冯毛宁,张永仙,熊攀,等.基于IPI方法的Ridgecrest地震临震OLR异常提取研究[J].华南地震,2024,44(S1):24-26.[FENG Maoning,ZHANG Yongxian,XIONG Pan,et al. Research on the Extraction of OLR Anomalies Prior to Ridgecrest Earthquake Based on IPI Method[J]. South China journal of seismology,2024,44(S1):24-26]

基于IPI方法的Ridgecrest地震临震OLR异常提取研究

冯毛宁[1]，张永仙[1]，熊 攀[1]，刘 月[1]，田唯熙[2]，琚长辉[1]

（1.中国地震局地震预测研究所，北京 100036；2.中国地震局地球物理研究所，北京 100081）

Research on the Extraction of OLR Anomalies Prior to Ridgecrest Earthquake Based on IPI Method

FENG Maoning[1]，ZHANG Yongxian[1]，XIONG Pan[1]，LIU Yue[1]，TIAN Weixi[2]，JU Changhui[1]

（1. *Institute of Earthquake Forecasting*，*China Earthquake Administration*，*Beijing* 100036，*China*；2. *Institute of Geophysics*，*China Earthquake Administration*，*Beijing* 100081，*China*）

关键词：IPI方法；Ridgecrest地震；临震OLR异常；OLR临震异常特征；四分位法；NOAA卫星数据

Keywords：IPI method；Ridgecrest earthquake；OLR anomaly prior to earthquake；Characteristics of OLR anomaly prior to earthquake；Quartile method；NOAA satellite data

中图分类号：P315 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-8662(2024)S1-0024-03

DOI：10.13512/j.hndz.2024.S1.10

0 研究背景

基于地震断层系统是一个非线性复杂系统的认识，Rundle等人将气象学中用于分析海洋—大气界面和厄尔尼诺南方涛动的非线性阈值系统引入到地震活动性变化的研究中，随后提出PI方法[1-2]。武安绪等通过调整输入数据使其适用于DEMETER卫星电离层参数异常提取，最终得到了适用于1~3个月短临预测的MPI(Modified Pattern Informatics Method)方法[3]。田唯熙等又对MPI方法进行了改进，最终得到了适用于张衡电磁卫星(CSES)电离层参数残差值异常提取的IPI(Improve Pattern Informatics Method)方法[4]。由于IPI方法并没有在红外领域进行过研究，因此本文首先改进IPI方法，然后对其是否适用于红外地震异常的提取进行探索研究，并以Ridgecrest地震为例提取红外临震异常。

1 研究内容、理论基础和研究方法

为了使IPI方法适用于红外卫星资料，本文对田唯熙等的IPI方法进行了改进[4]，包括引入1.5倍四分位距法自动确定阈值区间；使用每个网格多年OLR残差值数据的标准差作为重新赋值的分母。依据Dobrovolsky等的孕震区范围经验公式计算出

收稿日期：2024-10-10

基金项目：国家自然基金委地震联合基金(U2039207)；中国地震局地震预测研究所基本科研业务费专项重点课题(CEAIEF2022030206)；科技部“地震预测模型检验评估”项目联合资助。

作者简介：冯毛宁(1998-)，男，在读硕士生，主要从事地震综合预报研究。

E-mail：Fengmaoning22@mails.ucas.ac.cn

2019-07-06美国南加州科恩郡Ridgecrest地震的研究区范围[5]，即以震中(-117.6°E，35.8°N)为中心，12°×12°(-123.6°~-111.6°E，29.8°~41.8°N)的研究区范围，然后将研究区划分为1°×1°的小网格，使用以相位动力学理论为基础的改进后的IPI方法计算研究区内各网格OLR强度在时间上学习时段相对于背景时段，在空间上单个小网格相对于整个研究区所有网格的变化，最后得到每个网格三个月(发震当月及震前两个月)的异常信息，并绘制该研究区所有网格异常信息的时序演化图。在提取识别OLR异常时，本研究将前人对于地震OLR异常在时间上持续一个月至发震当天、在空间上位于震中或发震断层附近的特征总结作为地震OLR异常识别的依据。

用于本研究的数据是NOAA-18卫星1°×1°的夜间射出长波辐射OLR产品级数据(UTC世界时记录)，它来源于美国国家海洋和大气管理局气候预测中心(NOAA-CPC，https：//www.cpc.ncep.noaa.gov)[6]。

2　研究结果

由于该研究区OLR数据具有年变趋势(见图1)，因此固定该方法的背景窗长参数为1年，通过改变学习窗长参数(从1 d开始，逐渐变长)来提取临震OLR异常，最终在106 d学习窗长时提取到了临震异常，见图2、图3。

