

The Discussion of the Horizontal Tidal Force Extreme Modulation before Wenchuan of Province Sichuan Ms8 Earthquake

Jinping Gu*, Gang Li, Xiaotao Zhang

China Earthquake Networks Center, Beijing
Email: [*gujinpings1000@126.com](mailto:gujinpings1000@126.com)

Received: Sep. 8th, 2014; revised: Oct. 10th, 2014; accepted: Oct. 20th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Based on analysis of the horizontal tidal force extreme condition and the modulation calculation of the seismic catalog data, the time and space distribution character of seismic activity is discussed for micro earthquakes satisfying the condition of the horizontal tidal force extreme modulation. The related information with The Wenchuan Earthquake's three factors is researched in this paper.

Keywords

The Horizontal Tidal Force Extreme Condition, Extreme Modulation, The Wenchuan Earthquake

汶川8级地震前的水平引潮力极值调制研究

顾瑾萍*, 李 刚, 张小涛

中国地震台网中心, 北京
Email: [*gujinpings1000@126.com](mailto:gujinpings1000@126.com)

收稿日期: 2014年9月8日; 修回日期: 2014年10月10日; 录用日期: 2014年10月20日

*通讯作者。

摘要

根据水平引潮极值条件,通过地震目录资料作极值调制计算,讨论在一定的时间窗内,满足水平引潮极值条件时所调制的地震活动时空分布。研究这些时空分布特征在震前与2008年5月12日四川汶川8级地震三要素的关联信息。

关键词

水平引潮极值条件,极值调制,汶川地震

1. 引言

大地震前地震活动在空间上会出现有序性。震前地震活动会向未来主断层集中,且相应的一些显著地震发生在平行于主断层的较大断裂上,这是地震活动在空间上的一种有序表现。对地壳中任一点引潮力出现极值的情况下,同一属性的调制单元形成的水平引潮力的图像和未来地震前地震活动空间上的有序性之间有一定的联系[1][2]。这可能是水平引潮力极值调制前兆分析的物理依据。

在中国地震局地震科学联合基金(106038)的资助下,按“朝前预测研究”的思路研究了地震活动可能存在的极值调制与其后强震的关系,并实施于日常工作。本文讨论2008年5月12日四川汶川8级地震前,地震活动的水平引潮极值调制特征。

2. 引潮力极值条件讨论

提出以天体时角表征的水平引潮力极值调制思路是基于:很多关于研究区域处于水平引潮力极值状态时可能与中、强地震发生有关的结果[3]-[7];而天体时角变化可能也与地震发生有关[8]。那么假如水平引潮力的极值条件用天体时角来表征,探讨水平引潮力极值状态时与中、强地震发生的关系。这可能在对地震活动研究意义上相对量化了一些。

设地球为各向同性的均匀弹性体,根据弹性理论的应力应变本构方程可以得到不同类型潮汐的各应力分量。潮汐应力场是随时间和空间变化的函数,这个场具有交变的性质。因此,潮汐应力场可表现为一个附加应力场,它使区域介质除承受构造背景应力场外,还处于附加的、交替的压缩或拉张状态[9]。

具体讲,日、月对地球壳内任一 P 点引潮力位 W 的计算公式可描述为:

$$W = fm/2r_c + fm\rho_c^2/2r_c^3 \left[(3\cos^2 Z - 1) + \rho_c/r_c (3\cos Z - \cos^3 Z) \right] \quad (1)$$

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau$$

$$\tau = S_0 + T(1 + \mu) + \lambda - \alpha$$

其中 f 为引力常数, m 为天体质量; r_c 为天体间的质心距; ρ_c 为地壳内任一点 P 的球心距; Z 为 P 点相对天体的天顶距; φ 、 λ 为 P 点的地理纬度和经度; δ 、 α 为天体的赤经、赤纬; τ 为天体相对 P 点的时角; T 为观测天体的时间(UTC); S_0 为零时的真恒星时, $\mu = 2.7379 \times 10^{-3}$ 为世界时与恒星时的转换系数。天体对地壳内任一 P 点引潮力的纬向分量和经向分量可计算得到为:

$$F_\varphi = 2K (\sin 2\varphi \sin^2 \delta + \cos 2\varphi \sin 2\delta \cos \tau - \sin 2\varphi \cos^2 \delta \cos^2 \tau)$$

$$F_\lambda = -2K (\sin \varphi \sin 2\delta \sin \tau + \cos \varphi \cos^2 \delta \sin 2\tau) \quad (2)$$

