

于紫凝, 景锡龙, 王贤伟, 等. 多站地磁拓扑网络特性与地震的相关性研究[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 102-103. [YU Zining, JING Xilong, WANG Xianwei, et al. A Study on the Correlation Between Earthquakes and the Topology Network Characteristics of Multiple Geomagnetic Station[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 102-103]

多站地磁拓扑网络特性与地震的相关性研究

于紫凝¹, 景锡龙¹, 王贤伟¹, 池成全², 郑海永¹

(1. 中国海洋大学电子工程学院, 山东 青岛 266404; 2. 海南师范大学信息科学技术学院, 海口 571158)

A Study on the Correlation Between Earthquakes and the Topology Network Characteristics of Multiple Geomagnetic Station

YU Zining¹, JING Xilong¹, WANG Xianwei¹, CHI Chengquan², ZHENG Haiyong¹

(1. College of Electronic Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266404, China; 2. School of Information Science and Technology, Hainan Normal University, Haikou 571158, China)

关键词: 电磁信号; 地磁信号; 多站; 拓扑网络

Keywords: Electromagnetic signals; Geomagnetic signals; Multiple stations; Topology network

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0102-02

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.36

0 研究背景

随着监测技术的发展, 地震电磁(EM)现象逐渐被认为是短期地震预测最有前景的候选者之一。Hattori 等人^[1]使用小波变换分别研究了日本伊豆半岛和房总半岛6个电磁台站的数据, 得出震前的地磁能量异常增强可能是地震前兆。郭等人^[2]采用主成分分析方法分别从20个电磁台站中提取异常信号, 并分析了EM异常与地震事件之间的关系。还有一些研究人员研究多个地磁台站数据之间的相关性, 研究得出互相关值的减小和地震发生在时间尺度上有着一致性。目前这类研究主要集中于对独立观测站结果的综合研究, 分析多个观测站间电磁

数据的相关性。然而, 站点间的相关性通常是成对计算的, 在讨论有着密集观测站的前兆监测网络时限制了多站点相关性评估的有效性。

1 研究内容、理论基础和研究方法/概述

本研究使用 Acoustic and Electromagnetic Testing All-in-One system (简称 AETA 系统) 在中国川滇地区的9个监测台站所提供的电磁数据, 搭建多站地磁拓扑网络研究了网络的拓扑特性与地震的相关性。首先, 对于多个台站的电磁数据, 我们应用多通道奇异谱分析来重建各自的周期分量, 综合考虑多个站台的电磁数据在同一时段的变化, 提

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 国家自然科学基金(42204005)

作者简介: 于紫凝(1994-), 女, 博士, 讲师, 主要从事多观测数据的地震前兆异常提取与分析工作。

E-mail: yuzining@ouc.edu.cn

取台站间有着共同趋势的主要周期分量。其次，我们采用kmeans聚类来识别单个站点偶然出现异常信号的可能，若某一站点周期分量严重偏离于其他台站的周期分量，我们将此现象归结为这一台站受到了非地震因素的干扰，并使用其它台站电磁数据周期分量的均值来代替这一台站的监测数据。随后，我们将AETA台站抽象为点集 $V=\{v_1, v_2, \dots, v_9\}$ ，将台站的电磁信号周期分量之间的皮尔逊相关系数量化为连通台站的边集 E ，即邻接矩阵：

$$E = \begin{bmatrix} e_{1,1} & e_{1,2} & \cdots & e_{1,9} \\ e_{2,1} & e_{2,2} & \cdots & e_{2,9} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{9,1} & e_{9,2} & \cdots & e_{9,9} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)中 $e_{i,j}$ 表示台站 i 与台站 j 之间边的有无，依此构建地磁拓扑网络。进一步地，我们使用拓扑网络的平均中心度 k 来衡量拓扑网络整体连通性：

$$k = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N e_{i,j}, j \neq i \quad (2)$$

由于多通道奇异谱分析能够提取台站间有着共同趋势的主要周期分量，所以在日常情况下多个台

站的电磁周期分量之间往往有着极强的线性相关性，拓扑网络呈现全连接结构，整体连通性强， k 值相对较大(k 取值为0到1)。

2 研究结果

我们对2018–2022年网络平均中心度的变化做了统计分析。针对拓扑网络内，如图1(左)红色曲线所包围的封闭区域内65起4级以上的地震案例提取了震前45天和震后15天内的拓扑网络中心度异常序列，使用叠加历元分析法验证拓扑网络中心度异常与地震的相关性，结果如图1(右)所示。

图1(右)中蓝色曲线为震前45天和震后15天内每日出现中心度异常的地震数的变化，灰色曲线是这一时段内每5日中心度异常计数的结果，紫色曲线则是展示了随机选取一万次研究时段内的65个非地震事件进行同样的60日中心度异常计数后每日的异常计数均值加1.5倍标准差的结果，绿色与红色曲线是一万次65个随机非地震事件的每5日中心度异常计数均值及均值加1.5倍标准差的结果。

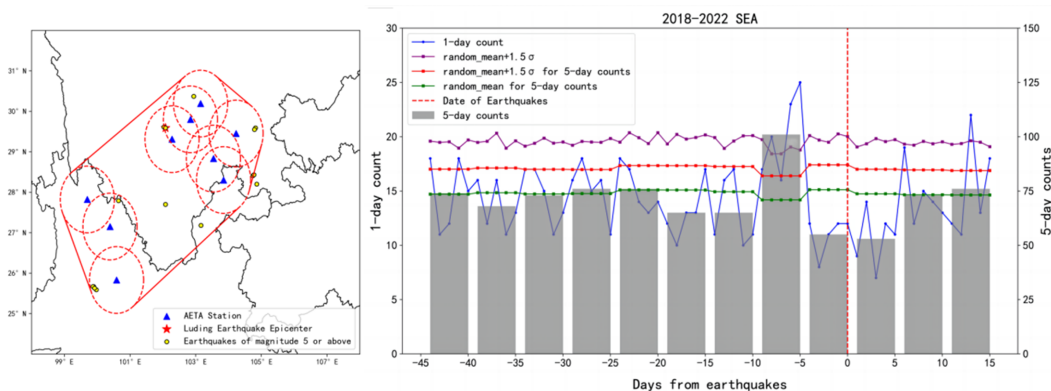


图1 拓扑网络内4级以上地震中心度异常叠加历元分析结果

Fig.1 The results of SEA on all earthquakes with $M \geq 4$ within the region from 2018 to 2022, based on AETA system EM data

研究表明，拓扑网络的中心度异常在震前一周左右每日与每5日中心度异常计数均超过随机非地震事件异常计数的均值加1.5倍标准差的范围，这说明中心度异常与地震事件在统计上仍存在较强的相关性。

3 结语

本研究从拓扑网络的视角分析多个台站间电磁数据的整体相关性，使用拓扑网络的拓扑属性来衡量整体相关性的变化，为多台站数据的地震前兆分析提供了新的方法和新颖的观测视角。

本研究感谢中国地震台网中心、国家地震数据中心以及AETA平台的地磁数据支持。

参考文献

- [1] Hattori K, Han P, Yoshino C, et al. Investigation of ULF seismic-magnetic phenomena in Kanto, Japan during 2000–2010: case studies and statistical studies[J]. Surveys in Geophysics, 2013(34): 293–316.
- [2] Guo Q, Yong S, Wang X. Statistical analysis of the relationship between AETA electromagnetic anomalies and local earthquakes[J]. Entropy, 2021, 23(4): 411.