

2007年云南宁洱6.4级地震前的地震频度空间演化*

沙海军, 刘冬英, 张国红

(中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085)

摘要:使用时空扫描方法, 研究了2007年宁洱6.4级地震震前川滇地区地震频度的空间演化过程, 发现自2007年2月到震前, 川滇地区整体上地震活动呈现持续增强的变化; 而思茅地区的地震活动自2007年2~4月增强, 5月份减弱, 同期文山地区出现地震活动的增强。从应力场演化的角度探讨此次地震的孕震过程, 认为2007年4~5月间, 思茅与文山地区地震活动演化的差异与宁洱地震的发生有关。

关键词: 空间扫描; 地震频度; 空间演化; 宁洱6.4级地震

中图分类号: P315.72

文献标志码: A

文章编号: 1000-0666(2009)02-0114-05

0 引言

地震活动在一定程度上是构造应力场强弱变化的反映。地震频度可以直观地反映一个地区地震活动的强弱态势, 故一个地区地震频度的变化与当地构造应力场的变化有一定的相关性。大体上可以认为, 地震频度的增加反映了区域构造应力场的增强, 反之, 地震频度的降低反映了应力场的减弱。但在闭锁的高应力集中区(即未来的强震震源区), 当应力积累到一定程度后, 由于介质发生硬化, 地震频度可能反而降低(陈立德, 2000; 杨修信, 陈沅俊, 1989)。因此, 了解整体地震活动与局部地震活动演化的差异, 有利于进一步认识强震孕育过程中构造应力场的演化, 提高对强震地点的预测水平。

川滇地区位于青藏高原东南缘, 新生代以来受青藏高原地壳物质向东侧运移和阿萨姆顶点楔入的共同作用, 因此该区的新构造变形和地震活动十分强烈, 是中国大陆最显著的强震活动区域之一(苏有锦, 秦嘉政, 2001; 谢英情等, 2007; 皇甫岗等, 2007)。

2007年6月3日, 在云南省宁洱县发生 $M_s 6.4$ 地震。对于此次地震前的地震学异常及其中期、短临演化过程, 前人已经做了较详细的研究(付虹等, 2007; 李永莉等, 2007; 刘丽芳等, 2007)。本文的

研究重点是在地震的短临阶段, 笔者尝试从川滇地区局部地震活动演化的差异中, 寻找与强震地点有关的前兆信息, 使用时空扫描方法, 研究2007年宁洱6.4级地震前, 川滇地区 $M_L \geq 2.0$ 地震频度的空间演化过程, 并从应力场角度出发, 探讨了这次地震进入短临阶段的小震频度变化。

1 资料及时空扫描方法

笔者在分析川滇地区强震活动空间分布、活动断裂以及中小地震资料的基础上, 确定研究区范围为 $97.5^\circ \sim 105.8^\circ E$, $20.9^\circ \sim 33.5^\circ N$ (图1)。

选用的资料为研究区2004年1月至2007年11月的 $M_L \geq 2.0$ 地震^①。为保证数据的客观性, 我们对地震目录未做处理。

所使用的时空扫描方法以1个月为时间窗、1个月为滑动步长、 $1^\circ \times 1^\circ$ 为空间网格, 经向和纬向的空间滑动步长均为 1° 。统计参数为每个网格内发生的 $M_L \geq 2.0$ 地震的频度。由于网格内的地震是非均匀分布的, 为了体现小震的空间集结性, 我们使用该网格内所有地震的平均位置(经度和纬度的平均值)作为数据点位置; 对未发生地震的网格, 使用网格中心作为数据点位置。统计完毕后, 使用克里金方法(张宏等, 2006)对各个月的地震频度空间分布进行插值处理, 使之成为等值线数据。

* 收稿日期: 2008-02-02.

基金项目: 基本科研业务费专项(ZDJ2007-06)资助.

① 中国地震局台网中心. 地震月报目录.

