

中国大陆 7 级以上地震前能量对数 迁移参量“ V 值”变化特征

刘希强 李 红 华爱军 林怀存

(山东省地震局, 济南 250021)

摘要 提出了一个与地震时空分布图象有关的特征量——能量对数迁移参量“ V 值”。通过对 V 值的时空扫描, 发现在中国大陆地区 7 级以上地震前 V 值随时间呈现正常波动-趋势下降-至最低点-趋势回升的过程, 地震发生在 V 值回升过程中或回升以后, 有 8 次强震发生在最低值结束后的 2 年之内, 占总数(11 次)的 72.7%。

关键词: 地震前兆 异常形态 能量对数迁移参量“ V 值” 低值异常

1 前言

强震发生前, 中小地震活动在时空强分布上包含着大量的异常信息. 在空间分布上表现为地震活动的成带、集中、空区和空段等; 在时间分布上表现为地震活动的成丛、密集、平静等. 人们从不同的方面研究了孕震区在不同孕震阶段的前兆信息, 如研究震群与大地震的关系和地震活动在时空分布上的整体行为等. 作者在林怀存等人(1987)^[1]工作的基础上, 综合地震活动的时空强三方面的特征, 提出了反映地震活动特征的能量对数迁移的特征参量 V , 并利用该方法对华北 8 次强震前的 V 值变化特征作了初步研究, 发现 V 值在震前的异常是明显的^①. 在对该方法进行进一步改进的基础上, 本文拟检验其对更大范围内 7 级以上强震的适用性, 以期将该方法推广应用.

2 能量对数迁移参量“ V 值”

能量对数迁移参量“ V 值”的表达式为:

$$V(T_j) = \begin{cases} \left| \frac{\sum_{i=2}^N \left(\frac{\lg(S_i - S_{i-1})}{\lg(t_i - t_{i-1})} \times \lg e_i \right)}{N-1} \right|_w & \begin{aligned} &\text{当 } S_i - S_{i-1} \geq 20 \\ &t_i - t_{i-1} \geq 24 \\ &(i = 1, 2, \dots, N) \end{aligned} \\ 0 & \begin{aligned} &\text{当 } S_i - S_{i-1} < 20 \\ &t_i - t_{i-1} < 24 \\ &(i = 1, 2, \dots, N) \end{aligned} \end{cases}$$

本文 1996 年 2 月 27 日收到.

第一作者简介: 刘希强, 男, 1964 年 9 月生, 博士, 助理研究员, 主要从事地震预报和剪切波分裂研究.

① 刘希强, 等. 华北 8 次中强震前单位平均能量迁移速率变化特征. 地震研究, 待刊.

式中 $T_j = T_0 + W + \sum_{R=0}^j M$, T_0 是所用资料的起始时间, W 是所取时间窗长, M 是滑动步长, $j = 0, 1, 2, \cdots j$ 的最大值由所用资料的起始和终止时间决定; $S_i - S_{i-1}$ 为第 $i-1$ 和第 i 个地震震中之间的距离(单位: km); $t_i - t_{i-1}$ 为第 $i-1$ 和第 i 个地震之间的时间间隔(单位: 小时); e_i 为第 i 个地震释放的能量(单位: 焦耳); N 为某研究区域内, 指定时间窗长 W 时段中满足上述公式的地震频次, 随滑动步长的移动, N 又是一个可变量. 需要强调的是下角标 i 指的是窗长为 W 的某时段中地震频次为 N 的地震序数.

3 强震前 V 值变化特征

3.1 资料的选取和计算的约定

选取 1970 年 1 月至 1995 年 3 月间中国大陆所发生的 11 次 $M \geq 7.0$ 地震. 以每次地震的震中为中心, 取 $\pm 3^\circ$ 范围为研究区域, 取空间窗长为 5° , 滑动步长 1° ; 时间窗长 24 个月, 滑动步长 3 个月进行时空扫描计算. 在计算中将震级分为 $M_L = 2.0 \sim 6.0$, $M_L = 3.0 \sim 6.0$, 和 $M_L = 4.0 \sim 6.0$ 三个档次. 表 1 列出了 11 次地震的研究区范围以及各研究区强震前的 V 值的异常变化特征及其与地震的对应关系.

