

芮雪莲, 杨耀, 张文旭, 等. 龙门山断裂带井水位潮汐动态特征与地震关系分析[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 116–118. [RUI Xuelian, YANG Yao, ZHANG Wenxu, et al. The Tidal Dynamic Characteristics of Well Water Level in the Longmenshan Fault Zone and Its Relationship with Earthquakes[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 116–118]

龙门山断裂带井水位潮汐动态特征与地震关系分析

芮雪莲¹, 杨耀¹, 张文旭², 何畅¹, 吴昊¹

(1. 四川省地震局, 成都 610041; 2. 防灾科技学院, 河北 三河 065201)

The Tidal Dynamic Characteristics of Well Water Level in the Longmenshan Fault Zone and Its Relationship with Earthquakes

RUI Xuelian¹, YANG Yao¹, ZHANG Wenxu², HE Chang¹, WU Hao¹

(1. Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610041, China; 2. Institute of Disaster Prevention, Sanhe 065201, China)

关键词: 井水位; 地下水埋藏类型; 地震; 潮汐响应; 龙门山断裂带

Keywords: Well water level; Groundwater types; Earthquake; Tidal response; Longmenshan fault zone

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0116-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.41

0 研究背景

地震地下水位观测是前兆观测手段之一, 在地震危险性判定中有着重要的作用, 研究表明对井水位潮汐振幅比和相位差的动态跟踪可能捕捉到地震前兆信息, 如在汶川8.0级地震前, 位于龙门山断裂带的邛崃井水位 M_2 波潮汐因子处于快速变化阶段, 相位滞后和潮汐残差相位差迅速下降^[1]; 李悦等^[2]通过研究天津宝坻井、王3井、高村井以及张道口井在2012年唐山4.8级、宝坻4.0级和宝坻3.5级地震前的固体潮响应振幅因子比发现三次地震前, 比值均出现了明显的高值变化; 纪春玲等^[3-4]通过研究古冶5.1级地震、漾濞6.4级地震发现震中周边井水位 M_2 波潮汐因子的时空变化形态主要受地震主应力方向影响。井水位潮汐

参数异常现象符合地震扩容理论, 它们的异常反映了含水层在孕震过程中应力应变状态变化过程。本文选取龙门山构造带附近7口井2021年1月至2023年12月的观测结果, 计算 M_2 波潮汐因子时间变化过程, 探讨其与该时段内强震的关系, 推测应力应变状态的演变过程。

1 研究内容和研究方法

本文拟选取龙门山断裂带及附近区域运行比较稳定、数据连续性好、无人干扰的地震观测井, 分析震前井水位潮汐参数时间变化特征, 总结震前井水位潮汐参数变化特征。

根据水平流和垂直流模型^[5-6], 可通过计算井水位的相位差变化不同范围来判断地震观测井地下水埋藏类型, 即相位差为正或为负判断地下

收稿日期: 2024-10-10

作者简介: 芮雪莲(1990–), 女, 硕士, 工程师, 主要从事地下流体地震预测研究工作。

E-mail: sedzarui@163.com

水埋藏类型为承压水或非承压水。本文采用 Baytap-G 程序提供的方法进行井水位固体潮参数计算, 该程序以贝叶斯原理为基础研制, 将 t 时刻井水位观测值 $y(t)$ 进行如下分解^[7]:

$$y(t) = \sum_{m=1}^M \delta_m \sum_{n=\alpha_m}^{\beta_m} A_{mn} \cos(w_{mn}t + \varphi_{mn} + \Delta\varphi_{mn}) + Dr(t) + R(t) + hz_i + \varepsilon(t) \quad (1)$$

式(1)中, M 为波群数; α_m 和 β_m 分别为第 m 个波群

在潮汐分波表中的始末位置; A_{mn} , ω_{mn} , φ_{mn} 分别为第 m 波群中第 n 个潮汐分量的理论振幅、角频率和初始相位; δ_m 和 $\Delta\varphi_m$ 为第 m 波群待估算的潮汐振幅比和相位滞后; $Dr(t)$ 为漂移(或长趋势)项; $R(t)$ 为气象等因素引起的干扰项; h 和 z_i 为人为或仪器引起的阶变值和阶变函数; $\varepsilon(t)$ 为观测噪声。

