

宋程, 张永仙, 毕金孟. 2016年和2022年两次门源 $M_s \geq 6.0$ 强震回溯对比研究[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 115–117. [SONG Cheng, ZHANG Yongxian, BI Jinmeng. Comparative Study of Two Strong Earthquakes with $M_s \geq 6.0$ in Menyuan in 2016 and 2022[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 115–117]

2016年和2022年两次门源 $M_s \geq 6.0$ 强震回溯对比研究

宋程¹, 张永仙², 毕金孟^{1,3}

(1. 天津市地震局, 天津 300201; 2. 中国地震局地震预测研究所, 北京 100036;
3. 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

Comparative Study of Two Strong Earthquakes with $M_s \geq 6.0$ in Menyuan in 2016 and 2022

SONG Cheng¹, ZHANG Yongxian², BI Jinmeng^{1,3}

(1. Tianjin Earthquake Agency, Tianjin 300201, China; 2. Institute of Earthquake Forecasting, China Earthquake Administration, Beijing 100036, China; 3. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

关键词: 门源地震; Z值; PI方法; 对比研究

Keywords: Menyuan earthquakes; Z value; PI method; Comparative research

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0115-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.40

0 研究背景

北京时间2022年1月8日青海省海北州门源县发生 $M_s 6.9$ (37.77°N, 101.26°E)地震, 是继2016年1月21日门源 $M_s 6.4$ 地震 (37.65°N, 101.62°E)后该区域的又一次强震。两次门源地震发生于青藏块体东北缘祁连山地震带, 但其发震构造有所不同^[1-2]。门源 $M_s 6.4$ 地震位于祁连山中东段, 宏观震中位于冷龙岭断裂附近。门源 $M_s 6.9$ 地震位于冷龙岭—托莱山断裂的阶区部位^[3]。

众多学者研究表明, 中强震前可能会监测到前兆性地震活动^[4-6]。在时空上围绕未来震中可能会出现一定范围内的“平静”或“增强”现象^[7-8]。

在区域动力作用下, 青藏块体东北缘局部区域6年内发生两次6级以上强震, 震前是否存在相似性或差异性地震活动, 值得对比研究。

1 基于地震活动速率和图像信息方法研究两次门源地震

强震前兆信息中, 判别区别于背景场起伏活动的“平静”或“增强”的内在特征之一就是地震活动速率的变化^[9]。Z值对于地震活动速率的变化描述具有统计学意义, 通常高的正Z值表示研究时段相对背景活动速率降低, 低Z值表示无明显变化, 负Z值表示地震活动速率升高^[10-11]。本次Z值扫描计算中选定一个较长时段作为背景活动时段,

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 天津市自然科学基金青年项目(22JCQNJC01070); 天津市地震局科研项目(Zd202402)联合资助。

作者简介: 宋程(1992-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事地震监测预报工作。

E-mail: nibushiwode798@163.com

分别与两次门源地震前同等时长内的目录数据进行比较,并判断两次门源地震前地震活动速率的变化情况。

图像信息(Pattern information method,简称PI)方法,作为统计物理学和地震活动性的联合方法,以背景时段和考察时段的中小地震构建时间序列计算出后续预测时段内的“热点(hotspot)”,即为目标地震的可能发震位置^[12],其预测效果明显优于随机预测^[13]。预测窗可以是过去时段,也可以是未来时段,但背景时段和考察时段所用到的计算数据是台网已记录到的地震目录。