3.2 强震前 V 值变化特征

从 11 个研究区中筛选出震前异常特征较明显, 但又不随震级段变化而发生明显形态变化的 11 幅曲线展示于图 1. 从表 1 和图 1 中可以看出:

- (1) 强震前 V 值经历了由正常变化开始逐渐下降到最低值及由最低值逐渐恢复的过程, 地震一般发生在低值恢复过程中或恢复到正常值以后.
- (2) 四川炉霍地区、西藏申扎地区、新疆巴里坤地区、新疆阿克陶地区及云南龙陵地区强震前的 V 值异常时段皆开始于研究资料的起始时间, 尚不能确定实际异常的持续时间. 辽宁海城地区、河北唐山地区、四川炉霍地区、新疆乌恰地区、云南澜沧地区及青海共和地区强震前的 V 值异常持续时间为 3~6 年.
- (3) 11 次地震都发生在 V 值出现最低值以后. 出现最低值后 1 年内发震的有 5 次, 占总数的 45.4%; 1~2 年内发震的有 3 次, 占总数的 27.3%; 2 年后发震的有 3 次.
- (4) 有 8 次地震发生在 V 值异常恢复到正常值之后, 其中 5 次地震发生在恢复后的半年之内, 3 次地震的发震时间距恢复到正常值的时间分别为 20, 31 和 37 个月. 另外 3 次地震发生在 V 值由最低值缓慢恢复的过程中.

4 讨论

- (1) 新疆阿克陶地区于 1974 年 8 月 11 日发生了 7.3 级地震, 该次地震前 V 值异常很明显. 1991 年至 1994 年 V 值又出现了异常变化, 异常幅度比 7.3 级地震前的异常幅度还大. 该区为 7 级强震的危险区, 对此异常应进一步研究. 云南龙陵地区于 1976 年 5 月 29 日发生了 7.3 级地震, 震前 V 值异常也很明显. 1991 年至 1993 年 6 月 V 值再次出现异常, 幅度比 7.3 级地震前的大. 1995 年 7 月 12 日中缅边境 7.3 级地震恰恰发生在该研究区内, 其震前 V 值异常持续时间为 42 个月, 在异常恢复后 24 个月内发震. 唐山地区于 1976 年 7 月 28 日发生了 7.8 级地震, 震前 V 值出现明显异常. 自 1988 年 3 月至 1990 年 6 月该地区 V 值又出现了异常, 而且异常幅度比 7.8 级地震的稍大, 异常恢复后于 1991 年 5 月 30 日发生了一次 $M_s 5.3$ 地震. 7.8 级地震前的异常持续时间为 75 个月, 5.3 级地震前的异常持续时间为 45 个月. 通过

以上分析可以看出,除了新疆阿克陶地区的异常刚刚恢复,尚需等待验证外,其余研究区出现的明显低值异常均对应了地震.因此,可以认为强震前能量对数迁移参量 V 值的变化反映了地震孕育过程的异常信息,是进行地震预报追踪的较为有效的方法.

