

地震时空丛集程度的度量 及震前异常特征初探

张晓东 江志萍
(青海省地震局, 西宁 810001)

摘要 从 Morishita 空间丛集度出发, 定义出其时间丛集度的表达式, 并计算了几次大震前空间丛集度 J_s 和时间丛集度 J_t 的时间扫描曲线。从计算结果分析, 无论是空间丛集度 J_s 还是时间丛集度 J_t 在大震发生前大都会出现高值异常。将 J_s 和 J_t 做了对比, 从而对 Morishita 指数的含义进行了探讨, 分析了各自的优缺点。结果表明, J_s 和 J_t 可以做为一项地震活动性指标引入到地震预报中来。

主题词: 地震预报 异常 空间丛集度 时间丛集度 Morishita 指数

1 引言

到目前为止, 地震学家对地震时空分布的丛集程度仍在进行深入的研究。从广义上讲, 在时间丛集度上人们研究过地震幕、地震期、地震阶以及地震危险度 D 值等, 并用频谱分析、最优分割等方法将地震活跃期与平静期相区分; 在空间丛集度上人们研究了空间上的地震分区、分带, 近期还提出了空间集中度 C 值和 Morishita 播散指数在地震空间集中度上的应用等方法。总之, 如何度量地震在时间和空间分布上的丛集程度是研究此问题的关键。王炜^[1]等提出了地震的空间集中度 C 值和地震危险度 D 值, 杜兴信等^[2, 3]研究了地震的空间丛集度 Morishita 播散指数的应用。本文在上述研究的基础上提出了度量地震时空分布丛集程度的 J_s 和 J_t 值, 通过实际计算认为它们对分析地震时空分布特征是十分有益的。

2 地震时空分布丛集程度的定义

2.1 地震的空间丛集程度^[1-3]

目前通用的是空间集中度 C 值^[1], 杜兴信等^[2]认为, 有时 C 值反映的不全是集中程度, 它的前提是假设地震空间分布符合 Weibull 分布。Morishita 播散指数是一种研究生物物种空间分布的指数, 1987 年 Ouchi 和 Vekawa 将其引入到地震空间分布分析, 该方法的主要原理是将某给定区域分成大小相同的小网络或方格, 定义

$$I_w = \frac{\sum_{i=1}^Q n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \tag{1}$$

I_w 为 Morishita 播散指数, 式中 N 为总样本数, n_i 则为第 i 个网络 ($i = 1, 2, \dots, Q$) 中的事件

本文 1994 年 8 月 31 日收到
第一作者简介: 张晓东, 男, 34 岁, 副研究员, 主要从事地震预报研究工作。

数, I_w 指数表示随机取两个事件, 这两个事件属于同一网络的概率值 $\sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1)$ 与其估值 $1/Q$ 的比值。这也是地震空间分布丛集度的定义。为了表示直观, (1) 式可化为

$$J_s = \frac{\sum_{i=1}^Q n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (2)$$

J_s 表示空间丛集度。在利用上式计算时选取恰当的震级下限, 统计时间长短, 空间网络的尺度大小是十分关键的, 对每一个地区应研究后再定, 选择不恰当, 会影响其映震的效能。

2.2 地震的时间丛集程度

依照上述空间丛集度的定义, 我们定义地震的时间丛集度, 即

$$J_t = \frac{M \sum_{i=1}^Q n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (3)$$

这里 J_t 为地震的时间丛集程度, 式中 N 为总地震次数, M 为所分成的时间间隔 Δt 的数目, n_i 为对应的 Δt 内的地震数, J_t 表示随机取两个地震, 这两个地震同时落在同一个时间间隔内的概率值。

3 地震时、空丛集度与地震的关系

3.1 地震的空间丛集度 J_s ^[4]

根据 (2) 式中的定义, 我们计算了 1990 年 4 月 26 日共和 7.0 级地震前后该地区的 J_s 值的时间扫描曲线和 1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级地震前后唐山地区的 J_s 值时间扫描曲线。下面分别叙述

3.1.1 1990 年 4 月 26 日青海共和 7.0 级地震前后 J_s 异常特征

该次地震位于青海东部 (北纬 $36^{\circ}07'$, 东经 $100^{\circ}08'$) 的共和盆地内。研究区的范围是北纬 $34^{\circ}-38^{\circ}$, 东经 $99^{\circ}-103^{\circ}$ 。选取 1980 年 1 月至 1993 年 4 月研究区范围内发生的 $M \geq 1.5$ 地震, $Q = 8 \times 8 = 64$ 块, 以 12 个月为基数 1 个月滑动, 计算结果见图 1。从图 1 中可以看出, 从 1988 年底开始 J_s 出现高值异常, 该异常一直持续到 1989 年底。异常持续时间为 1 年。异常恢复后 4—5 个月发生了共和 7.0 级地震。该区域的外部边缘于 1986 年 8 月 26 日发生了门源 6.4 级地震, 该曲线无明显的异常反应。