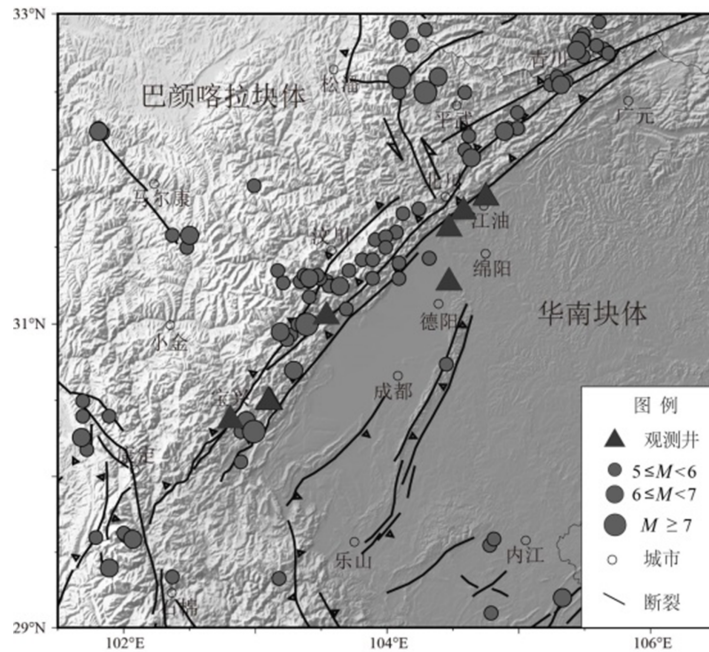


图1 龙门山断裂带及附近区域观测井及历史地震分布

Fig.1 The distribution of observation wells and historical earthquakes in Longmenshan fault zone and nearby area

2 研究结果

2.1 潮汐波群相位超前或滞后分析方法结果

本文在水位潮汐分析中, 主要分析 M_2 波的相位差和潮汐因子。频谱分析计算结果表明, 除 DY-08 井和 LS-48 井外, 其余 7 口观测井水位 M_2 波振幅均较为显著, 故采用这 7 口观测井水位数据, 利用 Baytap-G 潮汐分析程序, 计算各个观测井 M_2 波潮汐因子和相位差, 计算时设置数据计算窗长为 720 h, 滑动步长为 360 h, 若连续缺数超过 360 h, 则视为无效不予用以潮汐计算。BX-42 井、BC-43 井及 YX 井的相位差均值均大于 0° , 表明含水层与围岩间产生了较为明显的垂向流动(如发生越流), 为非承压或半承压井; 其余 4 口井相位差均值小于 0° , 表明含水层内以径向流为主导, 为

承压井。潮汐因子的大小在一定程度上反映了井含水层介质裂隙的发育程度、孔隙度大小和外界存在水力联系的强弱。7 口观测井的潮汐因子存在一定的差异, 表明 BC-43 井含水层裂隙发育程度和与外部水力联系均最弱, 而 BC-41 井、YX 井、LS-46 井的则都较强。

2.2 井水位潮汐动态特征及与地震关系分析

2021 年 1 月至 2023 年 12 月川西及周边区域接连发生了玛多 7.4 级、芦山 6.1 级、马尔康 6.0 级震群以及泸定 6.8 级地震(图 2 中红线), 本节 7 口地震观测井 M_2 波潮汐参数计算结果分别绘制相位差及潮汐因子时间变化曲线(图 2), 尝试探索各个观测井水位相位差和潮汐因子时间变化特征与 4 次强震之间的关联性。