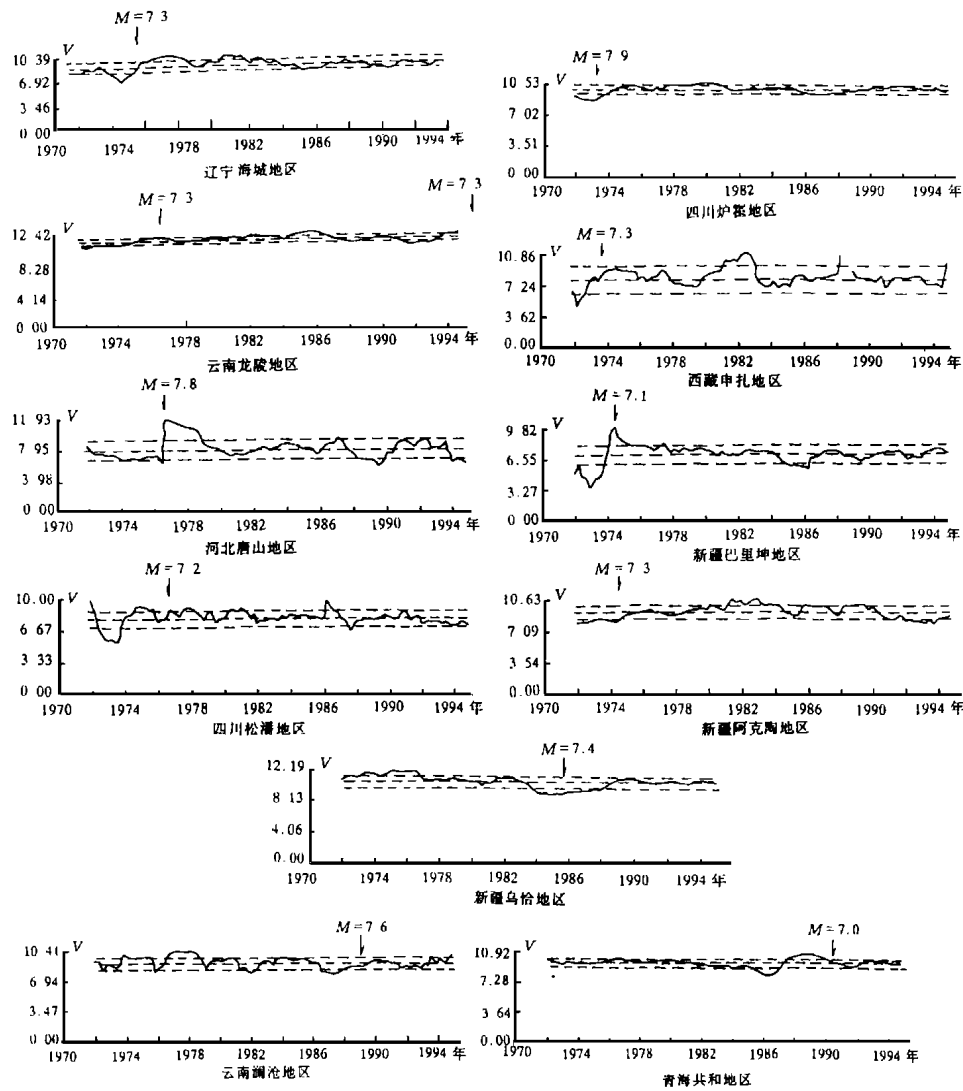


图 1 各研究区能量对数迁移参量“ V 值”变化曲线

Fig. 1 The variation curves of energy logarithm migrating parameter V value in the studied areas

(2) 作为一个有预报意义的特征物理量,它不应因自变量条件的微小扰动而发生不稳定的变化.由 V 值的定义可以看出,随着 W 窗口的增大或震级段中下限的降低,其幅值和优势频率下降;反之,其幅值和优势频率上升.图 2 给出了云南龙陵地区不同震级段的 V 值($W=24$ 个月)变化曲线.由图 2 和图 1 可以明显看出上述现象.另外,该地区 V 值的低值时段发生在 1972 年之后和 1992 年前后,尽管震级时段发生了变化,但是上述两时段低值异常仍然存在,说明异常是可信的.

当 W 值足够大时, V 趋于一个常数,它反映了研究区地震的 V 值的长期变化.地震活动水平不同的地区,这一常数是有所差异的.