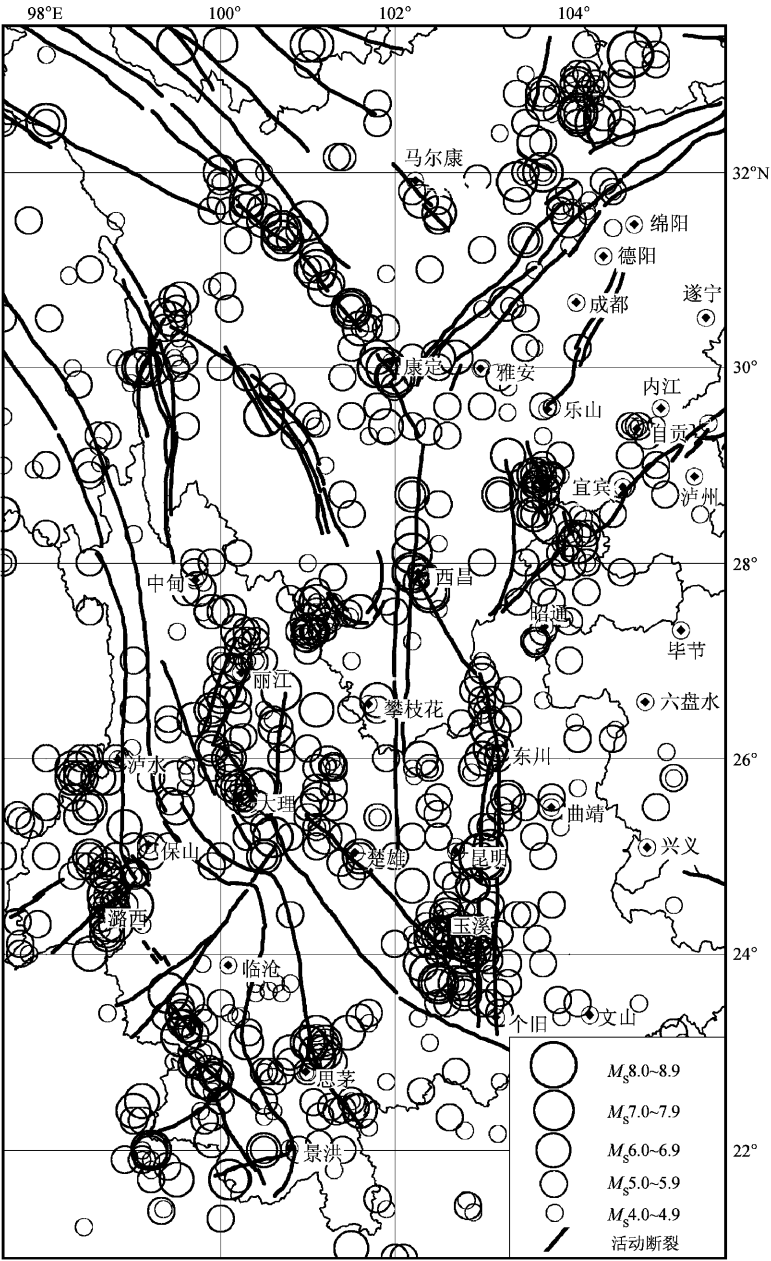


图 1 川滇地区活动断裂与历史破坏性地震震中分布

Fig. 1 Distribution of active faults and destructive earthquake epicenters in Chuandian region

2 地震频度演化过程

使用上述时空扫描方法，我们绘制了 2006 年 6 月至 2007 年 5 月川滇地区每个月地震频度的空间分布图（图 2）。为了减轻背景性地震活动的影响，便于分析，图中只绘制了地震频度为 5 次以上的等值线。