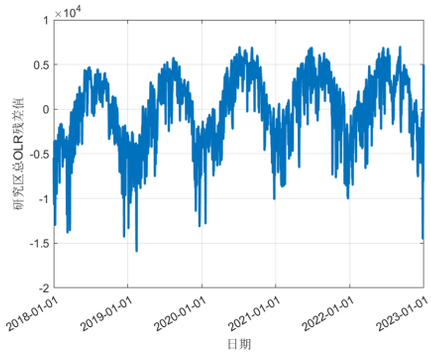
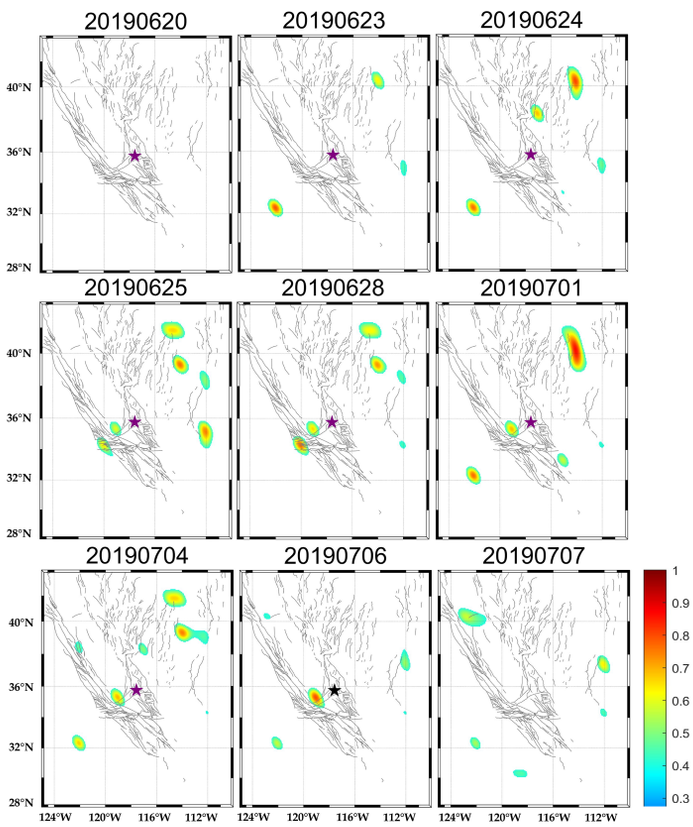


图1　Ridgecrest地震研究区总OLR残差值年变曲线图(2018—2022)

Fig.1　The annual variation curve of total OLR residual value in Ridgecrest earthquake study area from 2018 to 2022



紫色五角星表示发震之前，黑色五角星表示发震当天

图2　20190706 Ridgecrest地震临震异常演化图

Fig.2　Evolution diagram of impending anomalies of the 20190706 Ridgecrest earthquake

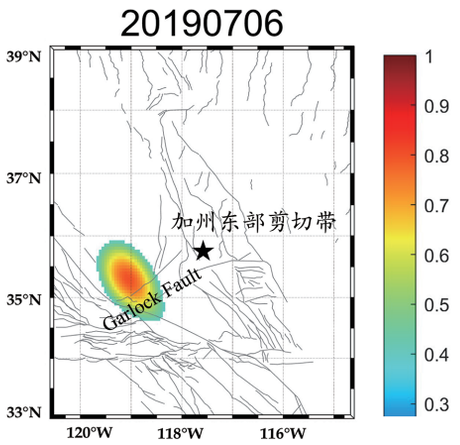


图3 20190706 Ridgecrest地震临震异常与发震断层位置图

Fig.3 Impending anomalies and seismogenic fault location of 20190706 Ridgecrest earthquake

本研究发现，使用IPI方法提取到了2019年7月6日美国南加州科恩郡Ridgecrest地震的临震OLR异常，提取到的临震OLR异常自2019年6月25日开始出现，在时间上持续12 d，发震后消失；在空间上临震OLR异常分布在震中西南侧，放大后发现其位于发震断层(Garlock断层)附近；在形态上临震OLR异常具有前后的一致性，并随地震来临而逐渐增强。

3 结语

本研究对IPI方法进行了改进，并应用于红外资料震前异常提取，研究结果显示该方法适用于红外资料的震前异常提取，为红外地震异常的提取提供了一种实用的方法。

致谢：感谢NOAA Climate Prediction Center提供的OLR数据。

参考文献

[1] Rundle J B, Klein W, Tiampo K, et al. Linear pattern dynamics in nonlinear threshold systems[J]. Physical Review E, 2000, 61(3): 2418-2431.

[2] Rundle J B, Klein W, Turcotte D L, et al. Precursory seismic activation and critical-point phenomena[J]. Pure and Applied Geophysics, 2000, 157(11/12): 2165-2182.

[3] Wu A X, Zhang Y X, Zhou Y Z, et al. On the spatial-temporal characteristics of ionospheric parameters before Wenchuan earthquake with the MPI method[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2011, 54(10): 2445-2457.

[4] Tian W X, Zhang Y X, Ju C H, et al. An improved pattern informatics method for extracting ionospheric disturbances related to seismicity based on CSES data: A case study of the M_W 7.3 Maduo earthquake[J]. Earth and Space Science, 2024, 11(12): e2024EA003687.

[5] Dobrovolsky I P, Zubkov S I, Miachkin V I. Estimation of the size of earthquake preparation zones[J]. Pure and applied geophysics, 1979, 117(5): 1025-1044.

[6] NOAA Physical Sciences Laboratory. CPC Global Daily OLR [DB/OL]. (2024-08-31) [2024-10-01]. https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cpc_blended_olr-1deg.html. Accessed 31 Aug. 2024.