其中 K 为引潮力常数。对于某一指定时刻 t , δ 即为已知定值, F_φ 、 F_λ 只是 φ 、 τ 的函数。所以求 F_φ 对 φ 、 τ 的一阶导数, 并等于零可得到(3)式。

$$\begin{aligned} \cos 2\varphi \cos^2 \delta \cos^2 \tau + \sin 2\varphi \sin 2\delta \cos \tau - \cos 2\varphi \sin^2 \delta = 0 \\ \sin \tau (\sin 2\varphi \cos \delta \cos \tau - \cos 2\varphi \sin \delta) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

由此, 可求得以 τ (天体时角)为表征参数的水平引潮力极值条件。即

$$\operatorname{tg} 2\varphi = -\operatorname{ctg} 2\delta \quad (4)$$

$$\tau = 0^\circ$$

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \operatorname{ctg} 2\delta \quad (5)$$

$$\tau = 180^\circ$$

$$\varphi = \pm 45^\circ \quad (6)$$

$$\tau = 90^\circ, 270^\circ (\delta \neq 0)$$

从上述的结果可知, 天体对地壳内任一 P 点满足一定的相对位置条件后, 水平引潮力会出现极值情况, 天体运动有可能对地震活动产生极值调制效应。

3. 水平引潮力极值调制分析

据(4)~(6)式, 资料处理的地震目录取自中国地震台网中心汇编的《全国地震目录(始于公元 1970 年)》。计算时按一定的时间窗长, 对整个研究区的基本单元(如 $1^\circ \times 1^\circ$)进行空间扫描。假定满足不同极值条件时发生的地震为不同属性的调制地震。当某单元某类属性的调制地震发生率超过设定阈值的 2 倍方差时, 则该单元判为该类属性的调制单元。最后探讨中强地震前研究区调制单元的时空分布特征。

本研究处理中, 时间单位取为“一周”, 以 $1^\circ \times 1^\circ$ 作为基本单元, 再按(7), (8)式判定每个基本单元的调制属性。

$$\sigma = \operatorname{SQRT} \left[\sum_{m=1}^n ((N_+ - N_-) - (N_+ - N_-))^2 / (n-1) \right] \quad (7)$$

$$Se = (N_+ - N_-) / (2\sigma) \quad (8)$$

其中, N_+ 与 N_- 为每个统计单元中不同调制属性地震的频次。 n 为统计单元数, m 为统计单元序号。 Se 反映了各单元相对全区域调制属性的涨落状态。由 Se 值作空间分布图。不同属性的调制单元在图 1、图 2 上以 2 种不同颜色显示。

图 1 和图 2 中的 e、f 子图为汶川 8 级地震前地震活动逐周的水平引潮力极值调制图像(2008 年 4 月 3 日~5 月 6 日)。图 2 中的 g、h 为 2008 年 3 月 20 日以来的 3 级以上地震空区和 4 月 3 日以来各周水平引潮力极值调制图像特征界限的叠加。

单由一次汶川 8 级地震的工作很难给出水平引潮力极值调制的特征, 为此我们还对 2008 年前的一些中强震例作了回顾性检验研究[10], 结合多次地震前水平引潮力极值调制图像特征来讨论可能更合适。它们的特征为:

①震前, 满足不同水平引潮力极值条件的调制单元会出现有序分布。如同一个属性的调制单元成带、成块和 2 种属性调制区域对持并界线(特征界限)分明等等, 地震经常发生在一些特征界限附近。如 1979 年江苏溧阳 6.0 级地震前正调制单元沿 NW-SE 分布, 而负调制单元大致沿 N-S 分布, 地震发生在 2 者交汇点附近; 2005 年江西九江 5.7 级地震发生在近 E-W 向分布的调制单元密集带正、负分界点附近。该特征界限提供了大范围的场上的信息因此对未来震中区有提示;