对比分析认为，2006 年 6 月至 2007 年 5 月之间，四川宜宾地区和云南大理—泸水—潞西三角

区小震活动具有较好的延续性，即整个时段内基本都有较强的小震活动。

2006 年 6 月至 2007 年 2 月，云南思茅以东、玉溪以南的滇东南地区地震频度较低，无明显地震集中现象，而 2007 年 3 ~ 5 月，滇东南地区的小震活动却明显增强（图 3）。

宁洱地震前 4 个月，即 2007 年 2 ~ 5 月的川滇地区地震频度空间分布演化过程（图 2i ~ 1）显示：就川滇地区整体而言，2007 年 2 ~ 5 月地震活动持续增强。同期宜宾地区的地震活动与之基本一致。

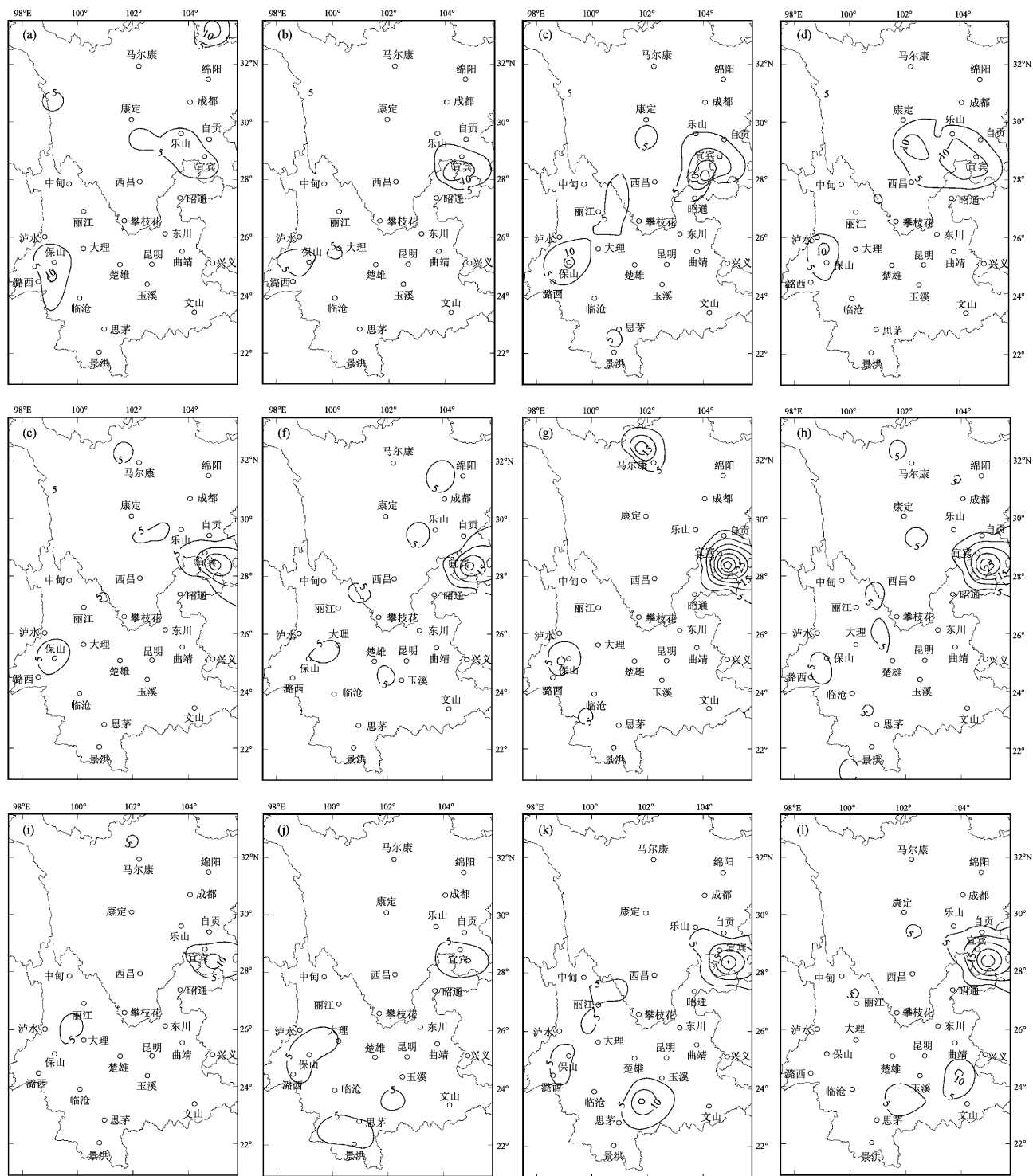


图2 川滇地区地震频度空间分布图

Fig. 2 Spatial distribution of earthquake frequency in Chuandian region

(a) 2006-06; (b) 2006-07; (c) 2006-08; (d) 2006-09; (e) 2006-10; (f) 2006-11;
(g) 2006-12; (h) 2007-01; (i) 2007-02; (j) 2007-03; (k) 2007-04; (l) 2007-05

值得注意的是, 思茅东北部地区的小震频度在2007年2~4月之间持续升高, 在5月份有所降低, 而文山地区5月份则出现了小震频度的升高。

这是宁洱地震前, 距离震中最近区域的小震活动异常。

2007年5月, 大理—泸水—潞西三角区地震

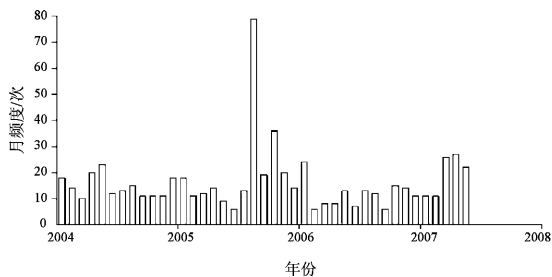


图3 滇东南地区 $M_L \geq 2.0$ 地震月频度图

