增益最高。

### 2.2 震例分析

台湾是我国地震频繁地区之一，2023年10月

24日07:05:20台湾花莲县海域发生5.9级地震，震中位置为122.83°E，23.96°N，震源深度为10 km。震前在大气压强为100 hPa的高层大气和地表都出现了大面积的高偏移指数区域，如图1所示。2023年10月18日(震前6天)，地表温度偏移指数出现孤立的高值区，但离震中较远；18日至20日震中附近高层大气均存在大面积的偏移指数异常，震中位于异常区域边缘附近。

震中的偏移指数随时间变化的曲线如图2(a)所示，图中Layer2为大气压强100 hPa处的大气温度偏移指数，Layer12为地表温度偏移指数，震前未出现明显异常。根据Dobrovolsky的理论模型计算5.9级地震的孕震区域半径约为344 km。2023年10月18日，孕震区域内Layer2的最大偏移指数位于125.6°E，24.2°N，Layer12的最大偏移指数位于125.2°E，22.2°N，这两个位置的偏移指数随时间变化的曲线如图2(b)和2(c)所示，震前偏移指数出现显著升高现象。

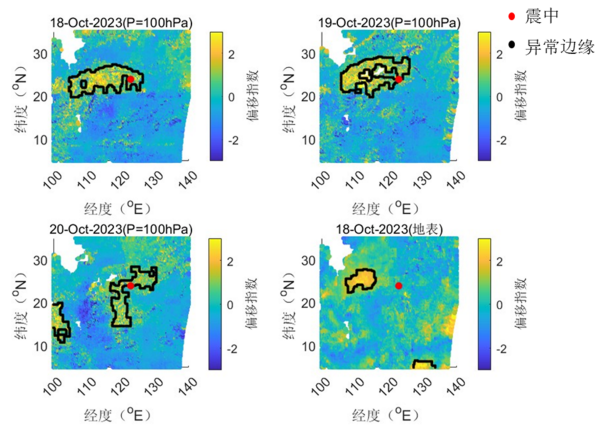


图1 震前偏移指数图像

Fig.1 The images of the deviation index before the earthquake

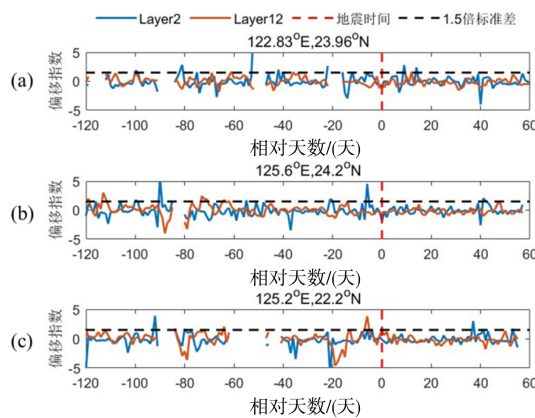


图2 偏移指数时间曲线

Fig.2 The time curve of the deviation index

### 3 结语

本文结合长短期记忆模型和偏移指数方法检测大气温度廓线中的震前异常,统计结果和地震案例中表现出高层大气温度异常与地震的时空关联性更高,验证了大气温度数据在地震预测领域应用的潜力。

#### 参考文献

- [1] Ma W, Zhang X, Liu J, et al. Influences of multiple layers of air temperature differences on tidal forces and tectonic stress before, during and after the Jiujiang earthquake[J]. Remote Sensing of Environment, 2018(210): 159–165.
- [2] Saqib M, Şentürk E, Sahu S A, et al. Comparisons of autoregressive integrated moving average (ARIMA) and long short term memory (LSTM) network models for ionospheric anomalies detection: a study on Haiti ( $M_w=7.0$ ) earthquake [J]. Acta Geodaetica et Geophysica, 2022(57): 195–213.
- [3] Zhang Y, Meng Q. A statistical analysis of TIR anomalies extracted by RSTs in relation to an earthquake in the Sichuan area using MODIS LST data[J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2019, 19(3): 535–549.