

李继业, 胡澜缤, 马龙辰, 等. 吉林松原宁江中强地震引潮力触发效应[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 76–78. [LI Jiye, HU Lanbin, MA Longchen, et al. Triggering Effect of Tidal Force of Moderately Strong Earthquake in Ningjiang, Songyuan, Jilin Province[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 76–78]

吉林松原宁江中强地震引潮力触发效应

李继业¹, 胡澜缤², 马龙辰¹, 周晨¹, 张思萌¹

(1. 黑龙江省地震局, 哈尔滨 150090; 2. 哈尔滨市应急救援保障中心, 哈尔滨 150021)

Triggering Effect of Tidal Force of Moderately Strong Earthquake in Ningjiang, Songyuan, Jilin Province

LI Jiye¹, HU Lanbin², MA Longchen¹, ZHOU Chen¹, ZHANG Simeng¹

(1. Heilongjiang Earthquake Agency, Harbin 150090, China; 2. Harbin Technical Center of Earthquake Prevention and Disaster Reduction, Harbin 150021, China)

关键词: 引潮力, 库仑应力, 宁江地震, 触发效应

Keywords: Tide generating force; Coulomb stress; Ningjiang earthquakes; Trigger effect

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0076-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.28

0 研究背景

太阳和月亮的引潮力作用, 是研究日、月运动与地震活动的主要手段, 与地震有关的引潮力触发效应也备受国内、外研究学者的关注, 尤其是断层面上所受潮汐应力与地震关系的逐渐成为研究的热点。日、月引起的潮汐应力变化, 对处于地震孕育临界应力状态的断层可能存在调制和触发效应。虽然日月引潮力在地震断层面上引起的潮汐应力变化幅度约为 10^3 Pa, 远小于地震的平均应力降, 但是其周期性加载速率却比构造应力积累速率大两个数量级^[1], 当震源区应力接近地震发生的临界水平时, 引潮力的调制和触发效应便成为关键性的因素。位于热田区的吉林松原是近20年来我国东部地震活动最为活跃的地区之一, 仅2017—2019年宁江地区就发生3次5.0以上地震, 且均发生在调

制作用最显著的大潮时段, 受潮汐调制作用明显, 2017年5.0发生在农历初一(朔日), 2018、2019年5.7、5.1均发生在农历十四(望日), 反映吉林松原宁江地区中强地震活动与日、月运动可能存在一定关系。

1 研究内容

Stein^[2]提出的潮汐库仑破裂应力(Tidal Coulomb Failure Stress)概念, 其原理和地震库仑破裂应力类似。地震库仑破裂应力是指前面发生的地震在后续地震断层面上产生的库仑破裂应力, 潮汐库仑破裂应力是固体潮在地震断层面上产生的库仑破裂应力。潮汐库仑破裂应力的优点是综合考虑地震断面上的潮汐正应力和断层滑动方向上的潮汐剪应力, 用它可以直接判断地震断层所受到的潮汐应力作用性质。本文尝试通过计算松原宁江地震发

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 中国地震局星火计划项目(XH19011); 中国地震局地震预测基金项目(XH22035D)联合资助。

作者简介: 李继业(1981-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事地震前兆、数值预测、地震流体地球化学等研究工作。

E-mail: jiye_li@126.com

震断层面的潮汐库仑破裂应力分析引潮力的触发效应，探究吉林松原宁江系列中强地震的潮汐触发效应，为区域震情跟踪和地震预测提供依据。

基于地震活动与月相相关关系提出的小震调制比 R_m ，作为中强地震危险性分析的常用方法之一，物理意义明确，能够直接反映应力场的作用，具有较好的说服力。本文首先直观的给出了吉林松原宁江10次4级以上地震的月相调制时段，即农历每月的初一、初二、初七、初八、初九、十五、十六、十七、二十二、二十三、二十四和二十五，然后采用小震调制比 R_m 来反映一个强震前小震活动频度在朔望大潮期间异常增高的现象， $R_m=N/N_{总}$ ， N 和 $N_{总}$ 分别表示某一时段朔望大潮期间小震累积频度和该时段中小震的总频度和^[3]。根据1900年以来中国大陆地区5级以上地震的固体潮调制比平均值加一倍标准差，作为固体潮调制比异常阈值(0.59)，即当某一区域固体潮调制比超过0.59时，则认为该地区存在固体潮调制比异常^[4]。利用吉林松原宁江地区2017年以来 $M_L3.0$ 以上地震数据，设定时间窗长为1a、时间步长为3个月计算得到小震调制比异常曲线，仅在2017年7月23日4.9级和8月15日4.6级地震前后超过异常阈值，表明吉林松原宁江系列中强地震只有在初始阶段受潮汐力触发作用明显。在小震调制比高值异常结束后5个月，发生了2018年5月28日吉林松原宁江5.7级地震，具有短期特征。