3.1.2 1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级地震 J_s 异常特征

该次地震位于唐山市 (北纬 39.6° , 东经 118.2°), 选取 1970 年 1 月至 1976 年 12 月发生在北纬 $37^{\circ}-43^{\circ}$, 东经 $116^{\circ}-122^{\circ}$ 范围内的 $M \geq 2.0$ 地震, $Q = 12 \times 12 = 144$ 块, 以 12 个月为基数 1 个月滑动, 计算结果见图 2。

从图 2 中可以看出, 1976 年 2 月至 1976 年 6 月 J_s 出现高值异常, 在异常恢复的过程中发生地震。异常持续了 5 个月。

从上述两个震例可以看出, J_s 异常持续时间长短同未来地震震级关系不大。但异常清晰, 异常幅度非常大, 且容易判定。

3.2 地震的时间丛集度 J_t

根据 (3) 式的定义, 我们分别计算了上述两次地震的 J_t 时间扫描曲线, 并计算了龙羊峡水库地震的时间丛集度 J_t 的时间扫描曲线, 下面分别论述

3.2.1 1990 年共和 7.0 级地震前后 J_t 异常特征

选取 1981 年 1 月—1994 年 6 月在北纬 $34^{\circ}-38^{\circ}$, 东经 $99^{\circ}-103^{\circ}$ 范围内发生的 $M \geq 1.5$

地震,以 12 个月为基数 1 个月滑动,利用 (3) 式进行计算,取 $M=12$,结果见图 3

从图 3 中可以看出,共和地震前从 1988 年底开始 J_t 出现高值异常,至 1989 年底异常恢复。图 3 中还显示,1985 年 7 月至 1986 年 8 月和 1991 年 10 月至 1993 年 2 月出现二次较为突出的高值异常,它们正好对应了 1986 年 8 月 26 日青海门源 6.4 级地震和 1993 年 10 月 26 日托勒 6.0 以及 1994 年 1 月 3 日和 2 月 16 日的共和 6.0 和 5.8 级地震

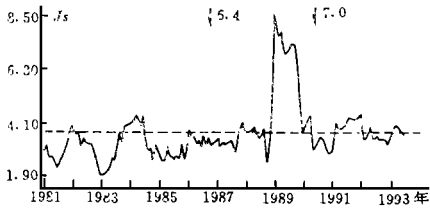


图 1 1981 年 1 月至 1993 年 4 月 共和地区 $M \geq 1.5$ 地震 J_s 时间扫描曲线

Fig. 1 The time scanning curve of spatial clustering degree of $M \geq 1.5$ earthquakes in Gonghe region (1981-01- 1993-04).

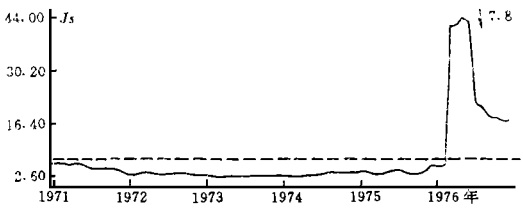


图 2 1971 年 1 月— 1976 年 12 月 唐山地区 $M \geq 2.0$ 地震 J_s 变化曲线

Fig. 2 The time scanning curve of spatial clustering degree of $M \geq 2.0$ earthquakes in Tangshan region(1971-01- 1976-12).

3. 2. 2 1976 年唐山 7.8 级地震 J_t 异常特征

选取 1971 年 1 月— 1980 年 12 月在北纬 $38^{\circ}-42^{\circ}$,东经 $118^{\circ}-120^{\circ}$ 范围内发生的 $M \geq 2.5$ 地震,以 12 个月为基数 1 个月滑动(不计余震),利用 (3) 式计算 J_t ,取 $M=12$ 计算结果见图 4

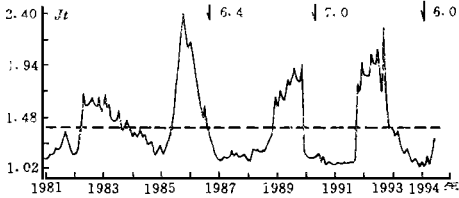


图 3 1981 年 1 月至 1994 年 6 月 共和地区 $M \geq 1.5$ 地震 J_t 时间扫描曲线

Fig. 3 The time scanning curve of temporal clustering degree of $M \geq 1.5$ earthquakes in Gonghe region(1981-01- 1993-04).

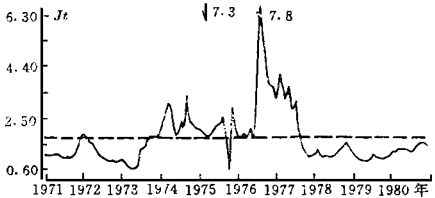


图 4 1971 年 1 月— 1980 年 12 月 唐山地区 J_t 时间扫描曲线

Fig. 4 The time scanning curve of temporal clustering degree of $M \geq 2.5$ earthquakes in Tangshan region(1971-01- 1980-12).