Fig. 3 Diagram of monthly seismic frequency ($M_L \geq 2.0$) in the Southeast of Yunnan Province

活动较以前也有明显减弱的迹象。

3 结论与认识

川滇地区自2007年2月开始的小震活动持续增强态势表明, 宁洱地震前川滇地区整体构造应力场在不断增强, 为宁洱地震的孕育、发生提供了动力条件。

宜宾地区位于青藏活动地块与华南地块的交界带上, 而且处于边界带的突出部位, 因此, 宜宾地区的地震活动在一定程度上反映了青藏活动地块的应力状态。一般认为, 青藏活动地块的应力变化在中国西部的地震活动中起主导作用。故宜宾地区自2007年2月开始的地震活动增强现象, 是同期川滇地区整体构造应力场在不断增强的一个佐证。

思茅地区的小震活动在2007年2~4月出现增强, 说明该区应力与川滇地区应力整体同步加强。该地区的小震活动在5月份出现减弱, 而文山地区的小震活动在4~5月则出现了增强, 反映思茅地区断层闭锁段介质可能已进入压实硬化阶段, 使高应力区向文山方向扩展, 同时思茅地区进入强震的临震状态。因此认为, 思茅和文山地区2007年4~5月的小震频度变化, 与宁洱地震的发生可能有关联。

大理—泸水—潞西三角区位于川滇菱形地块西南拐角部位, 为川滇地区另一个地震活动较为活跃的地区。而文山地区则位于川滇菱形地块东南角。与文山地区地震活动的增强相印证, 2007年4~5月间大理—泸水—潞西三角区地震活动的减弱表明, 在川滇菱形地块东南角及周边地区发生应力集中的可能性较大。

综上所述, 一个地区区域应力场的持续增强, 是强震发生的充分条件。而高应力闭锁段的出现, 是强震发生的必要条件。但是, 由于外部附加的应力在变化, 随小震活动和其他构造运动, 应力场也在调整, 强震孕育过程因而成为一个非常复杂的动态过程。