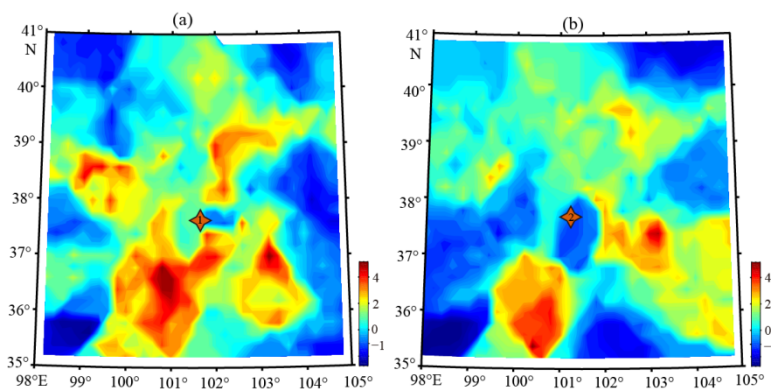
2 研究结果

地震目录数据的完备性是后续统计研究的基础,根据本次研究的两个震例所在位置,取震中周边较大范围区域地震目录($35^{\circ} \sim 41^{\circ} \text{N}$, $98^{\circ} \sim$

105°E),利用震级—序号法^[14-15]考察1990年1月1日至2022年1月31日研究区域内地震目录的完备性震级情况,可知 $M_L 3.0$ 高于1990年以来不同时段的最小完备性震级,作为后续计算的起始输入震级。

2.1 地震活动速率扫描结果

应用基于Matlab软件的Zmap程序包^[16],将研究区域进行时空扫描,计算出两次地震前同等时长内Z值的分布图像以便对比分析其地震活动速率差异(见图1)。为保证背景活动参照的统一性并降低前次门源 $M_S 6.4$ 地震对后次 $M_S 6.9$ 地震的影响,背景参考时段设为1991年1月1日—2010年2月2日,两个门源地震对应的Z值窗口时段分别为2010年2月3日—2016年1月20日(图1a)和2016年1月22日—2022年1月7日(图1b)。



(四角星代表门源地震震中位置)

图1 两次门源地震前Z值空间分布

Fig.1 Spatial distribution of Z-value before two Menyuan earthquakes

研究中人为设定 $Z \geq 2$ 为高的正Z值, $Z \leq -1$ 为显著的负Z值,当Z在0值附近为低Z值,表示趋于背景地震活动。从图1a可知,2016年门源 $M_S 6.4$ 地震震中处于低Z值和负Z值的过渡区间,震中周边更大范围呈现出高Z值,即为“异常平静”,震中所在局部小范围地震活动速率相对较高。相对于图1a,图1b中2022年门源 $M_S 6.9$ 地震震中呈现明确的低Z值,周边高Z值面积明显减小。即两次地震前6年内,震中局部呈现相对于活跃状态。

2.2 图像信息方法热点结果

以6年预测窗长为例,进行回溯性预测研究。归一化阈值选择前人惯用的 $\lg(\Delta P_i / \Delta P_{\max}) = -$

$0.6^{[13]}$,网格尺度参考前人研究经验设为 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$,计算结果见图2。

从图2中可知,两个窗口中热点个数及分布位置相同,具有相似性。且震中所在网格被热点“击中”,对于发震位置的指示意义相对较为显著。两个热点在南北向上跨越祁连地块和阿拉善地块,体现出块体边界地震活动的复杂性。

3 结束语

本研究中,应用两种地震活动性方法对比研究了门源2016年 $M_S 6.4$ 和2022年 $M_S 6.9$ 地震。其中地震活动速率方法表明两次门源地震的震中周边存在明显的平静现象,PI方法显示震中所在网格