图 4 表明,该地区从 1973 年 7 月开始出现 J_t 高值异常,该异常一直持续到 1977 年 6 月,其间发生了海城 1975 年 2 月 4 日 7.3 级地震和 1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级地震

需要说明的是, J_t 和 J_s 对地震的异常反应是不一样的, J_s 对 7 级以上大震反应良好,对周围的一些地震几乎没有什么异常反应,但 J_t 对区内和周围地震都有反应 总之,地震的时间丛集度比空间丛集度更灵敏一些,但空间丛集度对研究区内的大震的异常反应是十分灵敏和突出的

3. 2. 3 龙羊峡水库地震的 J_t 变化特征

选取龙羊峡水库区 1980 年 1 月至 1993 年 6 月 $M \geq 1.0$ 地震,以 24 个月为基数 1 个月滑

动,计算其 J_t 值,见图 5,并同水库水位(图 6)进行对比。结果表明,随着库水位的升高,水库地震的时间丛集程度 J_t 也变得很低,即水位同 J_t 存在负相关的关系。这也同库水位升高,水库诱发地震的均匀性增加现象是一致的。

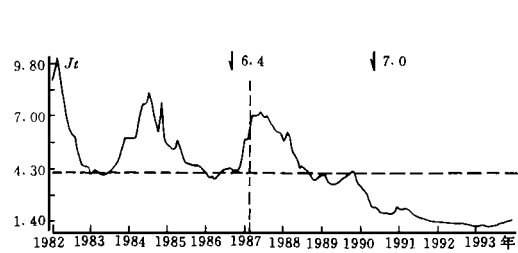


图 5 龙羊峡水库地震 J_t 时间扫描曲线
Fig. 5 The time scanning curve of temporal clustering degree of $M \geq 1.0$ earthquakes in Longyangxia reservoir region (1980-01-1993-06).

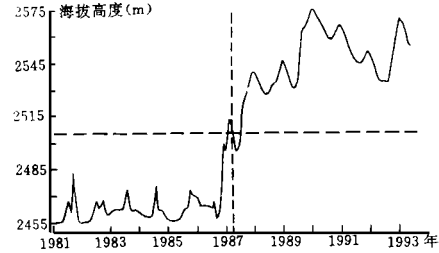


图 6 龙羊峡水库水位月均值曲线
Fig. 6 Curve of monthly average values of water level in Longyangxia reservoir.

4 问题与讨论

通过对 Morishita 指数在地震空间分布^[2]和地震时间分布上的应用,本文提出了一种新的量度地震时间丛集程度的参数 J_t ,初步计算和分析认为, J_t 具有一定的前兆意义,它可以做为度量地震时间丛集度的一个参数。如何能客观地全面地度量出地震的时间和空间丛集程度是一个十分复杂的问题,人们对丛集度的理解不同就会定义出不同的丛集度,而不同丛集度对同一资料处理有时会出现不同变化,对此是需要深入研究的。

计算空间丛集度时,选取的统计区的大小,对计算 J_s 值有一定的影响。统计区选得太大或太小都会消弱 J_s 的异常显示。一般情况下 7 级地震的统计区边长以 400—600 km 为宜,而 6 级地震统计区的尺度为 200—300 km 为宜,空间网络的尺度对于 7 级地震选取 50 km 左右为宜。当然这也不是绝对的,应根据具体情况,如测震能力、地震活动情况和未来可能发生地震的震级综合考虑。

总之,本文给出的震例表明, J_s 和 J_t 可以作为表征地震时、空分布的丛集程度的定量参数,是值得进行深入研究的。

参考文献

1 王炜,等.地震空间集中度 C 值及其在地震预报中的应用.地震预报方法实用化研究文集——地震学专集.北京:学术书刊出版社,1989.127—141.
2 杜兴信. Morishita 播散指数在地震空间分布丛集分析中的应用.地震,1994,(2): 28—34.
3 王炜,等.地震时间间隔的统计分布及地震危险度 D 值在华北地震前的异常变化.地震学报,1987,9(2): 113—126.
4 冯德益,大内彻.地震预报研究中的新指标与新方法.地震学报,1994,16(2): 258—267.
5 Ouchi T and Vekawa T. Statistical analysis of the spatial distribution of earthquake——Variation of the spatial distribution of earthquakes before and after large earthquake. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 1986,(44): 211—225.

MEASURING OF CLUSTERING DEGREE IN TEMPORAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF EARTHQUAKES AND INITIAL RESEARCH OF ANOMALY CHARACTERISTICS BEFORE EARTHQUAKES

Zhang Xiaodong Jang Zhiping

(*Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001*)

Abstract

In this paper, according to Morishita's spatial clustering degree, defined formula of temporal clustering degree and calculated time scanning curves of spatial clustering degree J_s and temporal clustering degree J_t before some large earthquakes. The results show that J_s and J_t have high value anomaly before large earthquakes. Compared J_s with J_t , discussed their features and analysed respective advantage and shortcoming. Obviously, J_s and J_t , as an index of seismicity, can be used to predict earthquake.

Key words Earthquake prediction, Anomaly, Spatial clustering degree, Temporal clustering degree, Morishita's index