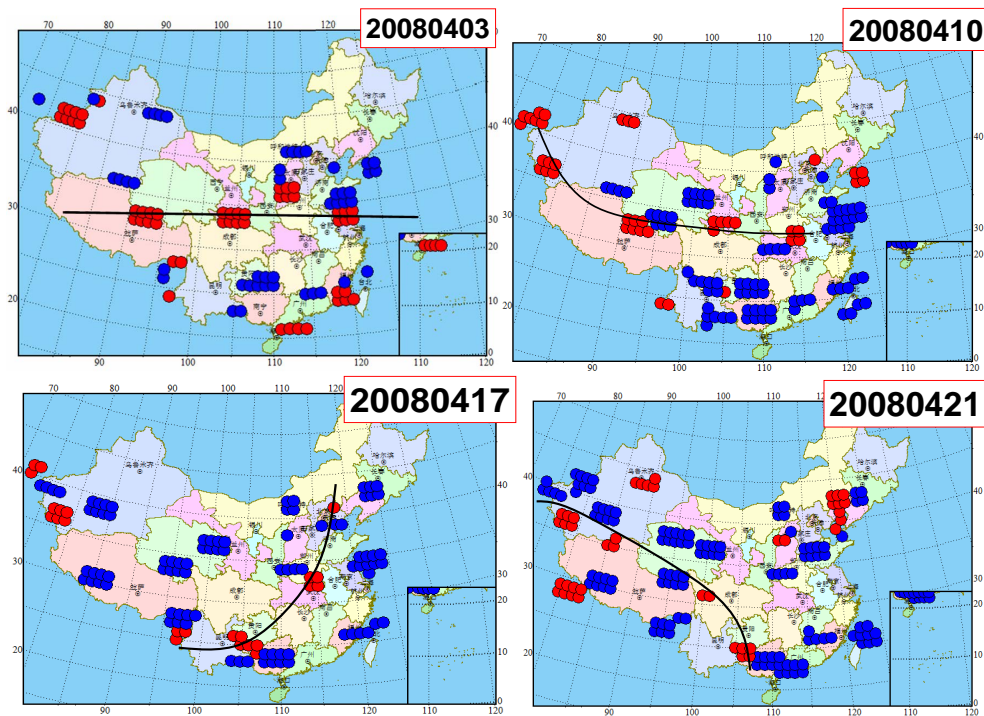


Figure 1. The week by week map of the horizontal tidal force extreme modulation before Wenchuan Ms8 earthquake