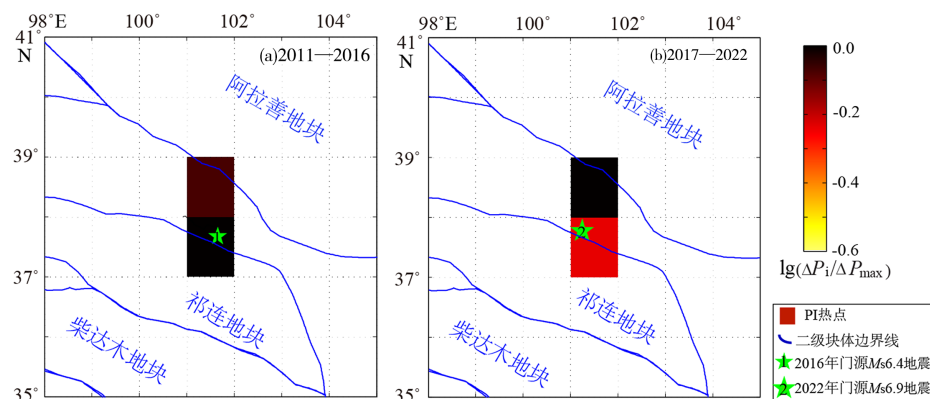


图2 两次门源地震PI热点分布

Fig.2 Distribution of PI hotspots of two Menyuan earthquakes

被热点“击中”。两种方法体现出两次门源地震前存在相似性异常，可为今后青藏块体东北缘强震风险研究提供一定参考。

参考文献

- [1] 姜文亮,李永生,田云锋,等.冷龙岭地区2016年青海门源6.4级地震发震构造特征[J].地震地质,2017,39(3):536-549.
- [2] 赵凌强,孙翔宇,詹艳,等.2022年1月8日青海门源 M_s 6.9地震孕震环境和冷龙岭断裂分段延展特征[J].地球物理学报,2022,65(4):1536-1546.
- [3] 韩立波.2022年青海门源 M_s 6.9地震震源机制解[J].地震科学进展,2022,52(2):49-54.
- [4] Ohtake M, Matumoto T, Latham G V. Seismicity gap near Oaxaca, southern Mexico as a probable precursor to a large earthquake[J]. Stress in the Earth, 1977(115):375-385.
- [5] 李文君,曾宪伟,罗国富,等.2016年1月21日青海门源 M_s 6.4地震的前兆异常研究[J].地震地磁观测与研究,2021,42(5):68-75.
- [6] Huang Q H, Sobolev G A, Nagao T. Characteristics of the seismic quiescence and activation patterns before the $M=7.2$ Kobe earthquake, January 17, 1995[J]. Tectonophysics, 2001,337(1-2):99-116.
- [7] Mogi K. 16. Some features of recent seismic activity in and near Japan(2): activity before and after great earthquakes[J]. Bulletin of the Earthquake Research Institute, 1969(47):395-417.
- [8] Cao Z Y, Wang Y X, Zhang H, et al. Study on spatio-temporal characteristics of earthquakes in southwest China based on Z-value[J]. Open Geosciences, 2022,14(1):185-207.
- [9] 刘桂平,李闽峰,李圣强,等.利用并行计算方法实现地震活动速率变化参数Z值的空间扫描处理及其计算效能评价[J].地震,2009,29(4):131-138.
- [10] Wyss M, Wiemer S. Change in the probability for earthquakes in southern California due to the Landers magnitude 7.3 earthquake[J]. Science, 2000,290(5495):1334-1338.
- [11] Wu Y M, Chiao L Y. Seismic quiescence before the 1999 Chi-Chi, Taiwan, M_w 7.6 earthquake[J]. Bulletin of the seismological society of America, 2006,96(1):321-327.
- [12] Kawamura M, Wu Y H, Kudo T, et al. A statistical feature of anomalous seismic activity prior to large shallow earthquakes in Japan revealed by the pattern informatics method[J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2014,14(4):849-859.
- [13] Holliday J R, Rundle J B, Tiampo K F, et al. Systematic procedural and sensitivity analysis of the pattern informatics method for forecasting large ($M>5$) earthquake events in southern California[J]. Pure and Applied Geophysics, 2006,163(11-12):2433-2454.
- [14] Ogata Y, Imoto M, Katsura K. 3-D spatial variation of b-values of magnitude-frequency distribution beneath the Kanto district, Japan[J]. Geophysical Journal International, 1991(104):135-146.
- [15] Huang Q H. Search for reliable precursors: A case study of the seismic quiescence of the 2000 western Tottori prefecture earthquake[J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2006,111(B4):B04301.
- [16] Wiemer S. A software package to analyze seismicity: ZMAP[J]. Seismological Research Letters, 2001(72):73-382.