表 1 中国大陆 $M_s \geq 7.0$ 地震资料选取和震前能量对数迁移参量 V 值变化特征表

序号	研究区域	速率异常变化特征		地震		对应关系
		异常起止日期(月)	最低值结束日期	日期	震级	
1	四川炉霍 28° 18' ~ 34° 18' N 97° 42' ~ 103° 42' E	1970-01 ~ 1973-02 (37)	1972-12	1973-02-06	7.9	异常恢复过程中发震, 最低值结束日期距主震 1 个月
2	西藏申扎 32° 06' ~ 38° 06' N 83° 30' ~ 89° 30' E	1970-01 ~ 1972-12 (36)	1972-03	1973-07-14	7.3	异常恢复后 6 个月发震, 最低值结束日期距主震 15 个月
3	新疆巴里坤 42° 04' ~ 48° 04' N 90° 47' ~ 96° 47' E	1970-01 ~ 1973-12 (48)	1972-12	1974-07-05	7.1	异常恢复后 6 个月发震, 最低值结束日期距主震 18 个月
4	新疆阿克陶 36° 14' ~ 42° 14' N 70° 50' ~ 76° 50' E	1970-01 ~ 1974-08 (56)	1974-03	1974-08-11	7.3	异常恢复过程中发震, 距最低值结束日期 4 个月
5	辽宁海城 37° 39' ~ 43° 39' N 119° 48' ~ 125° 48' E	1971-06 ~ 1974-12 (42)	1974-03	1975-02-04	7.3	异常恢复 1 个月发震, 距最低值结束日期 10 个月
6	云南龙陵 21° 30' ~ 27° 30' N 96° ~ 102° E	1970-01 ~ 1974-09 (56)	1972-03	1976-05-29	7.3	异常恢复后 20 个月发震, 距最低值结束日期 50 个月
7	河北唐山 36° 24' ~ 42° 24' N 115° ~ 121° E	1970-03 ~ 1976-06 (75)	1976-03	1976-07-28	7.8	异常恢复后 1 个月发震, 距最低值结束日期 4 个月
8	四川松潘 29° 36' ~ 35° 36' N 101° 06' ~ 107° 06' E	1970-06 ~ 1973-12 (42)	1973-09	1976-08-16	7.2	异常恢复后 31 个月发震, 距最低值结束日期 36 个月
9	新疆乌恰 36° 24' ~ 42° 24' N 72° 36' ~ 78° 36' E	1981-03 ~ 1985-08 (53)	1984-12	1985-08-23	7.4	异常恢复过程中发震, 距最低值结束日期 8 个月
10	云南澜沧 19° 54' ~ 25° 54' N 97° 06' ~ 103° 06' E	1984-06 ~ 1988-03 (45)	1987-03	1988-11-06	7.6	异常恢复后 7 个月发震, 距最低值结束日期 19 个月
11	青海共和 33° 06' ~ 39° 06' N 97° 18' ~ 103° 18' E	1981-12 ~ 1987-03 (63)	1986-03	1990-04-26	7.0	异常恢复后 37 个月发震, 距最低值结束日期 49 个月

(3) 强震前 V 值的变化反映了区域地震活动特征^{②, ③, [2], [3]}. V 值的正常波动反映了区域地震的正常活动; V 值的趋势下降反映了震源区应力逐渐积累的过程, 在此时段中地震分布比较离散和随机, 即小震震中的平均距离和以前相比没有发生明显的变化, 小震的平均时间间隔增大, 小震所释放的平均能量比正常活动背景下降; V 值最低值的出现标志着小震的平均时间间隔和小震释放的平均能量分别发展到极大和极小值状态; V 值的趋势回升反映了大震孕育的调整单元内应力逐渐释放而发生前震序列活动的过程, 在此时段中地震条带或块体形成, 地震由分散到集中分布, 形成多处具有前兆意义的震群活动, 相应地小震平均时间间隔减小、释放的平均能量增加. 从中国大陆 7 级强震前的 V 值时序曲线看, 大部分强震发生在其低值异常恢复后的高值时段.

综上所述, 可以得出以下结论:

(1) 中国大陆地区 7 级强震前能量对数迁移参量 V 值经历了正常波动-趋势下降-最低值-趋势回升过程中或回升后发震的变化过程.

(2) 低值持续时间在 3 年以上, 最长达 7 年; 最低值结束日期与主震间隔大部分在 2 年之内; 如果异常完全恢复后还未发震, 在未来半年内对应强震的可能性较大.

用本文的方法可对强震进行阶段性追踪预报. 在计算 V 值过程中, 窗口内的地震频次的下限没有约定, 这是需要进一步改进的. 本文的研究仅是初步的, 所得结果有待更多震例的检验.

参考文献

1 林怀存, 蒋海昆. 唐山 7.8 级地震前区域地震迁移“速率”变化特征. 中国地震, 1987, 3(2): 78~32.
2 赵根模, 等. 我国若干强震的前兆地震序列. 地震研究 1980, 3(4): 124~136.
3 傅征祥. 大地震前后区域地震活动聚散及其讨论. 地震地质, 1983, 5(2): 31~38.