图 1. 汶川 8 级地震前逐周地震活动水平引潮力极值调制图像

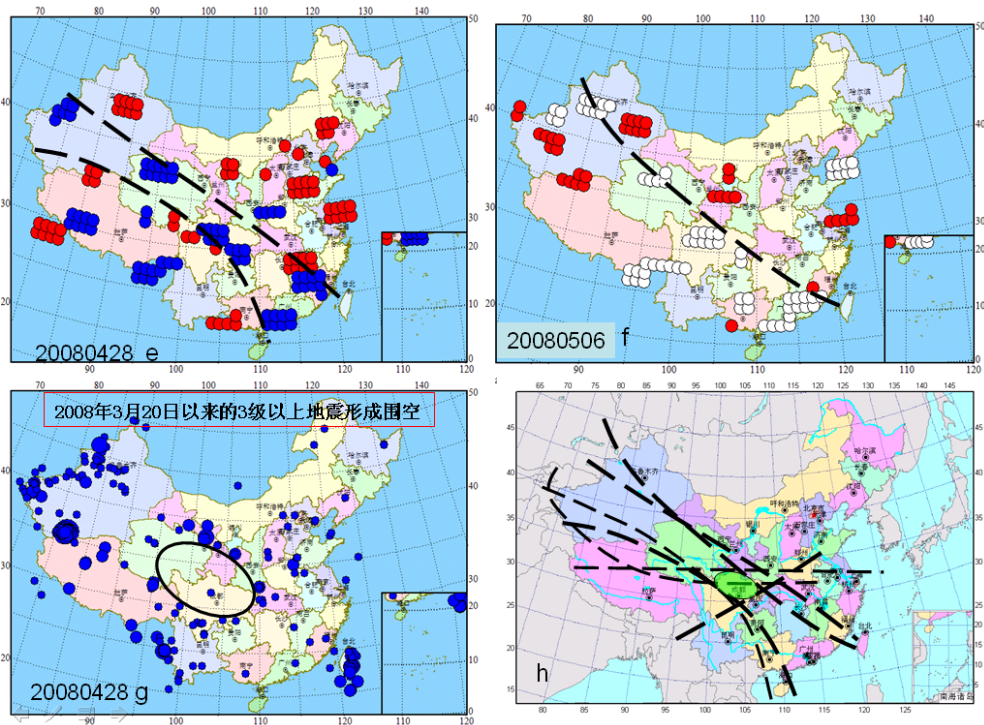


Figure 2. The contrastive analysis between the horizontal tidal force extreme modulation and other maps before Wenchuan Ms8 earthquake

图 2. 汶川 8 级地震前水平引潮力极值调制与其它图像的对比分析

②6 级以上地震前，往往某类属性的调制单元分布的面积很大。如 2005 年西藏仲巴 6.5 级和 2007 云南普洱 6.4 级地震前全国范围内分布着大面积的负调制单元。震例表明同一属性调制单元占有范围越大，未来地震的震级可能也越大。

③在未来的中强震震中附近，出现极值调制单元密集区，密集区持续展布范围的大小在整个扫描空间中往往是显著的。

据以上的特征①，把汶川 8 级地震前每周的地震活动水平引力潮极值调制图像(2008 年 4 月 3 日~5 月 6 日)画上特征界限，再把这些特征界限叠加在一起(见图 2h)，可见与图 2g 子图(2008 年 3 月 20 日以来的 3 级以上地震空区)有较好的一致性，而汶川 8 级地震恰好也发生在其中。但特征②表明震级不好估计，虽然图 2 的 h 子图上两类属性的调制单元分布的面积都很大，但这种估计太定性了。本研究特征③不明显。发震时间的判定更无依据。所以本文仅为一种研究思路。

分析 2008 年 5 月 12 日四川汶川 8.0 级大地震还有一个特征。其震源机制解表明：NNE 向龙门山构造带的单侧破裂是主要的(图 3)。由本研究的图 2e、图 2f 子图可见，震前 2 周计算的极值调制空间扫描图像中 NNW 走向的分界限明显，它与发生汶川 8.0 级地震的单侧破裂的 NNE 向龙门山构造带接近正交。

吴小平等[11]通过对地震震源处沿主压应力 P 轴和主张应力 T 轴方向的附加潮汐应力分量的计算结合岩石力学莫尔-库仑准则理论说明附加潮汐应力可能调制发震断层。极值状态的水平引潮力与震源断层力系的相互作用可改变断层面上的剪切应力或正应力(改变摩擦力)，这可能是地震发生前应力调制的一种物理解释。