本文使用的地震频度空间演化分析方法, 可以使我们更清楚地了解地震活动的时间、空间演化过程, 特别是对于整体与局部、局部与局部的地震活动差异的认识。它若能结合对构造应力场的认识, 从差异性的地震活动来推测所处的应力状态, 对于提高对强震地点的预测能力大有裨益。

参考文献:

- 安欧. 1992. 构造应力场 [M]. 北京: 地质出版社.
- 陈立德. 2000. 硬化模型的理论、实验及观测事实依据 [J]. 地震, 20 (1): 1-9.
- 付虹, 王世芹, 秦嘉政, 等. 2007. 2007年5~6月滇西南地区 $M \geq 5$ 成组地震活动中、短临异常特征及预测 [J]. 地震研究, 30 (4): 303-310.
- 皇甫岗, 李忠华, 秦嘉政, 等. 2007. 川滇菱形块体强震活动关联分析 [J]. 地震研究, 30 (3): 205-209.
- 李永莉, 毛慧玲, 付虹. 2007. 2007年宁洱6.4级地震前地震学异常的动态演化 [J]. 地震研究, 30 (4): 318-323.
- 刘丽芳, 苏有锦, 秦嘉政, 等. 2007. 2007年宁洱6.4级地震序列及中短期地震学异常演化特征研究 [J]. 地震研究, 30 (4): 324-330.
- 刘蒲雄. 2000. 地震预报途径探讨 [J]. 地震, 20 (增刊): 8-11.
- 马宗晋. 1980. 地壳的多(应力集中)点场与地震 [J]. 地震地质, 2 (1): 39-47.
- 梅世蓉, 冯德益, 张国民, 等. 1993. 中国地震预报概论 [M]. 北京: 地震出版社.
- 苏有锦, 秦嘉政. 2001. 川滇地区强地震活动与区域新构造运动的关系 [J]. 中国地震, 17 (1): 424-434.
- 孙加林, 陆远忠, 曹井泉, 等. 1995. 地震活动图像演化及有序性在短临预报应用研究的新发展 [J]. 地震, 15 (增刊): 110-117.
- 谢英情, 李岩峰, 张建国. 2007. 2007年宁洱6.4级地震发震构造分析 [J]. 地震研究, 30 (4): 350-358.
- 杨修信, 陈沅俊. 1989. 闭锁断层周围的应力场、形变场 [J]. 中国科学 (B辑), 19 (8): 868-876.
- 张宏, 温永宁, 刘爱利. 2006. 地理信息系统算法基础 [M]. 北京: 科学出版社.
- 中国地震局监测预报司. 1998. 中国大陆地震预报的方法和理论 [M]. 北京: 地震出版社.
- 中国地震局监测预报司. 2005. 西南地区强地震短期前兆特征和预测方法研究 [M]. 北京: 地震出版社.

Spatial Evolution of Earthquake Frequency before Ning'er $M_s6.4$ Earthquake in 2007

SHA Hai-jun, LIU Dong-ying, ZHANG Guo-hong

(*Institute of Crustal Dynamics, China Earthquake Administration, Beijing 100085, China*)

Abstract

A earthquake of $M_s6.4$ occurred at Ning'er county of Yunnan Province on June 3, 2007. For a study of seismometric precursor of the earthquake, the method of spatial scan is used, and spatial evolution of earthquake frequency in Chuandian region before the earthquake is studied. Earthquake activity in Chuandian region continued enhancing before the earthquake since Feb. 2007. Earthquake activity of Simao area had enhanced from Feb. to Apr. 2007, then weakened in May. 2007. Enhancing earthquake activity in Wenshan area occurred in the same period. A primary discussion of seismogenic process of the Ninger earthquake is present from viewpoint of stress field, which shows the occurrence of Ninger earthquake may be related with the difference of earthquake activity evolution between Simao and Wenshan.

Key words: spatial scan; frequency of earthquakes; spatial evolution; Ning'er $M_s6.4$ Earthquake