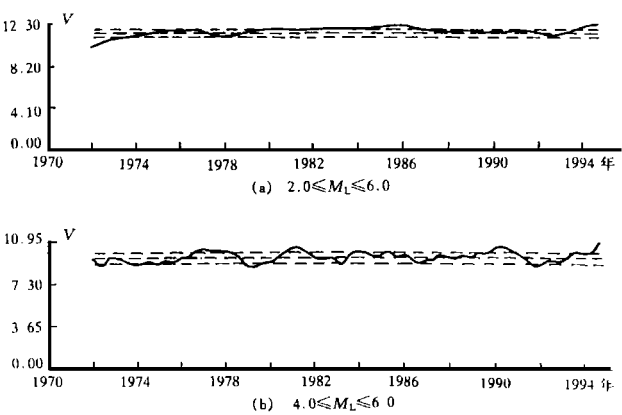


图 2 不同震级段对应能量对数
迁移参量 V 值变化曲线

Fig. 2 The variation curves of energy logarithm migrating parameter V value corresponding to different magnitude segments.

(下转 43 页)

② 刘蒲雄, 等. 大震孕育过程的地震活动图象. 地震预报研究, 1981, 第 1 辑.
③ 魏光兴, 等. 1969 年渤海 7.4 级地震活动图象. 中国地震学会论文摘要汇编, 1980.

参考文献

- 1 Mogi K. Some features of recent seismic activity in and near Japan(2), activity before and after great earthquakes. Bull Earthq Res Inst Univ Tokyo, 1969, (47): 295~417.
- 2 Ohtake M, Matumoto T and Latham G V. Evaluation of the forecast of the 1978 Oaxaca Southern Mexico earthquake based on a precursory seismic quiescence. In Earthquake Prediction. Maurice Ewing Series(Amer Geophys Union 4). 1981. 53~62.
- 3 Kisslinger C, McDonald C and Bowman J R. Precursory time-space patterns of seismicity and their relation to fault processes in the Central Aleutian Islands seismic zone(Abstract). IASPEI Meeting Proceedings, Tokyo, 1985.
- 4 陆远忠, 陈章立, 王碧泉, 刘蒲雄, 刘文龙, 戴维乐. , 1985.
- 5 Wyss M and Habermann R E. Precursory seismic quiescence. PAGEOPH, 1988, 126(2~4): 319~332.
- 6 Matthews M V and Reasenber P A. Statistical Method for investigating quiescence and other temporal seismicity pattern. PAGEOPH, 1988, 126(2~4): 357~372.
- 7 , 1984.

QUANTITATIVE STUDY OF PRECURSORY SEISMIC QUIESCENCE FOR MEDIUM-TERM EARTHQUAKE PREDICTION

SONG Jungao WANG Wei LU Jinhua

(Seismological Bureau of Shanghai City, Shanghai 200062)

Abstract

The characteristics of the medium-term seismic quiescence before 14 moderate or strong earthquakes in Eastern China are studied. The normalized $N-T$ and $L-T$ curves and the statistical parameter β_n are adopted. Each point in the isopleth map of β_n can show the level of seismic activity and its corresponding duration and end date, which can be utilized to determine the time span of the medium-term quiescence quantitatively. The several seismic activity patterns, with general feature of seismic activity rate from increasing to decreasing before the main shocks and fluctuation variation of irregular sine wave in $N-T$ and $L-T$ curves, appeared before moderate and strong earthquakes are also summarized.

Key words: Seismic quiet, Seismicity feature, Strong earthquake

(上接 36 页)

THE VARIATION FEATURES OF ENERGY LOGARITHM MIGRATION PARAMETER V VALUE BEFORE $M \geq 7$ EARTHQUAKES IN CHINA

LIU Xiqiang LI Hong HUA Aijun LIN Huaicun

(Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250021)

Abstract

A new characteristic quantity-energy logarithm migrating parameter V value which relates time-space seismicity patterns is put forward. On the basis of time-space scanning results, V value shows an abnormal process which is normal fluctuation-tendency going down-the lowest value-tendency going up-earthquake occurring with time. Earthquakes occur during or after V value tendency going up. Eight strong earthquakes which form 72.7 percent in total events took place during 1~24 months after the lowest V value ending.

Key words: Earthquake precursor, Anomalous shape, Energy logarithm migrating parameter V value, Low value anomaly