2 研究结果

本文根据地球潮汐调制触发计算方法，依据库仑破坏准则，计算得到2017年以来吉林松原宁江4级以上地震发震断层面的潮汐库仑破裂应力，结合吉林松原宁江地区2017年以来 $M_L3.0$ 以上小震调制比异常，探讨宁江系列中强地震受引潮力的触发效应，为区域震情跟踪和地震预测提供依据。取得认识如下：

(1)即使吉林松原宁江系列中强地震发生在引潮力的高潮时段，作用在断层面的潮汐库仑破裂应力，在2017—2022年宁江系列地震期间以阻滑作用为主，10次4级以上地震仅有1次在断层面错动时起到了促滑作用，并且发生在宁江5.7级地震前。

(2)通过计算吉林松原宁江地区 $M_L3.0$ 以上小震调制比发现，仅在2017年7月23日4.9级和8月15日4.6级地震前后超过异常阈值(0.59)，5个月后发现2018年5月28日吉林松原宁江5.7级地震，表明吉林松原宁江系列中强地震只有在初始阶段受潮汐力触发作用明显。

综合分析认为，宁江地震震源区在破裂初始阶段后，反复作用在断层面的潮汐库仑破裂应力，对后续显著地震触发作用有限，甚至以阻滑作用为主，可能延缓了整个震群的时间进程，分析原因，主要与震源区应力场的调整有关。

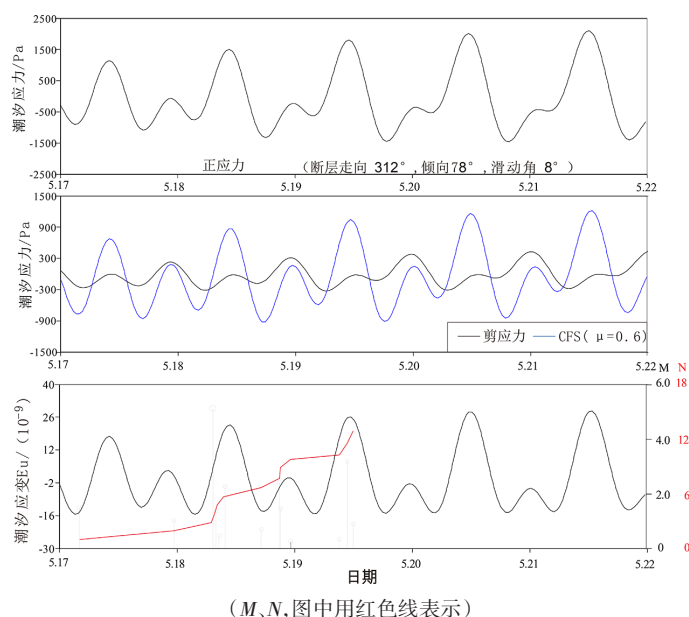


图1 2019年吉林松原宁江5.1级地震序列 M_0 以上地震的震级和累计数的时间分布及其与理论固体潮体应变 ε_v 和主震断层面潮汐应力(正应力,剪应力和库仑应力CFS)的对应关系

Fig.1 Time distribution of magnitude and cumulative count of earthquakes above M_0 in the Ningjiang $M5.1$ earthquake sequence in Songyuan, Jilin Province in 2019 and their correspondence with theoretical solid tidal body strain ε_v and tidal stress (normal, shear and Coulomb stress CFS) on the main shock fault plane

3 结语

本文尝试将发震断层面的潮汐库仑破裂应力与小震调制比异常结合,探讨显著地震前受引潮力的触发效应,为进一步分析与地震有关的引潮力触发效应提供了参考,有助于探讨中强地震的孕育机理。

致谢:日本产业技术综合研究所雷兴林上级研究员提供了地之道平台软件 Geotaos,在此表示感谢!

参考文献

- [1] Emter D. Tidal triggering of earthquakes and volcanic events [M]//Tidal Phenomena. Berlin, Heidelberg: Springer, 1997: 293-309.
- [2] Stein R S. The role of stress transfer in earthquake occurrence [J]. Nature, 1999(402):605-609.
- [3] 李文君,曾宪伟,马翀之.中国大陆6级以上强震及震前小震固体潮调制异常特征分析[J].地震工程学报,2022,44(3):638-648.
- [4] 张慧,谢小玲,闫春恒,等.华南沿海地震带地震调制比特征分析[J].华南地震,2022,42(4):109-116.