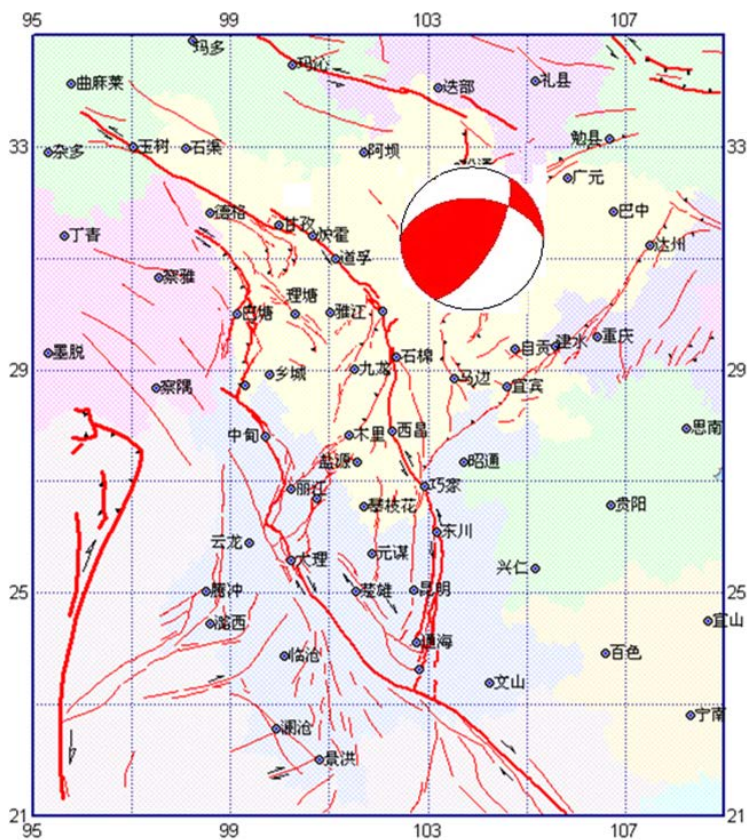


Figure 3. The focal mechanism solution of Wenchuan Ms8 earthquake
图 3. 汶川 8 级地震的震源机制

4. 结论与展望

总的讲本方法是半经验、半定量的，处于研究阶段，而且只考虑满足不同水平引潮力极值条件也仅局限于某一个角度的思考。

1) 无论如何当地壳中任一 P 点与天体满足一定的相对位置条件后，水平引潮力出现极值情况下，天体相对 P 点的位置只是一个必要条件，而不是充分必要条件。只考虑这种水平引潮力极值条件，是不严格的，在地点预判时仅可作为一种背景依据。

2) 具体分析时，所用信息往往存在着干扰。如本研究把时间窗长取为 7 天(一周)有合理性，但实际上也回避了调制过程中其它各种复杂的周期性。另外，各种未知干扰很难排除。如 2005 年 7 月份，只在黑龙江发生 5.1 级地震，但显示的异常特征却十分强烈，可能由于当时我国边界内外，前后共发生了 4 次中强地震。而有一次新疆地震由于地处边远，特征信息显示不稳定。

3) 汶川 8 级地震前的水平引潮力极值调制图像分析完全是属于一种研究思路，8 级强震是很难遇到的。虽不能根据这些信息预测地震，但对资料研究的积累却是有意义的。

4) 另外，又如与地震活动性图像的综合分析是否能更有意义等也有待深入。

参考文献 (References)

- [1] 黎凯武 (1998) 日月引潮力触发地震的一个证据——论邢台、河间、唐山地震的时间特性. *地震学报*, **20**, 545-551.
- [2] 李延兴, 耿红 (2001) 大地震纬向分布的基本规律与动力学解释. *地震*, **21**, 1-6.
- [3] Klein, F.W. (1964) Earth tide as a triggering mechanism for earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society America*, **54**, 1865-1870.
- [4] 郭增建, 秦保燕 (1980) 论短临地震预报的调制模式. *西北地震学报*, **2**, 18-26.
- [5] Bodri, B. and Iizuka, S. (1988) On the correlation between earth tidal and micro seismic activity. *Physics of the Earth Planet Interiors*, **55**, 126-134.
- [6] Deng, J., Hudnut, K., Gurnis, M. and Hauksson, E. (1999) Stress loading from viscous flow in the lower crust and triggering of aftershocks following the 1994 Northridge, Calif., earthquake. *Geophysical Research Letters*, **26**, 3209-3212.
- [7] Rydelek, P.A. and Sacks, I.S. (1999) Large earthquake occurrence affected by small stress changes. *Bulletin of the Seismological Society America*, **89**, 822-828.
- [8] 陈荣华 (1998) 显著地震地方平太阴时分布及其在伽师地震短临预报中的应用. *地震*, **18**, 134-140.
- [9] 顾瑾萍, 吕培苓, 李纲 (2000) 应力调制与预报研究. *地震*, **20**, 16-24.
- [10] 顾瑾萍, 郭铁栓, 姜龙 (2012) 水平引潮力极值天体时角表征与调制讨论. *中国地震*, **28**, 61-68.
- [11] 吴小平, 冒蔚, 黄雍 (2001) 天文潮汐与地震. *天文学进展*, **19**, 45-54.