川西及周边区域 4 次强震之前观测井水位潮汐子、相位差表现出了明显的短期快速上升或下降

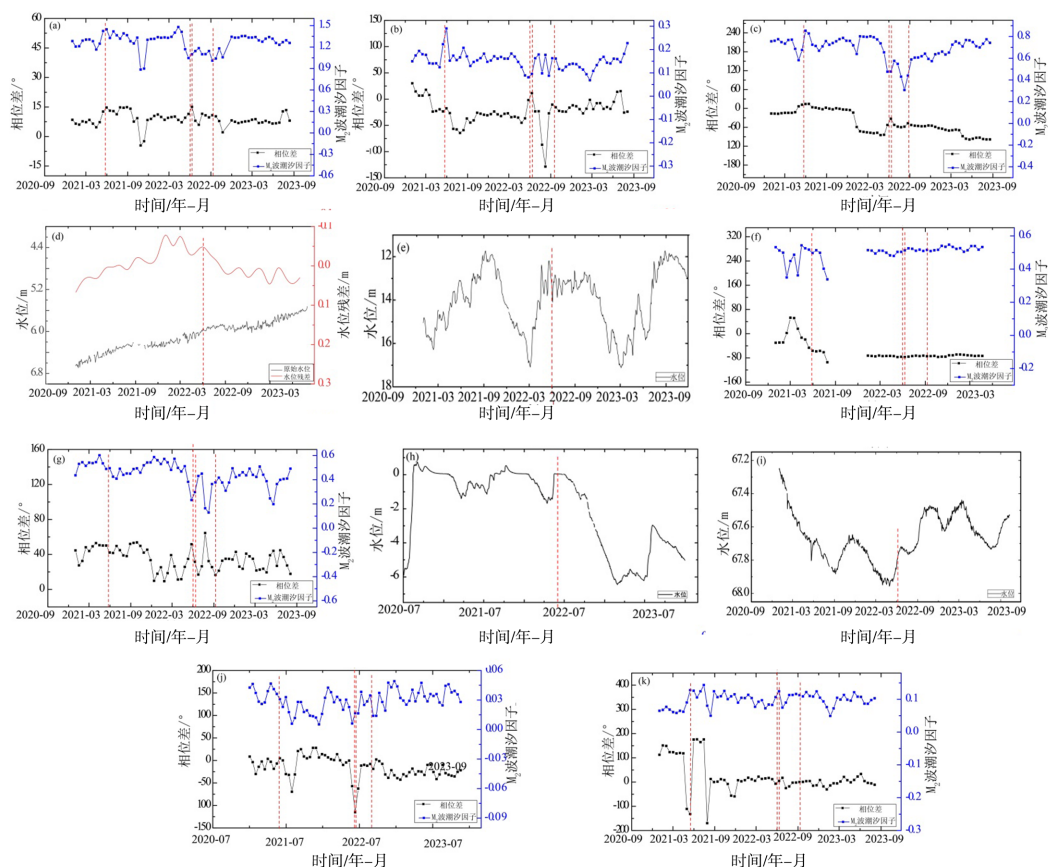


图2 观测井水位 M_2 波潮汐因子及相位差时间曲线

Fig.2 The time curve of M_2 wave tidal factor and phase difference of the observed well water level

的异常特征。芦山6.1级地震、马尔康6.0级地震发震时间接近,综合构造及各观测井的空间分布位置认为2022年3月以来的井水位相位差及潮汐因子异常对应芦山6.1级地震。对于具有固体潮效应较好的观测井动态跟踪分析水位潮汐因子、相位差,有利于提取地震前兆异常信息,为区域震情趋势研判提供新的依据。

3 结语

本文选取的龙门山断裂带及附近区域地震观测井,认为震前井水位潮汐参数出现快速上升或下降变化,震前出现变化是区域应力和震源应力共同作用的结果,分析潮汐参数变化特征可以获得地震前兆异常信息,为区域震情跟踪、异常核实以及地震预报提供基础支撑。

参考文献

- [1] 史浙明,王广才.承压含水层地下水位固体潮潮汐因子和相位滞后与汶川地震的关系[J].中国科学:地球科学,2013,43(7):1132-1140.
- [2] 李悦,姚会琴,张杰卿,等.2012年天津地区三次地震前水位对固体潮振幅响应计算分析[J].地震,2015,35(1):131-139.
- [3] 纪春玲,董博,章阳,等.2020年唐山古冶5.1级地震前流体固体潮参数时空变化研究[J].大地测量与地球动力学,2021,41(8):821-826.
- [4] 纪春玲,李沙沙,董博,等.2021年云南漾濞6.4级地震前井水位潮汐参数时空变化特征[J].华北地震科学,2022,40(4):50-58.
- [5] 张卉.井—含水层系统对周期性荷载的响应及受地震影响的研究[D].北京:中国地质大学(北京),2021.
- [6] 丁凤和,罗国富,戴勇.地震观测井地下水承压性判定方法研究与实例[M].北京:地震出版社,2021.
- [7] 刘春平.地壳应力与地下水动力响应[M].北京:地震出版社,2017.